

SPEKTRUM

cena: 120 Kč
vychází 2x ročně

KONFERENCE BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

**Systém lineární optické
detekce DTS, nasazení
v extrémních podmínkách**

**Metody stanovení vznícení
a samovznícení dřevěného
prachu**

**Hodnotenie spoľahlivosti
človeka vybranými metódami
prvej generácie**

**Vyhodnocení provozu požární
techniky na podvozcích MAN
u jednotek HZS ČR
jihomoravského kraje**

**Alternativy modelování vývoje
terorismu v Evropě**



Plán konferencí FBI a SPBI na rok 2014 - 2015

XIV. ročník BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

14. - 15. 5. 2014

Odborný garant: doc. Ing. Ivana Bartlová, CSc.



XXIII. ročník POŽÁRNÍ OCHRANA

3. - 4. 9. 2014

Odborní garanti: doc. Dr. Ing. Michail Šenovský, Ing. Petr Beběčák, Ph.D., doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák, doc. Ing. Vilém Adamec, Ph.D., doc. Ing. Petr Štroch, Ph.D., Zdeněk Novák, plk. Ing. Zdeněk Ráž, Ing. Jaroslav Dufek, doc. Ing. Marek Smetana, PhD., doc. Ing. David Řehák, Ph.D.



FIRE SAFETY

22. - 24. 10. 2014

(požární bezpečnost jaderných elektráren)

Odborní garanti: doc. Dr. Ing. Michail Šenovský, Ing. Jan Kandráč, CSc.



KONCEPCE OCHRANY OBYVATELSTVA - strategické cíle a priority 10. - 11. 12. 2014

Odborní garanti: Ing. Mgr. Rostislav Richter, Ing. František Kovářik



XIV. ročník OCHRANA OBYVATELSTVA

4. - 5. 2. 2015

Odborný garant: doc. Dr. Ing. Michail Šenovský



XIII. ročník POŽÁRNÍ BEZPEČNOST STAVEBNÍCH OBJEKTŮ

29. 4. 2015

Odborní garanti: Ing. Petr Beběčák, Ph.D., doc. Ing. Miroslava Netopilová, CSc., Ing. Isabela Bradáčová, CSc.



Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství

Vám nabízí následující SW

bližší informace obdržíte na spbi@spbi.cz nebo na 597 322 970

Databáze Nebezpečné látky



Nebezpečné látky jsou databázovou aplikací obsahující základní údaje o víc jak 3500 nebezpečných látkách. Databáze obsahuje

- UN kód
- CAS číslo
- ES číslo
- indexové číslo
- identifikační čísla nebezpečnosti
- HAZCHEM kódy
- bezpečnostní značení
- R a S věty
- P TCH látek
- některé informace pro přepravu (dle ADR)
- výstražné symboly
- hodnocení nebezpečnosti látek dle Diamant
- ochrana před účinky nebezpečných látek pomocí ochranných obleků

Databáze Nebezpečné látky díky prostředí Microsoft Access umožňuje:

- rychlé prohledávání látek
- možnost kombinace prohledávacích kritérií (použití filtrů)
- tiskové sestavy
- transparentní systém číselníků

K databázi lze dokoupit rozšiřující modul - **odhad slučitelnosti látek**. Tento modul umožňuje odhadnout, zda při styku různých nebezpečných látek je pravděpodobné, že dojde k nežádoucí reakci či ne.

Nebezpečné látky jsou určeny k provozu na pracovních stanicích s operačním systémem MS Windows XP (+ SP2) nebo vyšší. Ke svému provozu nevyžaduje přítomnost žádného dalšího softwarového produktu, ačkoliv některé funkce plně využijete spolu s MS Office 2007 (není součástí dodávky).

UN kód	název látky	CAS	ES číslo	Indexové číslo
3018	Acefat (ISO)	30560-19-1	250-241-2	015-079-00-7
2 1089	Acetaldehyd	75-07-0	200-836-8	605-003-00-6
3 3077	Acetamid	60-35-5	200-473-5	616-022-00-4
4	{5-[(8-Acetamido-3,6-disulfonato-2-	164058-22-4	413-590-3	611-063-00-4
5	1-(4-[3-Acetamido-4-[4'-(4-nitro-2-s	115099-55-3	404-250-5	611-014-00-7
6	3-(5-Acetamido-4-[4'-(4,6-bis[[3-(di	115099-58-6	407-670-7	611-040-00-9
7	6-Acetamido-4-hydroxy-3-(4-[[2-(su		401-010-1	016-043-00-3
8 1715	Acetanhydrid	108-24-7	203-564-8	607-008-00-9
9 1993	Acetofenon	98-86-2	202-708-7	606-042-00-1
10 1090	Aceton	67-64-1	200-662-2	606-001-00-8
11 1648	Acetonitril	75-05-8	200-835-2	608-001-00-3
12	Směs:trans-(2R)-5-acetoxv-1,3-oxat	147027-04-1	411-660-8	607-369-00-2

SPEKTRUM

Recenzovaný časopis
Sdružení požárního a bezpečnostního
inženýrství a Fakulty bezpečnostního
inženýrství
Reviewed journal
of Association of Fire and Safety
Engineering and Faculty of Safety
Engineering

Vydavatel - *Publisher*:
Sdružení požárního a bezpečnostního
inženýrství, Lumírova 13
700 30 Ostrava - Výškovice

Editor - *Editor*:
doc. Dr. Ing. Michail Šenovský

Redakční rada - *Editorial Board*:
doc. Dr. Ing. Michail Šenovský
(šéfredaktor - *Editor-in-Chief*)
doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák
(zástupce šéfredaktora - *Deputy Editor*
-in-Chief)

prof. Ing. Karol Balog, PhD.
doc. Ing. Ivana Bartlová, CSc.
Dr. Ing. Zdeněk Hanuška
doc. Ing. Karel Klouda, CSc., MBA, Ph.D.
RNDr. Stanislav Malý, Ph.D.
prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc.
doc. Ing. Ivana Tureková, PhD.

Výkonný redaktor - *Responsible Editor*
Ing. Lenka Černá

Všechny uveřejněné příspěvky byly
recenzovány
All published contributions were reviewed

Adresa redakce - *Editorial Office Address*:
SPBI
Lumírova 13
700 30 Ostrava - Výškovice
e-mail: spektrum.fbi@vsb.cz

Uzávěrka tohoto čísla - *Current Issue Copy*
Deadline: 31. 3. 2014

Vyšlo: červen 2014 - *Issued on June 2014*

Nevyžádané příspěvky nevracíme.
Neoznačené články jsou redakční materiály.
Uveřejněné články nemusí vždy vyjadřovat
názor redakce.
Nebyla provedena jazyková korektura.
Rejected contributions will not be returned.
Authorless articles are prepared by the
editorial staff.
Published articles need not always express the
opinion of Editorial Board.
No language corrections were made.

© SPEKTRUM
ISSN 1804-1639 (on-line)



VŠB - TU Ostrava
Fakulta bezpečnostního
inženýrství
VŠB - Technical University of
Ostrava
Faculty of Safety Engineering



Sdružení požárního
a bezpečnostního
inženýrství
Association of Fire and
Safety Engineering

Obsah - Contents

Úvodní slovo - <i>Introductory Word</i>	4
Systém lineární optické detekce DTS, nasazení v extrémních podmínkách - <i>System of Linear Optic Detection DTS, Using in Extreme Conditions</i>	5
Tomáš Bojda, Martin Oršoš	
Srovnání normativních požadavků pro stanovení minimální iniciační energie hořlavých prachů - <i>Comparison of Normative Requirements for Determination of the Minimum Ignition Energy of Combustible Dusts</i>	7
Jana Havelková, Petr Lepík	
Application of Flotran CFD in ANSYS	10
Milan Palko	
Selected Problems of Passive House	13
Milan Palko	
Metody stanovení vznícení a samovznícení dřevěného prachu - <i>Methods of Determination of Ignition and Self-Ignition of Wood Dust</i>	16
Michaela Perďochová, Aleš Bernatík	
Elektromagnetická kompatibilita systémů elektrické požární signalizace - <i>Electromagnetic Compatibility of Fire Detection and Fire Alarm Systems</i>	20
Jan Valouch	
Hodnotenie spoľahlivosti človeka vybranými metódami prvej generácie - <i>Human Reliability Assessment by the First Generation Methods</i>	24
Michal Belčík, Karol Balog, Pavol Čekan, Zuzana Szabová	
New Viewpoint on Certification Welding Materials from Position Reduce Hazard Level for Manufacturing Employees	27
A.M. Ignatova, G.Z. Faynburg, M.N. Ignatov, D.A. Kuznecov	
Safety and Ergonomics of Iron Casts Manufacturing	29
Sławomir Kukla	
Posúdenie fyzickej záťaže zamestnancov pri opravách a čistení kovových súčiastok - <i>Assessment of Employees Physical Stress in the Repair and Cleaning of Metal Components</i>	32
Ivana Tureková, Terézia Bagalová	
Vyhodnocení provozu požární techniky na podvozcích MAN u jednotek HZS ČR jihomoravského kraje - <i>Evaluation of Fire Appliances on MAN Chassis with Brigades of Fire and Rescue Service of the South Moravian Region</i>	36
Ladislav Jánošík	
Studie modelu doby služby v jednotkách HZS ČR v návaznosti na směrnici 2003/88/ES - <i>Study of the Working Time in Fire-Fighting Units and Rescue Services in the Czech Republic in Connection with the Directive 2003/88/EC</i>	40
Oldřich Volf	
Ohrozenie účastníkov hromadnej spoločenskej akcie pri bombovom útoku na budovu - <i>Participant Threat of Cultural Event by a Bomb Attack to the Building</i>	45
Lucia Figuli, Vladimír Kavický	
Alternativy modelování vývoje terorismu v Evropě - <i>Alternatives for Modeling of Terrorism Risk in Europe</i>	48
Pavla Gomba, Miluše Váchová	
Určování prvků regionální kritické infrastruktury - <i>Determination of the Critical Infrastructure Elements at Regional Level</i>	54
Petr Novotný, Jiří Markuci, David Řehák	
Vliv komplexního terénu a meteorologických podmínek na šíření plynného polutantu ve velkoplošných oblastech - srovnávací matematická studie - <i>Influence of Complex Terrain and Meteorological Conditions on Gas Pollutant Dispersion in Large Domains - Comparative Mathematical Study</i>	60
Ondřej Zavila, Marian Bojko, Jan Bitta, Irena Pavlíková, Petr Jančík, Pavel Dobeš	
Fotografie na titulní straně - autor: Petra Poláková AVS VŠB - TU Ostrava	

Úvodní slovo

Vážené dámy a pánové, kolegyně a kolegové,

rok 2014 je pro Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství rokem změn. První zásadní změna ve fungování Sdružení souvisí se skutečností, že 1. ledna vešel v platnost nový občanský zákoník, zákon č. 89/2012 Sb., čímž se z občanského sdružení transformovalo na zapsaný spolek. Tato změna s sebou nese také povinnost zapsání ve veřejném rejstříku, což proběhlo automaticky, resp. tuto změnu provedlo Ministerstvo vnitra ČR, které údaje z rejstříku občanských sdružení poskytlo veřejným rejstříkům. Kromě této změny mají nově zapsané spolky povinnost upravit své stanovy podle nově platné legislativy, a to do konce roku 2015. SPBI je tedy od 1. ledna 2014 zapsáno u Krajského soudu v Ostravě pod spisovou značkou L 2715.

Další změnou v činnosti SPBI je vydávání tohoto časopisu SPEKTRUM. Od roku 2005, kdy jsme se rozhodli obnovit jeho vydávání, jsme ušli kus cesty. Časopis si získal své čtenáře, autoři projevují zájem v něm publikovat, v současné době spolupracujeme s mnoha desítkami odborníků z oblasti bezpečnosti, kteří recenzují jednotlivé články v časopise. Od roku 2008 byl zařazen Radou pro výzkum, vývoj a inovace do Seznamu recenzovaných

neimpaktovaných periodik vydávaných v České republice. Ale ani tyto pozitiva a kladné ohlasy nezabránilo tomu, že vydávání časopisu je pro Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství ztrátové. V současné době je čím dál tím složitější udržet vydávání periodika v tištěné podobě, rozhodli jsme se tedy, že pozastavíme vydávání časopisu v papírové verzi a budeme pokračovat pouze ve verzi elektronické.

Ve výsledku se nic nemění. Časopis má zaregistrovány obě verze, jak tištěnou, tak elektronickou, včetně dvou čísel ISSN. I v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v České republice jsou evidovány a uznávány obě verze. Jen svůj časopis nedostanete v tištěné podobě, ale bude k stažení na stránkách www.spbi.cz. V současné době pracujeme na systému, ve kterém budeme časopis na internetu publikovat.

Věřím, že tato skutečnost nijak neovlivní Váš vztah a pohled na časopis a budeme se dále společně setkávat na stránkách časopisu SPEKTRUM.



Ing. Lenka Černá
prezidentka SPBI

System lineární optické detekce DTS, nasazení v extrémních podmínkách

System of Linear Optic Detection DTS, Using in Extreme Conditions

Ing. Tomáš Bojda¹

Martin Oršoň²

¹MAR-CONTROLS, spol. s r.o., Divize Ostrava
Kafkova 1486/5, 702 00 Ostrava

²MAR-CONTROLS, spol. s r.o.

Office building Prague Gate

Türkova 2319/5b, 149 00 Praha 4

tomas.bojda@marcontrols.cz, martin.orsos@marcontrols.cz

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou koncepce zabezpečení dopravníkových pásů tepelné elektrárny systémem lineární optické detekce DTS. Přínos optické detekce daleko přesahuje možnosti konvenčních systémů k detekci požáru. Nejenže systém dokáže rychle a spolehlivě detekovat různé druhy požáru, ale také umí požár přesně lokalizovat s velkou přesností. Referenční realizace na novém elektrárenském bloku K7 elektrárny Alpin Kladno potvrzuje efektivní využití této zcela nové metody v extrémních podmínkách.

Klíčová slova

Optická vlákna, lineární detekce teploty, požární signalizace.

Abstract

The article is focused on safety solution of conveyor belt heat and power plants with systém linear optic detection DTS. The benefit of optic detection exceeds options of convention system of fire detection. The system is able to detect different fires quickly and reliably, but it can also exactly localize the fire with high accuracy. The reference realization in new power plant's block K7 of Power Plant Alpin Kladno confirms efficiency of using this new method in extreme conditions.

Keywords

Optical fibers, linear temperature detection, fire alarm.

Koncepce řešení pro zabezpečení dopravníkových pásů

Automatická detekce požáru v tepelných elektrárnách zajišťující spuštění požárních návazností a interakcí je základem koncepce protipožárního zabezpečení. Systémem "Optické detekce DTS" nabízí moderní lineární detekci teploty vycházející z nejnovější technologie, jenž je velmi vhodná pro ochranu třeba pásových dopravníků. V současnosti používané technologie laseru a optického vlákna pro lineární detekci teploty zajišťují mimořádně rychlou informaci o požáru a současně maximální ochranu proti falešným poplachům. Díky unikátnímu zpracování signálu poskytují detekční kabel rovněž cenné informace pro vyřízení poplachu a návazné provozní systémy. Délka zabezpečení, tj. délka pásového dopravníku, která bude vybavena systémem „Optické detekce DTS“, by měla obsahovat všechny úseky pásového dopravníku. Úseky pro zabezpečení musí být určeny ve spolupráci s uživatelem. Mimořádný přínos poskytovaný mimořádnými detekčními a technickými vlastnostmi systému: Spojitá detekce v rámci celé délky pásového dopravníku díky lineárnímu měření teploty:

- Monitorování až 8 km délky pásového dopravníku jedním kontrolérem.

- Možnost realizace redundantního řešení detekce.
- Detekce odkloněného a vyzářovaného tepla zaručuje spolehlivou detekci požáru v místě jeho vzniku, dokonce i v případě silného proudění vzduchu například při instalaci ve venkovním prostředí.
- Požární poplach s přesnou indikací lokality; informace ohledně velikosti a směru šíření požáru jsou ihned k dispozici pro zásahové jednotky.
- Přenos údajů o vývoji požáru pomocí standardního interface do poplachových a ovládacích systémů.
- Optický senzorový kabel s trubičkou z nerezavějící oceli a bezhalogenovým opláštěním poskytuje maximální imunitu vůči vlivům prostředí instalace, jakými jsou vlhkost, teplo, chlad a koroze.
- Senzorový kabel neobsahující kovové části je k dispozici pro aplikace s např. elektromagnetickým rušením.
- Optický senzorový kabel lze snadno instalovat a je zcela bezúdržbový.

Instalace

Přesná pozice detekčního kabelu v tepelné elektrárně závisí na možnostech jeho instalace a na přání uživatele. Pro pásové dopravníky je doporučováno umístit detekční kabel co nejbližší k očekávanému místu zahoření. Určení přesné pozice detekčního kabelu je nutné konzultovat s uživatelem, v každém případě však musí mít detekční kabel přímou viditelnost na zdroj tepla. Základním pravidlem je, že detekční kabel musí přímo "vidět" požár nebo horké místo a nesmí být mezi nimi žádná překážka. Uhlí, které se hromadí a blokuje válečky pásového dopravníku, je nejčastější příčinou vzniku požáru v tepelných elektrárnách.

Připojení do ústředny elektrické požární signalizace

Optický kontroler je vybaven reléovými kontakty, lze použít na přímé propojení s ústřednou elektrické požární signalizace. Vedle ústředny elektrické požární signalizace existuje na trhu celá řada integračních a nadstavbových systémů. Obecným prostředkem pro integraci systému DTS do komunikačních sítí nadřazených systémů je přídavný konvertor. Tento modul umožňuje převádění přenosového protokolu na jiný protokol a konverzi protokolu programu na jiný pomocí vestavěné procesorové jednotky konvertoru. Samozřejmostí je přímá komunikace přes komunikační rozhraní TCP/IP.

Rozdělení do poplachových zón a detekce

Délka senzorového kabelu může být elektronicky rozdělena na poplachové zóny. Zóny by měly být určovány podle jejich funkce. Bude-li systém DTS automaticky spouštět různé návaznosti, jako např. požární poplach, zapnutí ventilace, ovládání dopravní signalizace, apod., lze k těmto ovládaním přiřadit různé zóny. V neposlední řadě rozdělení senzorového kabelu do zón pomůže při lokalizaci události. Všechny definované zóny mohou být aktivovány rozdílnými poplachovými parametry.

Přínos optické detekce daleko přesahuje možnosti konvenčních systémů k detekci požáru. Nejenže systém dokáže rychle a spolehlivě detekovat různé druhy požáru, ale také umí požár přesně lokalizovat s přesností na několik metrů. To probíhá velkou měrou s vyloučením vlivu větru, protože se nezjišťuje jen konvekční teplo,

ale také vyzářované teplo. Rozsah a šíření požáru lze navíc sledovat po dlouhou dobu, protože senzorový kabel odolává teplotě až do 1000 °C, aniž by byla ztracena jeho detekční schopnost. Díky této schopnosti lze účinně provádět protipatření a zásahové jednotky mají k dispozici cenné informace.

Referenční realizace v elektrárně Alpiq Kladno

Naše společnost se v roce 2011 podílela na realizaci elektrické požární signalizace na novém elektrárenském bloku kotle K7. Rozsah činností, které jsme realizovali, obsahoval: instalaci bodových hlásičů do nové rozvodny na přesypné věži, instalaci optické detekce na všechny dopravníkové pasy a instalaci teplotních detektorů do přesypné věže.

Většinu instalace jsme provedli s komponenty v provedení do výbušného prostředí. Výjimkou byla elektrická rozvodna na přesypné věži. Doplnkem instalace požární signalizace, bylo vytvoření jednotné hlasové komunikace z přesypných věžích pro obsluhu pásového dopravníku. Instalace hlasových komunikátorů byla rovněž v provedení do výbušného prostředí.

Hlavním cílem instalace požární signalizace, bylo zabezpečení již zmiňovaného pásového dopravníku.

Po několika konzultacích se zástupci provozovatele a zástupci HZS, jsme instalaci provedli přímo do vlastního dopravníkového pasu. Optický detekční kabel jsme připevnili na nosný profil v těsné blízkosti dopravníkových válečků, viz příložený obrázek.



Obr. 1 Přiložený optický detekční kabel

Takto nainstalovaný kabel zabezpečuje včasnou detekci a možný vznik požáru. Instalace dokáže zároveň odhalit poškozená ložiska válečků, která se pak za provozu zahřívají a mohli by zapříčinit vznícení jak vlastního pasu, tak přepravovaného paliva (uhlí, dřevěná štěpka).



Obr. 2 Optický teplotní kabel v testovací liště

Testování a revize optického teplotního kabelu se provádí v pravidelných intervalech tj. 2 ročně (pololetní kontrola a roční). Revize se provádí pomocí testovací sady, která se skládá z profilové lišty a temperačního zdroje. Optický detekční kabel je vložen do testovací sady (lišty) a zahříván na předepsanou teplotu viz obrázek.



Obr. 3 Testovací sada (lišta)

Závěr

Na závěr lze zhodnotit, že konstrukce systému je s dlouhodobou životností, který disponuje následujícími hlavními komponentami. Lze zhodnotit, že kalkulovaná střední doba bezporuchového provozu je cca 30 let. Životnost polovodičového laseru je až 60let při daném provozním režimu, tedy při impulsním chování a vláknový spínač disponuje životností, pro kterou byl navržen a testován pro 100 milionů cyklů, což se rovná 63 rokům užívání.

Použitá literatura

- [1] Balog, K.; Kvarčák, M.: *Dynamika požáru*. EDICE SPBI SPEKTRUM 22. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 1999. 1. vyd. 117 s. ISBN 80-86111-44-X.
- [2] Blahož, V.; Kadlec, Z.: *Základy sdílení tepla*. EDICE SPBI SPEKTRUM 2. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 1996, 1. vyd. 109 s. ISBN 80-902001-1-7.
- [3] Netopilová, M.; Kačíková, D.; Osvald, A.: *Reakce stavebních výrobků na oheň*. EDICE SPBI SPEKTRUM 72. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 2010. 1. vyd. 126 s. ISBN 978-80-7385-093-7.
- [4] ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb. Výrobní objekty. ČNI 2010.
- [5] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb. Společná ustanovení. ČNI 2009. Z1-5/2013, Z2-2/2-013, Z3-6/2013.
- [6] ČSN 73 0821 ed. 2 Požární bezpečnost staveb. Požární odolnost stavebních konstrukcí. ČNI 2007.
- [7] ČSN EN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň. ČNI 2003.
- [8] EN 13501-2 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb Část 2.

Srovnání normativních požadavků pro stanovení minimální iniciační energie hořlavých prachů

Comparison of Normative Requirements for Determination of the Minimum Ignition Energy of Combustible Dusts

Ing. Jana Havelková

Ing. Petr Lepík

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice

jana.havelkova@vsb.cz, petr.lepik@vsb.cz

Abstrakt

Citlivost hořlavých prachů k iniciaci elektrickou jiskrou je charakterizována hodnotou minimální iniciační energie (MIE). Hodnota MIE je důležitou požárně-technickou charakteristikou prachu, na základě které je možné navrhnout vhodná bezpečnostní opatření. V České republice jsou platné dvě normy zabývající se stanovením MIE prachů, a to ČSN IEC 1241-2-3 a ČSN EN 13821, které se vzájemně liší. K měření MIE mohou být použita různá zkušební zařízení splňující podmínky příslušné normy. Příspěvek je zaměřen na srovnání těchto postupů a na popis zařízení, které se v praxi pro stanovení MIE hořlavých prachů používají.

Klíčová slova

Minimální iniciační energie (MIE), hořlavý prach, Hartmannova trubice, normativní požadavky.

Abstract

The sensitivity of combustible dusts to be ignited by electrical spark is characterized by value of minimum ignition energy (MIE). The value of MIE is an important fire-technical characteristic of dust according to which it is possible to optimise measures for explosion prevention. In the Czech Republic, there are two different valid standards dealing with MIE of dust determination, they are ČSN IEC 1241-2-3 and ČSN EN 13821. Various devices fulfilling normative requirements can be used for measuring MIE. The paper is focused on comparison of processes of MIE determination and describing the devices which are used for determining MIE of combustible dust in practice.

Keywords

Minimum ignition energy (MIE), Combustible dust, Hartmann tube, Normative requirements.

Úvod

Nebezpečí exploze může reálně hrozit všude tam, kde se manipuluje s hořlavými prášky nebo prachy. Hořlavé prachy mohou vytvářet kovy (hliník, hořčík), většina organických látek (cukr, mouka, plasty...) a mnohé nekovové anorganické látky (uhlí). Samostatnou kategorií tvoří látky, které se řadí mezi výbušniny (středně prach). Naopak zástupci anorganických prášků představují účinná hasiva.

Výbuchy prachů mohou mít fatální následky, jako se tomu stalo v Imperial Sugar Company, USA, 2008, kde exploze cukerného prachu způsobila usmrcení 14 osob, zranění desítek dalších lidí a destrukci velké části rafinérie (CSB, 2009). Na obr. 1 je zachycen požár po explozi v Imperial Sugar Company.



Obr. 1 Následný požár po explozi v Imperial Sugar Company (Industrial Solutions, 2014)

V rámci ochrany vůči těmto explozím je nutná aplikace protivýbuchových opatření. Volba vhodného prvku protivýbuchové ochrany závisí na požárně-technických charakteristikách konkrétního prachu. Jednou z těchto charakteristik je minimální iniciační energie (MIE), která charakterizuje citlivost prachu k iniciaci elektrickou jiskrou. Je známo, že se v praxi vyskytují výboje statické elektřiny mající dostatečnou energii k iniciaci některých druhů prachů. Tab. 1 uvádí hodnoty MIE pro některé prachy. V tab. 2 jsou uvedeny přibližné hodnoty energií výbojů statické elektřiny, které mohou nastat u vybraných objektů. Z tabulek vyplývá, že statická elektřina může být účinným iniciačním zdrojem pro některé prachy.

Tab. 1 Hodnoty MIE pro některé druhy prachů (EXPLOSION TESTING, 2014), (Eckhoff, Randeberg, 2007)

Vzorek	MIE [mJ]
Uhelný prach	> 1000
Mouka	300 - 1000
Cukr	10 - 30
Hliníkové vločky	0,1

Tab. 2 Nahromaděná elektrická energie $1/2 CU^2$ v neuzemněných objektech o různých kapacitách C, nabitých na různé napětí U (Eckhoff, Randeberg, 2007)

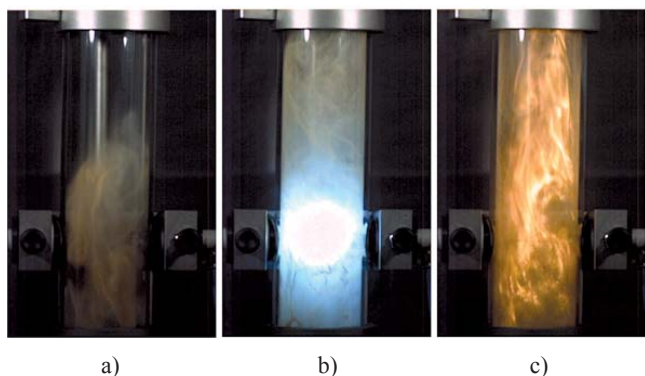
Nabitý objekt	Kapacita [pF]	Potenciál [kV]	Energie [mJ]*
Jeden šroub	1	5	0,01
Příruba, nominální šířka = 100 mm	10	10	0,5
Lopata	20	15	2
Malý kontejner (~50 l)	50	8	2
Násypka	50	15	6
Osoba	300	10	15
Buben (200 l)	200	20	40
Silniční cisterna	1000	15	100

* přibližné hodnoty

Postup stanovení MIE definují dvě platné normy, ČSN IEC 1241-2-3 (ČNI, 1998) a ČSN EN 13821 (ČNI, 2005), které se vzájemně liší. Stručný rozbor a srovnání těchto norem je uveden v následující části příspěvku. Normy se rozcházejí i v doporučených měřicích zařízeních. Obě sice uvádí Hartmannovu trubici, ale starší z norem doporučuje také 20-ti litrové kulové zařízení. Kromě těchto jmenovaných zkušebních komor, lze MIE měřit i na jiných přístrojích, jestliže splňují normativní požadavky. Zařízení používaná v praxi budou dále detailněji popsána.

Princip stanovení MIE hořlavých prachů

MIE hořlavého prachu je nejnižší elektrická energie, která je schopna za specifických podmínek iniciovat směs rozvířeného prachu ve vzduchu. Stanovení MIE vyžaduje pneumatické rozvíření prachu o stanovené navážce, která odpovídá teoretické koncentraci ve zkušebním zařízení. Vzniklá prachovzdušná směs je vystavena jiskrovému výboji z nabitého kondenzátoru, přičemž se vyhodnocuje, zda došlo ke vznícení či nikoli. Na obrázku jsou znázorněny fáze rozvíření, iniciace a následné šíření plamene v prachové disperzi (obr. 2).



Obr. 2 Průběh zkoušky: a) rozvíření, b) iniciace, c) následné šíření plamene v prachové disperzi

Výsledná hodnota MIE je ovlivněna několika faktory. Mezi hlavní z nich patří:

- Koncentrace prachovzdušné směsi - při optimální koncentraci je dostačující nižší iniciační energie, která je schopna vyvolat následné šíření plamene v oblaku prachu.
- Zpoždění mezi rozvířením prachu a přeskokem jiskry - zpoždění ovlivní vlastní přítomnost prachového oblaku v prostoru mezi elektrodami v době výboje a turbulenci směsi, přičemž je snahou docílit minimální úrovně turbulence.
- Rozvířovací podmínky - ovlivňují přítomnost prachového oblaku v prostoru mezi elektrodami v době výboje.
- Charakteristika jiskry - v závislosti na elektrickém obvodu mohou být vytvářeny jiskry o různých vlastnostech, závisí také na vzdálenosti elektrod.

MIE se stanovuje pro nejsnadněji zápalný mrak prachu, musí být tedy nalezena ideální koncentrace a stanoveny optimální parametry rozvíření. Zkouška se začíná s energií jiskry, která spolehlivě zapálí zkušební prach, poté se energie snižuje, až je nalezena hodnota, při které nedojde ke vznícení. MIE pak leží v rozmezí hodnot nejvyšší energie, při které k zapálení nedošlo, a nejnižší energie, která dokázala zkušební směs iniciovat.

Rozdíly v normativním stanovení MIE

Jak už bylo naznačeno výše, detaily v postupu stanovení MIE se liší v závislosti na normě, podle které se tato hodnota stanovuje. V dnešní době se preferuje novější norma ČSN EN 13821 (ČNI, 2005). Je však tento postup opravdu vhodnější? Kromě několika méně významných rozdílů se normy rozcházejí v následujících zásadních bodech:

- rozvířovací podmínky,
- definice vznícení,
- počet pokusů potřebných k usouzení, že nedošlo k iniciaci,
- systémy pro vytváření jisker.

K rozvířovacím podmínkám se řadí rozvířovací tlak a doba zpoždění iniciace, které společně ovlivňují výskyt prachového oblaku a turbulenci v místě a době výboje. Doba zpoždění se nastaví podle obou norem obdobně. Pro ideální koncentraci prachu se hledá doba zpoždění, při které lze dosáhnout nejnižších hodnot MIE. Neshoda nastává při definování rozvířovacího tlaku. Starší norma (ČNI, 1998) předpokládá, obdobně jako u doby zpoždění, hledání optimálního tlaku pro rozvíření. Naopak, novější norma (ČNI, 2005) se rozvířovacím tlakem obecně nezabývá. Pouze pro doporučenou modifikovanou Hartmannovu trubici je pevně stanovená hodnota rozvířovacího tlaku 7 barů.

Jednotná hodnota pro všechny typy prachů však může přinášet nepřesnosti měření, kdy především lehké prachy mohou být mylně hodnoceny jako nevybušné nebo naměřená hodnota iniciační energie neodpovídá energii minimální.

V okamžiku, kdy jsou nalezeny optimální koncentrace a rozvířovací podmínky, rozhodujeme, zda došlo k zapálení vzorku. Definice vznícení se ve zmíněných normách liší. ČSN IEC 1241-2-3 (ČNI, 1998) uvádí přesné požadavky k identifikaci vznícení. Buď dojde k nárůstu tlaku o 0,2 bar při měření v uzavřené komoře (20 l koule) nebo je pozorován plamen alespoň 6 cm od místa jiskřičky při zkouškách v otevřené nádobě (skleněná Hartmannova trubice). Novější ČSN EN 13821 (ČNI, 2005) definuje vznícení volněji, jako šíření nepřerušovaného plamene od místa jiskrového výboje. Nepřesná definice může negativně ovlivnit výsledky měření vlivem špatného posouzení situace.

Nejvyšší energie, při které nedošlo k zapálení je potvrzena, nedojde-li k iniciaci vzorku při dvaceti po sobě jdoucích zkouškách, podle ČSN IEC (ČNI, 1998). Postup podle druhé normy vyžaduje pouze deset negativních zkoušek. Vzhledem k tomu, že se jedná o náhodný jev, znamená menší počet pokusů vyšší nejistotu měření.

Obě normy uvádí několik vhodných systémů pro tvorbu jisker. Shodují se v systémech „zapalování pomocnou jiskrou s použitím tříelektrodeového systému“, „zapalování pohybem elektrod“, „zapalování pomocí zvyšování napětí (postupný nabíjecí obvod)“ a „zapalování transformátorem (dvouelektrodeovým systémem)“. ČSN EN 13821 (ČNI, 2005) je doplněna o systém zapalování vysokonapěťovým relé (dvouelektrodeový systém) vhodný pro velmi nízké energie jiskry (1 - 3 mJ).

Zařízení pro měření MIE

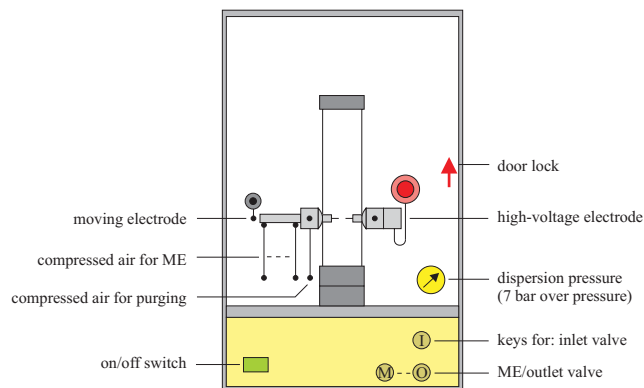
Pro měření MIE se nejčastěji používá Hartmannova trubice, resp. modifikovaná Hartmannova trubice, která je doporučována oběma normami. Kromě toho lze použít také jiná zařízení, která splňují normativní požadavky, např. kulový dvacetilitrový autokláv.

V české a mnoha zahraničních laboratořích se měří na přístroji MIKE 3 ze švýcarské dílny Kühner AG a na MIE-D 1.2 české společnosti OZM Research s.r.o. Tato dvě zařízení budou blíže specifikována. Zařízení pracující na podobném principu sestavila také britská společnost Chilworth Technology a polská společnost ANKO a další.

Testovací zařízení MIKE 3, postup měření a práce se softwarem je popsáno v manuálu (Cesana, Siwek, 2010). Zařízení je tvořeno modifikovanou skleněnou Hartmannovou trubicí o objemu 1,2 l, která slouží jako výbuchová nádoba. Rozvířovací systém je umístěn ve spodní části trubice a je tvořen tryskou hřibového tvaru. V horní části je ventilační otvor.

Jelikož je MIKE 3 sestaven v souladu s normou ČSN EN 13821 (ČNI, 2005), umožňuje disperzi naneseného vzorku pouze vzduchem pod tlakem 7 bar. Doba zpoždění lze nastavit na 60 ms a po třiceti milisekundách až na 180 ms.

Pro vytvoření jiskry jsou aplikovány dva zapalovací systémy. Pro energie 10 mJ a výše se používá zapalování pohybem elektrod, pro nižší energie vysokonapěťové relé. Samotné elektrody o průměru 2 mm jsou vyrobeny z wolframu nebo z nerezové oceli. Mezera mezi elektrodami musí být alespoň 6 mm. Je možné zvolit měření bez indukčnosti nebo s indukčností 1 mH, což zvyšuje průraznost jiskry a tím snižuje výslednou hodnotu MIE.



Obr. 3 Náčrta a popis zařízení MIKE 3 (Cesana, Siwek, 2010)

Přístroje MIE-D 1.2 (Janovský, 2012) a MIKE 3 jsou zařízení pracující na podobném principu. Rovněž se jedná o modifikovanou Hartmannovu trubici o stejném objemu, se stejnou rozvířovací tryskou a se shodnými obvody pro tvorbu jisker. Zařízení MIE-D 1.2 je znázorněno na obr. 4a) v otevřeném stavu. Zařízení MIE-D 1.2 a MIKE 3 se liší provedením a dodávaným softwarem.

Dobu zpoždění lze nastavit na 0 ms a navyšovat po 30 ms. Po poslední úpravě přístroje je možné volit rozvířovací tlaky až do maximální hodnoty 10 barů. Součástí MIE-D 1.2 je ovládací dotykový panel, který uživateli usnadňuje práci s přístrojem. Obr. 4b) prezentuje základní obrazovku ovládacího panelu.

Do budoucna jsou plánovány další funkční nastavení přístroje.



Obr. 4 Zařízení MIE-D 1.2: a) zkušební komora v otevřeném stavu, b) dotykový ovládací panel (Janovský, 2012)

Závěr

Znalost minimální iniciační energie prachu je důležitá k ohodnocení citlivosti dané látky k iniciaci elektrickou energií. V závislosti na hodnotě MIE se posuzuje účinnost iniciačních zdrojů vůči konkrétnímu prachu. Postupem stanovení MIE prachů se zabývají dvě normy, které byly srovnávány.

Po celkovém zhodnocení obou norem zabývajícím se postupem stanovení minimální iniciační energie (MIE) lze usoudit, že starší norma ČSN IEC 1241-2-3 (ČNI, 1998) se jeví jako preciznější a sofistikovanější. Zatímco postupem podle novější ČSN EN 13821 (ČNI, 2005) se dojde k méně přesnému výsledku, ale je méně náročná na čas, na množství potřebného vzorku a tím i na finance. Další výhodou této normy je uvedení zapalovacího systému pro velmi nízké energie v rozsahu 1 - 3 mJ.

Pro stanovení MIE se nejčastěji používají zařízení založená na principu Hartmannovy trubice, je však možné použít i jiná vhodná zařízení. Byly popsány a porovnány dva přístroje, MIKE 3 a MIE-D 1.2, přičemž oba splňují podmínky normy ČSN EN 13821 (ČNI, 2005). Vývoj těchto zařízení jde stále kupředu a jsou očekávány inovace.

Použitá literatura

- [1] Cesana, Ch.; Siwek, R. 2010.: *MIKE 3, Manual, B02_071*. Birsfelden: Kühner AG.
- [2] CSB, 2009.: *INVESTIGATION REPORT: Sugar Dust Explosion and Fire (14 Killed, 36 Injured)*. In U. S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: http://www.csb.gov/assets/1/19/imperial_sugar_report_final_updated.pdf.
- [3] ČNI, 1998.: *ČSN IEC 1241-2-3. Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 2: Metody zkoušek - Oddíl 3: Metoda stanovení minimální iniciační energie vznícení rozvířeného prachu*. Praha: Český normalizační institut (ČNI).
- [4] ČNI, 2005.: *ČSN EN 13821 Prostředí s nebezpečím výbuchu - Prevence a ochrana proti výbuchu - Stanovení minimální zápalné energie směsi prachu se vzduchem*. Praha: Český normalizační institut (ČNI).
- [5] Eckhoff, R.K.; Randeberg, E. 2007.: Electrostatic spark ignition of sensitive dust clouds of MIE<1 mJ. *JOURNAL OF LOSS PREVENTION IN THE PROCESS INDUSTRIES*. Svazek 20. Strany 396 - 401.
- [6] EXPLOSION TESTING, 2014.: *Example test results*. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://www.explosiontesting.co.uk/mie_15.html.
- [7] Industrial Solutions, 2014.: *Imperial-sugar-dust-explosion*. In [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.industrialairsolutions.com/industrial-vacuums/images/imperial-sugar-dust-explosion.jpg>.
- [8] Janovský, B. 2012.: *MIE-D 1.2, přístroje pro stanovení minimální iniciační energie prachových disperzí, MANUÁL*. Hrochův Týnec: OZM Research s.r.o.

Application of Flotran CFD in ANSYS

Ing. arch. Ing. Milan Palko, PhD.

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovak Republic
milan.palko@stuba.sk

Abstract

Simulation program ANSYS. The aerodynamic simulation with CFD (Computational Fluid Dynamics). Finite element method (FEM). Volume element method (VEM). The fluid flow problem is defined by the laws of conservation of mass, momentum, and energy. Eight turbulence models in FLOTTRAN CFD. The geometric parameters of fluid dynamic simulation are described by finite network using many points. In ANSYS system there are two basic elements for FLORTAN - CFD. For tasks solved in plane FLUID 141 is used and for tasks solved in space FLUID 142 is applied. Simplified modelling of net for insect with support of real constant.

Keywords

CFD, ANSYS, double-skin transparent facade.

Introduction

There is a new way based on computer simulation. In my case, the simulation programme ANSYS based upon variation method of finite elements supported by FLOTTRAN CFD module has been used for this method.

For mathematical description of fluid flow (air, liquid), mathematic variation methods are used represented by the two most significant ones:

- Finite Element Method - FEM,
- Volume Element Method - VEM.

The finite volume method is the most used airflow method. Presently, the finite element method reaches the level of the finite volume method due to progress and modification of mathematic solving elements. The choice of mathematic method (or the program using the method) was mainly influenced by the fact that SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY had purchased the licence of ANSYS programme, which enables this kind of simulation. The fluid flow problem is defined by three laws [1]:

- conservation of mass,
- conservation of momentum,
- conservation of energy.

Law of conservation of mass - continuity equation

From the law of conservation of mass law comes the continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

where

V_x, V_y, V_z components of the velocity vector in the x, y and z directions [m/s],

ρ density [kg/m³],

t time [s],

x, y, z global Cartesian coordinates [m].

If the compressible algorithm is used, an ideal gas is assumed:

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (2)$$

thereout resulting:

$$\frac{\partial \rho}{\partial P} = \frac{1}{RT} \quad (3)$$

where

R gas constant [-],

T temperature [K].

Momentum equation

The momentum equations, without further assumptions regarding the properties, are as follows (Navier-Stokes equation) [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho V_x}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V_x V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y V_x)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z V_x)}{\partial z} = \rho g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \\ + R_x + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_e \frac{\partial V_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_e \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_e \frac{\partial V_x}{\partial z} \right) + T_x \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho V_y}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V_x V_y)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z V_y)}{\partial z} = \rho g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \\ + R_y + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_e \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_e \frac{\partial V_y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_e \frac{\partial V_y}{\partial z} \right) + T_y \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho V_z}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V_x V_z)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y V_z)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z V_z)}{\partial z} = \rho g_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \\ + R_z + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_e \frac{\partial V_z}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_e \frac{\partial V_z}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_e \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) + T_z \end{aligned} \quad (6)$$

where

g_x, g_y, g_z components of acceleration due to gravity [m/s²],

ρ density [kg/m³],

μ_e effective viscosity [N.s/m²],

R_x, R_y, R_z distributed resistances [kg.m²/.s²],

T_x, T_y, T_z viscous loss terms [kg.m²/.s²].

For a laminar case, the effective viscosity μ_e is merely the dynamic viscosity.

Energy equation

The conservation of energy can be expressed in terms of the stagnation (total) temperature, often useful in highly compressible flows, or the static temperature, appropriate for low speed incompressible analyses. The complete energy equation is solved in the compressible case with heat transfer. In terms of the total (or stagnation) temperature, the energy equation is [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho C_p T_0) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho V_x C_p T_0) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho V_y C_p T_0) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} (\rho V_z C_p T_0) = \frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial T_0}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial T_0}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial T_0}{\partial z} \right) + W^v + E^k + Q_v + \Phi + \frac{\partial P}{\partial t} \end{aligned} \quad (7)$$

where

C_p specific heat [J/(kg.K)],

T_0 total temperature [K],

K thermal conductivity [W/(m.K)],

- W^v viscous work term [J],
 Q_v volumetric heat source [J],
 Φ viscous heat generation term [J],
 E^k kinetic energy [J].

The energy equation for the incompressible case may be derived from the one for the compressible case by neglecting the viscous work (W^v), the pressure work, viscous dissipation (f), and the kinetic energy (E^k). As the kinetic energy is neglected, the static temperature (T) and the total temperature (T_0) are the same. The energy equation now takes the form of a thermal transport equation for the static temperature [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho C_p T) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho V_x C_p T) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V_y C_p T) + \\ + \frac{\partial}{\partial z}(\rho V_z C_p T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q_v \end{aligned} \quad (8)$$

The momentum equations, without further assumptions.

Turbulence

There are eight turbulence models available in FLOTTRAN. The model acronyms and names are as follows:

- Standard k - ϵ Model,
- Zero Equation Model,
- RNG - (Re-normalized Group Model),
- NKE - (New k - ϵ Model due to Shih),
- GIR - (Model due to Girimaji),
- SZL - (Shi, Zhu, Lumley Model),
- Standard k - ω Model,
- SST - (Shear Stress Transport Model).

Geometric parameters

The geometric parameters of fluid dynamic simulation are described by finite network using many points. In ANSYS system there are two basic elements for FLORTAN - CFD [2]. For tasks solved in plane FLUID 141 is used and for tasks solved in space FLUID 142 is applied. On such elements it is possible to solve the speed of fluid flow, pressure distribution and thermal effects. The element FLUID 141 (Fig. 1) can be used for modelling of steady or non-steady fluid/thermal systems. Using the element in FLORTAN - CFD the calculation for fluctuant and thermal distribution through area of elements forming the network is carried out. FLUID 141 also can be used at interaction of fluid and mass. On element the speeds gained on basis of the law of momentum preservation, the pressures rising from the law of mass conservation, the temperature from the law of energy conservation are calculated. The unknown values create the levels of element disposal, which are defined by global iteration. A FLUID 141 element has six degree of freedom in each point. Degree of freedom are [2]:

- velocity in direction (VX, VY),
- press (PRES),
- temperature (TEMP),
- turbulent kinetic energy (ENKE),
- turbulent kinetic energy dissipation rate (ENDS).

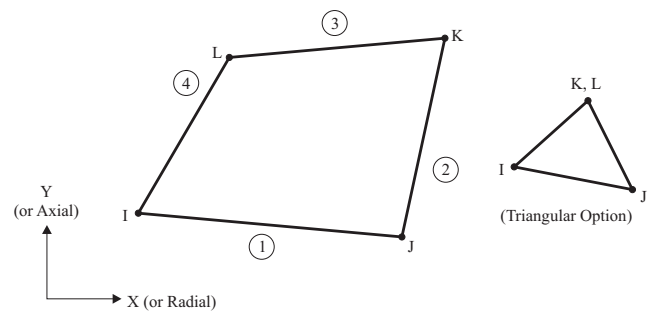


Fig. 1 Element FLUID 141

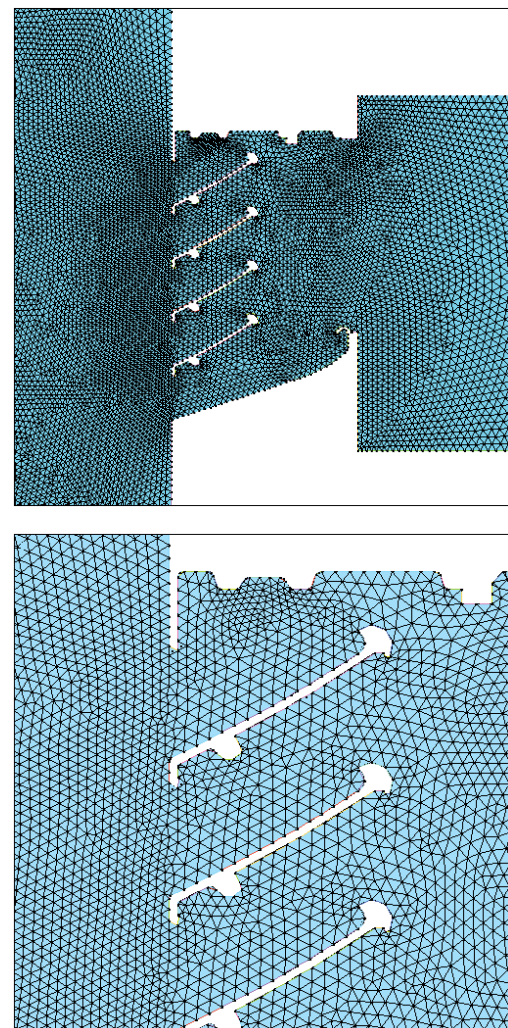


Fig. 2 Mashing with element FLUID 141 (input channel of double skin façade)

The element is defined by three nodes (triangle) or four nodes (quadrilateral) and by isotropic material properties. The coordinate system is selected according to the value of KEYOPT, and may be either Cartesian, axisymmetric, or polar.

Approximation of net model

Due to too much detail it was necessary to simplify the net model. If we wanted to model the net against insects based on geometry (while the wire thickness is 0,5 mm) it would be very demanding relating to detail of network compression (considering the model size). From the above given reasons I used the approximation of model following the real material constants, which are provided by ANSYS programme. I used the constant „K,, (Head loos) for my investigation. However, I had to determine the material constant

by inverse way, as it had not existed for the given network. The aerodynamic coefficients of local resistance are determined in a large geometry spectrum based on experimental measurements. Following the known value of network resistance I was able to determine „K,, constant. The simulation model was as follows: The part, for which „K,, constant was determined empirically, was placed into the pipe (Fig. 3). After the simulation was carried out, its aerodynamic resistance was determined following the total and aerodynamic pressures. „K,, value was being changed until the resistance from the simulation and the experiment were identical. The gained „K,, coefficient was then used the material constant into model of input channel. [3]

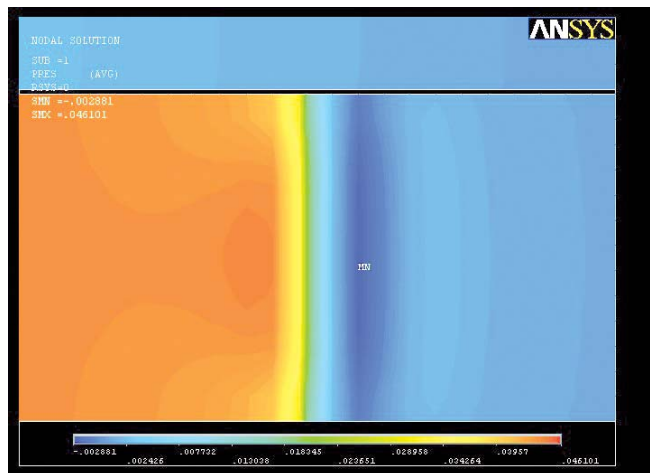


Fig. 3 Model of net in tube - pressure fields

Conclusions

Use FLOTRAN-CFD can solve a variety of applications in building construction. Fig. 3 presents the approximate model mosquito nets. Fig. 4 shows the velocity fields in the input channel of double skin façade.

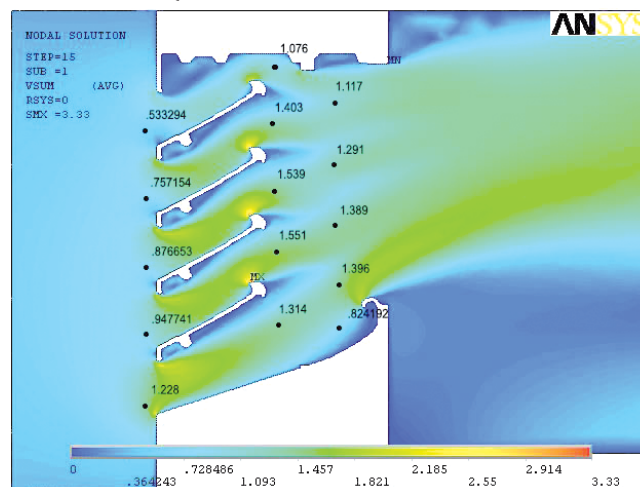


Fig. 4 Velocity field of inlet channel for input velocity 0,4 m/s

References

- [1] Crochet, M.J.; Davies, A.R.; Walters, K.: *Numerical Simulation of Non-Newtonian Flow*, Elsevier Science Publishers B.V. (1984).
- [2] Gartling, D.K.: *"Finite Element Methods for Non-Newtonian Flows"*, report SAND92-0886, CFD Dept., Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1992).
- [3] White, F.M.: *Viscous Fluid Flow*, Second Edition, McGraw-Hill, New York (1991).

Selected Problems of Passive House

Ing. arch. Ing. Milan Palko, PhD.

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovak Republic
milan.palko@stuba.sk

Abstract

The paper deals with project proposals, construction and exploitation of house in passive standard. Specific properties of building envelope in energy passive standard. Execution of additional thermal insulating system with heat bridge elimination. Evaluation of applicable design using non-traditional aluminium basis. Elimination of heat flows in window structure.

Keywords

Passive standard, window, thermal insulating.

Introduction

Passive building is a building, which does not need supplying energy conventional system for ensuring thermal comfort. In order to achieve this, the heating demand of such building will be 90 % less comparing to common buildings. The specific heat demand (in kWh/(m².year)) is around 100 in common modern building, on average 200 in old block of flats, below 50 in low energy building and below 15 (kWh/(m².year)) in passive building. The specific heat demand below 15 (kWh/(m².year)) is a basic characteristic of passive building and it is proved by calculation. Window is a distinctive transparent building element in terms of construction and architecture, endurance against breaking, sun, heat, wind, cold and rain effects, or mechanical, fire, acoustic resistance, and alike. Nowadays, the window as a part of heat exchange building envelope structure is significant element in building energy concept (particularly in passive buildings). In window design, in terms of placement and glazing area size, it is important to look for the balance between the heat loss and solar gains. However, it would be misleading to think that the indoor climate - external climate interaction is affected only by glazing area size considering the transparent parts of building envelope. The correct solution of window structural parts and window embedding in building envelope is a relevant property of quality window.



Fig. 1 Geometry and design of a building realized in passive standard

Non-transparent parts of building envelope

Evolution of building construction requirements is an integral part of evolution of energy requirements for buildings. Roof thermal transmittance with recommended standard value of 0,2 W/(m².K) decreases in case of low energy building to 0,15 W/(m².K), and for passive buildings down to 0,1 W/(m².K). External wall thermal transmittance with recommended standard value of 0,32 W/(m².K) decreases in case of low energy building to 0,20 W/(m².K), and for passive buildings down to 0,15 W/(m².K). Ground floor thermal transmittance with recommended standard value of 0,25 W/(m².K) decreases in case of low energy building to 0,18 W/(m².K), and for passive buildings down to 0,15 W/(m².K). In the past, while designing the size and quality of thermal insulation for building structures, it was primarily necessary to

ensure the hygienic criterion (condensation and fungi formation). The increase of need for showing the energy savings leads to enhancement of thermal characteristics of building structures. The fact that by correct material combination (in terms of structure moisture transport) as well as good thermal performance the problem of surface condensation and fungi formation is definitely solved is highly appreciated [1, 2].



Fig. 2 Part of the flat roof (to create space for the insulation of attic)



Fig. 3 Inappropriate anchorage of adhesive anchor is demonstrated on the left side and appropriate application is shown on the right side

Roofs for low energy and passive standards can be designed as sloping and flat ones, where appropriate thickness of thermal insulation, which should be in such cases for standard thermal insulating materials between 300 and 400 mm, is decisive. In application of new materials (e.g. on PIR foam basis) the thickness of thermal insulation can decline to approximately 260 mm. This material was also used in the flat roof. In the sloping roof the thermal insulation on mineral wool basis with heat bridge elimination was applied. The external walls were designed and realized as heavy structures. It means that POROTHERM 300 mm using contact thermal insulating system on polystyrene basis was applied. In such cases, when masonry external wall is used, it is inevitable to pay attention to applying appropriate anchorage system for thermal insulation (Fig. 3).

From the viewpoint of elimination of point heat bridges the special adhesive element was used for anchorage of thermal insulating system (Fig. 3 and Fig. 4). In the base part the foundation thermal baseboard reducing significantly the line heat bridge was used (Fig. 4).



Fig. 4 Application of special thermal baseboard of thermal insulating system and arrangement of adhesive anchors on the wall with application of thermal insulating system

Transparent construction

Up to date commonly used windows are inconvenient for energy passive buildings. For such buildings the windows having thermal transmittance $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ are to be used. In order to achieve such thermal transmittance value the window frame and casement cresting should have the U-value of $U_f \leq 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Special Euro-prisms with thickness of $bf > 70$, where the middle bar is replaced by high-performance insulating material, are used in cresting on wooden material basis. Combined wood-aluminium basis, where the wooden part with high-performance insulating material bar is able to ensure the required U-value and to supplement a window in terms of architectural detail and functionality, is also considered as suitable.

The window transparent part - glazing, which forms 70 up to 80 % of window area, has decisive influence on its thermal insulating characteristics. In order to achieve the necessary thermal transmittance value of window the glazing should reach the value (depending on window dimensions) of $U_g \leq 0,6$ to $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. The given value can be obtained by using the insulating triple-glazing with selective layers filled with krypton. As already mentioned, in correctly designed passive building there is a need to lay stress also on segmental elements (e.g. placement of window in building

envelope). The building envelopes of passive buildings can have alternative design solutions (light wooden structure and thermal insulating material, heavy monolithic structure and thermal insulating material). The correct window imbedding in building envelope results from the above given variants. In the paper I deal with the window imbedding in heavy building envelope structure with a frame on unconventional material basis for passive buildings, and that is aluminium with heat bridge interruption. There are various alternatives of window imbedding in building envelope illustrated in Fig. 5. The composition of external wall from the interior towards exterior is as follows - plaster casting, concrete wall, thermal insulating material on polystyrene basis, thin film façade rendering system.

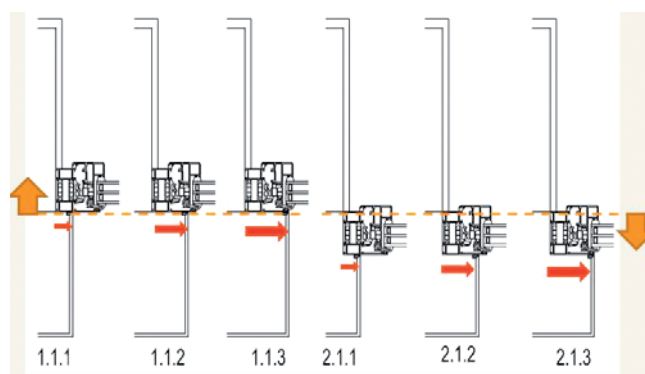


Fig. 5 Examination of the position of the window in the heavy outer wall

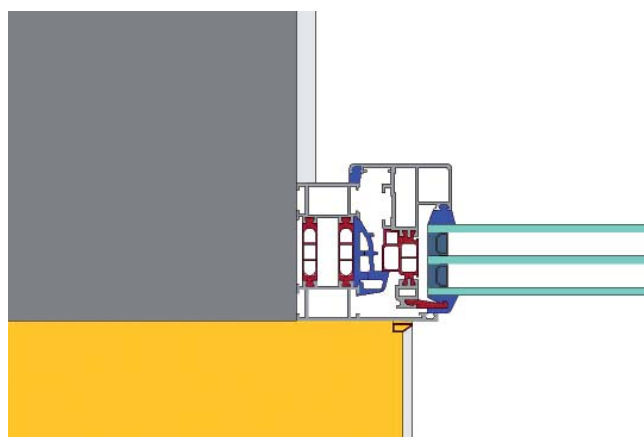


Fig. 6 Geometry of used aluminium window

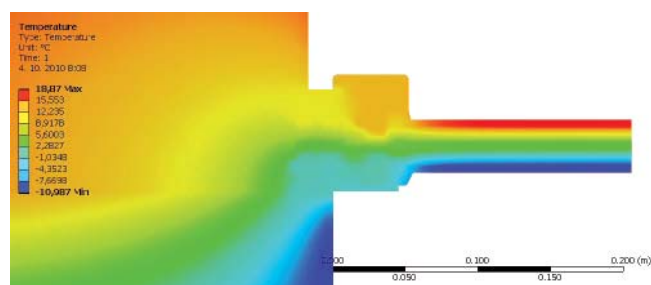


Fig. 7 Surface temperature - model 1.1.1 (-11 °C exterior, interior 20 °C)

Conclusions

In non-transparent parts of building envelope in energy passive standard it is not extremely demanding to comply with the requirement for low heat flows in a fragment. Considering the heat bridge areas it is necessary to optimise their structural design and thermal performance. In energy passive building the aluminium

window structure is non-standard, but it can also be used. Due to the fact that aluminium frames consist of structure with hidden window frame it is possible to achieve interesting results by choosing appropriate detail insulation and window imbedding. It is evident from the computer models that model 2.1.3 is the most suitable one in terms of minimization of heat flows and heat losses. Also other factors (e.g. aesthetic solution, possibility of additional clap-net application, etc.) are to be taken into consideration in the decision making process. Considering all the factors the detail of window imbedding in building envelope was realized according to model 2.1.2 (Fig. 8).

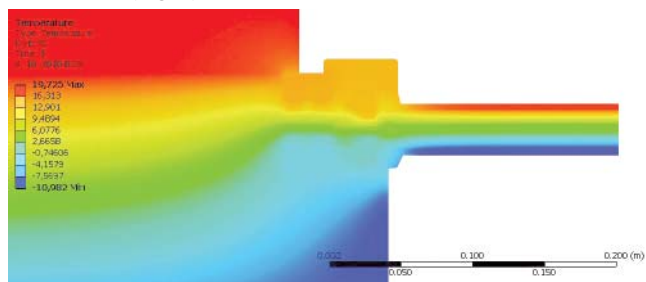


Fig. 8 Surface temperature - model 2.1.3 (-11 °C exterior, interior 20 °C)



Fig. 9 Surface temperature - model 2.1.3 (-11 °C exterior, interior 20 °C)

References

- [1] Chmúrny, I. 2003.: *Thermal protection of buildings*. Publishers Jaga group, v.o.s., Bratislava, 214 pp (in Slovak).
- [2] Puškár, A.; Szomolányiová, K.; Fučila, J.; Vavrovič, B.: *Windows, glass walls, doors, gates*. Bratislava: Jaga Group, 2008. 266 pp. ISBN 978-80-8076-062-5 (in Slovak).

Metody stanovení vznícení a samovznícení dřevěného prachu

Methods of Determination of Ignition and Self - Ignition of Wood Dust

Ing. Michaela Perďochová

doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovic
michaela.perdochova@vsb.cz, ales.bernatik@vsb.cz

Abstrakt

Využívání tuhých biopaliv má v České republice stoupající trend. Z důvodu nižší výhřevnosti se zvyšují nároky na skladovací prostory, což přispívá ke zvyšování rizika vzniku požáru v důsledku samovznícení. Největší sklon k samovznícení vykazuje dřevěný prach. Ten vzniká při manipulaci s tuhým biopalivem. Dřevěný prach se také vyskytuje v provozech, ve kterých se dřevo zpracovává. Zde může dojít k jeho vznícení od horkého povrchu. V tomto příspěvku byly zjišťovány dvě požárně - bezpečnostní charakteristiky dřevěného prachu, a to teplota samovznícení a minimální teplota vznícení. Teplota samovznícení byla stanovena podle normy ČSN EN 15188 - Stanovení chování nahromaděného prachu z hlediska samovolného vznícení. Určení minimální teploty vznícení bylo provedeno podle normy ČSN EN 50281 - 2-1 - Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 2-1: Metody zkoušek - Metody pro stanovení minimálních teplot vznícení prachu, metoda A: Vrstva prachu na vyhřívaném povrchu o konstantní teplotě.

Klíčová slova

Dřevěný prach, teplota samovznícení, minimální teplota vznícení, ČSN EN 15188, ČSN EN 50281-2-1.

Abstract

The utilization of solid biofuels has rising trend in the Czech Republic. Because of lower calorific value, claims on storage spaces are increased. This fact contributes to increasing of risk of fire due to self - ignition. Wood dust has the biggest tendency to self - ignition. Wood dust form due to handling with solid biofuels. Wood dust is also present in plans where the wood is processed. Wood dust can be initiated from a hot surface in these plans. In this paper, two fire technical characteristics of wood dust were determined - temperature of self - ignition and minimum ignition temperature. Temperature of self - ignition was determined according to European Standard EN 15188 - Determination of the spontaneous ignition behavior of dust accumulations. Determination of minimum ignition temperature was performed according to standard EN 50281-2-1 - Electric apparatus for use in the presence of combustible dust - Part 2-1: Test methods - Methods for determination the minimum ignition temperatures of dust (method A: Layer of dust on a heated surface with a constant temperature).

Keywords

Wood dust, temperature of self - ignition, minimum ignition temperature, EN 15188, EN 50281-2-1.

Úvod

Hořlavý prach představuje, kromě nebezpečí výbuchu, také nebezpečí požáru. S rostoucím podílem využívání dřevní hmoty nelze tvorbu prachu u tohoto materiálu podceňovat. Ke vzniku prachu zejména dochází při dopravě, skladování a manipulaci s dřevní hmotou.

Mezi příčiny požárů, vznikající v důsledku vznícení dřevěného prachu, patří působení samovolného vznícení účinkem samozahřívání a také horké povrchy elektrických zařízení.

K požárům v důsledku samovznícení dochází zejména při skladování a transportu objemných materiálů. Pod pojmem samovznícení se rozumí samovolně probíhající proces od prvního okamžiku nárůstu teploty až k dosažení teploty samovznícení jako důsledek chemických, fyzikálních nebo biologických procesů. Výsledkem tohoto procesu je vznícení a následné hoření látky plamenným nebo bezplamenným způsobem (Balog, 1999). Článek se zabývá samovznícením tepelným, při kterém dochází ke vznícení hořlaviny dlouhodobým působením poměrně vysoké teploty.

Jak již bylo zmíněno, příčinou požáru mohou být také hořlavé povrchy v průmyslech, ve kterých se dřevo zpracovává (např. výroba nábytku, stavebního žeziva, pelet apod.). V takovýchto provozech hrozí nebezpečí usazení prachu na elektrických zařízeních a za určitých podmínek tak může dojít k jeho vznícení od horkého povrchu. Dále se může prach usazovat při průmyslových operacích, při kterých prašná směs vzniká - sušení, mletí, drcení apod. Podle (Bártlová a Damec, 2002) hrozí nebezpečí požáru hořlavých prachů tam, kde se prach usazuje v souvislé vrstvě, která je schopná šířit požár.

Vznětlivost a náchylnost materiálů k samovznícení je ovlivněna různými faktory. Jedná se o chemicko-fyzikální vlastnosti hmoty (např. složení, zrnitost, vlhkost, pórovitost) a podmínky, kterým jsou materiály vystaveny (např. okolní teplota, doba skladování, objem nahromaděného materiálu, koncentrace kyslíku) (Lohrer et al, 2005). Především objem nahromaděného materiálu patří k podmínkám, které významně ovlivňují proces samovznícení skladovaných materiálů i vznícení usazených vrstev materiálů. Podle (Babrauskas, 2003, Kalousek, 1999) se zvyšujícím se objemem se snižuje povrch, připadající na jednotku objemu, který odvádí teplo. Zvyšováním objemu se tedy pravděpodobnost vzniku požárů zvyšuje a naopak.

Existuje několik metod k určení vznětlivosti prachu v závislosti na objemu hodnoceného materiálu. Předmětem článku je určit náchylnost k samovolnému vznícení a minimální teplotu vznícení usazeného dřevěného prachu, jako dva z technicko-bezpečnostních parametrů, na jejichž základě se posuzuje bezpečnost provozů. Za tímto účelem byly použity tyto dvě metody:

- metoda podle normy ČSN EN 15188 - Stanovení chování nahromaděného prachu z hlediska samovolného vznícení - podle této metody byly stanoveny teploty samovznícení a k nim odpovídající indukční doby v různě velkém objemu prachu při uložení v peci při konstantní teplotě,
- metoda podle normy ČSN EN 50281-2-1 - Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 2-1: Metody zkoušek - Metody pro stanovení minimálních teplot vznícení prachu (metoda A) - touto metodou byly stanoveny minimální teploty vznícení pro dvě vrstvy prachu uložené na horkém povrchu z hlediska rozvoje samovznícení na objemu hodnoceného materiálu.

Materiály a metody

Testovaný materiál

Pro experimentální měření byl použit dřevěný prach o synpé hustotě $177,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, který byl získán rozemletím dřevěných pelet na velikost částic $0,063 \text{ mm}$. U hodnoceného vzorku byl proveden základní chemický (tab. 1) a elementární rozbor (tab. 2).

Tab. 1 Základní chemický rozbor dřevěného prachu

Základní chemický rozbor [% hm.]			
Parametr	Stav vzorku		
	Analytický „a“	Bezvodý „d“	Hořlavina „daf“
Vlhkost W	8,26	-	-
Popel A	0,26	0,28	-
Prchavá hořlavina V	82,12	83,14	84,27
Fixní uhlík C_f	9,36	16,58	15,73

Tab. 2 Elementární rozbor dřevěného prachu

Elementární rozbor [% hm.]	
Uhlík veškerý C_d	47,03
Vodík veškerý H_d	6,59
Dusík N_d	0,00
Síra S_d	0,00
Kyslík (dopočetem) O_d	46,38

Experimentální metody

a) Stanovení teploty samovznícení dřevěného prachu

Ke stanovení teploty samovznícení dřevěného prachu byla použita zkušební metoda podle evropské normy ČSN EN 15188 - Stanovení chování nahromaděného prachu z hlediska samovolného vznícení (ČSN EN 15188, 2008). Jedná se o metodu, která slouží ke stanovení teploty samovznícení v závislosti na objemu, na základě zkoušek uložení v peci při konstantní teplotě. Sleduje se také doba mezi dosažením teploty uložení a vznícením (indukční doba). Náchylnost prachu k samovznícení byla ověřována v izotermické peci MEMMERT (obr. 1) o objemu 749 litrů.



Obr. 1 Izotermická pec MEMMERT

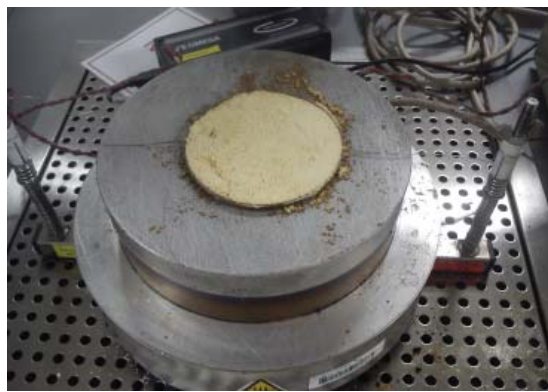
Cirkulační ventilátor zajišťuje homogenní teplotu uvnitř pece. K měření teploty slouží tři termočlánky, z nichž dva slouží pro měření teploty v peci a jeden pro měření teploty vzorku. Záznam teplot byl získán pomocí programu v počítači, který umožňuje okamžitý zápis získaných hodnot z termočlánků. Teplota samovznícení byla stanovena ve čtyřech různých objemech vzorků za použití košíků tvaru válce o objemu 100, 200, 800 a 3200 cm^3 . Pro každý zvolený objem vzorku bylo provedeno tolik zkoušek, aby mohla být stanovena nejvyšší teplota pece, při

kteří nedojde ke vznícení vzorku a také nejnižší teplota, při které došlo ke vznícení vzorku. V normě (ČSN EN 15188, 2008) je pak teplota samovznícení definována jako nejvyšší teplota, při které ještě nedojde ke vznícení daného objemu prachu. Ke vznícení vzorku došlo, pokud se teplota ve středu vzorku zvýší alespoň o 60 K nad teplotu pece. Protože výsledky zkoušek byly vyhodnoceny pomocí Pseudo - Arrheniova grafu teplot samovznícení a závislosti indukční doby hoření na poměru objemu/povrchu prachu, musí být rozdíl mezi závěrečnými zkouškami menší nebo roven 2 K . Výsledky měření byly zaokrouhleny dolů na nejbližší stupeň.

b) Stanovení minimální teploty vznícení usazeného dřevěného prachu

Minimální teplota vznícení dřevěného prachu v usazeném stavu byla určena podle normy ČSN EN 50281-2-1 metodou A (ČSN EN 50281-2.1, 1999). Podle této normy se za minimální teplotu vznícení prachu ve vrstvě považuje minimální teplota horkého povrchu, při které dojde ke vznícení vrstvy prachu o stanovené tloušťce umístěné na horkém povrchu. Tato hodnota umožňuje posoudit možnost vznícení usazené vrstvy prachu od horkých povrchů. Zkušební zařízení (obr. 2) se skládá z elektricky vyhřívaného povrchu (kruhová kovová deska), termočlánek umístění v desce, termočlánek ve vrstvě prachu, kovové kruhy pro tvorbu vrstvy prachu, zařízení pro regulaci teploty a záznamového zařízení. Minimální teplota vznícení byla stanovena pro dva různě vysoké kruhy - 5 mm a $12,5 \text{ mm}$. Kromě vyhodnocení, zda došlo nebo nedošlo ke vznícení vzorku při zvolené teplotě, byly zaznamenávány další údaje, jako je nejvyšší dosažená teplota a doba pro vznícení nebo dosažení nejvyšší teploty bez vznícení. V ČSN EN 50281-2-1 se za vznícení považují následující případy:

- jsou-li viditelné plameny nebo žhnutí,
- je naměřena teplota $450 \text{ }^\circ\text{C}$,
- je naměřeno oteplení o $250 \text{ }^\circ\text{C}$ vyšší, než je teplota vyhřívané desky.



Obr. 2 Zkušební zařízení pro stanovení minimální teploty vznícení

Pokud po 30 minutách nenastane ani jeden z případů uvedených výše, zkouška se opakuje při vyšší teplotě. Provádí se tolik pokusů, dokud není nalezena teplota, při které dojde ke vznícení vzorku, která není o více než 10 K vyšší než teplota, při které nedojde ke vznícení vrstvy prachu. Nejvyšší teplota, při níž nedošlo ke vznícení, musí být potvrzena nejméně třemi zkouškami. Hodnocení výsledků měření je provedeno podle následující tab. 3.

Tab. 3 Hodnocení výsledků měření (Damec, Šimandl; 2005)

Teplota vznícení/žhnutí [$^\circ\text{C}$]	Vyhodnocení
$t_{\text{vzníc.}}^u$ nebo $t_{\text{zhnut.}}^u < 150$	Vzorek je velmi vznětlivý
$150 \geq t_{\text{vzníc.}}^u$ nebo $t_{\text{zhnut.}}^u < 300$	Vzorek je vznětlivý
$t_{\text{vzníc.}}^u$ nebo $t_{\text{zhnut.}}^u \geq 300$	Vzorek je obtížně vznětlivý
$t_{\text{vzníc.}}^u$ nebo $t_{\text{zhnut.}}^u$ nenalezena	Vzorek není vznětlivý do teploty $400 \text{ }^\circ\text{C}$

Výsledky a diskuze

a) Stanovení teploty samovznícení dřevěného prachu

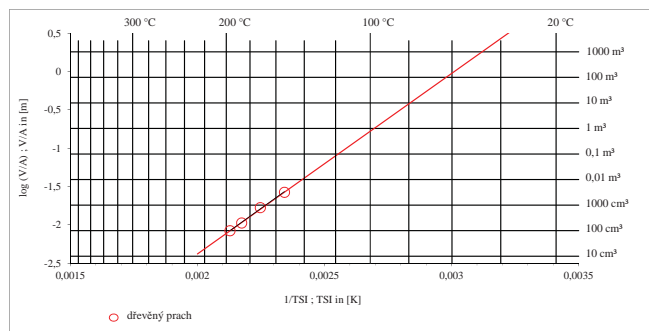
Při vyhodnocení podle normy (ČSN EN 15188) se z naměřené závislosti teploty na čase určí pro každý objem košíku teplota samovznícení T_{SI} .

V tab. 4 jsou uvedeny výsledky košíkového testu dřevěného prachu. Z výsledků je patrné, že s rostoucím objemem prachu klesá teplota samovznícení a prodlužuje se indukční doba.

Tab. 4 Výsledky košíkového testu dřevěného prachu

Objem košíku [cm ³]	T_{SI} [°C]	Čas do vznícení [h]
100	197	1,62
200	187	2,68
800	172	5,53
3200	154	22,5

Vyhodnocení výsledků zkoušky pro stanovení teplot samovznícení bylo provedeno pomocí závislosti mezi logaritmem poměru objemu k povrchu u daného tvaru a velikosti použitého košíku ($\lg [V/A]$) a převrácené hodnoty teploty samovznícení ($1/T_{SI}$ v K) - obr. 3.



Obr. 3 Pseudo - Arrheniusův graf teplot samovznícení pro dřevěný prach

Rovnice (1), která byla použita pro extrapolaci dat mimo oblast měřených teplot a rozměrů, je následující:

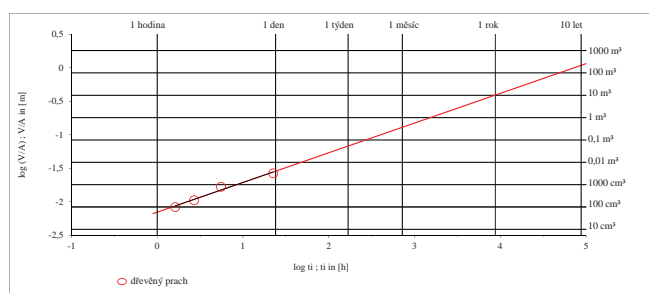
$$\log(V/A) = 2377,8 \cdot (1/T) - 7,134 \quad (1)$$

Koeficient korelace této závislosti je 0,9971.

Z výsledků je dále možno určit indukční dobu hoření pro různé objemy jako závislost logaritmu indukční doby (t_i) na logaritmu poměru objemu k povrchu u daného tvaru a velikosti použitého košíku ($\lg [V/A]$) - obr. 4. Indukční doba hoření je definována normou (ČSN EN 15188) jako doba mezi dosažením teploty uložení a vznícením. Zjištěná závislost je popsána rovnicí (2):

$$\log(t_i) = 0,442 \cdot \log(V/A) - 2,1527 \quad (2)$$

Koeficient korelace je 0,9972.



Obr. 4 Závislost indukční doby na poměru objemu/povrchu dřevěného prachu

Z výše uvedených grafů lze tedy odhadnout teploty samovznícení a časy potřebné k samovznícení vzorků pro objemy přibližující se reálnému uložení hodnocených materiálů, tzn. pro větší objemy. Např. dřevěný prach o válcovém objemu 1 m³ by se samovznítil při teplotě nad 98 °C (viz obr. 3). Pokud by byl tento vzorek uložen o této konstantní teplotě, došlo by k požáru za 2 měsíce a 12 dní (viz obr. 4).

Z extrapolovaných závislostí lze pak po úpravě vypočítat kritický rozměr uloženého prachu, který představuje nebezpečí vzniku samovznícení při dané teplotě okolí a také dobu, za kterou může při dané teplotě a při daném rozměru dojít k samovznícení - tab. 5.

Tab. 5 Kritické rozměry dřevěné hmoty při dané teplotě okolí s uvedením indukční doby

Teplota [°C]	Kritický rozměr [m]	Indukční doba [dny]	Teplota [°C]	Kritický rozměr [m]	Indukční doba [dny]
40	16,04	28609,38	130	0,34	4,69
50	9,40	8545,91	140	0,25	2,25
60	5,69	2744,80	150	0,18	1,12
70	3,55	941,91	160	0,13	0,57
80	2,27	343,41	170	0,1	0,30
90	1,49	132,36	180	0,08	0,17
100	1,00	53,69	190	0,06	0,09
110	0,69	22,83	200	0,05	0,05
120	0,48	10,14	210	0,04	0,03

Podle uvedených údajů vyplývá, že při teplotě 40 °C by musel být rozměr hodnocené dřevěné hmoty přibližně 16,04 m a uložen 28609 dní, to je přibližně 78 roků, aby mohlo dojít k jejímu samovznícení. Uvedený rozměr odpovídá válcovému uložení hmoty, kdy výška válce je rovna jeho průměru. Při menších rozměrech, než jsou uvedeny pro danou teplotu, nedochází k samovznícení. Z tohoto hodnocení vyplývá, že za normálních podmínek je nepravděpodobné, že by při uskladnění dřevěného materiálů nebo jeho přepravě došlo ke vzniku samovznícení hodnocené dřevěné hmoty. Pokud by však byl uskladněný materiál zahříván na vyšší teplotu, zvýšila by se tím možnost vzniku požáru. K zamezení vzniku samovznícení je tedy zapotřebí chránit uskladněný materiál před zdrojem tepla a lze mu také zabránit vhodným zvýšením povrchu.

b) Stanovení minimální teploty vznícení usazeného dřevěného prachu

Měření minimální teploty vznícení dřevěného prachu bylo provedeno při teplotě 22,3 °C a vlhkosti v místnosti 22 %. Minimální teploty vznícení pro 5 mm a 12,5 mm vrstvu prachu spolu s příslušnou indukční dobou jsou zaznamenány v tab. 6.

Tab. 6 Výsledky stanovení minimální teploty vznícení dřevěného prachu

Tloušťka vrstvy [mm]	Minimální teplota vznícení [°C]	Indukční doba vznícení [min]
5	340	4
12,5	300	15

Z naměřených hodnot je zřejmé, že dřevěný prach je hodnocen, podle hodnoty minimální teploty vznícení usazeného prachu, jako obtížně vznětlivý, a to jak pro tloušťku vrstvy 5 mm tak i pro 12,5 mm vrstvu prachu. Pokud by byl však vzorek dřevěného prachu zkoušen ve vyšší vrstvě, než pro jaké vrstvy bylo v tomto článku provedeno, byl by už vzorek hodnocen jako vznětlivý. Z tohoto hodnocení je patrné, že čím je vrstva dřevěného prachu

vyšší, tím je jeho minimální teplota vznícení nižší, tzn. že ke vznícení materiálů dojde za nižších teplot. Z výše uvedeného vyplývá, že omezením vzniku a usazování prachu lze snížit pravděpodobnost požáru. Produkci prachu nelze zcela zamezit, ale jeho vývin lze zmenšit některými opatřeními (např. snížení výšky pádu, odsávání a filtrační jednotky, pravidelné čištění a údržba).

Závěr

Cílem tohoto článku bylo stanovit náchylnost k samovznícení a minimální teplotu vznícení usazeného dřevěného prachu. Byly vybrány dvě metody k určení těchto parametrů v závislosti na objemu hodnoceného materiálu.

Ke stanovení teploty samovznícení byla použita norma ČSN EN 15188. Na základě zjištěných výsledků lze provést odhad, zda při známém objemu a teplotě dojde nebo nedojde k samovznícení. Ze zjištěných výsledků měření ve smyslu této normy bylo zjištěno, že za normálních podmínek je nepravděpodobné, že by došlo k samovolnému vznícení dřevěného prachu. Pokud by však byla tato dřevní hmota uložena po dlouhou dobu za zvýšené teploty, může k jejímu samovolnému vznícení dojít.

Ke stanovení minimální teploty vznícení byla použita norma ČSN EN 50281-2-1, metoda A. Podlé této normy je dřevěný prach hodnocen jako obtížně vznětlivý.

Experimentálně naměřené hodnoty těchto dvou požárně technických charakteristik dřevěného prachu mohou být dále použity pro analýzu rizika požáru v průmyslu. Stanovení náchylnosti dřevěné hmoty k samovznícení může také napovědět, jak se toto biopalivo bude chovat při styku se vzdušným kyslíkem a pomůže přiblížit možnost, jak jej bezpečně uskladnit a přepravovat.

Nutno brát však v úvahu, že hodnocené parametry byly stanovovány v laboratorním měřítku za předepsaných podmínek zkoušky. Za normálních pracovních podmínek nebo v nezvyklých pracovních procesech se mohou měnit vlastnosti materiálu a tím ovlivnit naměřené hodnoty.

Článek byl vypracován v rámci projektu ICT CZ.1.05/2.1.00/03.0082 (Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin) financovaný Evropskou unií a z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy.

Použitá literatura

- [1] Babrauskas, V. 2003.: *Ignition Handbook: Principles and applications to firesafetyengineering, fireinvestigation, risk management and forensic science*. Issaquah, WA98027, USA: Fire Science Publishers, 1116 s. ISBN 0-9728111-3-3.
- [2] Balog, K. 1999.: *Samovznietenie*. Edice SPBI SPEKTRUM 21. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 1. vyd., 133 s. ISBN 80-86111-43-1.
- [3] Bartlová, I.; Damec, J. 2002.: *Prevence technologických zařízení*. Edice SPBI SPEKTRUM 30. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 1.vyd. 243 s. ISBN 80-86634-10-8.
- [4] ČSN EN 15188, 2008. Stanovení chování nahromaděného prachu z hlediska samovolného vznícení. Praha: Český normalizační institut.
- [5] ČSN EN 50281-2-1, 1999. Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 2-1: Metody zkoušek - Metody pro stanovení minimálních teplot vznícení prachu. Praha: Český normalizační institut.
- [6] Damec, J.; Šimandl, L. 2005.: *Laboratorní praktikum protivýbuchové prevence technologických procesů*. 1. vyd. Ostrava: SPBI, 38 s. ISBN 80-86634-57-4.
- [7] Kalousek, J. 1999.: *Základy fyzikální chemie hoření, výbuchu a hašení*. Edice SPBI SPEKTRUM 4. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství Ostrava, 2. vyd. 201 s. ISBN 80-86111-34-2.
- [8] Lohrer, C.; Krause, U.; Steinbach, J. 2005.: Self - ignition of combustible bulk materials under various ambient conditions. *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 83, s. 145 - 150. ISSN 0957-5820.

Elektromagnetická kompatibilita systémů elektrické požární signalizace

Electromagnetic Compatibility of Fire Detection and Fire Alarm Systems

Ing. Jan Valouch, Ph.D.

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín
valouch@fai.utb.cz

Abstrakt

Zařízení a systémy elektrické požární signalizace a jejich dílčí komponenty (ústředny, hlásiče, obslužné a signalizační panely, adresovací jednotky, výstupní moduly, napájecí zdroje, sirény, rádiové moduly atd.) představují elektronická zařízení tj. výrobky, které jsou potenciálními zdroji elektromagnetického rušení, a zároveň je jejich správná činnost ohrožena rušivými emisemi elektromagnetického prostředí v místě instalace. Cílem následujícího příspěvku je vymezení legislativních a technických požadavků na elektromagnetickou kompatibilitu (EMC) zařízení elektrické požární signalizace.

Klíčová slova

Elektromagnetická kompatibilita, elektrická požární signalizace, měření.

Abstract

Fire alarm systems and their components (control and indicating equipment, detectors, operating and signaling panels, addressing units, output devices, power supplies, warning devices, radio modules etc.) as electronic or electrical equipment are products which are the source and receiver of electromagnetic interference too. The correct operation of the system may be threatened due spurious emissions of electromagnetic environment in the installation site. The aim of the article is definition of legal and basic technical requirements for electromagnetic compatibility of components of fire alarm systems.

Keywords

Electromagnetic compatibility, fire detection and fire alarm system, measurement.

1 Úvod

Elektrická a elektronická zařízení mohou tvořit zároveň zdroje elektromagnetického rušení i přijímače rušení. Z hlediska technického povědomí můžeme považovat komponenty zařízení elektrické požární signalizace především za přijímače rušení-potencionální „oběti“ působení okolních rušivých signálů, nicméně vzhledem k jejich konstrukci představují rovněž zdroje elektromagnetického rušení. Komponenty elektrické požární signalizace jakožto elektronická zařízení musí být proto navrženy a vyrobeny tak, aby jejich elektromagnetické vyzařování (EMI) nepřesahovalo stanovené úrovně a naopak aby úroveň jejich elektromagnetické odolnosti (EMS) zajistila jejich fungování bez nepříjemného zhoršení určených funkcí. Na uvedenou problematiku lze nahlížet ve dvou rovinách:

a) z hlediska právně povinného procesu **posouzení shody** jako předpokladu k vydání ES prohlášení o shodě (prohlášení o shodě, prohlášení o vlastnostech) a **uvedení na trh**, kdy zajišťují výrobci prostřednictvím akreditovaných zkušeben EMC testování a měření svých výrobků,

b) z hlediska **praktického návrhu a instalace** zařízení elektrické požární signalizace, kdy je třeba brát v úvahu technické zásady propojení, rozmístění a instalace jednotlivých komponent a zejména je nutné vyhodnotit možné vlivy elektromagnetického rušení v místě instalace.

V souladu s požadavky technických norem provádějí akreditované zkušebny měření a testování komponent zapojených v sestavě odpovídající praktickému nasazení a předpokládaným provozním stavům zařízení a systémů elektrické požární signalizace. V případě více možných kombinací je vytvořena sestava s použitím zástupců jednotlivých typů, v praxi připojitelných periférií. Skutečnost, že jednotlivé komponenty nebo systémy vyhovely požadavkům EMI a EMS, však nemusí znamenat, že tyto budou v místě instalace pracovat v souladu s požadavky elektromagnetické kompatibility, tzn. že nebudou svou činností rušit ostatní přístroje, ale zejména, že jejich činnost nebude ovlivněna okolním rušením-dochází ke snížení odolnosti systému (narušení komunikace mezi jednotlivými prvky, poškození paměti nebo programového nastavení, poruchy zařízení, restart, vznik planých poplachů v důsledku okolního elektromagnetického rušení atd.). K takovým situacím může docházet v případech kdy:

- navržená sestava zařízení nebo systému elektrické požární signalizace neodpovídá zkoušené sestavě - jsou použity např. periférie jiných typů nebo od jiných výrobců,
- v rámci případných oprav systému dojde k nahrazení původního komponentu jiným typem,
- montáž systému nebyla provedena v souladu se zásadami EMC (souběhy vedení, stínění, zemnění, prvky přepětové ochrany atd.),
- v místě instalace působí zdroje elektromagnetického rušení, jejichž hodnoty přesahují použité zkušební úrovně,
- nebylo provedeno posouzení objektu z hlediska elektromagnetického prostředí.

Technické normy EMC rozlišují obecně prostředí obytné, obchodní, lehkého a těžkého průmyslu resp. u vybraných zkoušek stanovují zkušební úrovně v závislosti na potenciálním prostředí nasazení (prostředí s nízkým elektromagnetickým vyzařováním, mírné prostředí, náročné prostředí).

Materiály a metody

Zpracování níže uvedených výsledků, představujících analýzu základních legislativních a technických požadavků na elektromagnetickou kompatibilitu komponentů EPS, doplněnou přehledem problematiky testování a měření parametrů EMC, vychází z praktických zkušeností a výsledků v rámci realizace měření EMC a dále z následujících typů dokumentů:

- základní, kmenové a výrobové technické normy - oblast měření EMI a testování EMS,
- technické normy - oblast elektrická požární signalizace,
- právní předpisy - legislativní vymezení technických požadavků na komponenty EPS,
- technické specifikace výrobců a doklady o posouzení shody výrobků.

2 Legislativní požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu zařízení elektrické požární signalizace

Základní legislativní rámec oblasti technických požadavků na výrobky představuje *Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky* [1]. Komponenty zařízení EPS patří vzhledem ke své konstrukci (jako elektronická/ elektrická zařízení) mezi výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí (stanovené výrobky). Uvedené komponenty se řadí rovněž mezi výrobky určené k zabudování do staveb, tudíž se na ně vztahují relevantní *Nářízení vlády č. 163/ 2002 Sb. kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky* a dále *Nářízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh*.

Z hlediska požadavků na EMC představuje základní národní právní dokument *Nářízení vlády č. 616/2006 Sb. o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility* [2], kterým Česká republika, jako členský stát EU přijala do svého právního řádu *Směrnici Evropského parlamentu a rady 2004/108/ES o sblížení právních předpisů členských států týkajících se elektromagnetické kompatibility*. Nářízení vlády 616/2006 Sb. stanovuje základní technické požadavky na výrobky, postup posuzování shody a podmínky autorizace právnických osob.

Technické požadavky na výrobky jsou stanoveny obecně s ohledem na základní principy EMC, kdy zařízení musí být navrženo a vyrobeno tak, aby:

- elektromagnetické rušení (EMI) které způsobuje, nepřesahovalo úroveň, za níž rádiová, telekomunikační a jiná zařízení nejsou schopna fungovat dle svého určení,
- úroveň jeho odolnosti vůči předpokládanému elektromagnetickému rušení (EMS) v místě instalace, zabezpečila jeho fungování bez nepřijatelného zhoršení určených funkcí.

Za **splněné požadavky** na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility se považují takové požadavky, k nimž se vztahuje **harmonizovaná evropská norma**, popř. harmonizované české normy nebo zahraniční normy. Prokázání skutečnosti, že jednotlivé komponenty poplachových systémů popř. ucelené systémy splňují požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu v souladu s relevantními základními, kmenovými nebo výrobkovými normami vyžaduje praktickou realizaci měření EMI a testování EMS daného výrobku. Taková měření a testování včetně vydání protokolů o zkouškách, jsou realizovatelná akreditovanými subjekty, v tomto případě zkušebními laboratořemi EMC, které disponují náležitým technickým vybavením a odborným personálem.

3 Technické požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu zařízení elektrické požární signalizace

Při stanovení okruhu odpovídající požadavků je třeba vycházet z řady výrobních norem Elektrická požární signalizace ČSN EN 54-x, a dále z odpovídajících základních, kmenových a/nebo výrobních norem elektromagnetické kompatibility.

V souladu s požadavky *ČSN EN 54-13 Elektrická požární signalizace - část 13: Posouzení kompatibility komponentů systémů* je oblast elektromagnetické kompatibility řešena pouze obecně, kdy je popsán cíl zkoušek EMC (ověření, že funkce systému nejsou podstatně ovlivněny), program zkoušek (odkazuje se na výrobní normy pro jednotlivé komponenty) a kritéria vyhovění (správné funkce systému nesmí být podstatně ovlivněny).

Z hlediska projektové normy EPS (*ČSN EN 342710 Elektrická požární signalizace - Projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba*), je EMC řešena formou stručných požadavků na instalaci komponent a kabeláže EPS:

- umístění kabelů EPS odděleně od kabelů jiných systémů,
- omezení poruch systému EPS elektromagnetickým rušením od jiných obvodů,
- výběr umístění komponentů s přihlédnutím k přítomnosti rušivých zdrojů záření,
- nenavrhovat komponenty a kabely do prostor s vysokou úrovní elektromagnetického vyzařování nebo úrovní vyšší než pro kterou byl daný prvek zkoušen,
- v případě potřeby aplikovat odpovídající elektromagnetickou ochranu (přepětíové ochrany, zemnění, stínění, filtraci atd.).

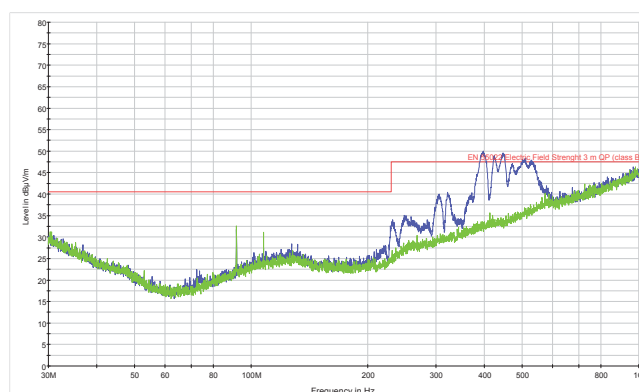
Výrobní normy řady ČSN EN 54 popisují a stanovují pro jednotlivé typy komponent EPS v rámci elektromagnetické kompatibility především následující oblasti požadavků:

- provedení zkoušek EMS dle určených technických norem,
- upřesnění technického provedení vybraných typů zkoušek EMS (provozní stavy, zapojení vstupů, použití nestíněné kabeláže),
- popis funkčních zkoušek,
- montážní uspořádání a elektrické zapojení.

Výrobní normy EPS se v **oblasti zkoušek elektromagnetické odolnosti** zpravidla odkazují (podobně jako poplachové systémy) na technickou normu ČSN EN 50130-4 ed. 2 *Poplachové systémy. Část 4: Elektromagnetická kompatibility - Norma skupiny výrobků: Požadavky na odolnost komponentů požárních systémů, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci* [3].

Oblast požadavků na **měření elektromagnetického vyzařování** výrobní normy EPS neřeší, což ovšem neznamená, že se na zařízení EPS a jeho komponenty, nevztahují požadavky jiných předpisů (např. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/1008/ES a o sblížení právních předpisů členských států týkající se elektromagnetické kompatibility*). Z pohledu **elektromagnetických emisí**, je u komponent zařízení EPS prováděno měření zejména dle výrobní normy ČSN EN 55022 ed. 3 *Zařízení informační techniky - Charakteristiky vysokofrekvenčního rušení - Meze a metody měření* [4].

Obr. 1 znázorňuje příklad naměřených hodnot EMI u vybraného komponentu (radiové rozhraní) zařízení EPS v rámci před-certifikačního měření. Zelený průběh představuje pozadí.



Obr. 1 Příklad měření rušení šířeného zářením v pásmu 30 - 1000 MHz, [archív autora]

4 Testování elektromagnetické odolnosti prvků elektrické požární signalizace

Elektronická a elektrická zařízení jsou zkoušena z hlediska ověření parametrů EMI a EMS dle výrobních norem. Pokud daný výrobek není zařazen do skupiny výrobků, pro kterou byla vydána příslušná výrobní norma, je tento testován dle kmenových norem EMC, jejichž požadavky vychází z předpokládaného prostředí nasazení výrobku (obytné, lehký průmysl, průmyslové). Požadavky

na EMS zařízení EPS stanovuje **norma skupiny výrobků ČSN 50130-4 ed. 2** [3]. Tyto požadavky se vztahují společně na prvky poplachových systémů (poplachové zabezpečovací a tísňové systémy, systémy přivolání pomoci, systémy kontroly vstupu, dohledové systémy, poplachové přenosové systémy a **elektrická požární signalizace**.

Základním úkolem testování elektromagnetické odolnosti je působení na zkoušené zařízení prostřednictvím uměle generovaných elektromagnetických jevů stanovených úrovní a monitoring odezvy EUT vzhledem ke stanoveným kritériím.

Tab. 1 představuje přehled stanovených zkoušek elektromagnetické odolnosti u výše uvedené skupiny výrobků poplachových systémů. Použití jednotlivých zkoušek se liší v závislosti na typu a konstrukci zkoušeného zařízení. Např. zkouška poklesů a krátkodobých přerušení síťového napájecího napětí se bude dotýkat pouze takovým způsobem napájených zařízení (ústředna EPS, externí napájecí zdroje, opakovací tabla atd.) a nebude se týkat např. bezdrátových komponent napájených bateriemi.

Tab. 1 Zkoušky elektromagnetické odolnosti prvků poplachových systémů dle ČSN EN 50130- ed. 2

P. č	Název zkoušky (rušivý jev prostředí)	Základní norma EMC
1.	Změny síťového napájecího napětí	-----
2.	Poklesy a krátkodobá přerušení síťového napájecího napětí	ČSN EN 61000-4-11
3.	Elektrostatický výboj	ČSN EN 61000-4-2
4.x	Vyzařovaná elektromagnetická pole	ČSN EN 61000-4-3
5.	Rušení indukované vysokofrekvenčními poli	ČSN EN 61000-4-6
6.x	Rychlé přechodné děje	ČSN EN 61000-4-4
7.	Pomalý rázový impuls	ČSN EN 61000-4-5
8.	Indukované souřázové rušení od 0 Hz do 150 kHz	ČSN EN 61000-4-16

Pro testování EMS jsou pro komponenty systémů EPS stanoveny zkoušky a s nimi spojené testovací úrovně (hodnoty poklesů napětí, zkušební napětí, intenzita pole, frekvenční rozsah a typ modulace rušivých signálů atd.) souhrnně- stejně pro vnitřní i venkovní aplikace, pro pevná, pohyblivá i přenosná zařízení [3]. Stanovené hodnoty testovacích úrovní **jsou srovnatelné s požadavky na EMS v průmyslovém prostředí** dle kmenové normy ČSN EN 61000-6-2 ed. 3.

Zkušební postupy jednotlivých zkoušek vychází obecně z postupů stanovených v odpovídajících **základních normách** (viz tab. 1) přičemž norma ČSN EN 50130-4 ed. 2 stanovuje v některých případech dodatečné informace a úpravy o průběhu zkoušky. Jednotlivé prvky EPS jsou podrobeny postupně zkouškám EMS a jejich pořadí je volitelné. Z hlediska elektrických vlastností EUT (equipment under test- zkoušené zařízení) je možné rozhodnout o tom, že vybrané zkoušky nemusí být realizovány. Jednotlivé zkoušky EMS stanovují v rámci zkušebního postupu realizaci počáteční zkoušky a závěrečného měření, což prakticky odpovídá realizaci tzv. **funkčních zkoušek** EUT, jejich obsah stanovují příslušné oborové normy (pro zařízení EPS řada norem ČSN EN 54).

Funkční zkoušky zařízení EPS zahrnují např. u ústřednů zkoušky stavů požární poplach, porucha a vypnutí. V rámci uvedených stavů se prověřují správné funkce indikace, funkce výstupů a funkce ovládacích prvků. Všechny detekční obvody a přenosové cesty musí být připojeny k vedení, zařízení nebo umělé zátěži, přičemž alespoň jedna požární smyčka každého typu musí být zapojena v maximální zátěži dle specifikace výrobce [5]. Pro hlásiče teplot představuje náplň funkčních zkoušek měření

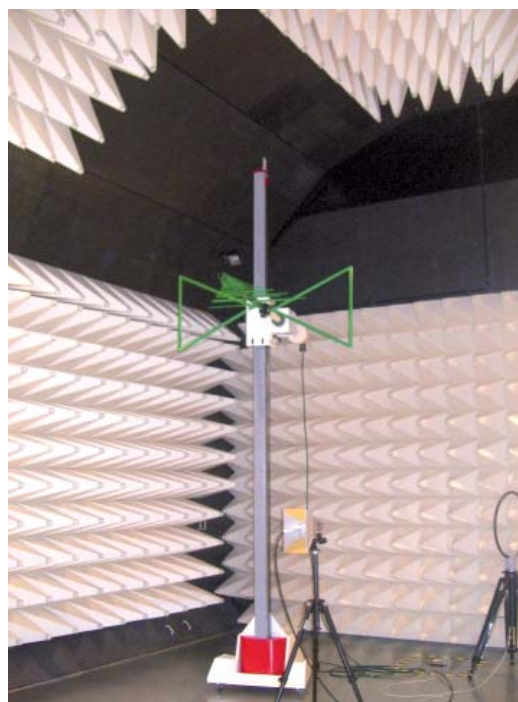
času reakce při nárůstu teploty. Funkční zkoušky napájecích zdrojů zahrnují např. měření výstupních napětí, výkonu, ověření signalizace poruchy nebo monitorování teploty (přehřátí) zdroje.

Jako základní hodnotící kritérium je stanovena podmínka, že **správná funkce systému nesmí být podstatně ovlivněna**, což znamená, že u EUT nesmí během zkoušky (působení rušivých signálů- expozice) dojít k jeho poškození, chybné funkci nebo změně stavu (např. v průběhu expozice nesmí být vyslán žádný poplachový nebo poruchový signál). Další podmínkou je **splnění kritérií funkční zkoušky po expozici**. Výsledky zkoušek je nutné klasifikovat na základě zhoršení provozu, ztráty funkce nebo poškození EUT a to ve vztahu k úrovni funkcí definované výrobcem nebo žadatelem o zkoušku. Výsledky zkoušek jsou vyhodnocovány dle zjištění odezvy EUT na testovací rušivé signály (normální funkce, dočasná ztráta funkce, neobnovitelná ztráta funkce).

5 Měření elektromagnetických emisí prvků elektrické požární signalizace

Na rozdíl od testování EMS neexistuje v rámci měření EMI u komponentů EPS, podobně jako komponentů poplachových systémů vlastní výroková norma. Měření elektromagnetických emisí (EMI) u komponentů zařízení EPS je realizováno v souladu s technickou normou ČSN EN 55022 ed. 3 Zařízení informační techniky - Charakteristiky vysokofrekvenčního rušení - Meze a metody měření [4].

Komponenty EPS jsou tedy z pohledu EMI zařazeny mezi **zařízení informační techniky**, která představují zařízení se vstupním napětím nepřesahujícím 600 V, jehož prvotní funkcí je vstup, ukládání, zobrazování, vyhledávání, přenos, zpracování, přepojování nebo řízení datových a telekomunikačních zpráv, které může být vybaveno jedním nebo více koncovými porty provozovanými typicky pro přenos informací.



Obr. 2 Semianechoická komora pro měření EMI a testování EMS, FAI UTB Zlín [archív autora]

Mezi základní zkoušky patří měření **rušení šířeného zářením** a měření **rušení šířeného vedením** na napájecích svorkách a telekomunikačních portech. Cílem měření je ověřit zda naměřené maximální hodnoty emisí splňují požadavky normou stanovených mezí. Veškerá měření je nutno provádět v zkoušených zařízeních v jejich reprezentativní sestavě s připojenými periferiemi

a v provozu odpovídajícím podmínkám instalace a požadovaných funkcí výrobku.

Měření EMI se provádí dle normami standardizovaných metodik ve zkušebnách - u měření rušení šířeného vyzařováním v anechoických/ semianechoických komorách, popř. na zkušebním stanovišti v otevřeném prostoru.

Norma ČSN EN 55022 ed. 3 stanovuje typy, obsah a meze jednotlivých zkoušek EMI, přičemž je uvažováno s rušením ve frekvenčním pásmu 9 kHz až 400 GHz. Nicméně meze jsou stanoveny a měření se provádí pouze v omezeném pásmu 150 kHz až 6 GHz. Tyto hodnoty jsou považovány za dostačující vzhledem k reálnému zabezpečení ochrany rozhlasového a televizního vysílání, telekomunikačních služeb a činnosti ostatních přístrojů.

Elektromagnetické rušení šíření zářením je ověřováno v kmitočtových pásmech 30 - 1000 MHz a 1 - 6 GHz. Volba kmitočtového rozsahu zkoušky závisí na nejvyšším kmitočtu interního zdroje EUT (nejvyšší kmitočet generovaný nebo používaný v EUT nebo kmitočet na kterém EUT pracuje nebo je naladěno) [4].

Elektromagnetické rušení šířené vedením je ověřováno na síťových svorkách a telekomunikačních portech (pokud je jimi EUT vybaveno) v kmitočtovém rozsahu 150 kHz - 30 MHz. Mezi základní technické vybavení měření patří především měřicí přijímač a umělá síť AMN (Artificial Mains Network), která zabezpečí definovanou impedanci na vysokých kmitočtech na napájení v místě měření svorkového napětí a zajistí oddělení EUT od okolního šumu na napájecích přívozech. Rušení se měří mezi fázovým vodičem a referenční zemí a mezi nulovým vodičem a referenční zemí. Naměřené průběhy hodnot musí být nižší než stanovené meze.

Diskuse

Správná orientace v jednotlivých technických normách ve vztahu k zařazení jednotlivých komponent do výrobových skupin, určení prostředí, ve kterém se předpokládá nasazení systému, aplikace zkoušek EMI, EMS, jejich rozsahu a výběr zkušebních signálů a mezi je nezbytným předpokladem nejen pro splnění legislativních požadavků v rámci uvádění výrobků na trh ale zejména je důležitá již ve fázi návrhu, konstrukce, výroby funkčního modelu nebo prototypu daného výrobku v rámci provádění nezbytných diagnostických měření a před-certifikačních zkoušek jako důležitého předpokladu ke splnění technických požadavků EMC. V rámci samotné realizace zkoušek EMI a EMS je nezbytné dodržet požadavky norem zejména z hlediska úrovně

okolního šumu, uspořádání zkušebního zařízení, provozních podmínek zkušebního zařízení, nejistoty měření a vyhodnocení měření. V těchto oblastech mohou vznikat dílčí rozdíly v přístupech jednotlivých zkušeben a tudíž i ve výsledcích měření, proto je důležité sjednocovat postupy např. s využitím tzv. kruhových testů, hvězdicových testů nebo porovnání výstupů a metod na jednom zkušebním místě s účastí zkušebního personálu z různých pracovišť.

Závěr

V rámci aplikace zařízení elektrické požární signalizace je nutno s ohledem na jejich správnou činnost vzít v úvahu z hlediska EMI a EMS především možnost působení okolních zdrojů elektromagnetického rušení, které mohou negativně ovlivnit funkce EPS (vyvolání planých poplachů, poruchy v zobrazení nebo ukládání dat, omezení komunikace, poruchy nebo destrukce elektronických částí). V této souvislosti je nezbytné zabezpečit splnění legislativních a technických požadavků na jednotlivé komponenty zařízení EPS, kdy výsledky normovaných zkoušek představují z právního hlediska nezbytný podklad pro uvedení výrobku na trh. Z technického hlediska představuje splnění zkoušek základní předpoklad pro bezproblémový provoz EPS v místě instalace zahrnující naplnění požadavků na návrh daného výrobku, jeho konstrukci, výrobu, projektování v rámci skladby systému a instalaci.

Použitá literatura

- [1] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. In Sbíрка zákonů. 2007, 6, s. 128 - 136.
- [2] Nařízení vlády 616/2006 Sb. o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility. In Sbíрка zákonů. 2006, 191, s. 8109 - 8116.
- [3] ČSN EN 50130-4 ed. 2 Poplachové systémy. Část 4: Elektromagnetická kompatibilita - Norma skupiny výrobků: Požadavky na odolnost komponentů požárních systémů, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci. Praha: ÚNMZ, 2012. 28 s. Třídící znak 334590.
- [4] ČSN EN 55022 ed. 3 Zařízení informační techniky - Charakteristiky vysokofrekvenčního rušení - Meze a metody měření. Praha: ÚNMZ, 2011. 72 s. Třídící znak 334290.
- [5] ČSN EN 54-2 Elektrická požární signalizace - Část 2: Ústředna. Praha: ČNI, 1999. 48 s. Třídící znak 332710.

Hodnotenie spoľahlivosti človeka vybranými metódami prvej generácie

Human Reliability Assessment by the First Generation Methods

Ing. Michal Belčík

prof. Ing. Karol Balog, PhD.

Ing. Pavol Čekan, PhD.

Ing. Zuzana Szabová, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave,
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave
Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika
michal.belcik@stuba.sk, karol.balog@stuba.sk
pavol.cekan@stuba.sk, zuzana.szabova@stuba.sk

Abstrakt

Analýza spoľahlivosti človeka je ďalším krokom k zvýšeniu bezpečnosti pracovných systémov s účasťou človeka. Článok je zameraný na tri metódy, ktoré patria do prvej generácie metód hodnotenia ľudskej spoľahlivosti. Metódy THERP, HEART a SPAR-H sú stručne popísané a na základe vybraných charakteristík (aplikovateľnosť, zdroje informácií, uvažovanie závislosti úloh, faktory ovplyvňujúce výkon, spôsob stanovovania pravdepodobnosti ľudskej chyby) porovnané.

Kľúčové slová

Analýza spoľahlivosti človeka, bezpečnosť pracovných systémov, metódy THERP, HEART a SPAR-H.

Abstract

An analysis of the human reliability is a next step to the increase of the safety of working systems with human participation. The paper is focused on three methods that belong to the first generation methods of human reliability assessment. The methods THERP, HEART and SPAR-H are briefly described and compared on the basis of chosen characteristics (their utilizing, information sources, a consideration of task dependence, performance influencing factors, a way of determination of a human error probability) as well.

Keywords

Analysis of the human reliability, safety of working systems, the methods THERP, HEART and SPAR-H.

Úvod

Posudzovanie ľudskej spoľahlivosti v systémoch človek-stroj sa stáva vzhľadom na zvyšujúce sa riziká čím ďalej viac potrebným. V pravdepodobnostnom hodnotení rizika (PRA - Probability Risk Assessment) sa často analytik dostáva do situácie, kedy musí pre významnosť zariadenia alebo úlohy (napr. v oblasti riadenia jadrových elektrární) posúdiť v rámci systému aj pravdepodobnosť zlyhania operátora pri plnení úlohy.

Prístup k hodnoteniu spoľahlivosti človeka sa výrazne líši od hodnotenia spoľahlivosti strojov. Nakoľko je človek vysoko interaktívny a citlivý prvok pracovného systému, nie je jednoduché vytvoriť univerzálnu metódu. V dôsledku vývoja a zdokonaľovania metód hodnotenia ľudskej spoľahlivosti (HRA - Human Reliability Assessment), vzniklo množstvo metód, ktoré majú svoje špecifiká. Poznanie oblastí, ktorými sa odlišujú umožňuje zvoliť tú najvhodnejšiu pre uvažované použitie.

1 Charakteristika vybraných metód

1.1 THERP

Metóda THERP predstavuje celkovú metodiku pre predikciu pravdepodobnosti ľudskej chyby a hodnotenie degradácie systému človek-stroj po ľudskej chybe [1]. Primárne bol vývoj techniky zameraný na oblasť atómových elektrární, ale jej princípy z nej robia všeobecný nástroj pre posudzovanie ľudskej spoľahlivosti. Príkladom toho je jej využitie v oblasti lekárstva a pobrežných vôd [2].

Základným nástrojom v metóde THERP je strom udalostí, ktorého špecifické určenie je v príručke k tejto technike vyjadrené ako „strom udalostí HRA“. Prostredníctvom tohto stromu udalostí sú modelované sekvencie úloh, obsahujúce základné možnosti ako „úspech“, „neúspech“ a tam, kde je to opodstatnené aj možnosť „obnova“ [1].

Príručka obsahuje tabuľky s jednobodovými odhadmi nominálnych pravdepodobností ľudskej chyby (HEP - Human Error Probability) s prideleným faktorom chyby (EF - Error Factor). EF vytvára okolo nominálnej HEP symetrický priestor, ktorý by mal zahŕňať 90 % HEP. Tento interval sa získa:

- vynásobením HEP pomocou EF - horná hranica,
- vydelením HEP pomocou EF - dolná hranica [1].

Výnimkou je použitie vyšších hodnôt HEP, ktorých vypočítaná horná hranica vo výpočte presahuje hodnotu 1,0 (napr. HEP = 0,25 s EF = 5). V takom prípade sa na základe logických pravidiel prijíma za maximálnu hodnotu hodnota 1,0. Tým dochádza k zmene symetrického priestoru neistoty okolo mediánu logaritmickeo-normálneho rozdelenia (predstavuje nominálnu HEP) na priestor asymetrický [1].

Nominálne HEP sú v príručke definované ako HEP, ktoré nezohľadňujú špecifiká jednotlivých prevádzok a operátorov. Zohľadnenie týchto aspektov v celkovej HEP (posun HEP v rámci intervalu vymedzeného pomocou EF) sa vykoná na základe posúdenia výkon ovplyvňujúcich faktorov, v prostredí THERP známych aj pod skratkou PSF (Performance Shaping Factors). Príručka obsahuje zoznam 67 PSF, rozdelených do troch základných skupín a ich podskupín:

- externé (vonkajšie) faktory:
 - situačné charakteristiky,
 - pokyny pre prácu a úlohy,
 - charakteristiky úloh a zariadení,
- interné (vnútorné) faktory:
 - faktory organizmu,
- stresory:
 - psychologické,
 - fyziologické [1].

Avšak, HEP v technike THERP nezávisí iba od nominálnej HEP a PSF, ale do úvahy vstupuje aj určitý stupeň závislosti (nulová, nízka, stredná, vysoká, celková) medzi vykonávanými úlohami. THERP teda uvažuje aspekty pracovného procesu ako sú vzájomná kontrola dvoch spolupracujúcich operátorov či vhodné umiestnenie ovládacích prvkov, čo v závislosti od podmienok do určitej miery mení pôvodnú HEP [1].

1.2 HEART

Metóda HEART reprezentuje deterministickú a pomerne priamočiaru techniku na posúdenie ľudskej spoľahlivosti, ktorá bola vyvinutá J. C. Williamsom na začiatku osemdesiatych rokov [3] ako odpoveď na potrebu inžinierov, mať možnosť použiť rýchlu, ľahko pochopiteľnú, systematickú a opakovateľnú metódu pre identifikovanie hlavných vplyvov na ľudský výkon [4].

Vzhľadom na aplikovateľnosť metódy sa považuje za všeobecnú metódu, ktorá je použiteľná na hocakú situáciu alebo oblasť priemyslu, kde je vyzdvihnutá dôležitosť ľudskeho faktora. To, že HEART predstavuje „viacsektorový“ nástroj pre posudzovanie ľudskej spoľahlivosti, dosvedčuje fakt, že metóda bola použitá v oblasti jadrového a chemického priemyslu, v leteckej a vlakovej doprave a taktiež v zdravotníctve [2].

Metodika definuje 8 („A“ až „H“) + 1 („M“) typov generických úloh s priradenou nominálnou hodnotou ľudskej nespoľahlivosti a pravdepodobnosťami, ktoré prislúchajú hraniciam 5. a 95. percentilu. Typ generickej úlohy „M“ s jej nominálnou hodnotou ľudskej nespoľahlivosti je určený pre prípad, že sa v ostatných typoch generických úloh nevyskytoval popis, vystihujúci úlohu, ktorá má byť uvažovaná [4].

Pre priblíženie sa špecifickým podmienkam výkonu úlohy, HEART využíva súbor 38 podmienok produkujúcich chybu (EPC - Error-Producing Conditions) s ich maximálnou hodnotou, ktorá by mohla zmeniť podmienky z dobrých na zlé. Z predchádzajúcej vety je zrejmé, že čo sa týka EPC v HEART, tie výlučne degradujú pravdepodobnosť úspešného vykonania úlohy, resp. zvyšujú ľudskú nespoľahlivosť [4].

Stanovenie celkovej pravdepodobnosti ľudskej chyby pri výkone zvolenej úlohy sa vykonáva prostredníctvom nasledujúceho vzorca:

$$HEP = nHEP \cdot \prod \{ [(EPC_i - 1) \cdot (\text{veľkosť pôsobenia } EPC_i)] + 1 \} \quad (1)$$

HEP celková pravdepodobnosť ľudskej chyby,

$nHEP$ nominálna pravdepodobnosť ľudskej chyby získaná prostredníctvom tabuľky generických úloh,

EPC_i sila vybranej EPC (v tabuľke EPC) veľkosť pôsobenia EPC_i , veľkosť pôsobenia EPC_i veľkosť pôsobenia z celkového potenciálu EPC zvolená v rozsahu 0 - 1,0 (subjektívne posudzované) [4].

Na zaistenie efektívneho riešenia vysokej HEP navrhuje stratégie a nápravné opatrenia zamerané na zníženie chýb. Tieto odporúčania sú spojené s konkrétnymi EPC [4].

1.3 SPAR-H

SPAR-H predstavuje jednoduchú metódu HRA využívanú na odhadovanie pravdepodobnosti ľudskej chyby spojenej s činnosťami operátora alebo skupiny operátorov a s rozhodnutiami, ktoré prijímajú v súvislosti so vzniknutou iniciačnou udalosťou [5].

Posudzovanie spoľahlivosti človeka v podmienkach metódy SPAR-H uvažuje dve hlavné kategórie činností, ktorým prideluje aj vlastné základné hodnoty HEP. Týmto sú:

- **kategória „akcia“** (základná HEP = 0,001) - reprezentovaná činnosťami, pri ktorých nie je nutné uvažovať o vhodnosti, prípadne intenzite ich vykonania a sú vykonávané zväčša ako procesná položka (po kroku 1 vykonať krok 2, pri poklese hodnoty „A“ vykonať spustenie zariadenia „α“ a pod.), napr. obsluha zariadenia, uvedenie do prevádzky, spúšťanie púmp, kalibrovanie atď.,
- **kategória „diagnostika“** (základná HEP = 0,01) - charakterizuje snahu operátora pochopiť stav procesu/situácie na základe informácií plynúcich z jeho/jej prejavu (hodnota A stúpa, hodnota B klesá → pravdepodobné poškodenie technológie v mieste XY) a prideliť plánovaným činnostiam prioritu, pričom sa vychádza z pracovných skúseností a znalostí získaných počas tréningu, školení a pod. [5].

Čo sa týka PSF ovplyvňujúcich základnú HEP, v metóde SPAR-H je uvedených 8 PSF, ktoré môžu základnú HEP ovplyvňovať ako pozitívne, tak aj negatívne. Ako PSF v prostredí tejto techniky vystupujú:

- dostupný čas,
- napätie a stresory,
- skúsenosti a výcvik,
- komplexnosť,
- ergonómia (zahŕňa rozhranie človek-stroj),
- procedúry,
- spôsobilosť na úlohy a
- pracovné postupy [5].

Podobne ako THERP, aj SPAR-H berie do úvahy úroveň závislosti medzi analyzovanými úlohami. Škála závislosti vychádza z tej, ktorá bola pre THERP definovaná v NUREG/CR-1278, avšak tá pre SPAR-H ponúka vylepšený systém pre priradovanie závislostí [5].

Hlavným pracovným nástrojom sú tzv. „SPAR-H pracovné hárký“, ktorých vzory aj príklady použitia sú v dokumente NUREG/CR-6883, popisujúcom túto metódu [5].

	THERP	HEART	SPAR-H
Aplikovateľnosť	najmä jadrová energetika [1], avšak jej princípy sú uplatniteľné aj v iných sektoroch, napr. v odvetví pobrežných vôd a zdravotníctva [2, 6]	všeobecné využitie pre inžinierov systémov človek-stroj [4], napr. pre oblasti jadrovej energetiky, chemického priemyslu, letectva [2], zdravotníctva [6], a vlakovej dopravy [7]	najmä jadrová energetika, ale základné princípy a údaje o HEP sú využiteľné v iných oblastiach [2]
Zdroje informácií	dostupný súbor údajov a postupov potrebných pre vykonanie kompletnej HRA v dokumente NUREG/CR-1278 [1]	dostupný súbor údajov a postupov potrebných pre vykonanie hodnotenia a redukciu ľudských chýb pre jednotlivé úlohy v príspevku [4], v ktorom bola metóda uverejnená	dostupné údaje potrebné na stanovenie celkovej HEP v pracovných hárkoch, ktoré sú súčasťou dokumentu NUREG/CR-6883 [5], postup k metóde krok za krokom je voľne prístupný v príručke INL/EXT-10-18533 [8]
Závislosť	Áno [1]	Nie [4]	Áno [5]
PSF/EPC	67 PSF, pozitívne/negatívne pôsobenie na nominálnu HEP [1]	38 EPC, negatívne pôsobenie na nominálnu HEP [4]	8 PSF, pozitívne/negatívne pôsobenie na nominálnu HEP [5]
Stanovenie HEP	Podľa vybranej nominálnej HEP sa stanovujú hranice neistoty a na základe prítomných PSF a závislosti úlohy od iných úloh analytik rozhoduje o posunutí hodnoty nominálnej HEP bližšie k hornej alebo dolnej hranici neistoty. HEP celkovej úlohy, zloženej z úloh čiastkových sa vykonáva podľa vzťahov v príručke [1]	Vyberie sa najvhodnejšia úloha zo súboru generických úloh a pôsobiacie EPC. K jednotlivým EPC sa pridelí veľkosť ich pôsobenia na škále 0 - 1,0. Získané hodnoty sa dosadia do vzorca, ktorého výsledkom je celková pravdepodobnosť ľudskej chyby [4]	V závislosti od typu činnosti v analyzovanej úlohe sa vyberie pracovný hárok pre diagnostiku alebo akciu. Vyplňanie sa vykonáva podľa pokynov, ktoré sú v pracovnom hároku spolu s potrebnými hodnotami pre výpočet obsiahnuté [5]

2 Porovnanie vybraných metód

Porovnanie metód je zamerané na vybrané charakteristiky, ktorými sú aplikovateľnosť, zdroje informácií, spôsob použitia pre výpočet celkovej HEP, závislosť a PSF (resp. EPC).

Záver

Prítomnosť mnohých metód HRA poskytuje priestor pre voľbu tej najvhodnejšej pre aplikáciu na vybranú oblasť. Stručným popisom metód THERP, HEART a SPAR-H a ich tabuľkovým porovnaním bol vytvorený jednoduchý základ pre voľbu najvhodnejšej metódy z uvedenej trojice.

Z hľadiska komplexného vyšetrenia ľudského faktora v pracovných systémoch človek-stroj, z trojice vybraných metód sa ako najdôkladnejšia javí THERP. THERP predstavuje komplexnú metodiku pre HRA a jej príručka názorne poukazuje na aspekty ľudskej spoľahlivosti. Hoci je zameraná na oblasť jadrových elektrární, spomenuté princípy umožňujú v prípade dostupnosti potrebných údajov, využiť ju aj v iných oblastiach. Pri použití možno očakávať vyššiu časovú náročnosť a prácnosť.

Metóda HEART predstavuje vhodnú techniku pre posúdenie jednotlivých, nezávislých úloh. Jej všeobecné definície v súbore generických úloh a podmienok produkujúcich chybu sú široko použiteľné. Avšak, treba vziať do úvahy jej sklon k pesimistickejšiemu odhadom, ktorý je daňou za univerzálnosť, a dbať na to, aby uvažovaná EPC nebola už obsiahnutá v popise zvolenej generickej úlohy. Pokiaľ si posudzovateľ bude udeľovať tieto vlastnosti HEART, získa nástroj na relatívne rýchle kvantitatívne posúdenie spoľahlivosti človeka pri plnení vybranej úlohy. V spojení s jej návrhom stratégie redukcie negatívneho vplyvu EPC môže byť efektívnym nástrojom pre prax.

Z trojice vybraných metód je SPAR-H jedinou, ktorá pri hodnotení využíva pripravené pracovné hárky. Rozvrhnutie ich obsahu a aj ich samotný obsah môže byť pri hodnotení veľmi nápomocný. Po prvé, vyplnením pripravených polí je zabezpečené dokumentovanie najpodstatnejších informácií. Po druhé, znalosť štruktúry pracovných hárkov dovoľuje rýchlejšiu kontrolu, vyhľadanie požadovanej informácie a prázdne polia upozorňujú na vynechanie kroku/informácie. Po tretie, pomocou tabuľky

závislosti poskytujú ľahký a rýchly spôsob voľby úrovne závislosti. Na druhej strane, podobne ako HEART ani SPAR-H nie je úplnou metodikou a na počiatočné kroky HRA je nutné použiť princípy inej techniky (napr. ATHEANA). V prípade dostupnosti potrebných údajov možno využiť princípy hodnotenia SPAR-H aj v inej oblasti ako sú jadrové elektrárne.

Podakovanie

Tento článok bol podporený projektom KEGA; 028STU-4/2013 E-learning vo forme príručky bezpečnosti a ochrany zdravia pri zváraní.

Použitá literatúra

- [1] Swain, A.; Guttman, H.E.: *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. USA: US NRC, 1983. NUREG/CR-1278.
- [2] Bell, J.; Holroyd, J.: *Review of human reliability assessment methods*. Buxton: Health and Safety Executive, 2009. RR679.
- [3] Smith, D.J.: *Reliability, Maintainability and Risk*. 7th ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. ISBN 0-7506-6694-3.
- [4] Williams, J.C.: *A data-based method for assessing and reducing human error to improve operational performance*. Knutsford: IEEE, 1988 s. 436 - 450.
- [5] Gertman, D. et al.: *The SPAR-H Human Reliability Analysis Method*. Idaho Falls, ID: Idaho National Laboratory, 2005. NUREG/CR-6883.
- [6] Lyons, M. et al.: *Error Reduction in Medicine. Final report to the Nuffield Trust*, The Nuffield Trust. 2005.
- [7] Gibson, W.H. et al.: Tailoring the HEART technique for application in the rail industry. [ed.] Ch. Bérenguer, A. Grall a C. G. Soares. *Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. London: Taylor & Francis Group, 2012, s. 696 - 702.
- [8] Whaley, A.M. et al.: *SPAR-H Step-by-Step Guidance*. Rev. 2. Idaho Falls: Idaho National Laboratory, 2011. INL/EXT-10-18533.

New Viewpoint on Certification Welding Materials from Position Reduce Hazard Level for Manufacturing Employees

A.M. Ignatova

G.Z. Faynburg

M.N. Ignatov

D.A. Kuznecov

Perm National Research Polytechnic University
Komsomolsky Ave 29, Perm, 614990 Russian Federation
iampstu@gmail.com

Abstract

Welding is technical process characterized by clear rules about quality of welding unite and high level of health hazard. Mechanical strength of welding unite is provided by correct choice of type of electrode, but type of electrode never describe how welding process with this electrode will influence on health of welder. Many studies show that the dangers for health factor in welding process is welding fumes and especial solid particles, because they can stay lung in long time and influence as cumulative effect. Solid particles of welding fumes can consider like type of manufacturing dust.

Keywords

Welding, health hazard, occupational safety.

Whenever people inhale airborne dust at work, they are at risk of occupational disease. Year after year, both in developed and in developing countries, overexposure to dusts causes disease, temporary and permanent disabilities and deaths. The World Health Organization offers documents to help educate and train people and employers in the prevention and control of dust in the workplace.

Irritant dust can settle in the nose and may lead to inflammation of the mucus membrane as well as inflammation of the trachea or the bronchi. According to the Canadian Centre for Occupational Health and Safety "The lungs are constantly exposed to danger from the dusts we breathe." The most dramatic dust reaction of the lung occurs in the deepest parts of the organ, leaving scarring and impaired normal lung function. The amount of dust particles that settle in the lung also effect the capacity of the lung and the ability to take full deep breathes. Many lung diseases are caused by inorganic dust exposure to silica, tin, tungsten carbide and coal.

Obviously, that hazard level of welding fumes must be reduced, but modern studies doesn't give answer how it can be realize.

The goal of our study is search links between characteristics of shape, size and composition of typical solid particles of welding fumes which was produced from by different type coating of electrodes and hazard's level for health and offer new system of certification welding materials on evaluate hazard's level.

In this article we will use data from our earlier survey [] in that publication we described methods which was used for collecting particles on workplace. We had researched welding fumes produced by the arc welding process using different welding materials (different electrode coating: rutil ESAB OK 53.70, OK 46.00, basic Kobe Steel LB 52U, cellulosic Kjellberg-Finsterwalde Prima Blue, acid MP-3M TY 1272-303-00187211-2002). We concluded that the main part of common solid particles of welding fumes generate a arc welding consists of particles of size by 0,1 до 1,5 μm , the particles of size by 0,1 - 0,5 μm is 86 %, the particles size by less 6 μm is 4 % and the particles size by more 6 μm is 10 %.

From the viewpoint of influence on human body it's mean that nearly 80 % of solid part welding fumes absorb on lung and alveoli.

Solid particles of welding fumes can be different shape: agglomerate, cluster, sphere with a smooth surface, sphere with a fibrous surface, fibrous (fig. 1).

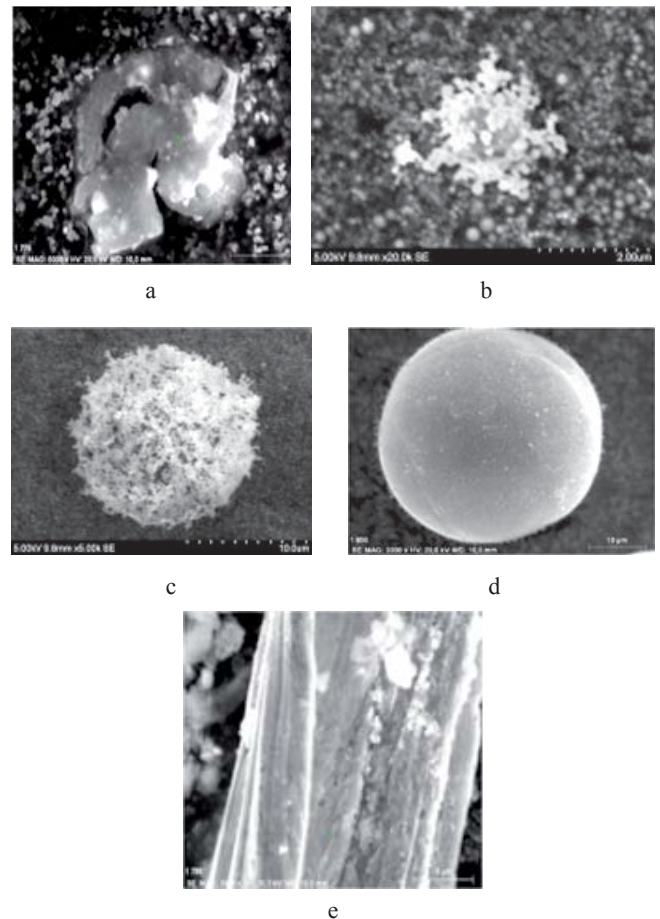


Fig. 1 Particles of welding fumes: a - agglomerate (typical size 1 - 3 μm), b - cluster (typical size 0,5 - 2 μm), c - sphere with a fibrous surface (typical size 5 - 10 μm), d - sphere with a smooth surface (typical size 4 - 9 μm), e - fibrous (typical size 6 - 15 μm)

Our study showed, that for different welding materials corresponds different types fumes particles, but the particles of specific type have similar properties (as composition and shape) without influence the type of welding material. It's mean that, for example, particle by type «sphere with a fibrous surface» is always have shape of sphere and contains ferrous oxide and particle of this type will be similar for rutil and basic welding materials. Every type of particle have individual set of main components, but it don't mean that the composition of particles include only oxides of this elements. In our studies we take in consideration what the composition of particle include complex mineral compound which can be different depending on conditions (acid or base). We add data about hazard level every compound to this information and presenting as scheme, of course the data should be clarified (fig. 2).

In this scheme we give especial index for hazard level but it's not enough for new system of certification, for it we must add recommendation about choice welding material with different

hazard's level depend on conditions of workplace. For example, for welding in open space we can use more hazard material then for welding in close space, because in open space volume of air stream is powerful and it's mean that this stream can clean atmosphere around workplace. In modern standards of safety on workplace there regulations of volume air necessary for cleaning atmosphere in close space. We offer add for sign hazard's level from fig. 2 number of volume of air which necessary for occupational safety from tab. 1.

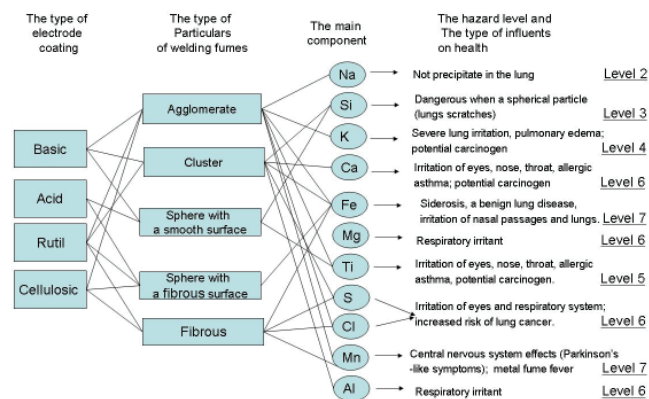


Fig. 2 Scheme of link between the hazard level and types of welding particles

Tab. 1 The number of volume of air which necessary for occupational safety for welding fumes with different hazard level

The hazard level	The number of volume of air [m³/h]
2	3000 ... 7500
3	7500 ... 15000
4	15000 ... 35000
5	35000 ... 60000
6	60000 ... 100000
7	> 100000

Conclusions:

- The hazard level of welding fumes can be register and this parameter must take in consideration of welding materials. The hazard type of electrode can be sign as «index hazard level + number of volume air for cleaning workplace»;

- The recommendations of technical documentations must take considerations from conditions of workplace and nanotoxicology recommendation about the hazard level of welding material;
- The hazard type of welding materials must be write on technical drawing next after requirements of mechanical strength for increase quality of occupational safety, safety be provide always and even if it requires the design change (increase in the thickness of a welding union and other).

References

- [1] Ignatova, A.M.; Ignatov, M.N.: *Ocenka morfologii, dispersnosti, struktury i himicheskogo sostava tverdoj sostavljajushhej svarochnyh ajerozolej posredstvom sovremennyh metodov issledovanij* // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. - №3, 2012. - 133-138 s.
- [2] Kuznecov, D.A.; Simonovich, A.L.; Naumov, S.V.; Ignatova, A.M.: *Issledovanie fiziko-himicheskikh harakteristik tverdoj sostavljajushhej svarochnyh ajerozolej*// Sb. tezisov dokladov XIX Rabochej grupy konferencii «Ajerozoli Sibiri». - Tomsk: Institut optiki atmosfery SO RAN, 2012. - s. 78.
- [3] Kuznecov, D.A.; Ignatova, A.M.; Naumov, S.V.; Ignatov, M.N.: *Harakteristika tverdoj sostavljajushhej svarochnyh ajerozolej razlichnyh vidov jelektroodnyh pokrytij*. - Sb. dokl. nauch. tehn. konf. «Svarka i diagnostika - 2012». - Ekaterinburg: ZAO «Ural'skie vystavki». - 2012. - s. 110 - 114.
- [4] Ignatova, A.M.: *Sovremennye metody opredelenija frakcionnogo sostava svarochnyh poroshkovykh materialov*// Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. - №3, 2012 - s. 129 - 133.
- [5] Ignatova, A.M.: *Mehanizm obrazovanija nemetallicheskih vkljuchenij v staljah*// Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. - 2012. № 2. - s. 208 - 211.
- [6] Ignatova, A.M.: *Petrograficheskie issledovanija vzaimosvjazi struktury i svojstv bazal'tovogo lit'ja i syr'ja*// V sbornike «Desjatyje vsrossijskie nauchnye chtenija pamjati Il'menskogo mineraloga V.O. Poljakova». - Miass: 2009. - s. 103 - 115.
- [7] Bereznaja, A.A.; Kuznecov, D.A.; Ignatova, A.M.; Fajnburg, G.Z.; Ignatov, M.N.: *Issledovanie formy mineral'noj lokalizacii jelementov tverdoj sostavljajushhej svarochnyh ajerozolej ot vida jelektroodnogo pokrytija pri ruchnoj dugovoj svarkel*// Tehnologii tehnofernoj bezopasnosti (izdano №6, 2013 internet izdanie).

Safety and Ergonomics of Iron Casts Manufacturing

dr inż. Sławomir Kukla

University of Bielsko-Biała, Department of Industrial Engineering
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland
skukla@ath.bielsko.pl

Abstract

The article presents the issues of production analysis of iron casts manufacturing using automated foundry lines. To streamline the production flow, it was proposed to change the location of workstations related to grinding, control and machining of casts. Within the process of constant improvement of manufacturing processes, the aspect of work ergonomics at a workstation was taken into account. As a result of the undertaken actions, some activities without added value were eliminated, efficiency was increased and prime costs of manufacturing casts with regard to finishing treatment were lowered.

Keywords

Safety in foundry industry, Work ergonomics at workstations.

1 Introduction

The basis of the costs reduction methodology is to identify wastage. It is vital to identify the causes of generating losses. Costs analysis constitutes a kind of map showing the sources generating the biggest losses, but also costs and the places with the highest chances of savings.

Searching for more efficient methods of work, enterprises more and more frequently focus on limiting reserves and processes, and, above all, manufacturing prime costs. Such behaviour also found application of the casting industry by eliminating the operations and activities in manufacturing processes which do not add value to the produced casts.

Analysing the activities performed at production workstations, it is possible to divide them into three categories:

- activities with added value, which change the shape, dimensions, physical and chemical properties of treatment objects (e.g. melting, forming, pouring, eliminating the gate assembly, etc.),
- activities with partially added value, like: fixing, quality control operations,
- activities without added value, like: waiting, unnecessary transportation, storing, repairing faults, etc.

The main areas of wastage in foundry enterprises were presented in fig. 1.

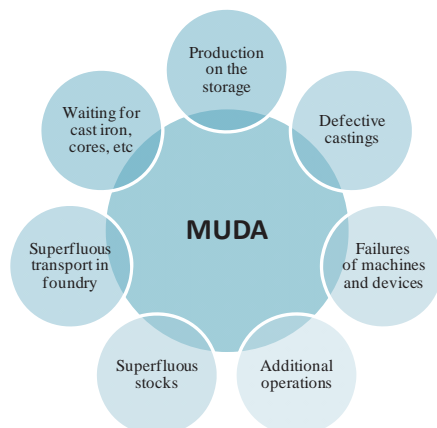


Fig. 1 Areas of wastage in a foundry

Identification of the areas of wastage allows an enterprise to create a list of activities, thanks to which it will be possible to eliminate losses suffered by a company. Apart from the activities which do not add value to products, analysis should be carried out also in case of difficult and unnatural activities which have a significant influence on worker's tiredness and workload, as well as operations realised only periodically.

Identification of the areas of wastage allows an enterprise to create a list of activities, thanks to which it will be possible to eliminate losses suffered by a company. Apart from the activities which do not add value to products, analysis should be carried out also in case of difficult and unnatural activities which have a significant influence on worker's tiredness and workload, as well as operations realised only periodically.

In relation to technical devices themselves, it is possible to distinguish six kinds of losses:

- machine and equipment breakdowns,
- changeovers, e.g. pattern plate exchange on a line,
- minor stoppages e.g. blocked conveyor, inadequate temperature of liquid alloy,
- lower speed, e.g. slowing down on a line due to problems with cooling,
- start-up, e.g. starting a line or furnaces after a break,
- faults - production of faulty casts and the need to repair them.

Also, logistics of materials flow in a foundry is of significant importance in elimination of losses. Excessive manipulation of objects (transporting, arrangement, packing) and storing are sources of additional costs [Harris 2010, Nyhuis 2009].

2 Research object, aim and methodology

The object of research in the present work is the manufacturing process of iron casts on automated foundry lines (fig. 2). Cast iron is prepared in electric furnaces and transported in tubs on foundry lines. There casts are prepared, which, after pouring, are transported to the minting workstation in a cooling tunnel. Further, casts on the line are separated from the moulding sand and the gate assembly and are cleaned on through cleaners. After being picked up from the line, casts also undergo control, grinding and, in some cases, initial machining on customer's request [Kukla 2010].

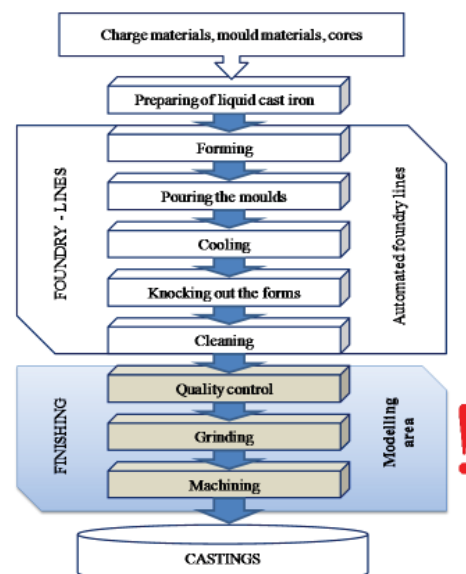


Fig. 2 Research object - the manufacturing system of iron casts

The main objective of the presented methodology of production systems optimisation in foundries is to eliminate all kinds of organisational losses, machine breakdowns, accidents at work, as well as to improve the quality of the manufactured casts. These aims may be achieved by recording and eliminating losses, improving standards and engaging all workers of a foundry into the process of continuous improvement [Matuszek 2009, Kukla 2012].

The concept of production systems improvement outlined in the paper is based on 10 technical pillars, shown in fig. 3.

The task of cost accounting is to record and allocate costs. For this purpose, a system which aids the decision taking process was created, thanks to which it is possible to simulate and analyse, among others:

- manufacturing prime costs,
- costs of new casts, introduced to production,
- the choice of product range and production batch sizes,
- cooperative collaboration,
- costs of emergency situations and production losses related to them,
- costs of exploitation activities,
- costs of improvement activities,
- costs of planned investments, etc.

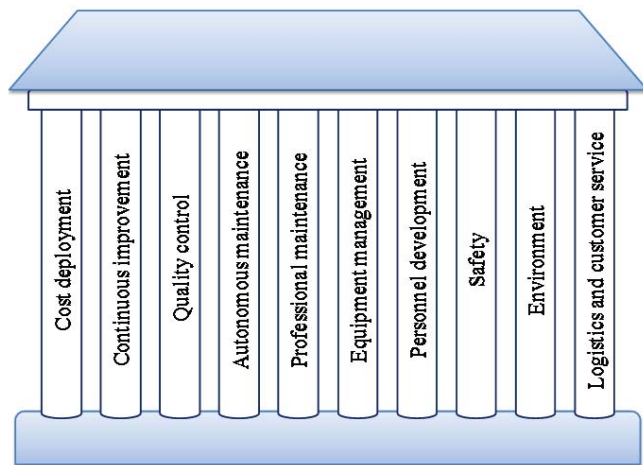


Fig. 3 Technical pillars in production systems improvement

In order to streamline processes in an enterprise in a situation of limited resources, we should choose the problems which are significant and, at the same time, leave less important ones for later. Improvement of vital processes in a foundry by 50 % is more likely to bring about considerable advantages for the system than improving marginally important processes by 80 %.

3 Description of the obtained results

In the first stage (fig. 2), the model area was defined as finishing of a chosen group of casts on the basis of the performed Pareto analysis. The optimisation project was carried out according to the scheme presented on fig. 4.

One has proposed a possibility of implementation of manufacturing systems modelling and simulating technique in management of production processes. In course of the study there was implemented ARENA universal software package to modelling and simulation of the manufacturing systems (fig. 5).

To improve this area of the process, a machining cell was designed, where such operation are going to be realised as: USG control, grinding the surface after separating the gate assembly and initial machining (fig. 6). Previously, the machining workstation was located in a different production hall, significantly distant from the workstations of grinding and control.

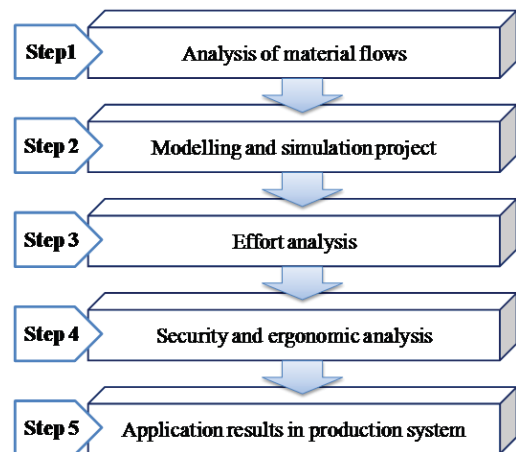


Fig. 4 Stages of the improvement process realisation

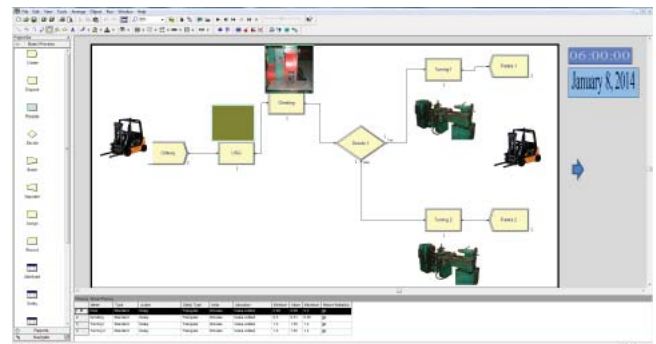


Fig. 5 Modelling and simulation of workplaces

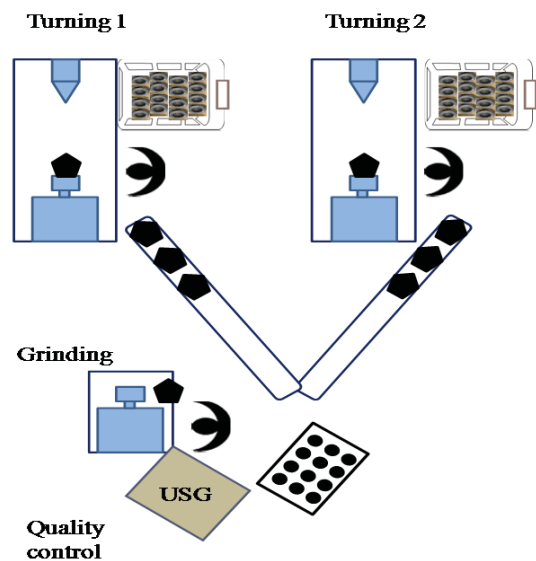


Fig. 6 Design of a machining cell

The process of design of a new machining cell took into consideration the minimal equipment needs for workstations (tools, devices, aids). Also, standardisation of methods and order of particular activities was carried out, as well as time of operation duration was estimated.

A labour-consumption analysis was performed both before and after the changes, followed by tests on work ergonomics at particular workstations of the model area. To compare the current state with the planned one, a point-based scale was used for evaluation of particular ergonomic situations (fig. 6).

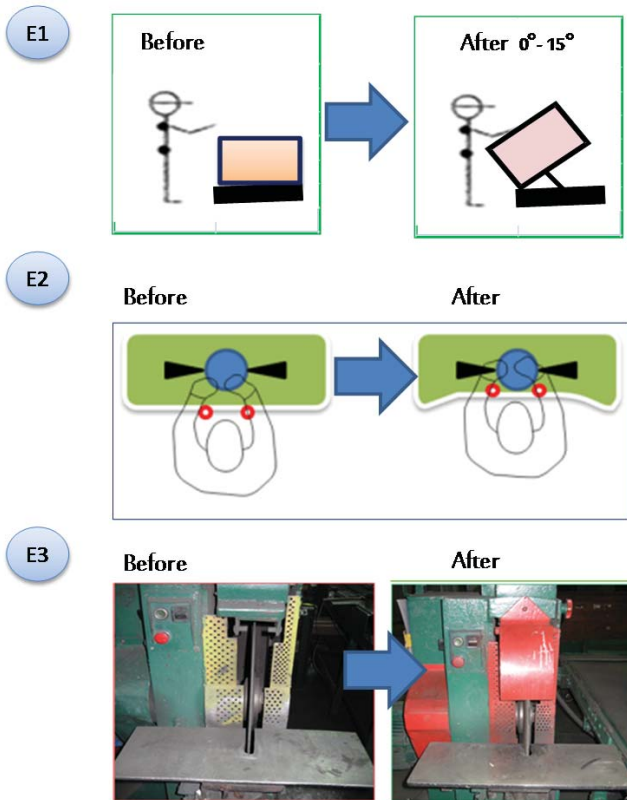


Fig. 6 Rationalisation of workplace - examples

Thanks to the undertaken alterations, it was possible to achieve a number of economical solutions. Transport routes have been shortened by almost 90 %, the level of activities without added value has been decreased by about 17 %, conditions of work ergonomics improved significantly in the machining cell thanks

to eliminating uncomfortable activities (improvement by almost 70 %), and labour consumption of manufacturing one piece (cast) has been lowered by almost 11 %.

4 Conclusions

The presented concept aims at ensuring safety and balanced advantages in an enterprise by achieving the goals of no losses, no faults, no breakdowns and no reserves. Analysing difficult and unnatural operations allows to identify the activities which are tedious for a worker and may become a stimulus for the introduction of an improvement project at the workstation.

Continuous improvement of production systems in a foundry is key to lowering prime costs of manufacturing casts. Thanks to precise costs determination and allocating them to particular activities, it is possible to eliminate actions with no added value.

References

- [1] Harris, R.; Harris, C.; Wilson, E.; Womack, J. (2010).: *Making materials flow: a lean material-handling guide for operations, production-control and engineering professionals*, Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- [2] Kukla, S. (2012).: *Costs analysis of iron casts manufacturing*. Archives of Foundry Engineering vol. 12, Issue 2, 45 - 48.
- [3] Kukla, S. (2010).: *Production systems rationalisation on the example of iron foundry*. Archives of Foundry Engineering vol. 10, Issue 2, 209 - 212.
- [4] Matuszek, J.; Kukla, S. (2009).: *Analysis of foundry production systems on the basis of modelling and simulation*. Acta Mechanica Slovaca, vol. 13, No. 2, 106 - 111.
- [5] Nyhuis, P.; Wiendahl, H.P. (2009).: *Fundamentals of production logistic - theory, tools and applications*. Berlin: Springer-Verlag.

Posúdenie fyzickej záťaže zamestnancov pri opravách a čistení kovových súčiastok

Assessment of Employees Physical Stress in the Repair and Cleaning of Metal Components

doc. Ing. Ivana Tureková, PhD.

Mgr. Terézia Bagalová

UKF v Nitre, Pedagogická fakulta
Dražovská 4, 949 74 Nitra, Slovenská republika
iturekova@ukf.sk; terezia.bagalova@ukf.sk

Abstrakt

Každá pracovná činnosť viac alebo menej spôsobuje zaťaženie organizmu človeka. Fyzická záťaž je súčasťou pracovnej záťaže a spolu so záťažou psychickou a senzorickou sa podieľajú na celkovom zaťažení ľudského organizmu pri vykonávaní pracovnej činnosti. Pri fyzickej záťaži hodnotíme celkovú fyzickú záťaž, ktorá predstavuje zaťaženie svalstva horných aj dolných končatín, veľkých svalových skupín a lokálnu svalovú záťaž, teda zaťažovanie malých svalových skupín, napr. svalov predlaktia a ruky. K častým pracovným činnostiam patrí práca s predmetmi (bremenami). Cieľom tohto príspevku je posúdenie fyzickej záťaže zamestnancov pracujúcich s bremenami a navrhnúť vhodné ergonomické a organizačné opatrenia.

Kľúčové slová

Fyzická záťaž, celková záťaž, lokálna záťaž, práca s bremenami, ručná manipulácia, ergonómia.

Abstract

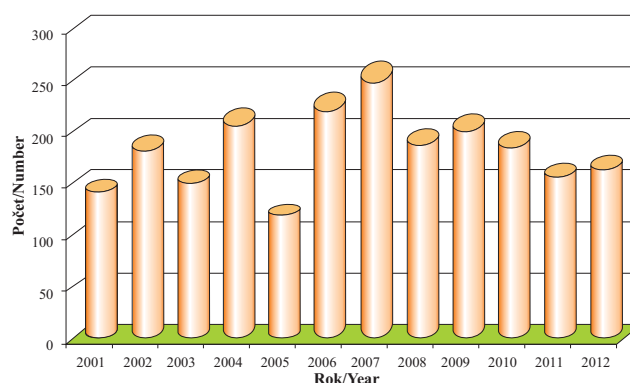
Each working activity more or less causes the load of human organism. Physical stress is part of the workload and, together with sensory and mental load is involved in the total human body in performing the work. During physical activity we take measure total physical load representing the upper and lower limbs, large muscle groups and local muscular load. This is representing a loading of small muscle groups, for example muscles of the forearm and hand the common work activities include work with objects (loads). The aim of this paper is to assess physical stress of employees working with several loads and suggest ergonomic and organizational measures.

Keywords

Physical stress, total load, local load, workloads, manual handling, ergonomics.

Úvod

V roku 2012 bolo v Slovenskej republike hlásených 344 prípadov chorôb z povolania a profesionálnych otráv. V porovnaní s rokom 2011 došlo k poklesu o 9 %. Najväčší podiel na chorobách z povolania v roku 2012, podobne ako v minulých rokoch, predstavovala choroba kostí, kĺbov, šliach a nervov končatín z dlhodobého, nadmerného, jednostranného zaťaženia končatín s (48,8 % z celkového počtu hlásených profesionálnych ochorení). Vývoj počtu chorôb z povolania je na obr. 1. Z toho počtu 79,3 % predstavovali choroby s klinickým obrazom kompresívnej neuropatie stredového nervu (syndrómom karpálneho tunela). Na druhom mieste sa pri celkovom počte 49 hlásených prípadov umiestnilo ochorenie kostí, kĺbov, svalov, ciev a nervov končatín spôsobené pri práci s vibrujúcimi nástrojmi (14,2 % z celkového počtu chorôb z povolania v SR). Ide o historicky najnižší počet hlásených chorôb z povolania. [1]



Obr. 1 Vývoj počtu profesionálnych ochorení končatín z dlhodobého, nadmerného jednostranného zaťaženia [1]

Najviac chorôb z povolania je v priemyselnej výrobe, kde ľudia najčastejšie trpia bolesťou horných končatín, ale aj infekčné ochorenia. Postihnutými sú predovšetkým pracujúci medzi 50. - 59. rokom života, s miernym posunom do vyšších vekových skupín. [2, 3]

1 Pôsobenie fyzickej záťaže na človeka

Posúdenie, či fyzická aktivita pri vykonávanej činnosti neprevyšuje fyziologické možnosti pracovníkov a nemôže vyvolať poškodenie zdravia. Jedná sa o faktory, ktoré súvisia s vybavenosťou a s výkonnostnou kapacitou človeka. Pri posudzovaní pracoviska sa treba zamerať na:

- priestorové usporiadanie a rozmery pracoviska,
- používané nástroje a náradie,
- pracovné polohy,
- manipuláciu s bremenami a podmienky pre manipuláciu,
- umiestnenie ovládačov,
- vynakladané sily a frekvencia použitia,
- celkovú fyzickú záťaž,
- režim práce a odpočinku,
- rotáciu zmien a pod. [4]

a) Priestorové usporiadanie a rozmery pracovného miesta si vyžadujú rešpektovať:

- antropometrické zásady,
- fyziologické zásady,
- psychofyziologické zásady,
- rozmery musia odpovedať telesným rozmerom danej populácie, počtu osôb na pracovisku aj bezpečnostným ukazovateľom, hlavne:
 - výške manipulačnej roviny,
 - priestoru pre dolné končatiny,
 - rozmiestneniu ovládačov a pracovných pomôcok s ohľadom na dosahové vzdialenosti a frekvenciu ich používania,
 - rozmiestnenie pracovných sedadiel,
 - racionalizáciu pracovných postupov a pod.

b) Pracovná poloha závisí od:

- charakteru vykonávanej práce,

- rozmerov a usporiadania pracovného miesta,
- nevhodných pracovných polôh a
- striedania sedu a postoja.

c) Požiadavky na pracovné pohyby:

- musia odpovedať prirodzeným dráham a stereotypom (možnosť vzájomného prispôsobovania, amplitúdy, sily, rýchlosti, rytmu),
- energetická náročnosť musí byť úmerná počtu a veľkosti aktivovaných svalových skupín,
- striedavo zapájať rôzne svalové skupiny s možnosťou zmeny pracovnej polohy s malým podielom statickej práce,
- pri činnostiach vyžadujúcich koordináciu oboch končatín musia byť pohyby rovnomerne rozložené na obidve končatiny a ich dráhy analogické,
- ak sú zvýšené požiadavky na presnosť pohybov nesmú byť náročné na vynakladané sily.

d) Fyzická pracovná záťaž:

- znamená pracovnú záťaž pohybového, kardiovaskulárneho a dýchacieho systému, ktorá sa odráža v látkovej premene a termoregulácii. Ak nastáva nerovnováha konštitúcie a celkovej svalovej kapacity jedinca a nárokov na fyzickú zdatnosť, ktorá vyplýva z pracovných úloh, jedná sa o nadmerné preťažovanie pohybového aparátu.

Rozoznávame dve formy svalovej práce:

- statickú svalovú záťaž (izometrická kontrakcia svalu, v ktorom sa zvyšuje napätie) - viac zaťažujúca,
- dynamickú svalovú záťaž (striedavé zapojovanie svalových skupín a striedanie napätia a uvoľnenie svalstva).

O posúdení rozhoduje výsledok, či je práca vykonávaná veľkými (predstavujúcimi viac ako 50 % sval. hmoty) alebo malými svalovými skupinami.

e) Manipulácia s bremenami

Znamená akékoľvek zdvíhanie, posunovanie, ťahanie, nosenie alebo premiestňovanie bremien, pričom riziko poškodenie zdravia závisí od rôznych faktorov:

- charakteristiky bremena (hmotnosť, skladnosť, stabilita),
- požadovanej fyzickej záťaži (nadmerná hmotnosť, nevhodná pracovná poloha),
- charakteristiky pracovného prostredia (nedostatočný manipulačný priestor, mikroklimatické podmienky),
- nevhodný režim práce a odpočinku.

f) Lokálna svalová záťaž

Je dlhodobá, nadmerná a jednostranná záťaž stále rovnakých svalových skupín, ktoré vedie k najrozličnejším ochoreniam kostí, kĺbov, svalov, šliach, úponov, nervov, kde riziko poškodenia zdravia vyplýva z činnosti:

- veľkej svalovej sily alebo mnohonásobne opakovaných pohyboch hlavne v krajných alebo nezvyklých polohách,
- ďalších faktorov (doba pôsobenia sily, rozloženie vynakladanej sily v čase, trvanie a rozloženie prestávok, časy na zotavenie),
- vplyv ďalších prídavných faktorov (pôsobenie vibrácií, nepriaznivé mikroklimatické podmienky, zlé úchopové možnosti pracovných nástrojov, nevhodné osobné pracovné návyky, nedostatočné zacvičenie). [4, 5]

2 Popis pracoviska, výber reprezentatívnej vzorky zamestnancov

Hodnotenie fyzickej záťaže bolo realizované na pracovisku opráv a čistenia drobných kovových dielov (elektronické súčiastky) u 2 zamestnankýň (ženy) zaradených v pracovných profesiách - čistenie súčiastok. Pracovisko vo výrobnéj hale bolo prirodzene a umelo osvetlené a prirodzene vetrané.

Základná poloha pri práci je v sede s možnosťou striedania práce v stoji. Pri práci sú exponované najmä drobné svaly rúk a predlaktí. Charakter svalovej práce je staticko-dynamický s prevahou dynamickej zložky. Horné končatiny zamestnancov sú pri práci ohnuté v lakti pod pravým uhlom.

Počas čistenia dielov môže zamestnanec stáť, prípadne sedieť na výškovo nastaviteľnom sedadle. Čistený dielec čistí zamestnanec čistiacimi prostriedkami manuálne. K používaným čistiacim prostriedkom sú k dispozícii Karty bezpečnostných údajov. Po vyčistení vyfúka zamestnanec dielec stlačeným vzduchom. Pre hodnotenie boli vybrané dve zamestnankyne. U oboch sa jednalo o ženy vo vekovej skupine od 30 - 39 rokov, vykonávajúce danú činnosť viac ako 5 rokov. Bola zistená ich váha a výška.

3 Použitá metodika

a) Lokálna svalová záťaž

Meranie lokálnej svalovej záťaže bolo realizované Holter analyzátorom s presnosťou $\pm 3\%$. Pre vyhodnotenie meraní bolo potrebné poznať podrobný časový snímok pracovnej zmeny pre výpočet časovo váženej priemernej celozmennej hodnoty vynakladanej svalovej sily. Pri hodnotení bol zohľadnený počet pohybov pri pracovnej činnosti a k presnému zisteniu bol použitý videozáznam zo štandardných pracovných činností.

b) Celková fyzická záťaž

Hodnotenie celkovej fyzickej záťaže spočívalo v celozmenovom sledovaní srdcovej frekvencie a stanovení energetického výdaja pri práci.

c) Hodnotenie práce s bremenami

Hodnotenie bolo realizované priamym pozorovaním, vážením bremien a podrobnou analýzou fotodokumentácie, videozáznamov a pracovných časových snímkov.

4 Výsledky merania a diskusia

Základné mikroklimatické podmienky pracoviska:

v_a (rýchlosť prúdenia vzduchu):	0,01 - 0,015 m.s ⁻¹ ,
r_h (relatívna vlhkosť):	32,0 %,
t_a (teplota):	20,4 °C.

a) Výsledky merania lokálnej svalovej záťaže

Prípustné hodnoty lokálnej svalovej záťaže sa určujú vo vzťahu k svalovým silám a frekvencii pracovných pohybov. Konkrétnymi parametrami pre hodnotenie lokálnej svalovej záťaže boli priemerná celozmenná vynakladaná sila extenzorov a flexorov horných končatín, celozmenný priemerný počet pracovných pohybov rúk a maximálny počet pracovných úkonov s vynakladanou silou nad 60 % F_{max} pri prevažne dynamickej práci. Výsledky meraní sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Výsledky hodnotenia relevantných parametrov pre lokálnu svalovú záťaž

Hodnotený parameter pre hornú končatinu	Končatina	Zamestnanec 1	Zamestnanec 2
Priemerná celozmenová vynakladaná sila extenzorov	pravá	8,08 % F_{max}	11,25 % F_{max}
	ľavá	5,77 % F_{max}	10,14 % F_{max}
Priemerná celozmenová vynakladaná sila flexorov	pravá	6,25 % F_{max}	7,45 % F_{max}
	ľavá	7,01 % F_{max}	6,71 % F_{max}
Celozmenový priemerný počet pracovných pohybov rúk	pravá	16870	18466
	ľavá	15979	17501
Pracovné úkony s použitou silou nad 60 % F_{max} pri prevažne dynamickej práci sa vyskytovali maximálne*		2 x/zmenu	35 x/zmenu

*Pozn.: Pracovné úkony s použitou silou nad 60 % F_{max} u práce prevažne dynamickej sú prípustné maximálne 600 x/ zmenu.

b) Celková fyzická záťaž

Prípustné hodnoty fyziologických ukazovateľov pracovnej záťaže energetického výdaja a srdcovej frekvencie sú určené vyhláškou Vyhláška MZ SR č. 542/2007 Z. z. o podrobnostiach o ochrane zdravia pred fyzickou záťažou pri práci, psychickou pracovnou záťažou a senzoričkou záťažou pri práci a závisia od pohlavia a veku zamestnanca. Namerané a vypočítané výsledky sú v tab. 2.

Tab. 2 Srdcová frekvencia a energetický výdaj sledovaných zamestnancov

Hodnotený parameter	Jednotky	Zamestnanec 1	Zamestnanec 2
Zmenová priemerná SF*	[pulzy/min]	93	81
Zvýšenie SF	[pulzy/min]	+11	+11
Priemerný minútový energetický výdaj	[kJ.min ⁻¹]	4,62	4,62
Zmenový priemerný energetický výdaj	[MJ]	2,22	2,22
Zmenový prípustný energetický výdaj žien vo veku 30 - 39 rokov	[MJ]	5,8	

Pozn.: SF* - srdcová frekvencia

Kritériá na posudzovanie zmenovej srdcovej frekvencie pri práci vykonávanej prevažne veľkými svalovými skupinami sú v tab. 3.

Tab. 3 Hodnoty zmenovej srdcovej frekvencie podľa právnych predpisov [6]

Veková skupina	Kritériá na posudzovanie zmenovej srdcovej frekvencie pri práci vykonávanej prevažne veľkými svalovými skupinami			
	Absolútne hodnoty		Zvýšenie srdcovej frekvencie nad východiskovú hodnotu	
	A priemerné hodnoty	B medzné hodnoty	C priemerné hodnoty	D medzné hodnoty
30 - 39 rokov	106	115	29	32

c) Bremená

Hmotnosť jednotlivých manipulovaných dielov neprekračovala 5 kg. K presunu ťažkých bremien (nad 15 kg) sú určené výhradne muži.

Hodnotením prác z hľadiska ručnej manipulácie s bremenami nebolo zistené prekročenie smerných hmotnostných hodnôt.

Diskusia

Meraním lokálnej svalovej záťaže nebolo zistené prekročenie priemerných svalových síl vo vzťahu k počtu pracovných pohybov za zmenu u žiadneho z hodnotených zamestnancov.

Nebolo zistené prekročenie priemerných svalových síl vo vzťahu k počtu pracovných pohybov za zmenu ani u jednej hodnotenej pracovnej činnosti. Pre hodnotené vykonávané činnosti nebolo zistené prekročenie prípustných hodnôt energetického výdaja. Hodnotením prác z hľadiska ručnej manipulácie s bremenami nebolo zistené prekročenie smerných hmotnostných hodnôt.

I napriek týmto skutočnostiam, ak limitné hodnoty sú dodržané, neznamená to pre zamestnávateľa uspokojiť sa s týmto stavom. Je celý rad nástrojov, ako zlepšiť podmienky výkonu práce zamestnancov. Nakoľko väčšina prác na hodnotenom pracovisku

sa vykonávala v sede, ďalším krokom je posúdenie ergonomickej vhodnosti sedadiel zamestnancov, lepšia organizácia práce a neustále výchovné a motivačné pôsobenie. K zníženiu záťaže pri práci prispieva aj dodržiavanie zásad manipulácie s materiálom a bremenami, ale aj zavedenie rotácie pracovníkov na pracovných miestach s rôznou mierou zaťaženia.

V zmysle ďalšieho právneho predpisu [7] zamestnávateľ, ktorý nevytlúčil ručnú manipuláciu s bremenami, je povinný zabezpečiť, aby táto manipulácia bola pre zamestnancov čo najbezpečnejšia a s najmenším rizikom poškodenia zdravia. V záujme odstránenia alebo zníženia účinkov ručnej manipulácie s bremenami na zdravie zamestnancov je zamestnávateľ povinný pred jej začatím:

- posúdiť riziko pri každom druhu ručnej manipulácie s bremenami,
- vykonať príslušné opatrenia, najmä so zreteľom na fyzickú námahu, vlastnosti pracovného prostredia a požiadavky na vykonávanú činnosť,
- zabezpečiť zdravotný dohľad, ktorým je posúdenie zdravotnej spôsobilosti zamestnancov na ručnú manipuláciu s bremenami so zohľadnením individuálnych rizikových faktorov a smerných hmotnostných hodnôt.

Významným prvkom vo fungujúcom systéme BOZP je školenie a zácvičenie zamestnancov o správnej manipulácii s bremenom a o rizikách poškodenia zdravia, ktoré vyplývajú z nesprávnej manipulácie s bremenom, ktoré sú zvyčajne dokumentačne obsiahnuté aj v Posudku o riziku pri manipulácii s bremenami.

Záver

Výsledok merní poukázal na skutočnosť, že oba hodnotení zamestnanci vo vzťahu ku kategorizácii prác z hľadiska zdravotných rizík sú navrhovaní na zaradenie prác do druhej kategórie. Charakter svalovej práce bol staticko-dynamický s prevahou dynamickej zložky.

Meraním lokálnej svalovej záťaže bolo zistené, že pracovné úkony s použitou silou nad 60 % F_{max} u práce prevažne dynamickej sú prípustné maximálne 600x za zmenu, čo bolo dodržané (získané hodnoty u zamestnancov dosahovali 2x/zmenu a 35x za zmenu).

Rovnako neboli prekročené prípustné hodnoty energetického výdaja posudzovaných zamestnancov, nakoľko zmenová prípustná hodnota ani u jednej nedosiahla limitnú hodnotu 5,8 MJ.

Hodnotením prác z hľadiska ručnej manipulácie s bremenami nebolo zistené prekročenie smerných hmotnostných hodnôt, nakoľko hmotnosť manipulovaných bremien nepresahovala hodnoty 5 kg.

Jedným z dôležitých indikátorov výskytu závažných poškodení zdravia z práce je výskyt hlásených chorôb z povolania, profesionálnych otráv a iných poškodení zdravia pri práci. Závažnosť problému vysokého podielu výskytu uvedených profesionálnych chorôb postihujúcich podporno-pohybový systém, cievny a nervový systém zamestnancov vystavených v práci nadmernému zaťaženiu horných končatín podčiarkuje skutočnosť, že tieto majú stúpajúcu tendenciu. Poškodenia podporno-pohybovej sústavy zaujímajú popredné miesto aj v práceneschopnosti pracujúcej populácie, preto je nevyhnutné posúdeniu lokálnej svalovej záťaže a celkovej svalovej záťaže ako prevencia predchádzaniu nežiaducim poškodeniam zdravia z práce.

Tento článok vznikol z podpory projektu ESF „Inovácia študijných programov na Pedagogickej fakulte UKF v Nitre za účelom skvalitnenia vzdelávacieho procesu“ č. 007/2013/1.2/OPV.

Použitá literatúra

- Národné centrum zdravotníckych informácií. 2013. *Choroby z povolania alebo ohrozenie chorobou z povolania v SR v roku 2012*. Edícia zdravotná štatistika, Bratislava ZŠ - 6/2013.

- Dostupné na internete <http://data.nczisk.sk/publikacie/zs1206.pdf>.
- [2] Šolc, M.; Mikloš, V. 2012.: *Posúdenie rizika v malej stavebnej spoločnosti*, Bezpečnosť práce v praxi, 1/2012, Iura Edition, spol. s.r.o. 2012, Bratislava, str. 11 - 16, ISSN 1338-6417.
- [3] Janoušek, V. 2007.: Co říkají data o pracovních úrazech při ruční manipulaci. VII. ročník mezinárodní konference *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2007*. SPBI, Ostrava. ISBN 978-80-7385-004-3.
- [4] Očkajová, A. 2013.: *Pracovné prostredie a ergonómia*. Vysokoškolská učebnica. UMB Banská Bystrica,. 402 s. ISBN 978-80-557-0617-7.
- [5] Fišerová, S. 2010.: *Adaptability of operators when exposed to hand-transmitted vibration at work with electric hand-held tools*. Advances in Human Factors, Ergonomics and Safety in Manufacturing and Service Industries. Florida, USA: CRC PRESS-TAYLOR & FRANCIS GROUP, 2010, s. 855 - 864.
- [6] Vyhláška MZ SR č. 542/2007 Z. z. o podrobnostiach o ochrane zdravia pred fyzickou záťažou pri práci pred fyzickou záťažou pri práci, psychickou pracovnou záťažou a senzorickou záťažou pri práci.
- [7] NV SR č. 281/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách pri ručnej manipulácii s bremenami.

Vyhodnocení provozu požární techniky na podvozcích MAN u jednotek HZS ČR jihomoravského kraje

Evaluation of Fire Appliances on MAN Chassis with Brigades of Fire and Rescue Service of the South Moravian Region

Ing. Ladislav Jánošík

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice
ladislav.janosik@vsb.cz

Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na vyhodnocení dat získaných z provozních deníků požární techniky se zaměřením na výjezdová vozidla typu CAS na podvozcích MAN za období let 2010 až 2013. Byly sledovány statistické údaje o zásahové činnosti a proveden rozbor se zaměřením na vyčíslení ve výjezdové a ostatní činnosti. Další část je zaměřena na rozbor kilometrických proběhů, motohodin práce stroje a oprav vybraných vozidel za sledované období jejich nasazení u profesionálních jednotek HZS Jihomoravského kraje.

Klíčová slova

Provozní spolehlivost, provoz techniky, údržba techniky.

Abstract

This paper is focused on the evaluation of data obtained from operational records of fire-fighting equipment with a focus on vehicles type Firefighting and Rescue Appliance on the chassis MAN during the period 2010 - 2013. Statistical data on intervention activities were observed and analyzed with a focus on the utilization of vehicles' exits and other activities. Another part of paper focuses on the analysis of mileage, working hours of vehicles and repair work of selected cars during their using at professional Fire Rescue Units of the South Moravian Region.

Keywords

Reliability in operation; technique operation; service of technique.

Úvod

Příspěvek navazuje na předchozí starší publikace autora se zaměřením na vyhodnocení provozu a údržby požární techniky na podvozcích Mercedes-Benz Atego [1], TATRA 815 [2] a Renault Midlum [3], které jsou dislokovány u jednotek požární ochrany v Moravskoslezském, Královéhradeckém a Zlínském kraji. V této stati jsou shrnuty výsledky podrobnějšího rozboru ze sledování provozu cisternových automobilových stříkaček na podvozcích MAN u HZS Jihomoravského kraje.

Přehled sledované požární techniky

Jihomoravský kraj, který má rozlohu 7,2 tis.km² a počet obyvatel cca 1,2 mil., je z hlediska organizace jednotek požární ochrany rozdělen na 6 územních odborů. Jednotlivé územní odbory v kraji představují celkem 24 požárních stanic, z nichž 8 je začleněno pod Územní odbor Brno. Požární technika na podvozcích MAN je v počtu 24 vozidel dislokována na 20 hasičských stanicích. Z tohoto počtu je 9 vozidel na ÚO Brno. Celkový přehled sledované techniky je uveden v tab. 1. Vozidla na ÚO Brno jsou v tab. 1 vedena pod pořadovými čísly 16 až 24. Mezi sledovanými vozidly převládá požární technika na podvozcích MAN, model TGM 13.240 4x4 BL.

Tab. 1 Přehled sledované techniky na podvozcích MAN v Jihomoravském kraji

	Požární stanice	Zařazení techniky	Označení vozu	Podvozek	Nástavba	Uvedení do provozu
1	PS Hustopeče-P1	1. vůz	CAS15/2200/135-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	SPS Slatiňany	1. 1. 2009
2	PS Hodonín-C1	1. vůz	CAS15/2000/120-M2Z	MAN TGM 13.240 4x4 N3G	THT Polička	1. 1. 2007
3	PS Hodonín-C1	2. vůz	CAS24/2500/200-S2T	MAN TGM 14.280 4x4 LE 2000	THT Polička	1. 1. 2004
4	PS Veselí n. Mor.-P1	1. vůz	CAS15/2200/135-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	SPS Slatiňany	1. 1. 2009
5	PS Kyjov-P1	1. vůz	CAS15/2200/135-S2T	MAN TGM 13.240 4x4	THT Polička	1. 1. 2008
6	PS Blansko-C1	2. vůz	CAS15/2000/120-M2Z	MAN	THT Polička	1. 1. 2007
7	PS Boskovice-P2	1. vůz	CAS24/3000/200-S2T	MAN 4x4	THT Polička	1. 1. 2004
8	PS Kunštát-P0	1. vůz	CAS24/3500/400-S2T	MAN	SPS Slatiňany	1. 1. 2003
9	PS Vyškov-C1	1. vůz	CAS15/2400/200-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	THT Polička	1. 12. 2008
10	PS Slavkov-P1	1. vůz	CAS15/2400/200-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	THT Polička	1. 1. 2008
11	PS Bučovice-P1	1. vůz	CAS24/2500/200-S2T	MAN LE 2000	THT Polička	1. 1. 2004
12	PS Znojmo-C1	1. vůz	CAS24/2500/200-S2Z	MAN	THT Polička	1. 1. 2004
13	PS Znojmo-C1	2. vůz	CAS15/2200/135-M2Z	MAN TGM 13.240 4x4 BL	SPS Slatiňany	1. 1. 2009
14	PS Mor.Krumlov-P1	1. vůz	CAS15/2000/120-M2T	MAN TGM 13.240 4x4	THT Polička	1. 1. 2007
15	PS Hrušovany n.Jev.-P1	1. vůz	CAS15/2200/135-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	SPS Slatiňany	1. 1. 2009
16	PS Tišnov-P2	1. vůz	CAS15/2000/120-M2T	MAN	THT Polička	1. 1. 2007
17	PS Lišeň-P4	1. vůz	CAS15/2200/135-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	THT Polička	1. 1. 2008
18	PS Rosice-P2	1. vůz	CAS15/2200/135-M2T	MAN TGM 13.240 4x4 BL	THT Polička	1. 1. 2008
19	PS Tišnov-P2	záloha	CAS15/2200/135-M2Z	MAN TGM 13.240 4x4 BL	SPS Slatiňany	1. 1. 2009
20	PS BVV-P3	1. vůz	CAS20/2500/200-S1T	MAN	Ziegler Giengen	1. 1. 2009
21	PS Lidická-C3	1. vůz	CAS24/3000/170-M1T	MAN	Szczesniak Bielsko-Biala	1. 1. 2007
22	PS Lidická-C3	2. vůz	CAS24/3000/250-M1T	MAN	Szczesniak Bielsko-Biala	1. 1. 2007
23	PS Pohořelice-P1	1. vůz	CAS24/3000/250-S2T	MAN	Szczesniak Bielsko-Biala	1. 1. 2007
24	PS Lískovec-P2	1. vůz	CAS24/3000/250-S2T	MAN	Szczesniak Bielsko-Biala	1. 1. 2007

Vyhodnocení jízd vozidel

Pro ilustraci vyčíslení požární techniky na jednotlivých územních odborech jsou uvedeny v tab. 2 počty mimořádných událostí za roky 2010 až 2013 v Jihomoravském kraji [4].

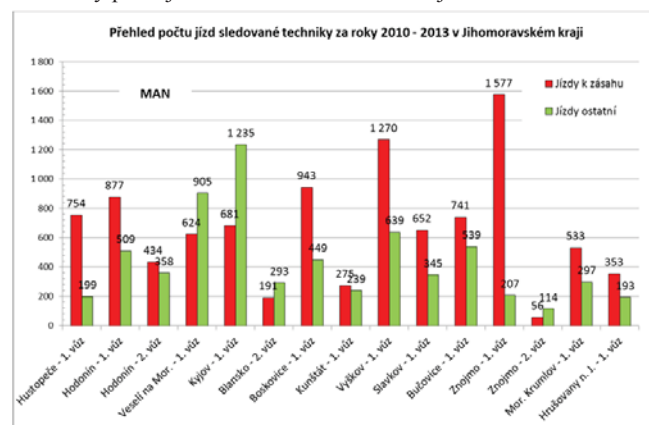
Evidenci jízd a provozu požární techniky upravuje Řád strojní služby [6]. Každý odpovědný pracovník strojní služby na stanici má povinnost sledovat údaje o provozu a údržbě vozidel na jednotlivých stanicích. Ve výkazu jízd jsou vedeny záznamy práce požární techniky, které obsahují datum, účel jízdy, počet ujetých kilometrů a konečný stav tachometru, počet hodin práce stroje

na místě, tankování pohonných hmot a provozních kapalin, popis servisních úkonů a náklady na údržbu nebo opravy. K tomuto účelu dříve sloužily v papírové formě vedené provozní deníky vozidel. Od roku 2010 tuto funkci plní elektronický informační systém IKIS. Z něj byla získána data o provozu vozidel pro následné vyhodnocení [5]. Především z důvodu dostupnosti, věrohodnosti a úplnosti vstupních dat jsou dále předloženy údaje o provozování pouze za období od 1. 1. 2010, kdy byl systém zaveden do plného provozu, až do konce roku 2013. Důvody tohoto rozhodnutí byly doloženy na výsledcích a zjištěních uvedených v [3] při sledování vozidel Renault.

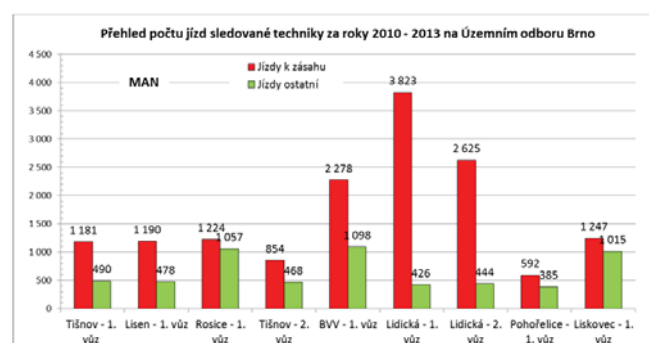
Tab. 2 Statistika mimořádných událostí v Jihomoravském kraji

Územní odbor	2010	2011	2012	2013
Blansko	1 364	1 161	1 202	1 443
Brno-město	4 149	3 512	3 938	4 252
Brno-venkov	2 998	2 910	3 353	3 288
Břeclav	1 257	1 313	1 362	1 364
Hodonín	1 371	1 196	1 625	1 365
Vyškov	1 411	1 112	1 324	1 170
Znojmo	1 072	976	1 075	1 150
Jihomoravský	13 622	12 180	13 879	14 032

Na obr. 1 je doložena účast sledované výjezdové techniky na podvozích MAN na zvládnutí mimořádných událostí za předchozí 4 roky v rámci Jihomoravského kraje, a to pouze za techniku na územních odborech bez zahrnutí Brna. Jedná se o výsledek ze zpracování a rozřídění jízd na jízdy k zásahům a ostatní (hospodářské, kondiční, poznávání hasebního obvodu atd.). Průměrný podíl jízd k zásahům na ostatních jízdách činí 58 %.



Obr. 1 Výtížení vozidel MAN v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno



Obr. 2 Výtížení vozidel MAN na Územním odboru Brno

Na obr. 2 jsou doloženy výsledky sledování výjezdové techniky na ÚO Brno. Průměrný podíl jízd k zásahům na ostatních jízdách zde činí 69 %.

Vyhodnocení provozu techniky

Pro vyhodnocení provozu požární techniky byly sledovány celkové *kilometrické proběhy* a *práce stroje na místě* v motohodinách. Kilometrické proběhy byly následně použitím průměrné výpočtové rychlosti 50 km/h přepočteny na hodiny. Dále byla sledována *průměrná spotřeba pohonných hmot*. Celkové shrnutí získaných údajů za sledované období je uvedeno v tab. 3 pro všechna vozidla v Jihomoravském kraji.

Na obr. 3 jsou graficky porovnány přepočtené kilometrické proběhy a evidované provozní hodiny vozidel MAN v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno z pohledu časového zatížení motoru při jízdě a stání na místě, kdy vozidlo pracuje v režimu cca 50 % provozní jízdní zátěže. Na obr. 4 jsou zobrazeny stejné hodnoty pro vozidla na Územním odboru Brno.

Tab. 3 Provoz techniky na podvozích MAN za roky 2010 - 2013 v Jihomoravském kraji

Dislokace techniky	Proběh vozidel [km]	Práce stroje na místě [hod]	Celkem [hod]	Stav tachometru [km]	Spotřebované PHM [litry]	Průměrná spotřeba PHM [l/100 km]
Hustopeče - 1. vůz	18 283	364	729	25 971	6 659	36
Hodonín - 1. vůz	19 417	405	793	36 690	7 087	36
Hodonín - 2. vůz	12 050	292	533	36 972	4 498	37
Veselí na Moravě - 1. vůz	17 764	430	785	22 230	7 140	40
Kyjov - 1. vůz	23 142	367	829	34 229	8 611	37
Blansko - 2. vůz	11 229	288	512	18 914	4 225	38
Boskovice - 1. vůz	22 544	720	1 171	49 033	9 531	42
Kunštát - 1. vůz	9 826	202	399	41 744	3 779	38
Vyškov - 1. vůz	24 638	318	811	37 454	10 107	41
Slavkov - 1. vůz	13 824	322	598	23 940	5 529	40
Bučovice - 1. vůz	14 608	485	778	35 842	5 675	39
Znojmo - 1. vůz	26 297	575	1 101	46 286	10 552	40
Znojmo - 2. vůz	5 056	64	165	7 480	2 161	43
Mor. Krumlov - 1. vůz	12 898	337	595	23 244	4 962	38
Hrušovany n. J. - 1. vůz	10 637	253	466	13 364	4 069	38
Tišnov - 1. vůz	21 653	768	1 201	38 673	8 302	38
Lísen - 1. vůz	22 776	610	1 065	50 600	9 745	43
Rosice - 1. vůz	36 118	763	1 485	48 675	13 898	38
Tišnov - 2. vůz	17 903	311	669	21 402	7 430	42
BVV - 1. vůz	41 104	884	1 706	55 457	15 509	38
Lidická - 1. vůz	44 511	992	1 882	66 500	18 201	41
Lidická - 2. vůz	25 796	467	983	43 838	10 567	41
Pohořelice - 1. vůz	17 075	275	617	32 256	7 474	44
Lískovec - 1. vůz	31 896	321	959	54 013	12 657	40

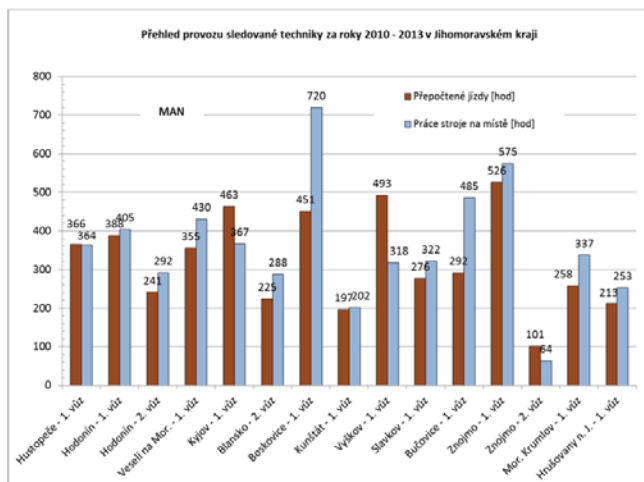
Průměrný roční kilometrický proběh za sledované období v posledních 4 letech u vozidel MAN v kraji Jihomoravském bez ÚO Brno činil 4037 km, u vozidel na Územním odboru Brno to bylo až 7190 km.

Průměrná spotřeba pohonných hmot za sledované období u vozidel MAN (největší technicky přípustná hmotnost vozidla 14 tun, výkon motoru 176 kW) činila v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno 39 litrů na 100 km, na Územním odboru Brno to bylo 41 l/100 km.

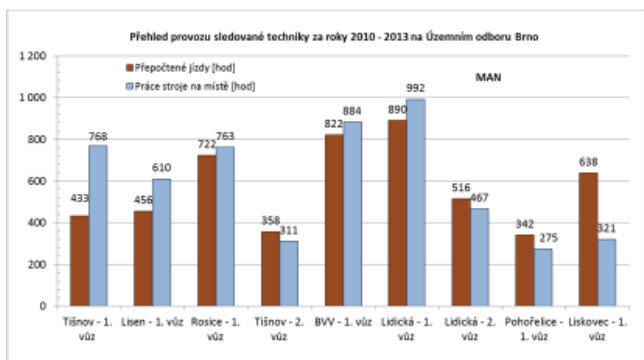
Vyhodnocení poruchovosti

Pro vyhodnocení poruchovosti sledovaných vozidel byla statistická data o údržbě a opravách rozříděna do následujících skupin:

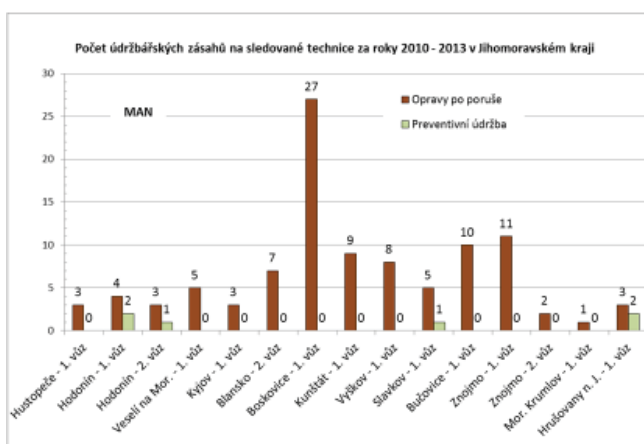
- opravy po poruše:
 - na podvozkové základně,
 - na požární nástavbě,
- preventivní údržba (revize, zkoušky, plánované kontroly, STK, emise),
- opravy po poškození (při zásahu, po dopravní nehodě).



Obr. 3 Porovnání provozní zátěže vozidel MAN v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno

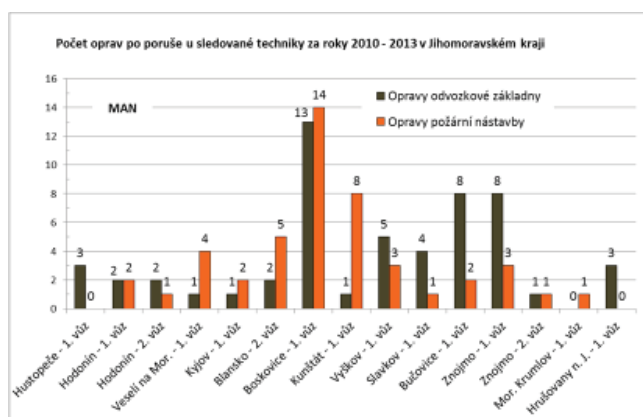


Obr. 4 Porovnání provozní zátěže vozidel MAN na Územním odboru Brno



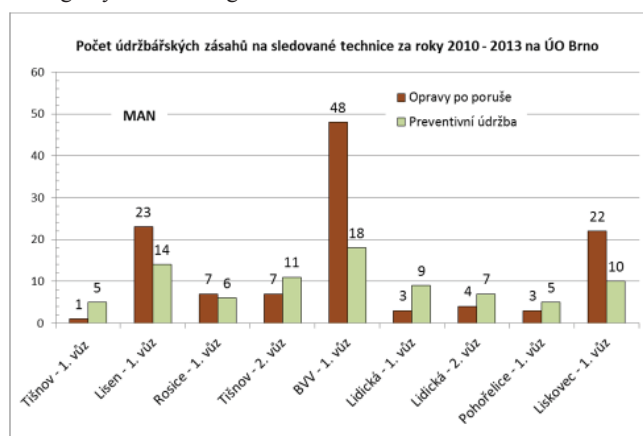
Obr. 5 Přehled údržbářských zásahů na vozidlech MAN v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno

Zjištěné výsledky rozborů jsou shrnuty graficky na následujících obrázcích. Výsledky pro vozidla MAN v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno jsou patrné na obr. 5, kde je přehled o opravách po poruše a preventivní údržba na jednotlivých vozidlech. Na obr. 6 jsou opravy po poruše rozděleny podle svého výskytu - na podvozkové nebo na nástavbě.

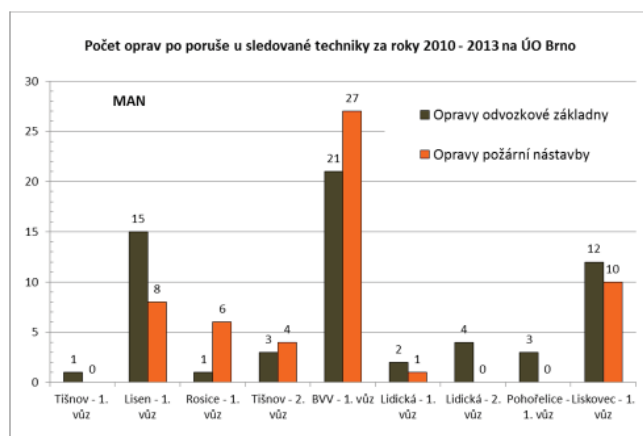


Obr. 6 Přehled oprav na vozidlech MAN v Jihomoravském kraji bez ÚO Brno

Výsledky pro vozidla pouze na Územním odboru Brno jsou analogicky shrnuta do grafů na obr. 7 a obr. 8.



Obr. 7 Přehled údržbářských zásahů na vozidlech MAN na Územním odboru Brno



Obr. 8 Přehled oprav na vozidlech MAN na Územním odboru Brno

Průměrný počet údržbářských zásahů na vozidlech MAN na Jihomoravském kraji bez ÚO Brno za čtyřleté sledované období činí 7 opravy po poruše a na vozidlech pouze na Územním odboru Brno to je 13 zásahů.

Opravy po poškození se vyskytly v počtu 11 činností u šesti sledovaných vozidel.

Výsledky

Díčí výsledky této analýzy jsou shrnuty v tab. 4. Jsou zde pouze průměrné roční hodnoty vybraných provozních charakteristik na

sledované požární technice za období 2010 až 2013. Tyto údaje jsou konfrontovány s aktuálními obdobnými daty získanými z analýzy provozu požární techniky na jiných podvozcích v dalších dvou krajích. Lze si zde udělat srovnání techniky na různých podvozcích a její provozování na dvou srovnatelných územních odborech velkých městských aglomerací anebo porovnávat provoz techniky na územích mimo tyto aglomerace.

Tab. 4 Shrnutí průměrných ročních charakteristik na sledovaných vozidlech

Průměrné roční provozní charakteristiky	Průměrné stáří [rok]	Počet zásahů	Podíl na celkovém počtu výjezdů [%]	Proběh vozidel [km]	Opravy po poruše	Preventivní údržba
MAN (bez ÚO Brno)	7	166	58	4 037	2	0
MAN (ÚO Brno)	6	417	69	7 190	3	2
M-B Atego (bez ÚO Ostrava)	8	286	64	4 864	4	6
M-B Eonic (ÚO Ostrava)	2	265	70	4 352	5	3
TATRA 815 (HZS JMK)	13	125	54	4 330	7	1
TATRA 815 (HZS ZLK)	13	40	36	1 209	2	0
Renault Midlum (HZS ZLK)	7	152	62	5 549	5	3

Diskuze

Dosažení ideálního stavu vstupních dat pro výpočty spolehlivosti vozidel u HZS ČR se mi v současném stavu skladby požární techniky z pohledu modelu jednotlivých vozidel a zhotovitelů požárních nástaveb jeví prakticky nemožné. Dalším faktorem je vývoj nákladních vozidel, ale zejména elektronických řídicích systémů (od ručního ovládání, elektro-pneumatické, po CAN sběrnice) v nástavbách a varianty provedení nástaveb (ocel, hliník, plasty).

Dalším podstatným důvodem je sběr vstupních dat, zejména jejich dostupnost a v některých případech „ruční“ evidence i jejich úplnost.

Závěr

V současnosti je stále prováděno rozsáhlé zpracovávání údajů o provozu požární techniky pro srovnání vozidel na rozdílných podvozcích a s nástavbami od několika dodavatelů. Jedná se o techniku v následující skladbě, která je dislokována na stanicích v těchto třech krajích:

- Jihomoravský:
 - MAN TGM,
 - TATRA 815,
- Zlínský:
 - Renault Midlum,
 - TATRA 815,
- Moravskoslezský:
 - M-B Atego,
 - M-B Eonic.

Požární nástavby na sledovaných vozidlech jsou od výrobců:

- THT s.r.o., Polička, Česká republika,
- SPS, s.r.o., Slatiňany, Česká republika,
- Wawrzaszek ISS s.o.o., Bielsko-Biala, Polsko,
- SZCZESNIAK Pojazdy Specjalne s.o.o., Bielsko-Biala, Polsko.

Toto zpracování si klade za cíl výpočet provozních charakteristik poruchovosti. Pro tento výpočet bude použita dle [7] metoda zkušebních plánů, pomocí které lze určit střední doby do poruchy u malé skupiny výrobků. Pro vyhodnocení poruchovosti bude použit zkušební plán cenzurovaný dobou do poruchy, tzv. *t - plán*. Limitem této zkoušky je doba jejího trvání a náhodnou veličinou je počet zaznamenaných poruch. Předpokladem zkoušky je, že výrobky se po poruše opravují. Časovou veličinou reprezentující průběh zkoušky je

akumulovaný pracovní čas T_{AKU} , což je celková doba, po kterou byly všechny výrobky během zkoušky v provozu. Pro zvolený *t - plán* se vypočte akumulovaný pracovní čas podle rovnice:

$$T_{AKU} = \sum(\tau_0 - \theta_i) + (n - r) \cdot \tau_0 \quad (1)$$

kde

- τ_0 doba zkoušky, od počátku do vzniku r_0 -té poruchy,
- n počet výrobků zařazených do zkoušky,
- r počet poruchových kusů,
- θ_i čas potřebný na opravu i -tého výrobku.

Konečné výsledky těchto analýz, vzhledem ke svojí časové náročnosti, budou k dispozici až v delším časovém horizontu než je termín uzávěrky pro příspěvky konference. Takto získané výsledky budou mít pochopitelně daleko přesnější vypovídací schopnost o poruchovosti a údržbě sledované požární techniky než zde předložená zpracovaná primární data o provozu a údržbě.

Vazba na projekt

Tento příspěvek vznikl za podpory interního grantu specifického výzkumu „SP2014/44 - Určující aspekty provozní a funkční spolehlivosti požární techniky“.

Poděkování

Autor tímto děkuje pracovníkovi oddělení IZS a služeb na Krajském ředitelství HZS Jihomoravského kraje v Brně kpt. Ing. Bohuslavu Ježkovi (koordinátor-metodik) za poskytnuté detailní informace a předané osobní zkušenosti z problematiky provozu sledované prvovýjezdové požární techniky na podvozcích MAN TGM v Jihomoravském kraji.

Použitá literatura

- [1] Jánošík, L.; Pika, M.; Monoši, M.: Provozní spolehlivost vozidel Mercedes-Benz Atego. In ŠVEC, Jiří. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada bezpečnostní inženýrství. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Číslo 2, 2010, ročník V, 122 s. ISSN 1801-1764. s. 61 - 69.
- [2] Jánošík, L.; Melichar, D.: Provozní spolehlivost vozidel TATRA. In ŠENOVSKÝ, Michail. *Požární ochrana 2010: XIX. ročník mezinárodní konference*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. 394 s. ISBN 978-80-7385-087-6. s. 115 - 118.
- [3] Jánošík, L.; Pecina, L.: Analýza provozu a údržby požární techniky na podvozcích Renault Midlum. In *Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. 18. mezinárodná vedecká konferencia. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 5. - 6. jún 2013, s. 205 - 212, ISBN 978-80-554-0702-9.
- [4] Vonásek, V.: *Statistické ročenky Hasičského záchranného sboru ČR* [online]. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, [cit. 2014-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasickeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>>
- [5] Ježek, B.: *Osobní konzultace a export provozních dat z IKIS II*. HZS Jihomoravského kraje, Krajské ředitelství Brno, Oddělení IZS a služeb, Zubatého 1, dne 6. února 2014.
- [6] Pokyn č. 9 generálního ředitele HZS ČR a náměstka MV ze dne 13. 3. 2006, kterým se vydává Řád strojní služby Hasičského záchranného sboru České republiky.
- [7] Famfulík, J.; Krzyžanek, R.; Galvas, P.: *Zkoušky spolehlivosti: Výbrané stochastické metody*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. 67 s. ISBN 978-80-248-2277-8.

Studie modelu doby služby v jednotkách HZS ČR v návaznosti na směrnici 2003/88/ES

Study of the Working Time in Fire-Fighting Units and Rescue Services in the Czech Republic in Connection with the Directive 2003/88/EC

Ing. Oldřich Volf

Hasičský záchranný sbor Karlovarského kraje
Závodní 205, 360 06 Karlovy Vary
oldrich.volf@kvk.izscr.cz

Abstrakt

Hasičský záchranný sbor ČR zřejmě stojí před zásadní změnou, která může mít výrazný vliv na fungování této základní složky integrovaného záchranného systému. Tato změna spočívá v navržení zcela nového modelu zajišťování doby služby v jednotkách Hasičských záchranných sborů krajů. Hledání nového řešení 60 let ustáleného modelu doby služby spočívá v nesouladu služebního zákona s evropskou směrnicí, která řeší usměrňování pracovněprávních vztahů v členských zemích EU. Zajištění souladu služebního zákona s evropským právem by pro HZS ČR znamenalo potřebu extrémního navýšení početních stavů příslušníků ve výkonu služby (o 100 %). Zcela nové pojetí zajištění výkonu služby dokáže využít stávajícího počtu příslušníků při zachování požadavků evropského práva. Pro HZS ČR se však jedná o zcela „revoluční“ pojetí systému.

Klíčová slova

Doba služby, směny HZS ČR, jednotka HZS kraje.

Abstract

Fire and Rescue Service of Czech Republic perhaps faces before a fundamental change that can have a significant impact on the work of this basic element of the integrated rescue system. This change is based on the entire new model of the working time in the fire brigade units. Searching for the new solution of the sixty-year old working time model lies in discrepancy of inconsistent service law and the European directive that deals with the regulation of labour relations in the EU Member States. The compliance between the service law and the European law would have a large impact on the amount of the firemen in the Fire and Rescue Service (an extreme increase by 100 % members). An entirely new concept of the service is able to use the current number of firemen, while the requirements of the European law are maintained. However, for the Fire and Rescue Service this is an absolutely "revolutionary" new concept of the system.

Keywords

Working times, shifts of Fire Service, units of Fire and Rescue Service.

1 Úvod

Posláním Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen „HZS ČR“), je chránit životy a zdraví lidí, majetek občanů a životní prostředí, jehož jsme integrální součástí [1]. K provádění zásahů při mimořádných událostech HZS ČR disponuje silami a prostředky dislokovanými na stanicích HZS krajů. Stanice jsou rozmístěny podle systému plošného pokrytí území ČR jednotkami požární ochrany [2]. Výkon služby na stanicích je organizován nepřetržitě a to ve 3 směnách A, B a C. Tento systém organizace směn na stanicích je uplatňován již od roku 1954 [3]. To je již

60 let neměnného způsobu zajišťování výkonu služby. Za tuto dobu se systém detailně propracoval a etabloval se jako plně funkční a osvědčený model doby služby. Vstupem České republiky do Evropské unie v roce 2004, se začalo v odborných kruzích s prvními diskusemi o tom, zda je tento systém doby služby v souladu s Evropským právem. Evropská směrnice, kterou se řídí pracovněprávní vztahy v členských zemích EU (dále jen „Směrnice“), totiž neumožňuje výkon práce po dobu 24 hodin [4].

V rámci HZS ČR se mělo za to, že Směrnice se ve svém ustanovení o délce pracovní doby, nevztahuje na veřejné požární sbory a to s odkazem na směrnici o bezpečnosti práce [5]. Proto v roce 2003 kdy vznikl nový služební zákon a který vstoupil v platnost až v roce 2007 [6], bylo pro příslušníky HZS ČR vyspecifikováno zvláštním odstavcem, že výkon služby je zajišťován ve 24 hodinových směnách z čehož připadá 16 hodin na výkon služby a 8 hodin na pohotovost na pracovišti¹. HZS ČR se tedy nachází v situaci, kdy zřejmě² zajišťuje výkon služby na stanicích HZS krajů v rozporu s požadavky evropského práva a to ve dvou stěžejních ohledech:

1. Směrnice ukládá aby, každý pracovník měl nárok na minimální denní odpočinek po dobu 11 po sobě jdoucích hodin během 24 hodin.
2. Pracovní dobou dle Směrnice se rozumí jakákoli doba, během níž pracovník pracuje, je k dispozici zaměstnavateli a vykonává svou činnost nebo povinnosti v souladu s vnitrostátními právními předpisy nebo zvyklostmi.

2 Princip problému

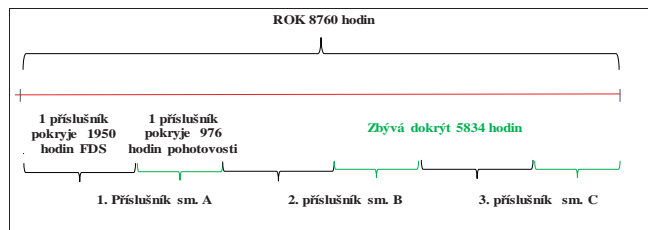
Shora uvedené lze interpretovat tak, že stávající model doby služby v jednotkách HZS krajů nesplňuje požadavek Směrnice na dobu odpočinku v režimu dne (výkon služby je 16 hodin) a především nedochází k započtení pohotovosti na pracovišti (8 hodin/směna) do týdenního fondu doby služby (dále jen „FDS“). Druhý uváděný rozpor v předpisech je hrozbou pro HZS ČR, neboť důsledek implementace Směrnice by spočíval v potřebě doplnění 100 % početních stavů příslušníků HZS krajů ve směnách. Na základě rizik, která z tohoto nesouladu mohou vyplynout pro Českou republiku od Evropské komise, vznikl požadavek na nalezení řešení ze vzniklé situace. Od počátku bylo zřejmé, že řešení není jednoduché. Aby nedošlo k naprosté destrukci zavedeného systému požární ochrany (rušením stanic), musel by stát při standardním přístupu zavedení 4. směny pro stanice HZS krajů, navýšit rozpočet HZS ČR o cca 0,98 mld. Kč/rok³. Zavedení 4. směny (2080 příslušníků) ovšem nestačí pokrýt „mezeru“ vzniklou ustanovením směrnice o započtení pohotovosti do pracovní doby. Ve stávající situaci by tedy bylo nutné doplnit celkem 6240 příslušníků, což představuje roční náklady ve výši cca 2,99 mld. Kč. To je nepochybně nemyslitelné a nereálné. Řešení je tedy nutné hledat

¹ § 53 odst. 5 zákona č. 361/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

² Právní názory na tuto problematiku se různí i přes řadu rozhodnutí Evropského Soudního Dvora, který potvrzuje v žalobách shora uvedený výklad.

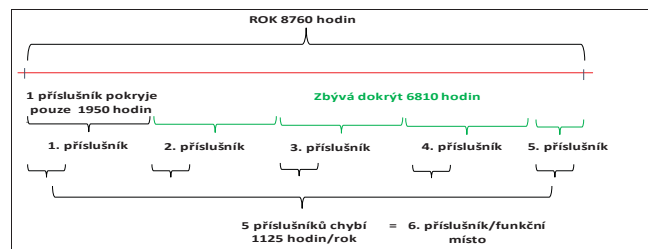
³ Hodnota vychází z průměrných ročních nákladů na mzdy včetně odvodů na sociální a zdravotní pojištění příslušníků tj. 480 tis. Kč/rok. Nejsou zohledněny náklady na vystrojování apod.

zcela v jiném systému. Následující obrázek schematicky ukazuje jakým způsobem je v současné době zajišťována nepřetržitá doba služby (obr. 1). Z obrázku je patrné, že nepřetržitosti je dosaženo pouze 3 příslušníky na jedno funkční místo a to díky modelu 24 hodinové směny.



Obr. 1 Schéma personálního zajištění nepřetržitě služby v jednotkách HZS krajů dle stávajících národních předpisů

Následující schéma již znázorňuje důsledek případné implementace Směrnice (obr. 2). Z obrázku je patrné, že započtením pohotovosti na pracovišti do FDS dochází k zásadnímu výpadku personálního zabezpečení nepřetržitě služby. Tento výpadek není možné vyřešit prostým doplněním další směny, neboť by se jednalo o neekonomické a neefektivní řešení s obrovskými nároky na finanční zabezpečení.



Obr. 2 Schéma personálního zajištění nepřetržitě služby v jednotkách HZS krajů v případě implementace Směrnice

3 Zadání

Hledané řešení systému doby služby, který by splňoval požadavky evropského práva, musí zároveň:

1. Respektovat stávající systém plošného pokrytí území jednotkami požární ochrany (bez navrhování rušení stanic HZS krajů).
2. Vystačit k zajištění výpadku v nepřetržitě zajišťování doby služby se stávajícím fyzickým početním stavem příslušníků v jednotkách HZS krajů (6280 příslušníků⁴).
3. Garantovat zachování mzdových prostředků příslušníků (výpadek pohotovosti na pracovišti).

Zadání v sobě obsahuje dva parametry, které jsou ve vztahu ke shora uvedenému velice protichůdné. Jedním omezením je požadavek, aby se zadání vyřešilo se stávajícím fyzickým početním stavem příslušníků HZS krajů a stejným objemem mzdových prostředků a na straně druhé je potřeba vykrytí výpadek 6810 hodin ročně (pro každé funkční místo) vzniklých započtením pohotovosti na pracovišti do FDS příslušníků (37,5 hod/týden⁵).

Cílem je tedy nalézt takový systém doby služby, který by nevyžadoval navýšení početních stavů HZS krajů, bez hledání tabulkových míst v rušení již existujících stanic a jejich převodem do jiných lokalit a se zachováním fyzických početních stavů platných ke dni 1. 7. 2013. Zároveň nelze navyšovat objem mzdových prostředků. Za úvodní poznámku jistě stojí, že řada příslušníků v managementu HZS ČR, považuje takové řešení za

⁴ Vztaheno k fyzickým početním stavům systemizovaným ke dni 1. 7. 2013.

⁵ § 52 zákona č. 361/2003 Sb., o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů, ve znění pozdějších předpisů.

nemožné. Výzkum však prokázal, že řešení je nejen možné, ale že s sebou nese rovněž řadu pozitivních aspektů.

4 Řešení

Řešení celé problematiky se opírá o 3 základní oblasti, které lze označit za pilíře systému. Analýzou těchto oblastí bylo zkoumáno, zda mají potřebný potenciál k nalezení řešení. Těmito oblastmi jsou:

1. dynamický model doby služby,
2. fond doby služby,
3. požadavky na počty příslušníků ve směnách.

4.1 Dynamický model doby služby

Stávající systém struktury směn je na jedné straně organizačně a technicky velice jednoduše řešen, ale na straně druhé je podmíněn zvýšeným požadavkem na personální zajištění doby služby. Zvýšený požadavek spočívá v potřebě vytvářet na každé ze směn příslušné stanice, nutnou zálohu pro nepřítomnost příslušníků. Pro potřeby nového systému se zavádí pojem „Dynamický model“. V tomto přístupu se na jednotku (dislokovanou na stanici) nahlíží jako na množinu příslušníků **P**, která je složena z podmnožin **V** (velitelé), **S** (strojníci) a **H** (hasiči), tedy z příslušníků s požadovanou odborností pro zajištění požadované činnosti jednotky. Vzhledem k tomu, že se tito příslušníci v popisovaném pojetí nedělí do stálých směn (A, B, C), lze stanovit potřebnou zálohu pro zajištění nepřítomnosti pro jednotlivé odbornosti v rámci celé množiny **P**, tedy celé stanice, nikoliv pro každou směnu zvlášť. Tím docílíme „úspory“ tabulkových míst, které lze v rámci hledaného řešení použít pro vykrytí chybějícího časového úseku způsobeného nutností dodržet požadavky Směrnice.

Hodnota každého prvku množiny **P** je tedy dána funkčním zařazením vyjádřené objemem:

- zastávanou funkci ve směně,
- požadovaných znalostí,
- dovedností,
- návyků předepsaných formou norem znalostí [7].

Každý prvek množiny má dále svou užitnou hodnotu danou fondem doby služby, který může tento prvek v systému využít. Další hodnotu prvku množiny tvoří mzda. Celkovou hodnotu prvku množiny **P** tedy můžeme zapsat jako součin kvalifikace, fondu doby služby a mzdy vzorcem (1):

$$P = \text{odbornost} \cdot \text{FDS} \cdot \text{mzda} \quad (1)$$

kde

odbornost, FDS, mzda ≠ 0.

Pokud by se některá z uvedených hodnot prvku rovnala 0, byla by celková výsledná hodnota prvku množiny rovna nule. Pro příklad je uvedeno na obr. 3, srovnání počtu příslušníků, stanovených pro výkon služby na stanicích typu C1 s variantou zrušení směn A, B, C.

Stanice C1			Stanice C1		
Směna A	Směna B	Směna C	Množ. V	Množ. S	Množ. H
V1	V1	V1	V1	S1	H1
V2	V2	V2	V2	S2	H2
V3	V3	V3	V3	S3	H3
S1	S1	S1	V4	S4	H4
S2	S2	S2	V5	S5	H5
S3	S3	S3	V6	S6	H6
S4	S4	S4	V7	S7	H7
H1	H1	H1	V8	S8	H8
H2	H2	H2			H9
H3	H3	H3			H10
H4	H4	H4			H11
H5	H5	H5			H12
H6	H6	H6			H13
					H14
					H15

Obr. 3 Srovnání potřebného počtu příslušníků k zajištění výkonu služby na stanicích typu C1 v systému směn A, B, C s dynamickým modelem doby služby

Snížení počtu příslušníků je mimo shora uvedeného, umožněno větší flexibilitou systému. Příslušník je stavěn zařazen do výkonu služby vždy, kdy je to potřeba s přihlédnutím k zákonným omezením (např. dodržení mezisměnového volna nebo čerpání fondu doby služby). V současném systému je příslušník využit k výkonu služby jedenkrát za 3 dny, bez ohledu na efektivitu. Dynamická směna tedy nemá v organizačním řízení ustálenou podobu (rozřídění v rámci stanice), nýbrž je sestavována na každý den podle předem definovaných parametrů. Do služby tak mohou být začleňovány ty prvky množiny, které nemají pro příslušný den definovaná omezení. Dynamický model tvorby směn skýtá určitý potenciál k zvýšení hledané efektivity využití příslušníků pro chybějící dobu služby (s aplikací Směrnice). Na jedné stanici typu C1 činí úspora 8 tabulkových míst, což je při počtu stanic tohoto typu u HZS ČR (48 v roce 2013) celkem 384 tabulkových míst. Tato úspora má ovšem svá omezení. Nelze ji aplikovat na stanice typu P0 až P2 kde je celkový počet příslušníků tak nízký, že se výhoda dynamického modelu nedá aplikovat. Přepočtem početních stavů na zbývajících typech stanic lze počítat s úsporou 670 tabulkových míst. Výpočtem dle vzorce (2), byla vždy použita ještě rezerva a k vypočtené hodnotě byl pro každou funkci v podmnožinách V , S a H přiřazen ještě 1 příslušník.

$$N_P = \frac{KR}{FDS_r - tN_{celk}} \cdot N_{Psm} + k_p \quad (2)$$

kde

KR kalendářní rok (v hodinách),

FDS_r roční fond doby služby (v hodinách),

tN_{celk} celkový čas nepřítomnosti jednoho příslušníka v kalendářním roce (v hodinách),

N_{Psm} požadovaný počet příslušníků k zajištění minimálního početního stavu směny na stanici,

k_p personální konstanta (hodnota je číslo 1).

4.2 Fond doby služby

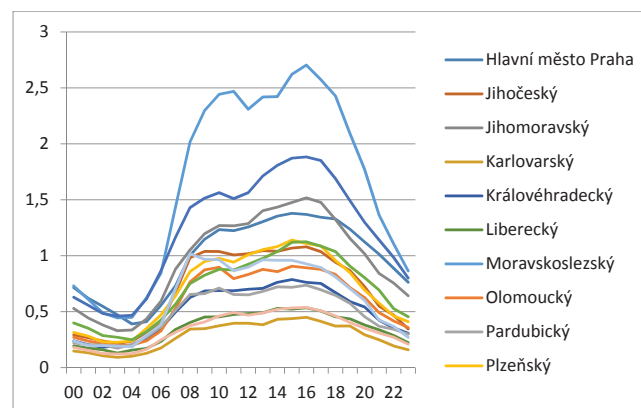
FDS je rovněž jednou z 3 oblastí, které poskytují určitý stupeň volnosti pro hledání řešení a to v tom smyslu, že jej lze oproti stávajícímu stavu navýšit. Služební zákon taxativně uvádí hodnotu týdenního FDS pro příslušníky na 37,5 hodin [6]. Směrnice však připouští maximální délku týdenního fondu pracovní doby až 48 hodin. Je tedy zřejmé, že v oblasti FDS existuje potenciál umožňující navýšení FDS. Hledaný stupeň volnosti se nalézá v intervalu $\langle 37,5; 48 \rangle$. Pro hledané řešení lze tedy uvažovat s určitým navýšením FDS, což by umožnilo efektivnější využití příslušníků (každý příslušník může pokrýt v roce více času doby služby, viz obr. 1 a 2). Dalšími výpočty bylo zkoumáno, jaká bude optimální hodnota týdenního FDS, která bude postačující k pokrytí požadované doby služby v roce. V případě maximálního FDS dle Směrnice by došlo k pokrytí dalších 552 hodin ročně u každého příslušníka, oproti stávajícímu stavu. FDS by se navýšil ze současných 1950 hodin ročně na 2496 hodin/rok.

4.3 Požadavky na počty příslušníků ve směnách

Třetí a poslední oblastí poskytující určitý stupeň volnosti je oblast koncepce plošného rozmístění jednotek PO na území ČR, respektive požadavky stanovené pro základní a minimální početní stavy příslušníků na směnách stanic HZS krajů. Zároveň je nutno konstatovat, že je to oblast značně citlivá na zachování systémové rovnováhy (nenarušit akceschopnost jednotek PO ani systém jako celek). Při hledání požadovaného počtu příslušníků pro pokrytí nepřetržitého výkonu služby je možné aplikovat systém využívaný v řadě zemí EU. Tím je například odlišný početní stav směn v režimech dne a noci, ale i dalších forem diference (roční období, změna rizika apod.). Tento institut je již zakotven i v našem národním předpise [8]. Principem tohoto opatření je odpovědět na otázky typu: Je nezbytné udržovat identické početní stavy směn

v režimu den a noc? Jsou v těchto časových úsecích identická rizika? Existuje jiná možnost k zachování rovnováhy v současném systému? Je taková úvaha platná pro všechny typy stanic?

Při hledání potřebného potenciálu k doplnění předchozích uvedených pilířů byl analyzován časový interval 24 hodin a jeho zatížení mimořádnými událostmi, které vyžadují nasazení sil a prostředků jednotek HZS krajů. Jde de facto o posouzení míry rizika v časové ose. Výsledky ukázaly, že počty zásahů se v denní době zásadně mění (byl posuzován denní i týdenní snímek dne), což je patrné z grafu 1. Důležitým ukazatelem není ani tak počet událostí, ale tvar křivek, který je ve všech regionech ve stejném čase téměř identický. To ukazuje na obecnou platnost jevu v celé ČR. To je ovšem věc zcela logická, neboť většina mimořádných událostí kopíruje denní aktivitu člověka. Na základě těchto faktů je možné tvrdit, že není účelné, aby v době od 19 do 7 hodin, byl zajišťován výkon služby ve stejném početním obsazení příslušníků. Snížení minimálního počtu příslušníků v režimu den a noc není principiálně možné pouze u stanic typu P0 a P1, kde je minimální početní stav i v denní době a další snižování by vedlo k neakceschopnosti jednotky. Snižování počtů příslušníků je tedy možné aplikovat výhradně na stanice typu P2 až P4 a stanice typu C. **Cílem disertace není rozhodnout kolik příslušníků má v režimu „noc“ sloužit.** To bude jistě předmětem dalších odborných diskusí a modelací s ohledem na konkrétní podmínky té které stanice.



Graf 1 Porovnání počtů mimořádných událostí v denní době s nasazením sil a prostředků jednotek HZS krajů (období 2006 až 2012)⁶

Cílem disertace je rozhodnout, zda je tento model funkční z hlediska organizačního a technického a zda má jako soustava odpovídající potenciál ke splnění zadání. S tímto náhledem bylo pracováno při určování počtů příslušníků. Uváděné počty nejsou konečné a značná míra flexibility celého řešení poskytuje dostatečný stupeň volnosti pro potřebné korekce. Jestliže je tedy diferenciací početních stavů principiálně možná stanovuje se potřebný počet příslušníků dle vzorce (3).

$$N_x = \frac{KR \cdot PN_v^{den}}{2 \cdot (FDS_r - tN_{celk})} + \frac{KR \cdot PN_v^{noc}}{2 \cdot (FDS_r - tN_{celk})} + \frac{KR \cdot PN_s^{den}}{2 \cdot (FDS_r - tN_{celk})} + \frac{KR \cdot PN_s^{noc}}{2 \cdot (FDS_r - tN_{celk})} + \frac{KR \cdot PN_h^{den}}{2 \cdot (FDS_r - tN_{celk})} + \frac{KR \cdot PN_h^{noc}}{2 \cdot (FDS_r - tN_{celk})} \quad (3)$$

kde

N_x celkový počet příslušníků jednotlivých funkcí ve směně,

$PN_i^{den(noc)}$ požadovaný počet příslušníků dané funkce pro režim služby den a noc,

KR kalendářní rok v hodinách (24 hodin x 365 dní = 8760 hodin),

⁶ Zdroj dat: MV-GR HZS ČR. Oddělení statistiky a analýz Ing. Pavel Lukeš.

FDS_r roční fond doby služby (v hodinách),

tN_{celk} celkový čas nepřítomnosti jednoho příslušníka v kalendářním roce (v hodinách).

Aplikací vzorce do výpočetní techniky lze jednoduchým způsobem modelovat nejrůznější varianty pro každou stanici zvlášť, podle místních podmínek, což ukazuje na značnou flexibilitu systému. Touto metodou (třetím pilířem) již bylo dosaženo hledaného cíle (viz závěry).

Závěry

S využitím všech shora uvedených principů, zavedením dynamické směny, navýšením FDS příslušníka a snížením požadavků na početní stavy v noční době u vybraných stanic HZS krajů bylo dosaženo hledaného cíle. Pomocí výpočtů bylo zpracováno celkem 6 variant (A až F). Varianty modelovaly různé délky FDS. Poslední varianta „F“ počítá s týdenním FDS 45 hodin a poměrem počtu příslušníků v režimu směny den/noc dle tab. 1. Výsledkem této varianty.

Tab. 1 Poměr požadavků na minimální početní stavy směny Den/Noc nastavené pro potřeby výpočtu u jednotlivých typů stanic HZS krajů⁷

Typ	Pom.	Den			Noc		
		nV	nS	nH	nV	nS	nH
P0	2:2	1	1	0	1	1	0
P1	4:4	1	1	2	1	1	2
P2	6:4	1	3	2	1	1	2
P3	8:5	2	2	4	1	2	2
P4	8:5	2	2	4	1	2	2
C1	8:5	2	2	4	1	2	2
C2	9:5	2	3	4	1	2	2
C3	13:9	3	4	6	2	3	4

K zajištění funkčnosti systému postačovalo doplnit 28 tabulkových míst oproti stávajícím fyzickým početním stavům (6280). Při maximální variantě využití FDS na 48 hodin by při zachování poměru příslušníků v tab. 1, bylo dokonce 540 tabulkových míst „k dispozici“. To ovšem za cenu značné vytiženosti příslušníků, neboť 48 týdně znamená velkou četnost směn, což je nežádoucí. Dokazuje to ovšem velkou míru flexibility celého systému. V letošním roce již došlo k navýšení početních stavů HZS ČR o 200 tabulkových míst a tak je jasné, že z varianty F je možné slevovat. To znamená buď snižovat požadavek na FDS, nebo lze modelovat jiný poměr obsazení směn den/noc, než jak je uvedeno v tab. 1. Vygenerovaný systém je tedy obecně platný a navíc v případě aplikace do praxe velice variabilní.

Všechny varianty výpočtů jsou rozpracovány až do vzorových ročních rozpisů směn, které prokazují praktickou funkčnost a to jak s ohledem na prokázání funkčnosti výpočtu tak dodržení všech legislativních požadavků na směnnost (dodržování mezisměnového volna, FDS atd.). Při užití var. F by příslušník absolvoval od 14 do 16 směn měsíčně (z toho max. 4 noční směny) s tím, že by na pracovišti trávil od 180 do 199 hodin měsíčně, což je ve srovnání se současnými 240 měsíčně na pracovišti nezanedbatelný rozdíl. Dále bylo prokázáno, že lze zachovat stávající výši mzdy příslušníků. Bude-li objem mzdových prostředků v systému zachován, pak není důvod, aby pro stejný počet příslušníků došlo ke snížení mezd. Jde ovšem do značné míry o politické nikoliv odborné hledisko. Matematicky je tato hypotéza opřena o analýzu mezd příslušníků HZS Karlovarského kraje (průřezově všechny platové třídy

⁷ Pro potřeby skutečné aplikace by muselo dojít k takové úpravě počtů, aby byly zachovány obecně užívané moduly družstev (1 + 5, 1 + 3). Systém je natolik variabilní, že by takové řešení bylo možné.

a tarifní stupně). Z analýzy vyplývá, že přepočtená „hasičohodina“ výkonu služby je honorována výrazně lépe než „hasičohodina“ pohotovosti na služebně. Odejmutím 80 hodin pohotovosti v měsíci dojde sice k výpadku této složky současné mzdy, která je ovšem plně kompenzována navýšením FDS z 37,5 hodiny na 45 hodin (o 30 hodin/měs.).

Součástí disertace byl také sociologický kvantitativní výzkum zaměřený na zjišťování postojů příslušníků k případné změně systému doby služby. Výzkum byl prováděn z několika důvodů. Jednak proto, že případné budoucí zavádění jakékoliv změny systému doby služby, bude ovlivňovat životy tisíců příslušníků, ale také jejich rodinných příslušníků a blízkých. Jde o nesmírně citlivou problematiku a to vyžaduje informace o postojích cílových skupin. Druhým důvodem bylo ověření, zda by změnou systému doby služby došlo k výraznému odchodu stávajících příslušníků (což byl častý argument oponentů). Pro výzkum byla zvolena metoda dotazníkového šetření pomocí tzv. sémantického diferenciálu [9], pomocí níž lze sledovat změny postojů respondentů. Pro výběr vzorku byla použita metoda kvótového výběru [10]. Kritéria byla velikost kraje, typ stanice a míra zaměstnanosti v kraji. Cílová skupina byla rozdělena do tří skupin; vyšší management, střední management a směnoví hasiči. Reprezentativní vzorek tvoří celkem 174 respondentů. Respondenti uváděli na 6 bodové škále své postoje k případné změně doby služby a to u 13 vybraných adjektiv. Součástí výzkumu bylo provedení strukturované prezentace nového systému včetně důvodů, které vedou ke zpracování disertace. Respondenti dopovídali na tytéž dotazníky před a po strukturované prezentaci s cílem zkoumat posuny v postojích. Bylo navštíveno celkem 14 stanic ve 4 krajích. Z provedeného výzkumu bylo získáno obrovské množství dat, která budou sloužit nejen pro potřeby disertace, ale pro další sociologická šetření psychologického pracoviště MV - GR HZS ČR.

Závěrem je nutné zdůraznit, že výsledky disertace jsou obecnými závěry, které napomohly ukázat případnou cestu. V žádném případě se nejedná o metodiku, která by v takové podobě měla být aplikována. Aplikace nalezeného řešení by vyžadovala celou řadu legislativních změn národních právních předpisů, což samo o sobě je dlouhodobý standardizovaný proces.

Nalezený systém je tedy obecně platný a je možné jej aplikovat i v jiných odvětvích, která řeší obdobný problém a to i v jiných zemích. Systém je technicky a organizačně funkční. Jeho aplikace by vyžadovala změny v právních předpisech⁸. To je také důvod, proč není možné platnost prokázat například pilotním režimem na vybraném vzorku stanic. Velice zajímavé je, že nejčastější argumentace oponentů nesměruje na systém samotný, ale na systémy sekundární (podřazené systému doby služby). Nejčastější dotazy jsou typu „*Jak bude prováděna odborná příprava? Jak bude prováděno hodnocení podřízených? Jak bude obsazována lezecká skupina?*“ apod. Zde je nutné uvést, že jistě nelze aplikovat současné systémy výkonu služby (odborná příprava, činnosti speciálních služeb apod.) na nový model doby služby. Ten by vyžadoval přizpůsobení i dalších ustálených systémů vytvářených po 60 let na systém směn 24 h práce 48 h volno. Na druhou stranu není nijak složité tyto systémy uzpůsobit jinému režimu služby (jako je tomu v jiných zemích). Tyto argumenty jsou ovšem pochopitelné a lze je charakterizovat jako naprosto přirozenou atribuční chybou [11]. Člověk má ve svém hodnocení situačních záležitostí tendenci příliš se soustředit „na konec příběhu“. Měla by být, ale vždy soustředěna stejná pozornost vzniku a především postupnému vývoji sledované situace se všemi okolnostmi, které vývoj provází [12].

V každém případě zůstává faktem, že stávající model doby služby je evidentně preferován všemi skupinami respondentů a to bez ohledu na požadavek EU. Většina argumentů stavěných proti novému modelu služby je de facto subjektivní. Jediný objektivně negativní dopad pro cílovou skupinu, tedy směnové hasiče, je

⁸ Např. zákon 361/2003 Sb., vyhláška 247/2001 Sb.

zvýšení nákladů na cestování do zaměstnání, neboť na místo 10 cest ve stávajícím systému budou nuceni za práci cestovat až 16x, což znamená zvýšené finanční náklady. Nutno dodat, že i tento argument je dočasný a týká se stávajících příslušníků. Nový příslušníci by již nastupovali k HZS krajů bez zátěže spojené s adaptací na změnu ustáleného systému doby služby.

Použitá literatura

- [1] Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In Sbirka zákonů ČR.
- [2] Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně ve znění pozdějších předpisů. In Sbirka zákonů ČR.
- [3] Szaszo, Z.: *Stručná historie profesionální požární ochrany v českých zemích*. 1. vydání. MV-GŘ HZS ČR. 2010. 306 s. ISBN 978-80-86640-60-0.
- [4] Směrnice evropského parlamentu a rady č. 2003/88/ES, o některých aspektech úpravy pracovní doby. In Ústřední věstník Evropských společenství L 299.
- [5] Směrnice evropského parlamentu a rady č. 89/391/EHS, o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. In Ústřední věstník Evropských společenství L 183/1.
- [6] Zákon č. 361/2003 Sb., o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů, ve znění pozdějších předpisů. In Sbirka zákonů ČR.
- [7] Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 19. 12. 2013, kterým se stanovují normy znalostí hasičů. Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství HZS ČR. Praha 2013.
- [8] Vyhláška Ministerstva vnitra č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, ve znění vyhlášky Ministerstva vnitra č. 226/2005 Sb. In Sbirka zákonů ČR.
- [9] Hayes, N.: *Základy sociální psychologie*. Portál. Praha, 1998 (kapitola Měření postojů). 112 s. ISBN 80-7178-198-3.
- [10] Ferjančík, J.: *Úvod do metodologie psychologického výzkumu*. Portál. Praha. 2000. 255 s. ISBN 80-7178-367-8.
- [11] Hewstone, M.; Stroebe, W.: *Sociální psychologie*. 1. vyd. Portál. Praha. 2006. 769 s. ISBN 80-7367-092-5.
- [12] Nolen-Hoeksema, S.; Fredrickson, L.B.; Loftus, G.R.; Wagenaar, W.A.: *Psychologie Atkinsonové a Hilgarda*. 3. aktualizované vydání, Portál. Praha. 2012. 888 s. ISBN 978-80-262-0083-3.

Ohrozenie účastnikov hromadnej spoločenskej akcie pri bombovom útoku na budovu

Participant Threat of Cultural Event by a Bomb Attack to the Building

Ing. Lucia Figuli, PhD.¹

Ing. Vladimír Kavický^{1,2}

¹Žilinská univerzita, Fakulta špeciálneho inžinierstva
Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská republika

²Ministerstvo Obrany Slovenskej republiky
Kutuzovova 8, 832 47 Bratislava, Slovenská republika
lucia.figuli@fsi.uniza.sk, kavickyv@mod.gov.sk

Abstrakt

Úlohou článku je poukázať na možné ohrozenie osôb zdržujúcich sa v budove menzy Žilinskej univerzity v Žiline, ako miesta stretávania sa členov akademickej obce, ktoré môže byť v budúcnosti cieľom bombového útoku. Osoby môžu byť zranené buď samotnou tlakovou vlnou, alebo od črepín z porušenej budovy. Príspevok pojednáva o hodnotu pretlaku a type, veľkosti a vzdialenosti použitej nálože od budovy, ktoré môžu takéto pretlak vyvolať.

Kľúčové slová

Tlaková vlna, bombový útok, črepinový účinok, odolnosť okien, bezpečnosť.

Abstract

The aim of paper is to show the possible threat of persons in the building of Žilina University canteen where a social event takes place. The building can be a place of the future bomb attack. Person can be injured by the effect of blast wave or by the debris from the damage building. The paper specifies the value of the pressure and type, size and distance of used charge, which can do the pressure.

Keywords

Blast wave, bomb attack, debris, windows resistance, safety.

Úvod

Slovensko je už 25 rokov slobodným demokratickým štátom so svojimi spoločenskými, ekonomickými aj politickými problémami. Jednou z oblastí, ktorá po páde socializmu zvýšila svoje aktivity je aj zneužívanie výbušnín na kriminálne alebo teroristické činnosti. Vzhľadom k aktivitám Slovenska nie je celkom vylúčený útok niektorej z teroristických buniek v Európe ako odplatu za aktivity Slovenska v celosvetovom boji proti terorizmu. Vzhľadom k celospoločenskej atmosfére a postaveniu Slovenska je však skôr predpoklad nárastu radikalizmu či už vo forme pravicových radikálov, náboženského konzervatizmu až fundamentalizmu ale aj aktivít jednotlivcov so snahou bojovať proti nešvárnom spoločnosti (ako sú napríklad legalizácia ľahkých drog, registrované partnerstvá partnerov rovnakého pohlavia ale aj boja proti neprispôsobivým občanom alebo prístahovalcom). V poslednom období sú takéto útoky osamelých bojovníkov bohužiaľ častejšie a nevyskytujú sa už len v zahraničí, ale dostávajú sa už aj na naše územie. Dňa 28. decembra 2011 na ul. Protifašistických bojovníkov v Košiciach prevádzkou rýchleho občerstvenia McDonald's došlo k explózie nástražného výbušného systému, ktorý iba šťastnou náhodou nezranil zákazníkov prevádzky. Osobným cieľom útočníka bolo upozornenie na zabíjanie zvierat [4].

Cieľom takýchto útokov sa môže stať akademická pôda ako priestor stretávania sa politických prúdov, pokrokových názorov ale aj výrazného liberalizmu. Diskusie o zákaze potratov či naopak o legalizácii ľahkých drog môžu vyvolať v jednotlivcom potrebu zasiahnuť a demonštrovať svoj nesúhlas. Nie je preto vylúčené, že sa akademická pôda stane v budúcnosti terčom útoku osamelého bojovníka. Aktom takéhoto „LONE WOLF“ môže byť aj obyčajná pomsta za neúspech pri vysokoškolskom štúdiu.

Budova univerzitnej menzy Žilinskej univerzity v Žiline je dejiskom rôznych kultúrnych a spoločenských akcií. Pri nedávnych oslavách 60-tého výročia založenia Žilinskej univerzity hostila spoločenské podujatie, kde sa zúčastnilo vyše 600 bývalých a súčasných členov akademickej obce. Budova menzy Žilinskej univerzity je znázornená na obr. 1

Popis objektu

Steny budovy sú tvorené presklením a nosnými stĺpmi. Presklenie je zložené sériou 32 okenných tabulí s dvomi sklami v rámoch tvorených z plastových profilov vystužených pozinkovanou oceľou. Výška sklenenej steny je 354 cm a šírka 704 cm. Keďže v prípade bombového útoku najnáhľadnejšou časťou stavby na porušenie a následné ohrozenie obyvateľstva sú presklené steny, v ďalších úvahách sa budeme zaoberať výlučne nimi.

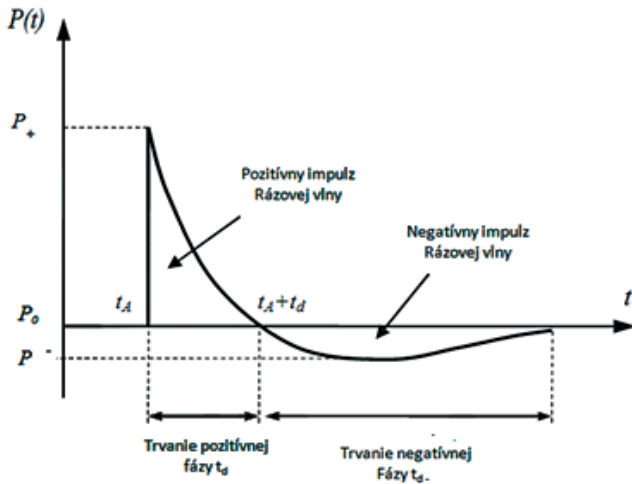


Obr. 1 Okenné tabule skúmanej konštrukcie [foto autor]

Priebeh tlakovej vlny

V prípade iniciovania nástražného výbušného systému, dochádza k veľmi silnej exotermickej reakcii. V priebehu reakcie dochádza k premene tuhej či tekutej zložky výbušniny na vysokotlakový plyn. Produkty vznikajúce pri explózii sa rozširujú do okolia pod vysokým tlakom a snažia sa nájsť rovnováhu

s okolitým prostredím, čo má za následok vznik rázovej vlny. Tá je charakterizovaná zmenou tlaku, hustoty a teploty na jej priečeli. Priebeh rázovej vlny je charakterizovaný prudkým nárastom tlaku na začiatku jej priebehu. Po dosiahnutí maximálnej hodnoty nastáva fáza poklesu, ktorá pokračuje až do zápornej fázy, ktorá vzniká na veľmi krátke obdobie vákuum, čo má za následok vŕňovanie pár a vzduchu z prostredia smerom k epicentru výbuchu. Po vyrovnaní sil dochádza k nástupu kladnej časti rázovej vlny ktorá, už však nemá také maximálne hodnoty ako prvý zaznamenaný impulz. Celý priebeh sa vytvára vo veľmi krátkych časových intervaloch, rádovo v stotínach sekundy [2].



- P_0 začiatková (nulová) hodnota tlaku rázovej vlny (tlak okolia)
 P_+ maximálna hodnota tlaku (tzv. pretlak) vyvolaný výbuchom
 P_- minimálna hodnota tlaku (tzv. podtlak - záporná časť) vyvolaná výbuchom
 t_A čas nástupu rázovej vlny
 t_d čas trvania rázovej vlny

Obr. 2 Priebeh a fázy tlakovej vlny [2]

V priebehu rázovej vlny rozoznávame dve fázy - pozitívnu a negatívnu. Veľkosť tlaku negatívnej fázy je oveľa menší ako v predchádzajúcej pozitívnej časti. V analýzach stanovenia odozvy stavebnej konštrukcie pri iniciovaní nástražného systému sa uvažuje z idealizáciou priebehu tlakovej vlny na trojuholníkový priebeh, t.j. lineárna funkcia. V ďalších analýzach sa bude uvažovať s takýmto priebehom.

Porušenie okenej tabule

Pri porušení okna môžu nastať dva prípady. Buď dôjde k rozbitiu skla, alebo k vytrhnutiu celej okenej tabule.

O porušení okenných tabúl pri pôsobení tlakovej vlny rozhoduje dosiahnutie buď medze pevnosti skla za ohybu, alebo uhol lomu okenej tabule. O vytrhnutí celej okenej konštrukcie z tehly, alebo iného materiálu konštrukcie steny rozhoduje spôsob zaistenia šmykovej únosnosti spoja okna so stenou. O vytrhnutí celého okenného krídla rozhoduje smer pôsobenia zaťaženia na okenné krídlo a šmyková pevnosť konštrukcie rámu okenného rámu a ďalej ťahová, poprípade šmyková alebo ohybová pevnosť závesov podľa usporiadania celej okenej konštrukcie [1].

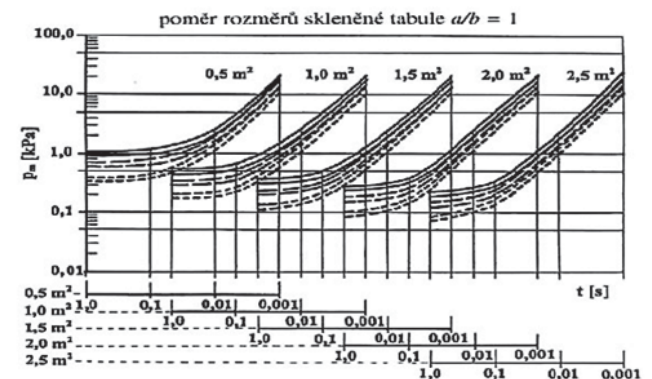
Možným vplyvom na porušenie skla je aj deformácia okenného krídla ohybom. Ak je ohybová únosnosť rámu prekročená, môže dôjsť k lámaniu rámu okenného krídla. Pri veľkých deformáciách teda dôjde k prekročeniu ohybovej únosnosti skla, jej dôsledkom sú vodorovné praskliny v mieste najväčšieho napätia a tým aj k poklesu únosnosti celej okenej tabule [1].

Na to, aký veľký tlak sa vytvorí a bude pôsobiť na konštrukciu pri výbuchu vplyva veľa parametrov. Základným parametrom je typ výbušnej látky, hmotnosť trhaviny a vzdialenosť od budovy. Ďalej je rozhodujúce ako sa tlaková vlna šíri, či priamo kolmo, či ako šikmá vlna, alebo sa odráža od nejakej prekážky, alebo ju obteká.

Pri spomínaných bombových útokoch sa používajú podomácky vyrábané výbušniny. Celosvetový trend je, že sa najčastejšie používajú ANFO trhaviny alebo nitroamónium. Dusičnan amónny je priemyslom vyrábaný v obrovských množstvách a za istých okolností je aj samotný schopný výbuchu. Pri malom množstve pridania paliva prudko vzrastá jeho citlivosť aj výbušnárske vlastnosti. Pre naše skúmanie sme ako náhradu podomácky vyrábanej ANFO trhaviny vybrali štandardne továrenskú vyrábanú DAP - 2, ktorá rovnaké vlastnosti. Trhavina je zmesou dusičnanu amónneho, petroleja a farbiva. Jej detonačná rýchlosť je 2600 - 2700 m/s a výbuchové teplo Q je 3830 kJ/kg. Pri hustote $\rho = 0,65 \text{ g/cm}^3$ je detonačný tlak P_C na úrovni 2,95 GPa.

Stanoviť maximálnu hodnotu pretlaku takejto okenej tabule môžeme teda stanoviť dvomi spôsobmi. Pri poznaní presných mechanických vlastností použitého skla, výpočtom jeho medznej pevnosti, teda ohybovej odolnosti, alebo ako bolo spomenuté uhol lomu okenej tabule. V našom prípade nepoznáme presné mechanické vlastnosti použitého skla a preto budeme postupovať podľa [1].

Okamih porušenia okenej tabule je možné odhadnúť z monogramov (obr. 2) zostavených na základe experimentálnej a teoretickej analýzy okenných skiel pri zaťažení trojuholníkovým pretlakom vzdušnej rázovej vlny. Veľkosť maximálneho pretlaku závisí od veľkosti plochy skla, veku skla (rozišuje sa nové a staré sklo, 10 ročné), hrúbke skla a od dĺžky trvania pretlaku. V našom prípade pre sklenenú tabuľu 85 x 85 cm (t.j. 0,7225 m²), predpokladáme 10 ročné sklo, hrúbky 3 mm. Pri použití hore uvedenej trhaviny DAP 2 so spomínanými vlastnosťami, s uvažovaním vzdialenosti okenej tabule od centra výbuchu 1 m a hmotnosť nálož 0,5 kg, dĺžku pretlaku stanovíme výpočtom na 0,0015 s. Z grafu (obr. 2) na základe uvedených hodnôt stanovíme veľkosť pretlaku rázovej vlny, ktorá je približne 10,0 kPa. Výbuch o veľkosti 10,0 kPa spôsobí porušenie daného hladkého skla.



Obr. 2 Medza porušenia okenného skla [1]

Hore uvedeným postupom, sme získali maximálny tlak, aký prenesú analyzované okenné tabule. Pre navrhnutie možnej ochrany objektu a ľudí, je potrebné zistiť, aký typ trhaviny, o akej hmotnosti a v akej vzdialenosti spôsobí takýto výbuch. Na stanovenie pevnosti existujú viaceré prístupy od rôznych autorov. My uvedieme postup podľa Millsa [2]:

$$P = \frac{1,772}{z^3} + \frac{114}{z^2} + \frac{108}{z} - 0,019 \quad (1)$$

Do výpočtu vstupuje zákon tretej odmocniny, ktorý zavádza tzv. redukovanú vzdialenosť z , kde R je vzdialenosť od centra výbuchu a W_R je redukovaná hmotnosť nálož:

$$z = \frac{R}{\sqrt[3]{W_R}} \quad (2)$$

Pri stanovenom maximálnom tlaku cca 10 kPa, pri spätnom dosadení do vzorcov (1, 2) dostávame, že tlak 10 kPa na okennú tabuľu vyvinie 0,5 kg trhavy DAP 2 vo vzdialenosti 10 m. Vzdialenosť nálože od konštrukcie je veľmi rozhodujúca. Z tab. 1 je zrejmé, že čím bližší zdroj výbuchu je, tým väčší tlak na konštrukciu je vyvolaný. Pri veľmi blízkej vzdialenosti tlak markantne narastá. V druhej časti tabuľky je znázornená závislosť veľkosti tlaku od hmotnosti. Z uvedených hodnôt vyplýva, že pre zaistenie ničivého účinku trhavy, je to možné aj pri malom množstve trhavy, ak je v blízkej vzdialenosti pri konštrukcii.

Tab. 1 Vplyv zmeny tlaku výbušného systému v závislosti na vzdialenosti a hmotnosti nálože [zdroj autori]

Vzdialenosť [m]	10	8	6	4	2	1	0,1
Tlak [kPa]	9,77	13,00	19,45	37,60	159,42	958,58	815532,00

Hmotnosť [kg]	0,5	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Tlak [kPa]	9,77	13,14	15078,00	1801,00	25,77	32,27	38,14	43,67

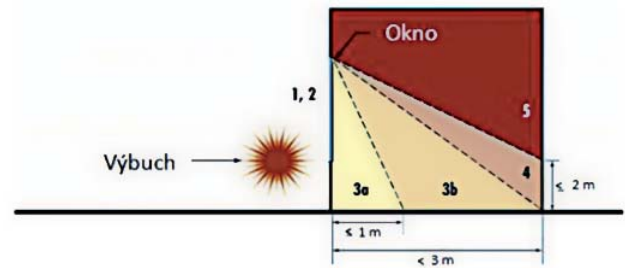
Tak ako aj okenné tabule, tak aj okenné rámy boli experimentálne overené. Pre odhad únosnosti okenných rámov bola zostavená tab. 1 [1].

Tab. 2 Poškodenie budov pri rôznych pôsobiacich tlakoch [1]

Tlak [kPa]	Účinek
do 0,5	Žiadne poškodenie
0,5 - 1	Malé poškodenie okenných výplní (len časť, praskliny skiel bez vysypania trosiek atď.)
1 - 2	Väčšie poškodenie okenných výplní, čiastočné vysypanie trosiek skiel)
2 - 5	Čiastočné poškodenie rámov dverí a okien, porušenie omietky a vnútorných drevených priečok
5 - 20	Zničenie okien, poškodenie ľahkých stavieb a bežných murovaných konštrukcií
10 - 30	Čiastočné rozrušenie stavieb prevažne prízemné zástavby rodinných domov
20 - 30	Značné rozrušenie mestských viacpodlažných stavieb

Zranenie osôb

V predchádzajúcich výpočtoch, tlak potrebný na zničenie okien bol stanovený na hodnotu 10 kPa. Z tab. 3, vyplýva, že pri hodnote okolo 15 kPa dôjde k zvaleniu stojacej osoby. Keďže predpokladáme, osoby zdržujúce sa v priestoroch menzy pri okenných tabuliach, osoby budú poškodené sekundárne, odletujúcimi črepinami z okien. Keďže konštrukcia neodoláva dostatočne a dôjde k jej deštrukcii a porušeniu štruktúry, znásobuje sa vznik fragmentov, ktoré v smere pôsobenia rázovej vlny prenikajú do priestoru a predstavujú tak priame ohrozenie pre zasiahnuté osoby. Zvlášť nebezpečné sú malé pretlaky v rozmedzí 5 až 20 kPa, pri ktorých je veľmi pravdepodobné poranenie osôb troskami lietajúcimi (na veľké vzdialenosti desiatok až stoviek metrov) rozbitých sklenených výplní okien a dverí, pri tomto tlaku nie sú trosky zrazené k zemi, ale plachtia [1]. Pôsobením rázovej vlny s následným porušením integrity okennej výplne vznikajú veľmi ostré fragmenty rôznych veľkostí, ktoré sú schopné pôsobiť na pomerne rozsiahlom území. Lietajúce črepiny skla najčastejšie spôsobujú tržné zranenia alebo prenikajú ľudským telom, ktoré nie je schopné odolať takémuto druhu pôsobenia. Väčšie črepinové predmety, pochádzajúce z poškodených stavebných materiálov spôsobujú z pravidla devastačné poranenia spôsobené kombináciou váhy a rýchlosti daného telesa [3].



Obr. 3 Oblasti rôznych stupňov zranení spôsobenými črepinami rozbitého skla [3]

Na stanovenie možnosti vzniku zranení spôsobených fragmentmi skla možno použiť stupnicu vznikajúcich zranení z pohľadu materiálu a spôsobu riešenia okennej výplne. Stupnica má niekoľko bodových stupňov. Rozdiel medzi stupňom 3a - 3b predstavuje hraničnú úroveň vzniku zranenia, kde vážnosť bodu 3b vyvodzuje predpoklad vzniku zranení osôb vystavených pôsobeniu črepín vznikajúcich z okenných výplní. Ďalšiu úroveň môžeme stanoviť v mieste medzi bodmi 4 - 5, kedy sa u osôb umiestnených v mieste označenom bodom 5 vyskytujú veľmi vážne, ba dokonca smrteľné poranenia [3].

Tab. 3 Zranenie osôb pri rôznych pôsobiacich tlakoch

Skupina zraniteľnosti	Pretlak P [kPa]	Popis zranenia
0	menej ako 10	Zranenie od priameho pôsobenia tlakovej vlny je nepravdepodobné
1	10 až 30	Ľahké úrazy osôb Pri pretlaku cca 15 kPa dôjde k zvaleniu stojacej osoby Pri pretlaku cca 34 kPa dôjde k prasknutiu ušných bubienkov
2	30 až 150	Ťažké úrazy osôb
3	150 až 200	Smrteľné zranenia

Záver

Pri stanovení maximálneho zaťaženia tlakom, ktoré prenesú okná na budove Menzy Žilinskej univerzity, sme dospeli k rôznym čiastkovým záverom. Hodnota pretlaku vyvolaného výbuchom 10 kPa, ktorému odolajú okenné tabule je nízka. Takýto tlak sám o sebe, neprinesie veľmi vážne poškodenie osôb. Osoby budú ale aj napriek tomu to tvrdeniu, vážne ohrozené a zranené z dôvodu sekundárnych účinkov fragmentov z rozbitého skla. Tlak 10 kPa dokáže vyvinúť už nálož DAP 2 o hmotnosti 0,5kg pri vzdialenosti 10 m od budovy. Pre ochranu obyvateľstva a budovy by bolo potrebné urobiť účinné opatrenia na zabránenie katastrofálnych dôsledkov a to, zvýšiť pevnosť okenných tabuľ, zabránenie sa dostania k bezprostrednej blízkosti sa okien.

Použitá literatúra

- [1] Makovička, D.; Makovička, D.: *Odezva konštrukcie budovy a ohrozenie jejich obyvateľ výbuchom plynu*, str. 197 - 202, Stavební obzor 7/2006.
- [2] Jangl. Š.; Kavický, V.: *Ochrana pred účinkami výbuchov výbušnín a nástražných výbušných systémov*. Žilina 2012 ISBN 978-80-9711108-0-2 str. 93 a 94.
- [3] Vysocký, M.: *Odolnosť materiálov proti nástražným výbušným systémom*, Diplomová práca, Žilinská univerzita, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilina 2012.
- [4] Dostupné na: <http://kosice.korzar.sme.sk/c/6840390/kosickeho-teroristu-odsudili-na-25-rokov-vazenia.html#ixzz2pVvOfRvC>.

Alternativy modelování vývoje terorismu v Evropě

Alternatives for Modeling of Terrorism Risk in Europe

Ing. Pavla Gomba¹

Ing. Miluše Váchová, Ph.D.²

¹Výkonná ředitelka UNICEF

Rytiřská 31, 110 00 Praha 1

²VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovic

miluse.vachova@vsb.cz

Abstrakt

Riziko terorismu jako metody násilného prosazování náboženských, politických a jiných cílů je trvale vysoké, přičemž typologie a trendy terorismu v Evropě jsou v mnoha ohledech specifické. Predikce vývoje terorismu je klíčová pro formulaci adekvátní bezpečnostní politiky státu, zejména s ohledem na zajištění bezpečnostních priorit ve vztahu k ochraně kritické infrastruktury i tzv. měkkých cílů (míst s velkou koncentrací osob). Příspěvek mapuje aktuální trendy v počtu, typu a motivaci teroristických činů provedených na území států EU. S ohledem na nedostatek empirických dat při zkoumání fenoménu terorismu se práce zaměřuje na komparativní analýzu metod bezpečnostního prognózování využitelných pro kvantifikaci rizika a modelování střednědobého vývoje v této oblasti včetně modelu RAND a ALERT (Worldwide Updates Terrorism Model for the US) a formuluje doporučení ohledně výběru těch metod, které jsou vhodné pro predikci vývoje terorismu.

Klíčová slova

Terorismus, bezpečnostní prognózování, RAND, model ALERT.

Abstract

Risk of terrorism as a way to pursue religious, political and other objectives remains high. The character and trends of terrorism in Europe are in many regards specific. Forecasting of future developments is a key to formulate adequate state policy respecting its security priorities related to protection of critical infrastructure as well as soft targets (population). This paper maps out the present situation in the terrorist attacks in Europe. As the research on terrorism is short of the primary sources and empirical data, the article explores different methods currently used for terrorism risk quantification and forecasting, including RAND research and ALERT model, and suggests the most suitable approached for the mid-term forecasting of the terrorism risk.

Keywords

Terrorism, safety forecasting, RAND, ALERT model.

1 Úvod

Současný svět není ani zdaleka bezpečným místem pro život: kromě tradičních rizik ozbrojených konfliktů, diktátorských režimů a šíření zbraní hromadného ničení se stále více aktuálními stávají rizika spojená se šířením teroristických ideologií a novými typy terorismu.

Pravidelný monitoring a analýza dat o teroristických útocích jsou proto důležité pro identifikaci typických znaků a trendů současného terorismu, včetně geografického rozdělení, údajů o pachatelích, obětech a způsobech boje. Ještě důležitější je však schopnost s přijatelnou mírou spolehlivosti predikovat budoucího vývoj projevů terorismu. Kvantifikace rizika terorismu a modelování jeho vývoje jsou klíčové nejenom pro bezpečnostní politiku státu,

ale také další obory lidské činnosti, včetně pojišťovnictví, rozvoje dopravní infrastruktury, organizací průmyslových provozů. Česká republika se ve své strategii boje proti terorismu inspirovuje praktickými zkušenostmi ze zahraničí a aplikuje metody, které jsou po zhodnocení veškerých faktorů účelné a použitelné v místních podmínkách.

2 Specifika výzkumu terorismu

Kvalita a spolehlivost výzkumu jsou přímo úměrné kvalitě a spolehlivosti dat, na kterých je výzkum založen. Studium terorismu, jenž se jako multioborová akademická disciplína rozvíjí od 60. let minulého století, má specifický charakter. Existuje jen málo oblastí, o kterých bylo tolik napsáno na základě tak omezeného výzkumu [1]. Naprostá většina výzkumných studií zaměřených na fenomén terorismu je kvalitativního charakteru s využitím metod založených na analýze dostupné literatury. Nadměrné spoléhání na tento typ vědeckých přístupů znemožňuje ověření prezentovaných teorií i závěrů a neposkytuje dostatečně spolehlivé vstupy pro predikci budoucího vývoje.

Terorismus jako neustále se vyvíjející jev násilné povahy, probíhající v utajení, je nesnadno uchopitelným pro standardní vědecké přístupy. Zásadním problémem při výzkumu terorismu je samotná definice tohoto jevu. Pojem terorismus byl poprvé použit během Velké francouzské revoluce pro popis metod používaných vládou vůči jejím nepřátelům. V současnosti existuje nejméně 109 různých definic terorismu a používání tohoto pojmu je v mnoha případech nejednotné [2].

Většina definic terorismu je založena na následujících charakteristikách [2]:

- násilí, síla (83,8 %),
- politický motiv (65 %),
- vyvolání strachu (53 %),
- výhrůžky (48 %),
- psychologické efekty a očekávané reakce (41,2 %),
- nesoulad mezi cíli útoků a jejich oběťmi (37,5 %),
- úmyslná, plánovaná, systematicky organizovaná akce (32 %).

Za typické prvky terorismu se považuje „použití či výhrůžka použitím násilí“, „politické cíle“ a „civilisté jako oběti“.

Dalším z problémů při studiu terorismu je objektivita, což souvisí se skutečností, že mnozí autoři se více věnují tématům boje s terorismem než důkladnému pochopení jevu samotného.

I když představitelé státní správy nejsou v rozhodovacích procesech závislí na akademickém výzkumu, protože mají souběžně k dispozici data vzniklá činností bezpečnostních složek státu, svou roli zde může hrát i fakt, že velká část vědeckého výzkumu terorismu je financována právě ze státních grantů a programů, jež jsou na boj s terorismem zaměřené.

Zřejmě nejzávažnějším problémem je závislost na sekundárních zdrojích dat. Velká část studií vychází z již publikovaných výzkumů, populárních knih a zpráv ve sdělovacích prostředcích. Odhaduje se, že pouhých 20 procent publikací o terorismu obsahuje nová vědecká zjištění [3] a pouhá 3 procenta recenzovaných článků jsou založena na některé z forem empirického výzkumu [4]. Informace o projevech terorismu, které se objevují ve sdělovacích prostředcích a na veřejně přístupných doménách, často neposkytují odpověď na základní otázky o tom, kdo je za konkrétní teroristický útok odpovědný, stejně tak tyto zdroje neposkytují dostatek údajů o neúspěšných nebo zmařených útocích, což vytváří vážnou informační mezeru.

Větší dostupnost důvěryhodných primárních zdrojů by tak mohla znamenat důležitý posun nejenom pro akademický výzkum, ale mohla by také být vodítkem pro důležitá rozhodnutí v oblasti zajištění bezpečnosti státu, kritické infrastruktury, významných průmyslových objektů a pro odpovídající ochranu obyvatelstva.

3 Zdroje primárních a empirických dat pro výzkum terorismu

Primární data jsou kvalitativní či kvantitativní data získaná prvotním sledováním stavu, dějů a činností v reálném prostředí. Empirický výzkum charakterizujeme jako záměrnou, systematickou poznávací činnost založenou na technikách sběru informací a opakovatelných, ověřitelných experimentech - jde o cílený a řízený způsob získávání zkušeností. I když nejde o synonyma, primární data a údaje z empirického výzkumu spolu úzce souvisejí.

Důvody nízké dostupnosti primárních dat ve výzkumu terorismu jsou zřejmé: souvisejí jednak s tím, že jde často o citlivé bezpečnostní údaje a skutečnosti podléhající režimu utajení, svou roli zde však hraje i to, že pracovník zapojený do terénního výzkumu se může vystavovat jistému stupni osobního nebezpečí, které vyplývá ze samotného charakteru tohoto jevu.

3.1 Typy empirického výzkumu v oblasti terorismu

- **Pozorování a terénní výzkum**
Jak se například ukázalo ve výzkumu Jeffreyho Sluky v oblasti veřejné podpory teroristických skupin v Severním Irsku [5], tento vědecký přístup může být zdrojem velmi cenných informací. Je však časově i osobně náročný, zejména pokud vyžaduje dlouhodobý a soustavný pobyt ve vzdálených, izolovaných oblastech. Terénní výzkum také představuje nezanedbatelné osobní riziko pro výzkumníka, nemluvě o praktických obtížích při vyhledávání aktivní teroristické skupiny, která by svolila k dlouhodobému výzkumu ve vlastních řadách. Z těchto důvodů je tento typ výzkumu v oblasti terorismu poměrně vzácný.
- **Řízený rozhovor**
Tato metoda je založena na osobním rozhovoru (obvykle opakovaném) s osobami zapojenými do teroristické činnosti. Často jde o bývalé členy těchto skupin. I když jde o méně kontroverzní a nebezpečný přístup, přesto bývá tento proces časově náročný a výsledek nejistý, a to i v případě skupin, které již nevyvíjejí aktivní činnost, jako např. IRA nebo Rudé brigády. Mezi překážky, na které výzkumníci obvykle narážejí, je nízká ochota bývalých teroristů vracet se ke složitému období svého života, je nutno překonat nedůvěru při navazování osobního kontaktu, a ani ten nezaručuje získání spolehlivých primárních dat. I zde, jako u všech ostatních výzkumných metod platí, že získané údaje je nutno podrobit kritickému zkoumání a ověřit jejich objektivitu a nestranost.
- **Data získaná činnostmi bezpečnostních složek státu**
Získat přístup k dokumentům policie či rozvědky nebývá pro výzkumné pracovníky jednoduché, protože z pochopitelných bezpečnostních důvodů i důvodů spojených s ochranou osobnosti jde o přísně kontrolované zprávy. Je však možné předpokládat, že vyšší kvalita výzkumu by převážila potenciální rizika, zejména s ohledem na to, že tato rizika je možné snížit stanovením jasných pravidel pro použití těchto zdrojů ve vědeckém výzkumu a důkladnou bezpečnostní prověrkou vědeckého pracovníka.
- **Databáze a registry teroristických incidentů**
Zatímco předchozí přístupy poskytují zejména kvalitativní data, výrazným trendem poslední dekády je tvorba mezinárodních databází, které shromažďují kvantitativní informace o teroristických útocích, jako je jejich počet, geografický původ pachatelů útoku, typ použité zbraně apod. Analýzou těchto dat ve spojení s dalšími údaji, jako jsou GDP, typ zřízení nebo zahraniční politika země je možné prohloubit pochopení terorismu na strukturální úrovni.

3.2 Příklady způsobu zajištění primárních dat v praxi

Počet publikací zabývajících se terorismem (a jeho prevencí) v posledním desetiletí významně vzrostl, což však s sebou nepřináší nutně hlubší porozumění všem aspektům tohoto fenoménu. Hlavní překážkou ve výzkumu terorismu je závislost na sekundárních zdrojích, kterou je však možno řešit inovativními přístupy k získávání primárních dat. Cílem následujícího přehledu je nejenom poskytnutí inspirace pro vědecké pracovníky v oboru, ale také konkrétních argumentů pro zvýšenou spolupráci a výměnu informací mezi státní správou a výzkumem [6].

- **Výzkum domácích džihádistických skupin v Austrálii s pomocí záznamu odposlechů a řízených rozhovorů s uvězněnými členy skupiny**
Výzkumníci z Centra pro výzkum globálního terorismu (GTReC) při Monashské univerzitě v Melbourne provedli čtyřletý projekt zaměřený na různé aspekty radikalizace. Díky spolupráci s australskou federální policií získali přístup k přepisům odposlouchaných hovorů v rámci operace Pendennis, nejrozsáhlejšího vyšetřování terorismu v historii země, a měli také možnost osobně hovořit s uvězněnými členy skupiny. I když projekt dále pokračuje, již nyní získané poznatky posloužily jako zdroje několika vědeckých studií a významně přispěly k porozumění organizační struktury a interních funkcí domácího džihádismu v Austrálii.
- **Zkoumání modelů chování teroristů pomocí záznamů ze soudních procesů v Británii**
Výzkumná skupina ze společnosti RAND (Center for Terrorism Risk Management Policy) provedla analýzu chování 38 osob, které se během let 2004 až 2007 zapojily do vážných teroristických incidentů ve Velké Británii. Smyslem analýzy bylo určit typické modely chování, které by bezpečnostní složky mohly sledovat jako indikátory radikalizace nebo přípravy teroristického útoku. Zdroji pro tento výzkum byly údaje získané během vyšetřování a záznamy ze soudních procesů s pachateli.
- **Empirická analýza provedená ve speciálním nápravném zařízení pro teroristy v Nizozemí**
V roce 2011 byla publikována studie hodnotící funkci speciálního nápravného zařízení pro pachatele zločinů spojených s extremismem a terorismem, které bylo v Nizozemí zřízeno v roce 2006. Výzkum je založen na primárních zdrojích získaných rozhovory s pracovníky bezpečnostních složek a z analýzy podrobných dotazníků vyplněných pachateli. Tato studie je příkladem toho, jak se mohou primární a sekundární zdroje vzájemně doplňovat: sekundární zdroje slouží pro stanovení kontextu a zaměření výzkumu, zatímco primární data umožňují přijmout odpovídající závěry a opatření.
- **Studie džihádistického terorismu v Nizozemí založená na policejních záznamech**
Výzkum publikovaný v roce 2011 zkoumá projevy terorismu v Nizozemí v období 2001 - 2005. Konkrétně se zaměřuje na sociálně-kulturní zázemí pachatelů, jejich vzory, vnitřní strukturu a místa setkávání teroristických skupin. Výjimečnost výzkumu spočívá v tom, že pracovníci získali přístup k policejním záznamům vedených o těchto skupinách. Studie je příkladem využití primárních zdrojů, aniž by bylo ohroženo právo na ochranu identity a soukromí sledovaných osob.
- **Multizdrojový výzkum džihádismu v Evropě**
Studie vzniklá v norské organizaci Defence Research Establishment analyzuje modely vytváření teroristických buněk a jejich chování v celoevropském měřítku. Vychází z kombinace zdrojů, včetně publikací, zpráv ve sdělovacích prostředcích, soudních dokumentů a především informačních materiálů vyráběných a šířených těmito skupinami, což je samo o sobě významným primárním zdrojem.

4 Aktuální situace v oblasti terorismu v Evropě

Aktuální situaci v Evropě mapuje pravidelná Zpráva o situaci a trendech terorismu (TE-SAT), která je výsledkem práce Protiteroristické pracovní skupiny (TWP) Rady Evropy při Evropském parlamentu. Zpráva je založena na informacích poskytovaných členskými státy EU, některými dalšími zeměmi (např. Chorvatsko, Kolumbie, Rusko, Švýcarsko, Turecko a USA) a vybranými organizacemi (Eurojust a Interpol). Doposud posledním sledovaným obdobím je období roku 2012.

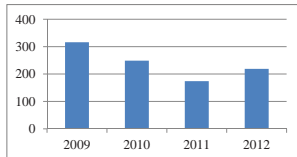
Riziko terorismu v Evropě zůstává vysoké. V loňském roce se nepotvrdil dlouhodobě klesající trend - počet teroristických útoků se naopak oproti předchozím letům výrazně zvýšil. Stejně tak vzrostl počet osob zatčených v souvislosti s terorismem - riziko představují jak osamělí radikalizovaní jedinci, tak formální skupiny i neformální teroristické buňky.

Hlavními incidenty roku 2012 byl bombový útok na letišti v bulharském Burgasu a série útoků ozbrojeného střelce ve Francii, jež si loni vyžádaly životy celkem 14 lidí. Další tři lidé zemřeli na následky teroristických útoků v Belgii, Francii a Severním Irsku.

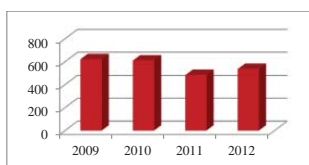
Hlavním komunikačním nástrojem teroristické činnosti v Evropě je internet. Vzrůstající obliba sociálních sítí umožňuje skupinám snadnou a cílenou komunikaci s jejich sympatizanty a přístup k celosvětovému publiku při současném zajištění anonymity zdroje.

Hlavní zjištění o terorismu v Evropě v roce 2012:

- bylo provedeno 219 teroristických útoků (nárůst oproti 174 v roce 2011),
- 17 osob zemřelo v přímé příčinné souvislosti s terorismem,
- 537 osob zatčeno z příčin souvisejících s terorismem (484 v roce 2011),
- 400 osob bylo za terorismus odsouzeno.



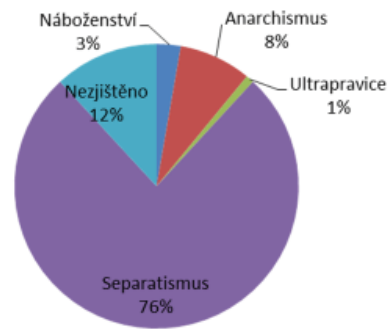
Graf 1 Počet zmařených a dokonáných teroristických útoků v EU [7, 8, 9]



Graf 2 Počet osob zatčených za terorismus v EU [7, 8, 9]

Terorismus se projevuje různými způsoby a může být založen na mnoha rozdílných pohnutkách, včetně náboženského přesvědčení a nacionalistických tendencí, které mohou vést k separatistickému terorismu. Činnost **nábožensky motivovaných teroristů** je často významně ovlivněna děním mimo Evropu. Tento trend se v loňském roce naplno projevil tím, že stále větší počet radikalizovaných evropských občanů cestuje do oblastí ozbrojených konfliktů, kde se zapojují do teroristické činnosti a kde získávají kontakty, schopnosti a motivaci k boji proti evropské kultuře. Tito džihádisté jsou po návratu zpět do svých domovských zemí významným rizikovým faktorem.

V tomto ohledu je pro bezpečnost Evropy aktuální zejména situace v oblasti Sahelu v západní části Afriky, pokračující konflikt v Sýrii a nepokoje v zemích Severní Afriky, zejména v Egyptě.



Graf 3 Teroristické útoky na území EU v roce 2012 podle typu motivace [9]

Největší počet teroristických útoků jde na vrub **nacionalistům/ separatistům** a geograficky se soustředí do Španělska, Francie a Severního Irsku. Financování těchto skupin je kromě dobrovolné podpory založeno především na vydírání firem a místních podnikatelů. Fakta naznačují, že vzrůstá mezinárodní spolupráce mezi různými separatistickými skupinami: například bylo objeveno přímé spojení mezi ETA a FARC (Fuerzas Armadas Revolucionarias Colombianas - Revoluční ozbrojené síly Kolumbie). Aktivita jsou ve zvýšené míře koordinovány prostřednictvím online komunikace a sociálních médií.

Dlouhotrvající ekonomická recese v evropských zemích je důvodem rostoucího politického napětí, což motivuje mnohé levicově i pravicově orientované extremistické skupiny ke zvýšenému šíření názorů na důvody krize a její řešení. Nezaměstnanost, zejména ve skupině mladých lidí neúspěšně vstupujících na trh práce, je důvodem jejich radikalizace, a to i u absolventů s vyšším vzděláním.

Tradičními oblastmi **ultralevicového extremismu** jsou Itálie, Řecko a Španělsko, v posledních letech se však šíří napříč celou Evropou. Aktuálním trendem je růst násilí: zatímco v minulosti se levicoví aktivisté a anarchisté násilí obecně vyhýbali, současné útoky jsou často připravovány s jasným cílem ublížovat - tento trend je patrný zejména u anarchistických skupin v Itálii, které ve zvýšené míře využívají střelné zbraně.

Šíření **pravicově orientované** propagandy naznačuje, že tyto extremistické skupiny velmi aktivně získávají nové příznivce. Ultrapravicové skupiny se stále více profesionalizují, jejich profesionálně spravované webové stránky používají jazyk a rétoriku kultury mladých. S použitím antisemitské a xenofobní rétoriky manipulují historickými událostmi a zaměřují se na současné společensky citlivé otázky, jako jsou přistěhovalectví, korupce, zaměstnanost, podpora etnických menšin apod. Ultrapravicové teroristické útoky byly loni hlášeny v Bulharsku a Španělsku.

Tematicky zaměřené extremistické skupiny bojující za prosazení jednoho konkrétního cíle se objevují zejména ve spojení s ochranou práv zvířat a ekologickými tématy. Tyto skupiny přitom ve zvýšené míře vytvářejí propojení napříč mnoha různými státy: kampaně aktivistů za práva zvířat se od roku 2008 přesouvají z Velké Británie do kontinentální Evropy a tento trend stále pokračuje. Zdá se rovněž, že bojovníci za práva zvířat a extrémně zaměřené ekologičtí aktivisté se sbližují s některými anarchistickými skupinami.

V loňském roce nebyl v Evropě proveden žádný vážný útok tohoto typu, v různých zemích však proběhla řada menších incidentů. Například v Nizozemí se cílem ekologických aktivistů staly společnosti zabývající se experimentální kultivací geneticky upravených plodin. V červenci byla zničena dvě pole geneticky upravených brambor ve městě Lelystad, měsíc poté aktivisté napadli další dvě pole ve Valthermoudu. Škoda způsobená těmito incidenty dosáhla hodnoty 238 000 EUR.

5 Alternativy pro kvantifikaci rizika a modelování vývoje terorismu

Pro formulaci adekvátní bezpečnostní politiky státu, zejména s ohledem na zajištění bezpečnostních priorit ve vztahu k ochraně obyvatelstva a kritické infrastruktury, je velmi důležité stanovit co nejspolehlivěji míru rizika terorismu a predikovat jeho budoucí vývoj.

Vzhledem k nedostatku empirických dat a specifickému charakteru tohoto složitého, neustále se měnícího společenského fenoménu, se pro modelování střednědobého vývoje terorismu používají vybrané metody bezpečnostního prognózování.

5.1 Kvantifikace rizika terorismu pro účely pojišťovnictví

Na rozdíl od technicky vyspělejších disciplín jako seizmologie nebo meteorologie, které se v pojišťovnictví používají pro výpočet rizika pojistné události, kvantifikace rizika terorismu je relativně novou metodou. Před teroristickým útokem 11. září 2001 pojišťovny neoddělovaly riziko terorismu od ostatních komerčních rizik. Události následující po tomto útoku přiměly pojišťovny tento přístup přehodnotit, protože se výrazně změnilo pravděpodobné riziko ztrát způsobené teroristickou činností, na jehož základě je pojištění kalkulováno a poskytováno třetím osobám.

Ztráty způsobené útokem na Světové obchodní centrum se odhadují na 40 miliard dolarů, přičemž největší část (33 %) představuje ztráta z přerušování podnikatelské činnosti, 30 % vyplacené pojistné za poškození nebo zničení nemovitostí a hmotného majetku, 23 % pojištění odpovědnosti a zbývající část další neidentifikované škody. I když byly pojišťovny touto událostí významně postiženy, největší dopad měla na činnost zajišťoven, tj. finančních ústavů, které pojišťují rizika pojišťoven.

Protože chyběla data, na jejichž základě by bylo možné určit rozsah a charakter rizika terorismu, zajišťovny nebyly schopny stanovit cenu pro tento segment a v měsících následujících po 11. září se stáhly z trhu, což znamenalo, že i primární pojistitelé, tj. pojišťovny, přestaly pojištění proti riziku terorismu ve svém portfoliu nabízet (podobně jako vylučují rizika válečného konfliktu). Skutečnost, že nemovitosti, dopravní prostředky, stavby, energie a prvky veřejné infrastruktury nebyly před rizikem terorismu pojistně chráněny, představovala vážnou hrozbu pro celou ekonomiku.

Za účelem vyřešení této situace americký Kongres v listopadu 2002 schválil zákon o pojištění rizika terorismu (Terrorism Risk Insurance Act - TRIA). Tento tříletý program poskytující zajišťovací záruky pro případ teroristického útoku byl opakovaně prodloužen v letech 2005 a 2007 na období do roku 2014. V současné době se diskutuje o jeho úpravě a dalším prodloužení.

Státní záruky pro pojištění rizika terorismu poskytují také další země. Ve Španělsku, které má dlouhou zkušenost se separatisty bojujícími za odtržení Baskicka, poskytuje státem vlastněná zajišťovna pojištění proti riziku terorismu již od roku 1954. Velká Británie vytvořila na základě útoků IRA v 80. letech program Pool Re, který poskytuje pojištění pro škody způsobené teroristickými útoky. V Německu byl zřízen soukromý subjekt s garancemi státu na dobu určitou.

Software, který byl pro stanovení míry rizika terorismu v pojišťovnictví vytvořen, je založen na prvcích, které jsou popsány v následující části.

- **Výběr cíle na základě matematické teorie her**
Teorie her, jako disciplína aplikovaná matematiky, která analyzuje široké spektrum konfliktních rozhodovacích situací, které mohou nastat kdekoli, kde dochází ke střetu zájmů, je nejčastěji používanou metodou pro odhad cíle, který teroristé při svém útoku zvolí.

Základním předpokladem aplikace teorie her je racionální chování zúčastněných. Jakkoliv iracionální se cíle teroristů mohou zdát, analýzou jednotlivých útoků je zřejmé, že jsou připravovány a vedeny promyšleně a s vysokou mírou racionality. Dokonce i sebevražedné útoky je možné považovat za zcela racionální činy: každý musí dříve nebo později zemřít a za krátkou chvíli utrpení je mučedník odměněn věčnou blažeností v ráji (a jeho rodina získá významnou finanční podporu, jak bylo v mnoha případech spolehlivě prokázáno). Ideální potenciální cíl teroristického útoku se tak vyznačuje těmito atributy: viditelnost, vysoká hodnota, zranitelnost. To vysvětluje, proč jsou za cíle útoků nejčastěji vybírány tzv. měkké cíle (místa s velkou koncentrací osob) jako dopravní prostředky, letiště, hotely a úřady zaměstnávající velký počet osob.

Dalším aspektem při výběru cíle je způsobená škoda. Moderní software spolehlivě simuluje dynamické efekty tradičních výbušnin i jaderné exploze, stejně jako očekávané šíření toxického nebo radioaktivního aerosolu. Pro určení škody je důležitá také hustota městského osídlení, která může účinek útoku dále zvyšovat. Díky registrům nemovitostí, veřejně dostupným ve vysokém rozlišení, je tak možno zmapovat potenciálně nejpravděpodobnější cíle útoků.

- **Modelování frekvence útoků**
V každém konfliktu hrají vedle neurčitosti důležitou roli také faktory, které nejsou náhodné. Při tvorbě stochastického modelu opakování teroristických útoků v čase je nutné přihlídnout právě k těmto faktorům, které lze racionálně předvídat. Každý významný teroristický útok je následován výrazným zpřísněním bezpečnostních opatření ze strany napadeného státu.

Existuje proto jen malá pravděpodobnost, že budou během jednoho roku ve stejné geografické oblasti provedeny více než tři velké teroristické útoky. Na druhou stranu je nutno počítat s tím, že příprava velkého teroristického útoku trvá měsíce až roky a jako zajištění proti riziku prozrazení je pravděpodobné, že teroristické skupiny vždy připravují hned několik útoků souběžně.

- **Výběr prostředku útoku**
Díky jednoduché výrobě a nízkým nákladům je nejčastěji používanou zbraní teroristů improvizované výbušné zařízení. Je také obecně známo, že mnohé teroristické skupiny disponují standardní vojenskou výbavou, jako jsou střelné zbraně, granáty, minomety, rakety. I když mohou způsobit významné materiální i lidské škody, nemají tak smrtící a odstrašující účinek jako chemické, biologické a jaderné zbraně. Na základě opakovaných prohlášení teroristických skupin o tom, že použijí jaderné zbraně, pokud je získají, obsahují softwarové modely také nenulovou pravděpodobnost jaderného teroristického útoku.

Modelování katastrofických událostí pro účely pojišťovnictví je založeno na historických datech způsobených škod, což v případě pojištění rizika terorismu je obtížně aplikovatelné, protože chybí dostatečná časová řada. Zvýšenou poptávku po pojištění proti riziku terorismu je však možno předpokládat v dlouhodobém časovém horizontu příštích desetiletí. I když software vytvořený pro modelování atributů potenciálního útoku umožňuje kvantifikovat riziko teroristického útoku s přijatelnou spolehlivostí, riziko obrovského ničivého útoku, byť zanedbatelné, může být pro komerční pojištění stále příliš vysoké. Pro tyto situace - a zajištění stability ekonomiky - proto většina vyspělých států vytvořila opatření zahrnující různé formy státní garance za pojištění proti rizikům terorismu.

5.2 Studie RAND - komparace jednofaktorových indikátorů rizika s modelem RMS (Risk Management Solutions)

Tento důležitý výzkum zaměřený na různé metody odhadu rizika terorismu v městských oblastech byl proveden Centrem pro řízení rizik terorismu (Center for Terrorism Risk Management Policy - CTRMP), které pracuje při společnosti RAND, což je mezinárodní nezisková organizace zabývající se bezpečnostním výzkumem, včetně terorismu a krizového řízení.

Smyslem této studie bylo zhodnotit stávající systém pro rozdělování zdrojů na boj s terorismem poskytovaných v USA Ministerstvem pro vnitřní bezpečnost (Department of Homeland Security) a navrhnout metody, které dokáží s vysokou spolehlivostí kvantifikovat riziko terorismu v dané oblasti. Výzkum řeší také faktor nejistoty - zatímco státní orgány se ve svém rozhodování obvykle spoléhají na kvalifikované odhady, tato studie usiluje o stanovení metody s nejnižší očekávanou chybou ve srovnání proti široké škále možností budoucího vývoje makroterorismu, který nese některý z následujících znaků:

- ekonomická ztráta přesahující 1 miliardu dolarů,
- více než 100 mrtvých nebo 500 zraněných osob,
- významná symbolická škoda.

Autoři definují riziko terorismu jako kombinaci tří faktorů: hrozby, zranitelnosti a rozsahu následků.

$$Riziko = f(\text{hrozba, zranitelnost, rozsah následků})$$

Hrozba je charakterizována jako pravděpodobnost, že určitý cíl bude napaden určitým způsobem v daném časovém období (např. pravděpodobnost, že městský fotbalový stadion bude v letošním roce napaden chemickými zbraněmi).

Zranitelnost charakterizujeme jako pravděpodobnost vzniku škod (úmrť, zranění, škody na majetku) při určitém typu útoku v daném časovém období. Zranitelnost je projevem vlastního stavu napadeného systému (fyzického, technického, organizačního apod.).

Rozsah následků je definován jako očekávaný dopad útoku v daném časovém období způsobený poškozením daného cíle.

Dosavadní systém alokace veřejných prostředků z rozpočtu USA je založen na **jednofaktorových indikátorech rizika**, konkrétně hustotě obyvatelstva v městských oblastech, přičemž jedna část dotací je rozdělována rovnoměrně (každý stát získá 0,75 % z celkového rozpočtu) a druhá část se přiděluje na základě velikosti a hustoty populace daného státu. Je logické, že existuje korelace mezi rizikem teroristického útoku a charakterem osídlení na daném území. Města s vysokým počtem obyvatel žijících na relativně malé ploše budou pravděpodobnějším cílem útoku než místa se stejným počtem obyvatel rozprostřených na velkém území, kde se následky útoku rozmělní.

Výhodou jednofaktorových indikátorů rizika je jejich jednoduchost, transparentnost a dostupnost dat. Pro stanovení skutečného rizika terorismu však mají pouze nízkou vypovídací schopnost, protože nezohledňují interakci mezi hrozbou, zranitelností a rozsahem následků jako hlavními faktory pro určení míry rizika.

Modely založené na událostech (event-based) vyžadují detailní analýzu rozsahu následků při různých scénářích teroristického útoku. Tyto modely zahrnují zhodnocení citlivosti parametrů důležitých pro rozsah následků a mohou obsahovat také kvalifikované odhady pravděpodobnosti jednotlivých jevů. Výhodou těchto modelů (např. RMS modelu) je úroveň detailů umožňujících další analýzu. Slabou stránkou těchto modelů naproti tomu bývá nutnost odhadu velkého množství neznámých veličin.

Jak naznačují údaje v tabulce, očekávaný počet obětí, zraněných a škod na majetku se vyznačují vysokou vzájemnou korelací. Pro stanovení celkového rizika souboru k míst zohledňuje RMS model tyto rozdílné komponenty takto:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^I \bar{y} (c_{ij} - \bar{r}_i)^2$$

kde

- c_{ij} agregovaný odhad rizika ze tří hodnot očekávaných obětí generovaných použitím optimalizace,
- r_i nezáporný podíl daného města na celkovém riziku s celkovým součtem rovným 1,
- I_{ij} ukazatel proměnné s hodnotou 1, pokud $c_{ij} > r_i$ (tj. riziko je podceňováno).

5.3 Model ALERT

Jednou z prvních společností, které se po událostech 11. září začaly věnovat vývoji modelu pro kvantifikaci rizika terorismu a modelování budoucího vývoje, je americká společnost AIR Worldwide, která v roce 1987 založila obor modelování katastrof a nyní zajišťuje analýzy pro více než 400 vládních institucí, pojišťoven a světových finančních společností, které ve své činnosti vycházejí z pravděpodobnostních modelů přírodních katastrof a ozbrojených konfliktů.

Software modelu ALERT, který překlenuje nedostatek historických dat v oblasti moderního terorismu, je založen na kombinaci následujících přístupů:

- Modelová simulace škod způsobenými zbraněmi
Díky dlouhodobému výzkumu působení konvenčních zbraní jsou dobře známy jejich očekávané hmotné i zdravotní dopady. V modelu ALERT je navíc tato simulace škod přizpůsobena analytickému odhadu působení ve složitém městském prostředí. Vzhledem k proklamovanému úmyslu teroristických skupin použít chemické, biologické a nukleární zbraně, je v modelu ALERT zahrnut také odhad kontaminace a možných zranění v případě použití zbraní hromadného ničení na základě dat z Ministerstva obrany Spojených států amerických.
- Databáze budov a orientačních bodů
Model ALERT obsahuje aktualizovanou databázi přibližně 300 000 orientačních bodů napříč Spojenými státy, jež by se mohly stát potenciálními cíli teroristického útoku včetně dopravních uzlů, elektráren, mostů, zdravotnických zařízení, turistických míst, státních budov a významných soukromých nemovitostí. Mezi jinými zdroji model ALERT využívá registr ISO ProMetrix s kvantitativními údaji o těchto bodech (velikost, způsob konstrukce, obsazenost atd.).
- Kvalifikovaný odhad frekvence a rozsahu teroristických útoků
Pro stanovení pravděpodobné frekvence a rozsahu teroristického útoku model ALERT využívá metodu Delphi (též Delfská metoda), což je strukturovaný proces založený na statistickém zpracování názorů expertů. Metoda Delphi byla vytvořena společností RAND v roce 1969 pro účely amerického letectva. Základem tohoto přístupu jsou anonymní odpovědi

Tab. 1 Odhad následků teroristického útoku pro vybraná americká města v modelu RMS [14]

Město	Škoda na majetku (mil. USD)			Oběti na životě			Zranění		
	Standardní	Snížené	Zvýšené	Standardní	Snížené	Zvýšené	Standardní	Snížené	Zvýšené
Atlanta	2,3	1,7	3,1	1,4	0,8	2,0	24	14	36
Denver	2,5	1,8	3,3	1,1	0,7	1,6	19	11	28
New York	413	265	550	304	221	401	5,046	3,322	6,864
Miami	2,7	1,3	3,9	0,5	0,4	0,7	9	6	12

- názory členů panelu musí být získány formálními dotazníky, opakovaná a kontrolovaná odezva, přičemž interakce je zajištěna systematicky řízenou odezvou po každém kole a vyhodnocením metodami statistické analýzy (stanovení interkvartilového rozsahu, standardní odchylky, aj.) Výsledky jsou poté vráceny účastníkům panelu, kteří tak získají přístup k celkovému skupinovému názoru, mají možnost porovnat svou vlastní odpověď s názorem skupiny a svou odpověď upravit. Dalšími opakováními se rozsah názorů obvykle zužuje. V modelu ALERT je panel tvořen odborníky na terorismus z takových institucí, jako jsou FBI, CIA, Ministerstvo obrany a Ministerstvo energie USA.

Výsledkem kombinace těchto přístupů je obsáhlý model potenciálních hrozeb, jež zahrnuje plný rozsah možného charakteru teroristických útoků provedených jak domácími extremisty, tak známými mezinárodními skupinami i jejich individuálními příznivci.

Vzhledem k tomu, že tento model je poskytován na komerční bázi, buď jako software nebo jednorázový konzultační projekt, není možné zajistit výstup pro konkrétní ilustraci funkcí modelu.

Závěr

Monitoring současných trendů a spolehlivá predikce vývoje terorismu jsou klíčové pro formulaci adekvátní bezpečnostní politiky státu, zejména s ohledem na zajištění bezpečnostních priorit ve vztahu k ochraně osob i kritické infrastruktury.

Riziko terorismu jako metody násilného prosazování náboženských, politických a jiných cílů zůstává v zemích Evropské unie vysoké. V loňském roce vzrostl oproti předchozímu období jak počet teroristických útoků, tak počet osob zatčených v souvislosti s terorismem. Z hlediska motivace patří k nejčastějším útokům v Evropě projevy nacionalismu a separatismu. Nábožensky motivované útoky představují početní menšinu, jejich projevy však obvykle vedou k vyššímu počtu obětí na životech, z tohoto důvodu patří jejich prevence k hlavním prioritám společné bezpečnostní politiky států EU.

Studium terorismu, jenž se jako multioborová akademická disciplína rozvíjí od 60. let minulého století, se vyznačuje nedostatkem primárních zdrojů a empirických dat, což omezuje možnosti ověření vědeckých teorií i závěrů a neposkytuje dostatečně spolehlivé vstupy pro predikci budoucího vývoje. Tyto nedostatky je možno překonat inovativními přístupy ke studiu terorismu, včetně užší spolupráce s bezpečnostními složkami státu, řízenými pohovory s bývalými členy teroristických skupin, příp. terénním výzkumem.

Pro kvantifikaci rizika a modelování střednědobého vývoje terorismu se používají vybrané metody bezpečnostního prognózování, jež odpovídajícím způsobem zohledňují faktory nejistoty. Prvním modelem spojujícím kvalitativní i kvantitativní data pro predikci vývoje terorismu v USA byl model ALERT, jenž je založen na metodách simulace možných škod způsobených teroristickým útokem a kvantifikaci rizika na základě Delphi metody zapojením expertního panelu.

Potřeba přesné kvantifikace rizika terorismu je aktuální také v pojišťovnictví, kde jsou využívány poznatky z teorie her v kombinaci se softwarovou simulací potenciálních dopadů různých druhů útoků. Vzhledem k tomu, že riziko obrovského ničivého útoku, byť zanedbatelné, zůstává pro komerční pojištění příliš vysoké, mnohé vyspělé státy v zájmu stability ekonomiky pro tento případ vytvořily program státních garancí.

Výzkum provedený organizací RAND porovnává metody založené na jedno-faktorových indikátorech rizika (počet obyvatel, příp. hustota osídlení) s modely založenými na události (např. RMS - Risk Management Solutions). Výhodou jedno-faktorových indikátorů je jejich jednoduchost, nezohledňují však vztah mezi hlavními faktory pro určení míry rizika (hrozba, zranitelnost

a rozsah následků). Technicky náročnější event-based modely poskytují dostatek údajů pro detailní analýzu, jejich nevýhodou je však nutnost kvalifikovaného odhadu velkého množství neznámých veličin.

Výběr vhodné metody kvantifikace rizika a prognózování vývoje terorismu záleží na rozsahu a účelu, pro nějž je prognóza zpracovávána. Zatímco státní orgány by pro své rozhodování v oblasti bezpečnostní politiky měly mít k dispozici co nejúplnější data o typu, cílech a dopadu potenciálního útoku, pro identifikaci rizika konkrétní lokality nebo typu provozu postačí jednodušší metody založené na kvalifikovaném odhadu (např. pomocí metody Delphi), které jsou v různé míře obsaženy ve všech zde představených modelech predikce terorismu.

Použitá literatura

- [1] Alex, P.; Schmid, A.; Jongman, J.: *Political Terrorism: A New Guide to Actors, Authors, Concepts, Data Bases, Theories, and Literature*, New Brunswick: Transaction Books, 1988, str. 179.
- [2] Schmid, A.; Jongman, A.: *Political Terrorism*, SWIDOC and Transaction Books, 1988, 2. vydání 2005, ISBN 1-4128-0469-8.
- [3] Silke, A.: *The Devil You Know: Continuing Problems with Research on Terrorism*, Terrorism and Political Violence 13, č. 4, 2001, str. 13.
- [4] Lum, C.; Kennedy, L.W.; Sherley, A.J.: The Effectiveness of Counter-Terrorism Strategies, *Campbell Systematic Reviews*, č. 2, 2006, str. 8.
- [5] Sluka, J.A.: *Hearts and Minds, Water and Fish: Support for the IRA and INLA in a Northern Irish Ghetto*, Greenwich, CT/London: JAI Press, 1989.
- [6] Schuurman, B.; Eijkman, Q.: *Moving Terrorism Research Forward: The Crucial Role of Primary Sources*, ICCT Background Note, červen 2013, ke stažení na: <http://www.icct.nl/download/file/Schuurman-and-Eijkman-Moving-Terrorism-Research-Forward-June-2013.pdf>.
- [7] EU Terrorism Situation and Trend Report, TE-SAT 2011, ISBN 978-92-95018-86-0.
- [8] EU Terrorism Situation and Trend Report, TE-SAT 2012, ISBN 978-92-95078-23-9.
- [9] EU Terrorism Situation and Trend Report, TE-SAT 2013, ISBN 978-92-95078-76-5.
- [10] Gomba, P.: Aktuální trendy v oblasti terorismu, *Security magazin*, 3/2012, ISSN/ISBN 1210-8723.
- [11] Subhedar, V.; Zaloom, V.; Hsing-wei Chu.: *An Analysis of the Correlation of Expert Opinions in Security Risk Assessment*, Department of Industrial Engineering, Lamar University, Beaumont, USA, ke stažení: http://dept.lamar.edu/industrial/Ports/ISSAT_Conference_Proceeding_2008/Analysis_of_Correlation_in_Delphi_Responses_rev.pdf.
- [12] Woo, G.: *A Terrorism Risk Analyst's Perspective on Tria*, Calif.: Risk Management Solutions, 2002, ke stažení na: http://rmsonecloud.net/Publications/RiskAnalystPerspectiveTRIA_WooForCongress.pdf.
- [13] Webel, B.: *Terrorism Risk Insurance: Issue Analysis and Overview of Current Program*, CRS Report for Congress, February 26, 2013, ke stažení na: <https://www.hsdl.org/?view&did=731919>.
- [14] Willis, H.H.; Morral, A.R.; Kelly, T.K.; Medby, J.J.: *Estimating Terrorism Risk*, The RAND Center for Terrorism Risk Management Policy, 2005, ISBN 0-8330-3834-6, ke stažení na: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND_MG388.pdf.

Určování prvků regionální kritické infrastruktury

Determination of the Critical Infrastructure Elements at Regional Level

Ing. Petr Novotný

Ing. Jiří Markuci

doc. Ing. David Řehák, Ph.D.

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice

novotny.petr@vsb.cz, jiri.markuci@vsb.cz, david.rehak@vsb.cz

Abstrakt

Článek představuje jednu z možných variant určování prvků regionální kritické infrastruktury, která je založena na transformaci průřezových kritérií pro určení prvků kritické infrastruktury vyšších úrovní (evropské a národní). V úvodní části článku jsou prezentována stěžejní východiska určování prvků kritické infrastruktury. Nosnou částí příspěvku je objasnění problematiky transformace stávajících průřezových kritérií na regionální úroveň. Pozornost je věnována dopadu na veřejnost, ekonomickému dopadu s důrazem na hrubý domácí produkt a v neposlední řadě také ztrátám na životech. V závěru článku jsou zvažována veškerá pozitivita a možná negativa implementace předkládané varianty do praxe regionálních samosprávných celků.

Klíčová slova

Kritická infrastruktura, průřezová kritéria, regionální úroveň.

Abstract

The paper presents one of the possible variants of determining the regional level of the critical infrastructure elements, which is based on the transformation of the cross-cutting criteria for determining the critical infrastructure elements at higher levels (European and national). In the first part, the paper presents basics of determining critical infrastructure elements. The crucial part of this paper is to clarify the issue of transformation the existing cross-cutting criteria to the regional level. Attention is paid to the society impact, economic impact, with accent to gross domestic product and loss of life too. Finally, the paper takes into consideration all positives and negatives of implementation that may the presented variant bring to the practice of regional governments.

Keywords

Critical infrastructure, cross-cutting criteria, regional level.

1 Úvod

Určení prvků kritické infrastruktury je jedním ze základních předpokladů jejich ochrany. Pro identifikaci prvků kritické infrastruktury jednotlivých úrovní se v členských státech Evropské unie [2], tedy i České republice [1, 4], uplatňují odvětvová a průřezová kritéria. Průřezová kritéria jsou v České republice právní úpravou stanovena pouze pro národní a evropskou úroveň kritické infrastruktury. Tento článek v souladu s Koncepcí ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem 2020 [8], která hovoří o regionální úrovni kritické infrastruktury, představuje jednu z možných variant stanovení průřezových kritérií regionální úrovně. Tato transformace vychází ze stávajících průřezových kritérií a jejich limitních hodnot národní a evropské kritické infrastruktury a jejich poměrovou aplikaci po úroveň regionální, resp. krajskou.

2 Východiska určování prvků kritické infrastruktury

Evropská kritická infrastruktura je nejvyšší úrovní, pro kterou je řešena problematika kritické infrastruktury v rámci členských zemí Evropské unie, tedy i České republiky. Jako zásadní východí dokument pro řešení problematiky v rámci EU lze považovat Zelenou knihu z roku 2005 [3], na jejímž základě byla v roce 2008 přijata Směrnice Rady EU o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu [2]. Tato směrnice mj. zavádí pro určení evropské kritické infrastruktury průřezová a odvětvová kritéria a doporučuje členským státům implementaci těchto kritérií pro určení národní kritické infrastruktury. V rámci směrnice jsou vymezeny dva sektory kritické infrastruktury, v nichž má členský stát unie možnost určit prvek evropské kritické infrastruktury na základě posouzení jeho vlivu na ostatní členské státy. Prvním sektorem je „Energetika“ se třemi podsektory elektřina, ropa a zemní plyn. V rámci sektoru dopravy jsou směrnicí [2] určeny jako příslušné podsektory silniční doprava, železniční doprava, letecká doprava, vnitrozemská vodní a zámořská (pobřežní) doprava a přístavy. Prahové hodnoty průřezových kritérií jsou pak vedeny v utajované příloze této směrnice [2, 12]. Takto stanovená průřezová kritéria hodnotí hledisko: obětí (počet mrtvých či zraněných), ekonomického dopadu (hospodářská ztráta nebo zhoršení kvality výrobků/služeb a dopad na životní prostředí) a dopadu na veřejnost (důvěra, fyzické strádání, narušení každodenního života, případně ztráta nezbytných služeb).

Současný právní rámec věnující se bezpečnosti kritické infrastruktury v České republice zásadním způsobem vychází z implementace směrnice [2], která vychází ze strategického dokumentu vydaného evropskou komisí, Zelené knihy z roku 2005 [3]. Ve vazbě na problematiku kritické infrastruktury v Evropské unii byly vytvořeny v České republice dva strategické dokumenty, a to Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury [6] a Národní program na ochranu kritické infrastruktury [5]. Implementací této směrnice [2] a národních strategických dokumentů [5, 6] do národní legislativy došlo v roce 2010 k novelizaci zákona o krizovém řízení [1] a přijetí nařízení vlády o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury [4]. Nutnost ochrany kritické infrastruktury vyplývá mj. i z Bezpečnostní strategie České republiky [7].

V rámci problematiky kritické infrastruktury v ČR pak Národní program na ochranu kritické infrastruktury [5] vymezuje dvě základní kritéria pro jejich určení, a to **nenahraditelnost** a **nahraditelnost** prvku. Nenahraditelnost je v rámci [5] chápána tak, že prvek infrastruktury nelze v krátkém časovém období obnovit, resp. do doby obnovy lze funkce poskytované prvkem nahradit pouze provizorně s tím, že toto provizorium významně ovlivní život obyvatelstva (omezení nebo znemožnění poskytování základních životních potřeb a fungování veřejné správy. V rámci výpadku nenahraditelného prvku je předpoklad nutnosti vyhlášení regulačních stupňů, stavů nouze případně krizových stavů a tato opatření mohou dosáhnout i celostátní úrovně.

Konkrétní odvětvová i průřezová kritéria pro určování prvků kritické infrastruktury na národní úrovni jsou uvedeny v příslušném nařízení vlády [4]. V rámci národní úrovně kritické infrastruktury bylo vymezeno celkem 9 sektorů, v nichž jsou následně pomocí průřezových kritérií určovány prvky národní kritické infrastruktury. Na základě výše zmíněného vymezují průřezová kritéria hranici dopadů způsobených výpadkem prvku infrastruktury z vybraných sektorů [4] na životy, zdraví a majetek. Limitní hodnoty pro určení

prvku kritické infrastruktury na **národní úrovni** jsou podle nařízení vlády [4]:

- dopad na veřejnost s mezní hodnotou rozsáhlého omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125 000 osob,
- ekonomického dopadu s mezní hodnotou hospodářské ztráty státu vyšší než 0,5 % hrubého domácího produktu, nebo
- oběti s mezní hodnotou více než 250 mrtvých nebo více než 2 500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin.

Základními východisky pro určování prvků kritické (životně důležité) infrastruktury na regionální úrovni v České republice je Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020 [8]. Tato koncepce [8] zavádí mimo výše uvedených úrovní kritické infrastruktury také úroveň krajskou a místní. Tyto dvě úrovně lze shrnout jedním pojmem, a to **regionální kritická infrastruktura**. Koncepce dále uvádí nutnost zkoumání vazeb jak mezi jednotlivými sektory, tak i mezi jednotlivými úrovněmi kritické infrastruktury. Taktéž nová Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 [10] projednaná a přijatá usnesením vlády ČR č. 805 ze dne 23. října 2013 [9] v rámci strategických priorit ochrany obyvatelstva hovoří a zvýšení odolnosti a ochrany prvků kritické infrastruktury. Koncepce [10] dále zmiňuje, že vzhledem k nejasnému dalšímu postupu Evropské unie v ochraně kritické infrastruktury je nutné ochranu kritické infrastruktury dále rozvíjet a zdokonalovat zejména na úrovni České republiky, tedy zachovat řešení problematiky ochrany kritické infrastruktury na úrovni státní správy (lze provádět např. i v přenesené působnosti), jako jedné ze zásadních oblastí krizového řízení. Jako strategický cíl do roku 2030 pak koncepce [10] uvádí zejména revizi odvětví kritické infrastruktury s ohledem na plánovanou novelizaci nařízení vlády o kritériích pro určení prvků kritické infrastruktury [4].

3 Transformace průřezových kritérií

Stanovení průřezových kritérií pouze pro národní úroveň kritické infrastruktury znemožňuje určení prvků regionálních kritických infrastruktur, a to i přes zjevnou skutečnost, že na této úrovni existují takové prvky, jež mohou způsobit závažný dopad právě v regionální úrovni. Následující část popisuje možné způsoby transformace stanovených průřezových kritérií národní úrovně [4] pro potřeby kritické infrastruktury kraje. Obdobná transformace byla provedena při stanovení průřezových kritérií národní úrovně z hodnot vyplývajících z utajované přílohy Směrnice Rady EU [2], přičemž samozřejmě bylo přihlédnuto k možnostem České republiky. Při výpočtech průřezových kritérií krajské úrovně kritické infrastruktury byly využity hodnoty z Krajských ročenek [11] zpracované Českým statistickým úřadem, a to za období posledních tří let, tzn. od roku 2010 do roku 2012.

Z hlediska popisu transformace průřezových kritérií je vhodné postupovat od počtu obyvatel České republiky k počtu obyvatel jednotlivých krajů. Vzhledem k různým hodnotám rozlohy a zalidnění jednotlivých krajů je vhodné stanovit dynamické (poměrové) hodnoty pro transformaci průřezových kritérií, jež nestanovují pro každý kraj pevnou mezní hodnotu, avšak respektují vzájemné poměrové hodnoty průřezových kritérií [12] plynoucí z příslušného nařízení vlády [4], jež je pro území České republiky závazné. Vzhledem k období tvorby tohoto nařízení vlády a jeho vyhlášení ve Sbírce zákonů České republiky v závěru roku 2010 jsou v příspěvku záměrně zpracovávány hodnoty od roku 2010 (hodnoty Českého statistického úřadu z 31. 12. 2010 [11]).

3.1 Transformace kritéria možného dopadu na veřejnost nebo jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125 000 osob

Transformace vychází z přepočtu hodnoty 125 000 osob ($K1_{CR}$), jež je stanovena pro národní úroveň, vůči počtu všech obyvatel České republiky (O_{CRi}) podle vzorce (1):

$$D1_i = \frac{K1_{CR}}{O_{CRi}} \quad (1)$$

kde $D1_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 1 v i -tém roce; $K1_{CR}$ = původní hodnota průřezového kritéria 1; O_{CRi} = počet obyvatel České republiky v i -tém roce.

Výsledný poměr eventuálně postižených vůči počtu všech obyvatel je prezentován dynamickou hodnotou průřezového kritéria ($D1_i$) a jeho hodnota pro rok 2010 činí po úpravě 1,187 %. Vypočtená hodnota $D1_i$ je vždy závislá na počtu obyvatel příslušného územního celku, tedy jedná se o hodnotu dynamickou (není určena statická limitní hranice počtu obyvatel jako na národní úrovni). Následně jsou hodnoty $D1_i$ využity při přepočtu eventuálně postižených obyvatel vůči počtu všech obyvatel příslušných krajů v příslušných letech podle vzorce (2):

$$K1_{ij} = D1_i \cdot O_{Kij} \quad [\text{počet osob}] \quad (2)$$

kde $K1_{ij}$ = počet postižených obyvatel v i -tém roce a j -tém kraji; $D1_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 1 v i -tém roce; O_{Kij} = počet obyvatel v i -tém roce a j -tém kraji.

Vypočtené hodnoty jsou názorně zobrazeny v tab 1.

Tab. 1 Poměr eventuálně postižených obyvatel a celkového počtu obyvatel - přepočteno pro jednotlivé kraje (převzato a doplněno z [11])

Transformace kritéria dopadu na obyvatelstvo				
Rok	2010	2011	2012	Jednotka
O_{CRi}	10,53 mil	10,50 mil	10,51 mil	obyvatel
$D1_i$	1,187 %	1,190 %	1,189 %	[%]
Hlavní město Praha	14 920	14 774	14 820	K _{ij} (počet postižených obyvatel kraje)
Středočeský kraj	15 012	15 222	15 355	
Jihočeský kraj	7 580	7 569	7 567	
Plzeňský kraj	6 789	6 803	6 807	
Karlovarský kraj	3 649	3 607	3 586	
Ústecký kraj	9 922	9 852	9 827	
Liberecký kraj	5 221	5 219	5 213	
Královéhradecký kraj	6 584	6 590	6 573	
Pardubický kraj	6 138	6 145	6 139	
Vysočina	6 107	6 091	6 076	
Jihomoravský kraj	13 703	13 877	13 891	
Olomoucký kraj	7 615	7 599	7 579	
Zlínský kraj	7 006	7 009	6 986	
Moravskoslezský kraj	14 754	14 643	14 580	

Využití podílu současného limitu 125 tisíc postižených osob na 14 krajů (8 929 postižených osob) jako samotného průřezového kritéria krajské kritické infrastruktury se jeví jako nevyhovující. Např. v Praze by se při použití této hodnoty stanovené prostým podílem počtu zasažených počtem krajů ČR jednalo o postižení necelého 1 % obyvatelstva, avšak v Karlovarském kraji o postižení téměř 3 % obyvatel kraje. Vzhledem k výhodě dynamických (poměrových) hodnot $D1_i$ uvedených v tab. 1 není žádný kraj znevýhodněn, oproti možnosti určení limitní hranice výše zmíněným podílem průřezového kritéria pro krajskou kritickou infrastrukturu. Hodnota $D1_i$ odpovídající 1,187 % v roce 2010 je mj. zároveň hodnotou nejnižší ve sledovaném období, jelikož Česká republika v témže roce vykazovala nejvyšší počet obyvatel.

3.2 Transformace kritéria ekonomického dopadu s mezní hodnotou hospodářské ztráty vyšší než 0,5 % hrubého domácího produktu

Pro potřebu stanovení průřezového kritéria krajské kritické infrastruktury byla výše zmíněná hodnota použita pro výpočet hodnot ekonomického dopadu mezní hodnoty hrubého domácího

produktu jednotlivých krajů. Na úrovni národní kritické infrastruktury bylo vytvořeno průřezové kritérium s limitním poměrem stanoveným jako **mezní hodnota hospodářské ztráty na úroveň 0,5 % hrubého domácího produktu ($K2_{CR}$)**.

Vypočtené hodnoty pro území celé České republiky a jednotlivé kraje jsou znázorněny v tab. 2.

Tab. 2 Vypočtená výše mezní hodnoty ekonomického dopadu na hrubý domácí produkt České republiky a jednotlivých krajů (převzato a doplněno z [11])

Transformace kritéria ekonomického dopadu na HDP [milióny Kč]				
Rok	2010	2011	2012	100 % HDP
Česká republika	3 775 237	3 841 370	3 846 246	K _{2,CR} (mezní hodnota hospodářské ztráty 0,5 % HDP)
	18 876	19 207	19 231	
Hlavní město Praha	4 863	4 865	4 744	
Středočeský kraj	2 029	2 055	2 093	
Jihočeský kraj	979	982	991	
Plzeňský kraj	877	931	932	
Karlovarský kraj	399	393	391	
Ústecký kraj	1 251	1 212	1 221	
Liberecký kraj	590	611	622	
Královéhradecký kraj	856	874	867	
Pardubický kraj	733	766	748	
Vysočina	753	769	787	
Jihomoravský kraj	1 937	1 980	2 018	
Olomoucký kraj	869	894	907	
Zlínský kraj	890	912	948	
Moravskoslezský kraj	1 850	1 961	1 961	

Tab. 3 Přepočtení hrubého domácího produktu na jednoho obyvatele (převzato a doplněno z [11])

Hrubý domácí produkt na 1 obyvatele [Kč]				
Rok	2010	2011	2012	HDP _{ij}
ČR (průměr)	358 428	365 655	365 747	HDP _{ij}
Hlavní město Praha	773 610	783 702	761 068	
Středočeský kraj	320 825	321 290	324 080	
Jihočeský kraj	306 450	308 894	311 196	
Plzeňský kraj	306 616	325 632	325 504	
Karlovarský kraj	259 707	259 482	259 013	
Ústecký kraj	299 346	292 859	295 345	
Liberecký kraj	268 199	278 741	283 670	
Královéhradecký kraj	308 663	315 427	313 720	
Pardubický kraj	283 497	296 709	289 836	
Vysočina	292 800	300 330	307 973	
Jihomoravský kraj	335 433	339 603	345 387	
Olomoucký kraj	270 979	279 994	284 558	
Zlínský kraj	301 492	309 684	322 578	
Moravskoslezský kraj	297 540	318 675	319 743	

Z hlediska následně provedeného výpočtu je naprosto dominantní hodnotou počet postižených osob, jelikož např. padesátinásobně převyšuje počet hospitalizovaných osob. Z toho důvodu není v následujících srovnáních uvažováno s hodnotami počtu hospitalizovaných a zemřelých osob. V tab. 3 je uvedena vypočtená hodnota hrubého domácího produktu na jednoho obyvatele, přičemž výpočet byl proveden podle vzorce (3):

$$HDP_{ij} = \frac{HDP_{Kij}}{O_{Kij}} \quad (3)$$

kde HDP_{ij} = hrubý domácí produkt na jednoho obyvatele v i -tém roce a j -tém kraji; HDP_{Kij} = hrubý domácí produkt kraje v i -tém roce a j -tém kraji; O_{Kij} = počet obyvatel v i -tém roce a j -tém kraji.

Následující tab. 4 znázorňuje výpočet ztráty hrubého domácího produktu při použití hodnot kritéria $K1_{ij}$ a stanoveného limitního kritéria $K2_{CR}$. Ztráta je v tab. 4 uvedena pouze pro výchozí rok 2010. Výpočet ztráty hrubého domácího produktu je proveden pro kraje podle vzorce (4):

$$\Delta HDP_{Kij} = HDP_{ij} \cdot K1_{ij} \quad (4)$$

kde ΔHDP_{Kij} = ztráta hrubého domácího produktu s využitím hodnot kritéria $K1_{ij}$ v i -tém roce a j -tém kraji; HDP_{ij} = hrubý domácí produkt na jednoho obyvatele v i -tém roce a j -tém kraji; $K1_{ij}$ = počet postižených obyvatel v i -tém roce a j -tém kraji.

Tab. 4 Ztráta hrubého domácího produktu kraje vypočtená z dynamické hodnoty průřezového kritéria $D1_i$ a stanoveného kritéria $K2_{CR}$ (převzato a doplněno z [11])

Ztráta hrubého domácího produktu krajů v roce 2010 [Kč]					
Kraj České republiky	HDP _{Kij}	HDP _{ij}	D ₁ = 1,187 %		K _{2,CR}
			K ₁ _{ij} [os]	ΔHDP _{Kij}	
Hlavní město Praha	946 630 404 633	773 610	14 920	11 541 961 261	4 862 752 932
Středočeský kraj	393 223 426 150	320 825	15 012	4 816 356 353	2 029 182 948
Jihočeský kraj	189 867 731 810	306 450	7 580	2 322 888 998	978 658 222
Plzeňský kraj	171 271 970 775	306 616	6 789	2 081 579 292	876 991 837
Karlovarský kraj	71 948 764 981	259 707	3 649	947 583 798	399 227 288
Ústecký kraj	230 481 390 704	299 346	9 922	2 970 097 122	1 251 333 994
Liberecký kraj	105 202 296 165	268 199	5 221	1 400 298 819	589 961 016
Královéhradecký kraj	161 496 117 014	308 663	6 584	2 032 315 695	856 236 551
Pardubický kraj	147 805 348 866	283 497	6 138	1 739 979 146	733 072 006
Vysočina	139 521 853 126	292 800	6 107	1 788 062 674	753 330 116
Jihomoravský kraj	379 669 348 916	335 433	13 703	4 596 476 275	1 936 545 097
Olomoucký kraj	167 194 826 405	270 979	7 615	2 063 584 446	869 410 414
Zlínský kraj	169 690 420 805	301 492	7 006	2 112 323 005	889 944 495
Moravskoslezský kraj	351 861 099 651	297 540	14 754	4 389 961 244	1 849 538 084

Z tab. 5 je zřejmý rozdíl ztrát hodnot hrubého domácího produktu v Kč pro jednotlivé kraje, který je způsoben jednak původní vyšší samotného hrubého domácího produktu kraje, ale zároveň také počtem jeho obyvatel. Na základě výše zmíněného lze usuzovat, že již při dosažení počtu postižených obyvatel stanovených podle kritéria $K1_{ij}$ dojde v kraji ke ztrátě hrubého domácího produktu překračujícího mezní hodnotu stanovenou kritériem $K2_{CR}$. Vzájemná závislost již stanovených průřezových kritérií [4] je zřejmá, avšak z hlediska navržené transformace kritérií krajské úrovně kritické infrastruktury je třeba zmínit následující: Ztráta hrubého domácího produktu kraje nevytvořená celkovým počtem postižených osob překročí mezní hodnotu 0,5 %

hospodářské ztráty hrubého domácího produktu kraje vycházející z národní úrovně.

Na národní úrovni je kritérium $K2_{CR}$ stanoveno na mezní hodnotu hospodářské ztráty hrubého domácího produktu 0,5 %, avšak pro úroveň kraje je toto kritérium nevyhovující. Na základě vzorce (5) lze obecně vyjádřit hodnoty dynamického kritéria $K2_{ij}$ přepočteného pro úroveň kraje:

$$K2_{ij} = \frac{\Delta HDP_{Kij}}{HDP_{Kij}} \quad (5)$$

kde $K2_{ij}$ = hodnota průřezového kritéria 2 v i -tém roce a j -tém kraji; ΔHDP_{Kij} = ztráta hrubého domácího produktu s využitím hodnoty kritéria $K1_{ij}$ v i -tém roce a j -tém kraji; HDP_{Kij} = hrubý domácí produkt v i -tém roce a j -tém kraji.

Jedná se o limitní hodnotu kritéria $K2_{ij}$, jež je proměnná v jednotlivých letech a pro jednotlivé kraje. Výše kritéria odpovídá ztrátě hrubého domácího produktu, jež nebyl vytvořen takovým počtem obyvatel, který je stanoven pomocí hodnot kritéria $K1_{ij}$ pro příslušné roky a kraje.

Tab. 5 Ztráty hrubého domácího produktu krajů vypočtené z hodnot kritéria $K1_{ij}$ a prezentování hodnot kritéria $K2_{ij}$ (převzato a doplněno z [11])

Ztráta hrubého domácího produktu krajů [miliard Kč]									
Rok	2010			2011			2012		
Kraj České republiky	D ₁ = 1,187 %			D ₁ = 1,190 %			D ₁ = 1,189 %		
	HDP _{Kij}	ΔHDP _{Kij}	K ₂ _{ij}	HDP _{Kij}	ΔHDP _{Kij}	K ₂ _{ij}	HDP _{Kij}	ΔHDP _{Kij}	K ₂ _{ij}
Hlavní město Praha	946,6	11,5	1,219 %	973,1	11,6	1,192 %	948,9	11,3	1,192 %
Středočeský kraj	393,2	4,8	1,225 %	411,	4,9	1,192 %	418,7	5,0	1,192 %
Jihočeský kraj	189,9	2,3	1,223 %	196,5	2,3	1,170 %	198,1	2,4	1,170 %
Plzeňský kraj	171,3	2,1	1,215 %	186,2	2,2	1,182 %	186,4	2,2	1,182 %
Karlovarský kraj	71,9	0,9	1,317 %	78,7	0,9	1,144 %	78,2	0,9	1,144 %
Ústecký kraj	230,5	3,0	1,289 %	242,5	2,9	1,196 %	244,2	2,9	1,196 %
Liberecký kraj	105,2	1,4	1,331 %	122,3	1,5	1,226 %	124,4	1,5	1,226 %
Královéhradecký kraj	161,5	2,0	1,258 %	174,7	2,1	1,202 %	173,5	2,1	1,202 %
Pardubický kraj	147,8	1,7	1,177 %	153,2	1,8	1,175 %	149,7	1,8	1,175 %
Vysočina	139,5	1,8	1,282 %	153,8	1,8	1,170 %	157,4	1,9	1,170 %
Jihomoravský kraj	379,7	4,6	1,211 %	396,1	4,7	1,187 %	403,6	4,8	1,187 %
Olomoucký kraj	167,2	2,1	1,234 %	178,8	2,1	1,174 %	181,4	2,2	1,174 %
Zlínský kraj	169,7	2,1	1,245 %	182,4	2,2	1,206 %	189,6	2,3	1,206 %
Moravskoslezský kraj	351,9	4,4	1,248 %	392,2	4,7	1,198 %	392,2	4,7	1,198 %

Tab. 5 uvádí jednotlivé hodnoty průřezového kritéria krajské kritické infrastruktury $K2_{ij}$, jež jsou dynamicky proměnné pro každý kraj a pro příslušný rok na základě počtu obyvatel kraje a jeho hrubého domácího produktu.

3.3 Transformace kritéria mezní hodnoty 250 mrtvých nebo 2 500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin

Pro kompletnost průřezových kritérií krajské úrovně kritické infrastruktury je proveden přepočet hodnot mrtvých ($K3m_{CR}$) a hospitalizovaných ($K3h_{CR}$) vzhledem k celkovému počtu obyvatel České republiky (O_{CR}). Přepočet kritéria 250 mrtvých byl proveden nejprve podle vzorce (6), čímž byl opět vypočten poměr mrtvých vztahený k celkovému počtu obyvatel České republiky ($D3m_i$):

$$D3m_i = \frac{K3m_{CR}}{O_{CRi}} \quad (6)$$

kde $D3m_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu mrtvých v i -tém roce; $K3m_{CR}$ = původní hodnota průřezového

kritéria 3, týkající se počtu mrtvých; O_{CRi} = počet obyvatel České republiky v i -tém roce.

Následně byla tato hodnota aplikována na počty obyvatel příslušných krajů podle vzorce (7):

$$K3m_{ij} = D3m_i \cdot O_{Kij} \quad (7)$$

kde $K3u_{ij}$ = počet mrtvých v i -tém roce a j -tém kraji; $D3u_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu mrtvých v i -tém roce; O_{Kij} = počet obyvatel v i -tém roce a j -tém kraji.

Obdobně je přepočteno kritérium 2500 následně hospitalizovaných, a to podle vzorce (8), kde se jedná o výpočet poměru následně hospitalizovaných k celkovému počtu obyvatel České republiky ($D3h_i$):

$$D3h_i = \frac{K3h_{CR}}{O_{CRi}} \quad (8)$$

kde $D3h_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu následně hospitalizovaných v i -tém roce; $K3h_{CR}$ = původní hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu následně hospitalizovaných; O_{CRi} = počet obyvatel České republiky v i -tém roce.

V dalším kroku byla hodnota $D3h_i$ využita pro výpočet počtu následně hospitalizovaných osob příslušného kraje ($K3h_{ij}$), a to podle vzorce (9):

$$K3h_{ij} = D3h_i \cdot O_{Kij} \quad [\text{počet osob}] \quad (9)$$

kde $K3h_{ij}$ = počet následně hospitalizovaných osob v i -tém roce a j -tém kraji; $D3h_i$ = dynamická hodnota průřezového kritéria 3, týkající se počtu následně hospitalizovaných osob v i -tém roce; O_{Kij} = počet obyvatel kraje v i -tém roce a j -tém kraji.

Vypočtené limitní hodnoty pro určení prvku krajské kritické infrastruktury podle kritéria počtu mrtvých ($K3m_i$) nebo počtu následně hospitalizovaných osob ($K3h_i$) se pohybují v **rozmezí hodnot v řádech nejvýše desítek a nejvýše stovek počtu obyvatel příslušného kraje**. Je však nutno brát v úvahu právě vlastnost příslušného prvku krajské kritické infrastruktury, jež spočívá v možnosti vzniku primárního či sekundárního ohrožení zdraví či životů obyvatelstva. Vypočtené počty obětí nebo hospitalizovaných stanovené dle výše uvedených vztahů jsou souhrnně uvedeny v tab. 6.

Tab. 6 Vypočtená výše kritéria mrtvých $K3u_{ij}$ /následně hospitalizovaných osob $K3h_{ij}$ pro jednotlivé kraje (převzato a doplněno z [11])

Transformace kritéria obětí/následně hospitalizovaných osob				
Rok	2010	2011	2012	Jednotka
O_{CRi}	10,53 mil	10,50 mil	10,51 mil	obyvatel
$D3u_i$	0,00237 %	0,00238 %	0,00238 %	[%]
$D3h_i$	0,0237 %	0,0238 %	0,0238 %	
Hlavní město Praha	30/297	30/295	30/295	
Středočeský kraj	30/297	30/304	31/304	$K3u_{ij}/K3h_{ij}$
Jihočeský kraj	15/152	15/151	15/151	
Plzeňský kraj	14/136	14/136	14/136	
Karlovarský kraj	7/73	7/72	7/72	
Ústecký kraj	20/199	20/197	20/197	
Liberecký kraj	10/104	10/104	10/104	
Královéhradecký kraj	13/132	13/132	13/132	
Pardubický kraj	12/123	12/123	12/123	
Vysočina	12/123	12/122	12/122	
Jihomoravský kraj	27/274	28/278	28/278	
Olomoucký kraj	15/153	15/152	15/152	
Zlínský kraj	14/141	14/140	14/140	
Moravskoslezský kraj	30/297	29/293	29/293	

Rozmezí hodnot přepočtených kritérií se pohybovalo např. v roce 2010 [11] pro mrtvé od 7 do 30 osob a pro hodnoty následně hospitalizovaných osob od 73 do 297. Poměrové složení hodnot průřezového kritéria odpovídá hodnotám stanoveným pro úroveň národní kritické infrastruktury, avšak je nutno přihlídnout k počtu obyvatel jednotlivých krajů.

Takto vypočtené hodnoty kritéria mrtvých/následně hospitalizovaných se více přibližují hodnotám následků reálné vznikajících situací. Nezávisle to potvrzují informace získané ze závěrečné zprávy projektu [12], kde byla mimo jiné ověřena možnost snížení limitní hranice průřezového kritéria mrtvých/následně hospitalizovaných. Z příslušného výpočtu [12] vyplývá, že výsledné hodnoty limitní hranice průřezového kritéria transformovaného pomocí přepočtu z národní úrovně v některých případech dokonce koresponduje s databázemi a provedeným výpočtem.

Závěr

Zvýšení bezpečnosti evropské a národní úrovně kritické infrastruktury lze dosáhnout mimo jiné také ochranou prvků úrovně nižších (regionálních). Nezbytným předpokladem ochrany regionálních (např. krajských) prvků kritické infrastruktury je jejich určení, které však v současné době není možné provést z důvodu chybějících průřezových kritérií.

Na základě chybějících kritérií byla v rámci článku představena jedna z možných variant pro vymezení průřezových kritérií regionální kritické infrastruktury. Tato varianta je založena na transformaci jednotlivých průřezových kritérií, resp. poměrovém přepočtu jejich limitních hodnot, z vyšších úrovní (evropské a národní) na úroveň regionální (krajskou). Poměr je uplatněn zejména ve smyslu počtu obyvatel České republiky k počtu obyvatel kraje a limitní hodnoty národní úrovně průřezového kritéria k limitní hodnotě průřezového kritéria regionální úrovně. Zřejmý účel přepočtu statických limitních hodnot na hodnotu dynamickou (poměrovou) je podložen zejména rozdílným počtem obyvatel v různých krajích České republiky, ale také rozdílné výši hrubého domácího produktu, který je v těchto krajích vytvářen. Díky dynamické hodnotě je taktéž

zaručena meziregionální porovnatelnost průřezových kritérií. To umožňuje komparaci a zhodnocení účelnosti modelu transformace z hlediska bezpečnosti pro jednotlivé územní celky.

Účelnost transformace je zřejmá zejména z hodnoty kritéria dopadu na postižené obyvatelstvo. Nicméně rozdíl mezi stávajícími mezními hodnotami průřezového kritéria postižených obyvatel národní úrovně a mezní hodnotou hospodářské ztráty hrubého domácího produktu poukazuje na nepříliš vhodné nastavení limitní hodnoty kritéria hospodářské ztráty hrubého domácího produktu na národní úrovni. Tento nesoulad vedl k návrhu dynamické hodnoty tohoto průřezového kritéria. U průřezových kritérií mrtvých a hospitalizovaných osob se při aplikaci dynamické varianty jejich limitní hodnoty více blíží reálným dopadům.

Významnou nevýhodou transformace průřezových kritérií národní úrovně kritické infrastruktury na úroveň regionální je skutečnost, že hrubý domácí produkt je stanovován pouze do úrovně kraje. V případě potřeby stanovení nižších úrovní kritické infrastruktury, než je úroveň krajská, by tedy bylo nutné vymezit jiné kritérium ekonomické ztráty, než je předkládané kritérium hrubého domácího produktu.

Závěrem tohoto textu je vhodné krátké zamyšlení nad související problematikou, a to nastavení kritérií národní kritické infrastruktury. Na základě získaných poznatků by totiž bylo přínosné zvážit možnost úpravy kritických hodnot těchto kritérií. Snížením limitní hranice těchto kritérií by následně došlo k rozšíření počtu relevantních subjektů a prvků národní kritické infrastruktury. Revize kritérií by současně umožnila přiblížit se k reálným hodnotám následků v podmínkách České republiky.

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu studentské grantové soutěže „Nastavení východisek pro určování prvků regionální kritické infrastruktury a příspěvní ke zvýšení bezpečnosti kritické infrastruktury kraje“, identifikační číslo SP2014/108.

Použitá literatura

- [1] Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Směrnice Rady 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu.
- [3] Zelená kniha o evropském programu na ochranu kritické infrastruktury [online] Brusel: Komise evropských společenství, 17. listopadu 2005 [cit. 2013-01-26]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/green-papers/index_cs.htm#2005.
- [4] Nařízení vlády č. 432 ze dne 22. prosince 2010 o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů.
- [5] Národní program ochrany kritické infrastruktury [online] Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství HZS ČR [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/strategie-oddeleni-strategii.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>.
- [6] Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury [online] Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství HZS ČR [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/strategie-oddeleni-strategii.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>.
- [7] Bezpečnostní strategie České republiky [online] Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství HZS ČR, 2011 [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/strategie-oddeleni-strategii.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>.
- [8] Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2008. 52 s. ISBN 978-80-86640-91-4.

- [9] Usnesení vlády České republiky ze dne 23. října 2013 č. 805 ke Koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030. [cz/soubor/koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030-pdf.aspx](http://www.vlada.cz/soubor/koncepce-ochrany-obyvatelstva-2020-2030-pdf.aspx).
- [10] Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 [online]. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2013, 61 s. [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz>.
- [11] Český statistický úřad [online]. 2013, [cit. 19.12.2013]. Dostupné z: <http://www.czso.cz>.
- [12] Štejflová, E. a kol.: *Závěrečná zpráva projektu Objektivizace hrozeb a rizik zařízení pro výrobu a přenos elektřiny (VF20112013019)*. Ostrava: F.S.C. Bezpečnostní poradenství, 2013, 97s.

Vliv komplexního terénu a meteorologických podmínek na šíření plynného polutantu ve velkoplošných oblastech - srovnávací matematická studie

Influence of Complex Terrain and Meteorological Conditions on Gas Pollutant Dispersion in Large Domains - Comparative Mathematical Study

Ing. Ondřej Zavila, Ph.D.¹

Ing. Marian Bojko, Ph.D.²

RNDr. Jan Bitta, Ph.D.³

Ing. Irena Pavlíková³

doc. Ing. Petr Jančík, Ph.D.³

Ing. Pavel Dobeš, Ph.D.¹

¹VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovic

²VŠB - TU Ostrava, Fakulta strojní

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

³VŠB - TU Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

ondrej.zavila@vsb.cz, marian.bojko@vsb.cz, jan.bitta@vsb.cz

irena.pavlikova@vsb.cz, petr.jancik@vsb.cz, pavel.dobes@vsb.cz

Abstrakt

Článek je zaměřen na matematické modelování pohybu a rozptylu plynného polutantu v komplexním terénu velkoplošné výpočtové oblasti. Úloha je definována pro jeden havarijní zdroj plynného NH_3 (amoniak) a dvě varianty meteorologických podmínek (inverze a izotermie) v oblasti horského údolí. Úloha zaměřených na podmínky teplotní inverze nebo izotermie v atmosféře je dosud celosvětově velmi málo, protože tyto jsou spojeny s nízkou rychlostí proudění média, která činí z matematického hlediska problémy většinou modelovacích kódů. Pro výpočet úlohy byl použit CFD kód ANSYS Fluent 14.0 a statistický software ALOHA 5.4.3. Výsledky studie ukazují nejen možné propojení a odlišnosti obou matematických modelů, ale také vliv terénu a meteorologických podmínek na tvar, velikost, pohyb a rozptyl kouřové vlečky plynného polutantu.

Klíčová slova

Atmosféra, CFD, inverze, izotermie, komplexní terén, plynný amoniak.

Abstract

The article is focused on mathematical modelling of gas pollutant motion and dispersion in complex terrain of large scale geometry. The problem is defined just for one accidental source of gaseous NH_3 (ammonia) and two variants of meteorological conditions (inversion and isothermal stratification of the atmosphere) in the area of mountain valley. CFD code ANSYS Fluent 14.0 and statistical software ALOHA 5.4.3 were used as a tool for getting mathematical solution of the problem. There are not many case studies worldwide that include inversion or isothermal stratification of the atmosphere because it is usually connected with small value of air velocity that causes problems with mathematical solution for most solvers and codes. Results of the study show not only the way of both mathematical approaches cooperation but also the influence of complex terrain and meteorological conditions on shape, size, motion and dispersion of gas pollutant plume.

Keywords

Atmosphere, CFD, inversion, isothermal stratification, complex terrain, gas ammonia.

Úvod

Studium zákonitostí pohybu a rozptylu kouřových vleček polutantů v atmosféře patří mezi soudobé nejrozšířenější trendy nejen na poli CFD (angl. Computational Fluid Dynamics) numerického matematického modelování. Zkoumají se fyzikální zákonitosti a logické vazby vyplývající z rozdílných definic zdrojů, meteorologických podmínek i tvarů a rozměrů výpočtových oblastí. Nejvíce jsou dosud na poli odborného publikování zastoupeny aplikace spojené s únikem nejběžnějších průmyslových polutantů při dobrých rozptylových meteorologických podmínkách v prostředí malých (rozměry v jednotkách až desítkách metrů) nebo středních (rozměry v desítkách až stovkách metrů) výpočtových oblastí. Scénáře spojené se špatnými rozptylovými podmínkami nejsou dosud modelovány příliš často, protože tyto podmínky bývají spojeny s velmi nízkou rychlostí proudění vzduchu, což představuje problém se stabilitou řešení většiny numerických matematických modelů. Méně zastoupeny jsou také aplikace řešené na velkoplošných výpočtových oblastech (rozměry v jednotkách až desítkách kilometrů), protože tyto výpočty jsou spojeny s horší dostupností vstupních dat, vyššími nároky na výkon výpočetní techniky a delším časem pro získání výsledků.

Následující srovnávací studie představuje scénář havarijního úniku kapalného NH_3 s následným okamžitým odparem a dalším šířením toxické kouřové vlečky již plynného NH_3 na velkoplošné oblasti terénu horského údolí v podmínkách střední Evropy. Okamžitým odparem kapalného NH_3 je myšlen scénář, kdy kapalným NH_3 po výtoku z porušeného zásobníku bude vytvářet louži (angl. pool), z jejíž hladiny se za daných meteorologických podmínek bude následně odpařovat (měnit skupenství) do podoby plynné fáze. Studie reprezentuje technickou havárii cisternového automobilu převážejícího kapalným NH_3 za špatných rozptylových meteorologických podmínek ve složitém terénu.

Vstupní data

Následující případová studie představuje havarijní úniku kapalného NH_3 (amoniaku) s následným odparem a šířením toxické kouřové vlečky již plynného NH_3 do atmosféry v prostředí komplexního terénu horského údolí v okolí obce Horní Lomná (Moravskoslezské Beskydy, Moravsko-slezský kraj, Česká republika). Numerický matematický výpočet byl proveden za pomoci CFD kódu ANSYS Fluent 14.0 [1], a to pro dvě varianty meteorologických podmínek - izotermie a inverze. Obě meteorologické podmínky (izotermie i inverze) reprezentují tzv. „stabilní teplotní zvrstvení“ atmosféry, které je charakteristické pro špatné rozptylové podmínky [2, 3].

Izotermie představuje stav atmosféry, kdy se v určitém intervalu výšek teplota vzduchu s výškou nemění, tj. je konstantní. V atmosféře je obecně velmi vzácná a jedná se spíše o dočasný přechodový stav [10].

Inverze pak představuje stav atmosféry, kdy se v určitém intervalu výšek teplota s narůstající výškou zvyšuje. Na rozdíl od izotermie se vyskytuje v atmosféře velmi často, a to v podmínkách České republiky především v podzimmím a zimním období [10].

Software ANSYS Fluent 14.0 byl pro tento typ úloh verifikován na úloze šíření a rozptylu různě těžkých polutantů v aerodynamickém tunelu nízkých rychlostí, viz literatura [12, 13].

Výpočtová oblast CFD modelu byla definována jako přibližný kvádr o rozměrech 5600 [m] (délka), 3100 [m] (šířka) a 841 [m] (výška). Podlaha výpočtové oblasti byla vytvořena jako topografická plocha terénu na základě digitálního modelu terénu vytvořeného v systému GIS (angl. Geographic Information System) v podobě textového souboru obsahujícího souřadnice bodů plochy. Jednotlivé body plochy byly generovány s nastaveným krokem vzájemné vzdálenosti 50 [m]. Mezilehlé body terénu byly interpolovány na základě známých souřadnic. Textový soubor byl dále importován do softwaru GAMBIT [7] (preprocesoru softwaru ANSYS Fluent 14.0), kde byla plocha upravena do podoby 3D objemu představujícího budoucí výpočtovou oblast numerického matematického modelu v softwaru ANSYS Fluent 14.0 [1]. Celková plocha modelovaného terénu činí 18 421 700 [m²]. Nejnižší bod terénu se nalézá v nadmořské výšce 517 [m n. m.], nejvyšší bod pak v nadmořské výšce 1058 [m n. m.]. Převýšení terénu tedy činí 541 [m]. Výpočtová oblast byla dále rozdělena na čtyři intervaly výšek:

Interval 1: 0 - 83 [m] nad terénem (tj. 517 - 600 [m n. m.]);

Interval 2: 83 - 583 [m] nad terénem (tj. 600 - 1100 [m n. m.]);

Interval 3: 583 - 833 [m] nad terénem (tj. 1100 - 1350 [m n. m.]);

Interval 4: 833 - 1000 [m] nad terénem (tj. 1350 - 1517 [m n. m.]).

V každém intervalu výšek byl definován vertikální profil rychlosti proudění vzduchu a teploty.

Grid (sít výpočtových elementů) výpočtové oblasti sestával původně z 2 243 243 buněk typu „Tet/Hybrid“ generovaných v softwaru GAMBIT [6], a posléze byl optimalizován na 498 855 buněk typu „Polyhedra“ v softwaru ANSYS Fluent 14.0 [1]. Velikost elementů sítě byla nastavena na průměr buňky cca 30 [m].

Úloha byla v první fázi počítána bez aktivního zdroje polutantu jako stacionární (časově nezávislá), což mělo sloužit k rozpočítání turbulentního pole proudění vzduchu. Teprve ve druhé fázi výpočtu byl model přenastaven jako nestacionární (časově závislý), a to se zahrnutím aktivního zdroje již plynného NH₃. Jedná se o doporučovanou a běžně užívanou výpočtovou strategii modelování CFD kódy [1]. Pro výpočet turbulentního pole proudění vzduchu byl použit „RNG $k - \varepsilon$ model turbulence“, a pro výpočet šíření plynného NH₃ pak „Species model“, který je součástí nabídky submodelů v rámci ANSYS Fluent 14.0 [1].

Okrajové podmínky modelu byly nastaveny jako „Velocity Inlet“ (vstup do oblasti), „Outflow“ (výstup z oblasti), „Symmetry“ (boční stěny oblasti) a „Wall“ (podlaha a strop oblasti). Na vstupu do výpočtové oblasti byly zadány následující vertikální profily fyzikálních veličin:

$$v_1 = 1,5 \cdot \left[\frac{(z - 517)}{10} \right]^{0,33} \quad (1)$$

$$v_2 = 3,02 \quad (2)$$

$$T_1 = 6 + 273,15 \quad (3a)$$

$$T_1 = \left[\frac{(z - 517) + 416,475}{55,5} \right] + 273,15 \quad (3b)$$

$$T_2 = \left[\frac{(z - 517) - 1582,7}{-166,6} \right] + 273,15 \quad (4)$$

$$= \left[\frac{(-517) + 166,9}{125} \right] + 273,15 \quad (5)$$

$$k = 0,23763 \quad (6)$$

$$\varepsilon = \frac{0,267^3}{0,4 \cdot (z - 517)} \quad (7)$$

kde v je rychlost proudění vzduchu [m.s⁻¹], z je výšková souřadnice [m], T je teplota vzduchu [K], k je turbulentní kinetická energie [m².s⁻²] a ε je rychlost turbulentní disipace [m².s⁻³].

Pro výpočet teplotně stratifikovaného turbulentního pole proudění vzduchu u IZOTERMIE byla aplikována rov. (1) [2, 3] pro Interval 1; rov. (2) [5] pro Interval 2, 3, 4; rov. (3a) [5] pro Interval 1, 2, 3; rov. (4) [5] pro Interval 4; rov. (6) a (7) [1, 11] byly aplikovány pro všechny Intervaly výšky stejně.

Pro výpočet teplotně stratifikovaného turbulentního pole proudění vzduchu u INVERZE byla aplikována rov. (1) [2, 3] pro Interval 1; rov. (2) [5] pro Interval 2, 3, 4; rov. (3b) [5] pro Interval 1; rov. (4) [5] pro Interval 2,3; rov. (5) [5] pro Interval 4; rov. (6) a (7) [1, 11] byly aplikovány pro všechny Intervaly výšky stejně. Jak vyplývá z výše uvedeného, profily všech uvedených veličin byly definovány na základě dat poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) [5] nebo převzaty z odborné literatury [1, 2, 3, 11]. Směr proudění vzduchu byl ve všech případech nastaven na 0 [°], tj. severní vítr (vítr foukající ze severu).

Zdroj byl definován již pouze pro NH₃ v plynném skupenství, a to jako zdroj plošný s okrajovou podmínkou „Velocity Inlet“, nastaveným rychlostním ekvivalentem hmotnostního průtoku 11.5 [kg.s⁻¹] na ploše 771 [m²] (což odpovídá ploše přibližně kruhové buňky gridu o průměru cca 30 [m]) a teplotou - 34.7 [°C] (238.45 [K]). Polutant byl definován jako čistý plynný NH₃ (amoniak). Nastavené parametry zdroje plynného NH₃ byly získány za pomoci softwaru ALOHA 5.4.3 [3, 4, 6], kde byl modelován únik 4000 [l] kapalného NH₃ na ploše 771 [m²] a jeho fázová přeměna na plyn za výše uvedených meteorologických podmínek odpovídajících stavu teplotní inverze. Takto před-počítané hodnoty pak byly přeneseny do softwaru ANSYS Fluent 14.0, kde byla následně realizována časově závislá úloha pohybu a rozptylu již pouze plynného NH₃. Pro realizaci výpočtové úlohy za pomoci statistického (semi-empirického) modelu ALOHA 5.4.3 bylo použito pro vyhodnocení limitů akutní toxicity hodnoty ERPG-1, ERPG-2 a ERPG-3 (angl. Acute Exposure Guideline), jež jsou pro amoniak převzaty ze softwaru CAMEO, jehož součástí je ALOHA 5.4.3 [6]. Všechny níže uvedené fyzikální veličiny jsou uvedeny pro podmínky běžného atmosférického tlaku okolní atmosféry, tj. tlaku 101325 [Pa]. Jedná se o úplný výpis nastavení vstupních dat softwaru ALOHA 5.4.3 pro tuto úlohu:

SITE DATA:

- Location: HORNÍ LOMNA, ČESKÁ REPUBLIKA
- Building Air Exchanges Per Hour: 0.46 (sheltered single storied)
- Time: October 20, 2013 0859 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

- Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol
- AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1100 ppm
- IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm
- Ambient Boiling Point: -34.7 °C
- Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
- Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0 %

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA):

- Wind: 1.5 meters/second from 0° true at 10 meters
- Ground Roughness: open country Cloud Cover: 10 tenths
- Air Temperature: 3 °C Stability Class: D
- Inversion Height: 800 meters Relative Humidity: 50 %

SOURCE STRENGTH:

- Evaporating Puddle (Note: chemical is flammable)
- Puddle Area: 771 square meters Puddle Volume: 4000 liters
- Ground Type: Default soil Ground Temperature: 3 °C
- Initial Puddle Temperature: -34.7 °C
- Release Duration: 10 minutes
- Max Average Sustained Release Rate: 691 kilograms/min
- (averaged over a minute or more)
- Total Amount Released: 2,733 kilograms

THREAT ZONE:

- Model Run: Gaussian
- Red: 963 meters --- (750 ppm = ERPG-3)
- Orange: 2.1 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)
- Yellow: 4.5 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

Výsledky a logické vazby

V případě obou softwarů byly vyšetřovány hranice dosahu kouřové vlečky plynného NH_3 odpovídající limitům akutní toxicity ERPG-1 (25 [ppm]), ERPG-2 (150 [ppm]) a ERPG-3 (750 [ppm]). Výsledky výpočtu softwaru ALOHA 5.4.3 [3, 4, 6] byly exportovány ve formátu „.kml“ do softwarového prostředí Google Earth [8], kde byly implementovány do leteckého snímku cílového prostoru s cílovými GPS souřadnicemi 49°32'16.37" N, 18°38'34.07" E jako izo-linie koncentrací plynného NH_3 (viz obr. 1). Situace byla vyhodnocena pro předpokládanou aktivitu havarijního zdroje polutantu v délce 10 minut (viz výše zápis nastavení úlohy v softwaru ALOHA 5.4.3). Výsledky výpočtu softwaru ANSYS Fluent 14.0 byly vyhodnoceny v podobě vyplněných kontur koncentrace plynného NH_3 na povrchu terénu s nastaveným intervalem hodnot 25 - 750 [ppm] (viz obr. 2) a izo-ploch koncentrace plynného NH_3 s nastavenou hodnotou 25 [ppm] (viz obr. 3 a obr. 4) v časech 150 [s] (2.5 [min]), 300 [s] (5 [min]), 450 [s] (7.5 [min]) a 600 [s] (10 [min]).

Již na první pohled je z obr. 1 a obr. 2 patrné, že výsledky softwaru ALOHA 5.4.3 a ANSYS Fluent 14.0 nelze srovnávat. I při stejném zadání úlohy totiž z principu vyobrazují odlišnou informaci. Nejedná se však o žádnou chybu softwaru, pouze o rozdílnou logiku vizualizace výsledků. Software ANSYS Fluent 14.0 [1] vizualizuje odhad průběhu fyzikálního děje po nastavených časových krocích tak, jak se děj postupně vyvíjí v daném okamžiku. Software ALOHA 5.4.3 však zohledňuje pouze čas aktivity zdroje polutantu. Neposkytuje vizualizace průběžného vývoje havarijní situace, ale až její celkový dopad. To znamená, že ve výsledku vizualizuje celkovou plochu terénu zasaženého kouřovou vlečkou polutantu při daných nastavených koncentračních limitech, a to od jejího vzniku až do okamžiku zániku (rozptýlu) bez ohledu na to, zda je zdroj polutantu ještě aktivní či nikoliv.

Z toho vyplývá následující tvrzení. Výsledky softwaru ALOHA 5.4.3 a ANSYS Fluent 14.0 lze porovnávat pouze ve dvou případech, a to:

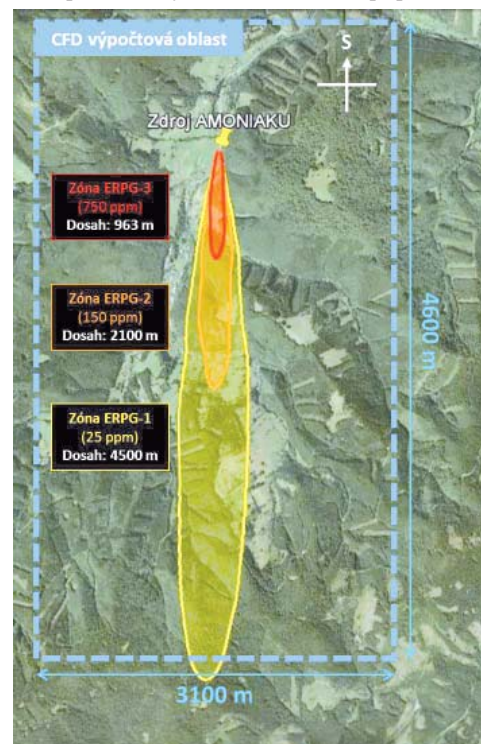
1. pokud bylo v ANSYS Fluent 14.0 dosaženo časově nezávislé řešení úlohy, tj. modelovaný děj se za daných podmínek ustálil (např. modelování ustálené kouřové vlečky polutantu při neměnných parametrech zdroje a meteorologických podmínkách pro vyšetřovaný časový úsek);

2. pokud byl v rámci časově závislého řešení úlohy v ANSYS Fluent 14.0 dopočítán absolutní rozptyl zbytkové kouřové vlečky polutantu i po deaktivaci zdroje (tj. úloha byla dopočítána až do okamžiku, kdy se kouřová vlečka již při neaktivním zdroji polutantu zcela rozptýlila pod sledovaný koncentrační limit), a byla zaznamenána celková plocha zasaženého terénu od chvíle vzniku až po absolutní zánik této vlečky.

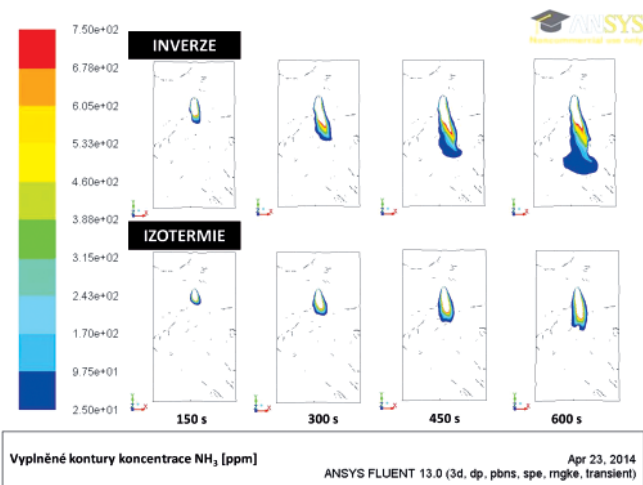
Při porovnání obr. 3 a obr. 4 je patrné, že teplotní zvrstvení atmosféry má na časový průběh, tvar i velikost kouřové vlečky vliv. Je nutné připomenout, že plynný NH_3 má přibližně poloviční měrnou hmotnost (hustotu) ve srovnání se vzduchem. Lze jej proto považovat za lehký plyn s tendencí k vertikálním pohybům, v tomto případě ke stoupání, což se také v případě obou modelovaných meteorologických situací prokazuje. Výrazné odlišnosti jsou však ve tvaru kouřových vleček a ploše zasaženého terénu. Zatímco při izotermii zůstává kouřová vlečka NH_3 tvarově konzistentní a zasahuje menší povrch terénu, při inverzi dochází k jejímu výraznému rozmýchávání a zasažení povrchu většího. Příčiny této odlišnosti je potřeba hledat povaze turbulentního proudění vzduchu, které odpovídá oběma modelovaným situacím.

V případě izotermie vertikální profil rychlosti proudění vzduchu nevykazuje po délce celé oblasti výraznějších změn a turbulentních projevů, a to i navzdory členitému horskému terénu. To je také důvodem tvarové konzistence kouřové vlečky.

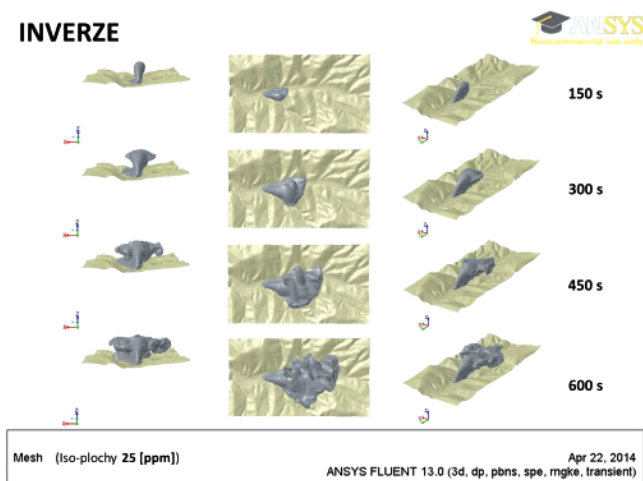
V případě inverze je však vertikální profil proudění vzduchu neustálený s výraznými turbulentními projevy. Má zde vliv změna hustoty vzduchu v důsledku změny teploty, což v kombinaci s rychlostí horizontální proudění vzduchu a mechanickou turbulencí od horského terénu vyvolává značné vertikální i horizontální pohyby vzduchové masy a nestability režimu proudění. Výraznější změny v proudovém poli lze pozorovat také v místech změny trendu teplotního profilu. Obecně lze říci, že teplotní zvrstvení odpovídající stavu inverze, je z hlediska rozptýlu toxického polutantu a jeho případného dopadu na obyvatelstvo horší než případ izotermie.



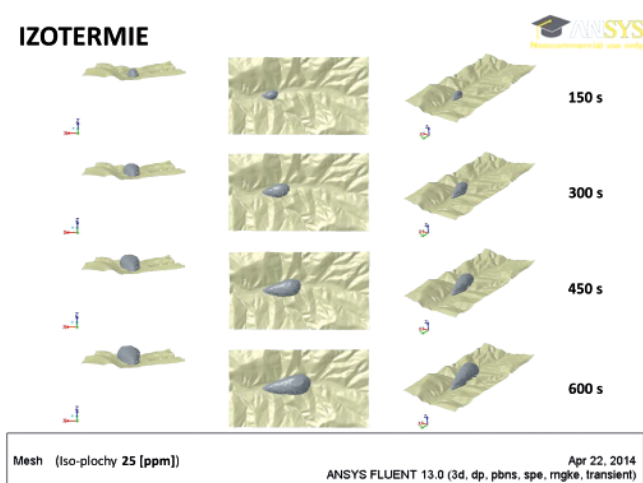
Obr. 1 Kouřová vlečka plynného NH_3 pro nastavené limity akutní toxicity ERPG-1, ERPG-2 a ERPG-3 (ALOHA 5.4.3)



Obr. 2 Vyplněné kontury koncentrací plynného NH_3 v nastaveném intervalu hodnot 25 - 750 [ppm] v časech 150 [s], 300 [s], 450 [s] a 600 [s] po započetí havarijního úniku za meteorologických podmínek INVERZE a IZOTERMIE (ANSYS Fluent 14.0)



Obr. 3 Izo-plochy koncentrace plynného NH_3 o nastavené hodnotě 25 [ppm] v časech 150 [s], 300 [s], 450 [s] a 600 [s] po započetí havarijního úniku za meteorologických podmínek INVERZE (ANSYS Fluent 14.0)



Obr. 4 Izo-plochy koncentrace plynného NH_3 o nastavené hodnotě 25 [ppm] v časech 150 [s], 300 [s], 450 [s] a 600 [s] po započetí havarijního úniku za meteorologických podmínek IZOTERMIE (ANSYS Fluent 14.0)

Diskuse

Již řadu let probíhá odborná diskuse ohledně limitů použitelnosti statistických modelů a dynamických CFD kódů pro účely nejrůznějších aplikačních studií. Zpravidla bývají výsledky obou přístupů prezentovány odděleně a je poukazováno na jejich vzájemné přednosti a nedostatky. Lze však v určitých případech potenciály obou modelovacích nástrojů a přístupů spojit. Softwar jako je například ALOHA 5.4.3 lze využít pro určité typy fyzikálních rozptylových úloh k dimenzování zdrojů. Naopak CFD nástroje jsou účinnější při vizualizaci dynamiky těchto fyzikálních jevů a poskytují širší škálu nástrojů pro definici meteorologických podmínek. Je zřejmé, že cestou do budoucnosti matematického modelování nejen na poli rozptylových studií není jednoznačné potlačení jedné skupiny modelovacích nástrojů ve prospěch té druhé, ale nalezení adekvátních možností vzájemné vazby tak, aby byl reálný potenciál všech dostupných nástrojů maximálně efektivně využit.

Závěr

Dynamické matematické CFD kódy, ať už samostatně nebo ve spolupráci s vybranou škálou statistických matematických modelů, představují cestu do budoucna matematického modelování všude tam, kde je třeba zohledňovat složité terénní podmínky nebo městskou zástavbu. Aplikací v těchto geometricky složitých podmínkách stále přibývá a hledají se nástroje a metodické postupy, jak je řešit komplexněji a se stále větší přesností. S nástupem možné hrozby terorismu a potřeby optimalizačních postupů nejen v oblasti bezpečnosti a havarijního plánování přichází také potřeba hlubších analýz fyzikálních jevů, jež představují nebezpečí pro člověka, zvířata i majetek, a jejich dynamiky. Tuto potřebu již statistické matematické modely nedovedou naplnit, a posouvají se tak do polohy doplňujících pomocných nástrojů, které mohou poskytovat dílčí pre-processing, nikoli však konečné výsledky expertních analýz. Tento článek poskytuje jeden z mnoha dostupných příkladů uvedeného nastupujícího trendu.

Poděkování

Tato studie byla podporována projektem ev. č. VG20132015128 "Zvýšení environmentální bezpečnosti prevencí zneužití průmyslových chemických látek k terorismu" podpořeného Ministerstvem vnitra z Programu bezpečnostního výzkumu ČR v letech 2013 - 2015, a projektem Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2012 (2012 - 2013): Základní výzkum toku suspendovaných částic v ovzduší v rozsáhlých oblastech při nízkých rychlostech proudění s využitím dynamického modelování, ev. č. 01718/2012/RRC.

Použitá literatura

- [1] ANSYS: *Computational Fluid Dynamics (CFD) Software* [online]. ANSYS, © 2011 [vid. 30 April 2014]. Dostupné z: <http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Fluid+Dynamic>.
- [2] Bednář, J.; Zikmunda, O.: *Fyzika mezní vrstvy atmosféry: vysokoškolská příručka pro studenty matematicko-fyzikálních a přírodovědeckých fakult*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1985, 245 s.
- [3] Bubník, J.; Keder, J.; Macoun, J.; Maňák, J.: *Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP výpočtu znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS'97“ (Systém modelování stacionárních zdrojů)* [online]. Praha: ČHMÚ a EKOAIR, 1999 [cit. 30. 4. 2014]. Dostupné z: http://knc.czu.cz/~vachm/ovzdusi/ovzd_zak/symos_A4.pdf.
- [4] Casal, J.: *Evaluation of the effects and consequences of major accidents in industrial plants*. 1st ed. Boston: Elsevier, 2008, xiv, 363 p. ISBN 978-0-444-53081-3.

- [5] Český hydrometeorologický ústav [online]. Český hydrometeorologický ústav, ©2014 [vid. 30 April 2014]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=en&menu=JSPTabContainer/P1_0_Home.
- [6] EPA: United States Environmental Protection Agency [online]. EPA, © 2014 [vid. 30 April 2014]. Dostupné z: <http://www2.epa.gov/cameo/cameo-downloading-installing-and-running-aloah>.
- [7] GAMBIT by Fluent Inc. [online]. SoftScout, © 2014 [cit. 30 April 2014]. Dostupné z: <http://www.softscout.com/software/Engineering/Computational-Fluid-Dynamics-CFD/GAMBIT.html>.
- [8] Google Earth [online]. Google Earth, © 2014 [vid. 30 April 2014]. Dostupné z: <http://google-earth.en.softonic.com/>.
- [9] Jančík, P.; Bitta, J.; Pavlíková, I.; Zavila, O.; Bojko, M.: Základní výzkum toku suspendovaných částic v ovzduší v rozsáhlých oblastech při nízkých rychlostech proudění s využitím dynamického modelování: Závěrečná zpráva (01718/2012/RRC). Moravskoslezský kraj - Krajský úřad, 2013.
- [10] Keller, L.; Dvořák, P. a kol.: Učebnice pilota: Aerodynamika, letecká meteorologie, letecká navigace, letadla, letecké pohonné jednotky, palubní přístroje, elektrotechnika, radiotechnika. Cheb: Svět křídel, 2013, 756 s. ISBN 978-80-86808-90-1.
- [11] Kozubková, M.: Modelování proudění tekutin FLUENT, CFX. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2008. 154 s. ISBN 978-80-248-1913-6.
- [12] Zelinger, Z.; Strážník, M.; Kubát, P. et al.: Dispersion of Light and Heavy Pollutants in Urban Scale Models: CO₂ Laser Photoacoustic Studies. *Applied spectroscopy*. 2009, 63(4), 430 - 436. ISSN 0003-7028.
- [13] Zavila, O.; Herecová, L.; Míček, D.; Hejzlar, T.: Numerická simulace pohybu těžkých a lehkých polutantů jako způsob verifikace experimentálně změřených dat v aerodynamickém tunelu. *Communications*, 2011, roč. 2011, č. 2, s. 37 - 43.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studia v oblasti bezpečnosti dopravy

doc. Ing. Šárka Kročová, Ph.D.

VŠB - TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice
sarka.krocova@vsb.cz

Abstrakt

S rozvojem dopravní infrastruktury v České republice, zejména dálničních staveb dopravních komunikací, se zvyšuje i počet tunelových staveb, délka tunelových objektů a požadavky na bezpečnost provozování. Na danou skutečnost je nutné reagovat nejen zvyšováním provozně bezpečnostních prvků, ale i přípravou odborníků na složitá řešení úkolů a hledání nových cest, jak zvyšovat stávající bezpečnost v souladu s novými vědeckými poznatky a možnostmi technického řešení.

Následující článek v základním spektru naznačuje jednu z možností, jak k řešení naléhavých úkolů přistupovat a formou meziresortní spolupráce problematiku řešit.

Úvod

Předpoklad trvale udržitelného rozvoje poznání a řešení složitých úkolů na úseku tunelových staveb pozemních komunikací, je zvládnutí předmětné teorie a její uskutečňování v praxi. Tímto úkolem se zabývala v rámci projektu „Inovace studia v oblasti bezpečnosti dopravy“ Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství a její partneri Policie České republiky Krajské ředitelství policie Moravskoslezského kraje, Krajské ředitelství Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje a Ředitelství silnic a dálnic České republiky. Řešená problematika byla rozdělena do následujících pěti základních okruhů a aktivit:

- detailního rozpracování potřeb inovace studijních programů z hlediska provozovatelů, organizací a složek zajišťujících bezpečnost tunelových staveb a likvidaci mimořádných událostí,
- stanovení předmětu a rozsahu inovace,
- úpravy studijní dokumentace a přípravy studijních materiálů,
- realizace inovace,
- zpracování modulu pro prezentaci inovovaných programů v rámci prezentace na středních školách.

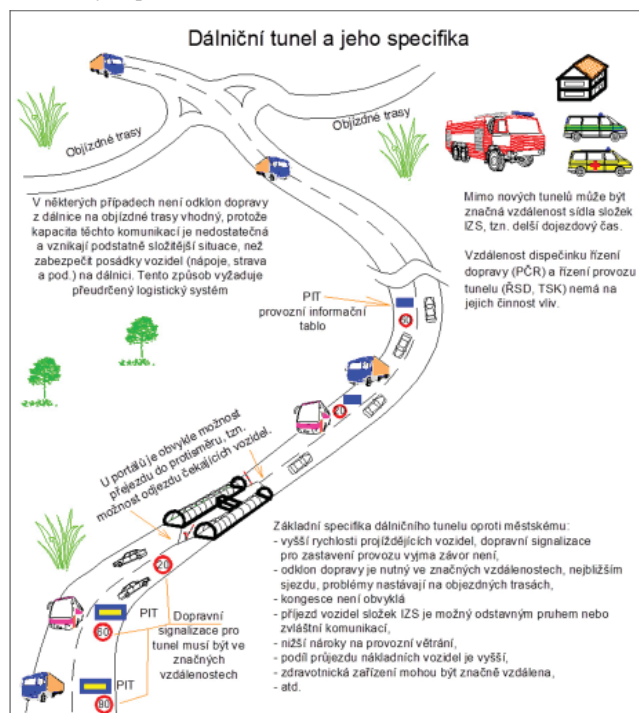
Z uvedeného rozsahu vyplývá, že jeho struktura byla koncipována zejména na primární část problematiky, tj. přípravu vysokoškolsky vzdělaných odborníků na zvyšování současné bezpečnosti tunelových staveb. Mimořádný význam projektu nespočívá pouze v inovaci samotných studijních oborů, ale prostřednictvím výše uvedených partnerů v aplikaci praxe do výuky studentů. Daným opatřením lze docílit, že se studenti již v průběhu studia mohou podílet na řešení problematiky bezpečnosti staveb a současně již při nástupu do praxe mají podstatně více informací pro uplatňování teorie v praxi.

Tunelové stavby a jejich bezpečnost

Výstavba dopravních komunikací dálničních staveb v členitém terénu se neobejde bez budování tunelových staveb. Je obecně známo, že se jedná o technicky náročnou stavbu dopravního inženýrství, která musí splňovat celou řadu podmínek. V podmínkách České republiky se v reálném prostředí vyskytují dva základní druhy tunelových staveb:

- tunely v zastavěných územích měst,
- dálniční tunely v nezastavěných územích.

Jestliže ze stavebního hlediska jsou obě kategorie tunelů velmi podobné, tak z hlediska zajištění provozní bezpečnosti mají rozdílné charakteristiky. Této charakteristice musí odpovídat i provozně bezpečnostní opatření stavby. Je nutné vzít v úvahu základní rozdíly mezi městským a dálničním tunelem, viz obr. 1, časovými limity nutnými k řešení mimořádné události a organizací záchranných prací.



Obr. 1 Schéma dálničního tunelu a jeho základní charakteristika

Vzhledem k tomu, že i v České republice bude dálničních tunelů trvale přibývat z důvodů výstavby dálniční sítě v hornatém terénu a současně se bude zvyšovat i jejich dopravní zatížení, musí se zvyšovat i provozně bezpečnostní opatření k minimalizaci negativního rozsahu mimořádných událostí. Na uvedenou potřebu je zaměřen i projekt bezpečnosti dopravy v tunelových stavbách dopravních komunikací dokončený v srpnu letošního roku.

Představení projektu inovace studia v oblasti bezpečnosti dopravy

Celkové pojetí projektu a studia na Fakultě bezpečnostního inženýrství Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava je koncipováno do velmi široké oblasti bezpečnosti procesů, které zvyšují předpoklad zvládnutí mimořádných situací v každých reálných podmínkách. Po konzultacích s partnery projektu bylo hledání dosavadních slabých stránek v bezpečnosti dopravy zaměřeno do problematiky:

- projektování,
- výstavby,
- provozu,
- údržby,
- řešení mimořádných událostí.

Vyřešení nebo rozšíření o nové poznatky podstatně přispěje v celkovém pojetí bezpečnosti dopravy na pozemních komunikacích. V jejich rámci bylo provedeno na základě vstupní analýzy podrobné rozpracování potřeb oboru havarijního plánování s cílem integrovat a provázat ji na výstupy z poznatků partnerů. Cílovým partnerům bude určen analyzovaný materiál s komentářem udávajícím příčiny vzniku mimořádných událostí a s nástinem, jak rizika minimalizovat. Celý projekt je koncipován jako dlouhodobá záležitost. Základní inovované informace jsou přednášeny studentům Fakulty bezpečnostního inženýrství

v bakalářském i magisterském studiu v povinných nebo povinně volitelných předmětech. Pro aplikaci do praxe bylo zpracováno 14 výukových textů. Aktivity nekončí pouze na úrovni vysoké školy, ale jsou součástí modulu pro prezentaci inovovaných programů na středních školách a taktéž prezentovány v odborných člancích a přednáškách na konferencích zabývajících se bezpečností dopravy.

Závěr

Výše uvedená informace má za cíl seznámit odbornou veřejnost s novými trendy v oblasti řešení dopravní problematiky v podmínkách České republiky. Dosud všechny nejvýznamnější informace v oblasti teorie o tunelových stavbách pocházejí ze zahraničí. Většinou se opírají o zkušenosti vzniku mimořádných událostí velkého rozsahu na tunelových stavbách ze států s velkým počtem tunelů. Se zvyšováním počtu tunelů v České republice je však nutné hledat i naše vlastní cesty. Jednou z nich je v rámci prevence, kvalitního rozboru a následné implementace do výukových programů získat i dosud nepublikované informace a následně s nimi seznamovat odbornou veřejnost.

Použitá literatura

- [1] Kratochvíl, V.; Navarová, Š.; Kratochvíl, M.: *Požárně bezpečnostní zařízení ve stavbách - Stručná encyklopedie pro jednotky PO, požární prevenci a odbornou veřejnost*, SPBI Spektrum, Ostrava 2011, ISBN 978-80-7385-103-3.

SAFETEACH

Inovace studia v oblasti bezpečnosti dopravy

Projekt CZ.1.07/2.2.00/15.0476 OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

Období řešení: 2011 - 2014

V rámci projektu SAFETEACH – Inovace studia v oblasti bezpečnosti dopravy Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost probíhá inovace studijních plánů, která doplňuje do osnov studia problematiku vztahující se k bezpečnosti dopravy zaměřením na podzemní stavby – tunely.

Inovace se v různém rozsahu týká všech bakalářských a navazujících magisterských studijních oborů FBI.

Bakalářské studijní obory FBI:

- Bezpečnost práce a procesů
- Havarijní plánování a krizové řízení
- Technická bezpečnost osob a majetku
- Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Navazující magisterské studijní obory FBI:

- Bezpečnostní inženýrství
- Bezpečnostní plánování
- Technická bezpečnost osob a majetku
- Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Inovace studia umožňuje

- získání dalších dovedností a kompetencí studentů
- propojení teoretické a praktické výuky
- rozšíření uplatnitelnosti absolventů.

Partneři projektu:

- Ředitelství silnic a dálnic ČR
- Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje
- Policie České republiky - Krajské ředitelství policie Moravskoslezského kraje



Hlavní tematické oblasti inovace studia na FBI

- Analýza rizik vztahující se k bezpečnosti dopravy
- Spolehlivost lidského činitele
- Člověk v extrémních podmínkách
- Konstrukce dopravních a tunelových staveb
Požární bezpečnost tunelových staveb
- Požárně bezpečnostní zařízení v tunelových stavbách
Technologie tunelů, řízení technologie tunelů
- Dopravní a bezpečnostní značení v tunelových stavbách
Bezpečnost práce v silniční dopravě, bezpečnostní aspekty správy a údržby silnic a dálnic
- Bezpečnost silniční dopravy, řízení dopravy, uzávěry komunikací a objízdné trasy
- Příprava operátorů technologie a dopravy
- Nebezpečné látky, přeprava nebezpečných látek
Požáry v dopravě a tunelových stavbách
- Mimořádné události v dopravě a tunelech a jejich zdolávání
- Činnost složek IZS při likvidaci MU v dopravě a tunelových stavbách
- Technické prostředky pro zdolávání MU v dopravě a tunelových stavbách
Ochrana majetku
- Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy



Bližší informace: <http://fbiweb.vsb.cz/safeteach/>