

ročník 21, číslo 2/2021

SPEKTRUM

vychází 2x ročně

ISSN 1804-1639 (Online)



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

FAKULTA
BEZPEČNOSTNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

Recenzovaný časopis

**Sdružení požárního a bezpečnostního
inženýrství, z.s.**

a

**Fakulty bezpečnostního inženýrství,
VŠB - Technická univerzita Ostrava**

SPEKTRUM

Recenzovaný časopis
Sdružení požárního a bezpečnostního
inženýrství, z.s. 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, z.s.
17. listopadu 15, 708 00 Ostrava - Poruba

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. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D., MBA
RNDr. Stanislav Malý, Ph.D., DBA
prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr. h. c.
doc. Ing. Ivana Turečková, PhD.

Výkonný redaktor - *Responsible Editor*
Ing. Lenka Černá

Všechny uveřejněné příspěvky byly
recenzovány
All published contributions were reviewed

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

Uzávěrka tohoto čísla - *Current Issue Copy
Deadline*: 30. 10. 2021
Vyšlo: prosinec 2021 - *Issued on December 2021*

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 (Online)

VŠB TECHNICKÁ | FAKULTA
UNIVERZITA | BEZPEČNOSTNÍHO
OSTRAVA | INŽENÝRSTVÍ

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



Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, z.s.
Association of Fire and Safety Engineering

Obsah

Lůžková zdravotnická zařízení a jejich zranitelnost <i>Inpatient Medical Facilities and their Vulnerability</i> Mgr. Ivana Kabarová, prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.	3
Psychosociální rizika při práci u zaměstnanců se zdravotním postižením <i>Psychosocial Risks at Work for Employees with Disabilities</i> MUDr. Vladimíra Lipšová, Ing. Jana Zónová, Mgr. Kateřina Bártlová, Mgr. Karolína Mrázová, Ph.D., Mgr. et Mgr. Josef Senčík, Mgr. Pavlína Sedláčková	9
Vyhodnocení případových studií koncentrací hořlavých kvapalin v převádzkarni lakovne <i>Evaluation of Case Studies of Concentrations of Flammable Liquids in the Paint Shop</i> Ing. Eva Mračková, PhD., Ing. Juraj Mudrý, Ing. Marek Hodálik, prof. RNDr. Danica Kačíková, MSc., PhD.	12
Rozšířená realita, modelovanie ARSandboxom a jej využitie v krízovom manažerstve <i>Augmented Reality, ARSandbox Modelling and Its Use in Crisis Management</i> prof. Ing. Milan Oravec, PhD., doc. Ing. Vilém Adamec, Ph.D., Ing. Kateřina Tomanová	16
Modernizace výcvikových schopností Střední odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany <i>Modernization of Training Skills of the Secondary Vocational School of Fire Protection and the Higher Vocational School of Fire Protection</i> Ing. Jiří Rogowski	24
Komfort v ochranných oděvech používaných během pandemie <i>Comfort in Protective Clothing Used during Pandemic</i> Ing. Jiří Slabotinský, CSc., Ing. Pavel Častulík, CSc., Ing. Jan Fišer, Ph.D., Ing. Jan Pokorný, Ph.D., Ing. Barbora Kopečková	28
Matice rizik - zajímavosti, problémy a jak je minimalizovat <i>Risks Matrices - Issues, Problems and How to Minimize Them</i> doc. Ing. Pavel Šenovský, Ph.D.	36
Spolupráce operačních a informačních středisek v příhraniční oblasti Karlovarského kraje <i>Cooperation of Operational and Information Centres in the Border Area of the Karlovy Vary Region</i> Ing. Martin Tomášek, MBA	42

Lůžková zdravotnická zařízení a jejich zranitelnost

Inpatient Medical Facilities and their Vulnerability

Mgr. Ivana Kabarová^{1,2}

prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.²

¹Moravskoslezský kraj - Krajský úřad
28. října 117, 702 18 Moravská Ostrava

²VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovic
ivana.kabarova@msk.cz, pavel.danihelka@vsb.cz

Abstrakt

Jednou z klíčových podmínek pro fungující ochranu obyvatel je zajištění dostatečné kapacity a funkčnosti lůžkových zdravotnických zařízení (dále LZZ). Ta však mohou v určitých situacích selhávat či dokonce zkolabovat, a to z nejrůznějších příčin jako je vnější ohrožení katastrofami, vnitřní dysfunkce a také nefunkčnost okolní infrastruktury nebo přetížení zdravotního systému. Tato zranitelnost, v minulosti často podceňovaná, se ukázala být kritická v době epidemie COVID-19, se však může projevit i v řadě jiných krizových situací. Významný je i domino efekt, tedy šíření dopadů na další zařízení. Lůžková zdravotnická zařízení fungují jako infrastruktura na úrovni velkého územního celku, a právě zkušenosti s epidemií COVID-19 ukazují, že se ve skutečnosti jedná o infrastrukturu kritickou. Tyto závěry jsou v prezentaci ilustrovány případovými studii v Moravskoslezském kraji (dále MSK).

Klíčová slova

Management rizik, lůžkové zdravotnické zařízení, domino efekt, ohrožení.

Abstract

One of the key conditions for the functional protection of the population is to ensure sufficient capacity and functionality of inpatient medical facilities. However, they can fail or even collapse in some situations, for many reasons, such as the external disasters, internal dysfunctions, as well as the malfunction of the surrounding infrastructure or the congestion of the health system. This vulnerability, often underestimated in the past, had shown to be critical during the COVID-19 epidemic, but it can still manifest itself in a number of other crisis situations. The domino effect is also significant phenomenon, i.e. as the spread of impacts on other facilities. Inpatient-oriented medical facilities thus has a function as infrastructure at the level of a large territorial unit, and the experience with COVID-19 provides the knowledge that it is in fact a critical infrastructure. These conclusions are illustrated in the presentations by case studies in the Moravian-Silesian Region (hereinafter MSK).

Keywords

Risk management, inpatient medical facility, domino effect, threat.

Úvod

Kritické infrastruktury jsou systémy se složitými vazbami, které přímo zasahují do snížení rizika katastrof a zabraňují nejen ztrátám na životech a újmám na zdraví, ale také poskytují zázeší ekonomickým, fyzickým, sociálním, kulturním a environmentálním potřebám společnosti. Každý systém ale může, a dokonce musí reagovat s jinými systémy, a to různými způsoby, mimo jiné také reagovat na to, že existuje možnost kaskádování tzv. „poruchového řetězce“ neboli „domino efektu“ [1].

Mnoho států, měst nebo obcí dokáže identifikovat své kritické systémy, ale jen málo z nich dokáže pochopit, jak jsou navzájem propojeny. V extrémním případě se totiž může jednat i o „infrastrukturu infrastruktur“. Dosažení odolnosti kritické infrastruktury vyžaduje úsilí na identifikaci a vyhodnocení těchto vazeb, ale potřebná data mohou být v jiném vlastnictví než např. příslušné autority, tedy u jiného orgánu veřejné správy nebo dokonce v soukromém sektoru. K odolnosti kritické infrastruktury je třeba přistupovat jako k procesu, ve kterém se úroveň odolnosti mění a jsou obnovovány nebo degradovány v průběhu času, a to už jen z toho důvodu, že dochází např. ke klimatickým nebo společenským změnám. Znamená to, že „odolnost“ musí být chápána ve smyslu „resilience“ jako adaptivního procesu, a ne v často používaném smyslu „resistence“ jako pasivní vlastnosti. Proto je potřeba všechna rizika pravidelně posuzovat a komplexně vyhodnocovat. Mnoho vyspělých států tak zařazuje do kritické infrastruktury všechny rizikové oblasti, které mohou ohrozit jejich obyvatelstvo, včetně zdravotnictví (např. USA). V České republice patří oblast zdravotnictví pod tzv. krizovou legislativu, především v zákonech č. 240/2000 Sb., č. 241/2000 Sb., č. 239/2000 Sb., a o související předpisy, prováděcí vyhlášky a nařízení vlády. Provozovatel pak musí zajistit řadu opatření, aby nebyl přerušena provoz takového zařízení ani za krizových situací, resp. krizových stavů. Ovšem podle Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., kterým stanovuje kritéria pro určení prvku kritické infrastruktury, tam však není zdravotnictví zařazeno. Zdravotnictví je upraveno pouze tím, že v případě průřezových kritérií se, mimo jiné jedná o „*dopad na veřejnost s mezní hodnotou rozsáhlého omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125000 osob*“. Toto kritérium však např. nesplňuje většina krajských nemocnic, natož pak ještě menších zdravotnických zařízení. Tedy formálně z toho vyplývá, že LZZ např. se spádovostí pro třeba 50 tis. obyvatel není důležitá. Ale podle odvětvových kritérií nařízení (bod IV - zdravotnictví), kdy je za prvek kritické infrastruktury považováno „*zdravotnické zařízení, jehož celkový počet akutních lůžek je nejméně 2500*“. Nastávají tak otázky: kolik takových LZZ v České republice existuje? Jak jsou vzájemně propojeny a jak jsou propojeny s menšími zařízeními? Naše zdravotnictví však oficiálně nemá žádný prvek kritické infrastruktury a nemocnice, resp. lůžková zdravotnická zařízení pak nemusí zpracovávat Plány krizové připravenosti, což je v dramatickém rozporu se zkušenostmi z krize COVID-19 [2].

Historické případy selhání zdravotnických zařízení

Jako pomyslnou dělicí čáru pro určení první moderní katastrofy uvádíme velké zemětřesení v Lisabonu z roku 1755. Tato událost byla také spouštěčem některých prvních vědeckých výzkumů příčin zemětřesení a myšlenek, zdali se tyto katastrofy dají předvídat a díky tomu zajistit větší bezpečnost obyvatelstva [3]. Ale v historických záznamech jsou popisovány události, které byly spojovány s nemocemi či katastrofami a které končily smrtí velkého počtu obyvatelstva. Nejčastěji byly označovány jako epidemie a často byly spojovány s náboženským podtextem, jednalo se o „*mor*“ neboli „*černou smrt*“ jako trest boží.

Jeden z prvních popisů epidemie, u kterého se usuzuje, že jde o skutečný mor, byl v roce 558 n.l. Jednalo se o tzv. Justinianův mor. Při této epidemii zemřely miliony lidí, jen v hlavním městě Cařihradu jich denně umíralo 5-10 tisíc a došlo k totálnímu zhroucení zdravotnictví té doby. Ve středověku mor zasáhl celou Evropu, a také Čechy, ve třech vlnách. První písemně doložená vlna zasáhla Evropu a také Čechy v letech 1357-1363.

Následky byly katastrofální. Odhaduje se, že zemřela třetina až polovina obyvatelstva Evropy. Druhá, v Evropě silnější vlna, která také postihla Čechy byla v letech 1380-1382. Její účinky u nás již nebyly tak drastické, nicméně dochované záznamy hovoří o desítkách tisíc obětí. Další morové rány přišly v letech 1711-1715 a zasáhly většinu Evropy. Jen v Čechách tehdy zemřelo na nákazu kolem 200 tisíc lidí. Všechny tyto události byly doprovázeny tím, že zdravotnictví přestalo vykonávat své obvyklé funkce na úrovni doby. Po roce 1828 se již morové epidemie v Evropě nevyskytovaly, ale začaly se objevovat jiné zákeřné nemoci, jako např. cholera, která se dostala do Evropy námořní cestou z Indie [4]. Ve všech významných morových událostech se ukázalo, že součástí krize je také selhání zdravotnických služeb. K novodobým pandemiím ve 20. a 21. století patří bezpochyby Španělská chřipka (1918-1920). Nemocnice byly během epidemie beznadějně přeplněny a potýkaly se s nedostatkem lékařů a ošetrojícího personálu. Za den bylo přijato jen tolik pacientů, kolik bylo úmrtí. Jiné obory se uzavíraly, např. ORL, stomatologie a specialisté museli přecházet na všeobecnou praxi. Lidé často umírali doma bez lékařské péče a pomoci, která chyběla také z důvodů válečných událostí. Velký nedostatek byl v léčivech a surovinách nezbytných pro výrobu léčiv, v té době především chininu, a takových jako byla sladidel, alkohol a jeho preparátů nebo i chyběly potřebné pomůcky pro výrobu, např. lékařské sklo. Zde se nabízí paralela s nedostatkem kyslíku při COVID-19 ve světě. Nedostatek chininu byl způsoben také z důvodu boje proti malárii (Slezsko). K neúnosné situaci docházelo u přetížení hřbitovů, bylo málo hrobníků, truhlářů, malé márnice byly přeplněny a část zemřelých zůstávala ležet venku. Z důvodu nedostatku rakví byli mrtví pochováni ve společných, tzv. masových hrobech [5]. Mezi další pandemie ve světě patřila např. Asijská chřipka (1957-1958), Hongkongská chřipka (1968-1969), pandemie prasečí chřipky způsobená virem chřipky H1N1 (2009-2010) a nově COVID-19 (SARS-CoV-2).

Katastrof zasahujících do zdravotnictví je nespočet, a proto zde uvádíme pouze malou ukázkou vybraných katastrof od počátku 21. století, které zasáhly do činnosti poskytovaných zdravotnických služeb. Patří zde např.: **povodně**, které donutily k evakuaci pacienty a vedly k uzavření kritických služeb v hlavní nemocnici Burkina Faso v hlavním městě Ouagadougou (9/2009). Národní a místní zdravotní systémy poskytující zdravotní služby milionům lidí, byly postiženy poškozením a zničením tisíců zdravotnických zařízení v indickém Gudžarátu (2001), v severní indonéské provincii Aceh (2004), v Pákistánu (2005) a v Myanmaru (2008) [6]. **Zemětřesení**, které zasáhlo Čínu (2008), poškodilo nebo zničilo více než 11 000 zdravotnických zařízení. Na Haiti 2010 po zemětřesení zemřelo 230 000 obyvatel a došlo k rozšíření cholery, která zabila na 10 000 lidí a rozšířila se tehdy i do sousední Dominikánské republiky. V srpnu 2021 došlo k dalšímu rozsáhlému zemětřesení na Haiti, místní lékař uváděl: „*Neměli jsme čas počítat mrtvé, jen jsme ošetřovali zraněné, kterých bylo mnoho.... Na zdech oddělení urgentního příjmu nemocnice jsou praskliny. Tak jsme kvůli obavám ze zřícení pracovali ve dvoře nemocnice.*“ [7]. **Útok na zdravotníky a zdravotnická zařízení**, která bývají cílem útočníků nebo teroristů. Během třítýdenní nouzové situace v pásmu Gazy v letech 2008-2009 bylo ve službě zabito 16 zdravotnických pracovníků a 25 zraněno, 15 nemocnic, 41 primárních zdravotních středisek a 29 sanitek bylo poškozeno [6]. **Hurikány, tajfuny**: typickým příkladem je hurikán Katrina (2005), jenž poškodil ochranné hráze a město zcela zaplavila voda z oceánu a blízkého jezera Pontchartrain. Následně došlo k záplavě města New Orleans. Před hrozící katastrofou se Nepodařilo se včas uskutečnit evakuaci města, nastal kolaps infrastruktury včetně zdravotnictví a přidaly se i občanské nepokoje. Světla v nemocnicích byla bez náhradních zdrojů, bylo zakázáno používání toalet, muselo se šetřit vodou a každý pacient byl vybaven baterkou. Pacientům byla podávána bezezbytková suchá strava a balená voda z rezerv podle norem UNDAC (The United Nations Disaster Assessment and Coordination) [8].

Asi 432 zdravotnických zařízení bylo poškozeno tajfunem Haiyan (Yolanda) na Filipínách v roce 2013, včetně 296 zdravotnických stanic Barangay, 97 venkovských zdravotnických jednotek, 38 nemocnic v regionu Eastern Visayas, včetně kanceláře ministerstva zdravotnictví [9]. **Tropická bouře** (Allison, 2001) zdevastovala jihovýchod Texasu. Největší škody byly v městské části Downtown, kde voda zatopila nemocnice a další budovy. Po průchodu Allison nastaly povodně a následný výpadek elektrického proudu si vynutil evakuaci Univerzitní nemocnice v Houstonu. Nemocnice měla 450 lůžek pro dospělé a 150 lůžek pro děti. 169 pacientů bylo propuštěno a 406 postupně evakuováno do 29 nemocnic [10]. V současné době roste počet **kybernetických útoků**, a to včetně České republiky. Lze tedy shrnout, že lůžková zdravotnická zařízení jsou obecně zranitelná při nejrůznějších katastrofách a událostech a jejich případná nefunkčnost prohlubuje krizi.

Význam lůžkových zdravotnických zařízení pro obyvatelstvo a jeho ochranu

Přesnou definici zdravotnických zařízení a jejich funkci formuluje platná legislativa v České republice, a to zákonem č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách), ve znění následných změn, který jasně říká, že „*zdravotnická zařízení jsou prostory určené pro poskytování zdravotních služeb*“. Zdravotní služby lze rozdělit dle formy a druhu poskytované zdravotní péče ve zdravotnických zařízeních. **Lůžková péče** je taková zdravotní péče, kterou nelze poskytnout ambulantně a pro její poskytnutí je nezbytná hospitalizace pacienta a je poskytována v rámci **nepřetržitého provozu**.

Velmi důležité jsou také budovy zdravotnických zařízení, které jsou specifické. Jedná se často o sdružená ambulantní zařízení (polikliniky), zařízení ústavní péče (nemocnice, které tvoří lůžková oddělení s vyšetřovacími a léčebnými složkami. A další nezbytné prostory pro fungování zdravotnického zařízení (sklady, kotelny, garáže, hospodářské budovy aj.). Ve zdravotnických budovách se koncentruje velký počet osob různých věkových kategoriích, které mohou být v kritických stavech, po těžkých operačních zákrocích, nechybí imobilní pacienti, duševně nemocní, osoby pod vlivem farmakologické léčby, rodičky a novorozenci nebo neonatologické děti, a to ve kteroukoliv denní či noční hodinu. Osoby pohybující se v těchto prostorách nejsou pouze pacienti, ale i jiní, kteří nepatří ke zdravotníkům, ale přispívají k chodu organizace, např. nezdravotnický personál zařízení, zaměstnanci stavebních firem, údržby, obchodů a také doprovod nemocných, návštěvy aj.

Funkce a význam zdravotnických zařízení pro obyvatelstvo je v prvé řadě zajištění zdravotní péče, kterou tvoří souhrn činností, jako jsou: předcházení, odhalení a odstranění nemoci, udržení, obnovení nebo zlepšení zdravotního a funkčního stavu, udržení a prodloužení života a zmírnění utrpení, poskytování paliativní péče, pomoc při reprodukci a porodu, poskytování preventivní, diagnostické, léčebné, léčebně rehabilitační, ošetrovatelské péče. Mezi její další činnosti patří: výchovně vzdělávací, vědecko-výzkumné, ekonomické, provozní, technické, investiční, administrativní a poskytování lékárenské péče.

Ke ztrátám funkce jako kritické zranitelnosti LZZ patří ohrožení, které je **vnější** např.: povodně, dlouhodobé sucho, extrémní teploty (vlny veder), extrémní vítr, epidemie (COVID-19, chřipka atd.) a narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu (blackout) nebo ohrožení **vnitřní** jako jsou např.: požáry, nedostatek kvalifikovaným personálem (nedostatečné proškolení, BOZP), nedostatečné logistické zabezpečení (např. kyslík, léčiva, voda, potraviny, materiály atd). K dalším možným rizikům ohrožující LZZ patří také útok nepřátelské osoby, fyzický i virtuální (umístění nástražného výbušného zařízení, násilný kriminální čin se zbraní, kdy se může jednat přímo o teroristický útok nebo o duševně nemocného člověka nebo napadení nemocničního informačního systému - kybernetický útok).

LZZ neplní své funkce → domino efekt a jeho důsledek ve zdravotnictví = zkolabování systému (vyčerpaný zdravotnický personál, až jeho devastace, naplněné kapacity lůžek, logistický kolaps, ekonomický dopad ve zdravotnictví aj.).

Příklady zranitelnosti během epidemie COVID-19, včetně domino efektu

Podle zmapovaných dat lze vyčíst, že LZZ mohou být ohrožena jak vnějšími, tak vnitřními riziky, která často vedou nejen k selhání jednotlivé nemocnice, ale až ke kolapsu celého zdravotnického systému, což může vést až k fatálním následkům, a tzv. „**domino efektu**, který vede k možnosti zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo následků závažné havárie v důsledku vzájemné blízkosti zařízení, objektů nebo skupiny objektů a umístění nebezpečných látek...“, jak přesně definuje zákon č. 224/2015 Sb., zákon o prevenci závažných havárií (§ 2). V současné koronavirové epidemii se setkáváme s domino efektem i ve zdravotnictví. Výsledkem je zkolabování systému a následně vznikající problémy jako: nedostatek zdravotnického personálu, nedostatek lůžek nejen na jednotkách intenzivní péče, která ve své kapacitě nestačí, ale problémy mají také prosekury a márnice. Lékaři se mohou dostat do těžké situace, kdy musejí zvolit, kterému z pacientů poskytnou umělou plicní ventilaci (dále UPV) či lůžko, kyslík nebo léky. Dalším navazujícím potřebám ve zdravotnictví, které jsou nezbytné k udržení činnosti a funkčnosti, jsou dodávky léčiv, potravin, zdravotnického materiálu, především sterilního, prádelny, odvoz odpadů a také dodávka energií (voda, elektřina, teplo aj.), které se dostanou do logistického kolapsu.

Přetížením spaloven, dochází k nárůstu infekčního odpadu ze zdravotnictví kvůli zvýšenému užívání OOPP během epidemie, který dokonce stoupne až o desítky tun. Za nebezpečný odpad jsou považovány infekční materiály, použité chirurgické či obvazové materiály, ostré předměty, zbytky léků či ochranné pomůcky aj., které se musí z velké části pálit. Například ve Fakultní nemocnici Ostrava se zvýšilo množství odpadu o sedm tun. Svozová firma musela odvázet infekční odpad i třikrát denně, za normálního provozu se sváží odpad jednou až dvakrát denně [11].

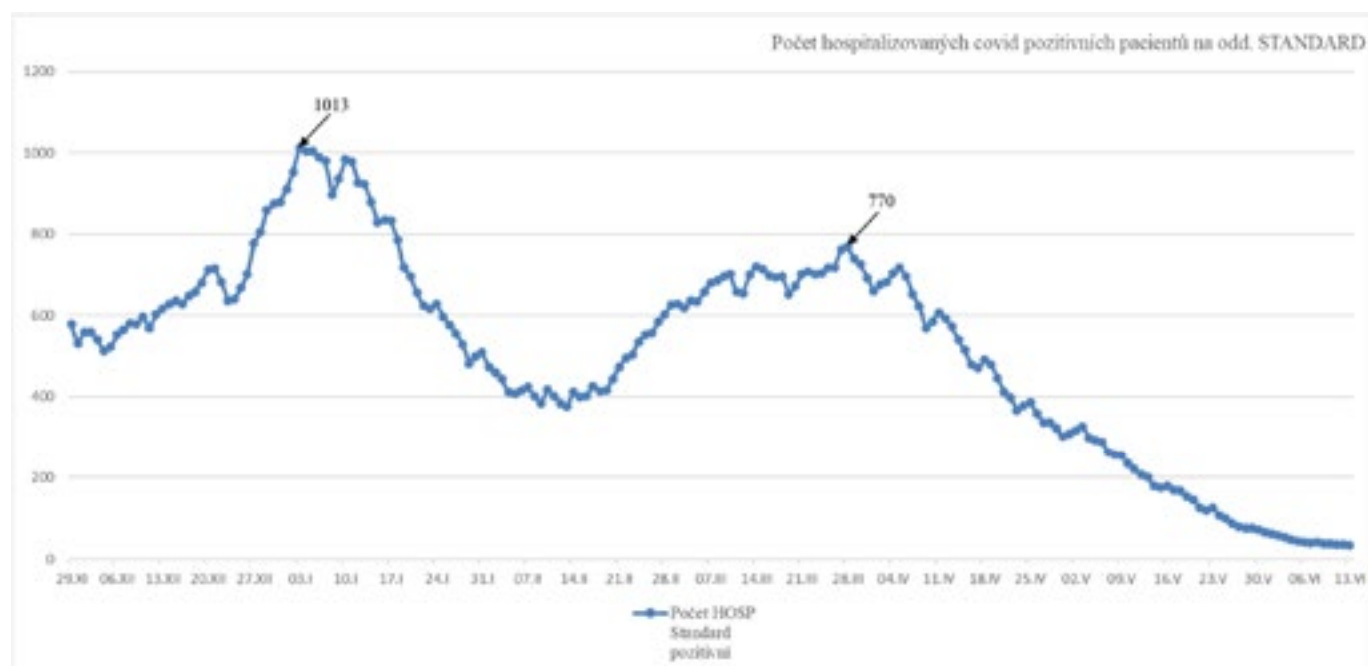
COVID-19 jako ukázka zranitelnosti LZZ a jeho infrastruktura

Jako ukázkou zranitelnosti LZZ znázorňují data z aplikace portálu dashboard COVID-19, vytvořeným Moravskoslezským krajem, kdy bylo obsazeno covid pozitivními pacienty až 1013 standardních lůžek (Graf 1), 189 lůžek intenzivní péče (dále ARO/JIP) a v provozu bylo 120 přístrojů k UPV (Graf 2). Data byla zadávána do systému pověřenými pracovníky z LZZ, vždy k předchozímu dni.

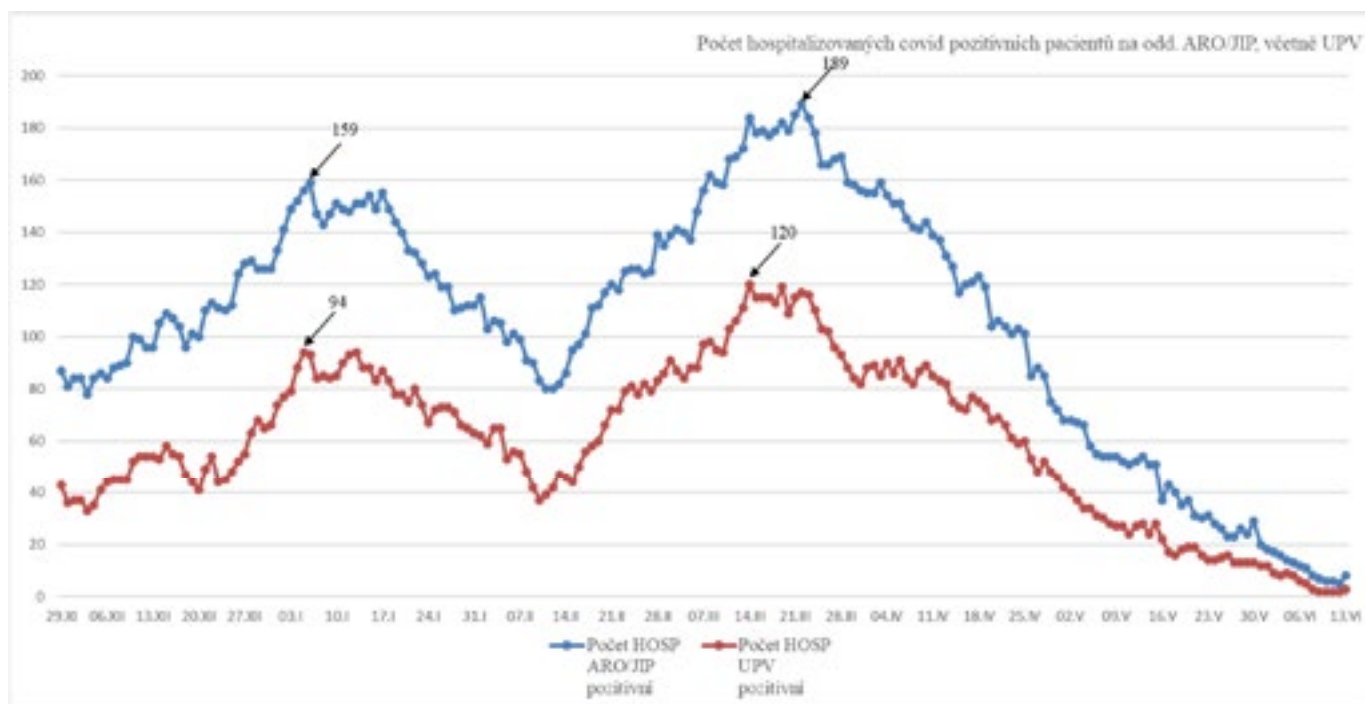
V Moravskoslezském kraji je 22 LZZ, poskytující akutní lůžkovou péči, celková kapacita lůžek v MSK k 31.05.2021 byla 6773 (aktualizováno odborem zdravotnictví MSK). Podle Českého statistického úřadu žilo k 31.12.2020 v pěti okresech na území Moravskoslezského kraje 1 192 834 obyvatel [13].

Dalším zranitelným článkem během epidemie byla absence zdravotnického personálu v LZZ z důvodu COVID-19 (onemocnění, karanténa, ošetřovné). V MSK chybělo až 149 lékařů (Graf 3) a 886 nelékařského zdravotnického personálu (Graf 4). Zvlášť byla také monitorovaná skupina tzv. THP pracovníků, kteří se rovněž podílejí na funkčnosti LZZ, ale nepatří ke zdravotníkům zajišťujícím přímou péči o nemocné.

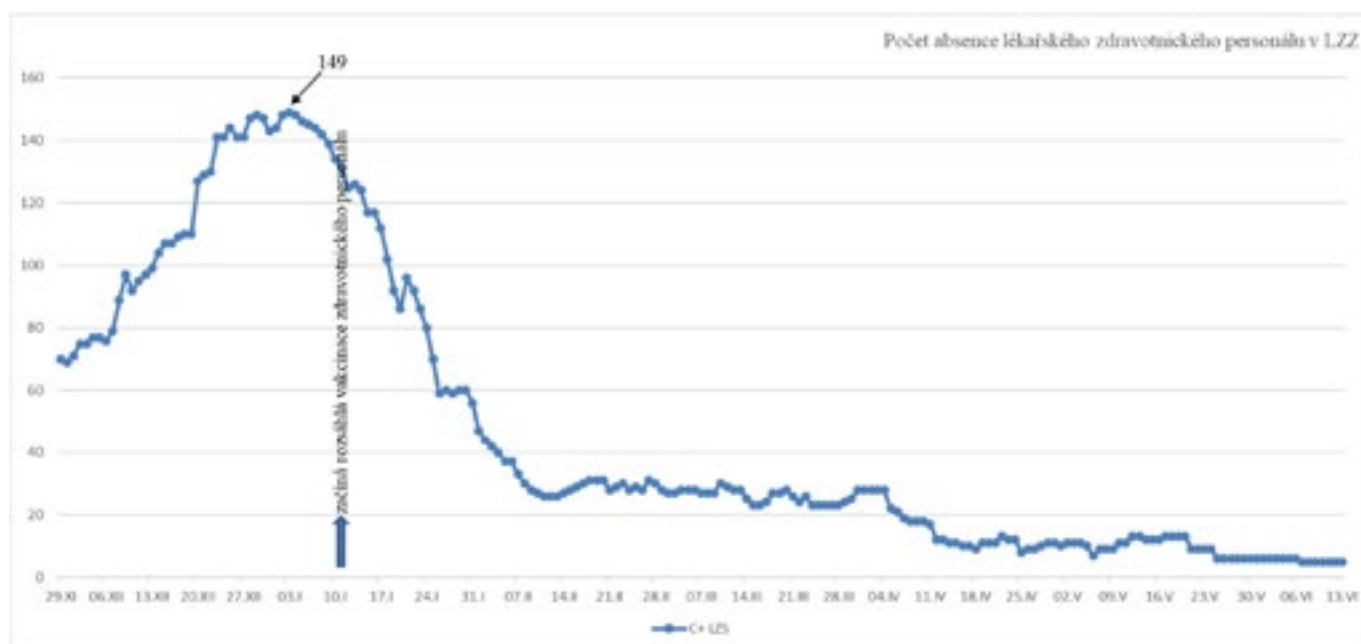
V LZZ neprobíhaly žádné plánované operační výkony, specializovaná oddělení byla uzavírána, personál byl soustředován na akutní lůžka nebo vyčleněna tzv. „*covidová oddělení*“. Poskytována byla pouze akutní péče dle nařízení vlády. Byly zakázány návštěvy v LZZ, popř. poskytnuty individuální výjimky k návštěvám (např. paliativní péče). V prvním lednovém týdnu 2021 začala rozsáhlá vakcinace zdravotnického personálu a prudký pokles absence v LZZ jak ukazují oba grafy 3 a 4. I přes očkování zdravotnického personálu, zůstává nelékařský zdravotnický personál během jarních měsíců 2021 ve větším počtu nepřítomen v LZZ, a to z důvodu stále přetrvávajícího lockdownu, uzavření škol, školek a využití ošetřovného, protože nelékařský zdravotnický personál je tvořen především ženami.



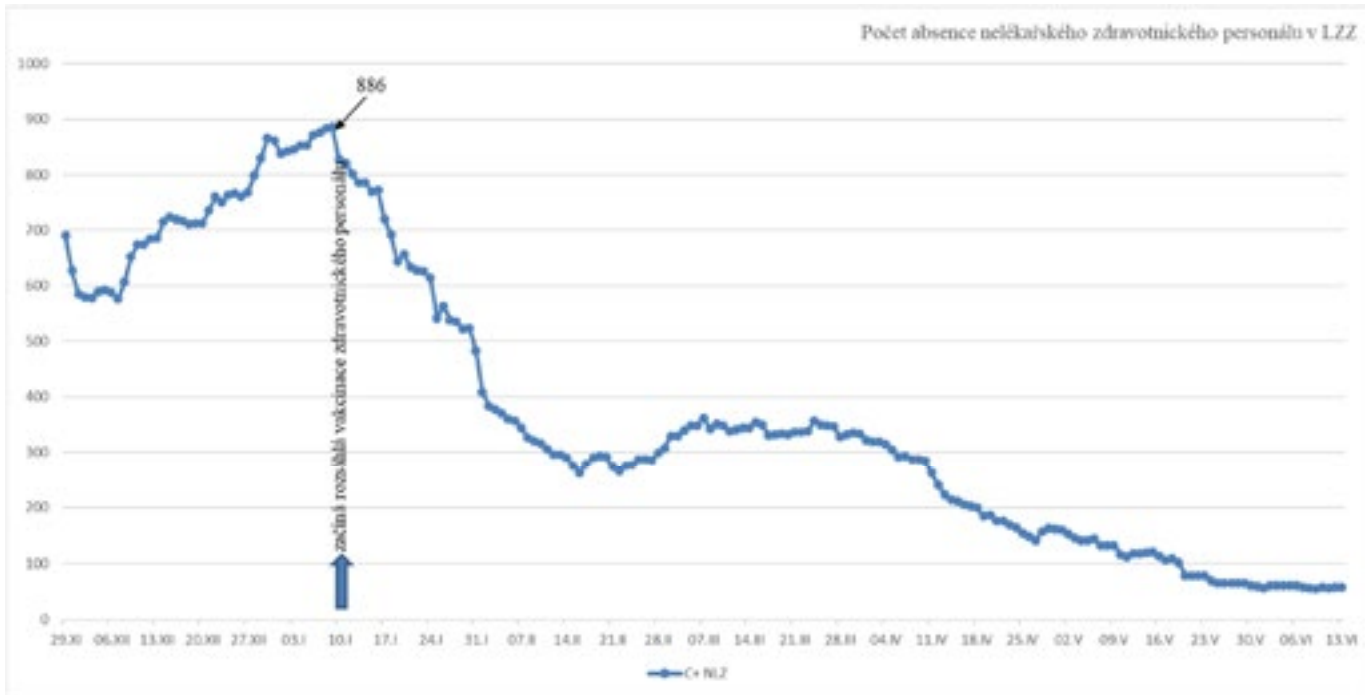
Graf 1 Počet hospitalizovaných pacientů a obložnost lůžek - standard COVID-19 v MSK (období 29.11.2020- 13.06.2021), Zdroj: [12]



Graf 2 Počet hospitalizovaných pacientů a obloženost lůžek - ARO/JIP, UPV COVID-19 v MSK (období 29.11.2020-13.06.2021), Zdroj: [12]



Graf 3 Absence zdravotnického personálu z důvodu COVID-19 - lékařský zdravotnický personál v MSK v LZZ (období 29.11.2020-13.06.2021), Zdroj: [12]



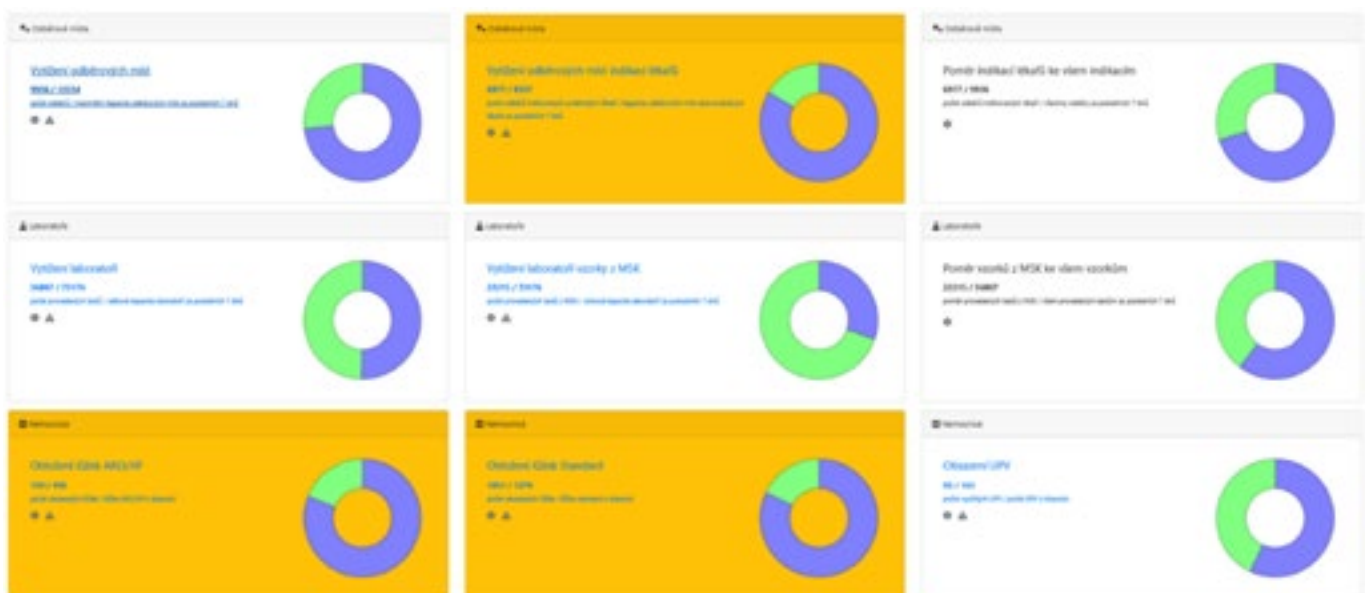
Graf 4 Absence zdravotnického personálu z důvodu COVID-19 - nelékařský zdravotnický personál v MSK v LZZ (období 29.11.2020-13.06.2021), Zdroj: [12]

Jak byla vytížená LZZ, laboratoře a odběrová místa v MSK během epidemie ukazuje obr. 1. Dashboard dále zpracovával data zadávána zdravotnickými zařízeními z aplikace portálu a upozorňoval na tzv. přetížení. Jestliže byla dlaždice zabarvená žlutou barvou, kapacita byla naplněná na 80 %. Jestliže se dlaždice zabarvila do červena, došlo k vyčerpání kapacity. Bílá barva označovala, že kapacity jsou v normě.

Vytvořená aplikace portálu dashboard prezentovala také další sekce důležité pro zachování činnosti sítí LZZ v Moravskoslezském kraji, a to již představeného přehledu obloženosti lůžek covid pozitivních pacientů, včetně suspektních, přehled o chybějícím personálu, zásobu ochranných pracovních pomůcek a zdravotnického materiálu, počet provedených testů na COVID-19 a vytíženost laboratoří (obr. 1).

Potřeba systematického řešení, včetně zahrnutí širší společnosti (=RESILIENCE)

Mezinárodní organizace již mnoho desítky let usilují o **snížení rizik katastrof**, a to např. uspořádáním pravidelných konferencí. V roce 2015 se v japonském Sendai uskutečnila 3. světová konference, kde byl ustanoven Rámec pro snižování rizika katastrof Sendai 2015-2030, který požaduje ve své koncepci v Prioritě 3: **investovat do snižování rizika katastrof vedoucích k odolnosti**, jejíž cílem je investice do **prevence a snižování rizika katastrof**. Uvedený bod Rámce Sendai přímo usiluje o snížení rizik katastrof pro LZZ, což znamená vylepšení odolnosti národních systémů zdravotní péče, včetně integrace managementu rizik katastrof do primární, sekundární a terciární zdravotnické péče, zejména na místní úrovni; rozvíjet schopnosti zdravotnických



Obr. 1 Vytíženost odběrových míst, laboratoří a nemocnic k 07.01.2021 v MSK z důvodu COVID-19, Zdroj: [12]

pracovníků chápat rizika katastrof a implementovat přístupy snižování rizika katastrof v jejich práci, podporovat a posílit zdroje pro vzdělávání v oblasti medicíny katastrof a zároveň podporovat zdravotnictví v komunitách v oblasti přístupů ke snižování rizika katastrof ve zdravotnických programech= RESILIENCE [14]. V České republice implementuje Rámec ze Sendai pro snižování rizika katastrof Ministerstvo životního prostředí a zároveň se věnuje **environmentální bezpečnosti**. Základní dokument tvoří: Koncepce environmentální bezpečnosti 2021-2030 s výhledem do roku 2050 [15].

Pomoc společnosti v krizi - konkrétní příklady

Příkladem možnosti pomoci společnosti je projekt bezpečnostního výzkumu RESIMAS. Zahrnuje zapojení MAS (Místní akční skupina) a vytvoření pracovních týmů pro vytvoření platformy snižování rizik katastrof na lokální úrovni. Ověření efektivity krizového plánování pomocí taktických cvičení v krajských nemocnicích MSK (již proběhla cvičení v roce 2015-2019). Provedení analýzy dopadů mimořádných událostí na obyvatelstvo v MSK a zapracování do Havarijního plánu. V rámci aktuálních výzev v MSK dále podporovat rozsáhlé elektronizace procesů a projekty (např. vzdělávání zdravotníků, sanitní vozidla, IT systémy, výstavby urgentních příjmů aj.). Pokračovat rovněž v dalším využití spolupráce s vědci a lékaři (např. Iniciativa Sníh) nebo složek IZS, AČR a krizových plánů v MSK.

Závěr

Lůžková zdravotnická zařízení jsou nedílnou součástí ochrany obyvatel a kritické infrastruktury a měly by takto být chápána. Vlády, které chtějí implementovat rámec Sendai, musí udržovat ve funkčnosti mnoho systému kritické infrastruktury, včetně zdravotnictví, které je pro obyvatelstvo dané země zásadní. Monitorování zdravotnického systému je doslova klíčové pro zvládnutí mimořádných událostí a vyhodnocení rizikových oblastí. Neméně důležité jsou také lidské zdroje, které tvoří pevný slánek zdravotnictví a jejich neustálé vzdělávání a zajištění jejich bezpečí a kvality pro jejich práci je nezbytné.

Použitá literatura

- [1] United Nations Office for Disaster Risk Reduction.: *Critical Infrastructure and Disaster Resilience: Issue Brief by Private Sector (ARISE)* [cit. 2021-19-08]. [online]. Dostupné z: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/55922_55922criticalinfrastructureanddisas.pdf.
- [2] ŠTĚPÁN, M.: *Připravenost zdravotnických zařízení na mimořádné události*. Nemocnice jako prvek kritické infrastruktury. 2018. Vydalo: České vysoké učení technické v Praze. Zpracovala: Fakulta biomedicínského inženýrství. [cit. 2021-20-08]. 27 s. ISBN 978-80-01-06510-5 [online]. Dostupné z: <https://www.fbmi.cvut.cz/sites/default/files/2018-11-fotogalerie/Sbornik%20%20P%C3%B8ipravenost%20ZZ%20na%20MU.pdf>.
- [3] ETKIN, D.: *Disaster Theory: Edition An Interdisciplinary Approach to Concepts and Causes*. Publisher: Butterworth-Heinemann; Illustrated edition. 2015. 368 s. ISBN 9780128002278.
- [4] SVOBODA, J.: *Historie morových pandemií*. [online]. *Časopis Vesmír* 74, 496, 1995/9 [cit. 1995-09-05]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1995/cislo-9/historie-morovych-epidemii.html>.
- [5] SALFELLNER, H.: *Disertační práce: Pandemie španělské chřipky 1918/19 se zvláštním zřetelem na České země a středoevropské poměry*. 2017. Univerzita Karlova v Praze 1. lékařská fakulta [online]. 197 s. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zpp/detail/147785/>.
- [6] The Department of Health.: *DOH goes full throttle for typhoon Yolanda victims* [online]. [cit. 2013-11-29]. Dostupný z: <https://www.officialgazette.gov.ph/2013/11/29/doh-goes-full-throttle-for-typhoon-yolanda-victims/>.
- [7] iROZHLAS. 2021.: *Haiti drží třídní státní smutek za oběti zemětřesení. Úřady evidují již téměř 2000 zemřelých*. [online]. [cit. 2021-08-17]. Dostupný z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-svet/haiti-zemetreseni-obeti-statni-smutek_2108172319_onz.
- [8] BALDWIN, S.; ROBINSON, A.; BARLOW, P.; FARGASON, C.A.: *Interstate Transfer of Pediatric Patients During Hurricane Katrina*. Pediatrics Volume 117, Number 5. [online]. May 2006, s.416-s.420. [cit. 2006-05-29]. Dostupný z https://pediatrics.aappublications.org/content/117/Supplement_4/S416.
- [9] ŠTĚTINA, J. a kol.: *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014, 584 s. ISBN 978-80-247-4578-7.
- [10] COCANOUR, Ch.S.; ALLEN, S. et al.: *Lessons learned from the evacuation of an urban teaching hospital*. Arch Surg 2002; 137:1141-1145.
- [11] Idnes.cz. 2021.: *Koronavirus vrší tuny odpadu navíc. Nemocnice jeho spalování mohou odkládat*. [online]. [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/infekcni-odpad-pandemie-koronavirus-covid-19-spalovny-nemocnice-zdravotnicka-zarizeni.A201216_145917_domaci_vlc.
- [12] Moravskoslezský kraj.: *Portál kraje*. [online]. Dostupné z: portal.msk.cz/aplikace/koronavirus-dashboard/.
- [13] Český statistický úřad. *Krajská správa ČSÚ.: Obyvatelstvo v Moravskoslezském kraji v 1. čtvrtletí 2020*. [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xt/obyvatelstvo-v-moravskoslezskem-kraji-v-1-ctvrtleti-2020>.
- [14] 3. Světová konference o snižování nebezpečí katastrof.: *Rámec pro snižování rizika katastrof Sendai 2015-2030*. Sendai, Miyagi, Japonsko. 2015. [online]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni-bezpecnost/\\$FILE/OKRramec_sni_zovani_rizika_katastrof_sendai-20160606.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni-bezpecnost/$FILE/OKRramec_sni_zovani_rizika_katastrof_sendai-20160606.pdf).
- [15] Ministerstvo životního prostředí České republiky.: *Koncepce environmentální bezpečnosti 2021-2030 s výhledem do roku 2050*. 2020. [online]. Dostupné z: https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/keb-2021-2030.pdf.

Psychosociální rizika při práci u zaměstnanců se zdravotním postižením

Psychosocial Risks at Work for Employees with Disabilities

MUDr. Vladimíra Lipšová^{1,2}

Ing. Jana Zónová¹

Mgr. Kateřina Bátorlová¹

Mgr. Karolina Mrázová, Ph.D.¹

Mgr. et Mgr. Josef Senčík³

Mgr. Pavlína Sedláčková³

¹Státní zdravotní ústav, Centrum hygieny práce a pracovního lékařství

Šrobárova 49/48, 100 00 Praha 10

²Univerzita Karlova, Klinika pracovního lékařství 1. LF

Ovocný trh 560/5, 116 36 Praha 1

³Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.

Jeruzalémská 9, 110 00 Praha 1

vladimira.lipsova@szu.cz

Abstrakt

Osoby se zdravotním postižením (dále OZP) jsou limitovány při pracovním výkonu i při volbě vhodného povolání, zároveň také musí překonávat řadu potíží mimo pracoviště. Z toho důvodu je ohrožují některá další psychosociální rizika i pracovní stres. Mezi občany České republiky v produktivním věku 15-64 let je podle údajů Českého statistického úřadu 514 700 (7,46 %) OZP. I v rámci výzkumného projektu „Řízení psychosociálních rizik pro praxi u zaměstnanců se zdravotním postižením“ proběhlo dotazníkové šetření zaměřené na úroveň psychosociálních rizik u těchto zaměstnanců. Dotazníkový průzkum proběhl online formou od ledna do července 2021. Celkem se zúčastnilo 212 respondentů z řad zaměstnanců, 42 zástupců středního managementu a 34 zaměstnavatelů. Z výsledků vyplývá, že naprostá většina respondentů má své pracovní prostředí, pracovní pomůcky i pracovní tempo upraveno vzhledem ke svému zdravotnímu postižení. Zároveň uvádějí, že mají velmi dobré vztahy se svými spolupracovníky i nadřízenými, slovní či fyzické násilí či šikana se na pracovištích těchto zaměstnanců vyskytují v minimu případů (4 % respektive 2 %). Pouze 36,3 % respondentů využívá při své práci zcela nebo částečně svou kvalifikaci. Zato své schopnosti při práci využívají OZP v téměř 80 %. Pouze 16 % z dotazovaných by si zvolilo jinou práci než tu, kterou v současné době vykonávají.

Klíčová slova

Psychosociální rizika, zaměstnanci se zdravotním postižením, dotazníkové šetření.

Abstract

Persons with disabilities (hereinafter PWD) are limited in their work performance and in choosing a suitable profession, at the same time they also have to overcome a number of difficulties outside the workplace. For this reason, they are threatened by additional psychosocial risks and work stress. According to the Czech Statistical Office (VŠPO, ČSÚ, 2019), there are 514,700 (7.46 %) PWD citizens of the Czech Republic in the productive age of 15-64 years. As part of the research project "Management of psychosocial risks for practice for employees with disabilities", a questionnaire survey was conducted focusing on the level of psychosocial risks for these employees. The questionnaire survey was conducted online from January to July 2021. A total of 212 respondents from employees, 42 representatives of

middle management and 34 employers filled the questionnaires. The results show that the vast majority of respondents have their work environment, work aids and work pace adjusted according to their disability. At the same time, they state that they have very good relations with their co-workers and superiors, verbal or physical violence or bullying occurs in the workplaces of these employees in a minimum of cases (4 % and 2 %, respectively). Only 36.3 % of respondents use their qualifications in whole or in part in their work. On the other hand, almost 80 % of people use their skills at work. Only 16 % of respondents would choose a different job than the one they currently do.

Keywords

Psychosocial risks, employees with disabilities, questionnaire survey.

Úvod

Osoby se zdravotním postižením mají v mnoha ohledech komplikovanější přístup k získávání zaměstnání, a bývá pro ně náročnější ho i vykonávat. Jejich zdravotní postižení je limituje při pracovním výkonu i při volbě povolání, a je také zdrojem řady potíží mimo pracoviště, které mají ve svém důsledku vliv na jejich pracovní výkon. Z toho důvodu je ohrožuje pracovní stres a některá dodatečná psychosociální rizika, která se zaměstnanců bez zdravotního postižení netýkají. U osob se zdravotním postižením (dále OZP) se v zaměstnání objevují další rizikové faktory, které nemusí být na první pohled zjevné a nemusí nijak souviset s pracovními podmínkami u konkrétního zaměstnavatele.

Právní úprava (Zákon o zaměstnanosti, č. 435/2004 Sb.) rozlišuje 4 kategorie osob se zdravotním postižením. Osobami se zdravotním postižením jsou především fyzické osoby, které jsou uznány osobami invalidními v prvním, druhém nebo třetím stupni. Za OZP se považují i fyzické osoby, které byly orgánem sociálního zabezpečení posouzeny, že již nejsou invalidní, a to po dobu 12 měsíců ode dne tohoto posouzení a poslední kategorií jsou osoby, které byly uznány za osoby zdravotně znevýhodněné. Právní úprava rozlišuje i osobu s těžším zdravotním postižením. Za ni se považuje osoba uznaná invalidním ve 3. stupni (ust. § 67 odst. 2 písm. a) Zákona o zaměstnanosti). Význam této kategorie spočívá ve výpočtu plnění povinného podílu. Pro tyto účely se totiž osoba s těžším zdravotním postižením počítá třikrát.

Mezi občany České republiky v produktivním věku (15-64 let) je podle údajů Českého statistického úřadu 514 700 (7,46 %) OZP. [1] V pracovním procesu je zapojena jen menšina (39,9 %) OZP v produktivním věku. Data zároveň ukazují, že 10,4 % pracujících OZP se v zaměstnání setkala s diskriminací kvůli svému zdravotnímu postižení.

Projekt „Řízení psychosociálních rizik pro praxi u zaměstnanců se zdravotním postižením“, jehož hlavním řešitelem je VÚBP a SZÚ je spolřešitelem, probíhá od roku 2019 do prosince roku 2021 a má za cíl vytvoření certifikované metodiky pro monitorování a řízení psychosociálních rizik u zaměstnanců se zdravotním postižením. Očekávaným přínosem projektu je také získání lepšího vhledu do života OZP, který by zaměstnavatelům a úřadům pomohl lépe porozumět potřebám těchto zaměstnanců. To by zároveň mohlo vést ke zvýšení jejich pracovního uplatnění.

Dotazníkové šetření

Dotazníková šetření v podnicích zaměstnávajících osoby se zdravotním postižením byla plánována na období 2020-2021. Bohužel vzhledem k obtížné epidemiologické situaci v souvislosti s onemocněním Covid-19 proběhla tato šetření pouze online formou, a to od ledna do července 2021. Byly připraveny 3 verze dotazníků - dotazník pro zaměstnance, dotazník pro střední management a dotazník pro zaměstnavatele.

Na dotazník pro zaměstnance bylo získáno celkem 212 odpovědí, z toho bylo 140 odpovědí od žen a 72 odpovědí od mužů. Nejvíce respondentů bylo ve věku 50 - 64 let, 47 % (100) respondentů. Další největší skupinou respondentů byla skupina ve věku 30 - 49 let a to 41 % (86) respondentů. Většina respondentů měla středoškolské vzdělání bez maturity - 57 % (121) respondentů, 24,53 % (52) mělo středoškolské vzdělání s maturitou, základní vzdělání mělo 14 % (29) respondentů, vyšší odborné vzdělání mělo 1,42 % (3) respondentů. Nejvíce respondentů - 33,96 % (72) - pracovalo v rozsahu 0,7 - 1,0 pracovního úvazku. Celkem 50 % (106) respondentů mělo zrakové postižení, 28,3 % duševní postižení a 18,4 % respondentů mělo nějaký druh vnitřního onemocnění. Invaliditu na úrovni I. stupně uvedlo 47,17 % respondentů, na úrovni II. stupně 24,53 % respondentů a na úrovni III. stupně 21,23 % respondentů. 15 respondentů (7,08 %) uvedlo, že jsou osobou zdravotně znevýhodněnou.

Dotazník pro střední management vyplnilo 42 respondentů, dotazník pro zaměstnavatele 34 respondentů. Mezi velikostmi podniků převažovaly jednoznačně malé podniky (17 firem, 50 %) a střední podniky do 250 zaměstnanců (41,18 %, 14 podniků).

Výsledky

Přístup na pracoviště, pracovní prostředky a pomůcky

Převážná část pracujících osob se zdravotním postižením je schopná pracovat v běžném pracovním prostředí, přesto pro některé OZP je potřeba určitě úpravy pracovního prostředí provést. Z našich výsledků vyplývá, že 91,5 % pracujících OZP má přístup do všech pracovních prostor upravený vzhledem k jejich zdravotnímu postižení a celých 94,8 % pracujících OZP má pomůcky a prostředky, které využívají ke své práci, upraveny vzhledem k danému zdravotnímu postižení.

Pracovní tempo, přestávky

Délka pracovní doby, které jsou OZP schopny, není ovlivněna pouze zdravotním postižením, ale také konkrétním zaměstnáním, kdy zhruba třetina pracujících OZP vykonává nekvalifikované práce. Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že 84 % pracujících OZP si může volit přestávky na oddech a využívat snížené pracovní tempo.

Kvalifikace, schopnosti

Struktura zaměstnání, kterou OZP vykonávají, je do značné míry dána jejich vzděláním, které je oproti běžné populaci výrazně nižší. Největší část pracujících OZP (30,1 %) připadá na nekvalifikované a pomocné práce. Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že pouze 36,3 % respondentů využívá při své práci zcela nebo částečně svou kvalifikaci. Zato své schopnosti při práci využívají OZP v téměř 80 %.

Samostatné rozhodování o způsobu provedení práce

Možnost samostatného rozhodování o způsobu provedení práce přispívá k efektivitě a především ke spokojenosti na pracovišti. Více než 62 % respondentů má nebo spíše má možnost rozhodovat o způsobu provedení práce a 80 % respondentů hodnotí svou práci jako zajímavou nebo spíše zajímavou.

Možnost dalšího vzdělávání

Na vzdělávání OZP má zásadní vliv míra a druh postižení. Vzdělávání OZP musí odpovídat konkrétním potřebám a řada OZP s nižším vzděláním si hledání práce s dalším vzděláním nespojuje. Více než polovina respondentů z našeho šetření (52 %) uvádí, že jejich práce ke vzdělávání nevede či spíše nevede.

Spravedlivé hodnocení pracovního výkonu

Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že 63 % respondentů vnímá pracovní ohodnocení jako spravedlivé, nebo spíše spravedlivé. Pouze 10 % respondentů ohodnocení vnímá jako nespravedlivé či méně nespravedlivé.

Dostatek času pro rodinu, skloubení pracovního a rodinného života

94 % respondentů uvedlo, že má nebo spíše má dostatek času pro svou rodinu. Pouze 5 % uvedlo, že dostatečný čas na rodinu spíše nemá nebo nemá.

Dobré vztahy se svými spolupracovníky, spolehnutí se na ně

Dobré vztahy se svými spolupracovníky, nadřízenými a možnost se na sebe vzájemně spolehnout jsou nedílnou součástí prevence psychosociálních rizik. Velmi důležitá je efektivní komunikace napříč všemi úrovněmi podniku, porozumění a ochota pomoci ze strany nadřízených a podpora kolegů.

Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že 94 % respondentů má nebo spíše má dobré vztahy se svými kolegy a 87 % se může nebo spíše může na své kolegy spolehnout, stejně tak 86 % respondentů může nebo spíše může přijít i za svým nadřízeným a obrátit se na něj i s mimopracovními problémy.

Ochrana zdraví na pracovišti

Ochrana zdraví na pracovišti a podpora zdravého životního stylu se stává nedílnou součástí firemní politiky a každodenního pracovního života. Opatření na ochranu pracovníků před psychosociálními riziky nemohou být unifikována a jednorázová, ale musí vycházet z analýzy rizik konkrétní společnosti, konkrétního pracoviště. Celý proces ochrany zdraví a podpory zdravého životního stylu je neúčinnější a neúspěšnější v případě, že se na něm pracovníci podílejí aktivně a dobrovolně.

Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že 92 % respondentů se domnívá, že je jejich zdraví na pracovišti dostatečně chráněno nebo spíše dostatečně chráněno.

Výskyt násilí a šikany na pracovišti

Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že 85 % respondentů není a 7 % respondentů spíše není při vykonávání své práce ohroženo slovním a/nebo fyzickým násilím. S tímto problémem se potýkají pouze 4 % respondentů. Podobná úroveň (2 %) je i v případě šikany, ať již ze strany nadřízených či spolupracovníků.

Celková spokojenost s prací

Obsah a charakter práce značně ovlivňují pracovní spokojenost. Vysoká pracovní spokojenost je v přímo úměrném vztahu s pozitivním pracovním chováním, což má za důsledek nízkou míru absentismu, presentismu, nízkou fluktuaci a minimální nemocnost.

Z výzkumu našeho projektu vyplývá, že 96 % respondentů je nebo spíše je celkově spokojených s prací. Pouze 3 % respondentů spíše nejsou nebo nejsou s prací celkově spokojena. Pokud by si OZP mohli vybrat, 16 % z dotazovaných by si zvolilo nebo spíše zvolilo jinou práci než tu, kterou v současné době vykonávají.

Závěr

Z výsledků vyplývá, že naprostá většina respondentů z našeho šetření má své pracovní prostředí, pracovní pomůcky i pracovní tempo upraveno vzhledem ke svému zdravotnímu postižení. Zároveň uvádějí, že mají velmi dobré vztahy se svými spolupracovníky i nadřízenými, slovní či fyzické násilí či šikana se na pracovištích těchto zaměstnanců vyskytují v minimu případů. Pouze 36,3 % respondentů využívá při své práci zcela nebo částečně svou kvalifikaci. Zato své schopnosti při práci využívají OZP v téměř 80 %. Pouze 16 % z dotazovaných by si zvolilo jinou práci než tu, kterou v současné době vykonávají.

Poděkování

„Projekt TL02000286 je řešen s finanční podporou TA ČR.“

Literatura

- [1] Výběrové šetření osob se zdravotním postižením, v roce 2018, ČSÚ, Kód publikace: 260006-19, Č. j.: CSU-04412/2019-63.

Vyhodnotenie prípadových štúdií koncentrácií horľavých kvapalín v prevádzkarni lakovne

Evaluation of Case Studies of Concentrations of Flammable Liquids in the Paint Shop

Ing. Eva Mračková, PhD.

Ing. Juraj Mudrý

Ing. Marek Hodálik

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

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 1117/24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika

mrackova@tuzvo.sk

Abstrakt

Článok sa zaoberá výpočtovým stanovením dolnej medze výbušnosti náterových látok. Dolná medza výbušnosti predstavuje najnižšiu koncentráciu horľavej látky v zmesi s oxidačným prostriedkom, ktorá je po iniciácii výbušná. Z pohľadu ochrany pred výbuchom je kľúčovou vlastnosťou horľavých látok. Pre výpočtové stanovenie dolnej medze výbušnosti (LEL) boli vybrané tri horľavé kvapaliny, ktoré sú v drevospracujúcej prevádzke zastúpené v najvyššom množstve: riedidlo DT 1200/00, tužidlo TH 0790/00 a lak TU 7425/00. Vypočítali sa koncentrácie horľavých pár pre tri modelové situácie vo výrobnej prevádzke (v lakovni, v sklade a pri požiari lakovne). Výsledné hodnoty LEL boli porovnané s hodnotami uvedenými výrobcom v Kartách bezpečnostných údajov (KBÚ) a tým zhodnotený stav bezpečnosti v prevádzke. Vyhodnotením prípadových štúdií bolo potvrdené, že únikom pár horľavých kvapalín dôjde ku koncentráciám nad LEL a bude v prevádzkarni výbušná atmosféra. Z uvedeného dôvodu sú nutné prijať do prevádzky organizačné a technické opatrenia.

Kľúčové slová

Dolná medza výbušnosti, lak, lakovňa, náterové látky, riedidlo, sklad, tužidlo.

Abstract

The article deals with the computational determination of the lower explosive limit of paints. The lower explosive limit represents the lowest concentration of flammable substance in a mixture with an oxidizing agent that is explosive after initiation. From the point of view of explosion protection, it is a key property of flammable substances. For the computational determination of the lower explosive limit (LEL), three flammable liquids were selected, which are represented in the woodworking operation in the highest amount: thinner DT 1200/00, hardener TH 0790/00 and lacquer TU 7425/00. Concentrations of flammable vapors were calculated for three model situations in the production plant (in the paint shop, in the warehouse and in the event of a paint shop fire). The resulting LEL values were compared with the values stated by the manufacturer in the Safety Data Sheets (SDS) and thus the evaluated state of safety in operation. The evaluation of the case studies confirmed that the release of vapors of flammable liquids would lead to concentrations above the LEL and there would be an explosive atmosphere in the paint shop. For this reason, it is necessary to take organizational and technical measures into operation.

Keywords

Lower explosion limit, lacquer, paint shop, paints, thinner, warehouse, hardener.

Úvod

Na povrchovú úpravu dreva sa v lakovniach používajú laky, riedidlá a tužidlá, ktoré patria svojimi vlastnosťami medzi horľavé kvapaliny. Napriek snahe sa ich doposiaľ nepodarilo nahradiť nehorľavými látkami. V priemysle nepredstavujú riziko samotné horľavé kvapaliny, ale ich pary, ktoré sa uvoľňujú a môžu vytvoriť výbušnú atmosféru [1].

Súčasný stav riešenej problematiky

Horľavú kvapalinu môžeme definovať aj ako kvapalinu, ktorá má priradenú teplotu vznietenia alebo teplotu vzplanutia [2]. Fyzikálno-chemické vlastnosti horľavých kvapalín, ktoré sú udané v Kartách bezpečnostných údajov slúžia k posúdeniu požiarného nebezpečenstva. Požiarnotechnické charakteristiky horľavých kvapalín udávajú vlastnosti horľavých kvapalín, ktoré sa využívajú pre ich bezpečnú manipuláciu a stanovenie rizika. Horľavé kvapaliny a ich pary predstavujú nebezpečenstvo ako pre zdravie človeka tak aj pre životné prostredie. Z hľadiska vzniku výbuchu sa považujú za nebezpečné, ak dosiahnu teplotu o 10 °C nižšiu, ako je ich teplota vzplanutia. Horľavé kvapaliny delíme do štyroch tried nebezpečnosti na základe ich teploty vzplanutia. Horľavá kvapalina, ktorej teplota vzplanutia nie je určená je považovaná za horľavú kvapalinu I. triedy [3, 4].

Zmes paliva a oxidizačného prostriedku môže spôsobiť samovoľne sa šíriaci plameň, ak je pomer oxidizačného prostriedku a paliva v špecifickom rozmedzí. Hranice tohto rozsahu sa nazývajú medze výbušnosti. Dolná medza výbušnosti (LEL) je definovaná ako najnižšia koncentrácia paliva schopná samovoľného šírenia plameňa. Hornou medzou výbušnosti (UEL) sa rozumie najväčšia koncentrácia paliva schopného samovznietenia [5]. Koncentrácia vyššia než je horná medza výbušnosti nepredstavuje nebezpečenstvo výbuchu, keďže v zmesi nie je dostatok oxidizačného prostriedku na iniciáciu [6]. Znalosť parametrov horľavosti sa používa pri posudzovaní nebezpečenstva požiaru a výbuchu technologických postupov a technologických zariadení. Medzi tieto parametre patrí hlavne bod vzplanutia - najnižšia teplota, pri ktorej stačí odparovanie na to, aby bola zmes pár a vzduchu nad horľavou kvapalinou zápalná - a medze výbušnosti [7, 8].

V priemyselnej výrobe sa však vyskytujú zmesi materiálov, buď rovnakého stavu hmoty alebo rôzne, často tiež v rôznych konfiguráciách počas výrobného procesu. Pre tieto zmesi nie sú k dispozícii zodpovedajúce parametre a ich správanie je možné predpovedať iba neadekvátne. Ako je dobre známe, zmes prachu a plynu môže byť zápalná v koncentráciách, ktoré ležia pod LEL samotnej jednotlivéj látky [9]. Vytváranie náhodných hybridných zmesí, ktoré môže nastať aj v drevoprevádzke, je stále veľkým problémom a môže spôsobiť značné straty na životoch a majetku a škody na životnom prostredí [10]. Pridanie malého množstva pár horľavých kvapalín do prachovzduchovej alebo plynovzduchovej zmesi podstatne zníži hodnotu dolnej medze výbušnosti [11].

Gieras a kol. skúmali okrem veľkosti, geometrie a tepelnej vodivosti jednotlivých materiálov aj vplyv teploty, tlaku zmesi paliva a oxidizačného činidla na zmenu LEL a UEL [12]. Zhao a kol. použili pre výpočet dolnej medze výbušnosti hybridnej zmesi uhlia a metánu Le Chatelierovo pravidlo, ktorý bol pôvodne navrhnutý pre homogénne zmesi [13]. Wong a kol. vypočítali medze výbušnosti s využitím hodnôt adiabatického plameňa

(CAFT), ktoré sa používajú na odhad LEL plyných zmesí. CAFT predstavuje teplotu, ktorá sa získa spaľovaním, bez tepelných strát [14]. Schröder a Molnarne spracovali prehľad najčastejšie používaných postupov na meranie medzi výbušnosťou plynov a pár. Medzi najčastejšie metódy používané na získanie odporúčaných hodnôt dolnej medze výbušnosti a hornej medze výbušnosti patria: a) metóda USBM; b) norma ASTM 681-98; c) nemecká norma DIN 51 649; d) nemecká norma VDI 2263-1 [15].

Cieľ práce

Cieľom štúdie je výpočtové stanovenie dolnej medze výbušnosti náterových látok. Pre výpočtové stanovenia dolnej medze výbušnosti boli vybrané tri horľavé kvapaliny, ktoré sú v drevospracujúcej prevádzke zastúpené v najvyššom množstve, a to riedidlo DT 1200/00, tužidlo TH 0790/00 a lak TU 7425/00.

Metodika práce a materiál

Výpočtové stanovenie dolnej medze výbušnosti náterových látok bolo vykonávané pre drevospracujúcu prevádzku, ktorá sa zaoberá výrobou a povrchovou úpravou okien, dverí a schodísk a disponuje vlastnou lakovňou.

Charakteristika stavby

Nosná konštrukcia a obvodové steny jednopodlažnej stavby sú z tvárnic, z materiálu PORFIX s hrúbkou 375 mm a zateplenie je z expandovaného polystyrénu hrúbky 100 mm. Stropnú konštrukciu tvorí železobetónový panel a strešná krytina je zložená z trapézového plechu. Podhľad je zložený z vápenno cementovej omietky. Podlaha je z cementového poteru. Súčasťou budovy je lakovňa aj sklad horľavých kvapalín s kapacitou uskladnenia maximálne 7 m³ horľavých kvapalín. Priestory lakovne tvoria samostatný požiarny úsek. V lakovni sa používa ručný spôsob nanášania pomocou striekacej pištole DeVILBISS PRIPRO-P1P-18.

Charakteristika vybraných horľavých kvapalín

Pre výpočet rôznych modelových situácií, ktoré môžu v prevádzke nastať boli vybraný lak TU 7425/00, tužidlo TH 0790/00 a rozpúšťadlo DT 1200. Najčastejšie používaná zmes týchto látok je v pomere: objem laku, 10 % objemu tužidla a 60 % objemu rozpúšťadla sa využíva na povrchovú úpravu nábytku a interiérových dverí. Zmes sa nanáša ručne v maximálne troch vrstvách s hrúbkou náosu do 150 g.m⁻².

DT 1200/00 je univerzálne riedidlo, ktoré sa používa pre polyuretánové základné laky. Tužidlá sa pridávajú do dvojzložkových farieb a lakov, čím sa urýchľujú ich fyzikálne a chemické procesy. Tužidlo TH 0790/00 je určené pre polyuretánové a epoxidové farby. Lak TU 7425/00 je akrylový dvojzložkový lak, ktorý je možné použiť ako základný alebo vrchný náter. Účelom produktu je vytvoriť rovnomerný náter na rôznych druhoch dreva, ktorý nezožltne.

Stanovenie dolnej medze výbušnosti výpočtovou metódou pre jednotlivé modelové situácie

1. Modelová situácia

V lakovni zamestnanec prevádzky po ukončení pracovnej doby neuzavrel nádobu s horľavou látkou (A1 - DT 1200/00, B1 - TH 0790/00, C1 - TU 7425/00). Rozmery lakovne: šírka 3,7 m, dĺžka 10,5 m a výška 2,6 m. Horľavé kvapaliny sa skladujú v nádobách v tvare valca s objemom 25 litrov a priemerom 30 cm. Teplota v lakovni je 20 °C. Pracovná doba prevádzky je od 7:00 do 16:00.

2. Modelová situácia

V sklade zamestnanec prevádzky po ukončení pracovnej doby neuzavrel nádobu s horľavou látkou (A2 - DT 1200/00, B2 - TH 0790/00, C2 - TU 7425/00), ktorá ostala voľne položená v sklade. Rozmery skladu: šírka 4 m, dĺžka 5 m a výška 2,6 m. Horľavé kvapaliny sa skladujú v nádobách v tvare valca s objemom

25 litrov a priemerom 30 cm. Teplota v sklade je 20 °C. Pracovná doba prevádzky je od 7:00 do 16:00.

3. Modelová situácia

V prevádzke lakovne vypukol požiar. Zamestnanci sa evakuovali a v lakovni ostala voľne položená otvorená nádoba s horľavou látkou A3 - DT 1200/00.

Cieľ 1. a 2. modelovej situácie: Empirické stanovenie koncentrácií pár horľavých kvapalín v lakovni a v sklade v čase medzi pracovnými smenami a určenie, či tieto koncentrácie predstavujú nebezpečenstvo výbuchu.

Cieľ 3. modelovej situácie: Určenie, ako sa bude meniť koncentrácia horľavých pár v lakovni počas prvých 5 minút požiaru ak teplota okolia vzrástla na 103 °C.

Pre stanovenie dolnej medze výbušnosti môžeme použiť Le Chatelierove pravidlo (1).

$$EL_{ZMES} = \frac{100}{\sum \frac{c_i}{EL_i}} \quad (1)$$

kde:

- EL_i dolná medza výbušnosti zložky horľavej pary (obj. %),
- c_i množstvo i -tej zložky pary horľavej kvapaliny v zmesi (%).

Pre výpočet množstva odparenej kvapaliny za jednotku času použijeme vzťah (2).

$$m = 2 \cdot c_s \cdot \rho \cdot S \cdot \sqrt{\frac{D \cdot \tau}{3 \cdot (1 - c_s)}} \quad (2)$$

kde:

- m množstvo odparenej kvapaliny (kg),
- c_s koncentrácia nasýtených pár horľavej kvapaliny pri danej teplote (obj. %),
- ρ merná hmotnosť pár kvapaliny (kg.m⁻³),
- S výparná plocha (m²),
- τ čas vyparovania kvapaliny (h),
- D difúzny koeficient pár horľavej kvapaliny vo vzduchu (m².h⁻¹).

Difúzny koeficient určíme zo vzťahu (3).

$$D = \frac{0,765}{\sqrt{M}} \quad (3)$$

kde:

- M molárna hmotnosť (g.mol⁻¹).

Skutočnú koncentráciu pár horľavej kvapaliny určíme zo vzťahu (4).

$$c_{SKUT} = \frac{V_{par}}{V_m} \cdot 100 \% \quad (4)$$

kde:

- V_{par} objem pár horľavej kvapaliny,
- V_m objem miestnosti.

Skutočnú koncentráciu horľavých pár určíme zo vzťahu (5) na základe objemu pár horľavej kvapaliny.

$$c_{SKUT} = \frac{V_{par}}{V_m} = \frac{\rho \cdot V_k \cdot R \cdot T}{M \cdot p} = \frac{\rho \cdot V_k \cdot R \cdot T}{M \cdot p \cdot V_m} \cdot 100 \% \quad (5)$$

kde:

- V_{par} objem pár horľavej kvapaliny (m³),
- V_m objem miestnosti (m³),
- M molárna hmotnosť (g.mol⁻¹),
- ρ merná hmotnosť pár kvapaliny (kg.m⁻³),

R plynová konštanta, $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$,
 V_k objem horľavej kvapaliny (m^3),
 T teplota okolia (K).

Výpočet hustoty plynu určíme zo vzťahu (20), ktorý je odvodený zo stavovej rovnice ideálneho plynu.

$$\rho = \frac{M \cdot p}{R \cdot T} \quad (6)$$

kde:

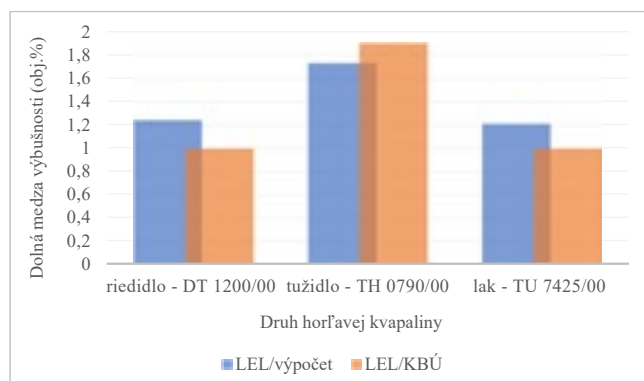
M molárna hmotnosť ($\text{g}.\text{mol}^{-1}$),
 p tlak okolia (Pa),
 R plynová konštanta, $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$,
 T teplota okolia (K).

Výsledky

Stanovenie dolnej medze výbušnosti pomocou Le Chatelierove pravidla pre riedidlo, tužidlo a lak, ktoré sa vzájomne miešajú a vznikajú náterové látky.

Tab. 1 Porovnanie výsledkov výpočtov dolnej medze výbušnosti (LEL) s hodnotami KBÚ

Názov HK	Výsledok výpočtu (obj. %)	Karta bezpečnostných údajov (obj. %)	Odhýlka (%)
DT 1200/00	1,24	1	24
TH 079/00	1,73	1,9	17
TU 7425/00	1,21	1	21



Obr. 1 Grafické znázornenie rozdielov LEL výpočtom Le Chatelierovým pravidlom a Kartou bezpečnostných údajov (KBÚ)

Le Chatelierovým pravidlom sa vykonal výpočet dolnej medze výbušnosti daných horľavých kvapalín a výsledky sú znázornené v Tab. 1, aj s poukázaním na vzniknutú odchýlku s hodnotou v KBÚ. Rozdiely bližšie identifikuje Obr. 1, kde sledujeme že riedidlo DT 1200/00 a lak TU 7425/00 vykazujú odchýlky 24 % a 21 % vyššie oproti KBÚ, na rozdiel od tužidla TH 079/00, kde výpočet Le Chatelierovým pravidlom je nižší ako údaj dolnej medze výbušnosti v KBÚ. Uvedené rozdiely mohli vzniknúť tým, že každá jedna z horľavých látok je zložená z troch až ôsmich podielov chemických látok, s rôznym percentuálnym zastúpením. Vo finálnom výrobku podielu vznikne stanovenou metodikou v laboratóriu odlišná LEL a rozdiel vo výpočtovej hodnote.

Na základe výpočtov pre vznik výbušnej atmosféry v prevádzkarni lakovne a skladu bolo zistené, že nedbanlivosťou zamestnancov počas ich neprítomnosti dôjde ku vzniku výbušnej atmosféry v štyroch prípadoch zo šiestich (Tab. 2).

Tab. 2 Výsledky z prvej a druhej Modelovej situácie v prevádzke skladu a lakovni

Výpočet neznámej z Model situácie	Množstvo odparenej kvapaliny (l)	Koncentrácia horľavých pár (obj. %)	Rozsah výbušnosti (obj. %)	Vznik výbušnej atmosféry
A1	4,07	4,03	1-12,8	A
B1	12,90	12,80	1,9-10,2	N
C1	2,02	2,00	1-10	A
A2	4,07	7,80	1-12,8	A
B2	12,90	24,80	1,9-10,2	N
C2	2,02	3,90	1-10	A

Legenda: A - áno, N - nie

Manipuláciou v prevádzkarni s horľavými kvapalinami neustále dochádza k odparovaniu horľavej kvapaliny.

Tab. 3 Hustota pár sledovaných horľavých kvapalín v lakovni a sklade

Názov HK	Vypočítaná hustota pár HK ($\text{kg}.\text{m}^{-3}$)	Hustota vzduchu ($\text{kg}.\text{m}^{-3}$)
DT 1200/00	0,851	1,2
TH 079/00	1,074	1,2
TU 7425/00	0,920	1,2

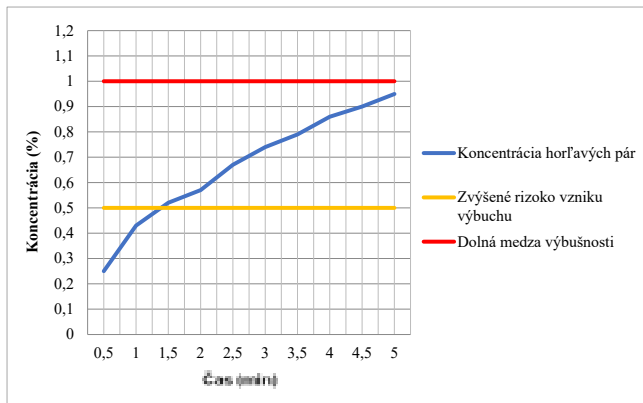
Pary všetkých troch horľavých kvapalín sú ľahšie ako vzduch (Tab. 3), preto sa v prevádzkarni budú hromadiť pri stope. Pre efektívne odvetranie je vhodné umiestniť odsávanie vzduchu v hornej časti miestnosti a prívod čerstvého vzduchu v dolnej časti prevádzkarne.

Tab. 4 Priebeh vzniku koncentrácie v prvých piatich minútach požiaru pri tretej modelovej situácii

Čas (min)	Objem kvapaliny (l)	Koncentrácia horľavých pár (obj. %)
0,50	0,24	0,25
1,00	0,34	0,43
1,50	0,41	0,52
2,00	0,45	0,57
2,50	0,53	0,67
3,00	0,58	0,74
3,50	0,62	0,79
4,00	0,68	0,86
4,50	0,71	0,90
5,00	0,75	0,95

V tretej modelovej situácii (A3) pri požiaru lakovne, kde teplota okolia vzrástla na $103 \text{ }^\circ\text{C}$ sa prepočítaval čas do 5 minút. Dolná medza výbušnosti riedidla dosiahla za 5 minút požiaru koncentráciu 0,95 obj. % a v KBÚ je výrobcom daná 1 obj. %. Priestor pri požiaru je ovplyvnený rôznymi faktormi, preto považujeme hodnotu dolnej medze výbušnosti ako nebezpečenstvo vzniku výbušnej atmosféry (Tab. 4).

Na grafe (Obr. 2) je znázornená modelová situácia požiaru v prevádzkarni, kde sledujeme so zvyšujúcim sa časom, nárast pár horľavej kvapaliny, riedidla DT 1200/00. Kde už pri 50 % dosiahnutí hodnoty LEL predpokladáme zvýšené riziko vzniku výbuchu.



Obr. 2 Priebeh zmeny koncentrácie horľavých pár v 3. Modelovej situácii

Záver

Z hľadiska výsledkov výpočtov možno konštatovať, že čas medzi pracovnými smenami v prevádzke nanášania náterových látok je dostatočný, na vytvorenie koncentrácie pár horľavých kvapalín v rozsahu výbušnosti:

- pre horľavé kvapaliny riedidla DT 1200/00 a laku TU 7425/00 hrozí riziko výbuchu a preto musia byť prijaté opatrenia na zníženie výskytu výbušnej atmosféry v prevádzke.
- hodnoty koncentrácie pár tužidla TH 0790/00 sú vyššie ako horná medza výbušnosti, táto zmes pre nedostatok oxidačného prostriedku sa považuje za nevýbušnú.
- v prípade vzniku požiaru v prevádzke, koncentrácia horľavých pár riedidla DT 1200/00 dosiahla polovičnú hodnotu dolnej medze výbušnosti v čase 1,5 min (zvýšene riziko vzniku výbuchu) a v čase 5 min dosiahla koncentrácie pár horľavej kvapaliny 0,95 obj. % (DMV = 1 obj. %). Vznikla výbušná koncentrácia.

Pre zaistenie bezpečnosti prevádzky s nanášaním náterových látok s trvalou prítomnosťou horľavých kvapalín je navrhnuté odsávanie pár horľavých kvapalín a prívod čerstvého vzduchu a konštrukčná ochrana pred výbuchom.

PodĎakovanie

Tento príspevok bol podporený Slovenskou agentúrou pre podporu výskumu a vývoja projekt číslo APVV-17-0005 (40 %) a agentúrou VEGA Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR projekt číslo 1/0454/20 (30 %) a VEGA projekt číslo 1/0717/19 (30 %).

Použitá literatúra

- [1] ŠENOVSKÝ, M.; BALOG, K.; HANUŠKA, Z.; ŠENOVSKÝ, P. (2007). *Nebezpečné látky II.* 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. 230s. ISBN 978-807385-000-5.
- [2] Vyhláška MV SR č. 96/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú zásady protipožiarnej bezpečnosti pri manipulácii a skladovaní horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov.
- [3] ŠTROCH, P. (2010).: *Procesy hoření a výbuchu.* Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2010. 157s. ISBN 978-80-554-0187-4.
- [4] BARTLOVÁ, I.; DAMEC, J. (2002).: *Prevenca technologických zařízení.* Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2002. 243s. ISBN 80-86634-10-8.

- [5] NASSIMI, A. M.; JAFARI, M.; FARROKHPOUR, H.; KESHAVARZ, H. (2017). Constants of explosive limits. *Chemical Engineering Science* 173:384-389. DOI: 10.1016/j.ces.2017.08.011.
- [6] PEKALSKI, A.; SCHILDBERG, P.; SMALLEGANGE, D.; LEMIKOWITZ, M.; ZEVENBERG, F.; BRAITHWAITE, M. (2005).: Determination of the explosion behaviour of methane and propene in air or oxygen at standard and elevated conditions. *Process Safety Environmental Protection* 83(5):421-429. DOI: 10.1205/psep.04211.
- [7] KESHAVARZ, M.H.; JAFARI, M.; KAMALVAND, M.; KARAMI, A.; KESHAVARZ, Z.; ZAMANI, A.; RAJAEI, S. (2016).: A simple and reliable method for prediction of flash point of alcohols based on their elemental composition and structural parameters. *Process Safety Environmental Protection* 102:1-8. DOI: 10.1016/j.psep.2016.01.018.
- [8] BEYLER, C. (2016).: *Flammability Limits of Premixed and Diffusion Flames.* In: Hurley M.J. et al. (eds) SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Springer, New York, NY. DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0_17.
- [9] GLASSMAN, I.; YETTER, R. A. (2008).: *Combustion.* Fourth Edition. Elsevier Inc. 794p. ISBN 978-0-12-088573-2.
- [10] AMYOTTE, R.; ECKHOFF, K. (2010). Dust explosion causation, prevention and mitigation: an overview. *Journal of Chemical Health and Safety* 17(1):15-28. DOI: 10.1016/j.jchas.2009.05.002.
- [11] DASTIDAR, A.G.; NALDA-REYES, R.; DAHN, J. (2005).: Evaluation of dust and hybrid mixture explosion potential in process plants. *Process Safety Progress* 24(4):294-298. DOI: 10.1002/prs.10097.
- [12] GIERAS, M.; KLEMENS, R.; KUHL, A.; OLESZCZAK, P.; TRZCINSKI, W.; WOLANSKI, P. (2008).: Influence of the chamber volume on the upper explosion limit for hexane-air mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 21:423-436. DOI: 10.1016/J.JLP.2008.02.006.
- [13] ZHAO, F.; ROGERS, J. W.; MANNAN, S.M. (2009).: Experimental measurement and numerical analysis of binary hydrocarbon mixture flammability limits. *Process Safety and Environmental Protection* 87(2):94-104. DOI: 10.1016/j.psep.2008.06.003.
- [14] VIDAL, M.; WONG, W.; ROGERS, W.J.; MANNAN, M.S. (2006).: Evaluation of lower flammability limits of fuel-air-diluent mixtures using calculated adiabatic flame temperatures. *Journal of Hazardous Materials* 130(1-2):21-27. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.07.080.
- [15] SCHRÖDER, V.; MOLNARNE, M. (2005).: Flammability of gas mixtures: Part 1: Fire potential. *Journal of Hazardous Materials* 121(1-3):37-44. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.01.032.

Rozšírená realita, modelovanie ARSandboxom a jej využitie v krízovom manažérstve

Augmented Reality, ARSandbox Modelling and Its Use in Crisis Management

prof. Ing. Milan Oravec, PhD.¹

doc. Ing. Vilém Adamec, Ph.D.²

Ing. Kateřina Tomanová²

¹Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta
Letná 9, 042 00 Košice

²Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava - Výškovice
milan.oravec@tuke.sk, vilem.adamec@vsb.cz,
katerina.tomanova@vsb.cz

Abstrakt

Rozšírená realita je progresívnym digitálnym nástrojom, ktorý využíva kombináciu reálneho zobrazenia a digitálnej informácie vo forme informácie, modelu, ktorý vytvára u človeka výsledný vnem. Tieto informácie môžu byť v textovej, obrazovej podobe s ohľadom na riešený problém. Tieto dáta formou vložených informácií medzi objekt reálneho sveta a oko, sú vkladané zariadeniami bežného života, akými sú smartfóny, tablety, okuliare ap. V krízovom manažérstve tieto postupy vytvárajú predpoklady pre strategické a operatívne rozhodovanie. Poskytujú novú realitu.

Kľúčové slová

Rozšírená realita, krízový manažment, ARSandbox, Sandbox, digitálny priestor, GIS, operatívne riadenie.

Abstract

Augmented reality is a progressive digital tool that uses a combination of real-world imagery and digital information in the form of information, a model that creates the resulting perception in humans. The information can be from text, visual form and model with respect to the problem being solved. This data in the form of, embedded information between the real world object and the eye, is inserted by devices of everyday life such as smartphones, tablets, glasses, etc. In Crisis Management, these processes create the prerequisites for strategic and operational decision making. They provide a new reality.

Key words

Augmented reality, crisis management, ARSandbox, Sandbox, digital space, GIS, operational management.

Úvod

Rozšírená realita (Augmented Reality -AR) v súčasnosti je široko aplikovaná technológia používaná od výuky, cez marketing až po zobrazovanie simulovaných procesov pre konkrétny priestor [1]. Zakladateľom myšlienky AR bol v 50tych rokoch minulého storočia kameraman Morton Heilig, ktorý postavil prvý koncept AR nazvaný Sensorama [2]. Sensorama bola založená na mechanických nie digitálnych nástrojoch. Ivan Sutherland, v roku 1968, postavil prvý systém virtuálnej a rozšírenej reality (zmiešaná realita). Počítače v týchto časoch nemali dostatočný výpočtový výkon. Z tohoto dôvodu sa používali jednoduché modely drôtového modelu [3],[4],[5]. V roku 1975 prezentoval Myron Krueger VIDEO MIESTO. Bol to počítačový systém, ktorý koordinoval pohyb grafického objektu s akciami používateľa [6]. Spoločnosť Bell

Helicopter skúmala možnosti analógových systémov pre pilotov helikoptér. Koncom 90. rokov 20. storočia študenti Kolumbijskej univerzity vyvinuli MARS3 [7], ktorý vyviedol AR z laboratória do vonkajšieho prostredia a potom sa objavili pokročilejšie aplikácie a výskum sa rozšíril na rôzne oblasti štúdií. Začiatkom roku 2000 získal výskum AR nový rozmer. To umožnilo vývojárom implementovať technológiu AR do svojich nových aplikácií [8]. Technológia potrebná pre skúsenosti s AR je dnes k dispozícii pre masu, prostredníctvom platforiem iOS a Android.

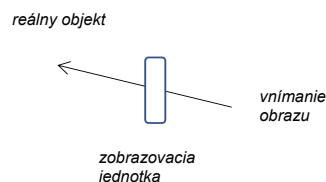
Využitie v oblasti krízového manažérstva môže využiť zariadenia bežného digitálneho priestoru pre potreby komunikovania zobrazovania krízových situácií, či už vo fáze prípravy obyvateľstva, alebo na operatívne riadenie mimoriadnych udalostí (MU).

AR vytvára zobrazenia, vnemy, projekcie procesov, zariadení, tak aby boli realistickými scenármi, ktoré pomôžu osloviť cieľové skupiny. Aplikácie AR pridávajú digitálne komponenty do skutočného sveta jednoduchými nástrojmi, akými sú napr. mobilný telefón, tablet, okuliare ap.

Príspevok poukazuje na špecifický druh modelov využiteľných pri výuke, ako aj operatívnom riadení MU s modelovaním hrozieb spojených s vodou. Sandbox (pieskovisko) a ARSandbox je takýmto nástrojom. V porovnaní s modelmi fluent, modelmi virtuálnej reality je nenáročný na vstupy a dáva extrémne rýchle výsledky bez širšej vedomosti skrytého matematického aparátu pre užívateľa.

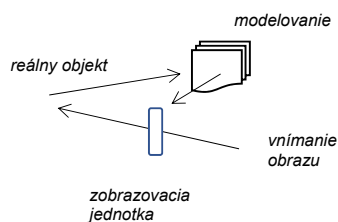
1 Princípy a techniky rozšírenej reality

Aplikácie AR sú kombináciou digitálneho a vizuálneho obsahu do reálneho prostredia jednotlivca. Táto kombinácia informácií je využiteľná aj v krízovom manažérstve (KM). Nové kombinácie súčasne používaných technických zariadení, napr. mobilný telefón, tablet ap., ponúkajú aj v oblasti KM nové možnosti v oblasti školenia, tréningu zvládania MU. Na obr. 1 je znázornený princíp AR. Pre oblasť KM sú využiteľné nižšie uvedené postupy. Tento princíp je možné využiť pre operatívnu podporu zásahových zložiek.



Obr. 1 Princíp AR všeobecne

Súčasný digitálny priestor, množstvo informácií o stave objektu, priestoru (poloha, teplota, videoinformácie ap.) umožňujú komplexnejšie rozhodovanie krízových štábov. Spracovanie týchto údajov je podmienené priepustnosťou informačných kanálov a schopnosťou selektovania týchto údajov. Popri selektovaní je možné využiť rôzne softvérové nástroje na modelovanie konkrétnych scenárov. S ohľadom na cieľ príspevku je poukazané na modelovanie hrozieb spojených s vodou v konkrétnom priestore pomocou Sandboxu. Tento model je zobrazený na obr. 2.



Obr. 2 Princíp AR s podporou modelovania scénarov

V tab. 1 a tab. 2 sú uvedené najpoužívanejšie princípy a techniky AR.

Tab. 1 Princípy a techniky realizovania AR [9]

Podstata AR technológie	Definícia
Traking (stopovanie, sledovanie)	Metódy sledovania cieľového objektu/prostredia prostredníctvom kamery a senzory a odhad trasy v priestore.
Interakčné techniky	Techniky a rozhrania na interakciu s rozšíreným informačným obsahom.
Kalibrácia a registrácia	Geometrické alebo fotometrické kalibračné metódy a metódy založené na viacerých súradnicových systémoch.
Zobrazovacie techniky	Zobrazovacie prostriedky na prezentáciu virtuálneho obsahu v AR vrátane mobilných zariadení.
Špeciálne aplikácie	AR systémy v aplikačných oblastiach, vojenstvo, medicína ap.

Tab. 2 Klasifikácia typov AR [9]

Skupina	Typ	Typ značky
Značky	Na základe značky na objekte	Obrázok na papieri. Fyzická značka na objekte.
	Podľa polohy	GPS.
	Dynamické zväčšenie	Reaguje na zmeny objektu.
	Zmiešaná augmentácia	Kombinácia vyššie uvedeného.
Obraz	Nepriama augmentácia	Zmena statického obrazu.
	Digitalizácia	Dynamická augmentácia priestoru.
	Rozšírenie dynamického obrazu	

Pre tvorbu modelov s AR (modelov mobilnej AR - MAR) je nutné zodpovedať na otázky:

- ako vykresľovať 2D a 3D modely v MAR,
- ako používať súradnice skutočného sveta na vykresľovanie 2D a 3D modelov v reálnom svete pomocou MAR,
- aká presnosť je požadovaná pri zobrazovaní objektov,
- pre ktoré účely je MAR navrhnutá.

2 Modely používané pre rozšírenú realitu

Modely využiteľné pre AR môžu mať rôznu podobu. Veľké robustné modely s možnosťou realizovania výpočtov a ich zobrazenia napr. vo výpočtovom prostredí CAx systémov, GISov, ap. potrebujú dostatok výpočtového výkonu. Na druhej strane sú jednoduché tabuľkové procesory typu excel, alebo textové editory, ktoré sú dnes ako v zariadeniach typu Android, tak aj v tabletoch s možnosťou jednoduchého OS Windows. Na schéme 1 sú zobrazené najčastejšie používané modely pre modelovanie scénarov pre AR.

model	digitálny	statický
		dynamický
	obrázky	
	video (scenáre)	reálny
		možný
	metadáta	rôzne formy

Schéma 1 Štruktúra využívaných dát pre digitálne modelovanie v rozšírenej realite

Rozšírená realita umožňuje pracovať s kauzalitou v induktívnom a deduktívnom režime. Induktívne postupy sa využívajú v KM ako v operatívnych režimoch, tak aj strategickom plánovaní. Deduktívne postupy je možné použiť pri kvantifikovaní škôd, napr. obr. 3 ako aj rôznych úloh priestorovo časových zmien prostredia.



Obr. 3 Rozsah škôd kostola po zasiahnutí tornádov v obci Hrušky v roku 2021 [10]

Na obr. 4 je časovopriestorová zmena (výbuch v prístave Bejrút). Z diferencie obrázkov je možné určiť rozsah škôd, ale aj množstvo dusičnanu amónneho, ktoré spôsobilo túto zmenu.



Obr. 4 Rozsah škôd v prístave Bejrút v roku 2020 po explózii [11]

Klasickými úlohami časovopriestorových zmien ako v induktívnom, tak aj deduktívnom režime sú úlohy spôsobené prírodnými a technologickými hrozbami. Jedná sa o zosuvy, požiare, technologické havárie ap..

3 Možnosti využitia rozšírenej reality pri modelovaní povodní

3.1 Súčasný stav v oblasti mobilnej rozšírenej reality

V oblasti katastrof sa dnes využívajú modely založené na zdieľaní prostredníctvom mobilných zariadení. Erra a kol. [12] vyvinul aplikáciu MAR pre vizualizáciu meraní georeferenčných senzorov a integráciu simuláčnych údajov hydraulických a hydrologických modelov do mobilných zariadení. Táto aplikácia funguje na mobilných zariadeniach vybavených webovou kamerou a snímačmi, ako sú gyroskop, kompas a GPS. Platforma zvyšuje vizuálne vnímanie skutočného sveta spájaním dodatočných informácií s prírodnou scénou v reálnom čase. Umožňuje zasahujúcim jednotkám ľahšie sa dostať do najkritickejších oblastí vystavených záplavám. Podporuje operatívne rozhodovanie. Leebmann [13] vytvoril vrstvený model MAR, kde vrstvy sú tvorené rôznymi informáciami pre zasahujúce zložky pri zemetraseniach.

Tento druh informácií môže pomôcť pracovníkom záchrannej služby pri plánovaní akcií na mieste pomocou rozšírených informácií na nájdenie a záchranu ľudí. Experti z rôznych oblastí môžu využiť tento systém na zdieľanie svojich údajov a spoluprácu. Systém sa skladá z stojana na batoh, ktorý pojme dva Trimble 4800 GPS, stĺpika pre anténu GPS, statívu a hliníkového kufra pripävaného na batohu. Batoh obsahuje všetky konektory, nabíjateľné batérie a prenosný počítač. Statív, ktorý je namontovaný na batohu, nesie fotoaparát a IMU merajúcu orientáciu fotoaparátu. Druhá IMU je pripävaná k sietnicovému displeju. Leebsmann dospel k záveru, že návrh takéhoto systému má mnoho výziev, pretože systém integruje rôzne metódy, ako je mapovanie, fotogrametria, inerciálna navigácia a diferenciálny GPS, a uviedol, že MAR je možné použiť aj v iných fázach katastrofy. Obdobne by bolo možné poukázať na ďalšie modely.

3.2 Modelovanie hydraulických javov pre rozšírenú realitu

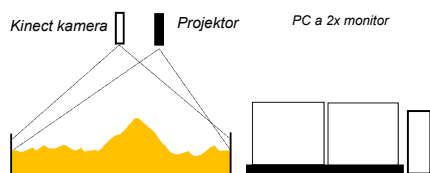
Pre analýzu hydraulických javov existujú numerické metódy a fyzikálne modely. Fyzikálne hydraulické modelovanie poskytuje explicitnosť problému a vizualizáciu fyzického prostredia, ktorú je ťažké dosiahnuť pomocou numerických modelov. Vizualizáciu javu v troch dimenziách, vnímanie toho, ako voda preteká záplavovou oblasťou, a navrhovanie riešení, ako sa tomu vyhnúť je možné vykonať oveľa intuitívnejšie s fyzickým modelom než v numerickom modeli. Samostatnú kategóriu tvoria modely typu Sandbox. Sú to modely pre riešenie časopriestorových úloh podobne ako GISy. V oblasti projekcie AR pomocou Sandboxov bolo vyvinutých niekoľko modelov, medzi ktorými sú SandScape MIT [13], iSandBox [13], modely rozšíreného reliéfu projekcie (PARM) [15] a populárny ARSandbox [16].

3.2.1 Opis ARSandboxu [19]

Myšlienka interaktívnych pieskovísk (Sandboxov) využívajúcich AR vznikla v roku 2003 na MIT. Olwalova práca [19], [20] opisuje štyri typy zobrazovacích technológií pre AR :

- Optické priehľadné displeje.
- Zobrazenie videa.
- Mobilné zariadenia s displejom.
- Priama projekcia.

Jednou zo špeciálnych vlastností ARSandboxov je simulácia dejov spojených s prúdením vody. Simulovaná vodná hmota, rovnako ako v prírode, sleduje reliéfné formy. Pohybuje sa smerom dole do koryt riek, prechádza strmými reliéfmi rýchlejšie a hromadí sa v uzavretých priestoroch. Táto simulácia je založená na súbore rovníc dynamiky prúdenia vody (Saint-Venantova rovnica). Intenzitu simulácie daďďa je možné ovládať pomocou softvérového menu, čo pomáha pri riešení rôznych scenárov katastrof. ARSandbox použitý pre modelovanie scenárov pracuje na princípoch zobrazených na obr. 5.

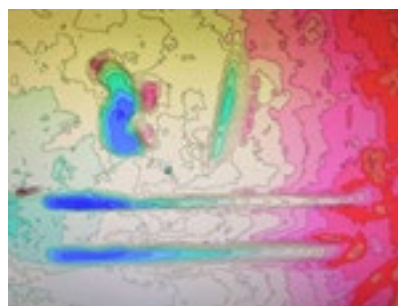
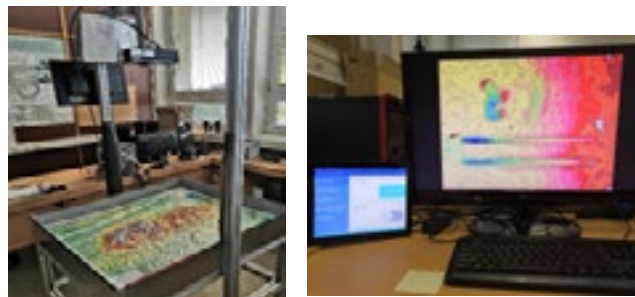


Obr. 5 Zostava použitého ARSandboxu (vlastné)

Použitá zostava ARSandboxu je tvorená projektorom BENQMS630ST, Kinect Xbox 2, PC s OS Windows 10 a dvoma obrazovkami. Jedna slúži na zobrazovanie modelovanej situácie v ARSandboxe a druhá na ovládanie parametrov Sandboxu. Rozmer pieskoviska bol 110 x 80 cm. Použitý bol silikónový piesok, ktorý nie je tak sypký ako plavený piesok a umožňuje modelovanie.

Odtieň piesku bol žltý. Hypsometrická škála bola jasne zreteľná, nakoľko softvér umožňuje pracovať v škále 20tich farieb. Verzia softvéru KinectSandbox 1.9.9. Pre účel zdieľania informácií v externom prostredí a rôznymi mobilnými zariadeniami (mobilný telefón, tablet) sa vyskúšalo zdieľanie pre externých pozorovateľov pomocou Skype, Teamsu a Webexu.

Na obr. 6 je zobrazenie použitej zostavy pre realizovanie pokusov. Zľava doprava stôl s osadeným pieskoviskom, v ktorom je plastická 3D mapa. Stredný obrázok je zostava monitorov, kde na pravom monitore je zobrazenie pieskoviska, ktoré je zobrazené aj s modelovaným reliéfom na pravom snímku.



Obr. 6 Zobrazenie použitého systému pre modelovanie scenárov

Vybrané pokusy boli aj s využitím 3D plastickej mapy. Táto mapa má už reliéf v mierke M 1:6 6666 a projekcia na túto plochu je možná s ohľadom na rozmer pieskoviska. Pre účel rýchleho modelovania sa vytvoril z piesku otláčok mapy, s ktorým bolo už možné rýchlo pracovať.

3.2.2 Vybraný priestor modelovania rýchleho spádu zrážok

Pre modelovanie sa využil stav, ktorý nastal vo Vysokých Tatrách 19.7.2018. Priestor Belianskych a Vysokých Tatier bol postihnutý enormným spádom zrážok [21]. Na obr. 7 je zobrazenie zasiahnutého územia v prostredí ZBGISu [22].

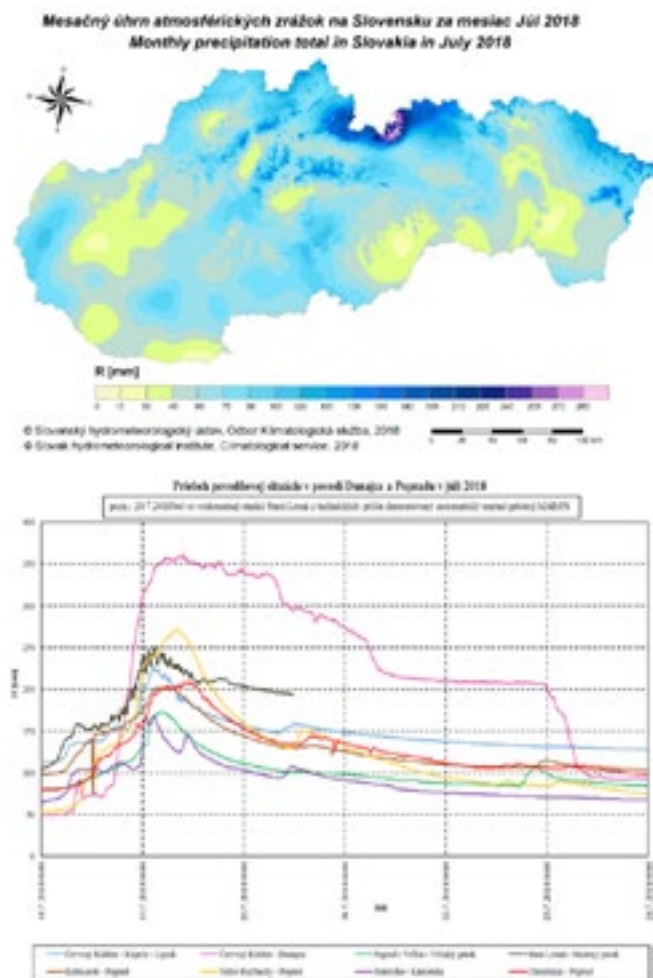


Obr. 7 Výškopis a polohopis v systéme ZBGIS

Podrobný opis udalosti v širších súvislostiach je uvedený v [23]. Z vybraných parametrov je nutné kvantifikovať gradient zrážok v konkrétnom priestore. Najvýznamnejšie množstvá zrážok

boli namerané dňa 18.7.2018 [24], kedy maximálny denný úhrn 126,8 mm bol zaznamenaný v Tatranskej Javorine a jej okolí. V Tatranskej Javorine bolo namerané aj maximálne celkové množstvo spadnutých zrážok 217,9 mm za obdobie od 16.7. do 20.7.

V Oblasti Vysokých Tatier sa vyskytujú aj lokálne rýchle zrážky, ktoré dosahovali hodnoty 60-70 mm za hodinu. Problémy vznikajú, ak takéto množstvá vody nie sú schopné odtiecť z postihnuteľného priestoru. Na obr.8 je zobrazené situácie úhrnu zrážok, prietokov vody, ktorú bolo nutné odvieť zo sledovaného územia.



Obr. 8 Úhrn zrážok za júl 2018 a gradient prietokov vo vybraných riekach povodia Dunajec [24]

3.3 Modelovanie rozšírenej reality a Sandboxom

V procese prípravy a modelovania ARSandboxom bolo nutné riešiť:

- Ociachovanie množstva zrážok pre modelovanie rýchleho dažďa. Jediné existujúce údaje sú na stránkach SHMÚ. Tieto údaje nezodpovedajú realitám, nakoľko lokálne zrážky sú tak špecifické, že nie sú postihnuteľné radarovou sieťou a meteorologickými modelmi. V našom prípade sa vychádzalo z poznania a sledovania zrážok v konkrétnom priestore. V našom prípade sa vychádzalo z reverznej analýzy a zrážaniu objemu a prietoku v konkrétnom priestore. Na obr. 9 pre účel identifikovania problému boli použité nástroje AR v reverznom režime. Pri identifikovaní problému sa ukázalo, že odlesnenie a strata retenčnej schopnosti prostredia prispeli k dôsledkom zobrazeným na obr. 10.

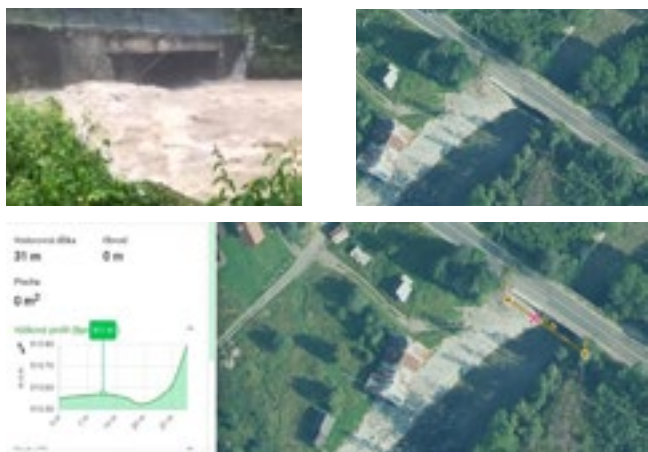


Obr. 9 Odlesnenie v priestore úpätia pohoria od roku 2006 do roku 2018 spôsobené napadnutím porastov [25]



Obr. 10 Dôsledky rýchlych zrážok nad obcou Tatranská Javorina [26]

- Pokiaľ sa poznajú skutočné pomery je možné pre modelovanie v Sandboxe určiť konkrétne podmienky parametrov toku vody spôsobenej rýchlymi zrážkami. Zmeraním skutočnej geometrie priestoru v prostredí GISu rozvodneného potoka a rýchlosti prúdenia vody (videozáznam) sa zistí prietok vody v konkrétnom mieste. S ohľadom na nulovú retenciu je možné vychádzať zo zachovania objemov vody a zmenenej geometrie. Späťne je možné identifikovať množstvo zrážok spadnutých v analyzovanom priestore pri poznaní plochy z ktorej je odvádzaná voda. V našom prípade to boli hrebene dolín nad obcou Tatranská Javorina. Na obr. 11 je zobrazené priečneho rezu zmeraného v prostredí ZBGISu v obci Podspády, ktorým tiekla voda.



Obr. 11 Most v obci Podspády počas a po povodni. Zmeranie profilu potoka v prostredí ZBGISu

Z výškového profilu koryta v sledovanom mieste je možné identifikovať prietochné objemy. Tieto reverzné postupy umožňujú vytvoriť si obraz o reálnom priestore v čase mimoriadnej udalosti.

- Pre modelovanie gradientu zrážok v prostredí ARSandbox je nutné vytvoriť časovú závislosť, ktorá definuje množstvo zrážok simulovaných pohybom ruky v priestore nad Sandboxom.
- Možné je modelovať aj frontu v podobe rôznych zakrivených línií.

- V prípade, že sa nemodeluje do piesku, ale sa použije 3D plastická mapa je nutné nastaviť parametre projektora a kinektu tak, aby sa zohľadnili vlastnosti mapového podkladu, ako farebnosť tak aj mierka a spôsob využitia.

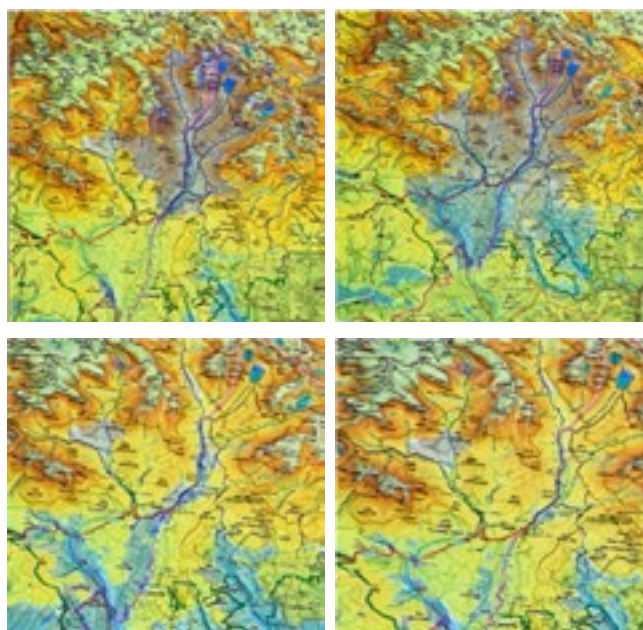
Mierka nad M 1:10 000 je využiteľná prevažne pre účely analýz krajiny, nie operatívneho riadenia. Dotýka sa to nastavenia vzdialenosti medzi spodnou stranou a vrchnou stranou položenú 3D mapy a vzdialenosťou projektora a kinektu. Tieto nastavenia je možné realizovať do 30 sekúnd.

- Pre účel presného zistenia plochy spádu nad obcou Tatranská Javorina, obr. 12, sa využili nástroje ZBGISu. Ohraničenie plochy so získaním charakteristických parametrov plochy, sklonov ap. je na pravej strane obr. 12. ZBGIS je voľne dostupný SW prostriedok v SR.



Obr. 12 Prostredie ZBGISu pre určenie charakteristických parametrov zasiahnutého priestoru (vlastné)

Na obr. 13 je modrou farbou na podklade 3D plastickej mapy Belianskych Tatier modelovaný stav rýchleho spádu zrážok v priestore dolín nad obcou Tatranská Javorina a ich odtok (modrá plocha) do potoka pretekajúceho obcou Tatranská Javorina.



Obr. 13 Vizualizácia rýchlych zrážok v priestore Belianskych Tatier nad obcou Tatranská Javorina na 3D plastickej mape pomocou ARSandboxu

4 Diskusia

Problematika AR v teoretickej oblasti bola rozpracovaná už v minulom storočí. Nové obrysy dostala s príchodom digitalizácie prostredia a mobilnými zariadeniami so senzormi a senzormi v digitálnom prostredí. Prístup v rámci konceptu I5 (nie I4) je závislý od komplexného kyberneticko-fyzikálneho priestoru. Rozumie sa tým vnútorný aj vonkajší periméter riešenej úlohy. V budúcnosti sa pojem vonkajší periméter bude upravovať s ohľadom na množstvo dát kyberneticko-fyzikálneho priestoru. Moderné digitálne zariadenia umožňujú nie len zobrazovať ale aj realizovať jednoduché výpočty, ktoré je možné využiť pre tréning, modelovanie a operatívne konanie v prípade MU. V prípade potreby náročnejších výpočtov je nutné výpočty realizovať na PC mimo MAR.

Spôsoby projekcie v AR sú úzko spojené s rozvojom digitálnych nástrojov pre projekciu, digitálnych modelov, ale aj množstva dát použiteľných pre toto digitálne prostredie. V KM ako pre prezentovanie stavov, tak aj pre modelovanie, sa využívajú najčastejšie vizuálne vnemy. Preto je možné predpokladať, že v rámci digitálnych nástrojov pre AR budú sa využívať softvérové prostriedky z oblasti CAX a GIS platforiem. V týchto nástrojoch je dostatok informácií, ku ktorým v rámci projekcie je možné pripojiť dáta z komplexného kyberneticko-fyzikálneho digitálneho sveta. Koncept I5 je svedkom toho už dnes. I5 je podmienený priepustnosťou dát a šikovnosťou selektovania dát pre konkrétnu úlohu.

Možné je využitie modelovania zmien okolia pre objekty kritickej infraštruktúry. V rámci pre-processingu, kde akákoľvek zmena môže vytvoriť nové hrozby.

Všeobecne k MAR a aplikáciám pre KM

MAR je vo všeobecnosti systém, v ktorom môže používateľ vidieť prekryté údaje a vizuály v reálnom prostredí. Formy zobrazovania sú rôzne. Vrstvenie informácií sa dnes ukazujú s ohľadom na používané nástroje (GIS ap.) ako najvhodnejšie. Toto prekrytie je možné implementovať prostredníctvom inteligentných telefónov, okuliarov ap., ktoré už dnes sú za prijateľné ceny. MAR sú spravidla vybavené kamerovým systémom a systémom sledovania polohy alebo orientácie. V dnešnej dobe mobilné telefóny je

možné porovnať s niektorými PC. Základné technológie, ktoré sa využívajú dnes pre AR pomocou MAR sú založené na:

- Rýchly procesor s grafickým hardvérom. Procesor potrebuje spracovať vstupy užívateľov, video obrázky a simulovať aplikácie a následne zobrazovať virtuálny obraz.
- Kamery s vysokým rozlíšením, ktoré používame na snímanie živých videozáznamov. Používajú sa na sledovanie AR a na prekrytie virtuálnych snímok aj k videozáznamom.
- Výkonnom komunikačnom hardvéri, mobilných a bezdrôtových sieťach pre konektivitu medzi snímačmi okolia a snímačmi v samotnom MAR. Sú to prevažne snímače polohy a určenia polohy bodu v 3D priestore. Sú to GPS, kompas a gyroskopy a zariadenia s informáciami pre trekovanie.

Sociálny rozmer MAR a odkaz pre KM

Rozšírená realita pokiaľ bude chápaná len ako nástroj otupí poznanie, nakoľko poskytuje pre operatívne riadenie zrýchlenie, ktoré je niekde v digitálnom priestore už predpripravené. Pokiaľ budú tento digitálny priestor predpripravovať ľudia zo sektora IT bez poznania kauzality, tak sa AR stane len drahou hračkou.

Pochopenie tvorby nástrojov na báze AR je o pochopení nie len kauzality, nie len o pochopení spôsobu vnímania človeka tejto reality, ale aj o komplexných možnostiach, v ktorých sa dnešní ľudia mnohokrát strácajú.

Konkrétne poznatky pre modelovanie pomocou ARSandboxu

Napriek tomu, že myšlienka AR vznikla v zábavnom priemysle našla si uplatnenie aj v procese výuky, tréningu a prípravy na zvládanie MU spojených s vodou. ARSandbox od verzie 1.8 obsahuje tri možnosti modelovania vodných zrážok. Sú to trvalý dážď, rýchle zrážky v konkrétnom priestore a čase a povodne ako dôsledok týchto stavov.

ARSandbox bol vytvorený pre výuku interaktívnou formou v civilnom sektore. Služi pre výuku v oblasti kartografie, geomorfológie, hydrológie. Umožňuje modelovanie prúdenia vody a pochopenia základných princípov prúdenia kvapalín na povrchu zeme v čase.

Umožňuje riešiť úlohy spojené s manažovaním povodia v rámci krízového manažérstva, krajinotvorby a zmien v krajine. Prepojenie úloh spojených s modelovaním rýchlych zrážok, ktoré sú identifikovateľné len radarom, s varovnými systémami a manažmentom povodia je možné riešiť aj v operatívnom režime.

Poukázali na aplikovateľnosť pre konkrétne oblasti KM vrátane problematiky spojenj s prúdením vody po povrchu. Jednou časťou problému je zobrazovanie problematiky pomocou AR. Táto časť je v plnom rozsahu aplikovateľná pre KM hlavne v oblasti zisťovania škôd v priestore, napr. obr. 3 a obr. 4. Tu je možné využiť princíp značky typu GPS. Presnosť tejto väzby je postačujúca s ohľadom na presnosť a rozsah škôd. Ak by sa požadovalo vyhodnotiť posunutie s presnosťou pre úlohy porušenia stavby je nutné pridať princíp trekovania a triangulácie v konkrétnom priestore. Vhodné je využiť princípy diverzifikácie a redundancie, ktoré znamenajú, že je potrebné použiť dodatkové riešenia mimo model Sandboxu.

Druhou časťou problému sú vlastné modely a ich zobrazovanie na mapový podklad. Presnosť projekcie závisí od použitej mierky. Vymodelovať pohoria a svahy v mierke M 1:50 000 je priam nemožné. Chyba pri modelovaní znamená veľkú nepresnosť. Jeden milimeter na modeli z piesku znamená pri tejto mierke chybu 50 metrov v reálnom svete, čo je v prípade vody nepoužiteľné. Avšak pri mierkach do M 1:1 000 až M 1:5 000 a aplikovaní korekcie je ARSandbox model použiteľný. Nepresnosť vzniká pri projekcii, nie výpočtoch. Túto disproporciu je možné opraviť trekovaním bodov na konkrétnu vrstevnicu priestoru. Je to len zásah do softvéru a previazanie vypočítanej hodnoty množstva vody v konkrétnom mieste zviazania so zobrazením na konkrétnej

vrstevnici. Trekovanie umožní vektorové spracovanie obrazu a jeho zobrazenie v MAR. Dnes je to rastrové zobrazenie, čo je možné odstrániť aj v ARSandboxe.

Výhody modelovania a zobrazovania ARSandboxom

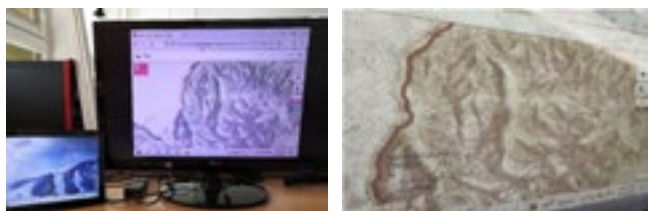
- rýchle modelovanie hravou formou. Využiteľné pre jasné zobrazenie časovopriestorovej zmeny aj pre laikov, ktoré je možné využiť pre pochopenie analyzovaného problému. Tieto formy je možné využiť hlavne pre výuku a poukázanie na zmeny, ktoré môžu nastať,
- rýchla vizualizácia aj formou zdieľaného obrazu mimo priestor pieskoviska prostredníctvom MAR. Možné použitie hlavne v operatívnom režime,
- možnosť využitia pri predikcii stavov, nakoľko zmeny v modelovaní sa realizujú okamžite (formovanie piesku v pieskovisku trvá približne do 10 sek.). Odpoveď na otázky čo sa stane ak sa zmenia parametre terénu sú do 3 sekúnd k dispozícii. Modelovať v piesku môže aj človek bez akýchkoľvek znalostí a skúseností. Jedinou znalosťou je poznanie mierky, množstva síl a prostriedkov potrebných pre zmenu v konkrétnom priestore v reálnom svete,
- aplikovateľnosť v územno-plánovacej činnosti a v otázkach spojených s krajinotvorbou. Už v tomto kroku príslušné orgány môžu zaujať stanovisko ku zmenám spojeným s hrozbami okolia,
- modelovanie zmien preniesť pomocou MAR do konkrétneho priestoru na základe princípov väzby, napr. georeferencie cez GPS v zariadeniach pre MAR,
- už dnes existuje dgn formát, ktorý zobrazuje 3D priestor terénu. Modelovať časovopriestorové zmeny je možné už dnes v CAX alebo GIS platformách a projekciu realizovať cez AR v konkrétnom priestore s menším časom. Možné je predikovať stavy, ktoré nastanú v konkrétnom priestore,
- posun od rastrových foriem zobrazovania k vektorovým a zviazanie presnejšími nástrojmi a zobrazením s vysokým rozlíšením umožní v budúcnosti tomuto nástroju byť použiteľným nielen hrozbách spojených s vodou. Už dnes sú produkty, ktoré modelujú lesné požiare na rozsiahlych plochách.

Plastické 3D mapy neumožňujú rýchle zmeny v tvare terénu. Toto je možné odstrániť otlakom 3D mapy do piesku, obr. 14 a v ňom vykonávať rýchle zmeny.



Obr. 14 Zľava 3D plastická mapa, plastický piesok, otlakok 3D mapy

Druhou možnosťou je premietnutie konkrétneho priestoru do pieskoviska a vymodelovanie terénu v pieskovisku. Na obr. 15 je premietnutie priestoru Tatranskej Javoriny pomocou ZBGISu v príslušnej mierke (M 1: 10 000) a vytvorenie reliéfu dolín. Zvolením vhodnej mierky a poznania konkrétnej výšky v ZBGISe je možné vytvoriť pomerne verný 3D model.



Obr. 15 Možné variantné riešenie ZBGIS a modelovanie priamo do plastického piesku

Do priestoru existujúceho modelu z plastického piesku je možné pridávať a uberať objekty. Táto činnosť nevyžaduje poznanie SW modelu. Rýchlo je možné modelovať priestorové zmeny za účelom poznania časovopriestorových úloh.

Nevýhody modelovania a zobrazovania AR Sandboxom:

- v rámci pre-procesingu je nutné mať 3D mapy v konkrétnej mierke, nakoľko modelovanie konkrétneho terénu je zdĺhavé. Tento problém je možné odstrániť spôsobom projekcie a využiť formu zobrazenia pomocou zloženého videa,
- limitujúcimi faktormi presnosti sú projektor a kinectbox. Pre bežné účely dnes do mierky M 1:1 000 až 1:5 000 je možné použiť lacnejšie riešenia s rozlíšením, ktoré poskytuje BenQMS630ST (SVGA 800 × 600) a kinectbox druhej generácie, ktoré bolo prezentované. Optoma UHZ65UST RF 4K Laser s parametrami 3 840 x 2 160 (max. 4 096 x 2 160) stojí štvornásobne. Ceny týchto zariadení medziročne prudko klesajú, nakoľko sa používajú ako domáce kino s ultrakrátkou vzdialenosťou a širokým uhlom premietania. Pre úlohy spojené s KM je preto nutné uvažovať čo a ako sa chce modelovať a využívať.

Záver

V minulosti boli interaktívne hračky akými boli elektrické násobilky, ktoré vtedy dostupnou formou vzdelávali tých, ktorí chceli niečo viac ako sa požadovalo. Následne prišli prvé programovateľné kalkulačky akými bola TI 59. Potom prišli zariadenia pre jednoduché zobrazovanie reálneho sveta a dnes sú k dispozícii prostriedky pre AR, VR a zmiešanú realitu. Sú využiteľné pre vrstvenie informácií o požadovanom objekte v digitálnej forme. Napriek tomu, že existuje koncept I4 sú už dnes prostriedky pre tvorbu štruktúr pre I5. Dnes je k dispozícii v digitálnom svete množstvo možností, využíva sa len zlomok a poznanie sa stráca, nakoľko využívané nástroje na úkor času poskytujú len povrchné vedomosti, ktoré si človek vyberá.

V oblasti nástrojov pre KM je mnoho možností digitálneho sveta s množstvom informácií. Vhodná selekcia informácií a ich poskytnutie umožňuje minimalizovať straty. AR Sandbox po vylepšení má takýto potenciál.

Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-19-0367 Rámec Integrovaného prístupu riadenia procesnej bezpečnosti pre Inteligentný podnik a projektu KEGA 013TUKE-4/2020 Transfery poznatkov z výskumu prostriedkov využívajúcich rozšírenú realitu do edukačného procesu v oblasti bezpečnosti technických systémov.

Literatúra

- [1] Best Revolutionary Augmented Reality Apps 2020. [cit. 2020-11-2]. Dostupné z: <https://www.plugxr.com/augmented-reality/best-revolutionary-augmented-reality-apps/>.
- [2] ZACHARIADIS B. N.: *Development of an iOS, Augmented Reality for disaster management*. Master Degree Thesis, Lund University. 70 stran. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9007282>.
- [3] ARTH et al. The History of Mobile Augmented Reality Developments in Mobile AR over the last almost 50 years. In: *Austria Technical Report ICG-TR-2015-001 Graz, May 11, 2015*, 42 stran. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/275974448_The_History_of_Mobile_Augmented_Reality/link/558933fd08ae273b2875b392/download.
- [4] SUTHERLAND, I. A head-mounted three dimensional display. In: *FJCC*, 33: 757-764. DOI: 10.1145/1476589.1476686 [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <http://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ss09/ar/p757-sutherland.pdf>.
- [5] CARMIGNANI, J. and B. FURHT. *Augmented Reality: An Overview*. 3-46 pp. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1.
- [6] MANDAL, S. 2013. Brief Introduction of Virtual Reality & its Challenges. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.ijser.org/researchpaper/Brief-Introduction-of-Virtual-Reality-its-Challenges.pdf>.
- [7] FEINER, S. et al. *A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment*. DOI: 10.1109/ISWC.1997.629922 [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/629922>.
- [8] PALMARINI, R. et al. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. In: *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 49 pp: 215-228. DOI: 10.1016/j.rcim.2017.06.002 [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/22127/1/A_systematic_review_of_augmented_reality_applications-2017.pdf.
- [9] KIM, K. et al. Revisiting trends in augmented reality research: A review of the 2nd decade of ISMAR (2008-2017). In: *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* 2018, 24, 2947-2962. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/17/7978/htm>.
- [10] Sila ničivého tornáda na fotografiách. Obciam výrazne zmenilo svoju podobu. [cit. 2021-06-25]. Dostupné z: https://www.tvnoviny.sk/zahranicne/2031997_pred-a-po-silaniciveho-tornada-na-fotografiach-obciam-vyrazne-zmenilo-svoju-podobu.
- [11] TASR. Bejrút pred a po výbuchu. Obrovský rozsah škôd za miliardy dolárov odhaľujú satelitné snímky. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://www.tvnoviny.sk/zahranicne/2004138_bejrut-pred-a-po-vybuchu-obrovsky-rozsah-skod-za-miliardy-dolarov-odhaluju-satelitne-snimky.
- [12] ERRA, U. et al. Mobile Augmented Reality For Flood Events Management. In: *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 13: 418-424. DOI: 10.2495/SDP-V13-N3-418-424 [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/journal/International-Journal-of-Sustainable-Development-and-Planning-1743-7601>.
- [13] LEEBMANN, J. An Augmented Reality System for Earthquake Disaster Response. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/11/3290>.

- [14] PIPER, B. et al. Illuminating Clay: A3-D Tangible Interface for Landscape Analysis. [cit. 2021-09-1]. DOI:10.1145/503376.503439. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/2493020>.
- [15] iSandbox. Available online: <https://ar-sandbox.com/> (accessed on 22 September 2020).
- [16] PRIESTNALL, G. et al. Projection augmented relief models (PARM): Tangible displays for geographic information. In: *Proceedings of the Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2012), London, UK, 10-12 July 2012; pp. 180-187*. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/6b21/485179de3983131a57ed69006d11c10c079a.pdf>.
- [17] REED, S. et al. Shaping Watersheds Exhibit: An Interactive, Augmented Reality Sandbox for Advancing Earth Science Education. In: *Proceedings of the American Geophysical Union Fall Meeting 2014, San Francisco, CA, USA, 15-19 December 2014. ED34A-01*. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294206116_Shaping_Watersheds_Exhibit_An_Interactive_Augmented_Reality_Sandbox_for_Advancing_Earth_Science_Education.
- [18] ARSandbox. (accessed on 22 September 2020). Available online: <https://arsandbox.ucdavis.edu/>. [cit. 2020-09-1].
- [19] AR-Sandbox Instruktion. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/channel/UCPD8UVyMIBfn6GzBJS84UuQ>.
- [20] OLWAL, A. An Introduction to Augmented Reality. [cit. 2020-09-1]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Introduction-to-Augmented-Reality-OLWAL/1f18a02709e79c42f95cb377c15b28b5a722944d> [cit. 2021-09-1].
- [21] TASR. Mimoriadna situácia v Tatrách: Voda strhávala mosty. Autor 19. júla 2018 7:58, aktualizované 19. júla 2018 19:05 [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.teraz.sk/regiony/vysoke-tatry-turisticke-chodniky-cez/337804-clanok.html>.
- [22] Mapový klient ZBGIS®, Verzia 4.5. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk/kataster?pos=49.207468,20.181589,12>.
- [23] Takúto spúšť zanechala nočná prietrž v Tatrách. 19. 07. 2018 07:24 , článok bol aktualizovaný 19. 07. 2018 16:30 | Stará Lesná/kacs, TV Markíza, TASR. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://www.tvnoviny.sk/domace/1927713_foto-a-video-takuto-spust-zanechala-nocna-prietrz-v-tatrach.
- [24] Slovenský hydrometeorologický ústav. Povodňová situácia na tokoch v povodí Dunajca a Popradu v júli 2018. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: https://www.shmu.sk/File/HIPS_povodnove_spr/Povod_sit_toky_povodie_Dunajec_Poprad_jul2018.pdf.
- [25] Bielovodská dolina (TANAP, Tatranská Javorina) 19. 3. 2021. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=HwdEDN1jEwQ>.
- [26] V Popradu vyhlásili kvôli bleskovým povodňám mimoriadny stav. 19. 7. 2018. In: Právo. [cit. 2021-09-1]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/zahranicni/evropa/clanek/v-popradu-vyhlasil-kvuli-bleskovym-povodnim-mimoradny-stav-251043>.

Modernizace výcvikových schopností Střední odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany

Modernization of Training Skills of the Secondary Vocational School of Fire Protection and the Higher Vocational School of Fire Protection

Ing. Jiří Rogowski

Střední odborná škola požární ochrany a Vyšší odborná škola požární ochrany
Pionýrů 2068, 738 02 Frýdek-Místek
jiri.rogowski@sosopf.m.cz

Abstrakt

Príspevek se zabývá výukovými možnostmi po modernizaci v rámci projektu Vzdělávací a výcviková střediska IZS - Modernizace Střední odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany“, reg. č. CZ.06.1.23/0.0/0.0/16_035/0004761 který je spolufinancován Evropskou unií. Dále sumarizuje jednotlivé prvky, které se povedlo při modernizaci získat a jakým směrem se moderní výcvik v oblastech požární ochrany může posouvat ve Střední odborné škole požární ochrany a Vyšší odborné škole požární ochrany.

Klíčová slova

Výcvik, simulátory, laboratoře, učebny.

Abstract

The paper deals with teaching possibilities after modernization within the project Educational and Training Centers of the Integrated Rescue System - Modernization of the Secondary Vocational School of Fire Protection and the Higher Vocational School of Fire Protection ", Reg. No. CZ.06.1.23/0.0/0.0/16_035/0004761, which is co-financed by the European Union. It also summarizes the individual elements that were successfully obtained during the modernization and in which direction modern training in the fields of fire protection can be moved in the Secondary Vocational School of Fire Protection and the Higher Vocational School of Fire Protection.

Keywords

Training, simulators, laboratories, classrooms.

Úvod

Střední odborná škola požární ochrany a Vyšší odborná škola požární ochrany (dále škola) je od roku 1967 nositelem vzdělanosti v požární ochraně v naší republice. Při otevření projektu Vzdělávací a výcviková střediska IZS - Modernizace Střední odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany“, reg. č. CZ.06.1.23/0.0/0.0/16_035/0004761, který je spolufinancován Evropskou unií se dalo očekávat, že modernizace posune výcvikové možnosti naší školy dál. Tento příspěvek Vás seznámí s možnostmi výuky a výcviku na našem modernizovaném areálu Pavlíkova v oblastech požární ochrany, integrovaného záchranného systému a krizového řízení. Je třeba zmínit, že modernizace potřebovalo mnohé úsilí, aby se dostala na úroveň potřebnou pro moderní společnost a je výzvou i pro samotné hlavní uživatele, jak zefektivnit výuku a výcvik v níže uvedených částech.

Modernizace byla rozdělena na několik etap. Výraznými etapami byly stavební a technologie simulátorů. V rámci stavební etapy bylo nutné část staveb demolovat a na vzniklých místech postavit nové či rekonstruovat stávající prostory a připravit je pro nové simulační technologie školy.



Obr. 1 Areál Pavlíkova SOŠ PO a VOŠ PO, Ing. Marek Hütter

Při modernizaci vznikly, byly upgradovány či rozšířeny tyto objekty a simulátory:

Polygon zdravotnické přípravy

Polygon je určen především pro přípravu příslušníků HZS ČR, členů jednotek PO a příslušníků PČR v oblasti zdravotní přípravy. Polygon může využívat personál poskytovatelů zdravotnických záchranných služeb nebo osoby z ostatních složek IZS (např. Horské služby, VZS ČČK apod). Umožní kvalitativně vyšší úroveň zdravotní přípravy u všech výše uvedených složek. Polygon umožňuje jak základní přípravu v oblasti zdravotní přípravy - nácvik běžných činností spojených s první pomocí, tak i komplexní a náročnější výcvik v reálně simulovaných podmínkách způsobených mimořádnou událostí. Součástí polygonu je i potřebné zázemí pro maskování zranění apod. Polygon umožňuje součinnostní výcviky složek IZS například pro společné typové činnosti STČ-08 Dopravní nehoda, STČ-09 Zásah s velkým počtem zraněných a obětí. Navíc prostor lze využít i k seminářům, IMZům v rozsahu až 100 osob.

Výcviková multifunkční hala

Nově vybudovaná hala o ploše cca 1000 m² umožňuje různé formy výcviku příslušníků HZS ČR, osob zařazených v jednotkách PO, studentů školy apod. V rámci haly lze organizovat i praktický výcvik zaměřený na ochranu obyvatelstva (např. evakuační středisko, místo nouzového ubytování, výstavba protipovodňových stěn, vyhledávání a záchrana osob, provádění bojových rozvinutí apod.). Tyto činnosti je možné provádět s menší závislostí

na vlivu počasí. V hale lze vytvořit různá pracoviště umožňující výcvik v oblasti zdolávání mimořádných událostí s možností ovlivnění podmínek výcviku včetně využití mobilní požární techniky. Realizovaný výcvik doplňuje výcvik prováděný v simulátoru taktického a takticko-strategického řízení a další praktické výcviky zejména při součinnosti složek IZS.



Obr. 2 Výcviková multifunkční hala, Ing. Marek Hütter

Komplex laboratoří a učeben

Nově vybudovaná budova skrývá několik prostor, které se využívají pro níže specifikované oblasti:

a) Učebna specializovaných informačních technologií

Učebna umožňuje praktickou výuku specializovaných informačních technologií a softwaru využitelného pro řízení zásahu, oblast krizového řízení a oblast ochrany obyvatelstva (např. databázové a informační systémy využívané jednotkami PO a složkami IZS, apod.). Cílem učebny je seznámit personál složek IZS a orgány zapojené do oblasti krizového řízení s možnostmi informační podpory a se způsoby efektivního využití dostupných a získaných informací. Učebna slouží jako předstupeň výcviku na dalších simulátorech, zejména pro základní formy výcviku.

b) Laboratoř požární prevence

Laboratoř požární prevence je vybavena sofistikovanými zařízeními, která mají vztah k chování látek při hoření s důrazem na požární prevenci. Jedná se často o drahé přístroje, které mnohdy nemají ani certifikované zkušební instituce. Mezi takové vybavení můžeme řadit například Zařízení pro měření minimální iniciační energie prachových disperzí (MIE) podle ČSN EN ISO/IEC 80079-20-2 a ČSN EN 13821, zařízení pro stanovení hořlavosti kyslíkovým indexem (pro stanovení LOI) podle ČSN EN ISO 4589-2 nebo zařízení pro stanovení teploty vznícení podle ČSN 14 522 apod.

c) Laboratoř Nebezpečných látek

Laboratoř nebezpečných látek (Obr. 1) se soustředí zejména na praktické stanovení standardních požárně technických charakteristik, jako je teplota vzplanutí a teplota hoření. K dispozici jsou moderní a přesné přístroje typu Pensky-Martens, Cleveland, Abel, rychlá rovnovážná metoda apod. Kurzisté také mohou stanovovat Ph látek a určovat jejich předpokládané vlastnosti. Samozřejmostí je propojení do datové sítě, kterými mohou být výsledky stanovené na přístrojích posílány a dále zpracovávány. Ve všech prostorách nechybí výkonný ventilační systém pro odvětrání spalin vzniklých při činnosti zkušebních přístrojů.



Obr. 3 Pohled do laboratoře nebezpečných látek, Ing. Marek Hütter

d) Učebna pro výuku charakteristických jevů a možného rozvoje požárů

Výukové pracoviště je zaměřeno na výuku zejména dynamických jevů spojených s požárem a faktorů ovlivňujících jeho šíření. Toto pracoviště využívá k výuce účastníků širokého spektra ze složek IZS, včetně výuky specialistů v oblasti kriminální služby PČR. Učebna je postupně vybavována ukázkami technických zařízení a věcnými prostředky požární ochrany včetně vybraných částí požárně bezpečnostních zařízení. Učebna umožňuje s použitím didaktických a audiovizuálních prostředků simulaci jevů spojených s požárem, včetně simulace průběhu požáru, který je ovlivněn požárně bezpečnostními zařízeními nebo prvky požární bezpečnosti staveb. Výuka v této učebně navazuje na výuku v laboratoři požární prevence a stavebních materiálů.

Učebna pro výuku zásahů na zdolávání nebezpečných látek

Modernizovaná učebna je zaměřena na výcvik řízení zásahů spojených s únikem nebezpečných látek, simulací a stanovení rozsahu šíření úniků látek a stanovení vhodných opatření v oblasti ochrany obyvatelstva. Svým obsahem navazuje na výuku v laboratoři nebezpečných látek a při této výuce jsou zohledněny znalosti a poznatky získané v laboratoři nebezpečných látek. Umožňuje seznámení personálu složek IZS s komplexní taktikou na zdolávání úniků nebezpečných látek, včetně případů, kdy bude únik nebezpečných látek souviset s terorismem a navazuje na Simulátor taktického a strategického řízení.

Simulátor pro výuku taktického a takticko - strategického řízení

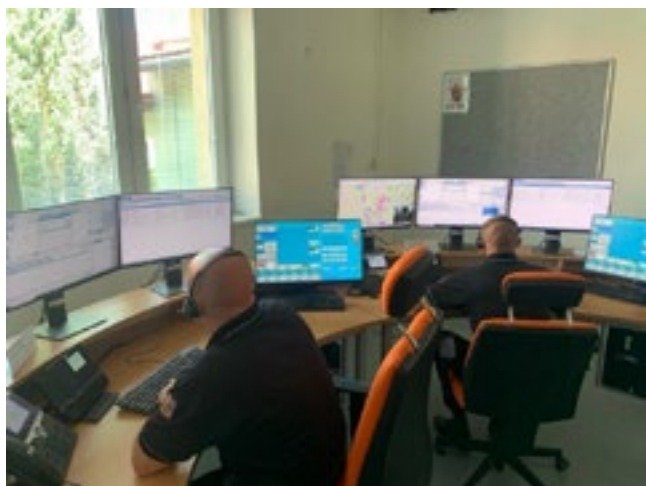
Slouží k přípravě velitelů jednotek PO a velitelů zásahů a vedoucích složek IZS se zaměřením na řízení zásahu složek IZS jak na taktické, tak na takticko - strategické úrovni řízení zásahu a k řízení jednotlivých složek IZS. Důraz je kladen na získání znalostí a dovedností potřebných k řešení reálných situací. Simulátor je představován pracovištěm, které modeluje příslušné zásahové situace v prostředí virtuální reality (simulátor je postaven na programu XVR), s odpovídající možností datové a informační podpory velitele jednotky požární ochrany prostřednictvím komunikačních a informačních prostředků, včetně možnosti podpory velitele prostřednictvím štábu velitele zásahu.



Obr. 4 Výcvik na programu XVR, Ing. Jiří Rogowski

Simulátor pro výuku operačního řízení

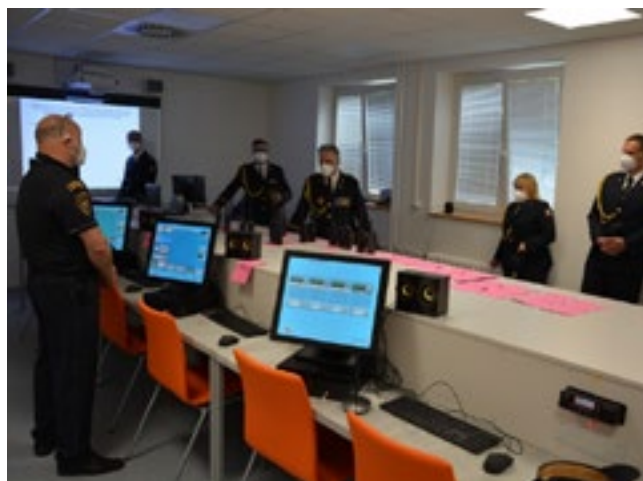
Simulátor je komplex jednotlivých pracovišť operátorů tísňových linek jednotlivých složek (především HZS ČR) a je doplněn simulační technologií, která simuluje jak provoz na tísňových linkách (tísňová i falešná hlášení), tak simulaci komunikace z míst zásahů složek IZS, případně simulaci z pracovišť krizových štábů (nebo dalších složek IZS). Toto umožňuje propojení s pracovišti (simulátory) pro výcviky a výuku v oblasti taktického, takticko - strategického a krizového řízení, tím bude možno dosáhnout vyšší úrovně výcviku operátorů. Toto zařízení je jediné výcvikové pracoviště pro HZS ČR v oblasti operačního řízení pro operační techniky a důstojníky. V minulosti i jiné složky IZS využily možnosti simulátoru pro výcvik svých operátorů (např. firma Innogy Česká republika a.s., pro výcvik svých operátorů pro případy havárií na svých skladovacích zařízeních a simulace komunikace se složkami IZS).



Obr. 5 Výcvik na simulátoru operačního řízení, Ing. Jiří Rogowski

Simulátor komunikačních technologií

Je zaměřen na seznámení a výcvik s radiokomunikačními a informačními prostředky, které využívají jednotlivé složky IZS. Cílem výuky a výcviku je získání dovedností, návyků nezbytných pro obsluhu a efektivní využívání komunikačních technologií, které umožní bezproblémové spojení jednotlivých složek IZS. Simulátor představující komunikační a informační prostředky využívané IZS, HZS ČR a jednotkami PO (analogové a digitální systémy) a umožňuje i výcvik probíhající v terénních podmínkách a venkovním prostředí, které je náročné na zajištění funkčního spojení mezi jednotkami PO a složkami IZS. Část vybavení simulátoru je využívána i při praktických výcvicích v areálu i mimo areál školy.



Obr. 6 Simulátor komunikačních technologií při ukázce, Ing. Jiří Rogowski

Simulátor pro výuku krizového řízení

Je určen pro přípravu středního a vyššího managementu v oblasti krizového řízení, pro přípravu členů krizových štábů. Umožňuje simulaci reálných situací, které musí řešit členové krizových štábů s využitím dostupných komunikačních a informačních prostředků. Zde je možné propojit výcviky členů krizových štábů a řídicích pracovníků jednotlivých složek IZS na úrovni nejvyššího managementu.



Obr. 7 Část simulátoru pro krizové řízení při ukázce, Ing. Jiří Rogowski

Simulátor je představován cvičným pracovištěm krizového štábu s komunikačními prostředky umožňujícími jak příjem podnětů - informací o vzniklých mimořádných událostech, tak reakci - předání rozhodnutí krizového štábu výkonným subjektům - složkám IZS a zúčastněným subjektům veřejné správy, odpovídající datovou a technickou podporou a vstupy samotného simulátoru. V rámci spolupráce s Fakultou bezpečnostního inženýrství VŠB-TUO připravujeme společné výcviky v oblasti krizového řízení.

Závěr

Navíc uvedené simulátory mohou vzájemně kooperovat, a tak ucelit rozsah výcviku do kompletních návazností v rámci všech úrovní koordinace složek IZS tedy taktické, operační a strategické úrovně. Proběhlá modernizace otevřela nové možnosti vývoje ve výcvikové oblasti nejen v požární ochraně. Umožňuje zkušeným lektorům školy zefektivnit předání zkušeností a znalostí do dovednosti účastníků kurzů. Je nutné si uvědomit - v duchu

základních pedagogických zásad, že teoretické vědomosti si člověk, ať už je dospělý nebo dítě, osvojí nejlépe praktickým ověřením toho, co je napsáno, a v tomto jsou výše popsané modernizované objekty a simulátory vynikajícím edukativním nástrojem.

Použitá literatura

- [1] HÜTTER, M.: *Nové laboratoře SOŠ PO a VOŠ PO* [online]. 8.7.2021 [cit. 2021-7-23].
- [2] Vzdělávací a výcviková střediska IZS, Modernizace Střední a odborné školy požární ochrany a Vyšší odborné školy požární ochrany: studie proveditelnosti, aktualizace 23.10.2020. Frýdek-Místek, 2020.

Komfort v ochranných oděvech používaných během pandemie

Comfort in Protective Clothing Used during Pandemic

Ing. Jiří Slabotinský, CSc.¹

Ing. Pavel Častulík, CSc.¹

Ing. Jan Fišer, Ph.D.²

Ing. Jan Pokorný, Ph.D.²

Ing. Barbora Kopečková²

¹Dekonta, a.s., Dekonta CBRN, s.r.o.
Václavská 102, 619 00 Brno

²Vysoké učení technické v Brně, Energetický ústav
Technická 2896/2, 616 69 Brno
jiri.slabotinsky@dekonta.cz

Abstrakt

The burden of healthcare workers wearing protective equipment when treating the patients affected by infectious diseases was assessed. Full isolation from the external environment shows that even with light work around 120 W.m⁻², the effect of isolation from the environment can increase the physiological load by reducing metabolic expenditure up to twice compared to an unprotected person. In such a case, the only way of intensive heat dissipation is an evaporation of the sweat, 1 g of which removes up to 2500 J of heat. Experiments with a Newton thermal mannequin in a climatic chamber have shown that ventilation with air at normal relative humidity of 50 % can reduce the surface temperature by up to 6 °C, compared to unventilated clothing. Ventilation brings clean filtered air into the garment and the person is in an environment as if without insulation.

Key words

Covid-19, protective clothing, clothing comfort, air filtration.

Klíčová slova

Covid-19, ochranné oděvy, oděvní komfort, ventilace, filtrace vzduchu.

Úvod

Hromadný výskyt virového onemocnění Covid 19 po celém světě (pandemie) znovu připomenul nezbytnou potřebu ochránit zdravotnický a záchranný personál před potenciální nákazou vhodnými ochrannými prostředky. Ruku v ruce se zvyšováním ochrany před vnějším nebezpečím však současně přichází problém uživatelů těchto prostředků s fyziologickou snesitelností při vykonávání psychicky a fyzicky náročných prací. Zejména v prostředí se zvýšenou teplotou nebo vlhkostí, kdy je velmi obtížné předávat tělem produkované metabolické teplo do okolí, a tak udržovat teplotu organismu v optimálním (komfortním) teplotním režimu. Ten představuje tělesnou teplotu 36,5-37 °C, teplotu pokožky 34 °C a bez zjevného pocení. Toho lze v podmínkách do teploty 30 °C a relativní vlhkosti do 50 % dosáhnout poměrně snadno u lidí vykonávajících lehkou práci do 150 W např. u stroje nebo při běžné chůzi oblečených do obvyklého pracovního oděvu s nechráněnými částmi těla, jako je obličej nebo ruce. Zvláště pokud kolem proudí čerstvý vzduch a osoba nachází se ve stínu. To ovšem nepřipadá v úvahu u lidí zasahujících u osob, které onemocněly nakažlivou virovou chorobou a personálu, který je dlouhodobě léčí. Ti kromě izolace těchto pacientů od vnějšího okolí se musí sami izolovat od nich, aby sami neonemocněli a také aby nešířili virové onemocnění do okolí. Proto musí být vybaveni ochrannými prostředky

chránícími celé tělo. A nejenom to. Ochranný prostředek sám by neměl šířit virus a měl by také umožňovat jeho snadné a bezpečné odstranění kontaminace. Nelze se jen tak svléci jako při skončení běžné pracovní směny, ale je třeba podstoupit proces zabraňující dalšímu šíření aerosolu nebo par nebezpečných látek. A to není tak jednoduché, proto se musí pracovníci v ochranných prostředcích pobývat co nejdéle. A tady nastává ten vzájemně protichůdný problém, kdy dokážeme člověka spolehlivě chránit před životu nebezpečným působením z vnějšího prostředí a nedokážeme zcela zabránit stejně velkému ohrožení života vycházejícího z mikroklimatických podmínek vznikajících pod tímto ochranným prostředkem.

Tím nebezpečím je tepelný stres. S tímto problémem se potýkají všichni, kteří řeší ochranu lidí nejen proti biologickým látkám, ale také proti chemickým, prachovým aerosolům i například střepinám zbraní. Prostě všude tam, kde je nezbytné vytvořit osobní bariéru mezi člověkem a okolím a narušit tak přirozenou energetickou rovnováhu, kterou člověk bez vnějšího ohrožení umí přirozeně úpravou oblečení ovlivnit.

Princip energetické rovnováhy člověka

Abychom vůbec mohli žít, tedy aby fungovaly naše životně důležité orgány a mohli také vykonávat činnosti, potřebujeme energii. Tu získáváme z potravin a okolního vzduchu. Obecně vzato, pomocí enzymatické oxidace spalujeme uhlohydráty a jako u všech exotermických oxidačních pochodů vzniká teplo. To se nazývá metabolické a pro vytváření optimálního fungování lidského organismu je ho potřeba poměrně málo. Proto je nutné jeho přebytek odvádět do okolí, má-li být dodržena stálá teplota těla, což popisuje obvyklá rovnovážná fyzikální rovnice (1) pro tepelnou rovnováhu příjmu a výdeje tepla jakéhokoliv tělesa. V daném případě u člověka má podobu

$$M = W \pm R \pm C \pm L - E - S \quad (1)$$

kde

M metabolické teplo, produkované organismem;

W užitečná práce, kterou se část metabolického tepla spotřebovává;

R radiační (sálavé) teplo, které organismus vyzařuje do okolí (+), nebo také přijímá od okolí (-);

C konvektivní teplo (vyměněné se vzduchem prouděním) přijaté (-) nebo vydané (+);

L teplo předané (+) nebo vydané (-) vedením, tj. přímým kontaktem s jiným materiálem.

E teplo vydané odpařením potu (při kondenzaci může mít kladnou hodnotu);

S teplo spotřebované na ohřev lidského těla.

Všechny údaje mají jednotku W.m⁻².

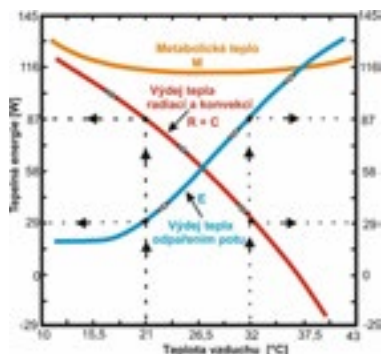
Za ideálních podmínek postačuje odvod tepla tzv. suchou cestou, tedy bez výrazného pocení *E* a navýšení tělesné teploty nad 37 °C (tedy ΔS). Je to teplo, které nezatěžuje fyziologicky orgány člověka, tj. potní žlázy. Tento stav bývá označován jako „tepelný komfort“.

Odvod tepla fyzickou prací tvoří jen velmi malou část. Vzhledem k celkovému výdeji metabolického tepla činí maximálně 10 % [1], proto se *W* zpravidla zanedbává. Podobně je tomu i u vlivu dýchání na konvektivní přestup tepla, které však zejména

u tzv. izolačních oděvů je v teplém prostředí jediným konvektivním přestupem tepla do okolí.

Pokud teplota okolí je vyšší než teplota pokožky člověka (cca 34°C), pak tzv. suché teplo vede k zahřívání organismu a tento deficit musí nahrazovat pocení (obr. 1), kde jeho chladící efekt spočívá v odpaření potu. Pocit „teplého komfortu“ se ztrácí, když pocení začíná mít převažující vliv, tj. když rozsah smočení těla potem w přesáhne 30 % tělesné plochy [2].

$$w < 0,0012 \cdot M + 0,15 \quad (2)$$



Obr. 1 Produkce metabolického tepla a jeho výměna s okolím

Pokud to pro zvýšenou vlhkost v okolí není možné, pak nutně dochází k hromadění tepla v organismu a tím ke zvyšování tělesné teploty, která však má z pohledu zdraví svoje limity. Přípustné je navýšení tělesné teploty (zpravidla měřené v rektu) 38,5 °C, protože další zvyšování vede k potenciálním příznakům vzniku křečí z horka, k únavě, bolestem hlavy, zvýšení srdeční frekvence nad přípustnou hranici v závislosti na věku (220-věk). Při krátkodobé zátěži by však dokonce neměla překročit 150 tepů za minutu [3].

Dlužno dodat, že v chladnějším prostředí může nastat situace, kdy metabolické teplo nepostačuje na krytí tepelných ztrát a místo přehřívání organismu může docházet i k jeho ochlazení.

Je tedy zřejmé, že zdravotníci a všichni záchranáři pracující v ochranných prostředcích jsou vystaveni zvýšené fyzické i psychické námaze, která vyplývá z utváření nevhodného mikroklimatického prostředí pod ochrannými prostředky.

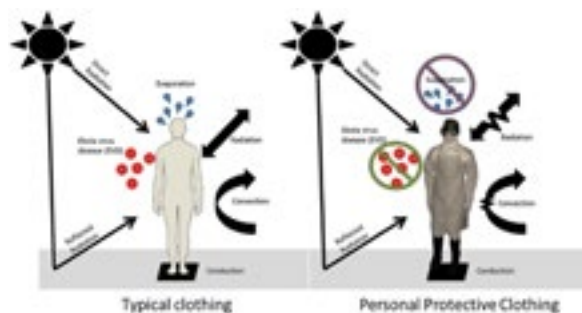
Poznatky z činnosti zdravotníků

Vybavení zdravotníků k ochraně před nakažlivým virem a bakteriemi je v podstatě shodné na celém světě. Jako příklad jsou uvedeny ochranné prostředky pro ochranu před virem Eboly [4], který je vysoce smrtelný. Proto bylo třeba vyloučit jakýkoliv kontakt s případnou nákazou. Odtud je zřejmá potřeba izolace celého těla od okolí, nejenom dýchacích orgánů.



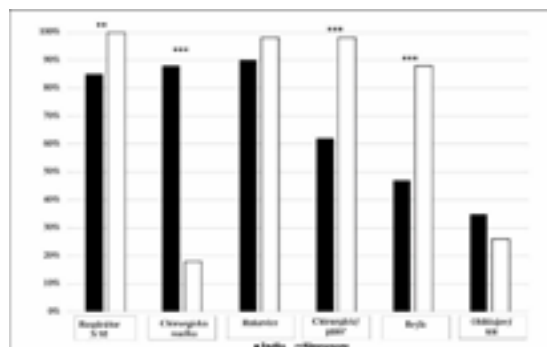
Obr. 2 Ochranné prostředky zdravotníků při ošetřování pacientů ohrožených Ebolou [4]

Dopady takové izolace ilustruje obrázek prezentovaný k potřebám izolace člověka od onemocnění virem Eboly porovnávající běžné oblečení zdravotníků a vliv protiepidemické izolace [4].



Obr. 3 Narušení tepelné rovnováhy vlivem ochranného prostředí osob [4]

I v případě jiných virových ohrožení, jako je současná hrozba koronavirem SARS-CoV-2, je nezbytná komplexní ochrana osob, které s virem přicházejí do kontaktu. Tak tomu bylo i ve dvou nemocnicích v Singapuru a v Indii, kde byl udělán komplexní průzkum zatížení zdravotníků za nevýhodných teplotních i vlhkostních podmínek, které jsou v daném prostředí časté [5]. Pro letní podmínky je lze aplikovat i pro střední Evropu. Jejich složení a četnost použití je graficky uvedena na obr. 2.



Obr. 4 Složení ochranných prostředků zdravotníků v Indii a v Singapuru [5]

Dlouhodobá činnost v osobních ochranných prostředcích (OOP) sebou přináší i závažné následky pro zdravotní personál, jak je vidět z tabulky 1. Hromaděním neodvedeného tepla (způsobujícím tepelný stres), byla nepříznivě ovlivněna i produktivita činnosti zdravotníků. Že se v daném případě nejedná o snadnou činnost dokládá studie energetického výdeje zdravotních sester, která činí cca 1120-150 W.m⁻². To se ovšem týká činnosti v běžném pracovním obleku [6]. Přidání dalších ochranných prostředků z obr. 1 se výdej zvýší o téměř polovinu (jak bude uvedeno dále). I další studie prokázaly negativní vliv tepelného stresu na pracovní kapacitu [7], zvýšení chybovosti v činnosti [8] a nehodovosti [9] a zhoršování zdraví a produktivitu [10, 11].

Tab. 1 Srovnání dopadu používání OOP a odpovídajícího tepelného stresu, doby nasazení a sejmutí ochranného prostředku *WBGT Indie 30,2 °C, Singapur 20 °C**)

Faktor	Indie n = 110	Singapur n = 55
Dny v týdnu v OOP	6	5
Hodin v OOP do výměny	6	8
Práce v klimatizovaném prostředí	27 (25 %)	34 (64 %)
Vyhrazené odpočívací místo	46 (42 %)	55 (100 %)
Doba nasazení OOP [min]	7	3
Sejmutí OOP na přestávku	66 (60 %)	54 (98,2 %)
Príznaky potíží z OOP		
• Bolest hlavy	36 (33 %)	12 (22 %)
• Závrať	7 (6 %)	16 (29 %)
• Žízeň	98 (85 %)	45 (92 %)
• Zvracení	0	0
• Nadměrné pocení	95 (85 %)	50 (90 %)
• Dýchací potíže	27 (25 %)	7 (13 %)
• Dehydratace	27 (25 %)	3 (6 %)
• Vyčerpání	86 (78 %)	42 (76 %)
Přání odchodu do komfortní zóny	94 (86 %)	42 (76 %)
Zdravotní volno	3 (3 %)	4 (8 %)

* *WBGT* - teplota vlhkého kulového teploměru; $WBGT = 0,7t_v + 0,3t_g$ (pro vnitřní prostory);

t_v - teplota vlhkého teploměru; t_g - teplota kulového teploměru zahrnujícího teplotu vzduchu a sálavé teplo.

Ostatně to potvrzují i slova zdravotní sestry z ledna 2021, nemocnice v České republice:

Jaký je tepelný komfort/pocit v oděvu: „Strašný vedro a dusno jak v pláštěnce v létě, pocení, omezení pohybu a výhledu. Vedro ti je už jen když se do toho oblečeš.“

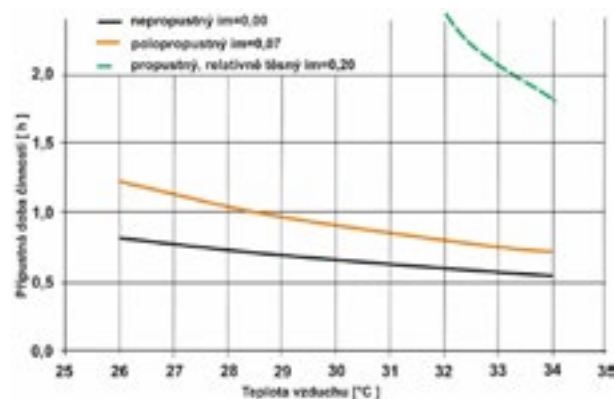
Jak dlouhý je jeden pobyt v ochranném oděvu: „Většinou tak do jedné hodiny...ale v krizových situacích i 3 hodiny. Ale pak se fakt musí z oděvu ven nebo se upečeš, a to je zimní období. Také se dbá na pauzy a dodržování pitného režimu (teda pokud to situace umožňuje).“

Přivítala bys možnost mít „větrání oděvu a regulace intenzity chlazení“: „To by bylo super a dost by to asi pomohlo, ale vše bude asi o penězích. Jeden „sněhulák z Číny“ stojí pár desítek korun a za službu jich klidně použiju několik. Kolik by stál oděv s větráním a jeho sterilizace? Kdyby se dal oděv sterilizovat a byl funkčně lepší, bylo by to fajn, ale je otázka, jak by se pak řešil sběr a převoz kontaminovaných oděvů k sterilizaci. V současné době a stavu epidemie by to u nás v nemocnic asi nebylo jednoduše realizovatelné. Na speciálních infekčních odděleních by to asi šlo. U nás se prostě svlečený kontaminovaný oděv vyhodí do pytle a je to v současné napjaté situaci, kdy není na nic personál, „ideální“ řešení.“

Dlouhodobé nošení OOP v horkém a vlhkém prostředí vyvolává další tepelnou zátěž. Lidé v takovém prostředí často mají pocity žízně, nadměrného pocení, vyčerpání a mají tendenci přerušit činnost odchodem do přijatelnějšího prostředí, jak dokládají poznatky uvedené v tabulce 1. Jak je však také vidět, že ani příznivější hodnota vlhkého kulového teploměru v Singapuru, díky klimatizaci) nevedla k výraznějšímu rozdílu mezi odezvou zdravotníků. Jak uvádí poznatky [7-12], je nebezpečné, že mnozí zdravotníci negativní příznaky nevnímají jako vliv onemocnění z horka. Takové podceňování jenom zvyšuje nebezpečí, které z toho vyplývá.

Teoretické zdůvodnění

Z obr. 3 je zřejmé, že bylo zabráněno nejen pronikání bakterií a virů, ale také odpařování potu. Vyšší teplota v okolí stejně jako sálavé teplo ve venkovním prostředí zvyšují spolu s neodvedeným metabolickým teplem hromadění tepla v těle S (viz rovnice 1) a tím zvyšování vnitřní teploty těla, což vede ke zkrácení přípustné doby činnosti. Názorně to ukazuje graf na obr. 5 pro porovnanou situaci [11], kdy běžný propustný, i když těsný oděv, který má nejvyšší index propustnosti i_m odpařováním potu. V takovém případě může výrazně déle pracovat osoba i v prostředí se zvýšenou teplotou oproti ochranným oděvům. Se snížením propustnosti pro páry je spojeno výrazné snížení přípustné doby činnosti.



Obr. 5 Přípustná doba činnosti u tří typů ochranného oblečení [11] při zátěži 300 W a dosažení rektální teploty 38,5 °C. Hodnota tepelné izolace u všech typů oděvu byla 0,155.m².kW⁻¹.K⁻¹, tlak vodních par 3 kPa a rychlost větru 1 m.s⁻¹

Ke snížení prodyšnosti (větratelnosti) oděvu musí dojít, uvážíme-li, že je třeba zabránit pronikání biologického aerosolu o velikosti okolo 100 - 200 nm, protože velikost pórů prodyšných textilií bývá od 250 nm výše. U paropropustných (semipermeabilních) membrán, které mají vyšší porozitu (menší velikost pórů), která však umožňuje pronikání vodních par (molekula vody má 0,3 nm) naopak nedochází k tzv. prodyšnosti (proudění vzduchu oděvem), která by umožnila lepší odpařování potu. Semipermeabilní oděv neumožňuje ventilaci (je neprodyšný) a páry propouští na difúzním principu (pohybem molekul ve směru tlakového spádu). Aby bylo difúzní pronikání par intenzivnější, je třeba dosáhnout vyšší hodnoty tenze (koncentrace) par pod oděvem (jak ukazuje následující vztah pro výdej tepla odpařováním potu), což znamená nasycené tenzi při dané teplotě a nepříjemné pocení po celém těle, protože i malá změna teploty vede ke kondenzaci par [15]

$$E_{max} = \frac{p_{sk} - p_a}{R_{et}} = 16,5 \cdot i_m \cdot \frac{p_{sk} - p_a}{I_{tot}} \quad (3)$$

kde

E_{max} maximální možný odvod tepla odpařením potu (W.m⁻²),

p_{sk} nasycená tenze par při povrchu pokožky (kPa); při teplotě pokožky 34 °C má hodnotu 5,3 kPa,

p_a okolní tenze par (kPa),

R_{et} odpor oděvu k odpařování potu (m².kPa.W⁻¹),

16,5 Lewisovo číslo udávající množství převedeného tepla odpařeným potem vzhledem k převedenému suchému teplu bez radiace (K.kPa⁻¹),

i_m bezrozměrný Woodcockův permeabilní index (u nahého člověka má hodnotu 0,5);

I_{tot} celkový odpor oděvu včetně vzduchové laminární vrstvičky k přestupu tepla suchou cestou (m².K.W⁻¹).

Vztah je platný pro smočení celého těla potem (index smočení $w = 1$). Vyplývá z něho, že s nárůstem odporu k propustnosti par klesá současně i intenzita ochlazování. Uvedený vztah však vyjadřuje pouze maximální možné odpaření v klidovém stavu, tj. bez pohybu vzduchu. Ten tvoří především bariéru přestupu tepla, přesněji tloušťka jeho vrstvy v materiálu a v přiléhající laminární vrstvičce na obou stranách oděvní soupravy. S jejím narušením je spojena i hodnota odporu oděvu k přestupu tepla i vlhkosti. Proto na odpařování má vliv i proudění vzduchu, tedy vítr, kterým se snižuje tloušťka této izolační vrstvičky. To znamená pozitivní vliv prodyšnosti oděvu, které je však v rozporu s ochrannou účinností velmi malých biologických patogenů.

Vliv větru je nejlépe vidět na experimentálním vztahu ochlazování odpařováním potu z nahého člověka [13]

$$E_{max} = 109,37 \cdot v^{0,63} \cdot (p_{sk} - p_a) \quad (4)$$

kde

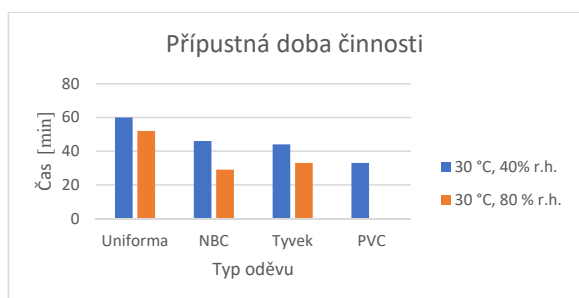
v rychlost větru ($m \cdot s^{-1}$).

O tom, že ochranný prostředek i zdánlivě lehkého ochranného prostředku typu Tyvek si nezádá s problémy způsobovanými jinými ochrannými prostředky používanými např. v armádě svědčí výsledky efektivity odpařování potu mezi běžnou vojenskou uniformou, filtračním oděvem (NBC), Tyvekem a PVC oděvem, který simulují pro páry nepropustnou soupravu [14] (obr. 5). Odtud také vyplývá i zkrácení přípustné doby činnosti v takovém oděvu (obr. 6), protože byly překročeny limitní hodnoty fyziologické odezvy organismu nebo ukončení činnosti na základě osobních pocitů dobrovolníků (obr. 6).



Obr. 6 Efektivita ochlazování odpařením potu při stejné metabolické zátěži chůzi na běhátku rychlostí $5,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ za bezvětří v kompletním ochranné soupravě (ochranná maska, rukavice, přezůvky a kapuce, neplynotěsné). PVC při vyšší vlhkosti nebyla testována. Zpracováno z podkladu [14].

Z grafu je patrné výrazné omezení odpařeného potu zvýšením vlhkosti, i když celkové ztráty jsou přibližně shodné. Neodpařený pot je zadržován v oděvu na smáčení spodního prádla a pokožky. V případě PVC bylo odpařování při 80 % relativní vlhkosti zanedbatelné a dobu přípustné činnosti lze odhadnout mezi 20-30 minutami. S izolací se zpravidla již po 10 minutách pod oděvem za vyšších teplot objevuje až 90 % vlhkost [16].



Obr. 7 Experimentálně dosažená doba činnosti v ochranných prostředcích. PVC při vyšší vlhkosti nebyla testována. Zpracováno z podkladu [14].

Je tedy zřejmé, že nejen zvýšená teplota okolí, ale i druh ochranných prostředků ztěžuje výrazně přestup tepla do okolí. Vliv jednotlivých součástí ochranné soupravy na zvýšení metabolického zatížení člověka pro ochranu pracovníků v průmyslu je podle britské normy BS 7963 (2000), uveden v tab. 2. Když použijeme tuto tabulku na oblečení zdravotních sester, jejichž průměrný metabolický výdej v nemocnici je 150 W , pak dodání respirátoru P3 a pro vodní páry nepropustného oděvu může zvýšit zátěž až o $90 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Tím se se střední obtížnosti činnosti přesouvá do vysoké náročnosti, která sebou při nepříznivých okolních podmínkách přináší obtíže, které byly pozorovány ve výše uvedených nemocnicích.

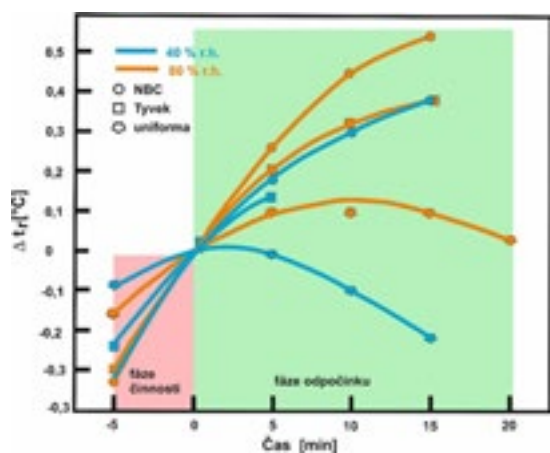
Jaké řešení se nabízí

Je třeba porozumět všemu, co souvisí s bilanční energetickou rovnicí a akceptovat odpovídající přípustnou dobu činnosti, pokud je třeba pracovat v ochranných prostředcích. A to při působení biologických aerosolů nezbytné je, stejně jako je tomu např. u armády či hasičů při působení např. život ohrožujících chemických škodlivin. V daném případě třeba zvolit odpovídající režim střídání aktivní činnosti a odpočinku, pokud možno v klimaticky vhodnějším prostředí, jak o to usilovali zdravotníci ve sledovaných nemocnicích (tabulka 1). Skončení fyzické zátěže však nemusí přinést okamžitou úlevu. Skončením fyzické činnosti sice okamžitě klesá srdeční frekvence, teplota tělesného jádra (v rektu) stoupá s tím, jak se zpomaluje krevní oběh, protože s pomalým průtokem krve přichází méně krve ochlazené na periférii (u pokožky) k vnitřním orgánům [16]. Méně ochlazený povrch u méně prodyšných souprav nebo u materiálů s větší izolační vrstvou se bude projevovat delší dobou v pokračování nárůstu rektální teploty i v klidu.

Ukazuje to i obrázek 8, kde běžná prodyšná uniforma (pracovní oděv) umožňuje rychlejší ochlazování, než ostatní ochranné prostředky a tenký Tyvek pak kratší dobu nárůstu teploty při odpočinku než objemnější NBC oděv. Uniforma, stejně jako běžný pracovní oděv, umožňuje svou volností lepší odpařování a tím potřebné ochlazování. To je však méně účinné, kde tenze par v okolí pokožky vykazuje minimální rozdíl, jak je zřejmé ze vztahu (4). Což je případ ochranných prostředků. Odpočívající člověk tak neustále pociťuje zvyšování vnitřního tepla spojeného s pocením, takže se nedostavuje pocit potřebné úlevy.

Tab. 2 Vliv součástí prostředků protichemické ochrany na zvýšení výdeje metabolického tepla [17]. Zaokrouhloeno na $5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Součást	$\Delta M (\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$				
	Klid 65	Nízké 100	Střední 165	Vysoké 230	Velmi vysoké 290
Ochranné boty krátké	0	5	10	15	20
Ochranné boty dlouhé	0	10	20	30	40
Respirátor P1 a P2	5	20	30	30	40
Respirátor s vysokou účinností (např. P3)	5	20	40	60	80
Dýchací přístroj	10	30	60	95	125
Lehký protichemický převlek, propustný pro vodní páry (jednorázový)	5	10	20	30	40
Protichemický oděv Nepropustný pro vodní páry např. PVC, PE s kapucí, botami a rukavicemi	10	25	50	80	100
Vysoce izolační, semipermeabilní Oděv (např. hasičská výstroj s helmou, blůzou, převlekových kalhot, rukavic a bot)	15	36	75	115	155



Obr. 8 Vliv ochranného prostředku na dobu setrvačného nárůstu teploty tělesného jádra v odpočinkové fázi. Zpracováno z podkladu [14].

Ochlazování odpařováním potu je nejpřirozenější způsob dodatečného ochlazování. Nejvyšší účinnost je u nahého člověka, kde index propustnosti vodních par $i_m = 0,5$, zatímco u nepropustného oděvu je omezen pouze na dýchací orgány a je desetkrát nižší [18].

Experimentální část

Oděv:

A. Manekýn

vlhčený overal, ochranný transparentní PE oděv (kombinéza) s kapucí, distributor vzduchu, rozvodné perforované hadice.

B. Dobrovolník

Integrované spodní prádlo, ochranný transparentní PE oděv (kombinéza s kapucí), běžná obuv

Použité přístroje a zařízení:

Manekýn Newton, klimatická komora, mobilní telefon, IR kamera Flir i5, kombinované senzory Sensirion pro měření teploty a vlhkosti, ventilátor RWE embpapst, Eliptický trenažér Domyos, ventilátor Makita motor DFJ 410.

Metody:

Účinnost chlazení s manekýnem

Tepelný manekýn Newton byl oblečen do vlhčeného overalu. Na něj byly instalovány kombinované senzory (obr. 8), chráněné před smočením. Overal byl poté smočen následně tak, aby byl dostatečně vlhký a vlhkost neodkapávala (cca 760 g vody, imitace 100 % vlhkosti pokožky). Na povrch overalu byl instalován speciální perforovaný rozvod vzduchu, který byl zaveden jen pro jeden pár končetin (pravá strana + hrudník). Na ovlhčený overal byl oblečena transparentní polyethylenová kombinéza, opatřená otvory pro připojení distributoru a ventily na konci provětrávané části oděvu. Jimi byl odváděn vlhký vzduch z oděvu.

Následně byl Newton tepelně stabilizován příkonem 122 W.m^{-2} po dobu 10 minut. Poté byl do oděvu vhnán vzduch o teplotě a vlhkosti nastavené v klimatické komoře. Průběh teploty a vlhkosti byl sledován na dvou monitorech příslušných ke každé straně oděvu. Současně byla pomocí termokamery sledována a zaznamenávána povrchová teplota pod oděvem. Průběh teplot na manekýnovi a v klimatické komoře zobrazovala příslušná řídicí jednotka manekýna.



Obr. 9 Newton v overalu s instalovanými senzory (vlevo), připravený k testu (vpravo)

Ventilace oděvu na dobrovolníkovi.

Dobrovolník 26 roků, výšky 190 cm a váhy 100 kg byl oblečený do integrovaného spodního prádla a transparentního polyethylenového oděvu s kapucí. Bez ochranné masky a rukavic. Chodil v místnosti o teplotě $25\text{-}27 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti 50 % na eliptickém trenažéru rychlostí 4 km.h^{-1} . Energetický výdej představoval $180 \text{ kcal}/20 \text{ minut}$, což odpovídá $313,5 \text{ W.m}^{-2}$.

Výsledky a diskuze

Vliv neventilovaného izolačního oděvu na tepelný stav organismu byl ověřován v klimatické komoře při průměrné letní teplotě $26 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti 40 %. Již po 5 minutách teplota v oděvu přesáhla $32 \text{ }^\circ\text{C}$ a osoba při lehké činnosti cca 150 W.m^{-2} se začala intenzivně potit a vlhkost se díky rozdílu teplot v oděvu a v okolí začala srážet na vnitřní straně oděvu.



Obr. 10 Dobrovolník v oděvu proti Covidu 19 a termofotografie stavu pod oděvem. Obrázek vpravo ukazuje stav pod Tyvekem při testu v klimatické komoře o teplotě $30 \text{ }^\circ\text{C}$ a r.h. 23 % po 30 a zátěži cca 200 W.m^{-2} po 30 minutovém experimentu.

Důvodem je neodvedené teplo konvekcí C a radiací R (tzv. suchá teplo) podle vztahu obdobného rovnici (3), kde je vynesčán Woodcockův permeabilitní index:

$$C + R = \frac{6,45}{I_T} \cdot \Delta t$$

Jestliže celkový odpor k přestupu suchého tepla [16] u dané soupravy je $0,237 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$ a rozdíl teplot okolí a povrchu těla (v ideálním případě) $4 \text{ }^\circ\text{C}$, pak množství odvedeného tepla suchou cestou nepředstavuje více než $108 \text{ W}\cdot\text{m}^2$, což znamená, že jedinou cestou ochlazování je pocení. Pokud však je oděv nepropustný pro vodní páry, pak k ochlazování nedochází a vlhkost se hromadí pod oděvem a dosahuje až 100 % za dané teploty. Je-li ochlazování nedostačující, pak dochází k akumulaci tepla v těle, což se projeví nárůstem jeho teploty a tím i teploty kůže, která tak dosahuje až $37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Odvod přebytečného tepla umožňuje vhánění čistého vzduchu do oděvu i v případě, že je jeho teplota vyšší, než je teplota povrchu těla. V takovém případě musí však být relativní vlhkost vstupujícího vzduchu nižší, než je jeho výstupní hodnota, jak vyplývá z rovnice 3. Exaktněji to popisuje rovnice odvodu tepla odpařením vlhkosti vycházející z entalpie vlhkého vzduchu a jeho objemového průtoku:

$$Q_{max} = v_{vol} \cdot \rho \cdot (h_{a,t_{sk}} - h_{a,t_a}) + v_{vol} \cdot \rho \cdot (h_{v,t_s,x=1} - h_{v,t_a,\varphi_a})$$

kde

Q_{max} maximální odvedené teplo ($\text{kJ}\cdot\text{s}^{-1} = \text{kW}$),

v_{vol} objemový průtok ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$),

ρ hustota vlhkého vzduchu ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$),

h_a entalpie suchého vzduchu ve směsi ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$),

h_v entalpie vodní páry ve směsi ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$),

t_{sk} teplota pokožky ($^\circ\text{C}$),

t_a teplota vzduchu ($^\circ\text{C}$),

φ relativní vlhkost (%),

x poměr hmotnosti vody ve směsi.

Množství tepla, které by teoreticky mohl odvést vzduch o dané teplotě a vlhkosti vypočtené z této rovnice udává pro dvě teploty a rozdílné vlhkosti vzduchu tab. 3. Hodnoty jsou vypočteny pro teplotu odcházejícího vzduchu $32 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkost 90 %.

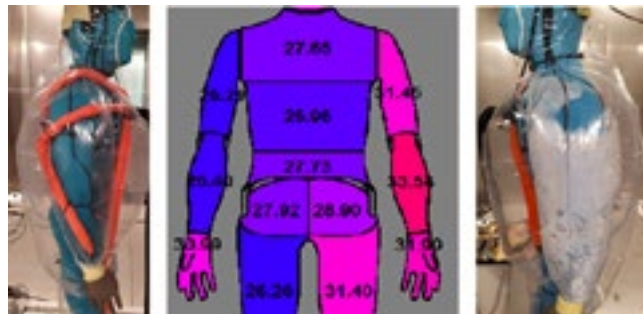
Tab. 3 Maximální tepelný výkon ventilačního vzduchu

Teplota ($^\circ\text{C}$)	R.h. (%)	Objemový průtok vzduchu v_{vol} ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)				
		50	100	200	400	600
		Odváděný tepelný výkon Q_{max} (W)				
25	30	62	123	246	493	739
	50	51	103	206	412	618
	70	41	83	165	330	495
	90	31	62	124	248	371
30	30	52	103	206	412	619
	50	38	76	152	303	455
	70	24	48	96	192	288
	90	10	20	39	79	118

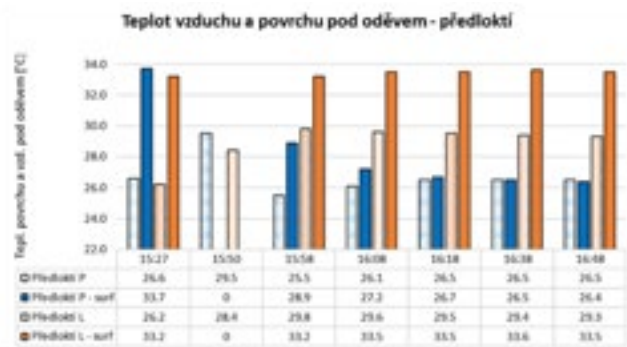
Pokud bychom tedy chtěli zabránit pocení izolačním oděvu u obr. 9, museli bychom do oděvu vhánět více 300 l vzduchu za minutu o stejné teplotě a vlhkosti, abychom odvedli metabolickou produkci $150 \text{ W}\cdot\text{m}^2$. Z tabulky je však současně zřejmé, že zvyšování teploty vzduchu musí být provázeno snížením relativní vlhkosti, abychom vykompenzovali snížení rozdílu teplot při odvodu tzv. suchým teplem. To totiž může také ohřívat, pokud teplota okolí je vyšší než teplota povrchu těla.

Pozitivní vliv ventilace je zřejmý z obr. 11. Teplota povrchu manekýna v oděvu bez ventilace dosahuje teploty $31\text{--}33 \text{ }^\circ\text{C}$. Spuštěním ventilace $400 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ do levé strany oděvu a na hrud' už po 5 minutách dochází k poklesu teploty na povrchu ventilované strany, jak ukazuje obr. 12. Při téměř shodných počátečních hodnotách teploty povrchu pravého a levého předloktí na úrovni

$33 \text{ }^\circ\text{C}$, spuštěním ventilace okolním vzduchem o teplotě $26 \text{ }^\circ\text{C}$ a 40 % r.h. objemovým průtokem pravým rukávem $60 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ dochází postupným odpařováním potu až ke stabilizované hodnotě $26 \text{ }^\circ\text{C}$. Povrchová teplota na levé straně zůstává neměnná. Na pravé straně se současně vyrovnává i teplota vzduchu s teplotou povrchu, na levé straně je zaznamenán pokles, který však souvisí se vzájemným ovlivňováním neoddělených prostor. Obdobně je tomu i u nohavic, kde je průtok $104 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

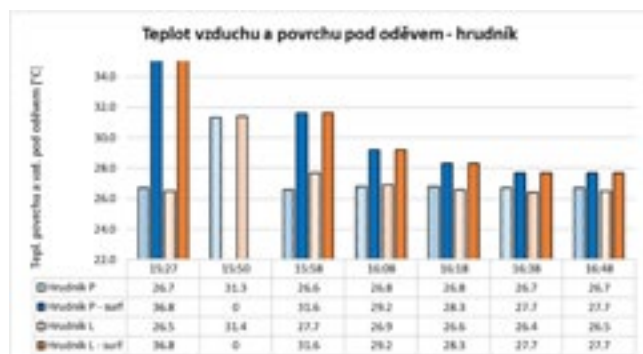


Obr. 11 Fotografie manekýna v izolačním oděvu při ventilaci pravé strany a zobrazení jeho povrchových teplot. V levém, nevětraném rukávu, je zřejmá kondenzace vodních par.

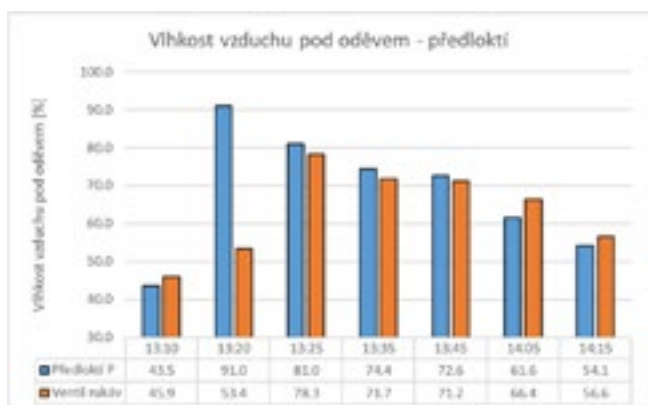
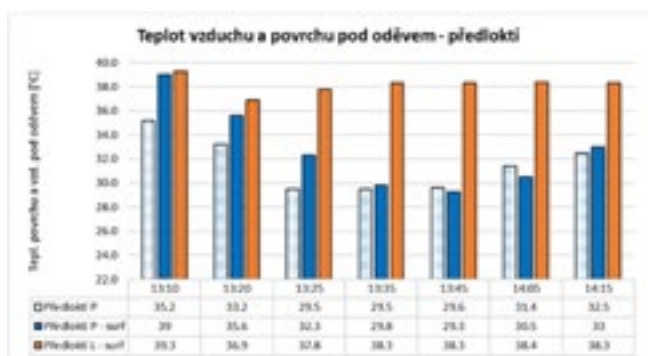


Obr. 12 Teploty vzduchu a povrchů rukávů pod izolačním oděvem po spuštění ventilace

Symetrické vyrovnávání teplo je zřejmé u ventilace hrudníku (obr. 13). Tady ventilace rovnoměrně ochlazuje obě strany, přičemž je také vidět, že teplota vzduchu se vyrovnala na počáteční hodnotu.

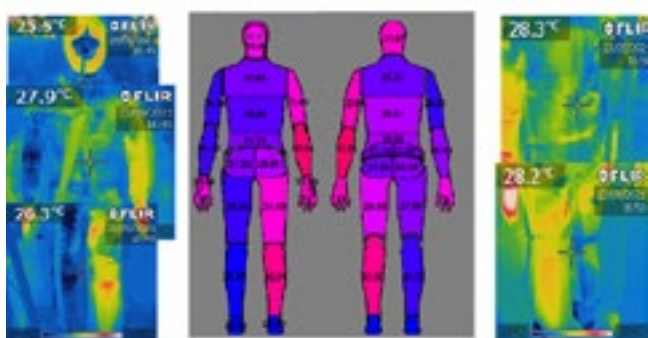


Obr. 13 Teploty vzduchu a povrchů na hrudníku pod izolačním oděvem po spuštění ventilace



Obr. 14 Teploty vzduchu a povrchu na rukávu a změny vlhkosti vzduchu při ventilaci

Pokud zvýšíme teplotu ventilačního vzduchu na 30 °C při ponechání 50 % r.h., pak při stejném tepelném toku na manekýnovi 122 W.m⁻², simulující lehkou práci zdravotních sester, zvýší se teplota na povrchu manekýna bez ventilace až na 39 °C, zavedením 60 l.min⁻¹ ventilace bude teplota povrchu klesat na teplotu 30 °C, shodnou s teplotou vzduchu, avšak v důsledku postupného vysychání vlhčeného overalu se začne opět zvyšovat (obr. 14). Teplota na levé straně zůstává konstantní po celou dobu. Dokumentuje to postupný pokles relativní vlhkosti pod oděvem, odpovídající menší intenzitě odpařování zmenšením odpařované plochy, protože vznikají lokální vysušená místa. Současně je vidět vzájemné ovlivňování vzduchu v obou rukávech, protože vyšší vlhkost v levé neventilované části difunduje do proudícího vzduchu (obr. 14).



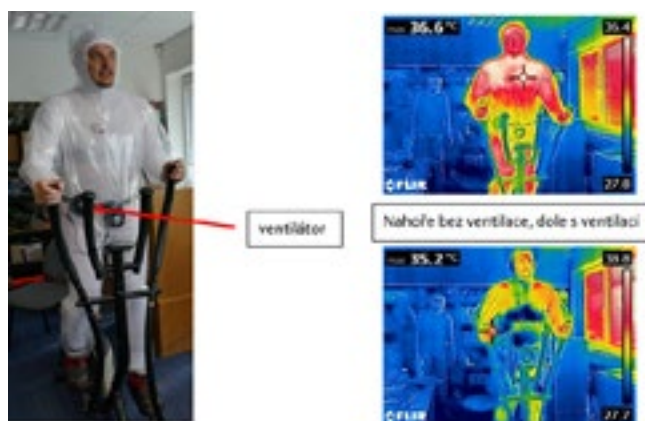
Obr. 15 Porovnání teplot ventilované a neventilované strany „potícího se“ manekýna při produkci tepla 121 W.m⁻². Vlevo ventilovaná strana, uprostřed čelní a zadní pohled. Modrá barva symbolizuje chlazení.

Z výše uvedeného je zřejmé, že teplota vzduchu pod oděvem se v případě dokonalého smočení potem vyrovnává při ventilaci s teplotou okolního vzduchu, což je způsobeno malým odporem tenkého izolačního oděvu proti přestupu „suchého tepla“ z okolí.

Je však zcela zřejmé, že ustavením rovnováhy se odpařováním potu odvádí přiváděných 121 W.m⁻² tepla do manekýna, to by znamenalo, že byla odstraněna zátěž, které sebou ochranný, pro páry nepropustný ochranný prostředek, což je hlavní účel ventilace. Je to zcela evidentní i z obrázku 15, kde je ukázáno porovnání termofotografie ventilované a neventilované strany povrchu manekýna pod oděvem spolu s údaji povrchové teploty manekýna po 55 minutách ventilace, kdy se vyrovnávají teploty vzduchu pod oděvem s teplotou okolí.

Účinnost chlazení při fyzické činnosti

Pozitivní význam ventilace se prokázal i u dobrovolníka, který za stejných podmínek okolí a ve stejném oděvu vykonával na eliptickém ergometru činnost o zátěži podstatně vyšší po dobu 30 minut. Jak je vidět z obr. 16, povrchová teplota svalových částí těla u neventilované varianty dosahovala až 36,5 °C, zatímco při ventilaci dosahovala místa intenzivního chlazení teploty okolo 28 °C. Současně se však ukázalo, že pokud není usměrňována ventilace, dochází k chlazení především v těch částech, které jsou nejbližší ventilační jednotce a kde je nejmenší cesta odporu k proudění vzduchu. Objektivně ventilace vedla výraznému snížení povrchové teploty. Vysoká intenzita proudění vzduchu k jejímu lokálnímu poklesu až o 8 °C. Tak vysoký pokles však vyvolával nepříjemné pocity intenzivního chlazení. Odtud vyplývá, že bude třeba, regulovat průtok v souladu s intenzitou pocení a rozvést ho rovnoměrně po celém těle.



Obr. 16 Testování dobrovolníkem v oděvu nepropustném pro vodní páry při zátěži 313 W.m⁻² na eliptickém ergometru za okolních podmínek 25 ± 2 °C a 50 % r.h.

Závěr

Pocení je nezbytnou součástí fyziologie předávání produkovaného metabolického tepla do okolí. V situaci, kdy je nedostatečný přestup tepla do okolí vedením, konvekcí nebo radiací, tedy tzv. suchým teplem, nedostačující, je ochlazování člověka odpařováním potu jediným přirozeným způsobem odvodu přebytečného tepla, které by vedlo k přehřátí organismu. A to i v situaci, kdy okolní teplota je vyšší než 30 °C.

K tomu, aby byl pot odpařen je nezbytné zajistit v nejbližším okolí povrchu těla nižší tlak vodních par, než odpovídá tenzi při teplotě kůže. Takový stav nelze zajistit u neprodyšných (izolačních) nebo velmi málo prodyšných ochranných prostředků, ve kterých se velmi rychle (za 5-10 minut) ustaví nasycená tenze vodních par za dané teploty, která stoupá spolu se zvyšováním teploty povrchu těla v důsledku akumulace nepředaného tepla. Nepatrný pokles vnější teploty vede u nevětraného oděvu ke kondenzaci vodních par pod oděvem.

Ventilační vzduch musí mít tenzi par výrazně nižší, než je 4756 Pa. Jeho objemový průtok se řídí potřebou odvodu tepla a jeho tepelně kapacitními možnostmi, závisujícími na entalpii suchého a vlhkého vzduchu.

Pro zabezpečení potřebných mikroklimatických podmínek pod izolačním oděvem zdravotníků by bylo potřeba dodávat asi 300 l.min⁻¹ vzduchu o běžné relativní vlhkosti 50 % a teplotě 25 °C. Vzduch by měl být rozveden na celý povrch těla včetně hlavy. Množství vzduchu by mělo být regulovatelné, aby nedocházelo k lokálnímu podchlazení.

Za takových podmínek lze navodit situaci, kdy činnost zdravotníků v izolačním oděvu bude srovnatelná s činností v běžném pracovním oděvu za stejných podmínek.

Součástí řešení úpravy mikroklimatu ventilací je i případná dekontaminovatelnost ochranných prostředků a přenosnost ventilačního systému na prostředky nahrazené novými.

Řešeno jako součást poskytnuté účelové podpory |MV ČR V13VS/773 „Technické řešení osobních ochranných oděvů s využitím nanokompozitních bariérových materiálů proti průmyslovým a CBRN látkám“ a TAČR TM01000017 „Vývoj filtrační a ventilační ochlazovací jednotky pro ochranné oděvy (APVECU)“.

Literatura

- [1] Lloyd, B.B., Zacks, R.M.: The Mechanical Efficiency of Treadmill Running against a Horizontal Impeding Force. *J. Physiol.* (1972), 223, pp. 355-363.
- [2] Havenith, G., Holmér, I., Parsons, K.: Personal factors in thermal comfort assesment; clothing properties and metabolic heat production. *Energy and Buidings*. 34 (2002) pp. 581-591.
- [3] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů.
- [4] Potter, A.W., Gonzales, J.A., Xu, X.: Ebola Response: Modeling the Risk of Heat Stress from Persona Protective Clothing. PMID: 26575389; PMCID: PMC4648492; DOI: 10.1371/journal.pone.0143461.
- [5] Lee, J. at all: Heat Stress and Thermal Perception amongst Healthcare Workers during the COVID-19 Pandemic in India and Singapore. *Int. J. Environ. Res. Peublic Health*, 2020, 17, 8100.
- [6] Allan, J., Sadko, K.: How many calories do nurses burn at work? A real-time study of nurses' energy expenditure. *Journal of Research in Nursing*. 2019, Vol. 49(7), 488-497.
- [7] Chinnadurai, J.; Venugopal, V.; Kumaravel, P.; Paramesh, R. Influence of occupational heat stress on labour productivity a case study from Chennai, India. *Int. J. Product. Perform. Manag.* 2016, 65, 245-255.
- [8] Hancock, P.A.; Vasmatazidis, I. Effects of heat stress on cognitive performance: The current state of knowledge. *Int. J. Hyperth.* 2003, 19, 355-372.
- [9] Xiang, J.; Bi, P.; Pisaniello, D.; Hansen, A.; Sullivan, T. Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001-2010. *Occup. Environ. Med.* 2014, 71, 246.
- [10] Morabito, M.; Messeri, A.; Crisci, A.; Bao, J.; Ma, R.; Orlandini, S.; Huang, C.; Kjellstrom, T. Heat-related productivity loss: Benefits derived by working in the shade or work-time shifting. *Int. J. Product. Perform. Manag.* 2020, 1-19.
- [11] Kjellstrom, T.; Kovats, R.S.; Lloyd, S.J.; Holt, T.; Tol, R.S. The direct impact of climate change on regional labor productivity. *Arch. Environ. Occup. Health* 2009, 64, 217-227.
- [12] Kuklane, K. at all.: Ebola: Improving the Design of Protective Clothing for Emergency Workers Allows Them to Better Cope with Heat Stress and Help to Contain the Epidemic. *Ann. Occup. Hyg.* 2015 Mar; 59(2): 258-261.
- [13] Song, G., Wang, F.: Firefighters' Clothing and Equipment. Performance, Protection and Comfort. CRC Press 2019.
- [14] Tilley, R.I., Standerwick, J.M., Long, J., G., Crone, H.D.: ALightweight Impermeable Suit for Chemical Protection in Warm Conditions. A Preliminar Look at the Concept. *Report No. MRL-R-972. Materials Research Laboratory Ascot Yale, Victoria Australia* 1985.
- [15] Bethea, D., Parsons, K.: The development of a practical heat stress assesment methodology for use in UK industry. Luxborough University. Rersearch Report 008. ISBN 0 7176 2533 8.
- [16] Slabotinský, J., Lunerová, K.: *Fyziologická zátěž člověka při práci v OOP v kontaminovaném prostředí*. Ostrava. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství 2017. ISBN: 978-80-7385-192-7.
- [17] Parsons, K.C.: Human Thermal Environments. Second Edition. CRC Press 2003.
- [18] ČSN EN ISO 9920: Ergonomie tepelného prostředí - Hodnocení tepelné izolace oděvu a odporu oděvu proti odpařování.

Maticе rizik - zajímavosti, problémy a jak je minimalizovat

Risks Matrices - Issues, Problems and How to Minimize Them

doc. Ing. Pavel Šenovský, Ph.D.

VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství

Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice

pavel.senovsky@vsb.cz

Abstrakt

Článek popisuje stav poznání metody matice rizik a zejména problémům s jejím návrhem tak, aby poskytované výsledky splňovaly alespoň nějaké požadavky na konzistenci. V této oblasti článek rozebírá axiomy konzistence matic rizika. Článek dále diskutuje problémy kvalitativních metod spojené především s volbou stupnic a anomálií v hodnocení rizik, ke kterým takový přístup může vést. Článek poskytuje některé návrhy a postupy, jak vliv těchto problémů alespoň do určité míry omezit.

Klíčová slova

Matice rizik, konzistence matice, lži faktor, obrácení pořadí.

Abstract

The paper describes the state of knowledge of the risk matrix method and in particular the problems with its design, so that the results it provides meet at least some consistency requirements. In this area, the paper discusses the axioms of risk matrix consistency established by Cox. The paper also discusses the problems of qualitative methods associated primarily with the choice of scales used for construction of risk matrix and the anomalies in risk assessment that such a choice can lead to. The article provides some suggestions and procedures to reduce the impact of these problems at least to some extent.

Keywords

Risk matrix, matrix consistency, lie factor, rank reversal.

Úvod

Matice rizik (MR) představují jeden z nejpoužívanějších nástrojů pro hodnocení rizik, jejich vizualizaci v matici a komunikaci. Shromážděné informace jsou také často používány jako podklad pro rozhodování o přijatelnosti rizika, jejich řazení (ranking) a z toho plynoucí rozhodnutí o nastavení priorit programu managementu rizik v různých odvětvích a to celosvětově.

Vzhledem k relativnímu stáří matic rizika je tento nástroj často považován, za velmi dobře popsany, jednoduchý z hlediska vyžadovaných vstupních dat, zpracování i pochopení prezentovaných výsledků. Je však tomu tak skutečně? Pro odpověď na tuto otázku je potřeba se podívat do historie a podrobněji prozkoumat způsob práce MR.

Formálně MR představuje výsledek procesu hodnocení rizik kvalitativním způsobem. Jednu z prvních aplikací představil v roce 1978 Hussey [1], který použil matici 3x4 pro hodnocení

produktových portfolií. Hodnotitel obvykle používá (v nějaké podobě) dvojici kvalitativně určených ukazatelů pro hodnocené riziko: následky (N) a pravděpodobnost výskytu (P), kterým přiřazuje celočíselnou hodnotu na zvolené stupnici.

Stupnici samotnou je možno volit dle potřeb analytika, respektive analyzovaného problému. Stupnice tak obvykle mají tři, nebo více stupňů, kterým analytik přiřadí celočíselnou hodnotu i intervalu $<1; n>$, kde n je počet stupňů na zvolené stupnici. Hodnotu rizika je pak možno získat prostým vynásobením následků a pravděpodobnosti: $R = N \cdot P$.

Použité stupnice mohou být vzestupné (v literatuře častější) nebo sestupné, výsledná MR obvykle má minimální riziko v levém dolním rohu a maximální pak v pravém horním rohu. Příklad pro vizualizaci konceptu je znázorněn na obr. 1.

MR obvykle obsahuje tři nebo více barev odlišujících výši rizik podle jejich přijatelnosti. V případě na obr. 1 představují hodnoty R: 1-3 nízké, 4-6, střední, 8-12 vysoké, 15-25 extrémní riziko.

Matice na obr. 1 byla zvolena úmyslně z učebního textu tak, aby nebyla přímo spojena s žádným konkrétním problémem, tak aby v článku bylo možné se vyhnout diskusi nad vhodností volby stupnic pro hodnocení rizik, a naopak bylo možné se soustředit na technickou podstatu případných problémů.

Má matice na obr. 1 problém? Podle řady publikovaných a v zahraničí často citovaných studií (viz např. Cox [3], Thomas et al. [4]) ano a vlastně jich má celou řadu takových, které při praktickém nasazení by mohly vést k tomu, že bude přijato chybné rozhodnutí o naložení s rizikem. Podobnými problémy pak trpí velká část [4] v praxi používaných MR.

V následujících odstavcích budou podrobněji diskutovány jednotlivé problémy a možnost jejich odstranění nebo alespoň minimalizace.

Axiomy konzistence matic rizika

Diskuzi o možnosti a vhodnosti použití kvalitativních metod hodnocení rizika (se zaměřením na MR) otevřel v roce 2005 Cox [5] ve studii, v rámci které popsal některá omezení spojená s použitím těchto metod. V roce 2008 pak Cox [3] zformuloval tři základní axiomy, které musí matice rizik splňovat aby nebyla [3]: „horší než bezcenná“. Cox tím popisuje situaci, kdy existují významné rozdíly v logické kompatibilitě mezi kvantitativním hodnocením a použitím MR. V takovém případě je totiž informace poskytovaná maticí rizik zavádějící a v případě, že by byla použita jako podklad pro rozhodování mohou být preferovány investice, které buďto nezlepší nebo dokonce reálné riziko zhorší.

K tomu může dojít např. v případě, že závažné riziko vyhodnotíme jako přijatelné a v důsledku toho se jej organizace rozhodne akceptovat, přestože by jej měla řešit.

Důsledek	Pravděpodobnost				
	1 Vzácné	2 Nepravděpodobné	3 Možné	4 Pravděpodobné	5 Téměř jisté
5 Katastrofální	5	10	15	20	25
4 Hlavní	4	8	12	16	20
3 Mírný	3	6	9	12	15
2 Menší	2	4	6	8	10
1 Zanedbatelný	1	2	3	4	5

Obr. 1 Příklad MR (převzato z [2])

Axiomy formulované Coxem jsou následující [3]:

- slabá konzistence,
- mezilehlost (betweenness),
- konzistentní barvy matice.

MR je **slabě konzistentní**, pokud [3]: „body v jejím horní kategorii rizika reprezentují vyšší kvantitativní riziko, než body v její dolní kategorii.“ Myšlenka slabé konzistence vychází z předpokladu, že existuje kvantitativní interpretace kategorií rizika. Tento předpoklad je konzistentní se způsobem, kterým jsou MR obvykle využívány. Konečně i MR na obr. 1 využívá 4 kategorie rizika.

Axiom slabé konzistence má ale také některé méně intuitivní dopady. Následující úvahy vycházejí z předpokladu, že MR používá zelenou barvu pro nejnižší a červenou pro nejvyšší kategorii rizika. Pokud matice rizik splňuje podmínky slabé konzistence, pak [3]:

- žádná červená buňka nemůže sdílet hranu se zelenou buňkou.
- se v levém sloupci nebo ve spodním řádku MR nemůže vyskytovat žádná červená buňka.

V praxi to znamená, že MR musí rozlišovat minimálně 3 kategorie rizika, minimální rozměr MR je 3x3. K výše uvedenému je potřeba také poznamenat, že konzistence rozlišení kategorií rizika je zaměřena v tomto případě *pouze* na rozlišení rizik v nejnižší a nejvyšší kategorii rizik.

Splnění axiomu pak zaručuje schopnost rozlišit konzistentně rizika v nejnižší a nejvyšší kategorii rizika. O matici na obr. 1 tak lze říct, že je slabě konzistentní.

Požadavek na slabou konzistenci je z hlediska možnosti splnění pravděpodobně nejjednodušší, přesto se lze setkat s příklady, kdy i tento princip je porušován, viz např. Shan [6], Recovery partners [7], Slanek [8] a řada dalších.

MR splňuje **axiom mezilehlosti** pokud [3]: „každá úsečka začínající v zelené buňce v dolním (levém) a končící v červené buňce v horním (pravém) rohu MR, prochází alespoň jednou mezilehlou buňkou mezi nimi.“

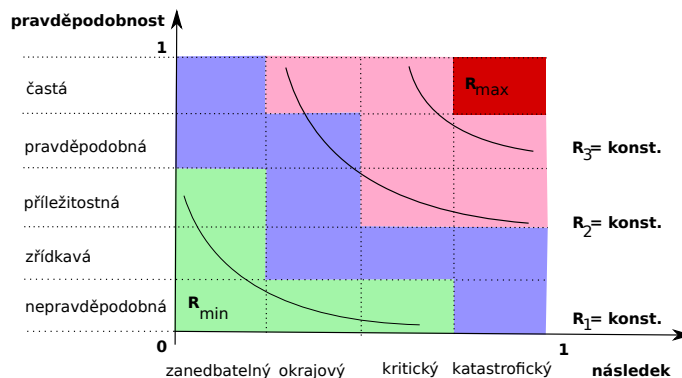
Zjednodušeně řečeno axiom mezilehlosti říká, že v MR nesmí přímo sousedit buňky v zelené a červené kategorii rizika (ani přímo vedle/nad sebou, ani se dotýkat rohy). MR na obr. 1 splňuje i tento požadavek, šablona MR 3x3 [9], Iacucci [10] a Fikri [11] však tento axiom nesplňují.

Axiom vychází z požadavku, aby drobné změny v hodnotách jednotlivých složek rizika nevedly ke skokovým změnám v kategorii rizika. K takové změně by došlo, pokud by se riziko přesunulo např. z přijatelné do nepřijatelné kategorie rizika nebo naopak. Tento axiom je v praxi mnohem častěji porušován, a to zejména u malých MR (např. o velikosti 3x3), kde uplatnění axiomu signifikantně omezuje počet možných konzistentních konfigurací MR.

Konečně **axiom konzistentních barev** Cox zformuloval následovně [3]:

- Buňka je červená, pokud obsahuje body s kvantitativními riziky alespoň tak vysokými jako v jiných červených buňkách a neobsahuje body s kvantitativními riziky tak malými jako v některé zelené buňce.
- Buňka je zelená, pokud obsahuje body s riziky alespoň tak malými, jako jsou rizika v jiných zelených buňkách, a neobsahuje body s kvantitativními riziky tak vysokými, jako jsou rizika v žádné červené buňce.
- Buňka má přechodovou barvu pouze tehdy, pokud a) leží mezi červenou a zelenou buňkou nebo b) obsahuje body s kvantitativními riziky vyššími než v některých červených buňkách a také body s kvantitativními riziky nižšími než v některých zelených buňkách.

Požadavek na konzistenci barev lze nejjednodušeji vysvětlit pomocí tzv. *indiferenčních křivek rizika*. Příklad takové křivky je znázorněn na obr. 2. Jedná se o izolinii na grafu rizika, kde jednotlivé složky rizika P a N jsou vyjádřeny kvantitativně. Indiferenční křivka rizika pak odpovídá kombinaci hodnot P , N , pro kterou je hodnota rizika konstantní. Vzhledem ke konstantní velikosti rizika bychom při rozhodování o riziku měli být indiferentní vůči konkrétní velikosti P , N , která na něj vede.



Obr. 2 Indiferenční křivky rizika (adaptováno z [12])

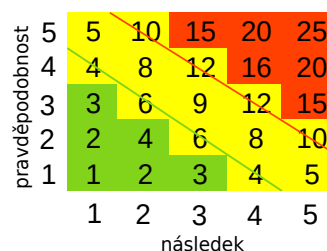
Vynesení indifferenčních křivek na obr. 2 je potřeba vnímat jako ilustrační. Aby křivky vypadaly tímto způsobem musely by obě osy obsahovat spojitou numerickou veličinu, což ale neobsahují - místo toho obsahují hrubou aproximaci pomocí MR.

Axiom, byť vypadá jednoduše a logicky má některé ne úplně očividné důsledky. Např. říká, že **MR není schopna konzistentně rozlišovat mezi přilehlými kategoriemi rizika!** To je problém, protože MR jsou založeny na tom, že granulózní rozlišení po jednotlivých kategoriích rizika je možné použít. Ve skutečnosti se v praxi neseťkáváme s MR, které by nepředpokládaly, že takové rozlišení je možno provést!

Podmínku mezilehlosti a konzistenci barev je možno aplikovat i na matice, které používají barevné schéma s více než 3-mi barvami. Při aplikaci axiomů je potřeba postupovat po trojici sousedících kategorií rizika. V případě schématu na obr. 1 je v MR potřeba samostatně zhodnotit rozlišovací schopnost matice pro 1) nízké, střední, vysoké riziko a 2) střední, vysoké a extrémní riziko. Z tohoto pohledu lze konstatovat, že matice nedostatečně rozlišuje mezi nízkou a vysokou mírou rizika. Konkrétně problém je v buňkách $(P, N) = (1,3)$ a $(P, N) = (3,1)$.

Nabízí se několik řešení takové situace - buďto výše uvedené buňky z hlediska vyhodnocení rizika přesuneme výše do střední kategorie rizika. Opačný postup, kdy by z vysokého rizika byly přesunuty některé buňky do střední kategorie rizika není možný, jelikož by tím mohly vzniknout nekonzistence z hlediska možnosti rozlišení mezi střední a extrémní úrovní rizika.

Dalším řešením by mohlo být také konstatování, že s danými rozměry MR (5x5) nemá vytvořen dostatečný prostor rozlišit čtyři samostatné kategorie rizika, s logickým řešením, redukovat je na tři. Transformovaná MR by pak mohla vypadat podobně jako na obr. 3.



Obr. 3 Možná transformace MR z obr. 1 do stavu splňujícího axiomu Cox

Na obr. 3 jsou také zelenou a červenou čarou zvýrazněny buňky matice, které mohou být přiřazeny v zelené, resp. červené kategorii rizika, nikoliv však najednou - v takovém případě by byl porušen axiom mezilehlosti.

Sporný z hlediska zařazení do kategorie rizika je $R = 4$. Má být v zelené nebo žluté kategorii? Zdůvodnit by bylo možné obě tato řešení. Ponechání řešení jako na obr. 3 je možno zdůvodnit mírou následku, resp. pravděpodobnosti. V případě, že bude překročena určitá úroveň (v příkladě hodnota P nebo $N = 3$) pak výsledné riziko nelze považovat za příslušející nejnižší kategorii rizika.

Vlastnosti MR z hlediska možného určení pořadí rizik

Jak je patrné z předchozích odstavců má hodnotitel značně omezené možnosti návrhu struktury kategorií rizika v navrhovaných MR, a to až do té míry, že většina v současnosti používaných MR tyto poměrně přísné požadavky ne zcela splňuje.

Kromě výše uvedených axiomů, jsou ale MR zatíženy řadou dalších problémů, které souvisí s kvalitativní povahou metody a jejich vliv je přímo v MR neodstranitelný. Tyto vlivy je tak potřeba pochopit a minimalizovat „vně“ metody vhodnou přípravou vstupních dat a následně také ve fázi interpretace výsledků a rozhodování o rizicích.

Cox [3] v této oblasti identifikoval dva významné vlivy, které vedou k inkonzistencím v akceptaci rizika a to komprese rozsahů a centrovací bias (centering bias). Thomas et al. [4] pak identifikoval další tři významné vlivy:

- obrácení použitých stupnic,
- nestabilita kategorizace,
- lži faktor.

Všechny výše uvedené vlivy souvisí s kvalitativní povahou hodnocení a jsou významně ovlivňovány způsobem, jakým hodnotitel volí hranice jednotlivých stupňů na osách matice. Při nasazení MR formálně dochází k převodu spojité číselné veličiny do podoby ordinální stupnice se specifikovanými intervalovými rozsahy. Přeneseně tak dochází ke „kompresi“ stupnice do ordinální podoby - odtud název **komprese rozsahů**.

Problém, který způsobuje je dán tím, že převod může přiřadit stejnou hodnotu výsledného rizikového skóre rizikům, která jsou ve skutečnosti výrazně odlišná. Tato vlastnost MR je neodstranitelná a souvisí s tím, že vypočtené skóre rizika neodpovídá skutečnému rozdílu mezi riziky.

Problém je možno demonstrovat na jednoduchém příkladu. Pro demonstraci bude použita MR z obr. 3. Uvažujme 2 různá rizika R_1 a R_2 z hlediska následků zařazená do nejvyššího (5. stupně) následků (≥ 1 mil. Kč). Pravděpodobnosti pak v hranicích $\leq 0,1$ %, 1 %, 10 %, 50 % a > 50 %.

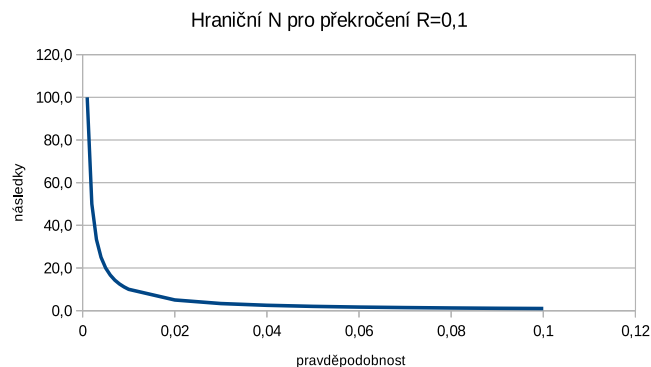
$$R_1: N = 1 \text{ mil. Kč, } P = 15 \%$$

$$R_2: N = 5 \text{ mil. Kč, } P = 5 \%$$

V matici rizik pro $R(P, N)$ bude $R_1(3,5) = 15$, $R_2(2,5) = 10$. Při kvantitativním výpočtu ale $R_1 = 1 \cdot 0,15 = 0,15$ a $R_2 = 5 \cdot 0,05 = 0,25$. MR v tomto případě tedy poskytla chybnou informaci. Problém je způsoben tím, že hodnota následků v posledním stupni není omezena zhora. Pro příklad lze také jednoduše spočítat hranici velikosti následků N , pro kterou by riziko přesáhlo R_1 za předpokladu, že pravděpodobnost P zůstane nezměněna: $N = 3$ mil. Kč.

Výše uvedený příklad sice jednoznačně demonstruje problém, ale z hlediska podpory řízení rizik je užitečnější odvození mezi následků pro různé pravděpodobnosti po jejichž překročení dojde k chybnému zařazení do kategorie rizika. Pro diskutovaný příklad hranice 5. stupně následků začíná na 1 mil. Kč a 3. stupeň pravděpodobnosti začíná na hranici 10 %. Pro tuto hranici $R = 1 \cdot 0,1 = 0,1$. Požadovaná hranice následků pak bude $N = 0,1/P$,

kte $P \in (0,0,1)$. K výpočtu postačuje libovolný tabulkový procesor. Grafické znázornění výsledku je dostupné na obr. 4.



Obr. 4 Hranice následků pro chybnou klasifikaci rizika

Takovou informaci lze použít pro identifikaci rizik, u kterých by k takovému problému mohlo dojít. Taková rizika je potřeba následně hodnotit pomocí jiných metod, ideálně takových, které netrpí obdobnými problémy.

Obdobnou hranici je možno spočítat také pro ostatní buňky v posledním sloupci matice. Je otázka, zda je potřeba tak činit, protože i když pořadí rizik při překročení takové hranice nebude správné, taková rizika budou alespoň zařazena ve správné kategorii rizik. S rankingem jsou pak spojeny také další vlivy viz dále.

Osa pravděpodobnosti je obvykle zastropována, alespoň pokud je použito procentní vyjádření nebo jeho ekvivalent. V takovém případě bude horní hranice 100 % = jistota, že hodnocená hrozba nastane. U pravděpodobnosti může ale problém nastat na spodní hranici, tedy u rizik, jejichž pravděpodobnost výskytu je extrémně malá, ale následky mohou často být naopak velké. Taková rizika má MR tendenci nadhodnocovat. Technicky správný by byl analogický postup k určení hraničních následků. Alternativně se s touto situací lze smířit s tím, že nadhodnocení rizika „jde na stranu bezpečnosti“.

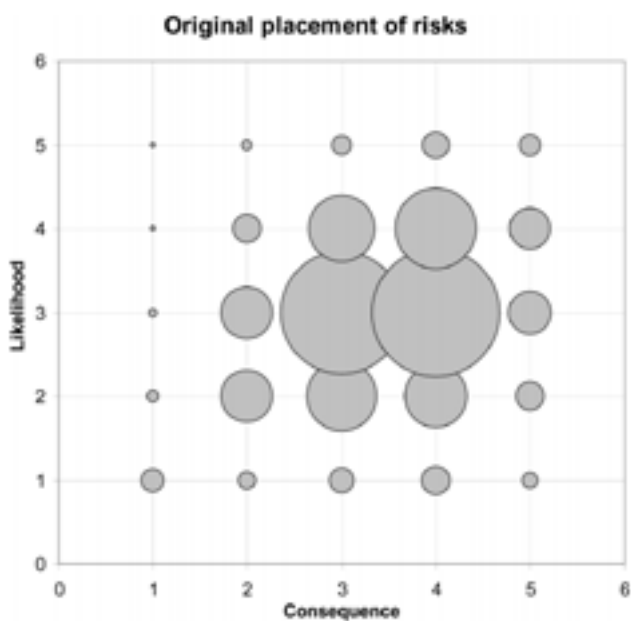
Nevýhodou druhého přístupu je fakt, že nadhodnocení rizik v programu řízení rizik posílí prioritu řešení rizik, které to reálně nevyžadují, za situace, kdy zdroje vyčleněné pro realizaci ochranných opatření jsou omezené. Je tak možné, že se investičně nedostane na opatření pro rizika, která mají skutečný potenciál ke škodám.

Centrovací bias je jednou z forem kognitivního biasu. Koncept biasu formálně jako první popsali Kahneman a Tverski (viz např. [13, 14]) aplikací psychologie pro pochopení zdánlivě iracionálního chování v rozhodování. Za tento výzkum byl Kahneman v roce 2002 oceněn Nobelovou cenou za ekonomii.

Specificky centrovací bias se týká tendence osob vyhýbat se extrémním hodnotám. V kontextu MR to znamená, že pokud podklady pro zavedení rizika do MR jsou získávány formou expertního odhadu (expert přiřadí hodnotu stupně následku a pravděpodobnosti), toto přiřazení se může vyhýbat extrémním hodnotám. Např. pokud se pracuje se stupnicí 1-5, bude většina odhadů v intervalu 2-4 a to bez ohledu na to, zda tam reálně patří nebo ne.

Centrovací bias pro MR demonstroval např. Smith et al. [15], který analyzoval rizika v leteckém průmyslu. Výzkum pracoval s 1412 datovými body, výsledek je vizualizován na obr. 5.

Na obr. 5 velikost bublin proporcionálně odpovídá počtu rizik zařazených do dané buňky matice. Výzkum prokázal, že počet rizik na okrajích matice je statisticky signifikantně menší, než by měl být.



Obr. 5 Centrovací bias v leteckém průmyslu (převzato z Smith et al. [15])

To je poměrně velký problém, protože centrované hodnoty prakticky omezují rozsah matice rizik. Otázkou pak je, zda tato „omezená, vnitřní“ matice má dostatečnou rozlišovací schopnost a také zda vůbec splňuje axiomy konzistence popsané na předchozích stránkách.

Jako řešení lze do určité míry lze také omezit vliv expertů, např. tak, že hodnoty pravděpodobnosti a následků jednotlivých rizik budou odvozovány statistickými metodami na základě analýzy dat o obdobných případech z minulosti, a to až už dat přímo z organizace nebo datasetů zpracovávaných různými sdruženími, statistickými službami nebo orgány státní správy. Takové datasety ale nejsou k dispozici ve všech odvětvích a pro všechny typy rizika.

Potřeba datových analýz také pro MR jako nástroj značně zmenšuje jednoduchost podkladových materiálů, které je potřeba shromáždit.

Další možností je také zlepšení schopnosti expertů poskytnout objektivní odpověď. Např. Hubbard [16] doporučuje experty „zkalibrovat“ formou školení. Přes zlepšenou kvalitu takto získaných údajů ale stále doporučuje používat experty pouze v případech, že jiná data nejsou dostupná.

Jelikož u meších MR je tyto axiomy náročnější splnit, může být jistým řešením také použit rozsáhlejší MR. Zvětšení počtu polí matice ve skutečnosti neřeší podstatu biasu samotného, ale může pomoci k tomu, aby vnitřní část matice měla alespoň nějakou (byť omezenou) schopnost rozlišovat mezi riziky.

Problémy s interpretací výsledků poskytovaných MR může způsobit prostě **otočení stupnic** jednotlivých os matice. Pro preferenci vzestupného nebo sestupného řazení není znám v současnosti žádný racionální důvod, a tak se v literatuře objevují oba způsoby řazení, byť vzestupný přece jenom častěji.

Vzhledem k tomu, že hodnoty na použitých škálách reprezentují pouze pořadí obrácení stupnice znamená pouze to, že orientace MR se změní. Intuitivně by se mohlo zdát, že obrácení stupnic by nemělo mít na výsledky MR žádný vliv. Jenomže tomu tak není. Porovnání matice 5x5 s oběma stupnicemi je dostupné na obr. 6.

	Vzestupná stupnice					Sestupná stupnice					
5	5	10	15	20	25	1	5	4	3	2	1
4	4	8	12	16	20	2	10	8	6	4	2
3	3	6	9	12	15	3	15	12	9	6	3
2	2	4	6	8	10	4	20	16	12	8	4
1	1	2	3	4	5	5	25	20	15	10	5
	1	2	3	4	5		5	4	3	2	1

Obr. 6 Porovnání výsledků MR s použitím vzestupných a sestupných stupnic

Na první pohled obě matice prezentované na obr. 6 vypadají stejně, tedy s jediným rozdílem, že vzhledem k obrácení stupnic rizikové skóre u sestupných stupnic maximalizováno (pro minimalizaci rizika).

Při podrobnějším zkoumání je ale možno identifikovat některé anomálie. Uvažujme dvě různá rizika R_1 a R_2 s hodnotami (P, N) na vzestupné stupnici $R_1(5,1) = 5$ a $R_2(3,3) = 9$, kterým odpovídají hodnoty $R_1(1,5) = 5$ a $R_2(3,3) = 9$. Hodnoty skóre rizika jsou tedy v tomto případě totožné, jejich interpretace je ale odlišná, protože u vzestupných stupnic $R_1 < R_2$ zatímco u sestupných stupnic $R_1 > R_2$. V důsledku obrácení stupnic tedy došlo obrácení pořadí obou rizik!

Tento problém je integrální součástí MR a nelze jej odstranit ani minimalizovat, lze jej pouze zohlednit při následné interpretaci výsledků.

Problém **nestability kategorizace** vychází z toho, že slovně označené kategorie nemají asociovány všeobecně přijímané hodnoty. V kontextu MR jde především o jednotlivé stupně na osách P a N . Pokud je hrozba označována jako málo pravděpodobná odpovídá to pravděpodobnosti $P = 0,1 \%$, $P = 10 \%$, nebo nějaké jiné hodnotě?

Při návrhu struktury MR se obvykle uvažuje předpokládaný rozsah hodnot P, N pro identifikovaná rizika. Pro které se pak následně stupnice intervalově rozdělí na zvolený počet intervalů s přihlédnutím ke zkušenostem a potřebám analytika. Problémem tohoto přístupu je, že hranice jednotlivých intervalů nejsou předem stanoveny, a tak různí analytici, nebo dokonce jeden analytik v různé době mohou volit hranice intervalů odlišně.

Pokud jsou analytici dobře připraveni na svou práci, lze předpokládat, že tyto rozdíly nemusí být velké. Intuitivně by uživatel MR mohl předpokládat, že výsledky poskytované maticemi s takovými odchylkami by neměly poskytovat významně odlišné výsledky. Takový předpoklad ale nemusí být pravdivý.

Thomas [4] demonstroval tento problém na MR 6x6, vzhledem k tomu, že tento článek využívá pro různé demonstrace MR 5x5 byl Thomasův pokus replikován pro potřeby tohoto článku s použitím menší matice.

Pro demonstraci problému je nutné nejprve formálně definovat použité stupnice P, N jako funkce proměnné n , která bude po malých krocích postupně měněna tak, aby bylo možné zkoumat vliv těchto drobných změn na stupnicích na výsledky poskytované MR. Stupnice pro pokus jsou definovány v tab. 1.

Tab. 1 Stupnice pravděpodobnosti a následků pro demonstraci problému nestability kategorizace

Stupeň	Pravděpodobnost	Následek
5	$0,01n^3 < P$	$0,1n^3 < N$
4	$0,01n^2 < P \leq 0,01n^3$	$0,1n^2 < N \leq 0,1n^3$
3	$0,01n < P \leq 0,01n^2$	$0,1n < N \leq 0,1n^2$
2	$0,01 < P \leq 0,01n$	$0,1 < N \leq 0,1n$
1	$P \leq 0,01$	$N \leq 0,1$

Hodnoty n pro výpočet jsou voleny v intervalu $\langle 2;3,1 \rangle$ s krokem 0,1.

V pokusu jsou uvažována tři různá rizika A - C, s kvantitativně určenými vlastnostmi, viz tab. 2.

Tab. 2 Rizika A - C pro demonstraci problému nestability kategorizace

Riziko	Následky (tis. Kč)	Pravděpodobnost (%)	$R = P \cdot N$	Pořadí
A	1000	1,5	15	3
B	600	3	18	2
C	300	10	30	1

S použitím vzorců v tab. 1 jsou pro různé hodnoty n vypočteny hranice jednotlivých stupňů os v MR (je konstruována MR použita pro další hodnocení). Následně jsou rizika z tab. 2 do této MR zařazována a vypočítána riziková skóre (viz tab. 3) a pořadí rizik (viz tab. 4).

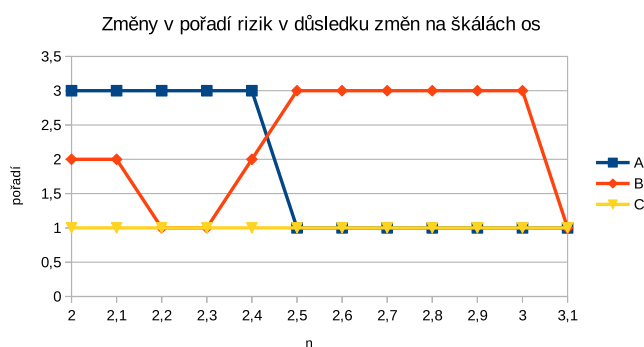
Tab. 3 Rizikové skóre pro rizika A - C

Riziko/n	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1
A	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6
B	12	12	12	12	9	6	6	6	6	6	6	6
C	15	15	12	12	12	8	8	8	8	8	8	6

Tab. 4 Pořadí rizik A - C při změnách proměnné n

Riziko/n	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1
A	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
B	2	2	1	1	2	3	3	3	3	3	3	1
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Změny v pořadí jsou patrnější v grafické podobě, viz obr. 7.



Obr. 7 Změny v pořadí rizik A - C v důsledku drobných změn na použitých škálách v MR

Výše uvedený výpočet aplikuje změny v proměnné n na obě osy matice, ke změně pořadí může ale docházet také v případě, že jedna z os bude „zafixována“ (nebude se měnit) a to v závislosti

na tom, kde přesně bude daná osa zafixována. Obecně lze ale říct, že v takovém případě je matice méně citlivá na změny.

Z hlediska dopadů na samotné hodnocení je možno konstatovat, že úplnou stabilitu (necitlivost) hodnocení pomocí MR nelze dosáhnout. V rámci hodnocení je ale možné provést analýzu citlivosti dosaženého řešení a zhodnotit nakolik jsou výsledky citlivé na zvolené rozložení kategorií na jednotlivých osách. V případě, že bude identifikována zásadní nestabilita hodnocení je potřeba modifikovat použité stupnice (zastabilizovat řešení) nebo MR jako nástroj hodnocení rizik pro danou situaci zamítnout a rizika hodnotit s použitím jiné analytické metody nebo metod.

Provedení analýzy citlivosti je potřeba opakovat při každém použití MR, tedy nikoliv pouze při počátečním nasazení, ale také při periodické reevaluaci. Lze totiž předpokládat, že v průběhu času dojde u jednotlivých rizik ke změnám, které by bez patřičných změn na stupnicích os mohly vést k výsledku destabilizovat.

Potřeba nasazování takové analýzy ale výrazným způsobem zmenšuje výhody spojované s nasazováním MR jako analytického nástroje, a to především z pohledu jednoduchosti použití.

Lži faktor je odvozován od neschopnosti MR poskytnout informaci o riziku „v proporcích“. To je způsobeno tím, že výpočet je kvalitativní a využívá tak k výpočtu pořadí na zvolené stupnici P a N . Pro $R_1 = 5$ a $R_2 = 10$ tak nelze automaticky říct, že $R_2 = 2 \cdot R_1$, pouze že $R_2 > R_1$. Lži faktor je možno formálně kvantifikovat, viz [4].

Lži faktor je jiným pohledem na problém komprese stupnic. Z prostorových důvodů proto nebude tento problém dále v tomto článku rozebírán. Podrobnosti včetně způsobu výpočtu je možno nalézt v Thomas et al. [4].

Závěr

V článku byly diskutovány stav poznání v oblasti hodnocení rizik s použitím MR. V současnosti jsou MR často navrhovány příliš naivně bez hlubších úvah o tom, zda výsledky, které poskytují jsou alespoň částečně konzistentní a mají tedy potenciál v systému řízení rizik poskytnout vhodné informace potřebné k řízení rizik.

Strukturálně MR by měly splňovat požadavky axiomů *slabé konzistence*, *mezilehlosti* a *barevné konzistence* formulované Coxem [3], ani za splnění těchto podmínek ale výsledky MR nelze nekriticky přejímat.

MR jako metoda kvalitativního hodnocení je zatížena řadou problémů, které mohou vychýlit hodnocení nežádoucím způsobem. Výsledné hodnocení je především silně závislé na volbě os a také na osobě hodnotitele a jeho preferencích. Tento typ problémů není možné vždy vyřešit vhodnou volbou struktury MR, ale je nutné MR zařadit do širší škály nástrojů hodnocení rizik a pracovat s hodnotiteli. Tam, kde je to jen možné měly by místo expertních odhadů být použity statisticky zpracované historické údaje. V případě, že toto není možné je potřeba experty „zkalibrovat“ [16] pro zpřesnění jejich odhadů.

Výslednou MR se zaklasifikovanými riziky je potřeba zhodnotit z hlediska citlivosti klasifikace na drobné změny v rozložení intervalů os matice.

MR byly vždy prezentovány jako jednoduchý nástroj. Problémy popsane v tomto článku ale dokládají, že tato jednoduchost není zadarmo. Cenou za její dosažení je do značné míry rezignace na přesnost, zejména v případě, že cílem nasazení metody je seřazení (ranking) rizik jako podkladu pro rozhodnutí o přijatelnosti.

Závěrečnou logickou otázkou tak může být: *jsou matice rizik vhodným nástrojem pro podporu řízení rizik i v budoucnu?* Tuto otázku si bude muset zodpovědět každý sám, ovšem s tím, že v takovém případě hodnotitele čeká hodně práce, aby se vyhnul alespoň minimalizoval problémy popsane v tomto článku. MR by neměla být jedinou použitou metodou hodnocení rizik a že by měla být doplněna spíše jinou kvantitativní metodou (než kvalitativní).

Důvodem je to, že k problémům popsaným v předchozí části článku jsou do určité míry náchylné všechny metody kvalitativního hodnocení.

Použitá literatura

- [1] HUSSEY, D.E.: Portfolio analysis: Practical experience with the Directional Policy Matrix. *Long Range Planning*. 1978, roč. 11, č. 4, s. 2-8. doi: 10.1016/0024-6301(78)90001-8. ISSN 0024-6301.
- [2] POKORNÁ, A. et al.: *Management rizik - hodnocení závažnosti nežádoucích událostí* [online]. Praha: UZIS, 2019. 15 s. [cit. 2021-07-21]. Dostupné z: https://shnu.uzis.cz/res/file/metodicke_dokumenty/Management_rizik_hodnoceni_zavaznosti.pdf.
- [3] COX, L.A.: What's wrong with risk matrices? *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*. 2008, roč. 28, č. 2, s. 497-512. doi: 10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x. ISSN 1539-6924.
- [4] THOMAS, P.; BRATVOLD, R.B.; ERIC BICKEL, J.: The Risk of Using Risk Matrices. *SPE Economics & Management*. 2014, roč. 6, č. 02, s. 56-66. doi: 10.2118/166269-PA. ISSN 2150-1173.
- [5] COX, L.A.T.; BABAYEV, D.; HUBER, W.: Some limitations of qualitative risk rating systems. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*. 2005, roč. 25, č. 3, s. 651-662. doi: 10.1111/j.1539-6924.2005.00615.x. ISSN 0272-4332.
- [6] SHAH, G.C.: *Risk Management: Learn More from Near-Misses* [online]. [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://www.chemicalprocessing.com/articles/2014/risk-management-learn-more-from-near-misses/>.
- [7] RECOVERY PARTNERS.: *Risk Matrix. The safety, wellbeing & rehab experts*.
- [8] SLANEK, R.: *Qualitative Risk Assessment of a Commercial Refrigeration System* [online]. [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://www.aoccorp.com/knowledge/qualitative-risk-assessment-of-a-commercial-refrigeration-system>.
- [9] MARKER, A.: *Download Free Risk Matrix Templates | Smartsheet* [online]. [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://www.smartsheet.com/all-risk-assessment-matrix-templates-you-need>.
- [10] IACUCCI, A.A.: *Crisis Mapping and Cybersecurity - Part II: Risk Assessment*. Diary of a Crisis Mapper 2011.
- [11] FIKRI, M. Al et al.: Risk Assessment Using NIST SP 800-30 Revision 1 and ISO 27005 Combination Technique in Profit-Based Organization: Case Study of ZZZ Information System Application in ABC Agency. *Procedia Computer Science*. 2019, roč. 161, s. 1206-1215. doi: 10.1016/j.procs.2019.11.234. ISSN 1877-0509.
- [12] ŠENOVSKÝ, M.; ORAVEC, M.; ŠENOVSKÝ, P.: *Teorie krizového managementu*, 2. vydání. 2 vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2020. 138 s. ISBN 978-80-7385-231-3.
- [13] KAHNEMAN, D.; SIBONY, O.; SUNSTEIN, C.R.: *Noise: A Flaw in Human Judgment*. New York: Little, Brown Spark, 2021. 464 s. ISBN 978-0-316-45140-6.
- [14] KAHNEMAN, D.: *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2013. 499 s. ISBN 978-0-374-53355-7.
- [15] SMITH, E.D.; SIEFERT, W.T.; DRAIN, D.: Risk matrix input data biases. *Systems Engineering*. 2009, roč. 12, č. 4, s. 344-360. doi: 10.1002/sys.20126. ISSN 1520-6858.
- [16] HUBBARD, D.W. et al.: *How to Measure Anything in Cybersecurity Risk*. Wiley, 2016. 275 s. ISBN 978-1-119-08529-4.

Spolupráce operačních a informačních středisek v příhraniční oblasti Karlovarského kraje

Cooperation of Operational and Information Centres in the Border Area of the Karlovy Vary Region

Ing. Martin Tomášek, MBA^{1,2}

¹HZS Karlovarského kraje, Územní odbor Cheb
17. listopadu 30, 350 02 Cheb

²VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství
Lumírova 13, 700 30 Ostrava-Výškovice
martin.tomasek@kvk.izscr.cz, martin.tomasek.st@vsb.cz

Abstrakt

Článek se zabývá spoluprací operačních a informačních středisek v příhraniční oblasti Karlovarského kraje (KVK). Na území Spolkové republiky Německo (SRN) se jedná o Integrierte Leitstelle (ILS) Hochfranken Hof, ILS Nordoberpfalz Weiden a ILS Südwestsachsen Zwickau, na území KVK o Krajské operační a informační středisko Hasičského záchranného sboru Karlovarského kraje (KOPIS HZS KVK). V článku je poté blíže popsáno ILS Hochfranken Hof. Opomenuty zde nejsou ani způsoby a problémy při aktivaci sil a prostředků (SaP). V závěru se článek věnuje začlenění vybraných jednotek požární ochrany (jednotky PO) ze SRN do Požárního poplachového plánu Karlovarského kraje (PPP KVK).

Klíčová slova

Operační a informační středisko, příhraniční oblast, jednotky PO, mimořádná událost.

Abstract

The article deals with cooperation of operational and information centres in the border area of the Karlovy Vary Region. In the area of the Federal Republic of Germany these are ILS Hochfranken Hof, ILS Nordoberpfalz Weiden and ILS Südwestsachsen Zwickau, in the area of the Karlovy Vary Region this is the Operational and information center of the Fire and Rescue Service of the Karlovy Vary Region. The article then describes the ILS Hochfranken Hof in more detail. There are also ways and problems in activating forces and resources. Finally, the article deals with the inclusion of selected fire protection units from the Federal Republic of Germany in the Fire alarm plan of the Karlovy Vary Region.

Keywords

Operational and information center, border area, fire protection units, emergency incident.

Úvod

Díky vstupu České republiky (ČR) do Schengenského prostoru můžou jednotky PO překračovat státní hranice i mimo hraniční přechody. K tomu jsou v KVK vytipována místa vhodná k přechodu státní hranice, včetně polních a lesních cest, což zefektivnilo, urychlilo a usnadnilo poskytovanou pomoc. Prvním krokem k poskytnutí pomoci je však dobře nastavená vzájemná spolupráce operačních a informačních středisek v příhraniční oblasti KVK a následné vyslání SaP na území druhého státu.

ILS v příhraniční oblasti KVK

V příhraniční oblasti KVK se nacházejí tři operační a informační střediska ILS. Ve Spolkové zemi Bavorsko se jedná o Hochfranken Hof, ILS Nordoberpfalz Weiden a ve Spolkové zemi Sasko je to

ILS Südwestsachsen Zwickau. Jednotlivá ILS jsou zřizována městy, která se podílí, ve spolupráci se zemskými okresy, na jejich financování. V tab. 1 je poté rozdělení jednotlivých jednotek PO a k nim kompetentních ILS pro vyhlášení poplachu. Jedná se o jednotky PO, které mají uzavřené dohody o poskytování pomoci a o spolupráci v rámci protipožární ochrany mezi jednotlivými partnery na obou stranách státní hranice. Od roku 2020 probíhá dále rozvoj příhraniční spolupráce také v oblasti poskytování první psychologické pomoci obětem mimořádných událostí (MU). Jedná se o poskytnutí psychologa nebo týmu interventů přímo na místě MU na obou stranách státní hranice. K tomuto účelu slouží pro vyžádání pomoci pouze ILS Hochfranken Hof.

Tab. 1 Kompetentní ILS pro vyhlášení poplachu jednotlivým jednotkám PO v příhraniční oblasti KVK [1]

Kompletní místo pro vyhlášení poplachu	Jednotka PO
ILS Hochfranken Hof	Annaberg-Buchholz, Arzberg, Barenstein, Hof, Hohenberg a. d. Eger, Kurort Oberwiesenthal, Marktredwitz, Rehau, Regnitzlosau, Sehmatal, Selb, Schirmding, Wunsiedel
ILS Nordoberpfalz Weiden	Neualbenreuth, Neusorg, Waldsassen
ILS Südwestsachsen Zwickau	Adorf, Bad Brambach, Bad Elster, Eichigt, Erlbach, Klingenthal, Markneukirchen, Morgenrothe-Rautenkranz, Oelsnitz, Sachsenberg-Georgenthal, Zwota, Breitenbrunn, Eibenstock, Johanngeorgenstadt, Schonheide

ILS Hochfranken Hof

ILS ve Spolkové zemi Bavorsko jsou zřízena a provozována na základě zákona ILSG [2] a vyhlášky (ABek) [3]. ILS Hochfranken Hof se nachází ve městě Hof, které je okresním městem Zemského okresu Hof ve Vládním obvodu Horní Franky. ILS Hochfranken Hof bylo zřízeno v roce 2002 jako společné operační a informační středisko pro jednotky PO a zdravotnickou záchrannou službu. ILS Hochfranken Hof přijímá evropské číslo tísňového volání 112. Příjem tísňového volání 112 je zajištěno personálem, který má příslušné vzdělání jak v oblasti zdravotnické záchranné služby, tak v oblasti působnosti jednotek PO. Dále se personál musí dorozumět ve všech ILS v anglickém jazyce. Výkon služby na ILS Hochfranken Hof je zajištěn v režimu dvanácti hodinových směn:

- Pondělí až pátek od 5:45 do 17:45 - 4 dispečeri a 1 vedoucí směny.
- Pondělí až pátek od 17:45 do 5:45 - 3 dispečeri a 1 vedoucí směny.
- Sobota od 5:45 do pondělí 5:45 - 3 dispečeri a 1 vedoucí směny.

ILS Hochfranken Hof je kompetentní pro vyhlášení poplachu 237 jednotkám PO, 2 jednotkám organizace technické pomoci (Technisches Hilfswerk), stanovištím vodní záchranné služby (Wasserrettung), základnám horské služby (Bergwacht) a několika desítek výjezdových základů zdravotnické záchranné služby, nemá však ve své kompetenci žádné stanoviště letecké záchranné

služby (Luftrettung). V roce 2020 přijalo více než 44 300 hovorů na tísňovou linku 112.

KOPIS HZS KVK

Příjem tísňové linky 112 a 150 je v rámci KVK zajištěn personálem na KOPIS HZS KVK v Karlových Varech v systému telefonního centra tísňového volání 112. Jednotky PO jsou na území KVK povolávány KOPIS HZS KVK přes jednotlivá ILS a to dle dislokace konkrétní jednotky PO. Na obr. 1 je grafické rozdělení území pro jednotlivá ILS v SRN.



Obr. 1 Rozdělení území pro jednotlivá ILS v SRN [1]

KOPIS HZS KVK žádá o jednotku PO vždy konkrétní ILS telefonicky, emailem a faxem. Dále si s ILS, při požadavku na jednotku PO, posílá emailem také tzv. „Meldung formular“. Jedná se o formulář, který slouží k upřesnění MU a požadované mobilní požární techniky (MPT) s věcnými prostředky požární ochrany (VPPO) a daným početním stavem hasičů. V drtivé většině případů požadované jednotky PO vyjíždění k MU na území KVK s téměř veškerou MPT, kterou disponují a s neadekvátně velkým početním stavem hasičů. Tento fakt je dán rozhodnutím velitele příslušné jednotky PO, operačními postupy ILS a dále značně odlišnou taktikou zásahu pro stejný typ MU.

Při obdržení výzvy (opět telefonicky, emailem a faxem) z ILS od kolegů ze SRN s žádostí o konkrétní jednotku PO na KOPIS HZS KVK, je poté tato jednotka PO po splnění formalit spojených se založením MU (v programu Spojář 6) automaticky vyslána k zásahu do SRN. Komunikace pomocí faxu je požadavkem výše uvedených ILS. V současné době se jedná v rámci KOPIS HZS KVK o značně zastaralou a problematickou technologii. KOPIS HZS KVK vysílá na místo MU do SRN vždy MPT a početní stav hasičů dle standardních postupů pro daný typ MU. O výjezdu jednotky PO mimo území ČR v rámci operačního řízení nebo o zásahu jednotky PO ze SRN na území KVK musí vždy podat KOPIS HZS KVK zprávu na operační a informační středisko Ministerstva vnitra Generálního ředitelství HZS ČR do Prahy [4] a na operační středisko Policie ČR v Karlových Varech.

Problémy při aktivaci SaP

Při aktivaci SaP dochází na obou stranách státní hranice k časovým prodáváním majících různé příčiny. Stěžejní problém je v nekompatibilitě technologií operačních a informačních středisek a v rozdílné technologické vyspělosti. V této oblasti je potřeba uvést, že KOPIS HZS KVK je technologicky na nejvyšším stupni v porovnání s výše uvedenými ILS. Do budoucna je potřeba nalézt komunikační a technické rozhraní k datové komunikaci s automatickým překladem požadavků. Povolávání SaP by se dělo standardními úkony dispečerů ve svých domovských aplikacích.

Ideově jde o jednoduchou myšlenku, avšak realizačně se bude jednat o velmi časově náročný úkol s ohledem na různá právní prostředí, rozdílnou technologickou vyspělost a pracovní zvyklosti.

Začlenění jednotek PO ze SRN do PPP KVK

Důležitým milníkem v rámci příhraniční spolupráce bylo začlenění vybraných jednotek PO ze SRN do PPP KVK. Toho bylo dosaženo dne 5. srpna 2016 Nařízením Karlovarského kraje č. 7/2016, kterým se stanoví PPP KVK. Tomu však předcházela řada jednání na obou stranách státní hranice a uzavírání dohod o poskytnutí pomoci a o spolupráci v rámci protipožární ochrany. První dohody byly uzavřeny již v roce 2010. V současné době je v systému příhraniční spolupráce začleněno 31 měst a obcí ze SRN a 13 měst a obcí z KVK. Do PPP KVK je však zařazeno pouze 11 jednotek PO ze SRN. Jedná se o jednotky PO, které jsou zřízeny většími obcemi a městy v příhraniční oblasti KVK. Tyto jednotky PO disponují větším množstvím základní a speciální MPT. Jedná se například o jednotky PO ve městech Waldsassen, Arzberg, Selb nebo Klingenthal, které zasahují v rámci operačního řízení nejčastěji v příhraniční oblasti KVK.

Závěr

Článek se zabýval spoluprací operačních a informačních středisek v příhraniční oblasti KVK. V praxi i nadále existuje celá řada problémů, které je nutné postupně řešit tak, aby původní myšlenka mohla být maximálně a efektivně využitelná. Jedná se o pomoc občanům příhraničního území bez ohledu na státní hranice. Spolupráce operačních a informačních středisek, na obou stranách státní hranice, je základním stavebním prvkem pro efektivní příhraniční spolupráci HZS KVK z hlediska přípravy a řešení MU.

Použitá literatura

- [1] Interní podklady HZS KVK - uzavřené smlouvy a dohody o poskytnutí pomoci a o spolupráci v rámci protipožární ochrany.
- [2] Gesetz über die Errichtung und den Betrieb Integrierter Leitstellen (ILSG) vom 25. Juli 2002, zuletzt geändert durch Gesetz vom 26. März 2019.
- [3] Alarmierung im Rettungsdienst, Brand- und Katastrophenschutz in Bayern (ABek) vom 12. Juli 2016, zuletzt geändert durch Bekanntmachung vom 29. Juli 2020.
- [4] Pokyn č. 52 GŘ HZS ČR ze dne 29. 11. 2016, kterým se stanoví postup pro hlášení závažných mimořádných událostí a krizových situací a podávání pravidelných denních informací o požárech a činnosti jednotek požární ochrany. Praha 2016.

Plán konferencí FBI a SPBI, z.s.

2. - 3. únor 2022 Ochrana obyvatelstva

Mezinárodní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství a MV-Generálním ředitelstvím HZS ČR. V programu konference jsou zastoupeny tématické obory: krizový management, ochrana obyvatelstva, ochrana kritické infrastruktury, nebezpečné látky. Cílem konference je vyvolat diskusi mezi odborníky o zapojení moderních technologií do systémů ochrany obyvatelstva.

27. - 28. duben 2022 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Mezinárodní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství, Ministerstvem práce a sociálních věcí ČR a Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v.v.i. Hlavní témata konference se týkají nových výzev v řízení bezpečnosti práce a procesů.

5. květen 2022 Požární bezpečnost stavebních objektů

Národní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství. Jednání konference je zaměřeno do oblastí týkající se požární bezpečnosti staveb, legislativních postupů při výstavbě, problematiky požárně bezpečnostních zařízení a logických návazností bezpečnostních a protipožárních systémů.

7. - 8. září 2022 Požární ochrana

Mezinárodní konference pořádaná ve spolupráci s Fakultou bezpečnostního inženýrství, Českou asociací hasičských důstojníků, z.s. a MV-Generálním ředitelstvím HZS ČR. Jednání konference je rozděleno do sekcí: Požární ochrana, Technologie pro bezpečnost, Protivýbuchová prevence, Věda a výzkum v požární ochraně, Zkušebnictví v požární ochraně.

Uvedené termíny se mohou změnit vzhledem k vládním opatřením související s pandemií COVID-19. Aktuální informace ke konferencím najdete na www.spbi.cz.

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA | FAKULTA
BEZPEČNOSTNÍHO
INŽENÝRSTVÍ



FNO
FAKULTNÍ
NEMOCNICE
OSTRAVA



INSTITUT
OCHRANY
OBYVATELSTVA | POPULATION
PROTECTION
INSTITUTE

ZUBOZ
ZNÁLECKÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI
& OCHRANY ZDRAVÍ, Z.Ú.