

# MAPOVÁNÍ RIZIK

Antonín Krömer, Petr Musial, Libor Folwarczny

**Abstrakt:** Příspěvek popisuje metodu mapování rizik, která byla vyvinuta u Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje na základě metodiky doporučené Evropskou unií. Mapování rizik je proces, při kterém se identifikují území s různou úrovní rizika. Při mapování rizik je prováděna interakce projevů různých typů nebezpečí se zranitelností území a s úrovní připravenosti území. Mapování rizik se provádí na základě technologií geografického informačního systému s využitím statistických a numerických analýz. Výsledky mapování rizik se prezentují na speciálních mapách (mapy rizik), které umožňují identifikovat složení a úroveň rizika pro každou část území analyzovaného územního celku. Využití zpracovaného mapování rizik pro daný územní celek je široké. Mapy rizik slouží jako základní vstup do procesů havarijního a krizového plánování, podávají komplexní informaci o zatížení území riziky, jsou zdrojem analýzy ohrožení objektů a další.

**Klíčová slova:** riziko, nebezpečí, zranitelnost, připravenost

## 1. Základní východiska mapování rizik

Základ metody pro provádění mapování rizik předkládá příručka zpracovaná v rámci evropského projektu Interreg IIIC SIPROCI [1]. Cílem tohoto projektu je zlepšení lokální a regionální schopnosti reagovat na mimořádné události a katastrofy využitím meziregionální spolupráce v rámci Evropských zemí. Za tímto účelem byl vytvořen mezinárodní program pro výměnu a rozvoj metod, technik a praktických zkušeností a dovedností v oblasti prevence a zmírnění dopadů mimořádných událostí a katastrof. Výstupem projektu je soubor příruček, z nichž jedna je zaměřena na rozvoj a zlepšení metod, techniky a nástrojů pro mapování a monitorování rizik. Příručka předkládá návrh společné metody pro mapování rizik. Používání společné klasifikace rizik a společné terminologie v různých zemích by umožnilo jednotné předvídaní a prevenci vzniku krizových situací a dalších mimořádných událostí, případně i jednotné řešení vzniklé situace.

Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje (dále jen „HZS MSK“) je podle zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení, orgánem krizového řízení a, mj., zabezpečuje zpracování krizového plánu kraje. HZS MSK je také gesčně zodpovědný za komplexní provádění analýzy rizik na území Moravskoslezského kraje. HZS MSK, inspirován zmíněnou metodou mapování rizik, v rámci své profesní činnosti na úseku civilní nouzové připravenosti problematiku mapování rizik rozpracoval, zpřesnil a ověřil její použitelnost. Tento příspěvek popisuje v základních rysech metodu mapování rizik vyvinutou kolektivem odboru ochrany obyvatelstva a krizového řízení HZS MSK.

Jak již napovídá název metody, mapování rizik je znázornění rizik na mapě. Mapování rizik je proces, při kterém se identifikují území s různou úrovní rizika možného vzniku mimořádných událostí. Jedná se o zobrazení výsledků hodnocení rizik na speciálních mapách (mapy rizik) zobrazujících úrovně očekávaných ztrát, které je možné předpokládat na určitém území. Mapy rizik umožňují identifikovat složení a úroveň rizika pro každou část území analyzovaného územního celku.

V mapování rizik jde o klasifikaci a kvantifikaci rizika ve vztahu k území, jde o hodnotové vyjádření rizika na mapě. Riziko je zde pojímáno komplexně jako suma rizik pro jednotlivé typy mimořádných událostí. Základním předpokladem je, že do mapování rizik lze zahrnout jen takové typy mimořádných událostí, jejichž projev na území lze nějakým způsobem

vyjádřit v kartografickém zobrazení, tedy na mapě. Do mapování rizik vstupují i jednoduché numerické a statistické analýzy, které napomáhají získání přesnějších a reálnějších výsledků.

Zpracování mapování rizik je nemyslitelné bez podpory geografických informačních systémů (dále jen „GIS“). Jedině technologie GIS umožňují aplikovat všechny principy metody mapování rizik a získat tak využitelné výsledky. Bylo-li výše řečeno, že do mapování rizik lze zahrnout jen takové typy mimořádných událostí, jejichž projev na území lze nějakým způsobem vyjádřit na mapě, znamená to, že pro daný typ mimořádné události musí existovat vrstva GIS nebo musí existovat taková data, z nichž lze vrstvu GIS generovat (např. přehled objektů daného typu jako soupis adresních míst, či jako soupis souřadnic).

Mapování rizik využívá výsledky analýzy rizik pro různé typy mimořádných událostí. Přesněji řečeno, využívá výsledky analýz projevů možných mimořádných událostí na území. Tyto dílčí analýzy mohou být zpracovány na základě numerických modelových výpočtů (např. únik nebezpečné látky, průlomová vlna při narušení hráze vodního díla), dlouhodobých meteorologických a hydrologických statistických sledování (např. záplavová území při přirozených povodní, sněhové a větrné oblasti), sledování přírodních jevů a dalších metod, expertní odhady nevyjímaje.

Mapy rizik jsou kartografické listy definovaného území (např. obce, kraje, celé republiky), na nichž jsou barevně vyznačeny různé úrovně rizika. Důraz je kladen na hodnotové vyjádření úrovně rizika a znázornění na mapě v barevné škále je možností vizualizace výsledků. Tato vizualizace upozorní na území s vyšší úrovní rizika a je pak předmětem dalšího zkoumání, proč je zde takové riziko, jaká je jeho skladba (tedy čím je způsobeno) apod. K takto definovaným územím s vyšší úrovní rizika by pak měl být směřován zájem o snížení rizika nebo alespoň o jeho další nezvyšování.

## 2. Základní pojmy, veličiny a definice

Riziko je výsledkem součinu nebezpečí a zranitelnosti.

$$\text{RIZIKO} = \text{NEBEZPEČÍ} \times \text{ZRANITELNOST}$$

Pojem „nebezpečí“ lze charakterizovat jako jev s možností ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí. Nebezpečí je potenciál způsobit škodu. Pochází-li nebezpečí z konkrétního zdroje (např. podnik skladující nebezpečnou látku), je nebezpečí vlastností zdroje. Mimořádná událost (MU) je aktivované nebezpečí.

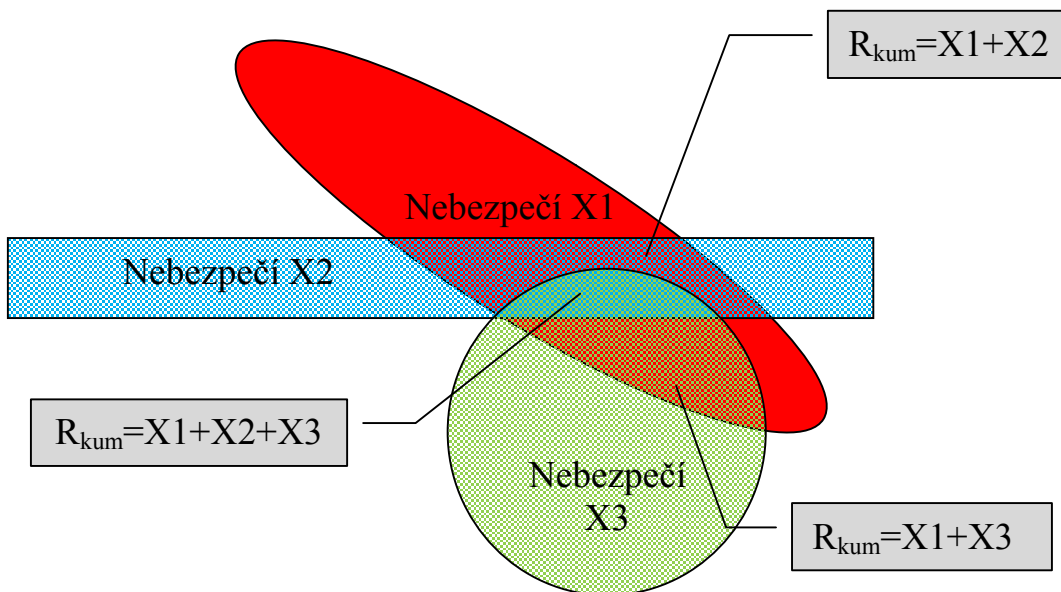
Pro potřeby mapování rizik je nutno nebezpečí hodnotově vyjádřit. K tomu je použit pojem **Míra Rizika (MR)**, kterou lze chápat jako hodnotové vyjádření pravděpodobnosti vzniku škodlivých následků vlivem aktivace nebezpečí.

Pojem **Zranitelnost území (Z)** vyjadřuje vnímavost území na dopady mimořádné události. Je to schopnost území negativně reagovat na působení nežádoucího jevu.

**Riziko (R)** jsou tedy očekávané škodlivé následky vlivem aktivace nebezpečí na daném území.

$$\text{R} = \text{MR} \times \text{Z}$$

Do mapování rizik lze zahrnout jen takové typy nebezpečí, jejichž projev na území lze nějakým způsobem vyjádřit v kartografickém zobrazení, tedy na mapě. Jak naznačuje obrázek č. 1, projevy různých typů nebezpečí na území se různě překrývají. V místech překryvů vzniká tzv. kumulované riziko (**R<sub>kum</sub>**).



Obr. č. 1 Kumulované riziko

Do definice rizika lze zahrnout ještě jednu veličinu, a sice **Připravenost (P)**, chápáno jako připravenost lidských, materiálních a dalších zdrojů k minimalizaci ničivých dopadů mimořádné události. Připravenost je měřítkem snížení rizika. Získáme tak korigované riziko ( $R_{kor}$ ), tedy riziko snížené o úroveň připravenosti.

$$R_{kor} = \frac{R_{kum}}{P} = \frac{MR_{kum} \times Z}{P}$$

### 3. Mapa nebezpečí

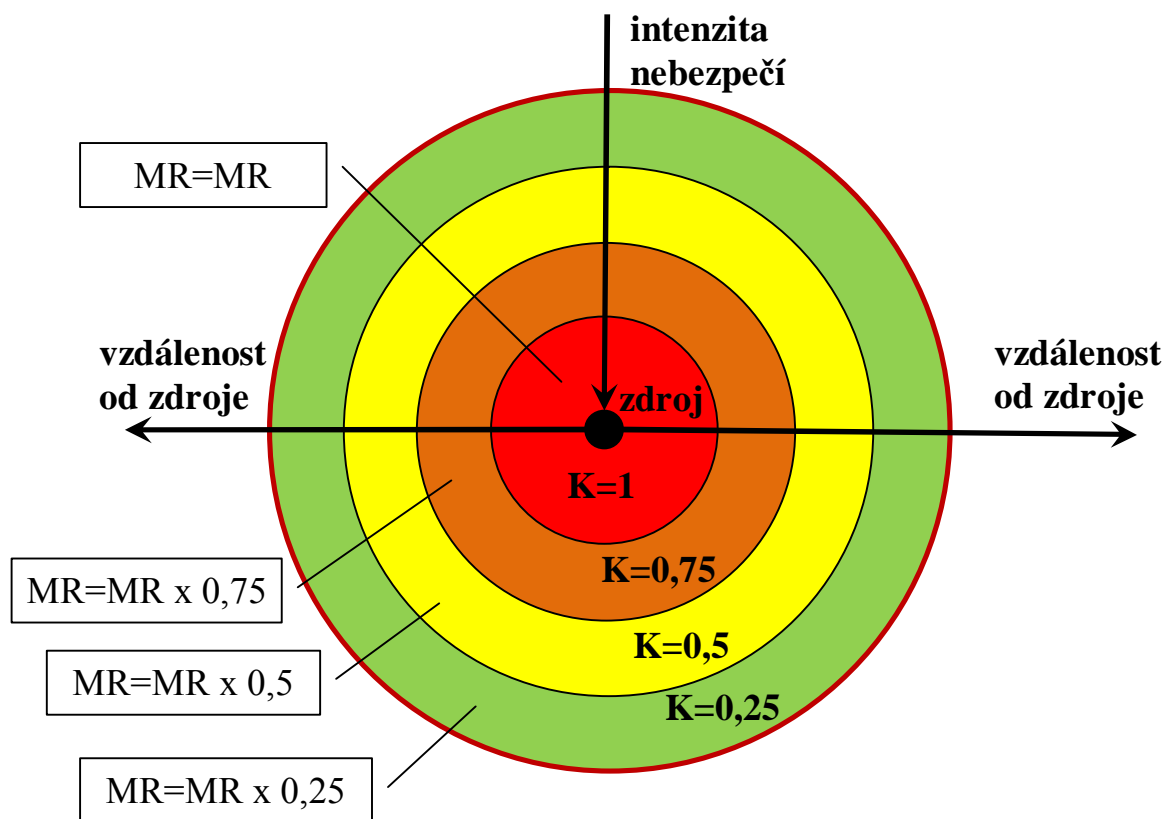
Tvorba mapy nebezpečí je první fází mapování rizik. V této fázi je nutno hodnotově vyjádřit na mapovém podkladě úroveň kumulované míry rizika. Podkladem jsou mapy jednotlivých typů nebezpečí, tedy na digitální mapě zakreslených projevů jednotlivých typů mimořádných událostí. Rovněž je nutno stanovit pro jednotlivé typy nebezpečí číselnou hodnotu míry rizika, která má pak při procesu kumulace rizik význam porovnávacího (váhového) koeficientu. Ke stanovení hodnoty míry rizika byla použita revidovaná vícekritériální analýza metodou expertních odhadů vyvinutá u HZS MSK v roce 2002 [2].

V tabulce jsou uvedeny identifikované typy nebezpečí v Moravskoslezském kraji, pro které byl nalezen způsob zakreslení v mapě, dále typ zdrojových digitálních dat a číselná hodnota míry rizika. Doplněn je typ nebezpečí „radiální havárie“. Je nutno zdůraznit, že tento výčet není konečný. Závisí na existenci typů nebezpečí na daném území a na existenci příslušných digitálních dat GIS.

<b>nebezpečí</b>	<b>využitelná data (vrstvy GIS)</b>	<b>MR</b>
přírozená povodeň	5-ti letá, 20-ti letá, 100 letá voda, maximální povodeň	768
zvláštní povodeň	území ohrožené průlomovou vlnou	737
únik nebezpečné látky ze stacionárního zdroje	zóny havarijního plánování, zóny ohrožení	356
chřipka ptáků	dislokace velkochovů, pásma dozoru, ochranná pásma	192
letecká havárie	dislokace letišť, letecké koridory	403
havárie v silniční dopravě	silniční síť	294
havárie v železniční dopravě	železniční síť	524
sněhová kalamita	mapa sněhových oblastí	189
větrná bouře	mapa větrných oblastí	225
nekontrolovatelný výstup důlních plynů na povrch	mapa kategorizace území – oblasti úniku metanu	58
lesní požár	mapa lesního porostu	80
radiační havárie	zóny havarijního plánování	944

V procesu mapování rizik je nutno zohlednit důležitý aspekt. Téměř u všech definovaných typů nebezpečí není intenzita působení nebezpečí na celé ploše území, na kterém lze projev nebezpečí vyjádřit, konstantní. Typickým příkladem je takový typ nebezpečí, které pochází z určitého zdroje. V oblastech přilehlých ke zdroji je zpravidla ohrožení vyvolané aktivací nebezpečí intenzivnější než ve vzdálenějších oblastech (viz obr. č. 2).

Různou intenzitu působení nebezpečí je vhodné vyjádřit na základě fuzzy logiky a použít koeficient intenzity ( $K$ ), který je roven nebo menší než 1. Oblast, ve které je intenzita působení nebezpečí nejvyšší (nejhorší varianta), je ohodnocena koeficientem  $K = 1$ , „nebezpečnosti“ mírnějších variant jsou koeficientem  $K < 1$  sníženy. Toto má ten výsledek, že na částech území, kde je intenzita působení nebezpečí nižší, je sníženo hodnotové vyjádření míry rizika (viz obr. č. 2). Obr. č. 2 znázorňuje modelový příklad, kdy je použito lineární čtyřstupňové vyjádření koeficientu  $K = \{1; 0,75; 0,5; 0,25\}$ . Takto může být řešen např. únik nebezpečné látky či přirozené a zvláštní povodně. Vhodné je využít i sněhové a větrné oblasti. Použitím těchto koeficientů dojde ke zpřesnění popisu působení nebezpečí na území.



Obr. č. 2 Vyjádření intenzity nebezpečí – koeficienty  $K \leq 1$

#### 4. Mapa zranitelnosti

Analýza zranitelnosti definovaného území (obce, kraje) a tvorba mapy zranitelnosti je druhou fází mapování rizik. V této fázi je nutno hodnotově vyjádřit na mapovém podkladě ukazatel kumulované zranitelnosti území jako sumu dílčích prvků zranitelnosti. V tabulce jsou uvedeny identifikované prvky zranitelnosti, pro které byl nalezen způsob zakreslení v mapě, dále typ zdrojových digitálních dat a váha prvku zranitelnosti, která má vyjadřuje porovnávací koeficient významnosti.

prvek zranitelnosti	využitelná data (vrstvy GIS)	váha
obyvatelstvo	hustota obyvatel (počet obyvatel na plochu)	0,22
kritická infrastruktura	dislokace subjektů a prvků (adresní body)	0,17
silnice	silniční síť	0,13
železnice	železniční síť	0,10
rozvodná elektrická síť	rozvodná elektrická síť	0,13
významné objekty	dislokace objektů (např. školy, soc. a zdrav. zařízení)	0,15
kulturní památky	dislokace kulturních památek	0,04
životní biotické prostředí	CHKO, vegetace, vodní plochy (součást ZABAGED)	0,06

Podobně, jako u tvorby mapy nebezpečí, je vhodné vyjádřit různé intenzity zranitelnosti pomocí koeficientů intenzity zranitelnosti ve škále  $\leq 1$ . Hodnota 1 se přiřadí území, kde je

nejvyšší úroveň zranitelnosti daného prvku (nejhorší varianta, např. nejvyšší hustota obyvatelstva), území s mírnější zranitelností je pak ohodnoceno koeficientem  $< 1$ .

## 5. Mapa připravenosti

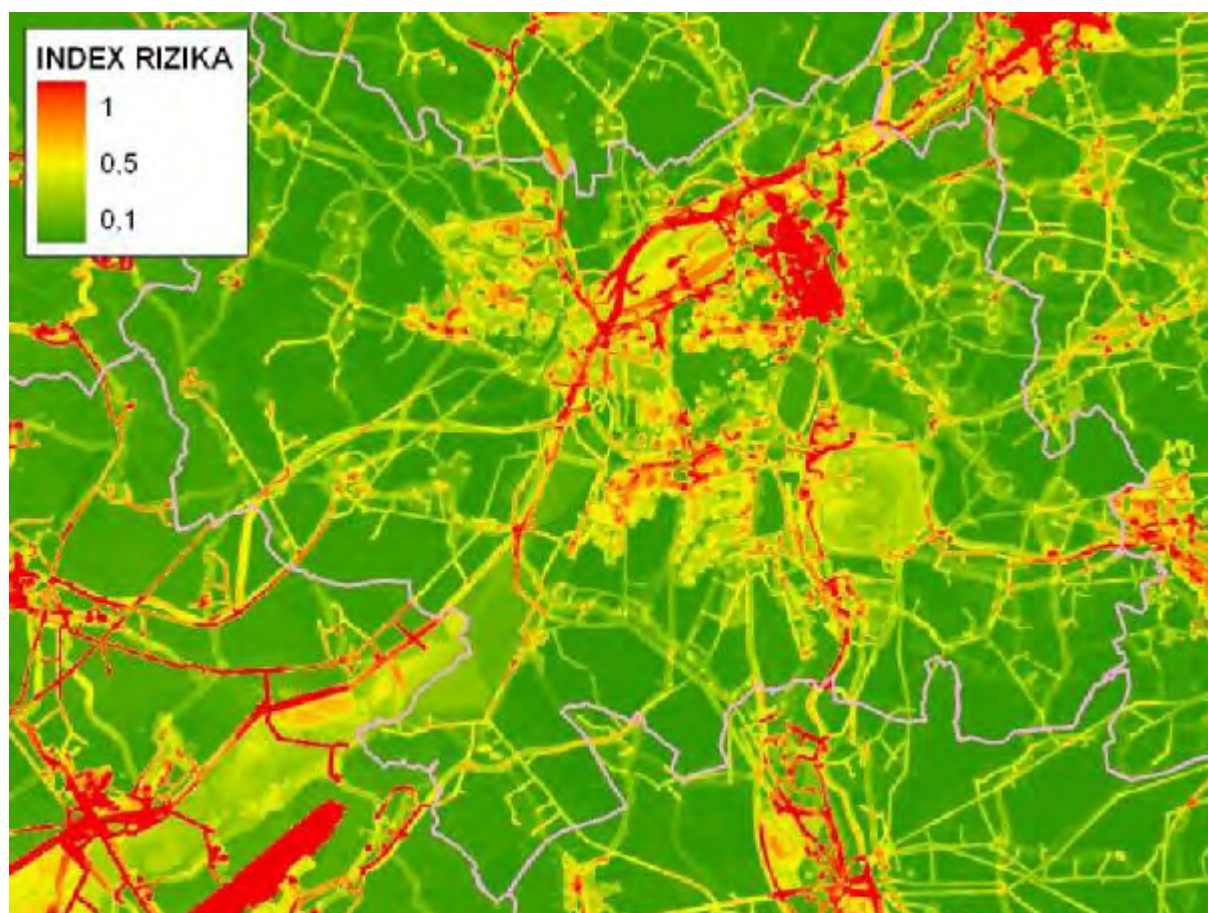
Ve třetí fázi mapování rizik se stanovuje mapa připravenosti. Připravenost na území lze vyjádřit jako dostupnost sil a prostředků (složek integrovaného záchranného systému apod.) a dostupnost prostředků ochrany obyvatelstva (např. pokrytí území koncovými prvky varování). V tabulce jsou uvedeny využitelné typy sil a prostředků pro kartografické vyjádření připravenosti, pro které byl nalezen způsob zakreslení v mapě, dále typ zdrojových digitálních dat a váha typu sil a prostředků, která má význam porovnávacího koeficientu významnosti.

typ sil a prostředků	využitelná data (vrstvy GIS)	váha
jednotky požární ochrany	dislokace JPO, síťová analýza dle časů dojezdu na místo MU	0,23
zdravotnická záchranná služba	dislokace výjezdových stanovišť ZZS, síťová analýza dle časů dojezdu na místo MU	0,18
letecká záchranná služba	dislokace heliportů LZS, časová pásma doletu	0,06
nemocnice	dislokace nemocnic, síťová analýza dle časů dojezdu z místa MU	0,09
Policie ČR	dislokace obvodních oddělení, síťová analýza dle časů dojezdu na místo MU, hustota policistů – počet policistů na 10000 obyvatel dle služebních obvodů	0,13
Letecká služba Policie ČR	časová pásma doletu	0,01
obecní policie	hustota strážníků – počet strážníků na 10000 obyvatel obce	0,10
varování	dislokace koncových prvků varování, slyšitelnost signálu a verbální informace	0,20

Různou úroveň dostupnosti a kvality sil a prostředků lze vyjádřit opět s použitím koeficientů ve škále  $\leq 1$ . Území s nejlepší variantou (nejvyšší dostupnost či kvalita sil a prostředků) je ohodnocena koeficientem = 1, pro území s nižší dostupností sil a prostředků je připravenost snížena koeficientem  $< 1$ .

## 6. Mapa rizik

Interakcí mapy nebezpečí, mapy zranitelnosti a mapy připravenosti vznikne mapa rizik (obr. č. 2). Barevná škála v indexovém vyjádření – polozavřený interval  $(0; 1]$  – umožní vizualizovat výsledky. Význam vizualizace je především upozornit na území s vyšší úrovní rizika. Pro práci s mapou rizik a získání přesných informací o daném místě je nutno použít GIS software nebo vytvořit speciální aplikaci.



Obr. č. 3 Mapa rizik

## 7. Využití výsledků mapování rizik

Zpracování mapování rizik umožní získat komplexní přehled o rizicích na daném území (kraje, okresu, obce ...). Pomocí vhodného software lze získat přesnou informaci o konkrétním místě – skladba působících nebezpečí, struktura zranitelnosti, rozbor připravenosti apod. Pomocí výsledků mapování rizik lze hodnotit a optimalizovat rozmístění sil a prostředků složek IZS. V mapě rizik je možno provádět komplexní analýzy, např. zjištění maximálního rizika na daném území, průměrné hodnoty rizika na území, maximální úroveň zranitelnosti pro daný typ nebezpečí apod. Využití map rizik se zcela určitě nabízí i při územním plánování a podobných činnostech ve vztahu k území.

## 8. Závěr

Mapování rizik nikdy nebude ukončený proces. Vždy je prostor na doplňování a zpřesňování. Metoda má tu výhodu, že lze kdykoliv kterýkoliv segment vyjmout, zpřesnit a znovu vložit do výpočtu. Stejně tak lze doplnit novou část. Jako příklad lze uvést typ nebezpečí bleskové povodně, jak je známe z krizové situace v létě roku 2009 na Moravě. Je jen otázkou času, kdy odborníci budou schopni vyjádřit náchylnost určitého území ke vzniku přívalových povodní. Pak, při existenci digitálních dat, určitě tento typ nebezpečí vstoupí do fáze tvorby mapy nebezpečí. Jako další příklad lze uvést doplnění mapy zranitelnosti o zranitelnost systému veřejných vodovodů, plynovodů ad. Vše je jen otázkou existence relevantních dat.

**Použitá literatura:**

- [1] *Interregional Response to Natural and Man-made Catastrophes SIPROCI*, Italy 2007, [www.siproci.net](http://www.siproci.net)
- [2] Krömer A.; Smetana M.: *Analýza vzniku mimořádných událostí v rámci havarijního plánování metodou expertních odhadů*, Krizový management, Sborník z konference, Vítkovice v Krkonoších 2002

**Kontaktní adresa:**

Ing. Antonín Krömer  
vedoucí oddělení krizového řízení  
HZS Moravskoslezského kraje  
Email: [antonin.kromer@hzsmsk.cz](mailto:antonin.kromer@hzsmsk.cz)  
Tel. č.: 950 730 141