

METODIKA KLASIFIKACE NÁHRADNÍCH ZDROJŮ PRO NOUZOVÉ ZÁSOBOVÁNÍ OBYVATELSTVA PITNOU VODOU

Projekt:	Metodika posuzování zdrojů nouzového zásobování vodou (NZV) na bázi analýzy rizik
Identifikační kód projektu:	VG20102013066
Kategorie výzkumu a vývoje:	AP
Odborný koordinátor na MV:	Mgr. Jolana Čacká
Řešitelé:	prof. Ing. František Božek, CSc. – hlavní řešitel projektu
	RNDr. Milan Čáslavský, Ph.D. – spolupříjemce projektu
	prof. Ing. Rudolf Urban, CSc.
	Ing. Alena Bumbová, Ph.D.
	Ing. Eduard Bakoš, Ph.D.

Tato metodika je výstupem projektu VG20102013066 „*Metodika posuzování zdrojů nouzového zásobování vodou (NZV) na bázi analýzy rizik*“, který je realizován Univerzitou obrany v letech 2010–2013 v rámci „Bezpečnostního výzkumu ČR na léta 2010 - 2015“ s počátkem řešení projektů v roce 2010 s finanční podporou Ministerstva vnitra České republiky. Byla zpracována týmem řešitelů Univerzity obrany v Brně a firmy GEOTest, a.s. Odborným koordinátorem řešení bylo Ministerstvo vnitra České republiky.

Kontakty:

Univerzita obrany
Kounicova 65
662 10 Brno

prof. Ing. František Božek, CSc.
e-mail: frantisek.bozek@unob.cz

METODIKA KLASIFIKACE NÁHRADNÍCH ZDROJŮ PRO NOUZOVÉ ZÁSOBOVÁNÍ OBYVATELSTVA PITNOU VODOU

Výstup projektu VG20102013066

Zadavatel prací: Ministerstvo vnitra České republiky
Nad Štolou 3
poštovní schránka 21
170 34 Praha 7

Autorský kolektiv: Univerzita obrany, Brno
Prof. Ing. František Božek, CSc.
Prof. Ing. Rudolf Urban, CSc.
Ing. Alena Bumbová, Ph.D.
Ing. Eduard Bakoš, Ph.D.

GEOtest, a.s.
RNDr. Milan Čáslavský, Ph.D.

Obsah

ÚVOD.....	4
1. VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	6
2. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	7
3. POUŽITÉ METODY.....	8
4. VSTUPNÍ ÚDAJE.....	9
5. POSTUP KLASIFIKACE NÁHRADNÍCH ZDROJŮ.....	10
6. KLASIFIKACE NÁHRADNÍCH ZDROJŮ NOUZOVÉHO ZÁSOBOVÁNÍ OBYVATELSTVA PITNOU VODOU	17
7. VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ.....	19
8. LITERATURA	20

Úvod

Při mimořádných událostech a za krizových situací často dochází k omezení, či úplnému selhání systému zásobování obyvatelstva pitnou vodou z veřejných vodovodních systémů. Výpadky mohou mít lokální, regionální nebo dokonce globální charakter [1].

Na alternativní očekávání, že rizika vzniku krizových situací, spojená s omezením nebo vyřazením veřejného systému zásobování obyvatelstva pitnou vodou jsou nízká, nebo se regionu vyhnou, nemohou představitelé veřejné správy v současnosti spoléhat. Pouze znalost souvisejících rizik a včasná příprava na řešení krizových situací může minimalizovat následky. Neřešené problémy svými škodami převyšují preventivní náklady [2]. K překonání krizové situace v režimu nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou může významně přispět zprovoznění náhradních zdrojů [1].

Cílem metodiky je podat jasný, stručný, jednoduchý a komplexní návod ke klasifikaci potenciálních náhradních zdrojů podzemní vody pro účely nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou v krizových situacích.

Metodika hodnocení je postavena na bázi analýzy rizik. Metodika současně bere v úvahu:

- *využití konceptu udržitelného rozvoje* – metodika vychází primárně ze základních pilířů udržitelného rozvoje (ekonomický, sociální a environmentální pilíř).
- *využití existujících metodik a analýz* – byly provedeny šetření a analýzy existujících způsobů, metod a kritérií pro hodnocení zdrojů pitné vody pro účely nouzového zásobování. Pokud to bylo možné, byla převzata tzv. dobrá praxe a vyhovující indikátory hodnocení, které byly adaptovány na podmínky ČR.
- *dosažitelnost dat* – základním kritériem, které je do značné míry prerekvizitou ochoty hodnotit a vybírat náhradní zdroje pro účely nouzového zásobování, je dostupnost dat o náhradních zdrojích. Snahou autorů bylo definovat informace a data o náhradních zdrojích, která jsou orgánům veřejné správy nejsnáze dosažitelná, nejlépe taková, která mají ihned k dispozici např. z vedených databází.
- *semikvantitativní hodnocení* – kritéria výběru náhradních zdrojů zohledňují ekonomické, sociální a environmentální aspekty včetně reálnosti plánování s využitím vah určujících důležitost jednotlivého kritéria pro výběr.
- *jednoduchost a komplexnost výstupu* – metodika byla na základě tohoto kritéria navržena jako semikvantitativní, s cílem dosáhnout a usnadnit interpretaci, publikaci, a komunikaci výsledků prováděného hodnocení.

Metodika je především aplikační. Na vybraných zdrojích na Vyškovsku byla testována a ukázána její možná uplatnitelnost.

Pro uživatele má Metodika následující výhody:

- podává jednoduchý, stručný a jasný návod pro výběr náhradních zdrojů pro účely nouzového zásobování.

- hodnocení je postaveno na bázi analýzy rizik, které poskytuje objektivitu výběru a hodnocení příslušného náhradního zdroje.
- podává základ pro plánování, rozhodování, jednání, kontrolu a případně též argumenty pro obhajobu prováděných činností a s nimi spojené finanční prostředky ve vztahu ke krizovému plánování při zajištění nouzového přežití obyvatelstva.
- optimalizace finančních prostředků vzhledem k cílům a potřebám (při výběru potenciálních náhradních zdrojů), tím pádem lze hovořit o zvýšení efektivity vynakládaných prostředků;
- snížení pravděpodobnosti chybného či nevhodného výběru náhradního zdroje (tj. do oblastí nebo území, které není nutné/žádoucí/efektivní/účelné/hospodárné podporovat náhradní zdroje).

1. Vymezení základních pojmů

V textu jsou používány pojmy, které je vhodné vysvětlit zejména v souvislosti s tím, že nemusí být všemi uživateli vnímány shodně. Na tomto místě je nutné zdůraznit, že metodika využívá a pojímá odborné pojmy podle užívané terminologie, jež je nejlépe vysvětlena a obsažena v dokumentu „Terminologický slovník krizového řízení a plánování obrany státu“, který byl přijat meziresortní komunitou veřejné správy a odbornou veřejností. Současná verze slovníku je dostupná na webových stránkách Ministerstva vnitra ČR:

Terminologický slovník krizového řízení a plánování obrany státu

<http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-řízení-a-planování-obrany-statu.aspx>

Dále užívá běžnou terminologii vodního hospodářství, jak je koncipována v příslušných legislativních dokumentech (např. zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) a příslušných strategických dokumentech ve vztahu k zabezpečování zásobování obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací (např. Typový plán „Narušení dodávek pitné vody“ apod.)

2. Analýza současného stavu

V rámci EU není zásobování obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací řešeno komunitárním právem. Řešení je v kompetenci každého členského státu. Nouzové zásobování vodou v České republice zajišťují orgány krizového řízení prostřednictvím Služby nouzového zásobování vodou. Podle povahy narušení zásobování obyvatelstva pitnou vodou z veřejných vodovodních systémů lze využívat zejména [3]:

- a) nenarušené vodovodní systémy/sítě nebo jejich části;
- b) nenarušené samostatné jímací objekty, zejména studny;
- c) cisterny k dovážení pitné vody;
- d) mobilní úpravní pitné vody a jiná technologická zařízení zajišťující požadovanou jakost pitné vody při vyřazení úpraven vod, vodních zdrojů nebo při využití náhradních zdrojů určených pro nouzové zásobování obyvatelstva;
- e) dodávky balené pitné vody jako doplňkový způsob.

Pro nouzové zásobování pitnou vodou se prioritně posuzuje využívat schopnost vodovodní sítě dodávat pitnou vodu, byť ve zhoršené kvalitě. Doporučuje se také přednostně využívat náhradní zdroje podzemních vod, zejména vertikální jímací objekty zřízené a vystrojené k jímání podzemních vod hlubšího oběhu po případě též horizontální a kombinované jímací objekty [4].

Z důvodu vysoké zranitelnosti nelze pro nouzové zásobování doporučit akumulace povrchových vod ve vodních nádržích a vodotečích. Zmíněné náhradní zdroje by měly být užívány jen výjimečně, pouze v odůvodněných případech. Vhodné nejsou ani všechny hydrogeologické struktury, neboť se vyznačují různými hydrogeologickými poměry, hydrologickým režimem, kvalitou vody, dosažitelností, dopravní dostupností a vydatností. Kromě toho jsou pod dopadem řady nebezpečí s rozličnou zranitelností zdroje [1].

V České republice se v současnosti náhradní zdroje podzemní vody pro nouzové zásobování obyvatelstva rozdělují do tří kategorií [4]:

- a) zdroje mimořádného významu, kam jsou zařazeny jímací objekty podzemní vody se zvýšenou odolností umožňující zajistit potřebné množství vody pro pitné účely;
- b) vybrané zdroje, schopné odolat narušení systému zásobování pitnou vodou menšího rozsahu;
- c) ostatní jímací objekty nezařazené mezi zdroje výše uvedených skupin využívané pro hromadné zásobování obyvatelstva pitnou vodou z vodovodů pro veřejnou potřebu.

Prezentovaná klasifikace je nedokonalá, neboť nevychází z analýzy rizik, které mohou náhradní zdroje poškodit či zničit. Jeví se proto účelné vytvořit metodiku klasifikace potenciálních náhradních zdrojů, aby bylo možno selektovat zdroje, které lze využít v případě krizových situací a jež lze zahrnout do systému krizového plánování k zajištění nouzového přežití obyvatelstva.

3. Použité metody

K sestavení registrů nebezpečí a zranitelnosti náhradních zdrojů podzemní vody v relaci k riziku k jeho ohrožení přírodními a antropogenními událostmi byla aplikována metoda Analýza stromem poruch založená na systematickém zpětném rozboru událostí za využití řetězce příčin, které by mohly vést k vybrané top-události v kombinaci s metodou “What if” [5, 6]. Kombinace stejných metod byla užita rovněž k identifikaci ohrožených elementů (prvků) hydrogeologické struktury a technologického vybavení náhradních zdrojů pro každé zvažované nebezpečí.

Přidělení významu bodovým hodnotám indexů v závislosti na frekvenci aktivace zdroje nebezpečí a úrovni zranitelnosti jednotlivých elementů (prvků) náhradního zdroje, bylo realizováno formou brainstormingu se dvěma iteracemi na třech společných zasedáních sedmi expertů [7].

Při zpracování metodiky klasifikace náhradních zdrojů byly dále využity obecné metody vědecké práce, které byly aplikovány ponejvíce ve vzájemné souvislosti a podmíněnosti.

4. Vstupní údaje

Základním předpokladem klasifikace potenciálních náhradních zdrojů pro nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou je kvantifikace rizik. Mezi požadované vstupní údaje patří:

- ohrožení sledovaného zdroje přírodními nebo antropogenními událostmi;
- kvalita vody v náhradním zdroji;
- posouzení dosažitelnosti a dopravní dostupnosti;
- vydatnost náhradního zdroje;
- vybavenost zdroje pro jímání a úpravu vody;
- posouzení náročnosti a doby zprovoznění.

Přehled ohrožení sledovaného zdroje přírodními nebo antropogenními událostmi je možné získat pomocí sestaveného registru možných hrozeb, registru zranitelnosti, stanovení priorit ve vztahu k posuzovaným rizikům jeho dosažitelnosti a dopravní dostupnosti. Nezanedbatelná je také vydatnost vodního zdroje. Při zkoumání jednotlivých náhradních zdrojů se vychází z dostupné dokumentace o zdrojích, které jsou k dispozici v rámci daného území – jde především o technický popis jednotlivých vodních zdrojů, obrazový materiál (fotografie, obrázky), mapové podklady, územně analytické podklady atd. Je nutné znát také historický vývoj daného území a dostupných náhradních zdrojů na území z příslušných dokumentů (historické mapy, kroniky atd.) např. v návaznosti na staré ekologické zátěže, výskyt nebezpečí v minulosti.

5. Postup klasifikace náhradních zdrojů

Postup klasifikace náhradních zdrojů pro účely nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou vychází z časového hlediska a pečlivého dodržování následnosti jednotlivých kroků:

1. Výběr náhradního zdroje podzemní vody, který je potenciálním náhradním zdrojem pro nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou v době krizových situací.

Výběr potenciálního náhradního zdroje je nutné provádět na základě dostupné dokumentace s ohledem na charakter území a historické souvislosti. Data potřebná o území a potenciálním náhradním zdroji pro nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou:

- všeobecná data:

- minulé a současné využití území;
- geografické vymezení území;
- charakteristika osídlení území;
- majetko-právní poměry území.

- historická data:

- výskyt nebezpečí nežádoucích přírodních a antropogenních událostí proběhlých v minulosti.

- přírodní poměry:

- charakter území a jeho vztah k širšímu okolí;
- morfologie terénu;
- orografická data (tvar terénních překážek ovlivňující proudění plynů a kapalin kolem těchto překážek);
- klimatické poměry;
- geologické, hydrogeologické a hydrologické poměry;
- geochemické údaje o území;
- údaje o ochraně přírody a krajiny na území [8].

- kvalita vody náhradního zdroje (Hodnotí se ukazatele mikrobiologické, fyzikální a chemické kvality vody včetně organoleptických. Pokud všechny indikátory vyhovují požadavkům na pitnou vodu [9] lze posuzovaný zdroj užit pro nouzové zásobování pitnou vodou po neomezeně dlouhou dobu.)

- vydatnost náhradního zdroje

- dosažitelnosti a dopravní dostupnosti náhradního zdroje

- technické a materiálové vybavení náhradního zdroje.

2. Sestavit obecný registr nebezpečí.

Sestavení obecného registru nebezpečí mohou realizovat orgány krizového řízení samostatně nebo mohou využít vytvořený obecný registr nebezpečí v tabulce 1 respektující níže uvedené zásady. Obecný registr nebezpečí prezentovaný v tabulce 1 je rozdělen na přírodní a antropogenní nebezpečí. Přírodní nebezpečí se dělí do tří skupin – atmosférické změny, geologické změny a jiné vlivy. Mezi identifikované jiné vlivy bylo pro následnou etapu hodnocení rizik zahrnuto výhradně zvýšené radioaktivní pozadí. Identifikovaná extraterestrická (mimozemská) nebezpečí jako účinky kosmického záření, dopady kosmických těles, gravitační působení černých děr, výbuchy supernov aj. by měly výrazně devastující účinek s pravděpodobným zánikem života. Při takových katastrofických dopadech by otázka náhradních zdrojů pitné vody byla irelevantní, a proto byly z dalších úvah vyloučeny. Identifikace antropogenních nebezpečí byla realizována jen pro skupinu technologických nebezpečí v kategoriích havárie a běžné antropogenní aktivity. Společenské zdroje ohrožení nebyly předmětem hodnocení, jelikož jsou nepředvídatelné v čase ani prostoru.

Tabulka 1 Registr potenciálních nebezpečí a ohrožení hydrogeologické struktury a jednotlivých technologických elementů zdroje podzemní vody

HG - hydrogeologické poměry, HR - hydrologický režim, WQ - kvalita podzemní vody, WIS - jímací objekty, WTP - úprava vody.

Potenciální nebezpečí		Ohrožené prvky				
		HG	HR	WQ	WIS	WTP
1	Přírodní nebezpečí (živelní pohromy)					
1.1	Živelní pohromy vyvolané atmosférickými změnami					
1.1.1	Bouře a další elektrické vlivy					+
1.1.2	Krupobití a přívalové deště		+			+
1.1.3	Námrazy, náledí, dlouhodobé silné mrazy apod.		+		+	+
1.1.4	Obtížná vedra a sucha		+	+	+	+
1.1.5	Požáry přirozeného původu				+	+
1.1.6	Sněhové vánice a kalamity					+
1.1.7	Teplotní inverze			+		
1.1.8	Vichřice a větrné poryvy					+
1.1.9	Povodně	+	+	+	+	+
1.2	Živelní pohromy vyvolané geologickými změnami					
1.2.1	Magnetické anomálie					+
1.2.2	Posuny dna pod vodní hladinou	+	+			
1.2.3	Propady zemských dutin	+	+		+	+
1.2.4	Půdní eroze	+		+		+
1.2.5	Sněhové a sněhokamenité laviny				+	+
1.2.6	Sopečné výbuchy	+	+	+	+	+
1.2.7	Svahové pohyby	+	+		+	+
1.2.8	Tsunami	+	+	+	+	+
1.2.9	Únik plynů ze zemského nitra.			+		
1.2.10	Zemětřesení	+	+		+	+
1.3	Živelní pohromy vyvolané ostatními vlivy					
1.3.1	Zvýšené radioaktivní pozadí			+		
2	Technologická nebezpečí					
2.1	Havárie					
2.1.1	Požáry antropogenního původu				+	+
2.1.2	Havárie v průmyslovém nebo zemědělském objektu			+	+	+
2.1.3	Havárie jaderného energetického zařízení (JEZ)			+	+	+

2.1.4	Havárie v dopravě			+	+	+
2.1.5	Výbuchy kapalin, plynů a jiných výbušných směsí			+	+	+
2.1.6	Uniky ropných produktů a chemických látek			+		
2.1.7	Havárie na vodních dílech		+		+	+
2.2	Běžná činnost					
2.2.1	Průmyslová výroba		+	+		
2.2.2	Stavební a zemní práce	+	+		+	+
2.2.3	Zemědělská výroba			+		
2.2.4	Doprava			+		
2.2.5	Odpadové hospodářství			+		
2.2.6	Dobývání a úprava nerostných surovin	+	+	+		

3. Identifikovat nebezpečí pro hodnocený náhradní zdroj na základě sestaveného obecného registru nebezpečí.

Jde o identifikaci všech nebezpečí, jejichž aktivace by mohla vést k poškození, narušení nebo totálnímu zničení jednotlivých elementů (prvků) vlastní hydrogeologické struktury a technologického vybavení náhradního zdroje pro jímání podzemní vody, její úpravu a distribuci.

4. Stanovit význam bodové indexace působení každého identifikovaného zdroje nebezpečí (P_j), v souladu s frekvencí působení nebezpečí nebo slovním hodnocením prezentovaným v tabulce 2.

Pro stanovení bodové hodnoty indexu působení nebezpečí využít všeobecná a historická data, včetně přírodních podmínek v širším okolí náhradního zdroje s akcentem nejen na jeho ochranné pásmo, nýbrž i infiltrační území.

Tabulka 2 Význam bodového indexu hodnocení působení zdroje nebezpečí

Bodová hodnota indexu P_j	Frekvence působení nebezpečí [rok ⁻¹]	Slovní hodnocení působení zdroje nebezpečí
1	$(0; 10^{-3})$	velmi malá
2	$(10^{-3}; 10^{-2})$	malá
3	$(10^{-2}; 10^{-1})$	střední
4	$(10^{-1}; 1,0)$	velká
5	$(1,0; \infty)$	velmi velká

5. Zpracovat obecný registr zranitelnosti.

Obecný registr zranitelnosti pro náhradní zdroje může být sestaven v podobě jednoduché tabulky, která popisuje jednotlivé důsledky dopadu nebezpečí na náhradní zdroj podzemní vody, včetně příslušného bodového indexu a jeho slovního hodnocení s ohledem na hydrogeologickou strukturu zdroje a technologické vybavení zdroje. Příklad zpracování obecného registru zranitelnosti je uveden v tabulce 3.

Tabulka 3 Význam bodového indexu zranitelnosti jednotlivých elementů (prvků) náhradních zdrojů [1]

Bodová hodnota indexu zranitelnosti $V_{j,i}$	Slovní hodnocení zranitelnosti	Důsledky dopadu nebezpečí na náhradní zdroj podzemní vody				
		Hydrogeologická struktura zdroje			Technologické vybavení zdroje	
		Hydrogeologické poměry	Hydrologický režim	Kvalita vody	Jímací objekty	Úpravna vody
1	Zanedbatelný	Lokální narušení kolektoru nebo ochranné funkce krycí vrstvy zdroje s omezenou možností průniku kontaminace do kolektoru, funkce zdroje vody není významně narušena.	Lokální změna směru proudění nebo stavu hladiny podzemní vody, funkce zdroje vody není významně omezena.	Voda v lokálních částech struktury zdroje nevyhovuje v ojedinělých ukazatelích požadavkům na kvalitu pitné vody, vyhovuje ale bez úpravy požadavkům na kvalitu vody pro nouzové zásobování.	Ojedinělé jímací objekty jsou poškozeny, exploatace vody není významně narušena.	Změna parametrů ojedinělých technologických celků, nebo lehké poškození budovy úpravny, dodávka vody není významně omezena.
2	Okrajový	Místní narušení kolektoru nebo ochranné funkce krycí vrstvy zdroje, s možností průniku kontaminace do kolektoru, funkce zdroje vody je částečně narušena.	Změna směru proudění a stavu hladiny podzemní vody ve vícero místech, funkce zdroje vody je částečně omezena.	Voda v místních částech struktury zdroje je znečištěna jistými polutanty, ale po jednoduché úpravě vyhovuje požadavkům na kvalitu vody pro nouzové zásobování.	Některé jímací objekty jsou poškozeny, nebo vyřazeny z funkce, exploatace vody je částečně omezena.	Změna parametrů některých technologických celků nebo jejich porucha, budova úpravny je částečně poškozena a dodávka vody parciálně omezena.
3	Kritický	Mimořádné narušení kolektoru nebo ochranné funkce krycí vrstvy zdroje s významnou možností průniku kontaminace do kolektoru, funkce zdroje vody je výrazně omezena.	Mimořádná změna směru proudění podzemní vody a stavů hladiny, funkce zdroje vody je významně omezena.	Voda je ve značné části struktury zdroje výrazně kontaminována řadou polutantů a jen po složité úpravě vyhovuje požadavkům na kvalitu vody pro nouzové zásobování.	Většina jímacích objektů je vyřazena z funkce nebo značně poškozena, exploatace vody je významně omezena.	Porucha nebo vyřazení řady technologických celků, budova úpravny je výrazně poškozena a dodávka vody významně omezena.

4	Katastrofický	Destrukce geologických vrstev kolektoru nebo krycí vrstvy zdroje, kolektor ztratil ochranu proti masivnímu průniku kontaminace, zdroj vody je trvale vyřazen z funkce.	Trvalá změna směru proudění a stavu hladiny, funkce zdroje vody je trvale znemožněna.	Voda je v celé struktuře zdroje znehodnocena a není upravitelná na kvalitu vhodnou pro nouzové zásobování běžně dostupnými technologiemi.	Všechny jímací objekty jsou zničeny, nebo nenapravitelně poškozeny, exploatace vody je znemožněna.	Zničení technologie, nebo budovy úpravny, dodávka vody je znemožněna.
---	---------------	--	---	---	--	---

6. Zpracovat registr zranitelnosti pro identifikované nebezpečí hodnoceného náhradního zdroje podzemní vody. Při zpracování registru zranitelnosti lze vycházet z obecného registru zranitelnosti.

Pro hodnocený náhradní zdroj vytvořit registr zranitelnosti, který bude zahrnovat popis a charakteristiku důsledků dopadu nebezpečí na náhradní zdroj.

7. Stanovit význam semikvantitativní bodové indexace zranitelnosti každého elementu (prvku) hydrogeologické struktury a technologického vybavení náhradního zdroje vůči každému z identifikovaných nebezpečí ($V_{j,i}$).

Při indexaci zranitelnosti elementů (prvků) posuzovaného náhradního zdroje se postupuje v souladu se slovním a bodovým hodnocením dopadu nebezpečí prezentovaným v tabulce 3. V tomto procesu je nutné akceptovat všeobecná a historická data včetně přírodních podmínek v širším okolí a infiltračním území. Vyhodnotit je třeba také dřívější mimořádné události a krizové situace vzhledem k rozsahu poškození posuzovaných elementů (prvků) náhradního zdroje [1].

8. Určit míru rizika $RQ_{j,i}(\tau)$ jako součin bodové hodnoty indexu pravděpodobnosti $P_j(\tau)$ aktivace j -tého zdroje nebezpečí a bodové hodnoty indexu zranitelnosti $V_{j,i}(\tau)$ i -tého elementu (prvku) hydrogeologické struktury či technologického vybavení posuzovaného náhradního zdroje j -tým nebezpečím v čase τ v souladu se vztahem (1) [10]:

$$RQ_{j,i}(\tau) = P_j(\tau) \times V_{j,i}(\tau) \quad (1)$$

kde:

$RQ_{j,i}(\tau)$ míra rizika

$P_j(\tau)$ bodová hodnota indexu vzniku nebezpečí ve vztahu k dopadům pro hodnocený náhradní zdroj v čase

$V_{j,i}(\tau)$ bodová hodnota indexu zranitelnosti každého elementu (prvku) hydrogeologické struktury či technologického vybavení posuzovaného náhradního zdroje v čase

Vypočtená míra rizika $RQ_{j,i}(\tau)$ je v intervalu $\langle 1; 20 \rangle$. Vypočtenou míru rizika je možné zanást do matice rizika v tabulce 4, kdy získáme slovní a číselnou charakteristiku rizika. Pro jednotlivé bodové hodnoty míry rizika je stanovena charakteristika rizika podle tabulky 5.

Tabulka 4 Matice rizika

Index zranitelnosti	1 Zanedbatelný	2 Okrajový	3 Kritický	4 Katastrofický
Index nebezpečí				
1 Velmi malý	1 Zanedbatelné	2 Zanedbatelné	3 Přípustné	4 Přípustné
2 Malý	2 Zanedbatelné	4 Přípustné	6 Přípustné	8 Nežádoucí
3 Střední	3 Přípustné	6 Přípustné	9 Nežádoucí	12 Nežádoucí
4 Velký	4 Přípustné	8 Nežádoucí	12 Nežádoucí	16 Nepřípustné
5 Velmi velký	5 Přípustné	10 Nežádoucí	15 Nepřípustné	20 Nepřípustné

Tabulka 5 Charakteristika maximálních bodových hodnot míry rizika $RQ_{j,i}(\tau)$ v relaci k riziku nebezpečí náhradního zdroje podzemní vody přírodními a antropogenními událostmi

Bodová hodnota míry rizika $RQ_{j,i}(\tau)$	Charakteristika rizika
1,2	Zanedbatelné. Vodní zdroj je možno okamžitě využít bez implementace protipatření.
3, 4, 5, 6	Akceptovatelné. Vodní zdroj lze okamžitě využít s případnou implementací protipatření na základě vyjádření a rozhodnutí top-managementu provozovatele zdroje.
8, 9, 10, 12	Nežádoucí. Využití zdroje je silně limitováno. Pokud má být vodní zdroj využit pro nouzové zásobování obyvatelstva, je nezbytné implementovat protipatření na redukci rizika na akceptovatelnou úroveň. Náklady vynaložené na snížení rizika musí být přiměřené hodnotě chráněného elementu zdroje a společenskému přínosu. Pro tento účel se doporučuje využít metodu Cost-Benefit Analysis, případně multikriteriální hodnocení, jež umožní posoudit efektivnost přijetí konkrétních protipatření.
15,16,20	Nepřijatelné. Vodní zdroj se nedoporučuje využívat pro nouzové zásobování.

9. Stanovit pořadí (priority) rizik ke každému zdroji nebezpečí a ohroženému elementu (prvku) náhradní zdroje podle vypočtené bodové hodnoty míry rizika $RQ_{j,i}(\tau)$.
10. Na základě vypočtené bodové hodnoty míry rizika $RQ_{j,i}(\tau)$ rozhodnout o využitelnosti náhradního zdroje.

Optimalizační doporučení posouzení dosažitelnosti náhradního zdroje:

1. **Dosažitelnost náhradního zdroje. Kritériem je vzdálenost do 30 km od hranic určeného území.**
2. **Dopravní dostupnost náhradního zdroje. Doporučuje se přístupnost minimálně ze dvou směrů, přičemž aspoň jeden přístup musí být ze zpevněné vozovky, umožňující dopravu vody převozními cisternami s celkovou hmotností naplněné cisterny 15-25 tun.**

Pro dopravní dostupnost je nutné zvážit šířku a únosnost komunikace ke zdroji vody a další omezující podmínky nosnosti mostů, výšky podjezdů a členitosti terénu. K tomu je nutno respektovat, že přístupová komunikace může být aktivací zdrojů nebezpečí poškozena nebo v jistých částech zničena. I v tomto případě je vhodné aplikovat analýzu rizika a posoudit možnost a rychlost rekonstrukce příjezdové komunikace.

3. **Zhodnocení vydatnosti náhradního zdroje. Požadavky na zachování minimální dodávky pitné vody v době krizové situace činí pro první dva dny 5 litrů na osobu a den a pro další dny 10-15 litrů na osobu a den [3].**

Za těchto podmínek je možné kalkulovat vydatnost vodního zdroje Q [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] pro počet obyvatel M v zásobovaném regionu za předpokladu 30 % rezervy v intervalu, který je dán vztahem (2). Vztah (2) kalkuluje ve všech dnech s vyšší hodnotou dodávky pitné vody, tj. 10-15 litrů na osobu a den a rezervou ve výši 30 %.

$$Q \in \langle 1,51 \times 10^{-4} \times M ; 2,26 \times 10^{-4} \times M \rangle \quad (2)$$

kde:

Q vydatnost zdroje

M počet obyvatel

Předpokládaná 30 % rezerva pokrývá ztráty při přepravě vody převozními cisternami, ztráty v rozvodech vodovodních systémů i možné kolísání počtu obyvatel závislých na náhradním zdroji vody.

6. Klasifikace náhradních zdrojů nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou

Na bázi analýzy rizika byl zpracován návrh metodiky klasifikace potenciálních náhradních zdrojů podzemní vody využitelných v průběhu zásobování obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací. Na základě předložené metodiky je navržen následující systém klasifikace zdrojů podzemní vody pro nouzové zásobování obyvatelstva :

1. *Zdroje strategického významu*

jsou klasifikovány v intervalu $RQ_{j,i}(\tau) \in \langle 1; 6 \rangle$ se zanedbatelnou a přijatelnou mírou rizika s požadovanou kvalitou pitné vody [3] vyhovující akceptovatelnému zdravotnímu riziku pro měsíční nouzové zásobování, zvýšenou odolností vůči přírodním a antropogenním nebezpečím, dosažitelností, dopravní dostupností pro cisterny hmotnosti $m > 25$ tun a jejichž vydatnost $Q \geq 45 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá zásobování 250 000 – 300 000 obyvatel za den. Náklady na zprovoznění náhradního zdroje by neměly přesáhnout 200 000 Kč.

2. *Zdroje regionální*

jsou klasifikovány v intervalu $RQ_{j,i}(\tau) \in \langle 1; 6 \rangle$ se zanedbatelnou a přijatelnou mírou rizika s požadovanou kvalitou pitné vody [3], kdy po úpravě vyhovuje akceptovatelnému zdravotnímu riziku, zvýšenou odolností vůči přírodním a antropogenním nebezpečím, dosažitelní, dopravní dostupností pro cisterny hmotnosti $m > 15$ tun a jejichž vydatnost $Q \in \langle 7,5; 45 \rangle \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá zásobování 50 000 – 250 000 obyvatel za den. Náklady na zprovoznění náhradního zdroje by neměly přesáhnout 150 000 Kč.

3. *Zdroje oblastní*

jsou klasifikovány v intervalu $RQ_{j,i}(\tau) \in \langle 1; 6 \rangle$ se zanedbatelnou a přijatelnou mírou rizika s požadovanou kvalitou pitné vody [3], kdy po úpravě vyhovuje akceptovatelnému zdravotnímu riziku, se zvýšenou odolností vůči přírodním a antropogenním nebezpečím, dosažitelností, dopravní dostupností pro cisterny hmotnosti $m > 10$ tun a jejichž vydatnost $Q \in \langle 0,75; 7,5 \rangle \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá zásobování 5 000 – 50 000 obyvatel za den. Náklady na zprovoznění náhradního zdroje by neměly přesáhnout 100 000 Kč.

4. *Zdroje lokálního významu*

jsou klasifikovány v intervalu $RQ_{j,i}(\tau) \in \langle 1; 6 \rangle$ se zanedbatelnou a přijatelnou mírou rizika s požadovanou kvalitou pitné vody [3], kdy po úpravě vyhovuje akceptovatelnému zdravotnímu riziku, se zvýšenou odolností vůči přírodním a antropogenním nebezpečím, dosažitelností, dopravní dostupností pro cisterny hmotnosti $m > 5$ tun a jejichž vydatnost $Q \in \langle 0,015; 0,75 \rangle \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá zásobování 100 - 5 000 obyvatel za den. Náklady na zprovoznění náhradního zdroje by neměly přesáhnout 50 000 Kč.

5. *Ostatní zdroje*

jsou klasifikovány v intervalu $RQ_{j,i}(\tau) \in \langle 8; 12 \rangle$ s nežádoucí mírou rizika, kdy nejsou splněny požadavky kvality pitné vody, kdy po úpravě nevyhovuje akceptovatelnému zdravotnímu riziku, odolnosti vůči přírodním a antropogenním nebezpečím, dopravní dostupnosti, případně nesplňující některé nebo všechny ze zmíněných požadavků a

které lze po implementaci efektivních opatření transformovat do některé z výše uvedených skupin v závislosti na vydatnosti zdroje.

7. Využití výsledků

Navržená metodika může být využita příslušnými orgány veřejné správy v působnosti vodního hospodářství, ochrany životního prostředí a krizového řízení, zejména Služby nouzového zásobování vodou nebo Integrovaného záchranného systému. Lze uvažovat o její zahrnutí do krizového plánování jako doplněk k Typovému plánu „Narušení dodávek pitné vody“ Metodika může sloužit i pro potřeby armády k naplnění části požadavků standardizační dohody NATO [15]. Vyloučena není ani její aplikace v zahraničí.

8. Literatura

- [1] Bakos, E., Bozek, A., Caslavsky, M., Bozek, F. Emergency Water Supply II. Vulnerability of Particular Selected Water Resource. In Niola, V., Ng, K. (Eds.). *Recent Researches in Chemistry, Biology, Environment & Culture. Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems and Development (EED'11)*. Montreux: WSEAS Press, 2011, pp. 17-21. ISBN 978-1-61804-060-2.
- [2] Krocova, S., Lindovsky M. Zabezpečení obyvatelstva a subjektů kritické infrastruktury pitnou vodou za krizových situací v ČR. In Sborník XVI. mezinárodní konference VODA ZLÍN, Zlín: Moravská vodárenská, a.s., 2012, pp. 21-30. ISBN 978-80-260-1468-3.
- [3] Ministerstvo zemědělství (MZe CR). Metodický pokyn MZe CR k zajištění jednotného postupu orgánů krajů, hlavního města Prahy, orgánů obcí a městských částí v hlavním městě Praze k zajištění nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou při mimořádných událostech a za krizových stavů Službou nouzového zásobování vodou. *Věstník vlády pro orgány krajů a orgány obcí*, 2011, article 3, pp. 42-46.
- [4] Ministerstvo zemědělství (MZe ČR). Metodický pokyn MZE pro výběr a udržování zdrojů pro nouzové zásobování vodou. *Věstník MZe CR*, 2002, article 3, pp. 1-10.
- [5] Warner, M. L., Preston, E. H. *A Review of EIA Methodologies*. Washington, D.C.: U.S. EPA, 1974.
- [6] Wells, G. *Major Hazards and their Management*. 1st Ed. Rugby: The Institution of Chemical Engineers, 1997. ISBN 0-85295-368-2.
- [7] Fishburn, P. C. *Utility Theory for Decision-Making*. 1st Ed. New York: J.Wiley & Son, 1970.
- [8] Bozek, F., Dvorak, J., Caslavsky, M. Sources for Emergency Water Supply I. Hazard Identification. In Demiralp, M., Bojkovic, Z., Repanovici A. (Eds.). *Mathematical Methods and Techniques in Engineering & Environmental Science. Proceedings of the 4th WSEAS International Conference on Natural Hazards (NAHA'11)*. Catania: WSEAS Press, 2011, pp. 85-90. ISBN 978-1-61804-046-6.
- [9] Ministerstvo zdravotnictví (MZ). *Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody ve znění vyhlášek č. 187/2005 Sb. a č. 293/2006 Sb.* Praha: MZ, 2004.
- [10] Bozek, F. et al. Sources for Emergency Water Supply III. Risk Assessment. In Thomas, G. et al. (Eds.). *Recent Researches In Energy, Environment and Landscape Architecture. Proceedings of 7th IASME/WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'11)*. Angers: WSEAS Press, 2011, pp 37-42. ISBN 978-1-61804-052-7.
- [11] Státní zdravotní ústav (SZÚ). *Nouzové zásobování pitnou vodou*. (Metodické doporučení SZÚ-Národního referenčního centra pro pitnou vodu). Praha: SZÚ, 2007.
- [12] U.S. EPA. *Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual*. Washington, D.C.: U.S. EPA, 1989-2004. Part A- F. [on line]. [2012-04-04]. URL: <<http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa-f/index.htm>>.
- [13] Ministry of Environment of the Czech Republic (MoE CR). MoE CR Methodical Instructions for the Risk Analysis of Contaminated Area. *MoE Bulletin*, 20011, **XXI**, (3), article 3, pp. 1-52.

- [14] U.S. EPA. *Drinking Water Standards and Health Advisories Tables*. Washington DC: U.S. EPA, 2009. [on line]. [2012-04-07]. URL: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/dwstandards.pdf>>.
- [15] North Atlantic Treaty Organization (NATO). *STANAG 2885: Engr (Edition 4) (Ratification draft 1) – Emergency Supply of Water in War*. Brussel: NATO Standardization Agency, 2003, 38 s. NSA(ARMY)0170-ENGR2885.