

POSOUZENÍ ZRANITELNOSTI KRASOVÉHO KOLEKTORU V OBLASTI MORAVSKÉHO KRASU METODOU EPIK

Evaluation of vulnerability of karstic aquifer in the Moravian Karst by EPIK method

Marek Goldbach, Tomáš Kuchovský

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 637 11 Brno; e-mail: goldbach@sci.muni.cz

(24-32 Brno, 24 -41 Vyškov, 24-14 Boskovice, 24-23 Protivanov)

Key words: Moravian Karst, EPIK, GIS, water vulnerability

Abstract

GIS can be useful tool in water protection management. Moravian Karst as the largest karst area in the Czech Republic and potential water source area has never been ed by any GIS multiparametre method to establish water vulnerability. Article describes preparation of input parameters, vulnerability calculation script and new view on interpretation of EPIK method. Most accurate data ever used bring new opportunities and require new interpretation which resulted into new vulnerability grading. Expectations that EPIK method will improve water sources protection zones were not meet, because assessment by EPIK method does not respect water flow direction and map cannot be fully used for complete protection of karts area.

Úvod

Krasové kolektory jsou v celosvětovém měřítku významné z pohledu vodohospodářského zásobování lidské populace. Ve vyspělých zemích však hustota osídlení a s ní spojené aktivity přinášejí potenciální rizika kontaminace podzemních vod krasových kolektorů. Vzhledem ke specifickým podmínkám proudění podzemních vod je preventivní ochrana krasových kolektorů velmi obtížná. Průnik kontaminantu, velká rychlost jeho následného šíření a v neposlední řadě velmi specifické zákonitosti a směry pohybu podzemních vod jsou jen některé z aspektů, které velmi ztěžují vymezení ochranných pásem zdrojů podzemních vod. Plošné posouzení zranitelnosti kolektoru a preventivní ochrana kolektoru podzemních vod jako celku je tak velmi vhodnou cestou, jak vymezit rizikové oblasti, kde by potenciálně mohlo docházet k průniku kontaminace z jednotlivých zdrojů do kolektoru. V rámci studia zranitelnosti kolektoru krasových hornin Moravského krasu byla pro vytvoření mapy zranitelnosti použita metoda EPIK (Doerfliger et al. 1999) vhodná do krasových oblastí, která je odvozena od metody DRASTIC (Aller et al. 1985). Výsledným produktem studia je mapa, která vychází z velmi podrobných mapových podkladů, geomorfologických charakteristik, karsologických a speleologických informací a je dosud nejpodrobnější mapou zranitelnosti kolektoru krasových hornin Moravského krasu. Vytvořením mapy zranitelnosti v prostředí krasových hornin s velkou intenzitou zkrasování se práce liší od dosud publikovaných dat. Toho bylo dosaženo inovovaným metodickým přístupem k celkovému hodnocení zranitelnosti, který se v tomto případě jeví jako podstatně přesnější, než běžně používaný metodický postup EPIKu. To bylo umožněno mimo jiné uvolněním toolboxu pro ArcGIS, kterým je velmi snadno možný přepočítání celkové zranitelnosti při změně některého ze vstupních parametrů.

Metodika

Geografické informační systémy přinášejí řadu možností pro posouzení zranitelnosti kolektoru podzemních vod. V minulosti bylo vyvinuto a následně používáno několik metod posuzování zranitelnosti kolektoru, mnohé z nich byly postupem času nahrazeny. Dodnes nejčastěji používanou multiparametrovou metodou je metoda DRASTIC (Allen et al., 1985). Přestože se jedná o v praxi velmi využívanou metodu, v krasových oblastech není schopná postihnout specifika proudění podzemních vod a vykazuje značné nedostatky ve výsledcích. Pro krasové oblasti byla proto odvozena metoda EPIK (Doerfliger – Zwahlen 1995). Její vstupní atributy již zahrnují krasové fenomény jako závrtvy, škrapy, jeskynní systémy, ale současně i charakteristiky nadložních formací, jako jsou mocnost zvětralinového povrchu nebo například vegetační pokryv. Metoda EPIK byla prvotně použita v oblasti Francké jury (Doerfliger – Zwahlen 1995), následně v několika dalších krasových oblastech jako Sardínii (Barrocu – Muzzu – Uras 2005), Sýrii (Hammouri – El Naqa 2006) nebo ve Španělsku (Bartolomé et al. 2005). Na území České republiky byla použita v oblasti jesenického krasu.

Vstupní data

Principem metody EPIK je relativní kvantifikace 4 základních charakteristik krasových hornin a nadložních pokrývných útvarů, které jsou významné pro posouzení zranitelnosti krasových kolektorů z pohledu vstupu potenciálních kontaminantů do krasového prostředí. Každý z parametrů má specifickou váhu v samotném výpočtu zranitelnosti.

E atribut popisuje fenomény epikrasu v oblasti. Bylo využito všech dostupných informací o závrttech, škrapech a dalších epikrasových specifikách a následně byla oblast Moravského krasu rozříděna do třech kategorií podle

úrovně vyvinutí epikrasu na oblasti E1–E3. Důležitým byl také vliv vzdálenosti od závrtu či jiného epikrasového tvaru a sklon terénu, k čemuž byl použit digitální model terénu. Třída E1 byla přiřazena oblastem s výskytem epikrasových fenoménů, oblast E3 naopak oblastem bez nebo s minimem krasových fenoménů.

P atribut popisuje ochrannou vrstvu, v tomto případě se jedná o mapu mocnosti půdního pokryvu. Vzhledem k tomu, že podobná mapa neexistuje a terénní mapování s použitím mělkých vrtů nepřicházelo v tak rozsáhlé oblasti v úvahu, byla mocnost půdního pokryvu posouzena na základě sklonu svahu. Předpoklad, že sklon svahu odpovídá mocnosti půdního pokryvu, byl korelován s existujícími archivními vrty v oblasti Moravského krasu. Podle mocnosti půdního pokryvu byly přiděleny hodnoty P1 (0–20 cm) – P4 (nad 200 cm).

I atribut popisuje infiltrační podmínky a je podobně jako předchozí parametr P rozdělen do tříd I1–I4. Pro stanovení tohoto parametru bylo použito mapy vegetačního pokryvu, propadání podzemních vod a sklonu svahu dle metodiky použité ve Francké juře (Doerfliger – Zwahlen 1995). Třída I1 reprezentuje oblasti s nejvyšší infiltrací podzemních vod, I4 poté oblasti s nejnižší infiltrací.

K atribut definuje vývoj krasové sítě. Jako vstupní data byly použity zejména půdorysné mapy jeskyní, informace o pozici a charakteru propadání nebo mapa tzv. krasových tvarů (soubor strukturních měření z jeskyní). Dle hodnoty vývoje krasové sítě, případně vzdálenosti od těchto míst, byly přiděleny hodnoty K1 (v těsné blízkosti známých podzemních systémů) – K3 (oblasti, kde nejsou známy jeskynní systémy).

Vstupní data byla poskytnuta Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním (CUZK) a Správou chráněné krajinné oblasti (SCHKO) Moravský kras, případně upravena v terénu použitím GPS a ArcPAD. CUZK poskytl kompletní vrstvy ZABAGED, včetně digitálního modelu terénu (DEM). SCHKO Moravský kras poskytla GIS

podklady, zejména geologickou mapu, půdorys jeskyní a pozice závrtů. Dálkového průzkumu Země („Remote sensing“) bylo využito k vytvoření mapy vegetačního pokryvu a mapy využití území („land usage“). Tímto bylo dosaženo výrazně přesnějších dat, než z jakých se vycházelo při předchozím použití této metody, kdy bylo převážně využito leteckého snímkování oblasti a následně interpretace leteckých snímků.

Jak již bylo nastíněno, každý z parametrů má přiřazenou specifickou váhu. Atribut E má váhu 3, atribut P má váhu 1, atribut I potom váhu 3 a atribut K váhu 2. Váhy jednotlivých parametrů jsou dány metodikou (Doerfliger et al. 1999).

Následný výpočet zranitelnosti kolektoru (Fp) se provádí následujícím vzorcem, kde symboly E, P, I a K jsou jednotlivé atributy vstupních dat hodnotící krasovou oblast v příslušné třídě, jak bylo popsáno výše, α , β , γ , δ jsou váhy jednotlivých atributů:

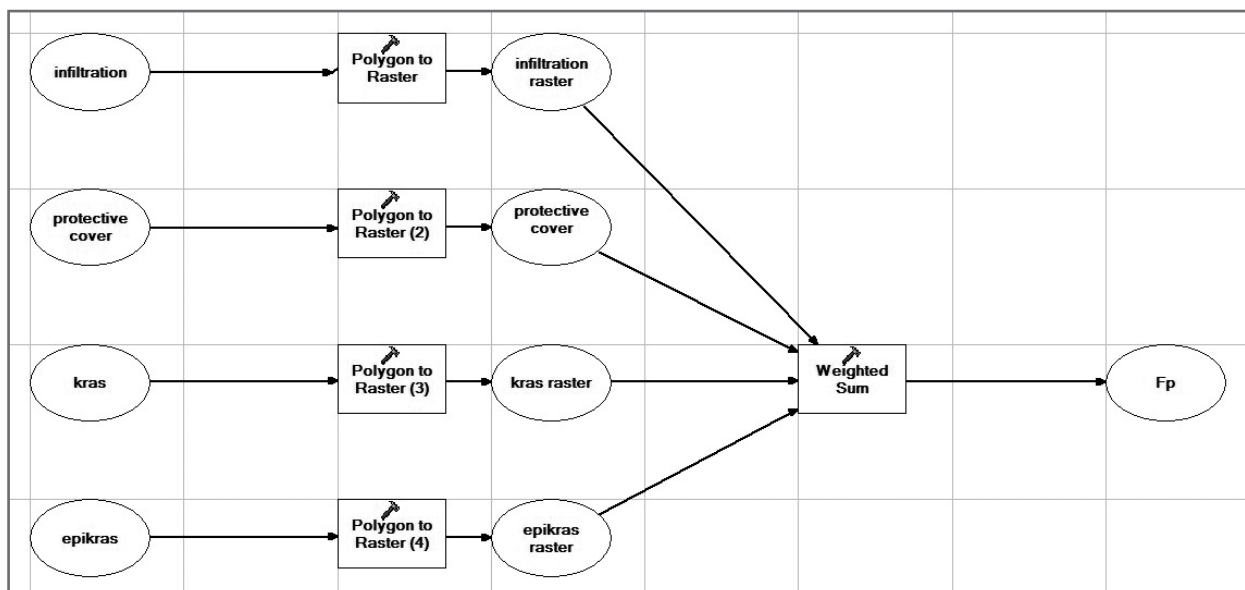
$$F_p = \alpha \times E + \beta \times P + \gamma \times I + \delta \times K$$

Výsledná zranitelnost Fp může dosahovat hodnot od 9 (nejvyšší) do 31 (nejnižší).

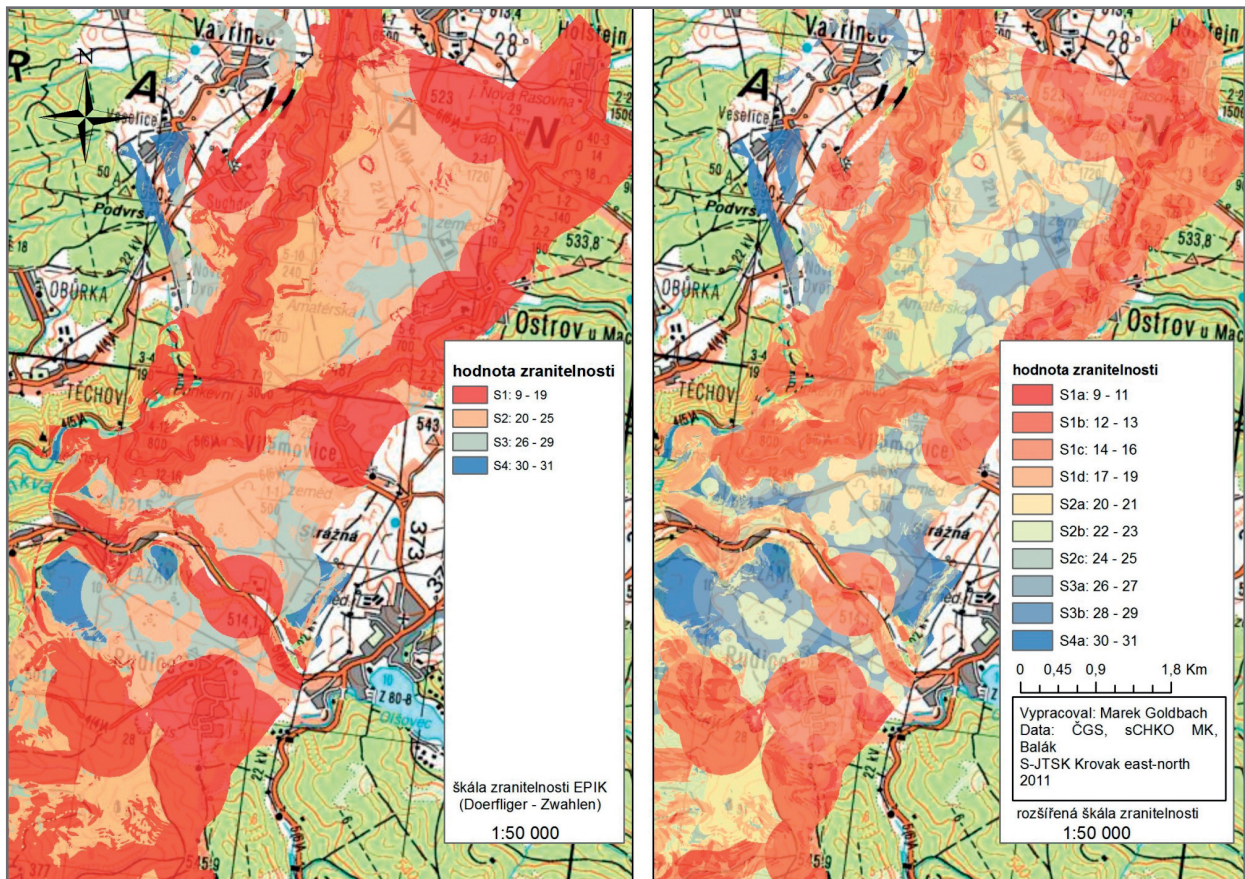
Podstatným vylepšením metody bylo vytvoření toolboxu pro ArcGIS, který podstatně usnadňuje přepočítání výsledné zranitelnosti v případě korekce vstupních dat. Jeho zjednodušenou formu popisuje následující vývojový diagram (obr. 1).

Výsledky

Vzhledem ke skutečnosti, že byla použita velmi přesná data, jejichž přesnost a detailnost je nesrovnatelná s daty, která byla použita v minulosti na předchozích projektech, vzniká velmi podrobná mapa. Dříve používaná interpretace výsledné zranitelnosti Fp na hodnotu zranitelnosti S1–S4 (S1 nejvyšší) se jeví jako nedostatečná. Při použití původní škály nebyla jasně patrná vysoká zranitelnost kolektoru

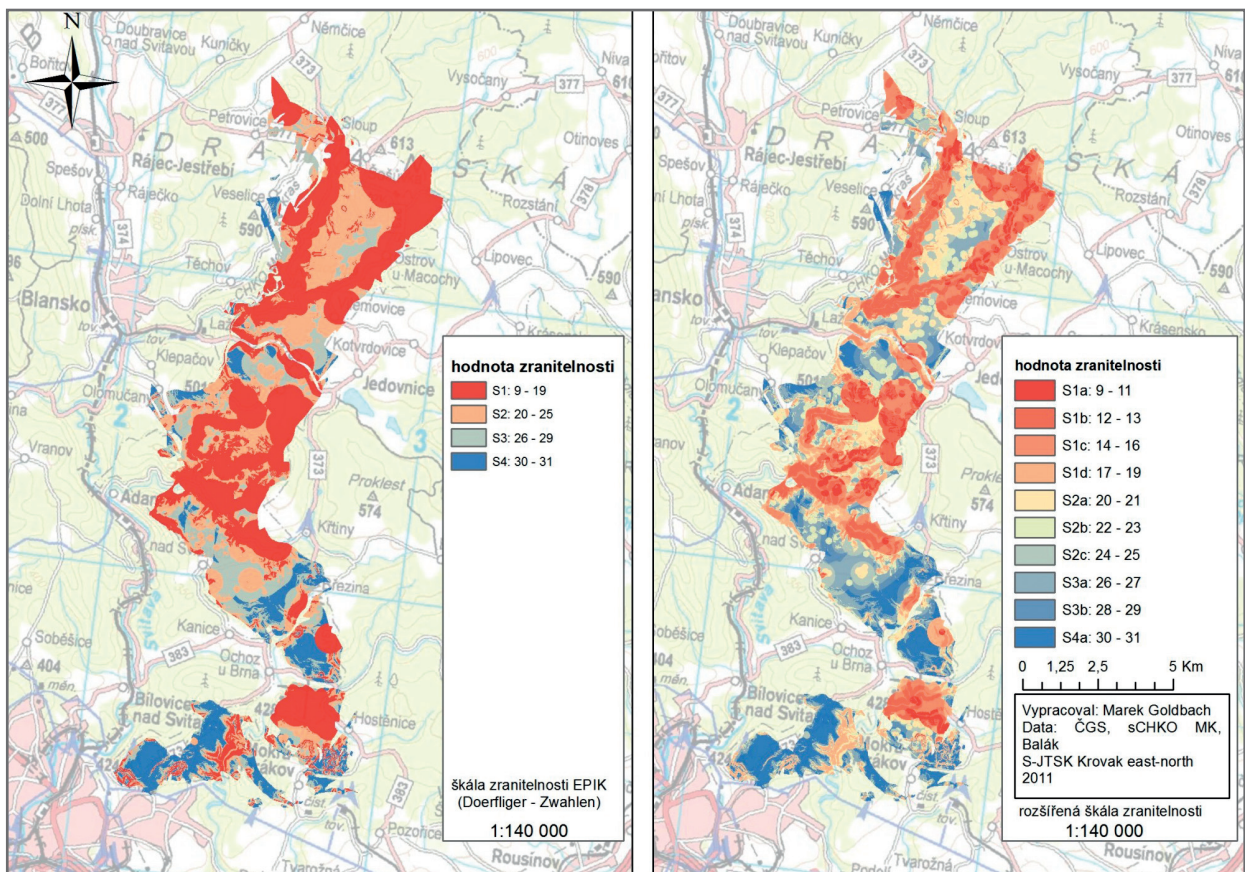


Obr. 1: Schéma scriptu pro výpočet zranitelnosti v ArcGIS.
 Fig. 1: Schematic script for EPIK vulnerability establishing.



Obr. 2: Výřez oblasti Suchého a Pustého žlebu z mapy zranitelnosti EPIK.

Fig. 2: EPIK vulnerability map section of Suchý and Pustý žleb.



Obr. 3: Výsledná mapa zranitelnosti EPIK pro oblast Moravského krasu.

Fig. 3: Moravian Karst vulnerability map by EPIK method.

v místech s vysokou mírou infiltrace povrchových vod (ponory, závrtů). Proto bylo přistoupeno k úpravě a rozšíření interpretačních možností zranitelnosti zejména v oblastech S1 (nejzranitelnější) jejich rozčleněním na S1a – S1d.

S1a – S1d (S1a: Fp = 9-11; S1b: Fp = 12-13; S1c: Fp 14-16; S1d: 17-19)

S2a – S2c (S2a: Fp = 20-21; S2b: FP = 22-23; S2c: FP = 24-25)

S3a – S3b (S3a: Fp = 26-27; S3b: Fp 28-29)

S4a (S4a: Fp = 30-31)

Jako místa s největším rizikem zranitelnosti byly identifikovány oblasti propadání, žlebů a oblasti ve spádnicí závrtů. Obrázek č. 2 zřetelně ukazuje vhodnost nově navržené klasifikace na příkladu severní části Moravského krasu, konkrétně zvýšené zranitelnosti v okolí závrtů na krasových plošinách (Ostrovská plošina), případně lokálních extrémů infiltrace v Suchém a Pustém žlebu, kde jsou jasně patrné oblasti nejzranitelnější. Těmi jsou oblasti jednotlivých známých propadání. Poměrně nízké hodnoty zranitelnosti naopak vykazují oblasti v jižní části Moravského krasu, dále krasové plošiny ve větší vzdálenosti od okrajů údolí a závrtů, případně ta místa Moravského krasu, kde nejsou známy epikrasové tvary. Výsledky jsou totožné i ve zbývajících částech Moravského krasu.

Diskuze

Velmi důležitým parametrem pro vytvoření mapy zranitelnosti je zejména parametr infiltrace (I). Tento se doporučuje stanovit pomocí GIS dat o využití krajiny („land use“) v kombinaci se sklonem svahu a informacemi o propadání povrchových vod do podzemních toků. Neméně důležitý vstupní parametr epikrasu (E) je doporučeno stanovit především podle pozice známých

závrtů. Jako nejlepší se pro toto stanovení jeví použít nástroj „povodí“ ke stanovení spádnice každého závrtu tam, kde to přesnost digitálního modelu terénu umožňuje, případně okruhu vzdálenosti 100–200 m v případech nízké vertikální členitosti terénu. Relativně snadné je stanovení parametru K, kde jsou posouzeny pouze známé jeskynní prostory. Největší problém metody lze spatřit ve stanovení ochranné vrstvy krasových hornin – tj. mocnosti půdního pokryvu (parametr P). Na základě testování metody lze doporučit využití sklonu svahu a tím klasifikovat parametr P do 4 skupin dle mocnosti.

Testováním podrobnosti a přesnosti výsledné škály zranitelnosti, tj. opakovaným zadáváním původního a nového rozdělení zranitelnosti na místech s vysokými hodnotami zranitelnosti, bylo prokázáno, že v silně zkrasovělých oblastech, jakou je právě oblast Moravského krasu, je původní čtyřstupňová klasifikace zranitelnosti nedostatečná. Čtyřstupňová klasifikace nedokáže přesně identifikovat a odlišit oblasti nejzranitelnější, jako jsou například ponory, závrtů a oblasti suchých údolí. Nově navržená desetistupňová škála zranitelnosti se jeví jako podstatně přesnější.

Dále bylo zjištěno, že metoda EPIK není vhodná k posouzení rizikovosti konkrétního místa pro možnou exploataci podzemní vody. Největším nedostatkem je to, že metoda nerespektuje směry proudění podzemních vod v krasovém kolektoru a je tak účinná především jako ochranný nástroj pro ochranu kolektoru jako celku, ne pro posouzení možnosti ohrožení konkrétního místa exploatace podzemní vody. Z tohoto důvodu se použití mapy zranitelnosti vytvořené metodikou EPIK nejeví jako optimální pro korekci pásem hygienické ochrany stávajících nebo navrhovaných vodních zdrojů (obr. 3).

Literatura

- Aller, L. – Bennett, T. – Lehr, J. H. – Petty, R. J. (1985): DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. – U. S. EPA. EPA/600/2-85/0108, 163 pp.
- Barrocu, G. – Muzzu, M. – Uras, G. (2005): Hydrogeology and vulnerability map (Epik method) of “Supramonte” karstic system, north-central Sardinia. Published online: 9 August 2006 – Springer-Verlag 2006 – www.sciencedirect.com
- Bartolomé, A. – Goldschider, N. – Vadillo, I. – Nukum, C. – Sinreich, M. – Jiménez, P. – Brechenmacher, J. – Carrasco, F. – Hötzl, H. – Perles, M. – Zwahlen, F. (2005): Karst groundwater protection: First application of a Pan-European Approach to vulnerability, hazard and risk mapping in the Sierra de Líbar (Southern Spain). – Springer Verlag.
- Doerfliger, N. – Zwahlen, F. (1995): EPIK: a new method for outlining of protection areas in karst environment. – In: Günay G., Johnson I. (eds.) Proceedings 5th International symposium and field seminar on karst waters and environmental impacts. Antalya, Sep. 1995 – Balkema, Rotterdam, pp. 117–123.
- Doerfliger, N. – Jeanin, P. – Zwahlen, F. (1999): Water vulnerability assesment in karst environments: a new method of definition areas using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). – Springer Verlag.
- Hammouri, N. – El Naqa, A. (2006): GIS based Hydrogeological Vulnerability Mapping of Groundwater Resources in Jerash Area – Jordan, Geofísica Internacional 47 (2), 85–97 (2008).