KRITÉRIÁ PRE KVALITATÍVNU KATEGORIZÁCIU ZDROJOV PODZEMNÝCH VÔD S OHĽADOM NA ICH UPRAVITEĽNOSŤ

CRITERIA FOR QUALITATIVE CATEGORIES OF GROUNDWATER RESOURCES WITH RESPECT TO THEIR TREATMENT

Dušan Bodiš, Zlatica Ženišová, Katarína Kminiaková

ABSTRACT
This paper suggests basic methodology for expression of relationship between calculated exploitable groundwater supplies mainly in C category and groundwater qualitative parameters. The proposal includes different technique for the evaluation of single sample collection as well as monitoring of groundwater quality whereas single sample collections are of lower reliability than results of monitoring. Final evaluation is visualized through simple cartographic representation of determined categories in point and surface forms and clearly divides parts of hydrogeological structure according to qualitative criterion for groundwater treatment.

KEY WORDS
groundwater quality, treatment categories, methodology, map visualization

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
kvalita podzemnej vody, kategorizácia upraviteľnosti, metodika hodnotenia, mapové vyjadrenie

ÚVOD

Pre potreby dokumentovanej časti využiteľných množstiev podzemných vôd, ktorej súčasťou sú aj kvalitatívne parametre vypočítaných množstiev podzemnej vody hlavne pre kategóriu C je neprehľadná informácia o kvalite vody a jej potenciálnej potrebe úpravy. Zo správ vyhľadávacieho prieskumu pre jednotlivé hydrogeologické rajóny je v niektorých prípadoch nemožné pričleniť množstvám podzemnej vody príslušné kvalitatívne charakteristiky, čo v konečnom dôsledku skresľuje celkový výsledok a znižuje reprodukovateľnosť ako skutočnosti, tak aj prognóz. Táto situácia je spôsobená nejednoznačnosťou a prakticky neexistujúcou metodikou pre takéto hodnotenie. Na druhej strane je potrebné povedať, že neexistovala hlavne metodika a kritériá na kvalitatívne hodnotenie. V súčasnosti je možné vychádzať z legislatívy, ktorá umožňuje a tiež vlastne zaväzuje urobiť kvalitatívne hodnotenia vypočítaných množstiev podzemnej vody.

Pod hodnotením kvality podzemnej vody budeme rozumieť v navrhovanom postupe mikrobiologické, biologické, fyzikálne, chemické a rádiologické vlastnosti vody, resp. obsah týchto ukazovateľov, ktoré reprezentujú zdroj zahrnutý do výpočtu využiteľného množstva podzemnej vody. Pod hodnotením upraviteľnosti zasa potrebu úpravy, resp. bez úpravy podzemnej vody tak, aby táto (jej vypočítané množstvo) mohla byť potenciálne využitá pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou.

Pri vypracovaní návrhu kritérií pre kvalitatívnu kategorizáciu zdrojov podzemných vôd sú účelovo zohľadnené požiadavky Vyhlášky č. 141/2000 Z.z. (Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa vykonáva geologický zákon), legislatívne opatrenia pre hodnotenie ukazovateľov vody určenej na ľudskú spotrebu (kvality pitnej vody), Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu a Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch a tiež Smernice 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady, ustanovujúcu rámec pre činnosť Spoločenstva v oblasti vodnej politiky. Náplňou navrhovaného postupu bude na základe legislatívnych požiadaviek hodnotiť kvalitu a upraviteľnosť vypočítaných množstiev podzemnej

RNDr. Dušan Bodiš, CSc.
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, bodis@geology.sk
doc. RNDr. Zlatica Ženišová, PhD.
Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, zenisova@fns.uniba.sk
RNDr. Katarína Kminiaková
AQUIFER s.r.o., Dúbravská cesta 9, 845 20 Bratislava

vody v kategórii C tak, aby bolo jasné ich využitie (charakter úpravy), zohľadnenie trendu vývoja kvality pri využívaní (v prípade ak existujú informácie o časových zmenách) a stanoviť podiely jednotlivých množstiev z hľadiska kvality v rámci hydrogeologickej štruktúry.

V návrhu postupu je jednotne hodnotená kvalita podzemnej vody v medzizrnovom, puklinovom a krasovo-puklinovom horninovom prostredí. Je však potrebné poznamenať, že v detailnejšom hodnotení (kategórie B a A) je rozhodne potrebné navrhovaný postup vo vzťahu k charakteru priepustnosti upraviť a aplikovať iným spôsobom.

Náplňou návrhu postupu je:

- Charakteristika súvisiacich legislatívnych požiadaviek vo vzťahu k hodnoteniu kvality vypočítaného množstva podzemnej vody.
- Kvalita podzemnej vody v širších regionálnych súvislostiach z hľadiska jej využitia a úpravy na základe hodnotenia jej kvality a upraviteľnosti pre stanovené skupiny ukazovateľov na základe archívnych, resp. aktuálnych jednorazových odberov.
- Kvalita vypočítaných množstiev podzemnej vody z hľadiska jej využitia, úpravy a trendov vývoja ukazovateľov na základe archívnych a aktuálnych výsledkov režimových meraní (monitoringu kvality).

LEGISLATÍVNE PODKLADY HODNOTENIA

Základom pre vypracovanie návrhu postupu pre kvalitatívne hodnotenie množstiev podzemnej vody v kategórii C je Vyhláška č. 141/2000 Z.z., ktorou sa vykonáva geologický zákon. V citovanej vyhláške je kladený dôraz aj na kvalitatívnu stránku, ale prakticky spôsob a metodický postup tu chýba. Čo sa týka kvality podzemnej vody, vyhláška pri definovaní využiteľného množstva podzemnej vody hovorí o maximálnom množstve podzemnej vody, ktorú možno odoberať s neprípustným zhoršením kvality odoberanej vody (§ 42 odst. 4). Pre potreby spôsobu výpočtu množstiev vôd (§ 44) je pre kvalitu vypočítaného využiteľného množstva podzemnej vody rozlíšené kritérium nevyžadujúce a vyžadujúce úpravu.

Ďalej v prílohe č. 1 k Vyhláške č. 141/2000 Z.z., časti C. pri výpočte množstiev vôd je uvedená potreba vyhodnotenia akosti vôd, možného znečistenia a návrh úpravy podzemnej vody. V prílohe č. 3 k Vyhláške č. 141/2000 Z.z. k postupu a spôsobu výpočtu množstiev podzemnej vody v kategórii C sa kvalite vody venuje časť 1.4 a 1.5. Oproti základným spôsobom výpočtu množstiev však kvalitatívna stránka hodnotenia, resp. jej spôsob prakticky nie je uvedený.

Zo stručnej analýzy uvedenej vyhlášky teda vyplynula najmä z praktických dôvodov potreba vypracovať spôsob hodnotenia kvality vypočítaných množstiev formou novo navrhovaného postupu. Pri zvažovaní hodnotiacich kritérií jednoznačne dospievame k záveru, že základom budú záväzné kritériá dvoch legislatívnych predpisov, a to Nariadenia vlády SR č. 354/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu a Vyhlášky MŽP SR č. 636/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch, pretože pokrývajú požiadavky po stránke kvality vody na pitné účely a tiež po stránke potenciálnej potreby úpravy odoberanej vody. Jednoznačne najprísnejším štandardom z hľadiska kvality vody je Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z.z.. Jeho kritériá jednoznačne určujú, či je voda na pitie vhodná alebo nie.

Kvalita podzemných vôd bola a je hodnotená podľa štandardov pre vodu určenú na ľudskú spotrebu a tiež podľa štandardov pre surovú vodu pre úpravu na pitnú vodu. V priebehu času sa menili resp. novelizovali tieto legislatívne predpisy, doplňovali sa nové ukazovatele, nové analytické metódy a sprísňovali sa limity. V ďalšom texte je uvedená stručná charakteristika platných nariadení a vyhlášok týkajúcich sa danej problematiky.

V súčasnosti platné Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu (účinnosť od 1. júna 2006) ustanovuje ukazovatele kvality pitnej vody a jej hygienické limity. Ukazovatele kvality pitnej vody sú rozdelené do skupín A a B (tab. 1). Skupina A. Mikrobiologické a biologické ukazovatele obsahuje celkovo 14 ukazovateľov. Skupina B. Fyzikálne a chemické ukazovatele je rozdelená do podskupín a) až f). Podskupina a) anorganické ukazovatele obsahuje 16 ukazovateľov, z ktorých striebro sa zisťuje iba pri použití oligodynamických prostriedkov na dezinfekciu vody. Podskupina b) organické ukazovatele obsahuje 18 ukazovateľov, z ktorých 3 sa viažu na ich výskyt resp. uvoľnenie z materiálu rozvodných potrubí alebo predmetov, slúžiacich na úpravu, výrobu a distribúciu pitnej vody. Podskupina c) dezinfekčné prostriedky a ich vedľajšie produkty obsahuje 9 ukazovateľov. Tieto sa však analyzujú až po úprave vody na vodu pitnú. V podskupine d) ukazovatele, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť senzorickú kvalitu pitnej vody je zahrnutých 20 ukazovateľov. Podskupina e) látky ktorých prítomnosť je v pitnej vode žiaduca obsahuje 3 ukazovatele. Celkovo Nariadenie vlády č. 354/2006 Z.z. obsahuje 82 ukazovateľov, z ktorých 13 sa viaže na vodu už upravenú alebo na vodu odoberanú už z rozvodných zariadení.

Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z.z. o požiadavkách na kvalitu surovej vody a sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch ustanovuje ukazovatele kvality surovej vody a ich limitné hodnoty pre jednotlivé kategórie štandardných metód úpravy surovej vody na pitnú

vodu. Vyhláška sa vzťahuje na prevádzkovú kontrolu kvality vody vo verejných vodovodoch, teda pred, počas a po úprave surovej vody na vodu pitnú.

Vyhláška č.636/2004 Z.z. definuje základné pojmy (§2):

a) Medzná hodnota – limitujúca hodnota ukazovateľa na zaradenie do príslušnej kategórie štandardných metód úpravy surovej vody na pitnú vodu
b) Odporúčaná hodnota – hodnota ukazovateľa, ku ktorej má smerovať asanačná a ochranná činnosť v povodí a v ochranných pásmach vodných zdrojov
c) Zdroj podzemnej vody – podzemná voda odoberaná z určitého odberného územia záchytným zariadením alebo ich sústavou
   Zdroj povrchovej vody – voda z vodárenských tokov a vodárenských nádrží
d) Podzemná voda nevyžadujúcu úpravu – voda odoberaná zo zdrojov podzemnej vody, ktorej kvalita vyhovuje bez úpravy požiadavkám na kvalitu pitnej vody podľa osobitných predpisov (Zákon NR SR č.272/1994 Z.z. o ochrane zdravia ľudí v znení neskorších predpisov, Nariadenie vlády č. 354/2006 Z.z., Nariadenie vlády SR č. 350/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia) a ktorá je dodávaná spotrebiteľovi v takomto prirodzenom stave
e) Surová voda – voda odoberaná z vodného zdroja, určená na úpravu na zlepšenie jej kvality štandardnými metódami úpravy vody. Ak zdroj tvorí sústava studní resp. prameňov, surová voda je zmes všetkých studní resp. prameňov
f) Pitná voda – voda spĺňajúca požiadavky podľa osobitných predpisov (Zákon NR SR č.272/1994 Z.z. o ochrane zdravia ľudí v znení neskorších predpisov, Nariadenie vlády č. 354/2006 Z.z., Nariadenie vlády SR č. 350/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia) po úprave vrátane dezinfekcie na výstupe z úpravne vody alebo z čerpacej stanice a voda vo verejnom vodovode.

Vyhláška č. 636/2004 Z.z. definuje kategórie kvality surovej vody (§ 3):

1. Výber surovej vody sa má orientovať na také zdroje vody, ktorých kvalita v prirodzenom stave svojimi fyzikálnymi, chemickými, mikrobiologickými, biologickými a rádiologickými vlastnosťami zodpovedá podľa limitných hodnôt ukazovateľov kategóriám A1, A2 a A3. Kategórie A1, A2 a A3 zodpovedajú štandardným metódam úpravy povrchovej vody alebo podzemnej vody na pitnú vodu
   a) Kategória A1 – úprava len dezinfekciou alebo jednoduchá fyzikálna úprava a dezinfekcia napríklad rýchla filtrácia alebo odkyseľovanie a dezinfekcia, pre podzemné vody odkyseľovanie alebo odstránenie plynných zložiek prevzdušnením, prípadne nasýtenie vody kyslíkom a dezinfekcia
   b) Kategória A2 – fyzikálna a chemická úprava a dezinfekcia, napríklad koagulačná filtrácia, pomalá biologická filtrácia, infiltrácia, koagulácia, flokulácia, usadzovanie, filtrácia, dezinfekcia. Pre podzemné vody navyše úprava odželezovaním a odmangánovaním s jednostupňovou a dvojstupňovou separáciou kalu
      Poznámka: Na hodnotenie účinnosti úpravy vody sa táto kategória rozdeľuje na 2 podkategórie A2a) úprava s jednostupňovou separáciou kalu a A2b) úprava s dvojstupňovou separáciou kalu
   c) Kategória A3 – intenzívna fyzikálna a chemická úprava, rozšírená úprava a dezinfekcia, napríklad chlorácia do bodu zlomu, koagulácia, flokulácia, usadzovanie, filtrácia, adsorpcia (aktívne uhlie) dezinfekcia (ozón, konečné chlórovanie), prípadne kombinácia fyzikálno-chemických a biologických metód úpravy a dezinfekcia
      Poznámky: Ostatné metódy úpravy vody sa priradia k týmto typom podľa technologickej náročnosti úpravy.
2. Pre všetky kategórie kvality surovej vody (A1, A2 a A3) z povrchových zdrojov a z podzemných zdrojov platia rovnaké hodnoty ukazovateľov, okrem hodnôt vybraných ukazovateľov mangánu, nasýtenia kyslíkom a železa pre vody z podzemných zdrojov pre kategóriu A3.
3. Požiadavkám na výber surovej vody a na jej odber na úpravu na pitnú vodu vyhovujú najmä
   a) Podzemné vody s kvalitou vyhovujúcou kvalite pitnej vody alebo s kvalitou blížiacou sa kvalite pitnej vody
   b) Povrchové vody z horných častí vodných tokov a z oblastí minimálne zaťažených ľudskou činnosťou alebo z vodných nádrží v takýchto oblastiach
4. Zdroj vody, ktorý nespĺňa požiadavky na kvalitu surovej vody podľa kategórií A1, A2 a A3 sa môže použiť na úpravu na pitnú vodu len na základe povolenia ministerstva.

Vo vyhláške sú odporúčané a medzné hodnoty rozčlenené do skupín ukazovateľov A a B (tab. 1). Skupina A. sú mikrobiologické a biologické ukazovatele, ktorá obsahuje 4 ukazovatele. Skupina B. definuje Fyzikálne a chemické ukazovatele ktoré sa ďalej delia na podskupiny a) až d). Podskupina a) anorganické ukazovatele obsahuje 13, podskupina b) organické ukazovatele 3 a podskupina c) ukazovatele, ktoré môžu ovplyvniť senzorickú kvalitu vody 17 ukazovateľov a podskupina d) rádiologické ukazovatele s 3 parametrami. Celkový počet ukazovateľov vo vyhláške je 40.

V tab. 1 je spracované porovnanie limitov Nariadenia vlády č. 354/2006 Z.z. a Vyhlášky č. 636/2004 Z.z..

Tab. 1: Porovnanie limitov Nariadenia vlády č. 354/2006 a Vyhlášky č. 636/2004 pre spoločné ukazovatele
Tab. 1: Common limits comparison for Governmental Act No. 354/2004 and Notice No. 636/2004

Ukazovateľ		Symbol	Jednotka	Nariad. vlády č.354/06	Vyhláška č. 636/2004					
					Kategória A1		Kategória A2		Kategória A3	
					OH	MH	OH	MH	OH	MH
A. Mikrobiologické a biologické ukazovatele										
1.	Escherichia coli	EC	KTJ/100 ml	0	0	25	50	2 500	500	25 000
2.	Koliformné baktérie	KB	KTJ/100 ml	0	10	50	100	5 000	1 000	50 000
3.	Enterokoky	EK	KTJ/100 ml	0	20	300	1 000	–	1 000	–
4.	Živé organizmy	ŽO	jed./ml	0	0	10	3 000	–	10 000	–
B. Fyzikálne a chemické ukazovatele										
a) anorganické ukazovatele										
5.	Arzén	As	mg/l	0,01	< 0,01	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
6.	Antimón	Sb	mg/l	0,005	< 0,005	0,005	0,01	0,025	0,025	0,025
7.	Bór	B	mg/l	0,3	< 1,0	–	1,0	–	1,0	–
8.	Dusičnany	NO_3^-	mg/l	50	< 15	50[1)]	25	50[1)]	25	50[1)]
9.	Fluoridy	F^-	mg/l	1,5	0,7-1	1,5	–	1,5	1,5	–
10.	Chróm celkový	Cr	mg/l	0,05	–	0,05	–	0,05	–	0,05
11.	Kadmium	Cd	mg/l	0,003	< 0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
12.	Kyanidy	CN^-	mg/l	0,03	< 0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,05
13.	Meď	Cu	mg/l	1,0	< 0,005	0,05	0,01	0,05	0,03	0,05
14.	Nikel	Ni	mg/l	0,02	< 0,015	0,02	0,02	0,05	0,05	0,1
15.	Olovo	Pb	mg/l	0,01	< 0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,05
16.	Ortuť	Hg	mg/l	0,001	< 0,002	0,0005	0,0002	0,0005	0,0002	0,0005
17.	Selén	Se	mg/l	0,01	< 0,01	–	0,01	–	0,01	–
b) organické ukazovatele										
18.	Celkový org. uhlík	TOC	mg/l	5,0	<5,0	5,0	5,0	7,0	8,0	10,0
19.	Celkové pesticídy	PES_{cel}	µg/l	0,1	–	0,5	–	1,0	–	5,0
20.	Polycyklické aromatické uhľovodíky	PAU	µg/l	0,1	–	0,2	–	0,2	–	1,0
c) ukazovatele, ktoré môžu ovplyvniť senzorickú kvalitu vody										
21.	Absorbancia	A^{254}	–	0,08	–	0,08	–	0,15	–	0,3
22.	Amónne ióny	NH_4^+	mg/l	0,5	0,05	0,5	0,5	1,0	1,0	3,0[1]
23.	Celkové rozpustené látky	RL	mg/l	1 000	–	1 000	–	1 000	–	1000
24.	Farba (po filtrácii)		mg/l Pt stupn.	20	10	20[1)]	50	100[1)]		
25.	Chemická spotr. kyslíka	$ChSK_{Mn}$	mg/l	3,0	2	3	5	7	8	10
26.	Chloridy	Cl^-	mg/l	100 (250)	–	100	–	100	–	250
27.	Mangán	Mn	mg/l	0,05	<0,05	0,1	0,1	2,0	0,3	3,0
28.	Nasýtenie kyslíkom		% O_2	>50	>80		>70		>60	
29.	Reakcia vody	pH	–	6,5–8,5	6,5–8,5	–	6–8	5,5–8,5	–	6,5–9
30.	Sírany	SO_4^{2-}	mg/l	250	150	250	150	250	150	250
31.	Sodík	Na	mg/l	200	–	200	–	200	–	200
32.	Teplota	T	°C	8–12	8–12	25[1)]	22	25[1)]	22	25[1)]
33.	Vodivosť	c	$mS.m^{-1}$	125	125	–	125	–	125	–
34.	Zákal	Z	ZF	5	2	5	–	30	–	50
35.	Pach (pri 25 °C)		riediaci pomer	bez zápachu	3	–	10	–	20	–
36.	Zinok	Zn	mg/l	3,0	0,02	3,0	0,05	0,1	0,1	1,0
37.	Železo	Fe	mg/l	0,2	0,1	0,2	1,0	3,0	1,0	5,0

[1)] hodnoty týchto ukazovateľov nemusia byť dodržané v prípade mimoriadnych poveternostných alebo geografických podmienok

Tab. 2: Odporúčané a medzné hodnoty vybraných ukazovateľov pre kategóriu A3 kvality surovej vody z podzemných zdrojov (Vyhláška č. 636/2004 Z.z.)
Tab. 2: Suggested and extreme limits for A3 category for raw water from groundwater resources (Notice No. 636/2004)

ukazovateľ		symbol	jednotka	kategória A3	
				OH	MH
27.	mangán	Mn	mg/l	1	5
28.	nasýtenie kyslíkom	% O_2	%	Bez limitu	
37.	železo	Fe	mg/l	5	20

V tab. 2 sú doplnené odporúčané a medzné hodnoty vybraných ukazovateľov pre kategóriu A3 kvality surovej vody z podzemných zdrojov, kde sú limity pre mangán, železo a nasýtenie kyslíkom.

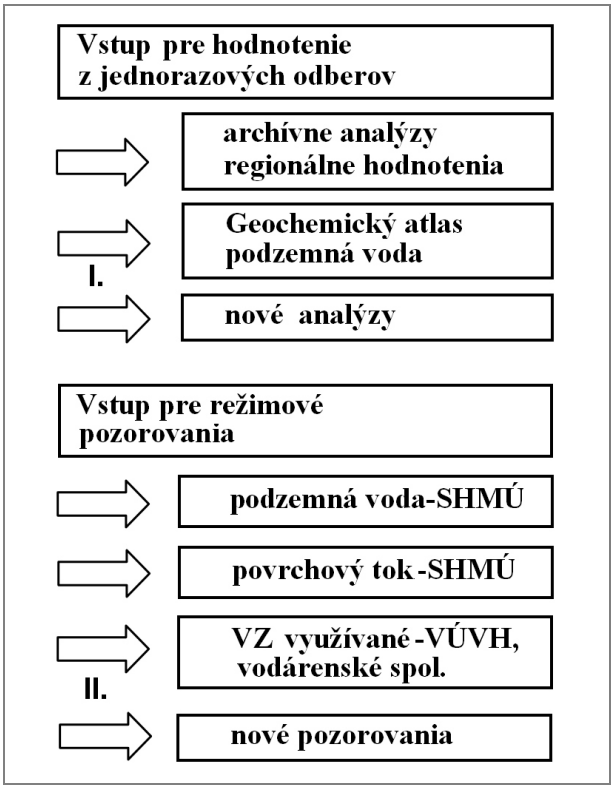
V súčasnosti je pre podzemné aj povrchové vody aktuálna a záväzná Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady, ustanovujúca rámec pre činnosť Spoločenstva v oblasti vodnej politiky, ktorej implementácia na Slovensku už prebieha od roku 2003. Jej dôležitým atribútom je konštatovanie, že voda nie je komerčným produktom ako ostatné výrobky, ale je dedičstvom, ktoré musí byť chránené, ošetrované a s ktorým musí byť zaobchádzané ako s takým. Je v nej podchytená stratégia k zabráneniu a obmedzovaniu znečistenia povrchových a podzemných vôd. Z hľadiska kvality podzemných vôd je tu definovaný tzv. dobrý chemický stav podzemnej vody, ktorý je daný tým, že sa nepresahujú aplikované štandardy kvality a všeobecne je chemické zloženie podzemnej vody také, aby nespôsobovalo neúspech v dosiahnutí environmentálnych cieľov. Výsledné hodnotenie kvality pre vyčlenené útvary podzemnej vody má iba dva stupne, buď je stav dobrý, alebo zlý. Z hľadiska pozorovaných parametrov v monitoringu kvality sa odporúčajú nasledovné: obsah kyslíka, hodnota pH, koncentrácia dusičnanov, amónnych iónov a vodivosť. Ďalej sa majú sledovať tie parametre, ktoré sú indikatívne voči dopadom príslušných vplyvov. Ďalej musí byť z monitoringu preukázaný antropogénne indukovaný vzostupný trend koncentrácie znečisťujúcich látok a zvrátenie takýchto trendov. Zvrat trendu musí byť preukázaný štatisticky s uvedením intervalu spoľahlivosti pri jeho identifikácii.

NAVRHOVANÉ KRITÉRIÁ A POSTUP HODNOTENIA

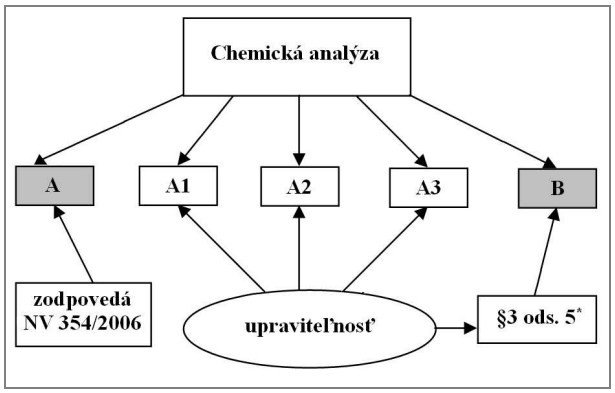
Ako už bolo uvedené, navrhované kvalitatívne kritériá a postup hodnotenia vychádzajú účelovo z legislatívnych požiadaviek pre výpočet množstiev podzemnej vody hlavne v kategórii C. Z praktického hľadiska je použitý jednoduchý postup, založený na charaktere a reprodukovateľnosti vstupných informácií, kombinovaný s legislatívnymi štandardami, ktoré slúžia ako kritériá pre priradenie kvality a upraviteľnosti využiteľných množstiev podzemnej vody.

Základným vstupným údajom je chemická analýza podzemnej vody. Pre účely hodnotenia sú rozdelené vstupné údaje (obr. 1) tak, aby zohľadňovali kvalitatívne vstupné informácie v dvoch úrovniach z hľadiska hodnovernosti:

- Pre potreby regionálneho hodnotenia, resp. hydrogeologickej štruktúry sú ako vstupné informácie použité existujúce výsledky jednorazových odberov, v časti **I** (obr. 1), ktoré majú z hľadiska dynamiky tvorby chemického zloženia podzemných vôd nižšiu informačnú hodnotu. Inými slovami sú zaťažené väčšou mierou neistôt z pohľadu potenciálnych zmien koncentrácií vplyvom sezónnych a cyklických zmien, ktoré prakticky z jednorazových odberov nemožno určiť.
- Pre režimové pozorovania sú to výsledky monitorovania kvality z jedného objektu (podzemná voda, povrchový tok významný pre dopĺňanie (vody s potamogénnou mineralizáciou, krasovo-puklinové vody s petrogénnou mineralizáciou) a využívané vodné zdroje pre zásobovanie obyvateľstva), ktorý hodnotí časť **II** (obr. 1). Majú vyššiu informačnú hodnotu, pretože postihujú prirodzené, resp. umelo vyvolané zmeny v ich chemickom zložení.



Obr. 1: Vstupné údaje pre hodnotenie
Fig. 1: Input data



Obr. 2: Postup hodnotenia a kategórie kvality podzemnej vody (Poznámka * - Vo Vyhláške č. 636/2004 chýba v § 3 odstavec 5, ktorý by definoval vodu „neupraviteľnú“)
Fig. 2: Procedure of evaluation and groundwater quality criteria

V časti **I** sú hodnotené hydrogeologické štruktúry v širších regionálnych súvislostiach, pre ktoré navrhujeme využiť tri dostupné zdroje informácií. Prvým sú archívne analýzy, ktoré sú reprodukovateľné. Tento zdroj informácií pochádza z regionálnych hydrogeologických, hydrogeochemických a environmentálno-geologických hodnotení. V prevažnej miere sú údaje zhromažďované v odbore Geofondu ŠGÚDŠ, Bratislava. V tomto prípade je najnáročnejšie zvoliť kritériá reprodukovateľnosti chemických analýz. Najjednoduchším kritériom je „milivalová bilancia“ (c.z %), s prípustnou chybou (konvenčne) do 3 %, prípadne 5 % pre rozdiel medzi katiónmi a aniónmi. Obmedzujúcim kritériom môže byť rok analýzy a pomerne citlivým laboratórium, ktoré analýzy vykonalo. Zmena laboratória najmä pri hodnotení časových radov môže priniesť „vyvolanú“ zmenu v obsahu niektorej zo sledovaných zložiek. Pri zhromažďovaní archívnych analýz nutne musíme brať do úvahy rozsah stanovovaných zložiek a separovať kompletné analýzy. Ďalšie významné kritérium pre údaje z jednorazových odberov je identifikácia miesta odberu. Ak neexistujú súradnice miesta odberu, sú odčítané z topografickej mapy, v iných prípadoch je možné sa orientovať podľa popisu miesta odberu vo vzťahu ku najbližším významným kótam, čo je zaťažené väčšou mierou neistoty. V prípade, ak nie je k dispozícii označenie miesta odberu, analýza je prakticky nepoužiteľná. Odporúčaný rozsah analyzovaných zložiek pre potreby časti **I** hodnotenia bude uvedený v ďalšom texte.

Druhým zdrojom je databáza chemických analýz z výsledkov projektu „Geochemický atlas Slovenska – časť podzemná voda“. Výhodou tejto databázy je jej reprodukovateľnosť, pretože výsledné chemické analýzy podliehali prísnej analytickej kontrole. Ďalšou výhodou je uvedenie súradníc x a y pre určenie miesta odberu a existencia databázy týchto informácií. Určitá nevýhoda je v tom, že vzorky boli odoberané iba z prvého zvodneného horizontu.

Poslednou vstupnou informáciou sú nové chemické analýzy účelovo odobrané zo záujmového územia. Odporúča sa účelovo vzorkovať objekty, ktoré boli vytypované po spracovaní analýz „Geochemického atlasu“.

Vstupné informácie pre režimové pozorovania, časť **II** hodnotenia, pozostávajú zo štyroch hlavných zdrojov (obr. 1). Prvým sú výsledky monitorovania kvality podzemnej vody Slovenska v rámci národnej siete, ktorej garantom je SHMÚ, Bratislava. Systematické sledovanie kvality podzemnej vody prebieha od roku 1982. Monitoring je zameraný najmä na aluviálne náplavy významných riek, určitá menšia časť objektov je situovaná aj v predkvartérnych útvaroch (početnosť odberov týchto zdrojov je rôzna). Odbery sa uskutočňovali v jarnom a jesennom období, v súčasnosti sa z ekonomických dôvodov uskutočňuje len jesenný odber. Nevýhodou sú zmeny stanovovaných ukazovateľov v priebehu monitorovania a absencia mikrobiologických a biologických ukazovateľov, ktoré sú významné z hľadiska hodnotenia kvality podzemnej vody pre jej využitie na pitné účely. Výsledky sú zverejňované písomnou formou v podobe ročeniek, prvotné informácie existujú aj v databázovom systéme.

Ďalším zdrojom je monitoring kvality vôd povrchových tokov, ktorý garantuje tiež SHMÚ, Bratislava a výsledky sú dostupné v podobnej forme, ako pri monitorovaní kvality podzemnej vody. Tieto výsledky majú veľký význam hlavne pri hodnotení kvality podzemnej vody v kvartérnych sedimentoch, kde iniciálnou vodou je povrchová voda (vody s potamogénnou mineralizáciou), resp. vody krasovo-puklinového prostredia v systéme ponor – vyvieračka a pod.

Sledovanie kvality podzemnej vody využívaných vodných zdrojov realizuje a sústreďuje VÚVH, Bratislava. Databáza zatiaľ nie je odladená, najmä čo sa týka lokalizácie monitorovaných objektov a sledovaných ukazovateľov. Ďalším zdrojom informácií sú vodárenské spoločnosti.

Poslednou vstupnou informáciou sú výsledky nových odberov z podzemných vôd, prípadne zo súvisiacich povrchových tokov, ktoré sa realizujú v rámci vyhľadávacieho prieskumu (pre kategóriu C sa zisťuje kvalita podzemnej vody v širších regionálnych súvislostiach vrátane informácií o kvalite povrchových vôd a zrážok, pre kategóriu B sa zisťuje kvalita podzemnej vody so zvyčajnou dvojročnou dobou sledovania).

Celá schéma vstupov pre hodnotenie kvality podzemnej vody je vo svojej podstate jednoduchá. Na každý krok, resp. získanie informácií je však potrebná kontrola najmä podmienok odberu vzoriek, miesta odberu, terénnych stanovení a analytických postupov. Ak niektoré informácie chýbajú, resp. sú neúplné, výsledná chemická analýza sa nezaraďuje do výberu pre hodnotenie.

Schéma hodnotenia kvality podzemnej vody pre

potreby jej zaradenia v aplikovaných legislatívnych štandardoch je znázornená na obr. 2. V schéme uvažujeme s dvomi hlavnými kvalitatívnymi kritériami a to pre pitnú vodu a pre podzemnú vodu, ako surovú vodu. Tieto kritériá sú v podstate jednoduché a na ich základe je možné vypočítané množstvá podzemnej vody rozčleniť do piatich kategórií. Ich aplikácia v podstate vyhovuje potrebám rozčlenenia množstiev podzemnej vody z kvalitatívneho hľadiska. Základom je dosiahnutie rozdelenia do piatich kategórií:

- **A** pre prípady, kedy kvalita podzemnej vody vyhovuje ukazovateľom Nariadenia vlády č. 354/2006 Z.z. o požiadavkách na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.
- **A1** pre prípady, kedy kvalita podzemnej vody vyhovuje ukazovateľom upraviteľnosti kategórie A1.
- **A2** pre prípady, kedy kvalita podzemnej vody vyhovuje ukazovateľom upraviteľnosti kategórie A2.
- **A3** pre prípady, kedy kvalita podzemnej vody vyhovuje ukazovateľom upraviteľnosti kategórie A3.
- **B** pre prípady, kedy sa podzemná voda môže použiť na úpravu na pitnú vodu len na základe povolenia MŽP SR.

Hodnotenie kvality vypočítaného množstva podzemnej vody pri zohľadnení charakteru vstupných informácií vychádza v zmysle schémy (obr. 2) z časti **I** a **II**.

Postupnosť hodnotenia definovaných parametrov kvality podzemnej vody v širších regionálnych súvislostiach začína zhromaždením troch zdrojov reprodukovateľných informácií (časť **I**, z obr.1), ktoré tvoria vstup do časti **A** schémy (obr. 2). Následne sa ukazovatele porovnajú s kritériami Nariadenia vlády č. 354/2006 Z.z. o požiadavkách na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu a vzorky, ktoré vyhovujú kritériám Nariadenia vlády č. 354/2006 Z.z. aj Vyhlášky č. 636/2004 Z.z. sa zaradia do kategórie **A**. Túto časť postupu znázorňuje ľavá vetva schémy (obr. 2). Vzorky, ktoré v zmysle upraviteľnosti vyhovujú kategóriám **A1**, **A2** a **A3** sú do nich zaradené. Tie vzorky, ktoré presahujú ukazovatele upraviteľnosti pre kategóriu **A3** sú zaradené do kategórie **B** a možnosť úpravy vody povoľuje MŽP SR. Pri tomto spôsobe hodnotenia kvality podzemnej vody sme prijali zásadu, že keď len jedna zložka je vyššia ako dané kritérium zo štandardov, prechádza vzorka (objekt) do horšej kategórie. V kategórii **A** je samozrejme potrebné zohľadniť, ktorý parameter z jednotlivých tried nevyhovuje.

Kritériá kategórie **A** vychádzajú a plne zohľadňujú Nariadenie vlády č. 354/2006 Z.z. (Rádiologické ukazovatele sú uvedené v Nariadení vlády č. 350/2006 Z.z. o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia) a rozdeľujeme ich s menšími úpravami nasledovne:

- I. Mikrobiologické a biologické
- II. Fyzikálne a chemické
  - II.1 Anorganické (zdravotne významné)
  - II.2 Organické
  - II.3 Senzorické a estetické
  - II.4 Žiaduce
- III. Rádiologické

V prípadoch, ak nemáme k dispozícii kompletné údaje, hodnotíme iba vybrané ukazovatele jednotlivých kategórií. V prípade nevyhovujúcich podzemných vôd pre kategóriu **A** analyzujeme a zvažujeme závažnosť jednotlivých kritérií, napr. v niektorých ukazovateľoch nevyhovujúcich kritérií **I** je možné odstrániť dezinfekciou a v tom prípade môžeme zaradiť vodu do kategórie **A**. Táto časť postupu je individuálna a môže sa meniť od prípadu k prípadu. Preto odporúčame v textovom komentári hodnotiť aj také odlišnosti, ktoré nemožno zohľadniť pri tomto postupe hodnotenia.

VIZUALIZÁCIA KATEGORIZÁCIE UPRAVITEĽNOSTI

V prvej fáze hodnotenia sú kvalitatívne charakteristiky podzemnej vody zaradené do kategórií **A**, **A1**, **A2**, **A3** a **B** vyjadrené bodovým spôsobom. Tento spôsob vyjadrenia kvality podzemnej vody je pomerne jednoduchý a robustné kritériá – kategórie, ktoré vlastne zahŕňajú výsledky chemickej analýzy do jedného parametra majú čitateľný a preukazný význam. V mapách nie je zohľadnená variabilita horninového prostredia, ani hydraulické parametre, tieto však podľa potreby môžu byť súčasťou mapového vyjadrenia. Nevýhodou uvedenej hydrogeochemickej charakteristiky podzemnej vody je najmä to, že nedáva do súvislosti všetky kategórie v jednej mape a tiež nevyjadruje plošnú distribúciu kvalitatívnych kategórií podzemnej vody alebo celkový prehľad o kvalitatívnych parametroch podzemnej vody z regionálneho pohľadu.

Zostavenie mapy vychádza z dvoch základných kritérií:

1. Jednotlivým kritériám sú pridelené číselné hodnoty (váhy):
   - Kategória **A** – 1
   - Kategória **A1** – 2
   - Kategória **A2** – 3
   - Kategória **A3** – 4
   - Kategória **B** - 5
2. Pretože sa v bodovom vyjadrení vyskytujú iba celé čísla, plošný vzťah medzi nimi v zmysle hodnoty a vzdialenosti bude obsahovať aj desatinné čísla. Aby bola plošná kategorizácia celočíselná a vyjadrovala iba vypočítané kategórie sú im pridelené nasledovné intervaly a farby:

- Kategória **A**, 1 – 1.9 (bezfarebná)
- Kategória **A1**, 2 – 2.9 (svetlo žltá)
- Kategória **A2**, 3 – 3.9 (žltá)
- Kategória **A3**, 4 – 4.9 (oranžová)
- Kategória **B**, 5 a viac (červená)

Druhým vstupom pre hodnotenie kvality podzemnej vody sú režimové pozorovania, resp. monitoring kvality podzemnej vody. Zdrojové údaje sú charakterizované v časti **II** schémy na obr. 1. Pri hodnotení majú informácie tohto charakteru nenahraditeľný význam, pretože sú prakticky jediným nástrojom na sledovanie kvalitatívnych zmien zdroja podzemnej vody v čase.

Vyhodnotenie odporúčame realizovať dvomi spôsobmi:

- Hodnotením vstupných údajov (časť **II**, obr. 1) podľa schémy uvedenej na obr. 2. Výsledkom hodnotenia bude kategorizácia podzemnej vody v čase.
- Hodnotením vstupných údajov (časť **II**, obr. 1) pomocou analýzy časových radov.

Prvý spôsob umožňuje hodnotiť stabilitu, resp. variabilitu chemického zloženia podzemnej vody v priebehu pozorovania. Vychádzajúc z predpokladu, že hodnotenie sa robí pre množstvo podzemnej vody v kategórii C, je daná doba pozorovania na ročné obdobie. Príslušná vyhláška neudáva interval pozorovania, ale z hľadiska hodnotenia by mal byť, pokiaľ je to možné, čo najhustejší s minimálnym odporúčaným krokom odberu jeden mesiac. Problematickým pri vyhodnotení pozorovania môže byť jednorázovo zvýšená koncentrácia niektorej zložky. Pokiaľ túto anomáliu nedokážeme vysvetliť a odôvodniť chybou pri odbere, transporte vzorky do laboratória, analýze, resp. inak, odporúčame odber vzorky zopakovať v čo najbližšej dobe k spornému odberu.

Druhý spôsob hodnotenia vstupných údajov režimového pozorovania je analýza časových radov. Predstavuje do určitej miery náročnejšie štatistické hodnotenie, ktoré však poskytuje výhodu v možnostiach stanovenia sezónnosti, zistenia cyklických efektov a modelovania trendu vývoja.

Pre zostavenie plošnej charakteristiky tried upraviteľnosti je potrebné bodové informácie editovať na útvary podzemnej vody, resp. hydrogeologické štruktúry a výsledná mapa predstavuje napr. oblasti, ktoré majú upraviteľnosť podzemnej vody kategórie **A2** (svetlo žltá farba) a **A3** (oranžová farba), pričom ostatné podzemné vody hydrogeologickej štruktúry majú upraviteľnosť v kategórii **A1**. V uvedených oblastiach na základe hydrogeologických informácií sa následne vyčísli množstvo podzemných vôd, ktoré sa odčíta od celkového množstva vypočítaného pre celú hydrogeologickú štruktúru.

ZÁVER

Návrh postupu hodnotenia kvality množstiev podzemných vôd pre kategóriu C vychádza z predpokladu čo najjednoduchšieho spojenia legislatívnych štandardov a dokumentačného hydrogeochemického materiálu. Výsledkom tejto aplikácie je možnosť rozčleniť množstvá vody do piatich kategórií podľa jej kvality a upraviteľnosti v spojení s hydrogeologickými údajmi.

Základným vstupným údajom je chemická analýza podzemnej vody. Pre účely hodnotenia sú rozdelené vstupné údaje (obr. 1) tak, aby zohľadňovali kvalitatívne vstupné informácie v dvoch úrovniach z hľadiska hodnovernosti:

- Pre potreby regionálneho hodnotenia, resp. hydrogeologickej štruktúry sú ako vstupné informácie použité existujúce výsledky jednorazových odberov, v časti **I** (obr. 1), ktoré majú z hľadiska dynamiky tvorby chemického zloženia podzemných vôd nižšiu informačnú hodnotu. Inými slovami sú zaťažené väčšou mierou neistôt z pohľadu potenciálnych zmien koncentrácií vplyvom sezónnych a cyklických zmien, ktoré prakticky z jednorazových odberov nemožno určiť.
- Pre režimové pozorovania sú to výsledky monitorovania kvality z jedného objektu (podzemná voda, povrchový tok významný pre dopĺňanie (vody s potamogénnou mineralizáciou, krasovo-puklinové vody s petrogénnou mineralizáciou) a využívané vodné zdroje pre zásobovanie obyvateľstva), ktorý hodnotí časť **II** (obr.1). Majú vyššiu informačnú hodnotu, pretože postihujú prirodzené, resp. umelo vyvolané zmeny v ich chemickom zložení.

Takto rozčlenené využiteľné množstvá podzemnej vody sa následne z hľadiska upraviteľnosti (teda kvalitatívneho aspektu) odpočítajú od kvantitatívne stanoveného množstva vody pre jednotlivé hydrogeologické štruktúry, resp. ich časti. Spojenie kvantitatívnej a kvalitatívnej charakteristiky je možné urobiť iba v prípadoch, kedy oba rozhodujúce faktory môžeme kvantifikovať na základe dostupných, resp. nových informácií. Výsledné kvantitatívno-kvalitatívne hodnotenie teda priamo závisí od kvality vstupných hydrogeologických a hydrogeochemických informácií. V návrhu je zohľadnený odlišný postup pri hodnotení jednorazových odberov, ako aj monitoringu kvality podzemnej vody, pričom jednorazové odbery majú nižšiu hodnovernosť, ako výsledky monitorovania. Výsledné hodnotenie sa zobrazuje jednoduchým kartografickým vyjadrením stanovených kategórií v bodovej aj plošnej forme a jasne rozdeľuje časti hydrogeologickej štruktúry podľa kvalitatívneho kritéria upraviteľnosti podzemnej vody.

LITERATÚRA

Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.
Nariadenie vlády SR č. 350/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia.
Vyhláška MŽP SR č. 141/2000 Z.z., ktorou sa vykonáva geologický zákon.
Vyhláška MŽP SR č. 636/2004 Z.z. o požiadavkách na kvalitu surovej vody a o prevádzkovej kontrole kvality vody.
Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady, ustanovujúca rámec pre činnosť Spoločenstva v oblasti vodnej politiky.

CRITERIA FOR QUALITATIVE CATEGORIES OF GROUNDWATER RESOURCES WITH RESPECT TO THEIR TREATMENT

SUMMARY

For the documented part of exploitable groundwater amounts, which also include qualitative parameters of calculated groundwater amounts mainly for C category, the information about water quality and its potential need of treatment is significant. This situation is caused by ambiguity and practically non existing methodology for such evaluation. Nowadays it is possible to use the legislation that enables and also actually obliges to perform qualitative evaluation of calculated groundwater amounts.

The basic input parameter represents chemical analysis of groundwater. For the purpose of the evaluation, the input parameters are divided (Fig. 1) in such a way they take into account qualitative input information at two levels from the point of view of their reliability:

- For the evaluation at regional level or for hydrogeological structure as input information are used existing results of single sample collections – **I** (Fig. 1), having from the point of view of dynamics of groundwater chemical composition lower informative value. In other words, they are burdened by greater level of uncertainty from the point of view of potential concentration changes due to seasonal and periodical changes which practically cannot be defined from single sample collection.
- For regimen observations results of monitoring of quality form the single object (groundwater, surface stream significant for recharge and used water supplies for population), evaluated in part **II** (Fig. 1) were used as input information. They are characterized with greater informative value since they catch natural or man-made changes in their chemical composition.

From the point of view of treatment, these categorized exploitable groundwater amounts are subsequently subtracted from quantitatively defined water amounts for single hydrogeological structures or their parts. The unification of quantitative and qualitative characteristics is possible to be made only in such cases when both decisive factors can be quantified based on available or new information. Then final quantitative-qualitative evaluation directly depends on quality of hydrogeological and hydrogeochemical information. The proposal deals with different technique for the evaluation of single sample collections, whereas these are of lower reliability as results of monitoring. Final evaluation is visualized through simple cartographic representation of determined categories in point and surface forms and clearly divides parts of hydrogeological structure according to qualitative criterion for groundwater treatment.