



## Hodnotenie kvality podzemnej vody náplavov Hornádu v južnej časti Košickej kotliny

Štefan Szabó<sup>1</sup>, Ladislav Tometz<sup>2</sup>

### Evaluation of the groundwater quality of Hornád river deposits in southern part of Košice valley

Southern part of the Košice valley is one of the most polluted areas in the Slovak Republic. Sources of pollution has a negative impact on the quality of groundwater, where the levels of pollutants often exceed the maximum admissible concentration for drinking water. Since the part of local villages has no public water pipeline, the polluted water from wells are the only local sources of water. This fact has a negative influence on the state of the health in the region. The following article is dealing with assessment of groundwater pollution, including mathematical methods of data processing.

**Key words:** groundwater quality, maximum admissible concentration, environment pollution, water analysis, statistics, Košice valley.

**PITNÁ VODA** - voda zdravotne nezávadná, ktorá ani pri trvalom používaní nevyvolá onemocnenie alebo poruchy zdravia prítomnosťou mikroorganizmov alebo látok ovplyvňujúcich akútnym, chronickým, alebo následným pôsobením zdravie spotrebiteľa a jeho potomstva a jej zmyslami registrované vlastnosti nebránia jej používaniu [STN 75 7111].

### Úvod

Oblasť južnej časti Košickej kotliny, tradične nazývaná ako "horný Abov" (obr.1), patrí medzi najviac zaťažené oblasti na Slovensku (Bobovniková, 1998). V tejto oblasti sa nachádza niekoľko zdrojov znečistenia životného prostredia, ktoré patria medzi najväčšie v našej republike. Podľa oficiálnych údajov, najväčším bodovým zdrojom znečistenia ovzdušia na Slovensku sú VSŽ a.s., (Klinda, 1995), najväčším bodovým zdrojom znečistenia povrchových vôd na Slovensku je ČOV Kokšov Bakša (Závadský, 1997). Medzi veľké zdroje znečistenia životného prostredia patria aj Tepláreň Košice a Spaľovňa TKO Košice - Krásna. Celá oblasť je navyše intenzívne poľnohospodársky využívaná, čo predstavuje ďalší plošný zdroj znečistenia najmä podzemných vôd. Celkový zlý stav životného prostredia sa premieta aj v zhoršenom zdravotnom stave miestnej populácie, najmä detí (Klinda, 1995), ktoré sú v nadmernej miere postihované chorobami dýchacích ciest a alergiami. V nedávnej minulosti sa vyskytlo aj niekoľko úmrtí malých detí v dôsledku otravy vodou kontaminovanou, najmä dusičnanmi (Michalus a Murárová, 1995).



Obr.1. Zaujímavé územie a jeho zdroje znečistenia.

Vo viacerých obciach Horného Abova nie je zavedený vodovod a zásobovanie domácností pitnou vodou je zabezpečované z individuálnych studní. Voda v studniach je pritom často zdravotne závadná a nespĺňa kritériá STN 75 7111 – Pitná voda.

Kvôli zhodnoteniu vplyvu vonkajších faktorov na kvalitu podzemných vôd bolo, v rámci projektu "Poznaj svoje práva", ktorý realizuje v skúmanej oblasti občianske združenie SOSNA, odobratých 50 vzoriek zo studní v celej oblasti Horného Abova. Tieto vzorky boli spracované a analyzované na Katedre chémie TU Košice. Náš príspevok je zameraný na ďalšie zhodnotenie výsledkov analýz, ako aj na matematicko-statistické spracovanie dát a interpretáciu výsledkov.

### Posúdenie potenciálnych zdrojov znečistenia

Zdroje znečistenia v skúmanej oblasti môžeme rozdeliť na malé a veľké. Medzi malé zdroje patria najmä žumpy a čierne skládky odpadov, pôsobiace nepriaznivo na podzemné a povrchové vody.

<sup>1</sup> Ing. Štefan Szabó, Ph.D., Katedra dobývania loží a geotechniky F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19

<sup>2</sup> Ing. Ladislav Tometz, Katedra geológie a mineralógie F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 15  
(Recenzenti: Doc. Ing. Natália Pliešovská, CSc. a RNDR. Ján Jetel, CSc.)

Čo sa týka veľkých zdrojov, najväčšími bodovými zdrojmi znečistenia ovzdušia v regióne sú VSŽ, a.s., Tepláreň Košice a Spaľovňa TKO Košice - Krásna. Emisie pochádzajúce z týchto zdrojov, vytvárajú v ovzduší ďalšie chemické zlúčeniny a zmesi ktoré padajú na povrch zeme vo forme prašného spádu, kyslých dažďov a imisií, ktoré spôsobujú zmenu chemizmu pôdy. Viaceré prvky a zlúčeniny sa po vylúhovaní pôsobením zrážok dostávajú do povrchových aj podzemných vôd. Medzi zdroje, pôsobiace priamo na kvalitu vôd patrí najmä ČOV Kokšov-Bakša, VSŽ, a.s. so svojimi odpadovými vodami, ako aj najvýznamnejší plošný zdroj znečistenia, ktorým je intenzívne poľnohospodárstvo. Uvedené veľké zdroje znečistenia slúžia vo veľkej miere najmä Košiciam. Všetky tieto zdroje znečistenia sa nachádzajú južne od Košíc, pričom vplyvom poveternostných podmienok je znečistenie unášané do obcí horného Abova. Podobná situácia je aj so znečistením vôd - kontaminované povrchové aj podzemné vody majú hlavný smer prúdenia približne zo severu na juh. Obce v tomto regióne sú teda, do istej miery, "ekologickou kolóniou" mesta Košice.

### Jednotlivé zdroje znečistenia v regióne

#### 1. Spaľovňa TKO

Pri spaľovacom procese komunálneho odpadu sa uvoľňuje množstvo plyných a tuhých látok, ktoré nepriaznivo pôsobia na životné prostredie a zdravie ľudí. Chemické látky najviac zaťažujúce životné prostredie majú tendenciu koncentrovať sa na najjemnejších časticach. Ide tu najmä o prvky: Sb, As, B, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag, Zn, ďalej organické toxické látky skupiny dioxínov, polychlorovaných organických látok a aromatické uhľovodíky. V roku 1994 bola realizovaná štúdia (Burčík, 1998), v rámci ktorej boli vypočítané celkové emisie ťažkých kovov (kg/rok), produkované košickou spaľovňou (tab.1).

Tab.1.

Prvok	Hg	Tl	Cd	As	Ni	Cr	Pb	Cu	Mn
Emisie [kg/rok]	1050	0,02	6,5	1,2	5,5	2,2	13,5	30	2,9

#### 2. Tepláreň

Košická tepláreň je prispôbená na využitie tuhých aj plyných palív. V tabuľke 2 je vypočítaná pravdepodobná hodnota ročných emisií pri 99% účinnosti elektromagnetických odľučovačov priemernom obsahu prvkov v uhlí (Burčík, 1998).

Tab.2

Prvok	Hg	Tl	Cd	As	Ni	Cr	Co	Pb	Cu	Mn
Emisie [kg.rok]	0,002	1,3	0,5	23,8	0,4	30	0,1	30	6,5	4,7

Významným potenciálnym zdrojom kontaminácie vôd môže byť aj odkalisko teplárne, umiestnené nad obcou Krásna nad Hornádom. Na toto odkalisko sa vo vodnej suspenzii dopravuje popolček z elektrostátických odľučovačov, v ktorom sú skoncentrované prvky Pb, Tl, Cd, As, Ni a Cr (Burčík, 1998).

#### 3. Hutnícka výroba

VSŽ, a.s. je najväčším bodovým zdrojom znečistenia ovzdušia na Slovensku. Okrem prašného spádu, oxidov N a C je aj významným zdrojom ťažkých kovov. V tabuľke č.3 sú uvedené priemerné odhadnuté ročné emisie sledovaných prvkov (10) počas jedného roka v t/rok. Z porovnania tabuliek vyplýva, že v prípade VSŽ, a.s. sú množstvá ťažkých kovov rádo tisícnásobne vyššie, než v prípade spaľovne a teplárne.

Tab.3.

Prvok	Hg	Tl	Cd	As	Ni	Cr	Co	Pb	Cu	Mn
Emisie[t/rok]	12,1	0,65	0,64	0,01	0,4	1,7	2,0	3,8	5,4	34,1

Okrem priameho znečisťovania ovzdušia sú VSŽ, a.s. aj významným zdrojom znečistenia povrchových a podzemných vôd a to najmä priesakmi z odkalísk, skládok a únikmi z výrobných prevádzok. O týchto formách znečistenia žiaľ nie sú k dispozícii oficiálne údaje.

#### 4. Čistiareň odpadových vôd

Čistiareň odpadových vôd, ktorá sa nachádza v blízkosti obce Kokšov Bakša je technicky aj kapacitne nevyhovujúca. Od ekologickej havárie, počas ktorej v roku 1996 došlo k prasknutiu vyhnívacej nádrže, dochádza k priesakom znečistenia do podzemných vôd. Voda, ktorá z ČOV vyteká, je nedostatočne vyčistená a obsahuje množstvo škodlivín.

V tabuľke č.4 sú uvedené výsledky analýz vody v Hornáde pri vyústení ČOV do recipienta, ktoré vykonalo OZ SOSNA v období máj a jún 1998. Všetky namerané hodnoty prekračujú hodnoty, stanovené Nariadením vlády 242/1993 Z.z.

Tab.4.

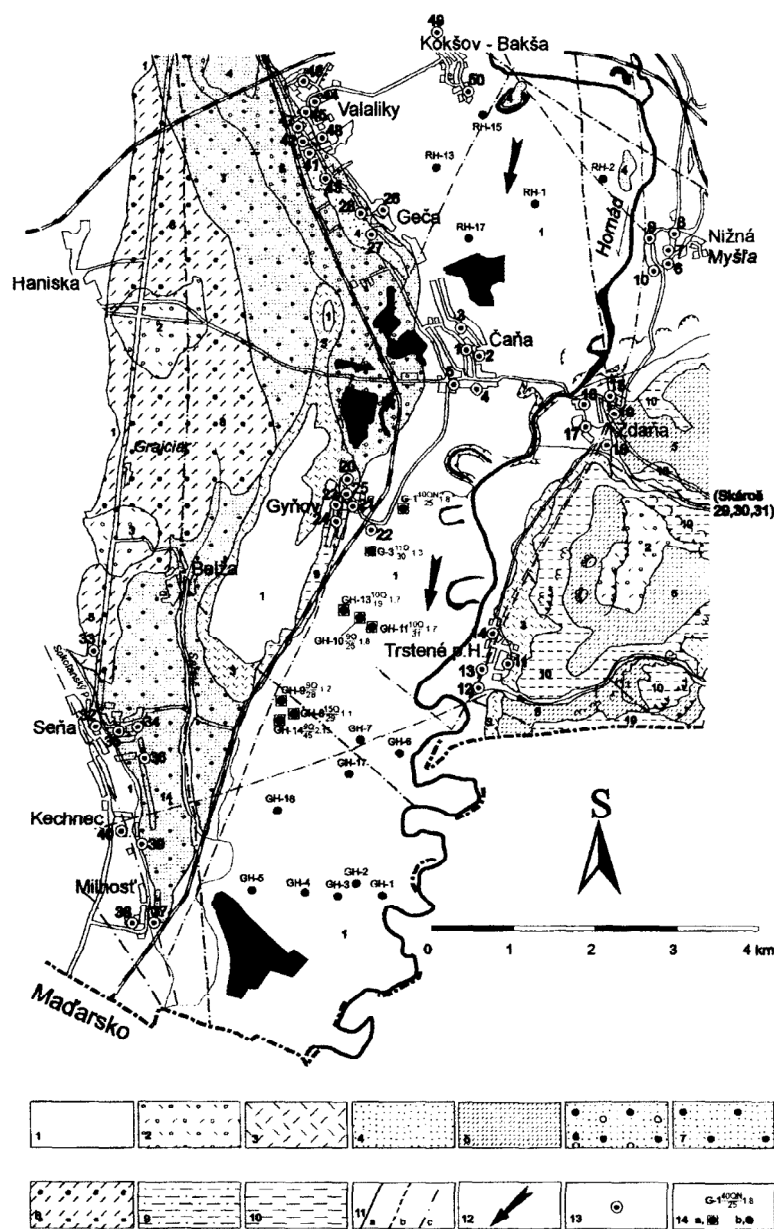
Parameter	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	Rozp.O <sub>2</sub>
Obsah [ mg.l <sup>-1</sup> ]	0.5	50	3.0	2.5	5.6

Kvôli uvedeným vplyvom je podľa MŽP SR výstavba novej ČOV na prvom mieste z celoštátneho hľadiska naliehavosti riešenia problému (Klinda, 1997).

## 5. Poľnohospodárstvo

Intenzívne poľnohospodárstvo predstavuje podľa mnohých odborníkov najväznejšiu hrozbu pre stabilitu krajiny a životné prostredie. Podľa ročenky, ktorú vydáva MŽP SR (Klinda, 1995), najkratšia priemerná dĺžka života obyvateľstva na Slovensku je v južných oblastiach, najmä v okresoch Trebišov, Košice-okolie, Lučenec, Veľký Krtíš, Levice a Bratislava. Táto skutočnosť je významne ovplyvnená zlou kvalitou podzemnej vody, ktorá často slúži ako lokálny zdroj pitnej vody v týchto oblastiach, pričom hlavným plošným zdrojom znečistenia podzemných vôd je v týchto oblastiach intenzívne poľnohospodárstvo.

Medzi najviac nebezpečné látky patria fosfáty a superfosfáty, ktoré zvyknú obsahovať zvýšené koncentrácie ťažkých kovov. Pesticidy, insekticidy, herbicidy a fungicidy sú takisto zdrojmi ťažkých kovov a ďalších jedovatých zlúčenín. Poľnohospodárska činnosť je aj hlavným zdrojom dusičnanov a dusitanov vo vodách, čo ohrozuje najmä zdravie detí. Podľa literatúry (Michalus a Murárová, 1995), celý okres Košice – okolie patrí do kategórie so zvýšeným obsahom dusičnanov.



Obr.2. Účelová hydrogeologická mapa - KVARTÉR: Holocén 1- fluviálne sedimenty: hliny, piesky, štrky, Pleistocén 2 – proluviálne sedimenty: hlinité, hlinito-piesčité, hlinito-štrkovité, KVARTÉR NEČLENENÝ: 3 – deluviálne sedimenty: hlinito – kamenité, 4 – eolické sedimenty: piesok, 5 – deluviálno-eolické sedimenty: sprašové hliny a spraše, 6 – fluviálne sedimenty: piesčité štrky, 7 – fluviálne sedimenty: piesčité štrky s pokryvom sprašových hlin, NEOGÉN: 9 – sečovské a kochanovské súvrstvie: íly s polohami piesku a štrku, 10 – stretavské súvrstvie: prachovité a vápnité íly, 11 – zlomy: a – zistené, b – predpokladané, c – zakryté, 12 – smer prúdenia hladiny podzemnej vody, 13 – studne pre individuálne zásobovanie, 14 – významné hydrogeologické vrtý (a, využívané, b, nevyužívané); G-1 – pôvodné označenie vrtu, 40 – hĺbka vrtu [ m ] a navrhované vrstvy, 25 – výdatnosť [ l.s<sup>-1</sup> ], 1,8 – narazená hladina podzemnej vody [ m.p.t. ].

## Hydrogeologická charakteristika územia

Na geologickej stavbe záujmového územia sa v rozhodujúcej miere podieľajú sedimenty kvartéru, ktorých podložie tvoria neogénne sedimenty (obr.2). Centrálna časť hodnoteného územia je vyplnená fluviálnymi sedimentami vo forme piesčitých a hlinitých štrkov, povodňových hlin a ílov údolných nív. Menej sú zastúpené proluviálne hlinito-piesčité (štrkovité) sedimenty, deluviálne hlinito-kamenité suty, eolické piesky vytvárajúce na záujmovom území ostrovy menšieho plošného rozsahu. Výraznejšie sú zastúpené na Z okraji fluviálne sedimenty vo forme piesčitých a zahlienených štrkov riečnych

terás. Neogén vystupuje na povrch len ojedinele v centrálnej časti vo forme ílov s polohami piesku a štrku - sečovské a kochanovské súvrstvie. Výraznejšie zastúpenie má na JV okraji (západné svahy Slanských vrchov) s prevahou prachovitých a vápnitých ílov stretavského súvrstvia (obr. 2). Hydrogeologické pomery sú odrazom

geologickej stavby územia. V zmysle hydrogeologickej rajonizácie Slovenska (Šuba et al., 1984) je územie súčasťou rajónu Q 125 - kvartér Hornádu a Košickej kotliny. Z hľadiska predmetného hodnotenia nadobúdajú najväčší význam hydraulické vlastnosti jednotlivých typov sedimentov, ktoré podmieňujú aj rýchlosť a rozsah šírenia sa znečistenia v daných podmienkach. Koefficient prietochnosti štrkov v údolnej nive dosahuje rádoovo hodnotu  $1.10^{-2} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , na terasách sa pohybuje v rozmedzí  $10^{-5}$  až  $10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Vrchná krycia vrstva je tu najčastejšie tvorená málo priepustnými hlinitými, ílovitými, menej hlinito-kamenitými, prípadne hlinito-štrkovými sedimentmi. Hrúbka krycej vrstvy dosahuje v náplavoch Hornádu 2 - 6 m. V uvedenom hydrogeologickom rajóne Q 125 od Košíc po štátnu hranicu s Maďarskom ako základnej jednotke pre bilancovanie podzemných vôd boli vyčíslené a schválené využiteľné zásoby v množstve  $450 \text{ l.s}^{-1}$ . Z hľadiska predmetného hodnotenia však nadobúdajú význam len zdroje medzi Čaňou a Seňou, z ktorých sa v súčasnosti využíva  $75 \text{ l.s}^{-1}$  podzemnej vody (Halešová a Petrivaldský, 1991). Podzemná voda fluvialnych sedimentov má pôvod hlavne v presakujúcej zrážkovej a povrchovej vode. Jej chemické zloženie je prevažne určované miešaním vôd rôznej mineralizácie a mineralizačnými procesmi prebiehajúcimi v systéme fluvialne štrky a piesky - voda. Takéto genetické pomery zapríčiňujú charakteristickú priestorovú variabilitu chemického zloženia podzemnej vody. Chemické zloženie tejto vody (cca 50%) je výrazného vápenato-hydrogenuhličitanového typu. resp. nevýrazného typu (35 %) a zvyšok tvorí voda nevýrazného Ca-(Mg)-SO<sub>4</sub> a Ca - SO<sub>4</sub> – HCO<sub>3</sub> typu (Halešová a Petrivaldský, 1991). Úzka hydraulická spojitosť Hornádu vplýva na kvalitu a kyslíkový režim podzemných vôd.

### Výsledky analýz vzoriek podzemnej vody

Vzorky boli odoberané počas mesiaca september 1998 zo studní, ktoré sa aspoň čiastočne využívajú pre domáce potreby. Miesta odberov vzoriek vody sú znázornené na obr.2. Na Katedre chémie HF TU Košice boli vykonané rozborov predmetných vzoriek na nasledovné komponenty: koliformné baktérie, As, NO<sub>3</sub>, Cd, Pb, Hg, Cl, rozpustné látky, Mn, Cu, Zn, Fe, vodivosť, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, Cr, Ni, Ag, V, Ti (Pliešovská et al., 1998).

#### a) mikrobiologické a biologické ukazovatele:

Prítomnosť koliformných baktérií indikuje čerstvé fekálne znečistenia zo zažívacích traktov teplokrvných živočíchov, včítane človeka. STN 75 7111 nepripúšťa prítomnosť týchto baktérií v pitnej vode, najvyššia medzná hodnota (NMH) = 0. Voda, v ktorej boli nájdené zárodoky kolónií baktérií, je hygienicky závadná. Z 50 analyzovaných vzoriek 40 vykazovalo prítomnosť koliformných baktérií, z toho 18 vzoriek je extrémne znečistených! Toto znečistenie s najväčšou pravdepodobnosťou pochádza z miestnych bodových zdrojov, najmä žump, stajní a družstiev, chovajúcich dobytok.

#### b) fyzikálne a chemické ukazovatele:

##### a/ Toxikologické ukazovatele:

V rámci tejto skupiny ukazovateľov boli stanovené koncentračné hodnoty nasledovných znečisťovateľov: *arzén* – stanovenie sa uskutočnilo spektrofotometrickou metódou, hranica dôkazu ktorej je 0,002 mg/l. *kadmium* – stanovenie sa uskutočnilo metódou atómovej absorpčnej spektrometrie s kovovým atomizátorom. Hranica dôkazu metódy je 0,0001 mg/l. *olovo* – stanovenie sa uskutočnilo metódou atómovej emisnej spektrálnej analýzy. Hranica dôkazu je 0,001 mg/l. Tieto polutanty sa vo vzorkách nachádzajú pod hranicou dôkazu metód, čo znamená, že ich obsahy sú rádoovo nižšie, než prípustné hodnoty NMH v pitnej vode. *Ortuť* – je stanovená na analyzátore TMA-254, hranica dôkazu metódy je 0,0002 mg/l. V jednom prípade vo vzorke č.6 obsah ortuti je vyšší, než NMH.

Dusičnany sú stanovené spektrofotometrickou metódou. V prípade vzoriek 1, 3, 6, 17, 18, 26, 28, 39, 45, obsah dusičnanov sa rovná  $50 \text{ mg.l}^{-1}$  a v prípade vzoriek 38, 43, 48 prekračuje hodnotu NMH (tab.5). Vody z uvedených studní by sa nemali používať ako pitné, zvlášť pre kojencov. Dusičnany sami o sebe sú pre človeka málo škodlivé; ich škodlivosť je porovnateľná s vplyvom chlóru. Dusičnany škodia nepriamo, nakoľko v gastrointestinálnom trakte sa redukujú na dusitany. Dusitany reagujú s hemoglobínom na methemoglobín, ktorý už nemá schopnosť prenášať kyslík, čo je veľmi nebezpečné pre kojencov. Dlhodobé požívanie vody s nadlimitnými obsahmi dusičnanov predstavuje riziko náchylnosti k nádorovým ochoreniam.

Musíme podotknúť, že podľa nášho názoru je platný limit pre dusičnany  $50 \text{ mg.l}^{-1}$  príliš slabý. Svetová zdravotnícka organizácia WHO odporúča limit  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  s odôvodnením, že vyššie hodnoty sú pre kojencov jednoznačne nebezpečné.

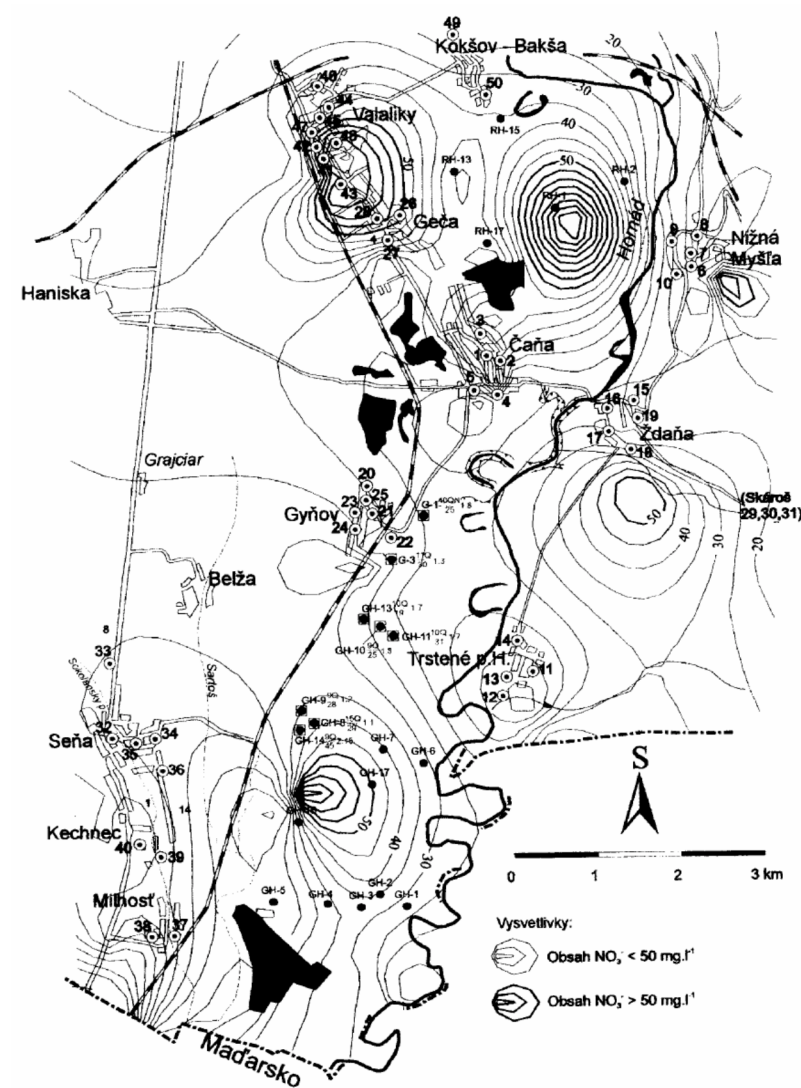
Pre ilustráciu priestorovej distribúcie najvýznamnejšej znečisťujúcej látky, ktorou sú dusičnany bola použitá metóda jednoduchého krigovania (program SURFER). Mapa izolínií, znázorňujúca priestorovú distribúciu NO<sub>3</sub> v regióne je uvedená na obr.3.

Pri tvorbe tohoto modelu boli použité aj hodnoty obsahu NO<sub>3</sub> vo vzorkách odobraných za podobných klimatických podmienok zo studní GH – 1 až 9, GH – 14, 16, 17 a RH – 1, 2 13, 15, 17 (Halešová a Petrivaldský, 1991).

Tab.5.

Por. č.	Miesto odberu	mg.l <sup>-1</sup>
1	Čaňa – ZŠ	50
2	Čaňa – Atletická 1	10
3	Čaňa – Urbanská 15	50
4	Čaňa – Tichá 29	15
5	Čaňa – Oslobo. 127	1
6	N.Myšľa – Druž. 212	50
7	N.Myšľa – Druž. 202	40
8	N.Myšľa – Sklad. 32	1
9	N.Myšľa – Hlav. 277	1
10	N.Myšľa – Hlav. 278	0
11	Trstené p.H. – ZŠ	40
12	Trste. p.H.- Horn.11	20
13	Trste. p.H – Mlyn.22	20
14	Trste. p.H. – Tichá 2	0
15	Ždaňa 26	15
16	Ždaňa 251	20
17	Ždaňa 197	50
18	Ždaňa 163 PD	50
19	Ždaňa 50	20
20	Gyňov – Na kopci 8	30
21	Gyňov – Krátka 6	40
22	Gyňov – pri ZŠ	20
23	Gyňov – Hlavná 32	45
24	Gyňov – Čanianska	30
25	Gyňov – Na kopci 7	15

Por. č.	Miesto odberu	mg.l <sup>-1</sup>
26	Geča 57	50
27	Geča 180	15
28	Geča 259	50
29	Skároš – obec.studňa	10
30	Skároš 263	10
31	Skároš 216	10
32	Seňa - rom.os.ver.st.	40
33	Seňa 26	30
34	Seňa 287	40
35	Seňa 318	30
36	Seňa 538	40
37	Milhošť 4	10
38	Milhošť 45	100
39	Kechnec 82	50
40	Kechnec	30
41	Valalíky – Topolová 9	30
42	Valalíky – Hlavná 126	30
43	Valalíky – ZŠ	70
44	Valalíky 30	30
45	Valalíky – Čorgov	50
46	Valalíky	30
47	Valalíky	30
48	Valalíky – Hlavná III./25	80
49	Kokšov – Bakša	15
50	Kokšov – Bakša	30

Obr.3. Mapa izolínií obsahu NO<sub>3</sub><sup>-</sup> [mg.l<sup>-1</sup>] v podzemnej vode.b/ Ukazovatele zmyslovo postrehnuteľné:

Chloridový ión (Cl<sup>-</sup>) sa stanovil spektrofotometrickou metódou. Chloridy sú biochemicky a chemicky pomerne stabilné. Nakoľko človek spotrebuje 10-15 g.l<sup>-1</sup> NaCl denne, nie sú chloridy v pitnej vode závadné.

Rozpustené látky sa stanovili ako odparok na vodnom kúpeli. Odparovanie sa uskutočnilo pri 100 °C, aby nedošlo k strate ľahko-prchavých látok. Mangán, meď, zinok, železo sú stanovované metódou atómovej emisnej spektrografie. Hranice dôkazu v tab.6 sú nasledovné:

Obsahy medi a zinku neprekračujú hygienické normy. Obsah mangánu je vyšší, než medzná hodnota (MH) vo vzorkách č. 8, 10, 36. Mangán je v týchto koncentráciách zdravotne nezávadný, ale môže zhoršiť senzorické vlastnosti vody. Jeho MH je nižšia než u železa, pretože mangán sa môže prejavovať premnožením mangánových baktérií.

Obsah železa prekračuje MH vo vzorkách č. 1, 3, 6, 7, 8, 10, 11,

14, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 35, 36, 39, 50. Častý výskyt nadlimitných koncentrácií železa poukazuje na nepriaznivý kyslíkový režim a ovplyvňuje senzorké vlastnosti vody, a to farbu, chuť a zákal.

Tab.6.

mangán	meď	zinok	železo
0,001 mg.l <sup>-1</sup>	0,001 mg.l <sup>-1</sup>	0,01 mg.l <sup>-1</sup>	0,003 mg.l <sup>-1</sup>

c/ Ostatné ukazovatele:

Vodivosť sa stanovila konduktometricky. Vo vzorkách č. 1, 23, 24, 25, 38, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48 prekračuje indikačnú hodnotu 100 mS.m<sup>-1</sup>, to znamená väčšiu prítomnosť iónových foriem makrokomponentov vody.

Amonné ióny: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sa stanovili spektrofotometrickou metódou. Amoniakálny dusík je z hygienického hľadiska veľmi významný, pretože je indikátorom rozkladu organických dusíkatých látok. Vo vzorkách 8, 10, 14, 24, 29, 31, 40 prekračuje hodnotu prípustnej koncentrácie. Dusitany (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) sa stanovili spektrofotometrickou metódou. Vo vzorkách neprekročili prípustnú koncentráciu. Dusitany sú vo vodách veľmi nestále, ľahko sa redukujú na dusík a oxidujú na dusičnany. Ich prítomnosť vo vyššej koncentrácii spôsobuje methemoglobiniu, resp. v gastrointestinálnom trakte živočíšnych organizmov sa predpokladá možnosť transformácie v karcinogénny nitrosoamin.

Fosforečnanové ióny (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) sa stanovili kvalitatívne. Norma na pitnú vodu nepredpisuje prípustnú koncentráciu fosforečnanových iónov, nakoľko zlúčeniny fosforu majú významnú úlohu v prírodnom kolobehu látok. Na druhej strane obsah fosforečnanov v podzemných vodách mohol by slúžiť ako indikátor znečistenia, pokiaľ by šlo o fosforečnany organického pôvodu. Žiaľ, rozsiahle použitie zlúčenín fosforu v poľnohospodárstve znižuje ich indikačnú hodnotu.

**c) ukazovatele špeciálneho rozboru:**

Anorganické ukazovatele:

Vybrané anorganické ukazovatele boli stanovené metódou atómovej emisnej spektrálnej analýzy. Hranice dôkazu pre stanovované ťažké kovy sú nasledovné:

Tab.7.

Cr	Ni	Ag	V	Ti
0,001 mg.l <sup>-1</sup>	0,02 mg.l <sup>-1</sup>	0,001 mg.l <sup>-1</sup>	0,001 mg.l <sup>-1</sup>	0,001 mg.l <sup>-1</sup>

Obsahy chrómu a niklu sú vo všetkých vzorkách nižšie než hranica dôkazu, čo znamená, že sú rádovo nižšie, než NMH.

Obsahy striebra sa pohybujú v koncentráciách pod, resp. blízko hraníc dôkazu a obsah vanádu je síce vo vzorkách stanoviteľný, ale vo všetkých prípadoch s výnimkou vzoriek č. 1 a 10 rádovo nižší, než NMH.

**Štatistické spracovanie výsledkov analýz**

Pre matematické spracovanie výsledkov analýz boli použité počítačové programy "Geo Toolkit" (Clark, 1996) a "GEO-EAS" (Englund a Sparks, 1988).

Na začiatku boli pre spracovanie výsledkov analýz použité základné štatistické procedúry. V tab.8 sú uvedené najvyššie medzné hodnoty koncentrácií podľa STN 75 7111 a základné štatistické parametre (aritmetický priemer, rozptyl, minimálna a maximálna hodnota) pre vybrané anorganické parametre. Parametre As, Cd, Pb, Zn, Ni a Ag neboli spracované, pretože ich hodnoty vo vzorkách boli pod hranicou dôkazu.

Tab.8.

Komponent	NMH	aritm.priemer	rozptyl	min.	max.
NO <sub>3</sub>	50	30.7	444.7	0	100.0
Hg	0.001	0.0003	0	0.0001	0.0012
Cl	100	18.8	83.1	3.0	14.5
Rozpust.lát	1000	863.7	71842.0	200.0	1416.0
Mn	0.1	0.031	0.0074	0.001	0.48
Cu	0.1	0.0064	0.0001	0.001	0.04
Fe	0.3	1.37	14.05	0.003	20.5
Vodivosť	100	96.98	758.0	28.5	197.8
NH <sub>4</sub>	0.5	0.38	0.22	0	2.0
NO <sub>2</sub>	0.1	0.0244	0.0001	0.02	0.07
Cr	0.05	0.0017	0	0.001	0.02
V	0.1	0.4	0.0008	0.001	0.12
Ti	0,01	0.012	0.0013	0.001	0.2

Ďalšou metódou spracovania bola korelačná analýza, v rámci ktorej bola skúmaná prítomnosť príčinnej závislosti medzi dvojicami parametrov. Z výsledkov vyplynulo, že medzi väčšinou z dvojíc parametrov nejestvuje štatistická závislosť. Významnejšia korelácia je prítomná v nasledujúcich prípadoch:

Tab.9.

Komponenty	korelácia
Fe – Ti	0,801
Mn – Fe	0,698
Rozpustené látky – vodivosť	0,661
V – rozpustené látky	0,423

Čiastočná korelácia je prítomná v prípadoch: Mn - Ti : 0.38 a Cu - Fe : 0.33. Korelácia je prítomná prakticky iba v prípade niektorých dvojíc ťažkých kovov, čo indikuje zrejme spoločný pôvod týchto polutantov.

Analýza distribúcie nameraných veličín ukázala, že v prípade parametrov: Hg, Cu, Fe, Mn, NH<sub>4</sub>, Cr a Ti môžeme hovoriť o viac-menej kontinuálnych populáciách, s lognormálnym typom rozdelenia. Parametre vodivosti a rozpustené látky vykazujú normálny typ rozdelenia. Zvyšná, menšia časť parametrov (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Cl, V) tvorí súvislé populácie, ale sa jedná o zmiešané populácie, ktoré majú zrejme pôvod vo viacerých zdrojoch znečistenia (tab.10).

Tab.10.

Parameter	Typ rozdelenia
NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , Cl, V	zmiešaný (dvojvrcholový)
Hg, Ti, Mn, Cu, Fe, Cr, NH <sub>4</sub>	lognormálny
Rozpustené látky, Vodivosť	normálny

### Záver

Na základe výsledkov analýz je možné povedať, že väčšina hodnôt je pod úrovňou dlhodobých priemerov. Najmä obsahy ortute, dusičnanov a amoniaku sú nižšie, ako dlhodobé priemery. Bolo to spôsobené nadpriemerne dažďovým rokom (najmä letom) 1998, ktorý spôsobil, že došlo k výraznému zriedeniu znečistenia podzemných vôd dažďovými vodami. V prípade dusičnanov zohralo významnú úlohu aj obdobie, počas ktorého sa vzorky odoberali (leto 1998). Je známou skutočnosťou, že počas vegetačného obdobia sú dusičnany odčerpávané rastlinami a pri vyšších teplotách sú obsahy dusičnanov nižšie. Všeobecne platí, že maximálne koncentrácie dusičnanov sú dosahované pri najnižších teplotách, teda v zime. Môžeme teda predpokladať, že aj v skúmanej oblasti sú obsahy dusičnanov v podzemných vodách v zimnom období podstatne vyššie (napríklad, podľa mapy, ktorú vydalo MŽP SR v r. 1996, autor M. Kaličiak a kol. sú maximálne hodnoty dusičnanov v tejto oblasti okolo 300 mg.l<sup>-1</sup>).

Napriek tomu, že znečistenie v studniach bolo do istej miery zriedené dažďovými a povrchovými vodami, mikrobiologické znečistenie, zvýšený obsah dusičnanov, amoniaku a prítomnosť niektorých ťažkých kovov (najmä Hg) spôsobujú, že voda zo studní by sa v mnohých prípadoch vôbec nemala používať na pitie a varenie (napríklad studne č. 1, 3, 6, 17, 25, 26, 38, 39, 40, 43). V mnohých prípadoch, sa však používa - napríklad ZŠ Čaňa používa závadnú vodu na prípravu jedál v jedálni a podobne.

Čo sa týka možných zdrojov znečistenia, v prípade Hg (N. Myšľa) je najpravdepodobnejším zdrojom blízke odkalisko teplárne. V prípade Mn, ktorý vzniká pri spracovaní železa sú možnými zdrojmi VSŽ, a.s. (Seňa) a odkalisko teplárne (N. Myšľa). Nadlimitné hodnoty Fe sú pôvodom z VSŽ. Pokiaľ ide o V, možnými zdrojmi kontaminácie sú VSŽ (Čaňa) a odkalisko teplárne (Nižná Myšľa). Zdrojom dusičnanov a amoniaku v celom regióne je intenzívne poľnohospodárstvo a živočíšna výroba.

Najviac rozšírenou formou znečistenia je mikrobiologické znečistenie - 40 vzoriek je kontaminovaných koliformnými baktériami. Je to silne ovplyvnené vysoko položenou hladinou podzemných vôd (v priemere okolo 2 m pod povrchom terénu), čo znamená, že priesaky z miestnych bodových zdrojov, najmä žump, stajní a družstiev, chovajúcich dobytok môžu bezprostredne kontaminovať studne.

Náprava musí nastať z oboch smerov. Pokiaľ v obci nie je vodovod a kanalizácia, tak miestni obyvatelia by si mali zabezpečiť aspoň odizolovanie žump a ich pravidelné odčerpanie fekálnym vozidlom. Na druhej strane by sa mali snažiť vonkajšie zdroje znečistenia (VSŽ, ČOV a pod.) o zamedzenie svojho vplyvu na okolité prostredie.

### Literatúra

- Bobovníková, Z.: Environmentálny akčný plán košickej ohrozenej oblasti. *Manuskript – SAŽP Košice, 1998, s. 30.*
- Burčík, I.: Zhodnotenie záťaže životného prostredia v okolí spaľovne TKO Košice - Krásna. *Manuskript - APS ECOS Košice, 1998, s. 18.*

- Clark, I.: Geostokos Toolkit. *Alloa, Scotland, Alloa Bussiness Centre, 1996, s. 220.*
- Englund, E. and Sparks, A.: GEO-EAS User`s Guide. *Las Vegas, U.S. EPA 1988, s. 280.*
- Halešová, A. a Petrivaldský, P.: Košice – prognóza zdrojov pitnej vody v okrese. *Manuskript – Geofond Bratislava, 1991, s 64.*
- Klinda J.: Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 1994., *Manuskript - MŽP SR Bratislava, 1995, s. 167.*
- Klinda, J.: Národný environmentálny akčný program. *Manuskript - MŽP SR Bratislava 1997, s. 130.*
- Michalus, M. and Murárová., M.: The importance of water for life and health - communal water supply. *In: Timčák, G. (red.): Summer Scholl in Ecology and Environmental Training, Zbor. ref. TU Košice, 1995, s. 111 - 131.*
- Pliešovská, N., Holéczyová, G., Soláriková, M., Baňasová, S., a Palaščáková, B.: Zhodnotenie kvality vody v studniach južnej časti povodia rieky Hornád. *Manuskript – HF TU Košice, 1988, s. 10.*
- Skalský, J. a Leško, O.: Vplyv spaľovne odpadov CZO Košice na emisnú situáciu v širšom okolí. *Manuskript - ÚVR Ekológia Košice, 1994, s. 28.*
- Šuba J., Bujalka, P., Cibulka, L., Hanzel, V., Kullman, E., Porubský, A., Pospíšil, P., Škvarka, L., Šubová, A., Tkáčik, P. a Zakovič, M., 1984 : Hydrogeologická rajonizácia Slovenska. *SHMÚ Bratislava, s 100.*
- Závadský, I.: Národný akčný plán pre povodie Dunaja. *Manuskript - MŽP SR Bratislava, 1997, s. 52.*