

# VLIVY CHEMICKÉHO OŠETŘOVÁNÍ VOZOVKY NA KVALITU PODZEMNÍ VODY

Impact of road de-icing chemicals on groundwater quality

Pavel Ondráček

ENVI-AQUA, s.r.o., Blatného 1, 616 00 Brno; e-mail:ondracek@enviaqua.cz

(14-41) Šumperk

**Klíčová slova:** groundwater, road de-icing, conductivity, sodium chloride

## Abstract

The two-time groundwater sampling from domestic wells located in Dolní Studenky and Sudkov villages was realized for the impact specification of used de-icing chemicals. The increasing of conductivity and chlorides concentration was registered in groundwater after the winter road salting up to the distance 7–8 m from the roadside. As it was calculated from the amount of used de-icing material and rainfall, 23 % of chlorides were transported into the groundwater and no increasing of sodium concentrations was detected.

## Úvod

Chemické ošetřování silnic je obvyklá metoda zajištění sjízdnosti v zimním období. Pro posyp je nejčastěji používán chlorid sodný (min. 97,5 %) s přísadou ferrokyanidu draselného proti spékavosti. Obecně jsou známy negativní vlivy solení na vegetaci, korozi stavebních konstrukcí a dopravních prostředků. Dopady solení silnic na faunu, flóru, podzemní a povrchové vody ve státě New York jsou popsány práci Wegnera a Yaggiho (2001).

Soli jsou mobilizovány dešťovými srážkami a tající vodou, vstupují do povrchových toků, horninového prostředí a následně do podzemní vody (Howard – Beck 1993).

Ve vodném prostředí dochází k disociaci NaCl na aniony Cl<sup>-</sup> a kationy Na<sup>+</sup>. Kationy Na<sup>+</sup> se v půdním profilu vážou na záporně nabitě částice a vytěsňují ostatní dvojmocné kationy, zejména Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup>. Aniony Cl<sup>-</sup> jsou málo reaktivní a jsou transportovány půdním profilem do podzemní vody. Nárůst koncentrací Cl<sup>-</sup> v podzemních a povrchových vodách vlivem solení silnic může dosahovat až 243 % v průběhu 47 let (Godwin et al. 2003). Chemické ošetřování silnic solí je tedy významným zdrojem kontaminace vodního prostředí a lze předpokládat, že jeho vliv nadále poroste (Howard – Livingstone 2000).

Vlivy solení silnice III/3703 na zdroje podzemní vody v obcích Dolní Studenky a Sudkov a změny v koncentracích chloridů a sodíku byly předmětem předložené práce.

## Metodika

Pro ověření přímých vlivů solení na podzemní vody byla vybrána silnice III/3703, která spojuje obce Postřelmov, Sudkov a Dolní Studenky s městem Šumperk. Silnice byla v zimní sezóně 2004/2005 solena teprve druhým rokem, v předchozím období byl posyp prováděn inertním materiálem. Celkem bylo vybráno 7 využívaných domovních studní v obcích Dolní Studenky a Sudkov jižně od Šumperka.

Všechny vytipované studny jsou využívány k čerpání podzemní vody pro užitkové účely (zálivka, mytí).

Rozsah využívání je odlišný, od občasných čerpání po pravidelný odběr.

Vzorky podzemní vody byly odebrány ve dvou cyklech, podzimní vzorkování bylo realizováno před předpokládanými prvními sněhovými srážkami v území (6. 10. 2004). Jarní cyklus vzorkování byl proveden po ukončení zimního ošetřování vozovek (13. 4. 2005).

V průběhu odběru vzorku vody byly měřeny základní parametry, týkající se úrovně hladiny podzemní vody a stavu vzorkovaného objektu, dále byly měřeny hodnoty pH, Eh, teploty, vodivosti a volného kyslíku. Vzorky podzemní vody byly odebrány ze studní přímo do připravených vzorkovnic po předchozím krátkodobém čerpání. V odebraných vzorcích vody byly stanoveny obsahy chloridů a sodíku, analýzy provedla laboratoř Zdravotního ústavu se sídlem v Brně.

## Hydrogeologické poměry území

Z regionálně geologického hlediska náleží oblast do území na styku hornin keprnické a desenské klenby silezika. Dle hydrogeologického členění zájmové území spadá do rajónů 643 – Krystalinikum Východních Sudet a 161 – Fluviální sedimenty v povodí Horní Moravy (Michlíček et al. 1986).

Skalní podloží je v prostoru Dolních Studének budováno svorovými rulami a svory desenské klenby. Kvartérní sedimenty jsou tvořeny svahovými hlínami, sprašemi a sprašovými hlínami o mocnosti maximálně 7,0 m. Oběh podzemní vody se děje v prostředí písčitých svahových hlín a v zóně zvětrávání a pásnu podpovrchového rozpojení krystalických hornin. Součinitel filtrace tohoto prostředí dosahuje průměrné hodnoty  $1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ .

Obec Sudkov leží na horninách keprnické klenby budovanými biotitickými migmatitizovanými rulami. Kvartérní sedimenty o mocnosti až 7,1 m jsou tvořené fluviálními uloženinami údolní nivy řeky Desné. Jde o světle hnědé jílovité povodňové hlíny, v jejichž podloží se nacházejí šedé šterkopisky s valouny do 20 cm v průměru. Fluviální sedimenty řeky Desné jsou charakterizovány součinitelem filtrace v rozmezí  $3 \cdot 10^{-5}$  až  $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$ .

**Výsledky**

Podzemní voda v obcích Dolní Studénky a Sudkov je neutrální až slabě kyselé reakce, hodnoty Eh a pH naznačují, že vzorkované vody ve studních jsou mělké podzemní vody atmosférického původu vázané na kvartérní sedimenty.

Výsledky terénních měření a laboratorních analýz vzorků podzemní vody na stanovení obsahů chloridů, sodíku a stanovení pH a vodivosti jsou uvedeny v tabulce (tab. 1).

Při jarním termínu měření je evidentní značný nárůst sloupce vody v jednotlivých sledovaných objektech, který je způsoben poměrně prudkým oteplením koncem března 2005 s následným táním sněhu na svazích Úsovské vrchoviny.

V parametrech pH a Eh nebyly v obou vzorkovaných termínech zjištěny významné rozdíly. Hodnota Eh ve vzorku ze studny Dolní Studénky D v podzimním termínu naznačovala, že podzemní voda stagnuje a nekomunikuje s okolním horninovým prostředím. Po nárůstu hladiny na jaře 2005 však hodnota Eh korespondovala úrovní oxidačně redukčního potenciálu v okolních studních.

Změny v celkové mineralizaci podzemní vody jednotlivých studní po zimním období jsou zřejmé z nárůstu hodnoty vodivosti, zejména ve studních v obci Dolní Studénky. Změny ve vodivosti však nemusí odrážet zvýšené koncentrace chloridů a sodíku vlivem solení. Příkladem je studna Dolní Studénky B, kde vysoké hodnoty vodivosti na podzim 2004 i na jaře 2005 spíše indikují blíže nespecifikovanou kontaminaci podzemní vody anorganickými látkami.

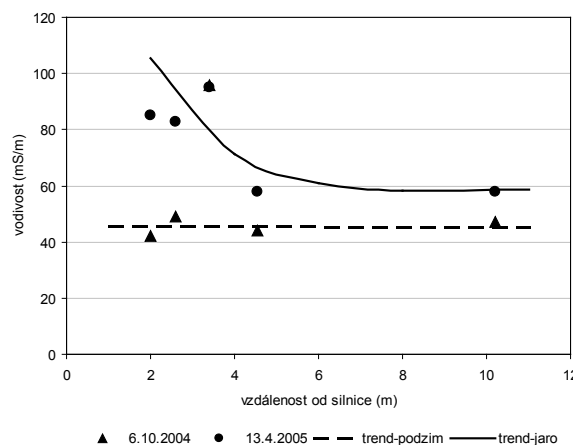
V grafu (obr. 1) jsou znázorněny změny vodivosti podzemní vody na lokalitě Dolní Studénky se vzdáleností objektu od silnice včetně trendu změn. Z grafu vyplývá, že v objektech vzdálených od vozovky do 6 až 8 m byl zjištěn nárůst vodivosti v jarním termínu vzorkování.

Zvýšené hodnoty vodivosti ve srovnání podzimního a jarního termínu vzorkování byly potvrzeny značným nárůstem koncentrací chloridů ve studních v bezprostřední blízkosti vozovky (Dolní Studénky C nárůst o 88 mg/l, Dolní Studénky D nárůst o 96 mg/l). Velmi malý nárůst obsahů chloridů (o cca 20 mg/l) byl sledován ve studních Dolní Studénky A a E, v ostatních objektech koncentrace stagnovala nebo dokonce klesla. Změny v koncentracích chloridů v Dolních Studénkách se vzdáleností od silnice s vyznačením trendů změn v podzimním a jarním termínu jsou uvedeny v následujícím grafu (obr. 2).

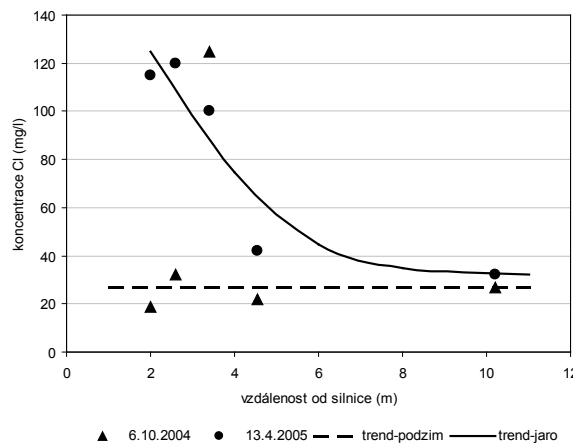
Nárůst koncentrací chloridů lze očekávat pouze v bezprostřední blízkosti vozovky. K nárůstu obsahů chloridů dle monitoringu podzemní vody nedošlo ve vzdálenosti 7–8 m a více od zdroje znečištění.

Objekt	Datum	Sloupec vody	pH	Eh	Vodivost	Chloridy	Sodík
vzdálenost od vozovky							
m		m		mV	mS.m <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	mg.l <sup>-1</sup>
Dol. Studénky A	10/6/2004	1	6	329	44	22	22
5	4/13/2005	1	7	363	58	42	16
Dol. Studénky B	10/6/2004	1	7	327	96	125	68
3	4/13/2005	2	7	353	95	100	37
Dol. Studénky C	10/6/2004	0	7	379	49	32	23
3	4/13/2005	1	7	330	83	120	36
Dol. Studénky D	10/6/2004	0	7	-4	42	19	16
2	4/13/2005	1	7	318	85	115	44
Dol. Studénky E	10/6/2004	0	7	407	47	27	19
10	4/13/2005	1	7	345	58	32	15
Sudkov A	10/6/2004	1	7	408	70	78	26
9	4/13/2005	1	7	389	70	78	18
Sudkov B	10/6/2004	0	7	419	57	50	20
3	4/13/2005	1	7	347	56	40	14

Tab. 1 – Výsledky laboratorních analýz.  
Tab. 1 – Results of chemical analyses.



Obr. 1 – Změny vodivosti se vzdáleností od vozovky.  
Obr. 1 – Changes in conductivity with distance from the roadside.



Obr. 2 – Změny koncentrace chloridů se vzdáleností od vozovky.  
Obr. 2 – Changes in chlorides concentrations with distance from the roadside.

Minimální změny v hodnotách vodivosti a koncentracích chloridů (pokles obsahů) byly zjištěny ve studních v obci Sudkov.

Ve všech sledovaných objektech obsahy sodíku poklesly ve srovnání s podzemním termínem vzorkování, výjimku tvoří studny v bezprostřední blízkosti vozovky (Dolní Studénky C a D), kde byl zjištěn nárůst koncentrací.

#### Bilance

V průběhu zimy 2004/2005 bylo na úseku silnice o délce 8,211 km aplikováno celkem 60 tun posypové soli, tzn. 1,22 kg.m<sup>2</sup>. Sněhové srážky, spadlé v průběhu hodnoceného období, představovaly 116 cm sněhu. Průměrná koncentrace sodíku a chloridů v tající vodě byla tedy vypočtena na 350 mg/l Na<sup>+</sup> a 520 mg/l Cl<sup>-</sup>.

Průměrný průtok podzemní vody byl z hydraulických parametrů prostředí stanoven na 0,05 l/s. Pomocí směsné rovnice bylo vypočteno maximální zvýšení koncentrací chloridů v podzemní vodě o 108 mg/l. Průměrné zvýšení koncentrace chloridů ve sledovaných studních bylo o 24,9 mg/l, tedy 23 % chloridů z aplikovaného posypu bylo transportováno do podzemní vody. Výsledek odpovídá uváděnému množství chloridů, které je transportováno do horninového prostředí a podzemní vody, a které se pohybuje v rozmezí od 10–60 % z aplikované dávky (CEPA 2001).

Ve většině sledovaných objektů nebyl zjištěn nárůst koncentrací sodíku v podzemní vodě po zimním období. Transport kationů Na<sup>+</sup> je v půdním profilu významně ovlivněn iontovou výměnou, při které nahrazuje dvojmocné kationy Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup> vázané v jílových minerálech. Lze předpokládat, že většina aplikovaného sodíku v posypových solích je vázána v nenasurované zóně.

#### Závěry

V podzemní vodě sledovaných studní v obcích Dolní Studénky a Sudkov, lokalizovaných v bezprostřední blízkosti chemicky ošetřované silnice III/3703, bylo zjištěno ovlivnění hodnoty vodivosti a koncentrací chloridů do vzdálenosti 7–8 m od okraje vozovky. Velikost změny obsahů chloridů je ovlivněna propustností horninového prostředí a technickým stavem vzorkovaného objektu.

Z aplikovaného množství chloridů v posypových solích bylo 23 % transportováno do podzemní vody, zbývající část byla odvedena ze zpevněných ploch do kanalizace a následně do recipientu. Ve většině sledovaných studní nebyl zjištěn nárůst obsahů sodíku, který je snadno vázán v půdním profilu.

Ověření vlivů chemického ošetřování silnice v zájmovém území bude pokračovat i v následující zimní sezóně 2005/2006.

#### Literatura

- Canadian Environmental Protection Act CEPA (2001): Report of the Assessment of the substance Road Salts specified on the Priority Substances List. Canada Gazette, 135, 48, 1, 2001. <http://gazetteducanada.gc.ca/part1/2001/20011201/html/regle-e.html>.
- Godwin, K. S. – Hafner, S. D. – Buff, M. F. (2003): Long-term trends in sodium and chloride in the Mohawk River, New York: the effect of fifty years of road-salt application. – *Environmental Pollution*, 124, 273-281.
- Howard, K. W. F. – Beck, P. J. (1993): Hydrogeochemical implications of groundwater contamination by road de-icing chemicals. – *Journal of Contaminant Hydrology*, 12, 245–268.
- Howard, K. W. F. – Livingstone, S. (2000): Transport of urban contaminants into Lake Ontario via sub-surface flow. – *Urban Water*, 2, 183-195.
- Michlíček, E. et al. (1986): Hydrogeologické rajóny ČSR, svazek 2, Povodí Moravy a Odry. GEOtest Brno, 165 p. Brno.
- Wegner, W. - Yaggi, M. (2001): Environmental Impacts of Road Salt and Alternatives in the New York City Watershed. – *Stormwater, The Journal for Surface Water Quality Professionals*. January, 2001. [http://www.forester.net/sw\\_0107\\_environmental.html](http://www.forester.net/sw_0107_environmental.html).