

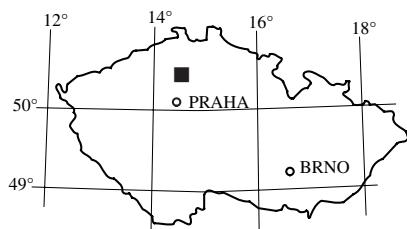
## MAPA ZRANITELNOSTI PODZEMNÍCH VOD V NIVĚ LABE

### Ground-water vulnerability map in the Labe terrace

LEONA ZEMANOVÁ

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2; leona.zemanova@seznam.cz

(02-44 Štětí)



**Key words:** vulnerability map, infiltration tests, DRASTIC

**Abstract :** The main aim of the study was to work out the vulnerability map of ground water in the area of the Labe river valley between the villages Dolní Beřkovice and Hněvice. The methodology was based on the permeability data of Quaternary sediments of the alluvial plain in the vadose zone such as gravels, sand, clay and loam. The values of permeability based mainly on the field-work infiltration tests were calculated for each of these lithological types. Estimation of the permeability based on the laboratory grain size distribution analyses and data from pumping and tracing tests were used as a supplement and as a control. Both the thickness of individual lithological types in selected boreholes and values of permeability recorded for these lithological types were used to calculate a vulnerability index of particular boreholes. The linear interpolation was made from these discrete data for the whole area of interest. The map was compiled using the software ArcGIS 8.1.

### Úvod

Mapy zranitelnosti obecně rozdělují posuzované území na několik oblastí s různými stupni citlivosti vůči potenciální kontaminaci. Hlavním úkolem práce (ZEMANOVÁ 2004) bylo vytvoření mapy zranitelnosti kvartérní zvodně v údolní nivě na levém břehu řeky Labe v oblasti mezi Dolními Beřkovicemi a Hněvicemi. V zájmové oblasti se vyskytují fluviaální sedimenty s širokou škálou propustnosti – jíly, písks, hlíny a písčité štěrky, uložené na sobě v různém vertikálním sledu a různých mocnostech.

### Metodika

Jako klíčové parametry hrající roli pro zranitelnost podzemní vody v zájmovém území byly určeny:

- mocnost nesaturované zóny, která byla zjištěna na základě měření úrovně hladiny kvartérní zvodně ve vrtech ve dnech 20.–24. 3. 2004
- mocnost a uložení jednotlivých litologických typů v nesaturované zóně, data jsou převzata z litologických popisů vrtů z České geologické služby – Geofondu

- koeficient hydraulické vodivosti jednotlivých sedimentů vyskytujících se v nesaturované zóně. Základ tvořila data z terénních infiltracních zkoušek. K doplnění, kontrole a srovnání výsledků byly použity výpočty koeficientu hydraulické vodivosti z empirických vzorců a rešerší údaje z čerpacích a stopovacích zkoušek. Výpočty pomocí empirických vzorců byly provedeny na základě laboratorních granulometrických analýz odebraných vzorků. Pro hrubozrnnější sedimenty byly použity vzorce W. Beyera a K. H. Schweigera, vzorec C. S. Slichtera, empirický vzorec USBSC (HOMOLA – GRMELA 1984), pro jemnozrnné sedimenty vzorce J. Krügera a E. A. Zamariana (HOMOLA – GRMELA 1984).

Infiltracní zkoušky jsou podrobně popsány v diplomové práci (ZEMANOVÁ 2004). Ke zkoušce se používají jeden nebo dva kruhové prstence, které se nasadí na povrch terénu a napustí se vodou. Funkce vody ve vnějším prstenci (viz obr. 1) je vytvořit hydraulickou bariéru, aby voda z vnitřního prstence pronikala vertikálně dolů. Rychlosť vsakování se v průběhu zkoušky mění v čase. Na počátku zkoušky je rychlosť největší, postupně dochází k ustálení (e. g. CÍSLEROVÁ et al. 1990). Doba ustálení je závislá na vlastnostech prostředí.

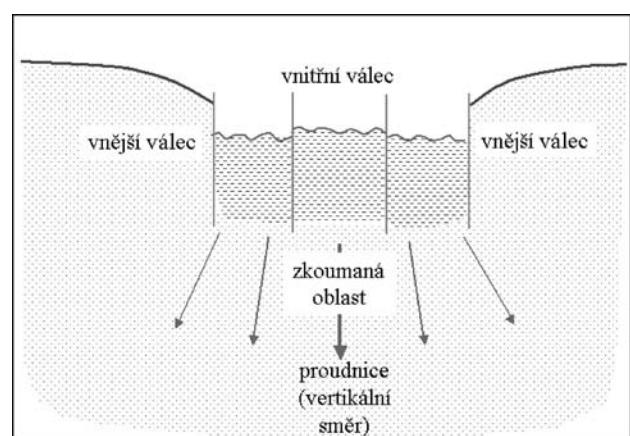
Z ustálené rychlosti infiltrace vody ve vnitřním válci vypočítáme koeficient vertikální hydraulické vodivosti  $k_z$  takto:

$$k_z = v \cdot I = v \quad (I - 1),$$

$k_z$  (m/s) = koeficient vertikální hydraul. vodivosti,

$I$  = hydraulický gradient (je považován za rovný jedné, neboť se jedná o vertikální samovolné proudění),

$v$  (m/s) = rychlosť infiltrace měřená ve vnitřním prstenci (DUB – NĚMEC 1969, HRKAL et al. 2004). Doba trvání jedné infiltracní zkoušky se pohybovala od 2 do 15 hodin.



Obr. 1. Schéma infiltracní zkoušky.

Přehled vlastních a převzatých výsledků stanovení infiltrační rychlosti, resp. koeficientu hydraulické vodivosti  $k_f$ . V případě více měření je uveden průměr hodnot. Vzorky pro zrnitostní analýzy k výpočtu z empirických vzorců byly odebrány v blízkosti areálu velkoskladu ropných produktů u Hněvic po půlmetrovém intervalu od 0,5 do 5 m pod povrchem. Stopovací zkoušky byly prováděny tamtéž v hloubce 5–9 m. Hladina podzemní vody je v hloubce cca 5 m. Infiltrační zkoušky byly prováděny do hloubky 40 cm pod terénem.

typ sedimentu	infiltrace (vlastní měření)		empirické vzorce (vlastní měření + výpočet)		čerpací zkoušky (VRBATA 1985) $k_f$ (m/s)	stopovací zkoušky (NOL 2004) $k_f$ (m/s)	použitá hodnota $k_f$ (m/s)
	$k_f$ (m/s)	počet měření	$k_f$ (m/s)	počet vzorků			
ornice	$2,3 \cdot 10^{-5}$	2	—	—	—	—	$2,3 \cdot 10^{-5}$
hlína prach.-písčitá	$6,2 \cdot 10^{-7}$	2	$3,2 \cdot 10^{-9}$	3	—	—	$6,2 \cdot 10^{-7}$
hlína písčitá	$5,3 \cdot 10^{-6}$	2	—	—	—	—	$5,3 \cdot 10^{-6}$
písek	$3,7 \cdot 10^{-5}$	1	$3,8 \cdot 10^{-5}$	4	—	—	$3,8 \cdot 10^{-5}$
jíl	$9,7 \cdot 10^{-8}$	1	—	—	—	—	$9,7 \cdot 10^{-8}$
písčitý štěrk	—	—	$1,4 \cdot 10^{-3}$	5	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
struska a popílek (odkaliště)	—	—	—	—	$9,5 \cdot 10^{-5}$	—	$9,5 \cdot 10^{-5}$

Metodika výpočtu pro hodnocení zranitelnosti je následující: pro každý vrt s litologickým popisem vypočteme index  $i$

$$i = \frac{\sum_{j=0}^n h_j}{n},$$

kde  $h$  je mocnost vrstvy o hydraulické vodivosti,  $n$  je počet vrstev s odlišnou litologií (tedy také koeficientem hydraulické vodivosti) od povrchu k hladině podzemní vody. Důvodem zavádění vrstev je variabilita fluviálních sedimentů ve vertikálním směru. Index zranitelnosti IZ byl vypočten

$$IZ = \frac{i_{\max} - i}{i_{\max} - i_{\min}} \cdot 100,$$

kde  $i_{\max}$ , resp.  $i_{\min}$  je maximální, resp. minimální hodnota indexu  $i$  v zájmovém území. Výsledkem je soubor diskrétních hodnot indexu zranitelnosti se škálou od 0 do 100. Lineární interpolaci diskrétních hodnot a vhodným rozdělením tříd zranitelnosti podle hodnot indexů IZ byla vytvořena mapa zranitelnosti.

## Výsledky

Přehledy vlastních a převzatých výsledků výpočtu koeficientu hydraulické vodivosti jsou shrnutý v tabulce. Mapa zranitelnosti, vytvořená v programu ArcGIS 8.1, je uvedena v příloze. Zájmové území bylo rovněž vyhodnoceno podle metody DRASTIC (ALLER et al. 1987), která je jednou z nejpoužívanějších metodik pro zpracování map zranitelnosti. Výsledek byl porovnán s mapou zranitelnosti vytvořenou podle vlastní metodiky. Rozsah vypočtených hodnot podle kvantitativní kategorie modelu DRASTIC ukázal, že celé zájmové území spadá do jediné třídy, hodnocené jako třída vysoké zranitelnosti podzemních vod.

## Diskuse

Jak je patrné z tabulky, základ dat tvoří infiltrační zkoušky. Měření probíhá přímo v terénu in situ a nedochází k poškození struktury vzorku, je proto přesnější než výpočet z granulometrických analýz, kde k porušení dochází, je třeba také počítat s možnými chybami během zkoušky. Navíc výběrem konkrétního vzorce pro výpočet koeficientu hydraulické vodivosti se může výsledek lišit až řádově a zdá se, že u jemnozrnnejších sedimentů i více. Zde je tedy použití empirických vzorců nevhodné. Písčité štěrky se na lokalitě nevyskytovaly v povrchových partiích, proto chybějí data z infiltračních zkoušek, byly však k dispozici rešeršní údaje o propustnosti. Propustnost štěrku je největší na bázi kvartéru, směrem k nadloží přibývá jemnozrnnejších částic a propustnost se snižuje (JANDA a NAVRÁTIL 1987). Proto byla vybrána hodnota s nižší propustností (ze stopovací zkoušky), neboť lze předpokládat, že v nesaturované zóně bude koeficient hydraulické vodivosti nižší, v saturované zóně může také docházet k vymývání jemnozrnnejších částic.

## Závěr

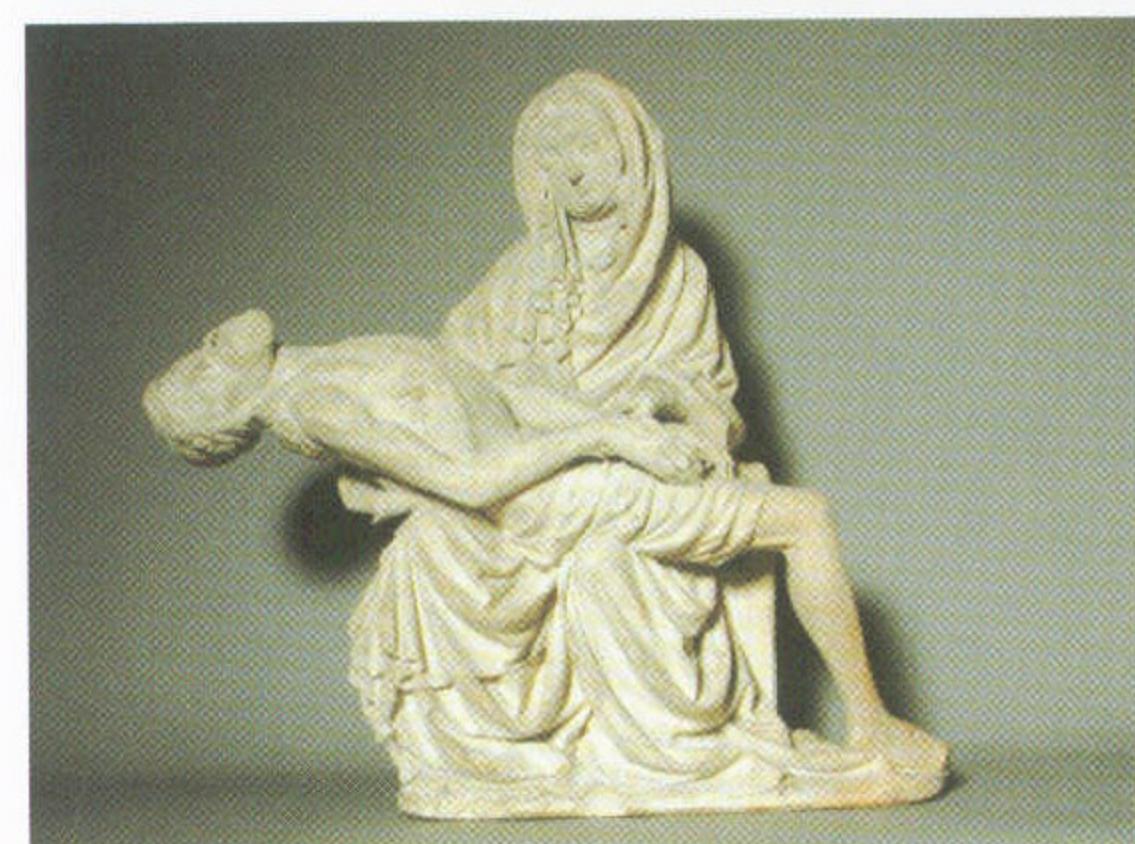
Navrženou metodiku zpracování mapy zranitelnosti je možné doporučit k použití v oblastech s vyšší vrtnou prozkoumaností, kde se v nesaturované zóně vyskytují materiály s velkou variabilitou propustnosti, uložené na sobě v různém vertikálním sledu o různých mocnostech. V takovýchto oblastech, kde je variabilita ostatních parametrů, obecně používaných při tvorbě map zranitelnosti malá, mohou infiltrační zkoušky být vhodnou nebo alespoň orientační pomůckou při hodnocení míry vlivu nesaturované zóny na zranitelnost podzemních vod.

Ukázalo se, že zpracování mapy zranitelnosti podle jedné z nejpoužívanějších metod DRASTIC nemusí být vždy vhodné.

## Literatura

- ALLER, L. – BENNET, T. – LEHR, J. – PETTY, R. J. – HACKETT, G. (1987): DRASTIC : a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. – U.S. Environmental Protection Agency, Ada, OK, EPA/600/2-87-036, 455 p.
- CÍSLEROVÁ, M. – VOGEL, T. – ŠIMŮNEK, J. (1990): The Infiltration-Outflow Experiment Used to Detect Flow Deviations. In: Field-Scale Solute and Water Transport Through Soils, eds. ROTH, K. – FLÜHLER, H. – JURY, W. A. – PARKER, J. C. – Birkhauser Verlag, Basel, 109–117.
- DUB, O. – NĚMEC, J. (1969): Hydrologie. – St. nakl. techn. lit. Praha, 378 str.
- HOMOLA, V. – GRMELA, A. (1984) : Cvičení z hydrogeologie I. Vys. šk. báňská, Ostrava, 267 str.
- HRKAL, Z. – BRUTHANS, J. – ČEPEK, P. – ČURDA, S. – DOHNL, J. – JÁNĚ, Z. – KACHLÍK, V. – KRÁSNÝ, J. – MARTÍNEK, K. – VILHELM, J. (2004): Modelový geologický vědecký výzkum v prostoru Vohenstrauß (TK50 L6340 a severní část TK50 L6540). – MS – Čes. geol. služba. Praha.
- JANDA, Z. – NAVRÁTIL, K. – (1987): Závěrečná zpráva úkolu Horní Počáply – průzkum ložiska štěrkopísku. – MS Čes. geol. služba – Geofond. Praha (P 50526).
- NOL, O. (2004): Vliv vertikální disperzivity na přirozenou attenuaci. – MS disertační práce v přípravě. Ústav Hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky PřF UK, Praha.
- VRBATA, L. (1985): Závěrečná zpráva o úkolu Mělník – Podvlčí. – MS Geofond – Čes. geol. služba. Praha (P 46377).
- ZEMANOVÁ, L. (2004): Mapa zranitelnosti podzemních vod údolní terasy levého břehu Labe mezi Dolními Beřkovicemi a Hněvicemi a posouzení možných zdrojů znečištění. – MS diplomová práce. Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky PřF UK, Praha.

Barevná mapa je v příloze XVI



Socha piety z Metropolitního muzea v New Yorku je vysoká asi 20 cm.

K článku J. Šrámka na str. 146



Mapa zranitelnosti kvartérní zvodně.

Vrty, ze kterých byly počítány indexy zranitelnosti, jsou označeny v mapě svým identifikačním číslem, bližší informace o vrtech jsou uvedeny v práci ZEMANOVÉ (2004).

K článku L. Zemanové na str. 169

1 | 2 | 3  
4

1. Vnější stěna kaple sv. Kříže s kvádry č. 1, 2, 3, 4 a kvádrem A.
2. Detail soklu východní části pilíře s kvádry č. 5 a 6.
3. Východní okraj stěny kaple sv. Ondřeje a z. část pilíře s kvádry č. 7 a 8.
4. Detail vnější stěny kaple sv. Kříže s kvádry 1, 2 (mezi nimi kvádr A) a 3.

Foto J. Valečka.

K článku J. Valečky na str. 157

