

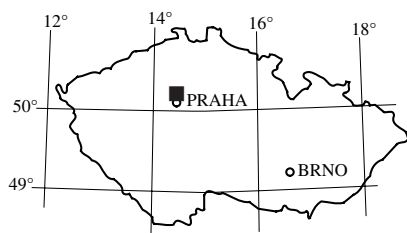
PETROFYZIKÁLNÍ CHARAKTERISTIKA KONTAMINOVANÉ SVRCHNÍ ZVODNĚ V PODLOŽÍ ZÁVODU PAL INTERNATIONAL, A. S., V PRAZE-KBELÍCH

Petrophysical characteristics of the contaminated shallow aquifer in the basement of the factory PAL INTERNATIONAL, Inc., in Prague-Kbely

JIŘÍ K. NOVÁK – MARCELA SVOBODOVÁ – LUDĚK MĚNÁŘÍK

Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, 165 02 Praha 6; novak@gli.cas.cz

(12-243 Praha-sever)



Key words: aquifer heterogeneity, petrophysical properties, Cenomanian-Lower Turonian boundary, Bohemian Cretaceous Basin

Abstract: The multi-layered shallow aquifer identified by drilling into the basement of the factory in Prague-Kbely corresponds to upper loess, middle marlstone regolith, and lowermost siltstone units (based on petrography and particle-size analysis). These units and frequent changes in the hydraulic boundaries level within the marlstone regolith control the recharge and vertical leakage of water and contaminants, such as chlorinated hydrocarbon solvents and heavy metals (Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn). Selected cores were examined for *i/i* particle-size distribution and inferred hydraulic conductivity, *ii/i* adsorption capability for exchangeable cations, *iii/i* heavy metal leaching as well as *(iv)* for concentrations of chlorinated ethylenes, mainly TCE, cis-DCE and TeCE (DNAPL). Bedrock paleo-relief and lower permeability media explain the varying patterns of the preferred flow paths and pools of DNAPL contaminants. The Lower Turonian age of the pre-Quaternary sequence is supported by micropaleontological investigation of blue-grey siltstone enriched in organic carbon.

Úvod

Stará ekologická zátěž vycházející z bývalých provozoven závodů PAL International a LOK ve Kbelích zůstává dlouhodobě rizikovým environmentálním faktorem pro tento městský obvod (a pro povodí Vinořského potoka – KADLECOVÁ et al. 1994), třebaže úspěšně pokračuje sanace půdního vzduchu prosyceného těžkými chlorovanými uhlovodíky (FIKŘ 2002). Důvodem je dlouhodobá rezistence průmyslových odmašťovacích a čistících prostředků na dně zvodnělých vrstev a jejich nesnadná biodegradace. Pro vzniklé vodní suspenze je charakteristický spíše gravitační než hydraulický spád, protože tato organická rozpouštědla mají větší hustotu, než je hustota vody, a jsou jen málo mísitelná s vodou (DNAPL = denser non-aqueous-phase liquids). Obecně záleží na petrofyzikálních vlastnostech sedimentů a na polygenetickém paleoreliéfu, jaká je filtrační nehomogenita kolektoru a kde se budou vyskytovat nadli-

mitní koncentrace kontaminantů (BEZVODOVÁ – ZEMAN 1983). Lokální geologické poměry v severním areálu závodu o rozloze 200–300 m a kolektorské vlastnosti rozhraní svrchního cenomanu a spodního turonu byly ověřeny pomocí 20 nových vrtů, jednak do hloubky 10 m, jednak do 5 m. Na základě palynologického rozboru fosiliferního prachovce a litostratigrafie je dokázána sounáležitost kolektorského prostředí v podloží spraší s bělohorským souvrstvím (spodní turon).

Lokální geologická situace ve vztahu k hydrogeologii

Severní okolí Prahy (mezi Kbely a Prosekem) náleží k jižním okrajům české křídové pánve v sousedství barrandienských horninových komplexů (KRÁLÍK et al. 1984). Tvoří sice tektonicky stabilizovaný peneplén, ale algonkické hřbety vystupující v hlubším podloží výrazně ovlivnily průběh sedimentace a flexurovitou morfologii svrchnokřídových vrstev. Ponořený hřbet s. od Letňan rozděluje sedimentační prostor na menší kotliny, např. na větší čakovickou a menší řáblickou, a tím komplikuje nejen lokální hydrogeologické poměry, ale i podmínky pro zakládání větších staveb (ZÁRUBA 1946). Buližnickové kamýčky, např. vrchol Ládví, tvořily ostrovy ještě během svrchního cenomanu a na počátku spodnoturonské sedimentace, jak o tom svědčí příbojová facie s písčítými konglomeráty v Kobylisích a Čimickém háji.

Na relativně malém území pod sprašovým pokryvem se zachoval rozvětralý bělohorský vrstevní sled (spodní turon), zatímco okolí tvoří propustné perucko-korycanské pískovce (spodní a svrchní cenoman). Pískovcové souvrství s vložkami jílovců a báze spodní křídové zvodně vychází na povrch až pod hranou proseckých skal mezi Starým Hloubětínem a Prosekem. Bázi bělohorského souvrství s izolační funkcí tvoří žluté a tmavošedé jílovité prachovce. Nepřekvapuje proto, že v okolí Čakovic se vyskytly také artésky napjaté horizonty podzemní vody. Mezi Zdíby a Kobylisy se táhne terciární sníženina s akumulacemi lakustrinně fluviatilních štěrků a písků (zdíbské vrstvy), která má vlastní hydrogeologický režim. Na vývoji území v kvartélu se podílel 1,2–1,6 m mocný pokryv z vápnitých spraší a sprašových hlín (rozdělený pleistocenními půdami hnědozemního typu) od Bohnic, Kobylis a Proseku. V bazálních polohách spraše se někdy vyskytly přeplavené písky a štěrky z říční terasy. Naváté písky jsou zase známy na svazích nad Trojou.

Poněkud jiná je situace v severním areálu závodu PAL

International, a. s., a na z. okraji Kbel. Z dokumentace dvacetí mělkých vrtů je zřejmé, že mocnost eolických sedimentů a svrchní zvodně kolísá v rozmezí 1,2–5,3 m. Byla výrazně ovlivněna rozbrázděnými eluvii po slínovci a jílovito-prachovcovitým podložím, stržovou erozí a fosilními svahovými pohyby v terciéru. Je to o to významnější, že geomorfologie kbelsko-prosecké plošiny je celkem rovinatá až k proseckým skalám. Zatímco středně až silně rozpukané slínovce na zakrytých svědeckých výšinách disponují dvojitou propustností (puklinovou a intergranulární) a snadněji propouštějí infiltrovanou vodu, slínitá eluvia, jejichž rozsah a hloubka závisejí na expozici předkvartérního terénu, jsou téměř nepropustná. Velmi členitý pohřbený relief zbylý po málo konzistentních zvětralinách slínovce způsobil, že hydraulická rozhraní se mohou měnit na krátké vzdálenosti i výškově. S tím zřejmě souvisí kolísání ustálené hladiny spodní vody mezi 3,9–5,8 m a extrémní výsledky čerpacích zkoušek na několika starších hydrovtech. Oblasti s mocnějším sprašovým pokryvem a antropogenními navážkami v místních paleodepresích korespondují s geofyzikálně indikovanými proláklými a stržemi (BÁRTA et al. 2002), do nichž se stahuje podzemní voda a kontaminanty z bývalých provozoven. Menší význam pro anizotropii a heterogenitu zvodně má meandrovité paleokoryto fosilní vodoteče s relikty splachových sedimentů ponořené pod sprašemi.

Lokálně se vyskytla i zatěsněná disjunktivní tektonika směru V-Z anebo SV-JZ a SSZ-JJV, indikovaná geofyzikou. Určitý vliv na mísovitě prosedání vrstev a na laterální změny mocností u jílovitých prachovců měl tektonický styl v pískovcovém podloží, který se podobá polygonálnímu rozpukání a mechanickému rozpadu ve skalních městech. Nejmladší rozsedliny (např. mrazové klíny) souvisely s periglaciálním promrzáním a rozvolňováním spraší během kvartéru. Svrchní zvodni se přičítá důležitost pro migraci kontaminantů ze staré ekologické zátěže, kdežto spodní cenomanská zvoď je nezávislý hydrologický systém. K recentním uložením patří technologické navážky různého složení a stáří.

Výsledky fyzikálně-petrografického výzkumu

Tento výzkum se zabýval petrografií odebraných sedimentů, vyhodnocením granulometrických analýz s přepočtem koeficientu filtrace, adsorpční kapacity sedimentů na výměnné kationty, orientačním vyhodnocením mobility těžkých kovů (Cu, Cd, Ni, Cr, Zn, Pb) a stanovením obsahu chlorovaných uhlovodíků. Zahrnul produkty zvětrávání slínovců, rozfázovaně pro slabě navětralé, deskovitě odlučné slínovce, slínitá rezidua se střípkovitými relikty slínovce až po jílovito-slínitá rezidua s charakterem jílovitých zemín.

Zásadní význam má zjištění, že jak jílovito-slínité reziduální horniny, tak jílovité prachovce, žluté, hnědé a modrošedé barvy a s vysokou plasticitou po provlhčení, mají podobné zrnitostní křivky a nízké koeficienty filtrace, řádově mezi $2,3 \cdot 10^{-7}$ až $3,4 \cdot 10^{-7}$ cm/s a v rozmezí $1,0 \cdot 10^{-7}$ až $9,0 \cdot 10^{-8}$ cm/s. Vykazují tedy lepší těsnicí vlastnosti

než poréznější spraše, s odvozenými koeficienty filtrace v rozsahu $\times 10^{-5}$ až $\times 10^{-6}$ cm/s. Reálná propustnost spraší však může být i vyšší díky snadné vyplavitelnosti jemných částic soustředěným vodním proudem a vytvářením otevřených sufózních kanálků a makropórů.

Testované spraše z okolí bývalé galvanovny ukázaly extrémní kontaminaci mědí (max. 1000 mg/kg) a v menší míře niklem (max. 81 mg/kg) a zinkem (max. 45 mg/kg). Ostatní analyzované těžké kovy (Cr, Pb a Cd) nepředstavují antropogenní kontaminant. Kyselá loužení kontaminované spraše dokazuje, že tyto adsorbované kovy jsou dosti rezistentní v kyselém prostředí a nemohou ohrozit podzemní vody při prosakování kyselých dešťů. Naopak ve vzorku tmavozeleného pískovce s vytráženými klasty glaukonitu existují snadno vyluhovatelné labilní formy Cd, Pb, Ni a Cu, ačkoliv koncentrace těchto kovů v přírodním vzorku jsou sotva klarkové. Uvedená hraniční vrstva mezi cenomanem a spodním turonem je však izolována od svrchní zvodně nepropustným jílovitým prachovcem.

Adsorpční kapacity na výměnné kationty jsou nejvyšší v pleistocenním půdním horizontu, řádově 21,4 až 23,2 mmol⁺/100 g, a o řád nižší ve spraši, slínitých reziduích a jílovitých prachovcích. Výsledky analýz chlorovaných uhlovodíků, hlavně trichlor- a dichlorethylenů, již nevykázaly nadlimitní hodnoty ve spraši, což lze pokládat za dobrý výsledek sanace.

Mikropaleontologický rozbor

Vzorek modrošedého jílovitého prachovce z vrtu GF 3 je hlubokomořský sediment vzniklý za anoxických podmínek na rozhraní svrchního cenomanu a spodního turonu. Protože je výjimečně bohatý na organickou hmotu a zůstalo zachováno široké spektrum mikrofosilií, byl přidán detailní mikropaleontologický rozbor. Vzorek obsahuje převážně mořský mikroplankton (cysty dinoflagelát, akritarch), chitinózní schránky foraminifer a sporomorfy (spory kapradin a pylová zrna jehličnin a krytosemenných rostlin).

Sporomorfy tvoří asi 24 % studovaného společenstva (obr. 1) a náležely sporám kapradin čeledi Gleicheniaceae, reprezentované druhy *Gleicheniidites senonicus* ROSS, *Gleicheniidites circinidites* (COOKSON), Schizaeaceae reprezentované rodem *Cicatricosisporites* sp., dále se vyskytují rody *Biretisporites* sp., *Cyathidites* sp. a *Reticulosporites* sp. Jehličiny jsou zastoupeny převážně sakátními zrny z čeledi Pinaceae, ale i inaperturátními zrny čeledi Cheirolepidiaceae – tetradou *Classopollis classoides* (PFLUG) POCOCK & JANSONIUS, které charakterizují mangrovovou vegetaci. Kvetoucí rostliny (Angiospermae) jsou reprezentovány pouze skupinou Normapolles s rody *Complexiopollis* div. sp. a *Atlantopollis* sp.

Bohaté společenstvo organicky oblaněného mořského mikroplanktonu (44 %) zahrnovalo chorátní, proximátní a kavátní typy cyst s následujícími druhy: *Hystriochodium pulchrum* DEFLANDRE, *Achomosphaera ramulifera* (DEFLANDRE) EVITT, *Coronifera oceanica* ssp. *hebospina* YUN, *Surculosphaeridium? longifurcatum* (FIRTION) DAVEY, *Spi-*

niferites div. sp., *Hystrichostroglyon membraniphorum* AGELOPOULOS, *Callaiosphaeridium asymmetricum* (DEFLANDRE & COURTEVILLE) DAVEY & WILLIAMS, *Tanyosphaeridium variecalamus* DAVEY & WILLIAMS, *Palaeohystrichophora infusorioides* DEFLANDRE, *Microdinium ornatum* COOKSON & EISENACK, *Microdinium setosum* SARJEANT, *Trichodinium castaneum* (DEFLANDRE) CLARKE & VERDIER, *Odontochitina operculata* (O. WETZEL) DEFLANDRE & COOKSON a další. Cysty obrněnek bylo většinou dobře zachováno, jen ojediněle se nacházely jejich víčka (opercula) nebo útržky s výběžky. Spolu s dinoflageláty se vyskytují akritarcha (16 %) s rody *Micrhystridium* spp., *Baltisphaeridium* sp. a živočišné zbytky mikroforaminifer (16 %), uspořádané biseriálně nebo planispirálně. Ojediněle byla přítomná i Prasinophyta – druh *Pterospermopsis helios* DEFLANDRE & COOKSON.

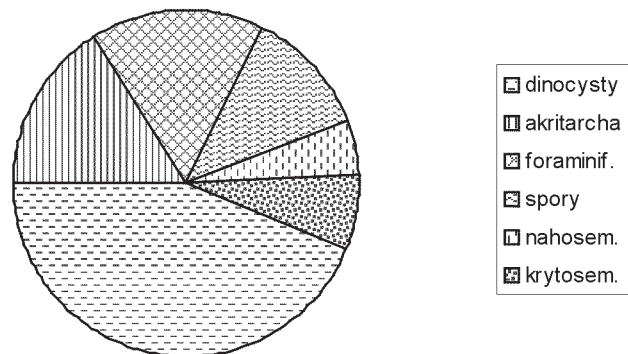
Bohaté a diverzifikované cysty dinoflagelát i akritarch by mohly charakterizovat neritické prostředí. Přítomnost chitinozních schránek foraminifer svědčí o usazování v málo prokysličených vodách (ROBASZYNSKI et al. 1982). Nalezené společenstvo svým složením odpovídá palynomorfám typickým pro spodnoturonické sedimenty na lokalitách Pecínov a Velim (ŽÍTT et al. 1997a, b, SVOBODOVÁ et al. 1998).

Význam studia zranitelnosti kolektorů podzemní vody roste, což se ostatně projevuje nejen při sanacích starých ekologických zátěží, ale i po haváriích v chemických provozech a kolem komunikací.

Literatura

- BÁRTA, J. – BENEŠ, V. – DOSTÁL, D. (2002): Zpráva o geofyzikálním měření, PAL International a.s., sanace staré ekologické zátěže. – MS G-IMPULZ, s. r. o. Praha.
- BEZVODOVÁ, B. – ZEMAN, A. (1983): Paleoreliéfy na jižní Moravě a jejich kolektorské vlastnosti. – Sbor. geol. Věd, Geol., 38, 95–140.
- FIKR, L. (2002): II. Etapa sanace starých ekologických zátěží v areálu PAL INTERNATIONAL, a. s. a jeho okolí, č. ú. 040/99/12/1000. 8. etapová zpráva. – MS EKOSYSTEM, spol. s r. o. Praha.
- GÓCZÁN, F. – GROOT, J. J. – KRUTZSCH, W. – PACLTOVÁ, B. (1967): Gattungen des „Stemma Normapolles“ Pflug 1953b (Angiospermae). – Paläont. Abh., B 2, 3, 427–633. Berlin.

Kbely



1. Spektrum mikrofosilií ve vzorku z hraničního intervalu cenoman-spodní turon.

- KADLECOVÁ, R. et al. (1994): Znečištění horninového prostředí v povodí Vinořského potoka. – MS Čes. geol. úst. Praha.
- KRÁLÍK, F. et al. (1984): Vysvětlivky k základní geologické mapě 1 : 25 000, 12-243 Praha-sever. – Ústř. úst. geol., Praha, 144 str.
- KUKAL, Z. – REICHMANN, F. (2000): Horninové prostředí České republiky. – Čes. geol. úst., Praha, 189 str.
- NOVÁK, J. K. – BURIAN, M. – MINÁŘÍK, L. – SVOBODOVÁ, M. (2003): Horninové prostředí v podloží závodu PAL International, a. s., Kbely. – MS Geol. úst. Akad. věd Čes. republ. Praha. 1–33.
- ROBASZYNSKI, F. – ALCAYDE, G. – AMEDRO, F. – BADILLET, G. – DAMOTTE, R. – FOUCHER, J. C. – JARDINE, S. – LEGOUX, O. – MANIVIT, H. – MONCARDINI, Ch. – SORNAY, J. (1982): Le Turonien de la region type: Saumurois et Touraine: Stratigraphie biozonation, sedimentologie. – Bull. Centr. Rech. Explor. (Pau.). Prod. Elf-Aquitaine, 6,1, 119–225.
- SVOBODOVÁ, M. – MÉON, H. – PACLTOVÁ, B. (1998): Characteristics of palynospectra of the Upper Cenomanian-Lower Turonian (anoxic facies) of the Bohemian and Vocontian Basins. – Věst. Čes. geol. Úst., 73, 3, 229–251.
- ZÁRUBA, Q. (1946): Křídové uložení a jejich podloží mezi Letňany a Ďáblicemi. – Věst. St. geol. Úst. Čs. Republ., 21, 348–371.
- ŽÍTT, J. – NEKVASILOVÁ, O. – BOSÁK, P. – SVOBODOVÁ, M. – ŠTEMPROKOVÁ-JÍROVÁ, D. – ŠŤASTNÝ, M. (1997): Rocky coast facies of the Cenomanian-Turonian Boundary interval at Velim (Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic). Second part. – Věst. Čes. geol. Úst., 72, 2, 141–155.