KOMBINÁCIA GEOFYZIKÁLNYCH A HYDROGEOLOGICKÝCH METÓD PRI HODNOTENÍ VPLYVU SKLÁDKY ŠULEKOVO NA OKOLIE

COMBINING BOTH GEOPHYSICAL AND HYDROGEOLOGICAL APPROACH IN INVESTIGATION SOLUTION OF ŠULEKOVO DUMP INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT

Martin Brček, Peter Némethy

ABSTRACT
This interpretation of geophysical measurements shows distribution and localization of investigated contaminant right in a measure time. Long-term monitoring allows to follow and compare changes of polluting substance determination in matter over time. Better understanding of these changes allows investigation of contaminant displacement medium. Groundwater and its flow which causes contaminant movements is examined medium in our research. All factors related to groundwater are well-turned by hydrogeological investigations.

KEY WORDS
geophysical measurements, hydrogeological investigation, contaminant, monitoring, groundwater

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
geofyzikálne merania, hydrogeologický prieskum, kontaminant, monitoring, podzemná voda

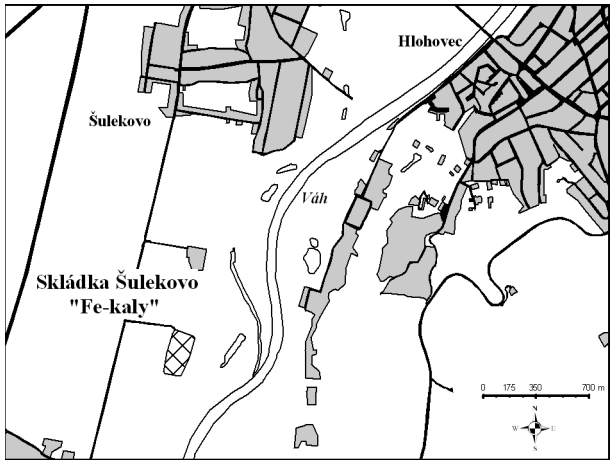
ÚVOD

Problematika posudzovania a riešenia starých environmentálnych záťaží patrí medzi najdôležitejšie úlohy v oblasti životného prostredia. Táto problematika je veľmi široká a v súčasnosti sa dostáva na popredné miesta spoločenských záujmov. Pri riešení uvedenej problematiky tu nachádzajú uplatnenie hlavne geologické vedné odbory, ktoré sa venujú štúdiu horninového prostredia.

Predmetom prieskumu starých environmentálnych záťaží je hlavne charakter a vývoj znečistenia podzemnej vody. Informácie o jeho výskyte a pohybe v blízkom okolí skládky umožňuje zistiť hydrogeologický prieskum. V mnohých prípadoch ale hydrogeologický prieskum pre zvýšenie kvality, komplexnosti a efektívnosti využíva možnosť spolupráce s inými odbormi geológie. Veľmi efektívne možno niektoré problémy riešiť geofyzikálnymi metódami. Geofyzikálne metódy je možné úspešne využiť v rôznych etapách prieskumu a monitoringu kontaminovaných podzemných vôd.

SKLÁDKA ŠULEKOVO „FE – KALY “

Drôtovňa, a.s., Hlohovec má dlhodobo zriadenú skládku železitých kalov pri obci Šulekovo. Skládka (pôvodne odkalisko) má obdĺžnikovitý tvar s rozmermi približne 150 x 300 m. Skládka je situovaná 420 m od pravého brehu rieky Váh, vzdialená 30 m od osi koruny ochrannej hrádze (obr. 1). V súčasnosti je na ňu vyvážaný priemyselný odpad z Drôtovne, a.s., Hlohovec. Odpadový materiál je na skládku vozený v tekutom alebo takmer tekutom stave.



Obr. 1: Situačná mapa skládky
Fig. 1: Localization map of dump

Mgr. Martin Brček
Katedra inžinierskej geológie, Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, brcek@fns.uniba.sk
doc. RNDr. Peter Némethy, CSc.
Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, nemethy@fns.uniba.sk

Skládka je riadená, povolená a po celom obvode oplotená.

Okolie súčasnej skládky „Fe – kaly Drôtovna Šulekovo“ bolo v minulosti dlhodobo využívané na ukladanie kalov vznikajúcich pri procese výroby a úprave technologických vôd v Drôtovni a.s., Hlohovec. Pôvodne bol odpadový materiál voľne ukladaný do starého ramena Váhu. Pozostatkom tejto doby je stará, v súčasnosti už zakrytá ale nesanovaná skládka, ktorá sa nachádza severne od súčasnej. Sledovaniu možného škodlivého vplyvu bola venovaná nepretržitá pozornosť od roku 1989.

V roku 1989 bola urobená generálna oprava kalového poľa, pri ktorej došlo k zvýšeniu hrádze približne o 1,3 m (na výšku 4,8 m). V blízkosti odkaliska bol v roku 1991 urobený hydrogeologický prieskum zameraný na zistenie rozsahu znečistenia podzemných vôd (Lánczos a Halásová, 1991). Zistilo sa, že z odkaliska situovaného vo veľmi nepriaznivom geologickom prostredí bez umelej izolácie, dochádza k únikom kontaminantu. Únik škodlivých látok prebiehal jednak cez priepustné štrkopieskové podložie pod plochou skládky a tiež výronmi cez tesniace jadro hrádze. Treba zdôrazniť, že podľa mapy vhodnosti územia pre skládky odpadov (Hrašna a Adamcová, 1992) list Trnava M = 1:50 000, sa skládka nachádza na území nevhodnom na ukladanie odpadov s vysokým stupňom ohrozenia podzemnej vody.

Od roku 1993 je odpadový materiál ukladaný do priestoru uzavretého podzemnou tesniacou stenou (ďalej len PTS). Tesniaca stena bola budovaná zo zmesi prírodného ílu, cementu, vody a retardačných prísad. Päta podzemnej steny bola zaviazaná do nepriepustného ílovitého podložia (Varga, 1993).

Geologická stavba územia

Územie skládky, ako aj jej okolie, je súčasťou severného okraja Podunajskej panvy. Podľa Budaya et al. (1967) jej vznik siaha do obdobia vrchného miocénu až pliocénu. Počas neogénnej morskej transgresie došlo k sedimentácii vrstiev ílov, pieskov, miestami i štrkov. Na území vystupujú hlavne sedimenty pontu, ktoré ležia transgresívne alebo v tektonickom styku na mezozoických útvaroch južných výbežkov Považského Inovca. Sú tvorené mohutnými súvrstviami ílov s polohami a šošovkami pieskovcov, ojedinele zlepencov.

Íly sa vyskytujú v hĺbke 5,8 až 9,8 m pod terénom, pričom v celom komplexe sa nachádzajú polohy pieskov sivej až hrdzavohnedej farby. Nadobúdajú pestrých farieb od žltozelenej cez modrosivú až sivú. V íloch, vyskytujúcich sa v okolí skládky, sa nachádzajú hrdzavosfarbené škvrny.

Piesky väčšinou tvoria súvislé vrstevnaté polohy alebo sa šošovkovito vykliňujú, pričom nadobúdajú jemnú až hrubozrnnú frakciu. V miestach, kde nemajú ílovitú prímes a sú čisto kremité, prechádzajú do svetlej farby. Limonitické pieskovce i vápnité pieskovce a zlepence sú zastúpené vo vývoji pestrých ílov, striedajúcich sa s polohami pieskov (Holéczyová a Machmerová, 1969).

Kvartérne sedimenty v predmetnom území patria fluviálnym sedimentom Váhu. Vývoj kvartérnych sedimentov bol podmienený dvoma faktormi – tektonickými pohybmi (hlavne poklesmi) a klimatickými zmenami, ktoré sa niekoľkokrát cyklicky viac-menej pravidelne opakovali (Buday et al., 1967).

Široká aluviálna niva vznikla častým prekladaním koryta Váhu v kvartéri. Jej najnižšiu úroveň v súčasnosti predstavuje inundačné pásmo, ktoré je počas povodní zaplavované. Územie je rozryté menšími, čiastočne zanesenými ramenami Váhu (Broďáni, 1956).

V sedimentácii kvartérnych uložením sa vyskytujú tri výrazne zrnitostne odlišné polohy: hliny, jemné piesky a štrky s kolísajúcou prímesou piesčitej frakcie. Najhrubšie materiály sú uložené obvykle v spodných polohách kvarérnych uložením. Okrem zjemňovania materiálu smerom zo spodných do vrchných polôh dochádza k častým zrnitostným zmenám i v smere horizontálnom. Hranice nie sú ostré, obyčajne sú prechody plynulé (Holéczyová a Machmerová, 1969).

Vrstva nivných hlín dosahuje hrúbku okolo 1,0 m, v niektorých prípadoch i viac a len ojedinele chýba. Jedná sa o hliny ílovité, menej hliny piesčité. Piesok je jemne až stredne zrnitý, svetlej farby zväčša s obsahom valúnov. Prevažnú časť údolných náplavov tvoria štrkopiesčité sedimenty, ktorých hrúbka v okolí skládky dosahuje od 3 do 7,30 m.

Hydrogeologické pomery územia

Geologická stavba širšieho okolia skládky má priamy vplyv na hydrogeologické pomery územia. Podľa zistení Holéczyovej a Machmerovej (1969) možno podzemnú vodu okolia skládky rozdeliť na podzemnú vodu neogénnych uložením, prevažne s hladinou napätou a podzemnú vodu kvartérnych sedimentov, s voľnou hladinou a len v ojedinelých prípadoch s hladinou napätou.

Vrstvy neogénnych sedimentov sú zastúpené relatívne nepriepustnými ílmi a piesčitými ílmi a polohami priepustnejších ílovitých pieskov a pieskovcov. Striedanie týchto vrstiev umožňuje vytvoriť napätú hladinu podzemnej vody. Neprítomnosť súvislých nepriepustných ílovitých polôh umožňuje spojenie medzi neogénnou podzemnou vodou a vodou kvartérnych sedimentov.

Piesčité vrstvy neogénu vystupujú pod kvartér, kde sú dotované aluviálnymi podzemnými vodami, prípadne vodou z Váhu. Výdatnosť vrtov v neogénnych zvodnených vrstvách je závislá na granulometrickom zložení sedimentov a stupni zaílovania piesčitého

materiálu. Koeficient filtrácie neogénnych pieskov dosahuje hodnotu $7{,}48.10^{-5}$ až $5{,}45.10^{-5}$ $m.s^{-1}$ a možno ich hodnotiť ako mierne priepustné (Holéczyová a Machmerová, 1969).

Podzemná voda sa akumuluje predovšetkým v štrkopiesčitých fluviálnych sedimentoch údolnej nivy Váhu. Zdrojom dopĺňania podzemnej vody je zrážková voda a infiltrovaná povrchová voda z Váhu.

Koeficient prietočnosti štrkopiesčitých náplavov údolnej nivy Váhu podľa Základnej hydrogeologickej mapy M 1: 200 000, list Trnava dosahuje hodnoty 1.10^{-3} až 1.10^{-2} $m^2.s^{-1}$ (Kullman, 1988). Koeficient filtrácie hlinito piesčitých vrstiev, ktoré tvoria súvislý pokryv, dosahujú hodnotu $5{,}44.10^{-9}$ až $2{,}64.10^{-9}$ $m.s^{-1}$ (Holéczyová a Machmerová, 1969).

V dôsledku vysokej priepustnosti štrkopiesčitých náplavov je stupeň ohrozenia podzemnej vody vysoký.

MONITORING SKLÁDKY

Systematické monitorovanie vplyvu skládky na okolité prostredie zamerané predovšetkým na kvalitu podzemnej vody začalo v roku 1994, po vybudovaní podzemných tesniacich stien. Vrty ŠUL-1 až ŠUL-10, ktoré boli vybudované počas hydrogeologického prieskumu v roku 1991 (Lánczos a Halásová, 1991), sa stali základom monitorovacieho systému. Vrty sú situované na južnej strane skládky a to prevažne v jej tesnej blízkosti (ŠUL-2,3,4,5,8) alebo niekoľko desiatok metrov od skládky (ŠUL-6,9,10) v smere prúdenia podzemnej vody. Výnimku tvorí vrt ŠUL-1, ktorý sa nachádza cca 120 m severne od skládky a plní úlohu referenčného vrtu.

Z lagún v priestore skládky a pozorovacích vrtov v okolí, boli viac-menej pravidelne odoberané vzorky vody za účelom zistenia pH, obsahov chloridov, celkového železa a mernej elektrickej vodivosti. Chemické analýzy boli vykonávané spočiatku v chemickom laboratóriu akciovej spoločnosti Drôtovňa, Hlohovec, neskoršie v laboratóriu Slovenskej agentúry životného prostredia v Bratislave. Od roku 1997 sa obsah chemických analýz rozšíril o stanovenie obsahu medi a zinku.

Sieť pozorovacích vrtov bola od roku 2000 rozšírená o päť vrtov VD-1 až VD-5. Odvŕtané boli po vonkajšom obvode ochrannej hrádze skládky v roku 1992 počas podrobného hydrogeologického a inžiniersko-geologického prieskumu (Blažo a Rovňák, 1992). Vo vrtoch sa približne v pravidelných intervaloch vykonávali režimové merania hladiny podzemnej vody, pH, obsahu chloridov, celkového železa a mernej elektrickej vodivosti.

Po ukončení výstavby PTS vydal ObÚŽP v Hlohovci súhlas s dočasnou prevádzkou skládky železitých kalov za osobitných podmienok. Súčasťou podmienok bola tiež podmienka preukázania kvality vybudovaných podzemných stien, hlavne ich tesnosti. Na riešenie úlohy bola zvolená nepriama metóda – dlhodobý monitoring geoelektrickými odporovými metódami. Základným princípom metódy je pravidelné sledovanie merného odporu geologického prostredia v stabilnej meracej sieti, situovanej v blízkosti podzemných stien. Na základe veľkosti sledovaného fyzikálneho parametra a najmä jeho zmien v časovom slede, je posudzovaný rozsah kontaminácie a možné netesnosti v PTS. Hustota meraných bodov v sieti bola stanovená tak, aby bola zaručená kontinuita sledovaných parametrov (Vybíral et al., 2000).

METÓDY SLEDOVANIA POHYBU ZNEČISTENIA V OKOLÍ SKLÁDKY

Hydrogeologické metódy

Hydrogeologické metódy sú zamerané na sledovanie úrovne hladiny podzemnej vody vo vrtoch a smeru prúdenia podzemnej vody a s tým súvisiace zmeny mernej elektrickej vodivosti a teploty.

Za hlavné prejavy kontaminácie podzemnej vody spôsobené vplyvom skládky možno považovať vysokú mernú elektrickú vodivosť, zvýšené obsahy celkového železa a znížené pH.

Vývoj mernej elektrickej vodivosti po vybudovaní PTS mal stúpajúcu tendenciu vo vrtoch VD-1 až VD-4 a ŠUL-4. Dlhodobý trend vodivosti je takmer vo všetkých ostatných vrtoch klesajúci. Vrty VD-1 až VD-3 sa nachádzajú na severnej strane telesa skládky. Zvýšená vodivosť je zrejme prejavom vplyvu starej skládky (Laczová, 2003).

V správe Vybíral et al. (2000) sa spomína i možnosť pravdepodobného upchania filtra niektorých vrtov. Iné možné vysvetlenie je, že okolie vrtov je utesnené železitým tmelom. Z tohto hľadiska hodnoty vodivosti podzemnej vody nemusia zodpovedať skutočnosti (sú nižšie ako skutočné). Taktiež treba rátať aj s prejavom zonálnosti. Znečistená voda s väčšou mernou hmotnosťou postupne klesá na dno vrtu.

Hydrogeologické podmienky, najmä smer prúdenia podzemnej vody, ktoré sa v čase neustále menia môžeme považovať za hlavný faktor, ktorý ovplyvňuje mernú elektrickú vodivosť v určitom mieste. K zmenám mernej elektrickej vodivosti vody vo vrtoch dochádza pri zvýšení, resp. znížení hladiny podzemnej vody, čo sa v priestore prejavuje zmenou smeru jej prúdenia. Keďže podzemná voda prvého zvodneného horizontu (fluviálne štrkopiesky) je v priamej spojitosti s vodnou hladinou vo Váhu, dá sa predpokladať, že Váh priamo vplýva na hladinový režim podzemnej vody a taktiež aj na smer jej prúdenia. Vysoký vodný stav vo Váhu (hladina Váhu bude nad úrovňou hladiny podzemnej vody) má za následok infiltráciu povrchovej vody do územia. V takomto prípade smer prúdenia bude južný až juhozápadný. Pri porovnaní máp hydroizohýps, ktoré boli vytvorené na základe rozdielnych prietokov

(17.5.1995 a 12.4.2000) je toto zistenie viditeľné na mape ku dňu 12.4.2000 (obr. 2). Prietok vo Váhu v tomto dni dosiahol 358,50 $m^3.s^{-1}$. V prípade, ak by sme brali do úvahy retardáciu vplyvu prietoku na hladinu podzemnej vody, je namieste poznamenať, že prietok vo Váhu dosahoval od začiatku apríla vyššie hodnoty ako v uvedený deň (v priemere 491,34 $m^3.s^{-1}$; ide o priemernú hodnotu získanú za obdobie od 1.4. do 11.4.). Južný až juhovýchodný smer prúdenia podzemnej vody (z územia ku korytu Váhu) vyplýva z mapy vzťahujúcej sa k 17.5.1995 (obr. 2). Prietok vo Váhu v uvedený deň dosiahol 214,00 $m^3.s^{-1}$, pričom v predchádzajúcich 10 dňoch dosahoval priemernú hodnotu 198,18 $m^3.s^{-1}$.

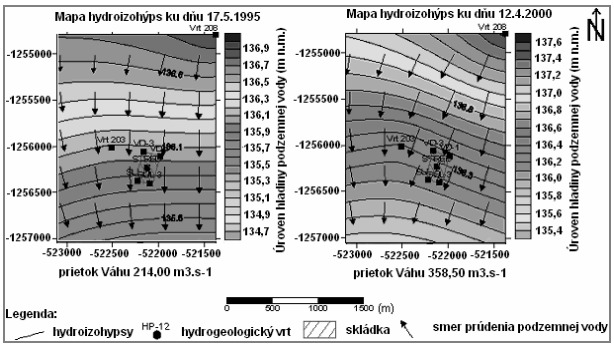
Pri infiltrácii povrchovej vody s nízkou vodivosťou (38 – 40 $mS.m^{-1}$) z rieky, dochádza k jej miešaniu s podzemnou vodou s vysokou vodivosťou (400 – 1200 $mS.m^{-1}$) v okolí skládky (Laczová, 2003). Infiltrujúca povrchová voda zároveň „odtláča“ v smere jej pohybu znečistenú podzemnú vodu, ktorá sa v danom horninovom priestore predtým nachádzala. V okolí skládky sa to prejavuje poklesom vodivosti podzemnej vody vo vrtoch, v ktorých bola pri opačnom smere prúdenia nameraná vysoká vodivosť. Odtláčanie znečistenej vody do územia vyvolá nárast vodivosti podzemnej vody vo vrtoch v smere jej postupu (západným smerom). Pozorované boli tiež zmeny teploty podzemnej vody v dôsledku jej miešania s vodou z Váhu.

Geofyzikálne metódy

Na vonkajšom obvode skládky boli v roku 1992 realizované geofyzikálne merania v rámci akcie „Mapovanie a monitoring miest únikov z obvodového ochranného svahu kalového poľa v Šulekove“ (Gregor, 1992 in Vybíral, 1998). Od roku 1994 do roku 2003 boli v bezprostrednom okolí skládky, realizované terénne geofyzikálne práce zamerané na preukázanie kvality vybudovaných podzemných stien.

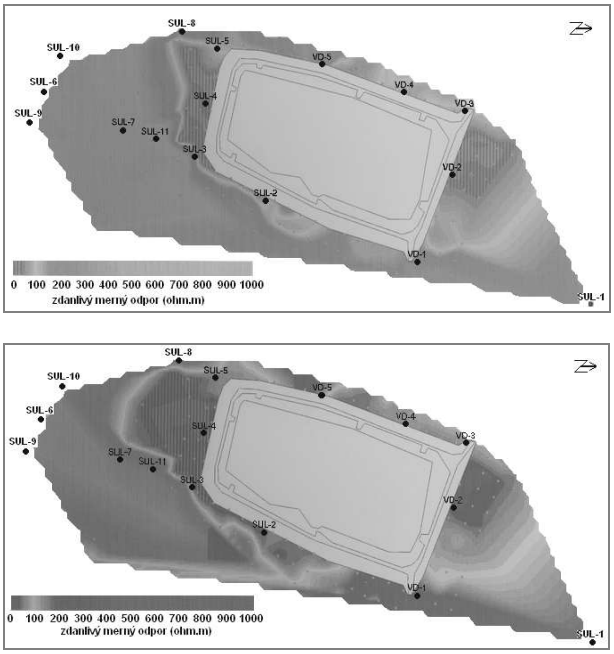
Použité boli povrchové odporové metódy v modifikácii odporového profilovania (SOP), odporovej sondáže (VES), multielektródového sondovania (MES) a dipólového elektromagnetického profilovania (DEMP). Výsledky meraní umožňujú zhodnotiť hlavné trendy vývoja kontaminácie v horninovom prostredí v okolí skládky. Metóda VES umožňuje získať predstavu o veľkosti kontaminačného mraku v horninovom prostredí v rôznych horizontoch.

Z interpretácií výsledkov VES majú pre účely hydrogeológie najväčší význam mapy izolínií zdanlivých merných odporov zhotovené pre rozstupy AB/2 = 6,15 a 13,38 m (obr. 3). Uvedené rozstupy odzrkadľujú hĺbkové horizonty, ktoré majú najbližšiu spojitosť s hladinou podzemnej vody v okolí skládky a ku šíreniu kontaminácie.



Obr. 2: Porovnanie smeru prúdenia podzemnej vody v rokoch 1995 a 2000
Fig. 2: Comparison of groundwater flow direction in 1995 and 2000

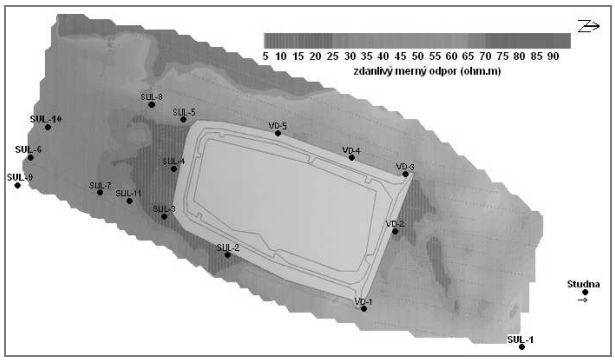
Rozloženie zdanlivých merných odporov pre AB/2 = 6,15 m v prevažnej miere odzrkadľuje geologické a hydrogeologické podmienky v horizonte ležiacom medzi povrchom terénu a hladinou podzemnej vody, resp. niekoľko metrov pod ňou. Podľa Vybírala et al. (2000) mapa izolínií zobrazuje najmä rozšírenie kontaminácie súvisiacej s povrchovými zdrojmi. Charakter poľa zdanlivých merných odporov pre AB/2 = 13,38 m odzrkadľuje v podstatnej miere rozsah kontaminačného mraku, šíriaceho sa v štrkopiesčitých náplavoch Váhu. V nadväznosti nato ďalej uvádza, že sa pravdepodobne jedná o presun kontaminantu v dôsledku prúdenia podzemnej vody.



Obr. 3: Mapa izolínií zdanlivého merného odporu pre AB/2 = 6,15 m a AB/2 = 13,38 m (Vybíral et al., 2000)
Fig. 3: Map isoline of apparent resistivity constructed for AB/2 = 6,15 m a AB/2 = 13,38 m (Vybíral et al., 2000)

Metóda elektromagnetického profilovania (DEMP) umožnila získať základnú predstavu o kontaminácii okolia skládky v malej hĺbke (použitá meracia aparatúra EM-31 má hĺbkový dosah max. 6 m). Výsledky boli spracované do plošnej mapy rozloženia zdanlivého merného odporu (obr. 4). Metódou bolo zistené, že v okolí skládky sa vyskytuje materiál, ktorý sa zníženým merným odporom odlišuje od hlín a štrkov ležiacich v okolí a podloží skládky.

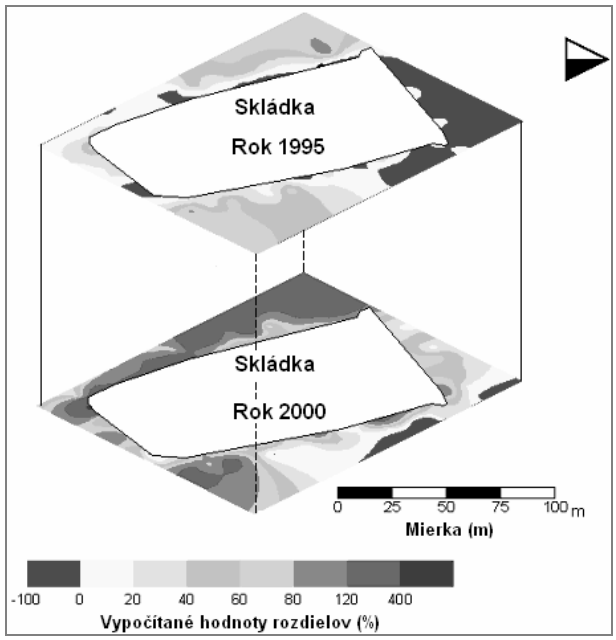
Pre podrobné mapovanie zmien merného odporu vo vertikálnych rezoch bola použitá metóda multielektródového sondovania (MES). Premeraných bolo 8 profilov MK-1 až MK-8 (obr. 5). Spracované odporové merania demonštrujú dostatočne jasný odporový kontrast medzi prostredím s obsahom znečisťujúcich látok a prostredím bez kontaminácie. Základnú predstavu o rozsahu znečistenia a možných smerov jeho pohybu dávajú mapy izolínií zdanlivého merného odporu a mapa percentuálneho rozdielu zdanlivej rezistivity (obr. 6).



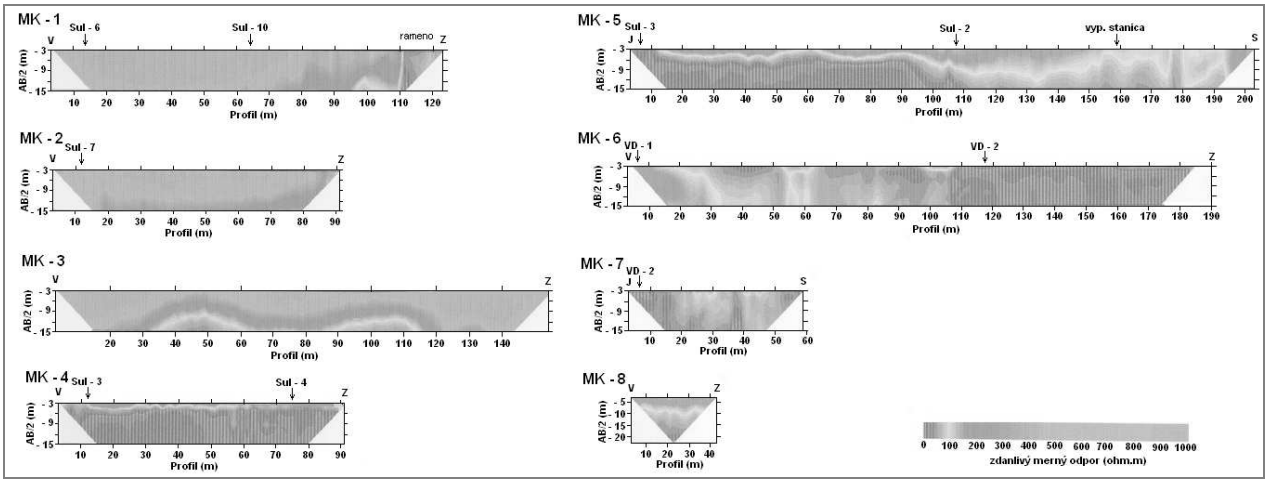
Obr. 4: Mapa zdanlivého merného odporu zostrojená z údajov získaných metódou DEMP (Vybíral et al., 2000)
Fig. 4: Map of apparent resistivity constructed from data aquired by DEMP (Vybíral et al., 2000)

Podľa priestorovej pozície prostredí s rozdielnymi mernými odpormi je možné konštatovať, že v r. 2000 sa mohutné pásmo odporovo nízkych hodnôt nachádza pred južnou až juhovýchodnou stranou a v menšom rozsahu aj pred severnou stranou skládky.

Pri porovnaní percentuálneho rozdielu zdanlivej rezistivity v rokoch 1995 a 2000 (oproti roku 1994) je možné povedať, že došlo k markantnej zmene polohy i rozlohy kontaminantu.



Obr. 6: Vybrané mapy percentuálneho rozdielu meraných hodnôt zdanlivej rezistivity (ohm.m) oproti roku 1994 pre AB/4 = 6,64 (upravené podľa Putišku, 2005)
Fig. 6: Chosen maps of the percentual difference of measured values of apparent resistivity (ohm.m) to the year 1994 for AB/4 = 6,64 (according to Putiška, 2005)



Obr. 5: Metóda multikábla – rezy zdanlivých merných odporov, profily MK 1 – 8 (Vybíral et al., 2000)
Fig. 5: Electrical resistivity tomography – vertical crossection of apparent resistivity, profiles MK 1 – 8 (Vybíral et al., 2000)

ZÁVER

Geofyzikálne, ako aj hydrogeologické merania, prispeli k objasneniu rozsahu a možných smerov pohybu znečisťujúcich látok v horninovom prostredí.

Vo všeobecnosti môžeme povedať, že použité geofyzikálne metódy sa v tomto prípade ukázali ako veľmi vhodný nástroj pre určenie rozsahu a miery znečistenia.

Použité metódy podrobne určili rozloženie zdanlivého merného odporu v blízkom okolí skládky. Treba však pamätať na to, že plošný a hĺbkový dosah znečistenia je vymapovateľný len pri dostatočnom kontraste merného elektrického odporu kontaminujúcej látky a okolitého prostredia. K získaniu predstavy o plošnom rozsahu znečistenia v pripovrchovej vrstve (cca do 6 m) prispela metóda DEMP. Pre objasnenie situácie hlbších horizontov boli použité metódy MES a VES. Z výsledkov terénnych meraní MES a VES boli zostrojené vertikálne rezy a mapy zdanlivého merného odporu. Podľa zistení Vybírala (1995) sú pre posúdenie zmien a rozsahu kontaminácie rozhodujúce pomerné zmeny (rozdiely) nameraných merných odporov oproti určitému obdobiu (prvému meraniu, realizovanému v roku 1994). Percentuálnym vyjadrením týchto zmien (nárast, pokles, stabilný stav) boli výstižne zobrazené hlavné trendy vývoja kontaminácie v okolí skládky.

K vysvetleniu zmeny polohy a rozsahu kontaminácie určenej geofyzikálnymi metódami napomohol monitoring povrchovej a podzemnej vody. Vyhodnotením údajov z pozorovaní sa zistilo, že hlavným faktorom ovplyvňujúcim pohyb kontaminácie je najmä smer prúdenia podzemnej vody.

Pohyb podzemnej vody je podmienený hladinovým režimom rieky Váh. V období nízkych vodných stavov podzemná voda prúdi smerom z územia k rieke a pri zvýšených vodných stavoch prúdi od rieky do územia. Týmto podmienkam zodpovedá i presun kontaminujúcich látok v okolí skládky.

Vybudovaná podzemná tesniaca stena okolo skládky predstavuje pre podzemnú vodu bariéru. Počas nízkych prietokov dochádza k presunu a zdržiavaniu sa znečistenia hlavne pred severnou časťou PTS. V čase zvýšených prietokov vo Váhu dochádza k dotácii neznečistenej povrchovej vody do horninového prostredia okolia skládky. Táto dotácia má za následok nariedenie a odtlačenie kontaminantu do širšieho okolia.

Pravdepodobným zdrojom kontaminujúcich látok sú výluhy z materiálu výkopu, uloženého na svahoch hrádze počas budovania PTS a stará, už zakrytá skládka nachádzajúca sa v predpolí severnej hrádze.

LITERATÚRA

Blažo, T., Rovňák, J. 1992: Skládka kalov – ochrana pomocou tesniacej steny, Šulekovo. MS Agrocons IPOS š.p. Bratislava

Broďáni, V. 1956: Prieskum geomorfologický, geologický, pôdomechanický ako aj prieskum chemizmu podzemných i povrchových vôd na vodnom diele Hlohovec – Šaľa pre investičnú úlohu. (Geofond Bratislava, č. správy 8 610)

Buday, T., Cicha, I., Hanzlíková, E., Chmelík, F., Koráb, T., Kuthan, M., Nemčok, J., Pícha, F., Roth, Z., Seneš, J., Scheibner, E., Stránik, Z., Vaškovský, I., Žebera, K. 1967: Regionální geologie ČSSR – II díl – Západní Karpaty. Praha : Československá akademie věd. 561 s.

Holéczyová, Z., Machmerová, E. 1969: Drôtovňa Hlohovec, podrobný prieskum – doplnok. IGHP n.p. Žilina, závod Bratislava. (Geofond Bratislava, č. správy 22 537)

Hrašna, M., Adamcová, R. 1992: Mapa vhodnosti územia pre skládky odpadov. Katedra inžinierskej geológie PRIF UK. Bratislava.

Lánczos, T., Halásová, R. 1991: Šulekovo – skládka kalov, účelový hydrogeologický prieskum. Žilina IGHP, š.p. (Geofond Bratislava, č. správy 76 490). 132 s.

Laczová, E. 2003: Hydrogeologické pomery okolia skládky železitých kalov v Šulekove. Diplomová práca. Katedra hydrogeológie PRIF UK. Bratislava. (Geofond Bratislava, č. správy 85 456). 132 s.

Putiška, R. 2005: Využitie geoelektrických metód pri hodnotení starých environmentálnych záťaží. Dizertačná práca. Bratislava: PRIF UK.

Varga, L. 1993: Záverečná správa z geologického dozoru pri hĺbení podzemnej tesniacej steny. RNDr. Ladislav VARGA, 841 01 Bratislava, Drobného 12.

Vybíral, V. 1995: Mapovanie a monitoring miest únikov z kalového poľa v Šulekove – záverečná správa za rok 1995. MS SENZOR Bratislava. (Geofond Bratislava, č. správy 79 802)

Vybíral, V. 1998: Mapovanie a monitoring miest únikov z kalového poľa v Šulekove – záverečná správa za rok 1998. MS SENZOR Bratislava. (Geofond Bratislava, č. správy 81 965)

Vybíral, V., Gajdoš, V., Némethy, P. 2000: Mapovanie a monitoring miest únikov z kalového poľa v Šulekove – záverečná správa za rok 2000. MS SENZOR Bratislava. 69 s.

Kullman, E. 1988: Základná hydrogeologická mapa ČSSR, list Trnava, M 1:200 000. Bratislava: GÚDŠ.

COMBINING BOTH GEOPHYSICAL AND HYDROGEOLOGICAL APPROACH IN INVESTIGATION OF ŠULEKOVO DUMP INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT

SUMMARY

The solutions of the old environmental loads are considered to represent one of the primary social interests related to the environmental topic. It refers to a broad complex of geological, ecological, economical environmental issues. Among the geological domains, it is chiefly the hydrogeology and its focus on the groundwater that nowadays experiences a wide range of applicability. The hydrogeological survey provides data about the occurrence and circulation of the groundwater in the area of the waste dump and in its vicinity. However, the results of the hydrogeological survey are often insufficient and do not provide requested quality and complexness. Therefore, every new information source, which helps to solve practical hydrogeological tasks, saves considerable costs, time and human labour as well. Modern geophysical methods represent new information sources, which support and enrich the hydrogeological expertise used by groundwater prospection and protection.

The greatest profit from using the geophysical methods is obtaining a complex characteristic of the studied area (area of interest). These methods are not destructive, are able to cover a larger area in the sense of space as well as volume. Further more, they need less time and costs, when compared to the drilling survey. On the other hand, the interpretation of geophysical data requires high qualification, knowledge and experience. To get as reliable data as possible it is necessary to use available geophysical methods. The preliminary geophysical survey is usually revised by direct observation, exploration drilling or observations directly in the future monitoring objects.

Geophysical data evaluation displays the distribution and location of the contaminant while the moment of measuring. Long-term monitoring allows following the development of the contaminant distribution in time. To understand these changes it is important to pay attention to the medium triggering the distribution of the contaminant (Vybíral et al., 2000). Under the "medium" is meant the groundwater, which carries and potentially dilutes the contaminant. Hydrogeological processes suitable explain above mentioned groundwater processes.

Groundwater distribution as well as the distribution of the contaminant in the area of the waste dump depends on multiple factors. One of them is the surface flow in the closest vicinity of the waste dump. The flow-rate controls the flow direction of the groundwater. The degree of its influence will depend mainly on the river water stage, terrain morphology as well as the location of the waste dump considering the river meander. It is worth to take into account the body of the waste dump itself, which can change the hydrogeological settings significantly (Fig. 2).

Geophysical measurements provided during certain period of time in the locality Šulekovo display a various values of the contaminant distribution in the waste dump surrounding. However, the geophysical measurements alone do not explain this observed fact. To interpret this feature, data from the hydrogeological methods applied in the survey were used. There was identified a low flow in the surface flow, which causes a change in the groundwater flow direction away from the Váh river into the nearby area. Infiltrated water from Váh river which is characterized with low conductivity caused the dilution of the contaminated water and its movement away from the waste dump. The attempt to identify the reason for the difference in the contamination rate between years 1995 and 2000 during the geophysical measurements pointed to the almost twice as high discharge in the Váh River in the year 2000 than in the 1995 (Fig. 6). This flow triggered the dilution of the contaminant in the area of the waste dump, what affected the resistivity values (lower values).