

GEOFYZIKÁLNE A HYDROGEOLOGICKÉ MODELOVANIE STARÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH ZÁŤAŽÍ

GEOPHYSICAL AND HYDROGEOLOGICAL MODELING OF OLD ENVIRONMENTAL PROBLEMS

**Abstract**

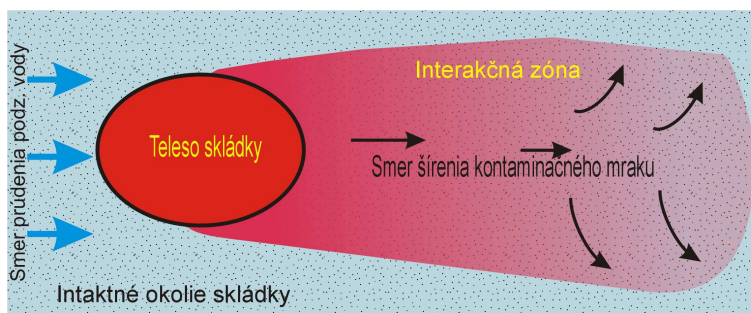
At study exploitation geoelectric method on survey extension contamination we come on so, that we are retire and they followed modelling types dump on authority geometry observation system - thickness and frontier collector and their measuring apparent resistivity.

Od roku 2001 sa realizuje na Slovensku program „Monitoring starých environmentálnych záťaží“, ktorého úlohou je zhodnotiť „skutočný“ vplyv starých environmentálnych záťaží na svoje okolie. Do jednotlivých dielčích úloh sú zapojené aj katedry geofyziky a hydrogeológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava.

Práce sú zamerané na získanie čo najväčšieho množstva objektívnych informácií o geologických podmienkach (litológia, hydrogeologické podmienky, inžiniersko-geologické podmienky), geochemických vlastnostiach podzemných vôd a informácie o zdroji kontaminácie (jeho veľkosti, obsahu, histórii, technike układania, sanačných opatreniach).

Počas štvorročného obdobia boli zhromaždené rozsiahle informácie o 15-tich skládkach vo viacerých vytypovaných geologických regiónoch. Už prvotné hodnotenia ukázali, že vhodným metodickým postupom prieskumu a spracovania je vypracovať si niekoľko typických modelov skládok a ich možného pôsobenia na svoje okolie.

V literatúre (napr. Gajdoš, 2002) sa uvádza základný model (obr.1) pozostávajúci z troch hlavných priestorových prvkov - zdroj kontaminácie (napr. skládka), okolie a kontaminačný mrak.



**Obr.1** Základný model šírenia kontaminantu zo skládky

V uvedenom modeli je ale v minimálnej miere zahrnuté pôsobenie geologických podmienok (situovanie skládky, vlastnosti okolitého prostredia – priepustnosť, hĺbka nepriepustnej vrstvy, ...), hydrogeologických podmienok (hĺbka hladín podzemnej vody, režim podzemných vôd - zmena hladiny, režim hladiny) a podmienok monitoringu (systém vrtov, systém odberných miest, množstvo informačných údajov), reprezentatívnosť odoberaných vzoriek.

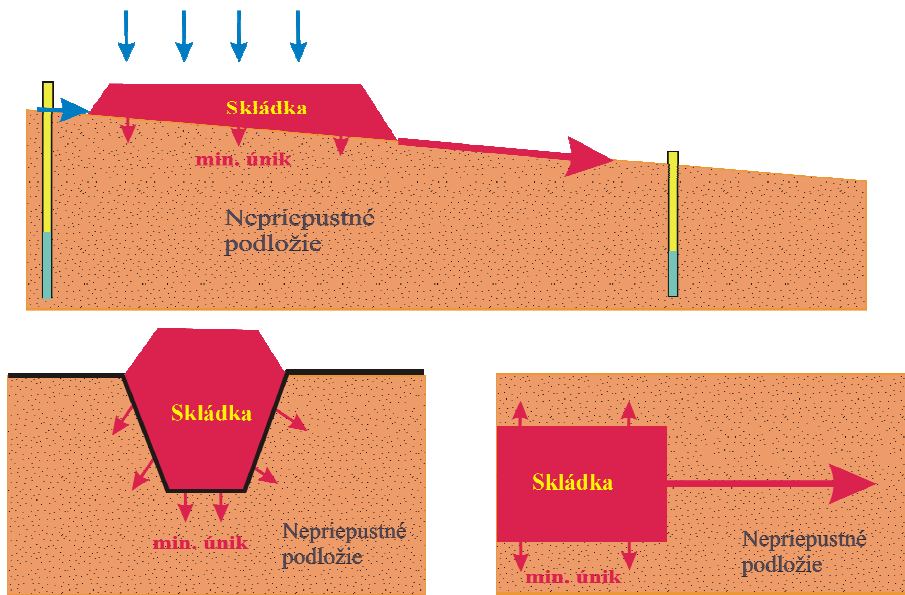
<sup>1</sup> RNDr., PhD., Univerzita Komenského, Mlynska dolina, Bratislava, Slovensko, putiska@fns.uniba.sk

<sup>2</sup> Mgr., Univerzita Komenského, Mlynska dolina, Bratislava, Slovensko

<sup>3</sup> RNDr., SENSOR, s.r.o., Nobelova 34, Bratislava, Slovensko, sensor@internet.sk

Aby sme priblížili model šírenia realite, boli spracované štyri rozdielne modely sledovania a hodnotenia. Ako sa ukázalo z dôkladnej analýzy veľkého množstva skládok situovaných v rôznych geologických regiónoch, vhodným základným kritériom základného typového rozčlenenia je prítomnosť, prípadne neprítomnosť **nepriepustného horizontu**. Tento geologický prvok hrá dominujúcu úlohu jednak pri šírení kontaminácie, ale aj pri možnosti jej sledovania geofyzikálnymi aj hydrogeologickými metódami.

1. **Model s nulovou hrúbkou nadložnej vrstvy (obr.2).** Skládkovaný materiál je situovaný priamo na nepriepustnom podloží (obr. 2.), tvorenom ílmi, ílovitými hlinami, alebo neporušenými pevnými horninami (granity, kryštalické bridlice a pod.). Obyčajne je sypaný do hlbokých údolí, alebo cez hranu na svahoch.



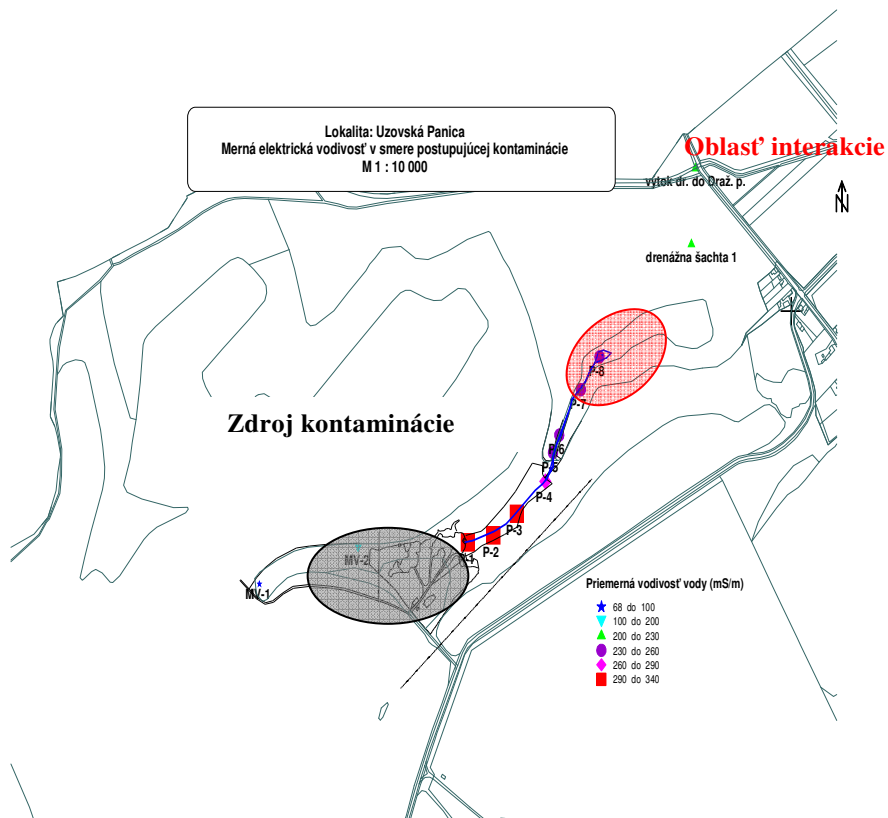
**Obr.2** Model s nulovou hrúbkou

Pre tento typ environmentálnej záťaže je typické, že vody (napr. dažďové, povrchové) infiltrujú skládkový materiál, a vystupujú ako priesaková kvapalina formou výverov a priesakov v čelných častiach skládky. Po výstupe na povrch sa ďalej šíria vo forme usmerneného potoka. Povrchové a podzemné vody v okolí začne kontaminovaná kvapalina ohrozovať až po kontakte s materiálom s vhodnou priepustnosťou. Mnohokrát je oblasť kontaminácie od vlastnej skládky vzdialená aj niekoľko sto metrov.

U tohto typu sa prieskum zameriava na zhodnotenie skutočných rozmerov skládky a geologických pomerov v okolí. Geoelektrickými metódami sa ohraničí celý priestor do ktorého bol v minulosti ukladaný odpad (elektromagnetické profilovanie - DEMP, multielektródové sondovanie) a tiež sa premeria celé okolie skládky (aj časť predpolia) a na základe výsledkov sa posúdi litológia hornín, najmä so zameraním na ich priepustnosť a možný únik kontaminantu do horninového prostredia.

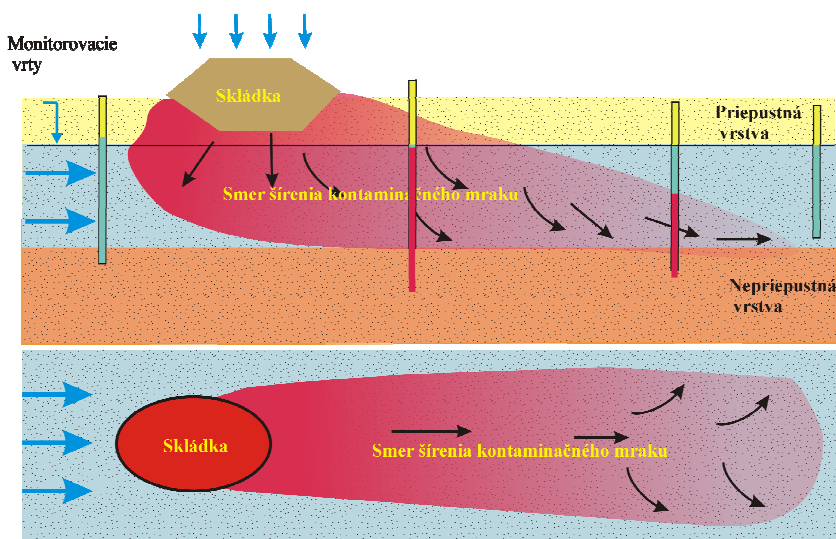
Ďalej sa hodnotí pohyb podzemných vôd v okolí skládky (resp. v skládke) a v oblasti kontaminácie a jej vplyv na povrchové a podzemné vody. Pre zistenie smeru pohybu podzemných vôd je vhodná metóda SP.

Vrtné práce sa používajú v minimálnej miere, pretože vzorky vôd z vrtov sú málo reprezentatívne, dominujúca časť kontaminácie odteká povrchovým tokom (obr.3). Pozornosť je viac venovaná charakteristike vôd v tomto toku (výdatnosť, prietoknosť a jej zmeny, retardácia kontaminantu, nariedovanie).



**Obr.3** Model postupu kontaminácie na skládke TKO – Uzovská Panica

2. **Model s nepriepustným podložím v hĺbke do 10 až 14 m (obr.4).** Skládka je obvyčajne situovaná v priepustnej vrstve (riečne nivy). Dominujúcim prvkom šírenia kontaminácie je prítomnosť podzemnej vody v priepustnom podloží a nepriepustné podložie. Smer a intenzitu šírenia kontaminácie ovplyvňuje hydrogeologický režim podzemných vôd, obvyčajne priamo súvisiaci s najbližším vodným tokom.



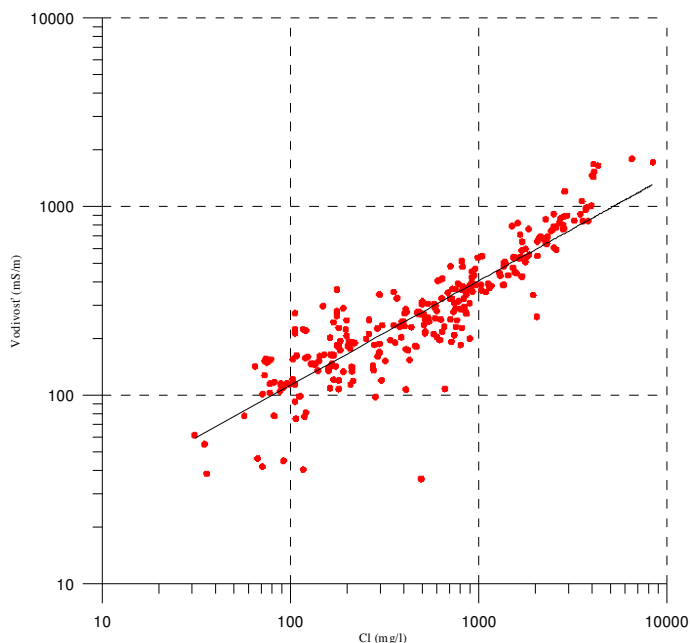
**Obr.4** Model s nepriepustným podložím

Skládkový materiál môže byť zo záťaže vylúhovaný:

- Infiltráciou, atmosferickou vodou, ktorá naprší na plochu skládky
- vodou, ktorá priteká do priestoru skládky pri privalových dažďoch
- podzemnou vodou pritekajúcou do priestoru skládky z jej hydrogeologického povodia
- infiltrujúcou riečnou vodou (ak je v dosahu dotačnej zóny)

Externá voda vniká do prostredia s často nedefinovateľným chemickým zložením a obohacuje sa o rozpustné i nerozpustné látky. Kontaminovaná voda po prechode zónou aeracie (ak je prítomná) dosahuje hladinu podzemnej vody a kontaminuje zvodnenú vrstvu v širšom okolí. Kontaminácia sa potom ďalej šíri v smere pohybu podzemných vôd do širšieho okolia. Kontaminant môže zasiahnuť celú zvodnenú vrstvu, alebo jej vrchnú alebo spodnú časť, podľa konkrétnych okolností (obr. 4).

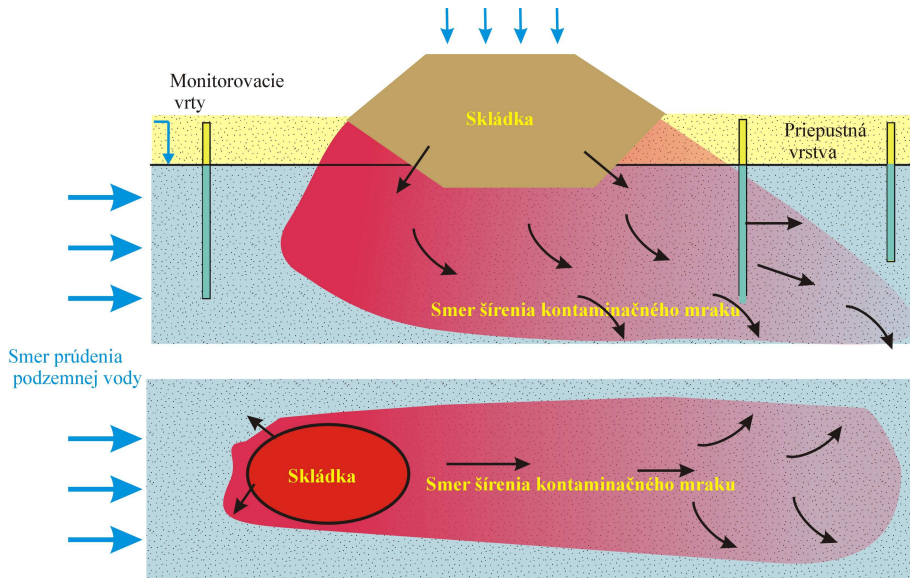
Dominujúcimi prvkami pre šírenie kontaminácie sú prítomnosť podzemnej vody v priepustnom podloží a blízkosť nepriepustného podložia. Nepriepustné podložie v relatívne nevelkej hĺbke zabraňuje jej veľkému rozptylu a napomáha usmerneniu do kontaminčného mraku. Za vhodných geochemických podmienok sa mrak dá sledovať a mapovať jeho parametre geofyzikálnymi metódami. Obyčajne sa využívajú odporové metódy geofyzikálneho prieskumu, pri ktorých sa využívajú korelačné vzťahy medzi množstvom konzervačného chemického parametru (chloridy, sírany) a zmenou fyzikálnych vlastností podzemnej vody (vodivosť). Ako príklad uvádzam porovnania vodivosti a obsahu chloridov (Cl). Po zrovnaní (cca. 500 dvojíc) stanovených laboratórne sa ukazuje, že medzi nimi existuje pomerne dobrý korelačný vzťah. Dokumentujeme to na obrázku č. 5.



**Obr.5** Korelačná závislosť vodivosti a obsahu Cl v podzemných vodách v okolí skládky stanovená podľa odberov realizovaných v roku 1994, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002

V prípade nepriaznivých geochemických podmienok je tento typ vhodným objektom využitia vrtného monitoringu. Vrty ale musia byť situované vo vhodných priestoroch, v monitorovacích zónach aby boli dosiahnuté reprezentatívne výsledky. Máme poznatky, že je potrebné sledovať aj zonálnosť rozloženia chemických komponentov v línii vrtu.

3. **Model s nepriepustným podložíím v „nekonečnej hĺbke“ (obr.6).** Environmentálna záťaž je situovaná priamo v priepustnej vrstve, ktorej hrúbka neovplyvňuje iba vertikálny pohyb podzemnej vody. Obyčajne ide o záťaž situované v starých štrkoviskách, pieskoviskách alebo riečnych ramenách.



**Obr.6** Model s priepustným podložíím

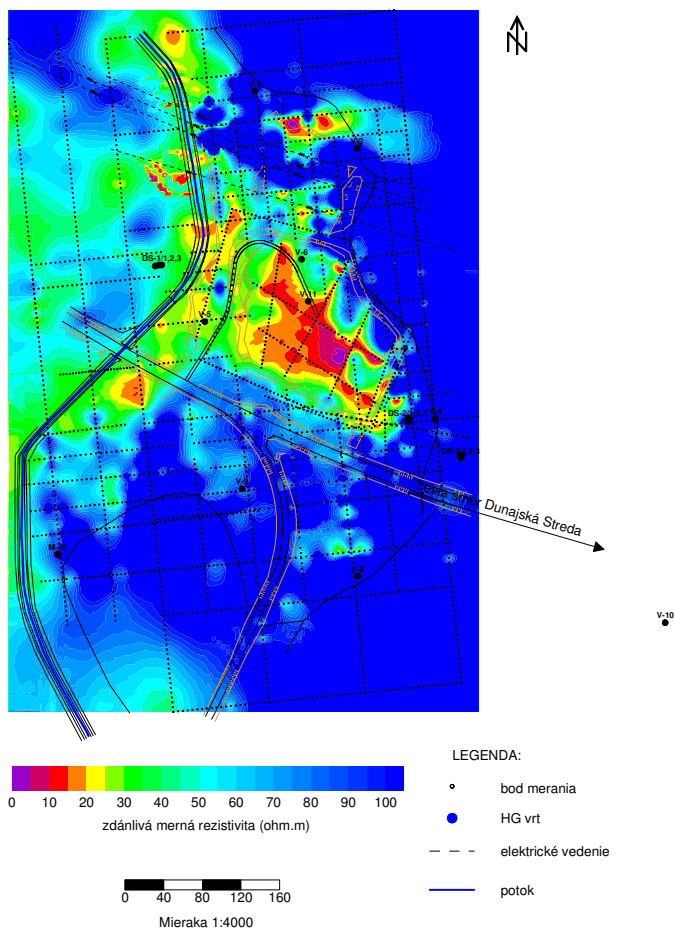
Kontaminácia je zo záťaže vyplavovaná infiltrujúcou dažďovou vodou, alebo priamym dotykom podzemnej vody.

Znečistená (kontaminovaná) voda, sa môže zo skládky šíriť cez priepustné prostredie jednak na veľké vzdialenosti ale aj do veľkých hĺbok (nie je obmedzená nepriepustným podložíím) a znečisťovať zdroje podzemnej vody v okolí.

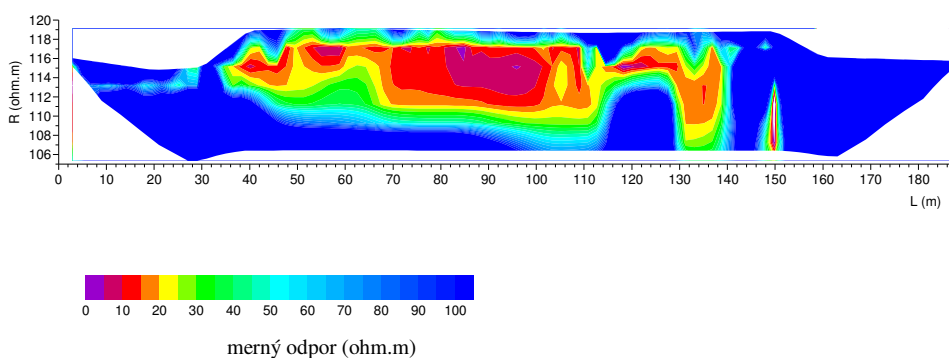
Pri prieskume tohto typu skládok sa prieskum zameriava najmä na:

- priestorového ohraničenia skládkového materiálu (mocnosť, rozšírenie skladba),
- na určenie interakčnej zóny skládky (rozsah kontaminačného mraku).

Naše skúsenosti ukazujú, že vhodným metodickým postupom pri prieskume je zaradiť v prvej etape odporový monitoring pomocou hustej siete meraní. Vymapujú sa všetky potenciálne miesta výskytu kontaminujúcich zdrojov (obr.7). Následne sa použije metóda MES (obr.8), ktorá umožňuje vymapovanie rozmerov týchto zdrojov, najmä vertikálnych rozhraní.



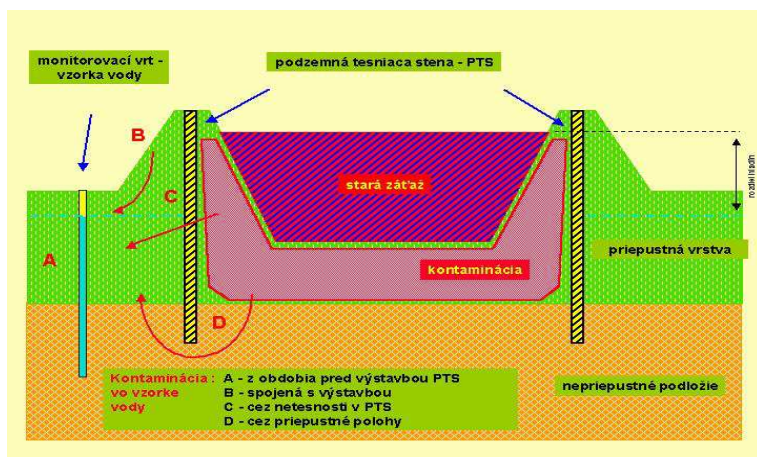
**Obr.7** Mapa zdánlivej mernej rezistivity na lokalite Dunajská Streda - skládka TKO



**Obr.8** Multi-elektrodové sondovanie na lokalite Dunajská Streda - skládka TKO, Inverzný odporový model s topografiou

V prípade nepriaznivých podmienok (nevhodný kontrast kontaminácie voči okoliu) sa uplatní podrobný hydrogeologický prieskum.

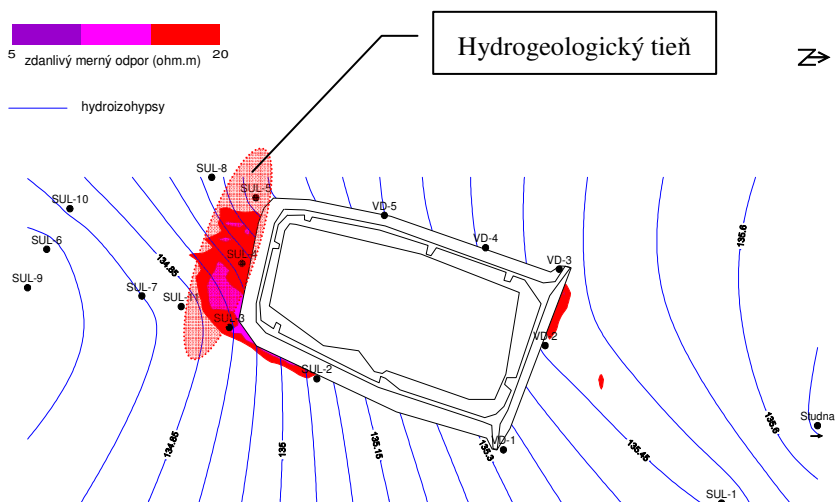
#### 4. Model environmentálnej zátáže uzavretej podzemnými tesniacimi stenami PTS (obr.9).



**Obr.9** Model skládky sanovaný PTS

Kontaminácia obsiahnutá v horninovom prostredí je súhrnným parametrom, ktorý odráža výsledky pôsobenia viacerých etáp jej vzniku. Ako je ukázané na obr.9, ide minimálne o kontamináciu pochádzajúcu z obdobia pred výstavbou PTS, kontamináciu spojenú s výstavbou PTS a kontamináciu ktorá po vybudovaní PTS môže do okolia prenikať cez netesnosti v PTS (rôzneho pôvodu) a priepustné polohy jej podloží.

Vo väčšine prípadov takto situovaných a sanovaných starých zátáží, platia podmienky ako u modelu dva, len hydrogeologický režim je ovplyvnený samotným telesom PTS. V blízkom okolí PTS je tzv. hydrogeologický tieň (obr.10), v ktorom je pohyb podzemnej vody a kontaminantu minimálny.



**Obr.10** Hydroizohypsy zo dňa 16/8/2000 + anomálne hodnoty z meraní DEMP

*Tento článok vyšiel v rámci riešenia úlohy VEGA 1/1030/04.*

## **Literatúra**

- [140] Putiška, R., 2005: Využitie geoelektrických metód pri hodnotení starých environmentálnych záťaží, Dizertačná práca, Prirodovedecká fakulta UK
- [141] Gajdoš, V., 2002: Využitie geofyzikálnych a geologických informácií pri posudzovaní rizika ohrozenia životného prostredia skládkami pevného odpadu. Zb. „Životné prostredie bez hraníc“, medz. Symp., Viedeň-Bratislava, 2002.