

**PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK**

**KATEDRA INŽINIERSKEJ GEOLÓGIE**

842 15 Bratislava, Mlynská dolina



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM -  
- GEOLOGICKÉ FAKTORY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR**

***Monitorovanie***

***zmien vlastností antropogénnych sedimentov***

***Antropogénne sedimenty zakryté***

***charakteru starých environmentálnych zát'aží***

***Téma 03***

Zodpovedný riešiteľ: prof. Ing. Mirko Matys, PhD.

Bratislava 2009

## Obsah

1. Úvod	2
2. Subsystemy ČMSGF	2
2.3 Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží (03)	2
2.3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	2
2.3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	2
2.3.3 Spôsob a frekvencia zberu údajov	3
2.3.4 Výsledky monitorovania	3
2.3.4.1 <i>Odkalisko RSTO Dusla Šaľa</i>	3
2.3.4.2 <i>Odkalisko Amerika 1</i>	11
2.3.4.3 <i>Odkalisko ENO pôvodné</i>	16
2.3.4.4 <i>Odkalisko ENO definitívne</i>	25
2.3.4.5 <i>Odkalisko Lintich Banská Štiavnica</i>	32
2.3.4.6 <i>Odkalisko Sedem žien</i>	39
3. Vyhodnotenie kvality súhrnných ukazovateľov v rámci Európy - porovnanie	46
4. Záver	46

## 1. Úvod

Jemnozrnný materiál ukladaný do odkalísk plavením si aj napriek drenážnym opatreniam dlhé obdobie aj po skončení skládkovania zachováva vysokú vlhkosť a pri nepriaznivých podmienkach (intenzívne zrážky, seizmické účinky a pod.) môže stratiť svoju vnútornú stabilitu, pevnosť, čo môže vyústiť až do ekologických havárií aj dlhodobo opustených odkalísk.

Cieľom monitoringu zmien antropogénnych materiálov odkalísk je overiť teoretické predpoklady, zistiť skutočný a prognózovať možný vývoj zmien antropogénnych sedimentov na základe pozorovania zmien vlastností v čase najmä: fyzikálnych a mechanických vlastností (vlhkosť, pórovitosť, deformačné a pevnostné vlastnosti), prípadne minerálne zloženie.

Zmeny vlastností sa monitorujú na dvoch elektrárenských odkaliskách elektrárne ENO Nováky, 2 odkaliskách Dusla Šaľa a na 2 odkaliskách rudných flotačných odpadov pri Banskej Štiavnici.

## 2. Subsystemy ČMSGF

### 2.3 Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych záťaží (03)

#### 2.3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pri výbere lokalít sa vychádzalo z úvahy, aby sa zmeny vlastností flotačníc h odpadov sledovali na veľkých odkaliskách, jednak elektrárenských, jednak z úpravovne rudných baní ako aj z odkalísk chemických fabrík. Zmeny vlastností sa teda monitorujú na dvoch elektrárenských odkaliskách elektrárne ENO Nováky, 2 odkaliskách chemického závodu Dusla Šaľa a na 2 odkaliskách rudných flotačných odpadov pri Banskej Štiavnici.

#### 2.3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Na uvedených lokalitách sa sledujú tieto základné monitorovacie charakteristiky a zmeny ich vlastností v čase. Realizujú sa presiometrické skúšky, z ktorých sa určujú mechanické parametre a to medza presiometrického tlaku  $p_{lim}$  [MPa] (odpovedá medznej pevnosti skúšaného prostredia), presiometrický modul  $E_p$  [MPa] a efektívna hodnota uhla vnútorného trenia  $\varphi_{ef}$  [°]. Okrem toho sa odoberali pri monitorovaní týchto vlastností aj neporušené a porušené vzorky antropogénnych sedimentov pre určenie klasifikácie – zrnitostné analýzy materiálov a na stanovenie minerálneho zloženia sa realizovali RTG skúšky. Z geofyzikálnych meraní je základný monitorovaný prvok merný elektrický odpor v [ $\Omega m$ ].

Namerané a zistené hodnoty uvedených vlastností a parametrov sme porovnávali s predchádzajúcimi etapami monitoringu. Zistené odchyľky sme analyzovali, na základe

akých príčin a vplyvom akých faktorov ku zmene došlo a či táto zmena ovplyvňuje nepriaznivo stabilitu odkaliska alebo jeho okolia.

### **2.3.3 Spôsob a frekvencia zberu údajov**

Vo vybraných miestach odkalísk boli odvrátené vrty, z nich sa odobrali podľa možností neporušené a porušené vzorky pre laboratórne stanovení zrnitosti a niektorých fyzikálnych vlastností skúmaných sedimentov. Vo vrtoch sa vykonali presiometrické skúšky a vyhodnotili v súlade so STN 72 1004. Na jednej lokalite sa realizovalo okolo 25 m vrtoch, urobilo 25 presiometrických skúšok, odobralo okolo 10 neporušených a 20 porušených vzoriek.

Laboratórne skúšky sa robili v laboratóriu mechaniky zemín ŠGÚ DŠ a Katedry inžinierskej geológie podľa metodík príslušných STN alebo zaužívaných metodík špeciálnych skúšok. Sledovali sa niektoré vlastnosti fyzikálne - objemová hmotnosť, vlhkosť, zrnitosť a iné. Zo špeciálnych skúšok sa urobilo niekoľko skúšok röntgenových RTG analýz na parafero a diamagnetických frakciách jednej vzorky z každého odkaliska, na ktorej sa takéto analýzy dali realizovať, na Katedre mineralógie a petrológie Prif UK v Bratislave.

Vzhľadom na značnú nerovnorodosť plaveného materiálu v odkaliskách sme v monitorovacích profiloch použili geofyzikálne merania. Na základe týchto meraní možno vyčleniť kvázivnorodé vrstvy. Použili sa najmä tieto geofyzikálne merania: odporové profilovanie (VES) a metóda multikábelového elektroodporového merania (MES) nazývaná aj ako metóda elektrickej odporovej tomografie - rezistivity tomography ERT. Geofyzikálne merania robila Katedra environmentálnej a aplikovanej geofyziky PRIF UK v Bratislave.

Frekvencia monitorovania na odkaliskách bola každé tri roky. Vzhľadom na efektivitu výskumných a prieskumných prác sa realizovali ročne monitorovacie práce a merania na dvojici odkalísk buď v ENO Nováky, pri Dusle Šaľa alebo pri Banskej Štiavnici.

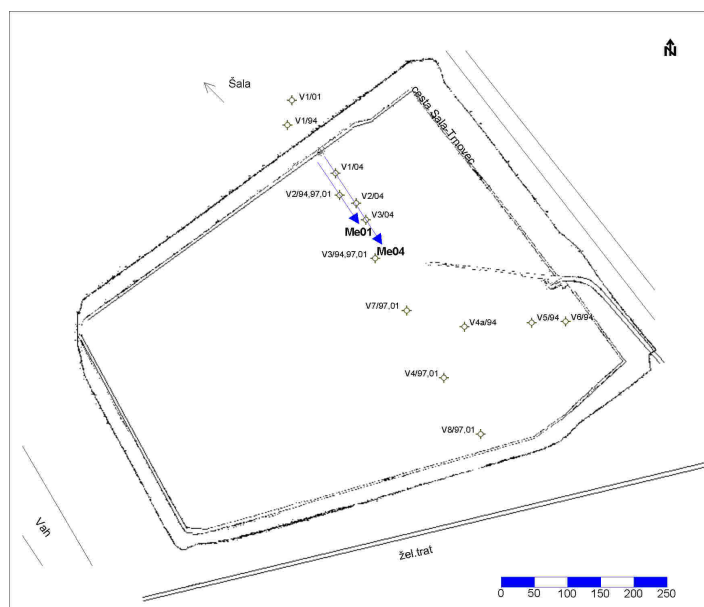
### **2.3.4 Výsledky monitorovania**

#### **2.3.4.1 Odkalisko RSTO Dusla Šaľa**

Odkalisko Šaľa RSTO je odkalisko rovinného typu. Jeho rozloha je cca 35 ha, dĺžka obvodu v päte hrádze je 2336 m. Na odkalisku boli plavené popolčeky, ktoré vznikali v teplárni a pri výrobe chemikálií v Dusle Šaľa. Pri prieskumných prácach sme v niektorých vrtoch zistili aj znečistenie popolčekom rôznymi chemickými ropnými látkami. Od zahájenia prevádzky sa na odkalisko deponovalo 1 242 491 m<sup>3</sup> popola, cca 101 500 t sadzí, 80 000 t oleja a arómatov, 2 500 t polymérov, 15 000 t chemických odpadov z výroby anorganickej chémie, 45 000 t soľankových kalov. Odkalisko sa už v súčasnosti nevyužíva na plavenie popolčeka, plavenie sa ukončilo v roku 1984. V súčasnosti je horizontálne uzavretá vrstvou hlinitého tesnenia a okolo celého odkaliska v jeho päte bola vybudovaná tesniaca injekčná stena TIS v dĺžke 2336 m, zapustená až do nepriepustného neogénneho podlažia. Pretože

cez hlinité tesnenie do skládky vsiakne určité množstvo vody, po obvode vo vnútornej časti skládky v blízkosti koruny odaliska je realizovaných 8 čerpacích studní, ktoré zabezpečujú výšku hladinu v podloží skládky rovnakú alebo nižšiu a tým zabraňovali prípadným priesakom cez TIS pri jej prípadných zmenách v tesniacich účinkov v čase od zhotovenia. Na takto uzavretom odkalisku sa prevádzkovala skládka nie nebezpečného odpadu, podľa staršej terminológie „riadená skládka tuhého odpadu“ dostala aj názov RSTO Dusla Šaľa a.s. V časti skládky sa ukladali v kontajneroch aj nebezpečné odpady.

Územie sa nachádza v aluviálnej nive Váhu a je prevažne tvorené nasledovnými kvartérnymi sedimentami. Od povrchu terénu asi do hĺbky 3m sa nachádzajú piesčité až ílovito piesčité hliny, smerom do hĺbky prechádzajú lokálne až do ílu. Ďalej sa do hĺbky asi 7m nachádzajú jemnozrnné piesky zle zrnéné svetlohnedé až hrdzavé, s malým množstvom ílovitej prímеси. V hĺbke do cca 11 m sa nachádzajú jemnozrnné piesky zle zrnéné šedej farby s ílovitou prímесou, do hĺbky cca 12 m sú hrubozrnné piesky lokálne s prímесou prevažne štrku jemnozrnného. Od hĺbky asi 12 m sa nachádzajú v podloží nasledovné neogénne sedimenty. Do hĺbky cca 13 m sú íly až piesčité íly modrošedé, do hĺbky cca 16m sa vyskytujú jemnozrnné ílovité piesky modrošedé, lokálne prechádzajúce až do piesčitých ílov. V hĺbke nad 16 m sa nachádzajú íly modrošedé, lokálne s prímесou piesčitou. Hladina podzemnej vody sa nachádza v hĺbke 3 - 5 m pod terénom. Hladina vody je slabo napätá. Prevládajúci smer prúdenia je VSV - ZJZ. V obdobiach povodní je prúdenie opačné, ovplyvnené hladinou Váhu.



Obrázok 3.1 Schematická situácia odkaliska RSTO Duslo Šaľa, prieskumných diel a geofyzikálneho profilu

## Vyhodnotenie pozorovaných parametrov za roky 2002 až 2009 na odkalisku RSTO

### Laboratórne rozbory

Na tomto odkalisku sa zmeny vlastností v čase sledovali v uvedenom období v rokoch 2004 a 2007. Na odkalisku sa monitorovali aj v predchádzajúcich trojročných intervaloch sledované ukazovatele. Popolčky z lokality RSTO Šaľa sú podobné zrnitostne zeminám prevažne F4 CS až S5 SC ale aj F6 Cl. Vlhkosť je od cca  $w = 30$  až 60 %. Popolčky sú materiály, ktoré majú tkv. dvojitú pórovitosť, jednak medzizrnovú jednak zrná sú pórovité, viažu vodu vo svojej hmote a to nie ako vodu kryštalickú ale ako voľnú. Na tomto odkalisku sa však nachádza v priesakovej vode odkaliska aj značné množstvo odpadových chemických látok a ropných uhľovodíkov, z Dusla Šaľa a.s, čo sťažuje vykonávanie laboratórných analýz popolčiek alebo ich až znemožňuje. RTG analýzy sa, po skúsenostiach z predchádzajúcej etapy riešenia úlohy, v roku 2007 nerealizovali vzhľadom na nepresnosť RTG výsledkov.

### Presiometrické skúšky

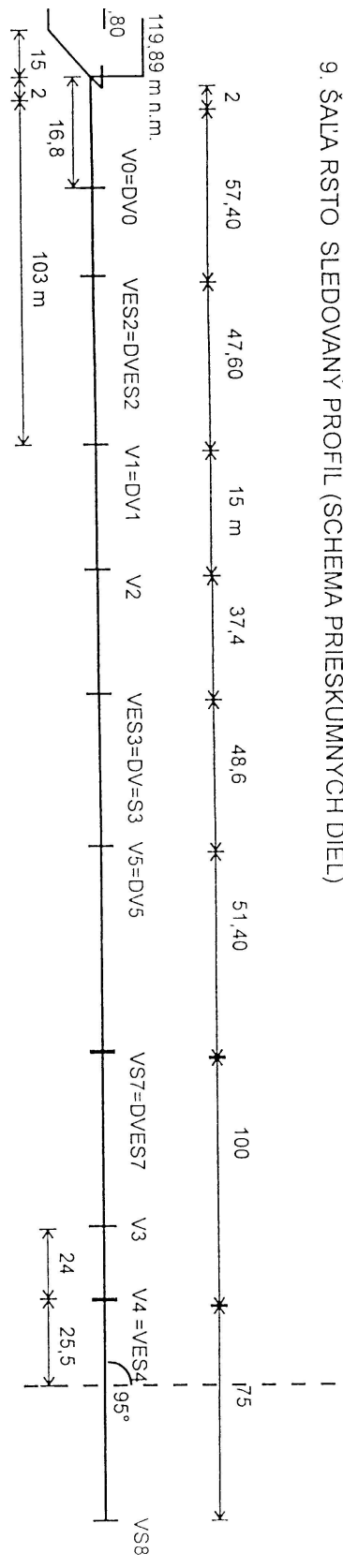
Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska RSTO v roku 2007 sa namerali hodnoty medze presiometrického tlaku od  $p_{lim} = 0,246$  MPa (vo vrte V – 0, hĺbka 2,2 m) až 0,654 MPa (vo vrte VES – 2 hĺbka 1,0 m), presiometrický modul len  $E_p = 0,86$  MPa až 5,4 MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia  $\varphi_{ef} = 23,7^\circ$  do  $29,6^\circ$ . Súborné výsledky presiometrických skúšok na tomto odkalisku aj z predchádzajúcich etáp monitorovacích meraní uvádzame v (tabuľke 3.1).

Z presiometrických meraní z roku 2007 jednoznačne vyplýva, že zatiaľ čo dochádza k zvýšeniu medze presiometrického tlaku aj uhla vnútorného trenia, presiometrický modul naopak klesá. Tento paradox si vysvetľujeme tým, že presunom ropných látok a iných neznámych chemických látok v odkalisku dochádza k menším zmenám v deformačnom správaní sa prostredia. Je to zistené len na tomto odkalisku, na ostatných 5 monitorovaných odkaliskách takmer nie.

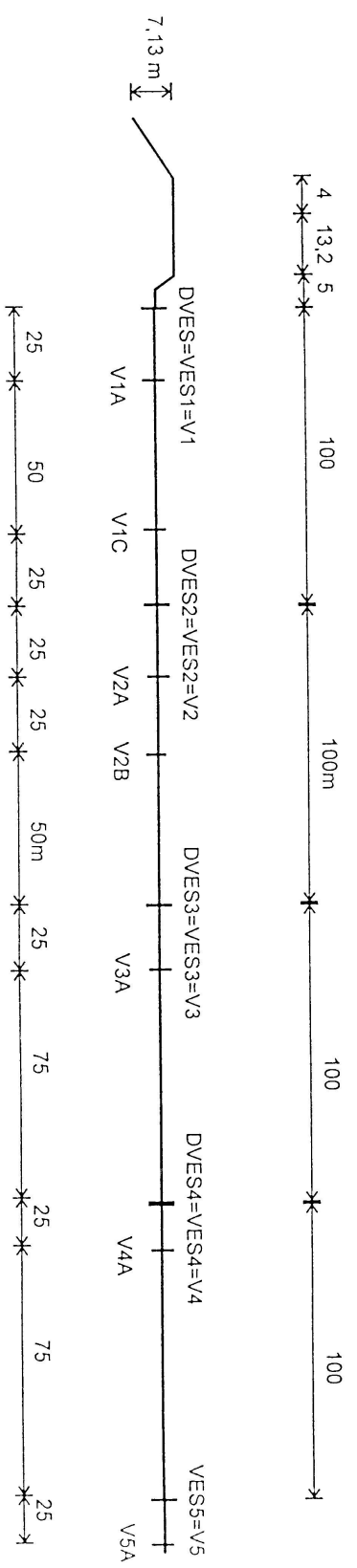
### Geofyzikálne merania

Pre geofyzikálne monitorovanie bol na odkalisku vybraný profil prechádzajúci naprieč celým odkaliskom (obr. 3.1) a na tomto profile boli v rovnakých miestach realizované opakované merania metódou VES a ERT. Výsledkom spracovania nameraných dát sú vrstevné parametre vyšetřovaného prostredia, ktoré sú následne navzájom korelované a potom použité na zostavenie vertikálnych rezov vyšetřovaným prostredím (obr. 3.3 a 3.4).

9. ŠALVA RSTO SLEDOVANÝ PROFIL (SCHÉMA PRIESKUMNÝCH DIEĽ)



6. ŠALVA AMERIKA I. SLEDOVANÝ PROFIL (SCHÉMA PRIESKUMNÝCH DIEĽ)



Tabuľka 2

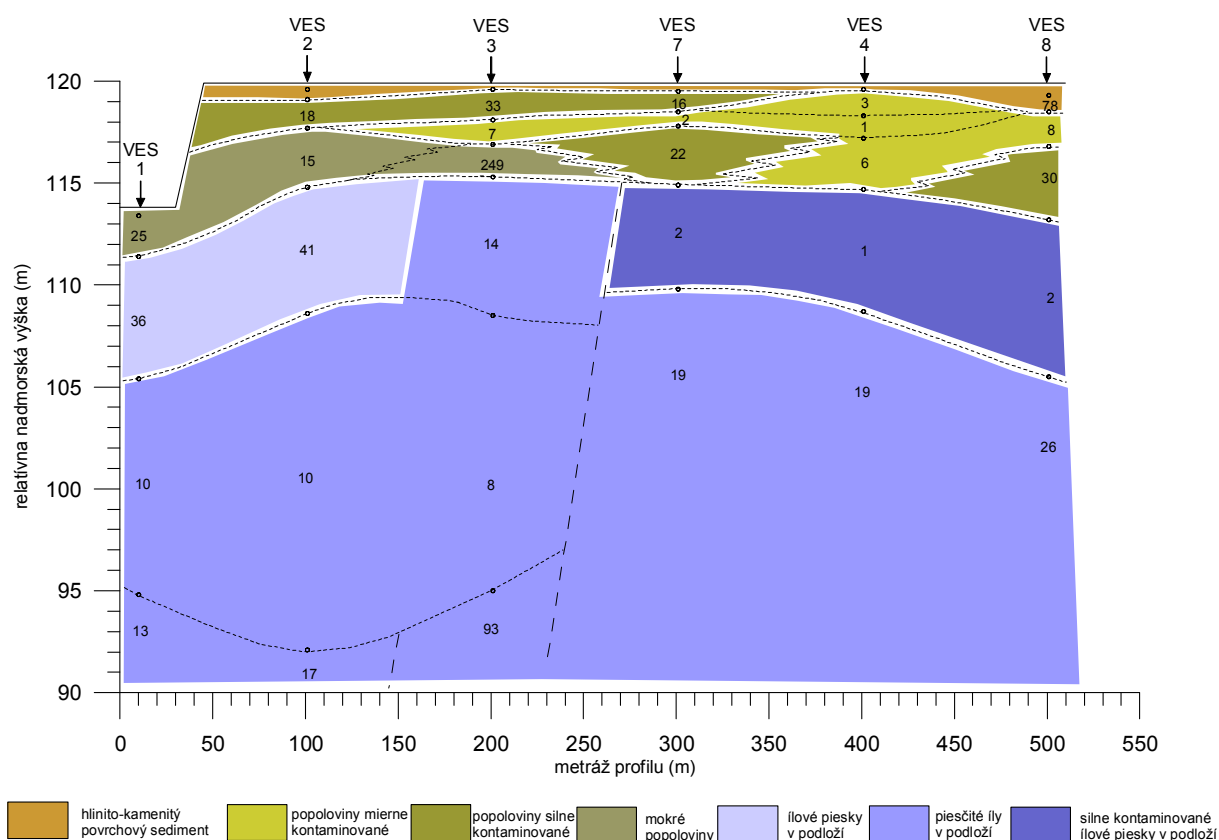
## RSTO porovnanie

vrt	hlbka [m]			P <sub>lim</sub> [MPa]			φ <sub>ref</sub> [°]			E <sub>p</sub> [MPa]					
	1994	1997	2001	2004	2007	1994	1997	2001	2004	2007	1994	1997	2001	2004	2007
V0		1,0			0,7			23,2		25,5		3,44			2,56
			1,4		1,4								4,80		2,56
	1,7	1,8	2,0		2,2	0,146	0,160	23,1	27,4	23,7	1,00	1,38	7,00		1,86
	2,5	2,5	2,6	2,4	3,0	0,379	0,420	26,3	28,3	26,1	5,44	4,26	5,00	3,24	1,62
	3,2	3,2	3,2	2,9	3,7	0,356	0,490	25,9	27,1	29,4	2,96	5,88	2,00	1,31	3,97
	3,9	3,9	3,8	3,6	4,5	0,448	0,460	27,2	27,4	28,7	5,28	4,25	-	5,45	2,59
	4,6	4,6	4,4	4,2	5,3	0,485	0,280	27,7	24,3	28,0	4,29	1,47	8,13	3,23	
		5,3	5,1	4,8		0,430	0,231	26,9	24,7			4,41	1,70		
			5,7	5,6			0,252	31,0	23,3			1,30	3,96		
		6,1	6,3	6,1		0,850	0,738	30,5	26,0			10,50	7,04	2,00	
		7,0	6,8	6,7		0,790	0,603	28,8	28,2			12,84	4,85	2,85	
			7,5				0,780	30,4					5,70		
V1	1,0	1,0			0,8	0,234	0,210	23,6	23,0	28,5	2,58	5,20			2,40
	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	0,309	0,330	25,1	28,3	26,9	3,75	5,55	6,63	3,49	3,86
	2,8	2,8	2,7	2,6	2,9	0,187	0,280	23,9	24,5	24,9	2,11	2,62	4,90	1,99	5,41
	3,5	3,4	3,3	3,2	3,9	0,444	0,530	27,2	28,3	27,7	3,61	7,39	1,00	4,94	3,29
	4,2	4,7	4,0	3,8	5,0	0,351	0,420	25,7	26,8	27,4	1,95	4,84	-	4,59	4,19
	5,2	5,3		4,4		0,261	0,260	23,8	25,6		1,74	2,13			
V3	1,0	1,2				0,100	0,130	20,4	22,0	27,1	0,73	1,71		4,54	
	1,7					0,116		21,1			0,65				
V5	1,0					0,229		23,5			1,88				
	1,7	1,4				0,126	0,120	21,7	21,4		0,75	0,25			
	2,5	2,3				0,134	0,110	21,9	20,6		0,89	0,73			
	3,2	3,2				0,171	0,280	23,3	24,4		1,12	3,92			
	4,1					0,130		21,3			0,47				
VES-2		1,0			1,0		0,190	24,3		29,6		3,92			3,56
		2,0			2,2		0,240	25,5		29,3		6,33			3,20
			2,7	2,5	3,0			24,9	24,9	25,3			2,08		
		3,2	3,2	3,1	3,7	0,540	0,405	28,4	26,6	28,1	8,64	9,10	5,16	1,77	
		4,0	3,9	3,8	4,5	0,430	0,257	27,0	25,6	27,6	4,94	1,55	4,38	1,63	
			4,4	4,5			0,782	30,5							
		5,0	5,0	5,2		0,470	0,658	27,4	29,4	22,7	6,18	7,10			
		6,0	5,7	5,9		0,210	0,258	24,1	23,5	28,8	1,38	2,10	4,19		
			6,4	6,3			0,582	28,6		28,6		4,40	3,71		
			7,0				0,206			21,6					
				7,5			0,216			21,8					
VES-3		1,0			0,7		0,150	22,9		28,2		1,10			2,49
		1,7	2,1	2,0	2,1		0,140	24,5	27,4	22,2	1,33	5,10			2,64
		2,5	2,6	2,7	2,8		0,280	26,7	26,7	27,3	3,44	4,00	5,85	5,73	
		3,2	3,2	3,3	3,3		0,120	21,0	25,1	27,9	0,89	1,50	3,79	2,19	
		3,8	3,7	4,4	4,0		0,290	24,6	20,7	24,2	4,03	-	-	2,49	
		4,2	4,3	5,0	5,6		0,150	22,2	24,5	24,0	0,62	1,05	1,50		
		5,0	4,9	5,6			0,120	20,4	22,4	24,0	0,16	-	-		

- Nebola nameraná pružno-plastická, len plastická fáza deformácie, nedali sa určiť deformáčnne parametre sledovaných flotlačných sedimentov



Z porovnania výsledkov merania metódou VES z roku 2001 a 2007 je zrejmé, že v spodných dvoch vrstvách rezov sú časové zmeny v polohe rozhraní a hodnotách elektrickej rezistivity najmenšie. Zmena je tu hlavne v hodnote elektrickej rezistivity napravo od tektonického rozhrania, ktorá v roku 2007 klesla na úroveň nad ňou ležiacej vrstvy a predpokladáme, že je to prejav postupujúceho prenikania vysoko mineralizovanej podzemnej vody do hlbšej časti horninového prostredia. V horných častiach rezov je možné pozorovať výraznejšie zmeny hlavne v hodnotách tu uložených materiálov. Hlavným faktorom spôsobujúcim tieto zmeny je obsah podzemnej vody v pórovom priestore vyšetřovaného prostredia. Kým v roku 2001 bola zrážková činnosť utlmená a teda rozloženie vlhkosti v hornej časti rezu bolo premenlivé, v roku 2007 bola vlhkosť vplyvom zrážkovej činnosti už rovnomernejšia, a preto sa v hornej časti rezu sa vytvorili homogénnejšie pomery.

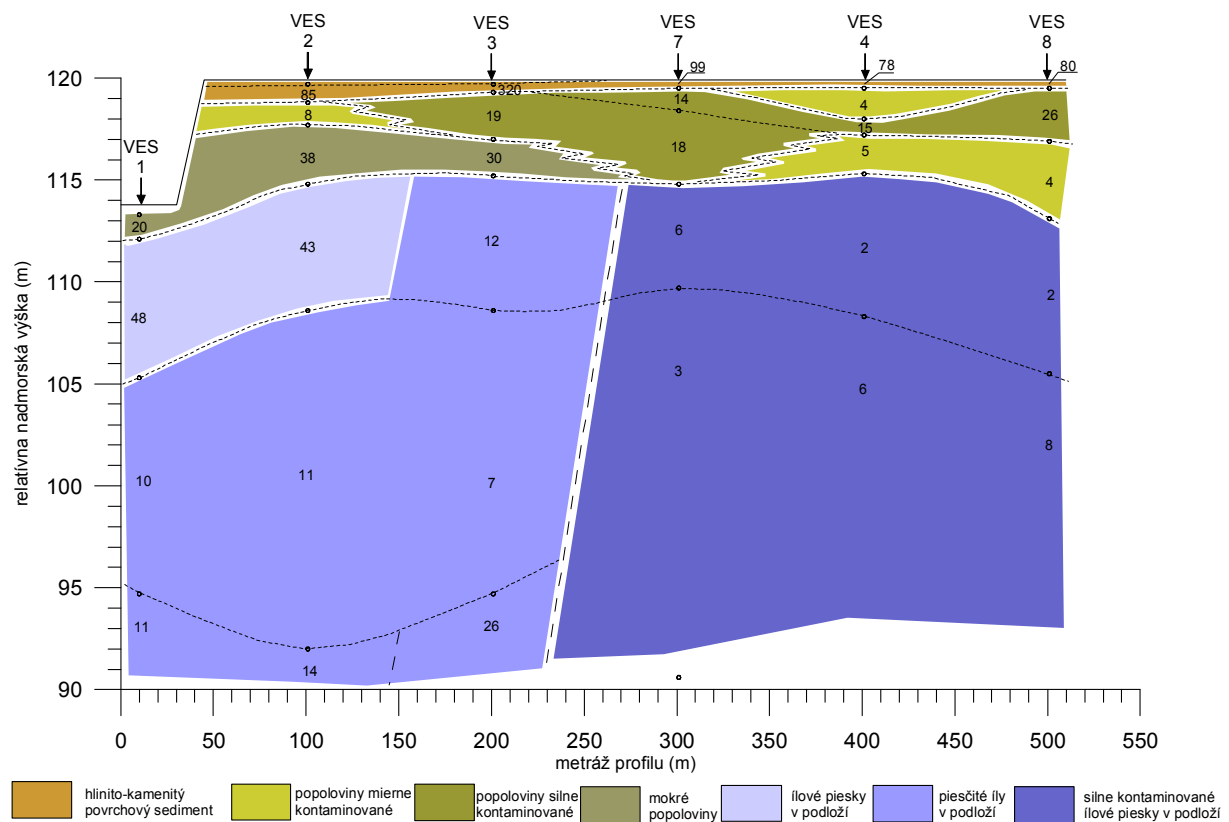


Obr. 3.3 Vertikálny rez skládkou RSTO zostavený z výsledkov merania metódou VES rok 2001

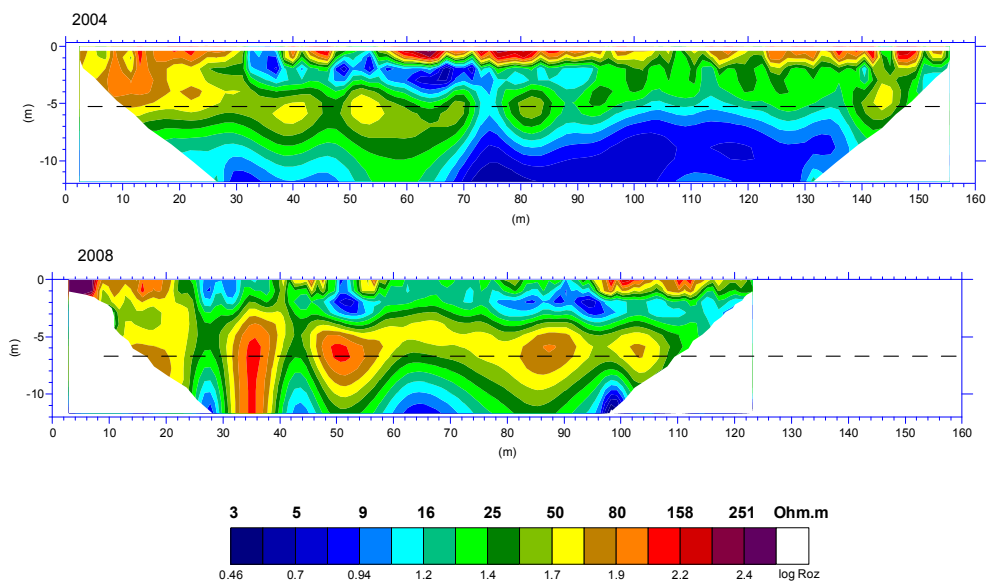
Z uvedeného vyplýva, a potvrdzujú to výsledky meraní aj z predošlých rokov, keď kvôli suchu nebolo možné v určitom období meranie pre neprítomnosť vlhkosti v okolí meracích elektród vôbec realizovať, že v pomerne priepustnom prostredí popola je aktuálny

obraz elektrickej rezistivity výrazne závislý na stave zrážkovej činnosti a následnom rozložení vlhkosti. Táto skutočnosť zrejme ovplyvňuje aj ďalšie fyzikálne parametre tohto prostredia.

Uvedené konštatovanie je možné aplikovať aj na výsledky merania metódou ERT (obr.3.5). Uvedené vertikálne rezy sú zostavené z výsledkov interpretácie dát po aplikácii metódy inverzie, pomocou ktorej sa súbor nameraných dát transformuje do podoby skutočných hodnôt rezistivity, očistených o efekty použitého meracieho systému. Z rezov vyplýva, že vyšetřované horninové prostredie obsahuje štyri subhorizontálne vrstvy. Pri povrchu je to pomerne suchá vrstva navážky s hrúbkou do 1,5 m. Materiál navážky je premenlivý, striedajú sa tu miesta s hlinito-ílovým materiálom a miesta s piesčitým až kamenitým materiálom.



Obr. 3.4 Vertikálny rez skládkou RSTO zostavený z výsledkov merania metódou VES rok 2007



Obr. 3.5 Vertikálne rezyskládkou RSTO zostavené z výsledkov merania metódou ERT v roku 2004 a 2007. V rezoch je vyznačená priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody.

Pod touto vrstvou leží druhá vrstva, ktorá obsahuje prevažne zmes ílového materiálu s popolovinami. Spodný okraj druhej vrstvy kolíše v hĺbke 3,5 m. Treťou vrstvou sú mokré popoloviny, ktorých časť je nad hladinou podzemnej vody, časť je pod touto hladinou. Spodný okraj tejto vrstvy kolíše od 7 do 10 m. Pod popolovinami sú podložné piesčité íly. Ich povrch je veľmi členitý. Z porovnania oboch rezov je zrejme, že najvýraznejšie zmeny sú v tretej vrstve popolovín, ktoré v roku 2004 sa akoby doprava vytrácali a výrazne sa tu prejavuje prítomnosť podložných piesčitých ílov. Deficit vlhkosti v tomto prostredí v roku 2007 výrazne zvýšil hodnotu rezistivity popolovín a narástla aj ich zdanlivá hrúbka na úkor podložných piesčitých ílov. Uvedené potvrdzuje aj výsledky merania VES, keď prítomnosť podzemnej vody v závislosti na zrážkovej činnosti výrazne mení obraz rozloženia elektrickej rezistivity v horninovom prostredí. Tento faktor je zrejme potrebné zohľadniť aj pri posudzovaní migrácie látok rozpustených v podzemnej vode v prostredí materiálu odkaliska.

### **Zhrnutie výsledkov na odkalisku RSTO a upozornenia na niektoré anomálie**

Na základe laboratórnych skúšok sa zistilo, že v odkalisku sa nachádzajú sedimenty podobné zeminám CS až S5 SC ale aj F6 Cl. Vlhkosť je od cca  $w = 30$  až  $60$  %. RTG analýzy sa, po skúsenostiach z predchádzajúcej etapy riešenia úlohy, v roku 2007 nerealizovali vzhľadom na nepresnosť RTG výsledkov v dôsledku ropného a chemického znečistenia popolčiekov a nemožnosť rozseparovať vzorky na fero, para a magnetické frakcie.

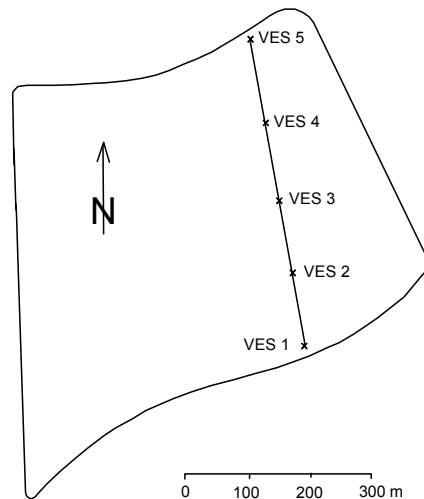
Z presiometrických meraní z roku 2007 a predchádzajúcich jednoznačne vyplýva, že zatiaľ čo dochádza k zvýšeniu pevnosti, medze presiometrického tlaku aj uhla vnútorného

trenia, deformačné charakteristiky - presiometrický modul naopak klesá. Tento paradox si vysvetľujeme tým, že presunom ropných a iných neznámych chemických látok v odkalisku dochádza k zmenám v deformačnom správaní sa prostredia. Je to zistené len na tomto odkalisku, na ostatných 5 monitorovaných odkaliskách takmer nie.

Na základe opakovaných meraní elektrickej rezistivity na monitorovacom profile na odkalisku RSTO je možné konštatovať, že podložie odkaliska, tvorené hrubou heterogénnou a štruktúrovanou vrstvou ílov, nevykazuje významné zmeny počas monitorovacieho obdobia. Naproti tomu vrstva popolovín, ktorá navyše obsahuje aj priemyselný odpad je výrazne citlivá na zrážkové pomery a jej elektrická rezistivita sa výrazne mení v závislosti na obsahu ako samotnej zrážkovej vody, tak na stave s ňou súvisiacich výluhov z priemyselného odpadu i na migrácii chemických tekutých látok v pórovitom prostredí uložených popolčekom v odkalisku.

#### **2.3.4.2 Odkalisko Amerika 1**

Predmetné odkalisko sa nachádza na ostrovčeku tvorenom Váhom a jeho ramenom, nazývaným Amerika. Povrch terénu je tvorený nivnými a povodňovými hlinami. Územie patrí do severnej časti Komárňanskej panvy. Podložie panvy je tvorené horninami kryštalinika, mezozoika a paleogénu. Klimatické zmeny podmienili mimoriadnu pestrosť v kvartérnych sedimentoch. Kvartérny vývoj možno charakterizovať ako typický nížinný, charakterizuje ho predovšetkým riečna sedimentácia v litologickom vývoji štrkov prevažne drobnozrných, pieskov s rôznym obsahom hlinitej a ílovej prímеси a hĺn. Podzemná voda sa vyskytuje s voľnou hladinou v kvartérnych sedimentoch, prípadne kvartér - pont. Tlakové horizonty sa nachádzajú v ílovitých sedimentoch, tvoriacich izolačné polohy. Hladina podzemnej vody sa nachádza v prevažnej miere v hĺbke 3 až 5,7 m pod terénom. Podzemné vody sú kyslej až slabo alkalickej reakcie s pH od 6,8 do 7,3. Odkaliská Amerika sú údolného typu, výška obvodových hrádzí je do asi 7m. Hrádze sú homogénne z ílovitých a piesčitých hĺn. prevažne skupiny CL a čiastočne skupiny CH. Odkaliská sú oddelené hrádzovým systémom na niekoľko samostatných odkalísk, vzhľadom na systém plavenia a odvodnenia sa dali merania uskutočniť iba v odkalisku Amerika I. Schematická situácia odkaliska aj s vyznačením geozyzikálneho profilu je na obrázku 3.6. Vrty na odber vzoriek, i na realizáciu presiometrických skúšok sú uvedené v obrázku 3.2.



Obr. 3.6 Schematická situácia odkaliska Amerika 1 s geofyzikálnym profilom a VES sondami

## Vyhodnotenie pozorovaných parametrov za roky 2002 - 2009 na odkalisku Amerika 1

### Laboratórne rozbory

Na základe laboratórných skúšok, sú popolčky z odkaliska Amerika 1 prevažne obdobného zrnitostného zloženia ako piesky S5 SC, miestami aj F4, F6 v niektorých úrovniach aj S3. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_n = 900$  až  $1100 \text{ kg.m}^{-3}$ , vlhkosť prevažne len cca  $w = 15$  až  $25 \%$ , v roku 2007 ešte menšia. Nad hladinou priesakovej vody vzrastá vlhkosť až do cca  $60 \%$ .

Jedna vzorka popolčka z odkaliska Amerika 1 sa rozseparovala na feromagnetickú, paramagnetickú a diamagnetickú frakciu. Na požadovanú zrnitosť  $4 - 40 \mu\text{m}$  sa frakcie upravili rozachátovaním v achátovej miske. Práškovým difraktometrom DRON – 3 boli zistené z kryštalických fáz a sú prítomné a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť hematitu, goethitu a kalcitu. Zastúpenie amorfnej fázy pozorovateľnej v rozsahu  $23 - 40^\circ 2\theta$  je podstatné.

### Presiometrické skúšky

Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska Amerika 1 namerala v ostatnej etape monitorovacích meraní roku 2007 medza presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,22 \text{ MPa}$  až  $0,53 \text{ MPa}$ , presiometrický modul prevažne len  $E_p = 1,0 \text{ MPa}$  až  $3,0 \text{ MPa}$ , v niektorých úrovniach od  $5,0 \text{ MPa}$  do  $6,3 \text{ MPa}$ , efektívna hodnota uhla vnútorného trenia  $\varphi_{ef} = 20,3^\circ$  do  $27,4^\circ$ . Súborné výsledky presiometrických skúšok na tomto odkalisku aj z predchádzajúcich etáp monitorovacích meraní uvádzame v (tabuľke 3.2). V tabuľke sú zaujímavé výsledky najmä z roku 2007, ktoré opäť jednoznačne preukázali vplyv vlhkosti na zmenu mechanických vlastností popolčiekov. Pri skúškach v marci 2007 po zime a po topení

snehu sa dotuje vlhkosť v podloží. Vlhkosť po určitú hranicu zvyšuje hodnoty mechanických vlastností, naopak pri vysušovaní popolčeka cca pod 10 % vlhkosti alebo opačne pri väčšej vlhkosti cca nad 25 – 30 % sa mechanické vlastnosti zhoršujú. Na tomto odkalisku sa v suchom období takmer nedali realizovať vrty, zasypávali sa, a už vôbec nie geofyzikálne resistívne merania.

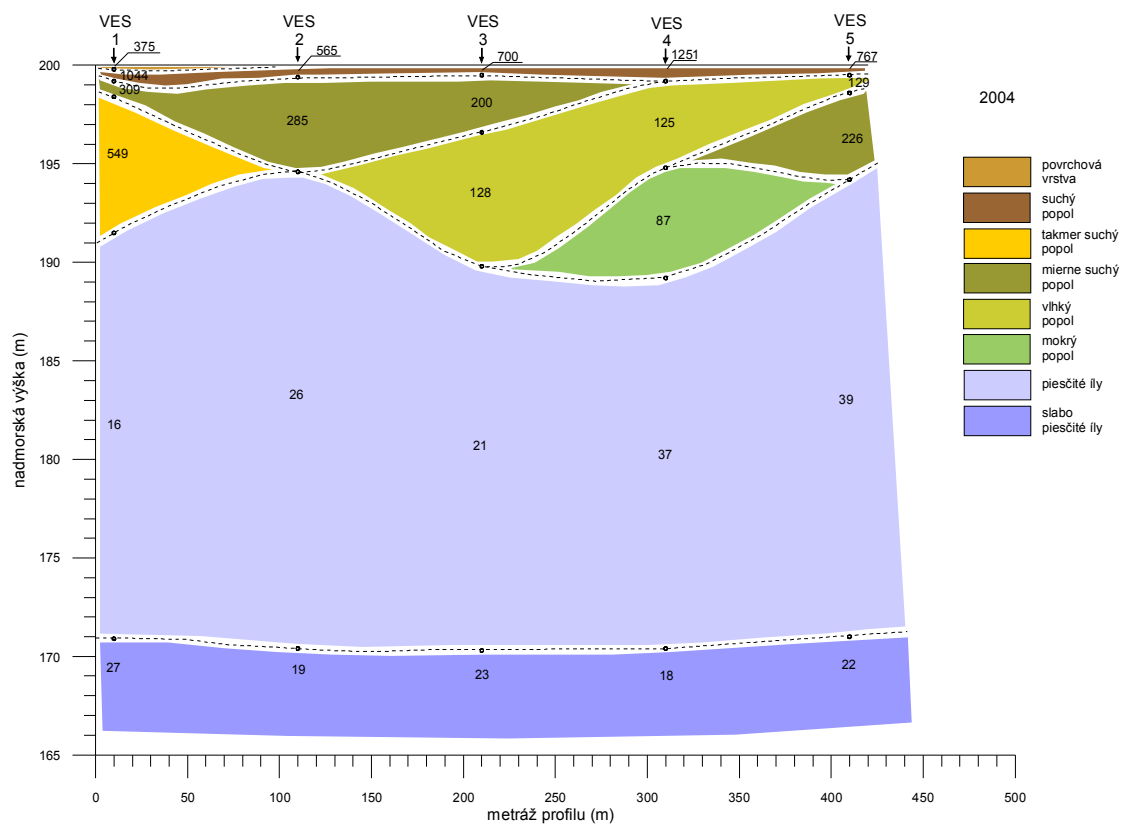
Tabuľka 3.2 Výsledky presiometrických meraní odkalisko Amerika 1

vrt	hĺbka [m]			$p_{lim}$ [MPa]			$\varphi_{ef}$ [°]			$E_p$ [MPa]		
	1997	2001	2004	1997	2001	2004	1997	2001	2004	1997	2001	2004
V-1	1,0	1,0	0,7	0,180	0,347	0,222	23,95	25,9	21,4	1,30	2,00	4,00
	1,7	1,7	1,8	0,440	0,404	0,153	27,26	26,8	19,0	4,63	3,12	2,40
	2,3	2,3	2,3	0,610	0,560	0,328	29,15	28,6	23,5	7,71	5,10	4,40
			2,8			0,473			27,6			7,00
V1-a	3,3	3,2		0,380	0,369		23,91	26,1		1,99	3,00	
V1-c	1,1	1,2		0,190	0,217		24,26	23,1		1,93	3,80	
	1,9	1,8		0,340	0,363		25,73	26,1		3,85	4,70	
	2,8	2,7		0,330	0,442		25,47	27,2		5,89	10,00	
V-2	0,9		0,7	0,290		0,172	24,88		19,9	2,61		9,70
	1,7		1,6	0,330		0,231	25,57		21,5	4,02		4,25
	2,3	2,5	2,3	0,540	0,490	0,278	28,43	27,8	22,5	8,12	10,40	3,40
	2,7		2,9	0,690		0,614	29,86		29,2	7,77		11,30
V2-a	2,9	3,2		0,140	0,202		22,04	24,3		0,84	3,00	
V2-b	3,0			0,260			24,00			2,93		
V-3	0,9	1,0	1,0	0,210	0,355	0,165	24,88	26,1	19,6	2,24	8,10	-
	1,7	1,7	1,6	0,210	0,392	0,271	22,87	26,6	22,5	3,22	5,70	4,60
	2,5	2,5	2,2	0,390	0,440	0,447	26,49	27,2	25,4	4,82	8,80	4,50
V3-a	2,8	2,9	2,9	0,340	0,374	0,484	25,65	26,2	25,8	4,33	9,90	8,10
		3,4			0,239			25,3			1,40	
V-4	1,0	1,0	0,8	0,250	0,425	0,183	24,00	27,1	20,2	2,72	12,80	-
	1,7	1,7	1,5	0,230	0,372	0,270	23,42	26,3	22,5	2,87	5,20	3,90
	2,3	2,4	2,2	0,360	0,293	0,277	26,03	24,8	22,5	4,61	4,30	3,70
	2,8	3,2	2,8	0,420	0,287	0,303	26,91	24,6	23,0	4,48	4,80	4,50
		4,0		0,468				27,5		5,10		
V-5	0,8	0,8	0,7	0,180	0,373	0,252	23,98	26,4	22,1	1,90	8,50	3,90
	1,5	1,7	1,6	0,300	0,432	0,281	25,02	27,2	22,7	4,60	8,60	3,30
		2,4	2,2		0,229	0,247		25,2	21,8		4,00	4,40

## Geofyzikálne merania

Štruktúrny odporový rez zostavený z výsledkov merania v roku 2001 má iba obmedzenú výpovednú hodnotu, pretože veľké sucha a vysoké teploty v tomto roku spôsobili, že pripovrchová vrstva popolčeka bola úplne suchá, čo výrazne obmedzilo možnosti konduktívneho merania. Preto bolo možné (napriek zalievaniu elektród) urobiť meranie iba do malej hĺbky. Navyše toto meranie bolo mimo posudzovaných rokov monitoringu. Štruktúrny odporový rez zostavený z výsledkov merania v roku 2004 (obr. 3.7) ukazuje, že napriek zmenám obsahu vody v pórovom priestore ukladaného materiálu (popolček) a tiež jej mineralizácii (v podloží odkaliska) sa základný charakter štruktúry zachováva. Zmeny merného elektrického odporu sú výrazne závislé na zrážkach, čo sa odráža v tom, že obsah vody v pórovom priestore kolíše jednak miestne ako aj v miere rozpúšťania minerálnych látok prítomných či už v popole, tak i v materiáli, ktorý bol v priestore merania ukladaný spolu s popolom, prípadne, ktorý sa do priestoru merania dostal z iných miest pri migrácii podzemnej vody. Podobne ako v predošlých rokoch je rozloženie vlhkosti v nenasýtenej zóne ovplyvňované kapilárnym systémom, ktorý sa v tejto zóne mení v závislosti na stave zrážok a výške hladiny podzemnej vody v odkalisku.

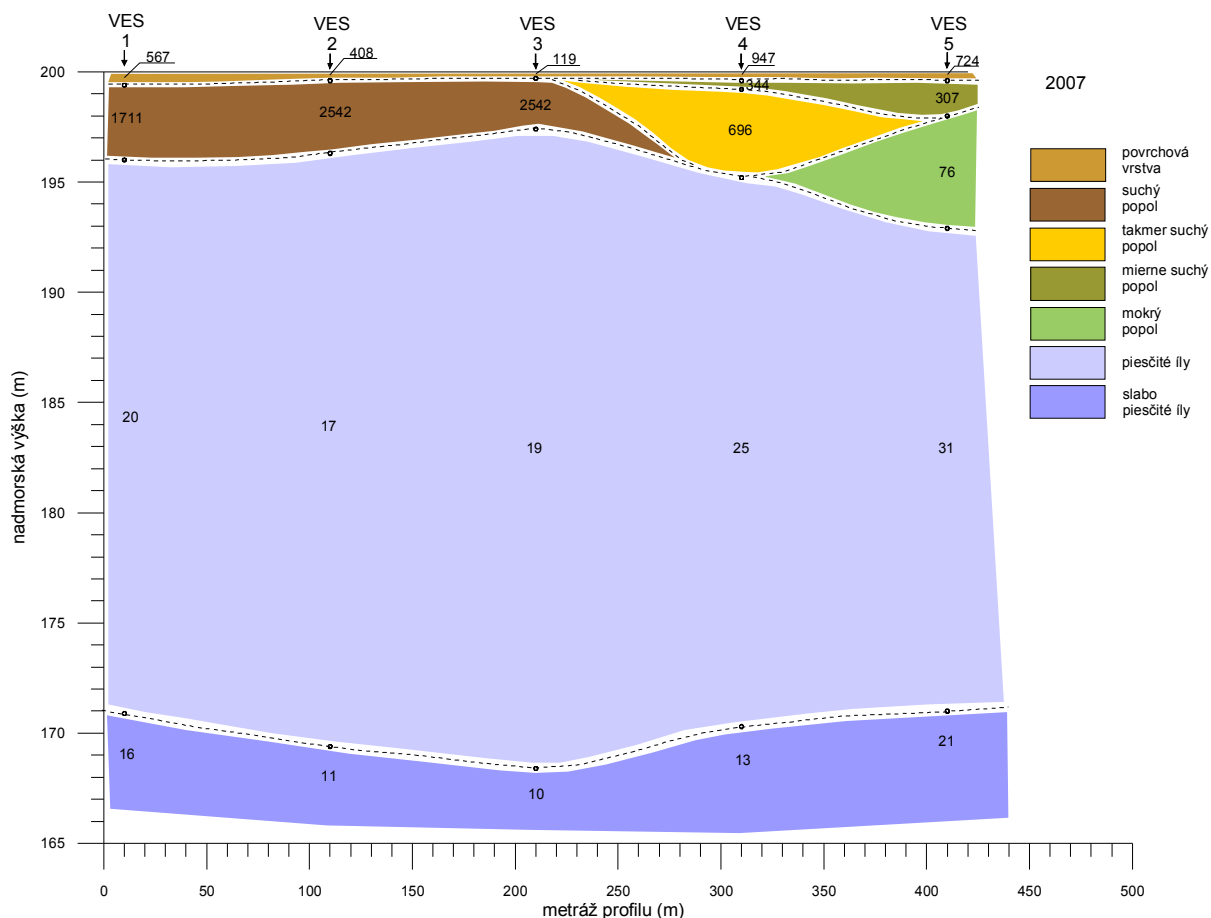
Obraz monitorovaného rezu z výsledkov merania získaných v roku 2007 (obr. 3.9) ukazuje zjednodušený rezistivný obraz v hornej i dolnej časti rezu. Z porovnania všetkých troch rezov je možné konštatovať, že v spodných dvoch vrstvách rezov sú v polohe rozhraní a hodnotách elektrickej rezistivity prakticky zanedbateľné časové zmeny. Ináč je to v horných častiach rezov, kde je možné pozorovať výraznejšie zmeny hlavne v hodnotách tu uložených materiálov. Hlavným faktorom spôsobujúcim tieto zmeny je obsah podzemnej vody v pórovom priestore vyšetřovaného prostredia. Kým zvlášť rok 2001 a čiastočne aj rok 2004 boli meteorologické suchá, v roku 2007 boli zrážkové pomery ustálenejšie a preto sa v hornej časti rezu vytvorili homogénnejšie pomery v rozložení vlhkosti.



Obr. 3.7 Vertikálny rez na monitorovacom profile odkaliska Amerika 1, zostavený z výsledkov merania metódou VES v roku 2004

Obraz monitorovaného rezu z výsledkov merania získaných v roku 2007 (obr. 3.8) ukazuje zjednodušený rezistivný obraz v hornej i dolnej časti rezu. Z porovnania všetkých troch rezov je možné konštatovať, že v spodných dvoch vrstvách rezov sú v polohe rozhraní a hodnotách elektrickej rezistivity prakticky zanedbateľné časové zmeny. Ináč je to v horných častiach rezov, kde je možné pozorovať výraznejšie zmeny hlavne v hodnotách tu uložených

materiálov. Hlavným faktorom spôsobujúcim tieto zmeny je obsah podzemnej vody v pórovom priestore vyšetřovaného prostredia. Kým zvlášť v roku 2001 a čiastočne aj v roku 2004 bola zrážková činnosť nepravidelnejšia a roky boli veľmi teplé a suché a teda rozloženie vlhkosti v hornej časti rezu bolo premenlivé, v roku 2007 boli zrážkové pomery ustálenejšie a preto sa v hornej časti rezu vytvorili homogénnejšie pomery v rozložení vlhkosti.



Obr. 3.8 Vertikálny rez odkaliskom Amerika 1, zostavený z výsledkov merania metódou VES v roku 2007

### **Zhrnutie výsledkov na odkalisku Amerika 1 a upozornenia na niektoré anomálie**

Na základe laboratórných skúšok, sú popolčeky z odkaliska Amerika 1 prevažne obdobného zrnitostného zloženia ako piesky S5 SC, miestami aj F4, F6 v niektorých úrovniach aj S3. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_n = 900$  až  $1100 \text{ kg.m}^{-3}$ , vlhkosť prevažne len cca  $w = 15$  až  $25 \%$ , v roku 2007 ešte menšia. Nad hladinou priesakovej vody vzrastá vlhkosť až do cca  $60 \%$ . Práškovým difraktometrom DRON – 3 boli zistené z kryštalických fáz kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť hematitu, goethitu a kalcitu.



Zastúpenie amorfnej fázy pozorovateľnej v rozsahu  $23 - 40^\circ 2\theta$  je podstatné, rekryštalizácia ale nastáva v omnoho dlhšom časovom období ako je doba monitorovania zmien vlastností.

Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska Amerika 1 namerala v ostatnej etape monitorovacích meraní roku 2007 medza presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,22$  MPa až  $0,53$  MPa, presiometrický modul prevažne len  $E_p = 1,0$  MPa až  $3,0$  MPa, v niektorých úrovniach od  $5,0$  MPa do  $6,3$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia  $\varphi_{ef} = 20,3^\circ$  do  $27,4^\circ$ . V uvedenom časovom období dochádzalo k zmenám mechanických parametrov popolčeka len v závislosti od vlhkosti a tieto zmeny neohrozujú stabilitu uloženého materiálu ani hrádze samotného odkaliska. Komplexné výsledky presiometrických skúšok na tomto odkalisku sú v tabuľke 3.2.

Z porovnania všetkých troch geofyzikálnych rezov z rokov 2001, 2004 aj 2007 je možné konštatovať, že v spodných dvoch vrstvách rezov sú v polohe rozhraní a hodnotách elektrickej rezistivity prakticky zanedbateľné časové zmeny. Ináč je to v horných častiach rezov, kde je možné pozorovať výraznejšie zmeny elektrického odporu v závislosti od vlhkosti uloženého popolčeka. Na tomto odkalisku neboli deponované žiadne tekuté odpadné látky ako to bolo na odkalisku RSTO.

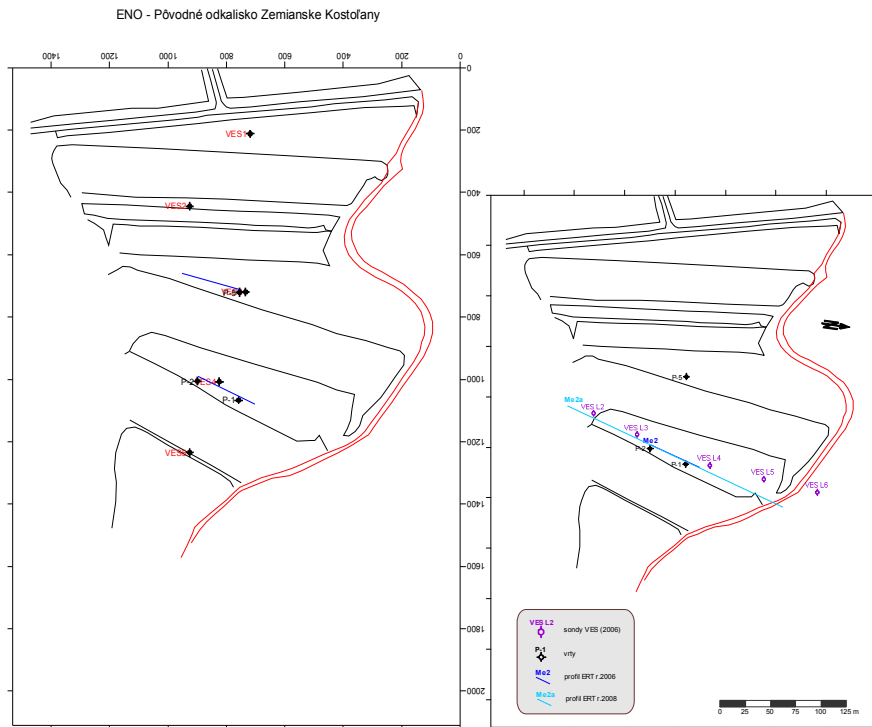
#### **2.3.4.3 Odkalisko ENO pôvodné**

Nachádza sa v postrannom údolí, v ktorom boli zvyšky havarovaného odkaliska v roku 1965. V záujmovom území sa nachádzajú bridlice, pieskovce a kremence s melafýrmi. Pás dolomitov a vápencov sa oblúkovito tiahne v JZ až SZ okraji údolia. Tercier je tvorený 1-12 m mocnou vrstvou ílov, drte a úlomkov melafýrov, tieto vrstvy sa striedajú s polohami jemnozrnného až prachovitého piesku. V údolí prevládajú fluviálne a deluviálne sedimenty. Aluviálne náplavy Nityria tvoria štrky piesčité až hlinité do 5 m prekryté náplavovými hlinami. Deluviálne sedimenty sú závislé od pôvodných hornín a charakteru hlinítokamenitej suty. Zvyšok starej hrádze bol ponechaný a je začlenený do novej hrádze. Nová pozostáva z dvoch menších hrádzí vzdialených 50 m, priestor je vyplnený škvárou. Dno údolia je na kóte cca 250 m n.m. Predpokladá sa nadvýšenie na kótu 315 m n.m. Nad touto kótou až po úroveň 360 m n.m. sa plánuje v zóne pri hrádzi ukladanie stabilizátu a súčasne plavenie hydrozmesi v zázemí. Objem odkaliska má mať  $5,1$  mil.  $m^3$ , životnosť je odhadnutá do roku 2003. Schematická situácia odkaliska s vyznačenými geofyzikálnymi prieskumnými dielami je na obrázkoch 3.9. Vrty na odber vzoriek a na presiometrické merania sú uvedené v ročných správach úlohy.

## Vyhodnotenie pozorovaných parametrov za roky 2002 až 2009 na odkalisku ENO Pôvodné

### Laboratórne rozbory

Vzhľadom na skutočnosť, že sa v Definitívnom aj Pôvodnom odkalisku uskladňujú v ostatných rokoch na okrajoch odkaliska v ich korune v utesnených lagúnach jemnozrné



Obrázok 3.9 Schematická situácia meracej siete na Pôvodnom odkalisku v Novákoch. Vľavo je uvedená poloha geofyzikálnych prieskumných diel v rokoch 2002 a 2005, vpravo v roku 2008.

popolčeky a o ich vlastnostiach nemáme informácie, v roku 2008 sme odobrali z týchto popolčiek 10 neporušených vzoriek. Popolčeky z lagún odkaliska Pôvodného sú prevažne zrnitostného zloženia S-F, SC. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_d = 507$  až  $926 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_n = 796$  až  $1165 \text{ kg.m}^{-3}$ , vlhkosť  $w = 20,5$  až  $58,5 \%$ . Nad hladinou priesakovej vody vzrastá vlhkosť až do cca  $60 \%$ . Objemová hmotnosť je menšia ako pri popolčkoch deponovaných v predchádzajúcich rokoch prevádzky v nižších etážach odkaliska.

Rtg. experimenty sme v roku 2008 už robili na novom prístroji Bruker D8 Advance, použité bolo Ni-filtrované  $\text{CuK}\alpha$  žiarenie, urýchľovacie napätie  $40 \text{ KV}$ , krok  $0.02^\circ 2\theta$ , meraná oblasť  $4 - 94^\circ 2\theta$ . Z kryštalických fáz sú prítomné a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť hematitu, goethitu a kalcitu. Goethit spolu s hematitom sú fázami, ktoré s najväčšou pravdepodobnosťou vznikli oxidáciou v odkalisku. Na druhej strane magnetit pochádza jednak z okolitých hornín, jednak je produktom

termického spracovania. Neboli zistené ílové minerály, čo potvrdzuje dlhodobú stabilitu popolčekov.

### Presiometrické skúšky

Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska ENO Pôvodné namerali nasledovné hodnoty jednotlivých charakteristík popolčekov v lagúnach v kyprých jemnozrnných relatívne nekonsolidovaných a nespevnených popolčekoch sme namerali medzu presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,075$  MPa až  $0,263$  MPa, presiometrický modul prevažne len  $E_p = 0,32$  MPa až  $2,22$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 16,6^\circ$  do  $24,0^\circ$ . Presiometrické skúšky, ktoré sme realizovali v telese odkaliska vo vrtoch P – 2 aj P – 3 charakterizujú tieto konsolidované a stmelené popolčeky týmito charakteristickými hodnotami: medza presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,785$  MPa až  $1,305$  MPa, presiometrický modul prevažne  $E_p = 6,98$  MPa až  $30,58$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 30,5^\circ$  do  $33,6^\circ$ . Ak porovnáваме výsledky s rokom 2005 v tabuľke 3.3, tak v roku 2005 vyšla vo vrte P - 2 priemerná hodnota  $p_{lim} = 1,055$  MPa, v roku 2008 bola priemerná hodnota  $p_{lim} = 1,105$  MPa, uhol vnútorného trenia, jeho priemerná hodnota vyšla,  $\varphi_{ef} = 32,4^\circ$ , v roku 2008  $\varphi_{ef} = 32,54^\circ$ , presiometrický modul jeho priemerná hodnota pre celý rozsah napätí v pružnoplastickej fáze vyšiel  $E_p = 18,64$  MPa, v roku 2008  $E_p = 17,62$  MPa. Vo vrte P – 3 sme zistili priemernú hodnotu  $p_{lim} = 0,751$  MPa, v roku 2008 bola priemerná hodnota  $p_{lim} = 0,821$  MPa, uhol vnútorného trenia jeho priemerná hodnota vyšla  $\varphi_{ef} = 30,2^\circ$ , v roku 2008  $\varphi_{ef} = 30,9^\circ$ , presiometrický modul, jeho priemerná hodnota pre celý rozsah napätí v pružnoplastickej fáze, vyšiel priemerný  $E_p = 9,5$  MPa, v roku 2008  $E_p = 9,85$  MPa. Z uvedených výsledkov vyplýva, že popolčeky v čase od ich zabudovania ešte nepatrne zlepšujú svoje mechanické vlastnosti -  $p_{lim}$ ,  $\varphi_{ef}$ , resp. si ich udržujú  $E_p$ .

Tabulka 3.3 Výsledky presiometrických meraní na odkalisku ENO Pôvodné

Porovnanie presiometrických skúšok vykonaných na ENO Pôvodné za celú dobu monitoringu

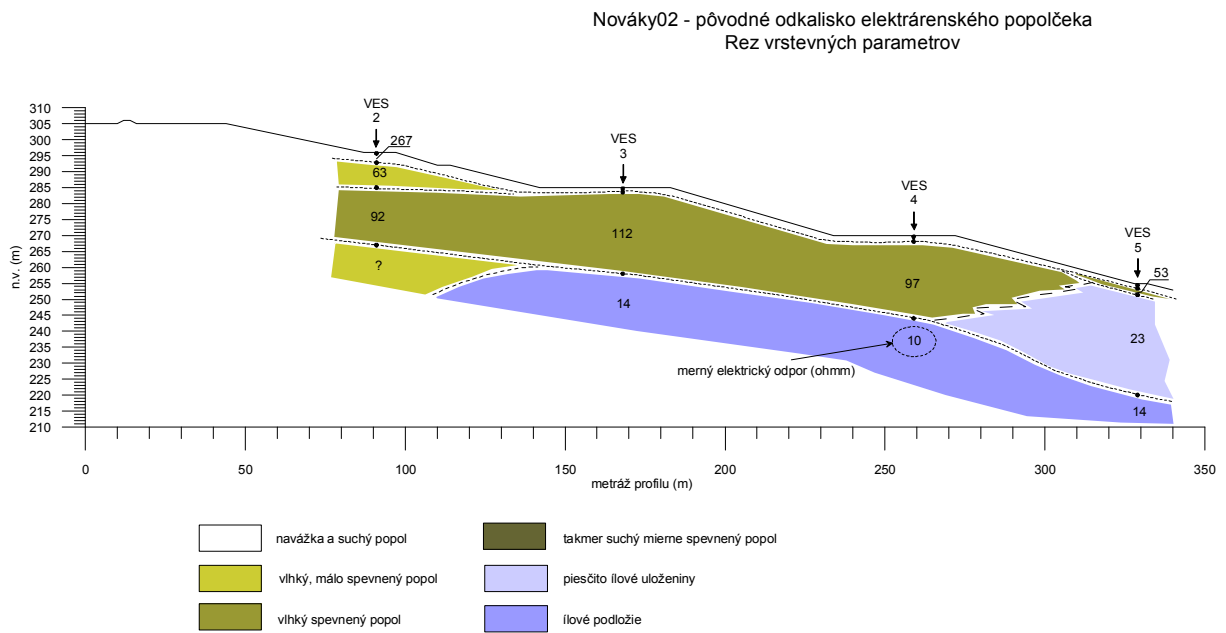
vrt	nadm. výška [m n.m.]				$\rho_w$ [MPa]				$\varphi_w$ [°]				$E_v$ [MPa]			
	1995	1999	2002	2005	1995	1999	2002	2005	1995	1999	2002	2005	1995	1999	2002	2005
L-3 rok 1999		298.0	298.3	298.3		0.403	0.802	0.968		27.0	30.6	31.7		5.60	10.8	8.6
P-1 rok 2002		297.4	297.3	297.3		0.707	0.728	0.778		30.0	30.0	30.3		12.16	11.8	6.9
		296.8	296.3	296.3		1.267	1.092	1.585		33.3	32.4	34.6		17.03	21.0	17.1
		295.5	295.3	295.3		0.478	0.932	0.835		28.0	31.4	30.6		4.44	13.6	7.5
		294.3				1.062				32.5				15.05		
VES-5-1 r1995	293.1	293.6			0.102	0.777			18.9	30.5			0.20	5.60		
VES-5 rok 1995	292.5	292.3			0.252	1.020			23.8	32.0			5.48	14.98		
	291.8	291.3			0.276	1.263			24.3	33.5			2.68	22.80		
L-4 rok 1999		298.3				0.410				27.0				4.25		
		297.6				0.357				26.0				3.55		
		296.6				0.357				26.0				3.79		
		295.6				0.407				27.0				4.76		
		294.6				0.477				28.0				3.75		
		293.6				0.587				28.5				7.17		
VES-4 rok 1995	292.6	292.9			0.240	0.654			23.6	29.5			1.63	9.81		
	291.9	292.1			0.133	0.952			19.9	31.5			0.30	11.57		
		291.3				0.780				30.5				9.82		
L-6 rok 1999		297.3				0.442				27.5				3.26		
		296.3				0.282				25.0				3.08		
P-1 rok 2002		304.0	304.0			0.375	1.011			26.4	32.1			4.8	9.5	
		303.3	303.3			0.423	0.418			27.0	26.9			5.4	2.5	
		302.5	302.5			0.440	0.536			27.2	28.3			4.8	3.8	
		301.4	301.4			1.101	0.857			32.6	31.1			11.2	7.7	
		300.2	300.5			1.053	0.646			32.3	29.3			12.3	5.1	
		299.6	299.8			0.679	0.538			31.2	28.2			10.7	4.5	
P-2 rok 2002		284.0	284.0	284.0		1.095	1.258	1.305		32.6	33.4	33.6		23.8	31.13055	30.58
		283.2	283.2	283.0		0.503	1.048	1.085		28.0	32.3	32.5		6.8	14.93535	11.66
		282.4	282.3	282.0		0.781	0.635	0.905		30.6	29.3	31.4		9.7	3.495432	6.98
		281.3	281.5	281.0		0.592	1.243	1.055		28.9	33.3	32.3		7.3	26.22344	22.53
		280.3	280.3	280.0		0.437	1.095	1.175		27.0	32.5	32.9		6.3	17.42216	16.35
		279.3	279.3			0.842	1.355			30.9	33.7			16.5	35.7199	
		278.3	278.3			1.222	0.555			33.1	28.3			16.3	5.440765	
		277.3	277.3			0.602	0.975			28.8	31.7			10.6	18.82838	
		276.5	276.3			0.470	0.865			27.2	30.9			4.5	14.47044	
P-3 rok 2002		269.3	269.3	269.3		0.632	0.715	0.835		29.4	30.1	31.0		6.5	11.51833	14.81
		268.3	268.3	268.3		0.622	0.795	0.835		29.3	30.7	31.0		6.8	11.30786	8.47
		267.4	267.3	267.3		0.681	0.835	0.875		29.8	31.0	31.2		7.3	8.213143	9.56
		266.3	266.4	266.3		0.762	0.704	0.785		30.4	29.9	30.5		9.3	9.82255	8.47
		265.3	265.3	265.3		0.582	0.705	0.795		29.8	29.8	30.6		9.3	9.642425	7.85
		264.3	264.4			0.912	0.725			31.4	30.0			11.3	8.98163	
P-4		303.9				0.286				24.8				4.5		
		303.4				0.300				25.0				4.8		
P-5		303.8				0.137				20.4				1.2		
P-11				311.8				0.117					19.5			1.81
P-12				311.5				0.155					21.1			0.80
P-12				310.7				0.203					22.6			2.22
P-13				311.8				0.092					18.1			0.45
P-13				311.1				0.149					20.8			1.04
P-13				310.4				0.196					22.3			1.16
P-14				311.5				0.075					16.6			0.32
P-14				310.7				0.153					20.8			1.02
P-14				309.7				0.283					24.0			1.75
P-15				311.5				0.085					17.4			0.32
P-15				310.8				0.212					22.9			1.57
P-15				309.7				0.203					22.4			2.08
P-16				311.5				0.155					21.1			0.85
P-16				310.5				0.220					23.0			1.16
P-16				309.9				0.149					21.4			1.29

## Geofyzikálne merania

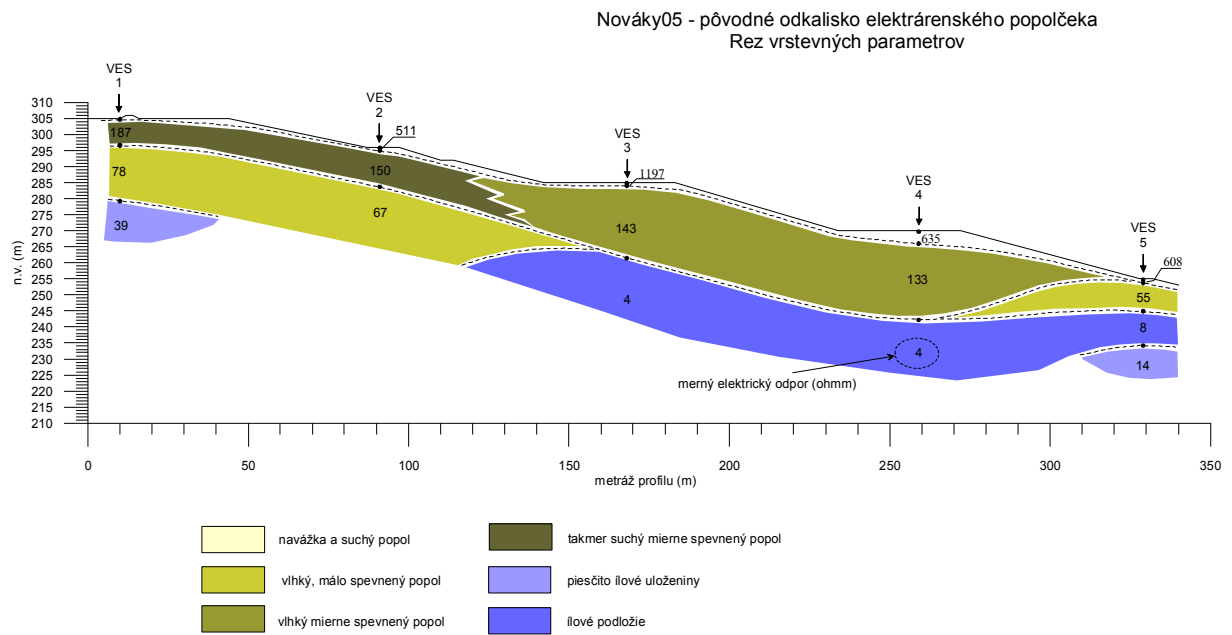
Na pôvodnom odkalisku (obr. 3.9) bol metódu VES zmeraný spádnicový profil a to od lavičky 305 m n.m. na svahu odkaliska po predposlednú lavičku 255 m n.m. a metódu ERT dva profily na lavičkách 285 m n.m. a 270 m n.m. Merania boli robené na ploche lavičiek. Pri meraní metódu ERT bola najprv použitá aparátúra RESISTAR (meranie bolo urobené s krokom elektród 2 m), neskôr aparátúra ARES (meranie bolo urobené s krokom elektród 5 m). V tejto správe hodnotíme výsledky meraní urobené v rokoch 2002 až 2008. Výsledkom uvedených meraní sú v prípade metódy VES štruktúrne vertikálne rezy skonštruované z interpretovaných vrstevných parametrov (rezistivita a hĺbka rozhrania jednotlivých geoelektrických vrstiev). Podobne z výsledkov meraní metódu ERT sú zostavené rezy skutočných hodnôt rezistivity získané na základe aplikácie metódy inverzie nameraných dát. Zostavené bolo tiež porovnanie vertikálnych rezov získaných z výsledkov oboch metód (VES a ERT).

Z porovnania výsledkov merania metódu VES prezentovaných vo forme rezu vedeného naprieč hrádzou odkaliska a ERT vedných pozdĺž lavičky na úrovni 270 m je možné formulovať nasledovné poznatky:

- Štruktúra rezov (obr. 3.10 a 3.11) získaných aplikáciou metódy VES na tomto odkalisku v jednotlivých rokoch merania vykazuje vcelku zhodný charakter: pripovrchová vrstva je prevažne zo suchého popola, pod ňou je vrstva vlhkého popola a podložie tvorené intaktným horninovým prostredím budovaným prevažne fľovitými horninami. Rozdiely sú vyvolané predovšetkým zmenou obsahu vody v pripovrchovej vrstve prevažne suchého popola (v dôsledku rozdielnej zrážkovej aktivity v čase merania) a stupňom spevnenia v druhej vrstve vlhkého popola.



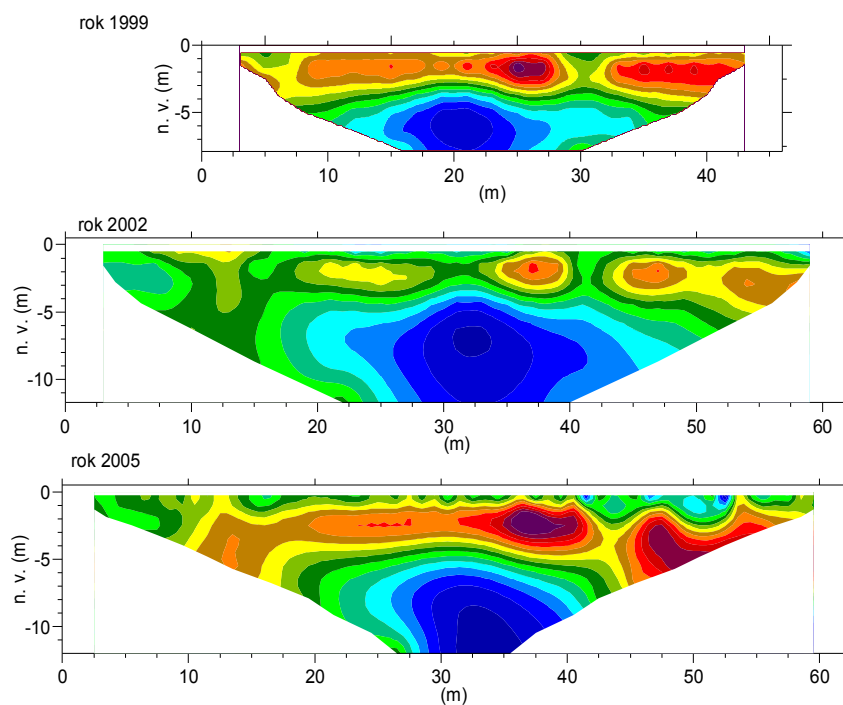
Obr. 3.10. Vertikálny rezistivný rez zostavený z výsledkov merania VES v roku 2002 s vyznačením geologických ekvivalentov vyčlenených rezistivných prostredí



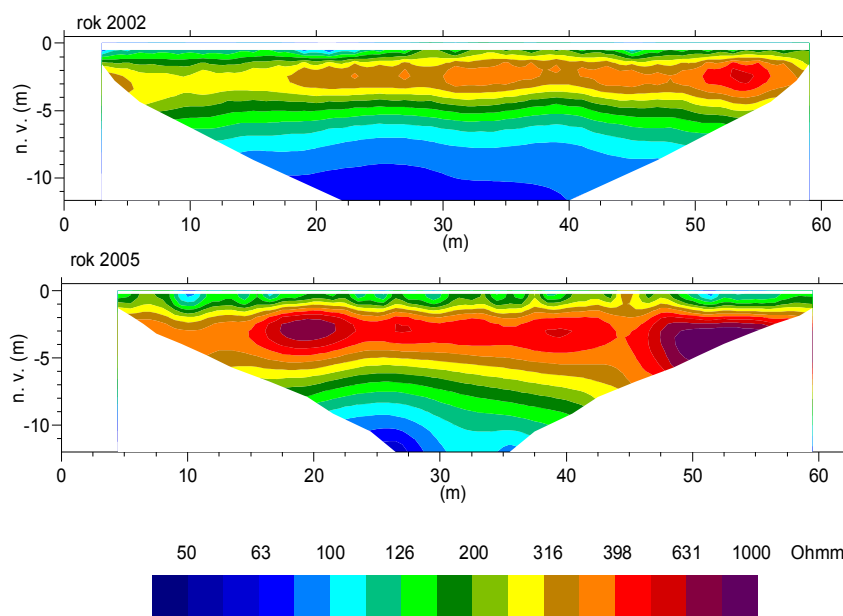
Obr. 3.11 Vertikálny rezistivný rez zostavený z výsledkov merania VES v roku 2005 s vyznačením geologických ekvivalentov vyčlenených rezistivných prostredí

Nováky - pôvodné odkalisko  
Multielektódové meranie, odporový rez - inverzia

Pf-Me1, 285 n.m.



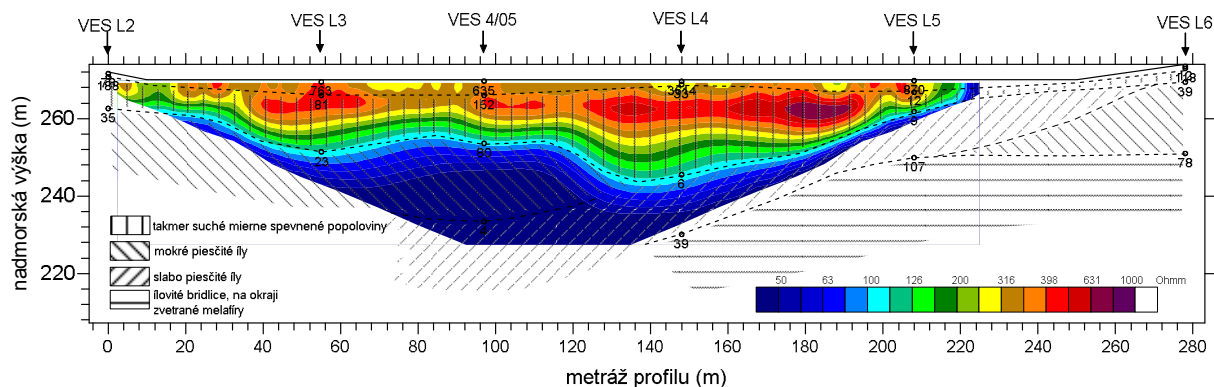
Pf-Me2, 270 n.m.



Obr. 3.12 Vertikálne rezistivné rezy zostavené z výsledkov merania metódu ERT v rokoch 1999 až 2005.

- Prostredie, cez ktoré je vedený meraný rez sa zjednodušuje a aj spevňuje (mierne celkový nárast hodnôt rezistivity v druhej vrstve s vlhkým popolom spôsobený zrejme znížením zrážkovej aktivity v období pred realizáciou terénnych prác).
- Vo výsledkoch merania metódou ERT (obr. 3.12) dostávame pomerne podrobný obraz rozloženia rezistivity v sedimente. Profil na lavičke 285 m n.m. (okolo VES3) ukazuje vo vrchnej časti rezu polohu suchého popola do hĺbky asi 3 m. Pod ňou rezistivita popola postupne klesá, pričom sa uloženie vrstiev popola mení zo subhorizontálneho na mierne sklonené smerom k severu. Toto poklesávanie rezistivity odpovedá nárastu obsahu vlhkosti v sedimente. V pravej časti rezu (okolo metráže 12,5) vystupuje oblasť so zvýšenou rezistivitou, čo môže predstavovať účinok drenáže, ktorá vysušuje materiál popola do väčšej hĺbky, alebo je tu umelo vybudované spevňujúce kamenité rebro, ktoré má drenážny efekt na okolie.
- Rez na lavičke 270 m n.m. (v okolí VES4) (obr. 3.12) je podobný predošlému rezu – v hornej časti je poloha suchého popola (do hĺbky asi 5 m). Ďalej rezistivita popola až po spodný okraj rezu klesá a tvorí relatívne homogénnu polohu zníženej rezistivity.
- Opakované merania z rokov 2002 a 2005 ukazujú pomerne vysokú mieru stability štruktúry sedimentu. Mierne zvýšenie úrovne rezistivity pripovrchovej vrstvy suchšieho popola v roku 2005 a tým aj zvýšenie jej hrúbky je zrejme vyvolané spomínanou zmenou zrážkovej aktivity v období predchádzajúcom opakované merania.
- Vertikálny rez (obr. 3.13), zostavený z výsledkov merania metódou VES v roku 2008 pozdĺž lavičky 270 m ukazuje, že v hornej časti rezu sú antropogénne sedimenty pomerne suché, bez obsahu ílovej zložky. Hrúbka tejto suchej vrstvy sa pohybuje od 6 m na okraji lavičky do 20 m v jej strede, pričom zmena hrúbky je mierne asymetrická, posunutá smerom k severnej strane hmoty materiálu odkaliska (príčinu bude potrebné vyšetriť). Pod touto suchou vrstvou sú mokré popoloviny až do prírodného podlažia. V severnej časti meraného profilu je pravdepodobne okraj údolia, voči svahom tektonicky vymedzený.
- Z vertikálneho rezu (obr. 3.13) zostaveného na základe výsledkov merania metódou ERT sa obraz rezu z VES upresňuje v detailoch. Suchá vrstva popolovín v hornej časti rezu, zhruba po hĺbku 12 až 20 m, vykazuje nízku pórovitosť s malým obsahom vlhkosti. Pod uvedenou úrovňou je obsah vody v pórovom priestore popolovín vyšší a pravdepodobne sa mierne zvyšuje aj množstvo jemnozrnej frakcie zrnitostne odpovedajúcej ílovej prímеси. V pravej časti rezu sa v jeho dolnej časti prejavuje prítomnosť slabo piesčitých ílov a hlbšie sú to zrejme podložné ílovité bridlice a na okraji aj zvetrané melafíry.





Obr. 3.13. Vertikálny rezistivný rez – výsledky merania metódou ERT (r. 2008) a rez vrstevných parametrov zostavený z výsledkov meraní VES (r. 2005) na odkalisku ENO – havarované.

### **Zhrnutie výsledkov na odkalisku ENO Pôvodné a upozornenia na niektoré anomálie**

Popolčeky z lagún odkaliska Pôvodného sú prevažne zrnitostného zloženia S-F, SC. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_d = 507$  až  $926 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_n = 796$  až  $1165 \text{ kg.m}^{-3}$ , vlhkosť  $w = 20,5$  až  $58,5 \%$ . Nad hladinou priesakovej vody vzrastá vlhkosť až do cca  $60 \%$ . Objemová hmotnosť je menšia ako pri popolčkoch deponovaných v predchádzajúcich rokoch prevádzky v nižších etážach odkaliska, ktoré sú sice podobné zrnitostným zložením, ale sú navyše aj vplyvom konsolidácie a neznámych chemických procesov a vysušovania stmelené.

Z kryštalických fáz sú v popolčeku prítomné a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť hematitu, goethitu a kalcitu. Goethit spolu s hematitom sú fázami, ktoré s najväčšou pravdepodobnosťou vznikli oxidáciou v odkalisku. Magnetit pochádza jednak z okolitých hornín, jednak je produktom termického spracovania uhlia pri výrobe elektriny.

V lagúnach v kypých jemnozrnných relatívne nekonsolidovaných a nespevnených popolčkoch sme na merali medzu presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,075$  MPa až  $0,263$  MPa, presiometrický modul prevažne len  $E_p = 0,32$  MPa až  $2,22$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 16,6^\circ$  do  $24,0^\circ$ . Presiometrické skúšky, ktoré sme realizovali v telese odkaliska charakterizujú tieto konsolidované a stmelené popolčeky týmito charakteristickými hodnotami: medza presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,785$  MPa až  $1,305$  MPa, presiometrický modul prevažne  $E_p = 6,98$  MPa až  $30,58$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 30,5^\circ$  do  $33,6^\circ$ . Ak porovnáваме výsledky z roku 2005 s rokom 2008 v tabuľke 3.3, tak z uvedených výsledkov vyplýva, že popolčeky v čase od ich

zabudovania ešte nepatrne zlepšujú svoje mechanické vlastnosti -  $\rho_{lim}$ ,  $\varphi_{ef}$ , resp. si ich približne udržujú  $E_p$ .

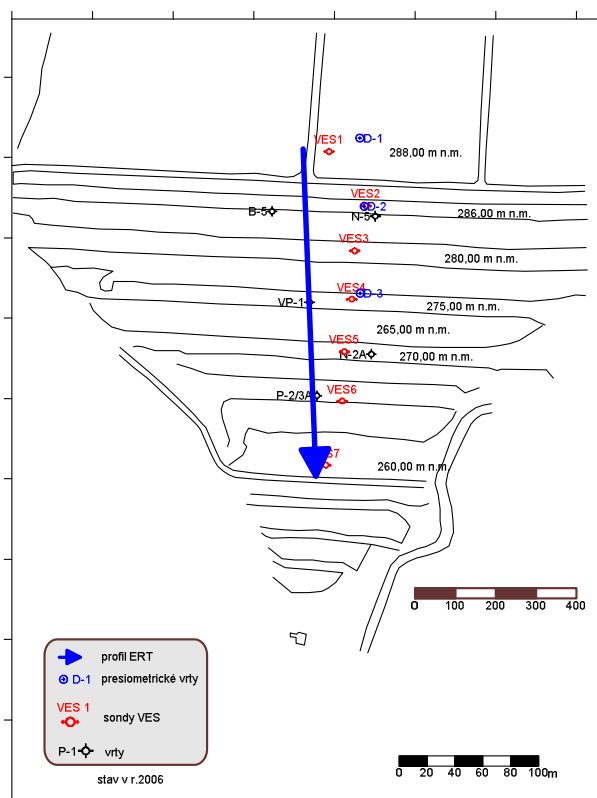
Z opakovaných geofyzikálnych meraní na Pôvodnom odkalisku v Novákoch sa zistilo, že štruktúra sedimentov zostali zachované, úroveň hodnôt rezistivity (a v tomto prípade aj miera uľahnutosti) sa do hĺbky cca 20-25 m postupne mierne zvyšuje. Mierne medziročné kolísanie úrovne hodnôt rezistivity je zrejme dôsledkom zmien zrážkovej aktivity v období predchádzajúcom opakované merania a následných zmien obsahu vody v zóne pri povrchu skúmaného prostredia. Za určité riziko považujeme nízko odporovú vrstvu (obr. 3.11), ktorej tvar je priaznivý pre nestabilitu. Výsledky merania metódou ERT ukázali na vhodnosť aplikácie tejto metódy pre detailnejšie posúdenie štruktúry rezu vedeného cez sledovaný sediment a na podrobné hodnotenie zmien, ktoré v ňom prebiehajú.

V odkalisku sa deponujú jemnozrnné popolčky v okrajových častiach nadvyšovacích kaziet. Sú veľmi kypré, jemnozrnné. Majú nízke hodnoty mechanických parametrov, malú objemovú hmotnosť, z hľadiska stability nie sú takéto vlastnosti žiadúce, bude potrebné monitorovať ich vlastnosti a prípadné zmeny v čase od uloženia do odkaliska.

#### **2.3.4.4 Odkalisko ENO definitívne**

Nachádza sa v pravostrannom údolí, dno údolia má kótu 237,85 m n.m. Uvažuje sa maximálna výška nadvýšenia 310 m n.m. Podložie tvoria dobre priepustné karbonáty, pokryté nesúvislými polohami hlín. Geologicko-tektonická stavba územia je komplikovaná, nachádza sa pásmo veľmi porušených dolomitov a vápencov s puklinami vyplnenými dolomitickými "múčkami", ktorým je odvádzané značné množstvo podzemných vôd. V dne údolia sú tieto horniny prekryté vrstvou eluviálnych sedimentov, tvorených zahlinenými suťami, či hlinami. Na svahoch sa nachádzajú hlinito-kamenité sute. Na terénnych stupňoch boli v profile hrádze zistené zbytky neogénnych ílov s polohami zaílovaných štrkopieskov. Priemerný sklon vzdušného svahu je 1 : 3,5. Územie sa nachádza v 6° MSK seizmickej aktivity. Životnosť odkaliska sa odhadovala minimálne do roku 2003, objem odkaliska mal byť 15 mil. m<sup>3</sup> popola. Nie je ešte rozhodnuté o mieste nového odkaliska, takže sa toto odkalisko neustále prevádzkuje. Na odkalisko sa plavia popolčky po spaľovaní najmä nováckeého hnedého uhlia a prachu. Schematická situácia odkaliska aj s lokalizáciou prieskumných diel je na obrázku 3.14.

ENO - Definitívne odkalisko Chalmová  
 situácia bodov meraní VES v r.2006, a profilu ERT v r.2008



Obrázok 3.14 Situácia prieskumných diel na odkalisku ENO Definitívne

## Vyhodnotenie pozorovaných parametrov za roky 2002 až 2009 na odkalisku ENO Definitívne

### Laboratórne rozbory

Vzhľadom na skutočnosť, že sa v Definitívnom uskladňujú na okrajoch odkaliska v ich korune v utesnených lagúnach jemnozrné popolčeky a o ich vlastnostiach nemáme informácie, v roku 2008 sme monitoring realizovali najmä v týchto častiach odkaliska. Na základe laboratórnych skúšok, ktoré realizoval ŠGÚ DŠ Bratislava, sú popolčeky z lagún odkaliska Definitívneho prevažne zrnitostného zloženia S-F, SC, až CS. Objemová hmotnosť je v rozpätí len  $\rho_d = 455$  až  $931 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_n = 898$  až  $1195 \text{ kg.m}^{-3}$ , vlhkosť prevažne  $w = 22$  až  $58 \%$ . Rtg analýzy sme robili na novom modernom prístroji Bruker D8 Advance, použité bolo Ni-filtrované  $\text{CuK}\alpha$  žiarenie, urýchľovacie napätie  $40 \text{ KV}$ , krok  $0.02^\circ$   $2\theta$ , meraná oblasť  $4 - 94^\circ 2\theta$ . Vzorka sa rozseparovala na magnetickú, paramagnetickú a diamagnetickú frakciu, aby sa odstránilo zastieranie jednotlivých záznamov. V študovaných vzorkách D – 11 sú prakticky prítomné rovnaké minerálne fázy jako z odkaliska Pôvodného. Tieto sú chemicky a mechanicky stabilné a preto sa s postupujúcim časom nebudú meniť. Z kryštalických fáz sú prítomné a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit;

pravdepodobná je prítomnosť hematitu, goethitu a kalcitu. Goethit spolu s hematitom sú fázami, ktoré s najväčšou pravdepodobnosťou vznikli oxidáciou v odkalisku. Na druhej strane magnetit pochádza jednak z okolitých hornín, jednak je produktom termického spracovania. Ílové minerály sa nenachádzajú, čo je z hľadiska dlhodobej stálosti popolčiekov priaznivé zistenie.

### Presiometrické skúšky

Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska Definitívneho v lagúnach v kyprých jemnozrnných relatívne nekonsolidovaných a nespevnených popolčekoch sme namerali medzu presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,058$  MPa až  $0,410$  MPa, presiometrický modul prevažne len  $E_p = 0,19$  MPa až  $3,58$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 15,2^\circ$  do  $26,8^\circ$ . Presiometrické skúšky, ktoré sme realizovali v telese odkaliska vo vrtoch D – 1 aj D – 3 charakterizujú tieto konsolidované a stmelené popolčeky týmito charakteristickými hodnotami: medza presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,255$  MPa až  $1,525$  MPa, presiometrický modul prevažne  $E_p = 1,96$  MPa až  $15,36$  MPa, efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 23,5^\circ$  do  $34,4^\circ$ . Ak porovnáваме výsledky s rokom 2005 v tabuľke 3.4, tak v roku 2005 vyšla vo vrte D - 1 priemerná hodnota  $p_{lim} = 0,485$  MPa, v roku 2008 bola priemerná hodnota  $p_{lim} = 0,489$  MPa, uhol vnútorného trenia jeho priemerná hodnota vyšla  $\varphi_{ef} = 27^\circ$ , v roku 2008  $\varphi_{ef} = 27,2^\circ$ , presiometrický modul jeho priemerná hodnota pre celý rozsah napätí v pružnoplastickej fáze vyšiel priemerný  $E_p = 3,56$  MPa, v roku 2008  $E_p = 3,0$  MPa. Vo vrte D – 3 sme zistili priemernú hodnotu  $p_{lim} = 0,685$  MPa, v roku 2008 bola priemerná hodnota  $p_{lim} = 0,887$  MPa, uhol vnútorného trenia jeho priemerná hodnota vyšla  $\varphi_{ef} = 29,6^\circ$ , v roku 2008  $\varphi_{ef} = 30,9^\circ$ , presiometrický modul, jeho priemerná hodnota pre celý rozsah napätí v pružnoplastickej fáze, vyšiel priemerný  $E_p = 8,86$  MPa, v roku 2008  $E_p = 8,35$  MPa. Z uvedených výsledkov vyplýva, že popolčeky v čase od ich zabudovania ešte nepatrne zlepšujú svoje mechanické vlastnosti -  $p_{lim}$ ,  $\varphi_{ef}$ , resp. si ich udržujú  $E_p$ .

Tabuľka 3.4: Výsledky presiometrických meraní odkalisko ENO Definitívne

vrt	nadm. výška [m n.m.]				$\rho_{m}$ [MPa]					$\phi_{gr}$ [°]					$E_p$ [MPa]				
	1995	1998	2002	2005	1995	1998	2002	2005	2008	1995	1998	2002	2005	2008	1995	1998	2002	2005	2008
CH-1 rok 1995	275,8				0,512					28,0					6,84				
	274,8				0,508					28,0					5,94				
L-1 rok 1998		274,6				1,380					33,5					16,50			
		273,8	273,8	274,0	274,5	0,935	0,767	0,763	0,845		31,5	30,5	30,5	31,1	9,95	8,30	12,71	10,44	
D-3 rok 2002		273,1	273,2	273,1	273,5	0,742	0,653	0,612	0,685		30,5	29,6	29,2	29,8	7,37	7,20	6,78	6,94	
		272,4	272,3	272,3	272,5	0,629	0,512	0,470	0,495		29,0	28,1	27,5	27,8	4,07	4,70	4,45	3,52	
		271,7				0,496			0,885		28,0			31,2	4,69			5,47	
		270,9	271,0	271,0	270,5	0,624	1,575	0,893	1,525		29,0	34,7	31,3	34,4	6,33	17,50	11,52	15,36	
		270,2	270,0	270,3		1,341	1,835	1,580			33,5	35,5	34,6		18,20	20,40	27,37		
		269,5	269,0	269,3		1,420	1,500	1,620			33,5	34,3	34,8		18,50	32,60	25,58		
		268,4				0,729					30,0				10,15				
		268,0	268,0			1,310	0,755				33,0	30,2			19,10	8,50			
L-2 rok 1998		278,4				0,469					27,5				5,90				
		277,7				1,196					33,0				13,30				
		277,2				2,103					37,0				37,10				
		276,5				2,120					37,0				21,35				
EP VES-2 rok 1995	275,9	275,4			0,304	1,331				25,0	33,5			2,94	16,00				
		274,3																	
		273,6				0,827					31,0				9,51				
		272,9				0,958					31,5				12,05				
		271,5				0,778					30,5				11,02				
D-2 rok 2002			284,6	284,3			0,309	0,290				25,2	24,7			4,50	4,03		
L-5 rok 1998	276,1	283,8	283,8		0,275	0,365	0,927			24,5	26,0	31,6		4,01	3,05	11,00			
EP VES-1 rok 1995	275,1	283,1	283,1	283,3	0,614	0,332	1,214	0,710		29,0	25,0	33,2	30,0	6,71	2,58	14,40	10,39		
	274,2	282,3	282,3		0,457	1,522	1,170			27,0	34,5	32,9		6,94	23,00	14,76			
EPVES-3 rok 1995	275,8	281,3	281,3		0,241	0,782	0,860			23,5	30,5	31,0		3,53	9,70	11,58			
	274,9	280,3	280,3	0,330		0,842	0,895			25,5	30,9	29,7		5,12	7,70	9,40			
		279,3	279,3			0,732	0,710				30,0	29,8			6,40	8,69			
EPVES-4 rok 1995	275,8	278,3	278,3		0,271	1,662	1,590			24,5	34,9	34,6		2,72	18,40	25,42			
	274,9				0,740					30,0				7,76					
D-1 rok 2002			288,1	288,1			0,437	0,455				27,3	27,5			3,14	2,47		
		287,1	287,1			1,100	0,285	0,295			32,6	24,7	24,9		11,90	1,93	2,03		
		286,2	286,4	286,1		0,443	0,254	0,675			27,3	23,8	29,7		3,20	1,72	4,45		
		285,5	285,4	285,1		0,410	0,964	0,765			26,8	31,8	30,4		5,10	6,92	4,08		
		284,4	284,4	284,1		0,271	0,484	0,255			24,2	27,6	23,5		2,60	4,24	1,96		
		283,4	283,4			0,681	0,434				29,7	26,8			8,30	4,05			
		282,4				0,751					30,2				9,10				
		281,3				0,722					30,0				8,10				
		280,3				0,662					29,4				12,00				
		279,3				0,952					31,5				10,50				
		278,4				0,831					30,7				10,60				
D-11			281,3					0,058						15,2					0,19
D-11A			283,0					0,150						21,2					2,21
D-12			281,3					0,142						20,7					0,66
D-12			280,4					0,146						20,8					0,92
D-12			279,7					0,138						20,0					0,70
D-12			279,0					0,230						23,1					2,32
D-13			281,1					0,224						23,3					1,52
D-13			280,3					0,152						20,8					1,00
D-13			279,5					0,270						24,2					2,30
D-14			281,3					0,182						22,1					1,21
D-14			280,5					0,180						21,9					0,95
D-15			281,2					0,333						25,7					3,29
D-15			280,5					0,410						26,8					3,58
D-16			281,3					0,142						20,7					1,18
D-16			280,3					0,212						22,9					1,47
D-17			281,2					0,153						21,1					1,17
D-17			280,3					0,232						23,4					1,52

## Geofyzikálne merania

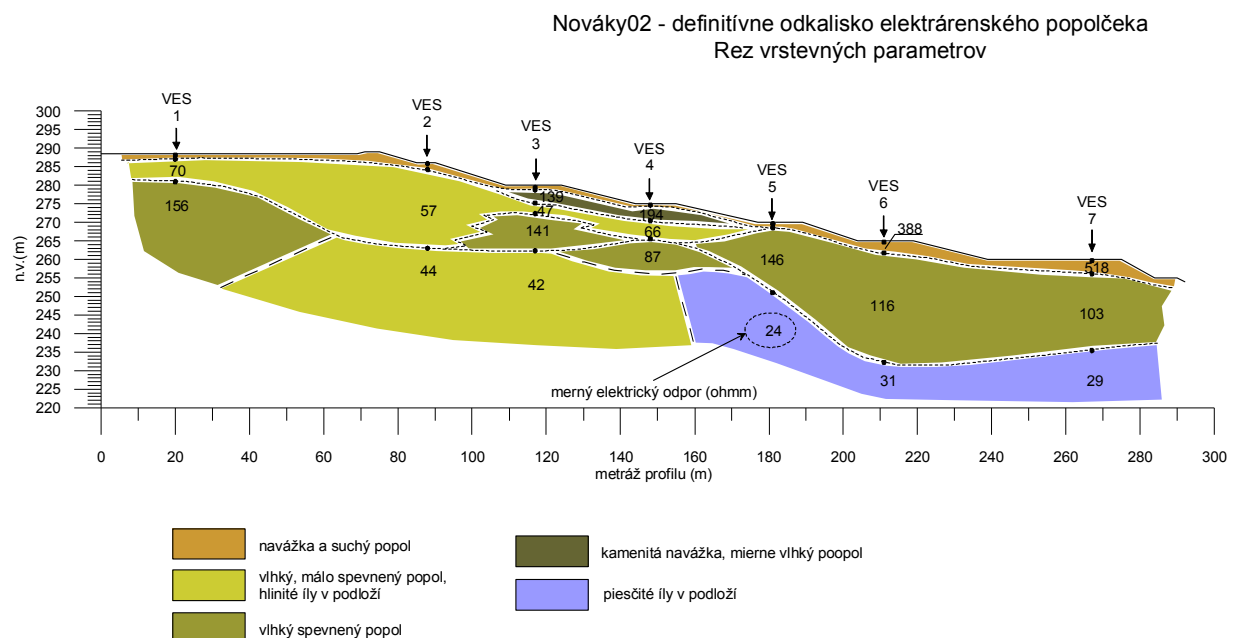
Na lokalite odkaliska Definitívneho v Chalmovej boli metódy VES a ERT aplikované na spádnicovom profile vedúcom z hornej pláne odkaliska (úroveň 280 m n.m.) stredom hrádze k lavičke na úrovni 260 m n.m (obr. 3.14). Sondy VES boli merané na jednotlivých lavičkách násypu (ich vzájomná vzdialenosť sa pohybovala okolo 30 – 40 m) a elektródový systém sa roztáhol po línii príslušnej lavičky. Na monitorovacom profile boli merania VES realizované okrem iného v rokoch 2002, 2005 a 2008. Metóda ERT sa realizovala v roku 2008 ako novšia a detailnejšia forma metódy VES na spádnicovom profile s krokom elektród 5 m.

Z rezu VES vedeného naprieč hrádzou odkaliska usudzujeme, že v jeho ploche sa vyčleňujú tri odporové rozhrania (obr. 3.15). Dve sú subhorizontálne a jedno strmé. Vyššie subhorizontálne rozhranie prechádza hmotou uloženého popolčeka a pravdepodobne oddeluje vyššiu suchšiu časť popolčeka (sú tu zistené vyššie hodnoty merného elektrického odporu od 155 do 390 ohmm) od spodnej, podzemnou vodou nasýtenej hmoty popolčeka (hodnoty odporu sú tu výrazne nižšie – od 37 do 98 ohmm). Hlbšie odporové rozhranie, zistené iba nespojito, predstavuje pravdepodobne prejav podložných ílovitých hornín. Strmé rozhranie túto polohu rozdeľuje na vľavo ležiace sedimenty s vyšším odporom, ktoré v podloží predstavujú horniny okolitých vrchov od vpravo ležiacich nízko odporových ílovitých

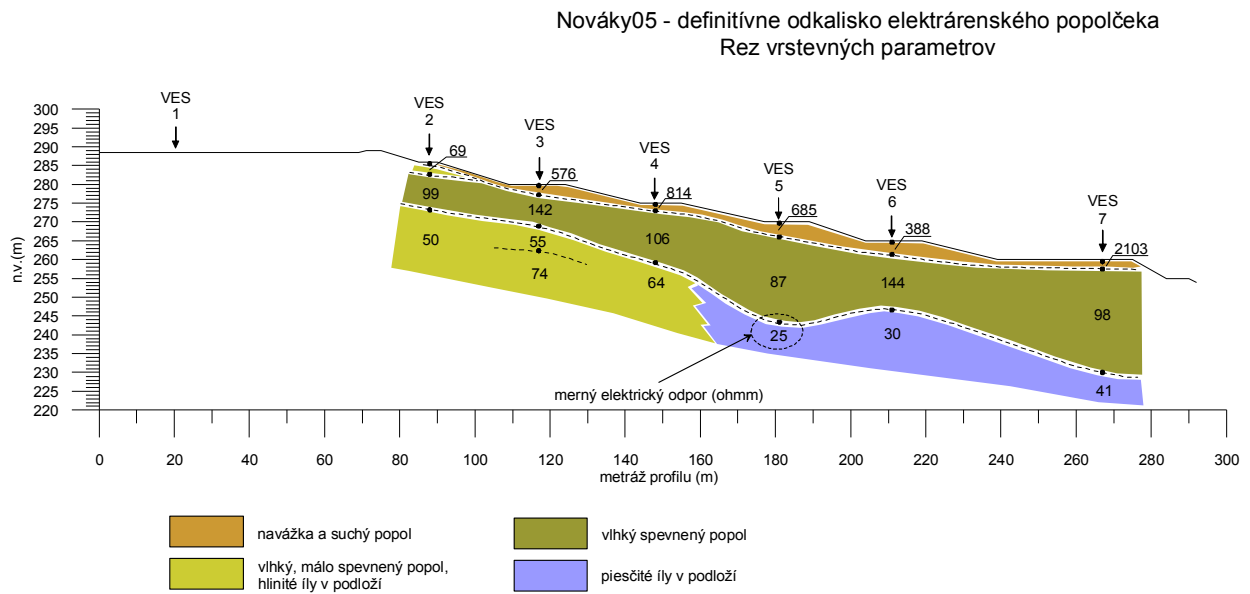
sedimentov hornonitrianskej kotliny. Podobne sa oddeľuje materiál popolčeka, ktorý má naľavo od strmého rozhrania nižšie odpory (od 37 do 58 ohmm) a napravo od rozhrania vyššie odpory (86 až 98 ohmm). Táto rozdielna hodnota odporu je pravdepodobne spôsobená rozdielnou konsolidáciou hmoty popolčeka. Tvar horného rozhrania má medzi VES1 a VES6 konklávny tvar, čo by mohlo viesť k pohybu hmôt nad rozhraním. Tento predpoklad je však (teraz, keď sa zistil) potrebné overiť ďalším meraním.

Z porovnania výsledkov meranie metódou VES v rokoch 2002 a 2005 (obr. 3.15 a 3.16) je možné usudzovať, že:

1. základný charakter obrazu rezistivity (obr. 3.15 a 3.16) vo vyšetřovanom horninovom prostredí sa v meranom období zachováva základná štruktúra prostredia (pripovrchová vrstva prevažne suchého popola, pod ňou leží vrstva vlhkého popola a nižšie je podložie tvorené intaktným horninovým prostredím budovaným prevažne ílovitými horninami).
2. charakter obrazu z roku 2005 je oproti obrazu z roku 2002 jednoduchší, prostredie v oblasti druhej vrstvy (vlhký popol) sa zhomogenizovalo (zmenšila sa pestrosť jeho hodnôt rezistivity) a vykazuje celkový nárast rezistivity čo interpretujeme ako zmenšenie obsahu vody v materiále. Tento nárast hodnoty rezistivity môže byť spôsobený buď odtokom vody (napr. v dôsledku dlhšej periódy suchého počasia) alebo je vytlačením z pórového priestoru v dôsledku prirodzenej konsolidácie (zhutnenia) tejto vrstvy popola.

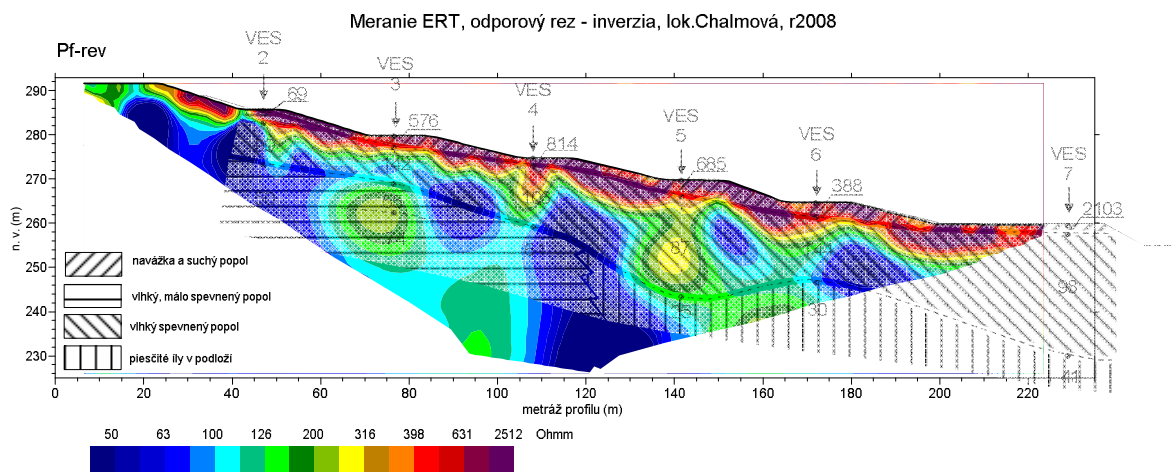


Obr. 3.15 Litologický rez zostavený z výsledkov merania metódou VES v roku 2002



Obr. 3.16 Litologický rez zostavený z výsledkov merania metódou VES v roku 2005

Na obr. 3.17 je uvedený vertikálny rez, zostavený z meraní metódou VES v roku 2005 a meraní ERT na profile zmeranom v roku 2008, ktorý bol vedený po spádnicí v strede čelného svahu materiálu odkaliska. V reze vystupujú hlavné materiálové telesá, ktoré majú charakter vrstiev súhlasných s reliéfom profilu.



Obr. 3.17 Vertikálny rezistivný rez – výsledky merania metódou ERT (r. 2008) a rez vrstevných parametrov zostavený z výsledkov meraní VES v r.2005 na odkalisku ENO – Definitívne.

Z rozloženia rezistivity v ploche rezu ERT vyplýva, že v hornej časti rezu leží vrstva suchej kamenitej navážky a popolovín, ktorej hrúbka sa mení od cca 6 m v hornej časti svahu po cca 10 m v dolnej časti rezu. Pod ňou je horninové prostredie pomerne vertikálne i horizontálne diferencované na oblasti s nízkou rezistivitou (materiál s prímiesou jemnozrných frakcií odpovedajúcim ílovým zrnám) a oblasti so zvýšenou rezistivitou (materiál bez jemnozrných akoby ílovitých zložiek), viac uľahnuté popoloviny s malým obsahom vody a vlhkosti. Táto vertikálna i horizontálna členitosť prostredia vytvára štruktúru, ktorá dáva predpoklad na pomerne vysokú stabilitu odkaliska.

Ak porovnáme oba rezy (VES a ERT, vidíme, že zhoda medzi nimi je pomerne vysoká. Z rezu VES sú určené polohy rozhraní s väčším krokom a priestor medzi meraniami VES je zahustený výsledkami metódy ERT, čím sa výsledky oboch foriem meraní stávajú čitateľnejšie. Vrstva kamenitej navážky a suchých popolovín pri povrchu profilu mení svoju hrúbku podľa polohy voči lavičkám: na rozhraní päty svahu a lavičky je hrubšia, na rozhraní okraja lavičky a hrebeňa svahu je tenšia. Pod lavičkami 270 m a 275 m sú lokálne „korene“ hrubozrnnejšieho materiálu, pravdepodobne na spevnenie svahu. Medzi nimi je výrazné vertikálne teleso hlinito piesčitého materiálu (zrejme v kombinácii s popolom), ktoré bolo ako nehomogenita vyčlenené aj na reze VES. Ďalšie teleso hrubozrnnejšieho materiálu je pod lavičkou 280 m, toto teleso je však izolované. V pravej spodnej časti rezu je možné identifikovať prejav prítomnosti piesčitých ílov v podloží materiálu odkaliska.

### ***Zhrnutie výsledkov na odkalisku ENO Definitívne a upozornenia na niektoré anomálie***

Popolčeky z lagún odkaliska Definitívneho sú veľmi kypré a jemnozrné prevažne zrnitostného zloženia S-F, SC, až CS. Objemová hmotnosť je len v rozpätí  $\rho_d = 455$  až  $931 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $\rho_n = 898$  až  $1195 \text{ kg.m}^{-3}$ , vlhkosť prevažne  $w = 22$  až  $58 \%$ . Hodnota presiometrického tlaku je od  $p_{lim} = 0,058 \text{ MPa}$  až  $0,410 \text{ MPa}$ , presiometrický modul prevažne len  $E_p = 0,19 \text{ MPa}$  až  $3,58 \text{ MPa}$ , efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je malá v rozpätí  $\varphi_{ef} = 15,2^\circ$  do  $26,8^\circ$ . Presiometrické skúšky, ktoré sme realizovali v telese odkaliska vo vrtoch D – 1 aj D – 3 charakterizujú tieto konsolidované a stmelené popolčeky týmito charakteristickými hodnotami: medza presiometrického tlaku  $p_{lim} = 0,255 \text{ MPa}$  až  $1,525 \text{ MPa}$ , presiometrický modul prevažne  $E_p = 1,96 \text{ MPa}$  až  $15,36 \text{ MPa}$ , efektívna hodnota uhla vnútorného trenia je v rozpätí  $\varphi_{ef} = 23,5^\circ$  do  $34,4^\circ$ . Vo vrte D – 3 sme zistili priemernú hodnotu v roku 2005  $p_{lim} = 0,685 \text{ MPa}$ , v roku 2008 bola priemerná hodnota  $p_{lim} = 0,887 \text{ MPa}$ , uhol vnútorného trenia jeho priemerná hodnota vyšla  $\varphi_{ef} = 29,6^\circ$ , v roku 2008  $\varphi_{ef} = 30,9^\circ$ , presiometrický modul, jeho priemerná hodnota pre celý rozsah napätí v pružnoplastickej fáze, vyšiel priemerný  $E_p = 8,86 \text{ MPa}$ , v roku 2008  $E_p = 8,35 \text{ MPa}$ . Z uvedených výsledkov



vyplýva, že popolčeky v čase od ich zabudovania ešte nepatrne zlepšujú svoje mechanické vlastnosti -  $p_{lim}$ ,  $\varphi_{ef}$ , resp. si ich udržujú  $E_p$ .

Z geofyzikálnych meraní orientovaných na zistenie zmien v štruktúre uloženín popola v Definitívnom odalisku ENO sa zistilo, že subhorizontálne štrukturované teleso popola si zachováva svoj charakter, pričom vrstva vodou nasýteného popola sa zhruba do hĺbky cca 10-15 m homogenizuje a zrejme aj spevňuje (čo usudzujeme z celkového zvýšenia rezistivity tejto vrstvy v dôsledku zníženia obsahu priesakovej vody). Zároveň sa zistilo, že horniny v podloží majú rozdielny charakter. Kým pod hlavnou hmotou popolčeka sú horniny s vyšším odporom a teda zrejme priepustnejšie, pod okrajovým svahom úložiska smerom do údolia rieky Nitry sú sedimenty s vysokým podielom jemnozrnných frakcií akoby ílu. Tieto by mohli pri väčšom nasýtení popolčeka vodou viesť k nestabilite okrajového násypu odkaliska. Odporúčame preto systematicky monitorovať stav tejto časti odkaliska.

#### **2.3.4.5 Odkalisko Lintich Banská Štiavnica**

Je údolného typu poniže Banskej Štiavnice smerom na Antol, kde vyplňa priestor havarovaného tajchu. Podložie je tvorené amfibolicko-biotitickými andezitmi studenskej formácie. Vrtom BŠ-1 bola zachytená vrchná zvetraná časť, prechádzajúca do elúvia štrkovito-piesčitého až prachovito-flovitého charakteru. Mocnosť elúvia je asi 1,5 m, nasleduje asi 0,4 m hrubá vrstva hnedej deluviálnej hliny. Základná hrádza je vybudovaná na úrovni cca 470 m n.m.. Jej tvar, navrhnuté materiály, ani navrhnutý drenážny systém sa v archívnych materiáloch nezachoval. Celé územie odkaliska zaberá 21 ha, v odkalisku je uložených okolo 585 tisíc ton flotačných odpadov. Prevádzka odkaliska viac-menej skončila v roku 1974. Na základe makroskopického popisu výnosu flotačného odpadu z vrtov možno konštatovať, že sa jedná o piesok jemnozrnný až prach piesčitý. Situácia odkaliska je na obrázku 3.18.

#### **Realizované monitorovacie merania v roku 2009 a výsledky**

V roku 2009 sme na odkaliskách rudných flotačných kalov Lintich a Sedem žien odobrali a analyzovali 10 neporušených a 20 porušených vzoriek naplavených sedimentov. Odvrtali sme spolu 43 bm vrtov, realizovali 50 presiometrických skúšok, analyzovali sa dve vzorky na RTG analýzy, po rozseparovaní na diamagnetickú, feromagnetickú, paramagnetickú sa pripravilo 6 vzoriek. RTG analýzy sa realizovali na novom RTG prístroji Bruker D8 Advance.

Na oboch odkaliskách sa realizovali aj geofyzikálne merania metódou elektrickej odporovej tomografie - rezistivity tomography ERT, v monitorovacích profiloch. Na týchto

odkaliskách sa v tomto projekte opäť použila nová meracia geofyzikálna zostava sond umožňujúca merania do väčších hĺbok, až 30 m.

#### **2.3.4.5 Odkalisko Lintich Banská Štiavnica**

Je údolného typu poniže Banskej Štiavnice smerom na Antol, kde vyplňa priestor havarovaného tajchu. Podložie je tvorené amfibolicko-biotitickými andezitmi studenskej formácie. Vrtom BŠ-1 bola zachytená vrchná zvetraná časť, prechádzajúca do elúvia štrkovito-piesčitého až prachovito-ílovitého charakteru. Mocnosť elúvia je asi 1,5 m, nasleduje asi 0,4 m hrubá vrstva hnedej deluviálnej hlíny. Základná hrádza je vybudovaná na úrovni cca 470 m n. m.. Jej tvar, navrhnuté materiály, ani navrhnutý drenážny systém sa v archívnych materiáloch nezachoval. Celé územie odkaliska zaberá 21 ha, v odkalisku je uložených okolo 585 tisíc ton flotačných odpadov. Prevádzka odkaliska viac-menej skončila v roku 1974. Na základe makroskopického popisu výnosu flotačného odpadu z vrtov možno konštatovať, že sa jedná o piesok jemnozrnný až prach piesčitý. Situácia odkaliska aj s lokalizáciou prieskumných vrtov a geofyzikálnych profilov je na obrázku 3.18, súradnice prieskumných vrtov aj profilov sme zamerali pomocou GPS systému a sú uvedené v prílohe 3.1.



Obr. 3.18. Situácia prieskumných diel na odkalisku Lintich, 2009

## Vyhodnotenie pozorovaných parametrov za roky 2002 až 2009 na odkalisku Lintich

### Laboratórne rozbory

Na základe laboratórných skúšok, ktoré realizoval ŠGÚ DŠ Bratislava, sú flotačné odpady z odkaliska Lintich prevažne obdobného zrnitostného zloženia ako piesky S5 SC, miestami aj F4, v niektorých úrovniach aj S3, príloha 3.2, 3.3. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_d = 1,18$  až  $1,47 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $\rho_n = 1,432$  až  $1,767 \text{ g.cm}^{-3}$ , vlhkosť prevažne len cca  $w = 11$  až  $17 \%$ , vo vrte BŠ-1 hĺbke 3 m až  $31 \%$ , príloha 3.5.

Okrem toho boli realizované aj laboratórne RTG skúšky pre stanovenie minerálneho zloženia flotačných odpadov jednak z odkaliska Lintich, jednak z odkaliska Sedem žien. RTG analýzy sa realizovali na Katedre mineralógie a petrológie Prif UK pod vedením doc. Fejdiho na novom RTG prístroji Bruker D8 Advance. Z kryštalických fáz sú na oboch odkaliskách zistené analogické minerály, prítomné sú a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť kalcitu. Kremeň a kalcit predstavujú jalovinu získanú pri flotácii, živce a magnetit pochádzajú z okolitého horninového prostredia. Amorfná fáza prítomná vo feromagnetických frakciách bude mať tendenciu rekryštalizovať. Ílových minerálov sa identifikovalo minimálne množstvo, čo je zárukou dlhodobej stálosti flotačných kalov. Podrobné RTG analýzy sú uvedené v prílohe 3.6.

### Presiometrické skúšky

Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska Lintich namerala priemerná medza presiometrického tlaku v roku 2009  $p_{lim} = 0,50 \text{ MPa}$ , priemerná hodnota v roku 2006 bola  $p_{lim} = 0,55 \text{ MPa}$ . Priemerná hodnota presiometrického modulu v 2009 bola  $4,1 \text{ MPa}$  a v roku 2006  $E_p = 5,46 \text{ MPa}$ . Efektívna hodnota uhla vnútorného trenia priemerná hodnota v 2009 roku bola  $\varphi_{ef} = 27,2^\circ$  a v roku 2006  $\varphi_{ef} = 27,6^\circ$ . Priemerná hĺbka presiometrických skúšok bola v roku 2009 len  $2,9 \text{ m}$ , v roku 2006 až  $3,9 \text{ m}$ . Bolo to z dôvodu potreby realizácie väčšieho počtu skúšok v blízkosti vytvorenej ťažobnej materiálnej jamy v blízkosti vrtu BŠ – 1, aby sme zistili vplyv odľahčenia výkopu i zvýšenú vlhkosť na výsledky presiometrických skúšok.

Výsledky všetkých presiometrických meraní z predchádzajúcich etáp monitorovania sú uvedené v tabuľke 3.5.

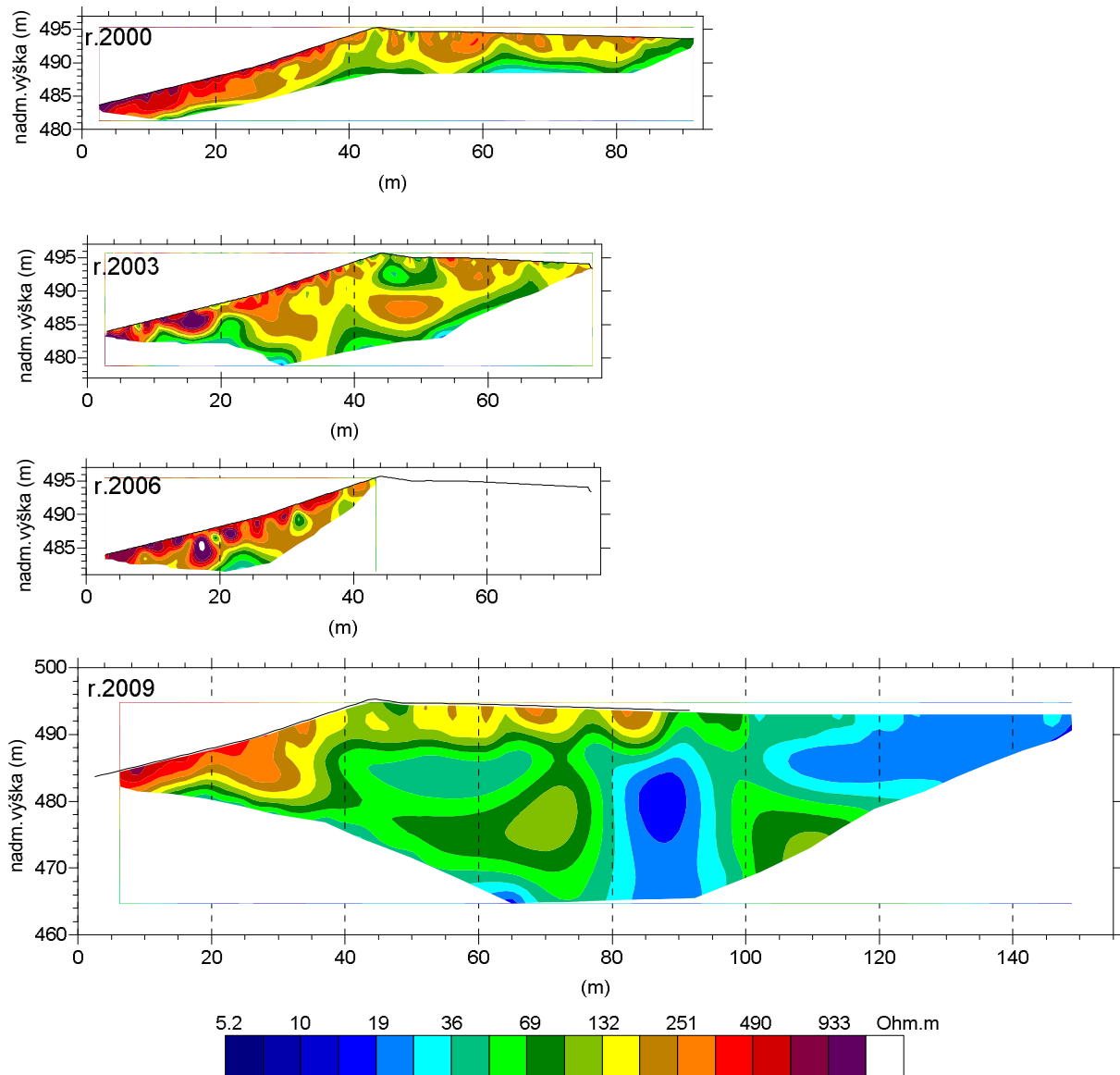
Tabuľka 3.5 Výsledky presiometrických skúšok odkalisko Lintich

vrt	hlbka [m]				p <sub>lm</sub> [MPa]				φ <sub>ref</sub> [°]				E <sub>p</sub> [MPa]								
	1996	2000	2003	2006	2009	1996	2000	2003	2006	2009	1996	2000	2003	2006	2009	1996	2000	2003	2006	2009	
BS-1	1.0	1.2	0.7			0.400	0.400	0.440			26.7	27.0	25.3			3.31	3.64	3.33			
	2.0	2.0	1.7			0.480	0.420	0.425			27.7	27.0	25.0			4.92	4.42	4			
	3.0	2.8	2.7			0.420	0.590	0.250			26.8	28.7	21.7			3.40	4.92	1.45			
	3.8	3.6	3.7			0.360	0.660	0.455			25.8	29.5	25.3			3.07	5.93	3.07			
	4.6	4.7	4.7			0.580	0.570	0.435			28.7	28.7	26.8			6.69	4.30	2.27			
	5.4	5.5	5.7			0.510	0.740	0.580			27.8	30.3	28.6			5.72	5.70	4.46			
BS-2	6.4	6.7	6.5		0.9	0.580	0.480	0.328		0.390	28.5	27.7	24.8		25.1	3.28	2.20	2.13		2.48	
	1.4	1.7	1.8	1.7	1.8	0.520	0.660	0.556	0.576	0.440	28.2	29.5	26.6	28.8	26.1	7.42	7.90	5.98	4.68	2.24	
	2.7	2.7	2.8	2.6	2.7	0.620	0.670	1.001	0.685	0.590	29.2	29.7	30.1	29.8	28.2	7.31	4.70	8.47	6.26	4.52	
	3.7	3.7	3.7	3.3	3.4	0.640	0.900	0.840	0.877	0.570	29.3	31.3	30.9	31.2	27.9	6.86	11.06	6.81	7.46	4.90	
	4.6	4.6	4.7	4.7	4.2	0.640	0.770	0.730	0.741	0.620	29.3	30.3	30.0	30.1	28.5	8.62	9.40	6.72	7.32	3.36	
	5.5	5.5	5.7	5.8	5.0	0.650	0.720	0.955	0.742	0.510	29.3	29.8	31.6	30.1	27.3	6.73	7.20	8.41	7.68	3.17	
BS-2A	6.4	6.4	6.5	6.3	6.0	0.740	0.770	1.023	0.712	0.630	30.0	30.3	32.0	29.8	28.7	8.77	6.50	8.61	6.29	3.33	
	7.1	7.0	6.9	6.9		0.750	0.850		0.916		30.1	30.5	31.3	31.3		9.96	10.00		9.11		
	7.8	7.8	7.5	8.0		0.900	0.910	0.883	0.839		31.2	31.0	31.0	30.7		8.55	11.80	7.55	8.44		
	9.0	9.0	8.6	8.8		0.980	1.020	1.094	1.132		31.6	31.7	32.3	32.5		13.56	10.10	8.21	11.02		
					0.9					0.500					26.9						4.65
					1.8					0.440					26.1						2.93
BS-1					2.7					0.530				27.4						3.30	
					3.4					0.520				27.3						2.96	
					4.2					0.590				28.2						2.97	
					5.0					0.550				27.8						4.21	
					6.0					0.360				24.9						2.43	
					0.7									27.8						5.19	
BS-1A					1.2				0.396	0.520				26.7	27.2				3.14	2.15	
					1.8				0.332	0.490				25.5	26.8				3.36	5.31	
					2.4				0.488	0.610				27.8	28.4				4.75	7.59	
					3.0				0.444	0.590				27.2	28.2				3.22	6.48	
					3.8				0.362	0.540				25.8	27.6				1.70	4.28	
					4.7				0.161					20.4					0.91		
BS-1B					1.0					0.390				25.1						2.57	
					2.0					0.630				28.6						7.27	
					2.7					0.640				28.7						7.09	
					1.0					0.520				27.2						5.93	
					2.0					0.470				26.5						4.43	
					3.0					0.340				24.2						1.49	
BS-3					0.8				0.117					19.5					0.49		
					1.8				0.132					19.9					0.31		
					1.7				0.246					23.7					2.11		
					2.4				0.388					26.4					16.69		
					3.1				0.475					27.6					4.46		
					3.8				0.792					30.6					9.14		
BS-4					4.5				0.749				30.2						7.56		
					5.5				0.634				29.1						6.06		
					6.3				0.367				25.6						1.97		
					7.0				0.544				28.1						2.53		

## Geofyzikálne merania

*Metóda MES* (multielektrodové sondovanie) je základnou metódou pre geofyzikálne monitorovanie a predstavuje kombináciu metód odporového profilovania, a vertikálneho elektrického sondovania. Vzhľadom na to, že meranie sa realizuje pomocou systému série elektrod roziahnutých s hustým krokom (cca 2 m) a počítačom riadeného adresovania vysielania prúdu a prijímania napätia, je možné z výsledku merania získať pomerne detailný obraz o rozložení zdanlivej rezistivity vo vertikálnom reze vedenom pozdĺž meraného profilu. Následné počítačové spracovanie umožňuje namerané dáta transformovať na súbor skutočných hodnôt rezistivity a cez ne získať obraz o reálnej štruktúre vyšetřovaného horninového prostredia. Opakovaným meraním je potom možné postihnúť aj drobné zmeny vo vyšetřovanom horninovom prostredí a posúdiť vývoj vplyvu rôznych faktorov na toto horninové prostredie. V tomto prípade opakovaného merania bol v rokoch 2000 až 2006 použitý krok rozloženia elektrod 2 m (limitovaný bol konštrukciou použitej aparatury), dĺžka profilu v roku 2000 bol 94 m, v roku 2003 bola 78 m, v roku 2006 bola iba 52 m (pretože pláň odkaliska bola medzičasom do výšky cca 1,5 m zavezená medzi skládkou vyťaženej drevnej hmoty, ktorá neumožňovala realizovať plánované meranie) a v roku 2009 (po revitalizácii meracej aparatury, ktorá dovoľovala merať s krokom elektrod až 5 m) bol meraný profil dlhý 155 m s krokom elektrod 5 m.

Namerané dáta boli pri všetkých meraniach spracované tým istým spôsobom a softwérom: dáta z pamäte prístroja boli presypané do počítača a programom RES2DINV (LOKE 1998) bola vykonaná ich revízia a po redukcii šumov bola aplikovaná metóda inverzie na transformáciu dát z podoby zdanlivej rezistivity na skutočné hodnoty rezistivity vyšetřovaného prostredia. Z týchto hodnôt bolo možné, vzhľadom na ich lokalizáciu vo vertikálnom reze, zostaviť vertikálny rezistivný rez, ktorý odráža materiálú štruktúru a rozloženie vlhkosti vo vyšetřovanom reze. Program navyše dovoľuje zohľadniť reliéf terénu na meranom profile, takže získaný výsledok ukazuje reálny pohľad na skúmanú situáciu. Výsledné vertikálne rezy boli potom kvantitatívne a kvalitatívne zhodnotené.



Obrázok 3.19 Porovnanie výsledku opakovaného meranie metódou ERT

### Zhodnotenie geofyzikálnych meraní na odkalisku Lintich

Na obrázku 3.19 sú uvedené vertikálne rezistivné rezy z meraní v rokoch 2000 až 2009. Zo získaných vertikálnych rezov plošného rozloženia skutočnej rezistivity na vyšetřovanom profile vyplýva, že v prístupnej časti rezu (svahu odkaliska a príľahlej časti pláne) sa nachádza vrstva suchého piesčito kamenitého materiálu (jej hrúbka kolíše od 5 do 10 m), ktorý slúžil na vytvorenie a spevnenie odkaliska najmä vo svahu. Homogenita tejto vrstvy je premenlivá a nachádza sa v nej teleso (metráž 40 až 50 m) s vyšším podielom jemnozrnnej (íľovito piesčitej) zložky. Hlbšie sú zeminy s vyšším podielom piesčitej a hrubozrnnej zložky a v spodnej časti rezu vystupuje materiál s vyšším podielom íľovej zložky. Túto časť rezu však z meraní v rokoch 2000 až 2006 nebolo možné (z technických dôvodov) podrobnejšie popísať a až meranie v roku 2009 ukázalo že sú tu diferencované

telesá zemín s meniacim sa podielom ílovej, resp. piesčitej zložky. Zvlášť je potrebné spomenúť lokálne vertikálne teleso v úseku metráže 80 až 95 m s výraznejším podielom ílovej zložky, ktoré rozdeľuje skoro horizontálne teleso s vyšším podielom piesčitej až hrubozrnnnej zložky na dve časti. Od metráže 105 m vyššie je pri povrchu cca 10 m hrubá homogénna vrstva s nízkou hodnotou rezistivity (pod 20 ohm.m), ktorá predstavuje vlastný plavený materiál odkaliska.

Výsledky opakovaného merania na lokalite Lintich ukazujú, že zloženie a priestorový charakter rozloženia materiálov na čelnom svahu násypu odkaliska a ich rozloženie meranie s použitými parametrami dáva komplexnejší obraz o štruktúre. Tieto charakteristiky zostali počas monitorovacieho obdobia rovnaké a lokálne zmeny v hodnote a detailnom tvare rozhraní medzi prítomnými materiálmi sú dôsledkom zmien v stave vlhkosti v nenasýtenej zóne ako výsledok mieniacej sa zrážkovej aktivity predchádzajúcej realizáciu jednotlivého merania.

### ***Zhrnutie výsledkov na odkalisku Lintich a upozornenia na niektoré anomálie***

V odkalisku Lintich sú deponované flotačné kaly po separácii vyťažených rúd v Banskej Štiavnici. Tieto kaly sú prevažne obdobného zrnitostného zloženia ako piesky S5 SC, miestami aj F4, v niektorých úrovniach aj S3. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_d = 1,18$  až  $1,47 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $\rho_n = 1,432$  až  $1,767 \text{ g.cm}^{-3}$ , vlhkosť prevažne len cca  $w = 11$  až  $17 \%$ , vo vrte BŠ-1 hĺbke 3 m až  $31 \%$ . Z výsledkov presiometrických skúšok vyplýva, že v kaloch dochádza k zmenšovaniu hodnôt mechanických parametrov vplyvom vlhkosti, ako aj vplyvom odľahčenia napätí po výkope v okolí neriadených ťažobných jám. Tieto poznatky sa potvrdili aj opakovanými geofyzikálnymi meraniami, keď pri zvyšujúcej sa vlhkosti kalov v odkalisku klesá hodnota elektrického odporu a naopak. Tieto zmeny sú len v takých medziach, ktoré neohrozujú stabilitu odkaliska.

Dovolíme si však uviesť aspoň závažné zistenia na oboch odkaliskách. Na lokalite odkalisku Lintich dochádza k nepovolenej ťažbe naplavených materiálov z hrádze a z pláne odkaliska, to znižuje stabilitu časti odkaliska a hrozí zrútením ťažobných stien. Je potrebné zamedziť akýkoľvek vstup nepovolánym osobám na toto odkalisko.

#### ***2.3.4.6 Odkalisko Sedem žien***

Je to odkalisko svahového typu, päta je v údolí na kóte 513 m n. m. Maximálne nad výšenie hrádzového systému 555 m n. m. bolo dosiahnuté v roku 1992. V súčasnosti je už odkalisko rekultivované (jeho bývalá pláž). Podložie odkaliska tvoria andezity a ich pyroklastiká, na ktorých ležia svahové hliny a hlinitokamenité sute premenlivej mocnosti od 0,2 m do 8 m, maximálne 10 m. Sklon vzdušného svahu je 1 : 3,25, maximálny objem



odkaliska je 2,44 mil m<sup>3</sup>. Územie sa nachádza v 6° MSK seizmickej aktivity. S plavením sa skončilo v roku 1992, kedy sa ukončilo s plavením flotačných pieskov z úpravovne rúd v Banskej Štiavnici. Situácia odkaliska aj s lokalizácia prieskumných vrtov a geofyzikálnych profilov je na obrázku 3.20. Súradnice prieskumných vrtov aj profilov sme zamerali pomocou GPS systému a sú uvedené v prílohe 3.1.

## **Vyhodnotenie pozorovaných parametrov od roku 2002 do 2009 - odkalisko Sedem žien**

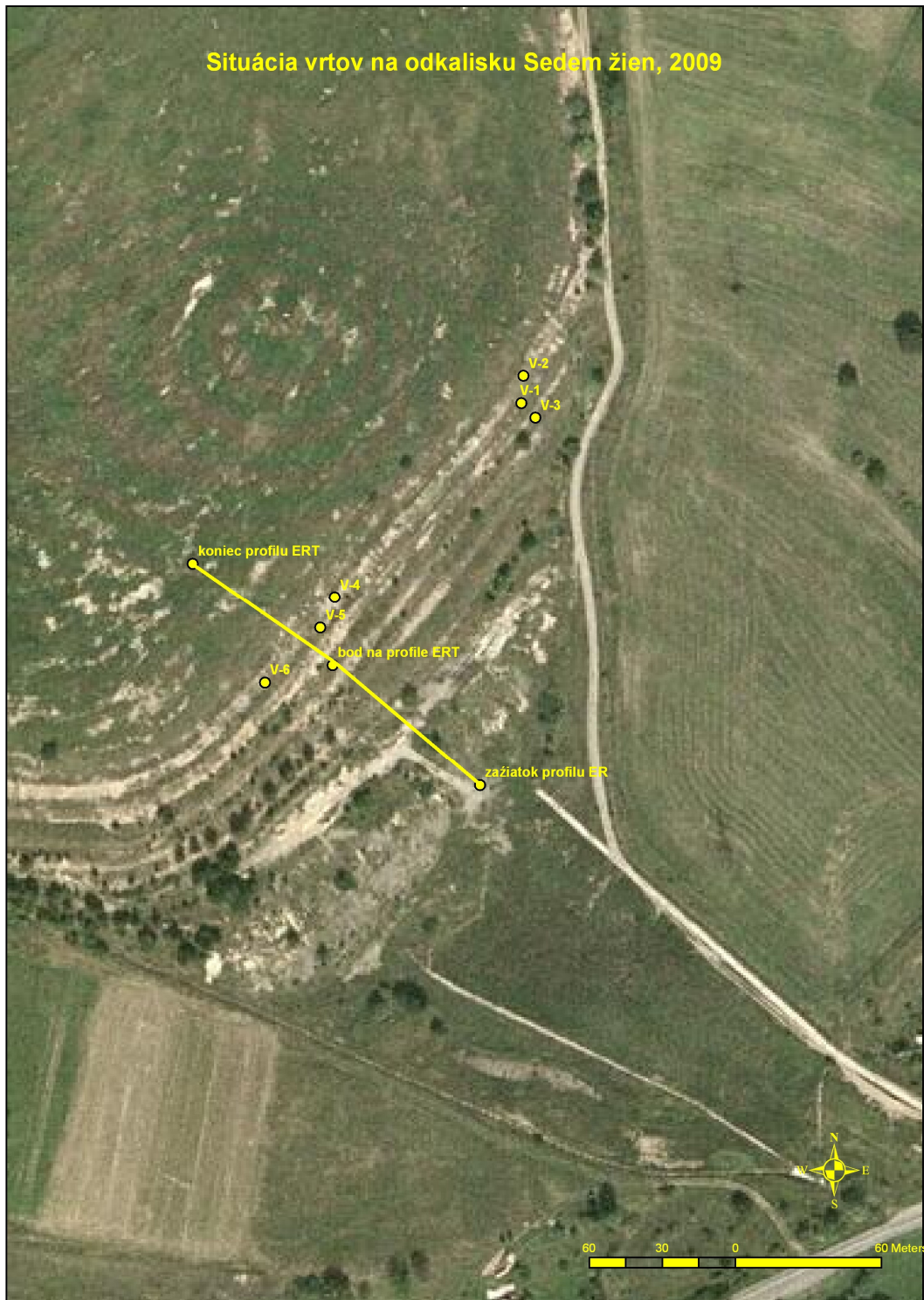
### **Laboratórne rozbory**

Flotačné odpady z lokality odkaliska Sedem žien sú prevažne zrnitostne podobné pieskom S3 S-F ale aj S5 SC, vo vrte V-5 v hĺbke 1,0 m aj F4 CS, príloha 3.3, a 3.4. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_d = 1,294$  až  $1,497 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $\rho_n = 1,43$  až  $1,664 \text{ g.cm}^{-3}$ , vlhkosť prevažne len cca  $w = 9$  až  $12 \%$ , príloha 3.5.

### **Presiometrické skúšky**

Na základe výsledkov presiometrických skúšok sa na lokalite odkaliska Sedem žien namerali priemerné hodnoty medze presiometrického tlaku v roku 2009  $p_{lim} = 0,8$  a v roku 2006  $p_{lim} = 0,594 \text{ MPa}$ . Priemerná hodnota presiometrického modulu sa v roku 2009 zistila  $E_p = 10,1 \text{ MPa}$ , a v roku 2006 len  $5,7 \text{ MPa}$ . Priemerná hodnota efektívneho uhla vnútorného trenia v roku 2009 bola  $\varphi_{ef} = 29,8^\circ$  a v roku 2006  $\varphi_{ef} = 28,5^\circ$ .

Výsledky všetkých presiometrických meraní z predchádzajúcich etáp monitorovania sú uvedené v tabuľke 3.6.



Obr. 3.20 Situácia prieskumných diel na odkalisku Sedem žien, 2009

Tabuľka 3.6 Výsledky presiometrických skúšok odkalisko Sedem žien

vit	hĺbka [m]										E <sub>p</sub> [MPa]										φ <sub>sd</sub> [°]
	1977	1996	2000	2003	2006	2009	1977	1996	2000	2003	2006	2009	1977	1996	2000	2003	2006	2009			
SZ1	3.0	3.0	3.0	2.7	2.7	0.450	0.570	0.727	0.727	27.3	28.7	28.2	11.050	7.840	17.400						
	4.0	3.7	3.5	3.5	3.5	0.570	0.570	0.600	0.600	28.6	28.6	28.9	8.390	8.040	21.270						
	5.0	5.2	5.5	5.5	5.5	0.440	0.920	0.805	0.805	28.9	31.4	30.6	3.640	11.400	24.860						
	6.3	6.3	6.5	6.5	6.5	0.320	1.050	1.015	1.015	24.8	32.2	31.9	3.260	11.850	29.340						
	6.8	7.1	7.5	7.5	7.5	0.610	1.045	0.965	0.965	28.8	34.9	30.9	6.500	13.900	19.450						
	8.5	8.6	8.5	8.5	8.5	0.510	1.000	1.035	1.035	27.6	31.8	32.0	4.640	13.130	34.470						
	10.0	10.0	9.5	9.5	9.5	0.130	0.720	0.685	0.685	18.2	29.7	31.3	3.090	7.210	7.570						
	11.0	11.3	10.5	10.5	10.5	0.640	0.960	0.905	0.905	28.9	31.4	29.2	3.410	8.880	5.060						
	SZ3	2.0	2.3	2.1	1.6	1.4	0.880	1.035	1.315	0.939	31.3	32.3	33.5	13.380	21.300	4.560					
		3.0	3.0	2.9	2.5	2.5	0.690	0.910	0.870	0.778	28.8	31.4	30.5	8.230	11.650	13.330	8.010				
4.0		3.8	4.3	4.6	4.6	0.350	1.210	1.230	0.919	29.6	33.1	33.2	2.390	11.950	26.600	8.910					
5.0		5.3	5.3	5.6	5.6	0.320	0.920	1.040	0.989	24.9	31.4	32.0	1.160	11.230	13.060	8.970					
6.2		6.0	6.0	6.0	6.0	0.200	0.800	0.700	0.700	21.5	30.5	29.7	3.430	8.380	6.000						
7.0		6.7	7.5	7.6	7.6	0.380	0.240	1.074	1.074	25.8	22.7	32.2	2.380	13.920	7.050						
8.5		8.5	8.5	8.5	8.5	0.688	0.688	0.430	0.430	28.2	25.1	25.1	6.196	6.196	5.430						
9.5		9.5	9.5	9.5	9.5	1.376	1.376	0.515	0.515	33.0	30.6	26.7	12.880	12.880	4.630						
10.5		10.5	10.5	10.5	10.5	0.967	0.967	0.413	0.413	30.6	30.6	26.7	9.600	9.600	3.740						
11.5		11.5	11.5	11.5	11.5	1.500	1.500	0.586	0.586	33.5	28.7	28.7	19.710	19.710	5.530						
SZ6	5.2	5.2	5.4	5.4	5.4	0.960	0.739	0.739	0.739	30.6	30.1	30.1	8.860	8.860	8.660						
	5.9	5.9	6.1	6.1	6.1	0.820	0.666	0.666	0.666	29.5	29.4	29.4	7.380	7.380	5.650						
	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	0.356	0.741	0.741	0.741	24.0	30.0	30.0	0.940	0.940	6.520						
	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	0.162	0.190	0.190	0.190	23.4	21.9	21.9	1.380	1.380	1.380						
	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	0.534	0.217	0.217	0.217	28.2	22.6	22.6	3.300	3.300	1.450						
	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	0.634	0.174	0.174	0.174	29.0	21.0	21.0	3.800	3.800	1.090						
	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	0.638	0.176	0.176	0.176	29.0	20.9	20.9	3.450	3.450	1.120						
	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	0.317	0.213	0.213	0.213	26.4	22.1	22.1	0.750	0.750	0.750						
	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	0.247	0.150	0.150	0.150	24.6	19.3	19.3	*	*	0.340						
	V1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.590	0.590	0.590	0.590	28.1	28.1	28.1	7.094	7.094	8.460					
1.4		1.4	1.7	1.7	1.7	0.840	0.840	0.840	0.840	29.6	29.6	29.6	8.159	8.159	8.520						
2.1		2.1	2.5	2.5	2.5	0.585	0.585	0.585	0.585	28.9	29.1	29.1	6.995	6.995	6.995						
2.9		2.9	2.9	2.9	2.9	0.206	0.206	0.206	0.206	22.4	22.4	22.4	2.842	2.842	2.842						
3.6		3.6	3.6	3.6	3.6	0.460	0.460	0.460	0.460	27.0	27.0	27.0	2.616	2.616	2.616						
4.5		4.5	4.5	4.5	4.5	0.439	0.439	0.439	0.439	29.6	29.6	29.6	6.099	6.099	6.099						
5.3		5.3	5.3	5.3	5.3	0.677	0.677	0.677	0.677												
5.7		5.7	5.7	5.7	5.7																
6.4		6.4	6.4	6.4	6.4																
7.0		7.0	7.0	7.0	7.0	0.834	0.834	0.834	0.834	31.0	27.8	27.8	9.286	9.286	5.570						
V2	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	0.631	0.880	0.880	0.880	29.4	30.8	30.8	7.201	15.060	10.060						
	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	0.478	1.030	1.030	1.030	27.7	31.8	31.8	4.290	17.370	17.370						
	3.1	3.1	3.3	3.3	3.3	0.585	0.960	0.960	0.960	28.8	31.3	31.3	4.947	13.920	13.920						
	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	0.900	0.900	0.900	0.900	31.0	31.0	31.0	10.660	10.660	10.660						
	4.6	4.6	5.0	5.0	5.0	1.000	1.000	1.000	1.000	31.6	31.6	31.6	11.660	11.660	11.660						
	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.820	0.700	0.700	0.700	28.4	28.4	28.4	4.390	4.390	4.390						
	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	0.872	0.700	0.700	0.700	31.2	29.3	29.3	9.243	9.243	8.470						
	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	0.639	0.740	0.740	0.740	29.4	29.7	29.7	7.196	7.196	10.060						
	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	0.735	0.820	0.820	0.820	30.2	30.3	30.3	7.087	7.087	10.970						
	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	0.557	0.920	0.920	0.920	28.5	31.1	31.1	5.478	5.478	14.410						
V3	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	0.825	0.980	0.980	0.980	30.8	31.5	31.5	7.080	7.080	5.690						
	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	0.332	0.332	0.332	0.332	25.1	25.1	25.1	1.861	1.861	1.861						
	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	0.840	0.840	0.840	0.840	28.6	28.6	28.6	6.880	6.880	6.880						
	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	0.640	0.640	0.640	0.640	28.7	28.7	28.7	8.930	8.930	8.930						
	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	0.530	0.530	0.530	0.530	30.4	30.4	30.4	16.010	16.010	16.010						
	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	0.880	0.880	0.880	0.880	30.8	30.8	30.8	12.120	12.120	12.120						
	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	0.940	0.940	0.940	0.940	31.3	31.3	31.3	12.940	12.940	12.940						
	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	1.0	0.950	0.950	0.950	28.1	28.1	28.1	9.170	9.170	9.170						
	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	2.0	0.660	0.660	0.660	28.9	28.9	28.9	7.570	7.570	7.570						
	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	3.0	0.710	0.710	0.710	29.4	29.4	29.4	8.020	8.020	8.020						
V4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.690	0.690	0.690	0.690	29.1	29.1	29.1	9.780	9.780	9.780						

\* Nebola namieraná pružnoplástická, len plástická fáza deformácie

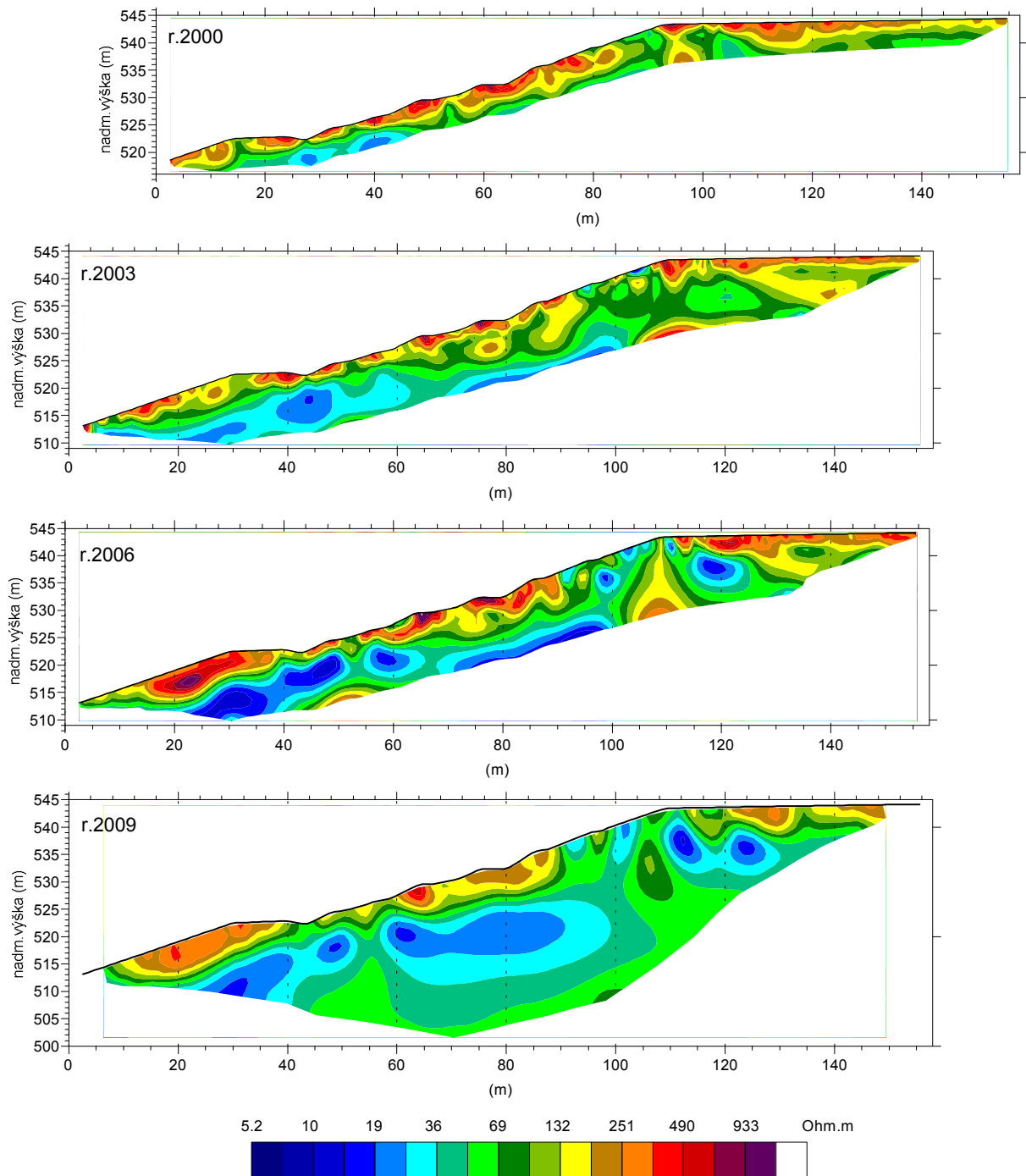
\*\* prehodnotené merania VUJS Bratislava

## **Geofyzikálne merania**

Metóda ERT (elektrická rezistivná tomografia) je základnou metódou pre geofyzikálne monitorovanie a predstavuje kombináciu metód odporového profilovania, a vertikálneho elektrického sondovania. Vzhľadom na to, že meranie sa realizuje pomocou systému série elektród roziahnutých s hustým krokom (cca 2 - 5 m) a počítačom riadeného adresovania vysielania prúdu a prijímania napätia, je možné z výsledku merania získať pomerne detailný obraz o rozložení zdanlivej rezistivity vo vertikálnom reze vedenom pozdĺž meraného profilu. Následné počítačové spracovanie umožňuje namerané dáta transformovať na súbor skutočných hodnôt rezistivity a cez ne získať obraz o reálnej štruktúre vyšetřovaného horninového prostredia. Opakovaným meraním je potom možné postihnúť aj drobné zmeny vo vyšetřovanom horninovom prostredí a posúdiť vývoj vplyvu rôznych faktorov na toto horninové prostredie. V tomto prípade boli merania robené na profile dlhom 155 m pričom v rokoch 2000 až 2006 bol krok elektród 2 m a v roku 2009 bolo meranie robené s krokom elektród 5 m (zmena bola urobená v dôsledku inovácie meracej aparatury). Pri meraní bolo použité usporiadanie Wenner – Schlumberger. Vďaka použitému kroku merania v roku 2009 bol hĺbkový dosah tohto merania oproti meraniam v predošlých rokoch zvýšený na cca 30 m.

### ***Výsledky geofyzikálnych meraní***

Odporové vertikálne rezy na meranom profile (obr. 3.21) ukazujú, že pri povrchu je nesúvislá vrstva s premenlivou hrúbkou (od 0 do 6 m) roztrhaná na viac častí. Materiál tejto vrstvy vykazuje vysoký elektrický odpor (nad 200 ohm. m) čo odpovedá slabo hlinitým pieskom s kamenitou prímiesou. V miestach prerušenia tejto vrstvy pri povrchu je materiál s nízkym elektrickým odporom (pod 20 ohm. m) čo odpovedá piesčitém hlinám. Vrstva ležiaca pod vrstvou pri povrchu vykazuje väčšiu hrúbku (do 15 m) a nízký elektrický odpor (pod 20 ohm. m) čo odpovedá slabo piesčitém hlinám a zrejme sa jedná o vlastný materiál odkaliska. Táto druhá vrstva je na dvoch miestach prerušená (metráž 55 a 107 m) vertikálnymi telesami hrubozrnnejšieho materiálu (kamenité a piesčité hliny) v rámci spevňujúcej konštrukcie hrádze odkaliska. Pod uvedenými vrstvami v spodnej časti v strede rezu je možné vidieť prejav podložia, ktorého materiál má zvýšené hodnoty elektrickej rezistivity (do 100 ohm. m).



Obrázok 3.21 Výsledky opakovaných meraní metódou ERT na lokalite Sedem žien

Pri porovnaní rezov z rokov 2000 a 2009 je zrejماً pomerne veľká zhoda a zachovanie zreteľných objektov dobre rozoznateľných na všetkých rezoch. Rozdielne úrovne hodnôt rezistivity v nich sú spôsobené odlišným stavom vlhkosti v nenasýtenej zóne v dôsledku rozdielnej zrážkovej činnosti predchádzajúcej samotné meranie. Prínosom je zvýšený hĺbkový dosah pri meraní v roku 2009, ktorý odkryl charakter rezu v jeho hlbšej časti. Prejavuje sa tu prítomnosť materiálu odkaliska čo je flotačný odpad zo separácie rúd,

ktorý zrnitostne odpoďadá hlinitému piesku až piesčitej hline a ukazuje sa tiež že zrnitostné zloženie pyroklastického materiálu v podloží je zrejme podobné materiálu odkaliska.

Na odkalisku Sedem Žien v oblasti Banskej Štiavnice boli v rokoch 2000 až 2009 vykonávané opakované geofyzikálne merania za účelom sledovania zmien fyzikálnych charakteristík a pre posúdenie možných zmien stability odkaliska. Metóda ERT, ktorá sa pri tom použila umožnila zostaviť podrobné odporové obrazy o skúmanom horninovom prostredí a sledovať jemné zmeny v odporovom obraze medzi jednotlivými opakovanými meraniami. Z výsledkov bolo zistené, že tieto charakteristiky zostali počas monitorovacieho obdobia rovnaké a lokálne zmeny v hodnote a detailnom tvare rozhraní medzi prítomnými materiálmi sú dôsledkom zmien v stave vlhkosti v nenasýtenej zóne ako výsledok mieniacej sa zrážkovej aktivity predchádzajúcej realizáciu jednotlivého merania.

### ***Zhrnutie výsledkov na odkalisku Sedem žien a upozornenia na niektoré anomálie***

V odkalisku Sedem žien sú deponované flotačné kaly po separácii vyťažených rúd v Banskej Štiavnici. Tieto kaly sú prevažne obdobného zrnitostného zloženia ako piesky S3 S-F ale aj S5 SC, vo vrte V-5 v hĺbke 1,0 m aj F4 CS, príloha 3.3, 3.4. Objemová hmotnosť je v rozpätí  $\rho_d = 1,294$  až  $1,497 \text{ g.cm}^{-3}$ ,  $\rho_n = 1,43$  až  $1,664 \text{ g.cm}^{-3}$ , vlhkosť prevažne len cca  $w = 9$  až  $12 \%$ , príloha 3.5.

Z kryštalických fáz sú na oboch odkaliskách zistené analogické minerály, prítomné sú a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť kalcitu. Kremeň a kalcit predstavujú jalovinu získanú pri flotácii, živce a magnetit pochádzajú z okolitého horninového prostredia. Amorfná fáza prítomná vo feromagnetických frakciách bude mať tendenciu rekryštalizovať. Ílových minerálov sa identifikovalo minimálne množstvo, čo je zárukou dlhodobej stálosti flotačných kalov.

Z výsledkov presiometrických skúšok sa stanovili priemerné hodnoty medze presiometrického tlaku v roku 2009  $p_{lim} = 0,8 \text{ MPa}$  a v roku 2006  $p_{lim} = 0,594 \text{ MPa}$ . Priemerná hodnota presiometrického modulu sa v roku 2009 zistila  $E_p = 10,1 \text{ MPa}$  a v roku 2006 len  $5,7 \text{ MPa}$ . Priemerná hodnota efektívneho uhla vnútorného trenia v roku 2009 bola  $\varphi_{ef} = 29,8^\circ$  a v roku 2006  $\varphi_{ef} = 28,5^\circ$ . Toto zvýšenie mechanických vlastností je spôsobené skutočnosťou, že sa skúšky v roku 2009 museli realizovať na iných miestach ako v predchádzajúcich etapách monitorovania. Na odkalisku sa náletové dreviny tak rozrástli, že na lavičkách odkaliska nie je možný pojazd vrtnej súpravy. Skúšky sa realizovali v okrajovej časti odkaliska. V tejto časti odkaliska sa nachádzali konsolidovanejšie a stmelenejšie kaly s nižšou vlhkosťou. Nie je to nárast pevnosti kalu počas troch rokov od ostatného merania. Z geofyzikálnych meraní sa zistilo, že charakteristiky rezistivity prostredia zostali počas monitorovacieho obdobia rovnaké a lokálne zmeny v hodnote a detailnom tvare rozhraní

medzi prítomnými materiálmi sú dôsledkom zmien v stave vlhkosti v nenasýtenej zóne ako výsledok mieniacej sa zrážkovej aktivity predchádzajúcej realizáciu jednotlivého merania.

Na odkalisku Sedem žien dochádza k ďalšej povrchovej erózii odkaliska, degradácii jeho profilu, niektoré lavičky (bermy) sú už z erodované do šikmej plochy odkaliska bez akejkoľvek ochrany kamenitým prísypom alebo zatrávnením. Bolo by potrebné realizovať aspoň najnutnejšie sanácie na zabezpečenie dlhodobej stability týchto starých pochovaných sedimentov v okolí Banskej Štiavnice.

### **3. Vyhodnotenie kvality súhrnných ukazovateľov v rámci Európy - porovnanie**

V Európe, ale aj inde vo svete, sa na monitorovanie používa taktiež kombinácia klasického prieskumu s odberom vzoriek a ich laboratórne analýzy s kombináciou terénnych skúšok. Okrem presiometrických, sa niekedy používajú aj skúšky zaťažovacou statickou doskou, sú však časovo a technologicky náročnejšie ako presiometrické naviac vyžadujú absolútny klud na odkalisku, čo je v prípade prevádzky odkaliska, alebo jeho uzatvárania vzhľadom na dynamické účinky mechanizmov často nemožné. Na odkaliskách prevádzkovaných sa používajú aj kontinuálne statické penetračné skúšky a vrtuľkové terénne skúšky. Vzhľadom na monitoring na odkaliskách, ktorých sa prevádzka ukončila v rámci tejto úlohy nie sú tieto skúšky vhodné. Pred riešením tejto úlohy sme na niektorých odkaliskách použili aj dynamické penetračné skúšky DPH, ale pre ich veľkú energiu zarážania sa na zisťovanie zmien mechanických parametrov v odkaliskách neosvedčili. Nepoužívajú sa ani v iných krajinách, ak tak len ľahké DPL dynamické penetračné, ale u tých je hĺbkový dosah malý, len niekoľko metrov. Z geofyzikálnych metód sa využíva aj kombinácia elektrických metód s inými, napr. seizmickými alebo s karotážnymi meraniami. Kvalitu ukazovateľov s výsledkami v Európe je iluzórne porovnávať. Každé odkalisko je špecifické a uskladňujú sa tam kaly, ktoré sú svojim spôsobom špecifické v závislosti od napr. spaľovania a druhu uhlia, technológii výroby, od použitých surovín, od množstva pridávaných prísad a pod.

### **4. Záver**

V predloženej záverečnej správe sme prezentovali výsledky monitoringu na 6 odkaliskách za obdobie rokov 2002 – 2010. Vzhľadom na ekonomickú podporu tohto monitorovacieho podsystemu je rozsah a použité metódy na opísaných odkaliskách optimálny. Podotýkame, že realizujeme tieto výskumné práce za finančné prostriedky na úrovni cien spred 10 rokov a už nie je možné realizovať takýto rozsah monitoringu v budúcnosti. Dve ekologické havárie odkalísk u našich južných susedov iste kompetentné orgány presvedčí, že je lepšie pravidelne a dôsledne monitorovať takéto ekologické stavby

ako riešiť ekologické katastrofy. Jedna havária obrovského rozsahu bola aj u nás, keď sa v roku 1965 pretrhla hrádza odkaliska ENO v Zemianskych Kostolnoch a do okolia až po 100 km vzdialené Nové Zámky sa rozlialo 2,5 mil. m<sup>3</sup> popolčeka s vysokým obsahom ťažkých kovov najmä arzénu.

Na záver odporúčame, aby sa monitoring realizoval opakovane každé tri roky na dvojici odkalísk, tak ako doteraz. Využijú sa tak efektívnejšie dopravné náklady na techniku aj ľudí ako by sa realizoval monitoring v budúcnosti po jednom odkalisku za rok, tak ako sa uvažuje.

Bratislava október 2010

Prof. Ing. M. Matys, PhD.  
zodpovedný riešiteľ 03

Na úlohe v rokoch 2002 až 2009 spolupracovali: RNDr. M. Laho, PhD., Doc. RNDr. V. Gajdoš, PhD., RNDr. K. Rozimant, PhD., Ing. J. Frankovská, PhD., Mgr. I. Dananaj, PhD., Doc. RNDr. P. Fejdi, PhD., I. Peller – technik.

Použité podklady:

1. STN 72 10xx Rada STN noriem na laboratórne rozbory zemín
2. STN 72 1004 Presiometrická skúška
3. Matys a kol.: Ročné správy úlohy 03 Antropogénne sedimenty charakteru starých environmentálnych záťaží. PRIF UK KIG, 2002 až 2009



## Súradnice prieskumných vrtov a geofyzikálnych profilov z roku 2009 na odkaliskách Sedem žien a Lintich

LOKALITA		SYSTEM:	WGS 84	WGS 84	WGS 84	WGS 84	WGS 84	WGS 84	WGS 84	S-JTSK*	S-JTSK*
LOKALITA	VRT / PROFIL	ROK	N [d,dd]	E [d,dd]	N [d m,mm]	E [d m,mm]	N [d m s,ss]	E [d m s,ss]	X [m]	Y [m]	
Sedem žien	V-1	2009	48,47556667	18,92170000	48° 28,534'	18° 55,302'	48° 28' 32,04"	18° 55' 18,12"	1256089,410540730	436439,922681910	
Sedem žien	V-2	2009	48,47556667	18,92170000	48° 28,540'	18° 55,302'	48° 28' 32,40"	18° 55' 18,12"	1256078,325024970	436439,064998370	
Sedem žien	V-3	2009	48,47551667	18,92156667	48° 28,531'	18° 55,294'	48° 28' 31,86"	18° 55' 17,64"	1256095,428707520	436434,209245921	
Sedem žien	V-4	2009	48,47480000	18,92075000	48° 28,488'	18° 55,245'	48° 28' 29,28"	18° 55' 14,70"	1256168,984371390	436516,524386989	
Sedem žien	V-5	2009	48,47468333	18,92068333	48° 28,481'	18° 55,241'	48° 28' 28,86"	18° 55' 14,46"	1256181,537624090	436522,439318034	
Sedem žien	V-6	2009	48,47446667	18,92040000	48° 28,468'	18° 55,224'	48° 28' 28,08"	18° 55' 13,44"	1256203,940826770	436545,183050104	
Lintich	BS-1	2009	48,43100000	18,92521667	48° 25,860'	18° 55,513'	48° 25' 51,60"	18° 55' 30,78"	1261050,077751790	436562,729836159	
Lintich	BS-1A	2009	48,43093333	18,92533333	48° 25,856'	18° 55,520'	48° 25' 51,36"	18° 55' 31,20"	1261058,133858020	436554,694143151	
Lintich	BS-1B	2009	48,43096667	18,92503333	48° 25,858'	18° 55,502'	48° 25' 51,48"	18° 55' 30,12"	1261052,727206560	436576,541075303	
Lintich	BS-2	2009	48,43188333	18,92563333	48° 25,913'	18° 55,538'	48° 25' 54,78"	18° 55' 32,28"	1260954,529194970	436524,418778389	
Lintich	BS-2A	2009	48,43171667	18,92565000	48° 25,903'	18° 55,539'	48° 25' 54,18"	18° 55' 32,34"	1260973,100741730	436524,617746143	
1 7Zien Ert-Z	začiatok profilu ERT	2009	48,47415000	18,92163333	48° 28,449'	18° 55,298'	48° 28' 26,94"	18° 55' 17,88"	1256246,080712570	436456,988036957	
2 7Zien E-2	bod na profile ERT	2009	48,47455000	18,92076667	48° 28,473'	18° 55,246'	48° 28' 28,38"	18° 55' 14,76"	1256196,794122190	436517,440482291	
3 7Zien Ert K	koniec profilu ERT	2009	48,47488333	18,91995000	48° 28,493'	18° 55,197'	48° 28' 29,58"	18° 55' 11,82"	1256155,182675260	436574,778529245	
4 LintErt Z	začiatok profilu ERT	2009	48,43195000	18,92625000	48° 25,917'	18° 55,575'	48° 25' 55,02"	18° 55' 34,50"	1260950,655871950	436478,353307257	
5 LintErt K	koniec profilu ERT	2009	48,43155000	18,92433333	48° 25,893'	18° 55,460'	48° 25' 53,58"	18° 55' 27,60"	1260984,066107910	436623,182911883	

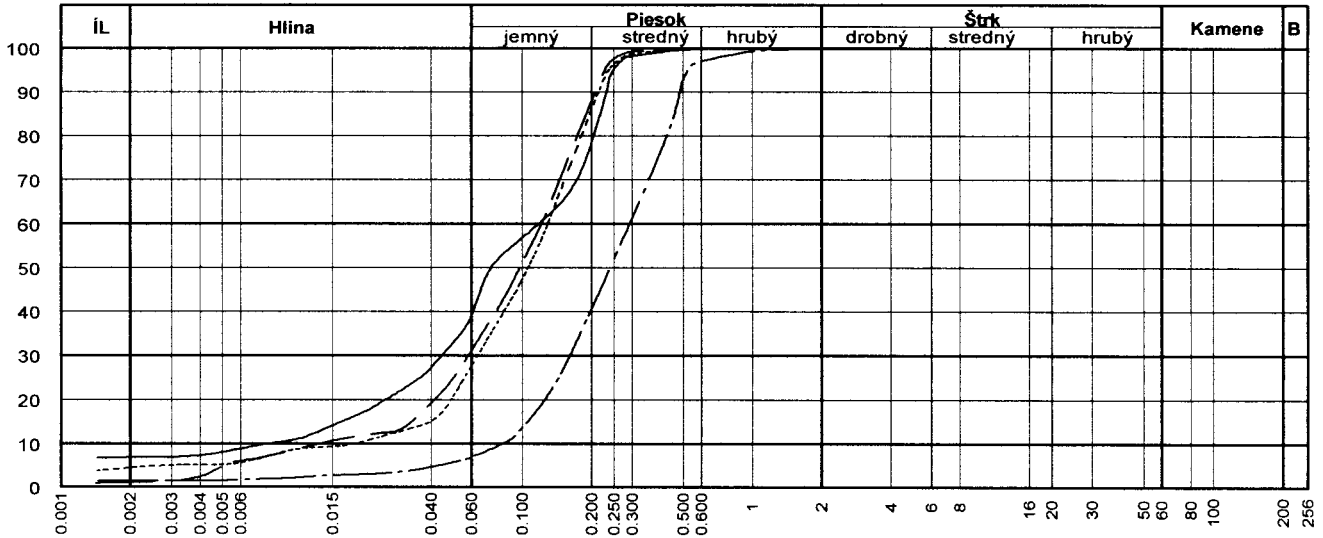
\* - Hodnoty S-JTSK konvertované z WGS 84 programom DoKrovi

Súradnice vrtov zamerané ručným GPS prístrojom Garmin Vista a prepočítané pomocou freewarového programu DoKrovi, chyba transformácie max. 1m.

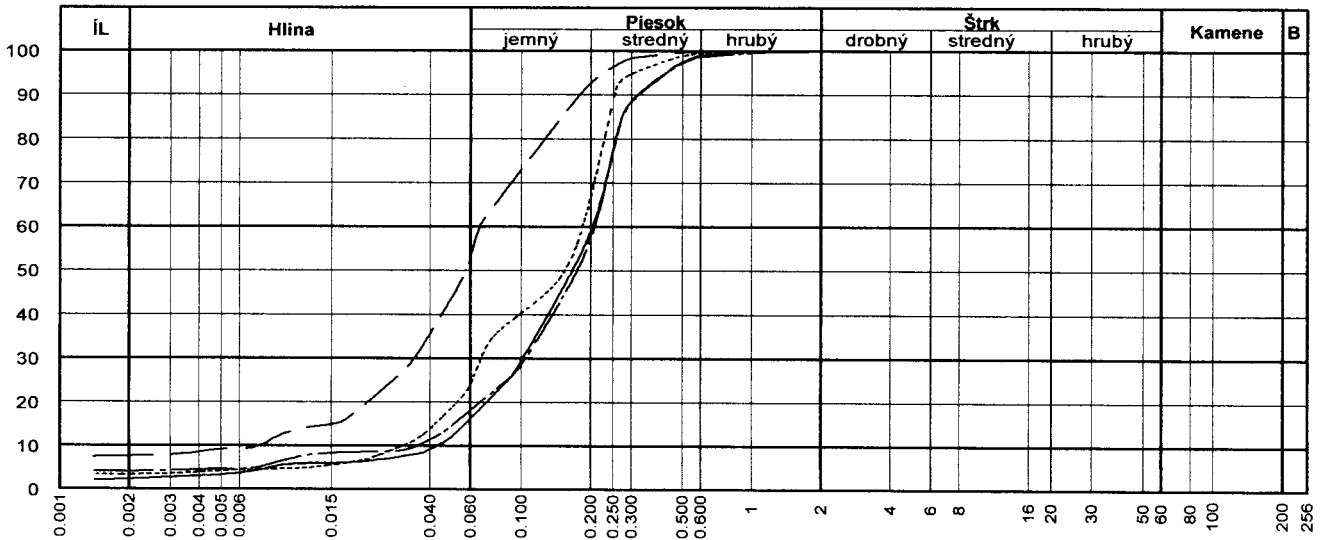
# Krivky zrnitosti zemín

NÁZOV GEOLOGICKEJ ÚLOHY :  
 ČÍSLO GEOLOGICKEJ ÚLOHY :

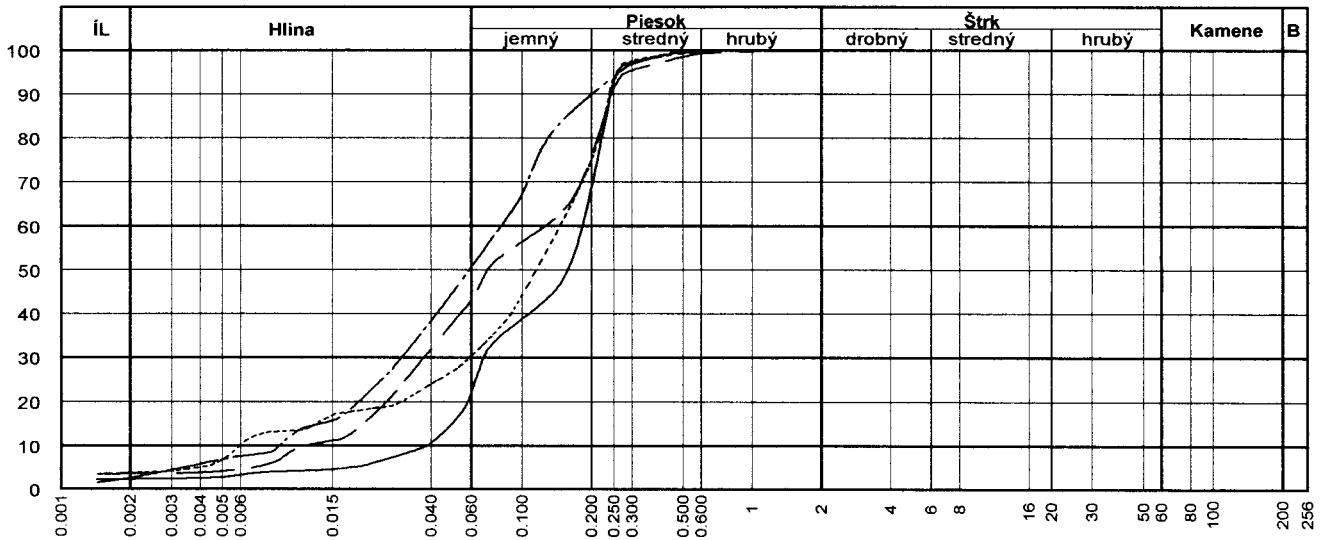
PRÍLOHA Č. : 1



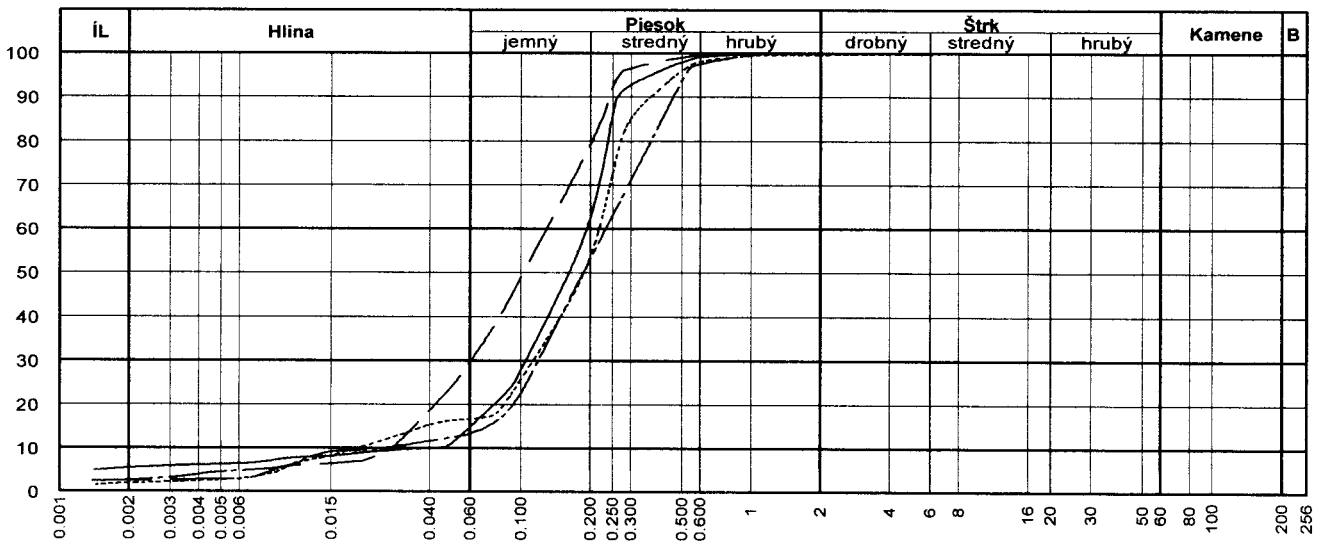
Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
BŠ-1	1.0n	—					F4	CS	Ľ piesčity
BŠ-1	2.0	- - -					S5	SC	Piesok ílovity
BŠ-1	3.0n	· · · · ·					S5	SC	Piesok ílovity
BŠ-2	1.0n	- - -					S3	S-F	Piesok s prim. jemn. zeminy



Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
BŠ-2	1.0	—					S5	SC	Piesok ílovity
BŠ-2	2.0	- - -					F4	CS	Ľ piesčity
BŠ-2	3.0n	· · · · ·					S5	SC	Piesok ílovity
BŠ-2	4.0	- · - · -					S5	SC	Piesok ílovity



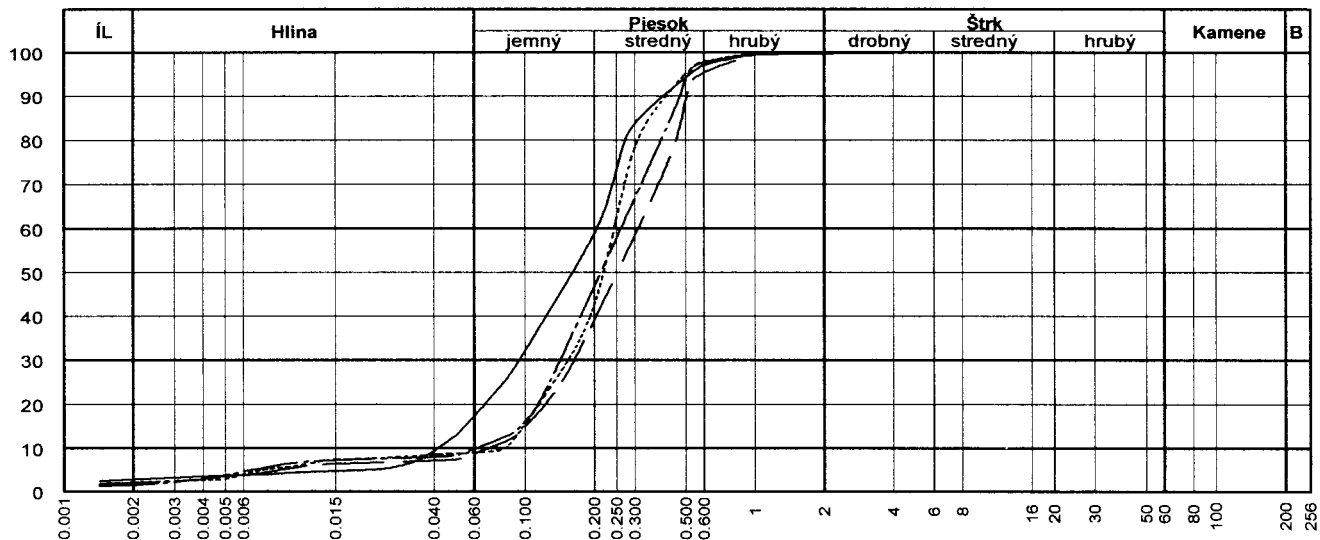
Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
BŠ-2A	1.0n	—					S5	SC	Piesok ílovitý
BŠ-2A	1.0	- - - -					F4	CS	Ľ piesčitý
BŠ-2A	2.0	· · · · ·					S5	SC	Piesok ílovitý
BŠ-2A	5.0	- · - · -					F4	CS	Ľ piesčitý



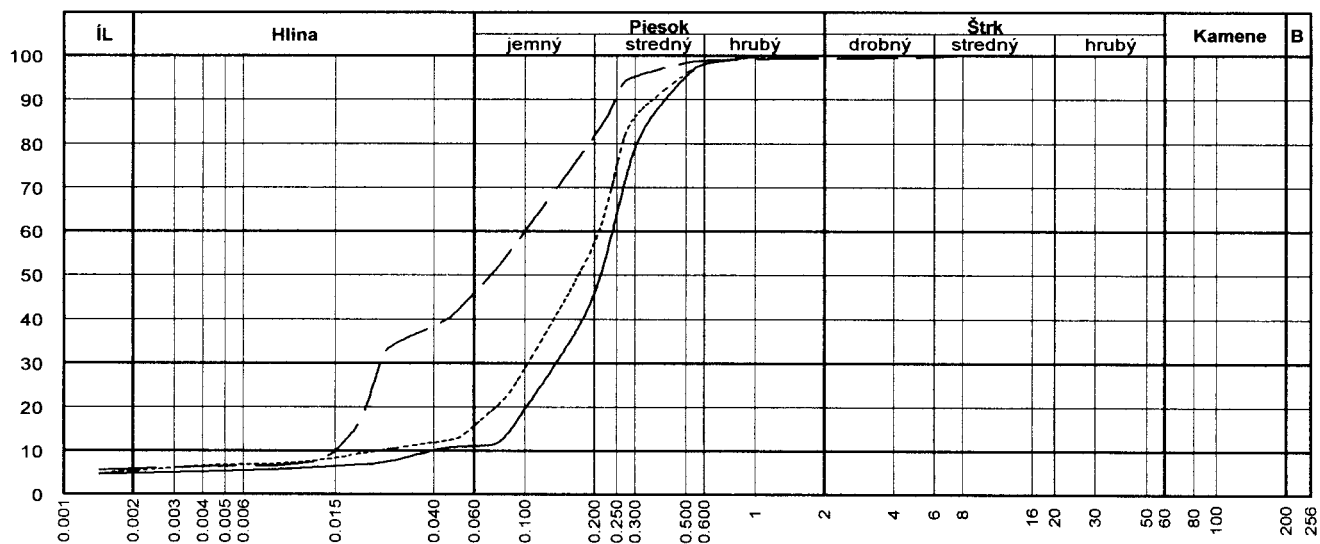
Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
V-2	0.5n	—					S3	S-F	Piesok s prím. jemn. zeminy
V-2	0.5n oTup	- - - -					S5	SC	Piesok ílovitý
V-2	3.0	· · · · ·					S5	SC	Piesok ílovitý
V-2	5.0	- · - · -					S3	S-F	Piesok s prím. jemn. zeminy

NÁZOV GEOLOGICKEJ ÚLOHY :  
 ČÍSLO GEOLOGICKEJ ÚLOHY :

PRÍLOHA Č. : 3



Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
V-3	1.0n	—					S5	SC	Piesok ílovitý
V-3	5.0	---					S3	S-F	Piesok s prím. jemn. zeminy
V-4	2.0	.....					S3	S-F	Piesok s prím. jemn. zeminy
V-4	3.0	---					S3	S-F	Piesok s prím. jemn. zeminy



Sonda	Hĺbka	Vzor	Cu	Cc	WL	Ip	Tr.	Sym.	Názov (STN - 73 1001)
V-4	5.0	—					S3	S-F	Piesok s prím. jemn. zeminy
V-5	1.0	---					F4	CS	Íl piesčitý
V-5	4.0	.....					S5	SC	Piesok ílovitý

č.v.	sonda	miesto	hĺbka m	W <sub>n</sub> %	ρ <sub>n</sub> g.cm <sup>-3</sup>	ρ <sub>d</sub> g.cm <sup>-3</sup>
17	BŠ-1		1,0	13,28	<b>1,639</b>	<b>1,421</b>
18	BŠ-1		3,0	31,35	<b>1,767</b>	<b>1,213</b>
19	BŠ-2		1,0	17,26	<b>1,716</b>	<b>1,420</b>
20	BŠ-2		3,0	11,58	<b>1,667</b>	<b>1,474</b>
21	BŠ-2A		1,0	17,62	<b>1,432</b>	<b>1,180</b>
22	V2	pri V-2 z roku 2006	0,5	9,56	<b>1,430</b>	<b>1,294</b>
23	V2	pri V-2 z roku 2009 o terasu vyššie	0,5	10,03	<b>1,664</b>	<b>1,497</b>
24	V3		1,0	11,21	<b>1,660</b>	<b>1,474</b>

## Rtg štúdium vzoriek – Lintich a Sedem žien

**Zoznam vzoriek:** V-4, 2 m; BŠ-2A, 2 m

### Príprava preparátov

Spracovávané vzorky sme podrvtli a presitovali na zrnitosť v intervale 0.4 a 0.25 mm. Aby sme zmenšili problémy pri interpretácii vyplývajúce z prekrytia sa difrakčných obrazov jednotlivých fáz, prikočili sme k separácii na základe ich rozdielnych magnetických vlastností. Permanentným magnetom sme z nich odseparovali feromagnetické fázy. Zvyšok sme rozdelili v elektromagnetickom separátore na para- a diamagnetické frakcie. Z jednotlivých frakcií sme pripravili preparáty pre rtg. štúdium rozdrvením v achátovej miske.

Ako vidno z uvedených záznamov, separácia len čiastočne odstránila feromagnetické od diamagnetických fáz, paramagnetické neboli prítomné. Bez separácie by však zanikla informácia o prítomnosti amorfnej feromagnetickéj fázy.

### Merania

Rtg. experimenty sme robili na prístroji Bruker D8 Advance, použité bolo Ni-filtrované  $\text{CuK}\alpha$  žiarenie, urýchľovacie napätie 40 KV, krok  $0.02^\circ 2\theta$ , meraná oblasť  $4 - 94^\circ 2\theta$ . Výsledky získané pre jednotlivé vzorky v obrazovej podobe sú uvedené v ďalšom. Ako referenčné sme použili údaje z databázy PDF-4. Rtg. difrakčné záznamy uvádzame v tomto poradí: surový, neinterpretovaný záznam, za ním nasledujú interpretácie s príslušnými hodnotami medzirovinných vzdialeností  $d_{hkl}$ .

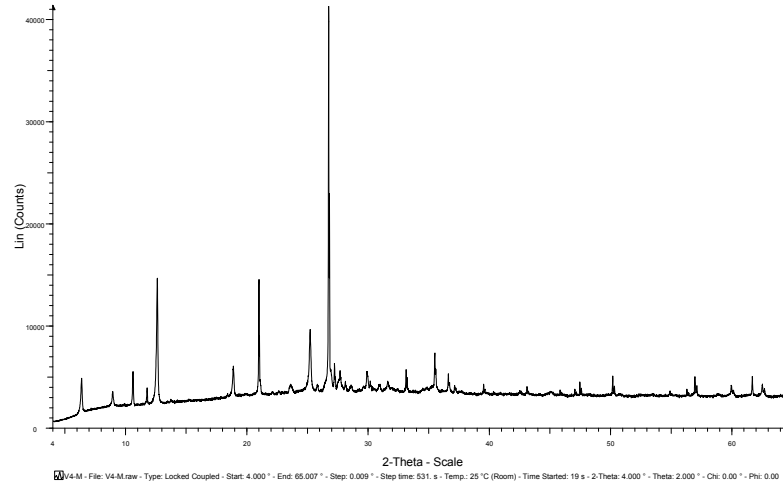
Identifikačnú procedúru sme robili graficky, referenčné údaje sú znázornené farebne, v texte pod obrázkami je uvedené o aký minerál sa jedná.

# Výsledky rtg. štúdia

## Vzorka V-4, 2 m

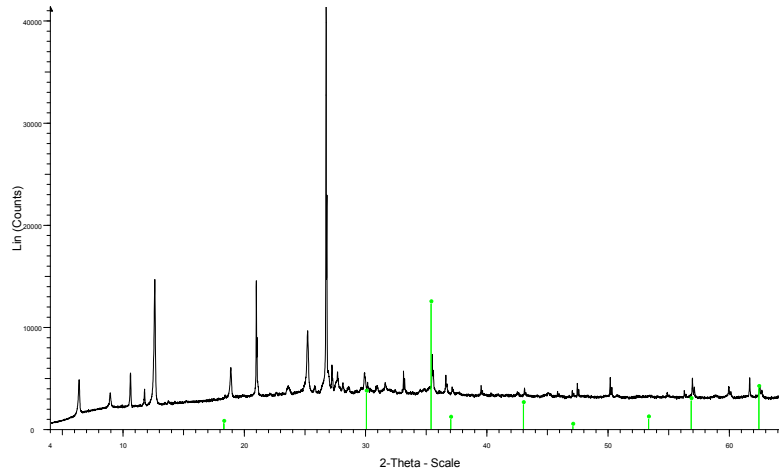
*Feromagnetická frakcia*

### 1. Surový záznam



V4-M - File: V4-M.raw - Type: Locked Coupled - Start: 4.000 ° - End: 65.007 ° - Step: 0.009 ° - Step time: 531 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 19 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00

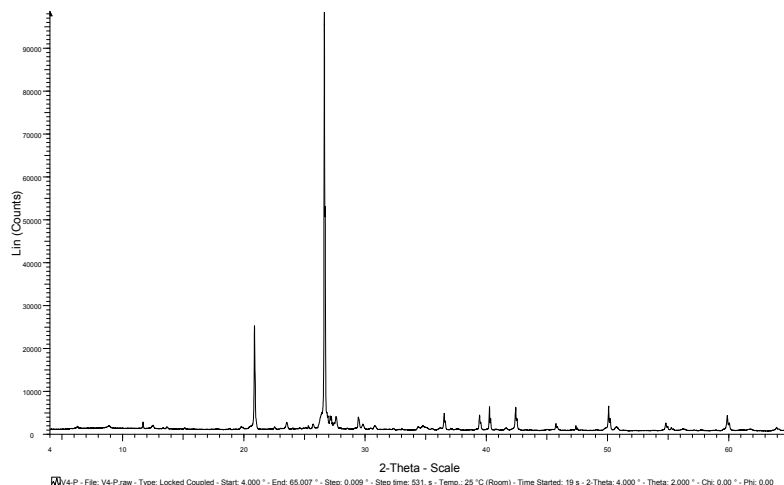
### 2. Zinterpretované záznamy: zelenou sú uvedené referenčné údaje pre magnetit.



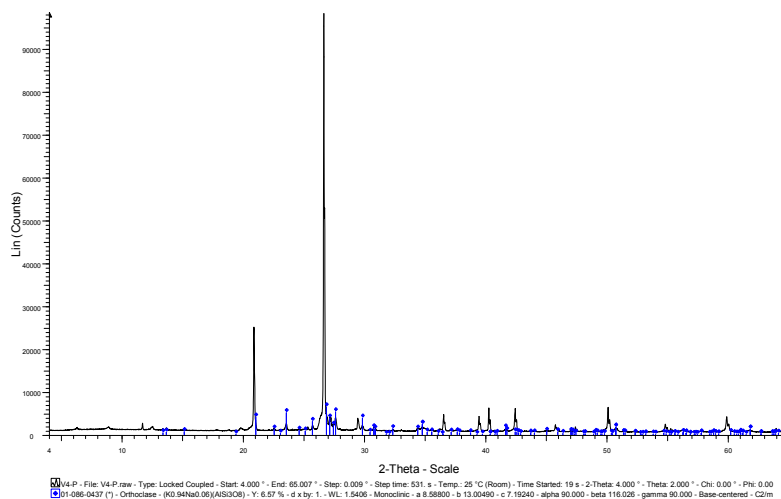
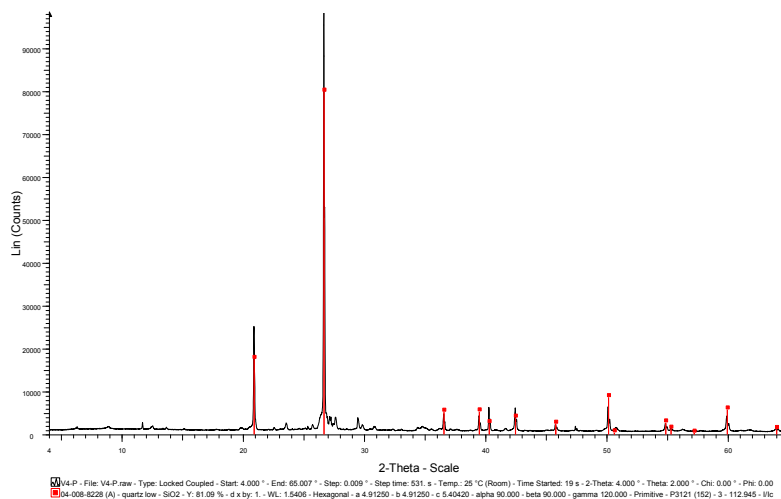
V4-M - File: V4-M.raw - Type: Locked Coupled - Start: 4.000 ° - End: 65.007 ° - Step: 0.009 ° - Step time: 531 s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 19 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00  
04-011-0952 (A) - magnetite - Fe3O4 - Y: 29.64 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Cubic - a 8.39900 - b 8.39900 - c 8.39900 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Face-centered - Fd-3m (227) - b - 592.492 - I1

# Paramagnetická frakcia

## 1. Surový záznam



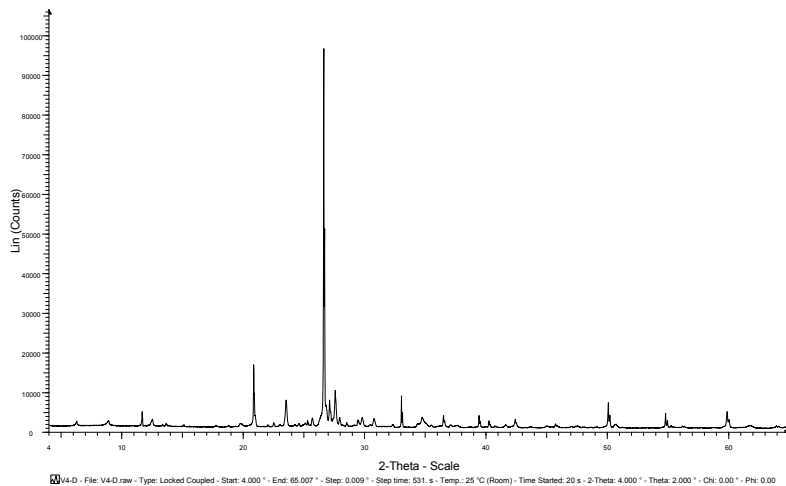
2. Zinterpretované záznamy: červenou sú uvedené referenčné údaje pre kremeň, modrou pre živce.



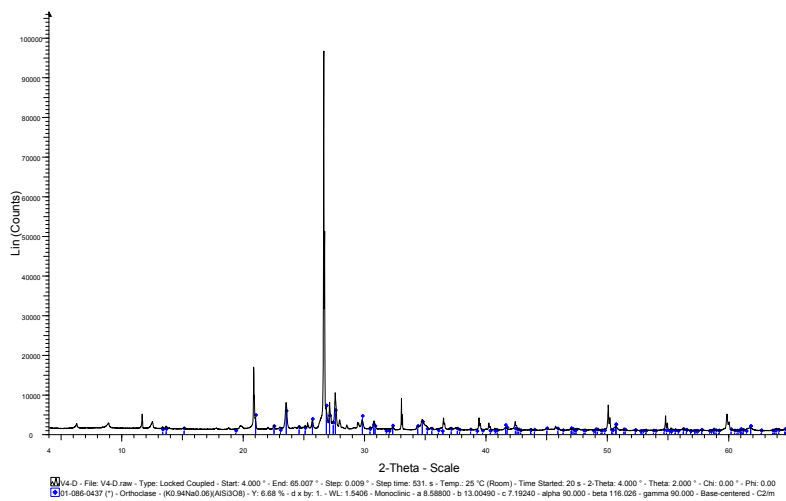
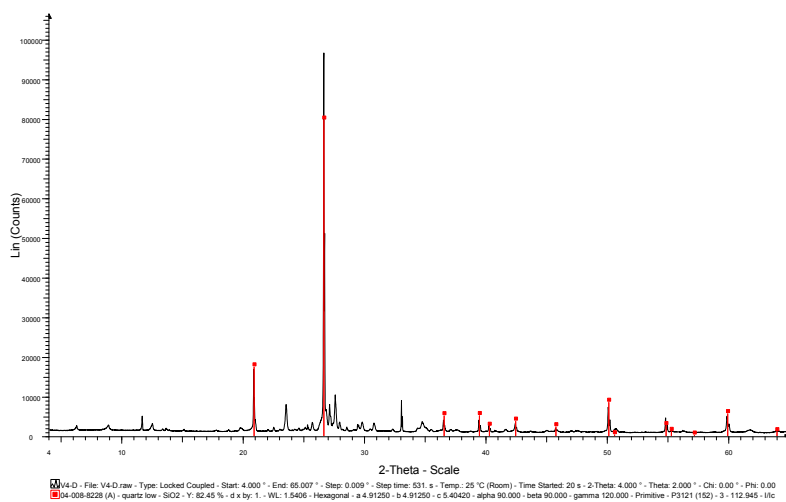


# Diamagnetická frakcia

## 1. Surový záznam



2. Zinterpretované záznamy: červenou sú uvedené referenčné údaje pre kremeň, modrou pre živce.

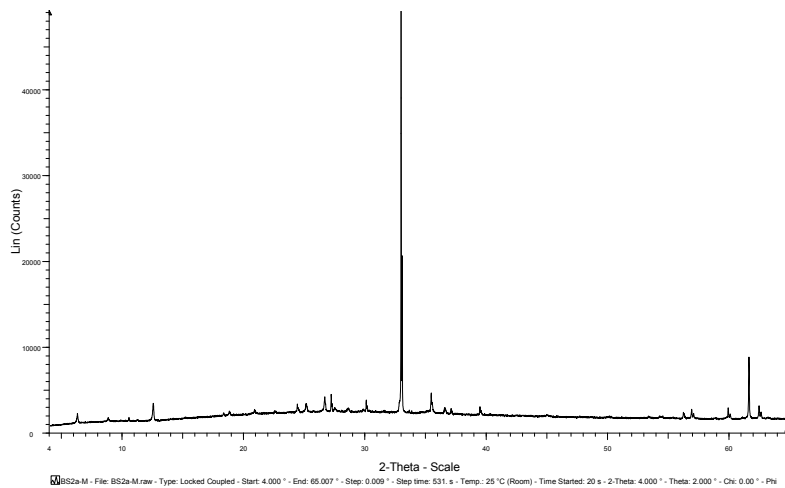


Prítomné fázy vo vzorke: kremeň, živce, magnetit, amorfná fáza.

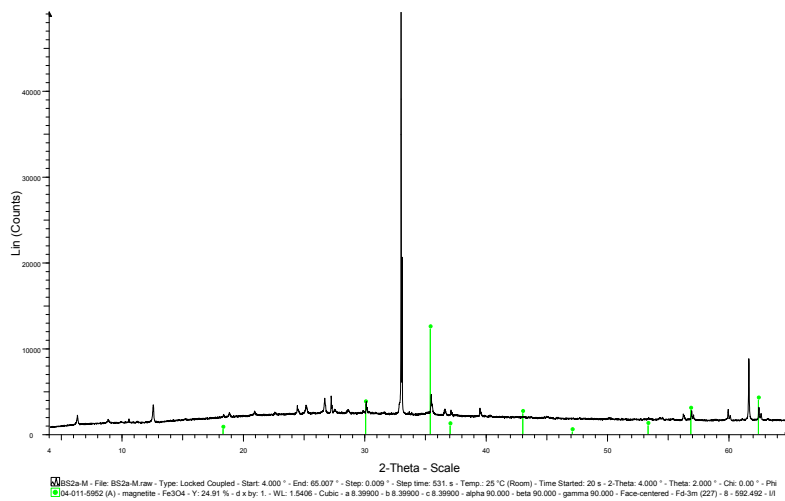
## Vzorka BŠ-2A, 2 m

*Feromagnetická frakcia*

### 1. Surový záznam

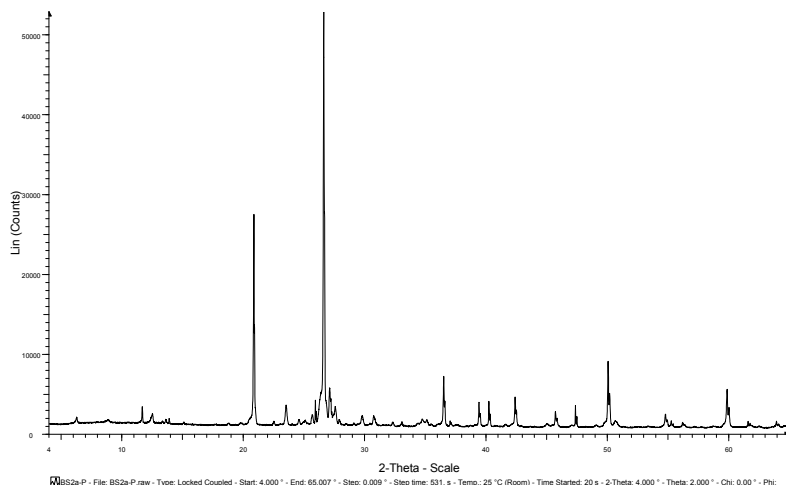


### 2. Zinterpretované záznamy: zelenou sú uvedené referenčné údaje pre magnetit.

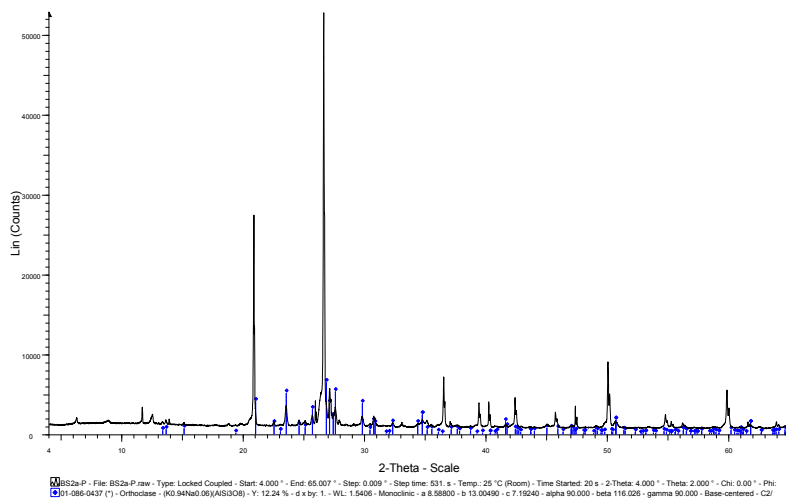
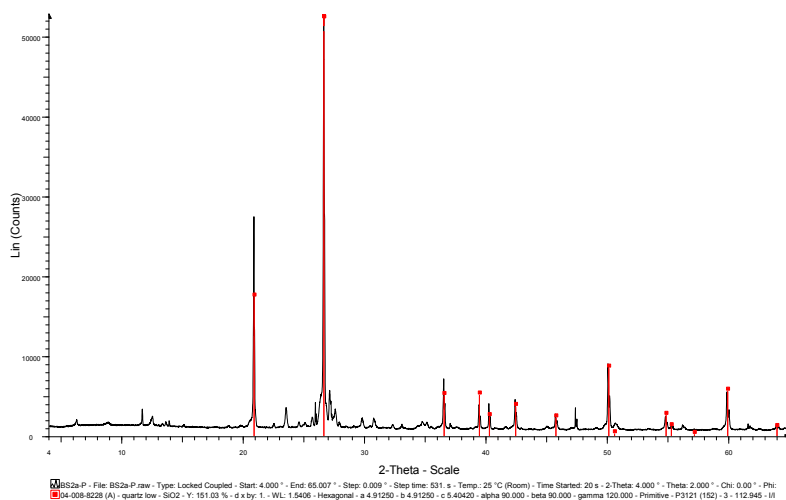


# Paramagnetická frakcia

## 1. Surový záznam

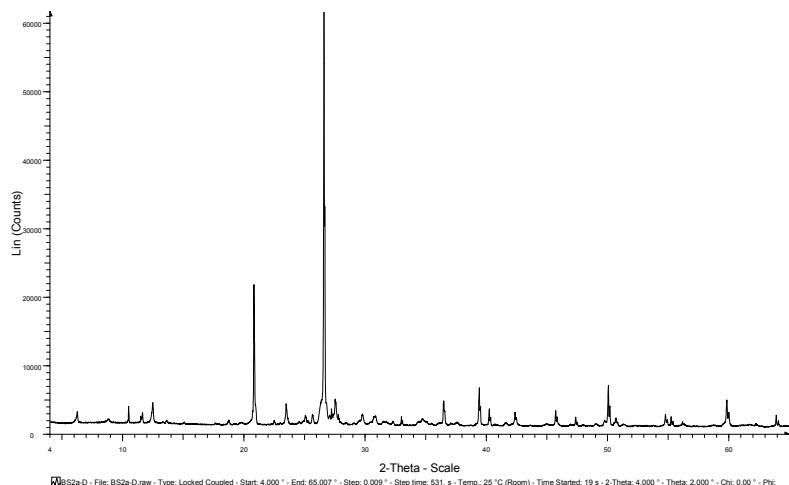


2. Zinterpretované záznamy: červenou sú uvedené referenčné údaje pre kremeň, modrou pre živce.

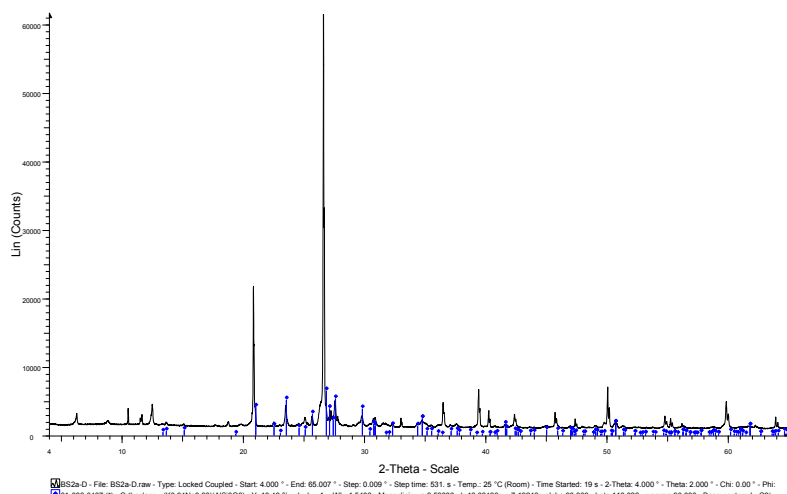
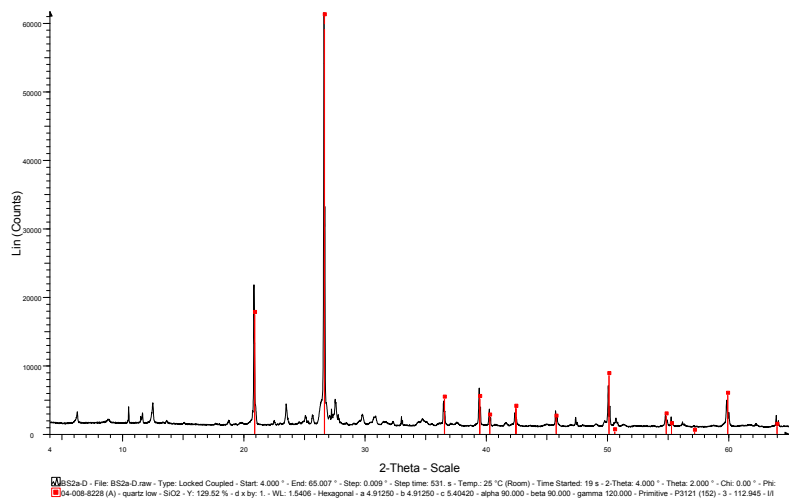


# Diamagnetická frakcia

## 1. Surový záznam



2. Zinterpretované záznamy: červenou sú uvedené referenčné údaje pre kremeň, modrou pre živce.



Prítomné fázy vo vzorke: kremeň, živce, magnetit, amorfná fáza.

## **Záver**

V študovaných vzorkách sú prakticky prítomné rovnaké minerálne fázy, ktoré sú chemicky a mechanicky stabilné a preto sa s postupujúcim časom nebudú meniť IG vlastnosti sedimentu. Z kryštalických fáz sú prítomné a jednoznačne doložené kremeň, živce, magnetit; pravdepodobná je prítomnosť kalcitu. Kremeň a kalcit predstavujú jalovinu získanú pri flotácii, živce a magnetit pochádzajú z okolitého horninového prostredia. Amorfná fáza prítomná vo feromagnetických frakciách bude mať tendenciu rekryštalizovať.

Výhodou je aj to, že boli identifikované len veľmi nízke obsahy ílových minerálov, ktorých vlastnosti závisia od obsahu vody.

Bratislava december 2009

doc. RNDr. Pavel Fejdi, CSc.