

Ľubomír JURKOVIČ, Peter ŠOTTNÍK, Bronislava VOLEKOVÁ,
Edgar HILLER, Jaroslav VOZÁR

NÁVRH METODICKÉHO POSTUPU PRE KOMPLEXNÝ AUDIT ODKALÍSK OBSAHUJÚCICH ODPAD PO ŤAŽBE NERASTNÝCH SUROVÍN



Težba a její dopady na životní prostředí 2012

**Univerzita Komenského v Bratislave,
Prírodovedecká fakulta
EL spol. s r.o., Spišská Nová Ves**

ROZHODNUTIE KOMISIE (ES) č. 360/2009 ES

ktorým sa dopĺňajú technické požiadavky na opis vlastností odpadu ustanovené v smernici Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu

Článok 1

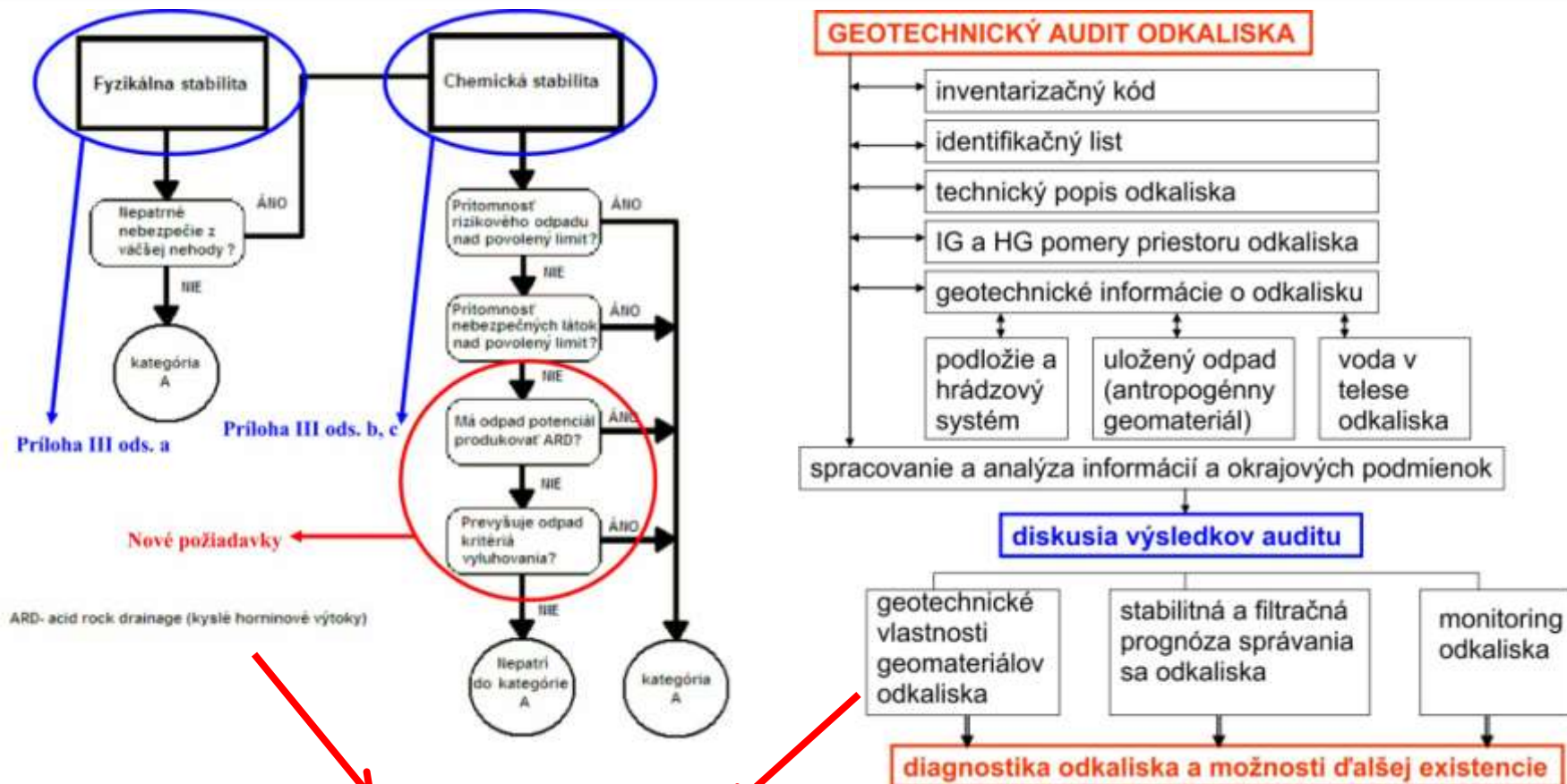
Opis vlastností odpadu

Členské štáty zabezpečia, aby bol opis vlastností odpadu, ktorý majú vykonať prevádzkovatelia ťažobných aktivít, v súlade s týmto rozhodnutím.

Opis vlastností odpadu zahŕňa tieto kategórie údajov, tak ako je uvedené v prílohe:

- podkladové údaje
- geologická charakteristika ložiska, kde sa má ťažba vykonať
- **povaha odpadu a plánovaný spôsob nakladania s odpadom**
- **geotechnické správanie odpadu**
- **geochemické vlastnosti a správanie odpadu**

Modelové hodnotenie odkalísk a ťažobných odpadov



Nové požiadavky

ARD- acid rock drainage (kyslé horninové výtoky)

ANALÝZA ENVIRONMENTÁLNEHO RIZIKA

Komplexný audit odkaliska

súčasn^é posudzovanie banských odpadov

Podľa platnej legislatívy v odpadovom hospodárstve
Zákon o odpadoch 223/2001 Z.z., Katalóg odpadov,
vykonávacie vyhlášky

SÚČASNÝ STAV POSUDZOVANIA ODKALÍSK a ŤAŽOBNÝCH ODPADOV v SR

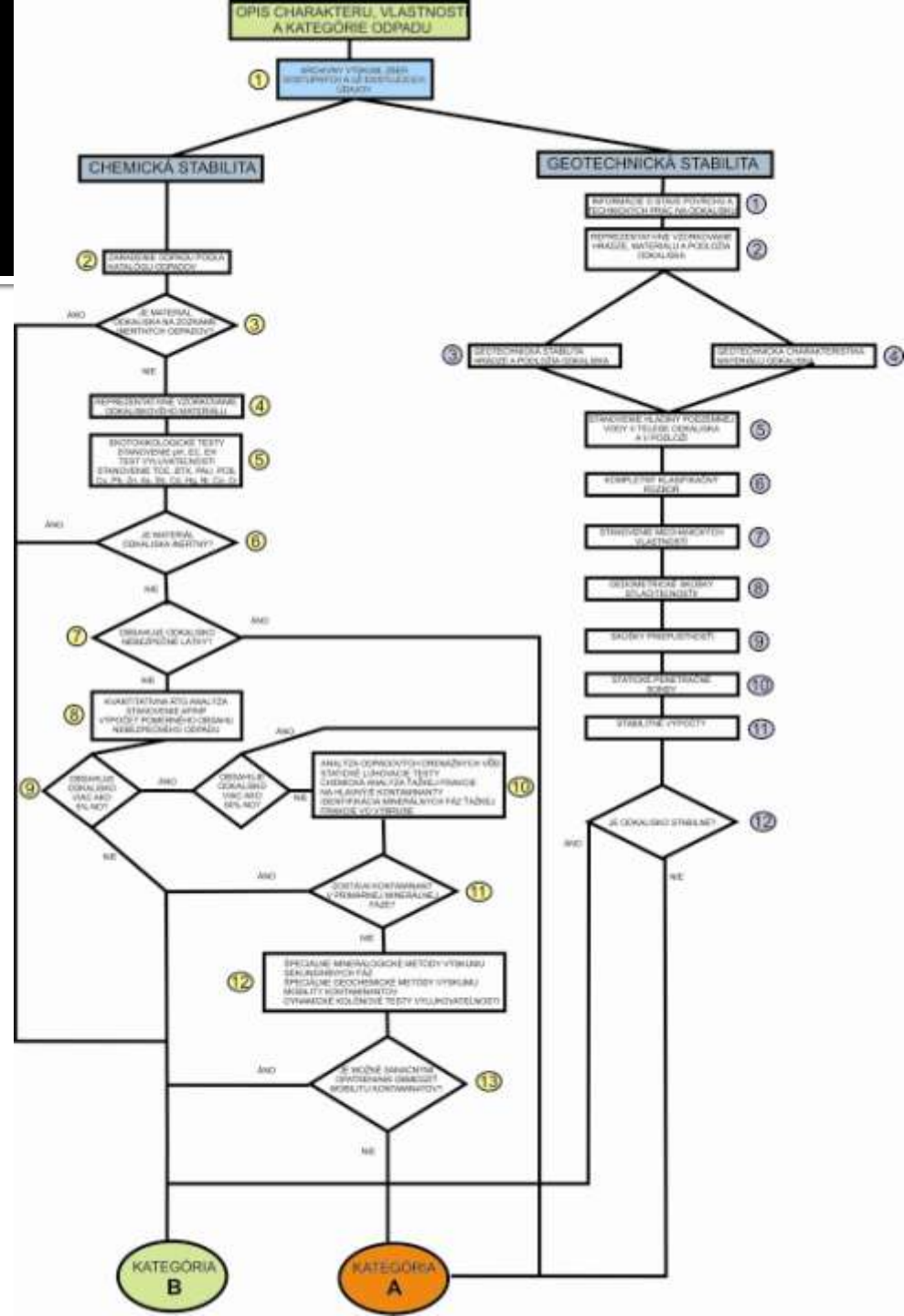
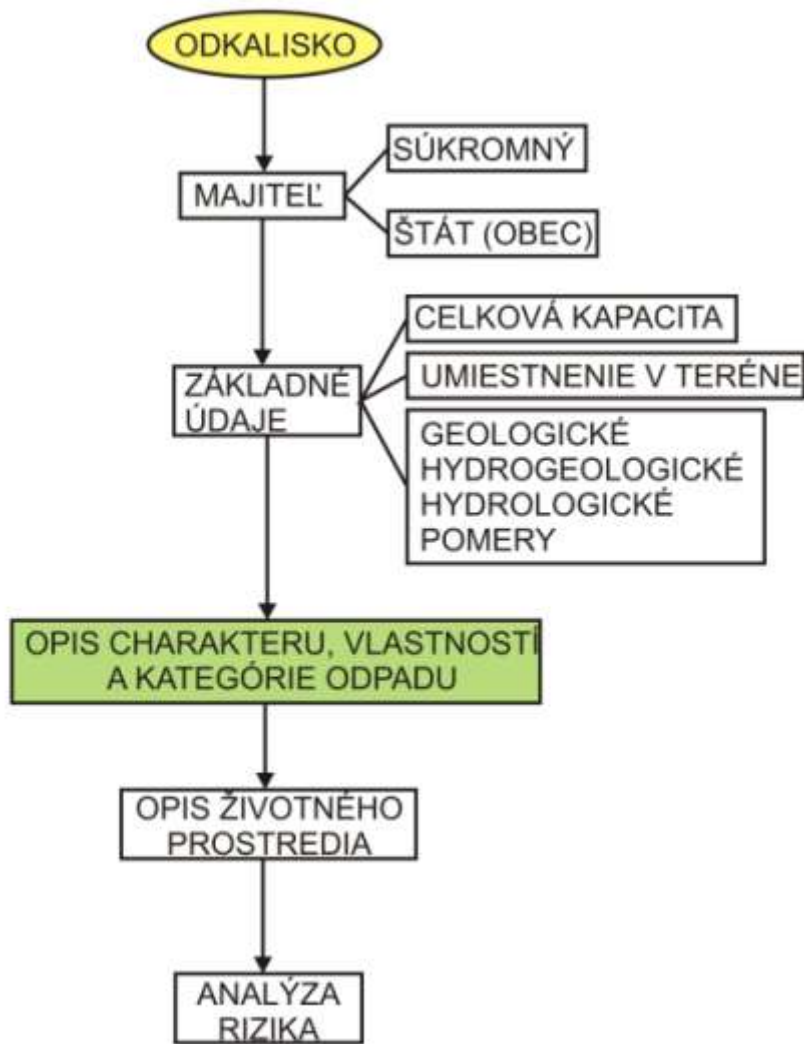
prieskumy

- ⇒ geofyzikálny
- ⇒ inžiniersko-geologický
- ⇒ geotechnický
- ⇒ s doplňujúcim určovaním chemického zloženia a minerálnych fáz ukladaného materiálu

pilotný monitoring vybraných odkalísk v rámci MŽP SR „Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory“, časť 6: Zmeny antropogénnych sedimentov“



Postup hodnotenia environmentálnych rizík z odkalísk a ťažobných odpadov



Antropogénne sedimenty odkalísk a deponované ťažobné odpady

- **Ťažobne odpady** – pevné materiály po úprave a spracovaní nerastných surovín deponované na odkaliskách a haldách



Antropogénne sedimenty odkalísk

- **Elektrárenské popoly** – pevné materiály vznikajúce po spaľovaní uhlia ukladané na odkaliskách vo forme hydrozmesí



Antropogénne sedimenty

- **Pochované antropogénne sedimenty**
charakteru environmentálnych záťaží



Potreba detailného štúdia deponovaných sedimentov a ťažobných odpadov?

- ⇒ Identifikácia sekundárnych minerálnych fáz ako produktov oxidácie sulfidov v prostredí odkalísk a ťažobných odpadov
- ⇒ Definovanie spôsobu väzby stopových prvkov – **potenciálnych kontaminantov** na sekundárne minerálne fázy – stabilita minerálnych fáz vo vzťahu ku uvoľňovaniu kontaminantov do životného prostredia
- ⇒ Posúdenie mobility potenciálne toxických prvkov v prostredí antropogénnych sedimentov
- ⇒ Hodnotenie potenciálu vylúhovania prvkov do prostredia a ich dosah na kontamináciu zložiek životného prostredia
- ⇒ **ODKALISKÁ + ŤAŽOBNÉ ODPADY = významné bodové zdroje znečistenia životného prostredia**



Potreba detailného štúdia deponovaných sedimentov a ťažobných odpadov?

- Identifikácia minerálnych fáz v antropogénnych sedimentoch a ťažobných odpadoch umožňuje zhodnotenie mobility potenciálnych polutantov v prostredí odkalísk umožňuje navrhnuť **efektívne sanačné metódy a opatrenia**
- **sedimenty odkalísk a ťažobné odpady**
⇒ perspektívna surovinová komodita !
 - zdroj kovov
 - stavebné materiály



Modelové lokality a odkaliská

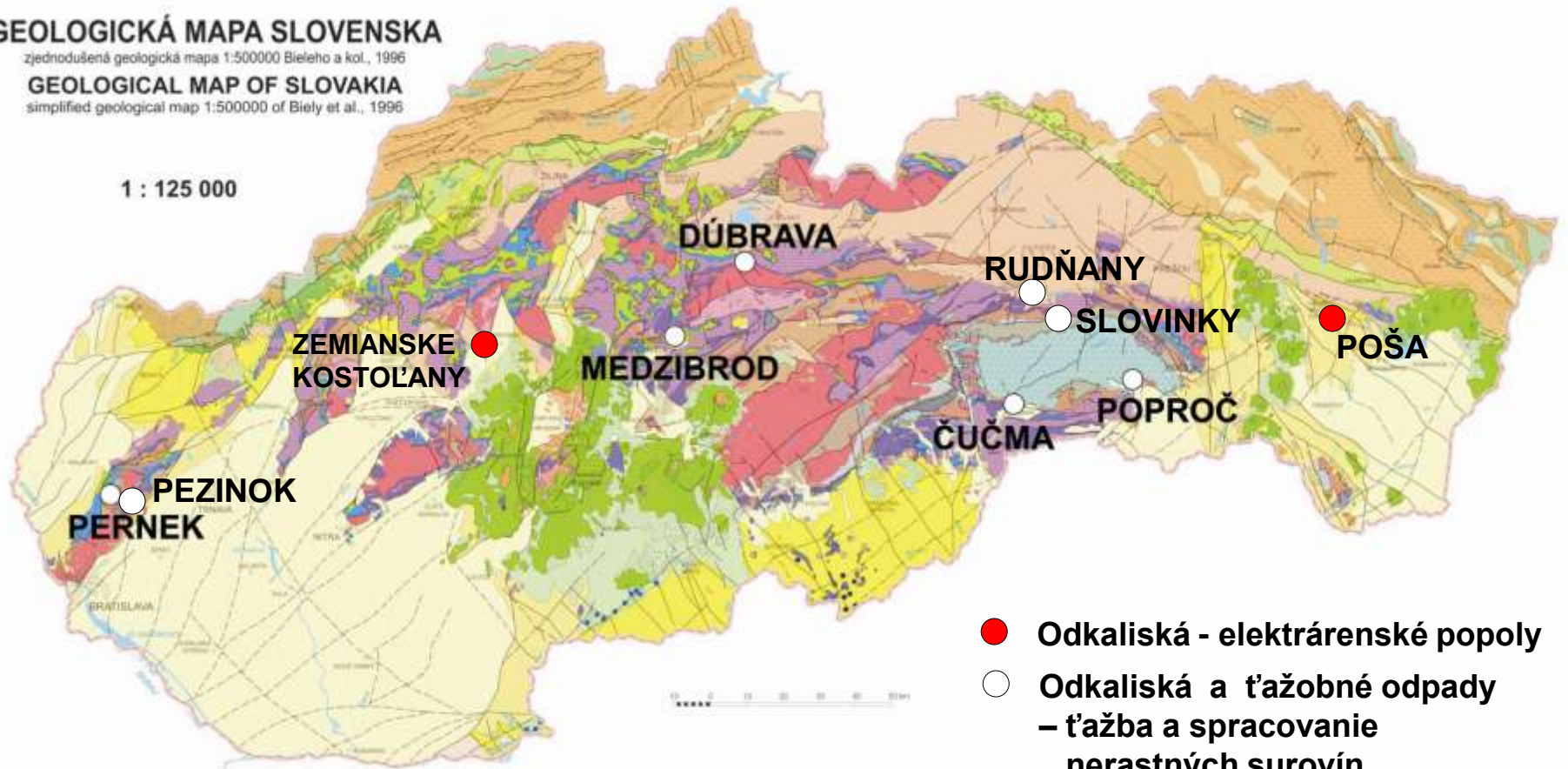
GEOLOGICKÁ MAPA SLOVENSKA

zjednodušená geologická mapa 1:500000 Bielyho a kol., 1996

GEOLOGICAL MAP OF SLOVAKIA

simplified geological map 1:500000 of Biely et al., 1996

1 : 125 000



- Odkaliská - elektrárenskú popoly
- Odkaliská a ťažobné odpady – ťažba a spracovanie nerastných surovín

Odkalisko SLOVINKY



Odkalisko sa začalo stavať v roku 1967 s projektovanou výškou jej navýšenia aby hrádza dosiahla 133 m. Jeho životnosť bola plánovaná do roku 2000. Plánovaný maximálny objem odkaliska je 6 468 000 m³.

Odkalisko SLOVINKY – environmentálna záťaž?

Odkalisko nad obcou Slovinky - údolné odkalisko s druhom ukladaného materiálu R (kal z úpravy rudy), podľa zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch kategórie O (ostatný odpad). Odkalisko je nevyužitú, vo vrchnej časti súvislá vrstva jemnozrnnej priemyselnej strusky (cca 5-6 m) z Kovohút Krompachy. Povrchová vrstva nie je zrekultivovaná, jedná sa o tzv. „suché odkalisko“.

Mineralogické zloženie kalov: kremeň, siderit, tetraedrit, chalkopyrit, pyrit. Sulfidy: chalkopyrit, tetraedrit, arzenopyrit, pyrit, zriedkavo galenit, sfalerit, bornit, bournonit, jamesonit, antimonit, Bi sulfosoli, Cu - arzenopyrit (Antal, 1990).

Významné kontaminanty = As, Cu, Sb, Ba, Hg a Mo. Lokalita Slovinky (ťažba Fe-rúd) bola vyčlenená ako ôsma najohrozenejšiu, kde sanačné riešenie negatívnych vplyvov banskej činnosti na životné prostredie je nevyhnutné (MŽP SR, SAŽP, 2005), ale okrem technických prác zameraných na úpravu drenážneho systému odkaliska sa k sanačným prácam dodnes nepristúpilo.

Vrtné jadro
flotačný kal
- vrt SLO 1

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe celk.	CaO	MgO	TiO ₂	MnO
	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.
200-300	38,96	5,68	41,61	7,18	2,97	0,239	0,318
900-1000	61,24	7,98	13,4	1,9	3	0,3	0,396
1800-1900	58,11	7,37	14,86	1,8	3,57	0,293	0,483

	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Scelk.	Ssulf	SO ₃	strz_950
	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.	% suš.
200-300	0,38	0,38	0,09	0,47	0,44	0,08	-0,02
900-1000	0,06	0,22	0,06	0,37	0,33	0,12	7,87
1800-1900	0,05	0,15	0,06	0,16	0,13	0,06	8,5

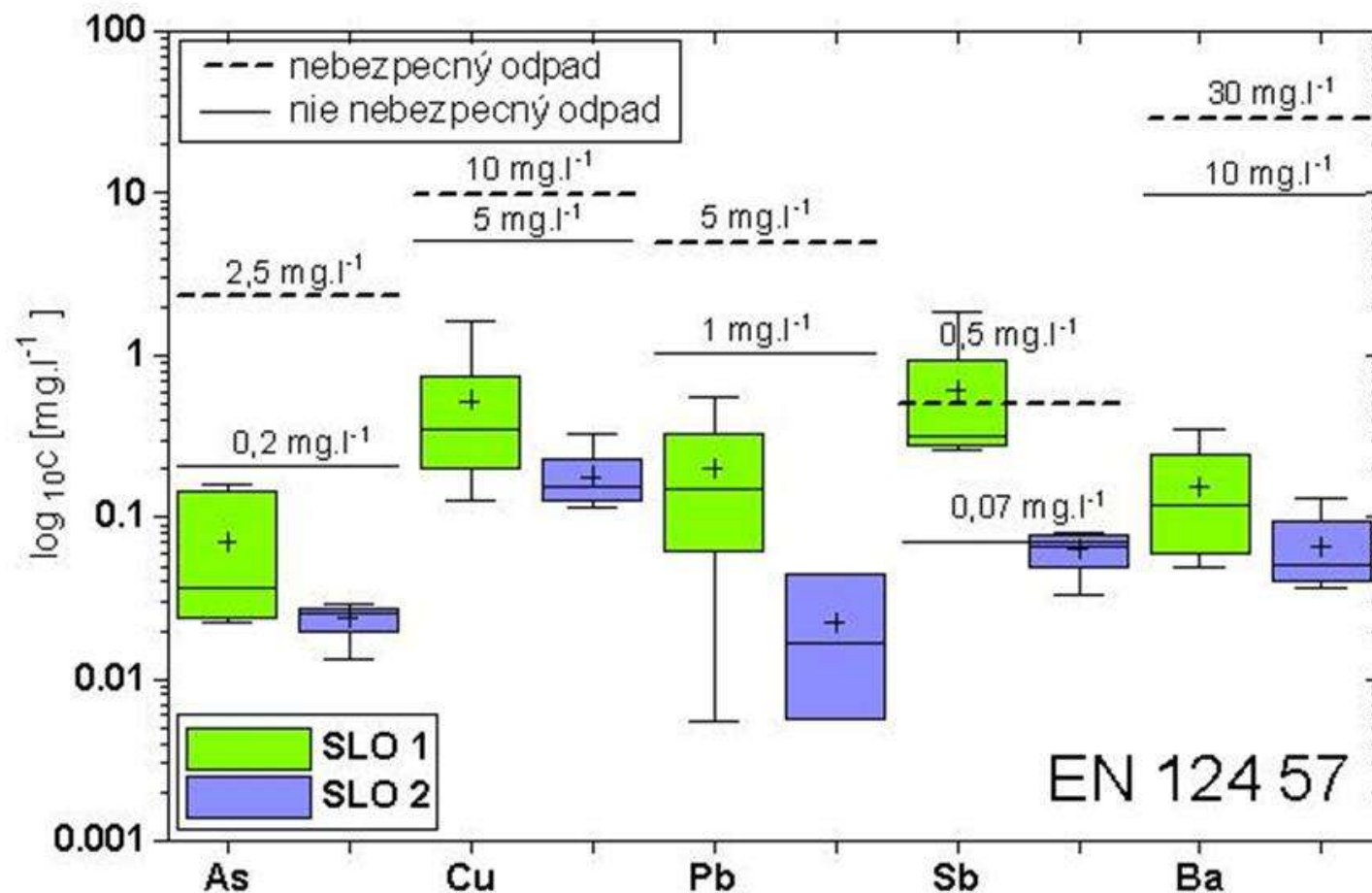
	Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Ni	As
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
200-300	6682	35931	1397	2,788	244	321	188,9
900-1000	1635	2389	221	-0,3	27	50	230,6
1800-1900	1775	5167	439	-0,3	26	62	98,4

	Sb	Hg	Ba	Sn	Cr
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
200-300	350,6	0,325	1011,1	1295	2695
900-1000	101,1	1,305	1075,4	1451	2843
1800-1900	139,4	2,049	1083,9	235	527

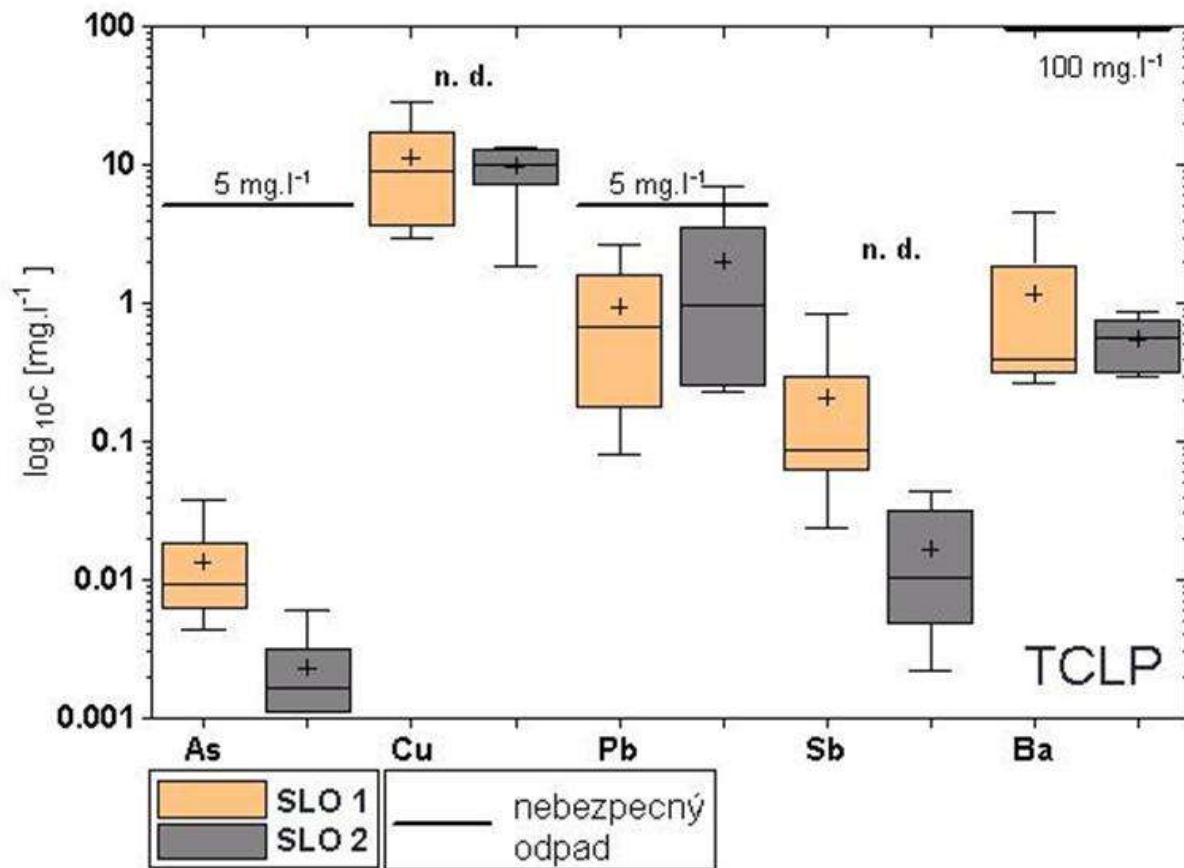


Koncentrácie sledovaných stopových prvkov vo vodnom výluhu z odkaliskových sedimentov podľa EN 12457

limitné hodnoty pre hodnotenie pre nie-nebezpečný odpad



Koncentrácie sledovaných stopových prvkov v slabokyslom výluhu z odkaliskových sedimentov podľa metodiky TCLP 1311.



limitné hodnoty pre Sb (0,05 mg.l⁻¹ pre triedu vylúhovateľnosti I, 0,1 mg.l⁻¹ pre triedu vylúhovateľnosti II, 5 mg.l⁻¹ pre triedu vylúhovateľnosti III.), Cu (0,1 mg.l⁻¹ pre triedu vylúhovateľnosti I, 1,0 mg.l⁻¹ pre triedu vylúhovateľnosti II, 10 mg.l⁻¹ pre triedu vylúhovateľnosti III) podľa limitných hodnôt zákona 606/1992 Zb.z.

I. trieda vylúhovateľnosti predstavuje najnižšie vylúhované množstvo prvku, III. trieda najvyššie množstvo vylúhovaných prvkov.

MINERALÓGIA ODKALISKOVÉHO KALU

karbonáty → kremeň → pyrit → chalkopyrit → tetraedrit → oxidy sek. → sfalerit → hematit

Karbonáty = dobrá neutralizačná schopnosť materiálu, neutralizujú kyslé roztoky vzniknuté oxidáciou pyritu a iných sulfidov

Cu → 1. chalkopyrit (CuFeS_2), 2. tetraedrit ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$), 3. rôzne oxidy (Cu, Cu-Fe)

Zn → 1. sfalerit (ZnS), 2. sekundárne oxidy

Pb → 1. galenit (PbS)

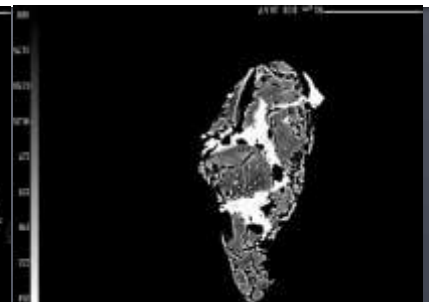
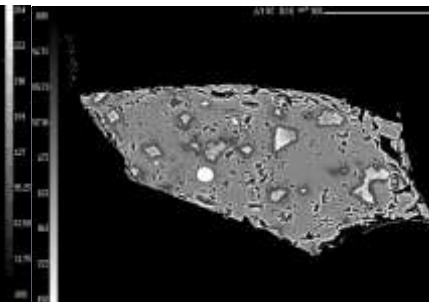
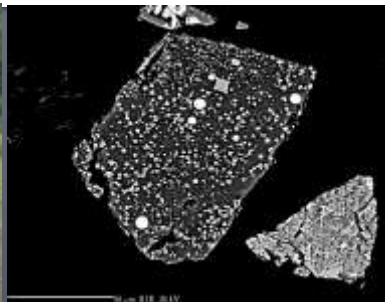
Co → 1. kobaltit (Co, Fe)AsS

As → 1. tennantite ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$), 2. arzenopyrite (FeAsS), 3. sekundárne oxidy

Sb + Hg → 1. tetraedrit ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$), obsah Hg do 0,36 hm.%, 2. sekundárne oxidy (Fe-Sb)

Cr → spinely (FeCr_2O_4)

**Potenciálne toxické prvky sú viazané v odkalisku hlavne v štruktúre sulfidov
– riziko kontaminácie okolia hrozí len v prípade dlhodobého pôsobenia oxidačných podmienok**



Hodnotenie environmentálnych rizík z odkaliskových materiálov na odkalisku Slovinky

- Pre komplexnú identifikáciu potenciálnych rizík z pevných fáz deponovaných flotačných kalov na odkalisku Slovinky boli vykonané statické a dynamické testy v kombinácii s detailnou mineralógiou ⇒ predpoklad pre relevantné hodnotenie vplyvu odkaliska Slovinky na kvalitu životného prostredia.
- Extrahované množstvá (As, Sb, Cu) podľa EN 12457 nepreukázali výrazné hodnoty (arzén max. 0,16 mg.l⁻¹, antimón max. 1,83 mg.l⁻¹). Z experimentov TCLP pri hodnotení podľa zákona č 606/1992 Zb. vyplýva, že vylúhovaný As vyhovuje triede vylúhovateľnosti I, Sb a Cu spadajú do triedy vylúhovateľnosti III. V prípade Sb bol stanovený najvýraznejší vylúhovaný podiel až 73,51 mg.l⁻¹. Tento fakt značí o pomerne vysokej stabilite minerálnych fáz materiálu odkaliska.
- Potenciálne toxické prvky sú viazané v odkalisku hlavne v štruktúre sulfidov – riziko kontaminácie okolia hrozí v prípade dlhodobého pôsobenia oxidačných podmienok.
- Významná prítomnosť karbonátov v sedimentoch odkaliska odráža dobrú neutralizačnú schopnosť materiálu, neutralizujú kyslé roztoky vzniknuté oxidáciou pyritu a iných sulfidov.

Hodnotenie environmentálnych rizík z odkaliskových materiálov na odkalisku Slovinky

Chemické zloženie drenážnych vôd z odkaliska SLOVINKY

		SLO/2010	SLO/2011	NV 269/2010 (limit pre povrch. vody)
pH		7,7	7,6	6 – 8,5
Ca	mg.l ⁻¹	47,7	-	200
Mg	mg.l ⁻¹	65,7	-	100
Fe	mg.l ⁻¹	0,03	0,1	2
SO ₄ ²⁻	mg.l ⁻¹	169,5	229,6	250
As	µg.l ⁻¹	9,4	8	30
Sb	µg.l ⁻¹	19,6	11,7	-
Cu	µg.l ⁻¹	<5	<5	20
Hg	µg.l ⁻¹	<0,1	<0,1	0,2
Ni	µg.l ⁻¹	<10	<10	20
Cr celk.	µg.l ⁻¹	<2	<2	100



HALDA PRIEMERNÝ OBSAH V %VÁHA

Fe Cu As

A 24.15 0.158 0.374

B 22.43 0.166 0.367

C 20.71 0.173 0.359

D 19.70 0.172 0.352

E 24.45 0.124 0.456

F 19.78 0.085 0.15

BODNAREC 24.97 0.351 1.411

SPOLU 22.00 0.179 0.488

HALDA PRIEMERNÝ OBSAH V TONÁCH

Fe Cu As

A 44 309.58 289.893 689.202

B 5 391.72 39.903 88.219

C 16 144.69 134.864 279.862

D 40 494.05 353.552 723.548

E 9 221.52 46.768 171.984

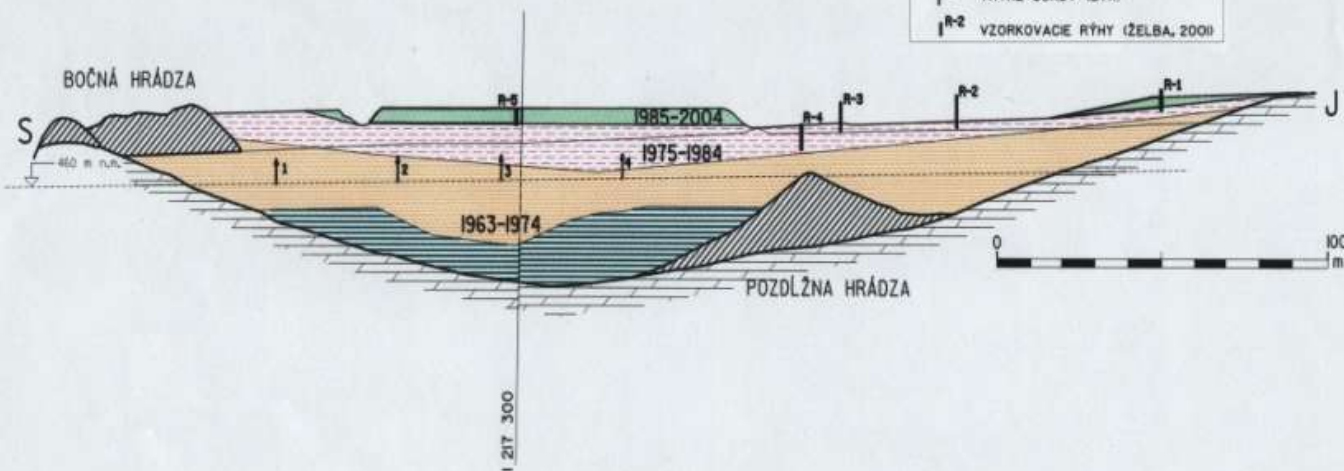
F 21 868.66 93.976 165.839

BODNAREC 27 131.30 381.381 1 533.13

SPOLU 164 561.53 1 304.34 3 648.78

Odkalisko RUDŇANY

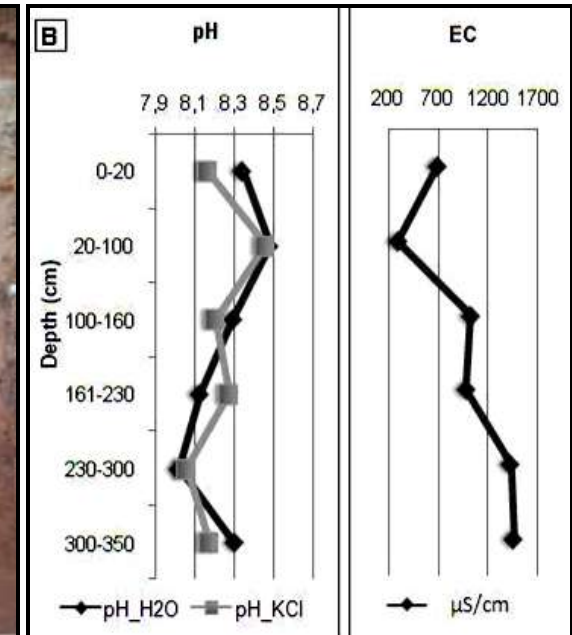
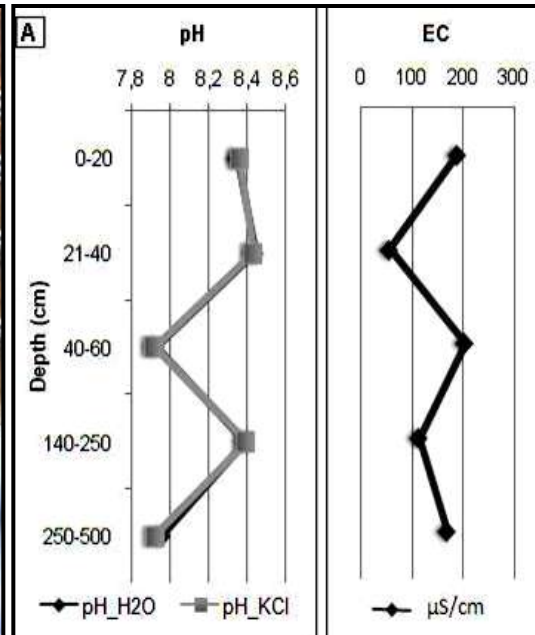
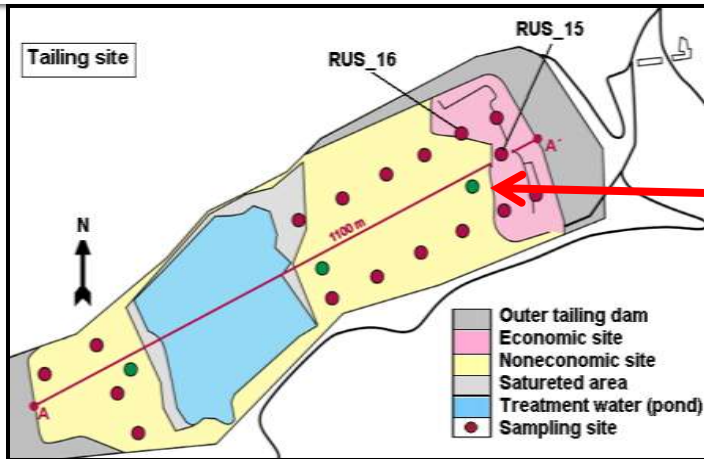
SCHÉMA DISTRIBÚCIE
KVALITATÍVNYCH ZÓN
V PRIEČNOM REZE



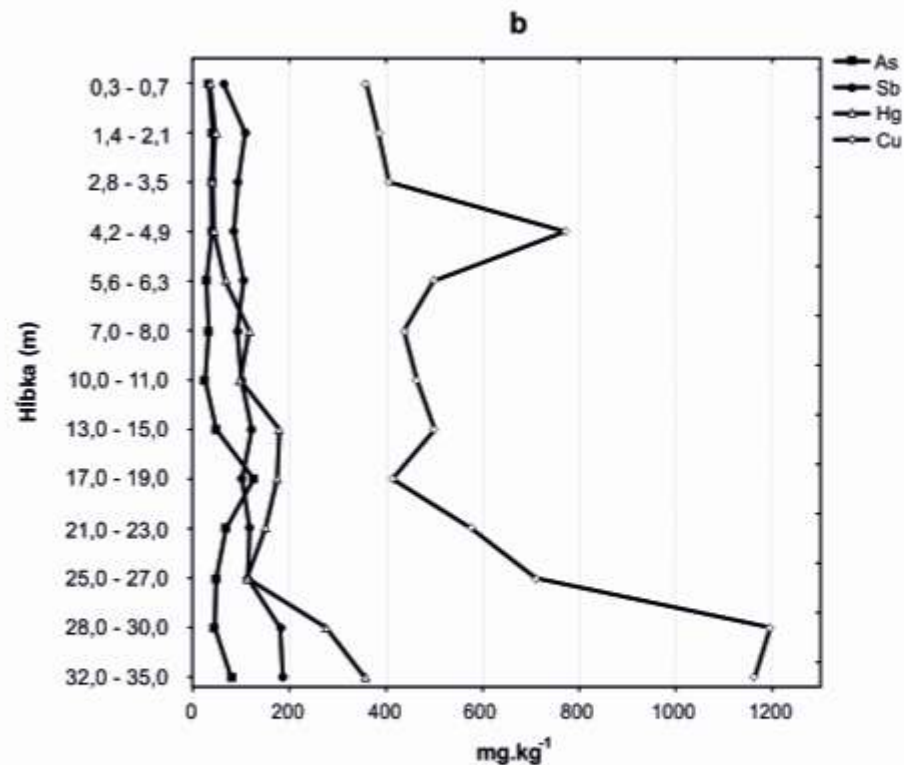
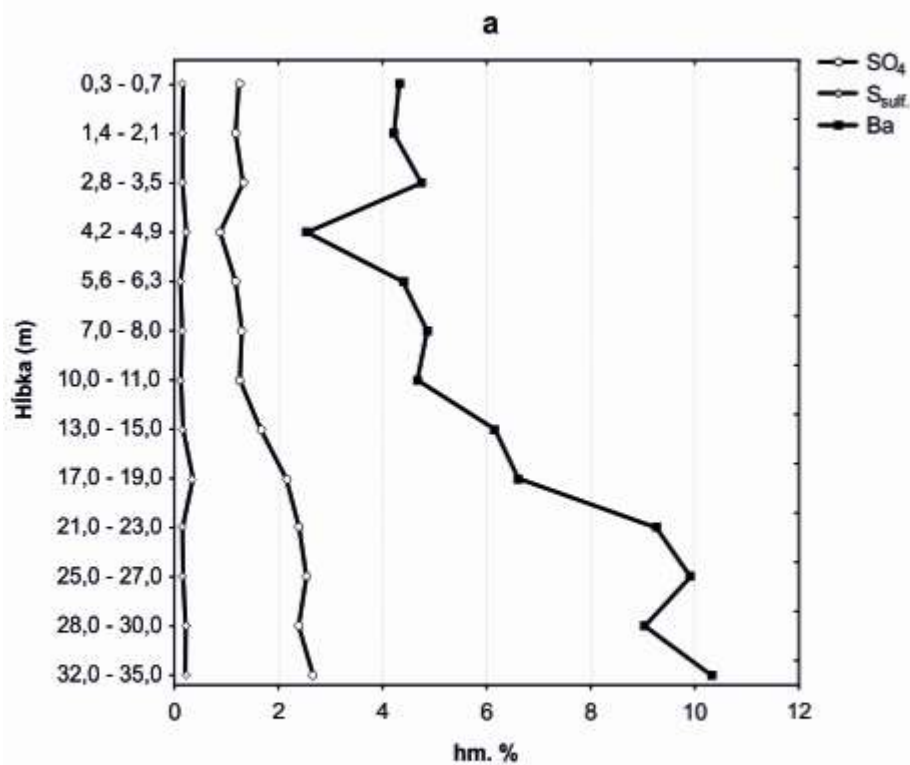
Odkalisko sa začalo stavať v r. 1960 a jeho plánovaná životnosť bola do roku 1999. Maximálny objem odkaliska je 6 553 000 m³.

V súčasnosti klasifikované ako ložisko baritu, vedľajšie produkty úpravy sideritovo-baritovo-sulfidických rúd žilných ložísk rudnianskeho rudného poľa

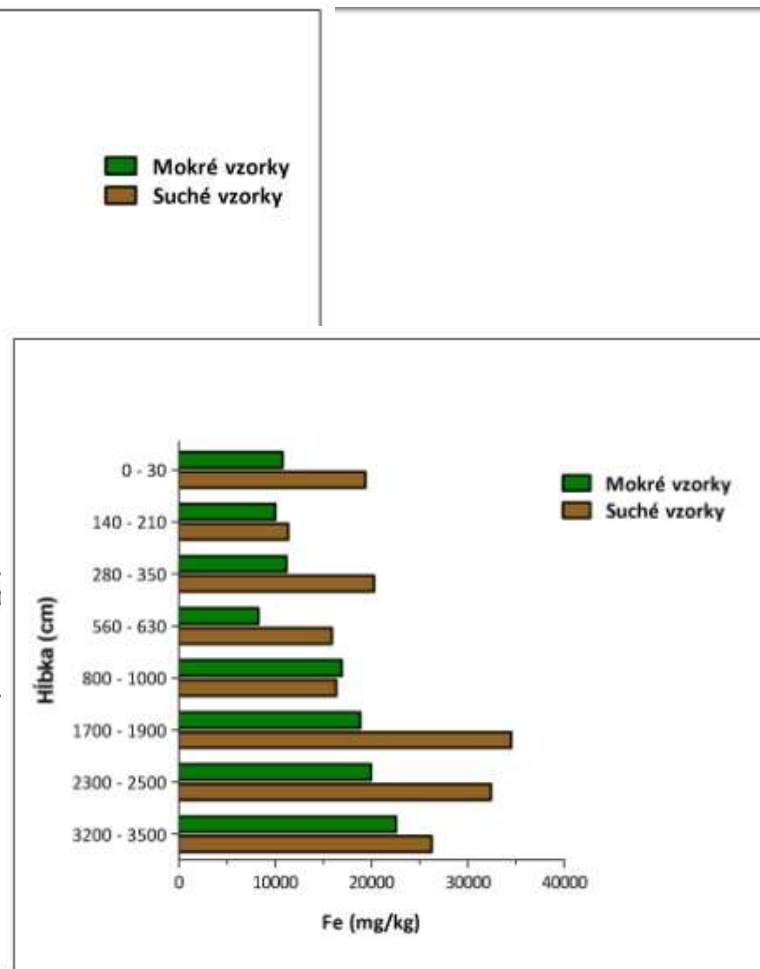
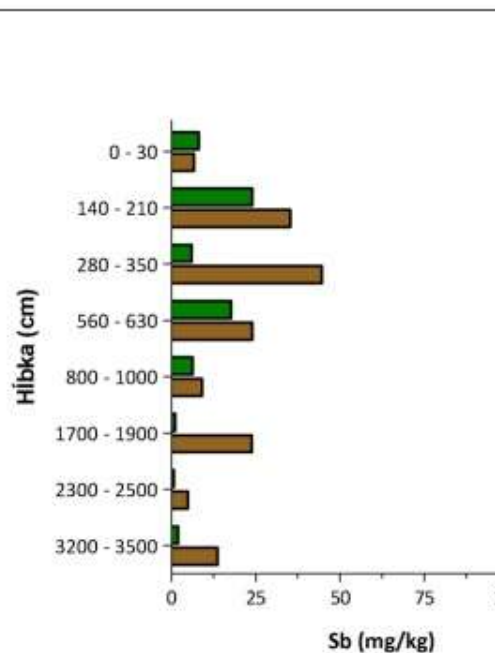
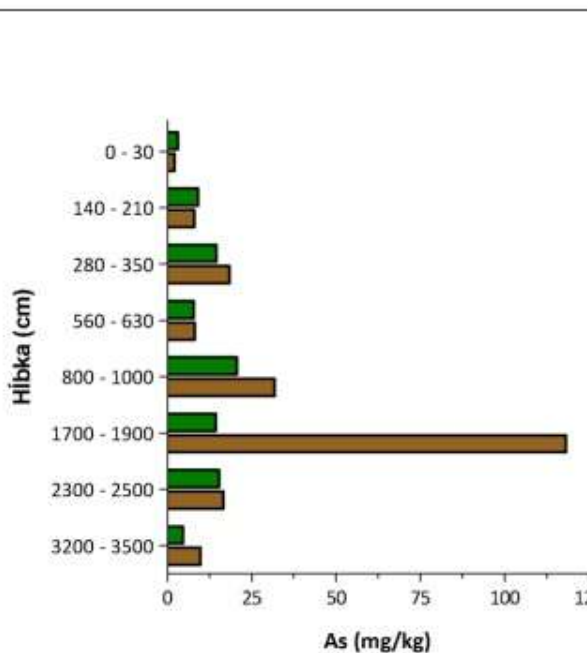
Odkalisko RUDŇANY



Trendy obsahu vybraných kontaminantů a látek vo vrte RU-1



Rozdiely v uvoľnenom množstve As, Sb a Fe (mg/kg) z odkaliskového materiálu – extrakcia 0,5M HCl - použitie suchých a (pôvodných) mokrých vzoriek.

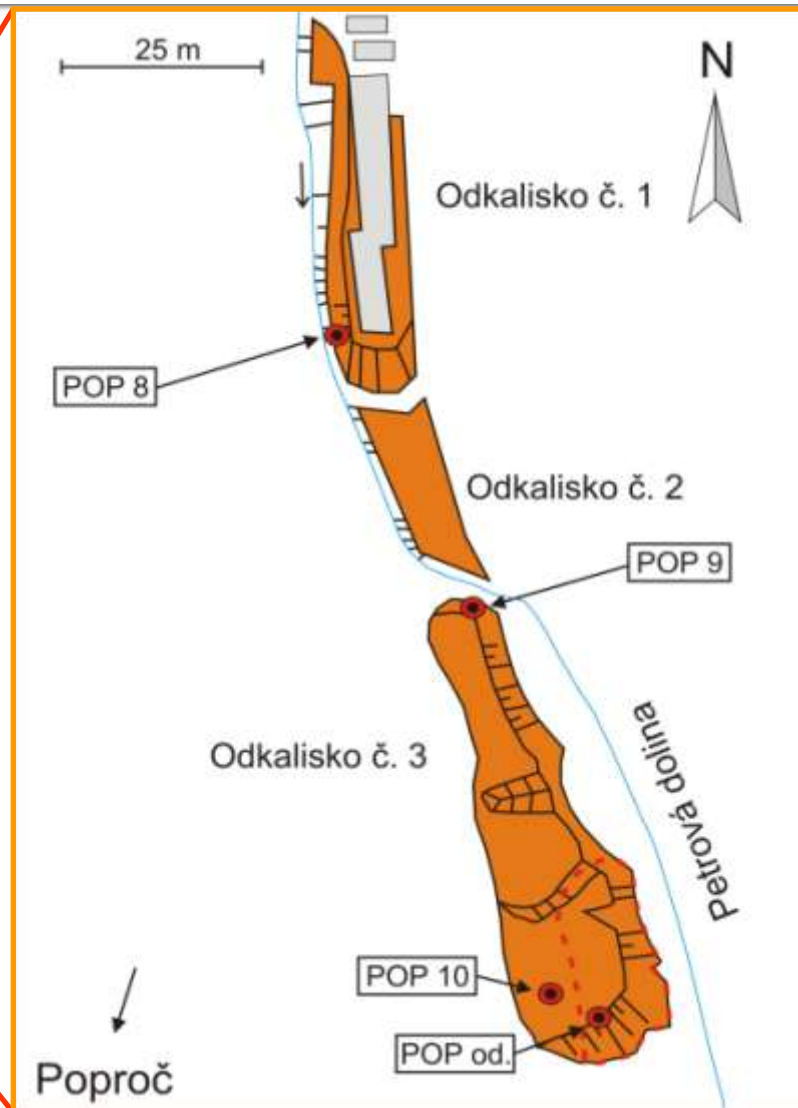
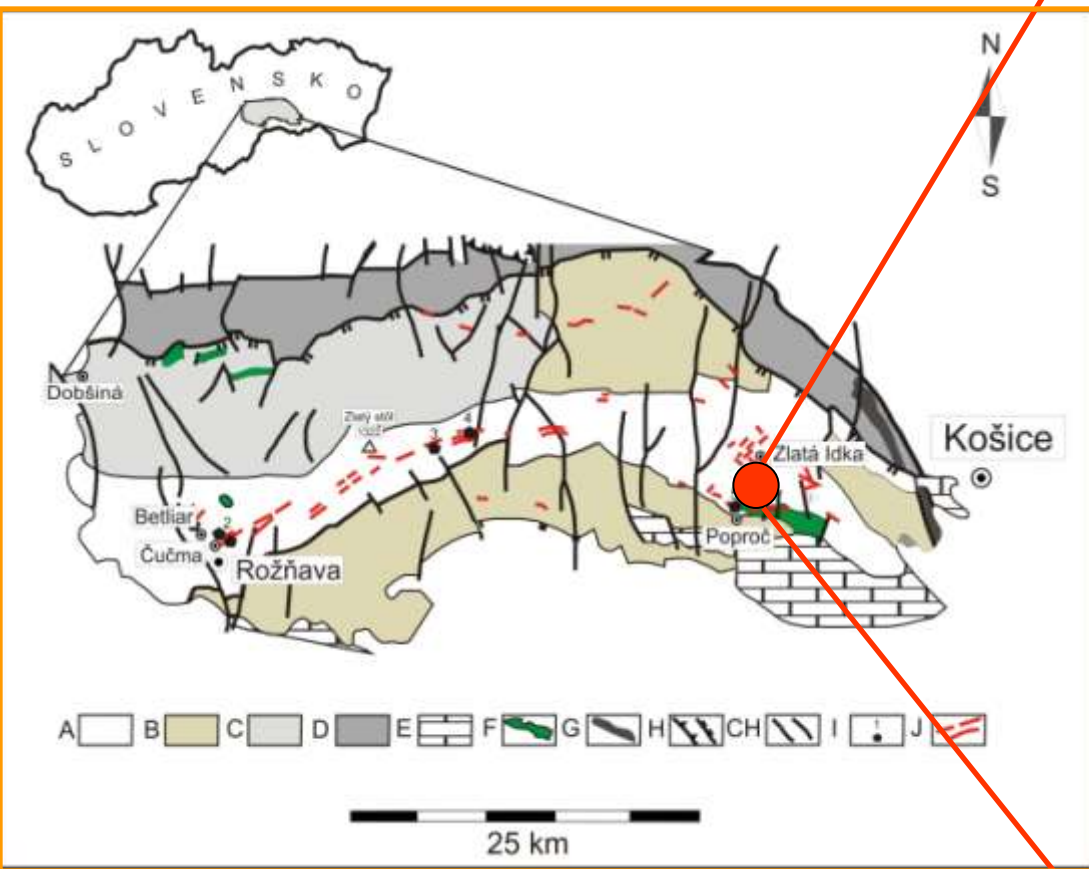


Stanovenie ľahko mobilizovateľných vodorozpustných foriem sledovaných toxických prvkov - jednoduché extrakčné experimenty s destilovanou vodou podľa EN 12457-2 (2002).

⇒ z odkaliskového materiálu boli do vodného roztoku uvoľnené iba relatívne malé množstvá prvkov, menej ako $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pri všetkých sledovaných toxických prvkoch (As, Sb, Hg, Cu, Mn, Fe), analyzované iba veľmi nízke koncentrácie As, Sb, Cu, Fe a Mn, ktoré neprekračujú odporúčané koncentrácie pre kvalitu povrchovej vody (Nariadenie vlády SR č. 296/2005 Z.z.)

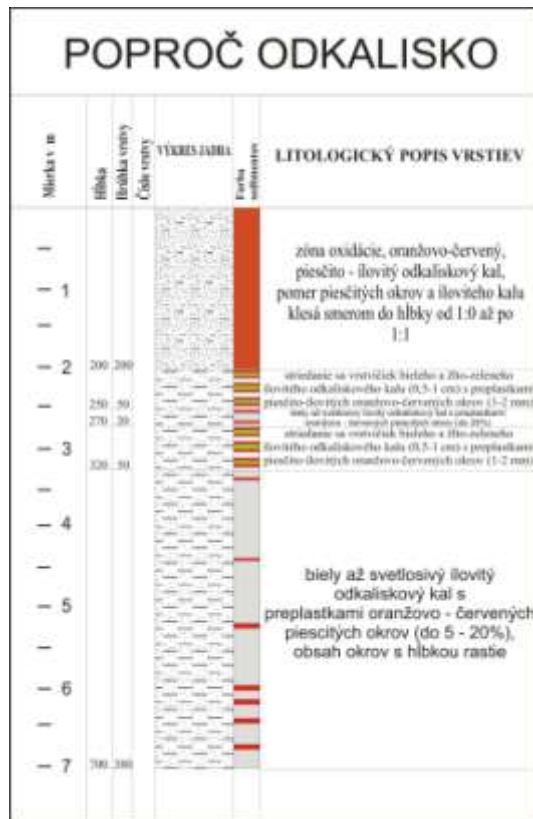
⇒ koncentrácia Hg ($2 - 120 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) vo vodných výluhoch prekračovala odporúčanú koncentráciu ($0,2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) 10 až 600 násobne

Odkalisko POPROČ - opustené Sb ložisko

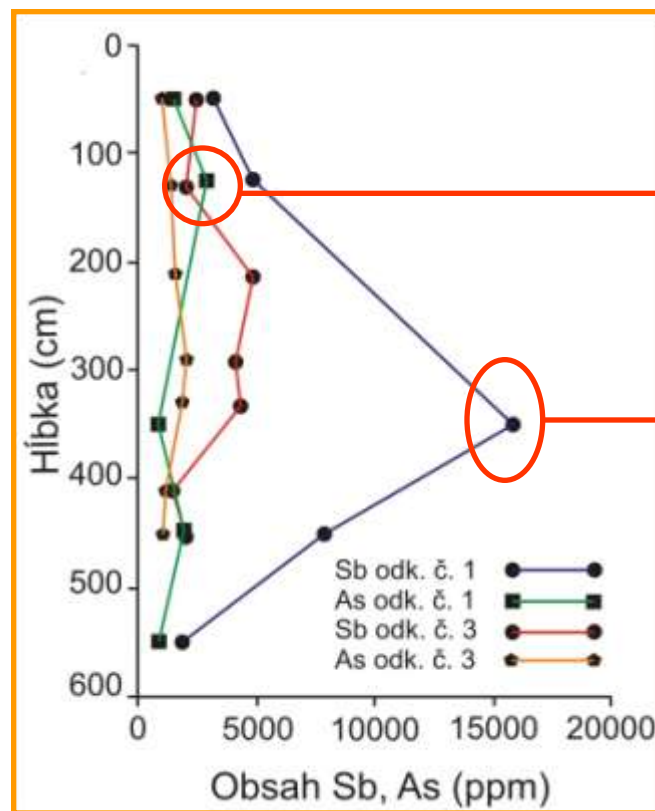
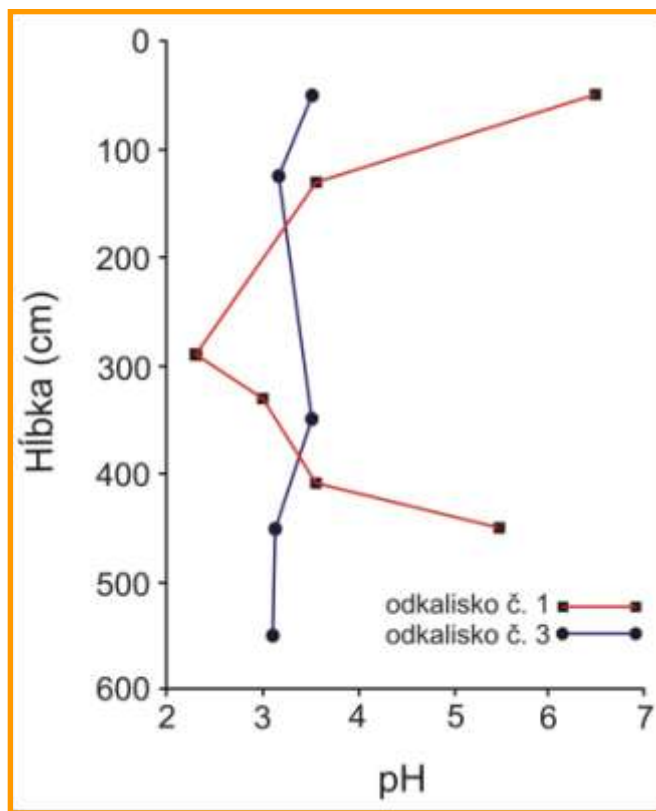


Zloženie odkaliskového materiálu

- materiál je tvorený striedajúcimi sa vrstvami piesčitého a ílovitého sedimentu
- na svahoch prevláda piesčité sediment – výrazne oxidovaný
- nízky obsah sulfidov (ťažká frakcia) – prevládajú produkty oxidácie



hodnota pH materiálu, neutralizačný potenciál, tvorba H_2SO_4 a obsah Sb a As



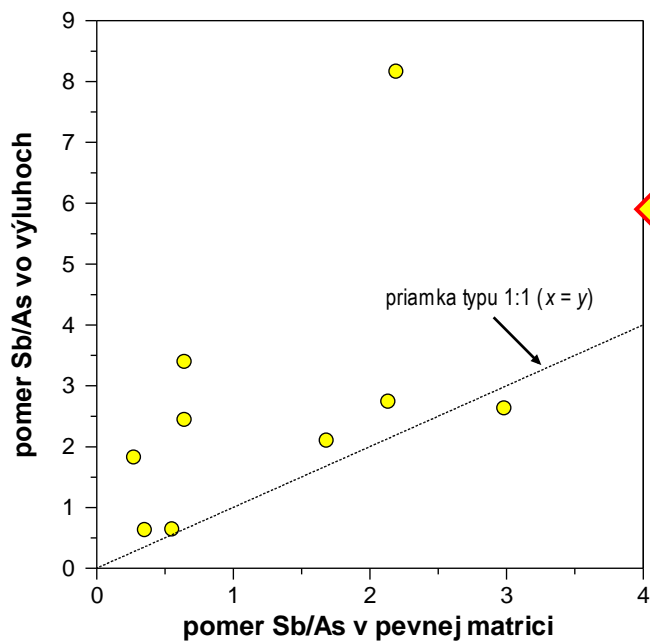
As – 1,49 g/kg

Sb
15,83 g/kg

- Neutralizačný potenciál: priemer pre odk. 1+3 → 17 ton $CaCO_3$ /100 ton materiálu
- Tvorba H_2SO_4 : priemer pre odk. 1+3 → 2 kg/tonu materiálu

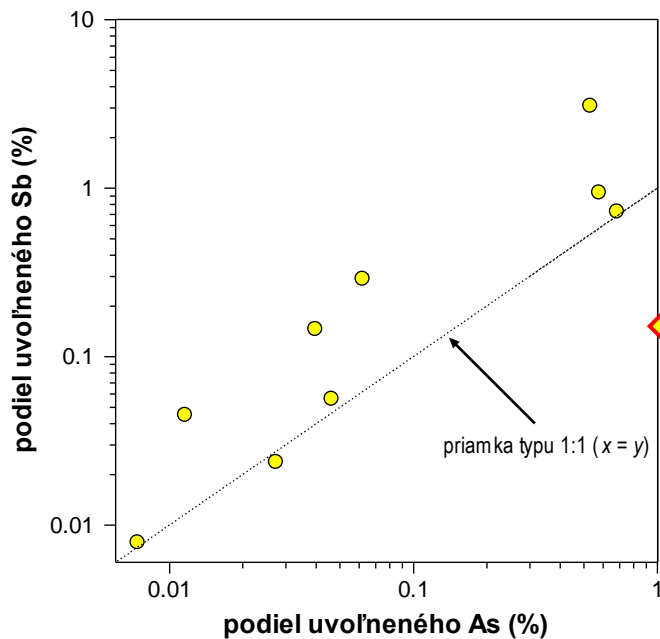
Stará environmentálna záťaž – voľne deponované odkaliskové kaly a ťažobné odpady na lokalite Poproč





Porovnanie hmotnostných pomerov Sb/As v pevných matriciach (haldy a flotačné kaly) s pomermi Sb/As zistenými vo vodných výluhoch

Keďže pomery Sb/As (výluhy) > Sb/As (pevná fáza), rozpustnosť a pohyblivosť Sb je vyššia ako As, čo potvrdzujú aj terénne a experimentálne merania



Z celkovej koncentrácie Sb a As v halde a kaloch sa uvoľnil len nízky hmotnostný podiel Sb a As do roztoku

Vo väčšine prípadov bol uvoľnený podiel Sb väčší ako As, čo znova potvrdzuje vyššiu pohyblivosť antimónu ako arzénu

Odkalisko MEDZIBROD opustené Sb-Au ložisko (Nízke Tatry)

- ťažba od roku 1926, hlavná doba ťažby a spracovania rudy 1941-1945
- 32 ton rudy denne, cca 9000 ton ročne, opustené od 950
- spracovanie rudy v miestnej
flotačnej prevádzke (1935 – 1950)

⇒ **ODKALISKO**



Odkalisko MEDZIBROD opustené Sb-Au ložisko (Nízke Tatry)



Odkalisko MEDZIBROD opustené Sb-ložisko

Materiál odkaliska

0 – 20 cm, oxidized sediment with yellowish-brown and orange tint

20 – 50 cm, changing of oxidized sediment with layers of fresh waste in the thickness of 1-10 cm, lower part is saturated by water

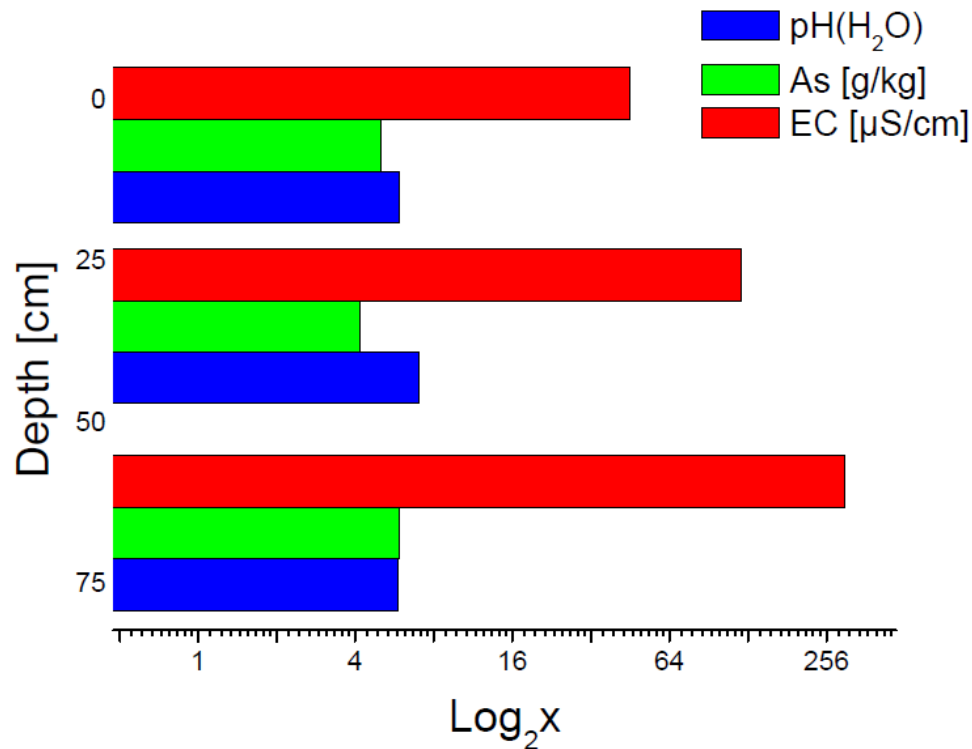
50 cm – subsoil, fresh clayey sediment saturated by water, grey tint





Odkalisko MEDZIBROD

opustené Sb-Au ložisko (Nízke Tatry)



- povrch odkaliska ~ 800 m²
- koncentrácie polutantov vo výtoku z odkaliska:
As – 0,4 mg/l, Sb – 0,58 mg/l
 (Blaha et al., 1993),
- 70 kg kalcitu na 1 tonu odpadu = **NIE AMD**
 (Chovan et al., 2010)

	As	Sb	Pb	Zn	Cu	Hg	Fe
units	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	wt.%
MDZ 6	5295,3	3013,3	150,2	16,5	20	0,4	2,1

Odkalisko POŠA

- ⇒ kataster obce Poša (Vranov n/Topľou)
- ⇒ *popolové odkalisko - vodné dielo II. kategórie podliehajúce povinnému legislatívnemu dozoru*
- ⇒ údolné odkalisko s jednorazovým využitím dopravnej vody, ktorá je po sedimentácii plavených popolov, voľne vypúšťaná do recipientu toku Kyjov a Ondava.
- ⇒ slúži na trvalé uloženie produktov z energetickej výroby (popoly a strusky zo spaľovania rôznych druhov hnedého uhlia) a kalových vôd z prevádzky čistiarne odpadových vôd areáli podniku Chemko Strážske.
- ⇒ vlastné teleso odkaliska vybudované v roku 1977, pôvodná výška hrádze bola 16 m a skladovací priestor mal rozlohu 32,8 ha.

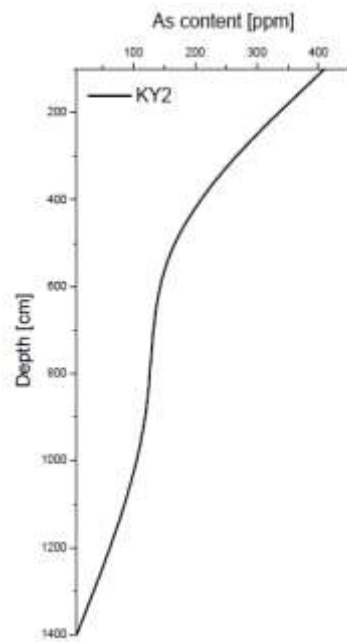
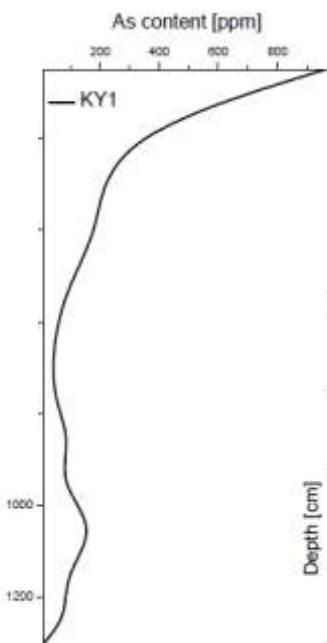
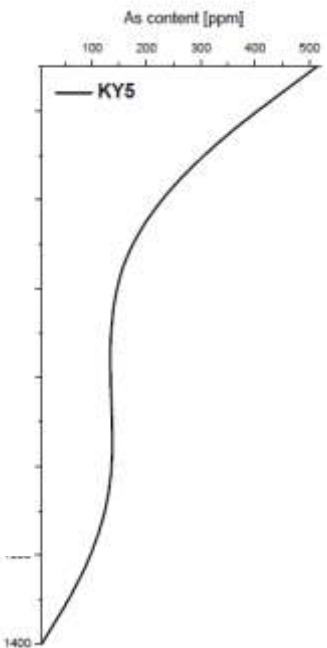
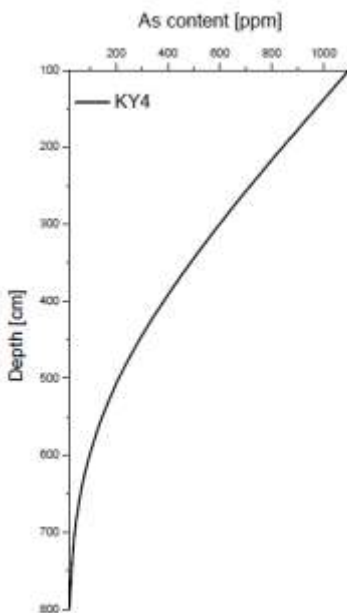


Odkalisko POŠA - Ekologická záťaž

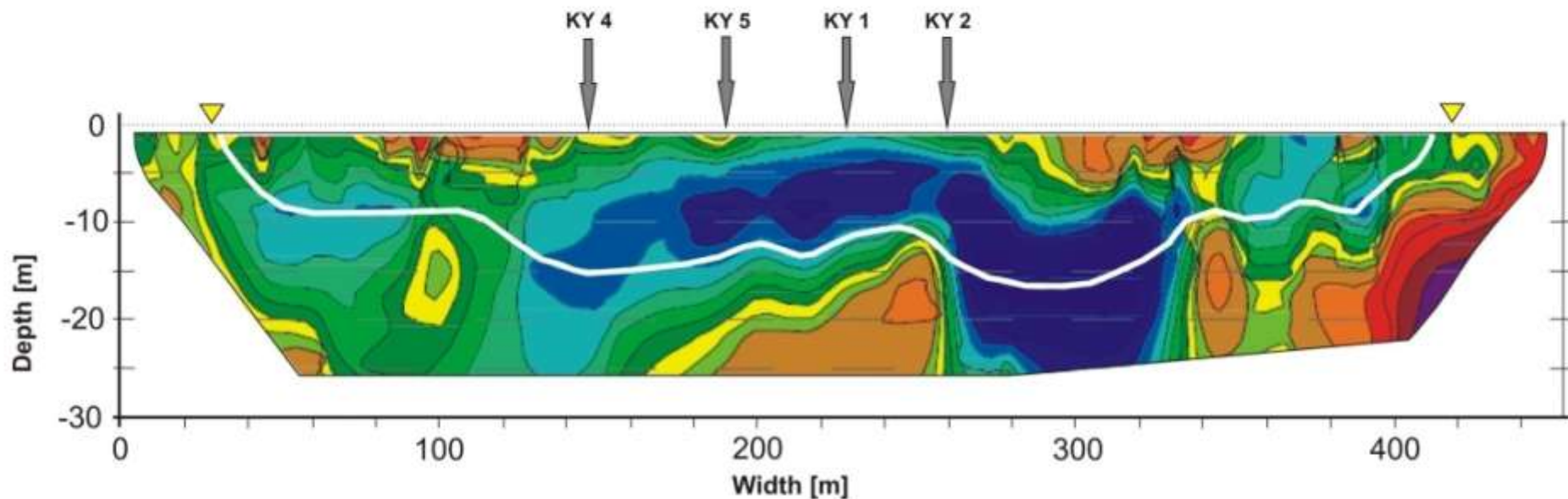
- **vylúhovanie kontaminantov do povrchových vôd toku Kyjov a časti rieky Ondava**
- **hlavný kontaminant – arzén**
- **znečistenie povrchových vôd toku Kyjov a Ondava arzénom (Kyjov max. As 11,39 mg.l⁻¹ v roku 2000)**
- **ďalšie polutanty v povrchových vodách NH₄⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ (Zn, Pb, Cu, Cr)**
- **znečistenie riečnych sedimentov tokov Kyjov a Ondava arzénom (max. 3256 mg.kg⁻¹ v riečnych sedimentoch Kyjova)**
- **prítomnosť PCB vo vytekajúcich vodách z odkaliska**



Odkalisko POŠA



Inverse model Resistivity Section of Kyjov Impoundment



L E G E N D



 Subsoil, Base

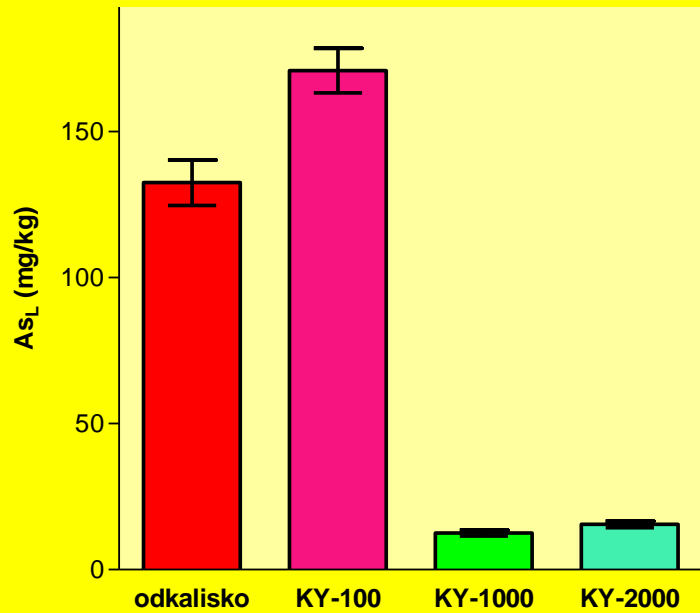
 Bore-hole

 Road

(modified after Žitňan et al., 2008)

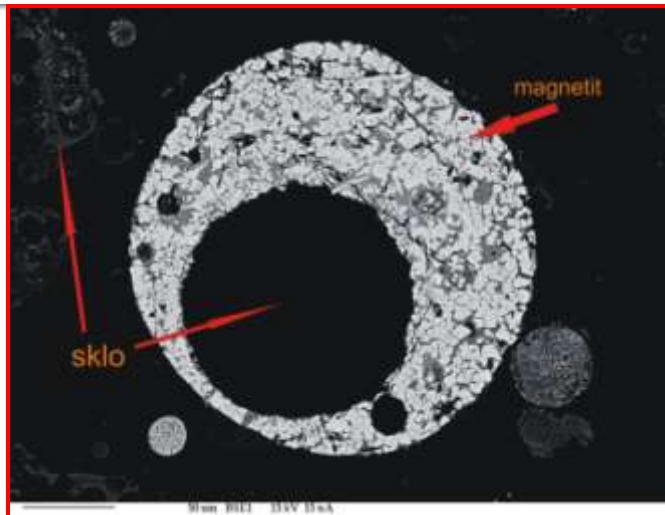
• experimenty v dynamickom režime

Celkové uvoľnené množstvo As (na 1 kg vzorky)

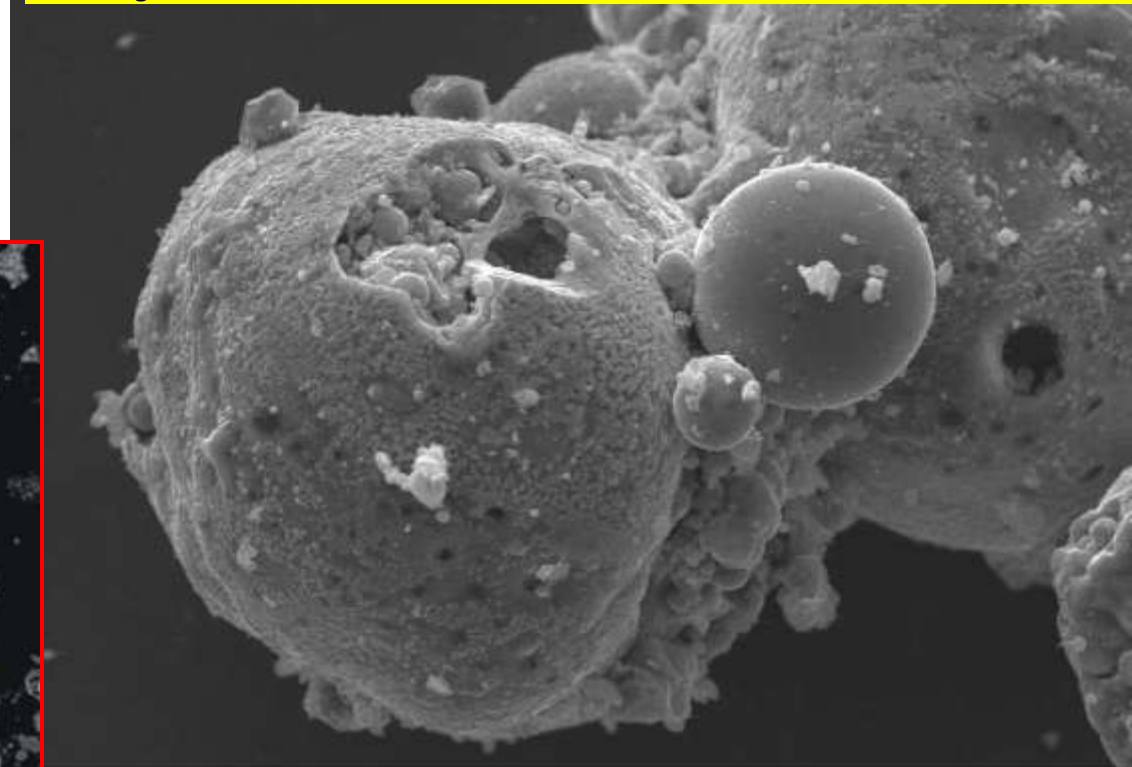
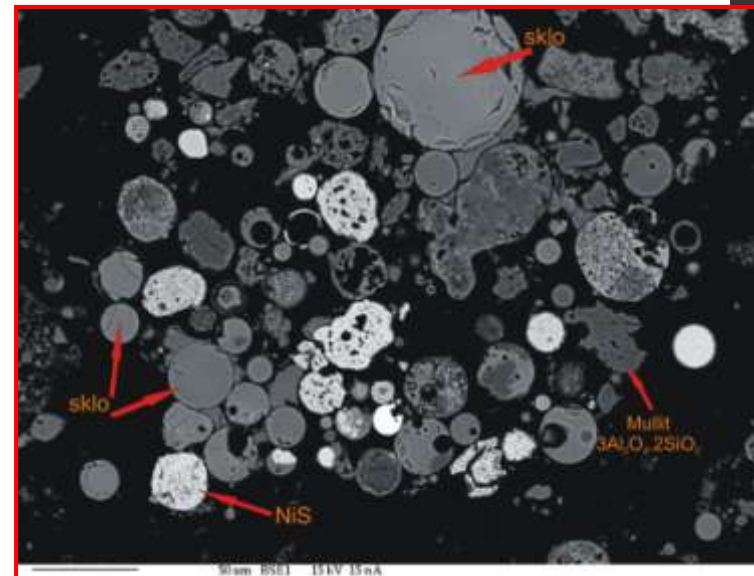


z materiálu odkaliska sa uvoľnilo približne 8% z celkového množstva As
celkové uvoľnené množstvo arzénu z materiálu odkaliska bolo 132 mg/kg
toto množstvo predstavuje vysoké koncentrácie As vo výluhoch ($> 8000 \mu\text{g/l}$)

Elektrárenské popoly

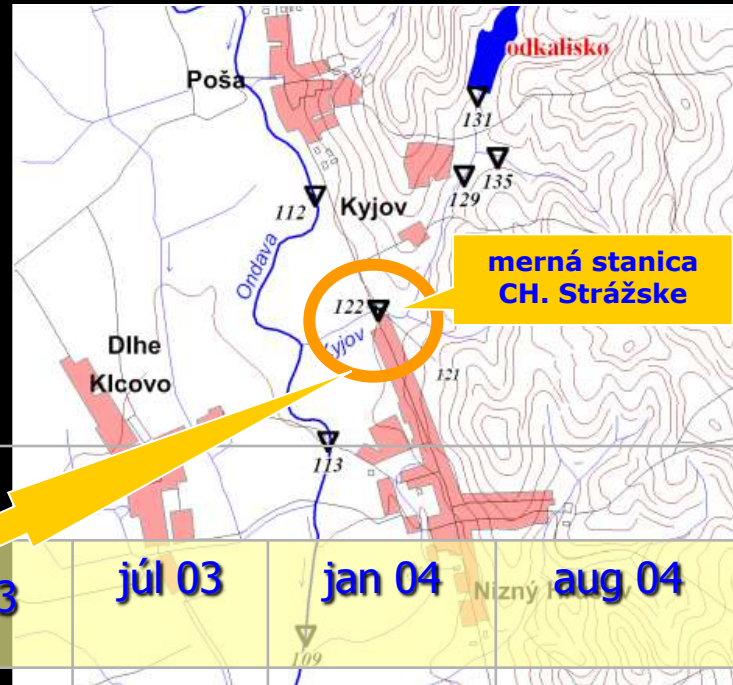


vysoký obsah RTG amorfnej fázy, vysoké zastúpenie má kalcit, menej Q a živce, kryštalickú fázu zastupuje mullit (produkt vysokoteplotnej úpravy ílov), ďalšie minerály - sádrovec, barit, FeO, FeS₂, Sb₂S₃, CuS(?), ZnS(?), ThO₂(?)



80µm

Namerané obsahy As ($\mu\text{g.l}^{-1}$) v toku Kyjov a Ondava v rokoch 1999 - 2007



číslo vzorky	Dátum odberu							
	máj 99	júl 99	jún 00	júl 02	jan 03	júl 03	jan 04	aug 04
109	12,59							
112		0,2						
113		77,6						
122	10667		11385	2870	7000	3460	1932	2208
129		6700			feb 2005	nov 2005	feb 2007	nov 2007
131		7150			122	349	193	
					131	426		295

tok Kyjov pod odkaliskom

Regionálna pozad'ová hodnota - $2,6 \mu\text{g.l}^{-1}$

Vhodné metodické postupy pri identifikácii AKTUALIZÁCII environmentálnych rizík na odkaliskách a v ťažobných odpadoch

- ❑ Odber vzoriek – pevné fázy (VRTY + KOPANÉ SONDY) + roztoky (PODZEMNÉ A POVRCHOVÉ VODY Z VRTOV, DRENÁŽÍ, LYZIMETROV)
- ❑ totálny obsah makroprvkov (Ca, Na, Mg, Al, S, Fe) + stopových prvkov (Cu, As, Sb, Hg, Pb, Cr, Ni....)
- ❑ pôdna reakcia (pH) – vzorky s prirodzenou vlhkosťou (Richards, 1954)
- ❑ Jednostupňová extrakčná metóda EN 12457, (2002)
charakterizácia odpadov vylúhovaním
- ❑ Toxic Characteristic Leaching Procedure (TCLP 1311, US EPA, 1994)
na základe získaných koncentrácií vo výluhoch sa stanovujú triedy lúhovateľnosti
podľa koncentrácie sa materiál posudzuje ako nie nebezpečný / nebezpečný.
- ❑ Mineralogické analytické metódy
frakcia pod 1 mm - kvantitatívna rtg. difrakčná analýza, identifikácia fáz
v polarizačnom mikroskope v prechádzajúcom a odrazenom svetle, EDS-analýza,
elektrónová mikroanalýza (WDS metóda)
frakcie pod 25 μm = transmisná elektrónová mikroskopia (TEM).

Vzorkovanie odkalísk a ťažobných odpadov

Pre relevantné vzorkovanie odkalísk je potrebná nasledujúca hustota prieskumnej siete:

pre odkaliská s plochou do 0,1 km ²	1 vrt + 2 povrchové vzorky
pre odkaliská s plochou od 0,1 do 0,5 km ²	2 vrty + 4 povrchové vzorky
pre odkaliská s plochou nad 0,5 km ²	3 vrty + 6 povrchových vzoriek

Jednotlivé prieskumné vrty je potrebné ovzorkovať nasledovne:

ak je hĺbka odkaliska do 5 m – 2 vzorky (prvý a posledný meter)

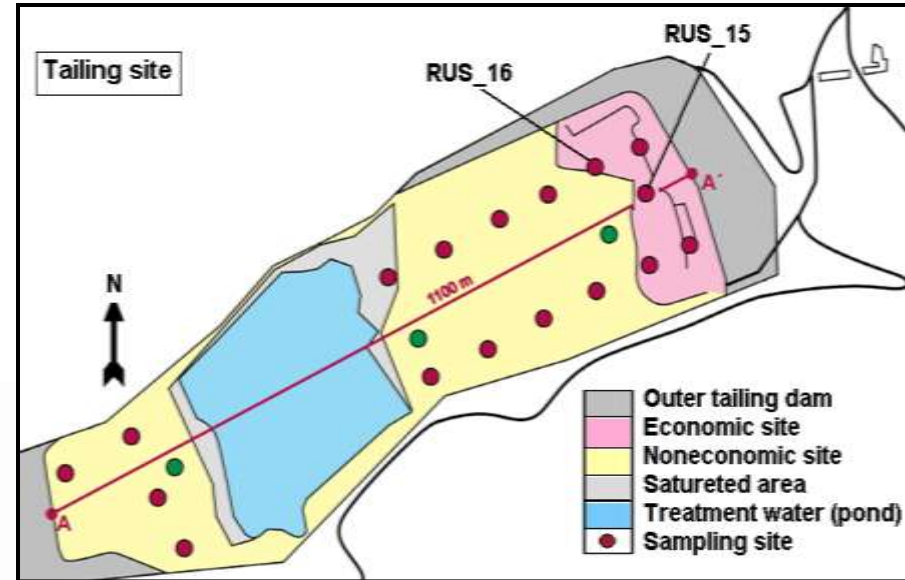
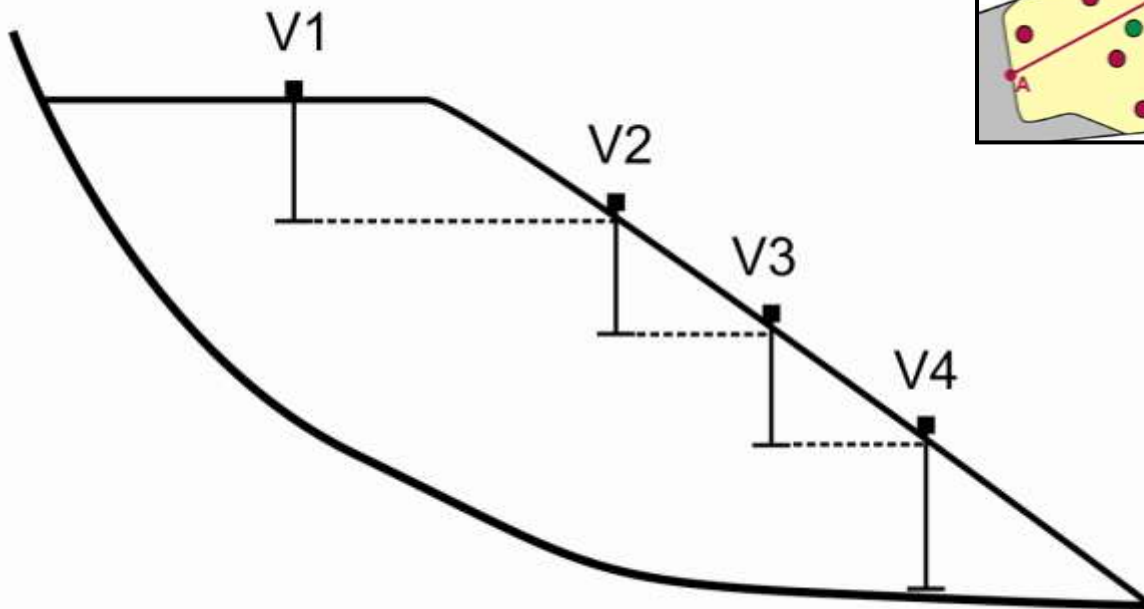
ak je hĺbka odkaliska 5 – 15 m – 3 vzorky (prvý a posledný meter + stredný meter)

ak je hĺbka odkaliska nad 15 m – 4 vzorky (prvý a posledný meter + stredný meter + vzorka z metra, kde sa nachádza hladina podzemnej vody v telese odkaliska)

vzorkovanie je možné doplniť vzorkami z metráží, ktoré vykazujú výraznú nehomogenitu s ostatným materiálom deponovaným na odkalisku

Modelové vzorkovanie odkalísk

Odkalisko údolného typu



Ďakujem za pozornosť!

