



# HODNOTENIE POTENCIÁLNEHO ŤAŽOBNÉHO ODPADU LOŽISKA ZLATA DETVA – BIELY VRCH

Peter Šottník, Ľubomír Jurkovič, Bronislava Voleková  
UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

## Ložiskové modely porfýrových systémov so zlatom v stredoslovenských neovulkanitoch a environmentálne aspekty ich ťažby

Zodpovedný riešiteľ:

**Doc. Mgr. Peter Koděra, PhD**

- A. Komplexná charakteristika nového typu porfýrovej mineralizácie a vytvorenie modelov Au-porfýrových mineralizácií.
- B. Kvalitatívne a kvantitatívne posúdenie alteračných produktov ako možného zdroja suroviny s vysokým obsahom  $Al_2O_3$ , respektíve ílovej suroviny.
- C. Zhodnotenie potenciálu hornín v okolí ložiska ako stavebného kameňa,
- D. Charakterizácia ťažobného odpadu vznikajúceho pri potenciálnej ťažbe na lokalite Biely vrch podľa zákona č. 514/2008 Z.z. o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu.**

# Porfýrové ložiská

-reprezentujú ekonomicky najvýznamnejšiu triedu neželezných rudných ložísk, typické obrovské zásoby (>1000 Mt), relatívne nízke obsahy (0,4 – 1 % Cu, 0,005- 0,1 % Mo)

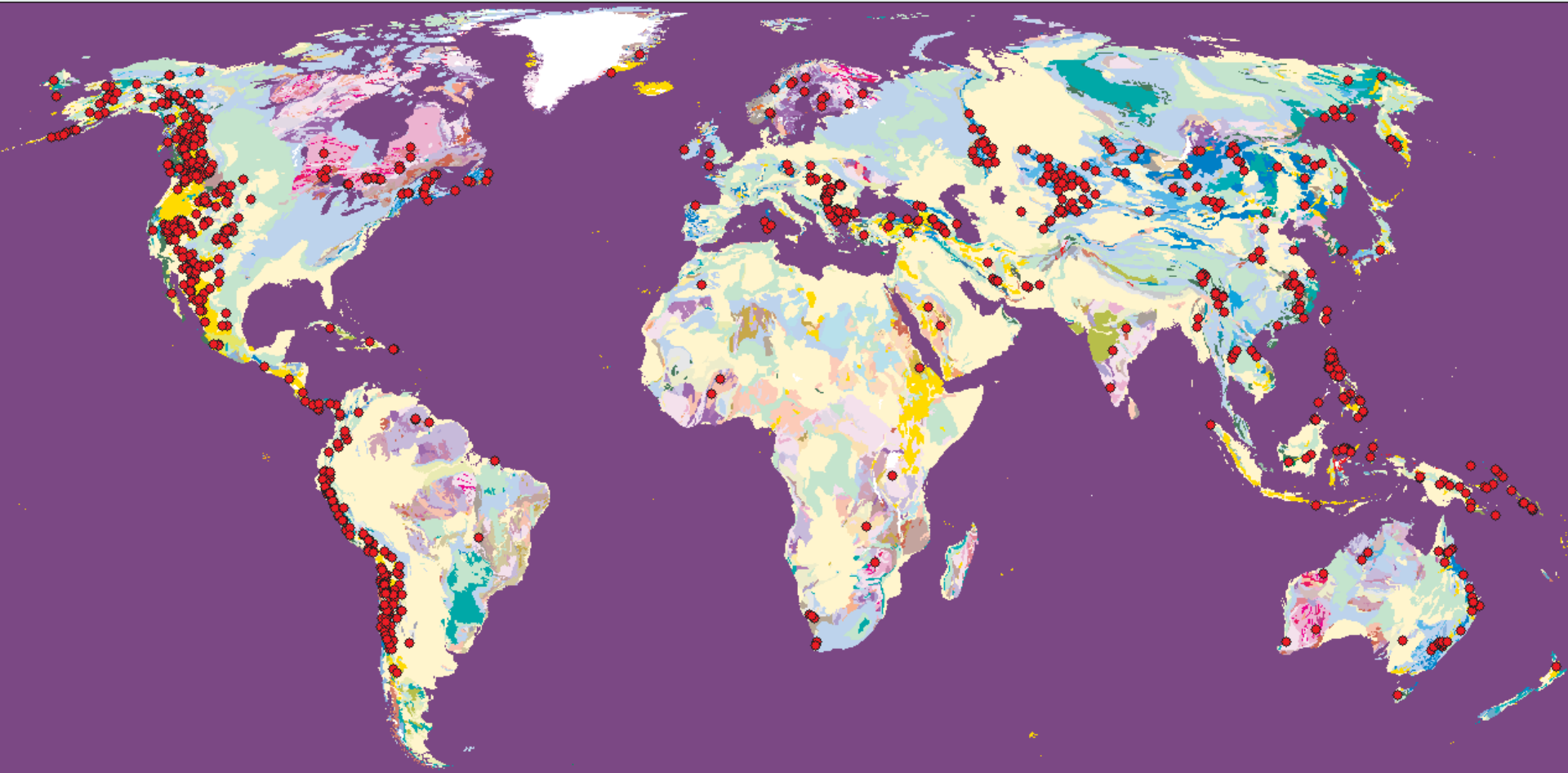
- v súčasnosti poskytujú ~40% svetovej produkcie kovov (95% Mo, 50-60% Cu + významný producenti Au, Ag, Sn a významné vedľajšie produkty W, In, Pt, Pd, Se

• vznikali už od Archaika, ale väčšina ložísk je mladšia ako trias (dôsledok rýchlej erózie orogénnych pasiem), prítomné sú najmä v orogénnych pásmach

• 5 základných typov podľa obsahu hlavných kovov: Au, Cu, Mo, W, Sn; relatívna veľkosť ložísk sa znižuje v poradí Cu > Mo ~ Au > Sn > W

• minerálne zloženie je variabilné, ale Cu-Mo-Au ložiska majú vyšší obsah síry a sulfidov ako Sn-W-Mo ložiska

# Svetové rozloženie porfýrových ložísk.



( Sinclair, W.D., 2007)

# Porfýrové ložiská

- späté s intrúziami **alkalických až Ca-alkalických granitov** v hĺbkach **< 4km**
- mineralizácia v **kremenných žilníkoch, brekciách a rozptýlená** v horninách
- charakteristické **zóny premien**
  - **Cu** - La Escondida a Chucuiamata (Čile), Bingham (USA),
  - **Mo** – Endako (Kanada), Climax (USA)
  - **Sn –W** - Mount Pleasant (Kanada), pas ložisk v Bolivii (Llallugua, Oruro, Potosi, and Chorolque)



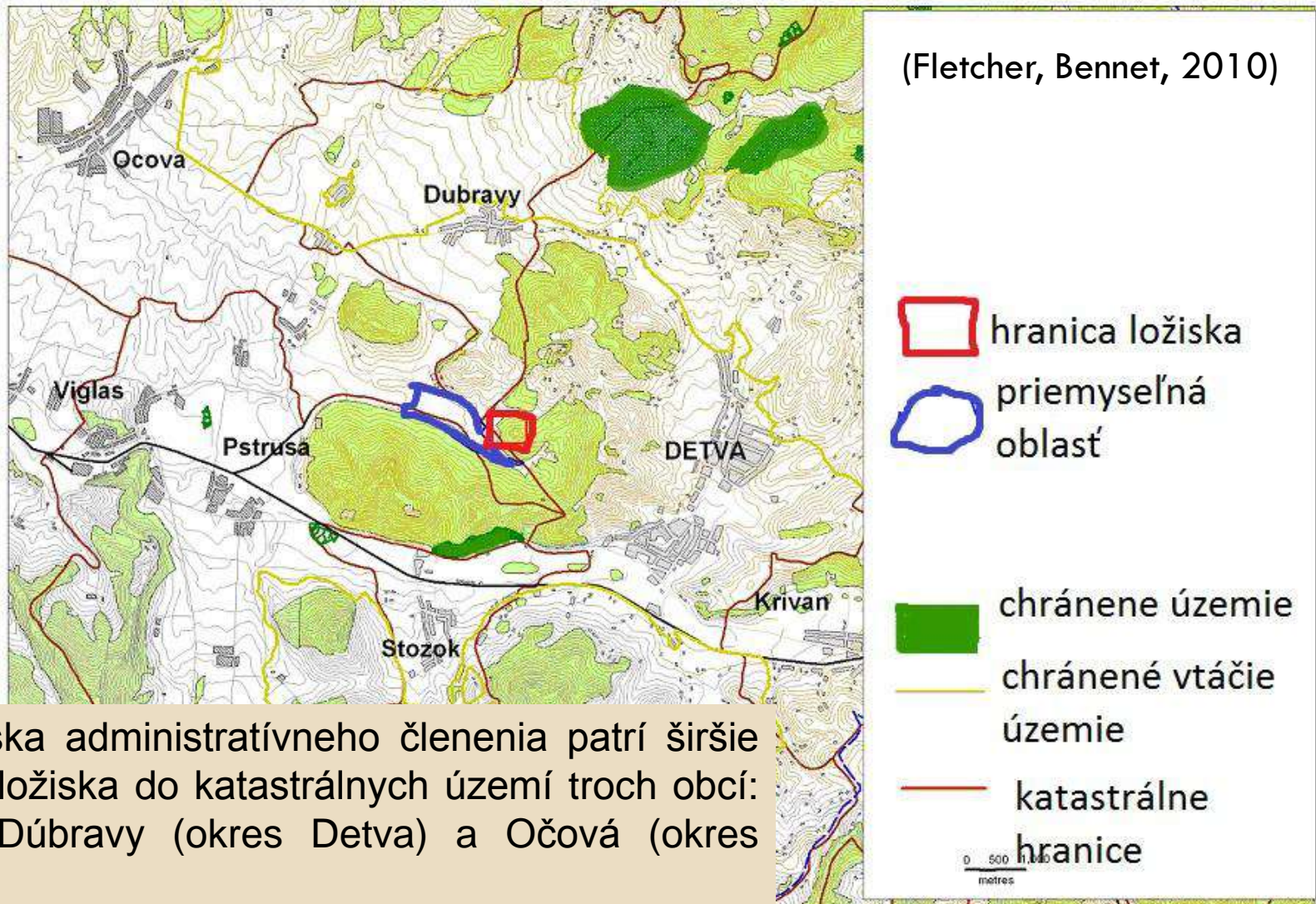
# Ložiska Au-porfýrových rúd

- okrajový člen rôznych typov Cu porfýrových ložísk s veľmi nízkym pomerom Cu/Au
- hydrotermálne premeny obdobne Cu-porfýrovým ložiskám, obsah sulfidov je ale pomerne nízky → sira pravdepodobne unikla s plynnou fázou, veľmi hojný je ale vtrúsený a žilníkový magnetit
- Au asociuje s páskovanými kremennými žilkami, ktoré sú dôsledkom náhleho zníženia tlaku (kryštalizácia s podchladenej gelovitej SiO<sub>2</sub> hmoty), ruda ma 0,5 -2 g/t Au, < 0,05 Cu
- hlavný rudný minerál je zlato s veľmi vysokým pomerom Au/Ag
- vedľajšie minerály: chalkopyrit, pyrit magnetit
- významné ložiska: oblasť Maricunga (Čile), Peru, Nevada, Kalifornia (USA), Biely Vrch (???)





# Poloha ložiska Detva – Biely vrch



Z hľadiska administratívneho členenia patrí širšie územie ložiska do katastrálnych území troch obcí: Detva, Dúbravy (okres Detva) a Očová (okres Zvolen).



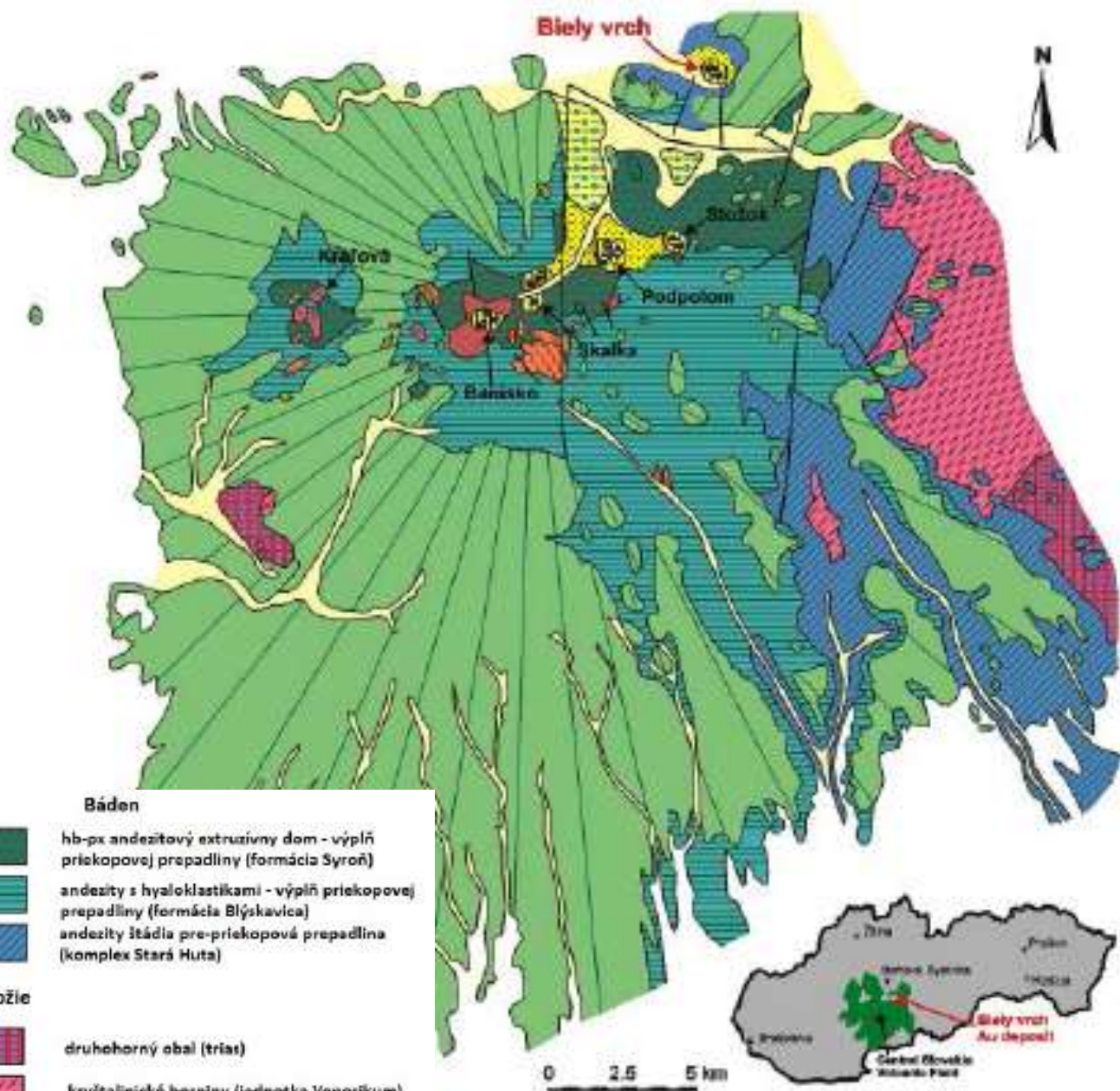
A landscape photograph showing a valley with green fields and forested hills. In the distance, there are industrial buildings. The sky is blue with some clouds. There are tree branches in the foreground. Two red arrows point to specific locations: one to a hill labeled 'biely vrch miesto ťažby' and another to industrial buildings labeled 'priemyselná obla'.

biely vrch miesto ťažby

priemyselná obla




# Stratovulkán Javorie



## Kvartér


 štvrťohorné sedimenty

## Neogén (Miocén)


 sladkovodné íly, sily

## Stratovulkán Javorie


### Sarmat

 post-priekopová prepadlina andezit (a-ily) (formácia Javorie)


### Vrchný Báden - Sarmat


 Komplex Lohyňa: a)extrúzia, b)ily


 Intruzívny komplex Kráľová

 Intruzívny komplex Kalinka


## Báden


 hb-px andezitový extruzívny dom - výplň priekopovej prepadliny (formácia Syroň)


 andezity s hyaloklastikami - výplň priekopovej prepadliny (formácia Blýskavica)

 andezity štádia pre-priekopová prepadlina (komplex Stará Huta)

## Podložie

 druhohorný obal (trias)

 kryštalinné horniny (jednotka Veporikum)

 hydrotermálne alterácie: a) ílovité bridlice, b)argilitizované kremence, c)kremence

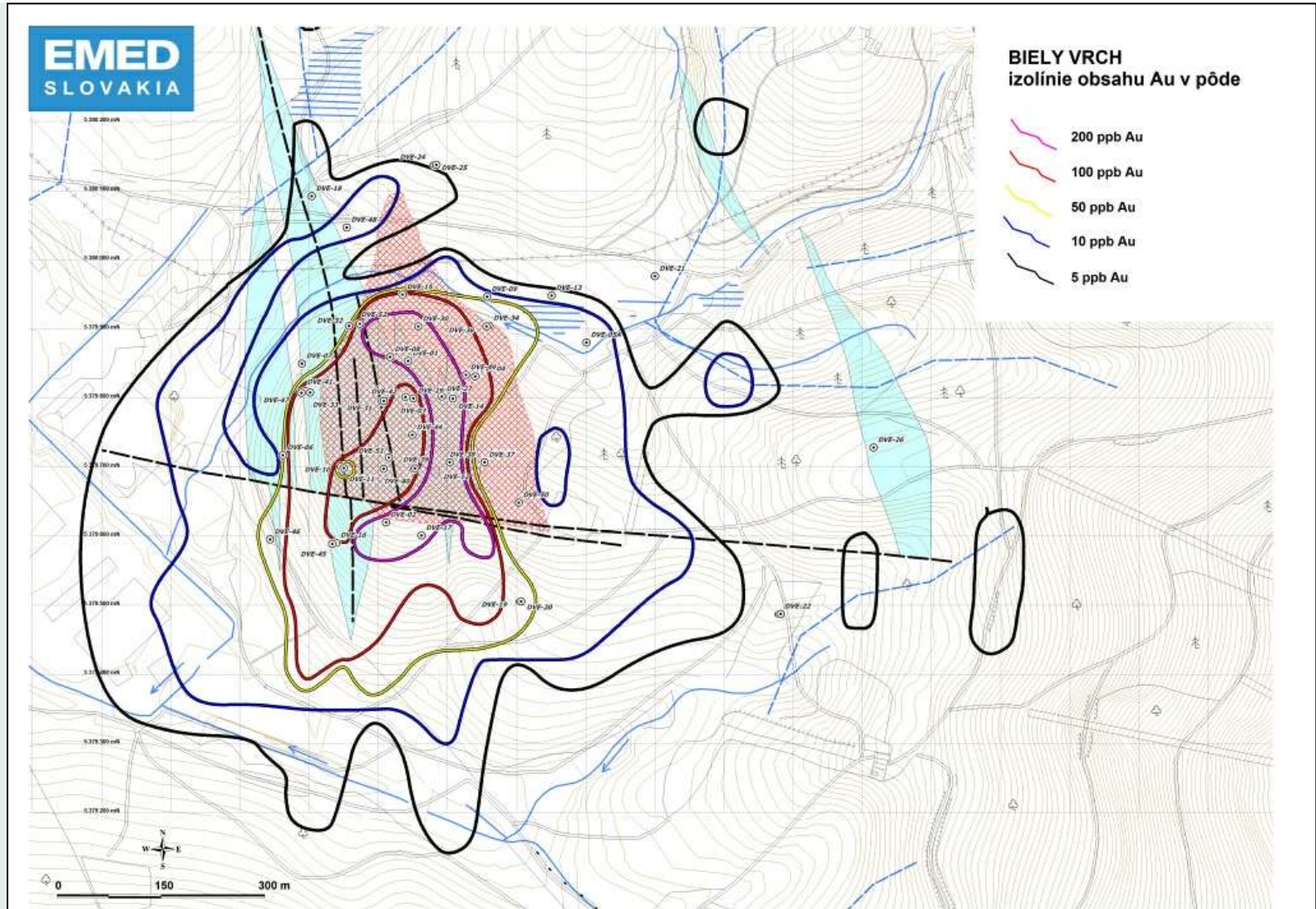
 zlomy



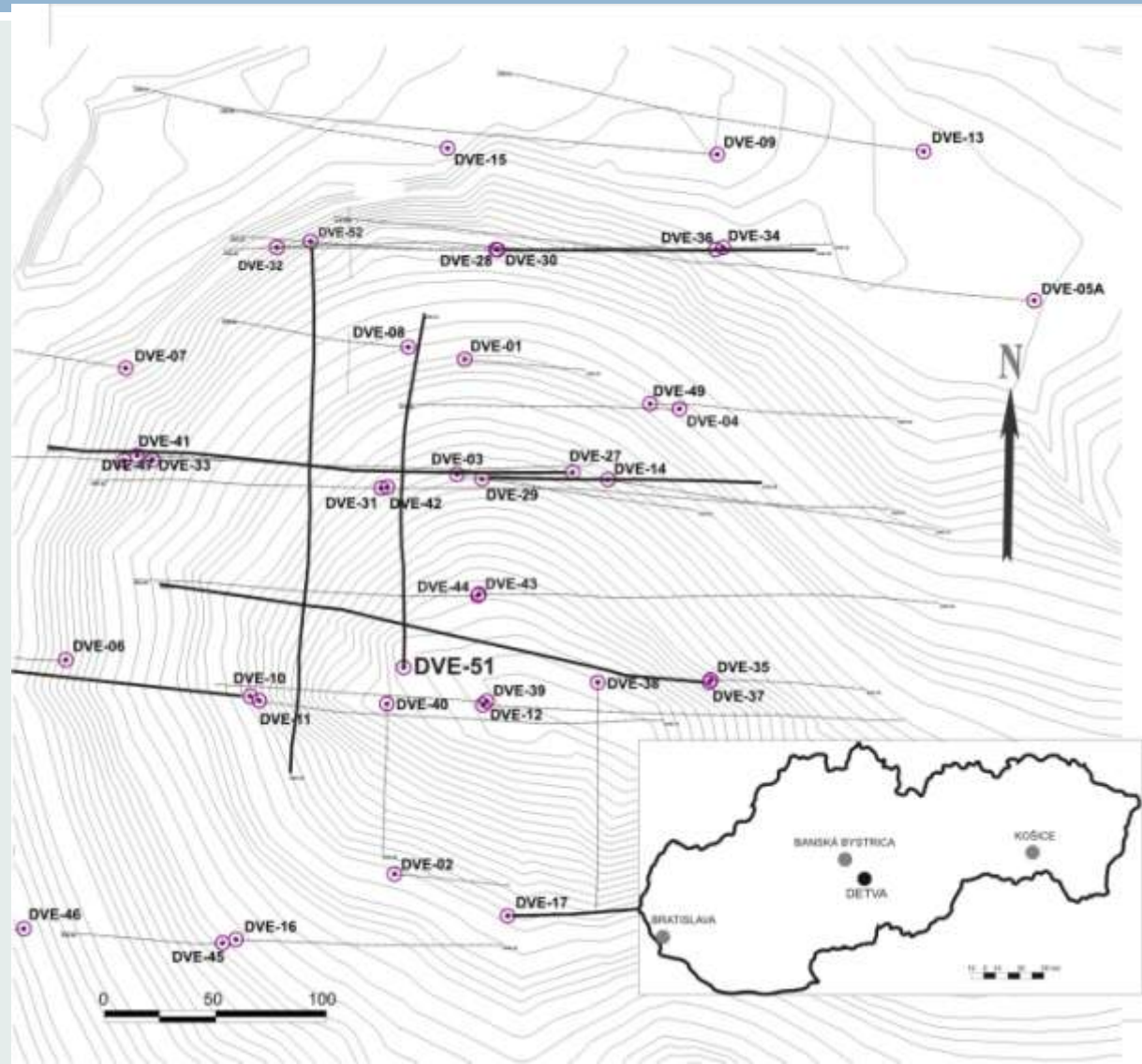
(Koděra et al., 2010)



# Metalometria – obsah Au v pôdach



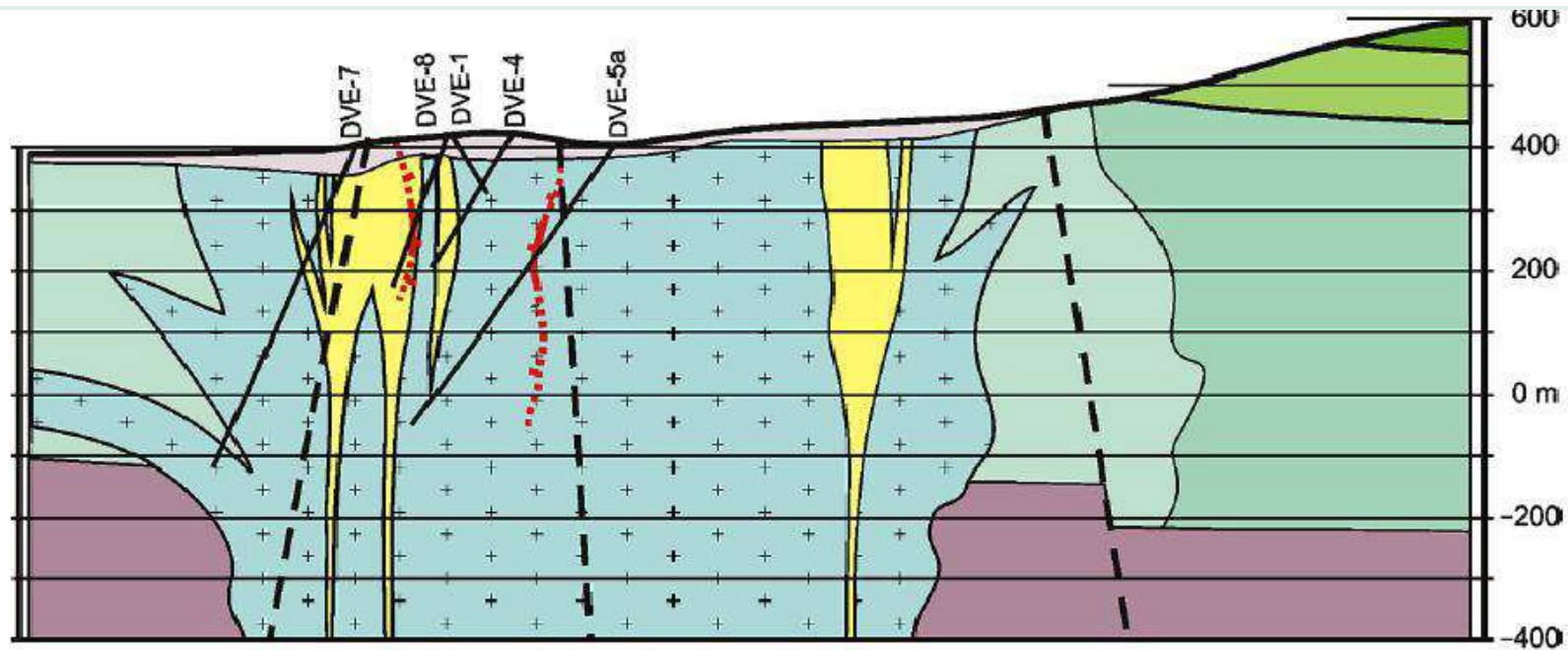
# Lokalizácia a prieskumné práce



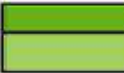





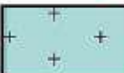







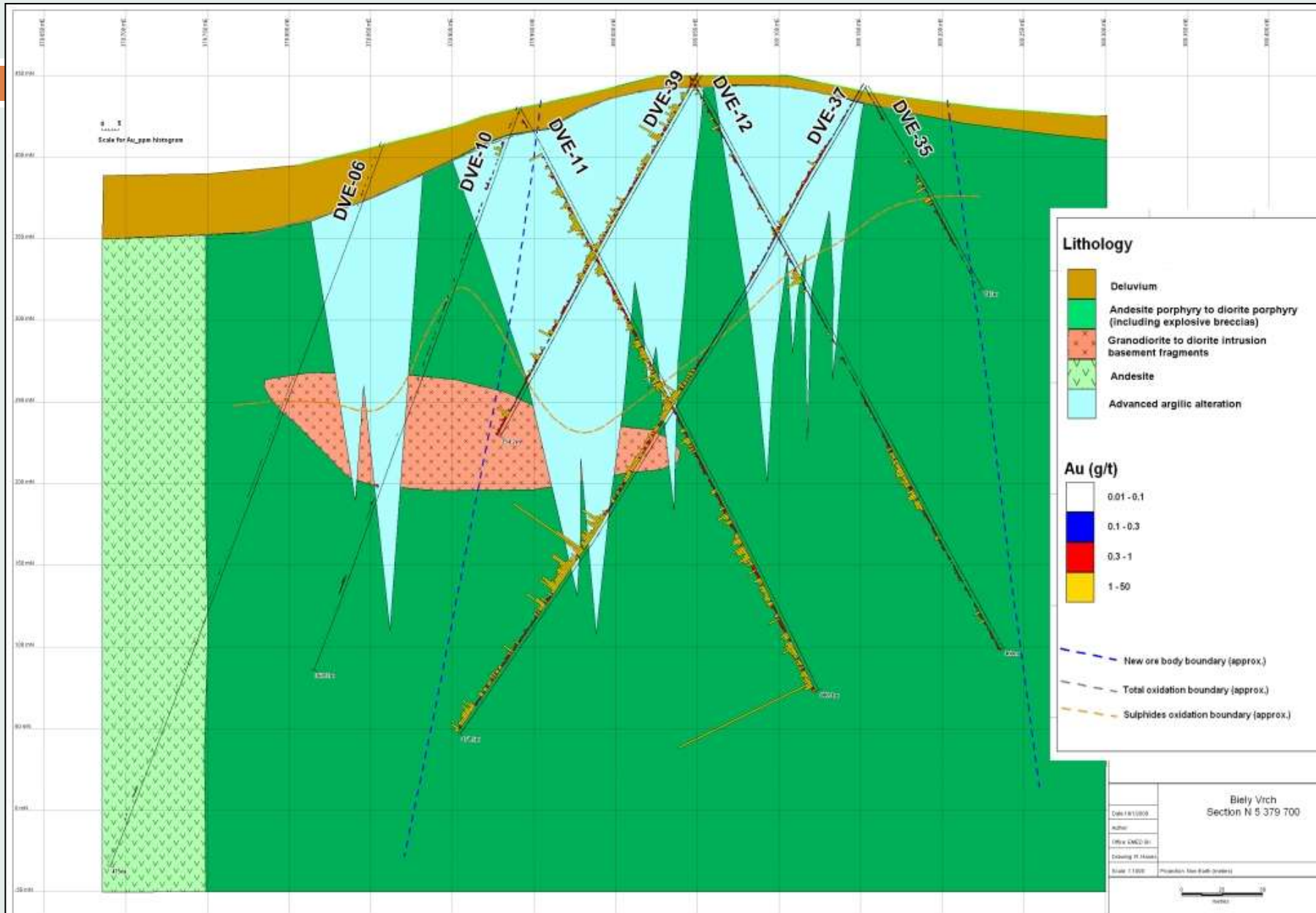
# Schematický geologický prierez magmaticko-hydrotermálnym systémom Biely vrch



- |  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|   | hypergenna alterácia v oxidačnej zone  |     | andezity komplexu Stará Huta ovplyvnené prechodnou argilitickou a/alebo propylitickou alteráciou |
|  | lávové prúdy a epiklastické vulkanické brekcie post-minerálnej formácie Javorie  |    | nepremené andezity komplexu Stará Huta   |
|  | rimsy argilitickej alterácie obsahujúce hydrotermálne brekcie  |    | migmatity hercýnskeho podložia   |
|  | vonkajšie hranice kremenného žilníka a významnej Au-mineralizácie  |  | predpokladané zlomy  |
|  | andezit/dioritové porfýry ovplyvnené Ca/Na alebo K-alteráciou s dominantným prekrytím prechodnou argilitickou alteráciou |  | vrty   |



# Litológia



# Zásoby Au-porfýrových rúd podľa schváleného výpočtu zásob

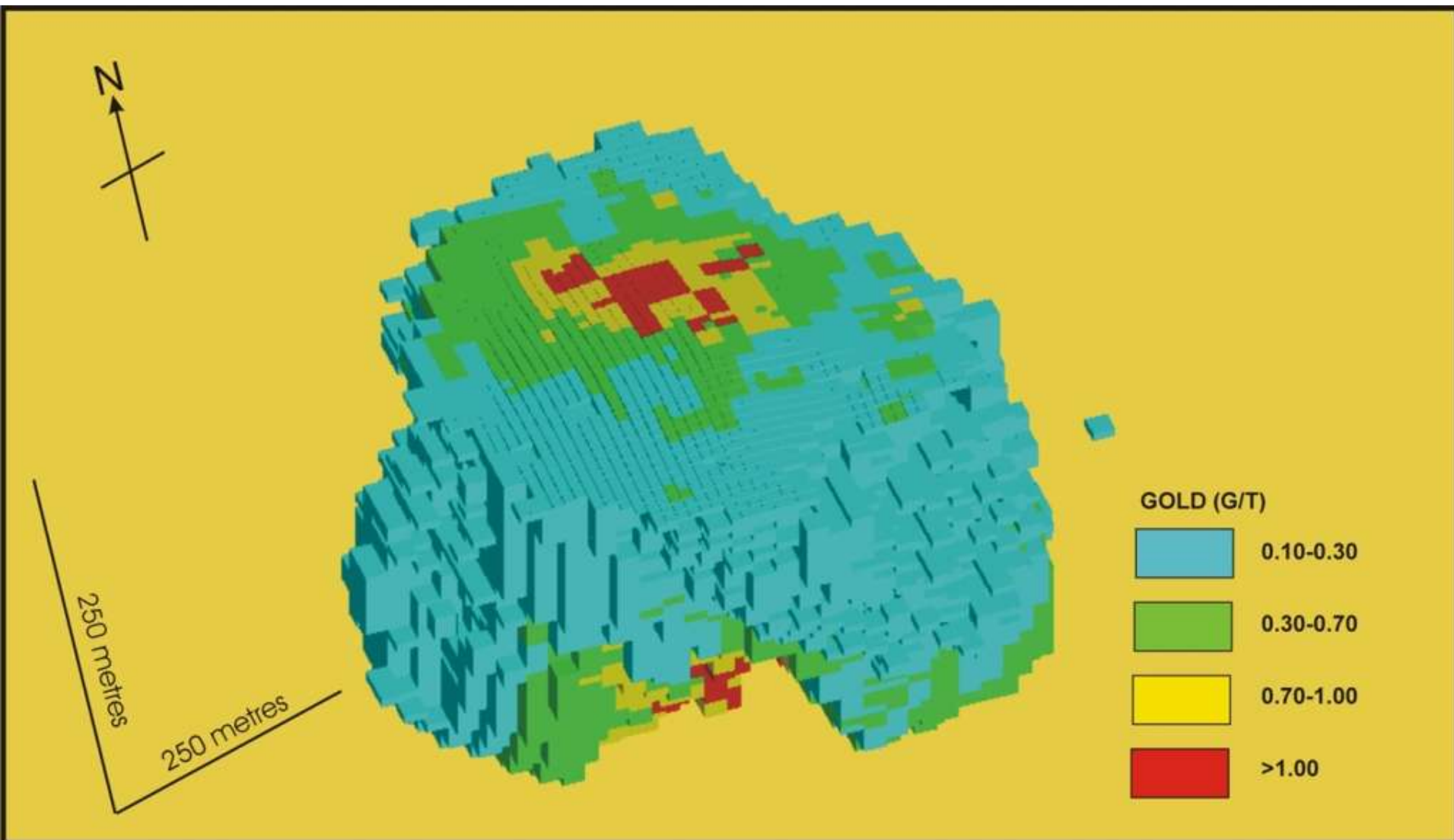
<b>I. Bilančné zásoby</b>		
<b>Kategória zásob</b>	<b>Tonáž (tis. ton)</b>	<b>Priemerná kvalita (g/t)</b>
Z-2	17 031	0,820
Z-3	14 497	0,760
Z-2 + Z-3 spolu:	31 582	0,792
<b>II. Nebilančné zásoby</b>		
Z-3	108 742	0,508

Na ložisku sa odhaduje bilančných resp. vyťažiteľných zhruba 20-25 ton zlata. Zvyšok zásob sa nachádza v nebilančnom vývoji, inak povedané, nie je ich možné za súčasného stavu ekonomicky vyťažiť.





# Výpočet zásob 3D



# Potenciálna úprava rudy

- úprava rudy je možná iba technológiou kyanidového lúhovania, ktorá je EU uznaná ako BAT pre úpravu rúd zlata (viac ako 90 % celosvetovej produkcie zlata vo viac ako 400 banských prevádzkach, výťažnosť zlata cca 80 %.)
- postačuje drvenie na 12 mm štrk - z tohto dôvodu nebude vznikáť odkalisko
- štrk bude preplachovaný čistou vodou za účelom odstránenia zvyškových kyanidov v upravenej rude. Kyanid bude recyklovaný - uzavretý systém.
- technológia úpravy takejto rudy používa roztoky s veľmi nízkym obsahom kyanidu (250-500 ppm = 0,25-0,5 ‰ kyanidu v roztoku). V prípade náhlych udalostí bude v prevádzke prítomná kyanidová deštrukčná jednotka.

Na základe predbežnej technicko-ekonomickej štúdie sa predpokladá životnosť bane približne 10 rokov, s ročnou ťažbou približne 3 mil. ton rudy, z ktorej by sa mohlo získať okolo 60 000 uncí zlata ročne.

Zbierka zákonov č. **514/2008** zo 4. novembra 2008  
**o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu**  
a o zmene a doplnení niektorých zákonov

29

Prechodné ustanovenia

(8) Koncentrácia kyanidu rozložiteľného v slabej kyseline v mieste vypúšťania kalu z úpravárenského zariadenia nesmie prekročiť

a) pri odkaliskách, ktorým sa do účinnosti tohto zákona udelilo povolenie na ich prevádzku alebo ktoré sú už k tomuto dátumu v prevádzke,

1. 50 ppm od účinnosti tohto zákona,
2. 25 ppm od 1. mája 2013,
3. 10 ppm od 1. mája 2018,

b) pri odkaliskách, ktorým sa udelilo povolenie po

1. máji 2008, 10 ppm.



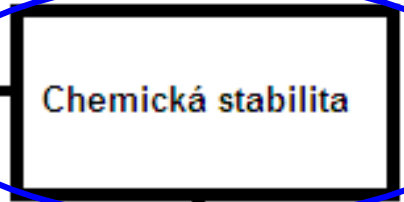
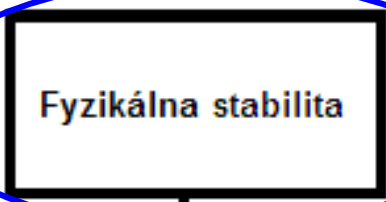
Zbierka zákonov č. 514/2008 zo 4. novembra 2008  
**o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu**  
a o zmene a doplnení niektorých zákonov

4

**Úložiská a ich kategorizácia**

- (12) Príslušný orgán zaradí úložisko do kategórie A do troch mesiacov od doručenia žiadosti podľa odseku 10, ak
- a) na základe hodnotenia rizika, najmä s prihliadnutím na súčasnú a plánovanú veľkosť úložiska, jeho umiestnenie a vplyv na životné prostredie, môže zlyhanie alebo nesprávne prevádzkovanie úložiska, najmä **zrútenie alebo zosuv** odvalu, prerazenie hrádze, viesť k závažnej havárii,
  - b) sa na úložisko ukladá ťažobný odpad kategorizovaný ako **nebezpečný odpad** podľa osobitného predpisu<sup>9</sup> v množstve presahujúcom ustanovenú prahovú hodnotu alebo
  - c) sa na úložisku nachádzajú alebo budú nachádzať chemické **látky** alebo chemické prípravky klasifikované ako **nebezpečné** podľa osobitného predpisu<sup>11</sup> v množstve presahujúcom ustanovenú prahovú hodnotu.

a



b,c

ARD- acid rock drainage (kyslé horninové výtoky)

14.2.2007, Brusel  
vypracovali Ole Hjelmar a Nils Eriksson

# Geochemické zloženie ložiska Biely vrch

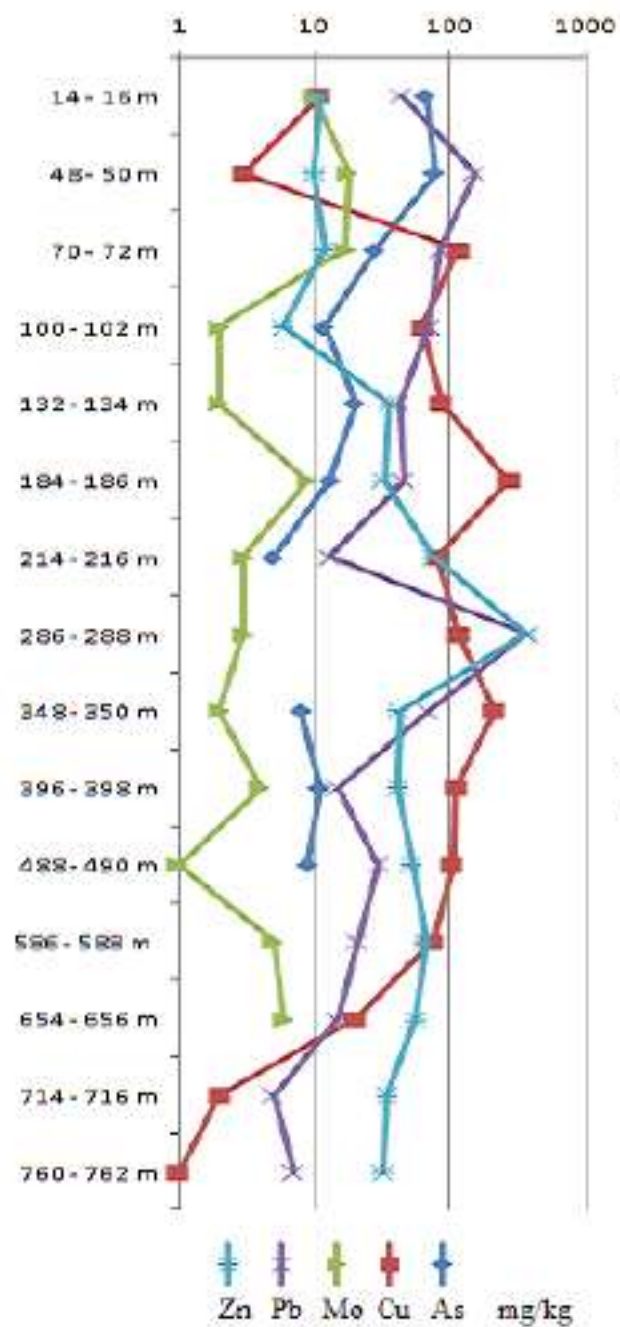
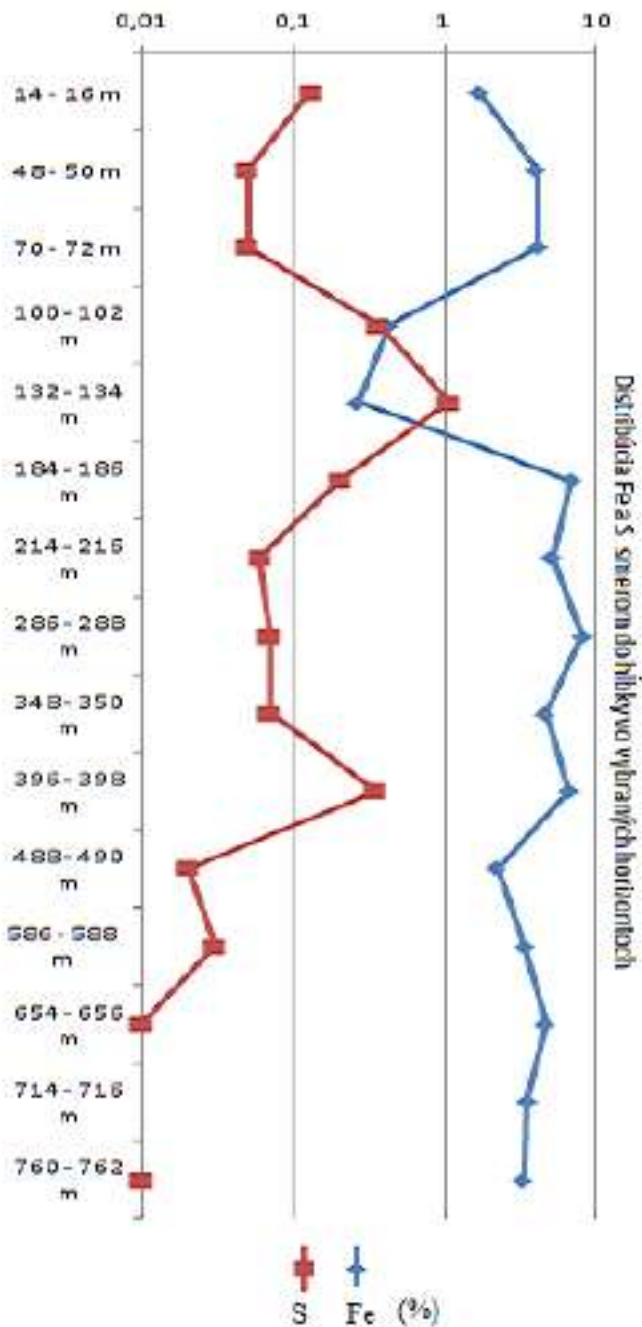
Prvok	Priemer	Maximum
Ag	0,5 ppm	50,2 ppm
Cu	0,01 %	0,33 %
Zn	0,01 %	1 %
Pb	0,01 %	1 %
Mo	10,6	0,17 %
Fe	4,39 %	28 %
S	0,43 %	8,3 %
As	20 ppm	940 ppm
Bi	0,42 ppm	376 ppm
Cd	0,93 ppm	387 ppm
Cr	7,64 ppm	402 ppm
Ni	2,37 ppm	380 ppm
Sb	5 ppm	46 ppm
Au	0,45 ppm	45,2 ppm





# Celkové obsahy vybraných prvkov vo vrte DVE-51

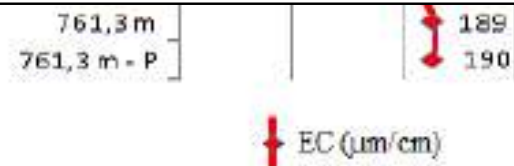
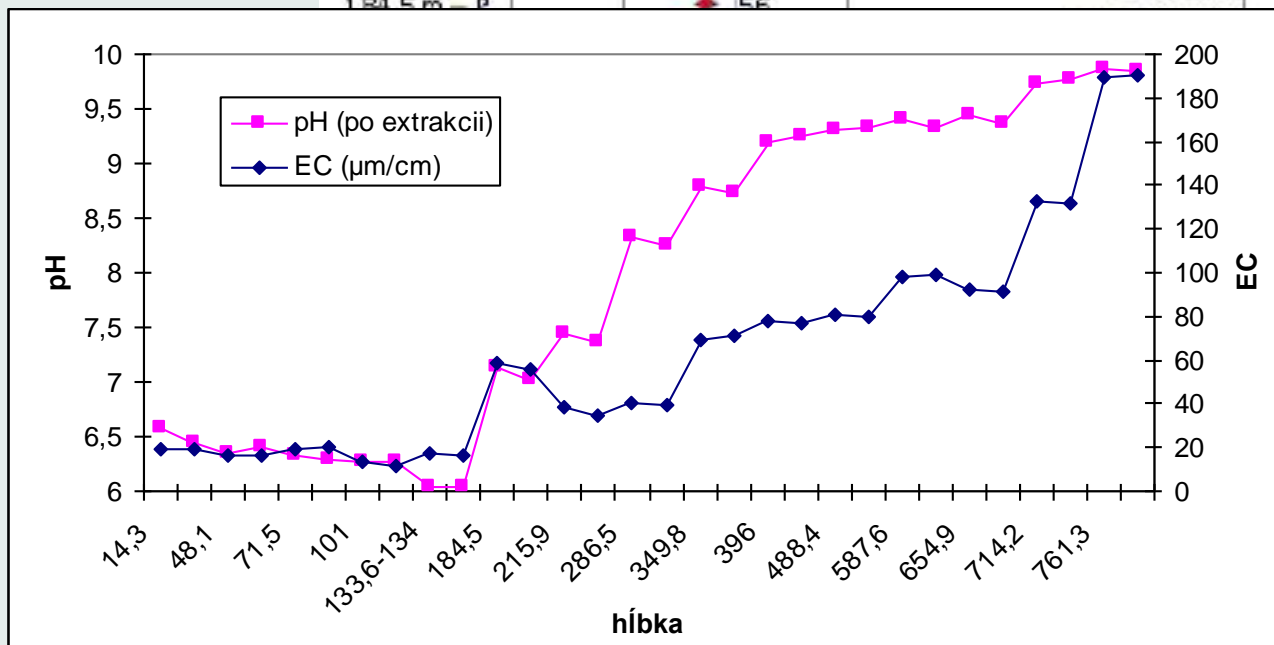
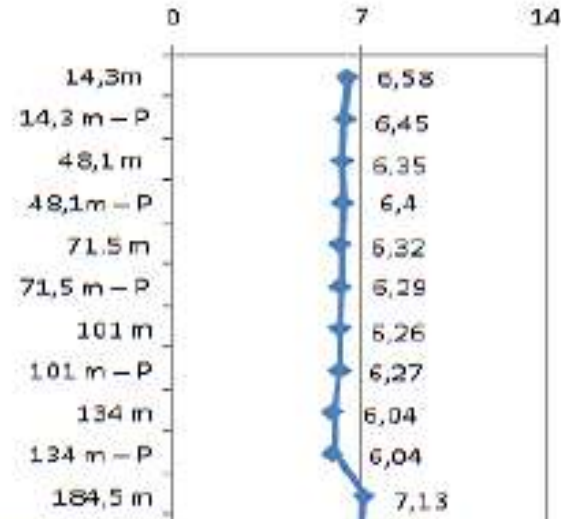
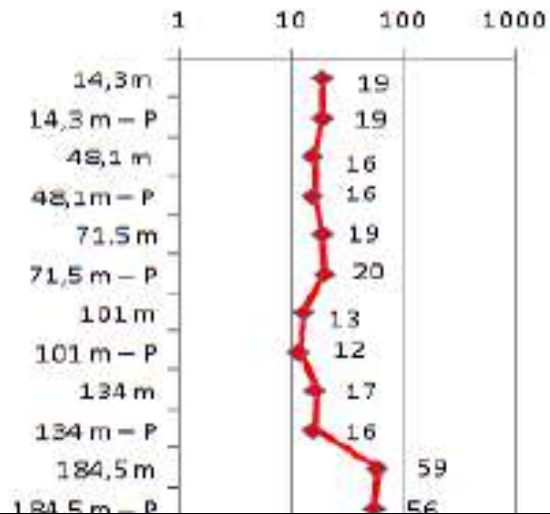
		<b>Au</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Mo</b>	<b>S</b>
<b>vrť</b>	<b>hĺbka</b>	<b>ppm</b>	<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>%</b>
DVE-51	14	0.18	1.66	11	44	11	67	<0.5	10	0.13
DVE-51	48	2.51	4.07	91	154	10	78	<0.5	18	0.05
DVE-51	72	0.50	4.14	115	85	12	28	<0.5	17	0.05
DVE-51	101	1.80	0.43	63	71	6	12	<0.5	2	0.36
DVE-51	134	1.11	0.27	87	43	36	20	<0.5	2	1.07
DVE-51	185	0.57	6.84	273	46	33	13	<0.5	9	0.20
DVE-51	216	0.29	5.15	82	13	77	5	0.5	3	0.06
DVE-51	287	0.24	8.16	115	367	369	<5	4.3	3	0.07
DVE-51	350	1,15	4,68	213	69	43	8	<0.5	2	0,07
DVE-51	396	0,13	6,65	112	15	42	11	<0.5	4	0,35
DVE-51	488	3,32	2,23	106	30	54	9	<0.5	1	0,02
DVE-51	588	0,52	3,38	75	21	67	<5	<0.5	5	0,03
DVE-51	655	0,08	4,65	20	15	57	<5	<0.5	6	0,01
DVE-51	714	<0.01	3,51	2	5	35	<5	<0.5	<1	<0.01
DVE-51	761	<0.01	3,31	1	7	32	<5	<0.5	<1	0,01
<b>DVE-51</b>	<b>priemer</b>	<b>0,8</b>	<b>4,28</b>	<b>209</b>	<b>54</b>	<b>122</b>	<b>35</b>	<b>0,6</b>	<b>7</b>	<b>0,20</b>





# DVE-51

## pH a vodivost'



pH

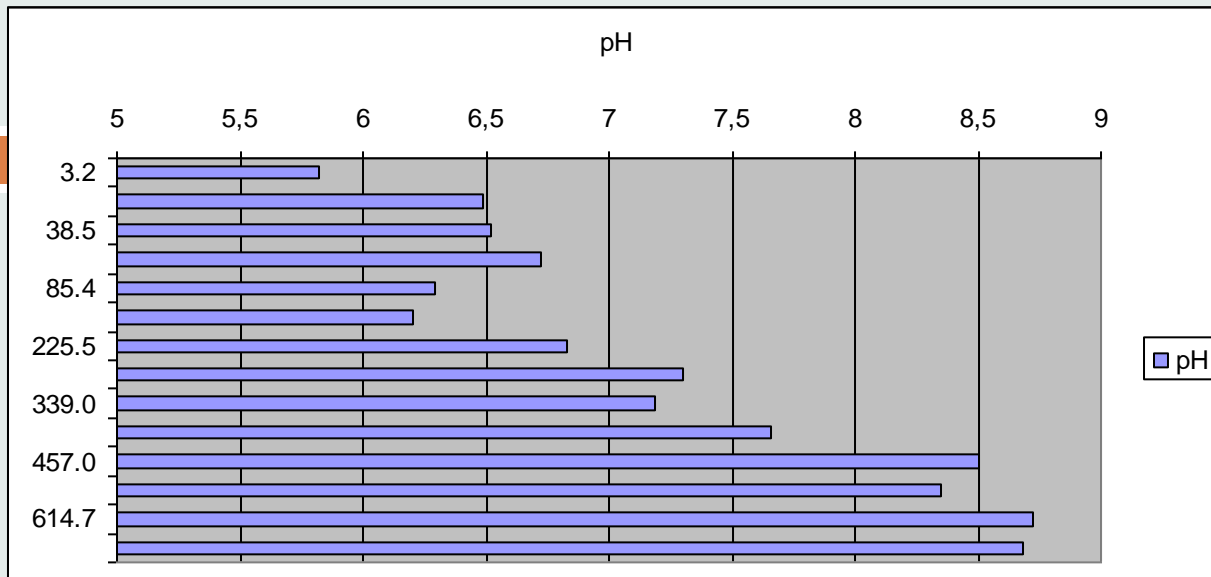
↓ pH

↓ EC (µm/cm)

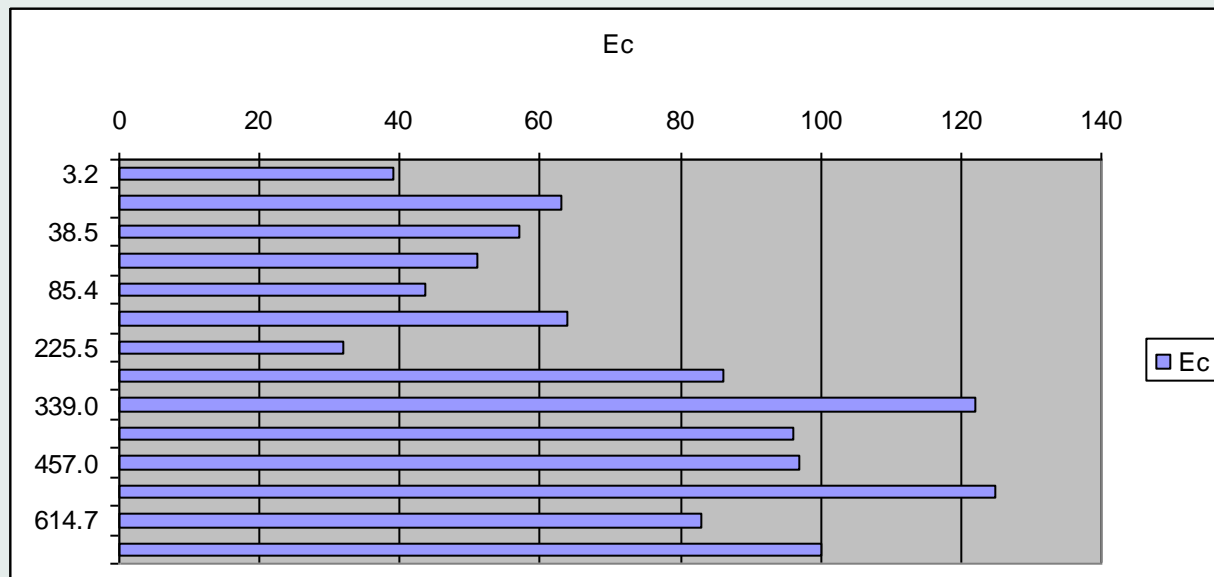
# Celková analýza – DVE-52

			Au	As	Cu	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Zn
			ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm
DVE-52	2	4	1,63	32	153	2,34	5	71	0,06	<5	19
DVE-52	20	22	0,26	30	132	3,32	7	56	<0.01	<5	32
DVE-52	38	40	2,83	21	25	1,19	1	67	0,09	<5	27
DVE-52	42	44	1,65	30	27	1,22	2	277	0,09	<5	41
DVE-52	84	86	0,52	24	340	2,51	9	36	1,15	<5	17
DVE-52	154	156	1,55	20	586	2,49	1	76	0,47	<5	19
DVE-52	224	226	0,72	15	29	0,44	4	13	0,34	0	37
DVE-52	306	308	0,83	0	320	9,86	0	34	0,32	0	59
DVE-52	338	340	0,34	22	155	2,68	4	8	0,34	0	20
DVE-52	410	412	0,54	0	196	6,18	0	21	0,17	0	104
DVE-52	456	458	1,74	5	143	3,6	1	43	0,08	0	58
DVE-52	520	522	0,34	9	141	5,13	5	23	0,2	0	112
DVE-52	614	616	0,72	0	138	5,19	0	13	0,03	0	129
DVE-52	658	660	0,94	0	244	5,41	0	19	0,05	0	95
<b>priemer</b>			<b>1,04</b>	<b>14,86</b>	<b>187,79</b>	<b>3,68</b>	<b>2,79</b>	<b>54,07</b>	<b>0,26</b>	<b>0,00</b>	<b>54,93</b>
<b>minimum</b>			<b>0,26</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>0,44</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0,03</b>	<b>0</b>	<b>17</b>
<b>naximum</b>			<b>2,83</b>	<b>32</b>	<b>586</b>	<b>9,86</b>	<b>9</b>	<b>277</b>	<b>1,15</b>	<b>0</b>	<b>129</b>

# DVE-52



## pH a vodivost'

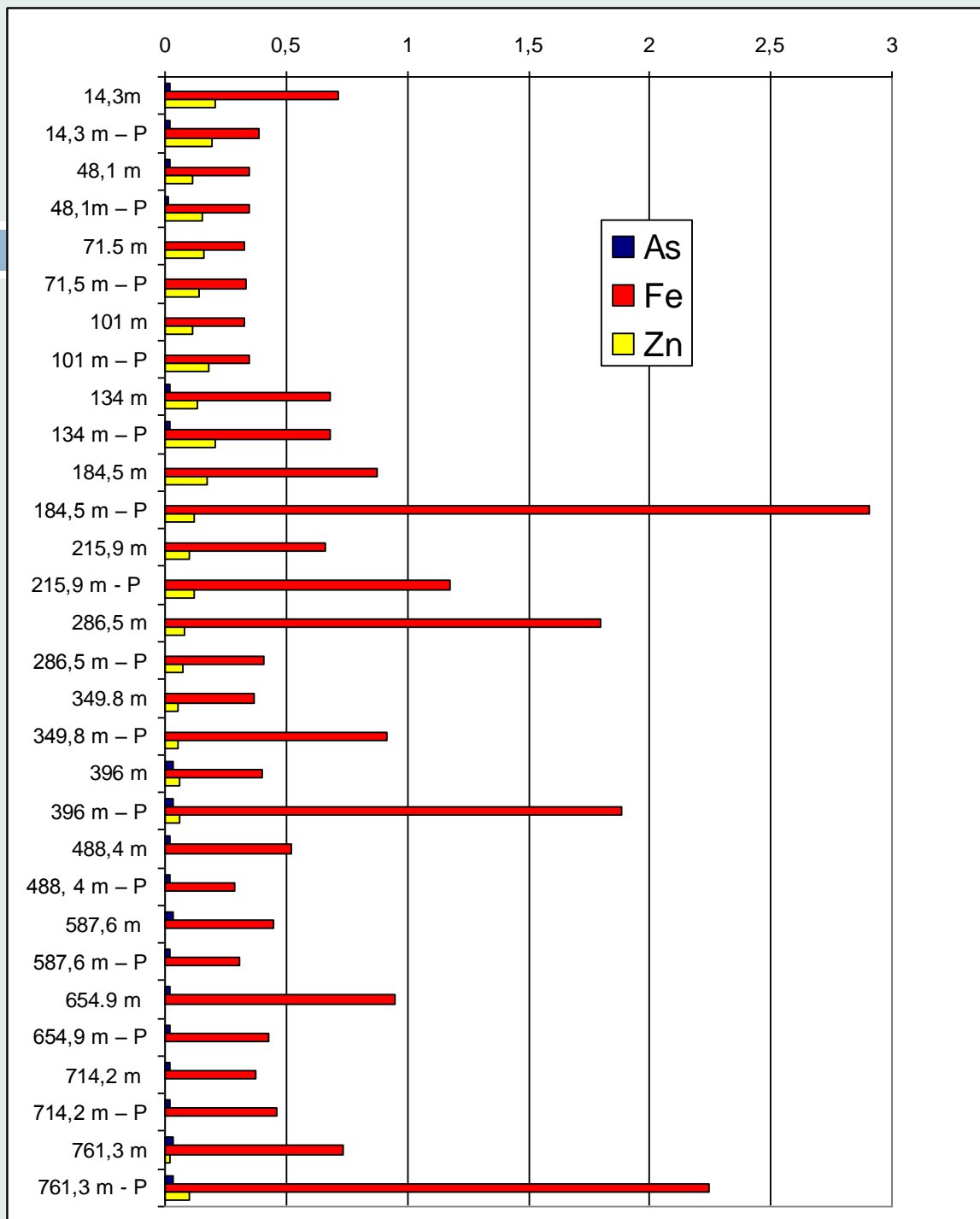


			K	Mg	Mn	Na	Ca	Cd	Co	Cr
			%	%	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm
DVE-52	2	4	0,26	0,14	19	0,02	0,08	<0.5	8	24
DVE-52	20	22	0,74	0,61	54	0,03	0,46	0,9	23	21
DVE-52	38	40	0,02	0,06	20	0,02	0,16	<0.5	2	13
DVE-52	42	44	0,02	0,04	30	0,02	0,14	<0.5	3	13
DVE-52	84	86	1,34	0,24	17	0,03	0,17	0,6	34	17
DVE-52	154	156	0,89	0,07	6	0,02	0,2	0,5	33	15
DVE-52	224	226	0,16	0,01	35	0,06	0,07	0	3	10
DVE-52	306	308	1,86	2,73	91	0,18	1,86	0,6	10	9
DVE-52	338	340	1,25	0,68	40	0,05	0,43	0	7	18
DVE-52	410	412	2,18	1,84	89	0,08	0,84	0	9	7
DVE-52	456	458	2,45	1,53	128	0,26	1,48	0	8	5
DVE-52	520	522	0,32	1,22	476	1,47	5,1	0,7	9	4
DVE-52	614	616	0,39	1,6	579	2,19	5,63	0,5	5	5
DVE-52	658	660	3,63	0,83	456	2,8	3,1	0	8	5
<b>priemer</b>			1,107857	0,828571	145,7143	0,516429	1,408571	0,345455	11,57143	11,85714
<b>minimum</b>			0,02	0,01	6	0,02	0,07	0	2	4
<b>naximum</b>			3,63	2,73	579	2,8	5,63	0,9	34	24



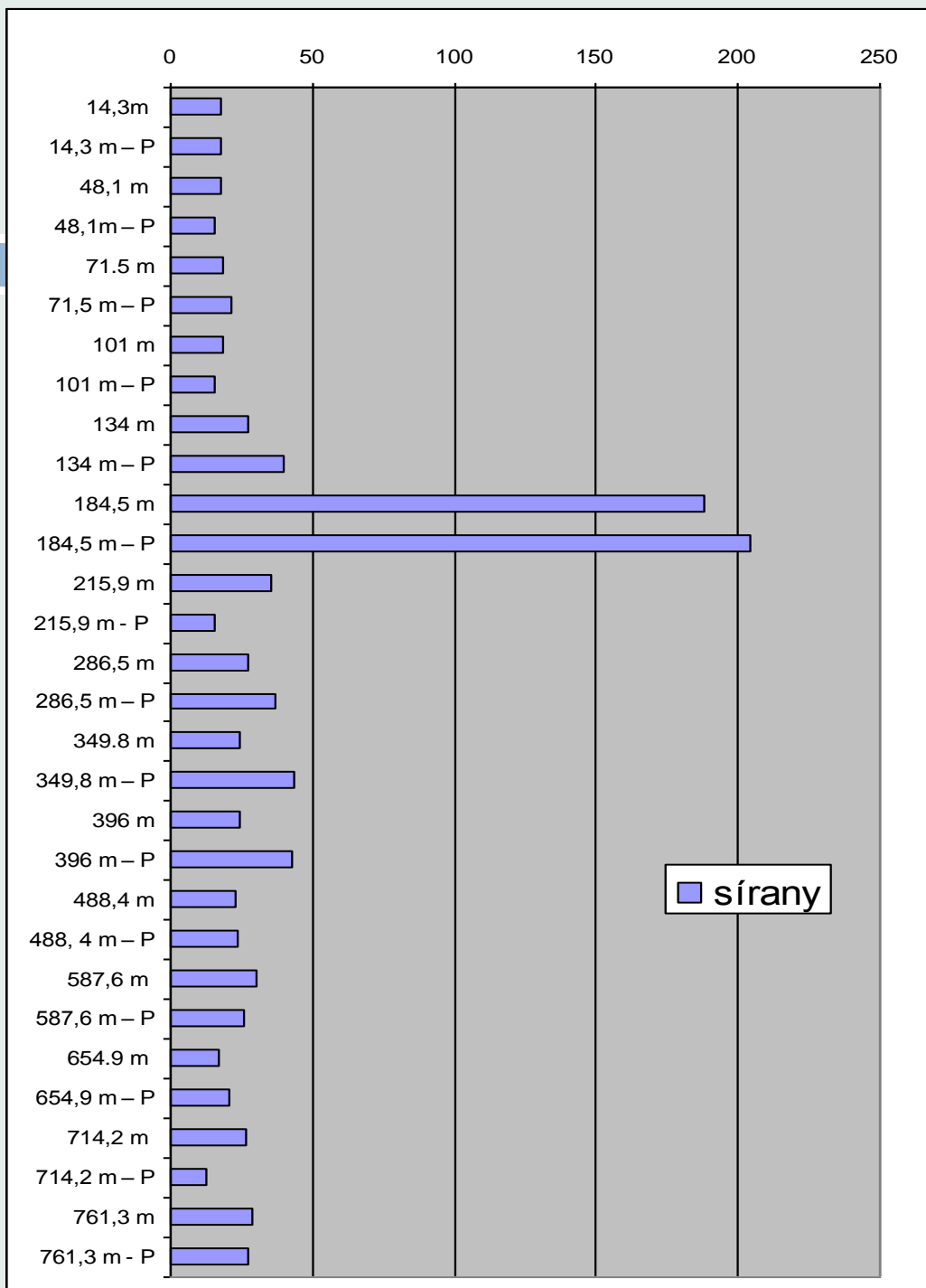
# DVE – 51

## vodný výluh



# DVE – 51

## vodný výluh

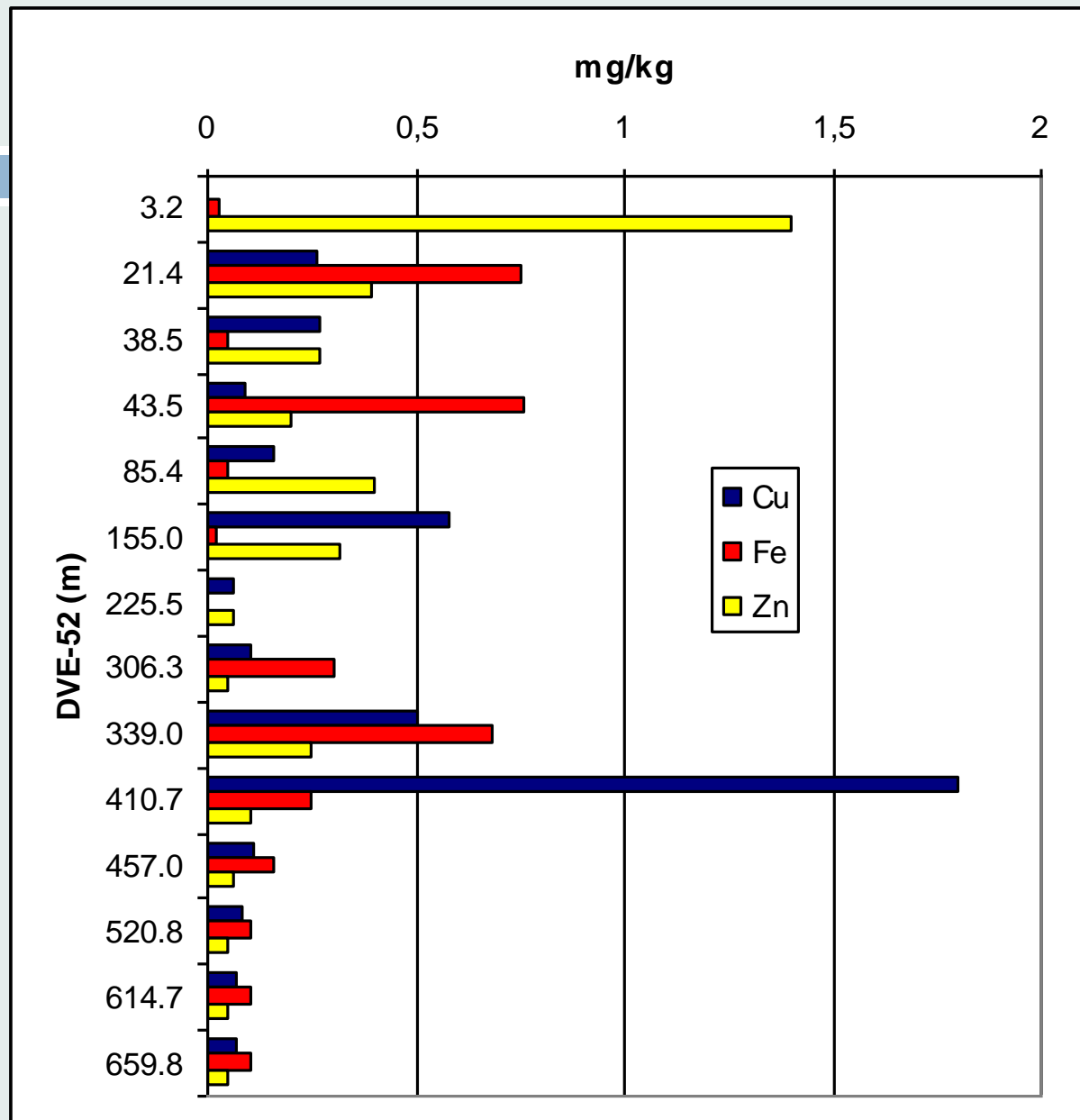


# Porovnanie vodných výluhov a celkových analýz

<b>DVE-51</b>	<b>As</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>SO4</b>
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>priemer</b>	0,02	0,18	0,75	0,13	36,27
<b>min</b>	0,01	0,17	0,29	0,05	12,24
<b>max</b>	0,03	0,19	2,91	0,20	204,10
<b>median</b>	0,02	0,18	0,45	0,12	24,48
<b>priemer TA</b>	18,40	91,07	4,06	58,93	0,08

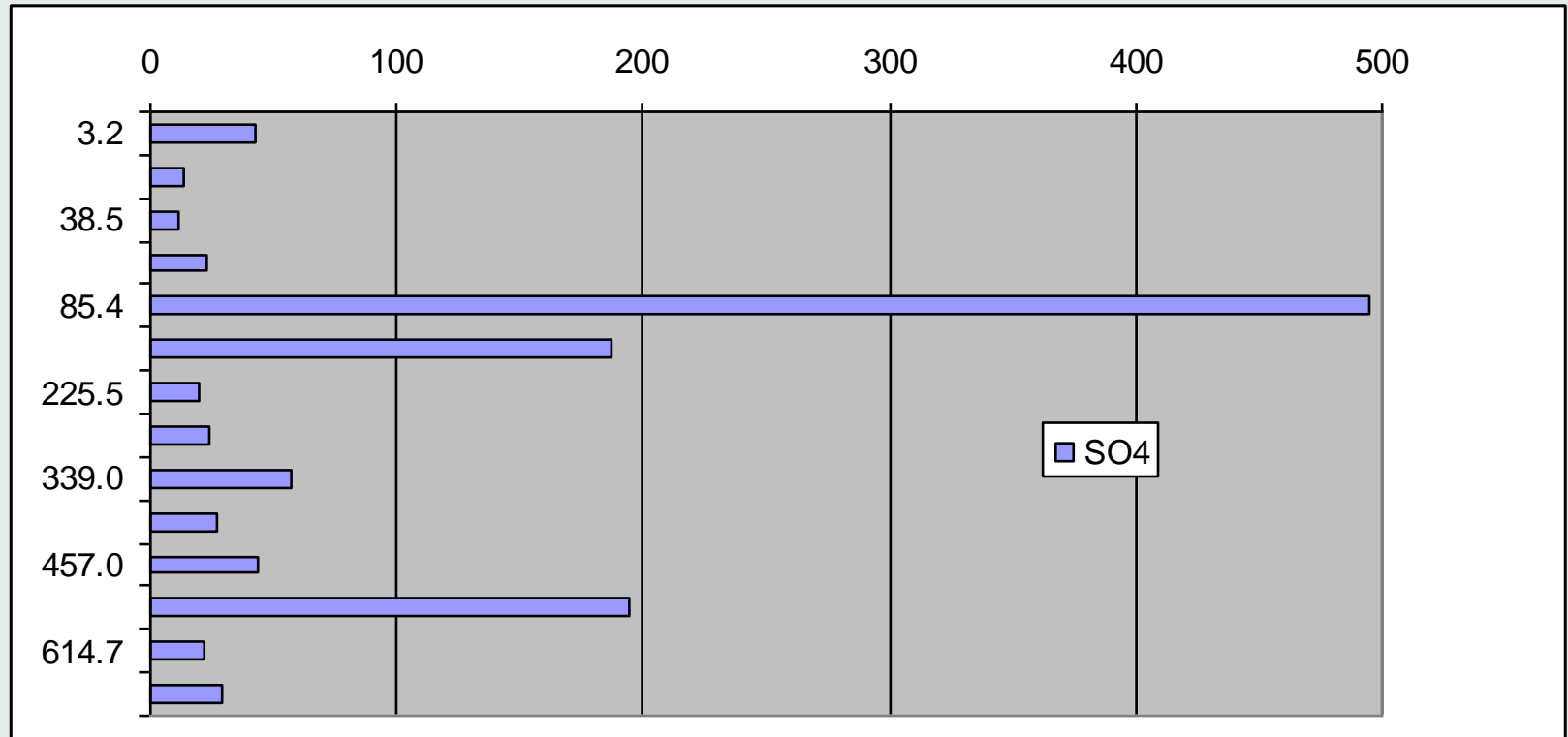
# DVE – 52

## vodný výluh





# DVE-52 – vodný výluh - sírany



**Limitné hodnoty vo vodnom výluhu pre hodnotenie odpadu,  
zaradenie medzi inertný, nie nebezpečný a nebezpečný odpad  
(2003/33/ES).**

Ukazovateľ/ parameter	Inertný odpad	Nie nebezpečný odpad	Nebezpečný odpad
	v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny	v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny	v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny
As	0,5	2	25
Ba	20	100	300
Cd	0,04	1	5
Cr celkový	0,5	10	70
Cu	2	50	100
Hg	0,01	0,2	2
Mo	0,5	10	30
Ni	0,4	10	40
Pb	0,5	10	50
Sb	0,06	0,7	5
Se	0,1	0,5	7
Zn	4	50	200
sířany	1 000	20 000	50 000
DOC	500	800	1 000
TDS	4 000	60 000*	100 000*

# Neutralizačný a acidifikačný potenciál

Čistý neutralizačný potenciál (Net Neutralisation Potential, NNP) materiálu odkaliska sa numericky vypočíta z údajov:

$$\text{NNP} = \text{NP} - \text{APP} \quad \text{kde,}$$

- a) acidifikačný potenciál – APP (Acid Production Potential)
- b) neutralizačného potenciálu – NP (Neutralisation Potential)

nakoľko hodnoty NNP vhodne zaraďuje do troch kategórií:

hodnoty NNP nižšie ako -20 (kg CaCO<sub>3</sub>/t) dokumentujú tvorbu kyslosti

hodnoty NNP vyššie ako +20 (kg CaCO<sub>3</sub>/t) materiál nie je schopný tvoriť kyslosť

hodnoty NNP v rozmedzí -20 až +20 (kg CaCO<sub>3</sub>/t) je ťažké priamo rozhodnúť do akej miery materiál bude/nebude tvoriť kyslosť. (Jedná sa o tzv. hodnoty neistoty).

Lapakko (1993),



Fizz rating (reakcia)	HCl (ml)	HCl (molalita)
žiadna	20	0,1
slabá	40	0,1
stredná	40	0,5
silná	50	0,5





DVE-51	NP	AP	NNP	S (%)
14,3	0	4,0625	-4,0625	0,13
14,3	0	4,0625	-4,0625	0,13
71,5	0	1,5625	-1,5625	0,05
71,5	0	1,5625	-1,5625	0,05
134	0	33,43	<b>-33,43</b>	<b>1,04</b>
134	0	33,43	<b>-33,43</b>	<b>1,04</b>
215,9	15,25	1,875	13,375	0,06
215,9	16,325	1,875	14,45	0,06
349,8	9,257	2,1875	7,0695	0,07
349,8	9,257	2,1875	7,0695	0,07
488,4	0	0,625	-0,625	0,02
488,4	0	0,625	-0,625	0,02
654,9	1,125	0,3125	0,8125	0,01
654,9	4,925	0,3125	4,6125	0,01
761,3	3,375	0,3125	3,0625	0,01
761,3	0	0,3125	-0,3125	0,01

# Závery

- vyluhovateľnosť potenciálne toxických prvkov sa ukázala ako veľmi nízka, v prípade niektorých prvkov bola pod detekčný limit
- sledované vzorky nevykazujú žiadny acidifikačný potenciál, teda nie je možné predpokladať že by po vystavení atmosferickým podmienkam na hlade produkovali kyslé banské vody

V nasledujúcom období je potrebné testovať viac vzoriek z rôznych častí ložiska, aby bolo možné komplexne posúdiť a predpokladať správanie sa materiálu uskladneného po vyťažení na haldách.