



PRIESKUM A NÁVRH SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE PEZINOK – RUDNÉ BANE - ODKALISKÁ

Peter Šottník, Ľubomír Jurkovič, Jaroslav Vozár, Jozef Čopan,
Ondrej Brachtýr

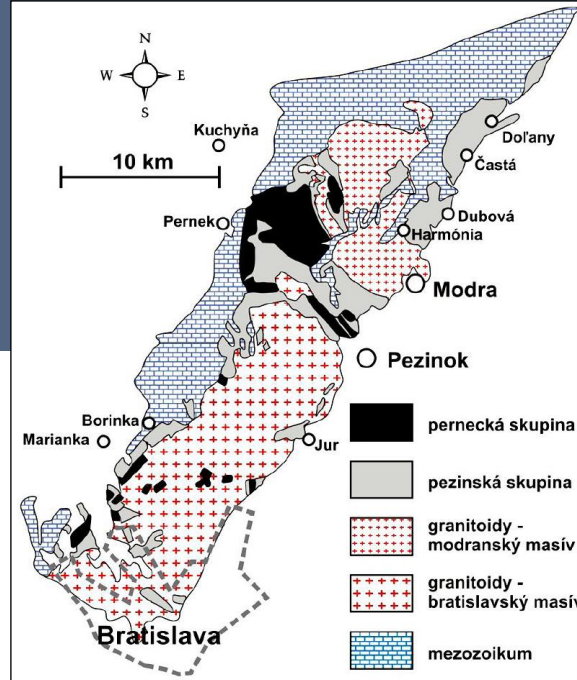
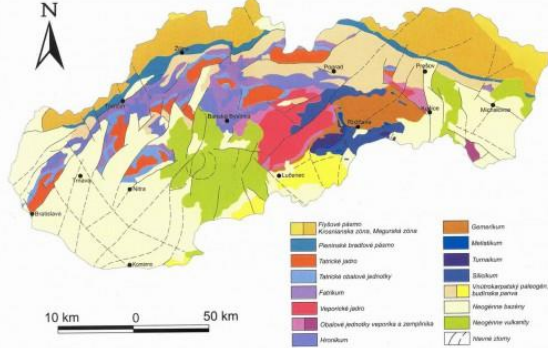




Názov geologickej úlohy:	Sanácia lokalít
Názov časti geologickej úlohy:	PK (017) / Pezinok - Rudné bane – odkaliská (SK/EZ/PK/656)
Číslo geologickej úlohy:	96/2020
Registračné číslo Geofondu:	96/2020
Druh geologických prác:	Sanácia environmentálnej záťaže
Etapa geologického prieskumu:	Doplnkový geologický prieskum životného prostredia
Doba riešenia geologickej úlohy:	01/2020 – 03/2020
Objednávateľ:	Rudné bane, štátny podnik Havranské 11, 974 32 Banská Bystrica
Zhotoviteľ geologických prác:	Skupina dodávateľov v zložení: DEKONTA Slovensko, spol. s r.o. Odeská 49, 821 06 Bratislava DEKONTA a.s. Dřetovice 109, 273 42 Stehelčevy, ČR MM REVITAL a. s. Šustekova 10, 851 04 Bratislava
Zodpovedný riešiteľ:	RNDr. Ondřej Urban, PhD. RNDr. Ľubomír Jurkovič, PhD. Doc. Mgr. Peter Šottník, PhD. Mgr. Ondrej Brachtýr Mgr. Tomáš Faragó, PhD. Mgr. Tatsiana Kulikova Ing. Vladimír Keklák RNDr. Tomáš Gregor, CSc. Doc. RNDr. Martin Bednárík, PhD. RNDr. Andrej Machlica, PhD. RNDr. Ján Chovanec Mgr. Jana Kolářová Mgr. Martin Kolesár, PhD. Mgr. Peter Greš Mgr. Róbert Zavadiak Mgr. Martina Krnačová Mgr. Soňa Šmidovičová Ing. Michaela Borošová Mgr. Ján Štefánek Ing. Jozef Čopan, PhD.
Spoluriešitelia:	

Geologické práce - realizované formou **doplnkového geologického prieskumu ŽP** a aktualizácie analýzy rizika znečisteného územia, ktorej **úlohou bolo získať doplňujúce údaje** pre aktualizáciu predsanačnej analýzy rizika znečisteného územia a na základe jej výsledkov **spresniť rozsah sanácie a realizáciu konkrétnych sanačných postupov na lokalite.**

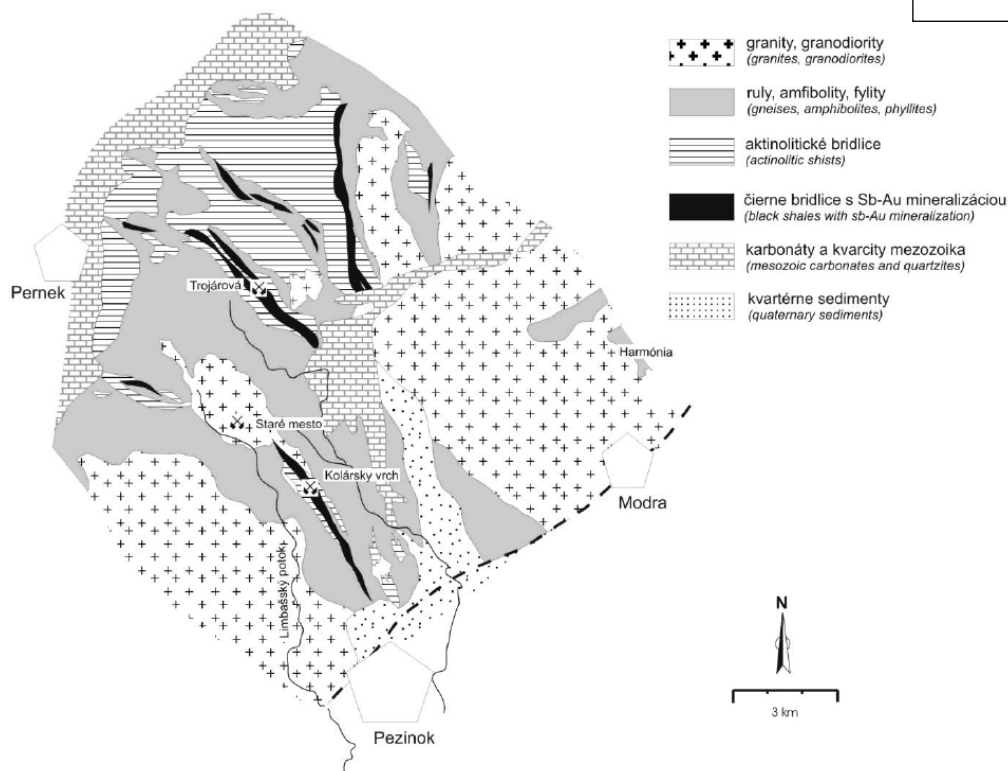


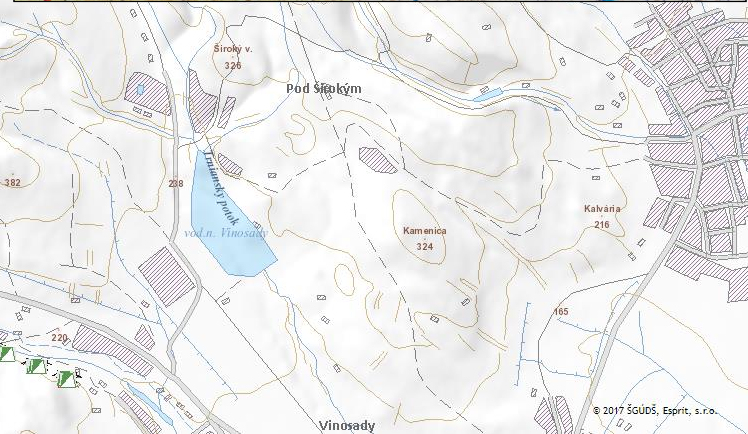
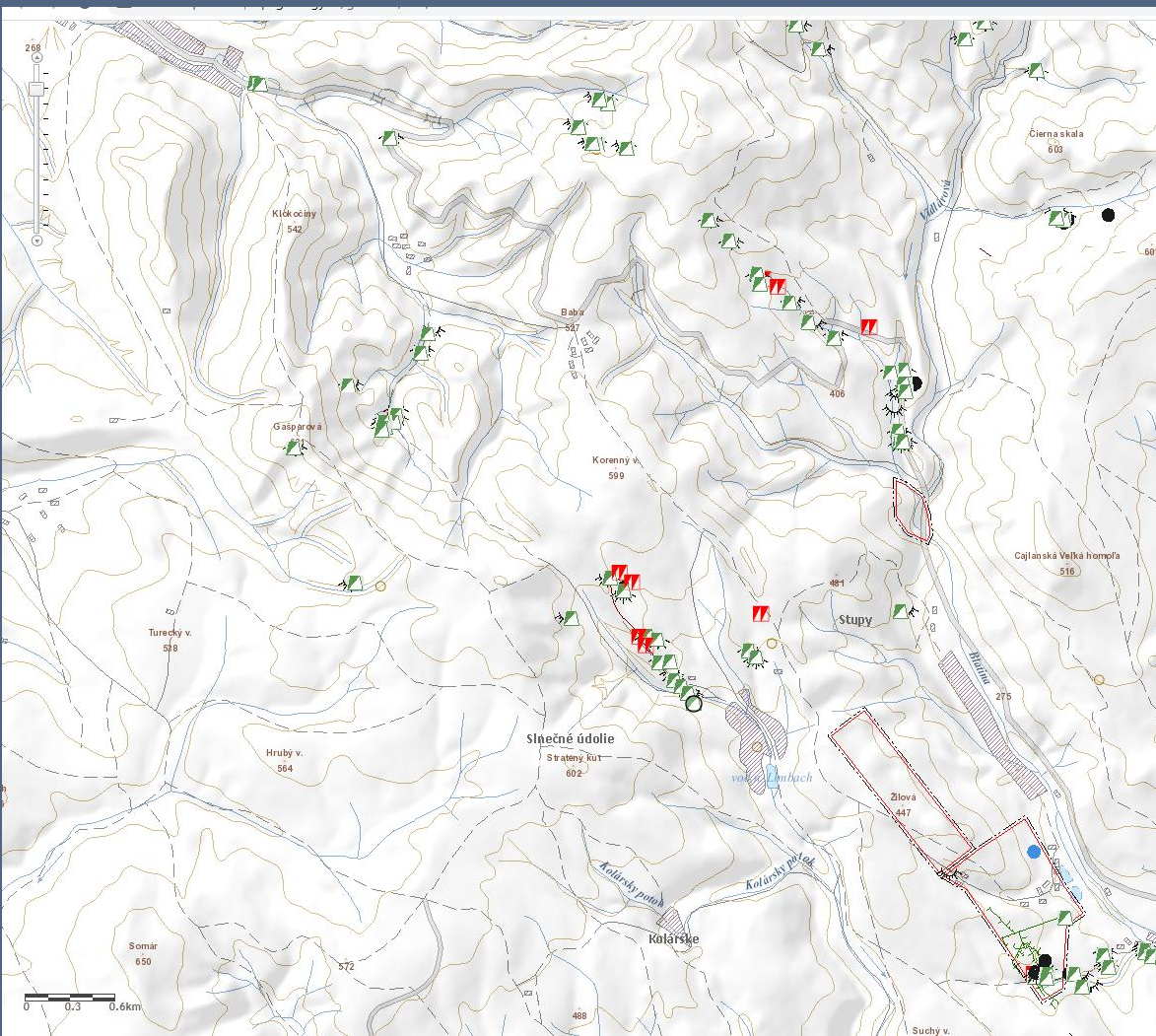


Malé Karpaty - neohercýnske a/alebo paleoalpínske mineralizácie

Pezinok - Sb-Au mineralizácia

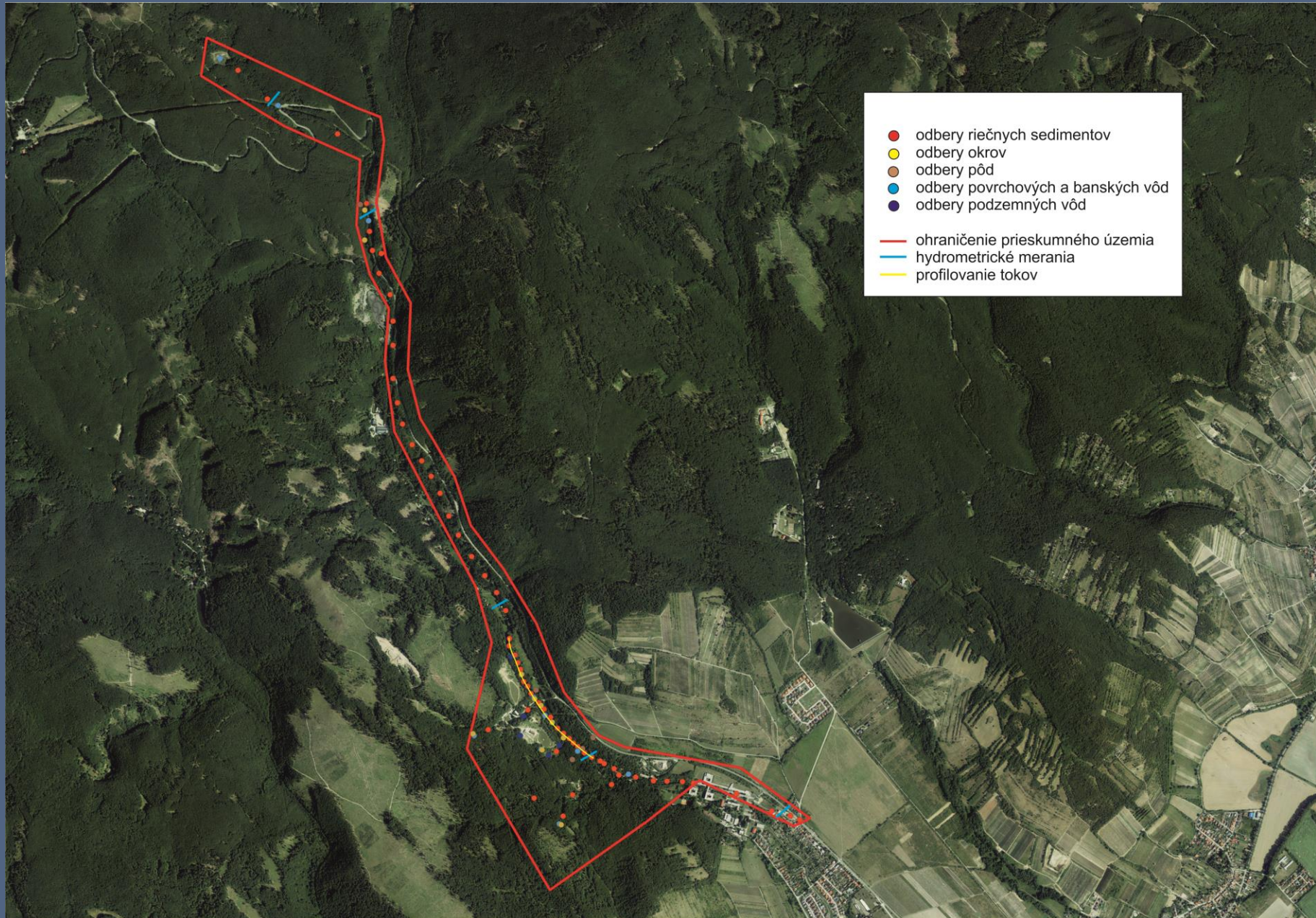
- **stratiformná hydrotermálna** mineralizácia v zónach čiernych fylitov v aktinolitckých bridliciach a amfibolitoch pezinsko-perneckého kryštalinika
- ložiská Kolársky vrch (najväčšie), Trojárová, Pernek, Kuchyňa
- vyťažené 957 kt rúd s **9,8 kt Sb** (1918-1985)
- zásoby 2171 kt Au rudy s 3-3,3 g/t
- nebilančné zásoby 260 kt rúd s 3,2 % Sb a 2,6 g/t Au 19 % S





	staré (juh)	nové (sever)
objem	271 000 m ³	210 640 m ³
plocha	24 300 m ²	21 150 m ²
výška hrádze	13,2 m	15 m
prevádzka	1945 – 1984	1982 - 1991

Vymedzenie územia pre doplnkový prieskum a lokalizácia realizovaných geologických prác



Rozsah technických prác spojených s aktualizáciou výsledkov predsanačnej AR

- 5 plytkých sond
- 5 odberov vzoriek zemín (pôd)
- 60 odberov riečnych sedimentov
- 10 odberov okrových precipitátov
- 15 odberov vzoriek vôd (5x podzemné vody, 5x bankské vody, 5x povrchové vody)
- 2 kolá režimových pozorovaní



Prehľad kontaminantov prekračujúcich limity v jednotlivých skupinách vzoriek

IDENTIFIKOVANIE DOMINANTNE NEBEZPEČNÝCH ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK

V hodnotenom území sa nachádzajú nasledujúce znečisťujúce látky v koncentráciách prekračujúcich indikačné kritérium (ID) podľa Smernice MŽP SR č.1/2015-7:

podzemné vody: **Sb, As**

pôdy a zeminy v pásme prevzdušnenia a zeminy v pásme nasýtenia: **Sb, As**

riečne sedimenty: **Sb, As, Ni** (len 3 vzorky nad ID)

geologický substrát	ID kritérium	IT kritérium
Riečne sedimenty	Ni	As, Sb
Podzemná voda	As (Fe, SO ₄ ²⁻)	Sb
Banská voda	Ni (Mn, Fe, SO ₄ ²⁻)	As, Sb
Povrchová voda	Fe, As, Sb, Ni, Cu, Zn	
Zeminy	Ni	As, Sb
Okrové precipitáty	Ni, Zn	As, Sb

Kontaminácia banských vôd zo štôlní a zbernej nádrže

št. Trojárová št. Budúcnosť št. Sirková št. Pyritová zberná nádrž RB

označenie		kritérium		PK-BV-1	PK-BV-2	PK-BV-3	PK-BV-4	PK-BV-5
		ID	IT					
Fe	mg/l	0,2		0,221	6,07	9,54	1,03	35,4
Mn	mg/l	0,2			1,58		0,274	2,27
sírany	mg/l	250		92,2	241,7	295,1	659,5	703
RL105	mg/l	2000	3000		470		1100	1400
As	µg/l	50	100	24	58	66	87	26 700
Sb	µg/l	25	50	275	83	44	513	733
Ni	µg/l	100	200	< DL	90	150	20	50

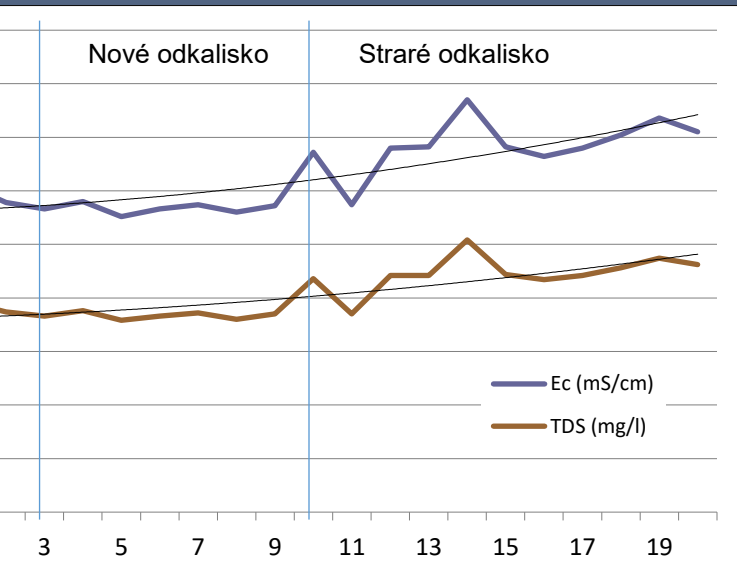
Poznámka: ID/IT kritérium pre priemysel - smernica MŽP SR č. 1/2015-7), kritérium pre Fe, Mn, SO₄²⁻ - MH z NV č. 496/2010 Z.z.



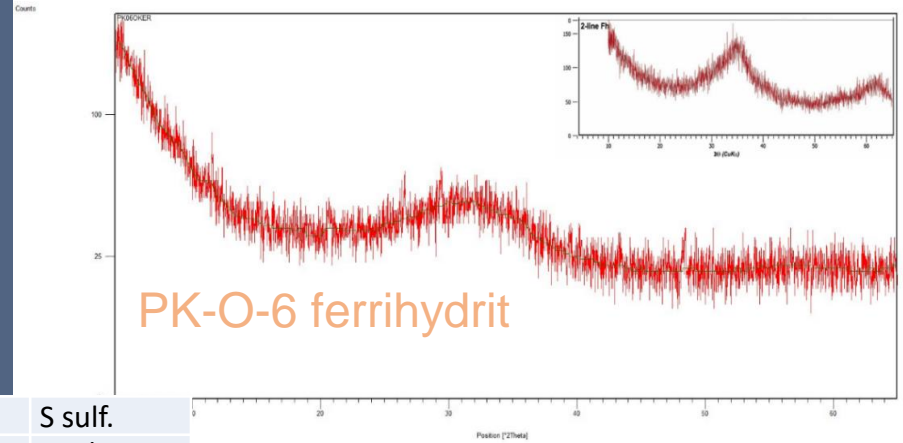
označenie		kritérium	PK-PV-1	PK-PV-2	PK-PV-3	PK-PV-4	PK-PV-5
pH		6-8,5	7,8	7,3	7,7	7,7	8,1
vodivost	mS/m	110	40,2	49,3	29,78	30	33,8
Fe	mg/l	2	0,107	9,93	0,463	0,436	0,433
Mn	mg/l	0,3	0,009	0,264	0,028	0,065	
sírany	mg/l	250	131,2	160,4	62,8	71	56,4
As	µg/l	7,5 + 10	5	5	67	67	64
Sb	µg/l	25	135	13	19	19	32
Cd	µg/l	0,5	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Cr	µg/l	9 + 1	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Ni	µg/l	20 + 2	< D	110	< DL	< DL	< DL
Cu	µg/l	4,8 + 10	< D	40	< DL	< DL	< DL
Pb	µg/l	7,2 + 1	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Zn	µg/l	35,1 + 25	14	165	11	13	16
Ba	µg/l	1000	22	28	37	37	38
Hg	µg/l	0,07 + 0,05	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL

označenie		kritérium		PK-BV-1	PK-BV-2	PK-BV-3	PK-BV-4	PK-BV-5
		ID	IT					
pH		6,5-8,5	6-9	8,07	7,94	7,61	8,28	7,15
vodivost	mS/m	200	300	45,6	59,0	77,1	129,8	170,8
Fe	mg/l	0,2		0,221	6,07	9,54	1,03	35,4
Mn	mg/l	0,2			1,58		0,274	2,27
sírany	mg/l	250		92,2	241,7	295,1	659,5	703
As	µg/l	50	100	24	58	66	87	26 700
Sb	µg/l	25	50	275	83	44	513	733
Cd	µg/l	5	20	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Cr	µg/l	150	300	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Ni	µg/l	100	200	< DL	90	150	20	50
Cu	µg/l	1000	2000	< DL	11	7	< DL	< DL
Pb	µg/l	100	200	< DL	< DL	10	< DL	< DL
Zn	µg/l	1500	5000	16	72	171	13	14
Ba	µg/l	1000	2000	17	26	20	25	30
Hg	µg/l	2	5	0,1	< DL	< DL	< DL	< DL

označenie		kritérium		PK-UV-1	PK-UV-2	PK-UV-3	PK-UV-4	PK-UV-5
		ID	IT					
pH		6,5-8,5	6-9	7,29	7,33	7,24	7,45	6,72
vodivost	mS/m	200	300	87,1	72,5	86,4	80,2	110,2
Fe	mg/l	0,2		0,844	0,211	0,59	0,201	0,835
Mn	mg/l	0,2		0,19	0,019	0,048		
sírany	mg/l	250		254,1	58,8	353,2	37	716,6
As	µg/l	50	100	61	3	2	35	23
Sb	µg/l	25	50	217	6	31	84	325
Cd	µg/l	5	20	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Cr	µg/l	150	300	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Ni	µg/l	100	200	10	< DL	< DL	< DL	< DL
Cu	µg/l	1000	2000	< DL	6	< DL	< DL	< DL
Pb	µg/l	100	200	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
Zn	µg/l	1500	5000	5	7	5	< DL	19
Ba	µg/l	1000	2000	35	115	83	20	31
Hg	µg/l	2	5	< DL	< DL	0,2	< DL	< DL



Chemické zloženie okrových zrazenín z lokality Pezinok.



označenie	Fe mg/kg suš.	Al mg/kg suš.	Mn mg/kg suš.	TOC mg/kg suš.	S celk. mg/kg suš.	S sulf. mg/kg suš.
PK-O- 1	333 177	10 972	35 479	3,27	1 824	29
PK-O- 2	313 622	10 730	10 120	6,01	1 230	133
PK-O- 3	240 471	1 535	291	0,00	5 549	13
PK-O- 4	148 037	14 462	8 536	4,01	985	108
PK-O- 5	289 003	11 530	18 515	8,39	1 240	20
PK-O- 6	292 357	1 105	5 662	0,00	8 254	901
PK-O- 7	157 534	9 370	980	4,07	2 256	481
PK-O- 8	211 191	5 288	1 057	8,18	30 010	660
PK-O- 9	110 763	29 453	997	0,00	1 735	239
PK-O- 10	155 665	32 271	479	0,00	2 239	308

označenie	As mg/kg suš.	Sb mg/kg suš.	Cr mg/kg suš.	Cu mg/kg suš.	Ni mg/kg suš.	Pb mg/kg suš.	Zn mg/kg suš.
PK-O- 1	3 248	2 015	17,80	97,60	1 142	25	1 703
PK-O- 2	2 282	804	11,90	121,80	212	21	1 127
PK-O- 3	185 390	79 648	4,40	5,20	9	16	54
PK-O- 4	20 211	4 165	33,30	67,40	195	59	260
PK-O- 5	2 970	1 530	12,90	92,60	608	38	2 134
PK-O- 6	160 042	2 442	4,10	21,90	28	21	115
PK-O- 7	86 427	14 367	22,60	15,70	30	16	83
PK-O- 8	72 325	2 781	13,00	20,60	54	28	52
PK-O- 9	383	101	73,40	219,70	146	14	468
PK-O- 10	198	84	86,30	336,70	126	16	720

Budúcnosť
Sirková

zberná nádrž RB

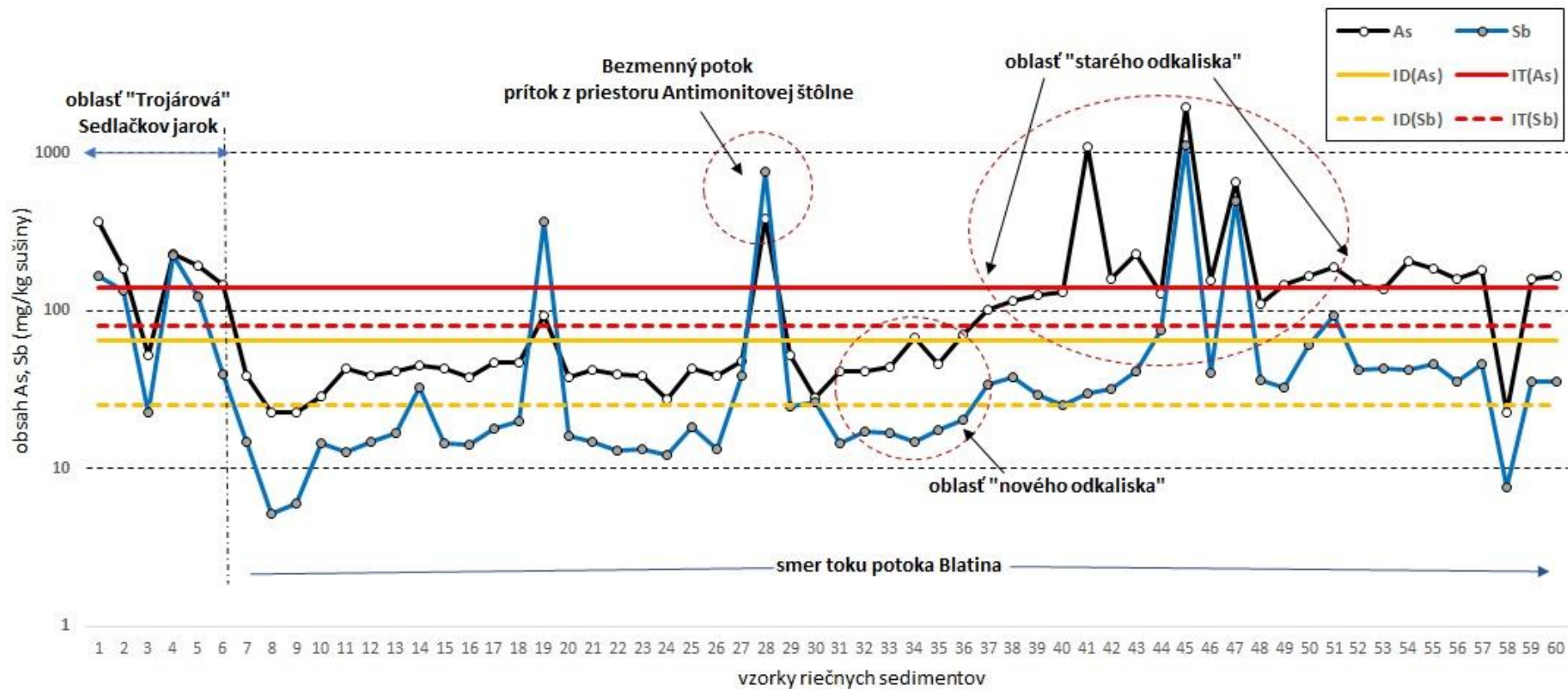
Rýchová
pod Rýchovou

Výdatnosti študovaných štôlní, obsahy pevnej fázy a prepočet na množstvo transportovanej pevnej fázy pre jednotlivé bodové zdroje znečistenia.

	výdatnosť (l/s)	pevná fáza			
		(g/l)	(g/s)	(g/deň)	(kg/rok)
27.02.2020					
Trojárová:	0,99	0,00070	0,000691	29,84	10,89
drenáž RB	3,77	0,01430	0,053962	2331,17	850,88
Pyritová	3,13	0,00375	0,011719	506,25	184,78
Sirková	0,99	0,00775	0,007699	332,58	121,39
Budúcnosť	2,43	0,01320	0,03207	1385,42	505,68
pod Rýchovou	2,00	0,02045	0,0409	1766,88	644,91
celkovo RB PK					2318,53



Distribúcia As a Sb v riečnych sedimentoch alúvia potoka Blatina



Na hodnotenie znečistenia riečnych sedimentov sme použili **Metodický pokyn Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 27. augusta 1998 č.549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží.**

Na hodnotenie tohto typu riečnych sedimentov sa ukázala ako najvhodnejšia časť **1.3 Hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží na lokálnej úrovni (“Site Specific Risk Assessment”).**

Prístup k hodnoteniu rizík znečistených sedimentov “na tvári miesta” je možné definovať ako trojzložkový. Tri základné zložky integrovaného sledovania sú:

-fyzikálno-chemická analýza,

-meranie ekotoxicity,

-hodnotenie biologickej kvality.

„Namerané koncentrácie ťažkých kovov po prepočte na molárne koncentrácie v jednotlivých vzorkách sedimentov sa porovnajú s molárnou koncentráciou síry v danej vzorke sedimentu.“

Z celkového počtu 180 prepočtov iba v dvoch prípadoch sme dosiahli výsledok väčší ako 1 (Sb pre RS-19, As prer RS-41). Môžeme teda konštatovať, že podľa spomenutej metodiky ťažké kovy sú viazané a stabilizované vo forme sulfidov ťažkých kovov. Iba v dvoch prípadoch sa časť ťažkých kovov nachádza v biologicky dostupnej forme.

Toto konštatovanie, ktoré vyplýva z aplikácie MP na riečne sedimenty výrazne ovplyvnené banskou činnosťou, nemusí zodpovedať realite, nakoľko organoleptické a senzorické skúšky potvrdili vo viacerých sedimentoch prítomnosť okrových zrazenín Fe.

„Pre porovnanie stupňa znečistenia sedimentov tokov a vodných nádrží s limitnými hodnotami uvedenými v prílohe Metodiky (“Holandské smernice najvyšších prípustných hodnôt znečistenia sedimentov”) je potrebné uskutočniť normalizáciu hodnôt na štandardný sediment tak, aby sa kompenzovali rozdiely v obsahoch organickej hmoty a zrnitostnom zložení sedimentov (pozri Prílohu č.2). Výsledky sú zaradené do týchto tried s označením:

- bez účinku (namerané hodnoty pre každú chemickú látku/zlúčeninu sú menšie ako limitná hodnota MPC uvedená v prílohe č. 1: sediment (sušina))
- + potenciálne riziko (namerané hodnoty čo len pre jednu chemickú látku/zlúčeninu ležia v intervale (³ MPC až < IV)
- ++ závažné riziko (namerané hodnoty čo len pre jednu chemickú látku/zlúčeninu ³ IV).“

Žiadna vzorka nebola zaradená do triedy „bez účinku“, iba dve vzorky spadali do triedy „potenciálne riziko“ a zvyšok, teda 58 vzoriek bolo zaradených do triedy „závažné riziko“.

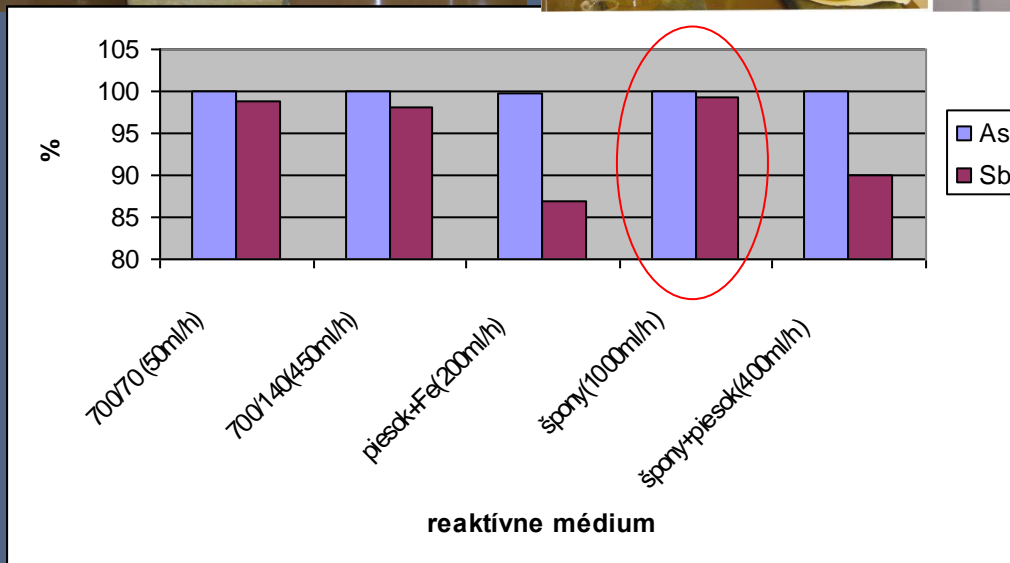
Celkovo môžeme riziko, ktoré predstavujú sedimenty nachádzajúce sa v oblasti predmetnej environmentálnej záťaže hodnotiť ako závažné z pohľadu fyzikálno-chemických analýz. Ekotoxikologické testy preukázali že testované média sú bez účinku. Sledovanie makrobentosu nebolo v rámci doplnkového prieskumu realizované ale prepočet molárnych pomer ťažkých kovov a sulfidickej síry preukázal, že iba pri dvoch vzorkách sa časť ťažkých kovov nachádza v biologicky dostupnej forme. V takomto prípade by platil scenár, ktorého výsledkom hodnotenia je, že toxické látky nie sú pravdepodobne prítomné v biologicky dostupnej forme (Tabuľka 16). V prípade ak by sme rátali s variantom, že na lokalite môžeme pozorovať silný účinok populáciu makrobentosu, platila by variant so záverečným hodnotením:

- sediment je toxický
- testovacie organizmy boli nedostatočne citlivé na toxické látky prítomné v sedimentoch
- sedimenty (a toxické látky v nich prítomné) majú pravdepodobne chronický (a nie akútne) vplyv na okolitú biotu

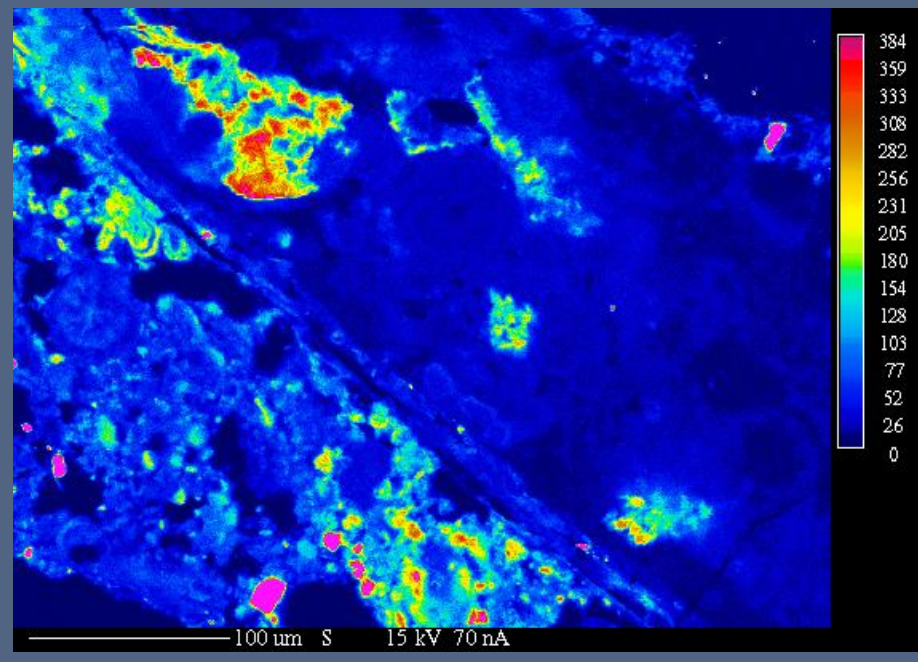
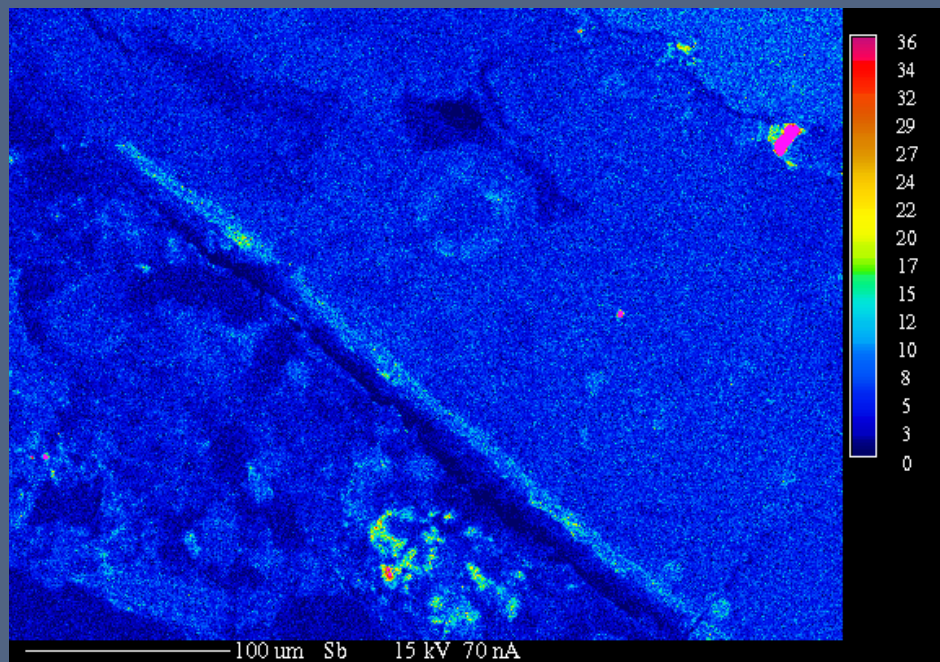
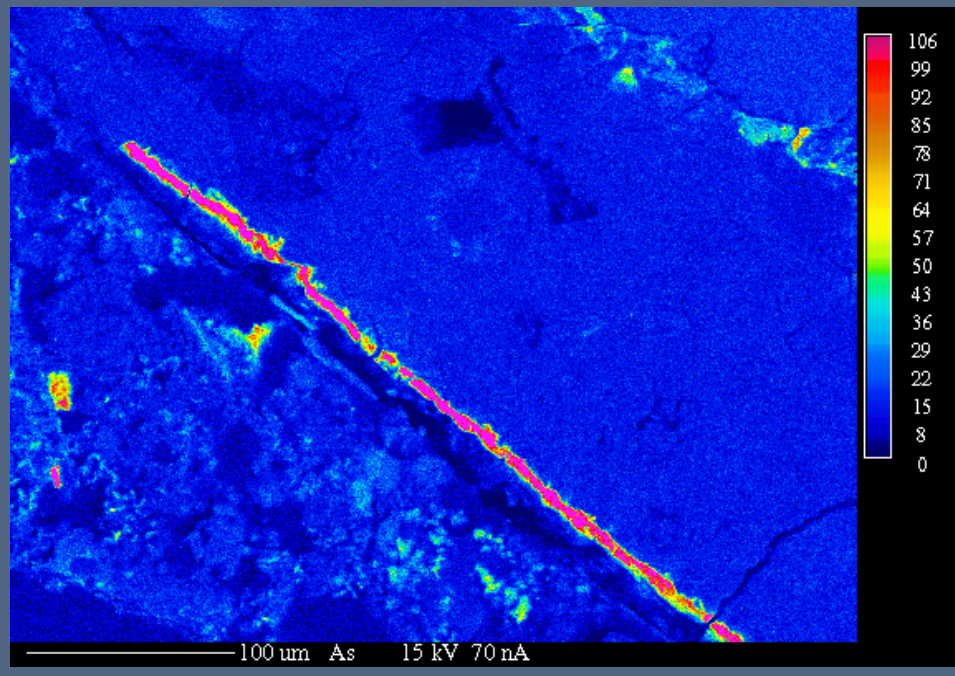
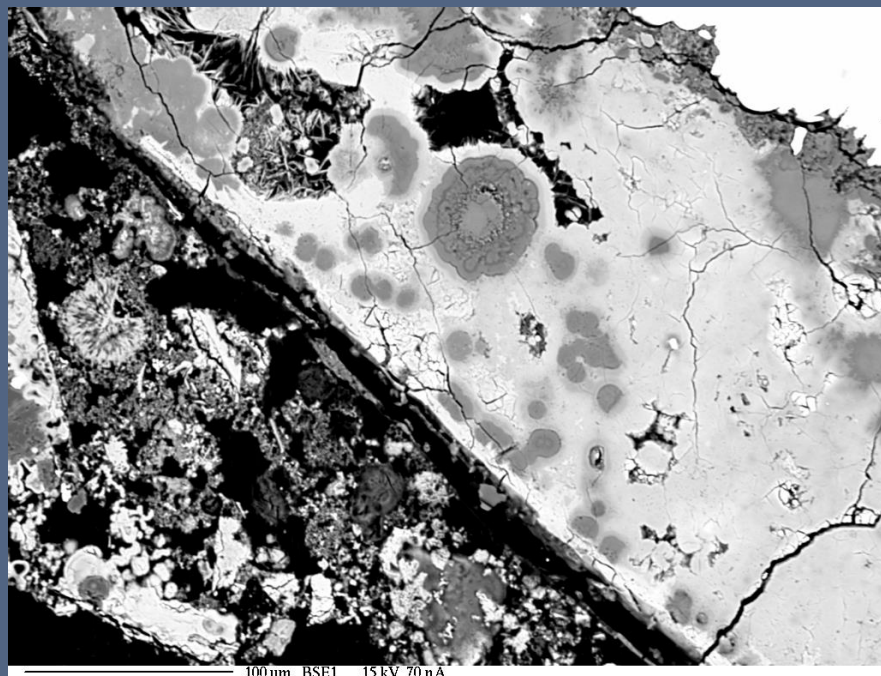
Fyzikálno-chemické analýzy	Ekotoxikologické testy	Sledovanie makrozoobentosu	Spôsob interpretácie výsledkov
++	-	++	<ul style="list-style-type: none"> - sediment je toxický - testovacie organizmy boli nedostatočne citlivé na toxické látky prítomné v sedimentoch - sedimenty (a toxické látky v nich prítomné) majú pravdepodobne chronický (nie akútne) vplyv na okolitú biotu
++	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - toxické látky nie sú pravdepodobne prítomné v biologicky dostupnej forme



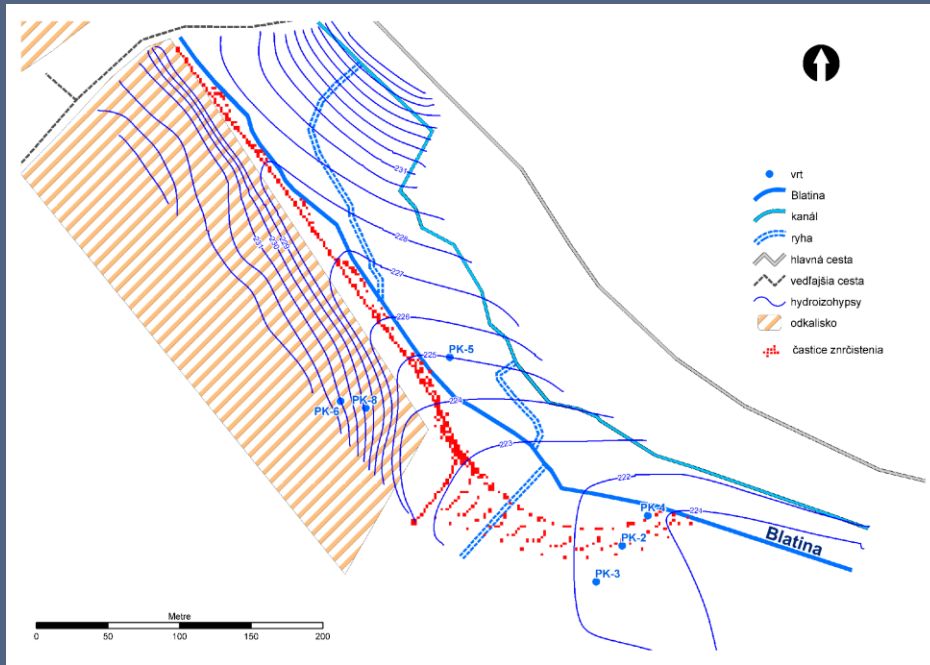
As: 99,9%
22,5mg/l →
5-20μg/l



Sb: 99,3%
4,5mg/l →
29μg/l



minimálny vodný stav, neovplyvnený režim



Návrh sanačných prác zohľadňuje je vymedzený nasledovne:

- Sanácia priesakových a drenážnych vôd nového odkaliska
- Sanácia priesakových a bankských vôd starého odkaliska
- Sanácia bankských vôd na výtokoch zo štôlní

V rámci doplnkového geologického prieskumu bolo nad rámec projektu realizované testovanie možného využitia prevzdušnenia bankských vôd a následného vyzrážania oxyhydroxidov a väzby potenciálne toxických prvkov (hlavne As a Sb) ako možnej sanačnej technológie.

Na otestovanie bolo použité tri vzorky v objeme 5 litrov vody zo štôlní Budúcnosť, Pyritová a Sirková

		Al (%)	Mn (%)	Fe (%)	As (%)	Sb (%)	Zn(%)		
Budúcnosť	A	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	A:	nefilt., okyslené
Fe=10,2 mg/l	B	89,74	47,16	99,67	97,06	53,78	53,33		
	C	87,18	51,31	99,87	95,29	49,58	91,11		
Pyritová	A	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	B:	filt. 0,45 mm, okys.
Fe=0,72 mg/l	B	15,38	16,60	99,58	40,54	0,85	-42,86		
	C	23,08	37,34	99,72	35,14	2,33	-14,29		
Sirková	A	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	C:	24 hod. vzduch, filt., okys.
Fe=7,5 mg/l	B	71,88	2,73	99,92	90,57	38,64	29,29		
	C	68,75	10,45	99,87	86,79	45,45	90,91		

Dlhodobejšie experimenty zamerané na možnosti využitia sorpcie PTP na oxyhydroxidy Fe boli realizované pre banskú vodu vytekajúcu zo zbernej nádrže Rudných baní priamo do potoka Blatina cez drenážny kanál (nie je úplne zhodná s PK-BV-5 – to je priamo z nádrže, len voda z Nového odkaliska). V tomto prípade bola okrem prevzdušňovania testovaná aj prirodzená sedimentácia počas piatich dní.

	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Sb (mg/l)	As (mg/l)	Zn (mg/l)
PK-1	2,17	2,67	0,55	0,41	1,56	0,15
PK-2	0,03	0,60	0,49	0,39	1,07	0,02
PK-3	0,03	0,39	0,50	0,39	1,04	0,04
PK-4	0,04	0,00	0,41	0,39	0,86	0,01
PK-5	0,06	0,00	0,37	0,41	1,02	0,00
PK-6	0,05	0,00	0,06	0,41	0,89	0,00
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
PK-1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
PK-2	98,81	77,37	10,79	5,73	31,13	87,01
PK-3	98,61	85,23	10,09	5,66	33,24	76,27
PK-4	98,08	100,00	25,05	5,36	44,88	92,13
PK-5	97,14	100,00	33,20	1,35	34,68	98,70
PK-6	97,90	100,00	89,66	1,50	43,11	98,97

PK-1 nefiltrovaná, okyslená na mieste, potom prefiltrovaná

PK-2 ihneď filtrovaná na 0,45, okyslená

PK-3 ihneď filtrovaná na 0,2, okyslená

PK-4 sedimentovaná 5 dní, prefiltrovaná na 0,45, okyslená

PK-5 prevzdušňovaná 1 deň, prefiltrovaná na 0,45, okyslená

PK-6 prevzdušňovaná 5 dní, prefiltrovaná na 0,45, okyslená

Z tohto dôvodu navrhujeme za účelom zvýšenia účinnosti sanačných opatrení do systému vybudovaných prevzdušňovacích hrádzí a mokradí zaradiť aj nádrže s odpadovým železom. Odpadové Fe^0 by dodávalo vplyvom oxidácie a vzniku oxidov a oxyhydroxidov Fe na svojom povrchu do systému dostatok Fe a umožňovalo by aj zvyšku rozpustených potenciálne toxických prvkov – hlavne Sb a As – naviazať sa ich povrch a následne umožnilo ich sedimentáciu v pevnej minerálnej fáze. Navrhujeme odpadové Fe^0 umiestniť v gabiónových košoch do vybetónovaných kanálov. Najvhodnejšie poradie v systéme by bolo:

prevzdušňovacia kaskáda →

sedimentačná nádrž I. →

nádrž s odpadovým Fe^0 →

sedimentačná nádrž II. →

mokrad'

Variantné usporiadania s jednoduchším rozdelením podľa poradia vhodnosti pre predmetnú lokalitu:

1. prevzdušňovacia kaskáda → sedimentačná nádrž I. → nádrž s odpadovým Fe^0 → sedimentačná nádrž II.
2. prevzdušňovacia kaskáda → sedimentačná nádrž I. → nádrž s odpadovým Fe^0 → mokrad'.
3. prevzdušňovacia kaskáda → nádrž s odpadovým Fe^0 → sedimentačná nádrž II.

Návrh cieľových hodnôt sanácie pre Sb a As v podzemnej vode (Tupý et al., 2015).

V prípade As bola za cieľovú hodnotu zvolená maximálna požadovaná hodnota pohybujúca sa v intervale od 100 do 250 µg/l a teda **250 µg/l**. V prípade Sb bola za cieľovú hodnotu zvolená hodnota IT limitu a teda **50 µg/l**.

Keďže v rámci doplnkového prieskumu boli získané dáta korelujúce s dátami z predchádzajúceho prieskumu, môžeme navrhnuté cieľové hodnoty sanácie považovať za verifikované.

Znečisťujúca látka	C _{CH} – cieľová hodnota sanácie (mg/l)	ID (mg/l)	IT (mg/l)
As	0,25	0,05	0,1
Sb	0,05	0,025	0,05

Návrh cieľových hodnôt sanácie Sb a As pre riečne sedimenty:

Sb: na úrovni ID pre zeminy 25 mg/kg

(hodnotu MPC = 15 mg/kg považujeme z pohľadu vysokého geochemického pozadia lokality za nereálnu ako cieľovú hodnotu sanácie v prostredí výrazne ovplyvnenom ťažbou Sb v minulosti a stálou dotáciou kontaminantom z bodových zdrojov znečistenia v súčasnosti)

As: na úrovni MPC pre sedimenty tokov 55 mg/kg

Pre Ni nepovažujeme za vhodné stanoviť cieľové hodnoty sanácie, nakoľko znečistenie riečnych sedimentov je geogénneho pôvodu. Túto skutočnosť potvrdzuje fakt, že zvýšené obsahy Ni v sedimentoch sa vyskytujú v celom toku potoka Blatina a Sedláčkov jarok v rádovo rovnakých hodnotách a Ni nebol nikdy predmetom ťažby. Takisto navrhnuté sanačné zásahy a opatrenia nie sú zamerané na redukciu kontaminácie Ni v riečnych sedimentoch či vodách.

ĎAKUJEM ZA POZORNOST!

