



MOŽNOSTI FINÁLNEJ SANÁCIE BANSKÝCH A POVRCHOVÝCH VÔD NA OPUSTENOM Sb LOŽISKOU POPROČ

Peter Šottník, Ľubomír Jurkovič, Peter Sekula, Jaroslav Vozár,

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta

EL spol. s r.o., Spišská Nová Ves

Banské odpady s.r.o., Bratislava

Environcentrum s.r.o., Košice



Opustené Sb ložisko Poproč je situované v JV časti Spišsko-gemerského Rudohoria, ťažba Sb rudy začala pravdepodobne už v 17. storočí a definitívne bola ukončená v roku 1965.

Hlavným minerálom Sb žíl je vždy kremeň a antimonit, vedľajšie minerály sú pyrit, arzenopyrit, markazit, pyrotit, berthierit, chalkopyrit, tetraedrit, sfalerit, zinkenit, füllöpit, jamesonit, chalkostibit a senarmontit.

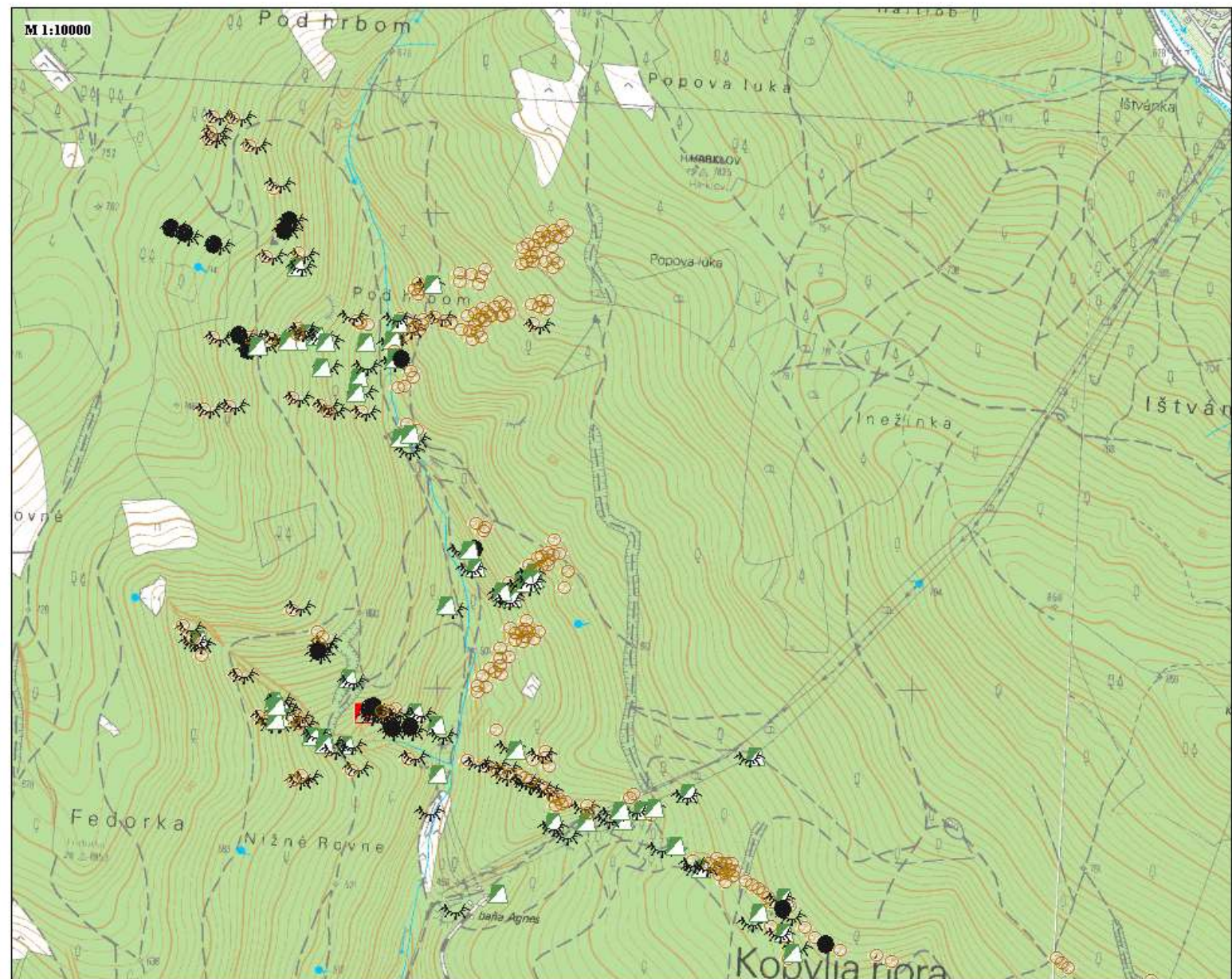
V rokoch 1931 – 1965 sa v Poproči vyťažilo 10,3 kt antimónu a 80 kg zlata. Kvalita rúd tu bola 1,85% Sb, 12,6% Fe, 0,12% Cu, 0,01% Zn, 0,19% As a 0,4% Pb s obsahom 3 – 6 g.t-1 Au v koncentráte.

Súradnicový systém: S-JTSK (jednotná trigonometrická sieť katastrálna).

Tematický obsah: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (dáta z odboru Geofond)

Topografický podklad: SVM50 © Úrad geodézie, kartografie a katastra SR

© Ministerstvo životného prostredia SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra



Staré banské diela Typ objektu

- 1 - šachta
- 2 - štôľňa
- 3 - odkalisko
- 4 - píng, píngový ťah
- 5 - halda
- 6 - iný druh objektu

Dobývacie priestory (1996)



APVV-0268-06, 1.2.2007 – 31.6.2010

Zhodnotenie vplyvu banskej činnosti na okolie opustených Sb ložísk Slovenska s návrhmi na remediáciu.

VEGA 1/0904/11, 1.1.2011 – 31.12.2013

Kontaminácia zložiek životného prostredia vo vybraných oblastiach Slovenska ovplyvnených ťažbou Sb ložísk

APVV-0344-11, 1.7.2012 – 31.12.2015

„Pilotná realizácia sanácie banských vôd na vybranom opustenom Sb ložisku“



Lokalita Poproč je v registri EZ evidovaná ako záťaž KS (012) / Poproč - Petrova dolina - SK/EZ/KS/353, Register B.

V predmetnom území sa nachádza aj pravdepodobná environmentálna záťaž evidovaná ako záťaž KS (014) / Poproč – Slovpedal, SK/EZ/KS/355, Register A.

Geologická úloha "Prieskum environmentálnej záťaže - Poproč – Petrova dolina" bola riešená ako súčasť úlohy "Prieskum environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky - časť 16 : Prieskum prioritných environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Košického a Prešovského kraja, ktorej objednávateľom je MŽP SR.

Zhotoviteľom geologických prác boli spoločnosti - Centrum environmentálnych služieb, s.r.o. (Bratislava) a HES-COMGEO, spol. s r.o. (Banská Bystrica), na riešení úlohy sa ako subdodávateľ podieľala spoločnosť ENVIRONCENTRUM, s.r.o. (Košice), Banské odpady, s.r.o. (Bratislava).



štôľňa Agnes

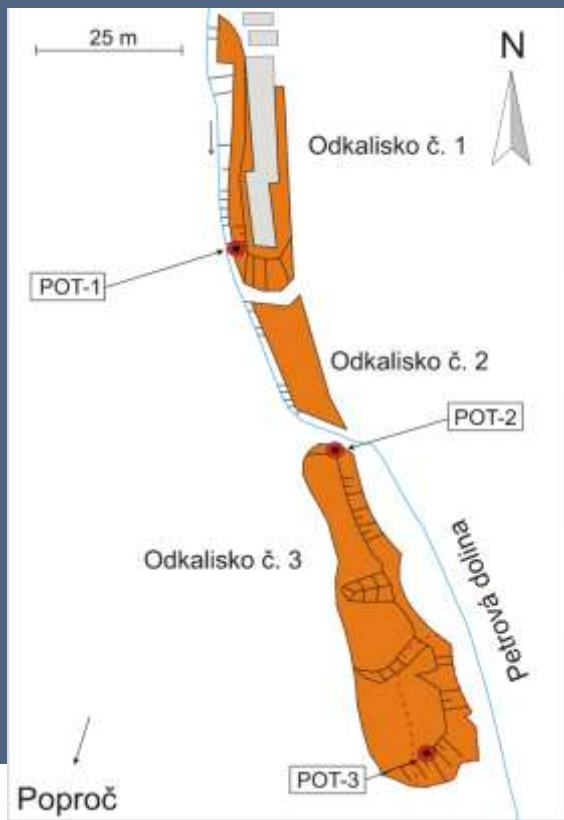


štôľňa Agnes

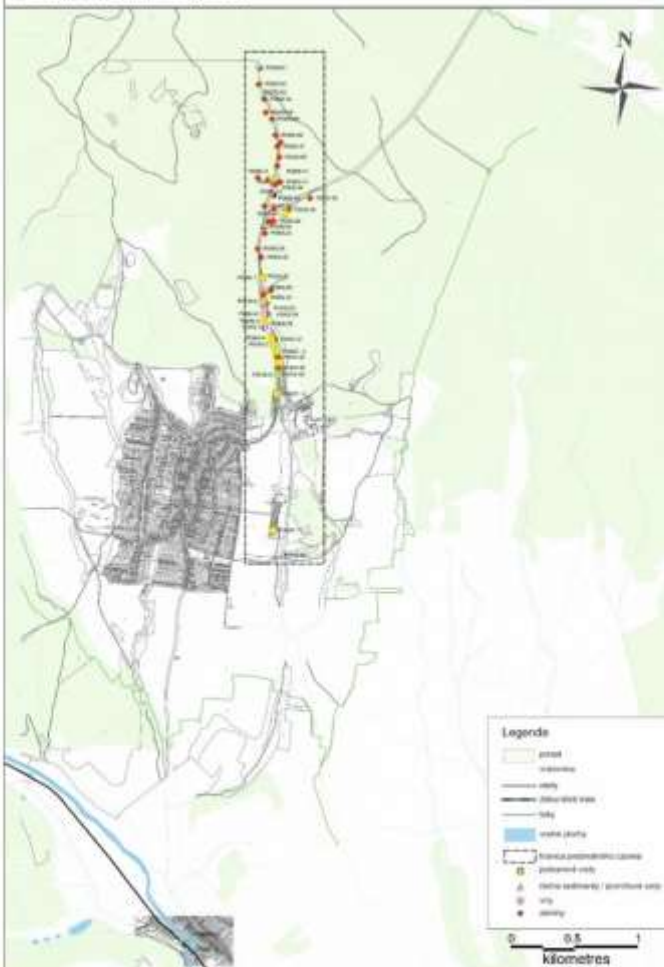


štôľňa Agnes
2014 - 2015





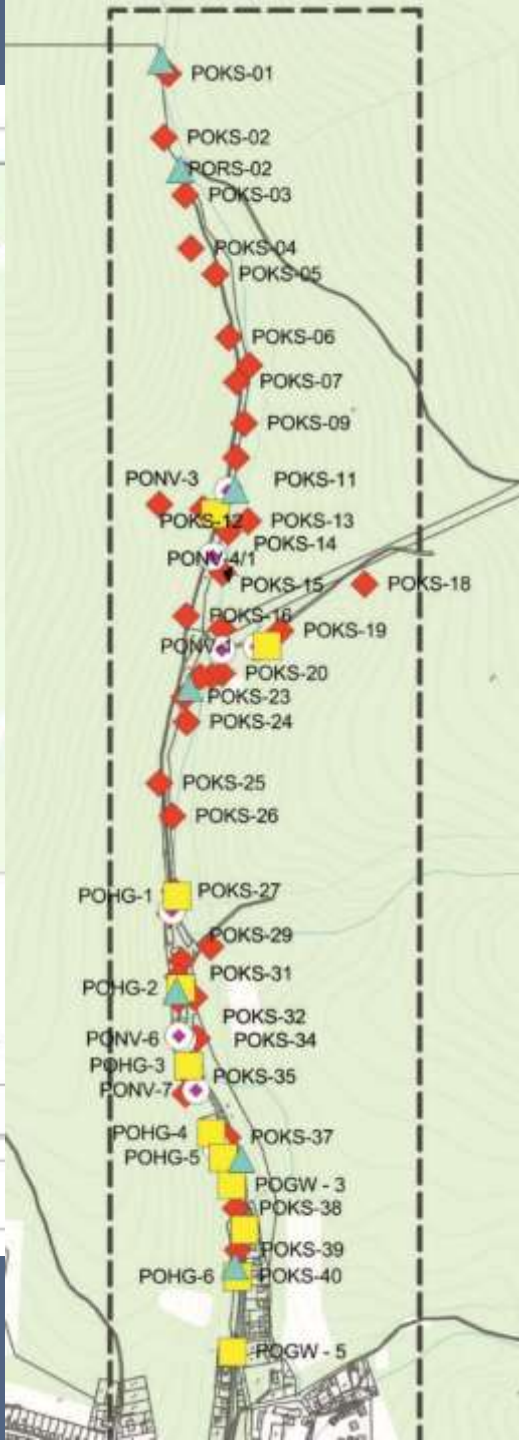
Príloha A1/1 Mapa dokumentačných bodov



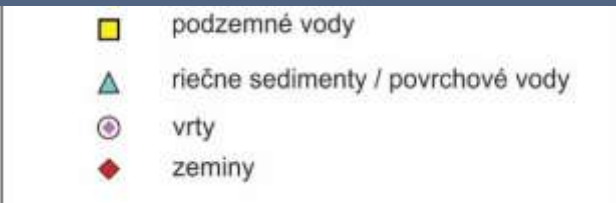
Príslušnosť environmentálnej záhrady KS (012) / Poproč – Petra dolina (SK/EZ/KS/353)

Zodpovedný riaditeľ: RNDr. Anton Auzl
 Zodpovedný detail za lokalitu: RNDr. Lubomír Jankovič, PhD.
 Autor: Mgr. Janka Bábčiková, PhD.
 Číslo geologickej účiny: 16/2014/7.2

HES-COMGEO, spol. s r.o., Bratislava
 ENVIRONCENTRUM, s.r.o., Košice
 Bratislavá odpadky, s.r.o., Bratislava
 apr 2015



40 kopaných sond - zeminy
9 nevystrojených vrto
6 hydrogeologických vrto
10 monitorovacích bodov
 - povrchové vody a riečne
 sedimenty
4 monitorovacie body - studne
2 výtoky zo štôlní (Agnes a Anna)
+ 1 starší hydrogeologický vrt



Znečistenie pôd a zemín v pásme prevzdušnenia

	Pb	As	Sb	Zn	Cd
ID	250	65	25	1500	10
IT (obytné zóny)	300	70	40	2500	20
IT (priemysel)	800	140	80	5000	30
POKS-01 100-150 cm	10	10,05	10,84	36	-0,3
POKS-02 100-150 cm	5	9,76	40,98	53	-0,3
POKS-03 100-150 cm	14	9,18	26,23	55	-0,3
POKS-04 150 cm	4	7,73	22,69	51	-0,3
POKS-05 200 cm	306	3,16	8182,00	35	-0,3
POKS-06 200 cm	16	6,14	32,44	73	-0,3
POKS-07 0-120 cm	8	7,35	14,62	52	-0,3
POKS-08 200 cm	118	5,18	2874,00	50	-0,3
POKS-09 100-150 cm	15	21,36	49,78	85	-0,3
POKS-10 100-180 cm	16	216,08	577,00	13	-0,3
POKS-11 160 cm	18	23,20	200,71	62	-0,3
POKS-12 200 cm	156	12,99	3971,00	16	0,6
POKS-13 120 cm	31	28,16	69,01	36	-0,3
POKS-14 100-150 cm	60	29,57	853,00	68	-0,3
POKS-15 150-180 cm	28	139,66	75,99	58	-0,3
POKS-16 120 cm	8	24,16	21,81	74	-0,3
POKS-17 50-60 cm	34	56,18	62,40	76	-0,3
POKS-18 100-120 cm	137	7,29	3649,00	122	1,6
POKS-19 60-100 cm	92	27,69	1734,00	233	2,7
POKS-20 80-150 cm	174	628,86	963,00	296	1,2
POKS-21 100-150 cm	155	6,31	2827,00	70	0,4
POKS-22 80-100 cm	115	368,22	577,00	246	0,9
POKS-23 60-80 cm	198	147,92	615,00	88	0,4
POKS-24 80-100 cm	51	417,15	515,00	341	1,4
POKS-25 50-100 cm	24	19,24	32,41	66	-0,3
POKS-26 50-150 cm	75	188,43	707,00	120	0,9
POKS-27 70-90 cm	145	215,76	953,00	112	0,4
POKS-28 80-100 cm	46	222,54	860,00	78	0,4
POKS-29 80-100 cm	49	53,98	305,00	86	0,4
POKS-30 90-110 cm	443	37,11	3133,00	226	1,4
POKS-31 120-200 cm	442	32,17	4943,00	128	2,5
POKS-32 60-80 cm	82	145,86	255,00	227	0,5
POKS-33 100-180 cm	177	620,00	1816,00	75	-0,3
POKS-34 0-200 cm	15	65,85	57,18	35	-0,3
POKS-35 120-200 cm	503	2120,00	2817,00	15	-0,3
POKS-36 100-150 cm	36	79,69	93,09	79	0,3
POKS-37 50-200 cm	391	1040,00	3431,00	123	2,3
POKS-38 0-50 cm	273	700,00	2256,00	43	0,4
POKS-39 0-65 cm	267	760,00	2440,00	64	0,7
POKS-40 50-260 cm	56	269,94	251,95	109	0,4

	Pb	As	Sb	Zn	Cd
ID	250	65	25	1500	10
IT (obytné zóny)	300	70	40	2500	20
IT (priemysel)	800	140	80	5000	30
POHG-1/1 0-170	360	375,28	1553,00	223	1,8
POHG-2/1 150-270	52	214,09	474,00	207	0,4
POHG-3/2 90-270	957	2040,00	5369,00	942	7,1
POHG-5/1 20-160	388	830,00	2485,00	106	1,1
POHG-6/2 120-320	157	635,67	1317,00	88	-0,3
PONV-1/1 0-40	158	1330,00	2302,00	459	1,7
PONV-2/1 0-200	59	100,00	877,00	406	0,8
PONV-3/1 100-200	77	297,16	2696,00	39	0,4
PONV-4/1 30-145	107	218,53	250,10	36	-0,3
PONV-5/1 0-40	247	1380,00	4282,00	403	1,1
PONV-6/1 15-280	831	1390,00	3342,00	139	0,3
PONV-7/1 50-300	331	1060,00	1378,00	47	-0,3
PONV-8/1 100-300	378	880,00	5188,00	26	-0,3

Znečistenie podzemných vôd

	Fe (mg/l)		SO ₄ ²⁻ (mg/l)	As (µg/l)		Sb (µg/l)		Zn (µg/l)		Cd (µg/l)		Pb (µg/l)	
	25.9.	21.10.	25.9.2014	25.9.	21.10.	25.9.	21.10.	25.9.	21.10.	25.9.	21.10.	25.9.	21.10.
ID				50		25		1500		5		100	
IT				100		50		5000		20		200	
POHG-1 gw	12,66	6,42	61,7	195	115	1212	83	71	36	-2	-2	70	20
POHG-2 gw	24,56	3,98	64,8	228	1458	193	98	96	14	3	-2	40	-10
POHG-3 gw	48,91	212,77		3	7250	7176	1010	2648	12099	10	36	2120	7810
POHG-4 gw	3,44	9,84		63	497	118	369	37	86	-2	-2	30	80
POHG-5 gw	65,97	24,19	426,5	31	4355	492	355	1864	1237	107	23	190	50
POHG-6 gw	8,13	6,46	59,4	123	778	260	363	36	16	-2	-2	-10	-10
POGW-1 AGNES	29,21	31,25	192,1	14	2053	71	369	815	798	-2	2	10	-10
POGW-2 ANNA	1,34	0,06		-1	2	1056	746	-5	-5	-2	-2	-10	-10
POGW-3	19,61	10,77		125	2173	957	1028	190	178	-2	-2	20	-10

OBSAHY VYBRANÝCH ANORGANICKÝCH ZNEČIŠŤUJÚCICH LÁTOK VO VZORKÁCH POVRCHOVÝCH VÔD

vzorka	As_1	As_2	Sb_1	Sb_2	Zn_1	Zn_2	Cd_1	Cd_2	Fe_1	Fe_2
POPV -1	2	3	< DL	< DL	12	5	< DL	< DL	0,21	0,21
POPV -2	< DL*	2	154	133	16	< DL	< DL	< DL	0,18	0,08
POPV -3	< DL	3	119	199	12	< DL	< DL	< DL	0,15	0,18
POPV -4	46	10	313	306	130	55	< DL	< DL	2,76	0,25
POPV -5	17	51	144	275	809	48	3	< DL	22,85	0,58
POPV -6	23	100	278	369	75	58	< DL	< DL	1,09	0,79
POPV -7	42	93	285	261	51	49	< DL	< DL	0,84	0,58
POPV -8	14	57	201	173	19	18	< DL	< DL	1,41	1,63
POPV -9	2	2	5	5	6	7	< DL	< DL	0,45	0,63
POPV -10	3	3	9	8	13	6	< DL	< DL	0,42	0,66
MH NV 269/2010	50 µg/l		25 µg/l		1000 µg/l		5 µg/l		2 mg/l	



**Materiálová bilancia transportu kontaminantov v povrchovej vode
vo forme suspenzií (pevná fáza, Fe oxyhydroxidy, frakcia nad 0,45 μm)**

	suspenzia (g.l ⁻¹)	prietok (l.s ⁻¹)	transport (kg denne)	transport (kg ročne)	Sb (g/kg)	As (g/kg)	ročne Sb (kg)	ročne As (kg)
Agnes	0,0025	5	0,54	197,10	14	58	2,76	11,43
Oľšava pod Agnes	0,01	26,4	11,40	4162,75	14	58	58,28	241,44

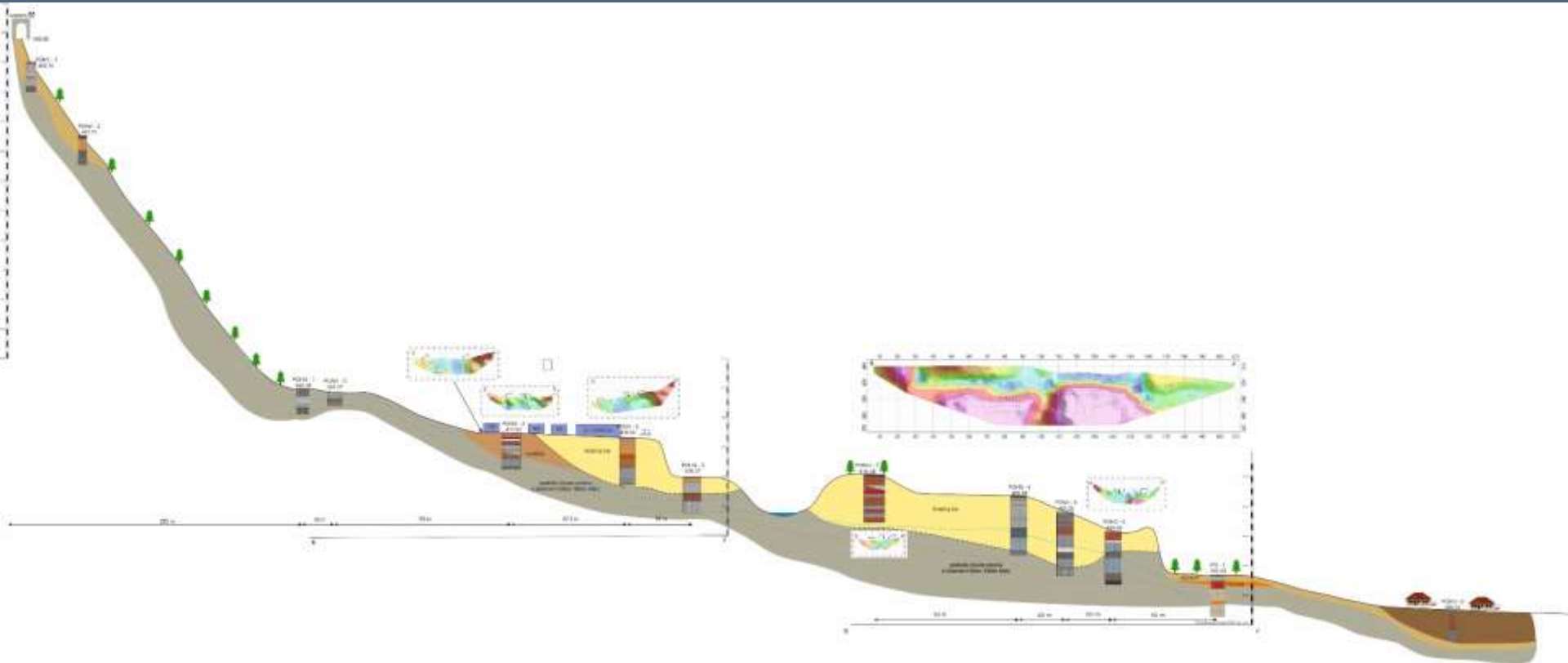
Znečistenie riečnych sedimentov

označenie	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Pb	Fe	Al	Mn
PORS-1		32	11,30	-0,30	10,3	13	16559	7832	330
PORS-2		45	3,60	-0,30	1449,3	20	23692	13018	423
PORS-3		42	22,00	-0,30	362,2	18	25779	11941	420
PORS-4	19	258	355,28	0,58	533,0	31	36180	13373	641
PORS-5		251	303,40	0,70	588,6	92	30672	12788	639
PORS-6		226	346,40	0,60	815,0	81	25618	10487	545
PORS-7	20	290	338,58	0,70	804,3	69	29180	11567	539
PORS-8		193	221,90	0,40	385,0	49	40835	12484	1166
PORS-9		100	3,10	-0,30	33,3	102	52185	10290	1602
PORS-10		86	25,10	-0,30	20,6	28	33420	9827	992
ID	500	1500	65	10	25	250			
IT(obytne zóny)	600	2500	70	20	40	300			
IT (priemysel)	1000	5000	140	30	80	800			

Identifikácia rizika

- dominantne nebezpečné znečisťujúce látky As, Sb, Pb, možní príjemcovia rizika – obyvatelia, rekreanti, lesní pracovníci, vody, živé zložky ekosystému

Situačný model lokality



Závery analýzy rizika pre EZ Poproč

- NA LOKALITE JE PRÍTOMNÉ ENVIRONMENTÁLNE RIZIKO ZNEČISTENIA ZEMÍN V KONTAKTNEJ (BIOLOGICKEJ) ZÓNE ARZÉNOM, ANTIMÓNOM A OLOVOM,
- NA LOKALITE JE PRÍTOMNÉ ENVIRONMENTÁLNE RIZIKO ZO ŠÍRENIA SA ZNEČISTENIA PODZEMNOU VODOU ARZÉNOM A ANTIMÓNOM,
- ZNEČISTENIE PODZEMNEJ VODY ARZÉNOM A ANTIMÓNOM NA LOKALITE PREDSTAVUJE RIZIKO PRE POVRCHOVÉ VODY (PODZEMNÉ VODY PRESTUPUJÚCE DO POVRCHOVÉHO RECIPIENTU),
- PRE HODNOTENÉ ÚZEMIE EZ BOLO STANOVENÉ OHROZENIE ZDRAVIA ĽUDÍ (OBYVATEĽSTVA, LESNÝCH PRACOVNÍKOV, REKREANTOV) - NA LOKALITE JE PRÍTOMNÉ ZDRAVOTNÉ RIZIKO IDENTIFIKOVANÉ VO VIACERÝCH EXPOZIČNÝCH SCENÁROCH (INGESCIA VÔD ZO STUDNÍ, INGESCIA PÔDY, DLHODOBÝ DERMÁLNY KONTAKT S VODAMI A ZEMINAMI, INGESCIA ZELENINY V PRÍPADE POUŽÍVANIA PODZEMNÝCH VÔD NA ZÁVLAHY) A TO RIZIKO KARCINOGENNÝCH AJ NEKARCINOGENNÝCH ÚČINKOV PRE JEDNOTLIVCA AJ POPULÁCIU,

Stanovenie cieľov sanácie geologického prostredia podľa § 9 písm. c) až e) alebo sanácie environmentálnej záťaže*

Z dôvodu tejto špecifickej situácie na lokalite EZ Poproč – Petrová dolina nie je možné stanoviť cieľové hodnoty sanácie na základe výpočtov podľa postupu v Smernici MŽP SR č. 1/2015-7.

Súčasne v zmysle navrhovaných sanačných opatrení neboli stanovené cieľové hodnoty pre zeminy, pretože sanácia zemín na predmetnej lokalite nie je realizovateľná.

Cieľové hodnoty pre povrchové vody pre referenčné miesto brehovej línie potoka Olšava boli stanovené na úrovni kritéria kvality pre povrchovú vodu podľa NV 296/2010 príloha č.2 – Kvalitatívne ciele povrchovej vody, časť A. Povrchové vody určené na odber pre pitnú vodu, kategória A3 – voda vyžadujúca intenzívnu fyzikálno chemickú úpravu a dezinfekciu (napr. koagulácia, flokulácia, filtrácia, adsorpcia aktívnym uhlím, dezinfekcia chlórom alebo ozónom, chlórovanie na kritický bod a dekantácia):

As 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (MH – medzná hodnota)

Sb 25 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (MH – medzná hodnota).

Vzhľadom na situáciu, že **podzemné vody v pásme nasýtenia** sú dlhodobom v kontakte s kontaminovanými zeminami navrhujeme **cieľové hodnoty pre podzemné vody** na úrovni ID hodnôt pre As a Sb podľa Smernice MŽP SR č. 1/2015-7:

As 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (IT hodnota)

Sb 25 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (IT hodnota).

Štúdia uskutočniteľnosti

Kritérium	Sanačná metóda				
	Sedimentácia	Iónovýmena	Umelé mokrade	Nano Fe ⁰	Odpadové Fe ⁰
<i>Doba sanácie</i>	1	2	2	2	1
<i>Technická náročnosť</i>	1	3	1	3	1
<i>Dostupnosť</i>	1	2	1	2	1
<i>Efektívnosť</i>	2	2	2	1	1
<i>Finančné hodnotenie</i>	1	3	1	3	1
Celkové hodnotenie	6	12	7	11	5
Poradie vhodnosti	2	5	3	4	1

NÁPLŇ DO BARIÉRY?

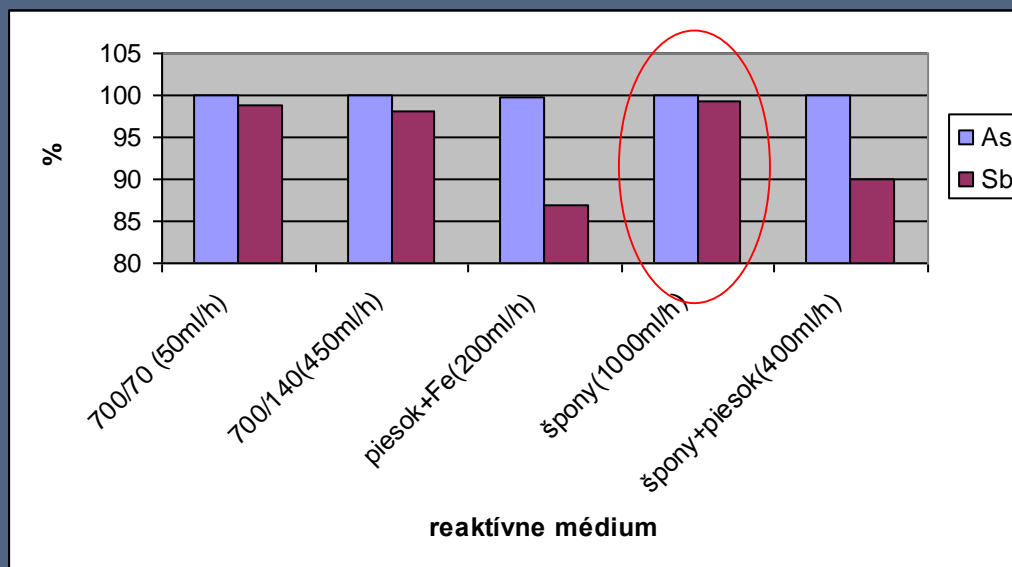


- I. etapa. – pokusy so železnými šponami, Fe^0 vo forme prášku a chipsov*
- II. etapa – pokusy so zmesou železných špôn a zeolitu*
- III. etapa – pokusy so zmesou železných špôn a aktívneho uhlia*
- IV. etapa – pokusy s Fe granulátom z produkcie Slovnaft a. s.
(popol z ČOV s vysokým obsahom železa.*
- V. etapa – pokusy s použitím železanu draselného
(57% K_2FeO_4 – Bochemie a.s., Bohumín, ČR)*
- VI. etapa – pokusy s využitím syntetického goethitu*





As: 99,9%
 22,5mg/l →
 5-20µg/l



Sb: 99,3%
 4,5mg/l →
 29µg/l



**AKTIVÁCIA
(a čistenie)
Fe ŠPÔN**



Inštalácia pilotného systému

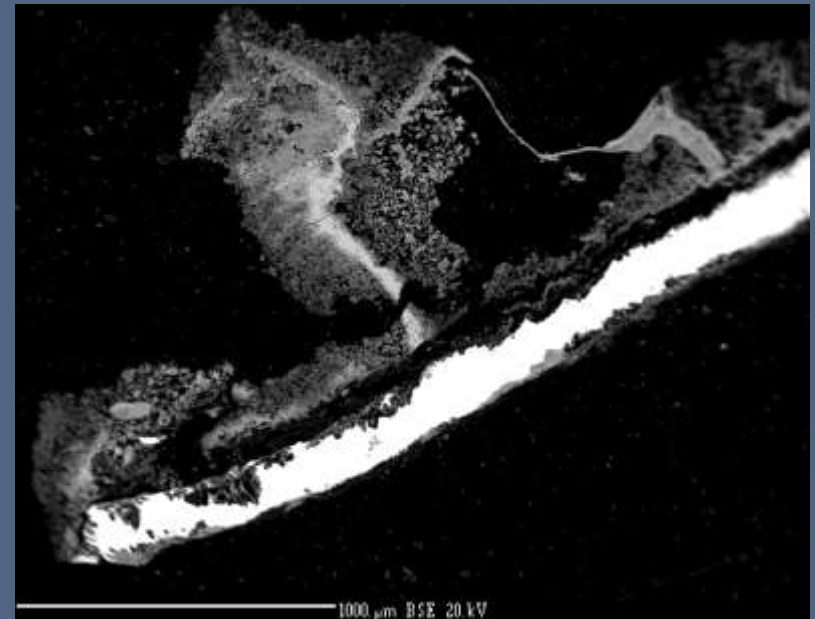
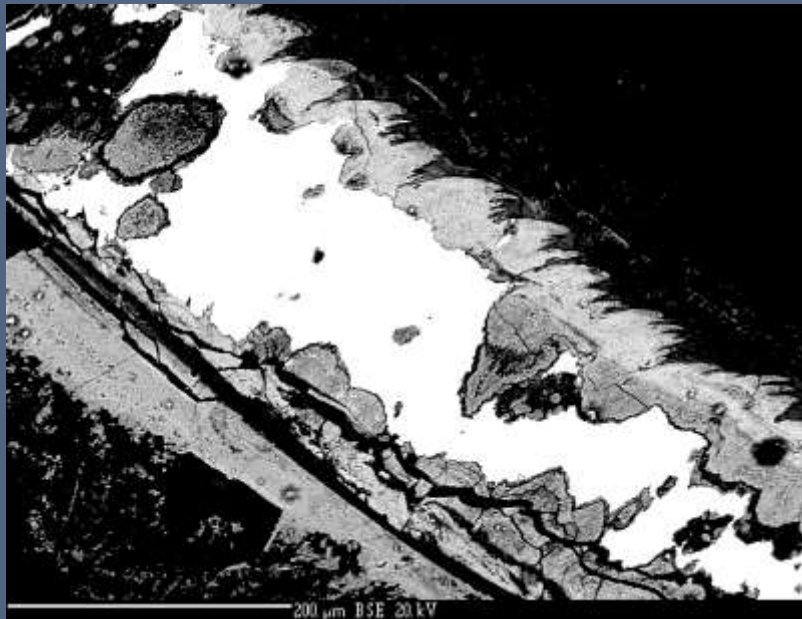


Prietok: 3 l/min

Účinnosť pilotného systému

mg/l	As		Sb		Zn		účinnosť %	As	Sb	Zn
	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup				
17.5.2013	13	1	49	11	1 341	1348	17.5.2013	92,31	77,55	0,00
4.6.2013	132	17	275	16	900	920	4.6.2013	87,12	94,18	0,00
21.6.2013	15	8	78	11	950	920	21.6.2013	46,67	85,90	3,16
3.7.2013	36	32	78	13	928	913	3.7.2013	11,11	83,33	1,62
15.8.2013	1620	376	406	55	982	606	15.8.2013	76,79	86,45	38,29
20.9.2013	170	5	75	14	1263	607	20.9.2013	97,06	81,33	51,94
28.10.2013	155	5	55	4	1066	638	28.10.2013	96,77	92,73	40,15
22.11.2013	1497	378	368	29	884	462	22.11.2013	74,75	92,12	47,74
20.2.20104	167	1	228	25	486	200	20.2.20104	99,40	89,04	58,85
31.3.2014	57	6	266	80	474	203	31.3.2014	89,47	69,92	57,17
25.9.2014	140	40	71	28	515	469	25.9.2014	71,43	60,56	8,93
23.10.2014	2053	15	369	9	798	718	23.10.2014	99,27	97,56	10,03
18.11.2014	1118	29	240	92	714	501	18.11.2014	97,41	61,67	29,83
16.1.2015	32	7	69	29	604	394	16.1.2015	78,13	57,97	34,77
12.2.2015	17	1	244	1	472	254	12.2.2015	94,12	99,59	46,19
30.3.2015	13	2	48	1	790	708	30.3.2015	84,62	97,92	10,38
9.7.2015	56	15	69	21	776	474	9.7.2015	73,21	69,57	38,92
24.8.2015	78	18	66	7	812	341	24.8.2015	76,92	89,39	58,00
priemer							80,36	82,60	37,94	

Mikrosondové analýzy špon a oxidačných lemov



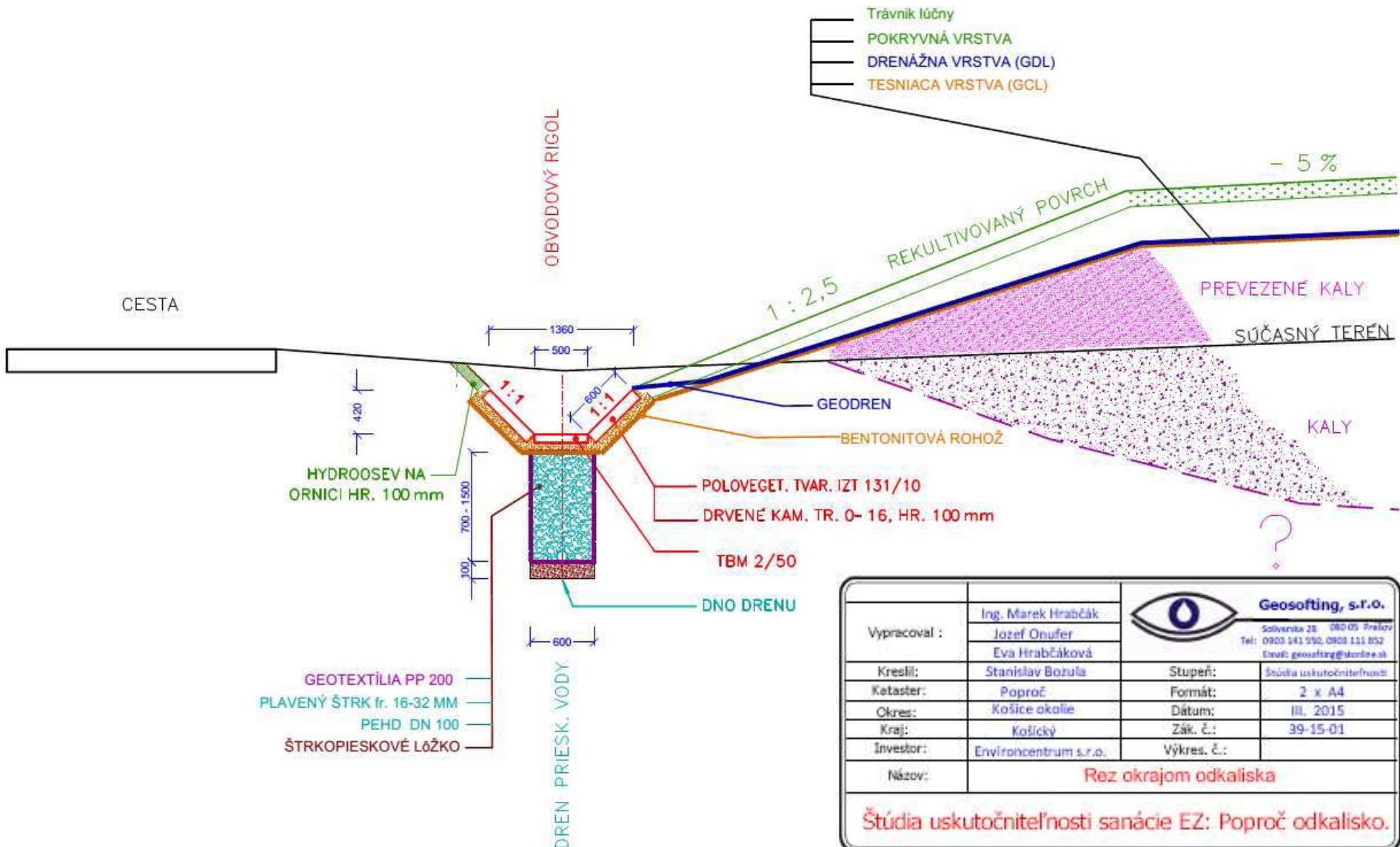
hm%	Fe	Sb	As	Zn
špony	97,7775	0,0025	0,0950	0,0075
oxidačný lem 1	45,3677	0,3735	0,8981	0,0385
oxidačný lem 2	48,2233	0,3400	0,2467	0,0033

Silikátová analýza, zloženie sedimentu odobratého z kontajnera s Fe šponami

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ako Fe ₂ O ₃	FeO	As	Sb	Strata žíhaním pri 950 °C
%	%	%	%	%	%	%
4,45	1,16	66,34	1	5,8	1,4	14,5



Izolácia odkaliska + redepozícia hľad odkaliskových kalov .



	Ing. Marek Hrabčák		Geosofting, s.r.o.	
Vypracoval :	Jozef Onufer		Solvénova 28 080 05 Prešov Tel: 0903 141 950, 0903 111 852 Email: geosofting@sktelnet.sk	
	Eva Hrabčáková			
Kreštil:	Stanislav Božula	Stupeň:	Štúdia uskutočniteľnosti	
Kataster:	Poproč	Formát:	2 x A4	
Okres:	Košice okolie	Dátum:	III, 2015	
Kraj:	Košický	Zák. č.:	39-15-01	
Investor:	Envirocentrum s.r.o.	Výkres. č.:		
Názov:	Rez okrajom odkaliska			

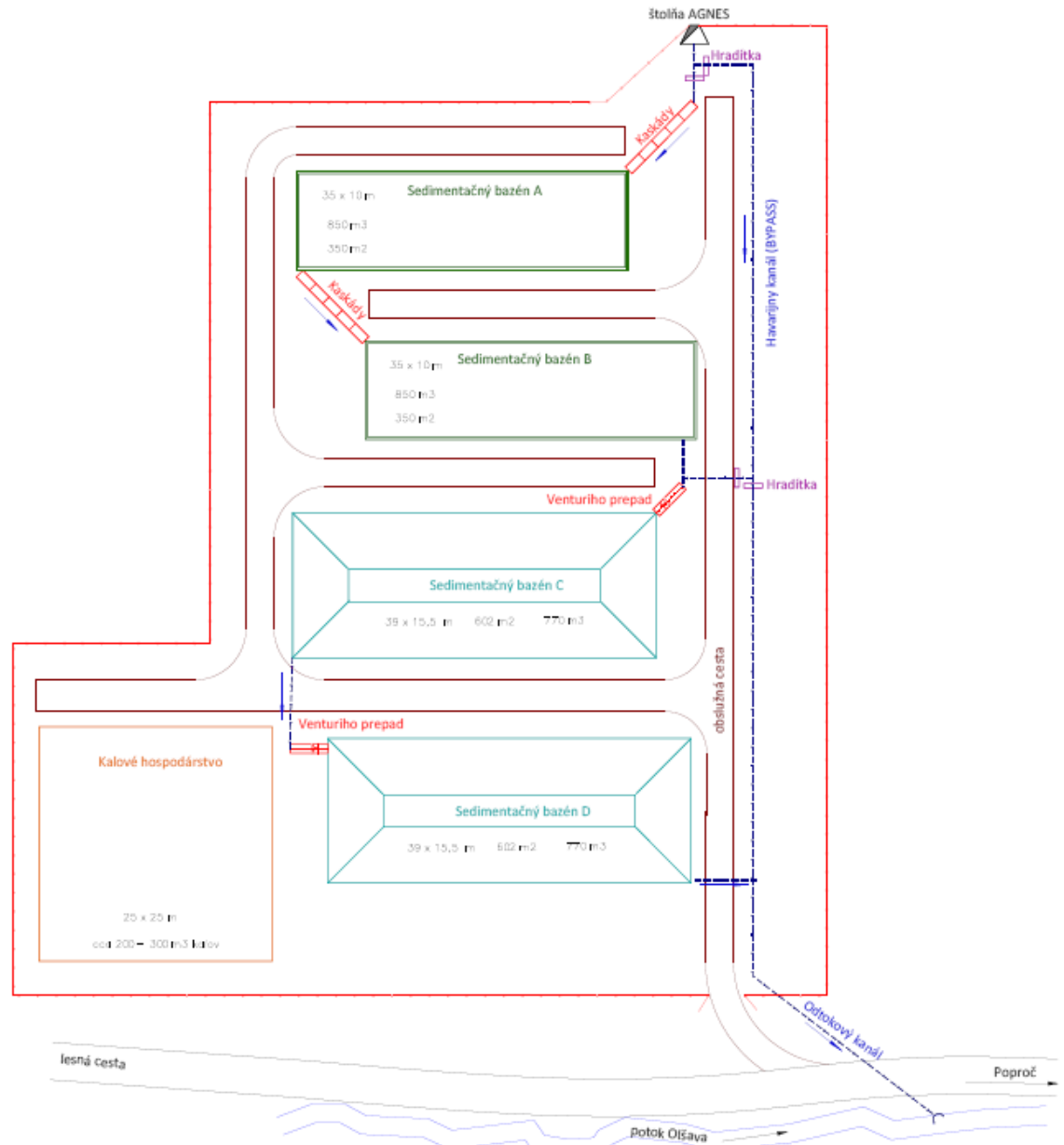
Štúdia uskutočniteľnosti sanácie EZ: Poproč odkalisko.

Sedimentácia Fe okrov pred štôľňou Agnes

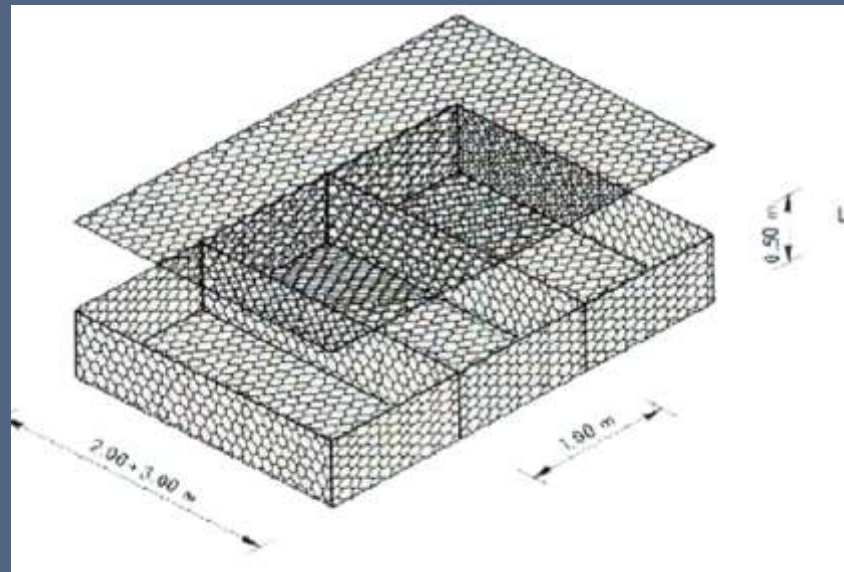
Schéma technológie

pre pasívne čistenie banských vôd zo štôľne Agnes

lokalita Poproč

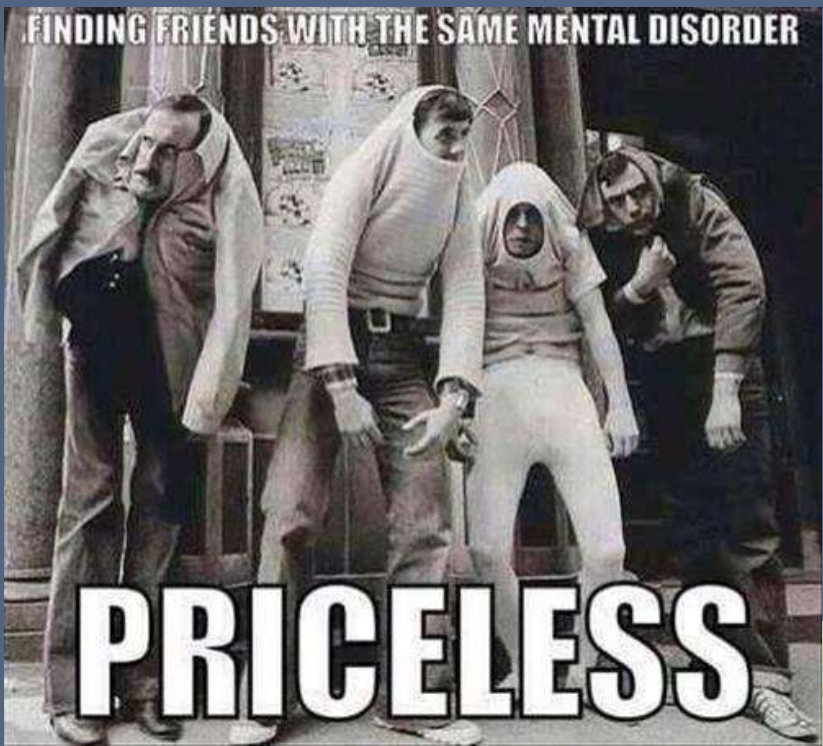


Sorpcia As a Sb na odpadové Fe špony



Záver

- lokalita Poproč sa vyznačuje veľkou mierou znečistenia **všetkých zložiek životného prostredia** - kontaminácia pochádza z bývalej banskej ťažby antimónu po ktorej ostali haldy, odkaliská a opustené štôlne
- **najvýznamnejším zdrojom znečistenia** je však **výtok zo štôlne Agnes**, ktorý svojimi extrémnymi hodnotami antimónu, arzénu, zinku a železa kontaminuje potok Olšava ako aj podzemné vody v okolí obce
- **pilotný systém** s odpadovými Fe šponami mal v sledovanom období úspešnosť odstraňovania **antimónu 84 % a 78 % arzénu**.
- **sedimentačná nádrž** dosahuje veľmi dobrú efektívnosť pri odstraňovaní arzénu 87 % a niečo nižšiu pre antimón – 66 %.
- **kombináciou týchto dvoch postupov** (a ich zaradením za sebou) by malo prísť k zlepšeniu účinnosti celého systému



Murphy's Law

Never replicate a successful experiment.

Ďakujem za pozornosť...

