



## Prieskum a riziková analýza EZ so zameraním na ťažobné odpady (modelová lokalita)

RNDr. Ľubomír JURKOVÍČ, PhD.  
Univerzita Komenského v Bratislave  
Prírodovedecká fakulta



# Úvod

- analýza rizika zneisteného územia nástroj na identifikáciu a hodnotenie rozsahu a závažnosti zneistenia
- dôsledky banskej innosti zneistenie podzemných a/alebo povrchových vôd, horninového prostredia, poškodenie zdravia loveka
- odval/odkalisko = zneistenie územia spôsobené innosťou loveka, ktoré predstavuje závažné riziko pre ľudské zdravie alebo horninové prostredie, podzemnú vodu a pôdu s výnimkou environmentálnej škody

# Metodika práce

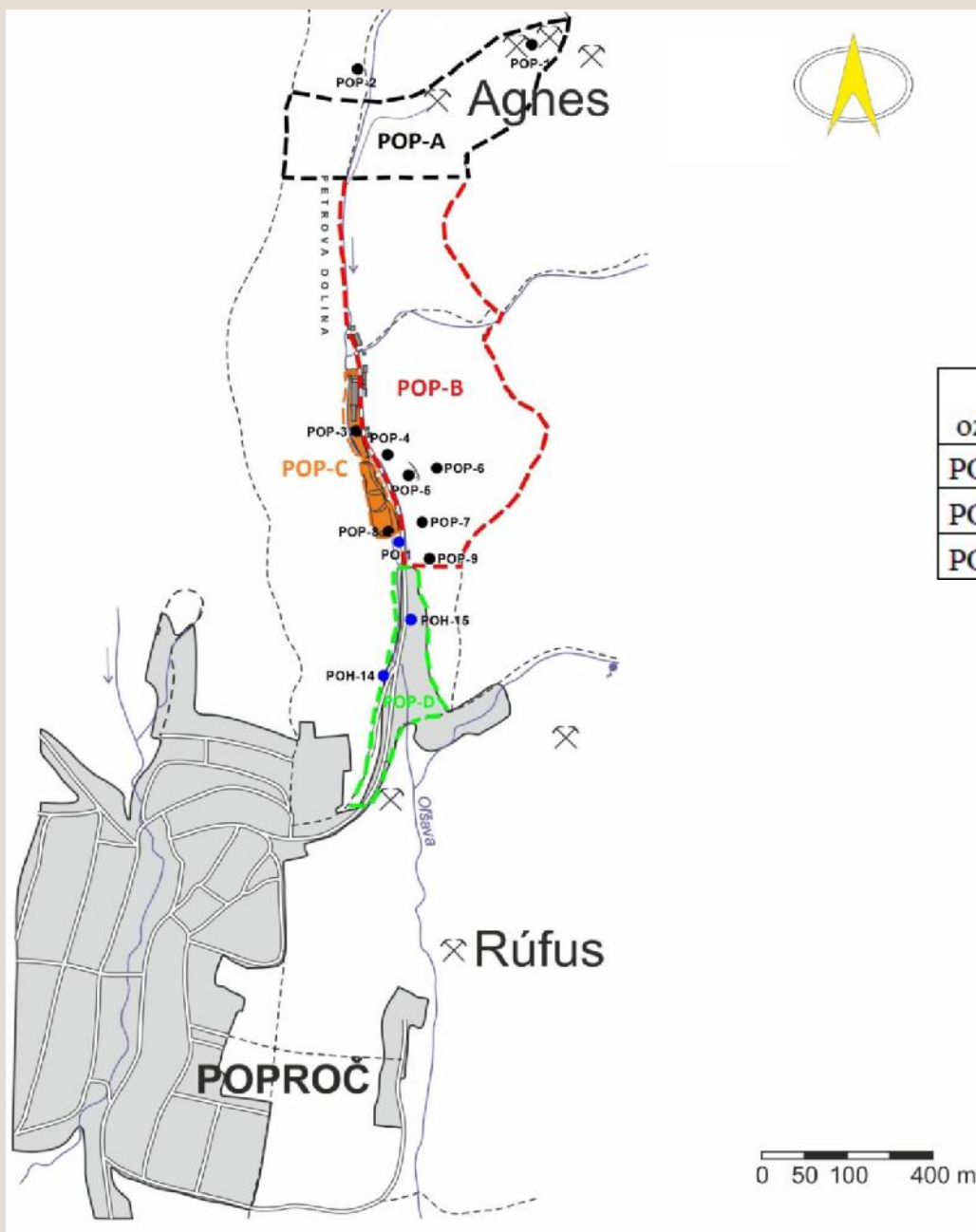
- metodický pokyn MŽP SR . 1/2012-7 z 27. januára 2012 na vypracovanie analýzy rizika zneisteného územia všeobecné princípy, základný obsah a forma
- obsah analýzy rizika zneisteného územia príloha . 1, písm. E vyhlášky MŽP SR . 51/2008 Z. z.

## Postup:

- ✓ kompletizácia existujúcich údajov o záujmových lokalitách z dostupných zdrojov,
- ✓ hodnotenie doplňujúcich údajov o skúmanom území,
- ✓ identifikácia rizika,
- ✓ hodnotenie environmentálnych rizík,
- ✓ hodnotenie zdravotných rizík,
- ✓ vyslovenie záverov hodnotenia environmentálnych a zdravotných rizík.

## Použité analytické a prieskumné práce

- Zhodnotenie vplyvu banskej inosti na okolie opustených Sb ložísk Slovenska s návrhmi na remediáciu, projekt APVV-0268-06 (Chovan et al., 2010).
- Kontaminácia zložiek životného prostredia vo vybraných oblastiach Slovenska ovplyvnených ažbou Sb-ložísk, projekt VEGA 1/0904/11 (Šottník, 2013).
- Mobilita kontaminantov v pôdach a bioakumulatívny potenciál vegetácie vo vybraných oblastiach opustených Sb-ložísk, dizertná práca (Matejkovi , 2013).



## Modelová lokalita EZ Popro

označenie úseku	As mg/kg	Sb mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
POP-A	427,8	4521,8	89,8	82,7
POP-B	299,0	900,8	79,1	87,2
POP-C	900,3	2618,3	363,0	228,7

Spriemerované výsledky pôdnych analýz

	As mg/l	Sb mg/l	Zn mg/l
POP-C	0,078	1,000	0,189
POP-D	0,003	0,016	0,015

Spriemerované výsledky analýz podzemných vôd

# vo ne deponované odkaliskové kaly a ažobné odpady na lokalite Popro



- Ekologické charakteristiky skúmaného územia – pedologické pomery, ochrana prírody a krajiny, chemický stav útvaru podzemných vôd
- Materiálová bilancia zne istených zemín a zne istených podzemných vôd

Doplňujúce údaje o skúmanom území  
EZ Popro

Označenie znečistenej plochy	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky (mg/kg)	Rozloha znečistenej plochy (m <sup>2</sup> )	Objem znečistenej zeminy (m <sup>3</sup> )	Hmotnosť znečistenej zeminy (t)	Hmotnosť znečisťujúcej látky (t)
POP-A	0,66	427,8	140 000	92 400	184 800	79,1
POP-B	0,66	299,0	270 000	178 200	356 400	106,6
POP-C	5,66	900,3	17 500	99 050	160 362	144,4
Celkové množstvo znečisťujúcej látky v zemine (t)						<b>330,1</b>

Hmotnostná bilancia pre **arzén** v zeminách v zóne prevzdušnenia

Označenie znečistenej plochy	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky (mg/kg)	Rozloha znečistenej plochy (m <sup>2</sup> )	Objem znečistenej zeminy (m <sup>3</sup> )	Hmotnosť znečistenej zeminy (t)	Hmotnosť znečisťujúcej látky (t)
POP-A	0,66	4521,8	140 000	92 400	184 800	834,0
POP-B	0,66	900,8	270 000	178 200	356 400	321,0
POP-C	5,66	2618,3	17 500	99 050	160 362	419,9
Celkové množstvo znečisťujúcej látky v zemine (t)						<b>1574,9</b>

Hmotnostná bilancia pre **antimón** v zóne prevzdušnenia

Označenie znečistenej plochy	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky (mg/l)	Rozloha znečistenej plochy (m <sup>2</sup> )	Objem znečistenej zvodnenej vrstvy (m <sup>3</sup> )	Objem znečistenej vody (m <sup>3</sup> )	Hmotnosť znečisťujúcej látky (kg)
POP-C	5	1	17500	87500	21875	21,875

Hmotnostná bilancia pre **antimón** v podzemnej vode



# Identifikácia rizika

- Identifikácia nebezpečenstva – dominantne nebezpečné znečisťujúce látky As, Sb, Pb, možní príjemcovia rizika – obyvatelia, rekreanti, lesní pracovníci, vody, živé zložky ekosystému
- Charakteristika znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov
- Situačný model lokality – konceptný model, hydrogeologické vlastnosti prostredia, súčasná a budúce využitie územia + zdroje, expozičné cesty – ingestícia, dermálny kontakt, iné (ekosystém)

## Hodnotenie environmentálnych rizík

- Vzáťah dávka – účinok na ŽP – správanie sa v zložkách ŽP
- Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika – tabuľky, otázky
- Výpočet rizika šírenia zneistenia – odkaliská
- Zhrnutie environmentálneho rizika

# Hodnotenie aktuálnosti ER

Názov lokality	Typ znečistenia	IT	Nameraná hodnota (NH)	Prekročenie limitu (PL)	Znečistená plocha	Využitie územia	Hodnotenie rizika
		mg/kg suš.	mg/kg suš.	NH/IT	m <sup>2</sup>	skup. 1, 2 alebo 3	ÁNO/NIE
POP-A	As	140	427,8	3,06	140 000	3	NIE
POP-B	As	140	299,0	2,14	270 000	3	NIE
POP-C	As	140	900,3	6,43	17 500	3	NIE
POP-A	Sb	80	4521,8	56,52	140 000	3	ÁNO
POP-B	Sb	80	900,8	11,26	270 000	3	ÁNO
POP-C	Sb	80	2618,3	32,73	17 500	3	ÁNO

Hodnotenie environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne

Aktuálne je aj riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou

# Výpočet rizika šírenia zneistenia

- 1. Určenie aktuálnosti, rozsahu, dĺžky a doby pôsobenia zdroja zneistenia
- 2. Stanovenie distribúcie a mobility zneisujúcej látky v pásme prevzdušnenia v blízkosti zdroja
  - Vodný výluh POP-8  $C_0 = 0,55 \text{ mg/l Sb}$
- 3. Stanovenie rozsahu a intenzity prenosu zneisujúcej látky z pásma prevzdušnenia v blízkosti zdroja do podzemnej vody
  - PO-1  $c_1 = 1 \text{ mg/l Sb}$
- 4. Výpočet koncentrácie zneistenia rozpusteného v podzemnej vode v referenčnom mieste a v referenčnom ťase

# Výpočet rizika šírenia zneistenia

- Vo vzdialenosti 100 m od zdroja bola vypočítaná  $c_2 = 0,14 \text{ mg/l Sb}$
- Nad limitom pre pitné vody – preukázané riziko šírenia zneistenia, potrebná sanácia
- Výpočet rizika vo vzahu k povrchovým vodám
- Prírastok zneistenia banskými vodami
- $c_p = 1,85 \text{ mg/l}$  pre As,  $c_p = 0,11 \text{ mg/l}$  pre Sb

- Vzáťah dávka – účinok na ľudské zdravie
- Hodnotenie expozície – expozičné cesty, výpočet expozičných dávok
- Výpočet zdravotných rizík
- Zhrnutie zdravotných rizík

Hodnotenie zdravotných rizík

## Limity pre prahové a bezprahové úinky

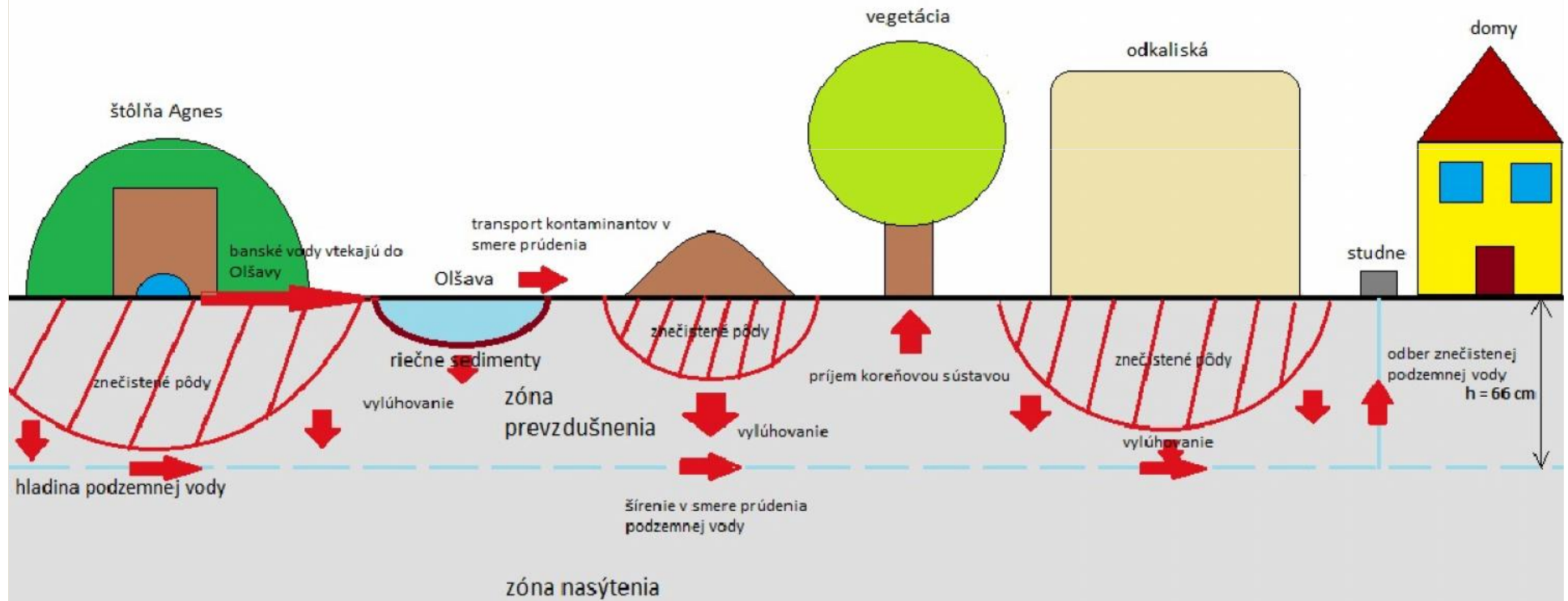
	As	Sb	Pb	Zn
<b>RfD</b>	0,0003 mg/kg/deň	0,0004 mg/kg/deň	-	0,3 mg/kg/deň
<b>RfC</b>	-	-	-	-
<b>OSF</b>	1,5 mg/kg/deň	-	-	-
<b>IUR</b>	0,0043 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-

# Expozičné cesty

- Orálna – obyvatelia – zneistená voda
- Dermálna – obyvatelia – zneistená voda
- - lesní pracovníci – zneistená pôda
- - lesní pracovníci – zneistená voda
- - návštevníci lesa – zneistená pôda
- - návštevníci lesa - zneistená voda



## Koncepčný model lokality



- Na základe predpokladov (veľkosť, frekvencia a dĺžka trvania expozície + veľkosť, typ, povaha exponovanej populácie) vypočítané priemerné denné dávky ADD a LADD

- Princíp opatrnosti – najvyššie namerané koncentrácie

Výpočet expozičných dávok

## Výpočet zdravotných rizík – prahové účinky

Expozičný scenár	HQ As	HQ Sb	HQ Zn
Ingescia vody dospelí	$3,7 \cdot 10^{-1}$	1,6	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Ingescia vody deti	$6,3 \cdot 10^{-1}$	2,8	$2,7 \cdot 10^{-3}$
Dermálny kontakt so zeminou lesní pracovníci	$5,3 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Dermálny kontakt so zeminou rekreanti dospelí	$9,7 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-6}$
Dermálny kontakt so zeminou rekreanti deti	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Dermálny kontakt s vodou lesní pracovníci	1,4	$3,8 \cdot 10^{-1}$	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Dermálny kontakt s vodou rekreanti dospelí	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$7,0 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-5}$
Dermálny kontakt s vodou rekreanti deti	$3,3 \cdot 10^{-1}$	$8,8 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$

Hodnoty kvocientu nebezpečenstva HQ

Ak je HQ  $\leq 1$ , nemalo by existovať žiadne významné riziko nekarcinogénnych účinkov

Ak je HQ 1 - 10, existuje tu potenciálne riziko a je vhodné zahájiť nápravné opatrenia (nie je však možné výslovne prehlásiť, pri ktorom pomere potenciálne riziko prechádza v skutočné riziko)

Index nebezpečenstva HI je sumou HQ, pre látky s podobnými účinkami, výsledok rovnaký

## Výpočet zdravotných rizík – bezprahové úinky

Expozičný scenár	CVRK <sub>As</sub>
Ingescia vody dospelí	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Ingescia vody deti	$2,8 \cdot 10^{-4}$
Dermálny kontakt so zeminou lesní pracovníci	$8,5 \cdot 10^{-6}$
Dermálny kontakt so zeminou rekreanti dospelí	$5,5 \cdot 10^{-7}$
Dermálny kontakt so zeminou rekreanti deti	$1,9 \cdot 10^{-6}$
Dermálny kontakt s vodou lesní pracovníci	$2,2 \cdot 10^{-4}$
Dermálny kontakt s vodou rekreanti dospelí	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Dermálny kontakt s vodou rekreanti deti	$1,9 \cdot 10^{-5}$

### Hodnoty CVRK pre As

CVRK – celoživotný vzostup pravdepodobnosti po tu nádorových ochorení nad všeobecný priemer v populácii pre jednotlivca

Ak je hodnota CVRK väčšia ako  $10^{-4}$ , bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, je pravdepodobné, že viac ako 1 človek z 10 000 ľudí ochorie nádorovým ochorením

Ak je hodnota CVRK väčšia ako  $10^{-6}$ , bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre populáciu, je pravdepodobné, že viac ako 1 človek z milióna ľudí ochorie nádorovým ochorením

# Závery pre lokalitu EZ Popro

- Ve k  množstvo kontaminantov v prostredí
- Preuk zan  riziko šírenia zne istenia
- Preuk zan  zdravotn  riziko, najmä pitím vody zo studní
- Najnebezpe nejšie As a Sb
- Úpln  sanácia nemo zn 
- Zabezpe i ochranu udskeho zdravia – op tovn  zdôraznenie vyu žívania podzemných vôd, BOZP pre pracovníkov miestnych lesov

## Pernek, u ma

- zdroje zne istenia: úložiská ažobného odpadu, výtoky zo štôlní
- zne is ujúce látky: As a Sb
- environmentálne riziko: -
- zdravotné riziká: nekarcinogénne:
  - ✓ Pernek: -
  - ✓ u ma: dermálny kontakt so zne istenou zeminou, ingescia zne istenej zeminy, vody aj lie ivých rastlín
- zdravotné riziká: karcinogénne:
  - ✓ Pernek: dermálny kontakt, ingescia zne istenej zeminy a húb
  - ✓ u ma: dermálny kontakt so zne istenou zeminou, ingescia zne istenej zeminy, vody aj lie ivých rastlín

## Popro

- zdroje zne istenia: úložiská ažobného odpadu, výtoky zo štôlní
- zne is ujúce látky: As a Sb
- environmentálne riziko: ✓
- zdravotné riziká: nekarcinogénne:
  - ✓ dermálny kontakt, ingescia zne istenej vody
- zdravotné riziká: karcinogénne:
  - ✓ dermálny kontakt, ingescia zne istenej vody

**Potreba špecifického prístupu k rozsahu prieskumných a analytických prác a tiež k vypracovaniu niektorých častí analýzy rizika znečisteného územia spôsobeného ukladaním ťažobného odpadu:**

- *vzorkovanie materiálu úložiska ťažobného odpadu,*
- *hodnotenie kvality materiálu úložiska ťažobného odpadu,*
- ***osobitné náležitosti analýzy rizika územia:***
  - ✓ posúdenie aktuálnosti environmentálneho rizika (aktuálnosť prítomnosti zdroja a receptorov),
  - ✓ hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou (výpočet ročného nárastu znečistenia  $> 100 \text{ m}^3/\text{rok}$  → riziko)
  - ✓ výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám (kovy nepodliehajú degradácii → namiesto  $C_3 - C_2$ )

akujem za pozornos