

**Studium interakcí
zbytkových technologických roztoků
po chemické těžbě uranu
metodou kolonových experimentů
na strukturně zachovalé hornině**



Ing. Ladislav Gombos
*DIAMO, s. p., o. z. Těžba a úprava
uranu*
471 27 Stráž pod Ralskem
e-mail: gombos@diamo.cz



Úvod – zadání a cíle ověřovacích prací



- *původ a rozsah znečištění horninového prostředí a podzemních vod – 3 hlavní faktory*

- *aktualizovaný scénář sanace*

- *stěžejní úkoly pro laboratorní ověřovací práce*

2003-2008

studium interakcí směsných vod, podmínky vzniku NMF

realizace kolonových experimentů na strukturně

zachovalých alterovaných horninách

spolupráce na projektu realizace pilotního poloprovodního

experimentu

2008-?

podklady pro AAR

kolonové experimenty na strukturně zachovalých

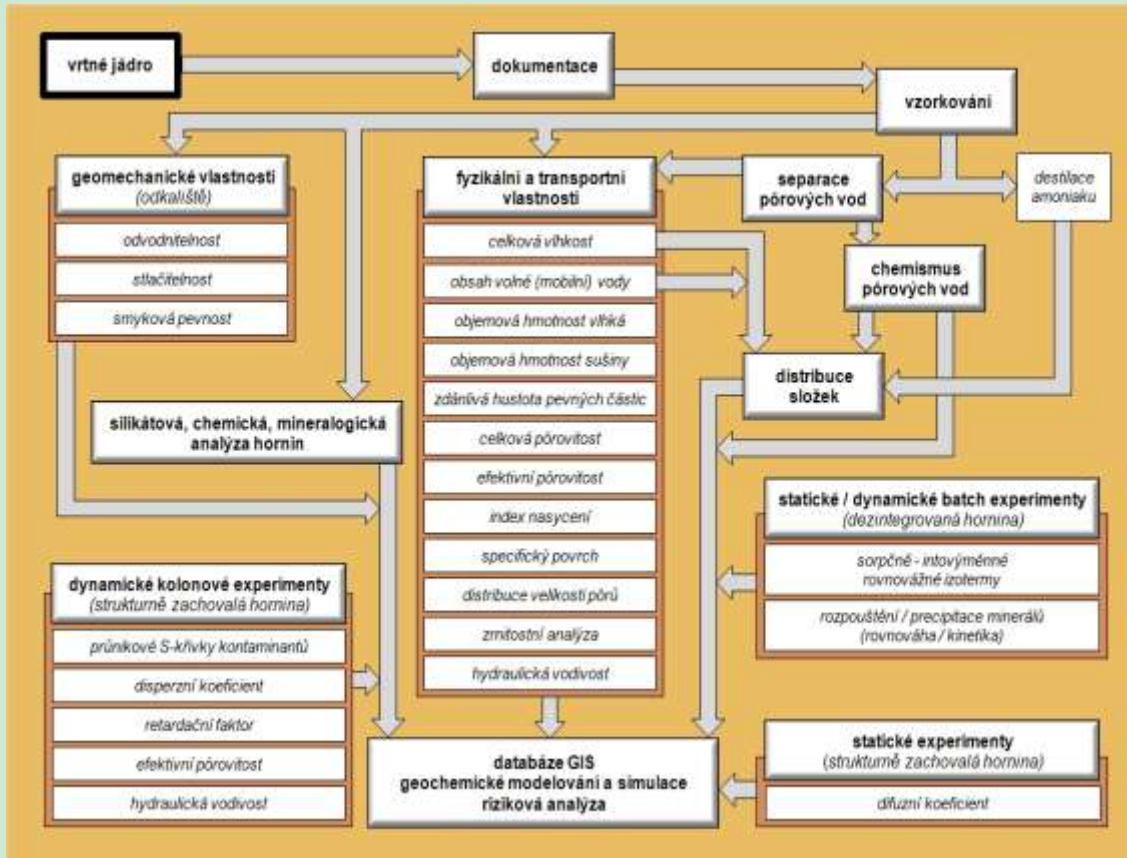
alterovaných i nealterovaných horninách

identifikace geochemických interakcí, podklady pro

kalibraci transportně-reakčního modulu a aktualizaci CPS



Laboratorní zpracování jádrového vrtu



- *reálný stav vertikálního průběhu kontaminace*
- *široké spektrum fyzikálních, chemických a transportních parametrů*
- *modelové experimenty interakce vod s horninami*



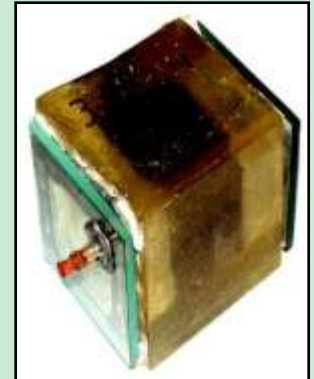
*databáze GIS
geochemické modelování
riziková analýza*

Blokové schéma – jednotná metodika laboratorního zpracování jádrového vrtu

Modelové experimenty – interakce vod



- *vsádkové experimenty bez hornin*
interakce vod při mísení ⇨ vznik NMF
- *vsádkové experimenty s dezintegrovanou horninou*
sorpčně - iontovýměnné rovnováhy
- *statické experimenty se strukturně zachovalou horninou*
difuze
- *dynamické kolonové experimenty na strukturně zachovalé hornině*
průnikové S-křivky kontaminantů
retardační koeficient
efektivní pórovitost
disperze
hydraulická vodivost



Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



Modelové vody:

- **ZTR**
zbytkový technologický roztok
- **NSML, NDS**
*alkalické slivy z povrchových
neutralizačních technologií*
- **LCV**
*požadová ložisková
cenomanská voda*

PARAMETR	ZTR	NSML	NDS	LCV
pH (20 °C)	2,25	11,14	11,8 – 12,8	7,78
Eh (abs) (20 °C) [mV]	836	344	180 – 240	397
Spec. vodivost (20 °C) [mS.m ⁻¹]	1027	479	400 - 420	24,3
Hustota [g.cm ⁻³]	1,015	1,002	1,002	1,000
RL [mg.l ⁻¹]	14110	4114	2050 - 2400	174
NH ₄ ⁺ [mg.l ⁻¹]	217,3	1,75	83 - 93	<0,1
Na [mg.l ⁻¹]	12,0	119,2	140 - 230	3,6
K [mg.l ⁻¹]	14,8	50,2	30 - 35	1,4
Mg [mg.l ⁻¹]	17,9	0,05	0,6 – 1,6	7,3
Ca [mg.l ⁻¹]	136,4	927	560 - 630	36,8
NO ₃ ⁻ [mg.l ⁻¹]	190	1700	60 - 90	2,6
F ⁻ [mg.l ⁻¹]	55,3	3,8	1,9 – 2,2	0,3
Cl ⁻ [mg.l ⁻¹]	5,4	42,7	20 – 30	2,8
PO ₄ ³⁻ [mg.l ⁻¹]	69,8	---	---	<0,05
SO ₄ ²⁻ [g.l ⁻¹]	10244	1101	1,0 – 1,2	18,5
H ₂ SO ₄ [mg.l ⁻¹]	740,4	---	---	---
Alkalinita _{HCO₃} [mg.l ⁻¹]	---	60	400 – 500	137,4
As [mg.l ⁻¹]	1,82	<0,02	---	---
Be [mg.l ⁻¹]	0,208	<0,0001	---	---
Cr [mg.l ⁻¹]	3,3	<0,10	---	---
Mn [mg.l ⁻¹]	7,0	<0,08	---	<0,08
Ni [mg.l ⁻¹]	6,6	<0,05	---	---
Si [mg.l ⁻¹]	20,6	<0,50	---	3,6
Tl [mg.l ⁻¹]	0,34	0,08	---	---
U [mg.l ⁻¹]	12,0	---	---	---
V [mg.l ⁻¹]	3,58	0,017	---	---
Zn [mg.l ⁻¹]	18,1	0,03	---	---

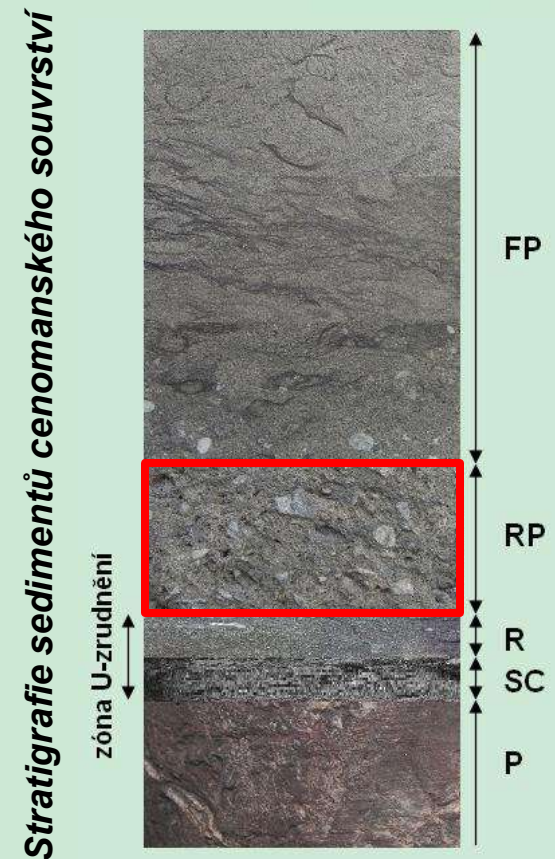


Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



Modelové horniny:

- *FP*
fukoidové pískovce
- *RP*
rozpadavé pískovce
- *R*
rozmyv
- *SC*
sladkovodní cenoman
- *P*
podloží (granit/fylit)

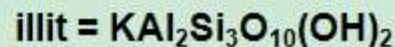
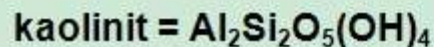


Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách

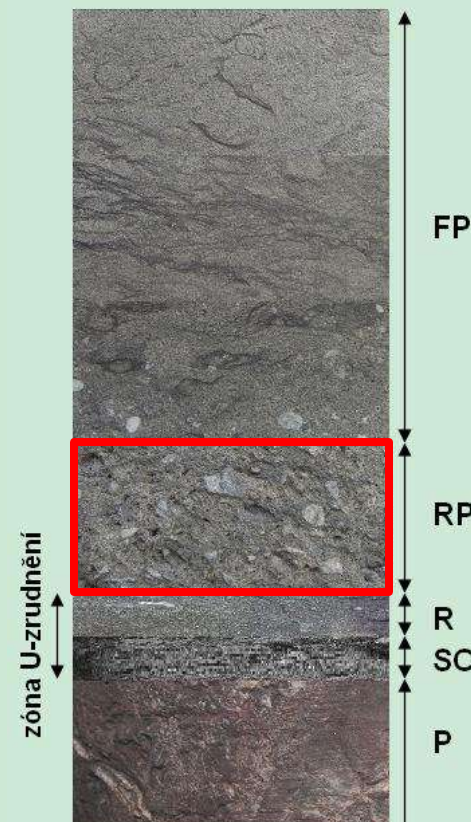


Modelové horniny – rozpadavé pískovce:

		ALTEROVANÉ	NEALTEROVANÉ
MINERÁL [%]	KŘEMEN	98,2 ± 0,2	94,5 ± 0,4
	KAOLINIT	1,3 ± 0,1	3,6 ± 0,2
	ILLIT	0,15 ± 0,04	0,63 ± 0,10
	KALCIT	0,007 ± 0,005	0,04 ± 0,01
	ORGANIKA	0,27 ± 0,03	0,35 ± 0,05
	PYRIT	0,14 ± 0,03	0,20 ± 0,10
HYDRAULICKÁ VODIVOST [m/s]		1,5–2,5 · 10 ⁻⁵	5 · 10 ⁻⁶ – 1 · 10 ⁻⁵
POROZITA [%]	celková	25–30	25–26
	efektivní	20–25	15–20



Stratigrafie sedimentů cenomanského souvrství



Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



Metodika:

- *příprava horninových kolon*
preparace horninového jádra
fixace do formy kolony (20 cm - 25 cm)
syčení odplyněnou LCV (za vakua)
- *výplach horninových kolon*
LCV do ustálení pH, vodivosti, SO_4^{2-}
vztažná hodnota hydraulické vodivosti
- *modelové provozní režimy*
injektáž ZTR
injektáž alkalické vody
reinjektáž LCV



Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



Metodika:

- *experimentální podmínky*
teplota 20 ± 1 °C
variabilní acidita a solnost ZTR (5-35 g/l RL)
filtrační rychlost $x \cdot 10^0 - x \cdot 10^1$ cm/den
celkový proteklý objem až $x \cdot 10^1$ PV
- *sledované parametry*
chemismus proteklých vod
(pH, Eh, vodivost, RL, SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca, Al, Fe, Si, F^- , Mn, Cr, Ni, Zn, As, Be, Tl, V a Cl⁻ jako stopovač)
změny hydraulické vodivosti hornin
- *bilance složek v koloně*
Al, Fe, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Ca, Cl⁻, NO_3^- , F⁻, Si, As

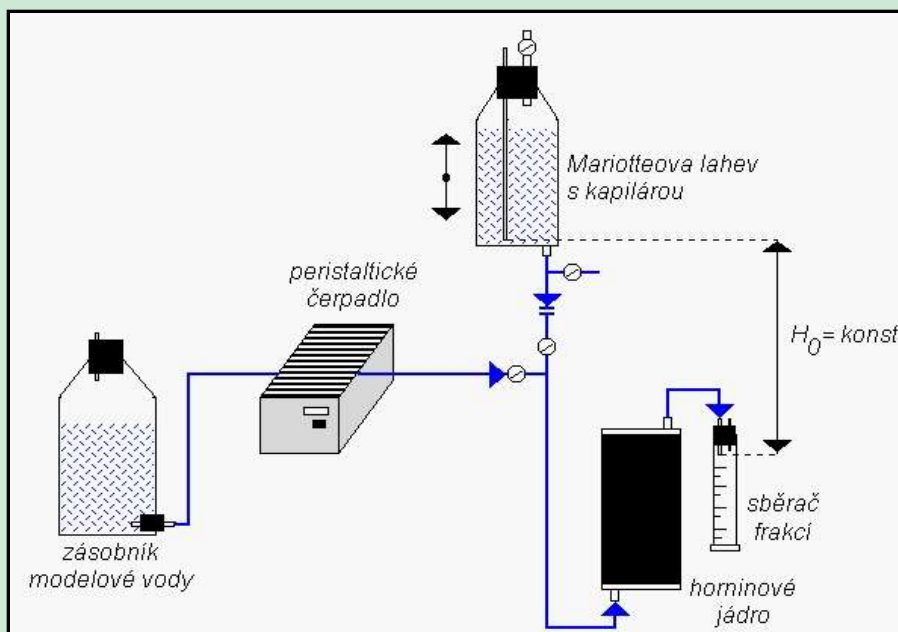


Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách

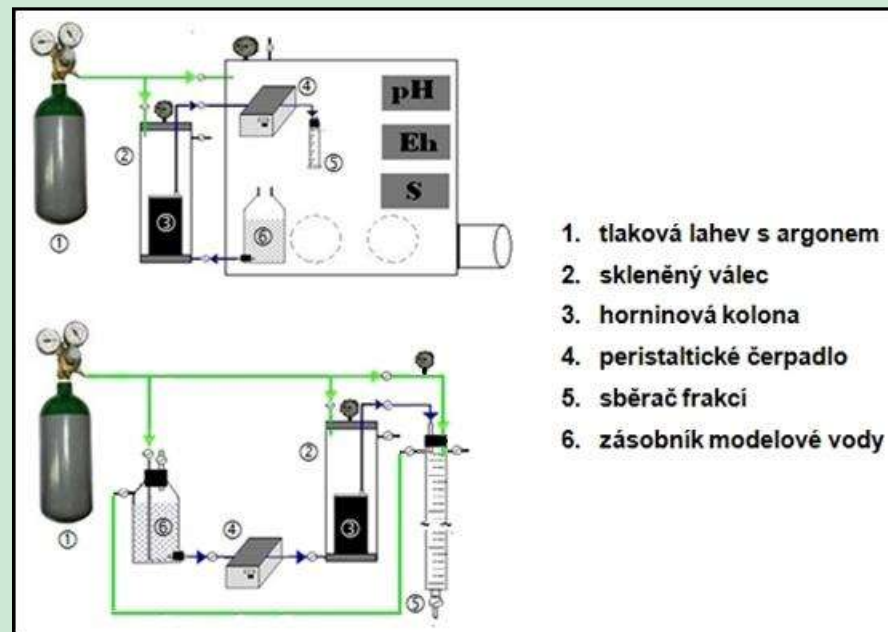


Schéma experimentálního uspořádání:

*alterované horniny
modelové vody ve styku s okolní atmosférou*



*nealterované horniny
modelové vody ve styku s inertní atmosférou*



Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



Experimentální uspořádání:

*alterované horniny
modelové vody ve styku s okolní atmosférou*



*nealterované horniny
modelové vody ve styku s inertní atmosférou*





Závěr – další směr ověřovacích prací

- *zpracování a vyhodnocení jádrového vrtu z experimentálního polygonu pilotního poloprovozního experimentu imobilizace kontaminantů in situ*
- *laboratorní zpracování jádrových vrtů (reálný sav kontaminace)*
- *doplňující práce na základě požadavků AAR*
- *kolonové experimenty na strukturně zachovalých nealterovaných horninách (podklady pro aktualizaci CPS)*
- *podklady pro kalibraci a doplnění transportně-reakčního modulu*
data pro implementaci iontovýměnných a komplexačních reakcí

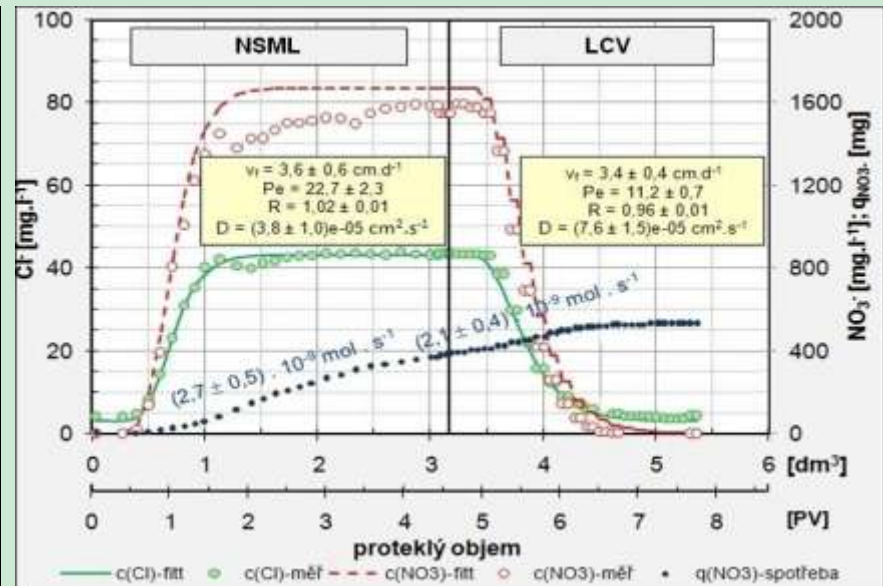
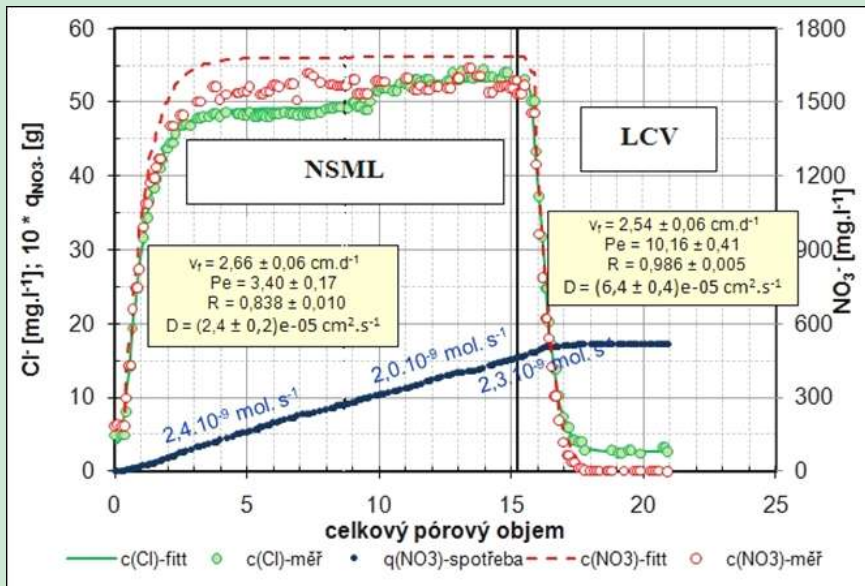
Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



Kinetika denitrifikace při injektáži alkalického slivu NSML a reinjektáži LCV

zakyselená alterovaná hornina

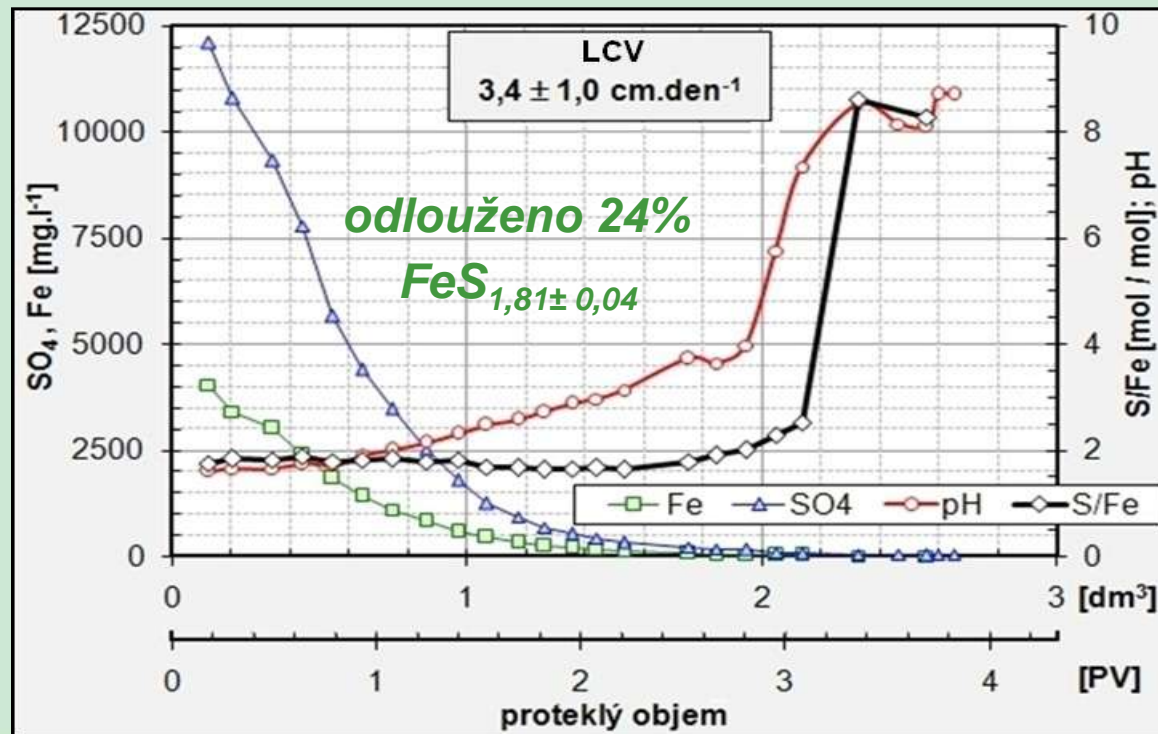
ex-situ preoxidovaná „nealterovaná“ hornina



Kolonové experimenty na strukturně zachovalých horninách



„Nealterovaný“ RP - kvantifikace odloužení pyritu při provozním režimu dosycování a výplachu preoxidované horniny LCV



Vrt MIPC-24 – ukázky fosilií a tektoniky



*Děkuji
za
pozornost!*

