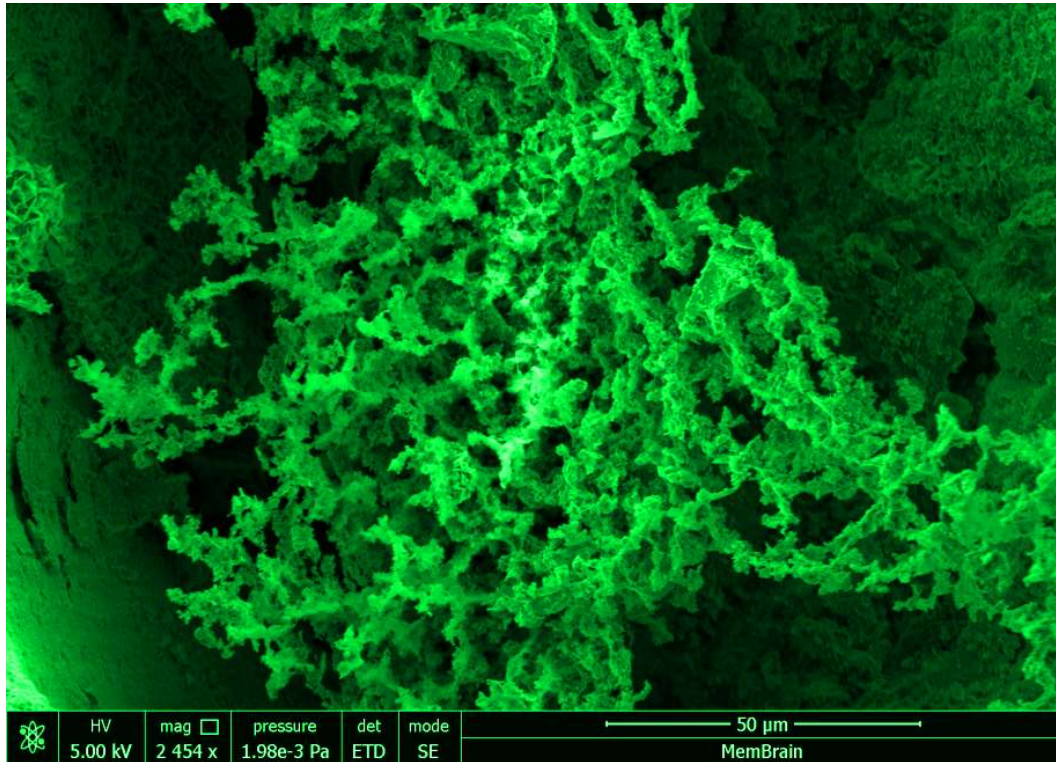


# GEOCHEMICKÉ INTERAKCE VE ZVODNI PŘI APLIKACI REDUKTIVNÍCH TECHNOLOGIÍ



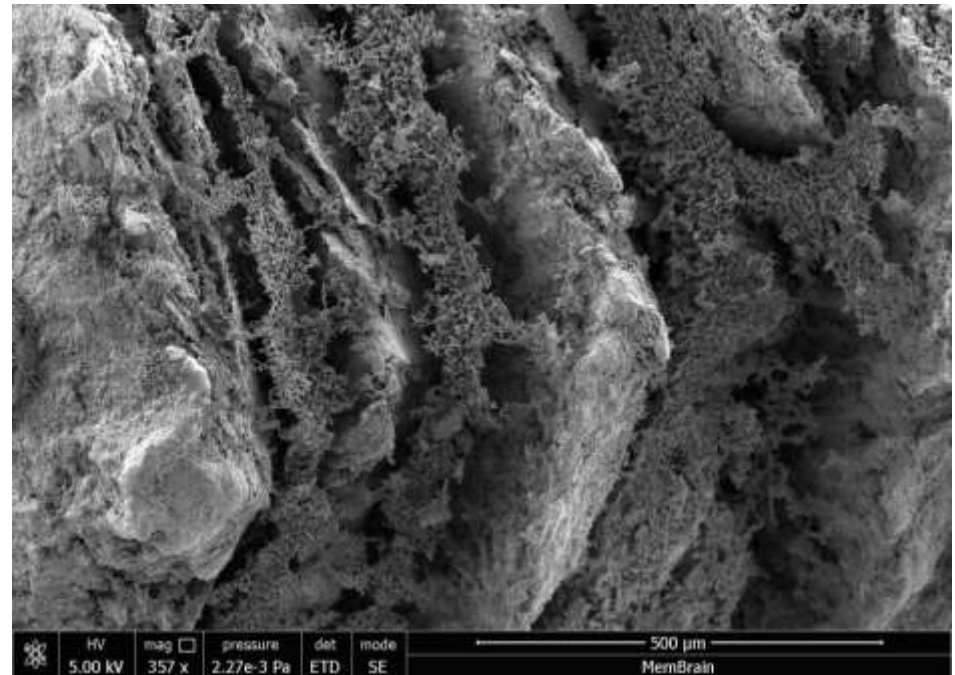
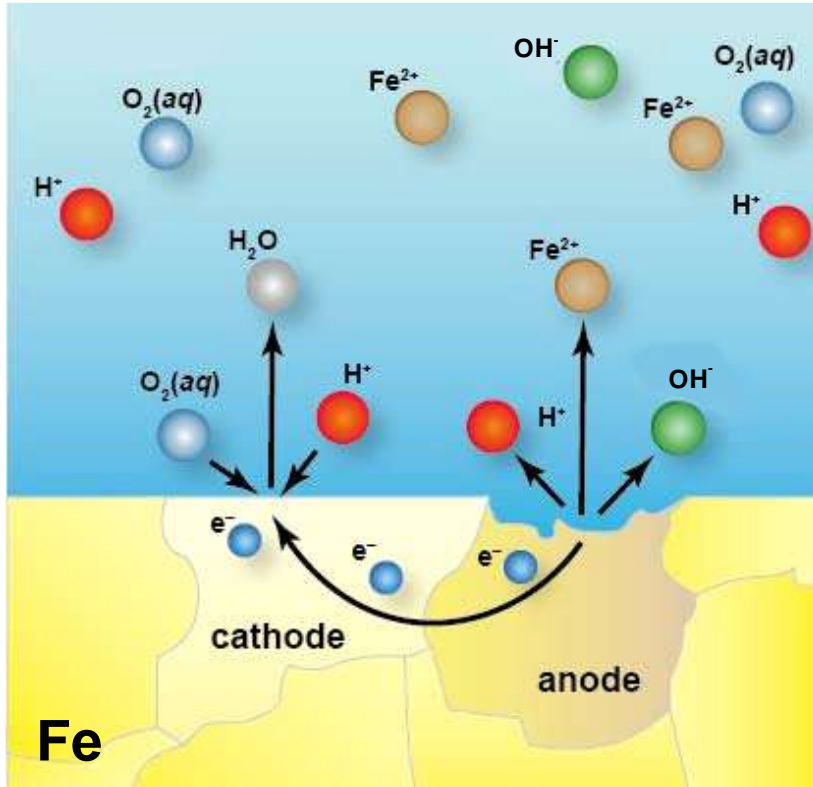
Jaroslav HRABAL

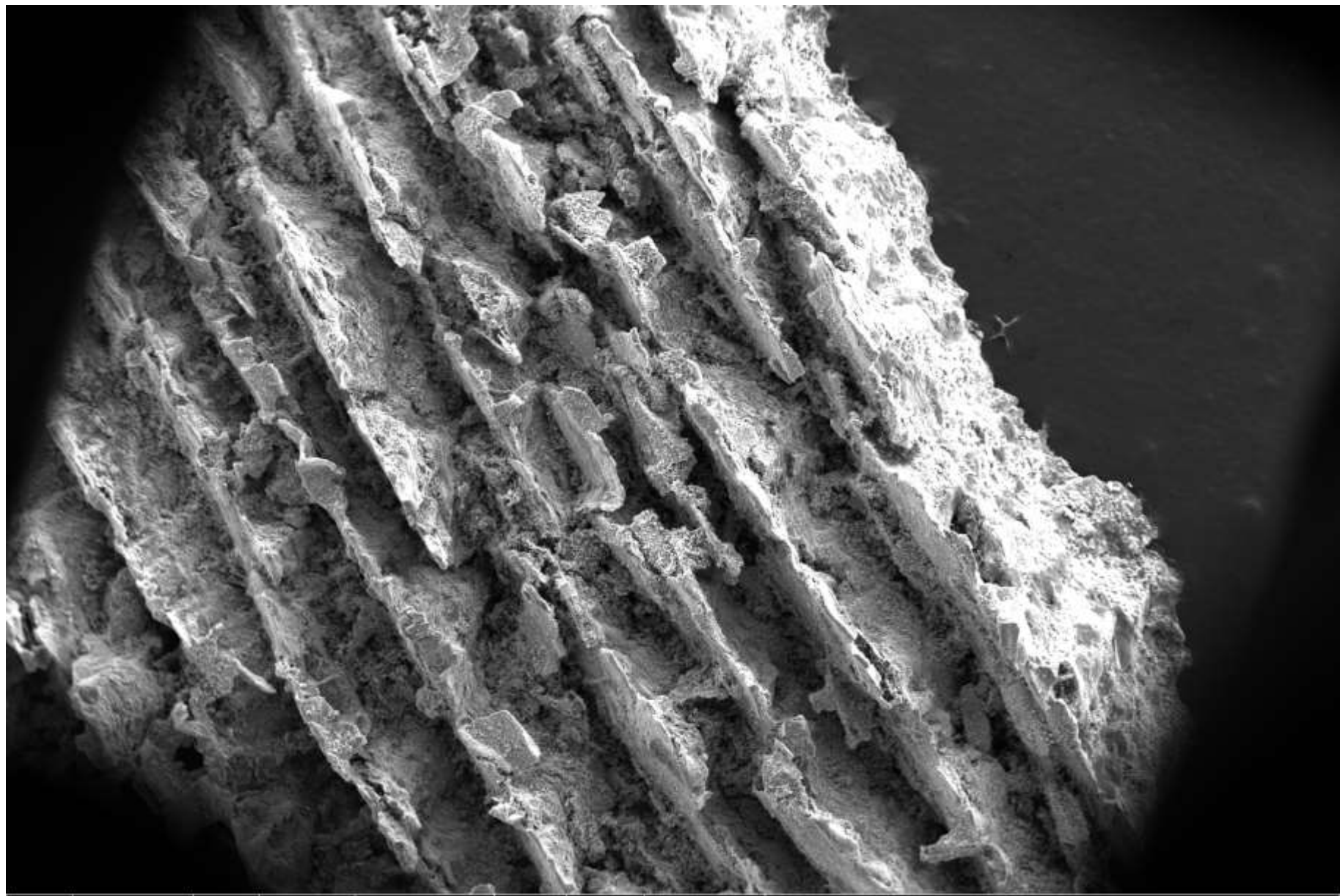
# železo – zázračný prvek voda – kouzelná sloučenina



Vlastnost i vody	Působení a význam
vynikající rozpouštědlo	transport živin a odpadů, průběh biogeochemických procesů
vysoká dielektrická konstanta	vysoká rozpustnost iontových sloučenin
vysoké povrchové napětí	kontrolní faktor pro fyziologii; kapky a povrchy
transparentní pro viditelné a krátké UV záření	bezbarvá dovoluje fotosyntézu ve vodném prostředí
největší hustota v kapalném stavu při 4 °C	led plave, izolace od promrznutí, udržení stratifikace
vysoké výparné teplo	určuje režim přenosu vody mezi atmosférou a vodou
vysoké teplo tání	stabilizace teplotního režimu při promrzání
vysoká tepelná kapacita	stabilizace teplotních podmínek

# Selektivní rozpouštění železa





HV  
20.00 kV

spot  
4.0

mag   
70 x

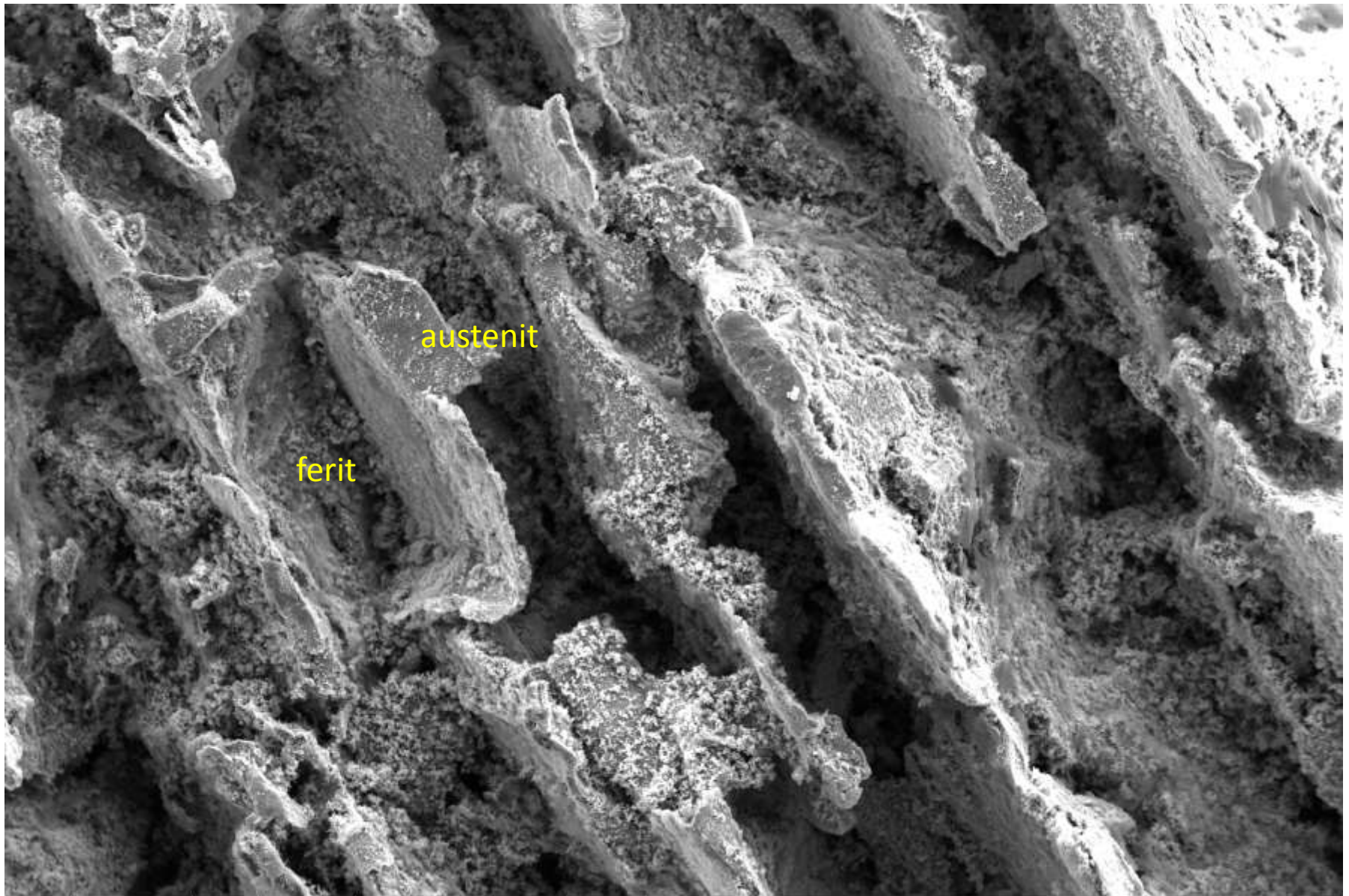
pressure  
9.01e-4 Pa

det  
ETD

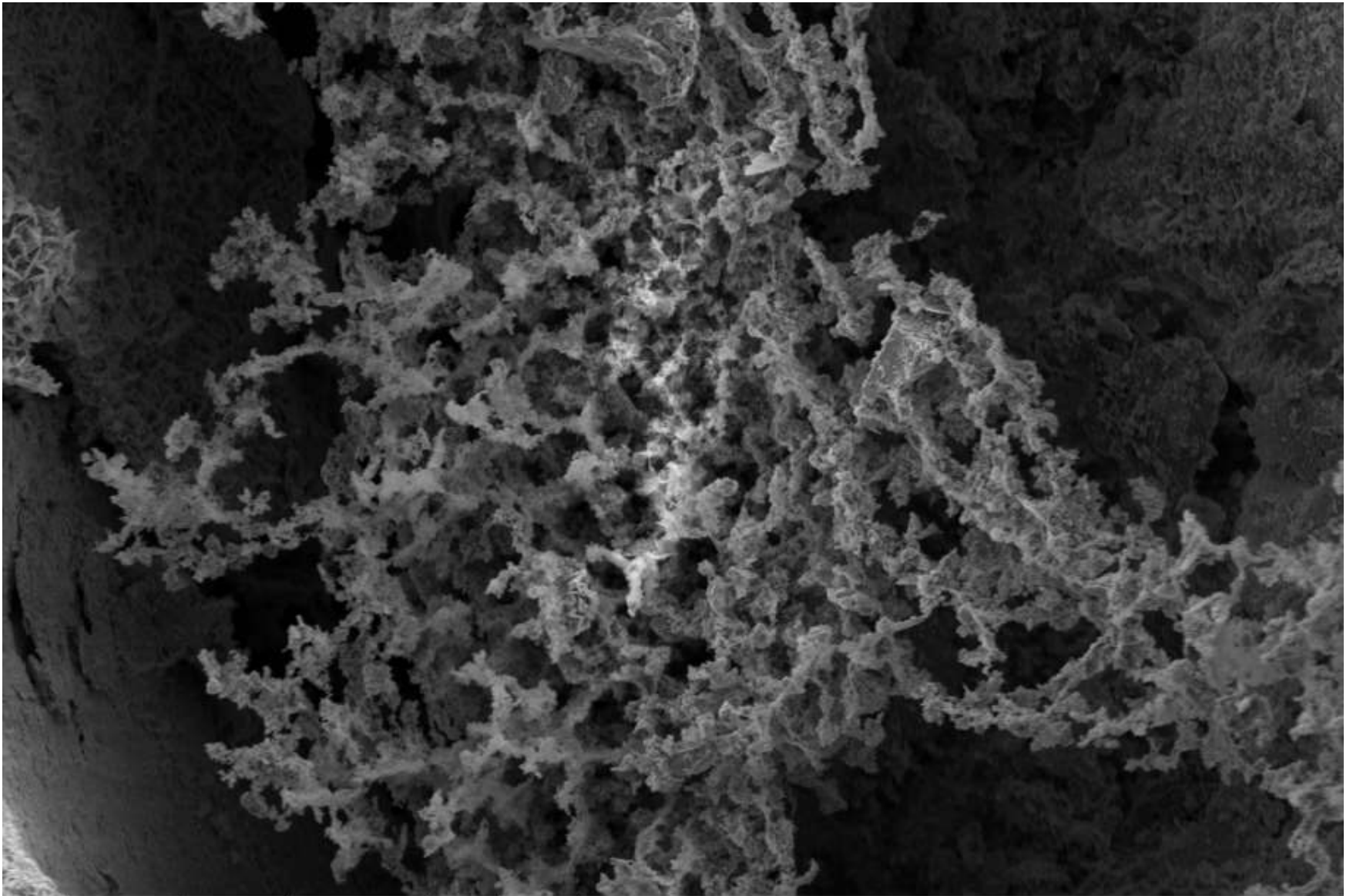
mode  
SE


WD  
10.0 mm

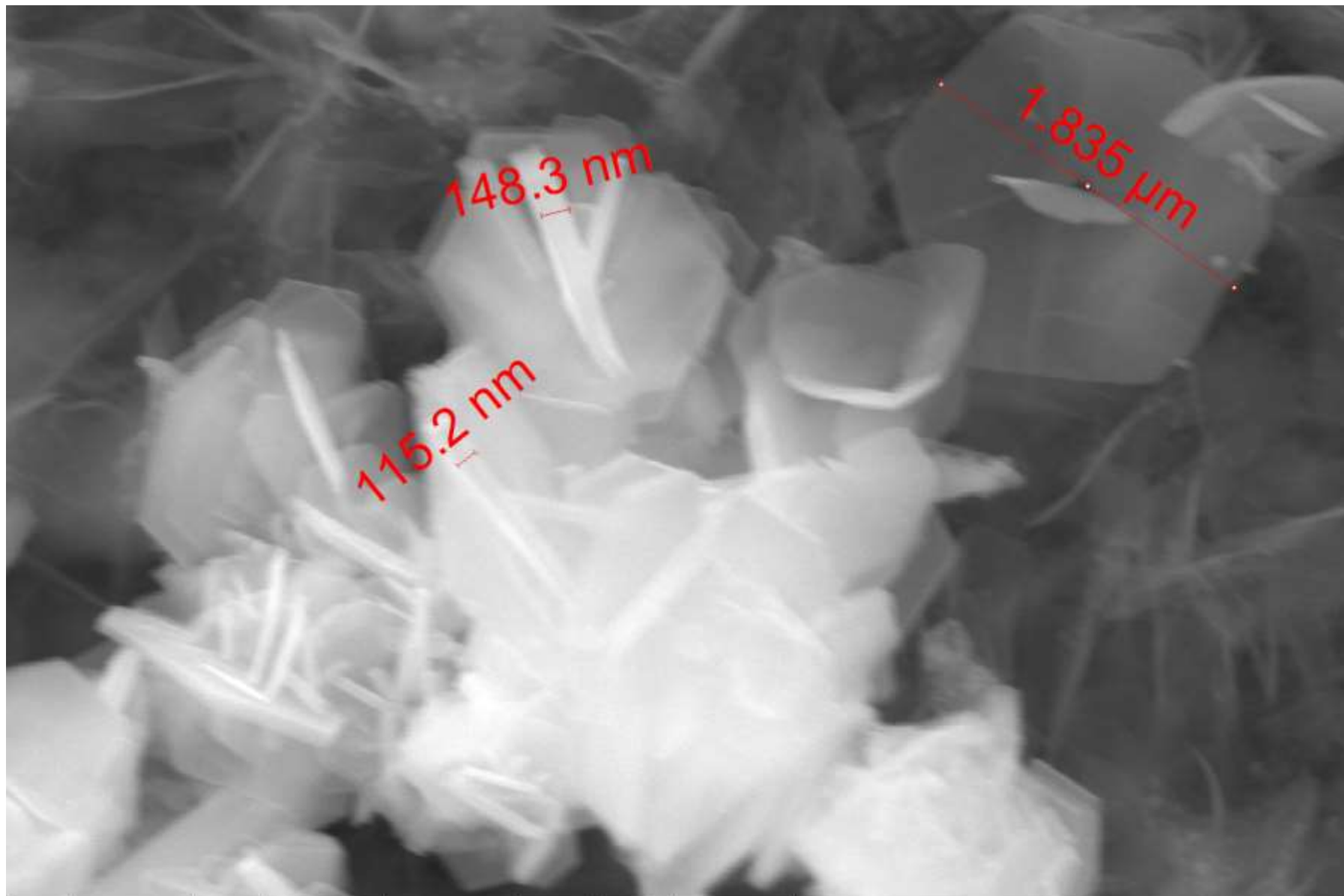
2 mm  
MemBrain



	HV	spot	mag	pressure	det	mode	WD	500 $\mu$ m
	20.00 kV	4.0	200 x	7.52e-4 Pa	ETD	SE	10.0 mm	



	HV	mag <input type="checkbox"/>	pressure	det	mode	50 $\mu$ m
	5.00 kV	2 454 x	1.98e-3 Pa	ETD	SE	



HV  
20.00 kV

spot  
4.0

mag   
60 000 x

pressure  
1.77e-3 Pa

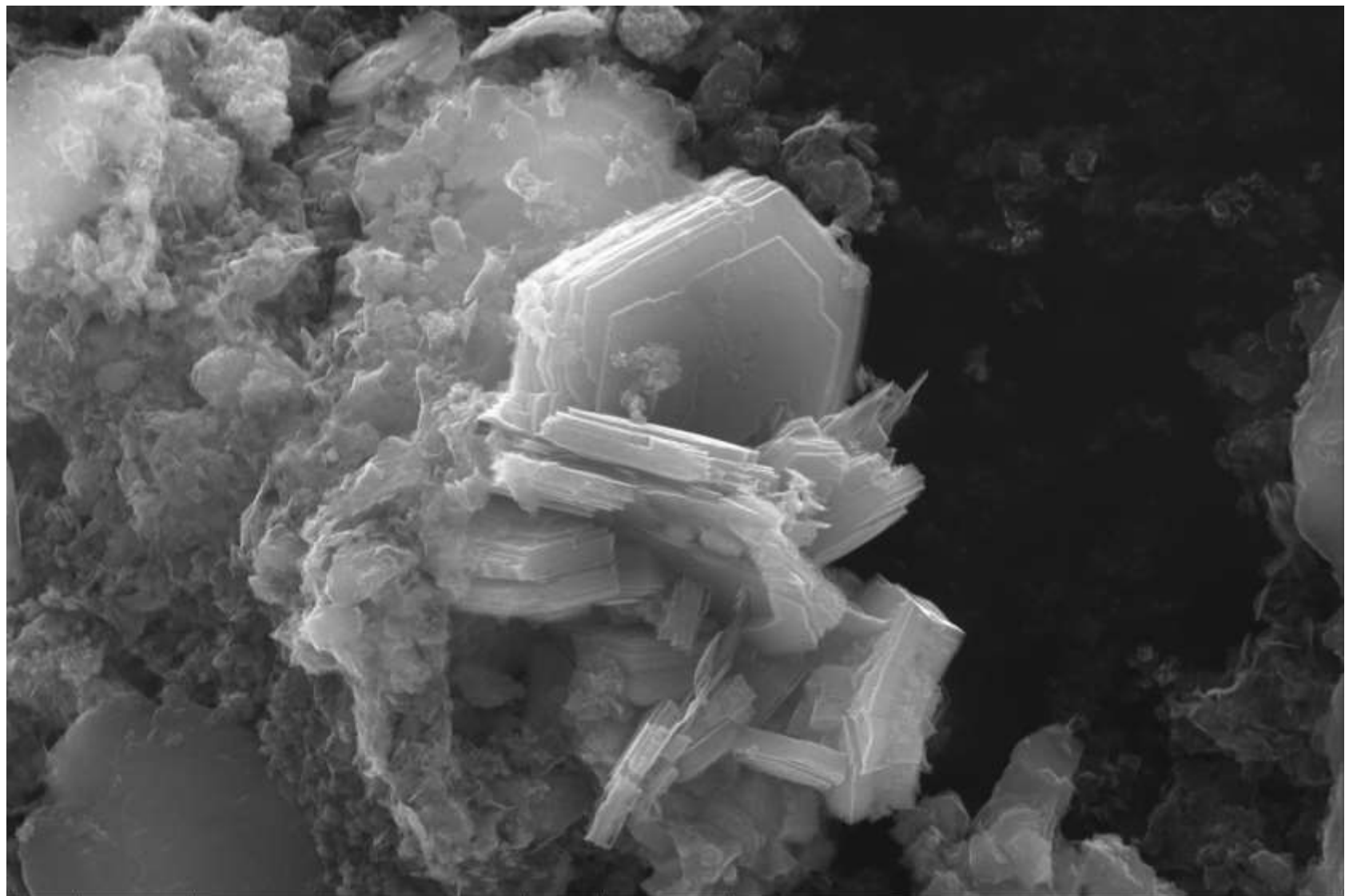
det  
ETD

mode  
SE

WD  
10.0 mm

2 μm

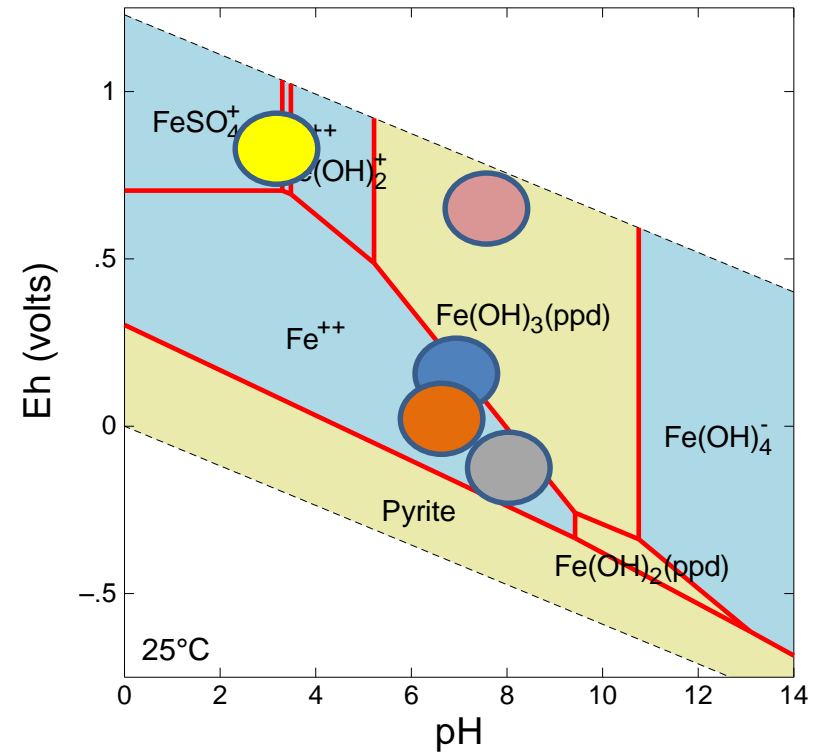
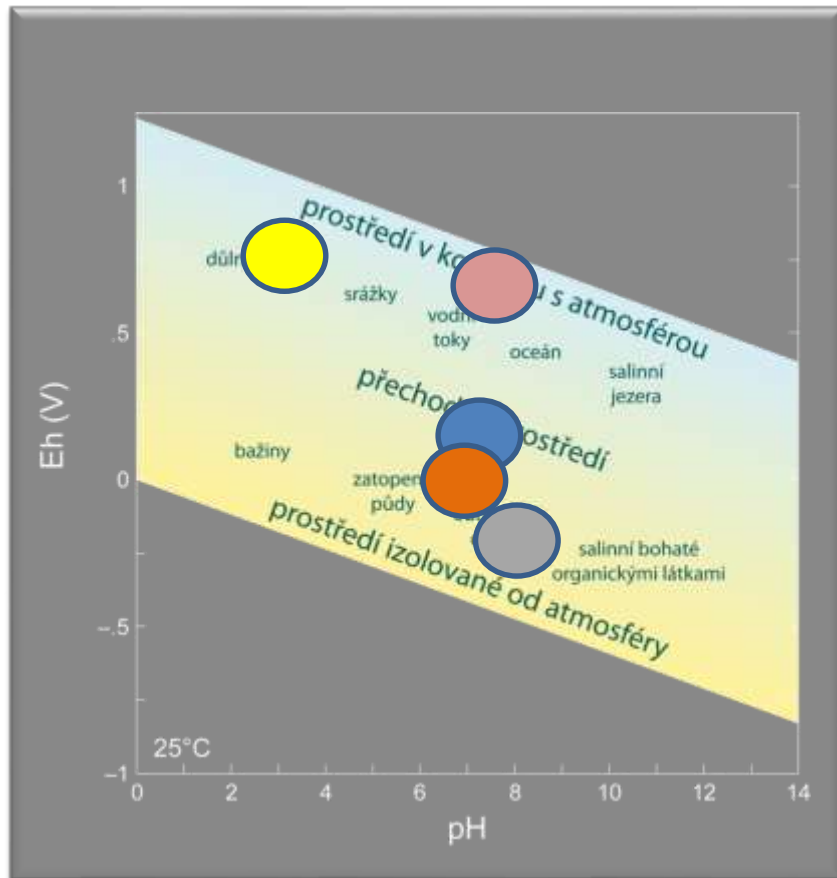
MemBrain



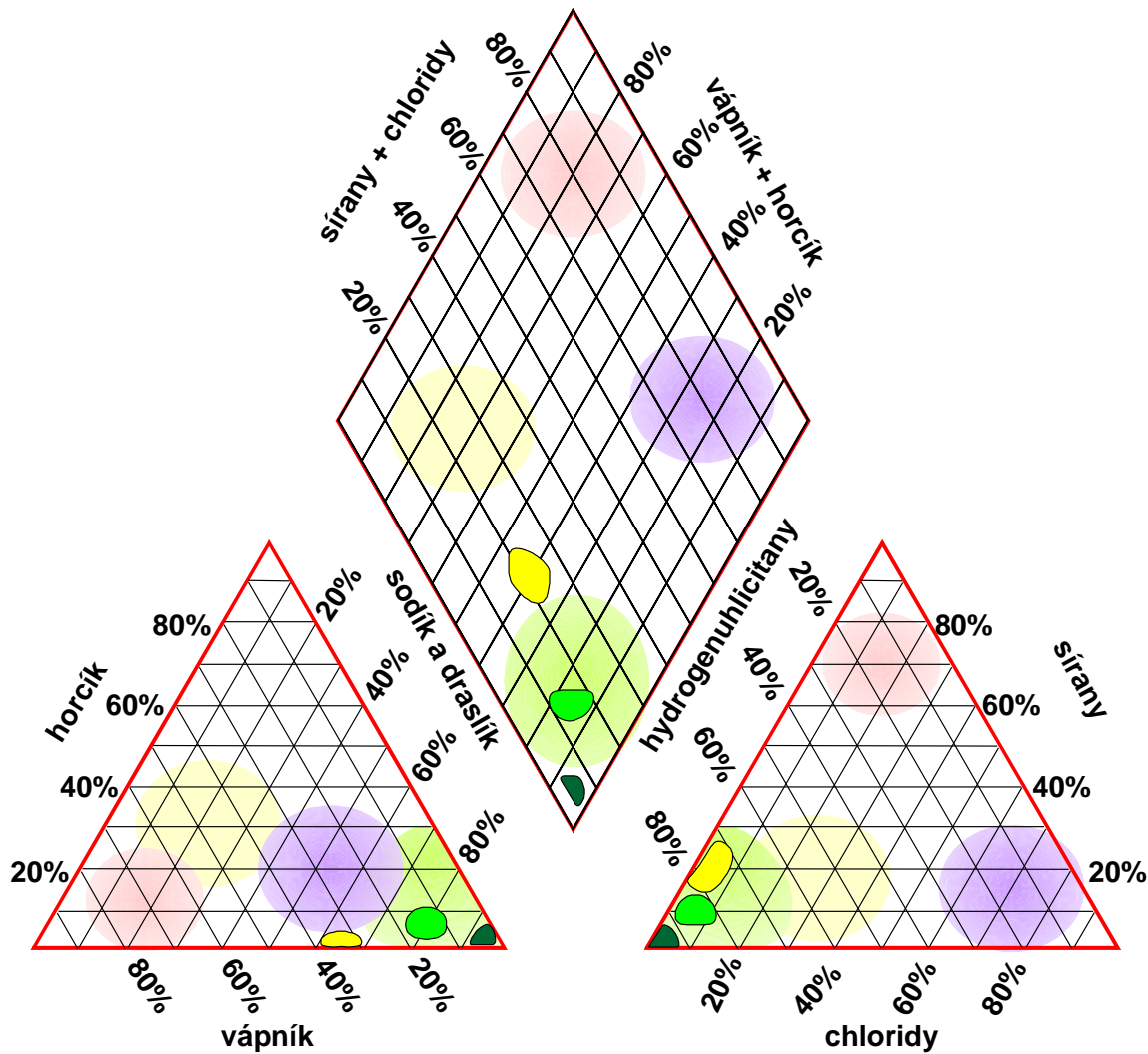
	HV	mag <input type="checkbox"/>	pressure	det	mode	WD	10 $\mu$ m
	30.00 kV	12 000 x	1.14e-4 Pa	ETD	SE	10.4 mm	



# Exogenní geochemické podmínky ve vodném prostředí

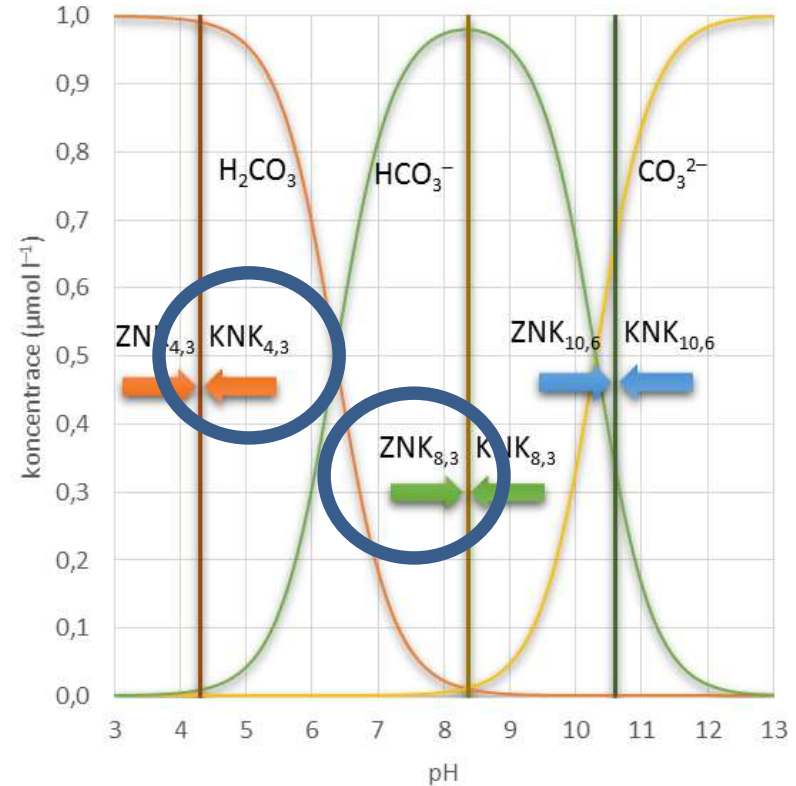
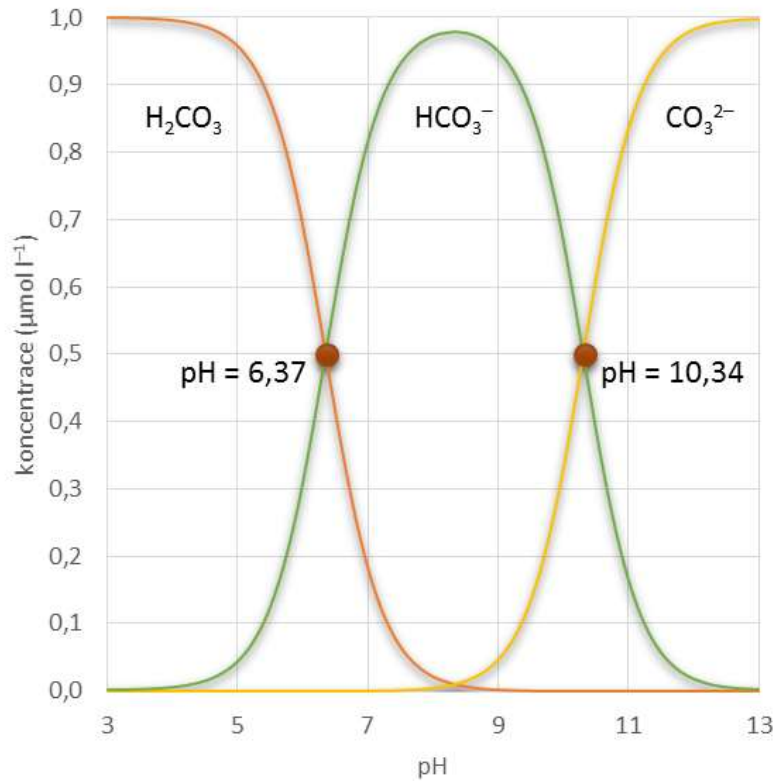


# Chemizmus podzemních vod



-  Na-Cl vody  
mořské a hluboké  
pohřbené vody
-  Ca-SO<sub>4</sub> vody  
sádrovcové a kyselé  
důlní vody
-  Ca-HCO<sub>3</sub> vody  
mělké, čerstvé  
podzemní vody
-  Na-HCO<sub>3</sub> vody  
hlubší, čerstvé podzemní vody  
ovlivněné iontovou výměnou
-  vody kvarterního obzoru
-  vody turonského obzoru
-  vody cenomanského obzoru

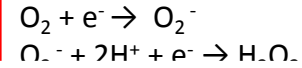
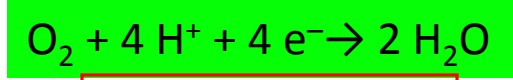
# Regulace pH – karbonátový systém



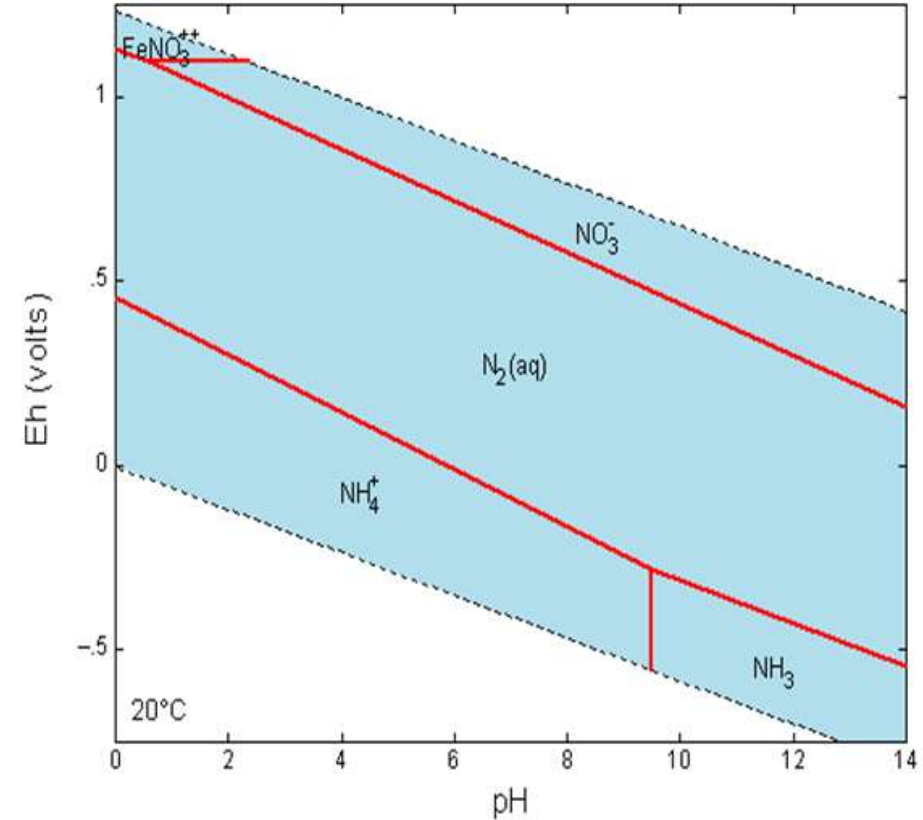
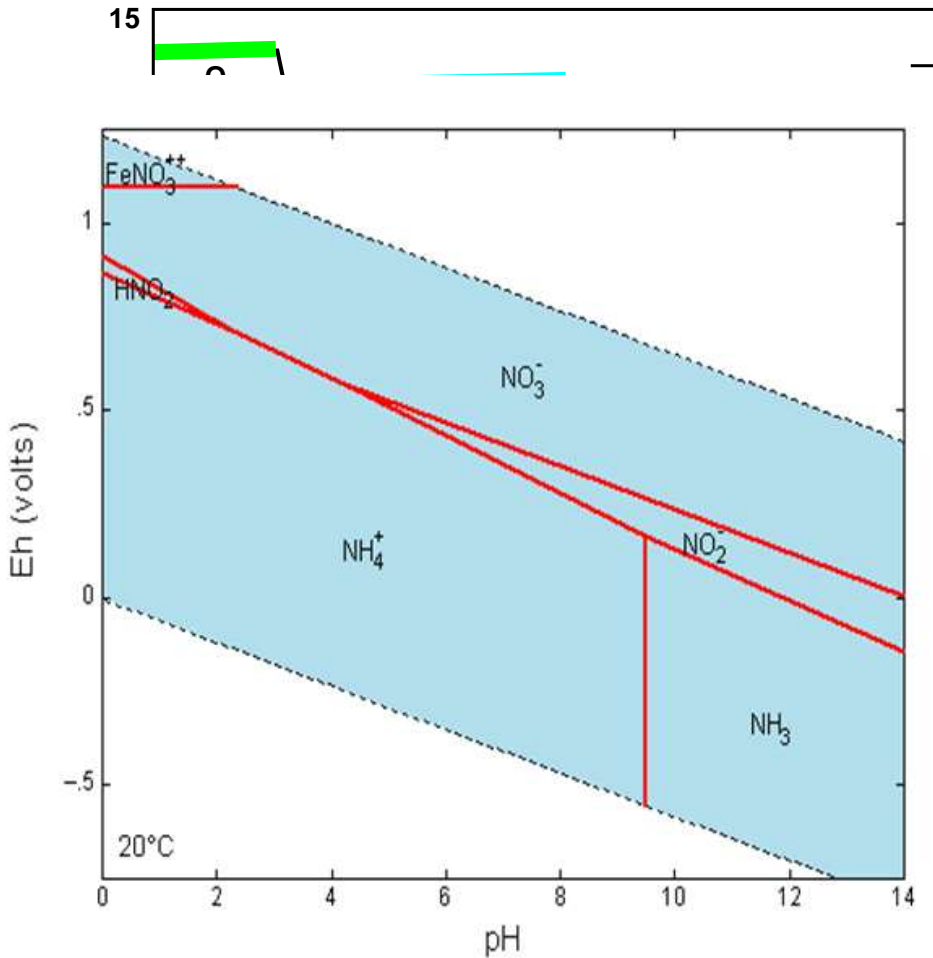
**Alkalita – součet titrovatelných bází v roztoku je primárně funkcí  $\Sigma\text{CO}_2(\text{aq})$  a  $\text{OH}^-$**

# Regulace Eh

model redoxní titrace



0.8



8 e<sup>-</sup>



## Jak správně na chlorovaného ethylena



✓

## Metodická příručka pro použití reduktivních technologií in situ při sanaci kontaminovaných míst, MŽP , 2007

V České republice je bohužel v některých případech stále ještě možné ze státních či jiných prostředků financovat sanační projekt, který jeho zpracovatel postaví na sanačním čerpání se strippingem (ex situ - on site dekontaminace), zachyt vystripovaného kontaminantu na filtr s náplní aktivního uhlí) odčerpané podzemní vody a klidně zaručí, že dosáhne limitu sanace 200 µg/l PCE z počáteční koncentrace 25 000 µg/l za 3 či 4 roky. Ve 21. století však již každému, kdo zná podstatu sanačního čerpání, ví o rovnováze rozpuštěná-sorbovaná látka a zná desorpční rychlosti polutantů, musí být od počátku jasné, že pokud se nestane zázrak, nelze takto stanovený sanační limit v takto krátkém čase dosáhnout. Přesto dodnes jsou tímto způsobem navrhované sanace financovány.

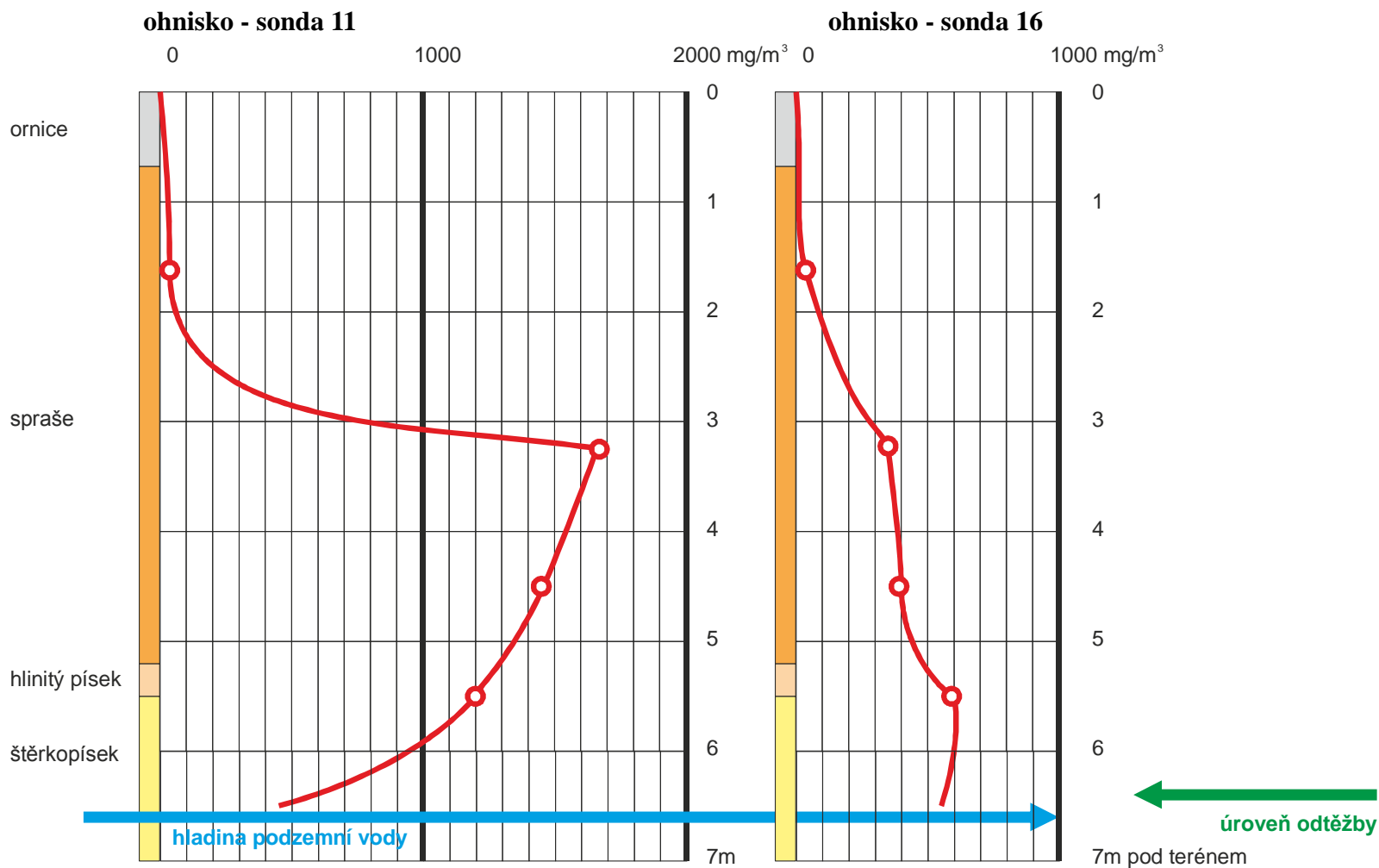
str. 38

Laboratorní třepací zkoušky jsou realizovány na systému voda - nanomateriál či na systému voda – zemina - nanomateriál. I přes poměrně velký rozdíl mezi laboratorními a skutečnými podmínkami je snaha se co nejvíce přiblížit a co nejvíce simulovat reálné podmínky na lokalitě. Maximální důraz je přitom kladen na způsob přípravy suspenze, na minimalizaci kontaktu se vzduchem a na intenzitu třepání.

str. 32

# Některé obecně přijímané **nepravdy**

Výsledky monitoringu půdního vzduchu, interpretace vertikální zonálnosti kontaminace



# Obvykle vyžadovaný postup prací

- **Laboratorní experimenty – jsou opravdu nezbytné?????**
  - Používané reakční látky jsou ověřeny celou řadou experimentů
  - Není rozhodující kontaminace, ale hydrogeologické a geochemické podmínky lokality
  - Modelování podmínek lokality v laboratoři je víceméně iluzorní představa
  - **Výsledek – metoda funguje, ale jak to bude na lokalitě řekne poloprovozní experiment**
  - **Mají smysl pouze při ověřování účinnosti nových materiálů**
- **Poloprovozní experimenty – není to ztráta času?????**
  - Bez podrobné znalosti geologie, hydrogeologie, geochemie a prostorové distribuce kontaminace je optimální nasazení sanačního zásahu nemožné a poloprovozní experiment to nezachrání
  - V případě reduktivních technologií je nutná dlouhá doba experimentu.
- **Plnoprovozní sanace – jeden velký experiment!!!!!!**

Sanace chemicky podporovanými technologiemi je v celém svém rozsahu pilotním experimentem, nelze postupovat podle nějaké předem stanovené kuchařky. Odpovědný řešitel musí, a mělo by mu to být umožněno, pružně reagovat na vývoj v lokalitě. Cílem není prvoplánově aplikovat nějakou dávku stanovenou pochybným laboratorním experimentem, ale udržet vhodné podmínky pro běh reduktivních technologií po dostatečně dlouhou dobu přímo v terénu. To předpokládá v některých případech poněkud jiný režim sanace třeba i v rámci jediného ohniska.

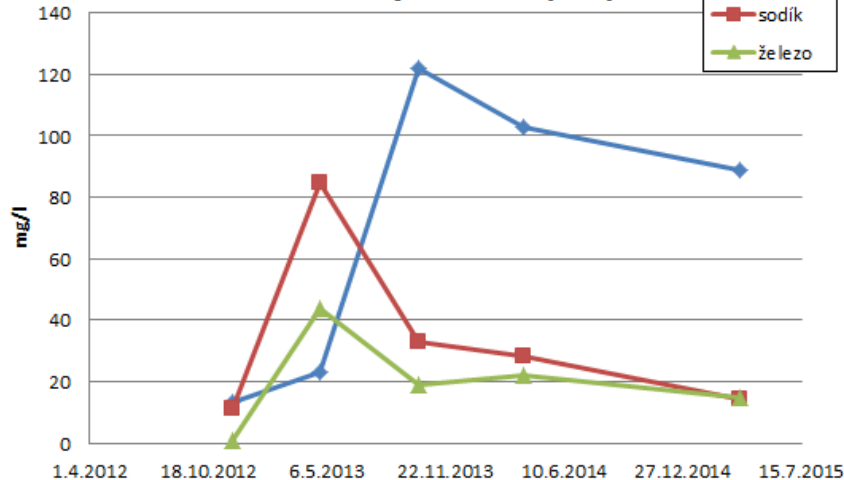


# Analýzy UCHR na výstupním profilu

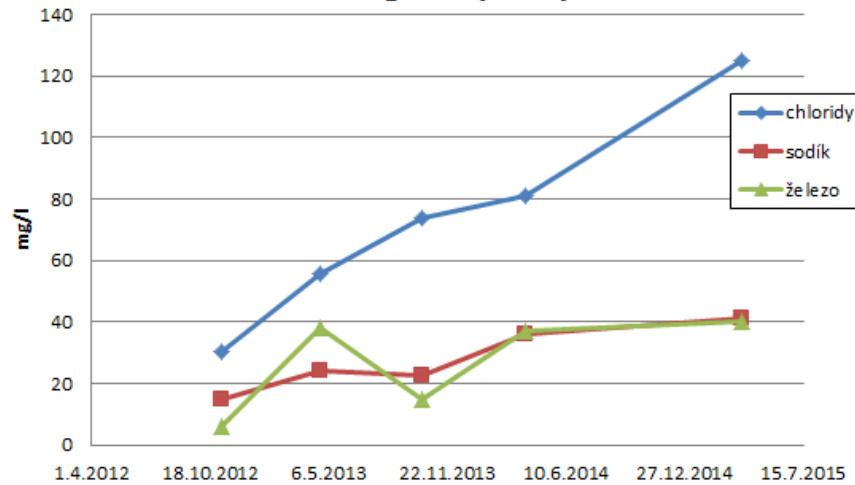
A-4		22.11.2012	22.4.2013	11.10.2013	3.4.2014	28.4.2015
pH		6,3	6,0	6,6	6,0	6,8
konduktivita	uS/m	210	580	501	525	340
CHSK - Mn	mg/l	2,3	5,38	18,6	26,1	22,6
dusitany	mg/l	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	<0,1
dusičnany	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5
<b>chloridy</b>	mg/l	9,3	80,8	63,5	70,2	72,2
sírany	mg/l	42,1	47,8	28,9	34,3	24
fluoridy	mg/l	0,24	0,26	0,24	0,2	0,21
fosforečnany	mg/l	<0,2	3,26	0,88	0,97	0,69
rozpuštěné látky	mg/l	166	459	354	383	397
RAS	mg/l	130	307	238	280	221
hydrogenuhličitany	mg/l	53,1	232	162	132	66,7
oxid uhličitý volný	mg/l	56,3	52,8	156	131	65,9
ORP	mg/l	-61	-50	-147	-36	-76
<b>železo</b>	mg/l	27,8	111	81,2	81,7	76
mangan	mg/l	0,3	0,52	0,29	0,435	0,59
vápník	mg/l	25,3	69,8	22,9	30	22,6
hořčík	mg/l	37,8	31	5,74	6,7	6,57
draslík	mg/l	1,86	9,95	2,47	4,2	3,06
sodík	mg/l	14	30,6	20,5	27,1	29,6

# Změny ve zvodni působením reduktivních technologií

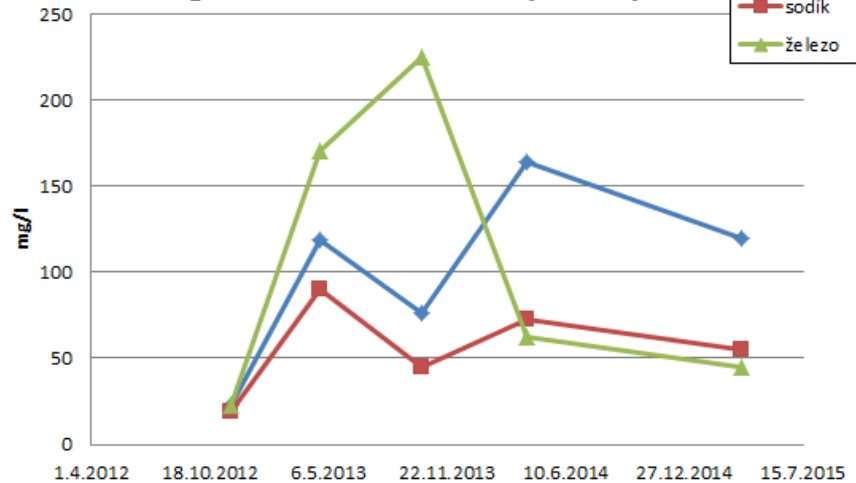
## aktivní okraj ohniska (B-7)



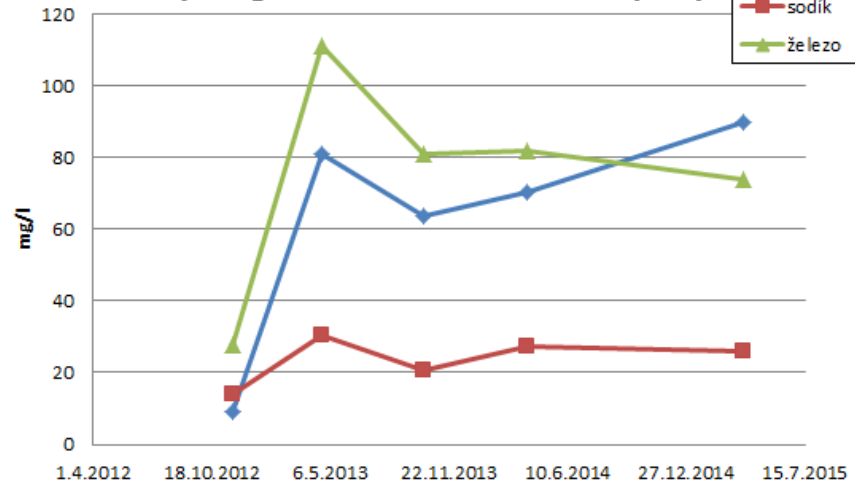
## zóna migrace (A-30)



## geochemická bariera (DBC-8)

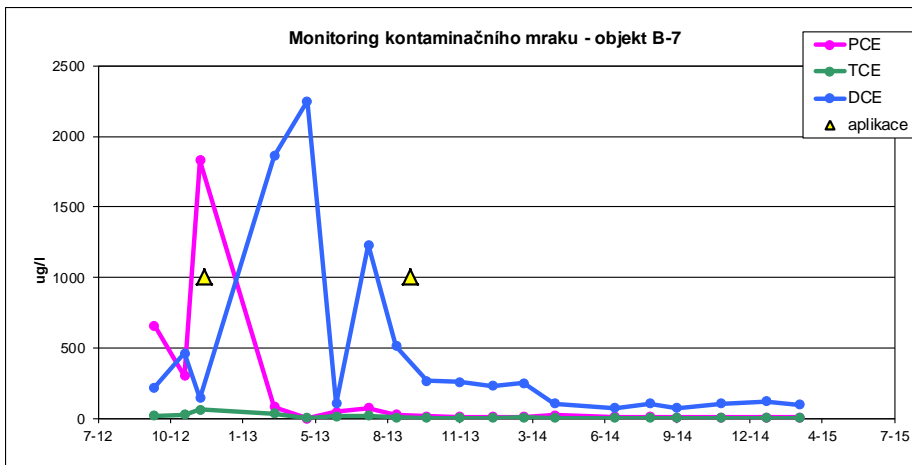


## vrt pod geochemickou barierou (A-4)

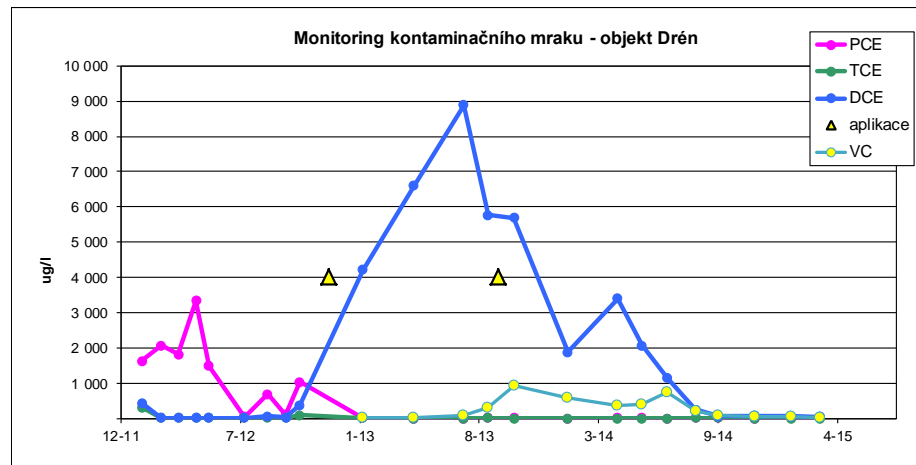


# Změny ve zvodni působením reduktivních technologií

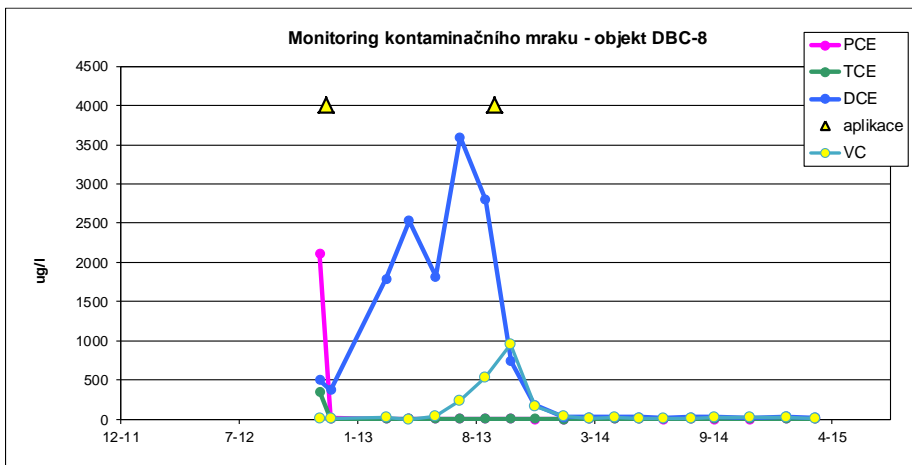
## Aktivní okraj kontaminačního mraku



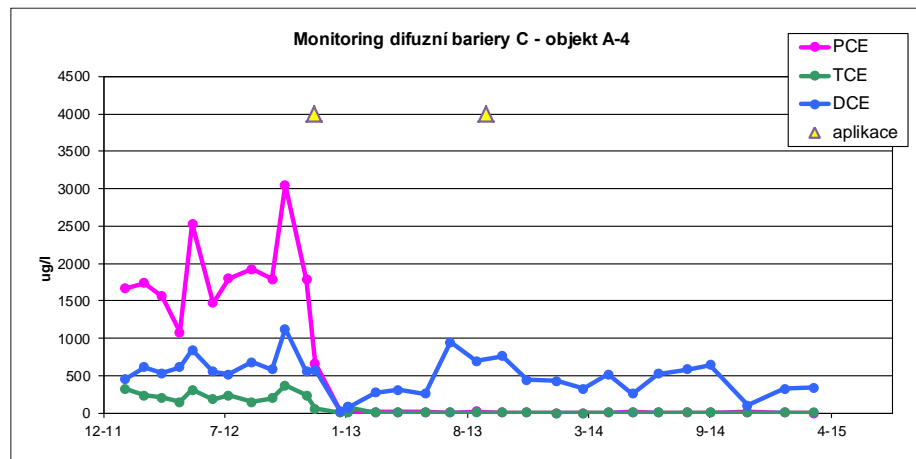
## Zóna migrace



## Geochemická bariera



## Monitorovací vrt za barierou



# Shrnutí aneb jak bych sanoval CIE

- **Sanace CIE by neměla být řešena oxidačními metodami**
- **Optimální je kombinace chemické a mikrobiálně asistované dechlorace**
  - Provádění laboratorních experimentů se standardními činidly je bezdůvodné a je to pouze ztráta času a peněz. Doporučené dávkování je již z podstaty takových pokusů nevěrohodné
  - Obecně používaný postup sestávající z laboratorních experimentů, pilotního pokusu a teprve následně zahájení sanace, není dle mého přesvědčení již v dnešní době potřebný
  - Rozumný sanační geolog by měl svou pozornost spíše věnovat vypracování podrobné geologicko-hydrogeologicko-geochemické syntézy lokality. Již na tomto základě lze kvalifikovaně rozhodnout o vhodné sanační technologii a předpokládaných dávkách
  - Dávkování reagentu je pak podřízeno dosažení vhodných podmínek Eh a pH v co nejširším prostoru kontaminované zóny a musí být dynamicky řízeno
  - Sanační systém by měl obsahovat ochranný prvek eliminující šíření kontaminace mimo sanovanou zónu.

**Děkuji za pozornost**

**Tento příspěvek nebyl podporován z žádného výzkumného projektu ani konkrétního ministerstva. Bylo použito informací na úrovni středoškolské chemie, zbytků znalostí geochemie a mírné dávky zdravého selského rozumu.**