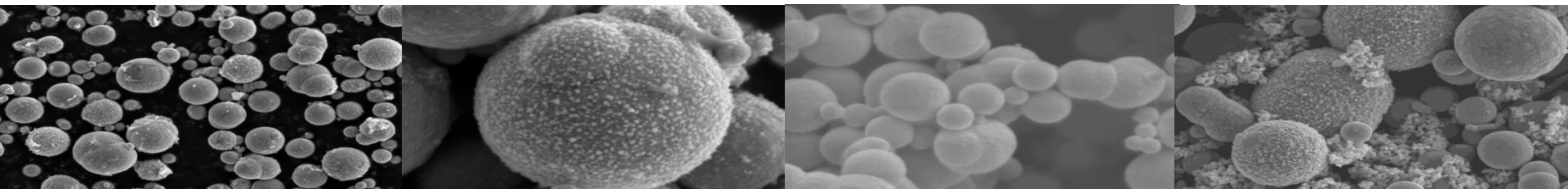


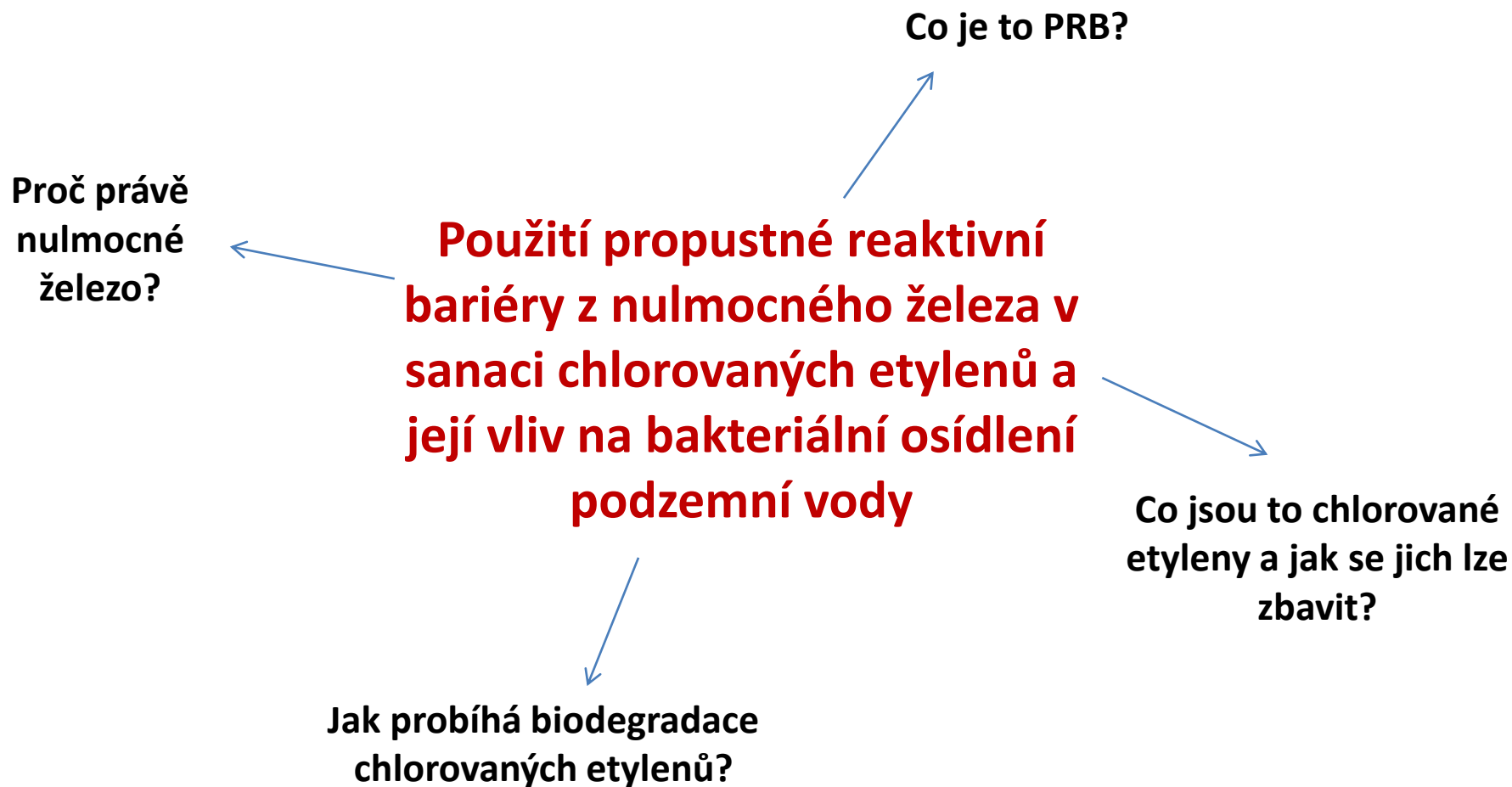
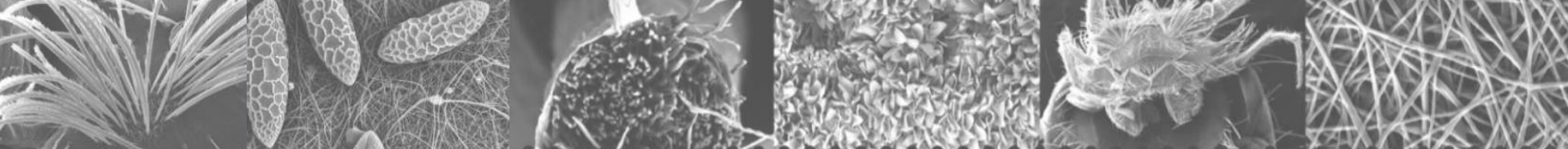
INOVATIVNÍ SANAČNÍ TECHNOLOGIE VE VÝZKUMU A PRAXI VII  
15. – 16.10.2014 Praha, Česká Republika

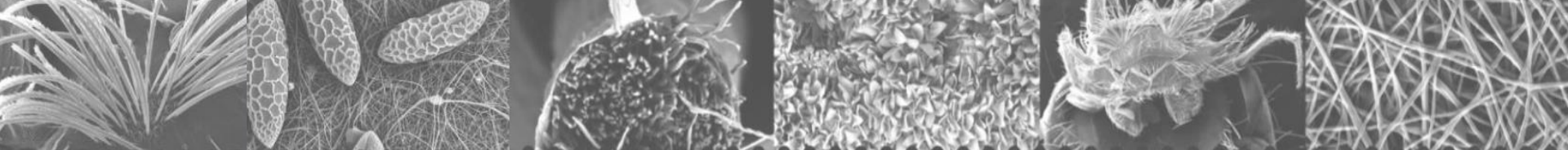
# POUŽITÍ PROPUSTNÉ REAKTIVNÍ BARIÉRY Z NULMOCNÉHO ŽELEZA V SANACI CHLOROVANÝCH ETYLENŮ A JEJÍ VLIV NA BAKTERIÁLNÍ OSÍDLENÍ PODZEMNÍ VODY

**Mgr. Marie Czinnerová**

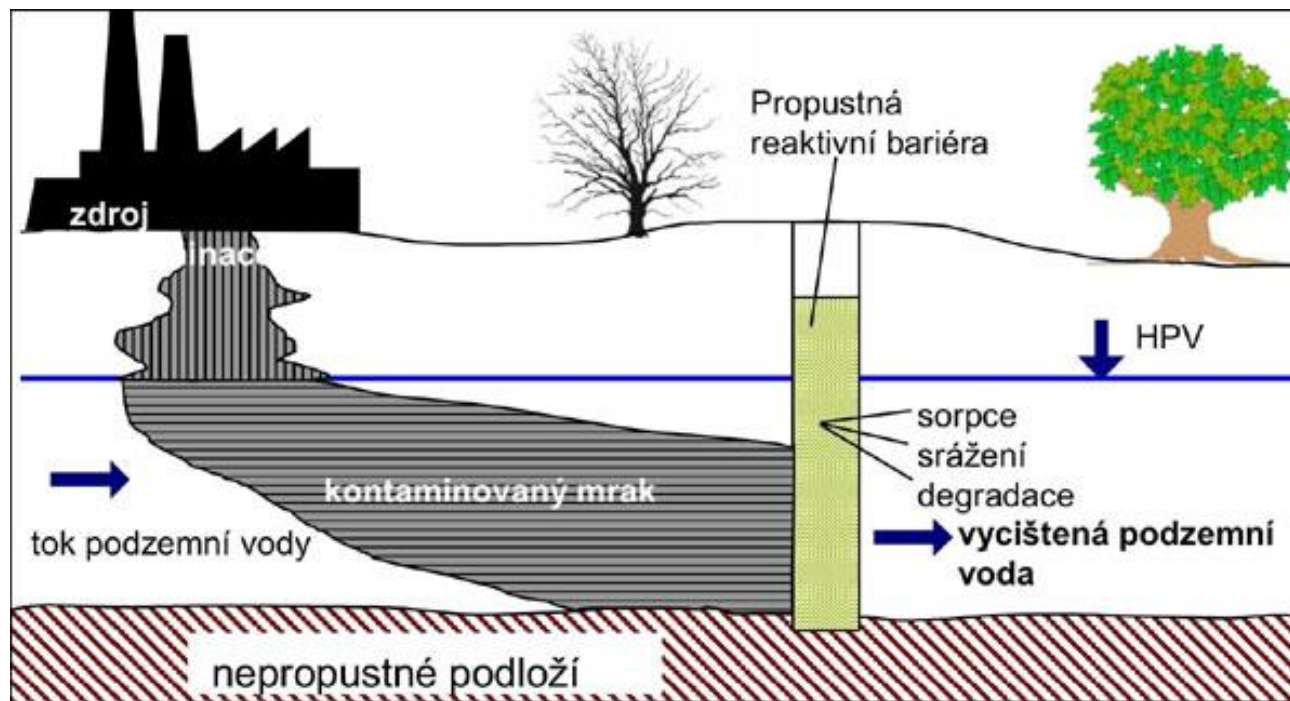
Technická univerzita v Liberci  
Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace



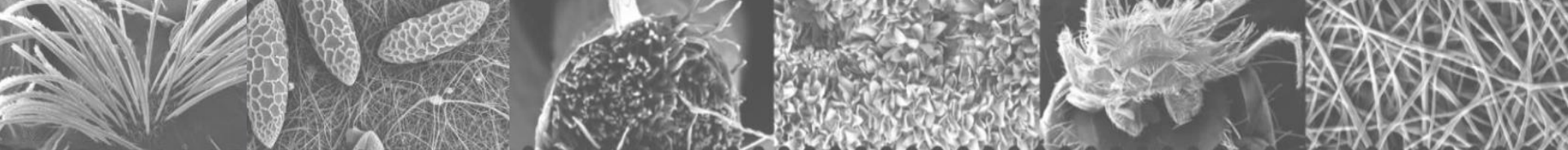




## Co je to propustná reaktivní bariéra (PRB) ?

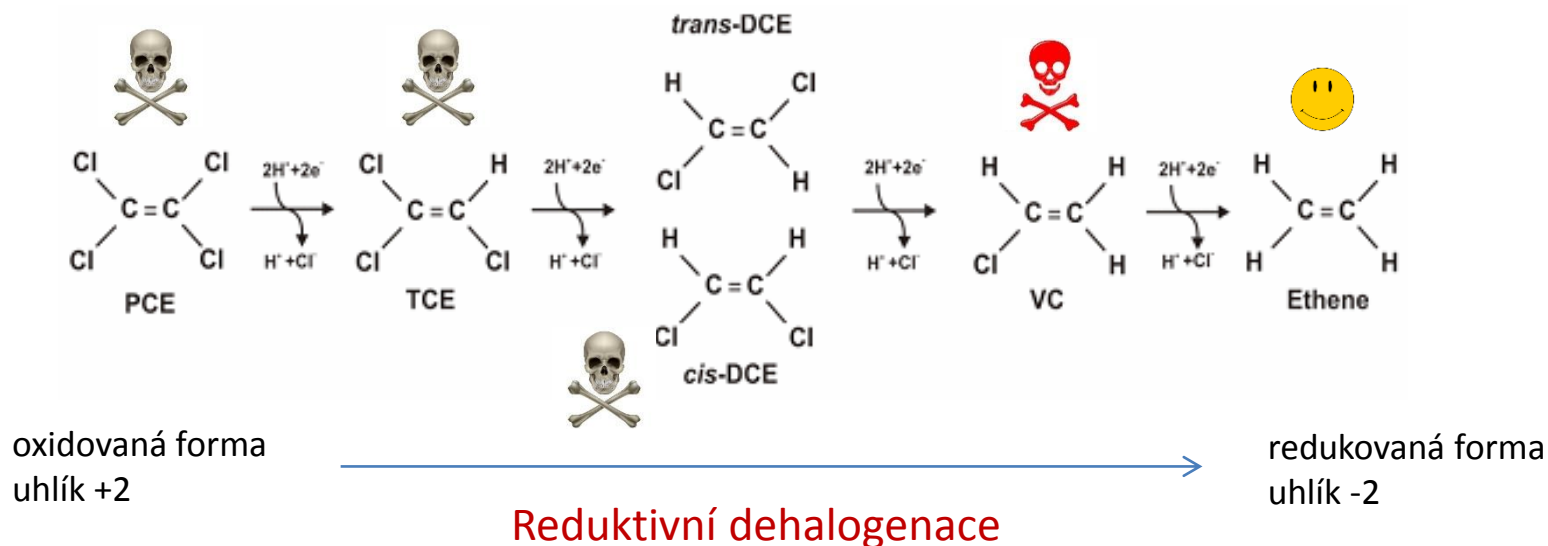


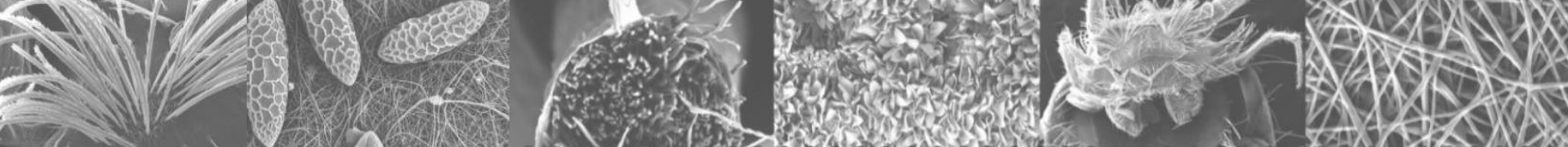
Ivan Vaniček, Stavebnictví, 11-12/07



## Chlorované etyleny

- výroba především v 2. polovině 20. století
- použití jako průmyslová odmašťovadla, rozpouštědla, čisticí prostředky
- perchloretylen jako celkové anestetikum, k dekofeinizaci kávy
- vinylchlorid – výroba PVC (Spolana a.s., Neratovice)



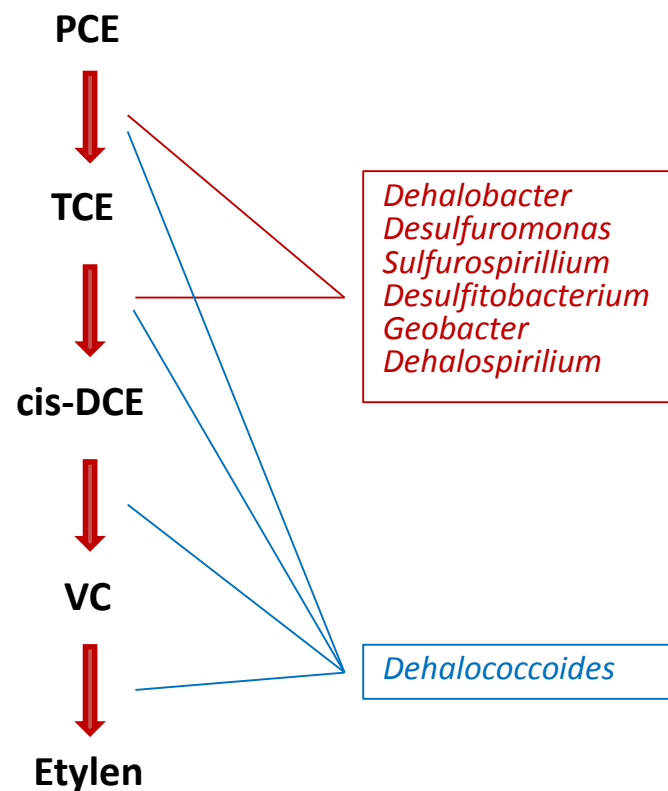


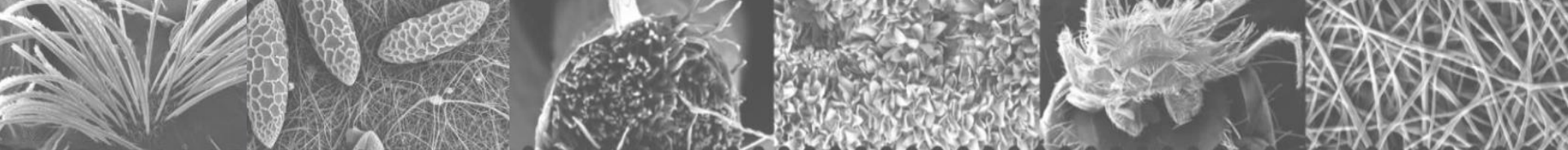
# Degradace chlorovaných etylenů

## Mikrobiální dehalogenace (dehalorespirace)

- anaerobní biodegradační proces
- chlorované etyleny slouží jako alternativní akceptory elektronu, elektrony, energii a uhlík pro růst získávají z jiných organických látek a vodíku
- postupná reduktivní dechlorinace
- *Dehalococcoides* – enzymy vinylchlorid reduktázy *vcrA* a *bvcA* – přeměna cis-DCE a VC až na etylen

Často hromadění  
karcinogenních meziproductů





# Degradace chlorovaných etylenů

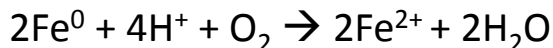
## Abiotická degradace

- pomalejší
- kompletní
- lze ji urychlit použitím redukčních činidel – **nulmocné železo (zero-valent iron, ZVI)**

### Trojí účinek ZVI:

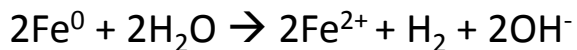
1) V aerobním prostředí:

Fe<sup>0</sup> konzumuje O<sub>2</sub> z podzemní vody -> anaerobní prostředí



2) V anaerobním prostředí:

Reakcí Fe<sup>0</sup> s vodou se do prostředí uvolňuje H<sub>2</sub> (donor e<sup>-</sup>)

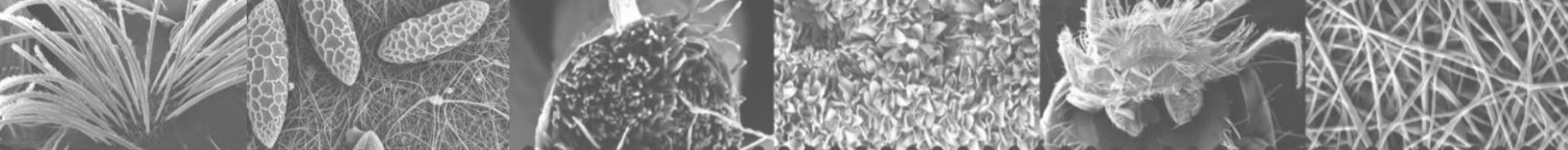


3) Přímá reakce Fe s chlorovaným uhlovodíkem a výměna Cl<sup>-</sup> za H<sup>+</sup>



Kompletní degradace až na  
netoxický etylen/etan

Podpora biodegradace!



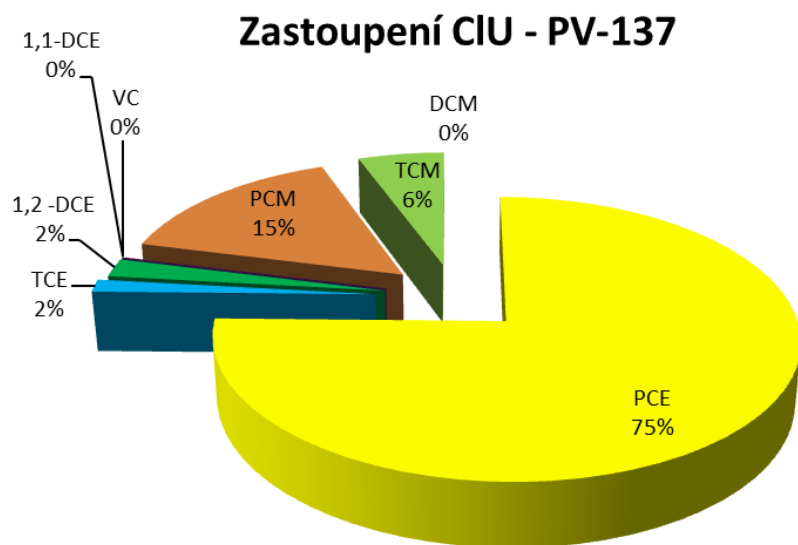
## Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

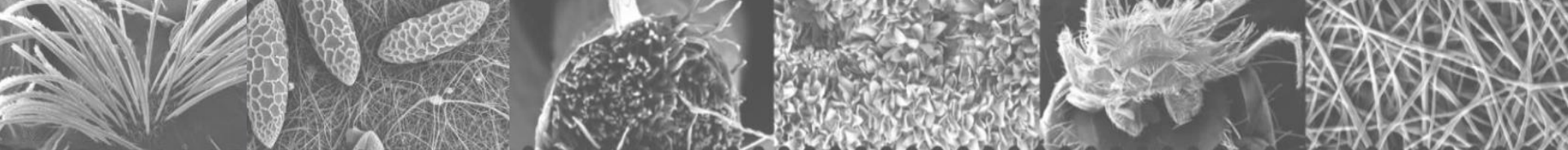
### Lokalita Spolchemie a.s. Ústí nad Labem

Areál se nachází v centru města, není trvale osídlen.

Rozloha cca 52 ha (rozměry cca 1000 x 500 m), většina ploch zastavěna průmyslovou zástavbou, místy vegetace.

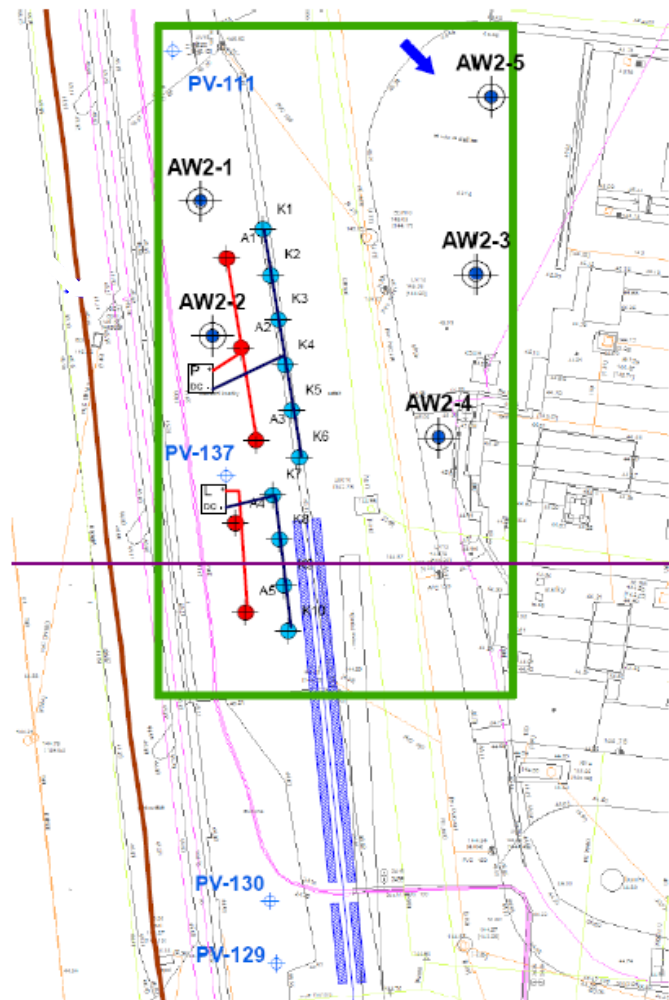
Znečištění: 33,7 % chlorované metany s primárním kontaminantem perchlormetanem (PCM) a 66,3% chlorované etyleny s primárním kontaminantem perchloetylenem (PCE).  
Koncentrace sumy CIU se pohybují do hodnoty až 50 000  $\mu\text{g/l}$ .












# Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

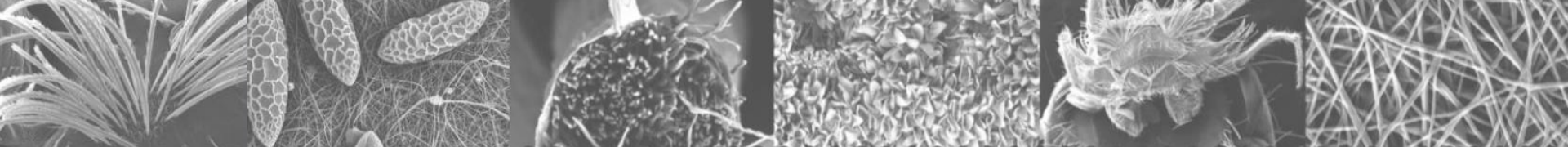
Lokalita Spolchemie a.s. Ústí nad Labem



## Legenda

-  monitorovací vrty
-  anody
-  katody
-  ostatní monitorovací vrty
-  oblast aplikace nanoželeza
-  směr proudění podzemní vody
-  podzemní těsnící stěna





## Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

Aplikace směsi nulmocného železa v nano (nZVI) a mikro (mZVI) rozměrech:

nZVI – Nanofer STAR (NANO IRON s.r.o., Česká Republika)

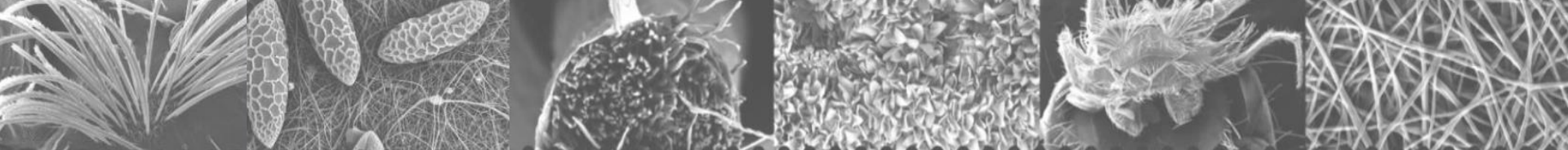
- povrchově stabilizované nanočástice nulmocného železa
- průměrná velikost 50 nm a průměrný povrch 20-25 m<sup>2</sup>/g

mZVI – Carbonyl Iron Powder HQ (BASF, Německo)

- průměrná velikost částic 2 μm, obsah železa 97,8 %

Aplikace stejnosměrného proudu

vrty	K6, K7, K8, K9, K10	K1, K2, K3, K4, K5
	1. kolo	2. kolo
mZVI (kg)	150	150
nZVI (kg)	200	200
Datum aplikace	26.11. – 5.12.2013	5.12. – 10.12.2013
Aplikováno (m <sup>3</sup> )	328	244
Zásak (g/l)	0,58	0,78

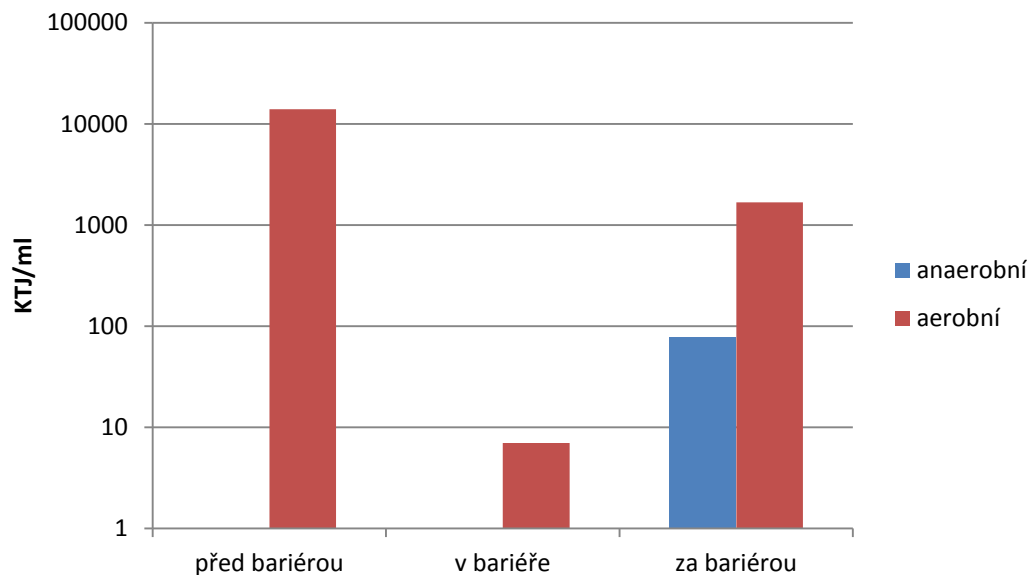


## Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

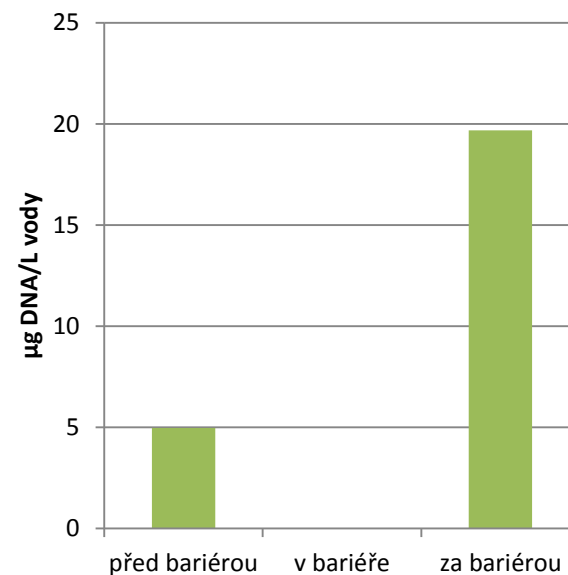
### Jaký je vliv PRB na přítomné mikroorganismy?

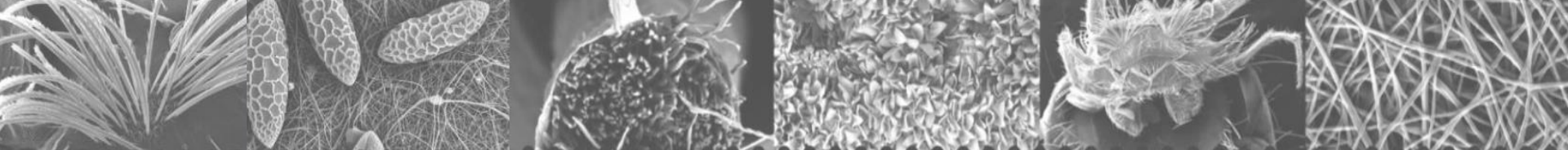
Mikrobiologické kultivace, DNA extrakce

Mikrobiologické kultivační testy



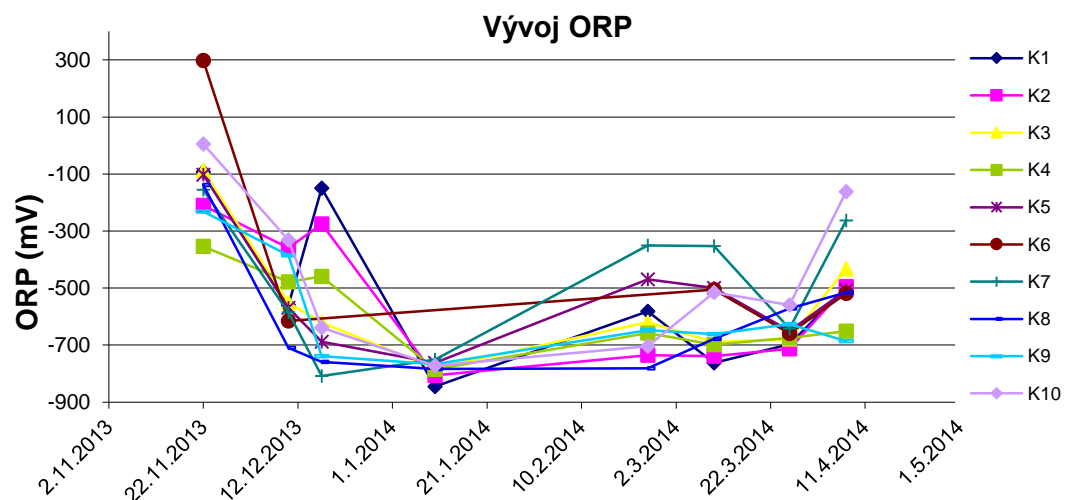
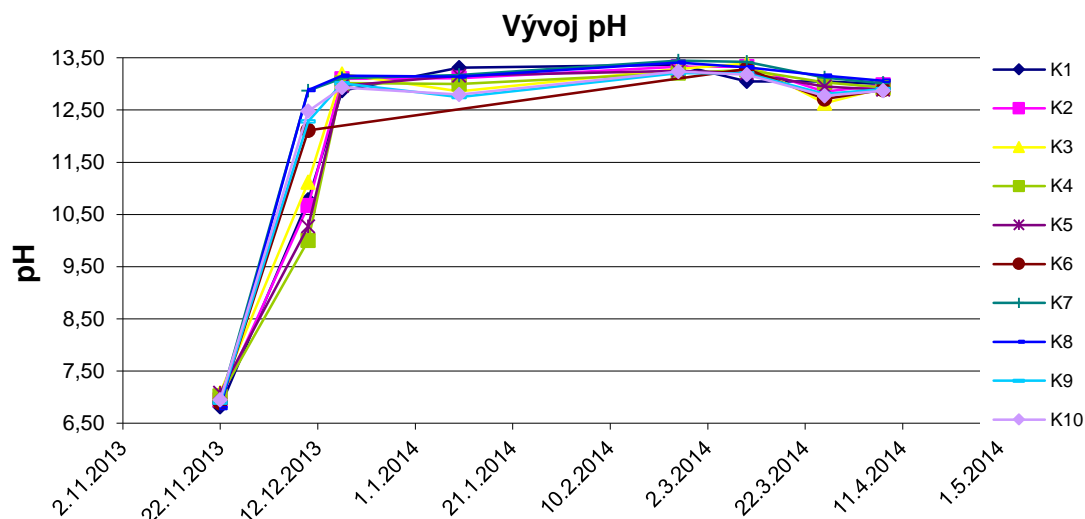
Výtěžek DNA

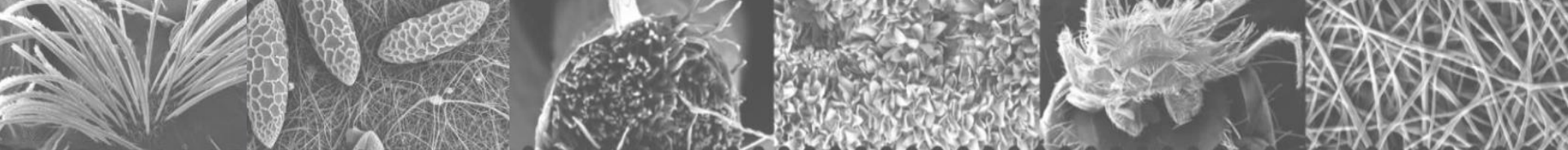




# Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

## Jaký je vliv PRB podmínky prostředí?



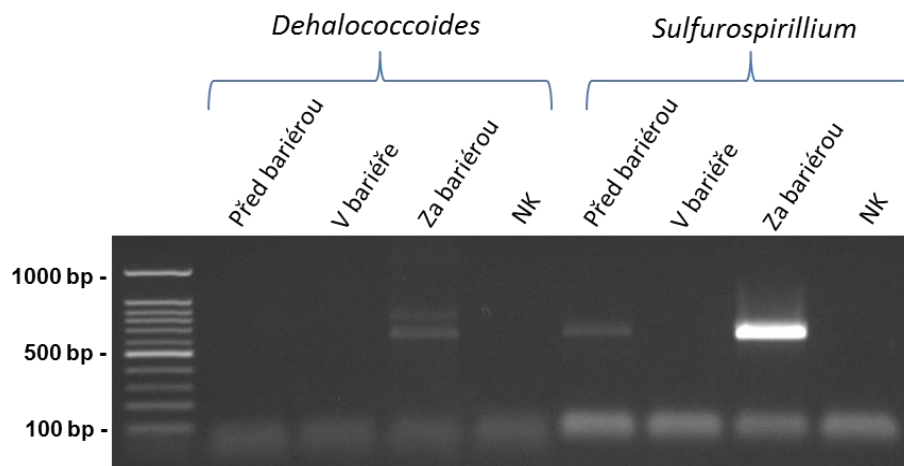


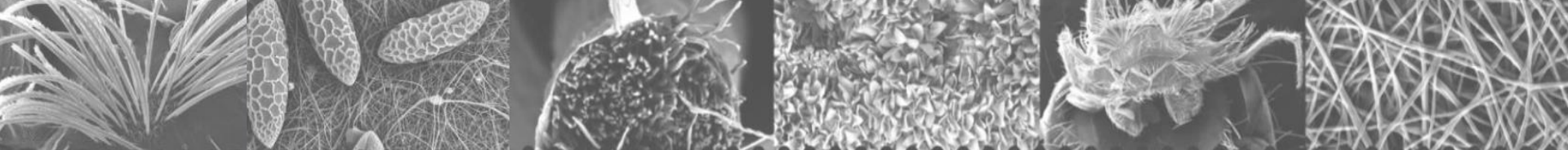
## Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

### Jaký je vliv PRB na přítomné mikroorganismy?

Detekce hlavních dehalospirujících bakteriálních skupin a enzymů pomocí metod PCR (polymerase chain reaction) a real-time PCR

vert	Výtěžek DNA na L vody	<i>Dehalococcoides</i>	<i>Dehalobacter</i>	<i>Sulfurospirillum</i>	<i>vcrA</i>	<i>bvcA</i>
Před bariérou	4.975 µg	ndt	ndt	*	ndt	ndt
V bariéře	0 µg	ndt	ndt	ndt	ndt	ndt
Za bariérou	19.675 µg	*	ndt	*	*	*





## Pilotní aplikace – sanace pomocí PRB se ZVI

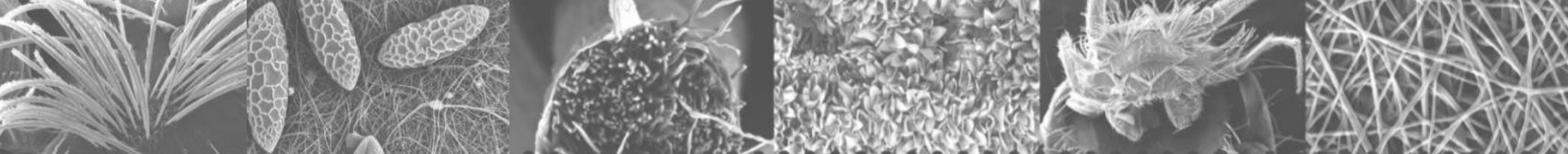
### Shrnutí výsledků

PRB podpořila

- vznik redukčních a současně anaerobních podmínek
- dostatek  $H_2$  v prostředí
- růst bakterií schopných redukovat chlorované etyleny

Použití PRB s náplní ZVI výrazně ovlivnilo složení mikrobiálního společenstva v podzemní vodě – nepříznivé podmínky přímo v bariéře, pozitivní vliv pod bariérou

Redukce počtu mikroorganismů vlivem PRB je lokalizována pouze do prostoru bariéry



## DĚKUJI ZA POZORNOST

A děkuji i svým kolegů:

RNDr. Aleně Ševců PhD.

Mgr. Ivě Sakmaryové

Ing. Martině Votrubové

Tento výzkum byl podpořen Technologickou agenturou České Republiky, projekt číslo TE01020218 (Ekologicky šetrné nanotechnologie a biotechnologie pro čištění vod a půd), dále MŠMT v rámci účelové podpory programu "Národní program udržitelnosti I" (projekt č. LO1201) a projektem OP VaVpl Centrum pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace CZ.1.05/2.1.00/01.0005.

