



# **Aplikace technologie bioreduktivní dehalogenace v prostředí obtížně sanovatelné lokality**

RNDr. Jiří Slouka, Ph.D.

# Bioreduktivní dehalogenace

**Využití:** Odstraňování chlorovaných ethenů z podzemní vody

**Princip aplikace:** Zasakování syrovátky do lineárních sanačních prvků (kombinované sanační drény) => vytvoření anaerobního bioreaktoru. Monitoring změn vlastností a složení podzemní vody, úbytku kontaminantu, produktů dehalogenace.

**Stádium:** pilotní test, předcházela stopovací zkouška

**Předpokládaný průběh:** 2 roky pilotní test, max. 3 roky rutinní aplikace, 2 roky postsanační monitoring

**Proč se k této metodě přikročilo:** na dané lokalitě byly veškeré dosavadní sanační práce málo účinné nebo zdlouhavé (sanační čerpání, sanace nesaturované zóny, in situ chemická oxidace).

**Již po prvních fázích pilotního testu jsou patrné výsledky**

# Lokalita

## Areál Kbely (dříve PAL Kbely, pak Magna Closures)

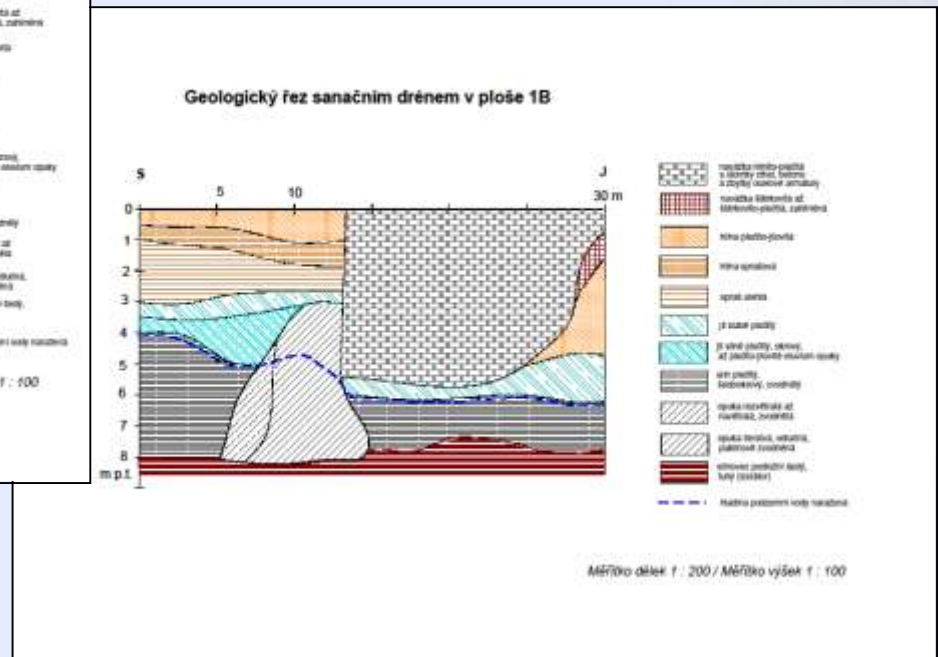
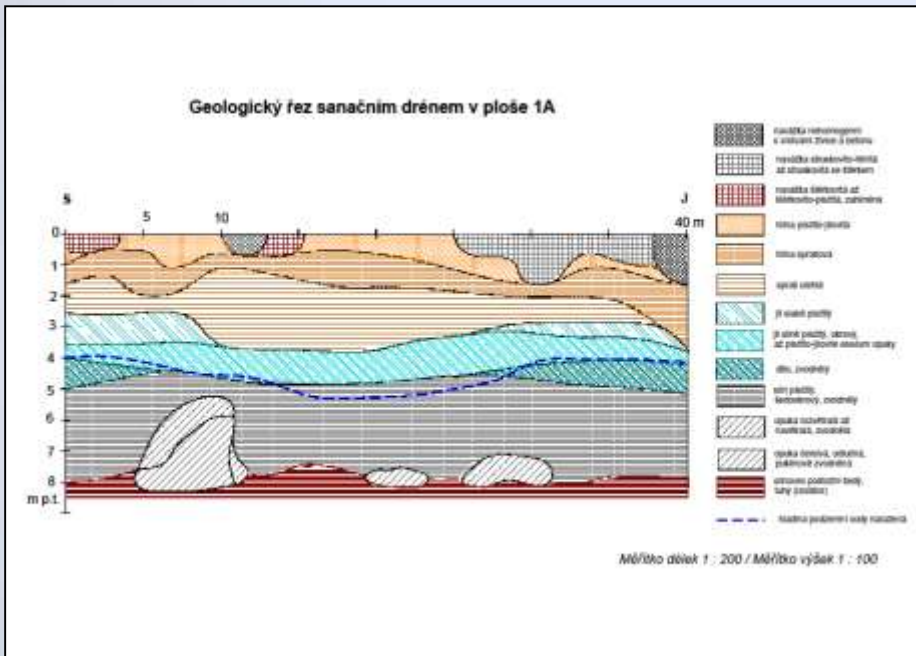
**Historie :** založeno 1922, radiotechnika a letecké přístroje  
od 40. let výroba elektrosoučástek automobilů  
rozšiřování v 60.-70. letech  
útlum od r. 2000, zhruba od 2010 opuštěný areál

**Sanace:** od r. 1998 nesaturovaná zóna a rizikové objekty  
od 2003 podzemní voda (trvá)  
sanace nesaturované zóny ukončena 2011  
2012 objeveno dosud neznámé ohnisko kontaminace,  
**zde aplikována technologie BRD**

**Prostředí:** obtížně sanovatelná lokalita (zde definována):  
mimořádně nízká propustnost  
mimořádně vysoká variabilita  
velmi výrazné antropogenní zásahy

# Lokalita

## Variabilita prostředí: profily aplikačních drénů







## Pilotní test – zasakování do kombinovaného sanačního drénu



# Monitoring BRD

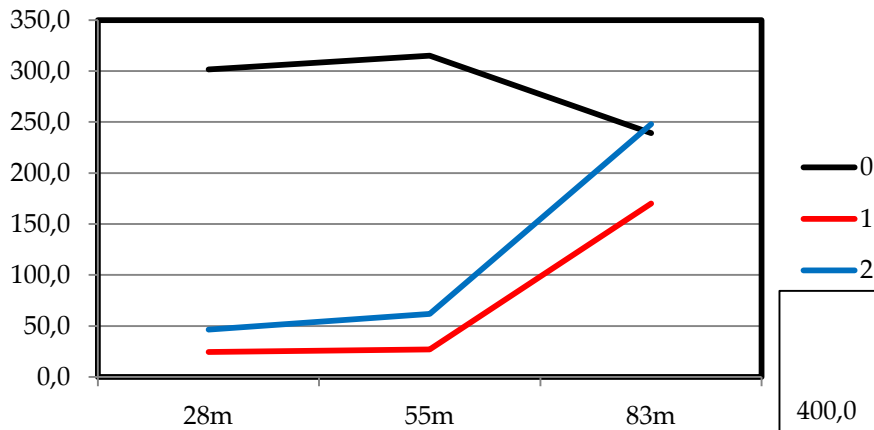
V místě aplikace

Parametr	Stádium	Hodnota
<b>pH</b>	před aplikací	6,9
	po 1. zásaku	5,5
	po 2. zásaku	4,9
<b>ORP (mV)</b>	před aplikací	147,1
	po 1. zásaku	94,6
	po 2. zásaku	18,4
<b>Konduktivita (<math>\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}</math>)</b>	před aplikací	1 405
	po 1. zásaku	10 530
	po 2. zásaku	9 360

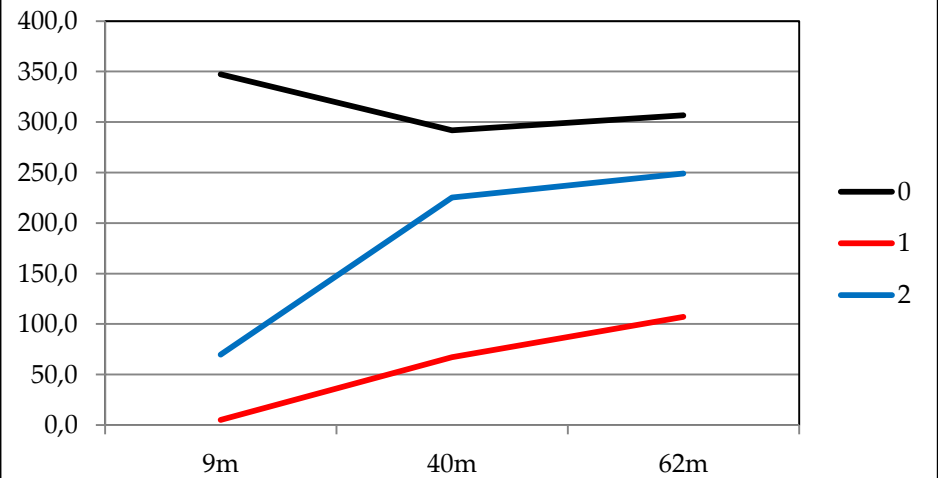


# Směr proudění / preferenční cesta: ORP

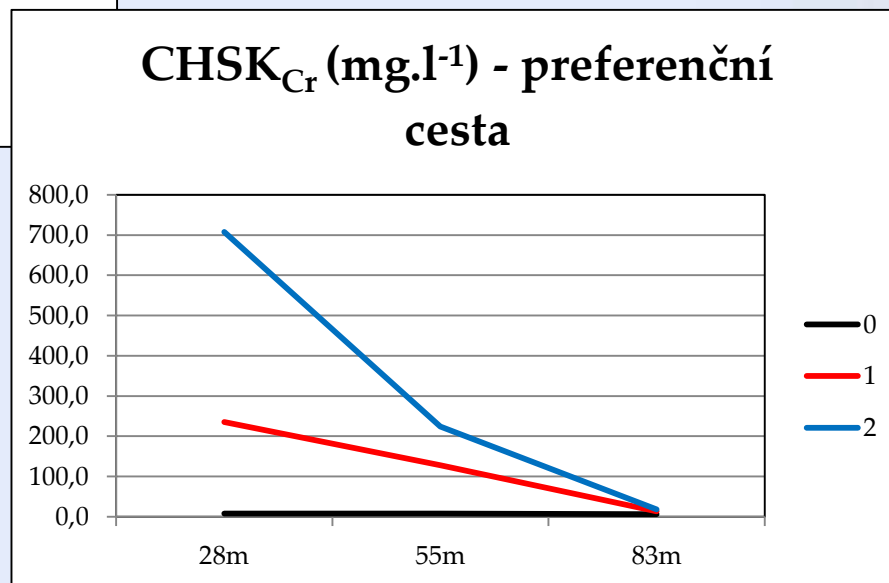
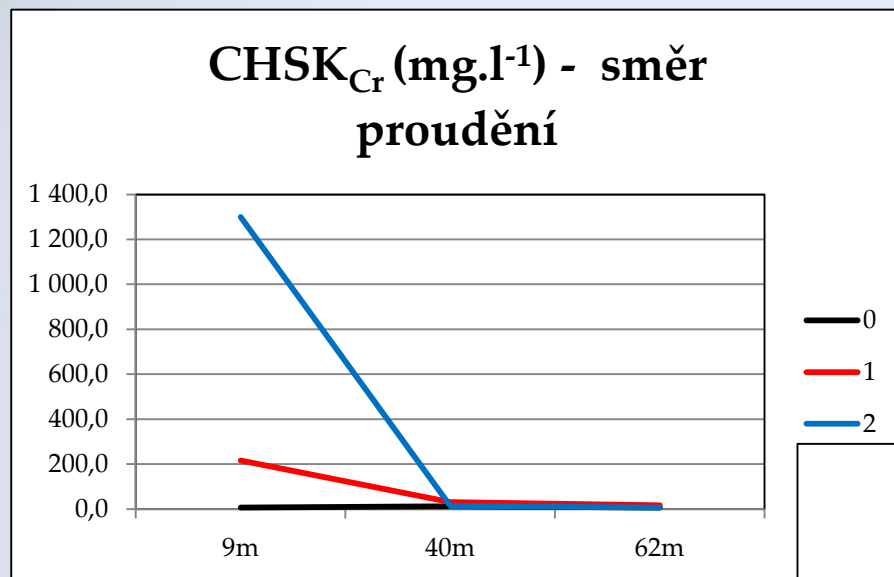
## ORP (mV) - preferenční cesta



## ORP (mV) - směr proudění



# Směr proudění / preferenční cesta: $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ po aplikaci



# Změny koncentrací železa

Vzdálenost od místa aplikace (m)		Směr proudění			Preferenční cesta		
		9	40	62	28	55	83
Fe (mg.l <sup>-1</sup> )	Stádium	Hodnota					
	před aplikací	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	0,1780
	po 1. zásaku	1,6	0 0037	<0,0020	12,5	4,3	0,0338
	po 2. zásaku	68,9	0 0052	<0,0020	66,6	9,5	0,0119

# Proces dehalogenace

## Změny obsahu a složení CIU

**pokles absolutního objemu (až na koncentrace pod sanačním limitem!)**

**procentuální nárůst DCE (zejm. cis-1,2-DCE, ale i trans-1,2-DCE) a vinylchloridu**

## Produkty dehalogenace

**nárůst ethenu**

**nárůst metanu – není jednoznačnou indicií, může být ovlivněn rozkladem syrovátky a přítomností metanogenních bakterií**

# Nárůst ethenů o nižším stupni chlorace

Pozice	Vzdálenost (m)	Stádium	$\Sigma$ CIU ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	Z toho cis-1,2-DCE		Z toho VC	
				$\mu\text{g.l}^{-1}$	%	$\mu\text{g.l}^{-1}$	%
směr proudění	9	před aplikací	3 431,2	1 480,0	43,1	18,4	0,54
		po 2. zásaku	1 248,4	789,0	63,2	177,0	14,18
	40	před aplikací	11 057,7	5 240,0	47,4	148,0	1,34
		po 2. zásaku	3 814,8	1 670,0	43,8	60,0	1,57
	62	před aplikací	12 893,8	5 360,0	41,6	63,8	0,49
		po 2. zásaku	8 852,9	4 650,0	52,5	60,8	0,69
preferenční cesta	28	před aplikací	10 074,4	2 260,0	22,4	53,6	0,53
		po 2. zásaku	5 183,6	4 120,0	79,5	870,0	16,78
	55	před aplikací	6 528,3	2 030,0	31,1	24,4	0,37
		po 2. zásaku	1 986,6	1 220,0	61,4	304,0	15,3
	83	před aplikací	1 687,36	1 050,0	62,2	6,2	0,36
		po 2. zásaku	7 413,9	4 740,0	64,0	8,4	0,11

# Problém CIU o nižším stupni chlorace

**Pozitivum:** jednoznačné indicie úspěšnosti testované metody

**Negativum:** relativní nárůst vysoce toxických složek CIU, zejm. VC  
(v podstatě druhotný kontaminant)

**Na proces přirozené atenuace nelze v daném prostředí spoléhat.**

**Otázka dočištění – možnosti:**

zpětné navození aerobního prostředí – aplikace oxidantu  
(nikoliv technologie ISCO!)

„geochemická bariéra“ za pomoci nulamocného železa  
(zasáknutí do drénu, z nějž se ovšem téměř nebude šířit)

# Podpůrné sanační čerpání



Dílčí snížení koncentrací kontaminantu před aplikací syrovátky.

Mobilizace podzemní vody => rychlejší šíření syrovátky.

Udržování hydraulické bariéry proti průniku kontaminantu mimo areál.

**Sanační čerpání stále neztrácí význam!**

# Shrnutí

Technologie BRD je použitelná i na obtížně sanovatelné lokalitě, a to i tam, kde technologie ISCO byla málo účinná.

Účinky jsou patrné již v počátečních stádiích sanace.

Zatímco migrace kontaminantu probíhá po směru proudění podzemní vody, pak působení BRD je mnohem výrazněji patrné po preferenční cestě. Tohoto poznatku je možno využít při projektování aplikace.

Poměrně rychle dochází k absolutnímu úbytku koncentrací CIU, avšak k procentuálnímu nárůstu DCE a vinylchloridu. V případě vinylchloridu jde i o nárůst absolutní.

V prostředí obtížně sanovatelné lokality jde o technologii jednoznačně účinnou, kterou však je třeba kombinovat s dalšími dočišťovacími metodami. Význam má i podpůrné sanační čerpání.



# Na závěr poděkování

**Společnosti AECOM CZ s.r.o.**

za ideu a za lví podíl spolupráce na její realizaci

**VŠCHT v Praze, fakultě technologie ochrany prostředí**

za cenné a motivující připomínky k problematice

**A vám všem za pozornost**