

zdroj: NASA



Mars - historie

4,5 miliardy let



1903

František Berounský založil rodinný podnik
(petrolejové lampy a kovové výrobky)



Historie

výroba kovového zboží a sedadel



Stará ekologická zátěž

Chlorované uhlovodíky

(odmašťování na bázi TCE a PCE v letech 1965 až 1992)

1965 až 1980 – roční spotřeba 10 tun

1980 až 1992 – roční spotřeba 80 tun







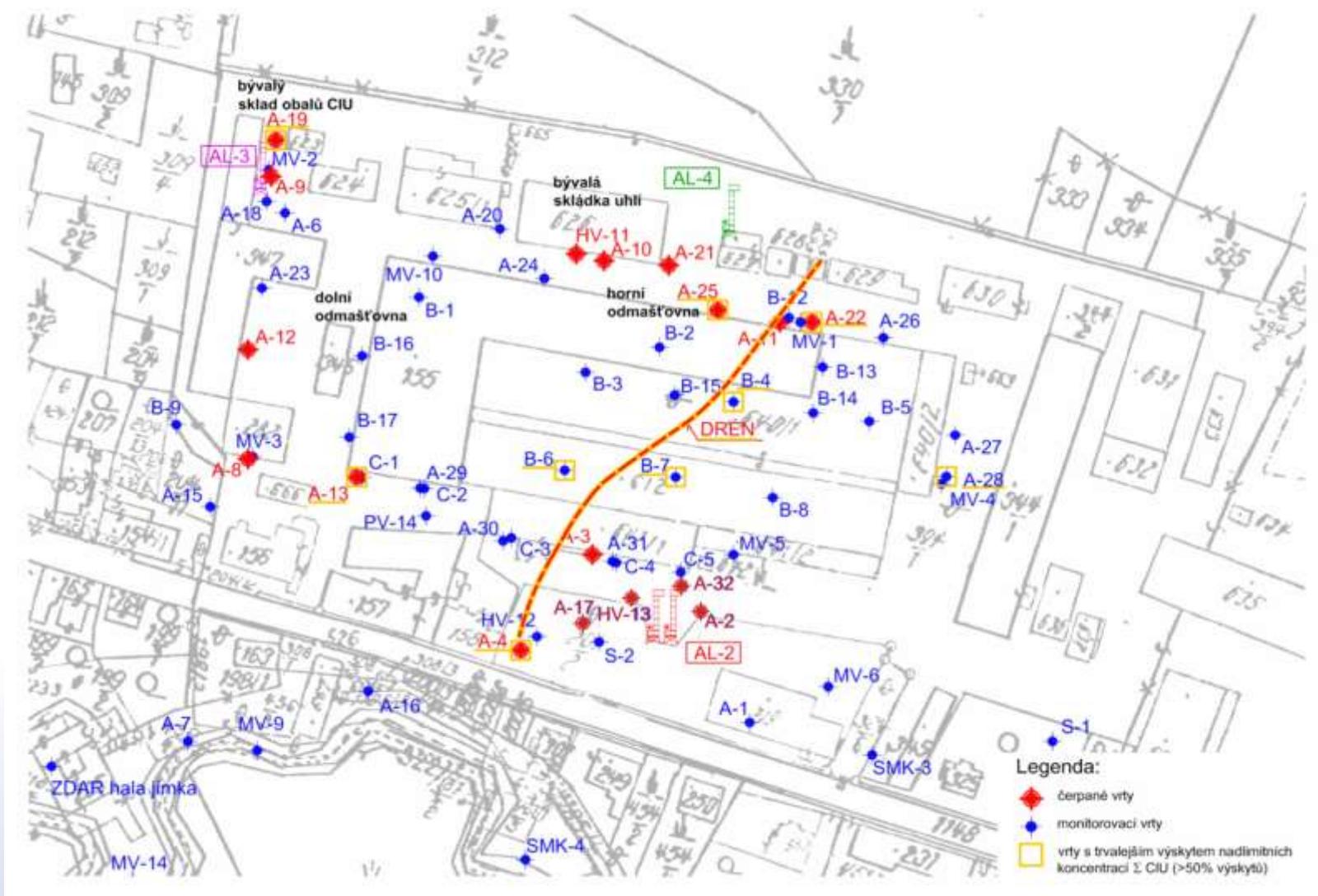
Klasické metody sanace chlorovaných uhlovodíků

- ❖ **Doprůzkum (1996)**
- ❖ **Odtěžba kontaminovaných zemin (1998)**
- ❖ **Sanace podzemních vod čerpáním (1998 až 2012)**
- ❖ **Ventování půdního vzduchu podpořené air-spargingem (1998 až 2012)**

- **Cíl sanačních prací**
 - ❖ **Ochrana podzemních vod a řeky Svratky**
- **Cílové sanační limity**
 - ❖ **Areál podniku** **1 270 $\mu\text{g/l}$**
 - ❖ **Aluviální niva** **740 $\mu\text{g/l}$**



Situace čerpaných a monitorovaných vrtů





Sanace ventingem a air-spargingem



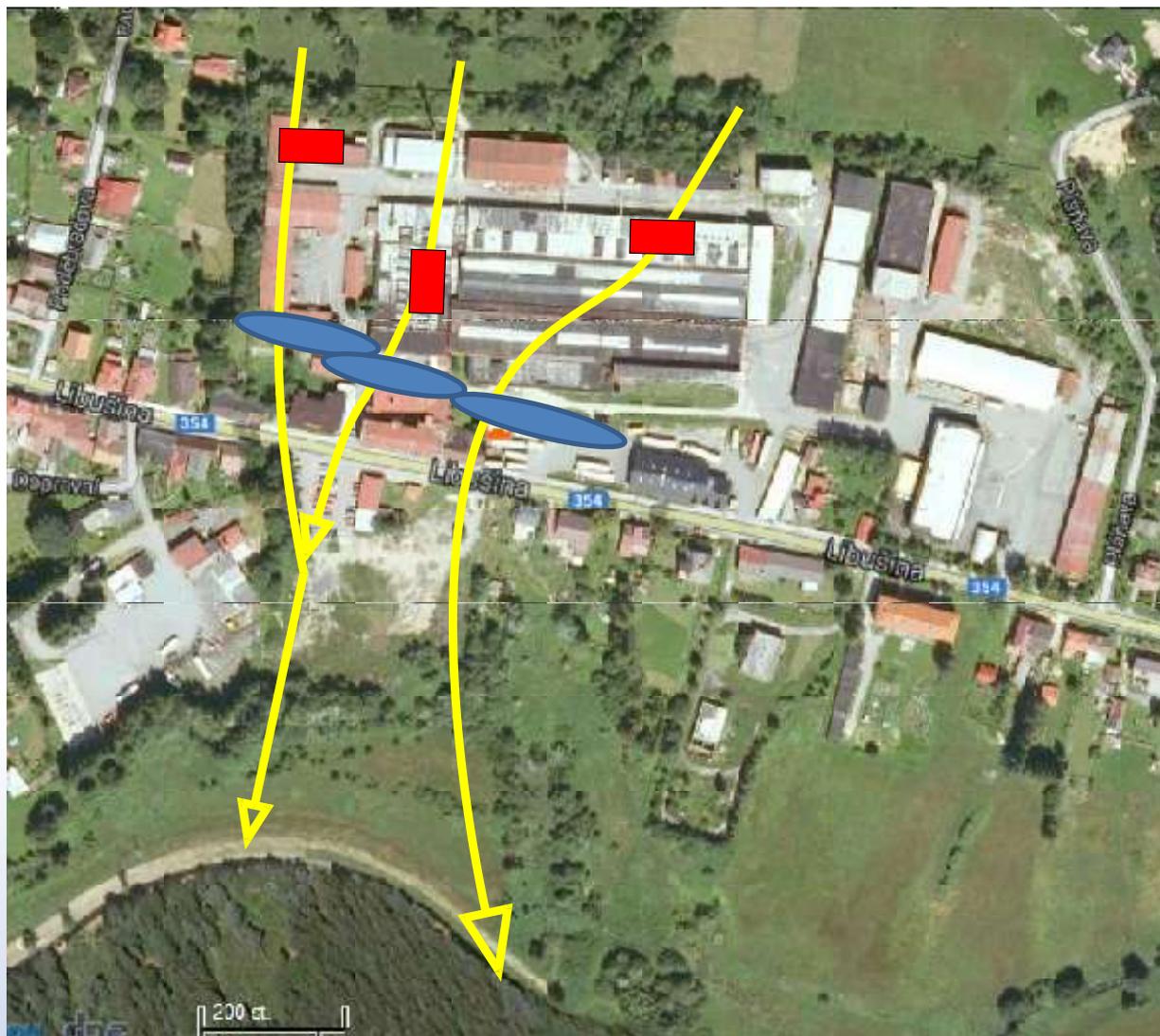


Bilance odstraněných CIU

období	odtěžba	čerpání	venting	celkem
rok 1998	2 525,0	93,5	3 083,0	5 701,5
rok 1999		464,2	3 867,0	4 331,2
rok 2000		507,5	3 411,2	3 918,7
rok 2001		296,3	1 974,5	2 270,8
rok 2002		408,4	898,5	1 306,9
rok 2003		296,3	731,5	1 027,8
rok 2004		227,2	44,4	271,6
rok 2005		245,2	463,2	708,4
rok 2006		188,1	1 985,5	2 173,6
rok 2007		104,1	900,6	1 004,7
rok 2008		63,3	248,5	311,8
rok 2009		76,5	229,7	306,2
rok 2010		107,8	278,5	386,3
rok 2011		70,6	180,1	250,7
rok 2012		62,6	445,8	508,4
celkem	2 525,0	3 211,6	18 742,0	24 478,6

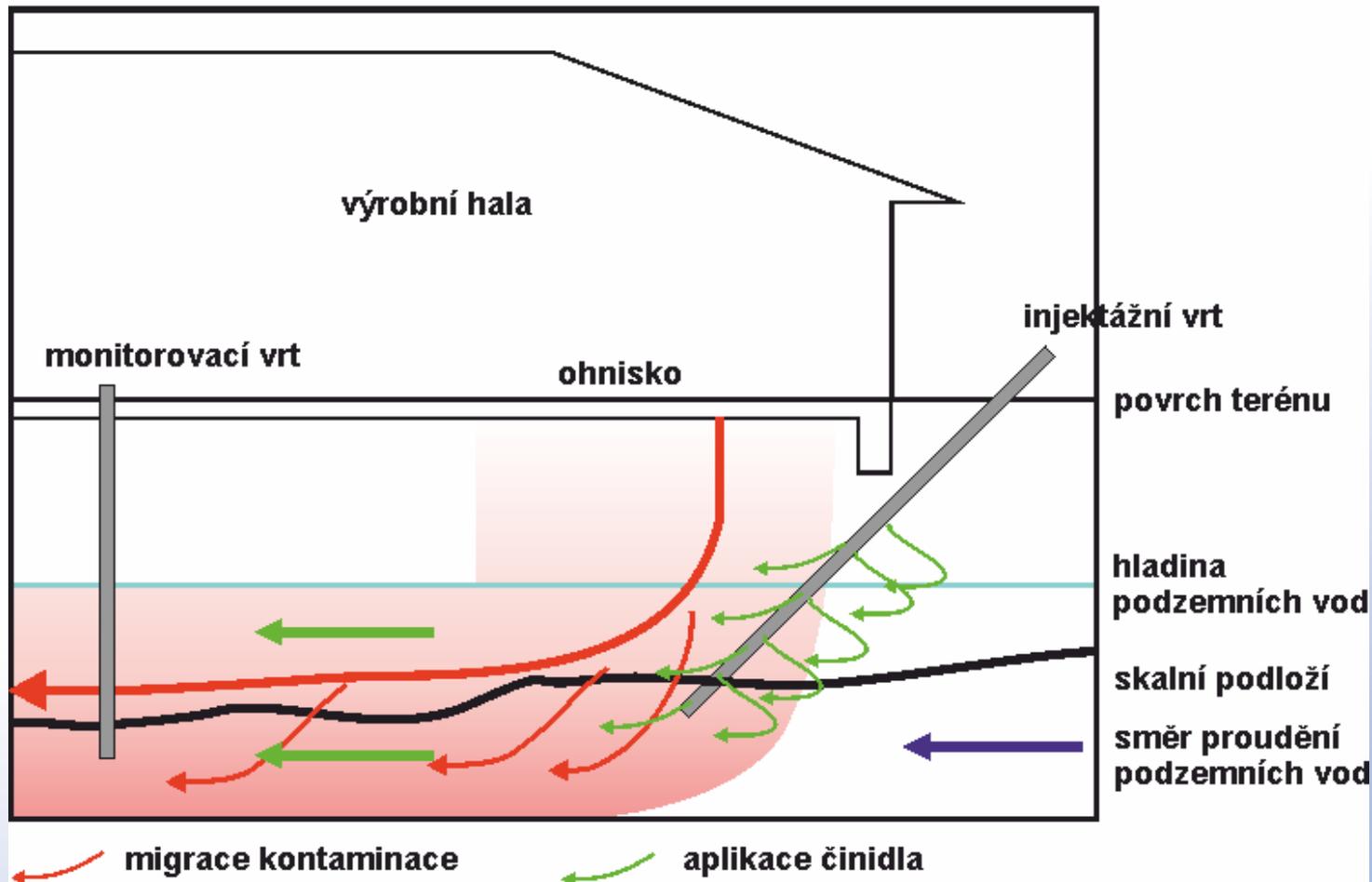


In situ reduktivní dechlorace



Aplikace laktátu sodného

Schéma zásahu v ohnisku



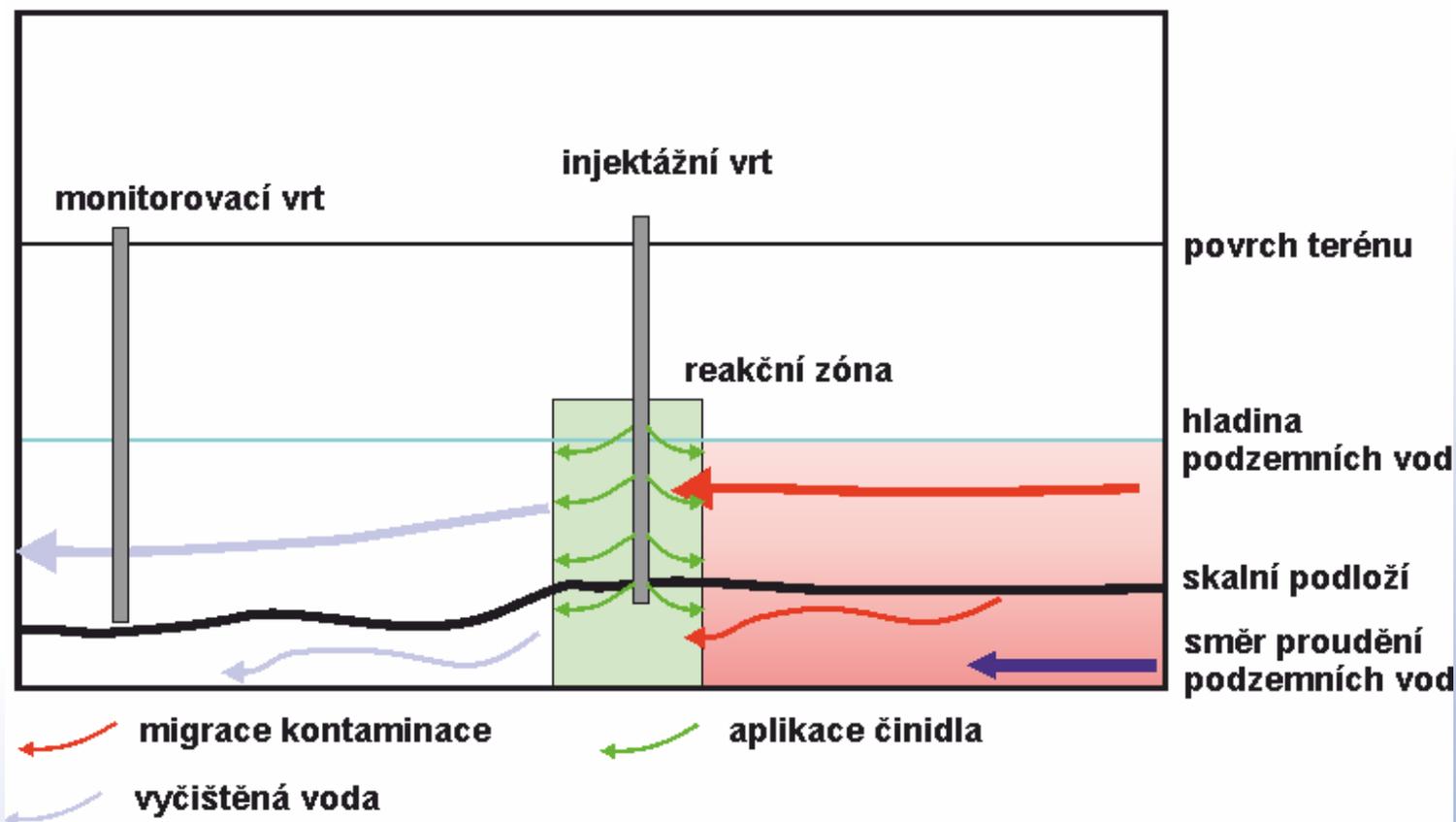
Aplikace laktátu sodného

- 1. aplikace: 8,4 t kyseliny mléčné a 2,5 t NaOH
- 2. aplikace: 2,4 t kyseliny mléčné a 0,6 t NaOH
- Koncentrace – 80g/l

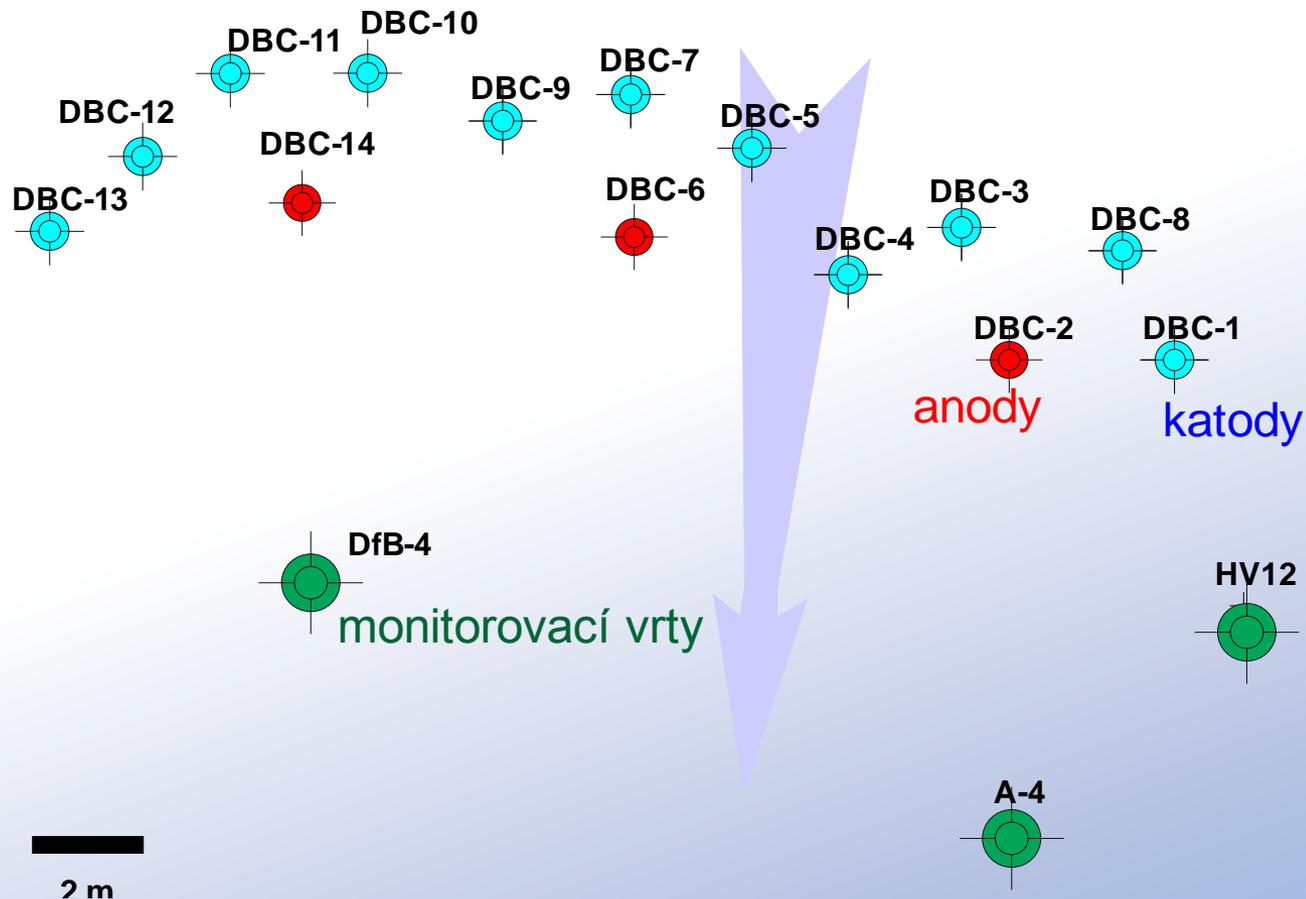


Aplikace nanoželeza

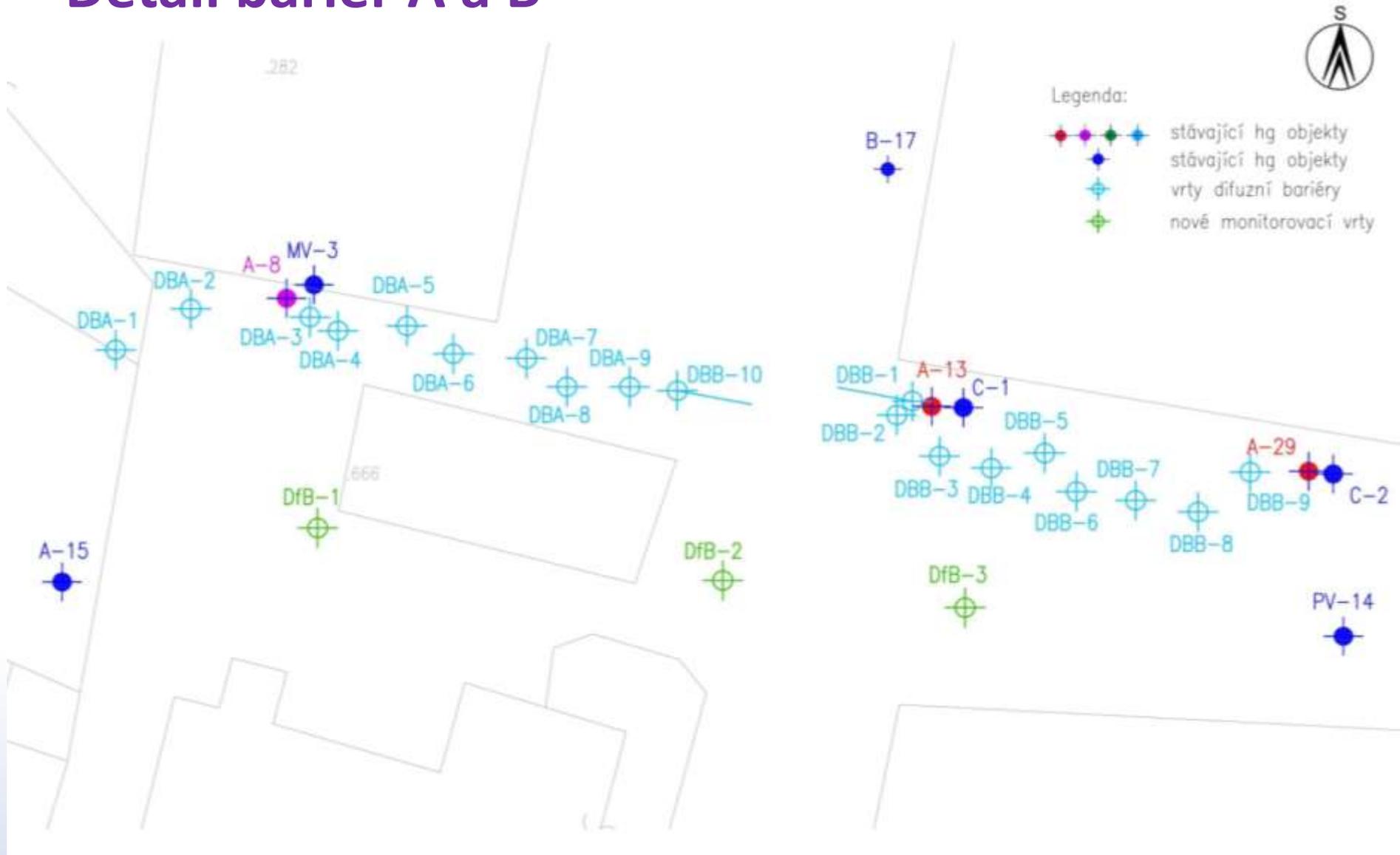
Schéma difuzní bariery



Detail difuzní bariery C



Detail barrier A a B



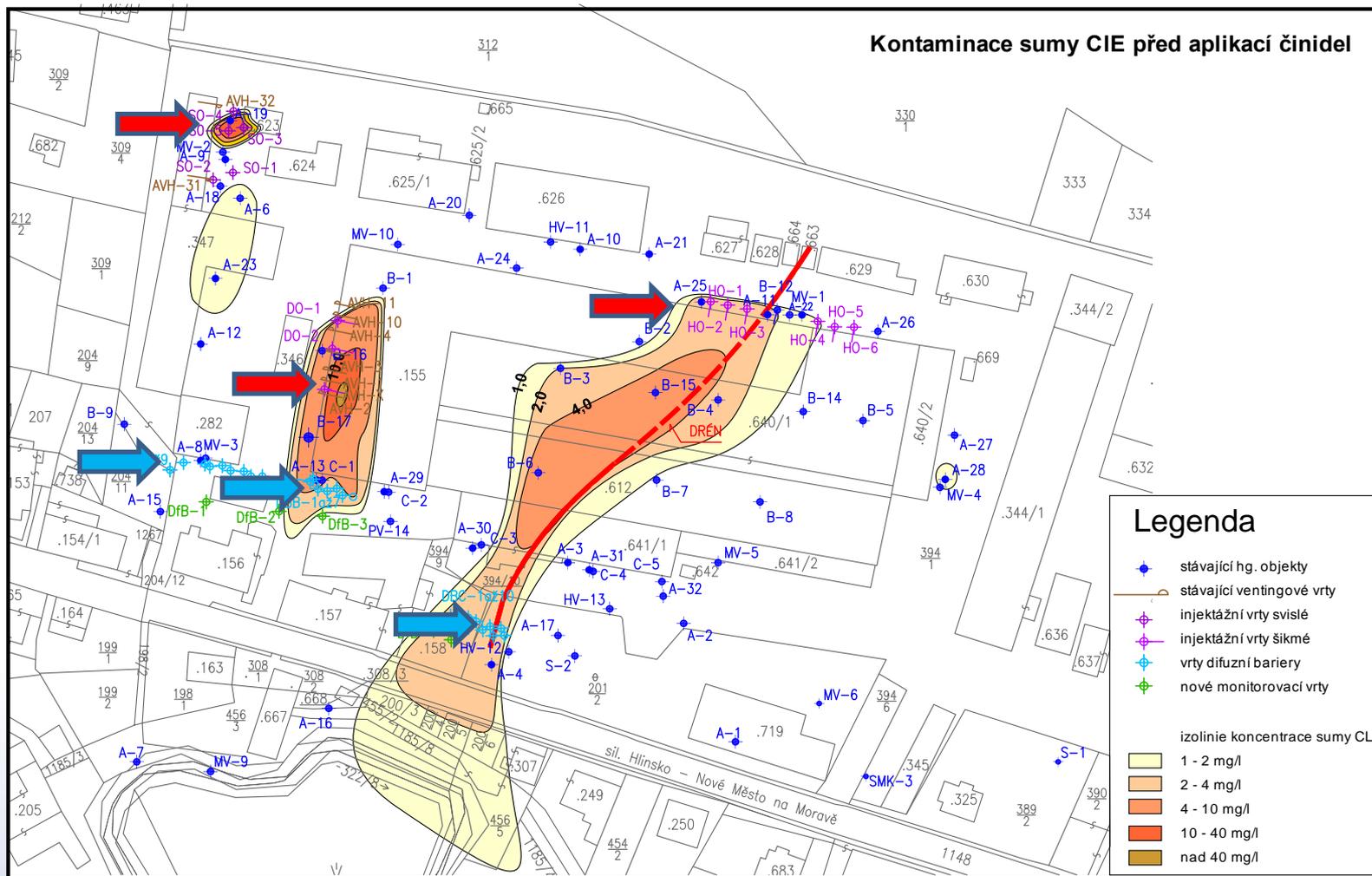
Aplikace nanoželeza

Celkem použito

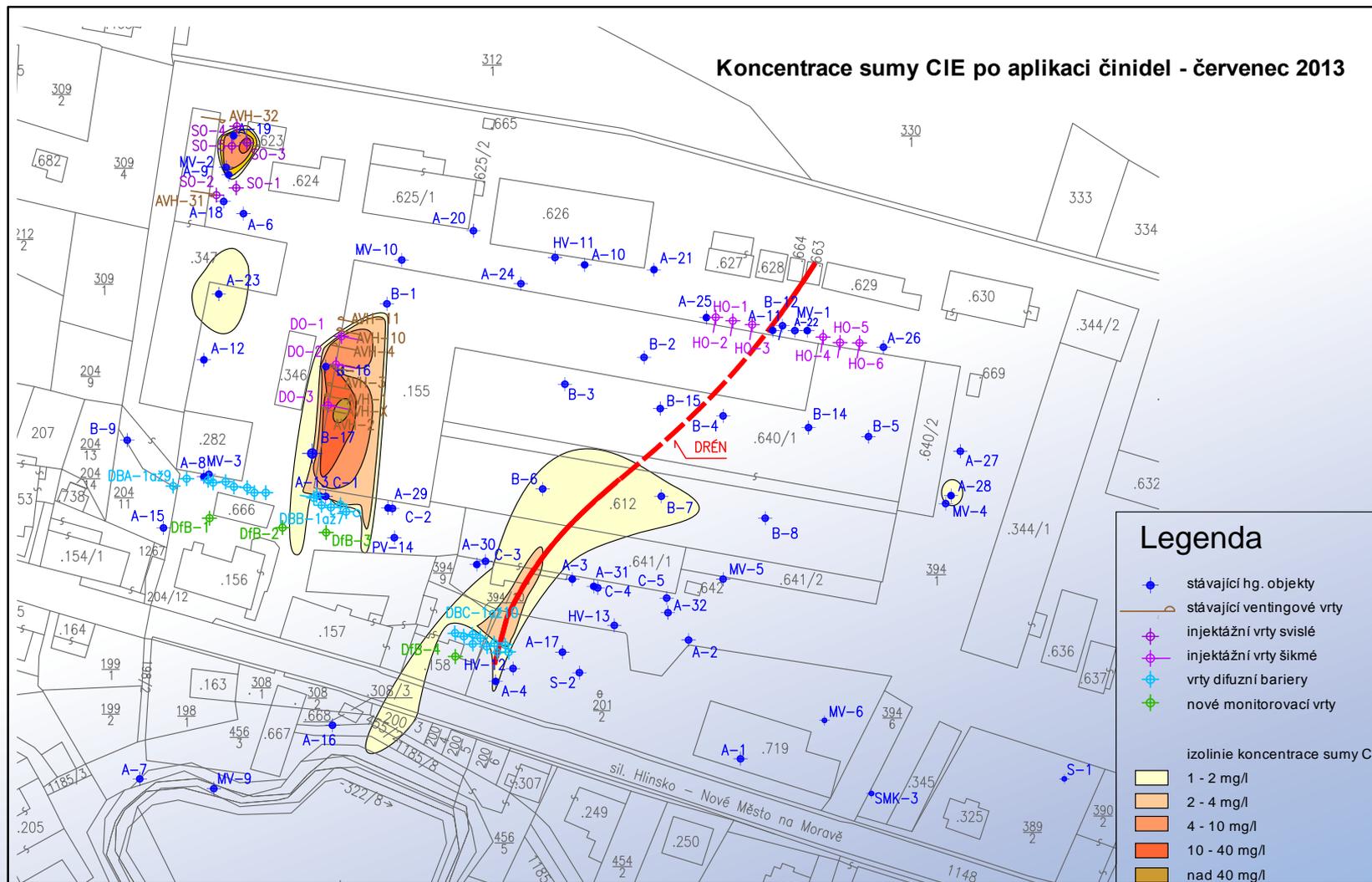
- 1. aplikace 540 kg NZVI NANOFERSTAR s oxidickou ochrannou slupkou, koncentrace – 20g/l až 27 g/l**
 - 2. aplikace 380 kg kompozitu mikro a nanoželeza, koncentrace 20 g/l**
- Tlaková aplikace**



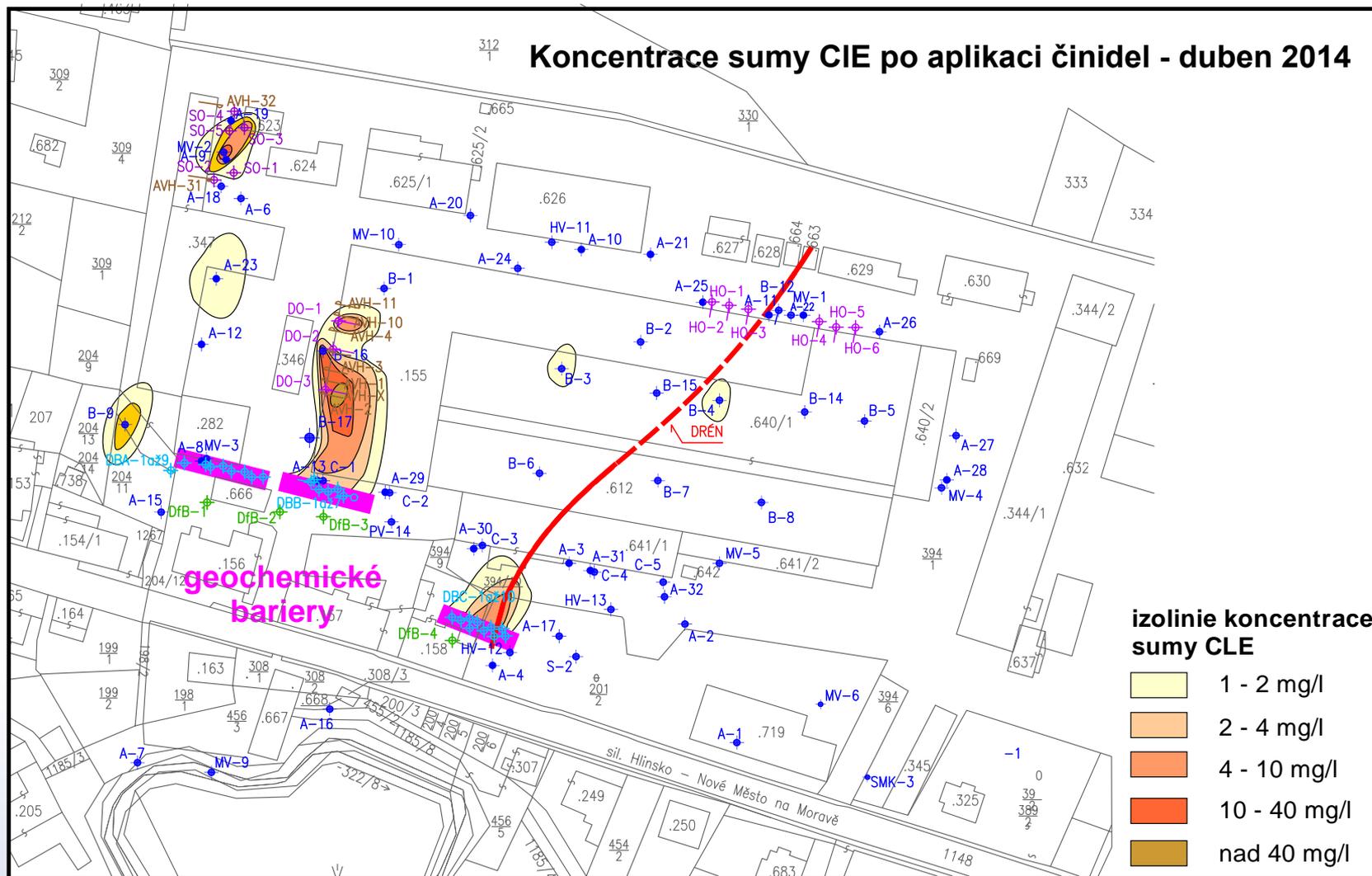
Kontaminace podzemní vody na lokalitě před aplikací činidel



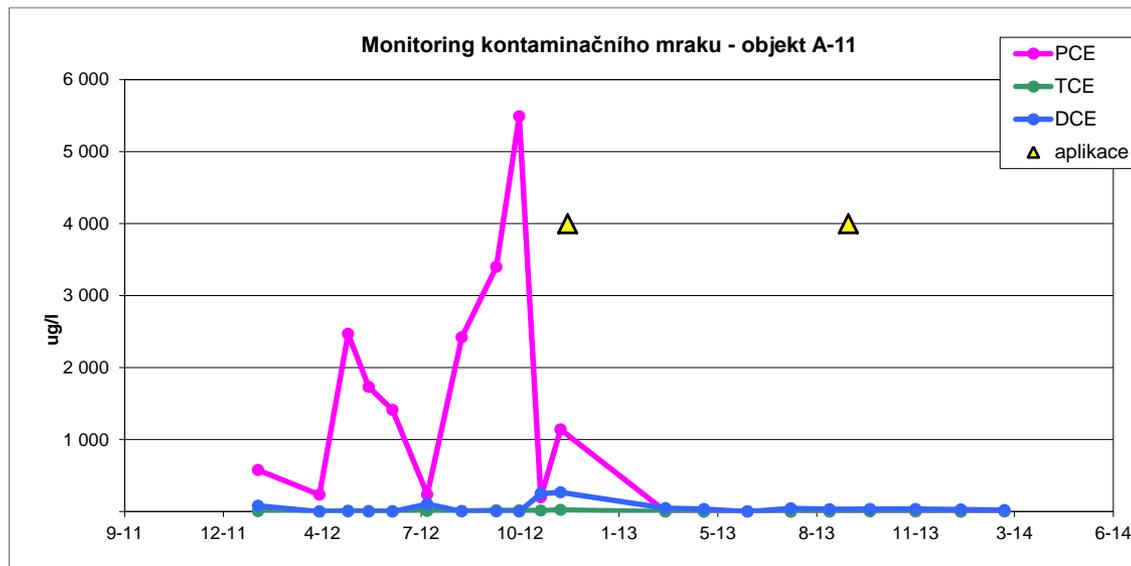
Kontaminace podzemní vody po aplikaci činidel – červenec 2013



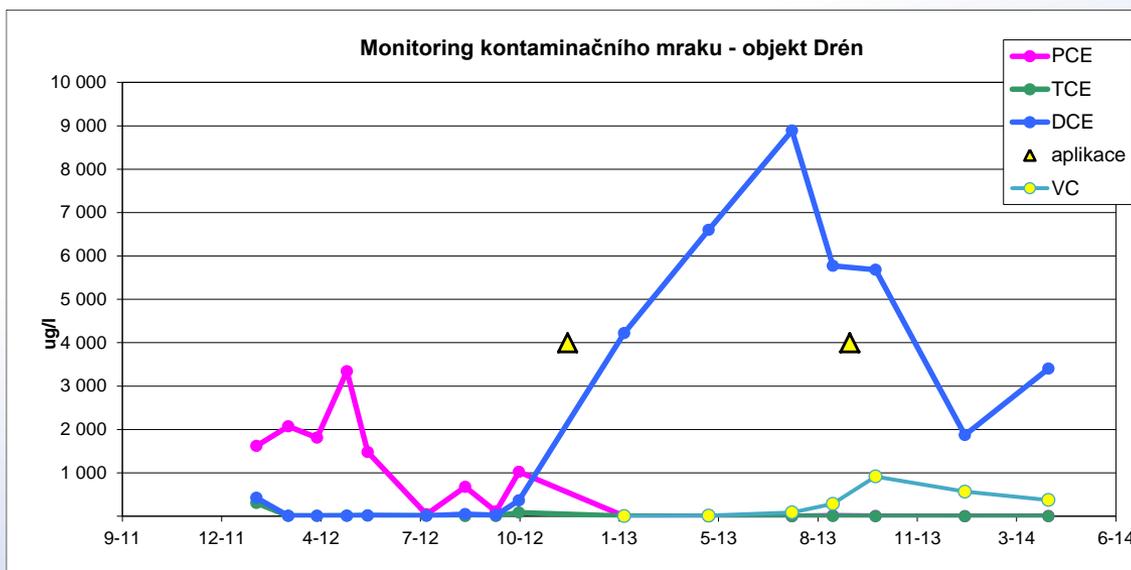
Kontaminace podzemní vody po aplikaci činidel – duben 2014



Vývoj kontaminace podzemní vody po aplikaci laktátu

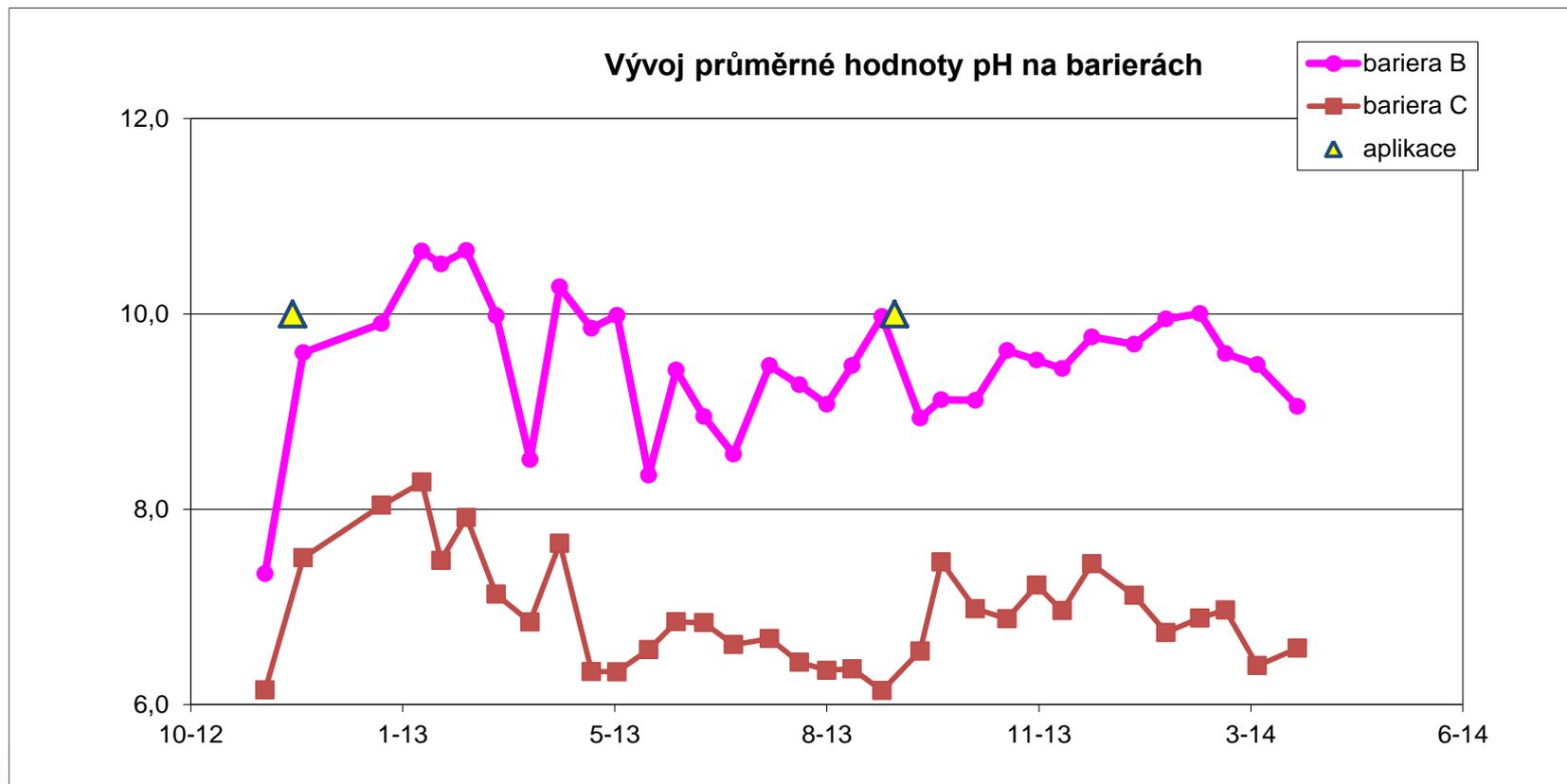


Centrální část ohniska, po aplikaci došlo k rychlému dočištění ohniska.



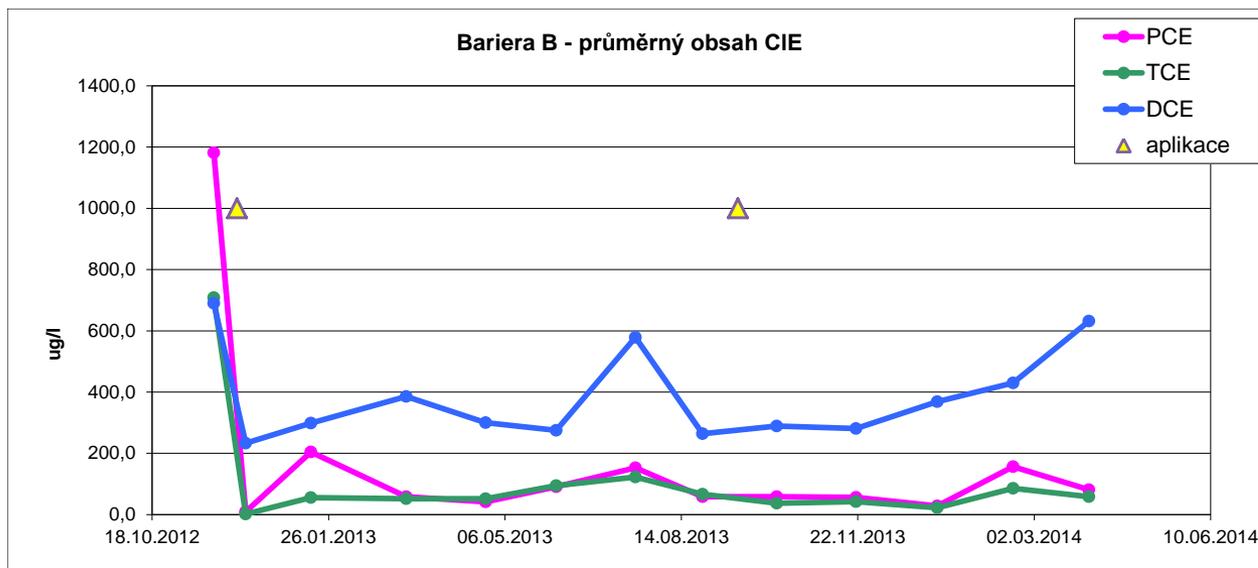
Odtoková zóna z podloží výrobní haly nepřístupné pro sanační zásah. Rozptýlený laktát degraduje PCE na DCE a částečně VC. Dochází ke kulminaci hodnot cca 8 měsíců (DCE) a 11 měsíců (VC) po aplikaci. Zvýšený bilanční tok ClE je způsoben odstavením čerpání i vyšší mobilitou DCE. Kontaminant je zachycen geochemickou bariérou.

Vývoj průměrného pH na barierách

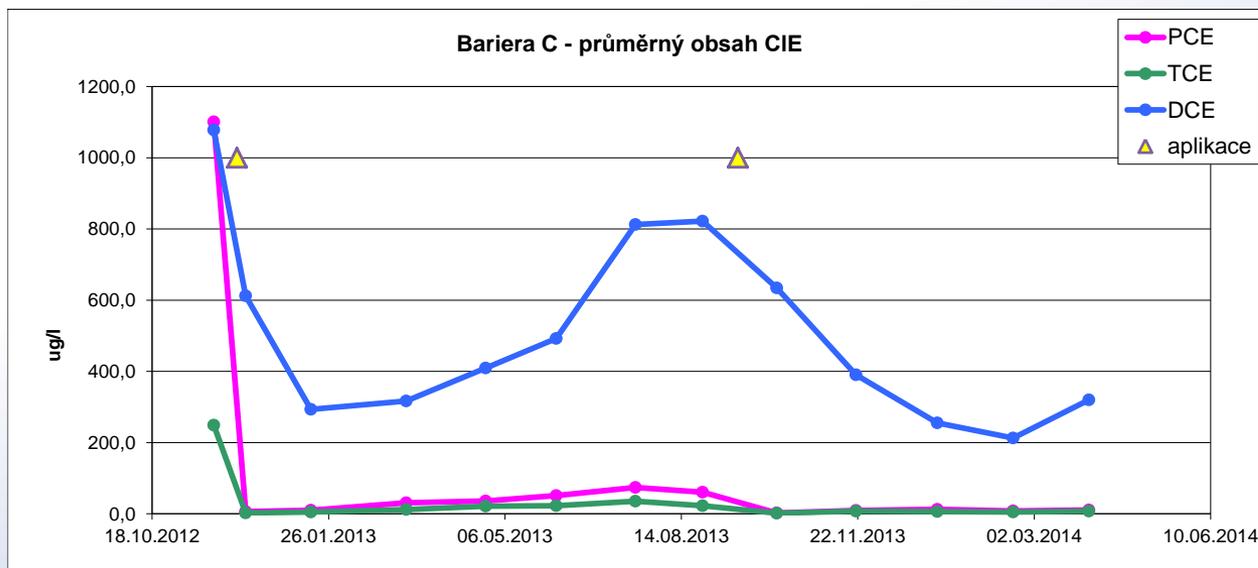


Nižší průtok barierou B a zapojení do elektrického pole generuje relativně vysoké pH, což lze interpretovat delším zdržením podzemní vody v linii bariéry. Naopak v barierě C je zdržení kratší a elektrické pole se výrazně neprojevuje změnou pH. První aplikace nZVI (listopad 2012) se projevila intenzivnějším nárůstem pH v porovnání s aplikací kompozitu v září 2013.

Průměrné obsahy chlorovaných ethylenů na bariéře B a C

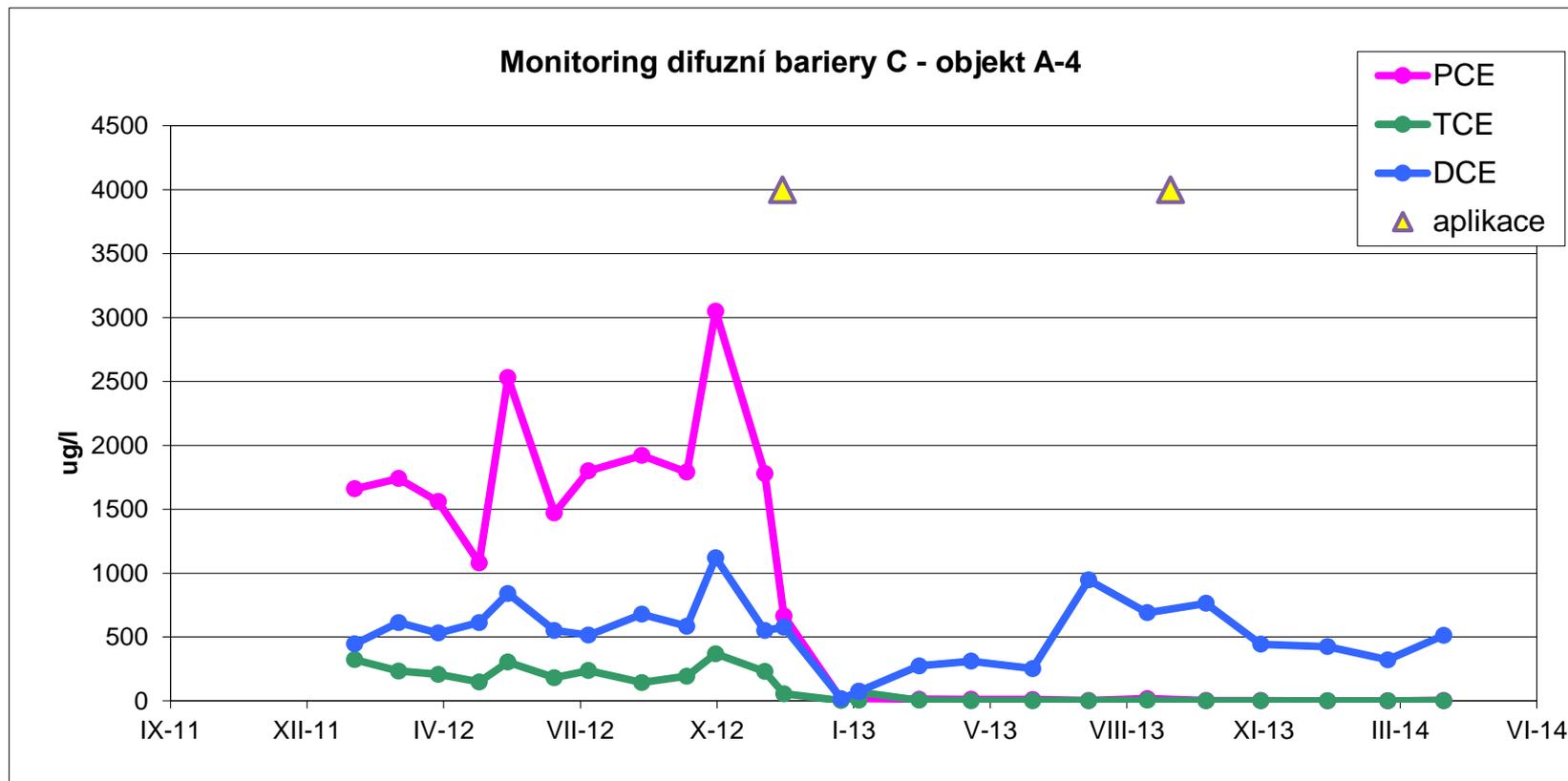


Bariera B pokrývá odtok kontaminovaných vod s koncentracemi až 70 mg/l PCE. Její účinnost je dostatečná z důvodu vyhovujícího bilančního zatížení a delší doby zdržení.



Na vývoji koncentrací na Bariéře C lze demonstrovat rozdílnou reaktivitu nZVI (1. aplikace) a kompozitu mikro a nanoželeza. Náběh reaktivity po 2. aplikaci je pozvolnější, avšak snížení koncentrací je hlubší. Postupně se snižuje i nátok kontaminace z 10 mg/l (červen 2013) na cca 4 mg/l.

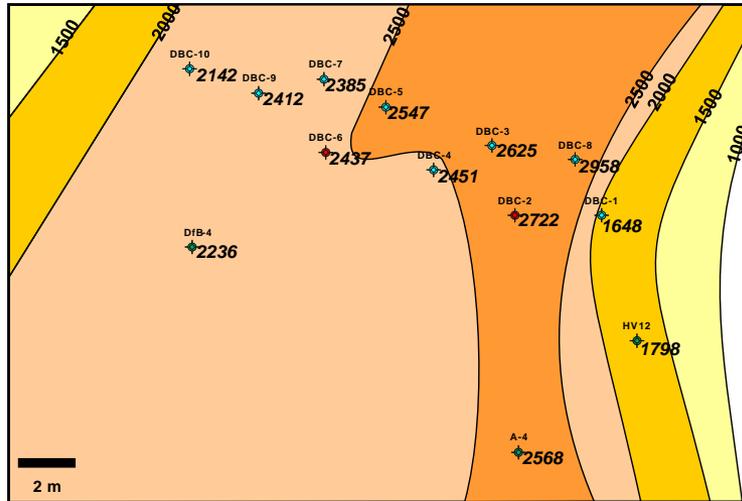
Účinnost bariéry C



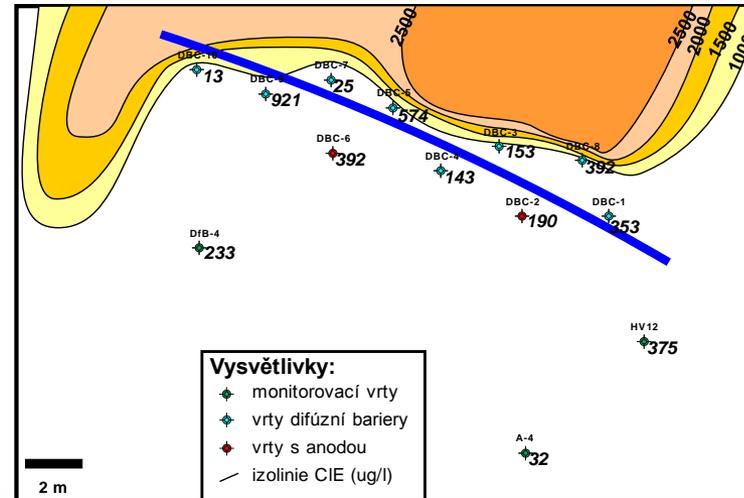
Objekt A4 je umístěn 8 m za bariérou C. Demonstruje dostatečnou účinnost bariéry a to i přes to, že po odstavení čerpání došlo k řádovému nárůstu koncentrací uvolňovaných z kontaminované struktury a tím i vyššímu zatížení bariéry.

Vývoj kontaminace podzemní vody po aplikaci geochemické bariery

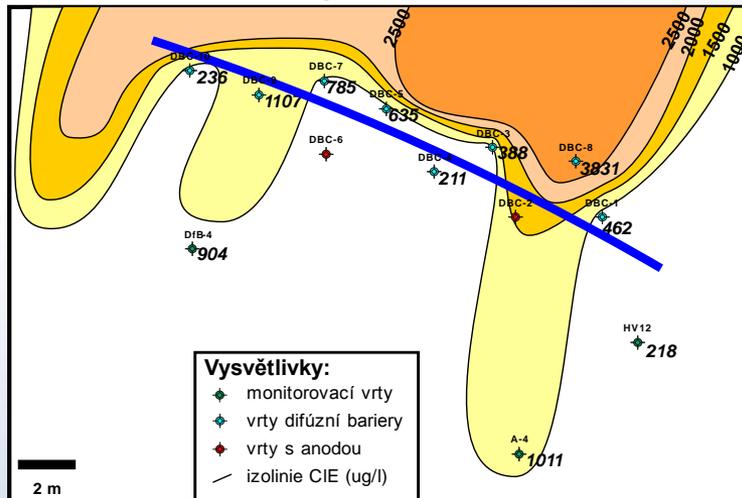
Obsah CIE bariera C - listopad 2012



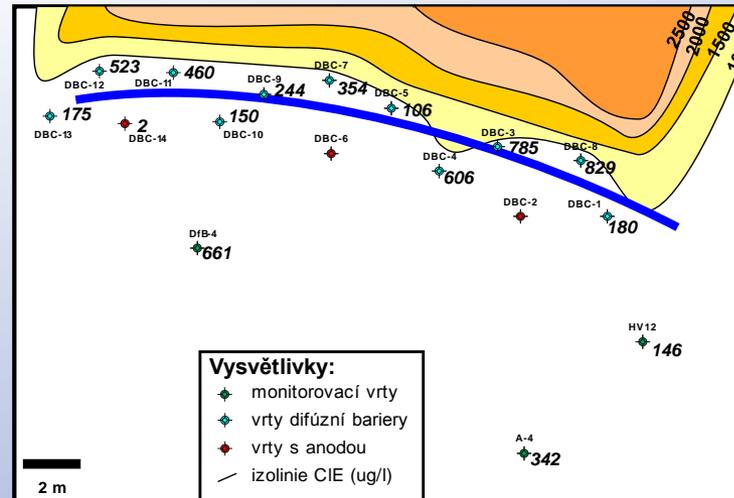
Obsah CIE bariera C leden 2013



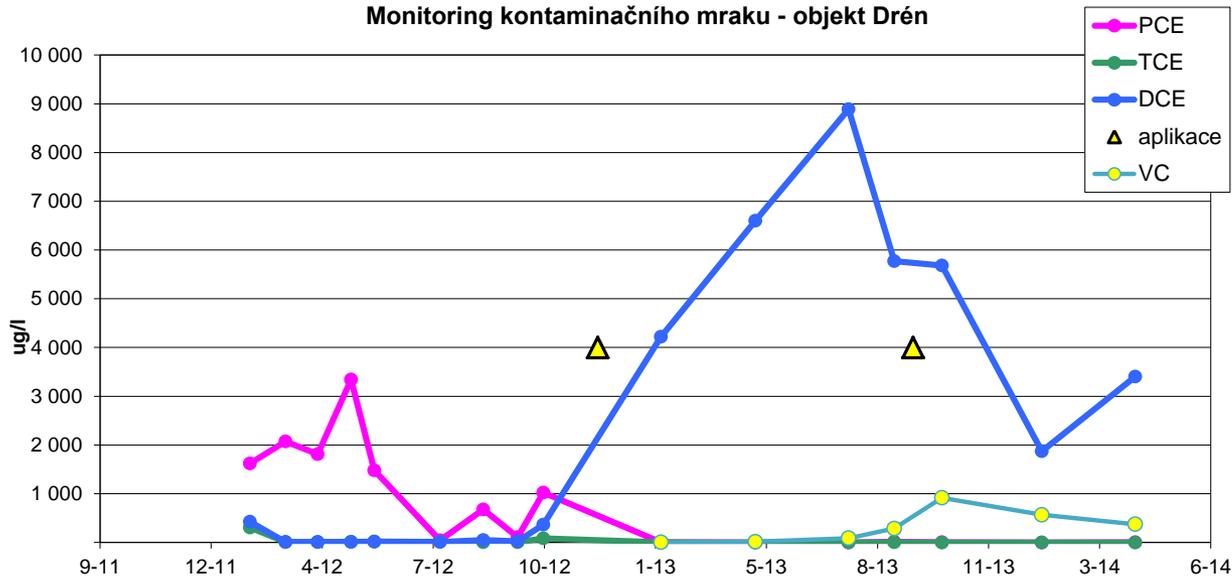
Obsah CIE bariera C srpen 2013



Obsah CIE bariera C březen 2014

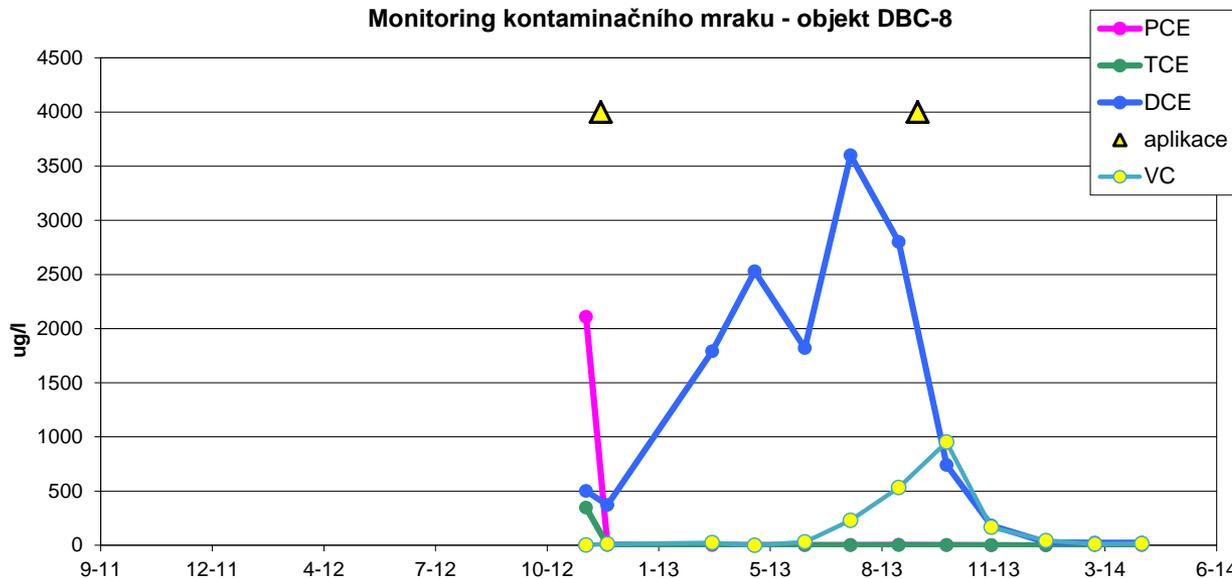


Monitoring kontaminačního mraku - objekt Drén



Drén reprezentuje zdrojový nátok na část bariery C. Aplikací laktátu do ohniska Horní odmašťovna došlo k uvolnění značného množství DCE s kulminací cca 8 měsíců po aplikaci.

Monitoring kontaminačního mraku - objekt DBC-8



Vrt DBC-8 je nejvíce zatíženým vrtem v bariéře. Průtok DCE byl snížen na cca 30%, v případě VC nebylo snížení při kulminaci hodnot prokazatelné.

Uvolnění DCE po aplikaci reagentu do ohniska je obvyklý projev reduktivních technologií. Bez instalace ochranné geochemické bariery dojde k úniku kontaminace mimo sanovanou strukturu.

Rámcové ekonomické vyhodnocení

- **Náklady na roční čerpání hydraulické bariéry**
(pronájem stanice, obsluha, technický servis, náklady na dopravu a geologickou službu)
 - **890 000 Kč/rok**
- **Náklady na roční provoz geochemické bariéry**
(nákup nanoželeza, aplikace, analytický servis, terénní měření, spotřeba elektrického proudu, náklady na dopravu a geologickou službu)
 - **760 000 Kč/rok**

Náklady na sondu Curiosity

2,5 miliard dolarů... 45 miliard Kč



Shrnutí

Geochemická bariéra

- **Plnohodnotná náhrada** za dosud provozovanou hydraulickou ochranu lokality.
- **Vyšší spolehlivost bariery** a menší náchylnost k provozním vlivům.
- **Dočasný ochranný prvek**, jehož funkčnost je závislá především na **množství a rychlosti protékajících vod** a méně již na intenzitě kontaminace. Po ukončení procesu pasivace částic železa je **nutno obměnit reakční náplň**.

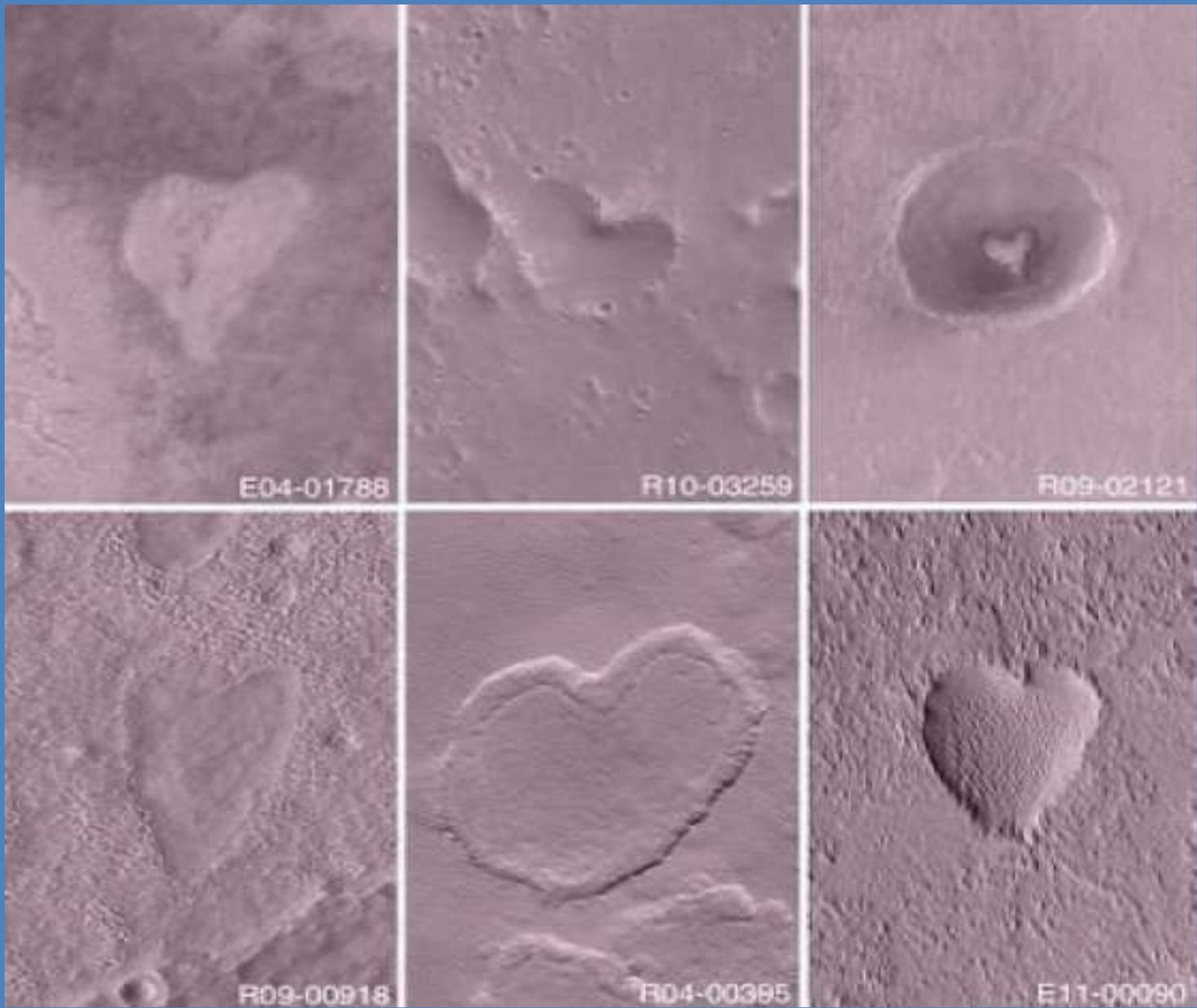
Shrnutí

Geochemická bariéra

- Prodloužení doby pasivace reakční náplně použitím **elektrochemicky podporované redukce**.

Na dané lokalitě: udržení vyhovujícího stavu reduktivní dehalogenace protékajících vod kontaminovaných ClE **po více než 11 měsíců**.

- Doba pasivace **kompozitu mikro a nanočástic Fe** ve spojení s elektroredukcí jev porovnání s nZVI podle dosavadních výsledků **znatelně delší**



zdroj: NASA



Děkuji za pozornost