

# POLOPROVOZNÍ ODZKOUŠENÍ METODY PODPOROVANÉ REDUKTIVNÍ DECHLORACE S VYUŽITÍM SYROVÁTKY JAKO FERMENTAČNÍHO SUBSTRÁTU

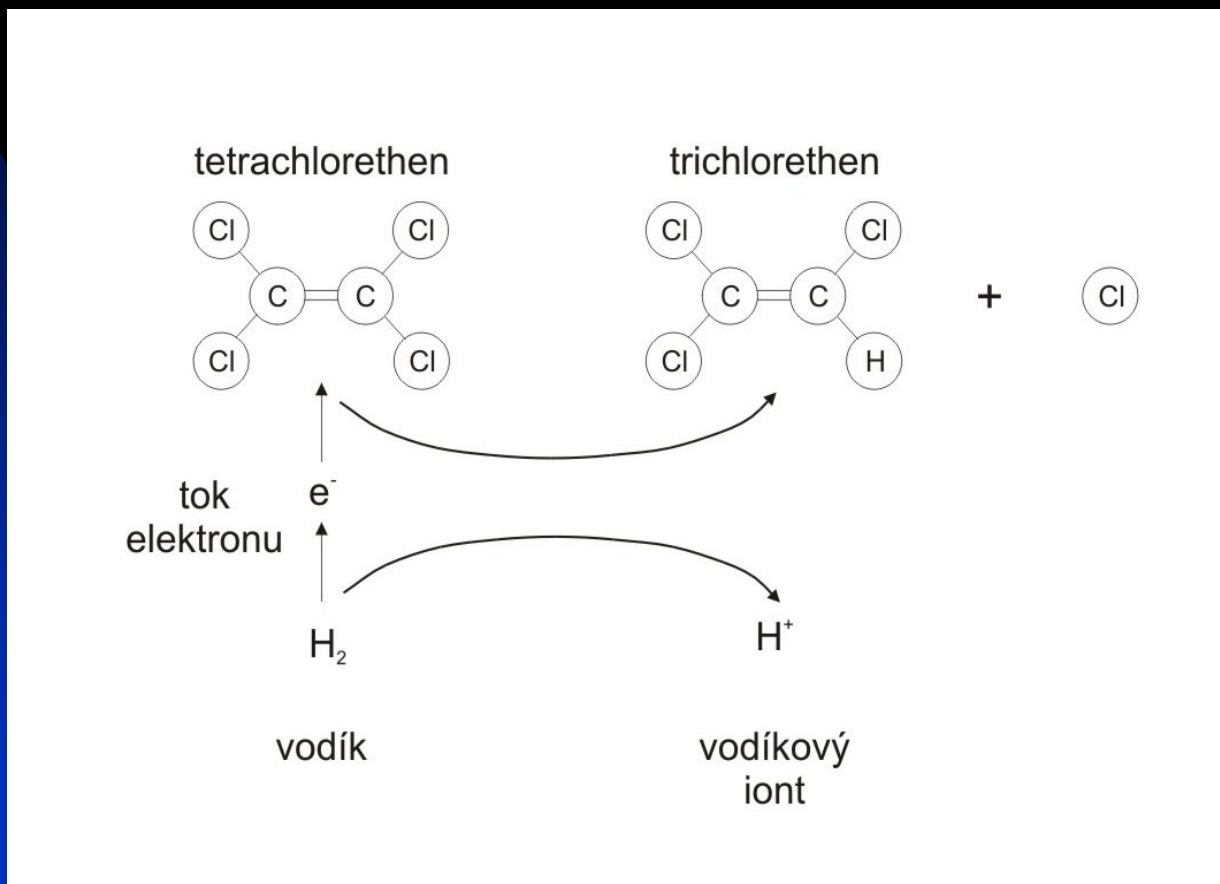
Jan Němeček 1), Lenka Wimmerová 2)

1) ENACON s.r.o., Krčská 16, 140 00 Praha 4, e-mail: [nemecek@enacon.cz](mailto:nemecek@enacon.cz)

2) DEKONTA, a.s., Dřetovice 109, 273 42 Stehelčevy

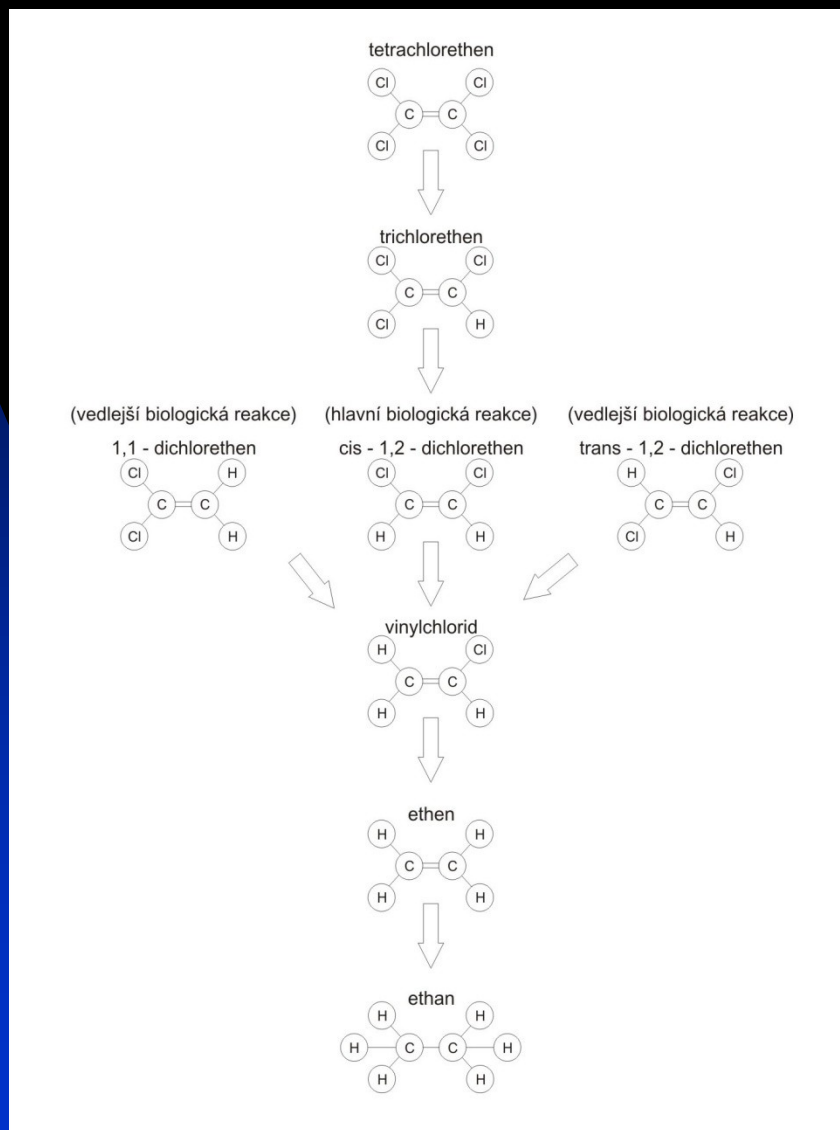


# Schema reduktivní dechlorace



Wiedemeier et al., 1999

# Schema reduktivní dechlorace



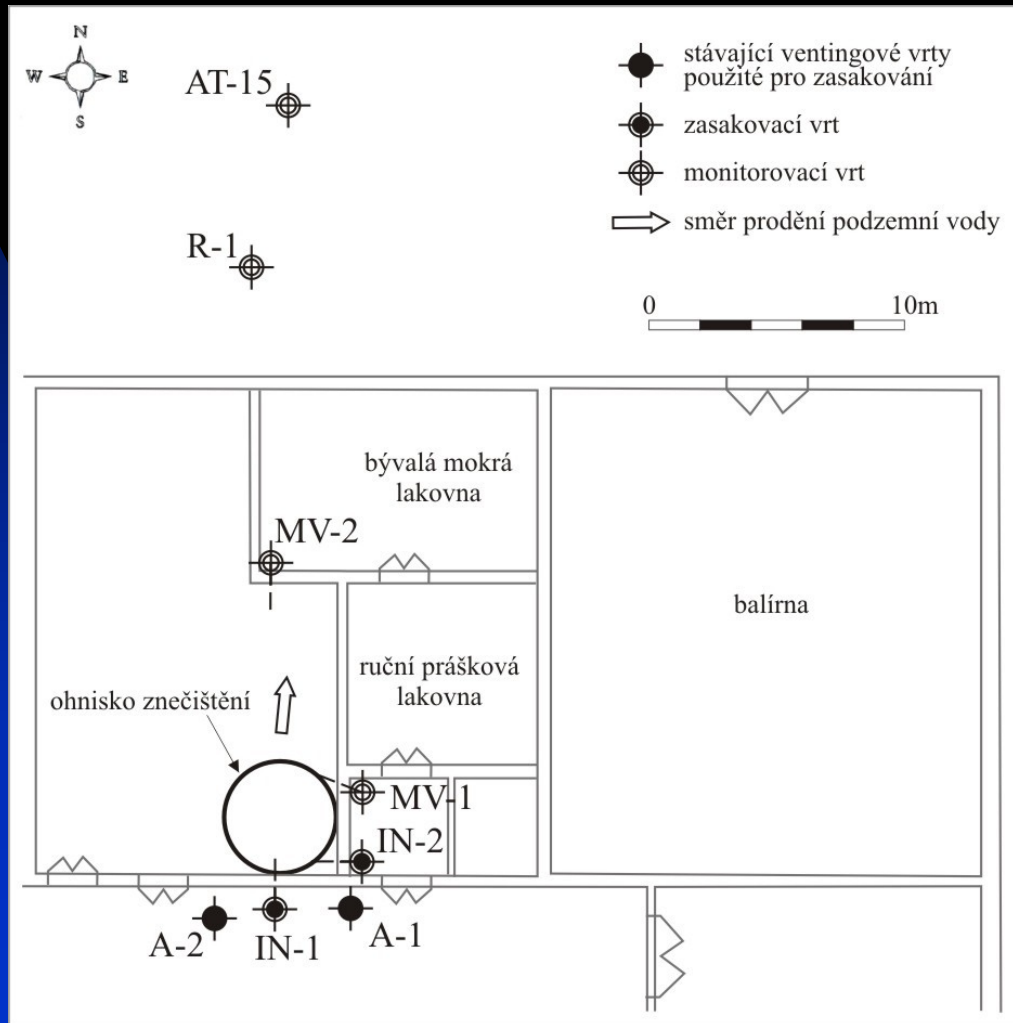
# Podmínky reduktivní dechlorace

- (1) horninové prostředí musí být anaerobní a musí mít nízký oxidačně-redukční potenciál (síran redukující nebo methanogenní prostředí),
- (2) musí být přítomny bakteriální kmeny schopné rozkládat chlorované uhlovodíky
- (3) musí být zajištěn dostatečný přísun fermentačního substrátu pro produkci rozpuštěného vodíku

# Význam rozpuštěného vodíku při reduktivní dechloraci

- $H_2$  - nejdůležitější (a v případě řady bakteriálních kmenů jediným) donorem elektronu při reduktivní dechloraci chlorovaných ethenů,
- Vzniká biologickým rozkladem (fermentací) substrátu jinými mikrobiálními kulturami a/nebo rozkladem biomasy
- Fermentující substráty: přírodní organické látky, kontaminanty (BTEX, mastné kyseliny), účelové dodávané substráty (mléčnany, glukóza, ethanol, rostlinný olej, rostlinné zbytky, mulč..)

# Lokalizace poloprovozní zkoušky - detail



## Použitý substrát - syrovátka

- vedlejší produkt potravinářského průmyslu, je to tekutina, která zůstává po vysrážení mléčné bílkoviny při výrobě sýrů a tvarohu
- vodný roztok obsahující 6 až 7 % sušiny,
- 4 – 6 % sušiny: laktóza (mléčný cukr),
- 0,7 % sušiny: minerální látky z mléka ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Na, Ca,...).
- 0,1-0,3 % sušiny: kyselina mléčná a mléčné bakterie
- 0,1 % sušiny: kasein

# Základní parametry poloprovozní zkoušky

Substrát: syrovátka ± melasa

Množství zasáklého roztoku: 7,9 m<sup>3</sup> v 5 zásacích

Počet zasakovacích vrtů: 4

Počet monitorovacích vrtů: 4

Délka zkoušky: 20 měsíců (VII.2006 – IV.2008)

Počet kol monitoringu: 12



# Poloprovodní zkouška – lokalita Toužim



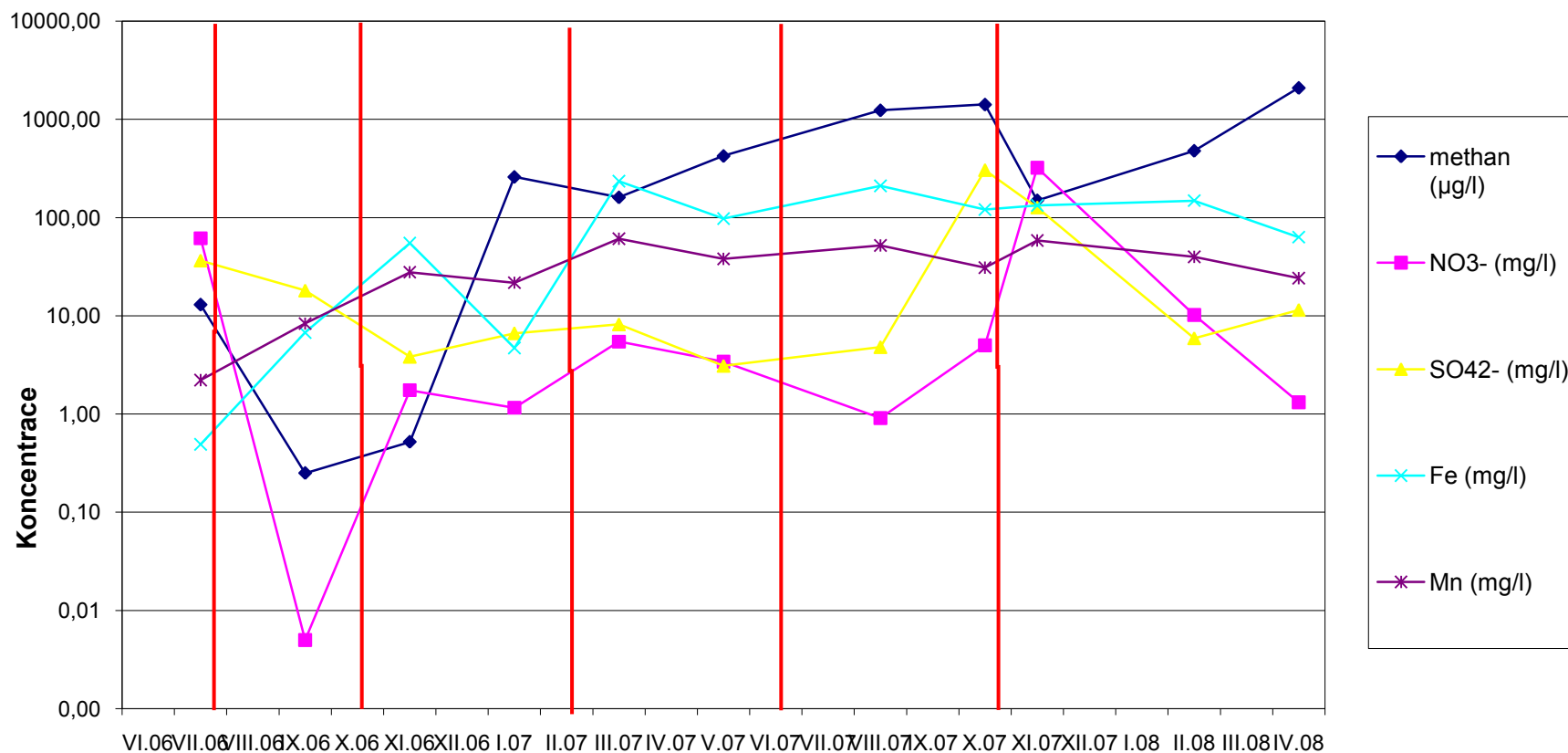
# Monitoring poloprovozní zkoušky

- monitoring přítomnosti a koncentrací CIU ( PCE, TCE, 1,2-cis DCE, VC),
- sledování přítomnosti a koncentrace produktů biologického rozkladu (ethan, ethen, Cl<sup>-</sup>) v podzemní vodě,
- látky uvolňující vodík v podzemní vodě (TOC),
- sledování parametrů charakterizujících fyzikálně-chemické poměry zvodně (O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe, Mn, methan),
- sledování nutrietů v podzemní vodě (N celk. a P celk.),
- sledování hustoty mikrobiálního osídlení (psychrofilní bakterie, anaerobní bakterie, síran redukující bakterie),
- měření fyzikálně chemických parametrů podzemní vody (pH, oxidačně redukční potenciál - ORP, vodivost),
- sledování obsahu organických kyselin (mléčné, octové, propionové, máselné) – od 8.2.2008

# Výsledky poloprovodní zkoušky



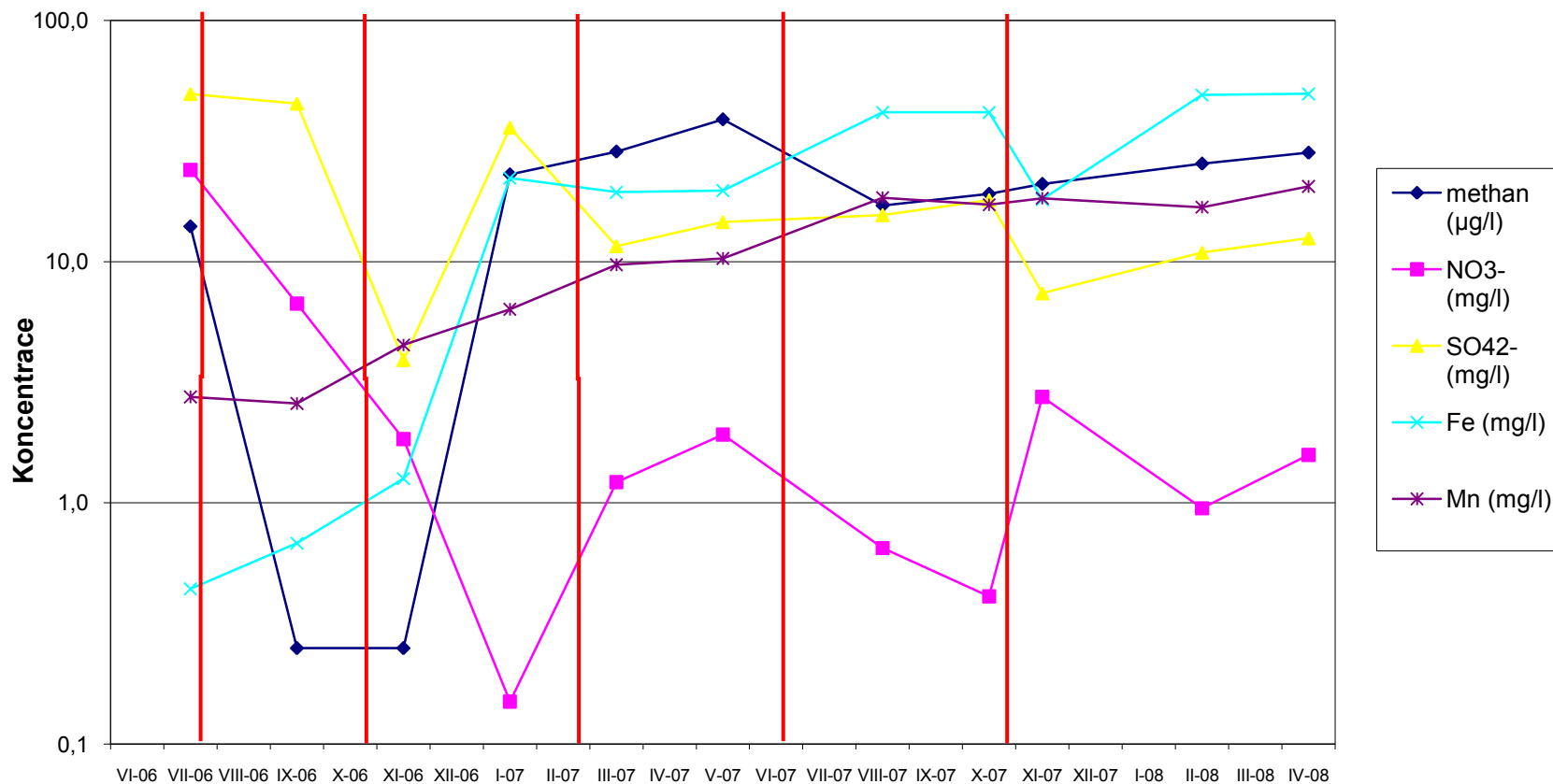
## Vývoj koncentrace látek charakt. fyzikálně-chemické poměry zvodně MV-1



# Výsledky poloprovodní zkoušky



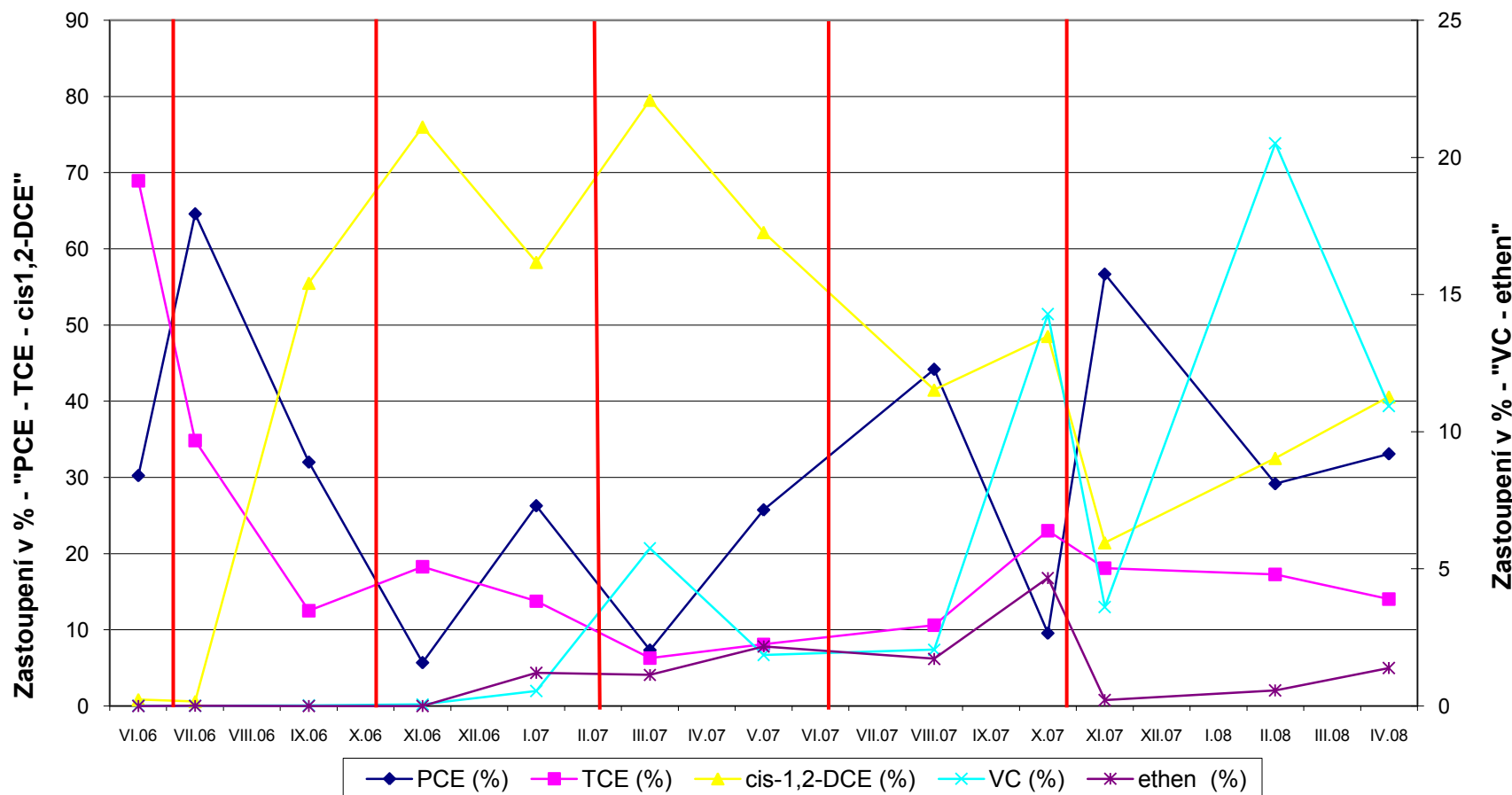
## Vývoj koncentrace látek charakt. fyzikálně-chemické poměry zvodně MV-2



# Výsledky poloprovodní zkoušky



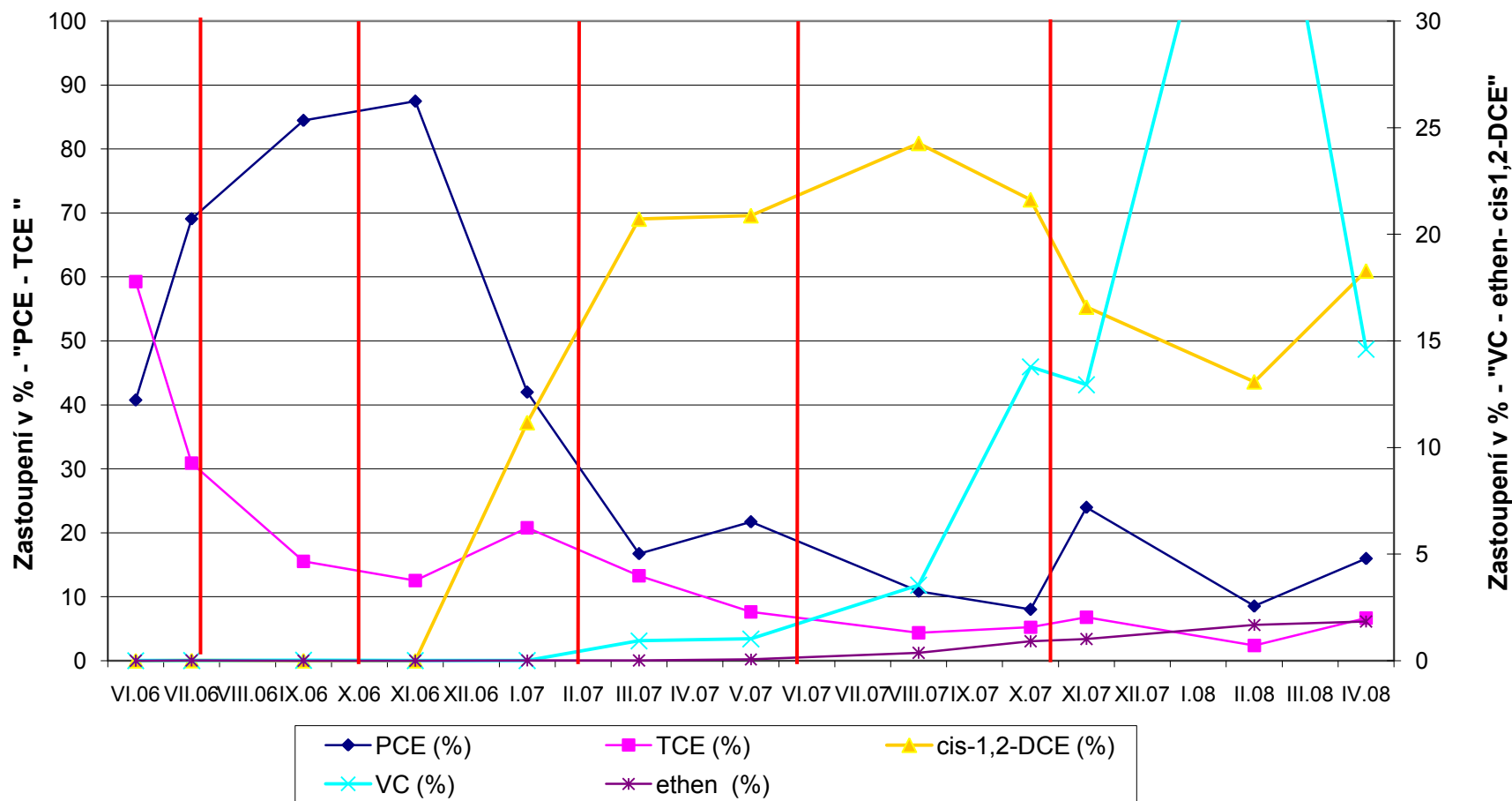
## Vývoj poměrného zastoupení jednotlivých ethenů MV-1



# Výsledky poloprovozní zkoušky



## Vývoj poměrného zastoupení jednotlivých ethenů MV-2



# Stupeň dechlorace



Intenzita rozkladu CIU byla posuzována stupněm dechlorace vypočteným podle vztahu:

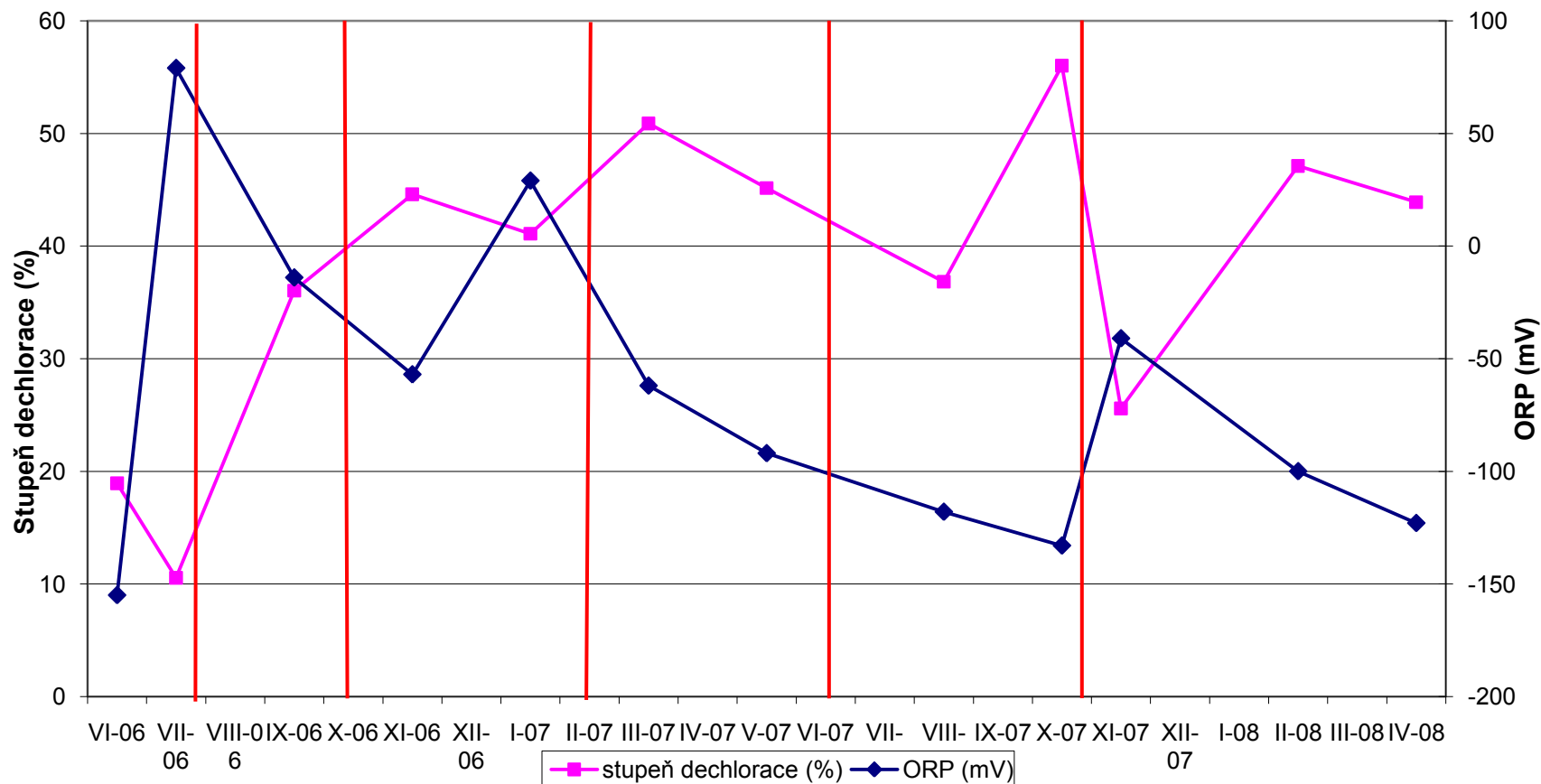
$$\frac{[PCE] + [cis-DCE] + [C] + [then]}{4 \times ([PCE] + [CE] + [cis-DCE] + [C] + [then])} \times 100\%$$

kde [kontaminant] představuje molární koncentraci (mmol/l) jednotlivých kontaminantů.

# Výsledky poloprovodní zkoušky



## Stupeň dechlorace vers. ORP podzemní vody MV-1

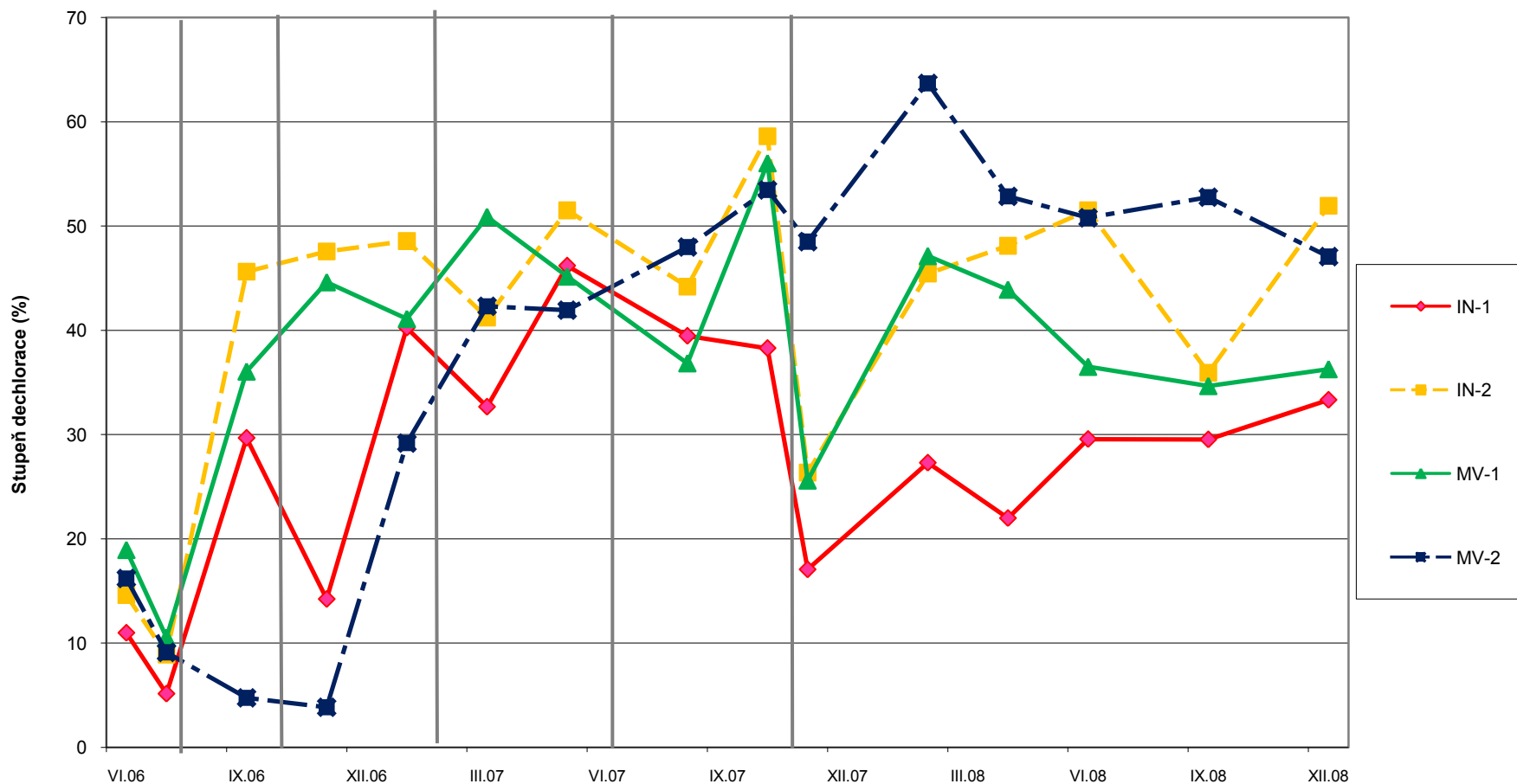




# Výsledky poloprovodní zkoušky



Vývoj stupně dechlorace v čase



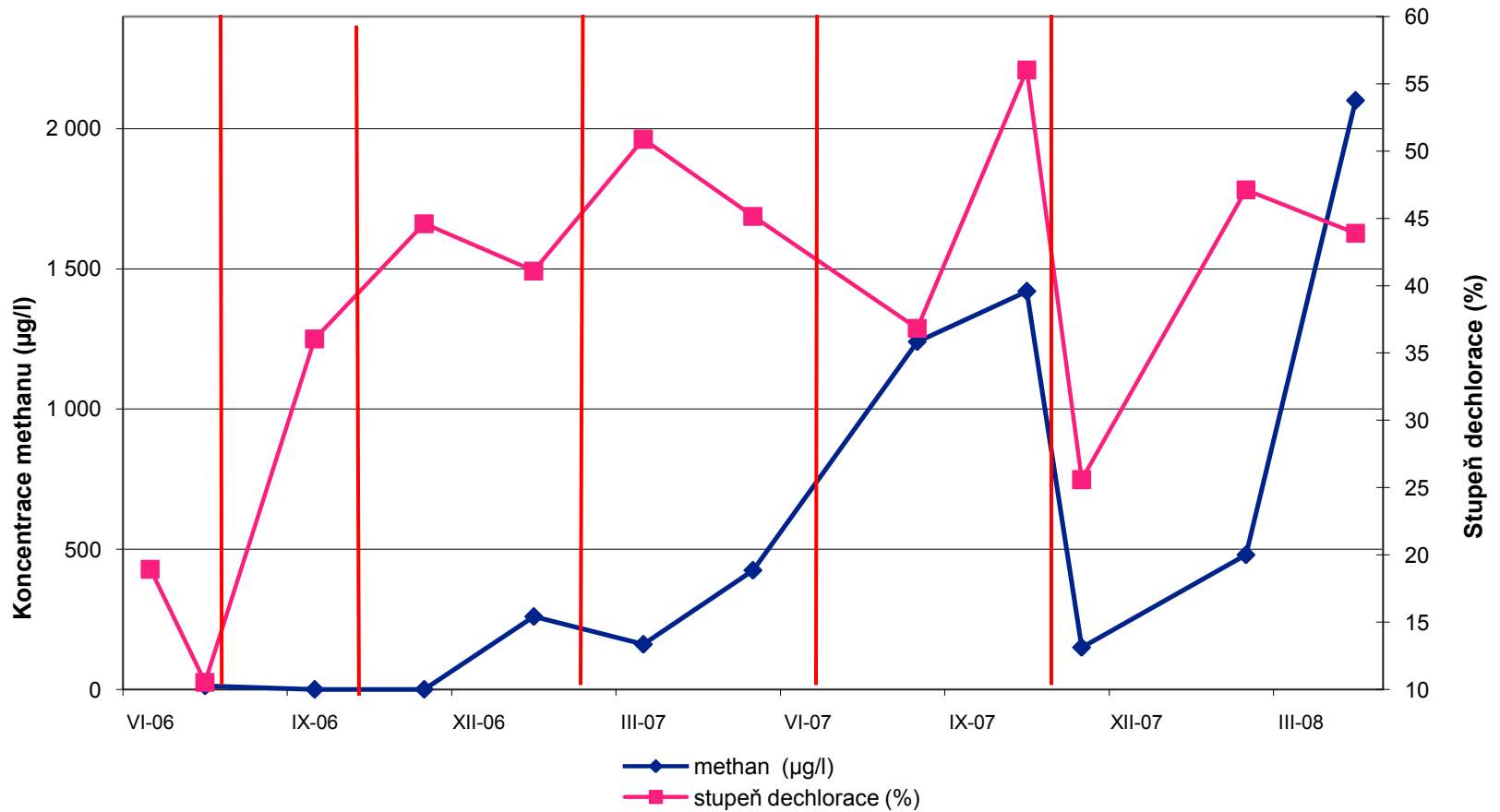
# Možné příčiny pozastavení dechlorace

- nízké pH?
- zvýšená aktivita methanogenních bakterií?
- zvýšená mineralizace podzemní vody dávkováním syrovátky?
- inhibiční účinek kyseliny octové vznikající při primární a sekundární fermentaci?

# Výsledky poloprovozní zkoušky



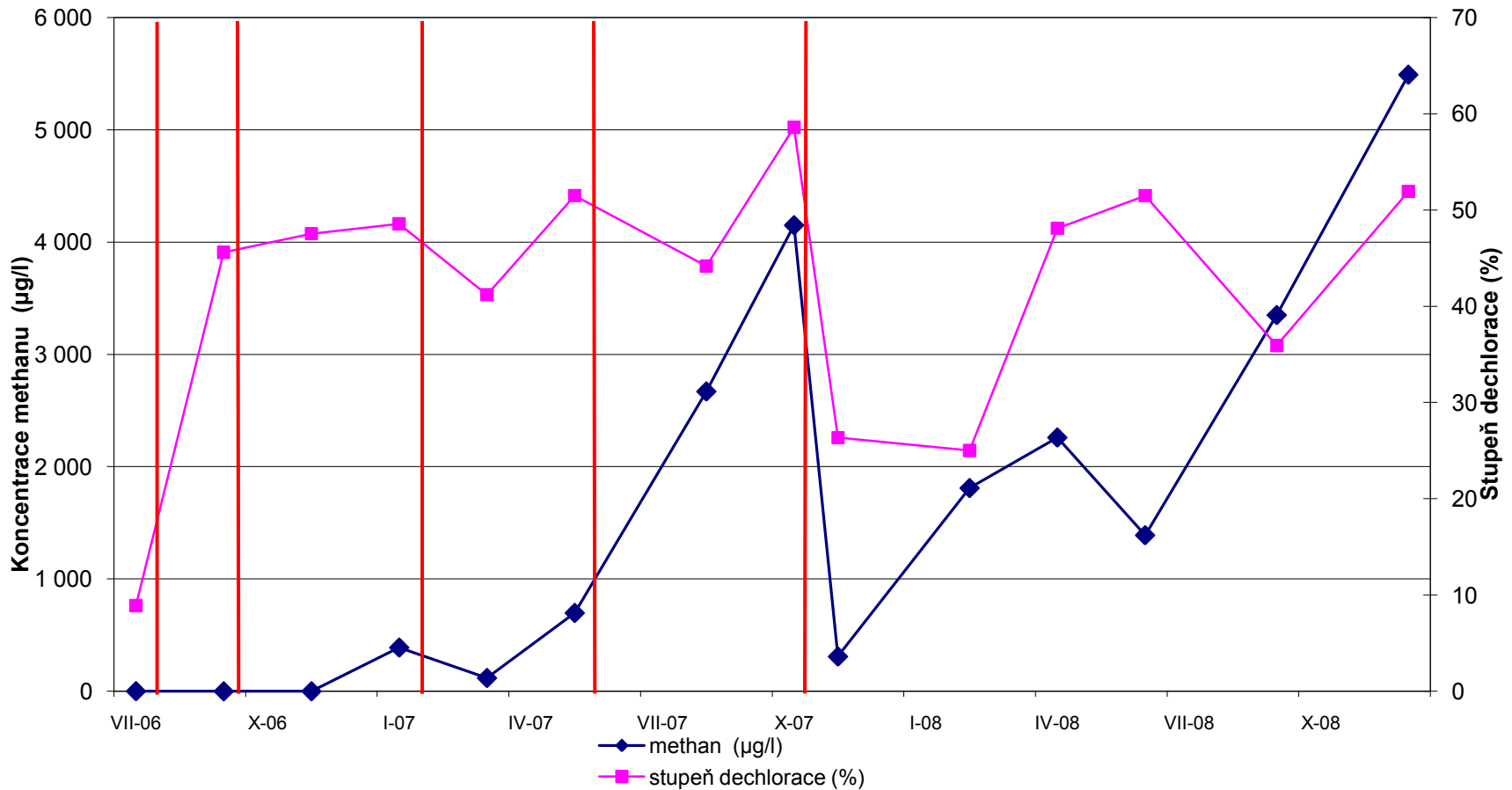
Stupeň dechlorace vers. methan v podzemní vodě  
MV-1



# Výsledky poloprovozní zkoušky



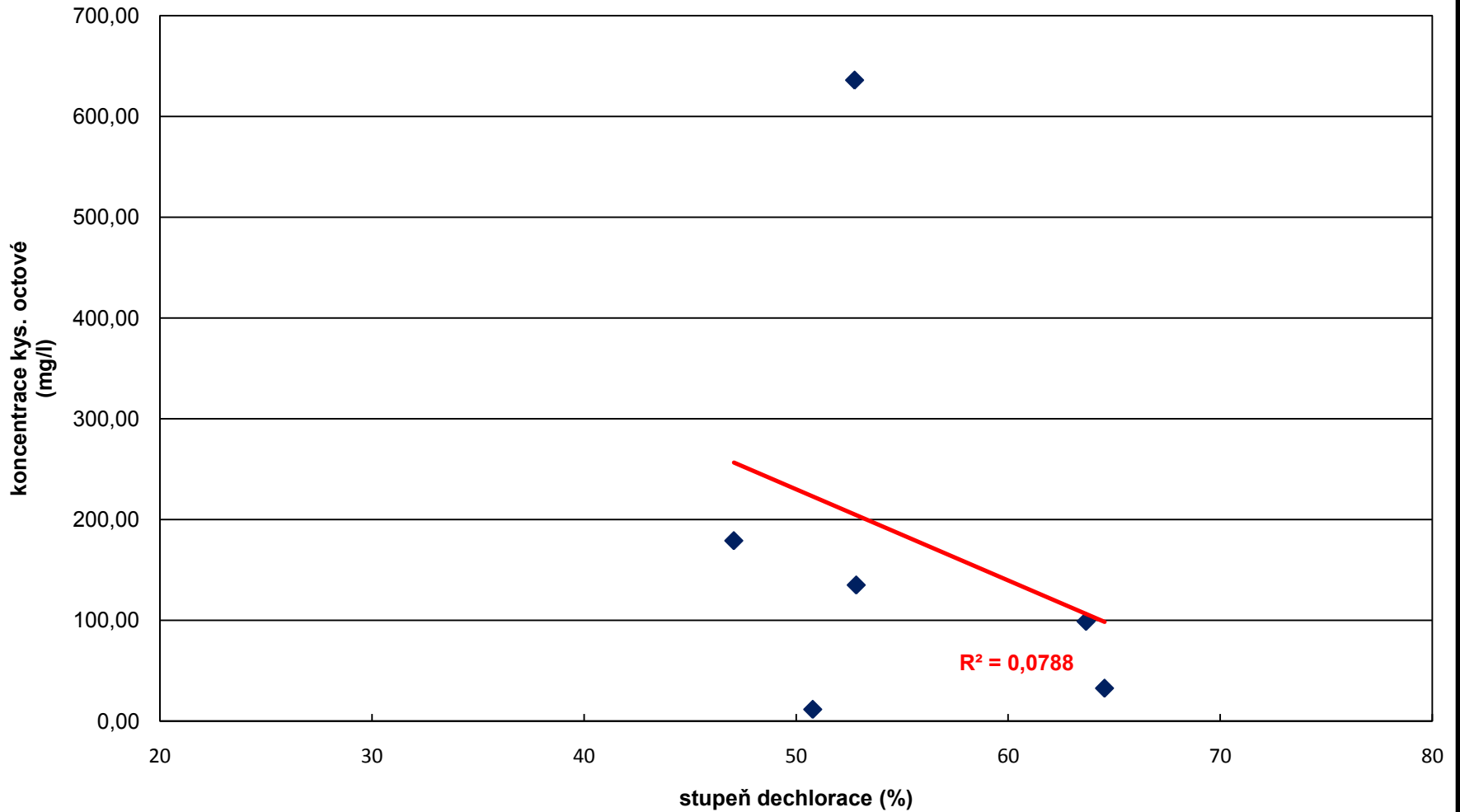
Stupeň dechlorace vers. methan v podzemní vodě  
IN-2



# Výsledky poloprovozní zkoušky



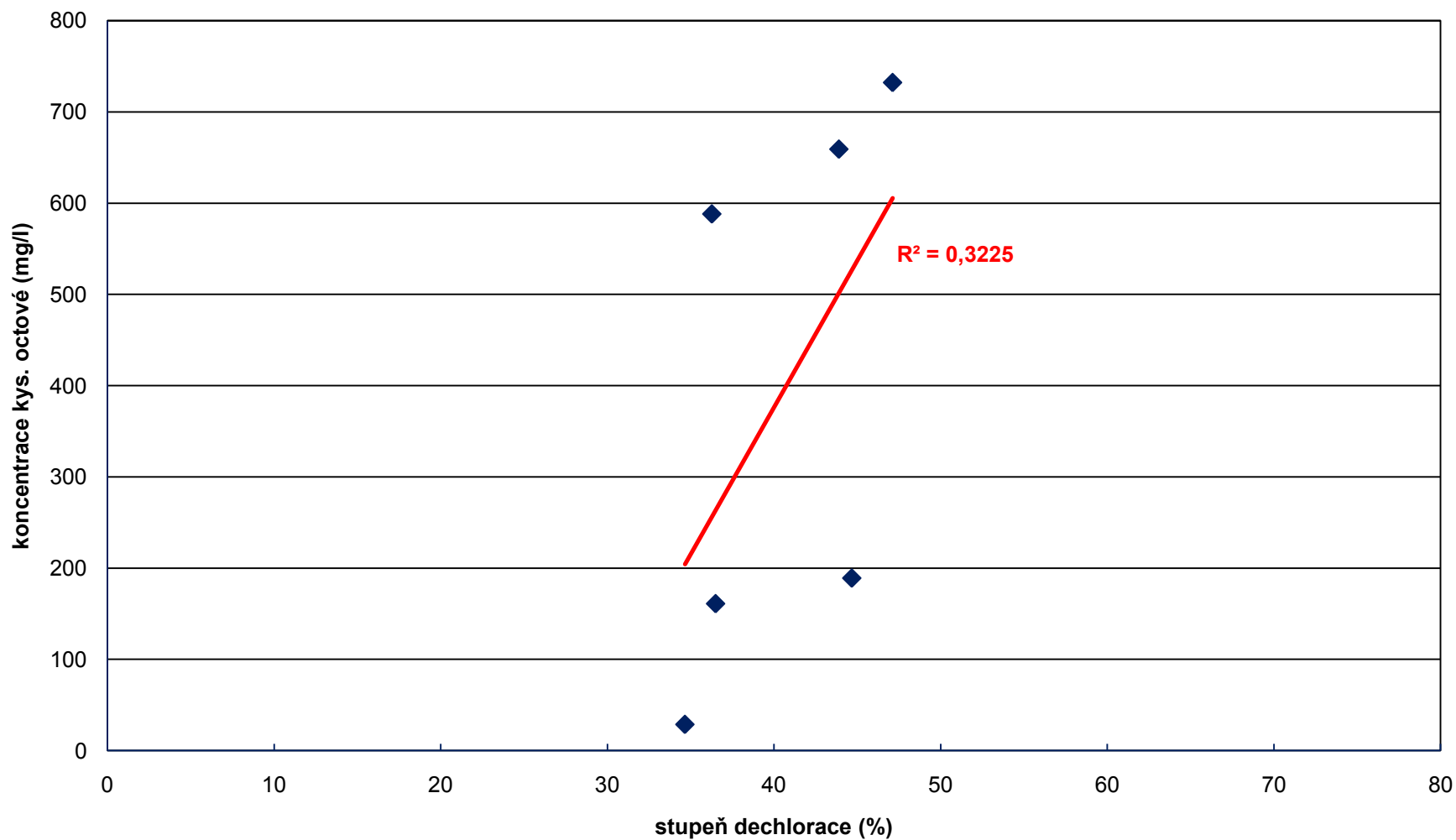
Koncentrace kys. octové vers. stupeň dechlorace - vrt MV-2



# Výsledky poloprovozní zkoušky



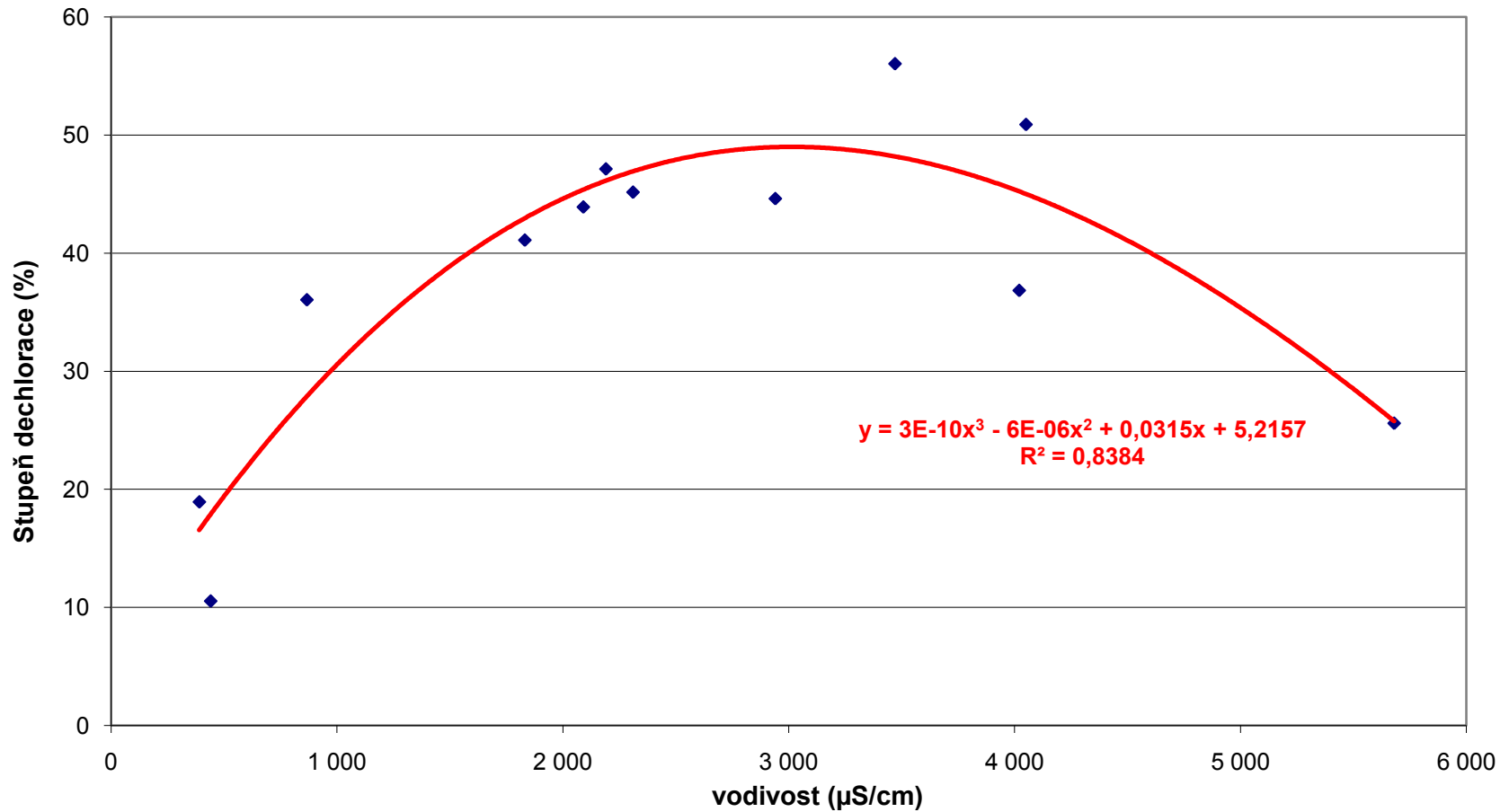
Koncentrace kys. octové vers. stupeň dechlorace - vrt MV-1



# Výsledky poloprovozní zkoušky



Bodový graf vodivosti vers. stupeň dechlorace  
MV-1



## Shrnutí a závěr

- Použitý substrát stimuluje biologický rozklad chlorovaných uhlovodíků i v prostředí jejich extrémních koncentrací (>200 mg/l),
- Zároveň dochází k intenzifikaci rozpouštění volné fáze CIU do podzemní vody,
- Dotace substrátu je limitována kritickou úrovní solnosti podzemní vody (3000 až 4000  $\mu\text{S/cm}$ ), případně obsahem chloridů 600 mg/l,
- Optimální koncentrace substrátu vyjádřena obsahem TOC v podzemní vodě: 90 až 350 mg/l,
- Vhodné sledovat momentální stav fermentace aplikovaného substrátu obsahu organických kyselin poskytujících  $\text{H}_2$  při jejich rozkladu.



# Poděkování

Tento projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu ČR (projekt č. FI-IM2/086),

**dekonta**

