

# REDUKCE ZNEČIŠTĚNÍ POMOCÍ NANOČÁSTIC ŽELEZA



## PRINCIP

Aplikace nanočástic elementárního železa (nanoželezo - nZVI) je inovativní sanační technologie, která k odstraňování řady organických i některých anorganických kontaminantů z podzemní vody a horninového prostředí využívá redukčních schopností elementárního železa ( $\text{Fe}^0$ ).

Při reakci kontaminantů s nZVI dochází buď k jejich destrukci na neškodné produkty (v případě chlorovaných alifatických uhlovodíků), anebo k redukci na netoxickou formu.

Elementární železo ve formě nanočástic má mnohonásobně větší měrný povrch a výrazně lepší migrační schopnosti než makro/mikro-částice železa, a proto je při odstraňování redukovatelných kontaminantů mnohem účinnější.

Nanoželezo může být dodáno buď ve formě koncentrované vodní suspenze (nejobvyklejší forma), anebo ve formě povrchově stabilizovaných nanočástic, příp. jako pyroforický nanoprášek obsahující nZVI bez povrchové stabilizace, uchovávaný v inertní dusíkové atmosféře (nZVI při kontaktu se vzduchem prudce reaguje - hoří).

## POPIS

Po rozhodnutí o způsobu aplikace nZVI do horninového prostředí musí být realizovány přípravné práce spočívající buď ve vybudování systému vhodně situovaných vystrojených zasakovacích vrtů (do kterých lze nanoželezo aplikovat opakovaně) anebo v zajištění techniky pro hloubení nevystrojených půdních sond a injektáž nanoželeza do nich.

Suspenze o požadované koncentraci nZVI (obvykle se jedná o jednotky gramů na litr) se připravuje přímo na lokalitě smícháním koncentrované suspenze nZVI (příp. práškového nZVI s povrchovou stabilizací) s čistou odkysličenou vodou ve vhodné homogenizační a zásobní nádrži.

Takto připravená suspenze je ihned aplikována do horninového prostředí. V závislosti na konkrétních hydrogeologických podmínkách se může jednat buď o tlakovou injektáž (do vystrojených aplikačních vrtů anebo nevystrojených půdních sond), anebo o gravitační zasakování (do vystrojených aplikačních vrtů).

## POUŽITELNOST TECHNOLOGIE

Redukce pomocí nZVI je vhodná k odstraňování široké škály organických kontaminantů, jako jsou chlorované uhlovodíky, PCB, nitroderiváty, ale i některé těžké kovy (např.  $\text{Cr(VI)}$ ).

Technologie se obvykle aplikuje in situ, a to zasakováním suspenze nZVI buď do vystrojených vrtů (lze provádět opakovaně) anebo přímou injektáží do jednorázové použitelných nevystrojených sond.

## Hlavní výhody technologie

- Dobré migrační schopnosti oproti makro/mikro -částicím železa
- Nedochází k tvorbě toxických produktů, Fe je přirozenou složkou životního prostředí
- Vhodné i pro zdrojové zóny kontaminace (přítomnost fáze, vysoké obsahy kontaminantů)
- Rychlá kinetika dekontaminačního procesu
- Snadná aplikace
- Relativně nízké investiční náklady na vybudování sanačního systému

## Potenciální omezení

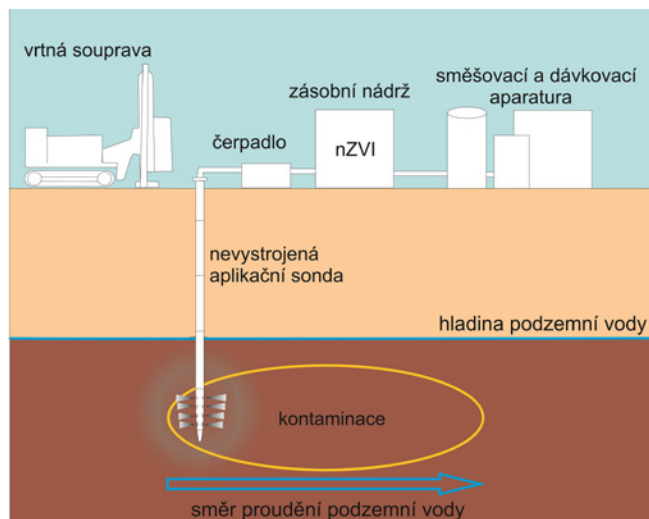
- Nízká efektivita v případě lokalit s malou propustností horninového prostředí
- Rychlá povrchová oxidace nanočástic při přípravě a aplikaci a následná agregace částic v horninovém prostředí (možnost zmírnění tohoto jevu použitím vhodné modifikace nZVI)
- V případě rozsáhlé kontaminace nutno injektáž opakovat (tzv. Rebounding effect)
- Relativně vysoká cena nanoželeza

## Nabídka služeb

- Průzkum a zhodnocení kontaminované oblasti
- Návrh vhodného sanačního postupu
- Příprava technologického zázemí pro sanační zásah
- Laboratorní testy účinnosti nZVI a zhodnocení jeho použití na lokalitě
- Zajištění dodávky vhodného typu nZVI
- Monitoring sanačního zásahu

## Informace pro návrh technologie

- Typ, rozsah a stupeň kontaminace
- Požadované cílové limity sanace
- Geologické a hydrogeologické podmínky lokality
- Prostorová omezení na lokalitě (stavby, inženýrské sítě, zařízení)
- Výrobní, provozní a další omezení vyplývající z charakteru lokality
- Požadovaný časový rámec sanace



Zjednocené aplikační schéma (metoda Direct push)

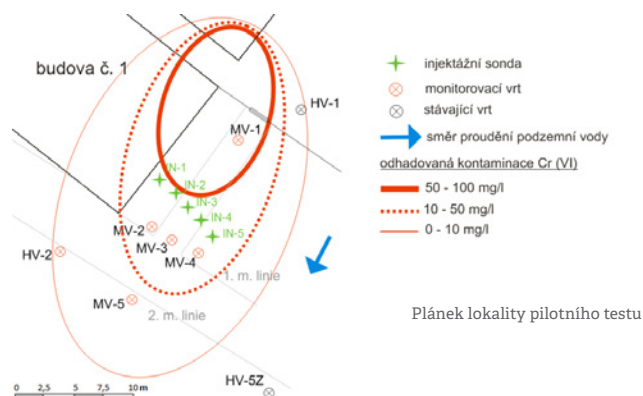
## REFERENČNÍ PROJEKT

Demonstrační projekt aplikace povrchově modifikovaných nanočástic železa do horninového prostředí byl realizován v průmyslovém areálu kontaminovaném šestimocným chromem. Zjištěná koncentrace rozpuštěné formy Cr(VI) v podzemní vodě dosahovala hodnot až 60 mg/l; sekundární kontaminace chlorovanými uhlovodíky (převážně TCE) se pohybovala v úrovni do 10 mg/l.

Hydrogeologický kolektor byl tvořen kvartérními fluvialními písčity až hlinitopísčity štěrky (koeficient filtrace v řádu  $10^{-4}$  m/s) s jílovými polohami s funkcí izolátoru. Suspenze určená k injektáži byla připravena z práškového nZVI s povrchovou stabilizací (komerční název NANO FER STAR, výrobce NANO IRON, ČR), se kterým lze snadněji manipulovat (přeprava, skladování, příprava suspenze) v porovnání s jinými formami nZVI.

Vlastní aplikace připravené suspenze do horninového prostředí byla provedena přímou injektáží do nevystrojených půdních sond hloubených metodou „Direct push“. Bezprostředně po aplikaci nZVI došlo ke skokovému snížení koncentrace Cr(VI) a ClU až na hranici detekce.

Přestože se s určitým časovým odstupem od injektáže nZVI projevil tzv. „Rebounding effect“ (opětovný nárůst úrovně znečištění v důsledku uvolňování kontaminantů sorbovaných v zemině), byla následným monitoringem potvrzena účinnost této sanační metody v úrovni cca 90 %.



Plánek lokality pilotního testu