

S-Micro ZVI[®]

Sulfidated Zero-Valent Iron

Istruzioni per l'applicazione



Tabella riassuntiva applicazione S-MicroZVI

La tabella seguente è una guida di riferimento rapido che fornisce solo le informazioni più rilevanti. Si prega di esaminare attentamente l'intero documento, oltre alla scheda di dati di sicurezza del prodotto prima di qualsiasi applicazione. Si prega di contattare il supporto tecnico di REGENESIS per ulteriore assistenza.

Metodi di applicazione possibili	Direct push; In pozzo; In postazioni fisse valvolate Raramente può essere applicato in scavo
Fattore di diluizione tipico	10% (esatto fattore di diluizione da discutere con REGENESIS) 1 kg di S-MicroZVI concentrato in 10 litri di acqua
Attività di miscelazione	Omogeneizzare prodotto concentrato prima di trasferirlo Trasferire prodotto concentrato nella vasca già piena d'acqua
Attività di miscelazione – co-applicazione con 3-D Microemulsion (3DME)	Usare il fattore di diluizione previsto per il 3DME Prima miscelare e omogeneizzare 3DME con acqua Aggiungere S-MicroZVI alla soluzione 3DME già formata
Pompa di iniezione raccomandata	Pompa a membrana
Pressione di iniezione raccomandata	Iniezione a pressione bassa. Tipicamente 1-4 bar NON esercitare una pressione eccessiva sulla matrice del sottosuolo e NON fratturarla Regolare la pressione utilizzando il regolatore di pressione Prendere nota della pressione e della portata per ogni step
Iniezione direct push	Utilizzare una punta retrattile; evitare punta attivata a pressione Tipici step di iniezione ogni 30-60 cm Definire in campo se utilizzare sequenza top-down o bottom-up
Applicazione in pozzo	Iniezione a bassa pressione; NON alimentare per gravità Utilizzare packer singolo o doppio Lavare bene con acqua pulita dopo l'applicazione
Applicazione in postazioni fisse valvolate	Attendere la maturazione del cemento delle postazioni prima di effettuare iniezioni (almeno 2-4 settimane). Utilizzare un doppio packer gonfiabile per isolare singoli gruppi di valvole
Applicazione in scavo	Miscelare con acqua prima dell'applicazione (fattore di diluizione da discutere con REGENESIS) Posizionare sul fondo dello scavo (con benna o a spruzzo) Miscelare accuratamente con il suolo di fondo scavo con un escavatore, per favorire il contatto
Ulteriori raccomandazioni	Lavare e pulire sempre attrezzatura con acqua pulita Sigillare i punti di iniezione direct-push dopo l'iniezione NON utilizzare P&T o altre attività che potrebbero disturbare le acque sotterranee nell'area circostante durante e dopo l'iniezione
Monitoraggio raccomandato	Frequenza di monitoraggio tipicamente da mensile a trimestrale. Durata tipicamente da 9 mesi a 2 anni Parametri: contaminanti di interesse. Parametri aggiuntivi a supporto: O ₂ , redox, pH, conducibilità elettrica, Fe, Mn, nitrati, solfati, eventuali sottoprodotti di degradazione (Fe & Mn devono essere filtrati e acidificati in campo)

S-Micro Zero Valent Iron®

S-Micro Zero Valent Iron® (S-MicroZVI), è un prodotto avanzato a base di ferro zero-valente (ZVI) con la capacità di effettuare la riduzione chimica in situ (ISCR) dei contaminanti all'interno dell'ambiente sotterraneo. S-MicroZVI viene fornito come sospensione colloidale di **40%** in peso di ZVI immersa in glicerolo, e con una dimensione delle particelle inferiore a 5 micron. S-MicroZVI è prodotto utilizzando un processo di solfurazione all'avanguardia che porta a un rivestimento delle particelle che aumenta l'attivazione verso contaminanti specifici ed estende la longevità del processo.

La Scheda di Sicurezza (SDS) del S-MicroZVI è fornita in concomitanza con ogni spedizione di materiale; questa deve essere letta attentamente e compresa dall'utente, in modo da assicurare che S-MicroZVI sia maneggiato e conservato in modo appropriato, e siano utilizzati DPI appropriati. Si presume che l'utente sia adeguatamente formato e competente in materia e che abbia effettuato una valutazione completa e specifica sui rischi per la salute, la sicurezza e l'ambiente per i lavori che si intendono realizzare.

Attività pre-applicazione

S-MicroZVI viene solitamente confezionato in fusti da 227 kg; il materiale viene generalmente consegnato su pallet (4 fusti per pallet) tramite un veicolo pesante. Si prega di discutere con REGENESIS eventuali limitazioni di accesso all'area di consegna, in modo che venga utilizzato un veicolo di dimensioni appropriate.

Prima dell'applicazione di S-MicroZVI, si raccomanda di completare un test di iniezione preliminare nella zona di iniezione utilizzando acqua pulita. Questa procedura è utile per determinare la quantità di liquido che la zona di trattamento è in grado di accettare e fornirà preziose informazioni sulla portata e sulla pressione da utilizzare durante l'applicazione del prodotto. Si raccomanda che il volume del test di iniezione dell'acqua sia compreso tra il 15% e il 20% in più del volume previsto per il singolo punto di iniezione, ad es. se il progetto specifica un volume di S-MicroZVI di 1000 litri per punto, l'iniezione di prova dell'acqua dovrebbe mirare ad iniettare 1150-1200 litri. Generalmente si considera idonea una pompa in grado di erogare fino a 30-50 litri/minuto e fino a una pressione di circa 6-8 bar. La prova di iniezione deve essere realizzata con le medesime modalità di applicazione previste per i reagenti.

Miscelazione

S-MicroZVI viene spedito in forma di sospensione colloidale concentrata. Questa deve essere accuratamente mescolata all'interno del contenitore originario prima della sua diluizione. Se fornito in fusti, si consiglia di utilizzare un miscelatore a paletta manuale per mescolare il prodotto. E' inoltre necessario assicurarsi che il miscelatore entri in contatto con il fondo del contenitore per recuperare e mettere adeguatamente in movimento qualsiasi eventuale sedimentazione; questo è particolarmente consigliato in condizioni di clima freddo.

S-MicroZVI deve essere applicato solo dopo diluizione con acqua. In tale forma consente una distribuzione ottimale del composto nella porzione di acquifero oggetto di intervento a partire dai punti di iniezione. Ciò significa poter effettuare un numero minimo di punti di iniezione per realizzare l'intervento, riducendo tempi e costi. La produzione di miscela S-MicroZVI pronta per l'iniezione generalmente comporta la miscelazione volumetrica in campo di 10 litri di acqua con 1 kg di S-MicroZVI concentrato¹.

Il dosaggio di S-MicroZVI, la percentuale di diluizione raccomandata e il numero di punti di iniezione raccomandati potranno in ogni modo essere valutati da REGENESIS in fase di dimensionamento. S-MicroZVI deve essere miscelato in una vasca di dimensioni adeguate, preferibilmente a fondo conico o piatto per favorire la miscelazione. La miscelazione può essere ottenuta utilizzando una pompa ad alto flusso tramite ricircolo o meccanicamente utilizzando un mixer provvisto di pale. Si raccomanda di procedere secondo il seguente ordine:

1. Aggiungere il volume d'acqua previsto alla vasca di miscelazione.
2. Attivare il meccanismo di miscelazione prescelto prima di aggiungere S-MicroZVI concentrato.
3. S-MicroZVI concentrato è una miscela relativamente densa, specialmente a basse temperature, e per il trasferimento del prodotto dal fusto alla vasca di miscelazione è consigliata una pompa "tira-fusti" o simile in grado di trasferire sostanze dense. Si sconsiglia di aggiungere acqua al S-MicroZVI concentrato, in quanto ne può risultare una miscela instabile più difficile da pompare.
4. Una volta che la quantità prevista di prodotto concentrato è stata aggiunta, miscelare vigorosamente fino ad omogeneizzazione. È necessaria una miscelazione delicata continua durante l'attività di iniezione per evitare la sedimentazione. Si sconsiglia di fare affidamento solo sul ricircolo per miscelare il prodotto, sebbene questo metodo possa coadiuvare il processo di miscelazione.

A seconda del livello della vasca di miscelazione, S-MicroZVI miscelato nel serbatoio di miscelazione può rifluire nei contenitori del S-MicroZVI concentrato. Ciò può essere evitato installando valvole a farfalla sul tubo di alimentazione o rimuovendo il tubo di alimentazione dalla vasca di miscelazione dopo aver aggiunto S-MicroZVI.

¹ Si faccia attenzione che S-MicroZVI ha una densità superiore a 1 kg/L



Fig. 1 Fusto con S-MicroZVI concentrato e pompa tirafusti.



Fig. 2 Vasca di miscelazione con S-MicroZVI.

Co-applicazione con 3-D Microemulsion (3DME)

S-MicroZVI può essere miscelato e applicato con 3DME. In tal caso, REGENESIS raccomanda di diluire 3DME con acqua secondo quanto indicato nelle istruzioni per l'applicazione di 3DME prima di aggiungere S-MicroZVI alla miscela 3DME già formata. Una volta che il 3DME è ben miscelato con acqua a formare una microemulsione diluita, è possibile aggiungere S-MicroZVI ottenendo una miscela grigio chiaro (la tonalità esatta dipende dalle proporzioni di entrambi i prodotti). Come nel caso di miscelazione di solo S-MicroZVI, la miscelazione deve essere mantenuta durante tutto il processo di iniezione e REGENESIS raccomanda di utilizzare acqua pulita per pulire il sistema e i pozzi dopo ogni punto di iniezione o alla fine della giornata lavorativa.

In alcuni casi, può formarsi un piccolo strato di schiuma sulla parte superiore del prodotto combinato diluito. La miscelazione continua ridurrà il volume di schiuma e occorre prestare attenzione per evitare di iniettare tale schiuma, in quanto ciò introdurrà aria nella pompa, con il potenziale di causare danni meccanici.



Fig. 3 Aggiunta di S-MicroZVI nella vasca di miscelazione con miscela 3DME già formata

Applicazione direct push

Un tipico intervento S-MicroZVI richiede solo una campagna di applicazione. Non necessitando ri-applicazioni, laddove le condizioni geologiche lo consentono, il metodo direct-push è generalmente l'opzione di applicazione preferibile rispetto all'iniezione in postazioni fisse, in quanto consente di ridurre al minimo i costi di intervento.

Si consiglia l'uso di punte retrattili forate o fessurate piuttosto che punte attivate a pressione, in quanto queste permettono una maggiore facilità di iniezione e una migliore distribuzione del reagente rispetto alla punta attivata a pressione. Le aste di iniezione devono essere spinte fino alla profondità di iniezione dello specifico step e in seguito va iniettata la miscela avendo cura di verificare che le pressioni non aumentino in modo eccessivo (si consiglia di non superare i 4 bar) e regolando le portate di conseguenza; sarà necessario tenere nota di tutte le portate e le pressioni utilizzate in ogni singolo step di iniezione. Al termine dell'iniezione nello step, occorre spostare le aste di iniezione e quindi proseguire con le iniezioni nello step successivo, fino al termine delle iniezioni previste per il singolo punto. Una volta che il volume di prodotto previsto è stato applicato uniformemente sullo spessore di interesse, è necessario iniettare una limitata quantità di acqua pulita per lavare pompa, tubazioni flessibili ad alta pressione e punta di iniezione e per consentire che tutto il prodotto entri nello strato di interesse.

Una volta che l'iniezione in un punto è stata completata il foro deve essere sigillato con bentonite o cemento. Lo scopo di tale attività è sigillare qualsiasi potenziale percorso preferenziale del prodotto e/o delle acque di falda verso la superficie. Se l'applicazione di S-MicroZVI si basa su una configurazione a griglia di punti, l'applicazione dovrebbe essere eseguita lavorando sistematicamente dall'esterno verso il centro dell'area di iniezione per ridurre al minimo la sovrappressione locale delle acque di falda. Ove possibile, dovrebbe essere mantenuta una distanza adeguata tra le postazioni di iniezione consecutive per evitare di sovraccaricare la formazione con il prodotto iniettato (ad es. iniettare in un punto ogni 3 punti della barriera o saltare almeno 1-2 punti in una configurazione a griglia). Una pompa a membrana, in grado di produrre un flusso compreso nell'intervallo di 10-40 L/minuto e 2-6 bar di pressione è ideale per l'applicazione di S-MicroZVI.



Fig. 4: Punta retrattile forata (sinistra) e punta forata per iniezione top-down (destra) © esp-shop.com



Fig. 5: Punta attivata a pressione

Applicazione in pozzo

S-MicroZVI può essere iniettato tramite pozzi di iniezione fissi nei casi in cui il metodo direct-push non è considerato realizzabile o conveniente.

Si raccomanda che in linea generale i pozzi di iniezione siano in HDPE con diametro ≥ 50 mm, con una dimensione delle fenestrature compresa tra 0,5 e 1,0 mm e con tratto fenestrato posizionato esattamente in corrispondenza del livello di trattamento. Ove possibile, la sigillatura del pozzo lungo il tratto cieco dovrebbe essere costituita da minimo 300 mm di bentonite in pellet, sopra la quale applicare una miscela di sabbia e cemento per sigillare fino alla superficie. Prima dell'iniezione di qualsiasi reagente, si raccomanda che i pozzi di iniezione siano spurgati dalle particelle fini presenti.

S-MicroZVI deve essere iniettato in pressione. Si raccomanda l'utilizzo di packer singoli o doppi al fine di mettere in pressione la postazione.

Quando si inietta il prodotto, i pozzi di iniezione e i piezometri di monitoraggio limitrofi devono essere chiusi ermeticamente o, in alternativa, dotati di un misuratore di pressione e di una valvola di sicurezza. Ciò riduce il potenziale di cortocircuitare il prodotto in superficie. Dopo l'iniezione, si deve applicare acqua pulita nel pozzo mediante pompa, per lavare l'attrezzatura utilizzata, le tubazioni flessibili e il pozzo stesso, e far sì che tutto il prodotto entri nella formazione di interesse.



Fig. 6: Packer singolo (sinistra) (© italswiss.com)
e packer doppio (destra) (© desoi.it)

Miscelazione e applicazione in postazioni fisse valvolate

Le iniezioni di S-MicroZVI possono essere realizzate anche mediante postazioni di iniezione multi-livello realizzate ad hoc che permettano di iniettare nel sottosuolo mediante valvole di iniezione e non fenestrature. Esse sono costituite da tubi ciechi attrezzati con specifiche valvole per iniezione posizionate lungo il tratto di interesse; l'intercapedine tra la tubazione e il diametro esterno di perforazione viene riempita mediante miscele sigillanti in modo tale da non creare vie di migrazione preferenziale dei prodotti durante le fasi di iniezione.

Preparata la miscela, le iniezioni vengono eseguite ad intervalli regolari di profondità isolati mediante packer gonfiabili doppi. Generalmente si raccomanda di isolare tratti di iniezione di lunghezza non superiore a 1.5-2 m; si raccomanda di contattare i tecnici REGENESIS per definire questo parametro prima dell'inizio delle attività. Al termine delle operazioni la postazione di iniezione deve essere accuratamente pulita mediante iniezione di acqua pulita al fine di eliminare qualsiasi residuo di miscela che potrebbe incrostare la tubazione e rendere difficoltose future eventuali iniezioni successive.



Fig. 7: Tubazioni per postazione fissa valvolata (sinistra) e doppi packer per iniezione in postazione fissa valvolata (destra)

Ulteriori considerazioni e accorgimenti

È conoscenza diffusa che qualsiasi tecnologia in situ basata sulla riduzione chimica ha la potenzialità di modificare temporaneamente le condizioni redox delle acque di falda in cui viene applicata, e pertanto possono essere attese alterazioni temporanee delle concentrazioni di metalli e metalloidi redox-sensibili (ad esempio Fe, Mn, As).

In caso di applicazione del prodotto in pozzo (esistente o di nuova realizzazione), oppure in caso di

applicazione in posizione prossima a un piezometro di monitoraggio, può verificarsi un accumulo indesiderato di prodotto all'interno della tubazione e/o nel dreno del pozzo, che potrebbe generare condizioni fisico/chimiche anomale rispetto all'acquifero esterno e/o intasare il pozzo stesso.

In tal caso è opportuno tenere in considerazione che all'interno del pozzo la presenza di un ambiente artificiale (non tamponato) e di una massa significativa di prodotto accumulata potrebbe far alterare localmente le condizioni fisico chimiche, DO, pH e ORP in particolare, in misura differente da quanto avviene all'interno dell'acquifero. Ciò può quindi portare a reazioni redox all'interno del pozzo (es. variazione delle concentrazioni di metalli sensibili all'equilibrio pH/ORP). In tale situazione, l'effetto è limitato al solo interno dei pozzi (sistemi non tamponati) e non avviene nell'acquifero oggetto di trattamento (sistema tamponato). Ne segue che piezometri/pozzi che subiscono un accumulo di prodotto durante l'iniezione possono diventare non più pienamente rappresentativi dello stato dell'acquifero relativamente ad alcuni parametri e composti e pertanto non dovrebbero essere più considerati come possibili postazioni di monitoraggio.

È da tenere in considerazione che in ogni modo la perdita di rappresentatività dei pozzi/piezometri è da considerarsi di carattere momentaneo e legata al profilo di rilascio del prodotto; al termine del rilascio è possibile tornare a considerare le postazioni rappresentative dell'acquifero.

A tale scopo si raccomanda sempre, in caso di applicazione in pozzo, di pulire adeguatamente e accuratamente la postazione al termine di ogni attività di iniezione applicando acqua pulita in pressione oppure operando un'estrazione forzata del prodotto in eccesso in caso di accumulo significativo; tale accorgimento può ridurre la presenza di residui all'interno del pozzo, anche se plausibilmente non si otterrà una rimozione totale.

Si evidenzia in qualsiasi caso che in linea generale non è raccomandabile utilizzare postazioni di monitoraggio come pozzi di iniezione, in quanto si verifica perdita di rappresentatività.