

Air Sparging: tecnologia di bonifica in situ

Michele Della Pepa¹

¹Tecnologie per l'ambiente

Abstract

L'air sparging è una tecnica di bonifica che rientra nelle tecnologie di ventilazione del suolo, si applica in situ ed interessa la zona satura del terreno. Viene utilizzata per la rimozione dei composti organici volatili. Il principio di funzionamento si basa sull'iniezione di aria nella zona satura, al di sotto della zona contaminata, in maniera tale da mobilitare i composti volatili che vengono poi intercettati nella zona parzialmente satura attraverso dei sistemi di Soil Vapor Extraction. Obiettivo del lavoro in presentazione è quello di mettere in evidenza le caratteristiche dell'air sparging prendendo a riferimento un'applicazione a scala reale di tale tecnologia.

Tecnica di bonifica in situ: Air Sparging

L'air sparging è una tecnica utilizzata *in situ* per la bonifica dei terreni e delle falde acquifere contaminate da idrocarburi, tipicamente in fase liquida, mediante l'immissione d'aria in pressione su pozzi trivellati nella zona contaminata. L'aria viene iniettata nella zona satura, al di sotto della zona contaminata, in maniera tale da mobilitare i composti volatili che vengono poi intercettati nella zona parzialmente satura attraverso dei sistemi di Soil Vapor Extraction. Le correnti esauste così intercettate, vengono convogliate e avviate ai sistemi di trattamento prima dell'immissione in atmosfera. L'air sparging si applica generalmente ai costituenti del gasolio più leggeri (BTEX), perché passano prontamente dalla fase disciolta a quella gassosa ^{1,2,3,4}

L'applicabilità del processo è legata alla permeabilità del sottosuolo, che influenza la diffusione dell'aria e la partizione tra fase vapore e fase disciolta che regola la distribuzione del contaminante e fornisce un'indicazione sulla tendenza di quel contaminante a rimanere presente in fase disciolta piuttosto che a passare in fase vapore. All'aumentare della permeabilità e all'aumentare della partizione aumentano le possibilità di un'efficace applicazione di questa tecnologia.

Altro parametro che influenza l'efficacia dell'air sparging è la concentrazione di ferro in falda, in quanto il ferro disciolto viene ossidato e può formare dei precipitati che vanno a ridurre la permeabilità. In genere, concentrazioni di ferro bivalente inferiore a mg/l non creano questi problemi, all'aumentare della concentrazione, l'efficacia dell'Air Sparging si riduce con rese praticamente nulle per valori della concentrazione di ferro disciolto maggiori di 20 mg/l.

Fondamentali sono anche i parametri relativi ai contaminanti da trattare, in particolare si dovrà tenere conto della costante di Henry ($> 100 \text{ atm}$), pressione di vapore ($> 0.5 \text{ mmHG}$), punto di ebollizione ($< 200 - 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Passando alla fase di progetto, i parametri da valutare sono: 1) raggio d'influenza, nel momento in cui viene iniettata aria nella zona parzialmente satura, l'iniezione di aria determina un raggio di influenza sia nella zona satura che nella zona parzialmente satura, 2) portata d'aria e pressione di iniezione, determinate attraverso delle prove a scala pilota, in genere l'ordine di grandezza della portata del pozzo è tra 1 e 10 l/s; mentre per la pressione di iniezione essa sarà contenuta in un range che è funzione delle caratteristiche del terreno 3) orientamento e caratteristiche dei pozzi, i quali possono avere due configurazioni, una verticale, se l'area d'intervento è a profondità maggiore di 7 metri, oppure una configurazione orizzontale per falde superficiali e aree contaminate delimitate da specifiche unità stratigrafiche ⁵. Un ruolo fondamentale è rappresentato anche dal monitoraggio dei parametri misurati nel suolo come la concentrazione di ossigeno disciolto o di anidride carbonica, inoltre studi più recenti hanno permesso di valutare l'attività dell'air sparging tramite elementi già presenti nel sottosuolo (gas Radon) facilitando il processo di controllo post messa in opera ⁶.

Bonifica di un acquifero contaminato

Si vuole ora prendere in considerazione un'applicazione a scala reale della tecnica dell'air sparging. Il riferimento, quindi, è uno studio svolto nel 2005 ⁷. Gli obiettivi di tale studio sono stati: valutare la risposta delle acque sotterranee all'inserimento dell'aria, sviluppare un metodo per definire una frequenza di pulsazione ottimale di immissione di aria, questo passaggio è stato fondamentale per superare problemi legati alle caratteristiche del sottosuolo, infine si è valutata la massa di idrocarburi volatilizzati e biodegradati durante l'applicazione degli impulsi e si sono confrontati tali risultati con quelli ottenuti con la configurazione in continuo.

Le indagini ambientali partite nel 1995, al seguito della dismissione di un pozzo d'estrazione (fig. 1), hanno determinato la zona da trattare com-

pendente un acquifero superficiale che si estende dai 4.6 ai 9.1 metri di profondità.



Figure 1: Pozzo di estrazione

Inizialmente furono installati 22 pozzi per il monitoraggio e in seguito nel 2001, se ne sono aggiunti altri 32 che costituiscono il complesso dell'impianto di air sparging.

Il sistema di sparging ha funzionato in modalità "continua" dal maggio 2001 al settembre 2003, iniettando 113 L/min di aria in ogni pozzo. Le analisi delle acque di falda, raccolte in questo periodo, dimostrarono che i valori di concentrazione di BTEX erano ai livelli di pre-avvio dell'impianto (benzene 0.005 mg/l, toluene 0.790 mg/L, ethylbenzene 0.074 mg/L, and xylenes 0.280 mg/L) e anche i dati raccolti dai 5 punti di monitoraggio testimoniavano che i valori di concentrazione di BTEX non erano diminuiti, il sistema di air sparging in continuo non era efficace.

Nel settembre 2003, quindi, fu spento il sistema per 24 ore, e furono raccolti dati fin quando l'aria intrappolata nella zona satura non fuoriuscì del tutto. Trascorse le 24 ore si riattivò l'iniezione di aria nel sottosuolo fino al raggiungimento delle condizioni stazionarie, determinate misurando le pressioni nella falda, la concentrazione di ossigeno disciolto e di idrocarburi nel soil vapor. Raggiunte queste condizioni si scelse una frequenza di pulsazione e lo sparging fu riavviato, effettuando misure sui campioni a 2, 8 e 12 mesi.

Gli effetti della nuova configurazione furono ben presto riscontrabili. La maggiore volatilizzazione degli idrocarburi garantita dal sistema pulsante, ebbe come conseguenza la riduzione della concentrazione dei composti inquinanti; anche il contenuto di ossigeno disciolto beneficiò di questa nuova configurazione favorendo l'attività di rimozione biologica, testimoniata dalla crescita della concentrazione di anidride carbonica. L'efficienza di rimozione degli idrocarburi triplicò raggiungendo i 0.58 kg/d per ogni pozzo.

Conclusioni

Lo studio, quindi è riuscito a dimostrare che la configurazione con aria pulsata ha favorito la creazione di condizioni di non-equilibrio, migliorando il flusso d'aria in falda, il trasporto chimico di massa e la rimozione di idrocarburi, inoltre, non meno importante si è stimato un risparmio del 30% sui costi energetici di funzionamento dell'impianto.

In conclusione, si possono riassumere i vantaggi dell'air sparging, evidenziando che questa è una tecnologia di facile installazione e che crea minimi disturbi al sito, è competitiva economicamente e facilmente combinabile con altre attività di bonifica, i punti deboli sono invece legati alle caratteristiche e alle peculiarità dei terreni da trattare.

References

1. Evaluation of air sparging and vadose zone aeration for remediation of iron and manganese-impacted groundwater at a closed municipal landfill. *Science of The Total Environment* **485-486**, 31–40 (2014).
2. Leeson, P. C. J. R. J. C. L. B. A. Advances in in situ air sparging/biosparging.. *Bioremediation Journal* **5**, (2001).
3. *Engineering and Design: In Situ Air Sparging*.
4. C. J. Bruell, H. H. H., M. C. Marley. American petroleum institute in situ air sparging database. *Journal of Soil Contamination* **6**, 169–185 (1997).
5. Suthersan, S. S. *Remediation Engineering: Design Concepts*. (CRC press LLC, 1999).
6. Using radon-222 as indicator for the evaluation of the efficiency of groundwater remediation by in situ air sparging. *Journal of Environmental Radioactivity* **102**, 193–199 (2011).
7. Field Study of Pulsed Air Sparging for Remediation of Petroleum Hydrocarbon Contaminated Soil and Groundwater. *Environmental Science & Technology* **39**, 7279–7286 (2005).