

Titolo della tesi: Studio dei processi di retrodiffusione in acque di falda da zone a bassa permeabilità (Sperimentale)

Tipo di Laurea: Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Sessione di Laurea: Gennaio

Anno accademico: 2014/2015

Nome Candidato: Gianmarco Ciotoli

Matricola: 1388072

Relatore: Prof. Viotti

Correlatori: Ing. Paolo Roberto di Palma

Ing. Fabio Tatti

SSD Relatore: ICAR/03

Tra i trattamenti di bonifica più frequentemente utilizzati si inserisce quello del "Pump and Treat" che prevede il pompaggio di acque di falda inquinate, il successivo trattamento ed infine l'eventuale reimmissione delle acque in corpo idrico superficiale o nella falda stessa. L'efficacia di questo tipo di trattamento è limitata dall'eterogeneità della geologia del sito contaminato. Sono molti i casi in cui, rimosso l'inquinante dalla falda, si è assistito ad un ritorno del contaminante nelle acque, proveniente proprio da formazioni geologiche (lenti, strati) a bassa permeabilità presenti nell'acquifero.

Lo scopo della tesi è stato quello di studiare questo tipo di sorgenti secondarie di contaminazione, il cui comportamento è strettamente legato al fenomeno della retrodiffusione, ovvero la diffusione da zone a bassa permeabilità verso l'acquifero. Per simulare le condizioni in un acquifero, sono state eseguite due prove sperimentali in una vasca riempita di sabbia con la presenza di tre lenti di materiale a grana più fine, ed utilizzando la fluoresceina, un tracciante fluorescente non reattivo, per studiare il rilascio di massa dalle lenti. Le due prove si differenziano per la velocità di flussaggio essendo la prima di 5 m/d e la seconda di 20 m/d.

Il metodo scelto per studiare le variazioni di concentrazione di tracciante è stato quello dell'analisi d'immagine per mezzo del software ImagePro plus, un metodo innovativo e a basso costo che permette facilmente di associare ad un valore di intensità di colore di un pixel una concentrazione, passando prima per una fase di calibrazione. La calibrazione è stata necessaria proprio per ricavare quelle relazioni che legassero l'intensità di uno dei colori primari secondo il modello RGB (Red, Green e Blue) alla concentrazione di Fluoresceina.

Con l'analisi d'immagine si sono quindi determinati i flussi diffusivi giornalieri medi e anche gli andamenti della massa in uscita dalle lenti durante il flussaggio. È stato riscontrato che il flussaggio di acqua incide molto poco sulla massa di tracciante rilasciata dalla lente, essendo la diffusione a regolare il rilascio. Confrontando i dati relativi alle due prove è stato inoltre appurato che la velocità di flussaggio incide sul tasso di rimozione di massa rilasciata per

diffusione soltanto nei primi due giorni della prova, mentre nei giorni seguenti non si notano differenze. Le tre lenti hanno presentato comportamenti differenti: quelle a più alta permeabilità tendono a rilasciare un quantitativo di massa superiore durante la fase di flussaggio; sembra essere dunque la dimensione dei grani ad influenzare il processo. È stata determinata anche la massa di fluoresceina rilasciata dalle lenti nel periodo in cui veniva interrotto il flussaggio tra un giorno e l'altro, e con questo dato è stato calcolato il flusso diffusivo medio giornaliero dalle lenti a bassa permeabilità. È stato riscontrato che a permeabilità minori corrispondono flussi diffusivi giornalieri medi maggiori, flussi regolati dal gradiente di concentrazione.

L'analisi effettuata durante il flussaggio aveva già dimostrato che il gradiente di concentrazione all'interfaccia tra lente e sabbia fosse maggiore per le lenti a bassa permeabilità, un risultato completamente coerente con quello ottenuto dallo studio delle corone intorno alle lenti. Per convalidare i risultati ottenuti tramite analisi d'immagine è stato fatto un confronto, risultato positivo, dei dati con la soluzione analitica dell'equazione della diffusione, che è di tipo fickiano.

Infine è stato utilizzato un modello di tipo LBM (Lattice Boltzmann Methods), per simulare lo stesso processo di diffusione che è stato studiato sperimentalmente. Tali modelli si distinguono per la semplicità di implementazione e capacità di simulare processi di trasporto alla scala del poro, difficilmente implementabili con le tradizionali tecniche di fluidodinamica computazionale che ricorrono all'ipotesi del continuo.

Per poter validare tale modello è stato creato un dominio che fosse geometricamente simile all'assetto creato in vasca per la prova sperimentale (stesso rapporto tra i grani della lente e quelli della zona ad alta permeabilità, stesso rapporto dominio/diametro lente); è stata inoltre imposta una similitudine cinematica creando le stesse condizioni di flusso in vasca imponendo il numero di Reynolds $Re=1$. Essendo risultato assolutamente positivo il confronto tra i dati di concentrazione nella sezione di uscita dal dominio di calcolo e quelli ricavati sperimentalmente, sono state effettuate altre simulazioni numeriche che descrivessero condizioni difficilmente riproducibili con una prova sperimentale: coefficienti di diffusività elevati e velocità di flussaggio molto basse.

Tutti i metodi utilizzati nello studio del comportamento delle zone a bassa permeabilità presenti in acquifero hanno sottolineato l'importanza della diffusione nel rilascio di contaminante. È dunque su questo che bisogna focalizzarsi per trovare una metodologia efficace nella bonifica di falde caratterizzate da eterogeneità geologiche, più che sulla portata di estrazione delle pompe, strada finora percorsa. Un modello come quello applicato nel presente lavoro, aiuterebbe poi certamente fungendo da valido supporto a decisioni che hanno importanti conseguenze su società ed ambiente.