

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
“FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA

**INDAGINE SPERIMENTALE SUI PROCESSI DI SOIL FLUSHING
PER LA BONIFICA DI SUOLI CONTAMINATI DA CROMO TRIVALENTE**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Massimiliano Fabbricino

Correlatore

Ing. Marco Race

Candidato

Domenico Montanino

matr. M67/268

Anno Accademico 2015 – 2016

ABSTRACT

Il presente elaborato di tesi ha come obiettivo lo studio del processo di bonifica di un suolo contaminato da elevate concentrazioni di Cromo trivalente (Cr). Tale problematica è stata affrontata sia mediante un approccio di tipo sperimentale che mediante un approccio di tipo modellistico.

Per quanto concerne l'attività sperimentale alla base di questa trattazione, si è lavorato sulla tecnica del soil flushing a scala di laboratorio, al fine di estrarre, facendo uso di agenti estraenti convenzionali (acido solforico) ed alternativi (acido ossalico, acido malico, acido tartarico, acido lattico), il Cr dal terreno. D'altra parte, è stato implementato un modello matematico a partire dalle equazioni di convezione – dispersione (CDE), trattando il soil flushing come un fenomeno di desorbimento chimico.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\theta c_r + \rho_b s) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\theta D \frac{\partial c_r}{\partial x} - J_w c \right) - \theta \mu_l c_r - \rho_b \mu_s s + \theta \gamma_l(x) + \rho_b \gamma_s(x)$$

Dove:

- C_r è la concentrazione in fase liquida (ML^{-3})
- S è la concentrazione della fase adsorbita (MM^{-1})
- D è il coefficiente di dispersione L^2T^{-1}
- Θ è il contenuto d'acqua volumetrico (L^3L^{-3})
- J_w è la densità del flusso volumetrico (LT^{-1})
- ρ_b è la densità del bulk (ML^{-3})
- μ_l e μ_s sono i coefficienti di decadimento di primo ordine per la degradazione di un soluto rispettivamente in fase liquida ($ML^{-3}T^{-1}$) e adsorbita ($MM^{-1}T^{-1}$), con μ_s e $\mu_l > 0$
- x è la distanza
- t è il tempo

In primo luogo si sono confrontate le efficienze di rimozione del cromo rispetto al tempo e al volume dei pori (PV), quindi al volume di soluzione estraente, testando diversi valori della molarità (M) di quest'ultima.

Sostanzialmente a 0.1M, l'unica prova che fornisce buoni rendimenti nei primi 10-15 giorni è quella svolta con l'ausilio di acido malico. Tutte le altre restano ad efficienze nulle o quasi. Per quanto riguarda l'ossalico, nonostante esso abbia cominciato ad estrarre dopo molto tempo (da 25-30 PV), ha raggiunto una buona efficienza.

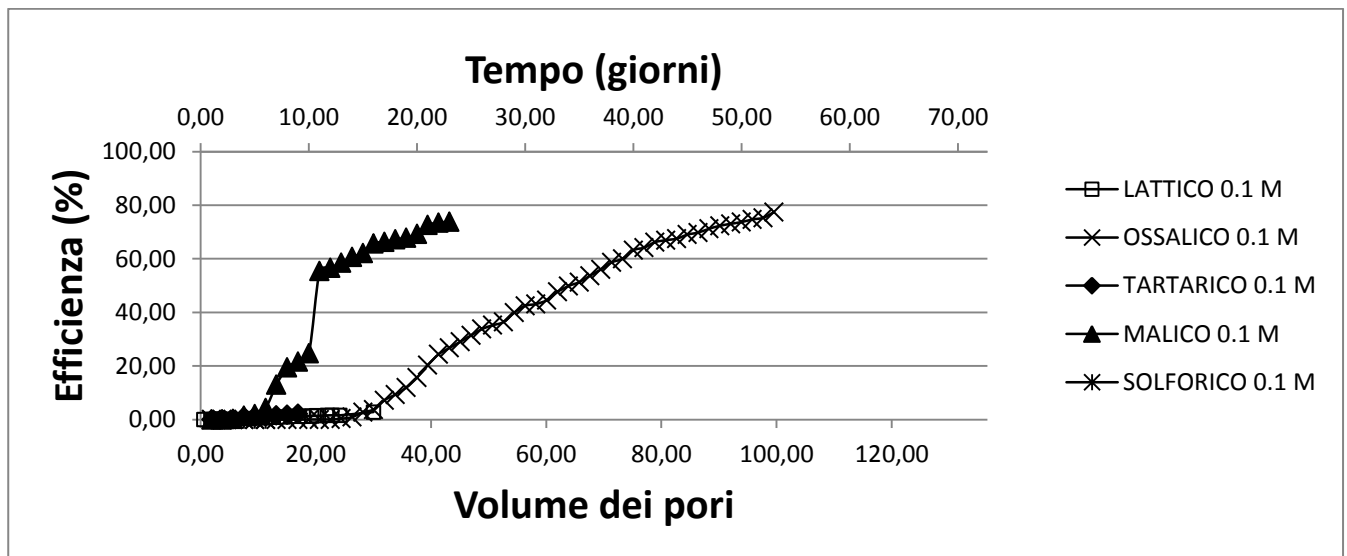


Figura 1: Efficienze estrattive del Cr fissata la concentrazione di agente estraente ad 0.1 M.

A concentrazione di 1 M, la prova con acido malico estrae, nei primi 5-7 giorni di prova, il 70% del Cr circa, l'acido lattico, a sua volta, procede più lentamente, mentre il tartarico presenta lo stesso fenomeno dell'ossalico a 0.1 M, cioè un'estrazione ritardata con un forte cambio di pendenza dopo i 15 giorni dall'inizio della prova. Il motivo di tale comportamento può essere attribuito alla non selettività degli acidi che nei primi giorni estraggono dal terreno tutt'altro, privandolo anche di sostanze nutritive. Infine a concentrazione 1 M l'acido solforico e quello ossalico presentano efficienze nulle o quasi, per intasamento delle colonne ad opera di sali di calcio, i quali creano una barriera che blocca il passaggio della soluzione fin da subito o poco dopo l'inizio della prova.

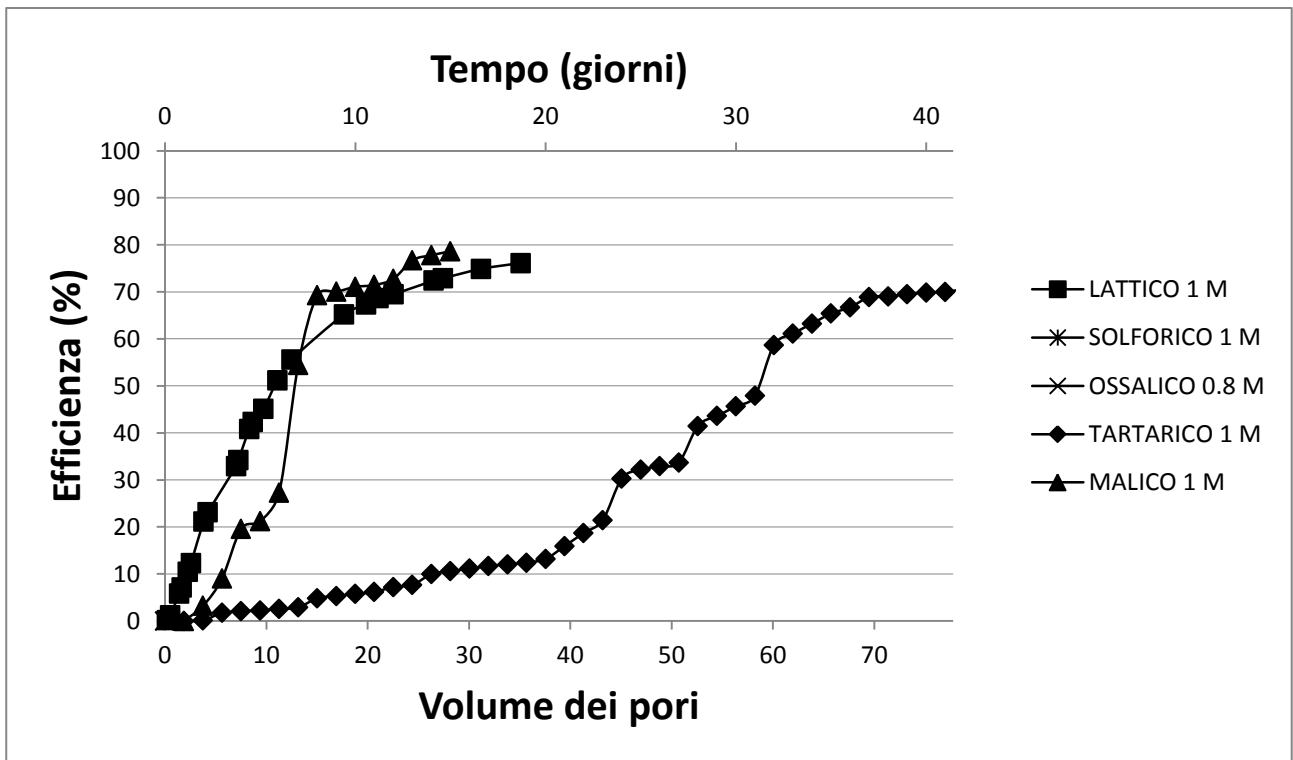


Figura 2: Efficienze estrattive del Cr fissata la concentrazione di agente estraente ad 1 M.

L'applicazione del modello ha dato risultati molto vicini a quelli ottenuti dall'attività sperimentale. In primis è stata effettuata un'ulteriore prova in colonna con bromuro, usato come tracciante, in quanto esso non adsorbe al suolo ed è, quindi, un indicatore per il calcolo di D, coefficiente di dispersione. La gaussiana in figura è il risultato della prova sperimentale poi fittata sul software di calcolo CXTFIT.

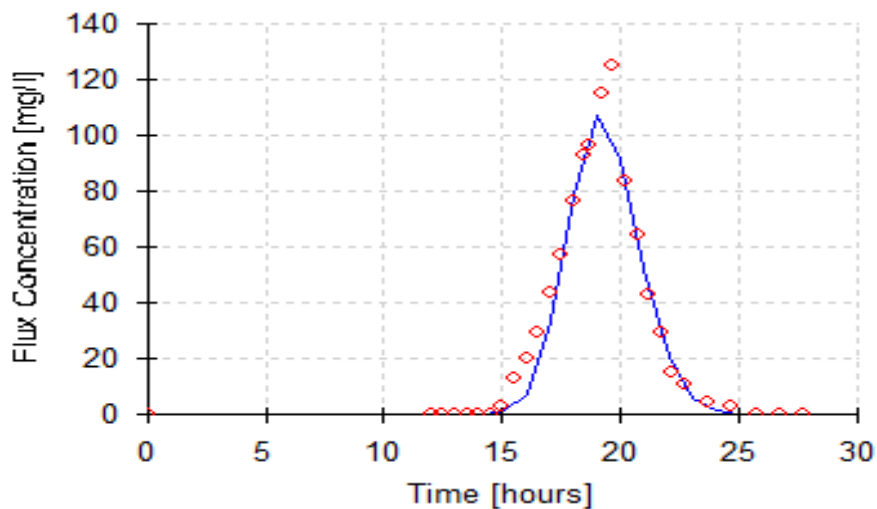


Figura 3: Curva delle Concentrazioni di bromuri utilizzata per il calcolo del coefficiente D.

Successivamente si è calcolata la velocità del processo di trasporto in colonna adoperando l'equazione di Darcy. Con questi dati di input e con le curve cumulate di concentrazioni nel tempo, il software ha restituito i parametri di calcolo ω , R e β , da cui sono stati determinati, attraverso l'utilizzo di una formula inversa, i parametri α e K_d .

Il modello proposto, così calibrato, è stato in grado di riprodurre i dati sperimentali con un ottimo grado di approssimazione, ottenendo valori del coefficiente R^2 molto vicino all'unità (0.98-0.99) in tutti i casi trattati.

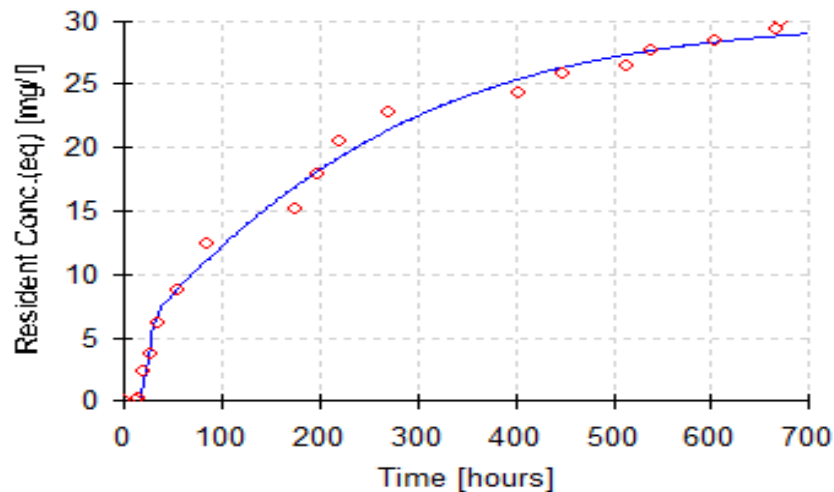


Figura 4: Cumulate delle concentrazioni di Cr estratto a confronto.