

*Università Degli Studi Di Napoli Federico II*



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE



STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY HOBOKEN  
DEPARTMENT OF CIVIL, ENVIRONMENTAL & OCEAN ENGINEERING

MASTER'S THESIS IN  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

*The adsorption of Pb(II) on different adsorbents  
and  
the DLM of Pb(II) onto TiO<sub>2</sub>*

*Supervisors*

*Prof. Massimiliano Fabbricino*

*Prof. Xiaoguang Meng*

*Prof. Valentina Prigiobbe*

*Co-Supervisor*

*Postdoc Qiantao Shi*

*Candidate*

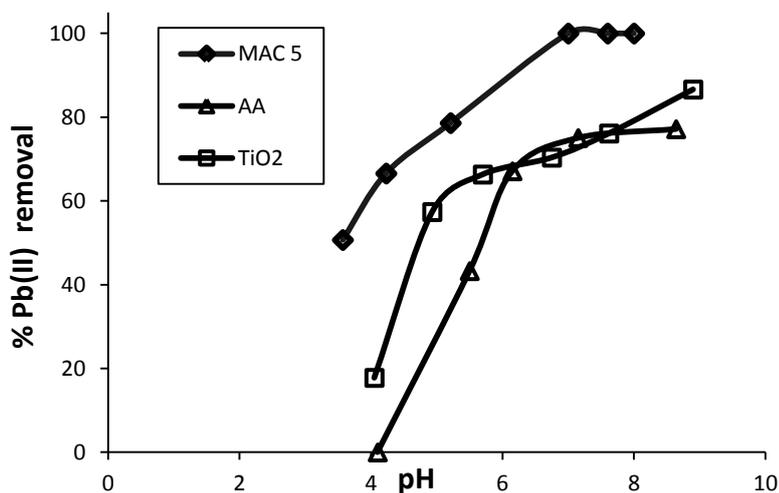
*Valentina Schettini*

*M67/275*

ACADEMIC YEAR 2016/2017

## Abstract

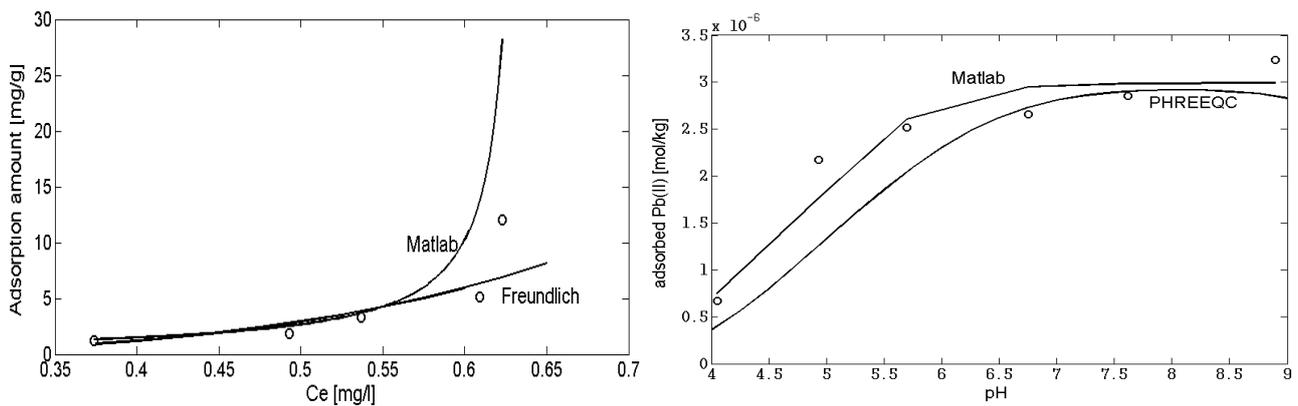
Oggetto del presente lavoro di tesi è stata la valutazione della capacità di diversi materiali sintetici nel rimuovere ioni di Pb(II) da soluzioni acquose attraverso il processo di adsorbimento. Negli esperimenti batch e in colonna sono stati adoperati adsorbenti nuovi, ottenuti dal processo di modifica dell'allumina attivata e del carbone attivo, e materiali commerciali quali l'AA (allumina attivata) e il TiO<sub>2</sub> (biossido di titanio). In particolare nel corso del lavoro è stato studiato come può influire la variazione di parametri fisico-chimici come il pH, il livello di dosaggio dell'adsorbente, la portata e la presenza di altri ioni sull'efficienza del processo. Dagli esperimenti batch è risultato che fra il MAC 5 (carbone attivo modificato), l'AA e il TiO<sub>2</sub> l'adsorbente che presenta la migliore efficienza di



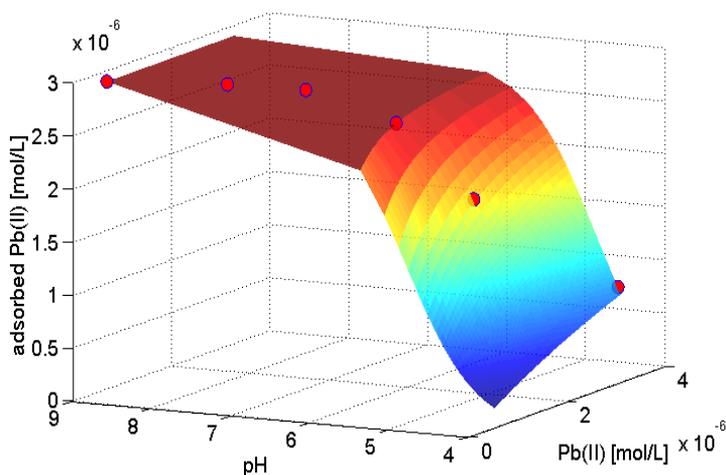
rimozione è il MAC 5. Anche dagli esperimenti in colonna, è stato osservato che il MAC 5 è l'ultimo materiale a raggiungere la condizione di breakthrough. Tali esiti hanno dimostrato l'efficienza del processo di modifica dei materiali commerciali.

La capacità del modello dello strato diffuso (DLM) di prevedere il processo di adsorbimento è stata confrontata con quella del modello empirico di Freundlich. Il DLM è un modello chimico che dà una descrizione molecolare del processo di adsorbimento basandosi su un approccio di equilibrio: considera le equazioni di equilibrio (protonazione, deprotonazione e con gli ioni di metallo), il bilancio dei siti e il bilancio di carica. I dati sperimentali, ottenuti dall'analisi dei campioni batch trattati con il TiO<sub>2</sub>, sono stati adoperati per verificare l'applicabilità dei modelli ed effettuare la calibrazione del DLM. La calibrazione ha richiesto la computazione di 4 parametri:  $K_1$ ,  $K_2$  e  $K_3$  (costanti di equilibrio intrinseche) e  $Z_t$  (concentrazione dei siti sulla superficie); i primi due sono stati dedotti da articoli scientifici (in particolare quelli di S. Goldberg, 1992), gli ultimi due sono stati stimati in questo lavoro. I software Matlab e PHREEQC sono stati adoperati per sviluppare l'isoterma del modello

dello strato diffuso; in particolare sono state acquisite due differenti isoterme in quanto il DLM di Dzombak e Morel, incorporato in PHREEQC, presenta delle varianti rispetto a quello tradizionale e inoltre nell'applicazione con Matlab è stata trascurata la carica elettrica. Nel codice scritto in Matlab è stata inclusa la funzione di ottimizzazione "Lsqnonlin" che ha fornito i valori di  $K_3$  e  $Z_t$  rispettivamente pari a 1.028 ( $\log K_3$ ) e  $3 \cdot 10^{-6}$  M. La capacità di prevedere l'adsorbimento del Pb(II) sul  $TiO_2$  da parte del modello dello strato diffuso è risultata più vicina alla realtà del processo rispetto al modello empirico che comunque si basa su molte semplificazioni.



La modellistica riguardante gli esperimenti in colonna ha previsto lo sviluppo del DLM attraverso il software PHREEQC e l'applicazione del Modello del Trasporto Reattivo. Il citato modello permette di calcolare, considerando l'isoterma di adsorbimento e le condizioni al contorno, il tempo che impiega l'inquinante per attraversare la colonna di adsorbente; il risultato molto vicino al tempo che un tracciante non reattivo impiega per fuoriuscire dalla colonna, dà indicazioni sull'effetto negativo che la condizione di flusso e l'acqua di rubinetto, applicate negli esperimenti in colonna, possono avere sull'efficienza dell'adsorbimento.



In conclusione si può affermare che gli obiettivi di dimostrare la migliore prestazione dei materiali modificati rispetto a quelli commerciali e la migliore capacità del DLM, rispetto al modello empirico, di rappresentare il processo di adsorbimento sono stati raggiunti.