

STUDIO SPERIMENTALE DELLA SEPARAZIONE MAGNETICA DEI MICROINQUINANTI DALLE ACQUE REFLUE

Giacomo Mariani, Massimo Fabbri, Pier Luigi Ribani, Francesco Negrini

Dipartimento di Ingegneria Elettrica
Università di Bologna
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna

Obiettivo dell'attività di ricerca è la validazione di un processo chimico-fisico per la rimozione ad elevata efficienza dei metalli pesanti, tramite l'additivazione dei reflui con polveri di ossido di ferro, in grado di fornire acque trattate caratterizzate da concentrazioni di microinquinanti prossimi ai livelli di back-ground ambientale. Al diminuire delle dimensioni delle particelle di additivo (particelle para- o ferro- magnetiche), grazie all'aumento della superficie specifica, migliorano le proprietà adsorbenti, mentre peggiorano le proprietà magnetiche. I processi di separazione e filtrazione magnetica sono generalmente basati sulla forza che agisce su di una particella magnetizzabile quando è immersa in un campo magnetico non uniforme. Tale forza è proporzionale sia al volume ed alla suscettività magnetica della particella, sia all'intensità del campo di induzione magnetica ed al suo gradiente. L'efficienza del processo di cattura dipende criticamente dalle proprietà adsorbenti dell'additivo, dal regime fluidodinamico nei meati dell'elemento filtrante e dalla struttura fine del campo magnetico.

L'efficacia del processo di separazione è stata valutata attraverso un dispositivo di laboratorio in cui un magnete permanente fornisce il campo magnetico esterno (circa 500 mT) e un circuito idraulico in cui scorre il flusso del fluido (acqua e polvere di ematite, di due differenti granulometrie indicate come #48100 e #48651 e centrate, rispettivamente, su 0.5 e 1 micron) con una portata di circa 0.15 L/sec. L'elemento filtrante, posto in un apposito canale trasparente all'interno del traferro, è costituito da filamenti ferromagnetici di diametro inferiore a 30 micron (lana di ferro) a sezione triangolare che, saturando in presenza del campo magnetico esterno, generano un elevato gradiente di campo nelle loro immediate prossimità. La concentrazione di ematite è stata rilevata in ingresso e in uscita dal filtro tramite due rilevatori costituiti da una coppia fotodiodo-fotoresistore. I risultati di tali misure su entrambe le polveri sono visibili nelle Figure 1 e 2, sia nel caso in cui si utilizzino uno o due elementi filtranti, in presenza o in assenza di campo. E' possibile notare che, a parità di condizioni, l'efficienza del filtro aumenta significativamente se è applicato il campo magnetico. Questo aumento è particolarmente marcato nel caso della più fine delle due polveri studiate (#48100) dato che la cattura meccanica risulta trascurabile.

L'efficienza del filtro, ricavata dai dati sperimentali tramite un codice numerico basato sul bilancio di massa del sistema, è confrontabile con i risultati ottenuti con un modello microscopico dell'interazione particelle - lana di ferro [1-2]. Il modello di calcolo sviluppato è in grado di simulare il moto delle particelle ed analizzare la loro interazione con i filamenti dell'elemento filtrante e con il campo magnetico. Data la differenza di ordini di grandezza tra le dimensioni micrometriche dei filamenti della lana che forma l'elemento filtrante, la cui geometria è incognita ed irregolare, e quelle macroscopiche del dispositivo, si è impostato uno studio statistico dell'interazione particella - filamenti su un volume di controllo al centro del filtro (cella), con condizioni di periodicità. Le soluzioni del problema magnetostatico e della fluidodinamica nella cella sono ottenute con un approccio integrale. L'analisi di una porzione piccola, ma statisticamente rappresentativa, del filtro elimina la necessità di modellare l'intero dispositivo su scala micrometrica, con oneri computazionali inaccettabili, e costituisce la base per l'analisi dell'efficienza del processo di filtrazione magnetica proposto.

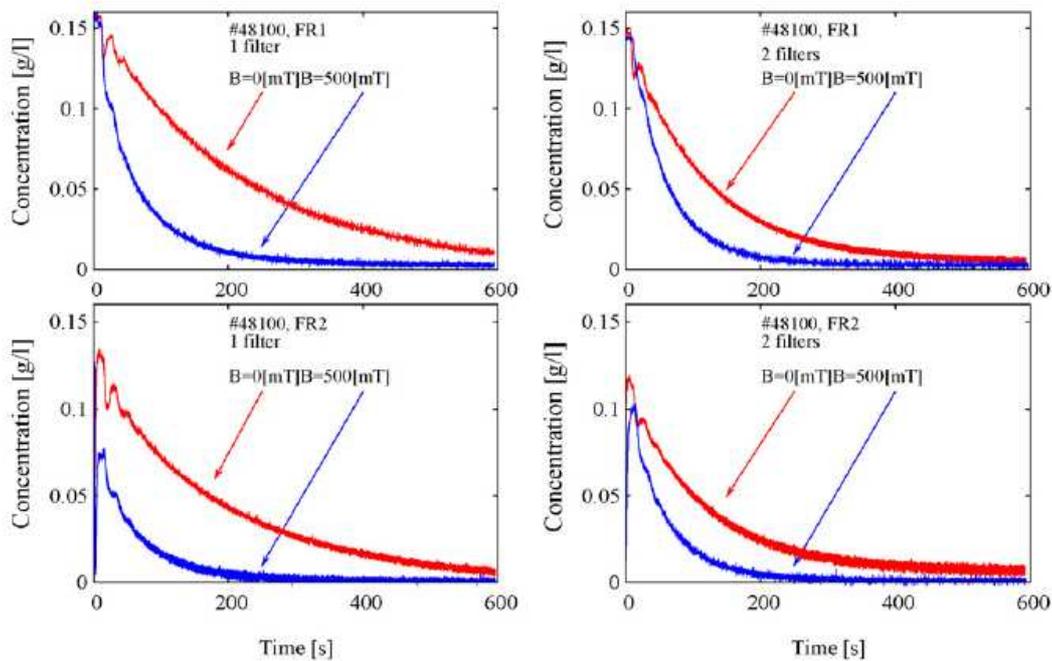


Figura 1. Concentrazione di ematite #48100 in ingresso (in alto) ed in uscita (in basso) in presenza di campo magnetico (in blu) e in sua assenza (in rosso). A sinistra i risultati sono stati ottenuti utilizzando un elemento filtrante, a destra due.

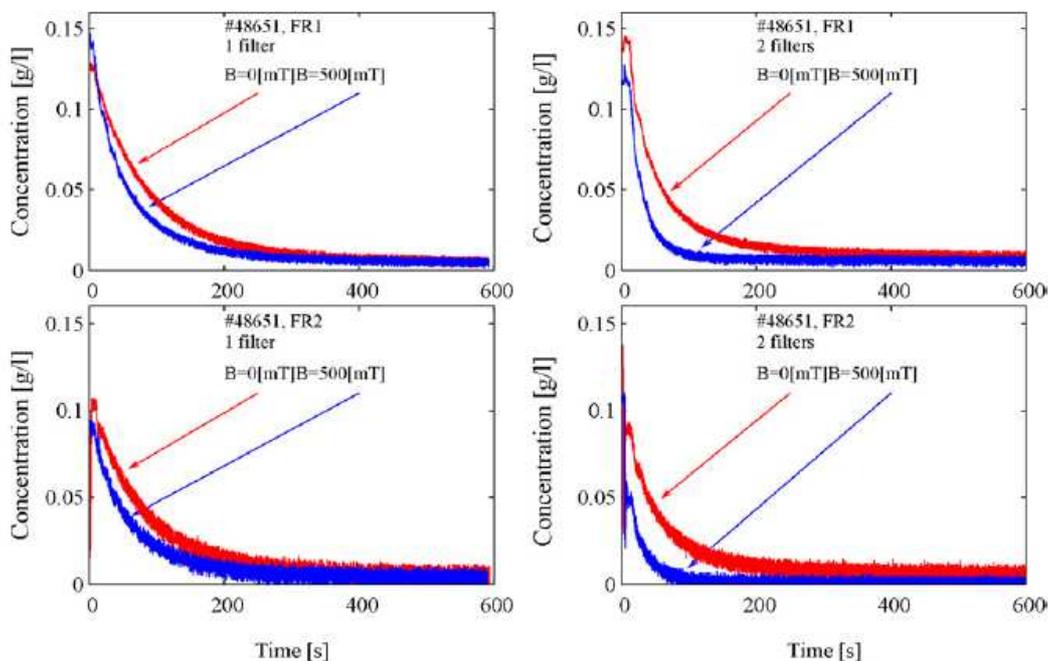


Figura 2. Concentrazione di ematite #48651 in ingresso (in alto) ed in uscita (in basso) in presenza di campo magnetico (in blu) e in sua assenza (in rosso). A sinistra i risultati sono stati ottenuti utilizzando un elemento filtrante, a destra due.

- [1] M. Fabbri, G. Mariani, P. L. Ribani, and F. Negrini, "High gradient magnetic separation of micro-pollutant from waste waters," *La Houille Blanche - International Water Journal*, vol. 6, pp. 109-117, 2009.
- [2] M. Fabbri, G. Mariani, P. L. Ribani, and F. Negrini, "High gradient magnetic separation of micro-pollutant from wastewaters using permanent magnets," *Separation and Purification Technology*, vol. 72, pp. 147-155, 2010.