



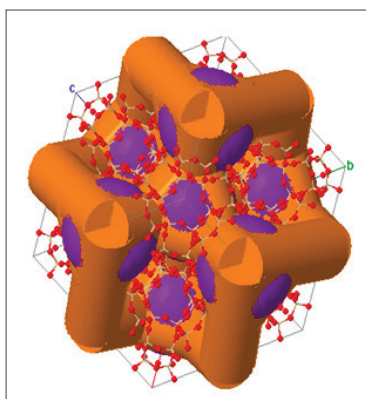
TATIANA CHENET, LUISA PASTI, ANNALISA MARTUCCI  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE E FARMACEUTICHE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA  
CHNTTN@UNIFE.IT

# MATERIALI ADSORBENTI PER LA RIMEDIAZIONE DI ACQUE

*I contaminanti emergenti vengono continuamente immessi nei sistemi idrici a causa del loro vasto impiego. Lo scopo di questo lavoro è quello di studiare la capacità di adsorbimento di materiali micro e mesoporosi nei confronti di composti organici in soluzione acquosa. I risultati sperimentali hanno dimostrato che le zeoliti sono adsorbenti selettivi per i contaminanti organici.*

I contaminanti emergenti (CECs) sono sostanze, naturali o di sintesi, che possono essere candidati ad essere in futuro regolamentate in base alla loro sospetta (eco)tossicità ed ai loro potenziali effetti sulla salute umana. Fondamentalmente, si tratta di sostanze utilizzate quotidianamente nelle attività umane e che possono avere molteplici impieghi. Poiché i CECs sono così numerosi, ubiquitari e chimicamente diversi, essi vengono spesso suddivisi in categorie che descrivono il loro principale impiego o altre caratteristiche peculiari. I CECs sono continuamente immessi nei corpi idrici in tutto il mondo a causa del loro vasto e quotidiano impiego. I convenzionali impianti di trattamento di acque reflue sono infatti in grado di rimuovere solo parzialmente questi composti, che vengono quindi introdotti nell'ambiente direttamente dagli effluenti di questi impianti oppure possono provenire dall'impiego in agricoltura dei fanghi derivanti dagli impianti stessi. Alcuni studi hanno dimostrato che anche un'esposizione a basse concentrazioni a taluni CECs può avere effetti negativi sui sistemi biologici. In genere questi contaminanti sono infatti presenti a livelli di concentrazione molto bassi nelle acque naturali.

Pertanto, da una parte è importante sviluppare metodi analitici in grado di rilevare queste molecole in



modo accurato anche a bassi livelli di concentrazione per meglio valutare il loro impatto ambientale, e, dall'altro, è necessario migliorare l'efficienza delle tecnologie di bonifica delle acque per ridurre il potenziale rischio ad essi associato. In generale, dalla letteratura scientifica si evince che le tecnologie basate sull'adsorbimento sono economiche ed efficienti sia per l'arricchimento di inquinanti in tracce sia per la loro rimozione dall'acqua

e numerose sono le tipologie di adsorbenti inorganici che possono essere impiegate per questo scopo. Recentemente, è stata dimostrata l'efficacia delle zeoliti nella rimozione di composti organici in matrici ambientali. Parallelamente, anche i materiali silicei mesoporosi hanno suscitato un crescente interesse poiché le loro proprietà (elevata area superficiale, elevato volume dei pori, dimensione dei pori controllata) li rendono promettenti come adsorbenti nei processi di rimozione di contaminanti. Inoltre, grazie alla loro stabilità chimica e termica le zeoliti possono essere considerate materiali ecocompatibili.

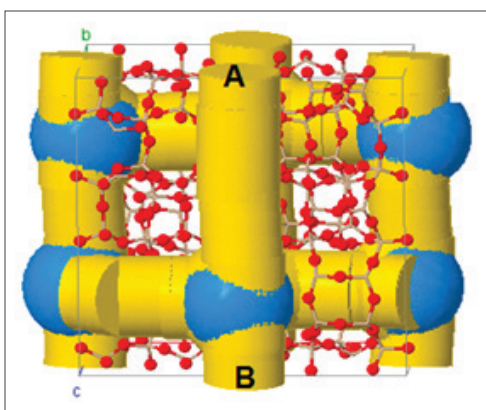
Lo scopo del presente lavoro è quello di studiare la capacità di adsorbimento di materiali microporosi e mesoporosi nei confronti di composti organici in soluzione acquosa. Questa indagine ha il duplice scopo di valutare la loro applicabilità sia in sistemi di bonifica di acque naturali contaminate che come mezzo

L'articolo è basato sul contributo presentato in occasione delle "Giornate di Chimica Analitica" dedicate alla memoria del prof. Francesco Dondi - Ferrara, 10-11 luglio 2017.



adsorbente in sistemi analitici di arricchimento basati su metodi di estrazione in fase solida.

Per quanto riguarda gli inquinanti studiati, sono stati selezionati come membri dei CECs diversi composti ad attività farmaceutica, oltre che derivati del petrolio o additivi di carburanti. Tali composti sono caratterizzati da differenti proprietà chimico-fisiche, come dimensioni



molecolari, comportamento acido/base, idrofobia, ecc. In questo lavoro, sono state impiegate diverse tecniche di indagine (tra cui la cromatografia, la diffrattometria e la termogravimetria) per lo studio del processo di adsorbimento, in particolare per:

- 1) studiare le proprietà adsorbenti dei materiali;
- 2) caratterizzare la loro struttura dopo l'adsorbimento dei contaminanti selezionati;
- 3) localizzare le specie organiche all'interno del sistema di canali della zeolite;
- 4) individuare le interazioni tra molecole organiche adsorbite e l'adsorbente;
- 5) caratterizzare la cinetica del processo di adsorbimento.

In particolare, la cromatografia è stata principalmente impiegata per determinare le isoterme di adsorbimento dei composti d'interesse. L'isoterma di adsorbimento è utile per rappresentare la capacità di una zeolite di adsorbire sostanze organiche in soluzione acquosa e fornisce una descrizione della dipendenza funzionale tra capacità e concentrazione di inquinante. La determinazione sperimentale dell'isoterma consente di valutare l'applicabilità dell'adsorbimento ai processi di trattamento delle acque, di selezionare il materiale adsorbente più adeguato e di stimarne la quantità necessaria; inoltre i parametri delle isoterme forniscono indicazioni sulla distribuzione dell'energia del processo di adsorbimento. Le suddette tecniche sono state utilizzate anche per lo studio della cinetica di adsorbimento. La cinetica riguarda cambiamenti, soprattutto la velocità con cui questi avvengono, delle proprietà chimiche nel tempo: essa svolge quindi un ruolo fondamentale nel determinare il tempo di contatto appropriato per

la rimozione di inquinanti dalle acque reflue. Per studiare il meccanismo di adsorbimento, sono state impiegate tecniche di diffrazione per localizzare la specie organica adsorbita all'interno della struttura della zeolite. Le informazioni raccolte da quest'ultima indagine consentono di definire le interazioni tra molecole organiche e framework della zeolite.

I dati sperimentali hanno rivelato che la concentrazione di inquinante organico incorporato all'interno del framework è influenzata dalla struttura cristallina, dall'idrofobia (rapporto  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ : SAR) e dai trattamenti termici dell'adsorbente. Per i materiali mesoporosi studiati, un ruolo importante è svolto anche dalla procedura di eliminazione del template (trattamento termico o estrazione con solvente).

È stato dimostrato che sia le interazioni idrofobiche che elettrostatiche contribuiscono al processo di adsorbimento: infatti, idrofobia e costante di dissociazione del soluto influenzano fortemente l'adsorbimento. In molti casi si è verificato che la molecola selezionata è stata adsorbita all'interno del framework delle zeoliti. In generale, il processo di adsorbimento è risultato molto veloce in tutte le zeoliti studiate nei confronti delle diverse classi di inquinanti. Per indagare la possibile competizione da parte di sostanze organiche naturali sulle proprietà di adsorbimento di contaminanti da parte delle zeoliti, è stato valutato l'effetto della presenza in soluzione di derivati fenolici dalla lignina. I risultati sperimentali hanno dimostrato che le zeoliti sono adsorbenti selettivi per gli inquinanti organici.

#### Adsorbent Materials for Water Remediation

Emergent contaminants are constantly lead into water bodies due to their wide use. The aim of this work is to study the adsorption capacity of micro and mesoporous materials towards organic compounds in aqueous solutions. The experimental results showed that zeolites are selective adsorbents for organic contaminants.