



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Ingegneria Civile

*Tesi di Dottorato
in
Rischio e sostenibilità
nei sistemi dell'ingegneria civile, edile ed ambientale*

XXXI (2015-2018)

**ADVANCED SOLUTIONS FOR THE
ABATEMENT OF VOCs AND ODOURS**

Sommario

Giuseppina Oliva

Tutor

prof. ing. Vincenzo Naddeo

Coordinatore

prof. ing. Fernando Fraternali

Co-Tutor

prof. ing. Vincenzo Belgiorno

Sommario

Negli ultimi decenni, l'inquinamento atmosferico è diventato un problema sempre più allarmante, a causa degli effetti negativi registrati anche a scala globale. In tale contesto, le emissioni di gas a effetto serra (Green House Gases, GHGs), composti organici volatili (Volatile Organic Compounds, VOCs) e odori provenienti da impianti chimici, petrolchimici e altre fonti pericolose rappresentano una grande sfida da affrontare.

Il riscaldamento globale, a causa dell'aumento dei livelli di GHG nell'atmosfera, è stato identificato, infatti, come una delle sfide chiave di questo secolo. Gli impatti negativi correlati hanno causato, infatti, evidenti cambiamenti climatici e gravi danni agli ecosistemi ambientali.

I VOCs sono inclusi tra i contaminanti gassosi prioritari, ed in particolare i BTEX (Benzene, Toluene, Etilene e Xylene) sono stati identificati come il gruppo di sostanze tra i più pericolosi per la salute umana. Tali composti sono anche considerati responsabili di inquinamento fotochimico a causa della loro reazione nell'atmosfera con gli ossidi di azoto in presenza di radiazione solare. Inoltre, la loro tendenza a volatilizzarsi prontamente nell'atmosfera determina problemi di impatto odorigeno.

La combinazione di tali aspetti si è tradotta nella definizione di riferimenti normativi sempre più rigidi che, di conseguenza, hanno rafforzato la necessità di gestire correttamente le emissioni in atmosfera.

I processi chimico-fisici convenzionali prevedono il trasferimento dei contaminanti dalla fase gassosa a quella liquida e/o solida determinando, quindi, la necessità di ulteriori trattamenti. I processi biologici ed i processi ad ossidazione avanzata (Advanced Oxidation Processes, AOPs), invece, sono in grado di supportare la degradazione e la mineralizzazione dei composti organici. Inoltre, gli AOPs applicati come pretrattamento alle biotecnologie possono migliorare la trattabilità biologica dei VOCs e controllare l'accumulo di biomassa.

I processi di trattamento biologico, per elevate concentrazioni di VOCs in ingresso, potrebbero risultare limitati dall'ossigeno disponibile per la degradazione aerobica, a causa della ridotta solubilità in acqua di tali composti. In tale contesto, l'attività sinergica di un consorzio di microalghe e batteri rappresenta un'alternativa efficiente

per supportare la simultanea riduzione di CO₂ e VOCs. Nei foto-bioreattori algali le microalghe producono ossigeno durante il processo fotosintetico, in presenza di luce e CO₂, mentre i batteri eterotrofi utilizzano l'ulteriore apporto di ossigeno per accelerare l'ossidazione dei composti organici. La CO₂ risultante dal processo di mineralizzazione è fissata, dunque, dalle microalghe, con conseguente produzione di biomassa valorizzabile. I meccanismi alla base dell'attività algale possono consentire, dunque, non solo di prevenire la limitazione di ossigeno, ma anche di migliorare la biodegradabilità dei composti target.

In questo contesto viene inquadrata l'attività di ricerca discussa nel presente lavoro, che si pone come principali obiettivi realizzativi:

- la valutazione comparativa dell'ozonizzazione assistita da raggi UV e la sua combinazione con processi convenzionali, in differenti condizioni operative;
- la valutazione comparativa di due differenti reattori biologici in relazione alle loro performance di degradazione in continuo del toluene, in differenti condizioni operative;
- lo scale-up dei sistemi proposti e la valutazione della fattibilità tecnica.

A tal fine, l'attività sperimentale è stata strutturata in due fasi principali:

- la valutazione delle efficienze dei processi ad ossidazione avanzata per la degradazione del toluene;
- la valutazione dei processi biologici per la rimozione in continuo del toluene.

La prima parte della ricerca, incentrata sulla valutazione comparativa di differenti configurazioni di sistemi AOPs, è stata svolta presso il Laboratorio di Ingegneria Sanitaria Ambientale (SEED) dell'Università di Salerno. Il toluene è stato identificato come composto target. Un reattore UV/O₃ è stato realizzato e testato in laboratorio per la valutazione delle performance di degradazione in diverse condizioni operative, al fine di definire l'influenza delle concentrazioni di contaminante in ingresso e delle dosi di ozono. Il processo convenzionale è stato integrato con un post-trattamento di wet-scrubbing, per migliorare l'efficienza di rimozione e per ridurre il rilascio di sostanze gassose intermedie.

Il sistema combinato ha mostrato migliori prestazioni e maggiore stabilità di processo rispetto al sistema stand-alone (UV/O₃), nonché ridotti consumi energetici e minore rilascio di sostanze inquinanti.

Nella seconda fase, l'attività sperimentale è stata svolta presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica e Tecnologia Ambientale dell'Università di Valladolid. L'attività sperimentale ha mirato a valutare e confrontare sistematicamente le prestazioni di degradazione in continuo del toluene dei reattori biologici proposti, un

convenzionale biotrickling filter (BTF) ed un innovativo foto-bioreattore tubolare (Tubular Photo-BioReactor, TPBR).

Sono state studiate diverse condizioni operative, al variare del tempo di residenza a letto vuoto (Empty-Bed Residence Time, EBRT) e della concentrazione di toluene in ingresso. In particolare, il carico in ingresso (Inlet Load, IL) ai sistemi è risultato gradualmente incrementato. Sono stati effettuati test di trasferimento di massa per determinare la fase limitante dei processi e un test di robustezza finale eseguito per valutare la capacità dei sistemi di sopperire alle fluttuazioni del carico in ingresso.

I risultati ottenuti hanno dimostrato il potenziale applicativo relativo agli effetti sinergici che vengono ad instaurarsi tra batteri e microalghe. Le maggiori concentrazioni di ossigeno disciolto hanno assicurato la disponibilità dell'ossigeno necessario per i processi ossidativi ad opera della comunità microbica e migliorato le prestazioni del processo. Il biossido di carbonio rilasciato dal processo di mineralizzazione dei composti organici è stato utilizzato come fonte di carbonio per produzione di biomassa valorizzabile.

I processi convenzionali con pretrattamento AOPs e la sinergia tra microalghe e batteri possono rappresentare, dunque, soluzioni innovative efficaci per l'incremento delle efficienze di trattamento, la valorizzazione di biomassa e la riduzione delle emissioni di gas climalteranti.