

## STATO DELL'ARTE DEGLI IMPIANTI DI ABBATTIMENTO VOC MEDIANTE BIOFILTRAZIONE

Il processo depurativo per via biologica si basa sul trasferimento dei VOC dall'effluente aeriforme, in cui sono contenuti, ad un solido mantenuto umido dove vengono degradati dai microorganismi in esso presenti. Il processo è aerobico ed esotermico e l'azione biochimica della popolazione microbica dà luogo alla conversione del contaminante in anidride carbonica, acqua, composti inorganici e biomassa. Le reazioni biochimiche indotte dai microorganismi sono primariamente del tipo ossido-riduttive, nelle quali ha luogo un trasferimento di elettroni dalla sostanza che, cedendo idrogeno, si ossida a quella che, fungendo da accettore, si riduce. In seguito a varie sperimentazioni, i composti che si dimostrano più facilmente biodegradabili sono risultati essere: alcoli, eteri, aldeidi, chetoni, composti azotati, ammoniaca ed alcuni composti aromatici monociclici; sono anche facilmente controllabili i composti solforati, mentre hanno dimostrato una ridotta degradazione i composti organici fortemente alogenati.

L'impianto di filtrazione biologica (biofiltro) è un dispositivo in grado di captare, per diffusione ed adsorbimento, le molecole di inquinante presenti nell'effluente aeriforme da trattare e di sottoporle alla decomposizione biologica per mezzo della popolazione microbica, che può essere composta da un largo spettro di specie (batteri, funghi, lieviti, muffe, eccetera), anche presenti contemporaneamente nel dispositivo stesso. Va infatti sottolineato che la biodegradazione degli inquinanti difficilmente avviene ad opera di una singola specie di microorganismi; nella maggior parte dei casi essa è opera simultanea di differenti specie diverse tra loro metabolicamente e numericamente, in equilibrio simbiotico. Il numero di specie differenti presenti in un biofiltro dipende dal numero e dalla qualità delle sostanze presenti nell'effluente aeriforme ed è ad esse direttamente proporzionale: questo perché la degradazione di una molecola complessa avviene passando attraverso la formazione di sottoprodotti sempre meno complessi, fino a completa riduzione a molecole semplici ed ogni singola specie microbica partecipa alla decomposizione in atto, in funzione della propria specificità biologica. La difficoltà insita nel processo di depurazione biologica è proprio quello di riuscire a raggiungere e mantenere l'equilibrio simbiotico di cui sopra.

Dal punto di vista impiantistico, un biofiltro chiuso è costituito essenzialmente da: uno o più corpi filtranti contenenti il materiale di supporto e la popolazione microbica; un sistema di captazione e convogliamento delle emissioni provenienti dalle utenze; un dispositivo per il condizionamento dell'effluente aeriforme ed uno per la rimozione del particolato, entrambi posti a monte dei corpi filtranti; un sistema per la gestione del nutrimento e del percolato; una apparecchiatura di comando e controllo del processo; un camino di scarico in atmosfera; un eventuale dispositivo, posto a valle del corpo filtrante, per il raffreddamento dell'effluente aeriforme, la condensazione dell'umidità in esso presente ed il riutilizzo di quest'ultima come acqua di reintegro.

L'effluente aeriforme, captato da apposito ventilatore, viene convogliato verso l'impianto di depurazione dove subisce una preliminare filtrazione dell'eventuale particolato presente ed un successivo condizionamento per il raggiungimento delle condizioni ottimali per lo sviluppo delle reazioni biologiche; l'effluente aeriforme attraversa quindi il corpo filtrante, dove subisce l'azione metabolica della popolazione microbica, con moto dal basso verso l'alto e ne fuoriesce, così trattato, per essere immesso direttamente in atmosfera (attraverso il camino di scarico) oppure, qualora contenesse ancora VOC non sufficientemente biodegradate, per essere inviato ad un successivo impianto di abbattimento (carboni attivi, scrubber, altro). Contemporaneamente al processo di abbattimento dei VOC, l'impianto provvede anche alle operazioni di drenaggio e trattamento del percolato, di alimentazione del nutrimento per la popolazione microbica, di lavaggio del corpo filtrante.

La cinetica globale del processo di rimozione e degradazione biologica degli inquinanti è complessa; il principio su cui si basa il funzionamento di un biofiltro è principalmente legato alla possibilità di creare, per i microorganismi in esso residenti, un ambiente adatto alla loro sopravvivenza e riproduzione. Ciò si attua ottimizzando il controllo di alcuni parametri fondamentali che sono: umidità, temperatura, pH, nutrimento. L'**umidità** è un parametro importante in quanto i microorganismi sono in grado di assorbire sostanze alimentari solo dalla fase acquosa. Un insufficiente contenuto di acqua determinerebbe l'essiccazione del materiale di supporto e la perdita di attività biologica; al contrario, un eccesso d'acqua promuoverebbe lo sviluppo di una condizione di anaerobiosi del corpo filtrante, a causa dell'occlusione delle zone vuote della struttura e la formazione di prodotti metabolici volatili maleodoranti. L'evaporazione dell'acqua assorbita dal materiale di supporto è dovuta sia all'attività esotermica dei microorganismi, sia all'azione dell'effluente aeriforme che attraversa il corpo filtrante. E' importante dunque che sia mantenuto sotto controllo il valore di questo parametro e che l'impianto sia in grado di operare il reintegro automatico del liquido.

Particolare importanza ha anche la **temperatura** la quale, attraverso l'azione sui vari meccanismi metabolici, influenza notevolmente la riproduzione microbica; a seconda del tipo di microorganismi esistono range di temperature ottimali per la loro riproduzione. Generalizzando, i microorganismi possono essere suddivisi in tre tipi, ciascuno dei quali ha il proprio campo ottimale di temperatura: psicrofili (15-20°C), mesofili (25-40°C), termofili (55-65°C); generalmente quelli più comunemente utilizzati sono i mesofili. La diminuzione della temperatura al di sotto dei limiti inferiori riportati, porta alla graduale inibizione dell'attività biologica della popolazione microbica.

Il **pH** è un fattore determinante per le prestazioni funzionali dei microorganismi, in particolare per i fenomeni riproduttivi, ed ogni specie si accresce solo all'interno di specifici intervalli di questo parametro. Generalmente il pH di lavoro di un biofiltro è compreso tra 7 e 8, ma la degradazione degli inquinanti può portare a valori di maggiore acidità nella parte inferiore del corpo filtrante, in prossimità dell'ingresso

dell'effluente aeriforme. Per correggere l'acidità formatasi e ripristinare la condizione di neutralità, si possono adottare principalmente due tecniche: mediante l'aggiunta di acqua, che asporta gli acidi dal materiale di supporto e li trasferisce al percolato; mediante l'aggiunta di opportuni tamponi, quali  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .

Il **nutrimento**, immesso (quando necessario) nel corpo filtrante assieme all'acqua di reintegro, deve contenere gli elementi fondamentali per la proliferazione della popolazione microbica (carbonio, azoto, fosforo, potassio e zolfo) in quantità che non si discostino di molto dal rapporto ottimale qui riportato: C/N/P/K/S=100/10/4/1/1.

Di fondamentale importanza per assicurare il mantenimento dell'efficienza di abbattimento è anche la scelta del **materiale di supporto**, sul quale viene insediata la popolazione microbica. Esso deve rispondere ai seguenti requisiti minimi: fornire le condizioni ambientali ottimali per la proliferazione della popolazione microbica residente; avere un'alta percentuale di sostanza organica; disporre di una elevata superficie; avere una struttura porosa e scabra; avere un odore proprio ridotto.

L'elevata porosità della struttura è necessaria per fornire un'ampia superficie reattiva con una perdita di carico sufficientemente bassa e per garantire una buona immissione di ossigeno. La scabrosità è necessaria per garantire l'ancoraggio dei microorganismi alla superficie solida. L'alta percentuale di sostanza organica permette di fornire ai microorganismi il necessario apporto di sostanze nutritive anche quando l'impianto non è operativo in fase di abbattimento. Tale condizione però ha anche un aspetto negativo in quanto la decomposizione del materiale organico di cui è formato il materiale di supporto, porta ad un progressivo consumo dello stesso (produzione di fanghi) con conseguente perdita della porosità originale ed inevitabile intasamento con aumento delle perdite di carico; conseguenza ultima di tale decadimento è la sostituzione più o meno frequente del materiale di supporto. Per ovviare a questi inconvenienti, alcuni impiantisti realizzano materiali di supporto formati in parte da materiale inerte dotato però di un nucleo idrofilo e ricoperto di materiale organico (tra cui carbone attivo) che svolge la funzione di captazione dei VOC. La presenza di un materiale adsorbente nel corpo filtrante serve anche per migliorare le prestazioni del biofiltro in condizioni di carico inquinante variabile; infatti, i meccanismi di adsorbimento e desorbimento propri del materiale adsorbente permettono di livellare le eventuali fluttuazioni della concentrazione di VOC nella fase acquosa che serve da alimento ai microorganismi, assicurando una sua maggiore costanza.