

Processi di fitodepurazione

1. Introduzione

I trattamenti di fitodepurazione per la depurazione delle acque reflue usano piante macrofite acquatiche (idrofite, ovvero organismi vegetali superiori in cui si distinguono un sistema radicale, uno fotosintetizzante ed uno deputato al trasporto) in corpi idrici artificiali a lungo tempo di ritenzione idraulica oppure in terreni saturi d'acqua.

Tali processi possono servire in numerosi contesti:

- 1) per migliorare le caratteristiche degli effluenti dei sistemi di lagunaggio;
- 2) per il trattamento secondario (rimozione della sostanza organica e dei solidi sospesi);
- 3) per il trattamento terziario (rimozione dei nutrienti e della carica batterica) di acque reflue urbane e di taluni reflui industriali
- 4) per il trattamento degli scarichi delle piccole comunità (soprattutto quelle di tipo rurale) per le quali non è tecnicamente e/o economicamente fattibile la soluzione depurativa centralizzata.

Nella fitodepurazione non è richiesta energia elettrica ed è sufficiente la ricostruzione di *habitat* naturali; si sfrutta infatti la capacità di autodepurazione degli ecosistemi acquatici; tale capacità è dovuta ad un'azione diretta delle piante e ad una consistente attività delle popolazioni batteriche che si sviluppano sulle idrofite stesse o nell'*habitat* circostante ed una conseguente notevole capacità di degradazione della so-

stanza organica e di trasformazione dei nutrienti. La rimozione degli inquinanti avviene infatti tramite una successione di processi biologici, chimici e fisici tra i quali la "cooperazione" tra idrofite e colonie batteriche adese è predominante.

Nei sistemi di fitodepurazione è possibile utilizzare sia il *medium* (strato solido) di crescita, sia il tipo di macrofita e le condizioni di flusso predefinite a livello progettuale.

Tipici vantaggi dei trattamenti di fitodepurazione rispetto ai trattamenti convenzionali sono:

- 1) semplicità ed economia di costruzione e di gestione;
- 2) limitata manutenzione;
- 3) personale altamente qualificato non necessario;
- 4) maggiore resistenza agli *shock* di carico organico ed idraulico (a causa dei lunghi tempi di ritenzione idraulica);
- 5) possibilità di ottenere sottoprodotti vegetali riutilizzabili o comunque non dannosi per l'ambiente.

Esistono ovviamente alcuni svantaggi rispetto ai trattamenti biologici di tipo convenzionale e cioè:

- 1) notevole richiesta di superficie;
- 2) notevole calo di rendimento nei mesi più freddi;
- 3) odori molesti;
- 4) proliferazione di zanzare nei bacini a superficie libera (se si instaurano condizioni anaerobiche).

2. Idrofite e sistemi depurativi in uso

Le idrofite si sviluppano in ambienti acquatici o su terreni o substrati che almeno periodicamente si saturano d'acqua o vengono sommersi dall'acqua; possono perciò essere emergenti, galleggianti o sommerse. Gli *habitat* di sviluppo sono le acque dolci stagnanti.

I criteri da utilizzare per selezionare le piante più adatte al sistema depurativo proposto sono:

- 1) adattabilità al clima;
- 2) elevata attività fotosintetica;
- 3) elevata capacità di trasporto dell'ossigeno;
- 4) resistenza a concentrazioni elevate di inquinanti;
- 5) capacità di assimilazione degli inquinanti;
- 6) resistenza a condizioni climatiche avverse;
- 7) resistenza alle malattie;
- 8) semplicità di gestione.

2.1 Idrofite emergenti

Le idrofite emergenti sono piante radicate ad un substrato che può essere saturo d'acqua (con livelli piezometrici posti anche 50 cm al di sotto della superficie) o completamente sommerso (con coperture d'acqua comunque non superiori ai 150 cm) con gambi, foglie ed organi riproduttivi aerei; come le piante di *habitat* terrestri, sintetizzano il carbonio atmosferico ed i nutrienti assunti attraverso il proprio apparato radicale e provvedono al trasporto dell'ossigeno atmosferico fino al livello delle radici e dei rizomi (la cosiddetta rizosfera); qui possono avvenire reazioni aerobiche di stabilizzazione della sostanza organica e di nitrificazione ad opera dei batteri in sospensione nel liquame e soprattutto adesi al substrato e sui rizomi delle idrofite stesse (popolazioni epifitiche); al di fuori della zona ossidata operano popolazioni batteriche facoltative e/o anaerobiche tra cui i denitrificatori.

Tipiche idrofite emergenti sono le cannuce o canne di palude (le più diffuse negli impianti oggi in funzione), i giunchi di palude e le stiance.

2.2 Idrofite galleggianti

Le idrofite a foglie galleggianti possono essere libere o radicate nel terreno; vivono in bacini idrici di altezza variabile tra 25 e 350 cm e sono caratterizzate da avere foglie galleggianti ed organi riproduttivi aerei o galleggianti.

Anche le idrofite galleggianti sintetizzano il carbonio atmosferico ed i nutrienti assunti attraverso il proprio apparato radicale. Nelle specie liberamente galleggianti i nutrienti vengono rimossi direttamente dallo strato d'acqua. Le radici costituiscono anche un eccellente *medium* per la filtrazione e l'adsorbimento dei solidi sospesi e per la crescita batterica.

Le idrofite galleggianti determinano una copertura superficiale del bacino idrico che tende a ridurre la penetrazione della luce solare ed il trasferimento dei gas tra la superficie liquida e l'atmosfera, favorendo la scomparsa delle alghe e l'instaurarsi di condizioni anaerobiche all'interno della colonna d'acqua. Peraltro l'ossigeno viene trasferito verso le radici e quindi si creano zone aerobiche ed anossiche in cui vengono favorite le reazioni sequenziali di nitrificazione e denitrificazione.

I più comuni tipi di idrofite galleggianti utilizzati negli impianti di fitodepurazione sono i giacinti d'acqua e le *Lemnaceae* (lenticchie d'acqua). Per motivi climatici i giacinti sono inadatti alle nostre latitudini.

2.3 Idrofite sommerse

Le idrofite sommerse vivono in bacini idrici di altezza variabile fino a 10-11 m e sono caratterizzate da avere foglie interamente sommerse ed organi riproduttivi aerei, galleggianti o sommersi. Le idrofite sommerse sintetizzano il carbonio ed i nutrienti che vengono assunti direttamente dalla colonna d'acqua. Poiché i tessuti fotosintetici sono interamente sommersi è necessario che la loro crescita avvenga in acque sufficientemente limpide. Di notte le idrofite sommerse respirano, cioè utilizzano ossigeno; quindi, esso deve essere direttamente disponibile nella colonna d'acqua.

3. Ruolo delle idrofite nei trattamenti di fitodepurazione

La sola assunzione diretta degli inquinanti da parte delle macrofite stesse non può spiegare l'efficienza di rimozione osservabile per i diversi inquinanti; fondamentale, come già detto è la "cooperazione" tra le macrofite acquatiche e le colonie batteriche adese sulle macrofite o nell'*habitat* circostante. Le idrofite difatti, pur riuscendo ad assimilare i nutrienti in percentuale minima rispetto ai carichi applicati, fungono da substrato solido nei confronti delle popolazioni batteriche e filtrano direttamente il particolato organico; fondamentale è anche il trasporto dei gas tra atmosfera e rizosfera con conseguente trasferimento e rilascio di ossigeno, in particolar modo nei terreni saturi d'acqua. Tale trasferimento avviene per diffusione e convezione all'interno delle piante stesse, che possono presentare anche il 70% di volume vuoto; l'ossigeno è praticamente consumato tutto dai batteri che si sviluppano sulle radici (nei sedimenti perciò si realizzano sempre processi anossici e anaerobici).

Importante è anche l'influenza delle piante sulla permeabilità idraulica del terreno (che di norma si stabilizza intorno a 10^{-5} - 10^{-6} m/s), la stabilità che conferiscono al letto, la riduzione di velocità della corrente legata ai tempi di residenza idraulica, l'attenuazione dell'irraggiamento solare (favorendo così la riduzione di eventuali e indesiderate alghe), la regolazione degli scambi di calore tra aria ed acqua e quindi dell'evaporazione.

È necessario che l'influente venga distribuito in modo uniforme su tutta la larghezza del letto e che l'alimentazione avvenga ad una quota possibilmente superiore al massimo livello idrico che può essere ammesso al di sopra del letto, per evitare rigurgiti a monte. Si possono usare canalette superficiali dotate di sfioratore, tubazioni disperdenti superficiali dotate di raccordo a T regolabile, tubazioni disperdenti sommerse e tubazioni con rilascio diretto; lo scarico deve essere sempre fatto in una zona di dispersione in materiale inerte grossolano sciolto.

La raccolta dell'effluente avviene in genere attraverso una tubazione perforata disposta lungo la larghezza del letto e immersa in una zona drenante riempita con materiale inerte grossolano di caratteristiche analoghe a quelle del sistema di distribuzione dell'influente. La tubazione di raccolta deve essere collegata ad un pozzetto di efflusso in cui sia presente un dispositivo di controllo del livello idrico nel letto.

Sui bordi perimetrali dei letti e a scopo estetico, è possibile ricorrere ad essenze ornamentali; la piantumazione delle idrofite emergenti può essere effettuata mediante segmenti di rizomi, zolle di terra contenenti cespugli di pianta matura o pianticelle cresciute in serra. I migliori risultati, in termini di velocità di propagazione e di uniformità della copertura del letto, si ottengono con le pianticelle cresciute in serra.

4. Considerazioni applicative e commenti finali

I sistemi di fitodepurazione sono una alternativa di trattamento delle acque reflue per le piccole comunità di tipo rurale e per scarichi stagionali o fluttuanti (campeggi, alberghi, villaggi turistici, ecc.) che richiedono soluzioni robuste, semplici da gestire e che determinino un rapido avvio dei processi depurativi.

Tenuto conto delle condizioni climatiche italiane, l'utilizzo delle idrofite emergenti in sistemi a flusso subsuperficiale appare il più adatto per impianti operanti nell'intero arco dell'anno, mentre nel caso di impianti il cui funzionamento è limitato al periodo primaverile ed estivo possono essere previsti anche sistemi a flusso superficiale o stagni coperti da idrofite galleggianti (a tal riguardo le lemneece risultano senza dubbio preferibili ai giacinti d'acqua).

I costi di costruzione sono molto variabili ma comunque paragonabili a quelli degli impianti di depurazione di tipo convenzionale. I costi di gestione sono assai contenuti in quanto i consumi energetici possono essere addirittura nulli. Gli impegni di per-

sonale possono essere limitati ad una visita di controllo settimanale.

La qualità dell'effluente è spesso superiore a quella dei convenzionali impianti a fanghi attivi per quanto riguarda BOD, solidi sospesi e carica batterica.

Le prospettive di applicazione appaiono interessanti, soprattutto in contesti specifici

caratterizzati da piccoli centri con popolazione dispersa ed ampia disponibilità di superfici. La diffusione in Italia resta tuttavia limitata a sporadici casi di natura spesso sperimentale.

Dott. Ing. Marco Ragazzi
Università degli Studi di Trento

BIBLIOGRAFIA

DE FRAJA FRANGIPANE E., PASTORELLI G., 1993 - *Impianti di depurazione di piccole dimensioni*. C.I.P.A. Editore, Collana Ambiente 2, Milano, giugno 1993.

BONOMO L., PASTORELLI G., 1996 - *Processi di fitodepurazione: richiami teorici e rassegna delle principali applicazioni*. XLIV Corso di Aggiornamento del Politecnico di Milano.