

FITODEPURAZIONE E SERVIZI ECOSISTEMICI ANNESI

Filippo Chiudioni

Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Il carico inquinante presente nelle acque superficiali rappresenta un forte impatto sui corpi idrici rendendo più difficile il raggiungimento di una buona qualità delle risorse idriche come richiesto dalla Direttiva 2000/60/CE (Water Framework Directive - WFD) la quale costituisce un importante strumento per la tutela delle acque continentali. Per la riduzione e/o rimozione del carico inquinante è necessario dotarsi di una efficace rete di depurazione il più possibile distribuita capillarmente.

Nonostante l'attenzione, sia a livello normativo che tecnologico, nei confronti della depurazione delle acque reflue, gli impianti di trattamento reflui presenti in Italia risultano insufficienti a soddisfare la necessità depurativa dell'intero territorio nazionale, sia per capacità di trattamento sia per l'incompletezza e/o inadeguatezza delle reti di collettamento (ISPRA, 2012). La norma comunitaria di riferimento in materia di trattamento delle acque reflue in ambito comunitario è rappresentata dalla Direttiva 91/271/CEE (Urban Waste Water Treatment Directive, UWWTD) riguardante la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque reflue urbane, nonché il trattamento e lo scarico delle acque reflue originate da taluni settori industriali, al fine di proteggere l'ambiente da possibili danni che da queste possono derivare.

Le acque reflue provenienti da piccole e piccolissime comunità, agglomerati urbani con meno di 2.000 abitanti equivalenti (AE), spesso non risultano collettate alla rete fognaria e quindi non vengono recapitate agli impianti di depurazione, questo perché per tali comunità è di fondamentale importanza una valutazione costi/benefici, che spesso evidenzia difficoltà nel realizzare impianti ad elevata tecnologia.

In queste realtà territoriali le tecniche di depurazione naturale, come ad esempio quelle di fitodepurazione, assumono un'elevata importanza rappresentando una possibile soluzione alle problematiche depurative.

Per il trattamento delle acque reflue la fitodepurazione rappresenta l'utilizzo di un processo naturale che avviene nei fiumi e nelle zone umide grazie all'interazione della componente vegetale (macrofite) con la matrice acqua. Questo processo insieme ad altri mediati da microrganismi, a reazioni chimico-fisiche e ai sedimenti costituiscono la capacità autodepurante di un corso d'acqua. I processi che in natura permettono l'abbattimento di alcune tipologie di inquinanti vengono replicati in sistemi più o meno artificializzati con particolari specie vegetali tolleranti e dotate di elevata capacità di accumulo. L'utilizzo di queste tecnologie prende il nome di fitotecnologie.

Le fitotecnologie sono strumenti di ripristino ambientale che si servono di piante per il trattamento di contaminanti come metalli pesanti e composti organici nel suolo, nelle acque di falda, nelle acque superficiali e in scarichi di origine agricola, civile o industriale (Baker *et al.*, 1991; Raskin *et al.*, 1997; Wenzel *et al.*, 1999).

Il trattamento delle acque avviene in zone umide riprodotte in bacini artificiali, impermeabilizzati. Questi sistemi sono sistemi definiti "naturali" in quanto tendono a riprodurre, in un ambiente controllato, i processi di autodepurazione che avvengono nelle zone umide naturali e si suddividono in sistemi con macrofite galleggianti, radicate sommerse, emergenti e infine sistemi misti nei quali queste tre tipologie vengono utilizzate simultaneamente.

I tre principali sistemi di fitodepurazione si differenziano per la tipologia di flusso idrico e per le differenti tipologie di macrofite utilizzate: i sistemi a flusso orizzontale (*Horizontal Flow*, HF) e i sistemi a flusso sommerso verticale (*Vertical Flow*, VF) che utilizzano le macrofite radicate emergenti e i sistemi a flusso libero (*Free Water System*, FWS) nei quali possono essere utilizzati tutti e tre le tipologie di macrofite precedentemente indicate (ISPRA, 2012).

Nella fitodepurazione i processi mediante i quali i diversi contaminanti vengono rimossi dalla matrice acqua sono la fitodegradazione, ovvero l'assorbimento e la trasformazione del contaminante per mezzo di processi vegetali, la fitoestrazione processo in cui il contaminante viene estratto e accumulato e successivamente traslocato nelle radici e/o nelle parti aeree e infine la fitovolatilizzazione dove il contaminante viene assorbito dalla pianta, eventualmente modificato nella sua forma chimica, e rilasciato dalle foglie nell'atmosfera attraverso il processo di traspirazione.

I sistemi di fitodepurazione possono essere utilizzati efficacemente nel trattamento secondario e terziario delle acque reflue con buone rese depurative, basso impatto ambientale e consumi energetici nettamente inferiori rispetto ad altri sistemi di depurazione.

I sistemi di fitodepurazione inoltre possono essere utilizzati in contesti naturali per la mitigazione degli effetti degli inquinanti (nutrienti, solidi sospesi, micro inquinanti, metalli pesanti) sull'ecosistema, nonché in condizioni controllate utilizzando specie con elevata capacità di rimozione di contaminanti specifici (es. metalli pesanti e le sostanze perfluoroalchiliche note come PFAS) (Chiudioni *et al.*, 2017; Pi *et al.*, 2017).

Le future sfide nel campo della ricerca sono quelle di testare diverse specie di macrofite in grado di mitigare la presenza di patogeni nelle acque sfruttando l'affinità tra rizosfera e microrganismo. Diversi studi hanno dimostrato come alcuni batteri patogeni (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*) siano in grado di colonizzare l'apparato radicale, trovando un substrato di crescita ideale, sfruttando le sostanze prodotte dalla pianta in prossimità delle radici. In diversi studi è stato inoltre osservato un processo di internalizzazione di questi microrganismi nella pianta attraverso l'apparato radicale e/o vie d'accesso causate da danni/ferite della pianta (Zheng *et al.*, 2013; Guo *et al.* 2001; Gough *et al.*, 1997).

Gli impianti di fitodepurazione, qualunque essi siano e per qualsiasi tipologia di inquinante, presentano dei vantaggi notevoli rispetto alle tecnologie convenzionali. Questi vantaggi sono rappresentati da costi limitati, la fitodepurazione è meno costosa degli altri interventi (ITRC, 2001), dall'applicabilità in contesti dove le tecnologie convenzionali non sarebbero ugualmente efficienti, ad esempio nella rimozione di basse concentrazioni di contaminante su aree estese e su siti contaminati da più inquinanti, dalla percezione positiva da parte degli utenti in quanto tali impianti aumentano il valore estetico dell'area e infine dal ruolo ecologico degli impianti di fitodepurazione nel fornire specifici servizi ecosistemici.

I servizi ecosistemici come definito dal *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) 2005 sono quei "benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano":

- a) servizi di approvvigionamento, che forniscono i beni veri e propri, quali cibo, acqua, legname, ecc.
- b) servizi di regolazione, che regolano il clima e le precipitazioni, l'acqua (es. le inondazioni), i rifiuti e la diffusione delle malattie si esplicano nella regolazione dei processi fisici, ecologici e biologici fondamentali per garantire l'integrità degli ecosistemi. Tali funzioni di regolazione forniscono servizi più o meno diretti alla società, come la disponibilità di aria pulita, la fornitura di acqua e terreno fertile, il controllo e la regolazione dei cicli bio-geo-chimici e biologici;
- c) servizi culturali, relativi alla bellezza, all'ispirazione e allo svago che contribuiscono al nostro benessere spirituale;

- d) servizi di supporto, sono necessari per la produzione degli altri servizi ecosistemici e comprendono la creazione di habitat, la conservazione della biodiversità genetica, la formazione di suolo, il ciclo dei nutrienti e la produzione primaria.

I sistemi di fitodepurazione forniscono in parte servizi di supporto ma principalmente servizi di regolazione in quanto sono in grado di regolare il microclima locale, di mitigare, se inseriti in un contesto naturale, gli eventi estremi come ad esempio le inondazioni e infine di trattare le acque reflue riducendo o eliminando i contaminanti presenti (MEA, 2005).

Bibliografia

- Baker AJM, Reeves RD, Mcgrath SP. In situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal accumulating plants: a feasibility study. In: Hinchee RL, Olfenbuttel RF (Ed.). *In situ bioreclamation*. Boston: Butterworth – Heinemann; 1991. p. 600-605.
- Chiudioni F, Trabace T, Di Gennaro S, Palma A, Manes F, Mancini L. Phytoremediation applications in natural condition and in mesocosm: The uptake of cadmium by *Lemna minuta* Kunth, a non-native species in Italian watercourses. *International Journal of Phytoremediation* 2017;19(4):371-6.
- Europa. Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio della Comunità Europea del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. *Gazzetta ufficiale delle Comunità europee* n. L 327/1 del 22 dicembre 2000.
- Europa. Direttiva 91/271/CE del Consiglio della Comunità Europea, del 21 maggio 1991, concernente il trattamento delle acque reflue urbane. *Gazzetta ufficiale* n. L 135 del 30 maggio 1991.
- Gough C, Galera C, Vasse J, Webster G, Cocking EC and Denarie J. Specific flavonoids promote intercellular root colonization of *Arabidopsis thaliana* by *Azorhizobium caulinodans* ORS571. *Mol Plant Microbe Interact* 1997;10:560-70.
- Guo X. Survival of *Salmonella* on and in tomato plants from the time of inoculation at flowering and early stages of fruit development through fruit ripening. *Appl. Environ. Microbiol* 2001;67:4760-4.
- ISPRA. *Guida Tecnica per la progettazione e gestione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue urbane*. Delibera del Consiglio Federale. Seduta del 5 aprile 2012-Doc. n. 11/12-CF. Roma: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale; 2012. (Manuali e Linee Guida 81/2012).
- ITRC. *Technical and Regulatory Guidance Document, Phytotechnology*. Washington, DC: Interstate Technology Regulatory Council; 2001.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and human well-being: A Framework for assessment*. Washington, DC: Island Press; 2005.
- Pi N, Ng JZ, Kelly BC. Uptake and elimination kinetics of perfluoroalkyl substances in submerged and free-floating aquatic macrophytes: Results of mesocosm experiments with *Echinodorus horemanii* and *Eichhornia crassipes*. *Water Research* 2017;117:167-74.
- Raskin I, Smith RD, Salt DE. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Curr Opin Biotechnol* 1997;8:221-6.
- Wenzel WW, Lombi E, Adriano DC. Biogeochemical processes in the rhizosphere: role in phytoremediation of metal-polluted soils. In: Prasad MNV, Hagemeyer J (Ed.). *Heavy metal stress in plants - From molecules to ecosystems*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 1999. p. 271-303.
- Zheng J, Allard S, Sara Reynolds S, Millner P, Arce G, Blodgett R, Brown EW. Colonization and Internalization of *Salmonella enterica* in Tomato Plants. *Journal of Applied and Environmental Microbiology* 2013;79(8):2494-502.