

LA FITODEPURAZIONE: UNA TECNOLOGIA DI DEPURAZIONE NATURALE

Patrizia Casarini, ARPA della Lombardia – Dipartimento di Pavia

AUTODEPURAZIONE

In natura avvengono costantemente processi di depurazione naturale ad opera degli organismi animali e vegetali che popolano il suolo e le acque. Esemplicando: la sostanza organica che raggiunge un corso d'acqua, sia essa di origine naturale o antropica, viene demolita da microrganismi, e i prodotti della mineralizzazione vengono utilizzati dai vegetali. Le multiformi comunità microscopiche, costituite da batteri, funghi, protozoi, alghe, piccoli metazoi, rappresentano il primo sistema depurante dei corsi d'acqua. Questo depuratore naturale supporta un secondo sistema depurante che funge da acceleratore e regolatore del processo, costituito dagli invertebrati bentonici. La loro ricchezza di specializzazioni massimizza l'utilizzo di tutte le forme di risorse alimentari disponibili, scarichi umani compresi, e rende la comunità in grado di rispondere in maniera flessibile alle variazioni stagionali o antropiche del carico organico. Un ulteriore contributo alla rimozione della biomassa è fornito dai vertebrati, compresi quelli terrestri, che si nutrono degli invertebrati acquatici. Molto efficace è anche il ruolo della vegetazione acquatica nell'azione di ciclizzazione dei nutrienti (Fig. 1). Vertebrati e vegetazione acquatica possono essere considerati il terzo sistema depurante dell'ambiente fluviale.

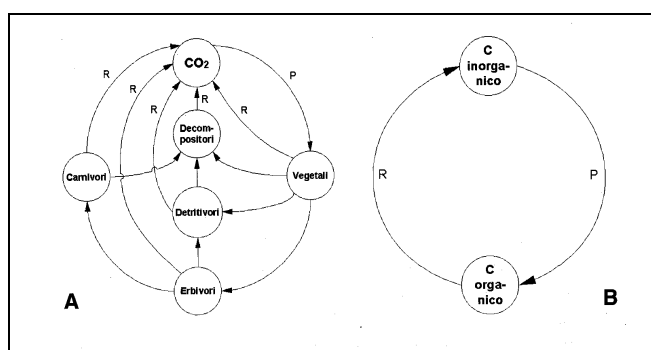


Fig.1. A: Schema del ciclo della materia per il carbonio in un ecosistema chiuso (stagno). B: lo stesso schema semplificato

P = Fotosintesi; R = Respirazione (Dal manuale ANPA : IFF – Indice di Funzionalità Fluviale).

In un corso d'acqua il trasporto della materia fa sì che gli stessi processi si chiudano *in situ*, ma dopo un percorso più o meno lungo, come se la serie dei cicli venisse stirata nello spazio a formare una spirale. L'accoppiamento tra ciclizzazione e trasporto viene denominata "spiralizzazione dei nutrienti".

L'efficienza dei tre sistemi depuranti è, a sua volta, condizionata dall'integrità del sistema terrestre circostante, in particolare dalla vegetazione riparia, che agisce da filtro meccanico (sedimentazione del carico solido delle acque di dilavamento) e da filtro biologico (rimozione di azoto e fosforo).

Il risultato complessivo dei processi autodepuranti è schematizzato nella figura 2.

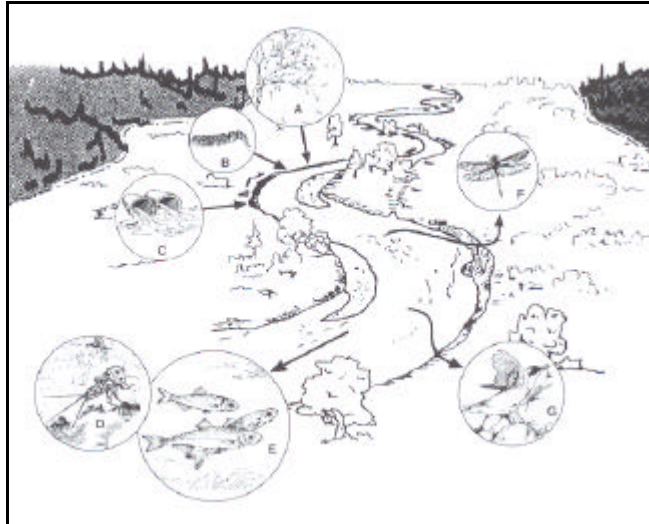


Fig.2: I rifiuti organici provenienti dal territorio (A: foglie e frammenti vegetali; B: escrementi e spoglie animali; C: scarichi antropici), raggiunto il fiume vengono assunti dagli organismi acquatici (D: macroinvertebrati; E: pesci) e trasformati così in biomassa vivente, che in parte viene restituita al territorio sotto forma di insetti alati (F), uccelli (G) e altri (Dal manuale ANPA : IFF – Indice di Funzionalità Fluviale).

DEPURATORI E FITODEPURAZIONE

Le capacità autodepuranti delle acque di superficie non riescono però a far fronte a grossi carichi inquinanti, come quelli derivanti da collettori fognari non sottoposti ad alcun trattamento e si assiste ad un progressivo degrado della qualità. Occorre trattare le acque reflue.

Gli impianti di depurazione di tipo biologico, sia a biomassa sospesa che adesa, possono essere definiti ecosistemi artificiali in condizioni estreme, dove il primo processo naturale sopra descritto viene concentrato nel tempo e nello spazio, con elevati costi di impianto e di gestione.

La fitodepurazione è un processo naturale per depurare le acque reflue che utilizza i vegetali come filtri biologici attivi in grado di ridurre gli inquinanti in esse presenti.

I trattamenti di fitodepurazione sono trattamenti biologici secondari, che necessitano di un trattamento primario di sedimentazione, quale una fossa Imhoff e/o terziari, di affinamento, che sfruttano la capacità di autodepurazione degli ambienti acquatici. La rimozione dei nutrienti e dei batteri avviene attraverso gli stessi processi fisici, chimici e biologici dei fanghi attivi, attraverso filtrazione, adsorbimento, assimilazione da parte degli organismi vegetali e degradazione batterica.

L'impianto di fitodepurazione rappresenta quindi un'alternativa alla depurazione tradizionale, rispetta l'ambiente ed è vantaggiosa dal punto di vista economico (v. risparmio di energia elettrica, in un'ottica di sviluppo sostenibile, limitati costi di gestione) ed ambientale (miglior impatto sul paesaggio, eliminazione di trattamenti di disinfezione).

In pratica, si tratta di una zona umida costruita, in cui il suolo è mantenuto costantemente saturo d'acqua (Moroni et al., 1996) e consiste in un bacino poco profondo, impermeabilizzato ove necessario, riempito con un idoneo substrato e vegetato con piante acquatiche.

LA LEGISLAZIONE

Il D.Lgs 152/99 e succ.mod. (258/00), al paragrafo 3 dell'allegato 5, relativo agli scarichi degli insediamenti con A.E. (abitanti equivalenti) con popolazione compresa tra i 50 ed i 2.000 A.E., introducendo il concetto di "trattamento appropriato" auspica il ricorso a tecnologie di depurazione naturale.

Dal Decreto Legislativo:

"I trattamenti appropriati devono essere individuati con l'obiettivo di:

- a) rendere semplice la manutenzione e la gestione;*

- b) essere in grado di sopportare adeguatamente forti variazioni orarie del carico idraulico ed organico;
- c) minimizzare i costi gestionali.

Questa tipologia di trattamento può equivalere ad un trattamento primario o ad un trattamento secondario a seconda della scelta tecnica adottata e dei risultati depurativi raggiunti. Per tutti gli insediamenti con popolazione equivalente compresa tra 50 e 2.000 A.E. si ritiene auspicabile il ricorso a tecnologie di depurazione naturale quali il lagunaggio o la fitodepurazione, o tecnologie come la fitodepurazione, o tecnologie come filtri percolatori od impianti ad ossidazione totale.

Peraltro tali trattamenti possono essere considerati adatti se opportunamente dimensionati, al fine del raggiungimento dei limiti della tabella 1, anche tutti gli insediamenti in cui la popolazione equivalente fluttuante sia superiore al 30% della popolazione residente e laddove le caratteristiche territoriali e climatiche lo consentano. Tali trattamenti si prestano, per gli insediamenti di maggiori dimensioni con popolazione equivalente compresa tra i 2.000 e i 25.000 A.E., anche a soluzioni integrate con impianti a fanghi attivi o a biomassa adesa, a valle del trattamento, con funzione di affinamento.

APPLICAZIONI - VANTAGGI - LIMITI

La fitodepurazione può essere utilizzata per:

- trattamenti secondari, dopo sedimentazione, di reflui di insediamenti civili (abitativi, ricreativi quali campeggi, centri di agriturismo, centri commerciali, ecc.), soprattutto in siti abitativi rurali dove non è possibile o si rivela troppo costoso l'allacciamento a fognatura o in siti con popolazione fluttuante
- trattamenti terziari a valle di impianti di depurazione di tipo civile o misto soprattutto in funzione dell'abbattimento della carica batterica
- trattamenti secondari o terziari di reflui di provenienza industriale (esperienze in Europa su frantoi oleari, caseifici, industria tessile, alimentare)
- trattamenti di reflui di provenienza agricola

VANTAGGI	LIMITI
Riduzione dei costi capitali	Necessità di ampie superfici
Consumi energetici ridotti o nulli	Non adattabile ad alte quote o in climi freddi
Semplicità gestionale	
Costi di gestione molto limitati	
Limitate quantità di biomassa di risulta	
Buon inserimento ambientale	
Maggior tutela dei corpi idrici recettori	

CLASSIFICAZIONE

I trattamenti di fitodepurazione, in base alla modalità ed alla direzione di scorrimento dell'acqua, si possono suddividere in:

- lagunaggi biologici (o stagni biologici)
- ecosistemi filtro
- sistemi a flusso superficiale (SF, Surface Flow)
- sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF, Horizontal Sub-Surface Flow)
- sistemi a flusso sub-superficiale verticale (V-SSF, Vertical Sub-Surface Flow)

Possono essere classificati anche in base al tipo di vegetali utilizzati:

- sistemi a microalghe
- sistemi a macrofite galleggianti
- sistemi a macrofite radicate sommerse
- sistemi a macrofite radicate emergenti

- sistemi misti

Si prendono in esame i sistemi con possibilità di applicazione anche sul territorio nazionale, evidenziandone le possibilità di applicazione.

Lagunaggi biologici

Necessitano di spazi molto ampi e sono diffusi soprattutto negli Stati Uniti. Possono dare problemi di odori e di insetti. È però interessante il loro utilizzo per il finissaggio dei reflui già trattati da impianti di depurazione (Fig. 3). In Italia questo sistema ha trovato applicazione soprattutto nel campo delle industrie di lavorazioni alimentari stagionali, come gli zuccherifici (Vismara *et al.*, 2001).

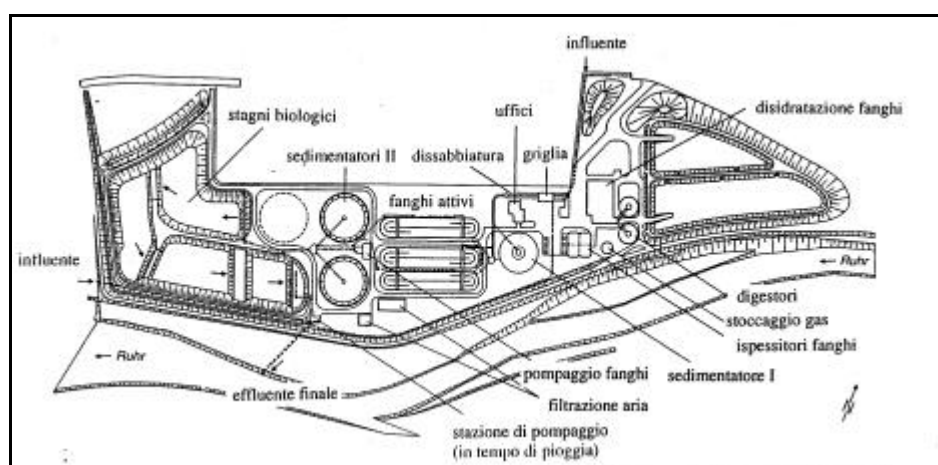


Fig.3: Lay-out generale, impianto di depurazione “Arnsberg-Wildshausen” (48.000 A.E., bacino del fiume Ruhr, Germania) (Dall’Archivio Ruhrverband).

Ecosistemi filtro

Si tratta di interessanti applicazioni, molto efficaci ad esempio per l’abbattimento della carica batterica ai fini della balneazione. Sono costituite da unità ecosistemiche differenti (specchi lentici, unità palustri, unità di prato umido, canali a corrente lenta), organizzate in modo da sviluppare capacità autodepurative molto elevate tra punto di emissione dello scarico di impianti di depurazione e corpo recettore. Troviamo esempi di applicazione nella provincia di Piacenza, in Val Trebbia (Bisogni & Malcevski, 1996).

Sistemi a flusso superficiale (SF)

Si tratta di vasche o canali a bassa profondità (0,5m), al cui interno vengono fatte crescere piante galleggianti, quali il giacinto d’acqua (*Eichornia crassipes*) o la lenticchia d’acqua (*Lemna spp.*) (Fig.5), oppure piante radicate sommerse, quali *Miriophyllum spp.*, *Potamogeton spp.*, *Ceratophyllum spp.*(che richiedono profondità dell’acqua più elevate) o emergenti, quali la cannuccia di palude (*Phragmites australis*), la mazza di tamburo (*Typha latifolia*) o il giunco palustre (*Scirpus spp.*), citando essenze diffuse alla nostra latitudine (Fig.6).

Il giacinto d’acqua risulta molto efficace per la rimozione dei nutrienti, dei metalli pesanti e anche dei fenoli, ma può in questi ultimi casi risultare problematico il destino della biomassa prodotta. Inoltre il suo tasso di crescita si riduce drasticamente al disotto dei 10 °C. La lenticchia d’acqua è efficace soprattutto nella riduzione delle concentrazioni di azoto e fosforo, ma è difficile da gestire, per l’estrema facilità di impilarsi sotto la spinta di un forte vento (Egaddi, 1991).

Nel caso delle macrofite radicate, il lento lusso dell’acqua attraverso steli e radici favorisce la creazione di un ambiente in grado di abbattere in modo importante il carico organico, ma l’efficienza si riduce nel periodo invernale e si possono creare problemi di insetti ed in alcuni casi di cattivi odori. L’applicazione più idonea, con un’idonea superficie a disposizione, appare quella del

finissaggio di scarichi di impianti di depurazione. La provincia di Pavia, come tutto il territorio nazionale, offre stimolanti possibilità di applicazione.

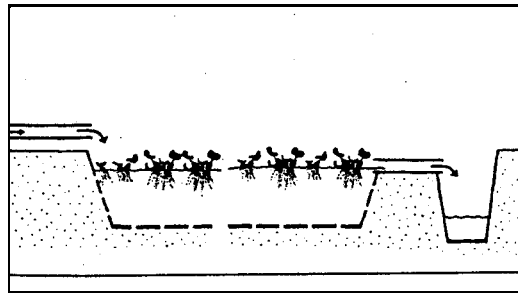


Fig.4: Schema di un sistema a flusso superficiale con macrofite natanti (Da Vismara, 1998).

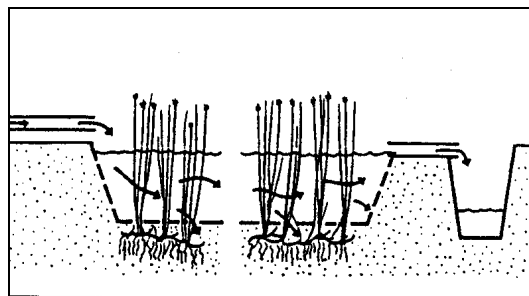


Fig. 5: Schema di un sistema a flusso superficiale con macrofite radicate emergenti ((Da Vismara, 1998).

Sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF) e verticale (V-SSF)

Sono quelli con maggiori applicazioni per trattamenti secondari, sia per gli spazi più limitati che occupano rispetto ai precedenti che per la loro efficienza ed adattabilità.

Consistono in bacini naturalmente impermeabili o resi tali, con un substrato di materiale inerte ove vengono piantumate macrofite emergenti radicate.

Il principio utilizza la capacità delle piante degli ambienti umidi di trasferire l'ossigeno dalle parti aeree a quelle sommerse: l'ossigeno atmosferico assunto dalle foglie e dagli steli viene trasferito e rilasciato a livello della rizosfera creando, nel medium anaerobico, delle piccole zone aerobiche, condizione indispensabile per l'attività di quei batteri che necessitano di ossigeno per la loro attività.

Si può utilizzare *Typha latifolia*, a crescita rapida ed ampia tolleranza per i metalli, con penetrazione nel terreno sino a 0,3-0,4m, ma il vegetale più utilizzato in Europa è il *Phragmites australis*, una specie molto diffusa con ampia tolleranza alle condizioni climatiche, dovuta alla molteplicità dei suoi biotipi. Ha una crescita molto rapida ed una penetrazione radicale di 0,6m nel medium in cui viene immerso, non viene attaccato da ratti e nutrie (Borin, 1997) e possiede un'elevata capacità di trasferimento dell'ossigeno dalle parti aeree alle parti sommerse, il che favorisce i processi di nitrificazione. Il suo insediamento può avvenire per semina, trapianto di piccole piantine, trapianto con talee o interrimento di rizomi, ma quest'ultimo sembra il metodo più idoneo, ricorrendo sia a vegetazione spontanea che di vivaio.

Per entrambe le tipologie, a livello progettuale occorre tener conto di:

- carico idraulico
- caratteristiche del refluo
- superfici disponibili
- condizioni climatiche
- distanza dalle abitazioni

Sistemi a flusso subsuperficiale orizzontale (H-SSF) (Fig. 7)

Il refluo da trattare, dopo un pretrattamento per ottimizzare i rendimenti di depurazione e limitare l'impiego di superfici (vasca Imhoff ed eventualmente grigliatura, disoleatore), attraversa orizzontalmente il medium di crescita della vegetazione emergente in modo che la zona subsuperficiale si mantenga satura e non si abbia scorrimento superficiale. Il medium è costituito da sabbia, ghiaia, roccia, preferibilmente locali, svolge azione di filtrazione meccanica e costituisce, con l'apparato radicale delle macrofite, il substrato per l'adesione della pellicola biologica (batteri, funghi, protozoi, piccoli metazoi), responsabile della depurazione biologica.

Questo sistema determina un impatto ambientale ed igienico-sanitario nullo, perché non si ha scorrimento in superficie del liquame da depurare, richiede un'area di utilizzo inferiore rispetto ai sistemi SF in quanto la presenza del medium attraverso cui passa il refluo aumenta la superficie utile per i processi depurativi, richiede una gestione ed una manutenzione estremamente ridotte e l'efficienza depurativa è costante tutto l'anno.

L'abbattimento del BOD₅ è dovuto principalmente a processi di filtrazione a carico del medium ed alla decomposizione da parte dei microrganismi adesi ai rizomi, alle radici delle piante.

L'efficienza di rimozione dei solidi sospesi è dovuta al processo di filtrazione da parte del medium ed avviene in misura maggiore in prossimità del punto di immissione dello scarico (EPA, 1993).

La rimozione dell'azoto avviene in parte per assunzione da parte delle macrofite (10-16 %), ma soprattutto per un processo di nitrificazione nei micrositi aerobici adiacenti alla superficie radicale, seguita da un processo di denitrificazione nello spessore del medium in cui vi sono condizioni di anaerobiosi (EPA, 1993).

La rimozione del fosforo avviene per processi di adsorbimento, complessazione e precipitazione a carico del medium ed in minima parte per assunzione da parte delle macrofite (Reed *et al.*, 1988).

La rimozione dei batteri, estremamente efficace, sembra derivi dal continuo passaggio attraverso micrositi aerobici ed anaerobici nella rizosfera, il che comporta uno stress per i microrganismi non metabolicamente adatti a tenori diversi di ossigeno (Moroni *et al.*, 1996).

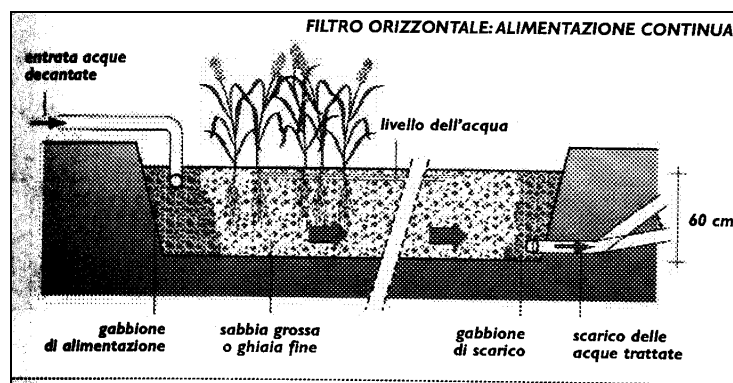


Fig.6: Schema di un sistema subsuperficiale a flusso orizzontale (Da Cooper, 1996)

Un esempio di applicazione: Lugo di Baiso (RE) (Moroni *et al.*, 1996).

Tratta 50 A.E. ed il pretrattamento è effettuato da una vasca Imhoff .

Trattandosi di impianto sperimentale, sono state realizzate due vasche di fitodepurazione, con una pendenza dell'1%, impermeabilizzate con tessuto non tessuto, riempite con materiale inerte e piantumate con *Phragmites* (4-5 rizomi/m² alla profondità di 20-30cm). Il livello idraulico viene regolato in pozzetti a valle di ogni vasca.

Si prevede il rinnovo del materiale di riempimento ogni 15-20 anni .

L'efficienza di rimozione degli inquinanti risulta elevata:

Parametro	Efficienza di rimozione (%)
BOD ₅	90 in estate, 60-70 in inverno
SST	90

Batteri	90-99
N e P	varia, ma può arrivare al 90

Sistemi a flusso subsuperficiale verticale (V-SSF) (Fig.8).

Sono schematicamente costituiti da una vasca di sedimentazione primaria, da una vasca di equalizzazione delle portate giornaliere influenti e dall'impianto di fitodepurazione.

Prevedono un'irrigazione intermittente del suolo artificiale, che porta ad un costante ricambio dei gas presenti nel suolo stesso. La permeabilità del substrato garantisce una costante aerazione rispetto alla fitodepurazione orizzontale nonché un'elevata ossidazione e degradazione della sostanza organica e degli inquinanti anche nel periodo invernale e la presenza delle piante consente di proteggere le piante dalle basse temperature invernali (elevata efficienza depurativa anche con temperature esterne di -10 °C), di assorbire dal suolo le sostanze minerali rese disponibili nel corso del processo di degradazione microbica, di assicurare mediante il sistema radicale una microfauna batterica con maggiore spettro di azione, arricchendo in questo modo le capacità di degradazione e rimozione degli inquinanti del sistema.

Il refluo che viene distribuito sulla superficie del medium filtra gradatamente verso il fondo delle vasche (come avviene nei letti percolatori) e lo svuotamento progressivo permette all'aria di infiltrarsi negli interstizi, il riempimento successivo intrappola l'aria e la spinge in profondità, permettendo in questo modo un'elevata ossigenazione anche nel periodo del riposo vegetativo.

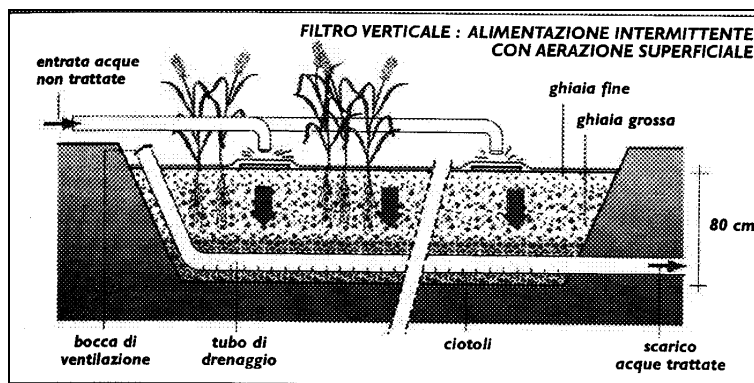


Fig.7: Schema di sistema a flusso subsuperficiale verticale (Da CEMAGREF)

Le percentuali di rimozione degli inquinanti sono elevate. In un sistema di fitodepurazione a flusso verticale di acque miste sito nel comune di Gorizia, in funzione dal 1.995 (Vecchiet & Vanon, in pubblicazione), si sono registrati questi valori:

Parametro	Efficienza di rimozione (%)
BOD ₅	90
COD	65
N-NH ₄ ⁺	60
N totale	75
P-PO ₄ ³⁻	90
Coliformi totali	>99
Coliformi fecali	>99

LINEE GUIDA – UNA PROPOSTA ITALIANA

Esistono linee guida internazionali prodotte da paesi con caratteristiche climatiche ed economiche simili alle nostre:

- EPA 832-R-93-001 (1993)
- Önorm B2505 (1998)

- Standard ATV-A-262E
- WRC (1996) (manuale tecnico)

Il gruppo di lavoro ANDIS, alla luce delle indicazioni del D.Lgs 152/99 e succ.mod. ha proposto linee guida utili per scelte applicative e dimensionamento di impianti di fitodepurazione a flusso superficiale e sub-superficiale alimentati con acque pre-trattate, con una copertura superficiale vegetale costituita prevalentemente da macrofite radicate.

Tali linee guida sono relative al trattamento delle sole acque domestiche e assimilabili, per scarichi di potenzialità inferiore a 1.000 A.E. (Vismara *et al.*, 2001).

Senza entrare nei dettagli tecnici, se ne riporta una breve sintesi.

Caratteristiche dei siti idonei alla collocazione di questi sistemi di fitodepurazione:

- distanza dalle abitazioni non inferiore a 50m (tranne che per impianti al servizio di singole abitazioni)
- possibilità di accesso per la manutenzione e la rimozione dei fanghi
- microclima favorevole
- pendenza del terreno compatibile con l'allocazione
- impermeabilizzazione naturale (si ricorre altrimenti ad un'impermeabilizzazione artificiale)

Se non è presente impermeabilizzazione naturale (almeno 60cm di argilla), si può ricorrere a vasche prefabbricate in plastica, vasche in cemento armato o teli impermeabili di spessore = 1mm.

Il vegetale più utilizzato nei trattamenti a macrofite radicate è la cannuccia di palude (*Phragmites australis*), ma possono essere utilizzati anche la mazza di tamburo (*Typha latifolia*), il giunco palustre (*Scirpus lacustris*) ed altre essenze, delle quali però esistono poche informazioni sull'efficienza di depurazione.

Le migliori tecniche per l'impianto della cannuccia di palude sono rappresentate dal trapianto di piantine con pani di terra (in primavera, 3-4 piantine/m²) e dall'interramento di cespi (2/m²) o rizomi (=4/m²) in autunno (Fig. 9).

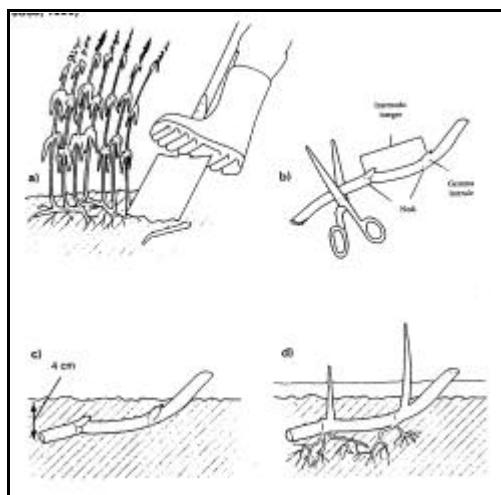


Fig.8: Tecnica per la messa a dimora e l'utilizzo di sezioni di rizoma (Da Hawke e Josè, 1996, in Borin, 1997)

Nella progettazione occorre tener conto del carico idraulico (200 l/d per A.E) e del carico di inquinanti dopo pretrattamento e, soprattutto ove vi siano problemi di siccità, è necessaria una valutazione del bilancio idrico per garantire la sopravvivenza delle piante.

* Nei sistemi a flusso superficiale il dimensionamento dei letti ed il livello dell'acqua variano a seconda del sistema utilizzato, del vegetale utilizzato ed in funzione del tipo di trattamento. Per dare un ordine di grandezza, per un trattamento secondario l'altezza dell'acqua può variare da 10 a 40 cm e la superficie deve essere preferibilmente superiore a 20 m² /A.E.

* Per gli impianti a flusso sub-superficiale orizzontale la superficie di letti deve essere perfettamente piana, mentre il fondo deve avere una leggera pendenza, che non superi l'1%, per favorire il deflusso, la profondità del substrato inerte deve essere = 50 cm. La superficie indicata per applicazioni non stagionali è di 4,5m² /A.E. e per applicazioni prevalentemente estive di 3,5m² /A.E.

* Anche nel sistema a flusso sub-superficiale verticale la superficie deve essere orizzontale e perfettamente piana e il fondo impermeabile. La profondità del substrato inerte deve essere = 80 cm e la granulometria del medium deve presentare un gradiente verticale. Il sistema viene alimentato in modo discontinuo (pompe o sistemi a sifone). Le superfici minime sono di 25 m²/A.E. per applicazioni non stagionali e di 2,0 m² /per applicazioni estive.

La gestione e la manutenzione comportano quanto è di seguito schematizzato:

<i>Operazioni</i>	<i>Frequenza minima proposta</i>
Controllo del sistema di distribuzione	quindicinale
Controllo del sistema di raccolta e scarico	quindicinale
Controllo del livello idrico nei bacini (Sistemi H-SSF)	quindicinale
Verifica della funzionalità di eventuali apparecchiature elettromeccaniche	quindicinale
Controllo della corretta funzionalità dei pretrattamenti	quindicinale
Controllo del livello di fango nel trattamento primario per decidere la sua rimozione	Trimestrale
Eventuale taglio della votazione (solo nei sistemi SF)	annuale

BIBLIOGRAFIA

ANPA, 2000. I.F.F. *Indice di Funzionalità Fluviale*. 223 pp.

Bisogni G.L., Malcevschi S., 1996. Ecosistemi filtro: l'esperienza della Valle Trebbia. In Atti del Convegno: *Fitodepurazione, metodologie ed applicazioni*. Finale Emilia, 21 gennaio 1994: 125-133.

M.Borin, Marchetti C., 1997. Sistemi di depurazione delle acque basati sull'uso di vegetazione macrofita. II. Esempi applicativi e gestione della vegetazione. *ARS* n. 56: 7-12.

CEMAGREF. WWW.cemagref.fr

Cooper P., 1996. Reed beds & constructed Wetlands for wastewater treatment. S.T.W.WRC Ed.

Egaddi F., 1991. Ruolo della fitodepurazione nell'abbattimento dei nutrienti. *Biologia Ambientale*, n° 6: 5-14.

EPA, 1993. Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment. EPA 832-R-93-001, U.S. EPA Office of Water (WH547).

Moroni F., Pergetti M., Ghetti P.F., 1996. La fitodepurazione con il sistema a flusso sub-superficiale: principi di funzionamento e aspetti progettuali di un impianto per il trattamento di reflui civili. In Atti del Convegno: *Fitodepurazione, metodologie ed applicazioni*. Finale Emilia, 21 gennaio 1994: 137-146.

Reed S.C., Middlebrooks E.J., Crites R.W., 1998. Natural system for waste management and treatment. *Mc Graw-Hill Book Company*, 6: 164-202.

Vecchiet M., Vanon R., 1999. In pubblicazione su *Rassegna tecnica del Friuli Venezia Giulia*.

Vismara R., 1998. *Depurazione biologica - Teoria e processi*. Hoepli Ed.: 778 pp.

Vismara R., Egaddi F., Garuti G., Pergetti M., Pagliughi A., 2001. Linee guida per il dimensionamento degli impianti di fitodepurazione a macrofite radicate emergenti: gli esempi internazionali ed una proposta italiana. *Biologi Italiani*, 4: 40-51.