

Riccardo Bresciani • Fabio Masi

Manuale pratico di fitodepurazione



**Come trattare e recuperare le acque di scarico
con sistemi di depurazione naturale**

Terra Nuova
EDIZIONI

Riccardo Bresciani e Fabio Masi

Manuale pratico di fitodepurazione

Come trattare e recuperare le acque di scarico
con sistemi di depurazione naturali

Terra Nuova Edizioni

Direzione editoriale: Mimmo Tringale e Cristina Michieli
Curatore editoriale: Enrica Capussotti

Autori: Riccardo Bresciani e Fabio Masi

Editing: Lucia Castellucci

Impaginazione: Giulia Raineri

Copertina: Andrea Calvetti

Le foto sono di proprietà degli autori, se non specificato diversamente.

©2013, Editrice Aam Terra Nuova, via Ponte di Mezzo, 1
50127 Firenze tel 055 3215729 - fax 055 3215793
libri@aamterranuova.it - www.terranuovaedizioni.it

I edizione gennaio 2013

Collana: Bioedilizia

ISBN: 978-88-6681-002-5

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del libro può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il permesso dell'editore.

Le informazioni contenute in questo libro hanno solo scopo informativo, pertanto l'editore non è responsabile dell'uso improprio e di eventuali danni morali o materiali che possano derivare dal loro utilizzo.

Stampa: Lineagrafica, Città di Castello (Pg)

**Hanno collaborato alla stesura dei testi
e alla realizzazione delle immagini:**

Lisa Zanieri, Nicola Martinuzzi, Giulio Conte,
Ivano Filippini, Maria Cristina Grandi,
Luz Stella Peña Escobar.

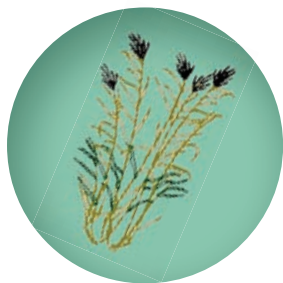
Un ringraziamento particolare a:

Iridra Srl, StudioBios, Studio Elementi,
Studio Maione, Piante Acquatiche Ninfea,
Floriana Romagnolli, Sws Consulting Engineering,
Jamie Nivala, LandMilano, Ambiente Italia,
Cirf (Centro Italiano sulla Riqualificazione Fluviale),
il gruppo internazionale Iwa (*International Water Association*)
per quanto riguarda le *constructed wetland*,
il gruppo italiano Iwa sulla fitodepurazione,
Cantine Cecchi, Hapimag Pentolina,
Comune di Gorla Maggiore, Oxfam Italia,
Ecogest Rovigo, Giuseppe Vivai e Salvatore Squadrito.

Manuale pratico di fitodepurazione

Prefazione	6
Depurazione naturale e fitodepurazione: una breve introduzione	11
Un po' di storia...	13
La diffusione nel mondo	14
E in Italia?	16
Come funziona	20
I sistemi di fitodepurazione: le tipologie riconosciute	20
Meccanismi di rimozione	24
Il ruolo delle Piante	27
Vademecum per la progettazione	30
Le indagini preliminari	30
La caratterizzazione dello scarico	31
La normativa, i vincoli e le autorizzazioni	33
La scelta dei pretrattamenti	34
La scelta della configurazione idraulica	37
L'inserimento urbanistico e paesaggistico	39
Il layout dell'impianto	40

Come si realizza	42
Movimenti terra	42
Impermeabilizzazione	42
Riempimenti	43
Sistemi di ingresso e uscita	47
Le piante	53
Autocostruzione e ditte realizzatrici	59
Errori comuni e ‘fintodepurazioni’	60
 Fotoracconto. Dallo scavo alla piantumazione	 61
 Come si mantiene	 66
Operazioni di routine	66
Manutenzioni straordinarie e risoluzione dei problemi (trouble shooting)	68
 Approfondimenti	 70
Non solo domestico: altre applicazioni della depurazione naturale	70
Il riutilizzo delle acque reflue e il recupero delle acque grigie	76
Il recupero delle acque meteoriche	80
Gli stagni di balneazione	84
Le acque meteoriche di dilavamento	90
Gli sfiori delle fognature miste	92
Esempi di progetti e realizzazioni in Italia e all'estero	94
 Alcuni aspetti teorici	 122
L'idraulica dei sistemi di depurazione naturale	122
Dimensionamento di processo dei sistemi di fitodepurazione	131
 Glossario	 144
 Bibliografia	 150



Prefazione

Acqua, suolo, piante, batteri, insetti, funghi, alghe: tutti questi elementi sono presenti in quei sistemi naturali complessi che si definiscono come zone umide o paludose. Negli anni Sessanta del secolo scorso alcuni scienziati hanno cominciato a studiare la capacità dei vari corpi idrici naturali – dai mari, agli oceani, dai torrenti di montagna ai fiumi piccoli e grandi, fino alle paludi – di assorbire e trasformare le sostanze in essi disciolte. Questa capacità di “autodepurazione” si è dimostrata essere tanto più elevata quanto più ricco e articolato è il sistema idrico in esame, soprattutto in termini di biodiversità, ovvero del numero di specie animali e vegetali in esso presenti. In virtù delle loro particolari condizioni di flusso molto lento all’interno di ecosistemi molto complessi, proprio le paludi rappresentano uno dei modi più efficaci per trattare acque inquinate senza far uso di tecnologie che consumino energia.

La biodiversità generata dalla combinazione di acqua, suolo, piante e batteri permette inoltre di attivare una molteplicità di meccanismi per la trasformazione delle sostanze disciolte nelle acque, rendendo quindi le zone umide un metodo di depurazione applicabile ed efficiente anche a livello molto complesso, in certi casi anche più efficace e selettivo di molte delle cosiddette “tecnologie”. Quando le zone umide sono create artificialmente, sulla base di calcoli e stime e seguendo precise indicazioni progettuali, si può parlare di “fitodepurazione”, ovvero la tecnica depurativa che costituisce l’oggetto di questo manuale.

La fitodepurazione presenta diversi vantaggi per cui vale la pena di capirla a fondo e di imparare a usarla in modo appropriato: è una tecnica estremamente semplice dal punto di vista delle componenti impiegate, qualche valvola o al massimo qualche pompa per movimentare l’acqua quando non è possibile far lavorare l’impianto per gravità. Proprio per la sua semplicità, si presta poi a un utilizzo ottimale quando i numeri da gestire sono bassi – pochi abitanti, poche

unità abitative, piccoli borghi, piccoli comuni – ma non per questo va escluso il suo impiego su scala maggiore, magari come componente funzionale del verde urbano o integrata nelle fasce periurbane. La fitodepurazione è una tecnica che rispetto ad altre tecnologie richiede più spazio pertanto la sua applicazione risulta talvolta limitata dal fatto che l'occupazione del suolo è un aspetto ritenuto assai rilevante in molti contesti sociali e politici: in realtà, come vedremo anche in questo manuale, tali impianti occupano meno spazio di quello che si possa pensare, non pongono particolari restrizioni alla loro fruibilità e si inseriscono piacevolmente nel paesaggio. La maggiore estensione di questi impianti permette di ottenere numerosi vantaggi, in primis quello di gestire in modo migliore le variazioni di flusso e di quantità di inquinanti in ingresso, offrendo un maggior volume complessivo a disposizione per la loro equalizzazione e miscelazione.

Da oltre un decennio, agli esperti di tutto il mondo risulta sempre più chiaro che il modello di gestione delle acque nelle nostre città non è più sostenibile. Non è sostenibile il modello urbano, basato su “prelievo – distribuzione – utilizzo – fognatura – depuratore – scarico”, perché comporta un uso eccessivo di risorse idriche di altissima qualità, perché produce inquinamento che può essere solo parzialmente ridotto ricorrendo alla depurazione, perché non si cura di riutilizzare risorse preziose come l'azoto e il fosforo contenute nelle cosiddette acque di scarico. Non è sostenibile il modello domestico finora adottato, perché è basato su una serie di pratiche da considerarsi come minimo rozze, se non completamente illogiche: innanzitutto l'approvvigionamento idrico delle nostre case attraverso un'unica fonte – l'acqua fornita dall'acquedotto pubblico – anche quando sarebbe possibile, utile e conveniente raccogliere e sfruttare l'acqua piovana; in secondo luogo il consumo indiscriminato dell'acqua potabile, usata in grandi quantità per scaricare il WC o per l'irrigazione; in terza battuta l'eliminazione di tutti i nostri scarti attraverso un unico sistema di scarico, siano essi escrementi con carica batterica altissima, urine ricche di prezioso azoto, o acqua praticamente potabile usata per sciacquare la frutta, mescolando tutto e innescando in questo modo una lunga catena di inevitabili effetti negativi sull'ambiente con enormi costi di gestione.

Questo sistema di impiego delle risorse idriche si basa prevalentemente sulla depurazione centralizzata, che prevede la realizzazione di grandi impianti fognari per garantire una gestione dei reflui più accurata ed economica, ma che presenta anche il problema della rigidità intrinseca della rete fognaria a fronte di aumenti nel lungo periodo della superficie urbana impermeabilizzata, con il conseguente aumento dei deflussi superficiali drenati dalle reti fognarie miste. Pertanto emerge spesso l'esigenza di ingrandire le sezioni delle fognature rim-

piazzando le vecchi tubazioni con gravi costi di investimento, così importanti da renderne difficile la programmazione a livello politico. La strategia di trattamento depurativo centralizzato non è sostenibile tanto quanto potrebbe invece esserlo un sistema diffuso e decentralizzato, dove si tenda a separare alla sorgente i diversi flussi che compongono le acque reflue. Le tecniche di fitodepurazione rientrano perfettamente in questo approccio strategico decentrato, che rappresenta per il futuro l'unico possibile per una gestione corretta e sostenibile del ciclo delle acque e di importanti risorse come i nutrienti (azoto e fosforo) contenuti negli escreti umani e animali.

Tra le principali caratteristiche dei sistemi di fitodepurazione vi sono poi la capacità di adattamento a ogni particolare scenario (un design sartoriale specifico e ottimizzato per ogni singola situazione, che aiuta a contenere i costi aumentando le performance), l'estrema semplicità concettuale, realizzativa e manutentiva, e l'estrema economicità gestionale, grazie a un ridotto – se non nullo – apporto di input energetici. I trend internazionali stanno includendo l'uso della fitodepurazione negli scenari di sostenibilità ambientale, sia per il trattamento e il riuso di scarichi di tipo puntuale di piccole e medie comunità o aziende (promuovendo strategie di decentralizzazione dei sistemi depurativi in modo da alterare il meno possibile gli equilibri del ciclo delle acque e ridurre lunghi collegamenti fognari), sia per il contenimento dell'inquinamento diffuso, derivante ad esempio dal dilavamento di sostanze inquinanti in occasione di eventi di pioggia (come i fertilizzanti dai campi interessati dall'agricoltura intensiva o gli idrocarburi presenti su un parcheggio o su una strada ad elevato traffico). I sistemi di fitodepurazione si prestano all'inserimento nel verde urbano in un concetto di città futuribile, sostenibile e vivibile insieme ai loro cugini SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*, sistemi per il drenaggio urbano sostenibile), la cui adozione su ampia scala è auspicabile per la riduzione del rischio idraulico e per un'adeguata gestione delle acque di pioggia, specialmente per dare una risposta adeguata alle variazioni provocate dal cambiamento climatico in atto. I SUDS si ispirano agli stessi processi di rimozione che sono alla base della fitodepurazione: le interazioni tra suolo, piante, acqua e batteri creano un complesso ecosistema che la comunità scientifica studia cercando di descriverne il funzionamento con equazioni che siano poi in grado di prevederne la funzionalità con la maggiore precisione possibile. La fitodepurazione è dunque una tecnica ormai ben conosciuta e consolidata in un vasto numero di applicazioni molto differenti tra loro: la complessità dell'ecosistema in cui vengono trattate le acque inquinate richiede un approccio multidisciplinare dove le competenze di ingegneria, biologia, chimica, geologia, architettura devono necessariamente integrarsi per ottenere i migliori risultati.

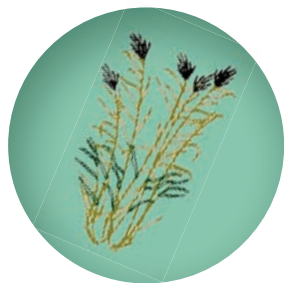
Oltre ad alcune migliaia di impianti attualmente funzionanti per trattare acque domestiche e civili di utenze che vanno dalla singola abitazione a comuni con alcune migliaia di abitanti, nell'ultimo decennio in Italia si è sviluppata un'ampia varietà di applicazioni di tecniche naturali estensive per il controllo dell'inquinamento delle acque. Tra questi ricordiamo in particolare il trattamento di acque meteoriche che dilavano aree agricole, superfici urbane e infrastrutture viarie, alcuni importanti trattamenti di affinamento di impianti di depurazione centralizzati di centri urbani oltre i 10.000 abitanti equivalenti, fino al trattamento di alcuni percolati di discarica o alla fitodisidratazione dei fanghi di supero degli impianti a fanghi attivi, a cui vanno aggiunti un buon numero di applicazioni di particolare successo, sparse sul territorio nazionale, in alcuni settori agroindustriali (cantine, caseifici, allevamenti ecc.). Alcune regioni del nord Italia hanno inoltre negli ultimi anni focalizzato la loro attenzione sul controllo e sul trattamento delle acque meteoriche, incluso il trattamento diffuso degli scolmatori di fognature miste. Anche il settore della bioarchitettura ha spesso inserito la fitodepurazione come elemento di pregio e di sostenibilità nella realizzazione di moderni nuclei abitativi in cui si è promosso il risparmio idrico e il riuso delle acque grigie.

Quanto fin qui descritto mostra quindi nel nostro paese uno sviluppo molto positivo di questo tipo di tecnologie a partire dagli anni Novanta, anche se avvenuto con circa venti anni di ritardo rispetto al resto del mondo. Paesi come Inghilterra, Germania, Francia, Danimarca e Stati Uniti hanno sviluppato specifiche tecniche nazionali nella progettazione e realizzazione degli impianti, assai diverse tra loro e spesso divergenti anche negli obiettivi depurativi. Questo ritardo ci ha consentito di non partire da zero e di studiare a fondo le esperienze altrui senza introdurre varianti locali ma focalizzando l'attenzione sulla scelta delle componenti con la migliore funzionalità e sulla combinazione di tali tecniche in sistemi multistadio. Per quanto riguarda lo sviluppo della fitodepurazione nel territorio italiano, il mercato ancora disponibile corrisponde a circa il 20% della popolazione residente, ossia a circa due milioni di case ancora da trattare, oltre ai molti casi di reflui di tipo commerciale e industriale o all'adeguamento di impianti esistenti.

Questo manuale è stato scritto per far conoscere a un pubblico più vasto degli addetti ai lavori questa famiglia di tecnologie definite come fitodepurazione. Gli autori hanno cercato di trarre l'essenziale dalla loro esperienza ormai ventennale in questo campo, sia nel trattare gli aspetti più teorici, come i processi coinvolti nella depurazione e le modalità di dimensionamento degli impianti, sia per quelli più pratici, come le diverse fasi di realizzazione, che sono state descritte in un foto-racconto di immediata comprensione, o le tecniche di gestione degli

impianti stessi. Per favorire la comprensione dei contenuti a un pubblico non necessariamente composto da tecnici ed esperti in questo campo, il testo è corredato da un breve glossario con la spiegazione dei termini tecnici. Il manuale è inoltre arricchito da un buon numero di esempi che descrivono le realizzazioni di impianti di fitodepurazione da noi progettati in Italia ed in altri paesi: gli impianti sono stati selezionati in modo da offrire un panorama abbastanza esaustivo sulle varie possibilità di applicazione delle tecniche di fitodepurazione. Il tentativo degli autori è stato di presentare il più alto livello di aggiornamento sullo stato dell'arte della fitodepurazione, introducendo configurazioni e varianti impiantistiche di assoluta novità nel panorama nazionale, come per esempio i sistemi "francesi" che non necessitano del trattamento primario, o i sistemi di trattamento degli scolmatori di fognature miste.

Fabio Masi,
Presidente del gruppo internazionale Iwa
sull'utilizzo di sistemi di fitodepurazione
per il trattamento delle acque inquinate



Depurazione naturale e fitodepurazione: una breve introduzione

Con l'espressione 'depurazione naturale' si intendono tutte quelle tecniche che sfruttano i meccanismi depurativi propri degli ecosistemi naturali: si tratta perlopiù di sistemi estensivi a basso impiego tecnologico verso i quali, negli ultimi 50 anni, si è sviluppato un crescente interesse grazie alla loro economicità e alla facilità di gestione. In questa categoria sono in genere inclusi i lagunaggi, gli stagni, i sistemi di dispersione nel terreno, i sistemi a lemna, i vassoi assorbenti, l'evapotraspirazione totale, la filtrazione con inerti naturali, i filtri percolatori e la fitodepurazione.

In particolare, per il trattamento di reflui civili e non, negli ultimi decenni ha preso campo la fitodepurazione, termine con il quale nel nostro paese vengono indicate le *constructed wetland*, espressione che tradotta alla lettera significa 'aree umide costruite': in effetti si tratta di sistemi ingegnerizzati, progettati e costruiti per riprodurre i processi autodepurativi delle zone umide naturali. Rispetto a quelle naturali, le aree umide artificiali offrono un maggior grado di controllo, grazie a una più precisa valutazione della loro efficacia basata sulla conoscenza della natura del substrato, delle tipologie vegetali e dei percorsi idraulici.

In letteratura, ma anche in molte realizzazioni commerciali, si è diffusa una certa ambiguità semantica e di conseguenza un utilizzo improprio del termine *constructed wetland*. Gli elementi essenziali di una zona umida sono le piante, l'acqua e il medium di riempimento (Kadlec e Wallace, 2008): in assenza di piante non è corretto parlare di fitodepurazione, bensì di sistemi di filtrazione o di stagni (*pond*). Lo stesso dicasi per il termine 'fitodepurazione' così come viene utilizzato in Italia, dove molte volte indica generici sistemi commercializzati per la depu-



Figura 1
Impianto di
fitodepurazione al
servizio del Comune di
Dicomano (Firenze),
da 3.500 a.e.

Foto: Iridra Srl.

razione delle acque in cui sono immesse delle piante, spesso non acquatiche e quindi con funzionalità generalmente ininfluenti ai fini della depurazione. I sistemi di fitodepurazione devono essere considerati come veri e propri ecosistemi, che si inseriscono nell'ambiente circostante e che interagiscono con la fauna e gli agenti climatici (sole, vento, pioggia, neve).

Le *constructed wetland* sono ormai da tempo impiegate con successo per risolvere il problema del trattamento degli scarichi di piccole e medie utenze civili. Parallelamente si registrano buoni risultati nella loro applicazione a molti altri tipi di reflui, come quelli prodotti dalle attività turistiche o dall'industria agroalimentare, o anche le acque di dilavamento e di prima pioggia, gli sfiori delle fognature unitarie, i fanghi di depurazione, fino ai temibili percolati di discarica.

Nel tempo si sono sviluppate specifiche tecniche sul dimensionamento, sui materiali da utilizzare, sulle essenze vegetali da impiegare, grazie alle quali è possibile realizzare sistemi dalle ottime rese depurative e con un funzionamento flessibile, affidabile e duraturo. Viceversa, a livello commerciale, si è assistito alla comparsa di sistemi impropriamente indicati come fitodepurazione e che si discostano molto dai modelli proposti dal mondo scientifico internazionale: il risultato è che spesso il funzionamento ne risente, evidenziando numerosi problemi (cattivi odori, precoci intasamenti, rese depurative limitate ecc.) e mettendo così in cattiva luce una tecnica che in moltissimi paesi si sta diffondendo come poche altre nel campo della depurazione delle acque.



Riccardo Bresciani, ingegnere per l'ambiente e il territorio, da anni si interessa di depurazione e di tecniche innovative per la gestione del ciclo delle acque. Dal 2005 è socio di Iridra Srl, per la quale ha progettato e diretto i lavori di realizzazione di numerosi impianti di fitodepurazione in Italia e all'estero.

Fabio Masi, dottore di ricerca in Scienze Ambientali, dal 1995 si occupa di fitodepurazione. Svolge attività di docenza e ricerca presso università ed enti nazionali e internazionali. Dal 2012 è presidente per l'Italia del gruppo di specialisti IWA (*International Water Association*) sulla depurazione naturale per il trattamento delle acque inquinate. È socio fondatore e direttore tecnico di Iridra Srl.

www.terranuovaedizioni.it

Acqua, suolo, piante, batteri, insetti, funghi e alghe sono i veri protagonisti di questo manuale, che illustra come realizzare impianti per la depurazione naturale delle acque reflue domestiche e non solo.

Il volume combina approfondimenti tecnici e parti maggiormente divulgative per spiegare anche ai non specialisti come purificare e riutilizzare le acque di scarico di piccole e medie comunità, in ambienti urbani e rurali, attraverso sistemi di fitodepurazione. Il manuale si confronta anche con una delle emergenze contemporanee, la gestione delle acque di dilavamento urbano, fornendo soluzioni efficaci dal punto di vista della salvaguardia ambientale.

Esempi pratici, illustrati con numerose immagini, si soffermano sulla progettazione e realizzazione di alcuni impianti, sul loro funzionamento e gestione e sulla risoluzione dei problemi. Una guida necessaria affinché ciascuno possa acquisire le informazioni indispensabili per condizionare positivamente la gestione pubblica delle acque reflue e del territorio in generale.

ISBN 88 6681 002 5



9 788866 810025

€ 14,00