

**Committente:**

**Comune di Rosignano Marittimo**



**Linea di indirizzo**  
**per l'applicazione dei sistemi di fitodepurazione per il**  
**trattamento delle acque reflue civili e assimilabili**  
*(carico inferiore a 100 abitanti equivalenti)*

**Responsabile e coordinatore:**  
**Dott.ssa Beatrice Pucci**

**Direttore Tecnico**  
**Dott. Marco Mazzoni**

**A cura di:**  
**Dott.ssa Beatrice PUCCI**  
**Ing. Beatrice SANI**  
**Dott.ssa Luciana SPADARO NORELLA**

**Data:**  
20 Aprile 2009



**HYDROGEA VISION s.r.l.**  
Via Cesare Lombroso, 6/15  
50134 Firenze  
Tel. +39.055.411689  
Fax +39.055.4473630  
e-mail: [b.pucci@hydrogeavision.it](mailto:b.pucci@hydrogeavision.it)

# Comune di Rosignano Marittimo

## **Linea di indirizzo per l'applicazione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue civili e assimilabili (carico inferiore a 100 abitanti equivalenti)**

### INDICE GENERALE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>4</b>
2.1    AMBITO COMUNITARIO.....	4
2.2    AMBITO NAZIONALE.....	6
2.3    AMBITO REGIONALE .....	7
2.4    CRITERI DI ASSIMILABILITÀ AL REFLUO DI TIPO CIVILE.....	12
<b>3. LA DEPURAZIONE NATURALE DELLE ACQUE REFLUE: LA FITODEPURAZIONE .....</b>	<b>15</b>
3.1    TIPOLOGIE DI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE .....	16
3.1.1    Sistemi a flusso sommerso orizzontale (HF) .....	18
3.1.2    Sistemi a flusso sommerso verticale (VF) .....	20
3.1.3    Sistemi a flusso libero (FW).....	22
3.2    INDICAZIONI PER LA SCELTA IMPIANTISTICA.....	23
3.3    ELEMENTI COSTITUTIVI DEI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE E INDICAZIONI COSTRUTTIVE .....	24
3.3.1    SCHEDA 1 - Realizzazione di sistemi HF .....	30
3.3.2    SCHEDA 2 - Realizzazione di sistemi VF.....	33
3.3.3    SCHEDA 3 - Realizzazione di sistemi FW.....	34
<b>4. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>37</b>
4.3    RIFERIMENTI NORMATIVI.....	37
4.4    RIFERIMENTI TECNICI .....	37

### ALLEGATI

*Allegato 1 – Sistema HF: pianta e sezioni indicative*

*Allegato 2 – Sistema VF: pianta e sezioni indicative*

*Allegato 3 – Sistema FW: pianta e sezioni indicative*

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1 – A sinistra sistema a flusso sommerso orizzontale e a destra sistema.....	18
Figura 3.2 – Sistema a flusso sommerso verticale.....	18
Figura 3.3 – Rappresentazione schematica di un sistema a flusso sommerso orizzontale.....	19
Figura 3.4 – Sistemi a flusso sommerso orizzontale: a sinistra sistema di trattamento di reflui urbani (200 AE) nel Comune di Dozza Imolese (BO), a destra impianto (60 AE) a servizio dell’Azienda agrituristica Tenuta di Spannocchia (SI) .....	19
Figura 3.5 – Sistemi a flusso sommerso orizzontale: a sinistra impianto a servizio dell’Azienda agrituristica “Baggiolino” (FI), a destra impianto per casa singola (8-10 AE) .....	20
Figura 3.6 – Rappresentazione schematica di un sistema a flusso sommerso verticale.....	21
Figura 3.7 – Sistemi a flusso sommerso verticale: sistemi di trattamento a servizio di reflui urbani .....	22
Figura 3.8 – Sistemi a flusso libero: a sinistra impianto post-trattamento Isola di Polvere, Lago Trasimeno (PG), a destra impianto per post-trattamento ed accumulo, Loc. Rispecchia (GR).....	22
Figura 3.9 – Schema generale sistema di fitodepurazione .....	25
Figura 3.10 – Operazioni di scavo e movimento terra per la creazione delle vasche.....	26
Figura 3.11 –Sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso: particolare dell’impermeabilizzazione.....	27
Figura 3.12 – Disposizione del medium di riempimento.....	28
Figura 3.13 – Tubazioni per l’alimentazione dei sistemi HF.....	31
Figura 3.14 – Pozzetto con dispositivo di regolazione. ....	31
Figura 3.15 –Sistemi di fitodepurazione a flusso orizzontale: particolari dell’area d’ingresso con pietrisco per la corretta distribuzione del refluo.....	32
Figura 3.16 –Sistemi di fitodepurazione a flusso verticale: particolare del sistema di alimentazione.....	33

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2.1 – Condizioni di assimilabilità al refluo di tipo civile (crf. Tabella 1, Allegato 2, DPGR 8 Settembre 2008 n. 46/R).....	13
Tabella 2.2 – Carichi idraulici e organici stimati per alcune tipologie di attività (adattato da Masotti e Verlicchi, 2005).....	15
Tabella 3.1 – Indicazioni di massima per il lay-out di un impianto di fitodepurazione di potenzialità inferiore a 100 A.E. ....	24
Tabella 3.2 – Indicazioni per il dimensionamento sistemi di trattamento primari. ....	25
Tabella 3.3 – Caratteristiche di alcuni medium di riempimento (Nuttal et altri, 1997, modificato). ....	28
Tabella 3.4 – Essenze vegetali da utilizzare per la fitodepurazione .....	29
Tabella 3.5 – Indicazioni sulla profondità dell’apparato radicale di alcune specie di elofite .....	32

# 1. Introduzione

Il corretto uso delle risorse idriche è, ormai da molti anni, un obiettivo fondamentale cui tendono ormai numerose prescrizioni della legislazione ambientale comunitaria e nazionale: risparmio idrico, riciclo, riuso sono parole chiave di una buona strategia di gestione delle acque insieme, ovviamente, al trattamento degli scarichi e alla restituzione all'ambiente naturale di acque non inquinate.

A questo proposito, il capitolo dedicato alle Risorse Idriche del Piano Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile del Ministero dell'Ambiente è molto chiaro: *“Obiettivo prioritario dello sviluppo sostenibile è la conservazione o il ripristino di un regime idrico compatibile con la tutela degli ecosistemi, con gli usi ricreativi e con l'assetto del territorio. Il raggiungimento di tale obiettivo, per la grandissima parte dei bacini italiani caratterizzati da sovrasfruttamento delle risorse, implica una riduzione delle portate sottratte alla circolazione naturale, e quindi interventi finalizzati al risparmio, riuso, riciclo, ecc. [...] Altra priorità è il raggiungimento di un livello di qualità accettabile per tutti i corpi idrici.”*

Per raggiungere tali livelli di qualità saranno necessari interventi per la riduzione dei carichi inquinanti che gravano sulle acque superficiali e sotterranee; la Regione Toscana ha fissato i propri obiettivi nel Piano di Tutela Regionale, redatto ai sensi del D.Lgs 152/99, approvato dal Consiglio Regionale con Deliberazione n. 6 del 25 gennaio 2005 (B.UR.T. n. 9 parte seconda del 2 marzo 2005 supplemento n. 32).

Con l'emanazione del Decreto Legislativo 152/2006 *“Norme in materia Ambiente”* viene recepita la Direttiva europea 2000/60 e i concetti di gestione razionale e sostenibile della risorsa si rafforzano (vedi Cap. 2). Nell'applicazione di tali principi ognuno deve fare la sua parte: Amministrazioni locali, cittadini, Gestori del ciclo idrico integrato, etc.

La Regione Toscana, con l'emanazione del Regolamento di attuazione della Legge Regionale. 20 del 2006 *“Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento”*, DPGR 46/R 2008, ha definito con maggiore chiarezza i trattamenti appropriati per le utenze sotto i 2000 AE.

Il presente documento illustra gli indirizzi che l'Amministrazione comunale di Rosignano Marittimo intende adottare per la **depurazione dei reflui civili (o ad essi assimilabili) di piccoli agglomerati urbani, di case isolate, strutture turistiche, etc. di utenza inferiore a 100 AE**, non recapitati nella pubblica fognantura.

**Le indicazioni riportate nel presente documento sono in linea con le vigenti normative nazionali e regionali, nonché con i principi di sostenibilità ambientale e con le peculiarità del territorio comunale.**

## 2. Inquadramento Normativo

### 2.1 Ambito comunitario

La tutela della risorsa idrica attraverso il trattamento delle acque reflue ha trovato un primo e dettagliato intervento normativo, a livello comunitario, con la direttiva 91/271/CEE.<sup>1</sup>

L'obiettivo principale consiste nel disciplinare la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque reflue urbane e di quelle originate da alcuni settori industriali; ha imposto (art. 3) agli Stati membri l'obbligo di realizzare sistemi di raccolta<sup>2</sup> e di trattamento, sia in funzione dell'ubicazione e della dimensione espressa in abitanti equivalenti degli agglomerati da servire, sia in considerazione del recapito finale (aree sensibili, meno sensibili o normali).

In merito agli agglomerati inferiori o uguali ai 2.000 a.e. la direttiva ha disposto che i liquami vengano sottoposti, prima dello scarico finale, a trattamento appropriato (art. 7) e che la scelta impiantistica debba tener conto: della semplicità della manutenzione e della gestione; della capacità di sopportare adeguatamente le variazioni orarie del carico idraulico ed organico; della riduzione, infine, dei costi gestionali. Con l'espressione "*trattamento appropriato*", infatti, la direttiva specifica, all'art. 2, cc.8 e 9, che intende riferirsi al "*trattamento delle acque reflue urbane mediante un processo e/o un sistema di smaltimento che dopo lo scarico garantisca la conformità delle acque recipienti ai relativi obiettivi di qualità e alle relative disposizioni della presente direttiva e di altre direttive comunitarie pertinenti*".

Gli obiettivi di qualità di cui sopra, ai quali occorre fare riferimento, sono quelli disposti dalla direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE<sup>3</sup> (di seguito WFD), la quale richiama espressamente, nella parte A dell'Allegato VI, tra le direttive che sono dalla stessa mantenute in vigore, la 91/271/CEE, quale norma da tenere in conto per la definizione di programmi e misure che gli Stati membri devono adottare nell'interesse della tutela delle risorse idriche.

---

<sup>1</sup> *Urban Waste Water Treatment Directive*, G.U.C.E. L 135 del 30 maggio 1991.

<sup>2</sup> I requisiti delle reti fognarie sono rinvenibili nell'Allegato I A della direttiva, secondo il quale "*Per le reti fognarie vanno prese in considerazione le prescrizioni relative al trattamento delle acque reflue. La progettazione, la costruzione e la manutenzione delle reti fognarie vanno effettuate adottando le tecniche migliori che non comportino costi eccessivi, tenendo in particolare conto: del volume e delle caratteristiche delle acque reflue urbane, della prevenzione di eventuali fuoriuscite, della limitazione dell'inquinamento delle acque recipienti, dovuto a tracimazioni causate da piogge violente*"; inoltre, "*Laddove la realizzazione di una rete fognaria non sia giustificata o perché non presenterebbe vantaggi dal punto di vista ambientale o perché comporterebbe costi eccessivi, occorrerà avvalersi dei sistemi individuali o di altri sistemi adeguati che raggiungano lo stesso livello di protezione ambientale*" (art. 3).

<sup>3</sup> *Water Framework Directive*, G.U.U.E. L 327 del 22 dicembre 2000.

Atto legislativo europeo più importante e completo in materia di tutela delle risorse idriche, la WFD predispone un quadro normativo unitario di protezione per tutte le tipologie di acqua (superficiali interne, costiere, etc.), abbandonando definitivamente il tradizionale approccio di tipo emergenziale e riparatore che caratterizzava i pregressi interventi legislativi nel settore e attribuendo più importanza agli obiettivi di qualità e quantità piuttosto che alla mera fissazione di limiti tabellari agli scarichi.

A conferma di quanto sopra, la WFD ha predisposto un complesso apparato strumentale basato su un innovativo approccio, di tipo ecologico, legato alla valutazione degli stati di qualità della risorsa idrica che ne considera l'intero ciclo invece dei confini amministrativi delle province, regioni o Stati.

Gli obiettivi di qualità ambientale consistono:

- ✓ *in riferimento alle acque superficiali*, nel prevenirne il deterioramento, migliorarne e ripristinarne le condizioni al fine di conseguire il buono stato ecologico (comprendente lo stato biologico, fisico-chimico e idromorfologico delle acque) e chimico (inteso come il rispetto degli *standard* in tema di sostanze tossiche); ridurre l'inquinamento da scarichi ed emissioni di sostanze pericolose prioritarie e arrestare o eliminare gradualmente le emissioni, gli scarichi e le perdite di sostanze pericolose prioritarie;
- ✓ *in riferimento alle acque sotterranee*, proteggerne, migliorarne e ripristinarne le condizioni al fine di ottenere un *buono* stato ecologico e chimico; prevenirne l'inquinamento e il deterioramento e garantirne l'equilibrio fra l'estrazione e il rinnovo; preservare, infine, le zone protette.

L'obiettivo prioritario della direttiva consiste, pertanto, nel conseguimento, per ogni tipologia di acqua, dello stato di qualità ambientale corrispondente al *buono* entro il 2015 e al suo mantenimento nel caso in cui questo fosse già stato conseguito. Essa mira, inoltre, ad eliminare qualsiasi sostanza pericolosa prioritaria<sup>4</sup> dalle acque e contribuire a raggiungere il più possibile valori e caratteristiche vicini a quelli naturali.

---

<sup>4</sup> A norma dell'art. 16 della direttiva, la Commissione è chiamata a presentare una proposta riguardante misure per combattere l'inquinamento prodotto da singoli o gruppi di inquinanti a rischio significativo per l'ambiente acquatico. La *Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque e recante modifica alla direttiva 2000/60/CE* (2006/0129 COD) adempie a tale obbligo. Al momento la maggior parte delle sostanze prioritarie è regolamentata da *standard* nazionali di qualità ambientale che variano, tra l'altro, anche sensibilmente fra loro. Per questa ragione, la proposta mira a creare un livello di tutela omogeneo in tutti gli Stati membri, istituendo *standard* di qualità ambientali (SQA) comunitari. Le sostanze prioritarie erano state definite dalla WFD nel 2000 ed opportunamente elencate l'anno seguente in una lista di 33 elementi. La proposta in argomento ne individua, invece, ben 41 differenziandoli (art. 2 e Allegato I) in base al tipo di acque di superficie (interne, di transizione, costiere e territoriali) e fissandoli in concentrazioni medie annue e concentrazioni massime ammissibili. Le prime sono utilizzate ai fini della tutela da effetti cronici a lungo termine; le seconde

Gli stati di qualità ecologica ambientale di cui sopra, ai sensi dell'Allegato V, sono *Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso e Cattivo*, per le acque superficiali, e *Elevato, Buono, Sufficiente, Scadente e Particolare*, per quelle sotterranee.

## 2.2 Ambito nazionale

In ambito nazionale la normativa di riferimento in materia di trattamento delle acque reflue è costituita dalla parte terza del d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152,<sup>5</sup> il quale ha provveduto ad arricchire i contenuti (e a modificarli ulteriormente in recepimento della WFD) dell'abrogato d.lgs. 11 maggio 1999, n. 152<sup>6</sup> (atto legislativo di recepimento della direttiva 91/271/CEE).

La disciplina degli scarichi idrici è rimasta pressoché inalterata (artt. 100 – 107).

Per gli scarichi idrici provenienti da agglomerati **inferiori ai 2.000 a.e.** confluenti in rete fognaria e recapitanti in acque dolci o di transizione (nonché da agglomerati inferiori ai 10.000 a.e., se recapitanti in acque marino-costiere), l'art. 105 dispone che siano sottoposti a trattamento appropriato, così come previsto più in dettaglio dall'Allegato V alla parte terza.

E' da evidenziare come mentre per i trattamenti più spinti, previsti per gli agglomerati di maggiori dimensioni (a partire dai 2.000 a.e.), si richieda il rispetto di precisi limiti tabellari agli scarichi<sup>7</sup> ed una frequenza di campionamento ad opera sia del controllo pubblico che degli autocontrolli del gestore, per i trattamenti appropriati l'unico limite da assicurare risulta l'obiettivo di qualità delle acque recipienti. Sembra, quindi, ragionevole dedurre che le autorità di controllo, nei casi ordinari, possano effettuare opportunamente le verifiche di correttezza costruttiva ed il rispetto delle prescritte norme di manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti di trattamento appropriato. Non sembra, invece, necessario per queste tipologie impiantistiche che vengano fissati livelli tabellari *ad hoc*, a meno che la

---

contro gli effetti ecotossici a breve termine, diretti ed acuti. La proposta, inoltre, consente (art. 3) agli Stati membri la facoltà di individuare delle aree transitorie in cui sia possibile superare i valori, fissati nelle vicinanze di scarichi da fonti puntuali, per le parti di quei corpi idrici nelle quali non sia possibile rispettare gli SQA per l'elevata presenza di inquinanti. Prevede, poi, la creazione (art. 4) di un inventario delle emissioni per bacino idrografico utile ai fini della verifica della conformità agli obiettivi di riduzione delle emissioni, degli scarichi e delle perdite di sostanze prioritarie e di cessazione o eliminazione graduale per quelle prioritarie pericolose. La scadenza per la cessazione è fissata al 2025. In fase finale di discussione al Parlamento europeo, la sua pubblicazione è prevista per la fine del 2008. La normativa nazionale italiana (d.lgs. 152/06), la quale prevede SQA per una serie limitata di sostanze pericolose, considera solo il rischio della salute umana attraverso il consumo di acqua potabile, escludendo il criterio ecotossicologico richiesto dalla WFD.

<sup>5</sup> *Norme in materia ambientale*, G.U. 14 aprile 2006, n. 88, meglio noto come codice dell'ambiente.

<sup>6</sup> *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*. G.U. 20 ottobre 2000, n. 246.

<sup>7</sup> Cfr. Tabella 1 dell'Allegato V alla parte III del d.lgs. 152/2006.

salvaguardia del corpo idrico recettore non sia considerata così importante da contemplarli se non in casi assolutamente straordinari.

La definizione normativa di trattamento appropriato lascia, dunque, ampio margine discrezionale a chi di competenza. A supporto di quest'ultimo interviene l'Allegato V alla parte III del codice dell'ambiente, secondo il quale per l'individuazione dei suddetti trattamenti occorre seguire tre criteri-guida, ovvero:

- ✓ la semplicità della manutenzione e della gestione degli impianti;
- ✓ la capacità di sopportare adeguatamente forti variazioni orarie del carico idraulico ed organico;
- ✓ la minimizzazione dei costi gestionali.

Possono, allora, equivalere ad un trattamento appropriato un trattamento primario o secondario *"a seconda della soluzione tecnica adottata e dei risultati depurativi raggiunti"*, ed è auspicabile, per tutti gli agglomerati con popolazione equivalente compresa **fra i 50 ed i 2.000**, il ricorso ad un sistema di depurazione naturale come il lagunaggio o la fitodepurazione, ma anche a tecnologie come i filtri percolatori o impianti a ossidazione totale.

Detti trattamenti, inoltre, possono risultare adatti per tutti quegli agglomerati in cui la popolazione equivalente fluttuante (ovvero turistica) sia maggiore del 30% di quella residente, a condizione che le caratteristiche del territorio e quelle climatiche lo consentano e purché gli impianti siano adeguatamente dimensionati.

E' possibile, infine, ricorrere a trattamenti meno spinti (ai sensi dell'art. 105) anche per quelle zone di alta montagna (sopra i 15.000 m s.l.m.) in cui, per le basse temperature, risulti difficile effettuare un trattamento biologico efficace e purché opportuni studi ne comprovino la mancanza di ripercussioni negative sull'ambiente.

**Al di sotto dei 50 a.e.**, ovvero in presenza di insediamenti, installazioni o edifici isolati che producono acque reflue domestiche, l'art. 100, c. 3, del 152/06 rimanda per essi alle disposizioni regionali chiamate ad individuare i sistemi individuali, pubblici o privati che siano, più adeguati per il raggiungimento dei livelli di protezione ambientale.

## **2.3 Ambito regionale**

Per quanto concerne l'ambito normativo regionale, la Toscana ha di recente emanato il nuovo regolamento per il trattamento delle acque reflue, in sostituzione del d.p.g.r. 23

maggio 2003, n. 28/R,<sup>8</sup> abrogato dalla legge regionale di recepimento della parte terza del d.lgs. 152/2006, la **L.R. 31 maggio 2006, n. 20**<sup>9</sup> (art. 29, c. 3).

Il nuovo regolamento **D.P.G.R. 8 settembre 2008, n. 46/R**<sup>10</sup> disciplina i trattamenti appropriati al Titolo III capo 1, mantenendone chiaramente inalterato l'ambito di applicazione (art. 19, c. 1), ovvero la depurazione delle acque reflue urbane o domestiche provenienti da agglomerati o insediamenti<sup>11</sup> inferiori ai 2.000 AE, se recapitanti in acque superficiali interne o di transizione, e inferiori ai 10.000 AE, se in acque superficiali marino costiere.

Come per il pregresso d.p.g.r. 28/R del 2003, i trattamenti appropriati devono essere individuati e strutturati (art. 19, c. 3) tenendo conto:

- ✓ **della semplificazione della gestione e manutenzione, minimizzando i costi d'investimento e di gestione;**
- ✓ **della capacità di sopportare adeguatamente le variazioni orarie e stagionali del carico idraulico ed organico;**
- ✓ **della possibilità, anche per le utenze minori e diffuse, della realizzazione di una depurazione efficace pur evitando il collettamento di bassi carichi per lunghi percorsi;**
- ✓ **del ricorso a soluzioni impiantistiche che consentano il recupero e il riutilizzo dei reflui depurati;**
- ✓ **della minimizzazione dell'impatto paesaggistico;**
- ✓ **della tutela, infine, delle acque sotterranee soprattutto se in zone vulnerabili all'inquinamento da nitrati.**

Ancora, sulla base delle disposizioni di cui all'art. 26 della L.R. 20/2006, per gli agglomerati inferiori o uguali a 200 AE, possono (art. 19, c. 9, D.P.G.R. 46/R 2008) considerarsi appropriati i trattamenti già esistenti anche se diversi da quelli di cui in tabella 2 e 3 dell'Allegato 3 al regolamento, purché sia accertato il loro effettivo impatto sul corpo idrico recettore alla luce degli obiettivi di qualità ambientale o per specifica destinazione e l'eventuale insorgenza di problemi igienico sanitari.<sup>12</sup>

Come sopra accennato, il regolamento indica le tipologie impiantistiche considerate come trattamenti appropriati nell'Allegato 3 alla tabella 2, per quanto riguarda lo scarico in

---

<sup>8</sup> *Regolamento di attuazione dell'art. 6 della L.R. 21.12.2001, n. 64 (Norme sullo scarico di acque reflue ed ulteriori modifiche alla L.R. 1 dicembre 1998, n. 88)*, B.U.R.T. 28 maggio 2003, n. 23

<sup>9</sup> *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*, B.U.R.T. 7 giugno 2006, n. 17.

<sup>10</sup> *Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"*, B.U.R.T. 17 settembre 2008, n. 29.

<sup>11</sup> Si conferma la mancata distinzione fra insediamenti isolati e piccoli agglomerati.

<sup>12</sup> Da evidenziare come nelle tabelle di cui all'Allegato 3 che descrivono i trattamenti appropriati non sono più riportate le tipologie previste come fattibili per lo scarico sul suolo delle acque reflue provenienti da insediamenti sotto o uguali ai 100 AE, a differenza del pregresso regolamento che, tuttavia, specificava in nota che si trattava solo di indicazioni utili, non applicandosi ad essi la disciplina sui trattamenti appropriati. Come disposto, invece, dall'art. 18, c. 2, del d.p.g.r. 46/R, per detti scarichi sul suolo si applicano del disposizioni contenute al capo 2 dell'Allegato 2 al regolamento.

acque superficiali interne o di transizione, e alla tabella 3, per quelle marino costiere.

L'autorità preposta al rilascio dell'autorizzazione allo scarico, può, comunque, ritenere idonee, caso per caso, come trattamento appropriato tipologie differenti da quelle riportate nelle tabelle, ovvero non corrispondenti alla taglia dimensionale per la quale sono raccomandate, purché vengano rispettate tutte le altre disposizioni contenute nel regolamento.

Novità rispetto alla precedente normativa, l'inserimento delle indicazioni per la redazione del programma di manutenzione e gestione (capo 2 dell'Allegato 3) di cui è fatto obbligo al gestore dell'impianto la predisposizione.

Al Titolo VI<sup>13</sup> (art. 46, c. 2) del presente regolamento le disposizioni relative ai trattamenti appropriati non trovano più applicazione solo nel caso in cui il carico inquinante stagionale in ingresso all'impianto di depurazione superi la soglia dei 2.000 AE, se recapitanti in acque dolci e di transizione, o di 10.000 AE, se in acque marino costiere.

La determinazione degli AE, allora, ai fini del calcolo del carico inquinante stagionale è riferita, ai sensi dell'art. 47, c. 1, al carico medio dei quattro mesi di massimo afflusso, rapportato al fabbisogno giornaliero di 200 L/ab/g. Nel caso, trovano allora applicazione le disposizioni di cui all'art. 47, c.2 e ss. (*Criteri generali*).

Il regolamento conclude disponendo il transitorio per l'adeguamento dell'esistente alle sue disposizioni.

Ai sensi dell'art. 55, c. 1, infatti, gli scarichi delle acque reflue domestiche non conformi a quanto prescritto in esso, devono essere adeguati entro due anni dalla sua entrata in vigore (ovvero 180 giorni dalla sua pubblicazione sul BURT). Ai sensi del successivo comma 2, è autorizzata la prosecuzione dello scarico delle acque reflue urbane da parte dei sistemi impiantistici a servizio di agglomerati inferiori ai 2.000 AE fino a 300 giorni dall'entrata in vigore del regolamento.

In attuazione dell'art. 26, c. 2, della l.r. 20/2006, che ha per prima normato il suddetto transitorio, in coerenza con il Piano di Tutela delle Acque, il regolamento all'art. 19, c. 8, fissa i criteri guida utili all'adeguamento dei sistemi di raccolta e trattamento degli scarichi provenienti dagli agglomerati con meno di 2000 AE recapitanti in acque interne o di transizione e fino a 10.000 AE se in acque marino costiere, nelle seguenti voci :

- Potenzialità dell'impianto;
- Presenza/assenza di acque reflue industriali nella rete fognaria a servizio dell'agglomerato;
- Complessità dell'intervento di adeguamento e tempistica;
- Contributo al mantenimento del minimo deflusso nel reticolo idrografico minore;
- Effettivo impatto sul corpo idrico recettore e sul reticolo prossimale allo stesso

---

<sup>13</sup> *Scarichi a servizio degli agglomerati a forte fluttuazione stagionale.*

relativamente al mantenimento/raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale o per specifica destinazione e sul permanere o insorgere di problemi igienico sanitari.

Tornando ora, brevemente, alla l.r. 20/2006 e mettendo in evidenza quegli aspetti che possono tornarci più utili ai fini del presente lavoro, ad essa va riconosciuto il merito di aver recepito in tempi piuttosto rapidi le nuove disposizioni legislative nazionali in materia di tutela della risorsa idrica e, soprattutto (mantenendo, come è giusto che sia, l'impostazione normativa nazionale in merito alle autorizzazioni agli scarichi delle acque reflue non ed in pubblica fognatura) l'aver dedicato agli scarichi di acque di prima pioggia e di acque meteoriche dilavanti appositi articoli.

Com'è noto, molto poco è stato fatto nel corso di questi anni dagli strumenti di pianificazione urbanistica. E' bene precisare che esse costituiscono una tipologia di scarichi solo nel caso in cui vengano raccolte in fognatura, andando a costituire parte delle acque reflue urbane. Delle acque meteoriche la normativa nazionale pregressa ed attuale non fornisce alcuna definizione; esse sono identificate "per esclusione" dalle definizioni di acque reflue industriali ed urbane (art. 74, lett. h, D.Lgs. 152/2006) e direttamente disciplinate all'art. 113, il quale rimanda a sua volta alla regolamentazione regionale. Le regioni, infatti, al fine di prevenire rischi idraulici o ambientali, sono impegnate a: disciplinare le forme di controllo degli scarichi di dette acque provenienti da reti fognarie separate,<sup>14</sup> richiedere che le immissioni effettuate tramite altre condotte separate siano sottoposte a particolari prescrizioni (compresa un'eventuale autorizzazione) e che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e trattate in impianti di depurazione. In breve, occorre che sia in primis la pianificazione urbanistica degli enti locali a porre in essere sistemi di raccolta adeguati e cioè, in grado di separare le acque di prima pioggia dalle successive acque meteoriche, raccogliendo e convogliando le prime agli impianti di depurazione e permettendo alle seconde un graduale e frazionato rilascio non in un unico punto, ma in aree differenti,<sup>15</sup> favorendo così la filtrazione nel suolo e la conseguente ricarica della falda.

La l.r. 20/2006 della Toscana, da parte sua, all'art. 8, dispone che lo scarico delle acque meteoriche di prima pioggia,<sup>16</sup> in pubblica fognatura è sempre ammesso a condizione

---

<sup>14</sup> Il D.Lgs. 152/06 definisce la *fognatura separata* come "la rete fognaria costituita da due canalizzazioni, la prima delle quali adibita alla raccolta ed al convogliamento delle sole acque meteoriche di dilavamento, e dotata o meno di dispositivi per la raccolta e la separazione delle acque di prima pioggia, e la seconda adibita alla raccolta ed al convogliamento delle acque reflue urbane unitamente alle eventuali acque di prima pioggia" (Art. 74, lett. ee).

<sup>15</sup> Non tutti i corpi idrici recettori hanno, infatti, la capacità di sostenere adeguatamente l'intero carico dei flussi meteorici, senza dar luogo ad alluvioni o ad altre conseguenze pericolose per l'uomo e l'ambiente.

<sup>16</sup> Art. 2, c. 1, lett. g: "acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio; ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di deflusso si assumono pari ad 1 per le superficie coperte, lastricate od impermeabilizzate ed a 0,3 per

che le portate immesse siano compatibili con la rete fognaria sotto l'aspetto idraulico; le loro caratteristiche qualitative e quantitative non compromettano l'efficienza depurativa dell'impianto; vi sia il preventivo assenso del gestore del s.i.i. nel caso di fognatura mista o di condotta nera di fognatura separata. Nel caso dello scarico fuori dalla pubblica fognatura, invece, lo stesso art. 8 precisa che è ammesso e non necessita di alcuna autorizzazione.<sup>17</sup>

Lo scarico di queste acque, nel caso in cui derivino da attività che possono contenere contaminanti, se in pubblica fognatura mista o nella condotta nera delle fognature separate, richiede l'autorizzazione dell'AATO (previo parere del gestore); se fuori fognatura, è sottoposto ad autorizzazione provinciale (previo parere dell'ARPAT). In ogni caso, necessitano di idoneo trattamento di depurazione, secondo le indicazioni del d.p.g.r. 46/R del 2008 di cui sopra (artt. 37 ss.), prima di essere rilasciate al corpo recettore finale.

Infine, le acque meteoriche di prima pioggia sono assimilate (art. 8, c. 8, L.R. 20/2006) alle acque meteoriche dilavanti non contaminate<sup>18</sup> quando non sono entrate in contatto con altre acque e derivano da strutture o insediamenti in cui non si svolgono attività che comportino pregiudizi per l'ambiente. Per queste, l'art. 9 della legge regionale dispone che lo scarico in pubblica fognatura mista e nella condotta bianca delle fognature separate, è ammessa senza autorizzazione a condizione che: la rete fognaria sia compatibile sotto l'aspetto idraulico; le loro caratteristiche qualitative e quantitative non compromettano l'efficienza depurativa dell'impianto; vi sia preventiva comunicazione al gestore (solo per i nuovi stabilimenti). E' vietato, altresì, il loro scarico nella condotta nera delle fognature separate. Infine, i comuni sono chiamati ad agevolare la realizzazione di accumulo e loro riutilizzo con propri strumenti urbanistici e regolamentari.

In merito, infine, agli obiettivi di qualità ambientale e limiti di emissione, l'art. 21 della legge regionale anche in questo caso, ha mantenuto invariato quanto disciplinato in ambito nazionale.

---

*quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate; si considerano eventi meteorici distinti quelli che si succedono a distanza di quarantotto ore".*

<sup>17</sup> Art. 8: "Devono essere previsti idonei trattamenti ove necessari al raggiungimento e/o al mantenimento degli obiettivi di qualità, per le autostrade e le strade extraurbane principali di nuova realizzazione e nel caso di loro adeguamenti straordinari".

<sup>18</sup> Art. 2, c. 1, lett. f: "acque meteoriche dilavanti derivanti da superfici impermeabili non adibite allo svolgimento di attività produttive, ossia: le strade pubbliche e private, i piazzali di sosta e di movimentazione di automezzi, parcheggi e similari, anche di aree industriali, dove non vengono svolte attività che possono oggettivamente comportare il rischio di trascinarsi di sostanze pericolose o di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali; sono AMDNC anche le acque individuate ai sensi dell'articolo 8, comma 8"

## 2.4 Criteri di assimilabilità al refluo di tipo civile

L'Art. 101 del D.Lgs 152/2006 stabilisce che alcune tipologie di refluo diverse dal civile possano comunque essere assimilate al refluo civile ai fini della disciplina degli scarichi e delle autorizzazioni. In particolare si tratta di acque reflue:

*“a) provenienti da imprese dedite esclusivamente alla coltivazione del terreno e/o alla silvicoltura;*

*b) provenienti da imprese dedite ad allevamento di bestiame;*

*c) provenienti da imprese dedite alle attività di cui alle lettere a) e b) che esercitano anche attività di trasformazione o di valorizzazione della produzione agricola, inserita con carattere di normalità e complementarietà funzionale nel ciclo produttivo aziendale e con materia prima lavorata proveniente in misura prevalente dall'attività di coltivazione dei terreni di cui si abbia a qualunque titolo la disponibilità;*

*d) provenienti da impianti di acqua coltura e di piscicoltura che diano luogo a scarico e che si caratterizzino per una densità di allevamento pari o inferiore a 1 Kg per metro quadrato di specchio d'acqua o in cui venga utilizzata una portata d'acqua pari o inferiore a 50 litri al minuto secondo;*

*e) aventi caratteristiche qualitative equivalenti a quelle domestiche e indicate dalla normativa regionale;*

*f) provenienti da attività termali, fatte salve le discipline regionali di settore.”*

Su scala regionale la normativa di riferimento è la L.R. n.20 del 2006 “Tutela delle acque dall'inquinamento” e dal corrispondente Regolamento di attuazione (D.P.G.R. 8 Settembre 2008, n.46/R).

Le imposizioni relative all'assimilabilità dei reflui sono contemplate al Titolo III, Capo I del suddetto Regolamento di attuazione, in cui al comma 1 dell'Art. 18 si stabilisce che *“Le acque reflue scaricate da insediamenti e/o stabilimenti di cui alla tabella 1 dell'allegato 2 al presente regolamento hanno caratteristiche qualitative equivalenti ad acque reflue domestiche sempre che rispettino tutte le condizioni stabilite nell'allegato 2 al presente regolamento.”*

La Tabella 2.1 riporta le indicazioni di legge (Tab. 1, All. 2 D.P.G.R. 8 Settembre 2008, n.46/R) in relazione allo scarico fuori dalla pubblica fognatura per alcune tipologie di attività. In particolare sono state selezionate le attività effettivamente presenti nel territorio del

Comune di Rosignano Marittimo o comunque più vicine alle realtà socio-economiche del territorio.

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ SVOLTA	CONDIZIONI VINCOLANTI PER LO SCARICO FUORI DALLA PUBBLICA FOGNATURA	
	Condizioni sull'entità del carico	Prescrizioni particolari
Allevamento di altri animali diversi da bovini, suini, avicoli, cunicoli, ovicaprini, equini con peso vivo medio per anno non superiore alle 2 tonnellate (art. 101 comma 7 lettera -b- e tabella 6-allegato 5 del decreto legislativo)		In caso di scarico in corpi idrici superficiali è necessaria la predisposizione, quando prevista dall'autorizzazione o dall'autorità sanitaria, di un impianto di disinfezione
Stabulazione e custodia di animali non ai fini di allevamento		In caso di scarico in corpi idrici superficiali è necessaria la predisposizione, quando prevista dall'autorizzazione o dall'autorità sanitaria, di un impianto di disinfezione
Conservazione, lavaggio, confezionamento, di prodotti agricoli e altre attività dei servizi connessi alla agricoltura svolti per conto terzi esclusa trasformazione	Carico < = a 100 AE	Limite sul livello dei solidi sospesi è determinato a cura dell'autorità competente in relazione alle caratteristiche del corpo recettore finale;  Deve essere presente un opportuno specifico pretrattamento delle acque reflue in relazione alla tipologia di impianto di trattamento depurativo adottato ed alle caratteristiche del corpo recettore finale;
Lavorazione e conservazione di pesce carni e/o vegetali e di prodotti a base di carne e/o vegetali (carne, essiccata, salata, o affumicata, insaccati, sughi, piatti di carne preparati, confetture, conserve)	Carico < = a 100 AE	Deve essere presente un opportuno specifico pretrattamento delle acque reflue in relazione alla tipologia di impianto di trattamento depurativo adottato ed alle caratteristiche del corpo recettore finale;
Produzione dei derivati del latte: burro, formaggi, yogurt, latticini	Carico < = a 100 AE	Deve essere attuata la totale separazione del siero o della scotta;  Deve essere presente un opportuno specifico pretrattamento delle acque reflue in relazione alla tipologia di impianto di trattamento depurativo adottato ed alle caratteristiche del corpo recettore finale;
Produzione e/o imbottigliamento di vino da uve e di altre bevande fermentate e non distillate. Produzione di olio da olive, escluse comunque le acque di vegetazione.	Carico < = a 100 AE	Deve essere presente un opportuno specifico pretrattamento delle acque reflue in relazione alla tipologia di impianto di trattamento depurativo adottato ed alle caratteristiche del corpo recettore finale;
Grandi magazzini – Supermercati – Ipermercati – Centro commerciali	Carico < = a 100 AE	
Alberghi, residenze turistico alberghiere, residence, case per ferie, ostelli della gioventù, campeggi, villaggi turistici,	Carico < = a 200 AE	

Tabella 2.1 – Condizioni di assimilabilità al refluo di tipo civile (crf. Tabella 1, Allegato 2, DPGR 8 Settembre 2008 n. 46/R).

Le attività di produzione e commercio di beni o servizi le cui acque reflue sono costituite esclusivamente dallo scarico di acque derivanti dal metabolismo umano e da attività domestiche, producono uno scarico assimilabile al domestico senza alcuna condizione o prescrizione. A queste si aggiungono le attività di agriturismo, affittacamere e case-vacanza, bar e ristoranti, discoteche e stabilimenti balneari.

I limiti di carico (A.E.) indicati in Tabella 2.1 sono da intendersi riferiti allo scarico giornaliero di punta del periodo di massimo carico dell'attività.

Ai fini del calcolo del carico in A.E., il Regolamento di attuazione stabilisce che 1 AE corrisponde ad un richiesta chimica di ossigeno (COD) pari a 130 g al giorno od ad un volume di scarico pari a 200 l/giorno facendo riferimento al valore più alto.

In assenza di altri dati si può far riferimento al consumo idrico come risultante dalle fatturazioni del gestore del Sistema Idrico Integrato (SII) e di eventuali altre fonti di approvvigionamento autonomo, scomputando i volumi non scaricati in ragione della tipologia delle attività svolte. Il carico deve essere riferito a quello in ingresso all' impianto di depurazione.

Per la determinazione del numero di A.E possono essere utilizzati anche i criteri indicati nei regolamenti edilizi comunali. Ad esempio, il Regolamento edilizio del Comune di Rosignano Marittimo (Approvato con delibera di C.C. n. 25 del 08.02.01; Integrato e modificato con le Delibere del C.C. n. 192 del 23.12.02; n. 79 del 22.04.04 e n. 166 del 12.07.05), all'Art. 105 (Regolamentazione delle acque reflue), determina il carico del refluo di alcune attività:

- 1 A.E. ogni 2 posti letto in edifici alberghieri, case di riposo e simili;
- 1 A.E. ogni 3 posti mensa in ristoranti e trattorie;
- 1 A.E. ogni 2 posti letto in attrezzature ospedaliere;
- 1 A.E. ogni 3 addetti in edifici destinati ad uffici, esercizi commerciali, industrie o laboratori che non producano acque reflue di lavorazione;
- 1 A.E. ogni 3 posti alunno in edifici scolastici o istituti di educazione diurna;
- 4 A.E. ogni WC installato per musei, teatri ed in genere per tutti gli edifici adibiti ad uso diverso da quelli in precedenza indicati.

Sempre allo scopo di determinare il numero di A.E. si può fare riferimento alle indicazioni riportate nei manuali tecnici (Tabella 2.2).

Tipo di attività	Apporto idraulico unitario (L/d)	n. A.E. come carico idraulico	Apporto organico unitario (gBOD <sub>5</sub> /d)	n. A.E. come carico organico
Hotel, motel, pensioni <i>per ospiti &amp; personale di servizio</i>	150 - 400	0,75 - 2	55 - 75	0,9 - 1,25
Campeggi & villaggi turistici <i>per ospiti</i>	100 - 200	0,5 - 1	40 - 70	0,66 - 1,17
<i>per roulotte</i>	350 - 570	1,9 - 2,8	140 - 180	2,33 - 3
<i>per tenda</i>	300 - 400	1,5 - 2	120 - 160	2 - 2,7
Ristoranti <i>per impiegato</i>	35 - 60	0,60 - 1	20 - 25	0,33 - 0,42
<i>per posto servito</i>	10 - 12	0,05 - 0,06	10 - 15	0,17 - 0,25
Caffè & Bar <i>per impiegato</i>	50 - 60	0,83 - 1	20 - 25	0,33 - 0,42
<i>per cliente</i>	4 - 20	0,02 - 0,10	3 - 5	0,05 - 0,08

Tabella 2.2 – Carichi idraulici e organici stimati per alcune tipologie di attività (adattato da Masotti e Verlicchi, 2005).

### 3. La depurazione naturale delle acque reflue: la fitodepurazione

Con il termine “fitodepurazione” si intende un insieme di tecniche e soluzioni usate per il trattamento delle acque di scarico ed il controllo dell’inquinamento diffuso. Ma alla base dell’idea stessa di fitodepurazione vi è un approccio al problema dell’inquinamento ed alle sue possibili soluzioni decisamente diverso da quello che ha caratterizzato la cultura tecnica del settore della gestione e depurazione delle acque negli ultimi 30 anni.

Questi sistemi sono ampiamente diffusi in Europa da oltre venti anni e rappresentano una soluzione impiantistica valida soprattutto per le piccole e medie utenze. In Italia alcuni esperti hanno maturato, negli ultimi dieci anni, una vasta e dettagliata esperienza sulle problematiche e le modalità progettuali, nonché sulle necessità realizzative e di gestione di questi sistemi, applicati a reflui urbani, domestici e/o ad essi assimilabili.

Il buon funzionamento degli impianti di fitodepurazione è ormai ben dimostrato ed accettato diffusamente, anche in scenari particolari come, ad esempio, il settore turistico (campeggi, hotel, agriturismi, etc.) e, comunque, in presenza di forti variazioni nella quantità e qualità di acqua trattata giornalmente (Linee Guida Europee, progetto SWAMP, 2005).

I sistemi di depurazione naturale sono ampiamente utilizzati anche per il trattamento secondario e terziario (post-trattamento) urbani ed industriali con caratteristiche chimiche più complesse: reflui ad elevato carico organico (aziende vinicole, industrie alimentari, caseifici, etc.), percolati di discarica, effluenti di industrie tessili (ottimo l’abbattimento delle sostanze

pericolose), etc. Tale diffusione è dovuta alle ottime performance che questi sistemi presentano rispetto agli impianti tecnologici:

- semplicità costruttiva;
- costi di gestione molto contenuti;
- risparmio energetico (i sistemi possono funzionare anche per gravità);
- ottime rese depurative ed elevata ossigenazione dell'effluente;
- possibilità di accumulo e riutilizzo delle acque reflue depurate;
- ottimo inserimento paesaggistico (possono essere inseriti anche in parchi e giardini)
- possibilità di riqualificazione di aree degradate (riqualificazione ambientale, ripristino habitat ad elevata biodiversità, etc.).

Tali requisiti sono anche indicati, dalla normativa nazionale e regionale, prioritari per la scelta dei **trattamenti appropriati** per utenze inferiori ai 2000 Abitanti Equivalenti (AE) (vedi art. 19 D.P.G.R. n.46/R dell'8 settembre 2008 e Allegato V, parte III del D.Lgs. 152/06)

Si tenga conto che i sistemi di subirrigazione e di percolazione nel suolo non sono da considerarsi sistemi di trattamento di acque reflue, bensì sistemi di smaltimento. Come tali possono creare danni all'ambiente se i reflui, prima di essere smaltiti, non sono adeguatamente depurati mediante processo depurativo appropriato. I semplici trattamenti primari quali: fosse biologiche (tricamerale, bicamerale, Imhoff, etc.), bacini di sedimentazione, degrassatori, sedimentatori, possono abbattere fino al 20% il carico inquinante e solamente attraverso un processo di sedimentazione e in condizioni anaerobiche.

Pertanto, **per la salvaguardia dell'ambiente**, inteso come sistema ecologico plurimo, in cui gli elementi che costituiscono il paesaggio ne sono parte integrante, **è necessario applicare sistemi di trattamento delle acque che ben si inseriscano nel contesto territoriale e al contempo garantiscano livelli depurativi elevati**. Nel successivo paragrafo saranno descritte le tecniche di fitodepurazione più adeguate al territorio del Comune di Rosignano Marittimo

### 3.1 Tipologie di sistemi di fitodepurazione

Con il termine fitodepurazione si intendono quei trattamenti depurativi che traggono origine e ispirazione dai processi fisici, chimici e biologici propri delle aree umide naturali e che sono basati su precisi studi sul medium di riempimento (substrato), sulle essenze vegetali utilizzate e sull'idraulica del sistema.

In funzione del tipo di piante (macrofite: galleggianti, radicate sommerse, radicate emergenti) che sono utilizzate ed del tipo di percorso idraulico che fa il refluo all'interno del sistema stesso, sono classificati in: Sistemi a macrofite galleggianti, Sistemi a macrofite radicate sommerse e Sistemi a macrofite radicate emergenti. Quest'ultimi, per le loro peculiarità, presentano un'efficacia depurativa maggiore rispetto agli altri sistemi di depurazione naturale e pertanto più largamente utilizzati a livello europeo.

Infatti le Linee Guida Italiane (APAT-ARPAT 2005), in accordo con quelle di altri Paesi europei, suggeriscono l'applicazione di questi sistemi:

- **SFS-h o HF (Horizontal Subsurface Flow Systems):** i sistemi a flusso sommerso orizzontale sono vasche impermeabilizzate e riempite con materiale inerte, dove i reflui scorrono in senso orizzontale in condizioni di saturazione continua (reattori "plug-flow") e le essenze utilizzate appartengono alle macrofite radicate emergenti (Figura 3.1);
- **SFS-v o VF (Vertical Subsurface Flow Systems):** i sistemi a flusso sommerso verticale sono vasche riempite con materiale inerte, dove i reflui scorrono in senso verticale in condizioni di saturazione alternata (reattori "batch") e le essenze utilizzate appartengono alle macrofite radicate emergenti (Figura 3.2).
- **FWS (Free Water Surface System):** i sistemi a flusso libero riproducono, quanto più fedelmente, una zona palustre naturale, dove l'acqua è a diretto contatto con l'atmosfera e generalmente poco profonda, e le essenze vegetali che vi vengono inserite appartengono ai gruppi delle elofite e delle rizofite (Figura 3.1)

**Queste tipologie impiantistiche possono essere utilizzate singolarmente o combinate fra loro;** questo permette l'ottimizzazione delle superfici necessarie allo loro realizzazione.

Le soluzioni impiantistiche che possono essere adottate per il trattamento secondario e/o terziario di acque reflue urbane e domestiche sono numerose, e la loro scelta dipende sostanzialmente dai seguenti fattori:

1. obiettivi di depurazione prescelti
2. disponibilità di suolo
3. inserimento ambientale



Figura 3.1 – A sinistra sistema a flusso sommerso orizzontale e a destra sistema a flusso libero (Cantina Cecchi & Figli, Castellina in Chianti – SI)



Figura 3.2 – Sistema a flusso sommerso verticale (Azienda Vitivinicola Tenuta dell'Ornellaia – LI)

Nei successivi paragrafi vengono quindi descritte, in termini generali, le tipologie impiantistiche più appropriate al territorio del Comune di Rosignano Marittimo mentre per i dimensionamenti si rimanda alle Linee Guida Italiane (APAT-ARPAT, 2005).

### 3.1.1 Sistemi a flusso sommerso orizzontale (HF)

I sistemi a flusso sommerso orizzontale (Figura 3.3) sono costituiti da vasche opportunamente impermeabilizzate, che vengono riempite di materiale inerte con granulometria prescelta (es. ghiaie), in cui si fanno sviluppare le radici delle macrofite emergenti (comunemente utilizzata la *Phragmites australis*).

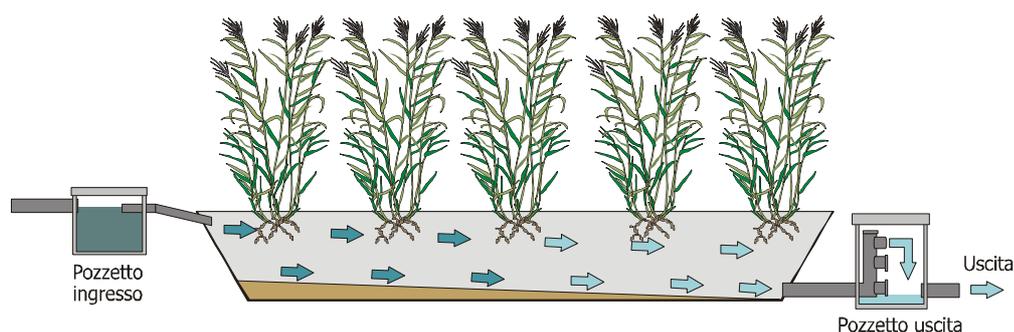


Figura 3.3 – Rappresentazione schematica di un sistema a flusso sommerso orizzontale

Il flusso di acqua è mantenuto costantemente al di sotto della superficie da uno speciale dispositivo, venendo così a creare un ambiente prevalentemente anossico, ricco tuttavia di micrositii aerobici sulle radici delle piante. E' proprio questa varietà delle condizioni redox del sistema a renderlo estremamente elastico, versatile ed efficiente a fronte di diverse tipologie di reflui da trattare e di variazioni del contenuto inquinante.



Figura 3.4 – Sistemi a flusso sommerso orizzontale: a sinistra sistema di trattamento di reflui urbani (200 AE) nel Comune di Dozza Imolese (BO), a destra impianto (60 AE) a servizio dell'Azienda agrituristica Tenuta di Spannocchia (SI)

Durante il passaggio dei reflui, attraverso il materiale di riempimento e la rizosfera delle macrofite (che costituiscono un sistema a biomassa adesa), la materia organica viene decomposta dall'azione microbica e l'azoto viene denitrificato, ciò accade se siamo in presenza di sufficiente contenuto organico: il fosforo ed i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento. I contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte

emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di una alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche; queste condizioni che si alternano determinano lo sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e la scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto.

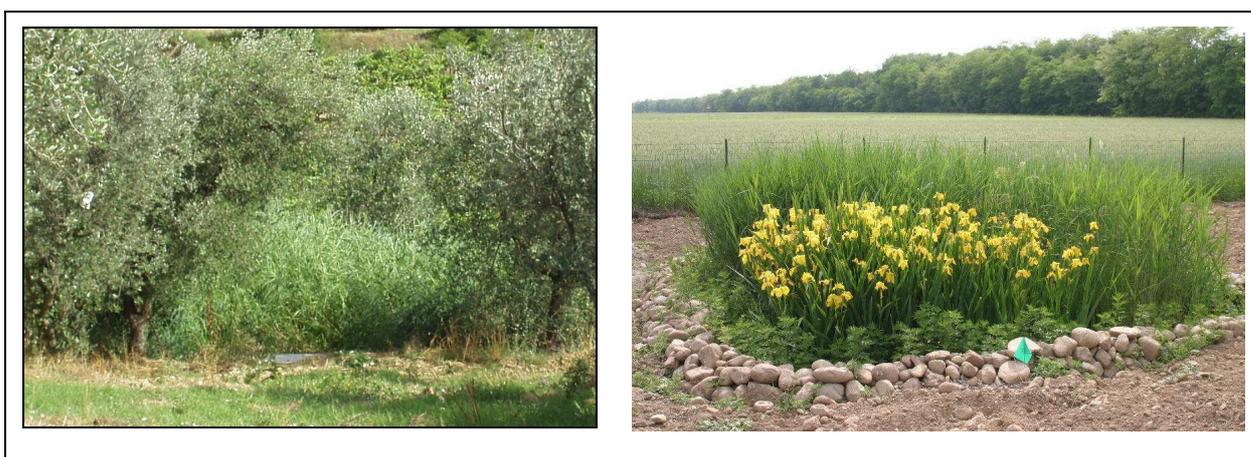


Figura 3.5 – Sistemi a flusso sommerso orizzontale: a sinistra impianto a servizio dell'Azienda agrituristica "Baggiolino" (FI), a destra impianto per casa singola (8-10 AE)

I sistemi a flusso sommerso orizzontale assicurano una maggiore protezione termica dei liquami nella stagione invernale, specie nel caso che si possano prevedere frequenti periodi di copertura nevosa.

### 3.1.2 Sistemi a flusso sommerso verticale (VF)

La configurazione dei sistemi a flusso sommerso verticale (Figura 3.6) è del tutto simile a quelli con flusso orizzontale appena descritti. La differenza consiste nel fatto che il refluo da trattare scorre verticalmente nel medium di riempimento (percolazione) e viene immesso nelle vasche con carico alternato discontinuo, mentre nei sistemi HF si ha un flusso a pistone, con alimentazione continua (approssimabile a un reattore "plug-flow").

Questa metodologia con flusso intermittente (reattori "batch") viene spesso configurata su più vasche in parallelo, che funzionano a flusso alternato, in modo da poter regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico in ingresso, mediante l'adozione di pompe o di dispositivi a sifone autoadescante, opportunamente dimensionati.

Le essenze impiegate sono le stesse dei sistemi a flusso orizzontale (macrofite radicate emergenti).

Il medium di riempimento si differenzia, invece, dai sistemi a flusso orizzontale in quanto si devono utilizzare granulometrie più fini, che permettono una lenta percolazione delle acque e quindi una distribuzione quanto più omogeneamente possibile su tutta la superficie del letto. Le sabbie grossolane hanno una adeguata conducibilità idraulica per una lenta filtrazione verticale e offrono, inoltre, un più vantaggioso rapporto tra volume occupato e superficie totale disponibile per la biomassa adesa in confronto ai sistemi HF.

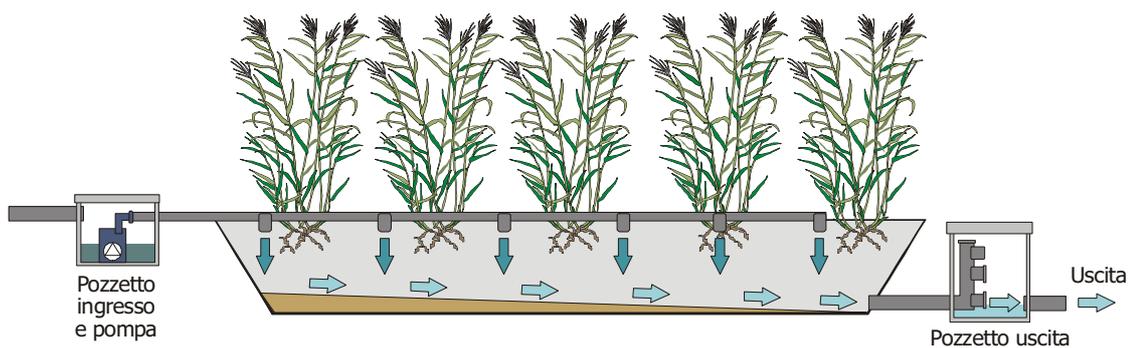


Figura 3.6 – Rappresentazione schematica di un sistema a flusso sommerso verticale

Questi sistemi, relativamente nuovi nel panorama della fitodepurazione, ma già sufficientemente validati grazie alla loro ampia diffusione nei paesi di lingua tedesca, hanno la prerogativa di consentire una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche, giacché la diffusione di questo elemento è circa 10.000 volte più veloce nell'aria che nell'acqua, e di alternare periodi di condizioni fortemente ossidanti a periodi di condizioni riducenti.

I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi: la sabbia diminuisce la velocità del flusso, ciò favorisce sia una parziale denitrificazione che l'adsorbimento del fosforo da parte della massa filtrante.

I fenomeni di intasamento superficiale, dovuti al continuo apporto di solidi sospesi e di materia organica, sono auspicati per un primo periodo, in quanto favoriscono la diffusione omogenea dei reflui su tutta la superficie del letto, mentre devono essere tenuti sotto controllo nel lungo periodo onde evitare formazioni stagnanti nel sistema ed una drastica diminuzione delle capacità ossidative del sistema (e quindi, ad esempio, delle rese di nitrificazione).



Figura 3.7 – Sistemi a flusso sommerso verticale: sistemi di trattamento a servizio di reflui urbani

Le esperienze estere (De Maeseneer, 1997), su tali sistemi, mostrano comunque che non si rilevano fenomeni di intasamento quando si utilizza una alimentazione discontinua inferiore al carico idraulico massimo del sistema con frequenza costante e quando si ha un adeguato sviluppo della vegetazione (l'azione del vento provoca, infatti, sommovimenti della sabbia nella zona delle radici ed intorno al fusto, contrastando i fenomeni occlusivi).

### 3.1.3 Sistemi a flusso libero (FW)

I sistemi FW consistono in vasche o canali dove la superficie dell'acqua è esposta all'atmosfera ed il suolo, costantemente sommerso, costituisce il supporto per le radici delle piante emergenti; anche in questi sistemi il flusso è orizzontale e l'altezza delle vasche generalmente è limitata a poche decine di centimetri. In questi sistemi i meccanismi di abbattimento riproducono esattamente tutti i fattori in gioco nel potere autodepurativo delle zone umide.



Figura 3.8 – Sistemi a flusso libero: a sinistra impianto post-trattamento Isola di Polvere, Lago Trasimeno (PG), a destra impianto per post-trattamento ed accumulo, Loc. Rispecchia (GR)

Questi sistemi sono particolarmente adatti come trattamento di affinamento (trattamento terziario) di effluenti che hanno già subito un processo ossidativo (trattamento secondario). Sono pertanto indicati a valle di sistemi tecnologici o di tipo naturale, qualora si voglia raggiungere un obiettivo depurativo maggiore.

I sistemi a flusso libero sono anche indicati per accumulare acque depurate che dovranno essere riutilizzate; in tal caso il sistema dovrà prevedere una parte a profondità maggiore e di dimensioni idonee per l'accumulo di un quantitativo sufficiente ai fabbisogni del periodo di maggiore criticità.

## **3.2 Indicazioni per la scelta impiantistica**

Per il dimensionamento del sistema di fitodepurazione si rimanda alle Linee Guida (APAT-ARPAT 2005), che affrontano nel dettaglio questo tipo di aspetto.

In questo ambito si vuole invece fornire un'indicazione di massima circa la scelta del lay-out dell'impianto, ovvero la configurazione impiantistica più adatta a seconda delle condizioni operative: carico inquinante e obiettivo depurativo.

In Tabella 3.1 sono indicate le configurazioni impiantistiche più adatte in diverse condizioni operative.

CARICO INQUINANTE	OBIETTIVO DEPURATIVO	LAY-OUT IMPIANTO
0 - 50 A.E.	Scarico in corpo idrico superficiale con livello di QUALITA' SCADENTE-MEDIOCRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h)</li> </ul>
	Scarico in corpo idrico superficiale con livello di QUALITA' BUONO-ELEVATO  Riuso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema combinato: Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h) + Sistema a flusso libero (FWS)</li> </ul>
50 -100 A.E.	Scarico in corpo idrico superficiale con livello di QUALITA' SCADENTE-MEDIOCRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h)</li> <li>• Sistema combinato: Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h) + Sistema a flusso sommerso verticale (SFS-v)</li> </ul>
	Scarico in corpo idrico superficiale con livello di QUALITA' BUONO-ELEVATO  Riuso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema combinato: Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h) + Sistema a flusso libero (FWS)</li> <li>• Sistema combinato: Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS-h) + Sistema a flusso sommerso verticale (SFS-v) + Sistema a flusso libero (FWS)</li> </ul>

Tabella 3.1 – Indicazioni di massima per il lay-out di un impianto di fitodepurazione di potenzialità inferiore a 100 A.E.

### 3.3 Elementi costitutivi dei sistemi di fitodepurazione e indicazioni costruttive

Il sistema di fitodepurazione si compone di un pozzetto di ingresso per la regolazione dell'alimentazione dell'impianto, da una o più vasche di uguale o diversa tipologia (in quest'ultimo caso si parla di sistemi "ibridi" o "combinati") disposte in serie o in parallelo. La configurazione impiantistica dipende in funzione di diversi parametri, ma principalmente in funzione della qualità del refluo da trattare e dall'obiettivo depurativo richiesto.

A valle dell'intero sistema deve essere situato un pozzetto per la regolazione dell'impianto e il campionamento dell'effluente.



Figura 3.9 – Schema generale sistema di fitodepurazione

I sistemi di fitodepurazione devono essere applicati come sistemi di trattamento secondario e quindi **a valle di un sistema di sedimentazione primaria**.

Come trattamenti primari si consigliano **le fosse biologiche tricamerale**. Inoltre è opportuno trattare le acque saponose con **degrassatori** prima di immetterle nella terza camera della fossa tricamerale.

In Tabella 3.2 si riportano le indicazioni di massima per il dimensionamento dei sistemi primari in funzione del carico inquinante, espresso in abitanti equivalenti (A.E.).

Trattamenti primari	Dimensionamento
	litri/A.E.
<b>Fossa tricamerale</b>	350
<b>Degrassatore</b>	80-100

Tabella 3.2 – Indicazioni per il dimensionamento sistemi di trattamento primari.

La realizzazione di un qualunque sistema di fitodepurazione prevede l'esecuzione delle seguenti attività:

- **Scavo e movimenti terra**

La prima fase consiste nei lavori di scavo e riporto di terre, anche allo scopo di riprofilare l'area di intervento in funzione della morfologia del territorio. Con queste operazioni si creano le vasche che saranno impermeabilizzate e riempite con l'appropriato medium filtrante prima della fase di piantumazione (Figura 3.10). Contestualmente allo scavo delle vasche possono anche essere create le tracce per l'installazione di pozzetti e tubazioni di alimentazione e raccolta delle acque.

La profondità dei letti varia nelle diverse tipologie impiantistiche e dipende anche dal tipo di pianta inserito nel sistema. Generalmente, poiché nei sistemi a flusso sommerso orizzontale si utilizza la *Phragmites australis*, la profondità media dei letti è circa 0,7 m. I sistemi a flusso verticale invece, poiché l'ossigenazione del medium è legata principalmente a meccanismi up-flow, hanno profondità standard di 1 m.

Infine, nei sistemi a flusso libero le profondità sono strettamente legate alle piante inserite e normalmente variabili da 0,10 a 1 m .



Figura 3.10 – Operazioni di scavo e movimento terra per la creazione delle vasche.

- **Realizzazione del sistema di impermeabilizzazione**

Per evitare fenomeni di inquinamento del suolo o delle acque sotterranee, i bacini di depurazione devono essere impermeabilizzati utilizzando manti sintetici come HDPE (polietilene ad alta densità) con spessore variabile da 1 a 2 mm, in modo da garantir. Le strisce di polietilene andranno saldate tra loro, garantendo un isolamento totale del fondo e delle pareti dell'impianto di fitodepurazione rispetto all'ambiente circostante.

La guaina sintetica in HDPE deve essere protetta sopra e sotto mediante un manto di geotessuto (TNT, "Tessuto Non Tessuto").



Figura 3.11 –Sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso: particolare dell'impermeabilizzazione

- ***Realizzazione di collegamenti idraulici***

Devono essere realizzati i **sistemi di alimentazione** e i **sistemi di raccolta** appropriati alla tipologia di impianto e alle caratteristiche del refluo da trattare. Devono essere realizzati **sistemi per la regolazione del livello dell'acqua** nelle vasche.

- ***Posa in opera del medium di riempimento e/o di crescita delle piante***

Nei sistemi a flusso sommerso il substrato (medium di riempimento delle vasche) ha un ruolo fondamentale nell'efficienza depurativa dell'impianto perché, oltre a fare da supporto alla vegetazione, rappresenta un filtro meccanico e chimico per alcune sostanze contenute nel refluo.

Per questo la scelta del tipo di medium è strettamente correlata alle caratteristiche del liquame che si deve depurare e agli obiettivi depurativi prescelti.

In Tabella 3.3 sono riportate le principali caratteristiche di alcuni medium di riempimento.



Figura 3.12 – Disposizione del medium di riempimento.

Tipologia	Dimensione grani (mm)	Porosità (%)	Conducibilità idraulica ( $K_s = m/d$ )
Sabbia	1-2	30-32	420-480
Ghiaia	8-16	35-38	500-800
Pietrisco	32-128	40-45	1200-1500

Tabella 3.3 – Caratteristiche di alcuni medium di riempimento (Nuttal et altri, 1997, modificato).

**L'utilizzo di terreno vegetale per i sistemi a flusso sommerso orizzontale e verticale determina intasamento dei sistemi e pertanto è sconsigliato.**

Il medium di riempimento delle vasche dovrà essere steso con particolare attenzione in modo da non compromettere l'integrità del sistema di impermeabilizzazione (Figura 3.12).

- **Collaudo idraulico**

Prima di procedere alla piantumazione delle essenze vegetali deve essere eseguito un collaudo idraulico per verificare l'impermeabilizzazione e l'assenza di perdite dal sistema.

Tale collaudo viene eseguito allagando il sistema con acqua pulita e chiudendo tutti i collegamenti idraulici e in seguito controllando che il livello dell'acqua si mantenga nel tempo.

- **Piantumazione delle essenze vegetali**

Le piante svolgono un ruolo importante e diversificato nei diversi sistemi di fitodepurazione pertanto la loro scelta deve avvenire sulla base di principi scientifici e non estetici o casuali.

In generale nei sistemi di fitodepurazione non devono essere utilizzate specie alloctone (es. specie asiatiche, specie tropicali, etc.), bensì specie tipiche del territorio e che rispondono ai principi di funzionalità delle diverse tipologie impiantistiche.

Infatti le piante che si utilizzano sono erbacee ed appartengono alla flora tipica degli ambienti umidi; esse sono suddivisibili in due distinti gruppi: **elofite** e **idrofite**.

Per il territorio del Comune di Rosignano Marittimo si consiglia l'utilizzazione delle essenze vegetali riportate in Tabella 3.4.

**La piantumazione può essere eseguita attraverso la messa a dimora di rizomi o di piantine** delle essenze vegetali a diversi stadi di crescita.

I periodi più adatti alla piantumazione sono la primavera e l'autunno. Possono essere considerati altri periodi dell'anno, ma a patto di evitare i mesi invernali particolarmente freddi o i mesi estivi particolarmente siccitosi.

ELOFITE		HYDROFITE	
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE
<i>Phragmites australis (o communis)</i>	Cannuccia di Palude		
<i>Typha latifolia</i>	Mazzasorda, sala	<b>RIZOFITE SOMMERSE</b>	
<i>Typha minima</i>	Mazzasorda	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Millefoglie d'acqua
<i>Typha angustifolia</i>	Stiancia	<i>Potamogeton natans</i>	Lingua d'acqua
<i>Juncus spp</i>	Giunco	<i>Ceratophyllum demersum</i>	/
<i>Butomus umbellatus</i>	Giunco fiorito		
<i>Caltha palustris</i>	Farferugine	<b>RIZOFITE FLOTTANTI</b>	
<i>Carex fusca</i>	Carice nera		
<i>Carex hirta</i>	Carice eretta	<i>Nymphaea alba</i>	Ninfea comune, carfano
<i>Iris pseudacorus</i>	Iris giallo	<i>Nymphaea rustica</i>	Ninfea rosa
<i>Lythrum salicaria</i>	Salcerella	<i>Nuphar lutea</i>	Nannufero
<i>Mentha aquatica</i>	Menta acquatica		
<i>Epilobium hirsutum</i>	Epilobio maggiore	<b>NATANTI</b>	
<i>Alisma plantago aquatica</i>	Mestolaccia	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	Morso di rana
		<i>Lemna spp</i>	Lenticchie d'acqua

Tabella 3.4 – Essenze vegetali da utilizzare per la fitodepurazione

▪ **Messa a regime dell'impianto (Start-up)**

Prima della messa a regime dell'impianto il sistema viene allagato con l'acqua reflua e chiusi i collegamenti idraulici. La condizione di allagamento deve essere mantenuta per un periodo da 2 a 4 settimane. Questa fase deve essere eseguita al fine di favorire la radicazione delle essenze vegetali acquatiche e limitare la crescita delle specie infestanti.

Successivamente i collegamenti idraulici vengono riaperti e il livello del refluo viene regolato al valore di progetto.

Nei paragrafi seguenti sono fornite indicazioni di dettaglio per la realizzazione di ciascuna tipologia di sistema di fitodepurazione: HF, VF e FWS.

### 3.3.1 SCHEDA 1 - Realizzazione di sistemi HF

La pianta e le sezioni indicative di un sistema di fitodepurazione a flusso orizzontale (sistema HF) sono riportate in **Allegato 1**.

- **Scavo e movimento terre**

Realizzazione di vasche aventi area e profondità dimensionate in base alle caratteristiche del refluo da trattare e obiettivi depurativi. Attorno ad ogni vasca sarà realizzato un cordolo perimetrale in terra alto circa 20-30 cm in modo da evitare l'ingresso nel sistema di acque di meteoriche (con in sospensione solidi) di ruscellamento dai terreni adiacenti.

Eventuale realizzazione delle tracce per la posa in opera dei collegamenti idraulici e pozzetti di regolazione.

- **Sistema di impermeabilizzazione**

Posizionamento di teli in geotessuto (o TNT, "Tessuto Non Tessuto") in modo da ricoprire il fondo e le pareti delle vasche fino a comprendere il cordolo esterno perimetrale. Sul geotessuto viene steso uno strato di sabbia, livellato in modo da ricreare la pendenza di progetto del fondo-vasca (1-2 %). Successivamente vengono posizionati e termosaldati in loco i teli in HDPE di spessore 1-2 mm (in caso di piccolissime utenze può essere sufficiente un telo unico di maggiori dimensioni) e su di essi vengono stesi nuovamente teli in geotessuto.

- **Sistema di alimentazione**

Posizionamento di una tubazione microforata o una tubazione con elementi di distribuzione a T (Figura 3.13) che alla fine risulterà immersa nel medium di riempimento.

Nella zona interessata dalla tubazione di alimentazione deve essere previsto un medium con pezzatura di grandi dimensioni (70-130 mm) in modo da minimizzare la possibilità di intasamento (Figura 3.15).

La tubazione di alimentazione deve estendersi per tutta la larghezza della vasca in modo da rendere distribuire il refluo in modo uniforme.



Figura 3.13 – Tubazioni per l'alimentazione dei sistemi HF.

- **Sistema di raccolta**

Posizionamento di una tubazione drenante sul fondo della vasca al piede della parete della sezione di uscita. Analogamente alla tubazione di alimentazione, anche la tubazione di raccolta si trova immersa in un medium a pezzatura di grandi dimensioni (70-130 mm).

Anche la tubazione di raccolta si estende su tutta la larghezza della vasca ed è collegata ad un pozzetto in cui è alloggiato un dispositivo per la regolazione del livello del refluo all'interno della vasca (Figura 3.14).



Figura 3.14 – Pozzetto con dispositivo di regolazione.

- **Medium di riempimento**

Nei sistemi a flusso sommerso orizzontale deve essere assicurata una conducibilità idraulica di almeno 500 m/d, e pertanto si consiglia l'utilizzo di ghiaia ad elevato grado di

uniformità, pulita e lavata. In questi sistemi è generalmente utilizzata ghiaia del diametro medio compreso tra 10 e 20 mm.



Figura 3.15 –Sistemi di fitodepurazione a flusso orizzontale: particolari dell’area d’ingresso con pietrisco per la corretta distribuzione del refluo

Il medium deve essere distribuito in modo uniforme all’interno della vasca, per uno spessore direttamente correlato alla profondità delle radici dell’essenza vegetale impiegata (Tabella 3.5).

NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	Penetrazione radici (m)
<i>Phragmites australis (o communis)</i>	Cannuccia di Palude	0,7 - 0,8
<i>Typha latifolia</i>	Mazzasorda, sala	0,3 - 0,4
<i>Typha minima</i>	Mazzasorda	0,3 - 0,4
<i>Typha angustifolia</i>	Stiancia	0,3 - 0,4

Tabella 3.5 – Indicazioni sulla profondità dell’apparato radicale di alcune specie di elofite

La livellazione superficiale del medium di riempimento alle quote definite dal progetto deve essere eseguita con particolare attenzione al fine di evitare l’affioramento delle acque reflue (in corrispondenza di avvallamenti della superficie).

- **Piantumazione delle essenze vegetali**

La densità di piantumazione consigliata nei sistemi a flusso sommerso può essere fissata pari a 4 unità/m<sup>2</sup>. Per i sistemi a flusso sommerso orizzontale si consiglia l’utilizzo della *Phragmites australis*, in quanto hanno una profondità radicale maggiore e permettono quindi un’ottimizzazione delle aree necessarie al processo depurativo.

### 3.3.2 SCHEDA 2 - Realizzazione di sistemi VF

La pianta e le sezioni indicative di un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale (sistema VF) sono riportate in **Allegato 2**.

- **Scavo e movimento terre**

Realizzazione di vasche aventi area e profondità dimensionate in base alle caratteristiche del refluo da trattare e obiettivi depurativi. Attorno ad ogni vasca sarà realizzato un cordolo perimetrale alto 20-30 cm in modo da evitare l'ingresso nel sistema di acque di meteoriche di ruscellamento dai terreni adiacenti.

Eventuale realizzazione delle tracce per la posa in opera dei collegamenti idraulici e pozzetti di regolazione.

- **Sistema di impermeabilizzazione**

Posizionamento di teli in geotessuto (o TNT, "Tessuto Non Tessuto") in modo da ricoprire il fondo e le pareti delle vasche fino a comprendere il cordolo esterno perimetrale. Sul geotessuto viene steso uno strato di sabbia, livellato in modo da ricreare la pendenza di progetto del fondo-vasca (1-2 %). Successivamente vengono posizionati e termosaldati in loco i teli in HDPE di spessore 1-2 mm (in caso di piccolissime utenze può essere sufficiente un telo unico di maggiori dimensioni) e su di essi vengono stesi nuovamente teli in geotessuto.

- **Sistema di alimentazione**

Realizzazione di un sistema di alimentazione discontinuo, in modo da permettere la percolazione del refluo fra un carico e l'altro. L'alimentazione discontinua può essere realizzata mediante l'impiego di un sifone di cacciata o di un sistema di pompaggio (pompe centrifughe sommergibili con girante di tipo appropriato).



Figura 3.16 –Sistemi di fitodepurazione a flusso verticale: particolare del sistema di alimentazione.

Disposizione uniforme delle tubazioni di alimentazione al di sopra del medium di riempimento (Figura 3.16). L'uscita del refluo dalla tubazione di alimentazione può avvenire attraverso apposite bocchette (ad esempio mediante curve a 90°) oppure praticando dei piccoli fori di 2-4 mm sulla parte inferiore della tubazione stessa.

- **Sistema di raccolta**

Posizionamento di una tubazione drenante (sul fondo della vasca estesa su tutta la larghezza della sezione di uscita. Può essere usata una tubazione forata come quella di alimentazione dei sistemi HF (Figura 3.13).

- **Medium di riempimento**

In questi sistemi il medium di riempimento può essere costituito unicamente da sabbia. In superficie è consigliabile disporre uno strato di ghiaia, con uno spessore minimo di 10 cm a granulometria medio-fine, per ottenere una più efficace distribuzione del refluo su tutto lo strato di sabbia sottostante; sul fondo è importante, invece, prevedere uno strato di almeno 15 cm di ghiaia grossolana (25-50 mm) per evitare che i grani di sabbia otturino il sistema di drenaggio.

Lo strato di sabbia non deve essere inferiore ai 30 cm e dovrà essere ad una profondità tale da permettere al suo interno lo sviluppo delle radici dell'essenza vegetale prescelta.

La sabbia dovrà essere scevra da materie terrose od organiche, esser preferibilmente di qualità silicea (in subordine quarzosa, granitica o calcarea), di grana omogenea, stridente al tatto e dovrà provenire da rocce aventi alta resistenza alla compressione.

- **Piantumazione delle essenze vegetali**

La densità di piantumazione nei sistemi a flusso sommerso può essere fissata a 4 unità/m<sup>2</sup>. Per i sistemi a flusso sommerso verticale possono essere utilizzate tutte le elofite indicate in Tabella 3.4 purchè la profondità radicale sia superiore a 30 cm.

### 3.3.3 SCHEDA 3 - Realizzazione di sistemi FW

La pianta e le sezioni indicative di un sistema di fitodepurazione a flusso libero (sistema FWS) sono riportate in **Allegato 3**.

- **Scavo e movimento terre**

Realizzazione del sistema aventi area e profondità variabili, dimensionate in base alle caratteristiche del refluo da trattare e obiettivi depurativi e di eventuale accumulo e riuso delle acque depurate.

Le forme utilizzabili nel design di un sistema a flusso libero sono innumerevoli; cioè non esistono dati analitici che fanno privilegiare una forma rispetto ad un'altra in termini di effetti depurativi, però diventa fondamentale avere una specifica attenzione ad alcuni aspetti tecnici (tempo di ritenzione idraulico, perdite di carico, cortocircuiti idraulici, sviluppo delle sezioni longitudinali e trasversali, strutture di regolazione ingresso e uscita), per i quali è accertata l'incidenza sulle rese.

- **Sistema di impermeabilizzazione**

Realizzazione di un sistema di impermeabilizzazione, con gli stessi requisiti di permeabilità dei sistemi a flusso sommerso.

- **Sistema di alimentazione**

Realizzazione di un sistema di alimentazione in grado di permettere una buona distribuzione del flusso lungo l'intera larghezza della zona iniziale mantenendo una bassa velocità del refluo per facilitare lo sviluppo delle piante e limitare al massimo i fenomeni di erosione. Come sistemi di alimentazione si possono utilizzare:

- tubazioni drenanti analoghe a quelle di alimentazione di sistemi HF, con diametri adeguati al tipo e alla quantità di refluo, con sezioni di uscita dell'acqua sufficientemente grandi da evitare intasamenti;
- canalette di distribuzione con soglia stramazante;

- **Sistema di raccolta**

La raccolta delle acque potrà avvenire con: l'utilizzo di tubazione drenante microforata, o tramite l'installazione di apposito pozzetto drenante o di una soglia a stramazzo.

Il sistema di raccolta dovrà essere circondato da sistema di filtrazione finale realizzato con un letto di ghiaia grossolana oppure con una griglia a maglie larghe.

I dispositivi di raccolta dell'acqua in uscita dovranno essere progettati in modo da non creare vie preferenziali di scorrimento del refluo; per questo è importante assicurare una uniforme raccolta del refluo, su tutto lo sviluppo trasversale della zona umida, prevedendo più dispositivi di raccolta collegati tra loro e/o zone ad acqua profonda per la miscelazione e ridistribuzione dei flussi.

- **Medium di riempimento**

Una volta impermeabilizzato il fondo, si deve porre a ricoprimento uno strato di terreno vegetale dell'altezza di 20-40 cm, con la funzione di: consentire l'attecchimento delle essenze vegetali e fornire una protezione meccanica all'impermeabilizzazione.

Il terreno vegetale da utilizzare dovrà essere privo di radici, erbe infestanti e non deve contenere alte quantità di argille. I suoli con tessitura da sabbiosa a limosa, con alto contenuto organico, sono i più favorevoli allo sviluppo e alla rapida propagazione della vegetazione. Per quanto riguarda invece gli inerti di riempimento da utilizzare nelle zone filtranti, valgono le stesse considerazioni fatte per i sistemi a flusso sommerso orizzontale.

- ***Piantumazione delle essenze vegetali***

Nei sistemi a flusso libero la scelta della densità delle piante dipende dalle esigenze dalle particolari essenze (Tabella 3.4).

In questo tipo di sistema depurativo possono essere utilizzate sia specie Elofite che specie strettamente acquatiche (Idrofite). Entrambe devono essere scelte in base alle loro caratteristiche ecologiche e in particolare rispetto alla profondità dell'acqua in una determinata area del FWS.

Deve essere prevista la presenza di aree di acqua libera, prive di vegetazione emergente, con la funzione di facilitare molti processi naturali, tra cui la riduzione di cortocircuiti idraulici, la disinfezione tramite raggi UV, la riossigenazione, la sedimentazione delle particelle più fini, la miscelazione della colonna d'acqua e la riduzione di zone stagnanti.

## 4. Bibliografia

### 4.3 Riferimenti normativi

D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, *Norme in materia ambientale*, G.U. 14 aprile 2006, n. 88

D.P.G.R. 8 settembre 2008, n. 46/R, *Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"*, B.U.R.T. 17 settembre 2008, n. 29.

Direttiva 2000/60/CE, *Water Framework Directive*, G.U.U.E. L 327 del 22 dicembre 2000

Direttiva 91/271/CEE, *Urban Waste Water Treatment Directive*, G.U.C.E. L 135 del 30 maggio 1991

L.r. 31 maggio 2006, n. 20, *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*, B.U.R.T. 7 giugno 2006, n. 17

*Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque recante modifica della direttiva 2000/60/CE*, Bruxelles, 17 luglio 2006, non pubblicata nella G.U.U.E.

### 4.4 Riferimenti tecnici

ARPAT-APAT, *Linee Guida per la progettazione e gestione di zone umide artificiali per la depurazione dei reflui Civili*. A cura di Mazzoni M., Litografia I.P., Firenze, 2005.

Brix H. *Danish Guidelines for small constructed wetland systems*, Atti del Convegno "La fitodepurazione: applicazioni e prospettive", ARPAT, Volterra (PI), pp. 109-117, 2003.

Cooper P.F., *The use of Reed Bed Systems to treat domestic sewage: the European Design and Operation Guidelines for Reed Bed Treatment Systems*, in "Constructed Wetlands for Water Quality Improvement" (Moshiri G.A. Ed.), Lewis Publisher, 1993.

Green M.B., Upton J., *Reed Bed Treatment for Small Communities. U.K. Experience*, in "Constructed Wetlands for Water Quality Improvement", Moshiri G.A. Ed., Lewis Publisher, London, pp. 509-517, 1993.

Masotti L., Verlicchi P., *Depurazione delle acque di piccole comunità -Tecniche naturali e tecniche impiantistiche*, Ed. HOEPLI, 2005.

Merz S.K., *Guidelines for Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage*, Queensland Department of Natural Resources, September 2000.

New South Wales Department Of Land And Water Conservation, *The Constructed Wetland Manual*, Australia, 1998.

Nuttal. P.M., Boon A.G., Rowell M.R., *Rewiew of the design and management of constructed wetland*, CIRIA ed., London, 1997.

Pucci B., Conte G., Martinuzzi N., Giovannelli L., Masi F., *Design and performance of a horizontal flow constructed wetland for treatment of dairy and agricultural wastewater in the "Chianti" countryside*, atti della 7<sup>th</sup> International Conference, IWA Specialists Group "Wetland Systems for Water Pollution Control", Orlando, vol.3, pp. 1433-1436, 2000.

Pucci B., Giovannelli L., *Constructed wetland system for an integrated treating and reuse of rural residential wastewater (Tuscany, Italy)*, atti dell'IAWQ International Conference "Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse", Milano, vol. 2, pp. 1071,1074, 1998.

Reed S.C., Crites R.W., Mittlebrooks E.J., *Natural systems for waste management and treatment*, 2nd Ed. Mc Graw Hill inc., N.Y., 1995.

Sansoni G., Casotti M., *Ruolo della fitodepurazione nell'ambito di una strategia complessiva di recupero ambientale*, Atti della giornata di studio "Fitodepurazione: da tecnica depurativa a strategia di salvaguardia ambientale", Filattiera (MS), 25 settembre 1998.

Steiner G.R., Combs D.W., *Small Constructed Wetlands Systems for domestic wastewater treatment*, in "Constructed Wetlands for Water Quality Improvement", Moshiri G.A. Ed., Lewis Publisher, London, pp. 491-498, 1993.

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

Vymazal J., Brix H., Cooper P.F., Green M.B., Haberl R., *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*, Backhuys publ., Leiden, 1998.

WRc., *Reed Beds & Constructed Wetlands for wastewater treatment*, "Database. Severn Trent Water", WRc Plc., Medmenham, 1996.