

## **DEPURATORI DELLE ACQUE DI SCARICO DELLE CANTINE**

Il trattamento depurativo delle acque di scarico e di risulta dalle lavorazioni delle aziende vinicole e delle cantine è un problema difficile e complesso da affrontare, le cui problematiche sono connesse soprattutto alla spiccata *stagionalità della lavorazione* (concentrata al massimo in 2-3 mesi all'anno, cioè il periodo della vendemmia e della vinificazione) e all'*elevato contenuto organico* degli scarichi.

Durante questo periodo, secondo recenti ricerche effettuate su cantine francesi e italiane (riportate nel Rapporto Agricoltura del dicembre 2009) la portata di tali scarichi è mediamente pari a 1,2 l/giorno per quintale di uva lavorata all'anno e il relativo carico organico viene stimato con un valore del BOD<sub>5</sub> di 2500-3000 mg/l ed un rapporto BOD<sub>5</sub>/COD di 0,5 (sintomo di un buon grado di biodegradabilità delle sostanze inquinanti). In realtà in alcuni casi da noi affrontati sono stati riscontrati valori di picco del BOD<sub>5</sub> anche superiori a 10000 mg/l. Queste acque di scarico sono poi contraddistinte da un alto contenuto di bucce, acini, raspi, foglie, ecc... che devono essere necessariamente rimosse a monte del trattamento.

Nel resto dell'anno gli scarichi derivano soprattutto dalle operazioni di lavaggio dei macchinari, delle pavimentazioni e dei contenitori dei prodotti e il carico idraulico giornaliero si riduce anche di 5 volte rispetto a quello del periodo di punta. Analogamente si riduce il BOD<sub>5</sub> dell'acqua (100-200 mg/l). Durante queste operazioni vengono usati prodotti per la pulizia e la disinfezione, solitamente in quantità molto ridotte e tali da non comportare problemi alla flora batterica preposta alla depurazione.

## **CARATTERISTICHE DEI REFLUI, NORMATIVE E TIPOLOGIE DI TRATTAMENTO**

### **Normative**

L'*assimilabilità delle acque reflue a quelle domestiche* è regolamentata dalle leggi regionali in materia di tutela delle acque dall'inquinamento sulla base delle disposizioni al punto 7 dell'art.

101 della Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006. Tali disposizioni sono state riviste dal D.P.R. n. 227/2011 che detta i criteri di assimilazione alle acque reflue domestiche.

Secondo questi criteri, sono assimilabili alle acque reflue domestiche le acque di scarico qualitativamente equivalenti (ma non è questo il caso) i cui parametri di inquinamento non sono superiori ai limiti previsti dalla tabella 1 dell'allegato A al decreto nonché le acque provenienti dalle categorie di attività elencate nella tabella 2 dello stesso allegato. Una delle voci di questa tabella riporta le "Piccole aziende agroalimentari appartenenti ai settori lattiero-caseario, vitivinicolo e ortofrutticolo, che producono quantitativi di acque reflue non superiori a 4000 m<sup>3</sup>/anno e quantitativi di azoto, contenuti a monte della fase di stoccaggio, non superiori a 1000 kg/anno". Ad esempio la Regione Umbria, con la Deliberazione 24 aprile 2012, n. 424, ha introdotto nella Direttiva Tecnica Regionale queste disposizioni in base alle quali le acque di scarico delle cantine operanti entro il limite di 4000 m<sup>3</sup>/anno possono essere assimilate alle acque reflue domestiche. Le altre Regioni, qualora non l'abbiano già fatto, dovranno adeguarsi alle direttive del D.P.R. n. 227/2011.

#### Scarico in fognatura

In base all'art. 107 comma 2 della Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006, gli scarichi delle cantine in rete fognaria, se rientrano nel limite di 4000 m<sup>3</sup>/anno e quindi sono assimilati alle acque reflue domestiche, sono sempre ammessi a patto che osservino i regolamenti emanati dal gestore del servizio idrico integrato ed approvati dalla Autorità di ambito competente. Secondo il comma 1 dell'articolo invece, gli scarichi che eccedono questo limite, essendo considerate acque reflue industriali, devono sottostare ai limiti di emissione adottati dalla Autorità di ambito che (a meno di particolari eccezioni introdotte dalle norme regionali) coincidono con i valori previsti dalla tabella 3 dell'allegato 5 alla Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006.

#### Scarico in corpo idrico superficiale e sul suolo

Gli scarichi delle cantine non allacciate alla pubblica fognatura, ove assimilabili alle acque reflue domestiche ( $\leq 4000$  m<sup>3</sup>/anno), sono regolamentati dall'art. 100 comma 3 della Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006: questo impone l'obbligo del trattamento delle acque di scarico mediante sistemi individuali o altri sistemi pubblici o privati adeguati individuati dalle Regioni.

A titolo di esempio, facciamo riferimento alla già richiamata Direttiva della regione Umbria. La tabella 11 della norma caratterizza i sistemi di trattamento delle acque reflue domestiche derivanti da insediamenti, installazioni ed edifici isolati con recapito diverso dalla rete fognaria mentre la tabella 12 ne stabilisce i criteri applicativi. L'art. 10 della Direttiva dispone l'obbligo del rispetto delle indicazioni fornite dalle tabelle 11 e 12 e dei limiti di emissione riportati nella tabella 13 (che tra l'altro sono in linea con i valori per lo scarico in acque superficiali previsti dalla tabella 3 dell'allegato 5 alla Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006).

Nei casi di non ammissibilità alle acque reflue domestiche (quindi oltre 4000 m<sup>3</sup>/anno), gli scarichi delle cantine non allacciate alla pubblica fognatura sono regolamentati dal punto 1.2 dell'Allegato 5 alla Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006 (scarico delle acque reflue industriali in corpo idrico superficiale) e dal punto 2 dello stesso allegato (scarico delle acque reflue industriali sul suolo) i quali dispongono l'obbligo del rispetto dei limiti di emissione previsti rispettivamente dalle tabelle 3 e 4 eventualmente modificati dalle Regioni. Resta ferma, nel caso di recapito sul suolo, la necessità dell'ammissibilità dello scarico ai sensi dell'art. 103 comma 1 lettera c) della Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006 secondo il quale deve essere accertata l'impossibilità tecnica o l'eccessiva onerosità, a fronte dei benefici ambientali conseguibili, a recapitare in corpi idrici superficiali.

### Riutilizzo agronomico

Il recupero e riutilizzo agronomico dei reflui enologici è disciplinata dall'art. 17 del D.M. 7 aprile 2006 il quale recita testualmente: "L'utilizzazione agronomica delle acque reflue è ammessa qualora contenenti sostanze naturali non pericolose, provenienti dalle piccole aziende agroalimentari appartenenti ai settori lattiero-caseario, vitivinicolo e ortofrutticolo che producono quantitativi di acque reflue non superiori a 4000 m<sup>3</sup>/anno e quantitativi di azoto, contenuti in dette acque a monte della fase di stoccaggio, non superiori a 1000 kg/anno". È in sostanza la stessa definizione di assimilabilità dei reflui enologici alle acque reflue domestiche purché gli stessi contengano solo sostanze naturali non pericolose. L'art. 11 comma 2 lettera d) dello stesso decreto prevede la non ammissibilità dall'utilizzazione agronomica nel settore vitivinicolo delle acque derivanti da processi enologici speciali (come ad esempio la ferrocianurazione e la desolfurazione dei mosti, la produzione di mosti concentrati e mosti concentrati rettificati, ecc...). Come sopra e a titolo di esempio, facendo riferimento alla già richiamata Direttiva della regione Umbria, secondo l'art. 23, l'utilizzo delle acque reflue domestiche a scopo irriguo presso lo stesso stabilimento che le ha prodotte è consentito solo se:

- a) siano state prima sottoposte ad un trattamento tale da garantire il rispetto dei valori limite previsti dalla tabella 6 allegata alla direttiva per lo scarico delle acque reflue industriali sul suolo;
- b) vengano riutilizzate solo ed esclusivamente sui terreni di proprietà del titolare;
- c) non siano utilizzate su colture da consumarsi crude o dopo aver subito trattamento fisico o chimico, pascoli di bestiame, spazi pubblici o comunque aperti al pubblico.

Si osserva infine che, poiché i limiti di emissione previsti dalla tabella 6 sono molto più restrittivi di quelli relativi allo scarico in fognatura o in corpo idrico superficiale l'obbligo del loro rispetto risulta spesso disincentivante riguardo al riuso delle acque reflue.

## Tipologie di trattamento

Dato l'ottimo grado di biodegradabilità delle acque di scarico delle cantine vinicole, il depuratore più appropriato per il loro trattamento non potrà essere che di tipo biologico.

L'impiego di questo tipo di impianto (specie se del tipo a "fanghi attivi") comporta però un problema fondamentale: l'attivazione della flora batterica a causa della discontinuità e disomogeneità degli scarichi. La durata della campagna di raccolta e vinificazione (2-3 mesi) è infatti comparabile con il tempo necessario per l'attivazione di un reattore biologico. Pertanto condizione indispensabile per il funzionamento dell'impianto è che all'avviamento della vinificazione il reattore sia *già attivato*. A tale scopo, l'impianto deve avere una certa capacità di accumulo e miscelazione delle acque di scarico per equalizzare la portata di alimentazione del depuratore biologico. Inoltre la disponibilità di tale accumulo consente di operare l'arricchimento delle capacità nutritive degli scarichi per la formazione e l'acclimatazione e la proliferazione della flora batterica *prima* dell'avviamento della campagna di vinificazione.

La rimozione dei corpi solidi (foglie, raspi, bucce, semi, ecc...) presenti in notevole quantità è generalmente operata da una *griglia statica autopulente* di nuova generazione (Wedge Wire Screen) che si sta diffondendo negli ultimi anni per le sue caratteristiche di semplicità e di efficienza. La griglia viene generalmente alimentata da una pompa installata in una *vasca di omogeneizzazione e sollevamento* ed è direttamente collegata tramite la condotta di deflusso dell'acqua filtrata con il *bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica*. La principale funzione della griglia è quella di salvaguardare il corpo di riempimento del filtro biologico dagli intasamenti e le apparecchiature elettromeccaniche installate nel bacino.

La rimozione del contenuto organico dei reflui enologici entro i limiti di emissione previsti dalle norme richiede una riduzione del BOD<sub>5</sub> da 3000-10000 mg/l fino a 20-40 mg/l: tale efficienza *non* può essere ottenuta mediante un solo stadio di depurazione ed occorre quindi adottare almeno un secondo stadio di finitura dell'acqua depurata.

Il primo stadio depurativo che proponiamo avviene a mezzo di un depuratore biologico aerobico a biomassa adesa ("*filtro biologico*") installato direttamente all'interno del bacino di bilanciamento idraulico che opera contemporaneamente come filtro percolatore a ventilazione forzata nella parte emersa e come filtro sommerso aerato nella parte immersa. Il filtro viene solitamente dimensionato al fine di ottenere una rimozione del 70-80 % del carico organico. Inoltre il bacino provvede a smorzare i picchi di scarico equalizzandolo la portata di adduzione dell'acqua all'unità di trattamento terziario. Per queste sue peculiarità il bacino è il componente più importante dell'impianto.

Il bacino di omogeneizzazione e sollevamento delle acque di scarico, la griglia statica autopulente e il bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica sono i componenti comuni alle tre tipologie di impianto qui di seguito descritte mentre le tecniche adoperate per il

trattamento terziario di finitura sono quelle che differiscono e caratterizzano i vari sistemi. Esse sono: la fitodepurazione, la depurazione chimico-fisica e la depurazione biologica a fanghi attivi.

La *fitodepurazione* dell'acqua biofiltrata è operata da un letto a flusso sommerso orizzontale che viene preferito a quello verticale per la maggiore semplicità ed economicità di costruzione e manutenzione. Combinato con il bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica, il fitodepuratore opera in condizioni ottimali poiché l'acqua rilanciata dal bacino ha un carico organico ridotto, un contenuto di solidi sospesi esiguo (agevolmente biodegradabile dalla flora batterica presente nel letto) e l'acqua è molto ben ossigenata, equalizzata (in termini di portata idraulica) e distribuita uniformemente lungo il lato di ingresso.

La *depurazione chimico-fisica* dell'acqua biofiltrata è operata da una macchina posizionata fuori terra e alimentata dalla pompa di rilancio dal bacino di bilanciamento idraulico. La macchina, consiste in un chiariflocculatore chimico-fisico completo di stazione di dosaggio degli additivi chimici e di disidratatore (generalmente del tipo a sacchi drenanti) del fango di risulta. Il chiariflocculatore è composto da un canale di flocculazione (miscelato con l'aiuto di aria compressa) e una vasca di flottazione ad aria disciolta. La macchina rimuove le residue sostanze contaminanti di natura sospesa e colloidale.

La *depurazione biologica a fanghi attivi* dell'acqua biofiltrata è operata secondo lo schema tradizionale che prevede una *fossa Imhoff*, un *bacino di ossidazione biologica* e un *sedimentatore secondario*. L'acqua viene rilanciata alla fossa Imhoff (dove avviene la decantazione dei solidi) da dove poi defluisce nel bacino di ossidazione biologica. Qui vengono degradate le sostanze organiche residue. La miscela acqua-fango biologico si immette quindi nel sedimentatore, dove l'acqua chiarificata surnatante fuoriesce dalla canaletta di sfioro andando allo scarico mentre il fango sedimentato viene ricircolato nel bacino di ossidazione o spurgato nel vano di digestione della fossa Imhoff dove viene stabilizzato e periodicamente rimosso tramite autospurgo.

## **CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E FUNZIONALI DEGLI IMPIANTI**

Le configurazioni adottate per le tre tipologie di impianti di trattamento dei reflui enologici sono state progettate dallo Studio di Progettazione che collabora con noi per affrontare essenzialmente le seguenti problematiche:

- la stagionalità delle lavorazioni;
- la necessità di rimozione dell'alto contenuto organico dei reflui entro i limiti normativi.

Le unità operative sono riassunte nella seguente tabella.

Unità operativa	Componenti impiantistici	Tipo di trattamento
Trattamento primario	Bacino di rilancio ed omogeneizzazione	Raccolta, accumulo, omogeneizzazione, rilancio delle acque di scarico
	Griglia statica autopulente	Rimozione di foglie, raspi, bucce, semi , ecc...
Trattamento secondario	Bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica	Depurazione biologica ed equalizzazione idraulica
Trattamento terziario	Letto di fitodepurazione Flocculatore-flottatore Depuratore biologico a fanghi attivi	Finitura (fisica e/o chimica e/o biologica)

### **Trattamento primario e secondario**

Come già accennato, le unità di trattamento primario e secondario sono comuni alle tre tipologie di impianti relazionate.

#### Il bacino di rilancio

Questo componente provvede alla raccolta e all'accumulo delle acque di scarico ed al loro rilancio al trattamento di grigliatura operando nel contempo una pre-miscelazione dei reflui prodotti dalle diverse lavorazioni e delle acque di scarico con le sostanze nutritive.

Viene realizzato con l'impiego di una vasca monoblocco prefabbricata in cemento armato vibrato (che per sua stessa natura fornisce la massima garanzia di tenuta idraulica e resistenza strutturale) equipaggiata con due pompe sommerse (del tipo centrifughe con girante a vortice specifiche per la movimentazione di acque contenenti corpi solidi oppure del tipo trituratrici) ciascuna in grado di erogare la portata di progetto e comandate dal quadro elettrico.

Le linee di mandata sono realizzate con tubi, raccordi e valvole in PVC o acciaio inox e ciascuna di esse è costituita da una tubazione di sollevamento (munita di bocchettone di smontaggio e valvola di ritegno) che si raccorda ad una tubazione di rilancio munita di valvola di regolazione della portata e configurata al fine di minimizzare il rischio di intasamento della tubazione e operando un ricircolo che omogeneizza il refluo.

Le acque reflue vengono quindi rilanciate in testa alla griglia statica autopulente con una portata oraria pari alla portata giornaliera ripartita nelle 24 ore.

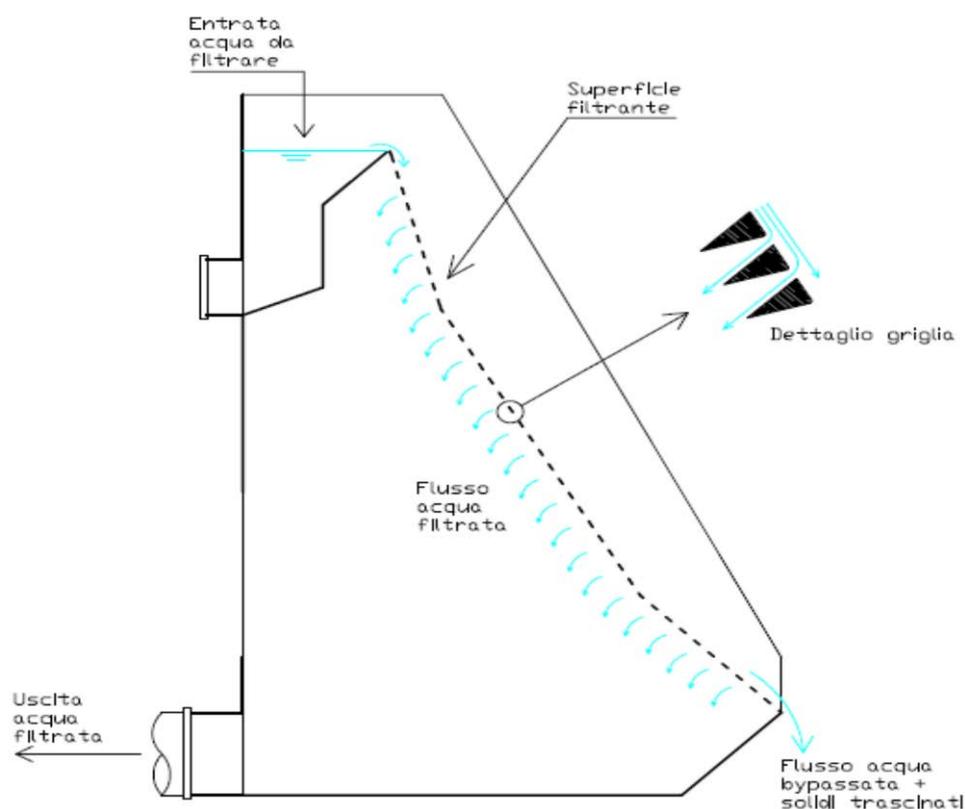
#### La griglia statica autopulente

La griglia provvede al trattamento di grigliatura fine che consente di rimuovere i corpi solidi (acini, bucce, raspi, foglie, ecc...) solitamente presenti in abbondanza dalle acque scaricate durante la vinificazione. La presenza di queste sostanze potrebbe provocare l'intasamento dei corpi di riempimento del filtro biologico e il malfunzionamento dei componenti elettromeccanici (pompe e diffusori d'aria).

Solitamente viene installata fuori terra ed alimentata dalla tubazione di mandata della pompa di rilancio e in uscita la condotta di deflusso dell'acqua filtrata immette nel bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica.

La griglia è realizzata in acciaio inossidabile ed è costituita da una superficie filtrante ad inclinazione variabile con luce di passaggio di 1 mm ed è dotata di una bacinella di raccolta del materiale grigliato posizionata ai piedi della superficie filtrante.

Essa richiede sostanzialmente due operazioni di manutenzione periodica: la rimozione del materiale grigliato e la pulizia della superficie filtrante.



La particolare forma degli interspazi provoca un fenomeno (detto "effetto Coanda") per cui il fluido della corrente che defluisce sulla superficie filtrante rimane aderente alla griglia deviando progressivamente e in parte all'interno degli interspazi stessi che a loro volta trattengono il materiale più grossolano.

### Il bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica

Il bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica equalizza la portata di alimentazione idraulica all'unità di trattamento terziario ed opera il primo stadio di depurazione dell'acqua grigliata.

Il bacino è realizzato con una o più vasche monoblocco prefabbricate in cemento armato vibrato. La vasca è dotata di un troppo pieno che determina un livello massimo e una conseguente capacità limite. All'interno sono installati uno o più filtri biologici realizzati con moduli plastici a canali incrociati (pacchi di riempimento) aventi una elevata superficie specifica e un'alta frazione di vuoto. I pacchi sono ripartiti in cataste (una per ogni filtro) a base rettangolare, tamponate sui lati e sopraelevate rispetto al fondo. Qui vengono posti gli aeratori di profondità che ossigenano i pacchi di riempimento creando un flusso d'aria ascensionale.

Oltre agli aeratori, sul fondo sono installate delle pompe sommerse di cui due sono preposte al rilancio dell'acqua biofiltrata all'impianto di trattamento terziario ed altre (generalmente una per ogni filtro) per il ricircolo dell'acqua percolata in testa al filtro. Tutte sono del tipo centrifughe con girante a vortice specifiche per la movimentazione di acque contenenti corpi solidi in sospensione.

Le pompe di rilancio sono comandate da una serie di interruttori di livello che determinano dei livelli di minima e di massima. Le linee di rilancio constano di due tubazioni che si raccordano ad una unica mandata e presentano delle diramazioni di ricircolo nel bacino munite di valvola di regolazione della portata.

La pompa di ricircolo eroga una portata ben superiore alle precedenti ed è priva di interruttore di livello. Il ricircolo viene effettuato solitamente con l'ausilio di un distributore del tipo "splash-plate" in modo da irrigare uniformemente l'intera catasta filtrante.

Il rilancio dell'acqua all'impianto di finitura avviene con una portata uguale a quella media di alimentazione grazie alla capacità di accumulo del bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica la cui capacità deve pertanto essere tale da assorbire gli eccessi di scarico nelle 24 ore giornaliere e anche di più giornate lavorative.

L'acqua percola attraverso i pacchi di riempimento (in controcorrente con l'aria insufflata dagli aeratori) e grazie alla conformazione a canali incrociati dei pacchi si distribuisce su tutto il filtro. Dal fondo viene in parte ricircolata in testa alle cataste ed in parte rilanciata al trattamento terziario.

Come conseguenza della variazione della portata degli scarichi in ingresso, l'altezza della superficie libera dell'acqua nel bacino varia da un minimo (livello di stacca dell'unità di rilancio) ad un massimo (livello di attacco). Con l'acqua al livello di minima il filtro biologico è completamente emerso e opera come *filtro percolatore a ventilazione forzata* mentre al livello di massima è completamente immerso e opera come *biofiltro sommerso aerato*. Nella situazione intermedia (che è la più ricorrente) è invece in parte emerso e in parte immerso opera in entrambi i modi.

Le sostanze inquinanti (per lo più costituite da materie organiche carboniose disciolte e colloidali) vengono biodegradate da una flora batterica adesa alle superfici dei pacchi di riempimento (“film biologico”) utilizzando l’ossigeno dell’aria che attraversa i pacchi con moto ascensionale.

L’impiego di un bacino di bilanciamento delle portate è una prassi consolidata soprattutto nel trattamento dei reflui aziendali in quanto in queste applicazioni gli scarichi sono in genere temporalmente discontinui. L’inserimento del filtro biologico all’interno di tale bacino rende superflua la realizzazione di una vasca appositamente dedicata al bilanciamento con una consistente riduzione dei costi di realizzazione dell’impianto.

### **Trattamento terziario**

Come detto sopra, l’unità di trattamento terziario di finitura caratterizza le tre differenti tipologie di impianto.

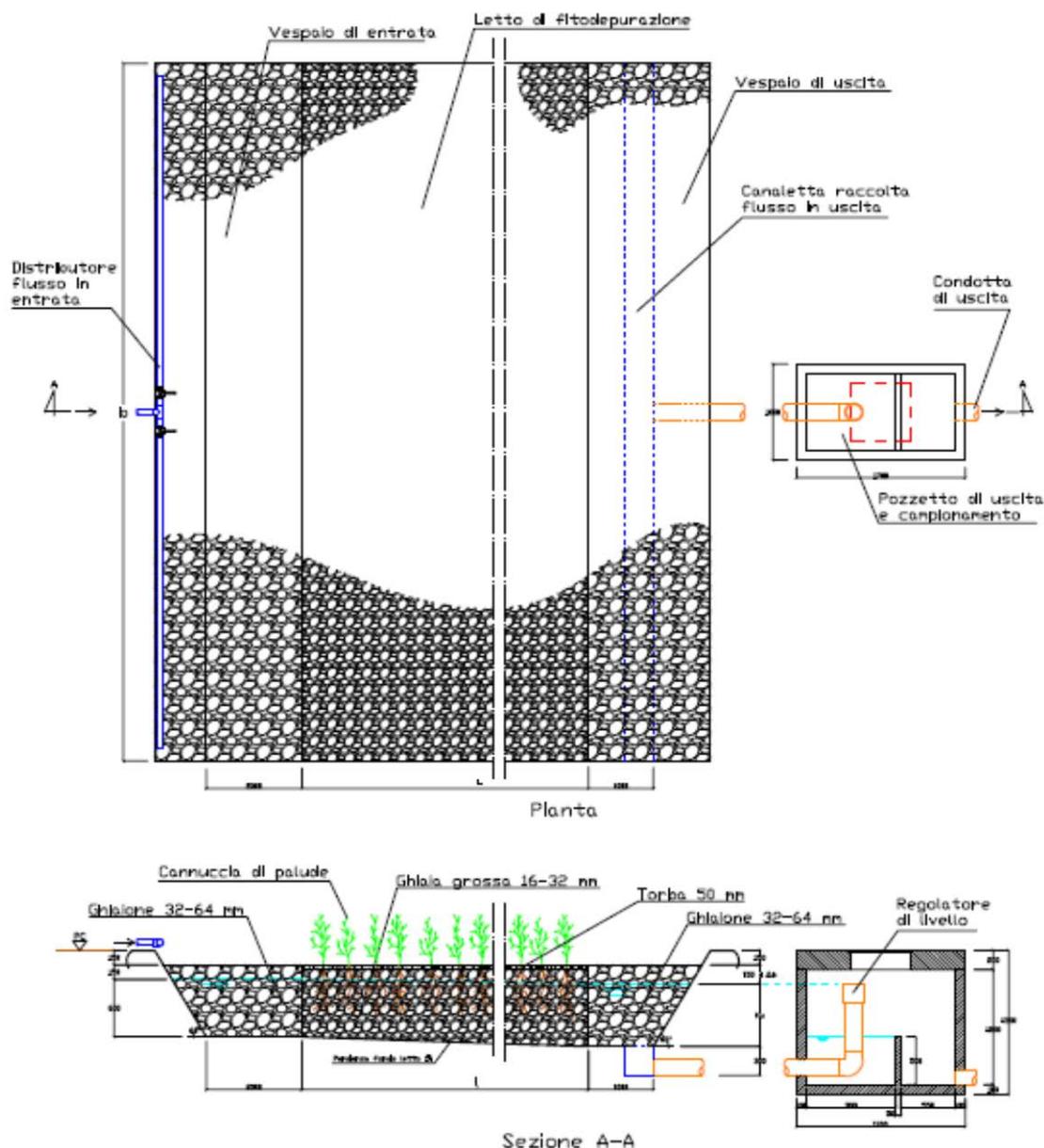
#### La fitodepurazione

La fitodepurazione è un sistema naturale di disinquinamento conosciuto sin dall’antichità. Negli ultimi anni è stato riscoperto e rivalutato come vera e propria tecnica di depurazione grazie ai minori costi di costruzione e manutenzione e alla maggiore affidabilità rispetto ai depuratori tradizionali. Il maggiore inconveniente risiede nella elevata estensione di superficie necessaria per operare la rimozione delle sostanze inquinanti dalle acque.



Recentemente si è però sviluppata la tendenza ad utilizzare la fitodepurazione per operare il trattamento terziario di “affinamento” dell’effluente proveniente da un trattamento secondario (generalmente di natura biologica) che, realizzando una prima rimozione delle sostanze inquinanti, riduce questa esigenza di superficie.

Di solito un impianto di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale è costituito da un invaso con il fondo in leggera pendenza. All'interno viene realizzato un letto di materiali inerti (mezzo filtrante) che risulti idoneo a facilitare la crescita di piante idrofite e caratterizzato da una conducibilità idraulica tale da assicurare il corretto deflusso orizzontale dell'acqua.



L'impianto prevede una tubazione di ingresso che distribuisce l'acqua (che nel caso in esame è raccordata alla tubazione di rilancio dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica) e dal collettore di fondo per la raccolta dell'acqua fitodepurata. Da tale collettore si immette dunque in un pozzetto esterno che è bene sia equipaggiato con un dispositivo di regolazione del livello dell'acqua nel letto e conformato in modo da agevolare il campionamento del refluo finale.

L'invaso ha dimensioni da determinare per ogni applicazione, sulla base di criteri di progettazione che devono tener conto di alcune linee guida di base. Il fondo dell'invaso possiede una certa

pendenza e (se necessario) deve essere impermeabilizzato con teli di plastica (generalmente in polietilene) resistenti alla azione delle radici delle piante e dei raggi UV.

I vespai di entrata e di uscita sono realizzati con ghiaione, la zona di trattamento è coperta da uno strato superficiale di torba che ricopre lo strato di ghiaia grossa. La zona di trattamento ha una lunghezza e una larghezza che devono essere determinate in funzione della portata di rilancio dell'acqua e del relativo carico inquinante.

Nella zona di trattamento vengono trapiantate le macrofite acquatiche. Tra le varie specie la più diffusa è la cannuccia di palude ("phragmites australis") in virtù della sua capacità di trasportare ossigeno fino in profondità grazie ai suoi lunghi rizomi creando delle "microzone" che vengono colonizzate da batteri aerobici. Si tratta di una specie erbacea perenne a rapida crescita e moltiplicazione che non richiede particolari impegni di manutenzione. Le piante sono inoltre accettabili dal punto di vista estetico e possono resistere per periodi anche lunghi senza alimentazione di refluo: per tali motivi questa specie risulta particolarmente adatta per applicazioni a utenze variabili o stagionali.

L'acqua pre-depurata viene rilanciata dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica al letto con portata equalizzata nell'arco delle 24 ore giornaliere e distribuita uniformemente su tutto il lato frontale anteriore del letto. Grazie alla pendenza del fondo dell'invaso, defluisce attraverso il mezzo filtrante fino ad immettersi nell'apposita canaletta installata lungo il lato opposto. Grazie al regolatore di livello nel pozzetto di uscita, la superficie dell'acqua viene mantenuta sufficientemente al di sotto della superficie del letto.

L'acqua viene depurata dalle sostanze inquinanti mediante i seguenti meccanismi:

- I solidi sospesi vengono intrappolati negli interstizi. Nel caso specifico in esame sono quasi totalmente di natura organica e quindi vengono agevolmente biodegradati, rendendo superfluo un ulteriore trattamento (di solito di sedimentazione).
- Il contenuto organico disciolto viene biodegradato dalla flora batterica aerobica nelle zone ossigenate e da quella anaerobica nelle zone anossiche.
- Se il tempo di permanenza nel letto di fitodepurazione è tale da sostenere la nascita e la proliferazione dei batteri nitrificatori, l'azoto viene nitrificato nelle zone aerobiche.
- L'alternanza e contiguità di zone aerobiche e anossiche crea le condizioni ideali alla proliferazione dei batteri denitrificatori che in assenza di ossigeno riducono l'azoto nitrico in azoto gassoso garantendo la completa rimozione dell'azoto totale.
- La fitodepurazione rimuove la quasi totalità della carica batterica dell'acqua grazie alla alternanza di condizioni aerobiche e anaerobiche a cui i microrganismi non riescono a sopravvivere. Pertanto il sistema non richiede un trattamento finale di disinfezione.

In linea di principio il dimensionamento del mezzo filtrante deve mirare a realizzare un ambiente idoneo per i processi fisici, chimici e biologici che siano in grado di ridurre i parametri di inquinamento dell'acqua. Nel contempo deve essere scongiurato l'affioramento di questa in ogni

punto della superficie libera del letto in quanto provocherebbe l'insorgere di cattivi odori e la proliferazione di insetti.

#### Il flocculatore-flottatore monoblocco

La depurazione chimico-fisica dell'acqua biofiltrata è operata da una macchina posizionata fuori terra e alimentata dalla pompa di rilancio dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica.

La macchina consiste in un chiariflocculatore chimico-fisico (completo di stazione di dosaggio degli additivi chimici e di disidratatore a sacchi drenanti del fango di risulta). Il chiariflocculatore è composto da un vano di flocculazione, miscelato con aria compressa e una vasca di flottazione ad aria disciolta.

Si provvede qui a rimuovere le residue sostanze contaminanti di natura sospesa e colloidale tramite un procedimento articolato in due passaggi: nel primo (*flocculazione*) l'acqua viene miscelata con additivi chimici che portano all'agglomerazione in fiocchi dei contaminanti, nel secondo (*chiarificazione*) i fiocchi vengono separati dall'acqua per flottazione e rimossi come fango umido da sottoporre a disidratazione.

#### Il depuratore biologico a fanghi attivi

La depurazione biologica a fanghi attivi dell'acqua rilanciata dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica si effettua secondo uno schema di processo tradizionale: fossa Imhoff, bacino di ossidazione biologica e sedimentatore secondario.

Nella *fossa Imhoff* viene decantata l'acqua rilanciata dal bacino di bilanciamento idraulico con conseguente separazione dei solidi residui che si depositano nel sottostante vano di accumulo e digestione anaerobica (dove viene anche immesso il fango biologico di supero allontanato dal successivo reattore a fanghi attivi). Se questa è correttamente dimensionata il fango risulterà ben stabilizzato e pertanto idoneo ad essere periodicamente prelevato e conferito al trattamento di disidratazione prima del definitivo smaltimento in discarica.

Il bacino di *ossidazione biologica a fanghi attivi* è il componente che opera il secondo stadio di depurazione vale a dire il trattamento di finitura dell'acqua defluente dalla fossa Imhoff. Questo stadio è realizzato in un comparto rettangolare che comunica in uscita con il bacino di sedimentazione secondaria mediante una tubazione sommersa. La canaletta di sfioro del sedimentatore determina il livello dell'acqua nel bacino di ossidazione.

Tipicamente il bacino di ossidazione è equipaggiato con diffusori d'aria a bolle fini del tipo a disco distribuiti sul fondo e alimentati generalmente da due soffianti (una è di riserva) del tipo a canale laterale bistadio a basso consumo energetico entrambe in grado di erogare la portata d'aria sufficiente a sostenere l'attività batterica. I due compressori presentano altrettante tubazioni di

mandata che si raccordano ad un collettore principale su cui è innestata la derivazione dell'aria di alimentazione dell'air lift che provvede all'estrazione del fango dal fondo del sedimentatore.

Così attrezzato e se ben dimensionato il bacino di ossidazione biologica provvede a degradare le sostanze inquinanti ancora presenti nell'acqua defluente dalla fossa Imhoff ad opera di una flora batterica capace di demolire sia le materie organiche carboniose che l'ammoniaca utilizzando l'ossigeno contenuto nell'aria insufflata.

Assimilando le sostanze inquinanti i microrganismi si organizzano e proliferano nei fiocchi biologici in sospensione per cui parte di essi (fango biologico di supero) deve essere periodicamente allontanata dal ciclo per mantenere costante la concentrazione dei solidi sospesi. Tale spurgo viene operato dall'air lift installato nel bacino di sedimentazione secondaria che lo conferisce al vano di digestione anaerobica della fossa Imhoff.

Il bacino di *sedimentazione secondaria* separa l'acqua dai fiocchi di fango presenti nella miscela proveniente dal bacino di ossidazione. I fiocchi si depositano sul fondo (tipicamente conformato a tramoggia) mentre l'acqua chiarificata sfiora dalla canaletta da cui fuoriesce per poi defluire al corpo recettore finale.

Comunemente viene impiegato un sedimentatore statico a flusso ascensionale, realizzato in un vano costituito da una vasca a pianta quadrata ed equipaggiato con la condotta di immissione, un deflettore cilindrico, la canaletta perimetrale di sfioro. Tali attrezzature sono tutte realizzate in acciaio inossidabile.

Il fango sedimentato viene estratto in modo intermittente (mediante una elettrovalvola di chiusura automatica) dall'air lift che provvede a riciclarlo nel bacino di ossidazione biologica. Agendo periodicamente su un'apposita deviazione della sua mandata lo stesso estrattore provvede a inviare il fango (che diventa pertanto di supero) al vano di digestione anaerobica della fossa Imhoff.

Ovviamente devono essere verificati i vari parametri di progettazione, quali ad esempio l'area di sedimentazione, il volume di sedimentazione, il perimetro di sfioro, il carico superficiale dei solidi sospesi.

## **PRESTAZIONI E PECULIARITA' DEI NOSTRI SISTEMI INTEGRATI**

Il bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica e, in misura minore, la griglia statica autopulente sono tecnologie innovative ancora in parte inesplorate ma in base a dei dati ricavati da impianti realizzati possiamo estrapolare alcune importanti considerazioni.

## Prestazioni del bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica

Le analisi dei campioni prelevati in entrata ed in uscita dal bacino di un impianto realizzato recentemente hanno dato i risultati riportati nella sottostante tabella, mentre dalla foto (che ritrae l'acqua prelevata in ingresso e quella prelevata in uscita) possiamo apprezzare "visivamente" la qualità del processo depurativo che si ottiene.

Parametri	Concentrazioni (mg/l)	
	Entrata	Uscita
Solidi sospesi	13880	42
BOD <sub>5</sub>	25800	95
COD	44400	260
Azoto totale	393	4,5
Fosforo totale	12,7	1,3



Da quanto si evince dalla tabella, tali risultati evidenziano delle efficienze depurative che possiamo definire eccezionali. In effetti, operando contestualmente come filtro percolatore a

ventilazione forzata e come biofiltro sommerso aerato, il filtro biologico presenta i pregi dell'una e dell'altra tecnica senza averne però i difetti, infatti:

- a) viste le escursioni del livello dell'acqua, il filtro risulta per la maggior parte del tempo almeno in parte sommerso per cui la sua efficienza di rimozione è comparabile con quella dei biofiltri sommersi aerati che è una delle più elevate fra quelle riscontrabili tra le tipologie di depuratori a biomassa adesa;
- b) la portata giornaliera degli scarichi è molto inferiore al volume utile di accumulo del bacino per cui l'acqua qui staziona anche diversi giorni per essere sottoposta all'opera di biodegradazione delle sostanze inquinanti;
- c) l'aerazione dell'acqua percolante e il suo ricircolo comportano inoltre un'efficace azione di stripping degli inquinanti di natura volatile (quale ad esempio l'azoto ammoniacale);
- d) quando il filtro emerge, l'acqua percolante esercita una forza di trascinamento in grado di rimuovere la pellicola biologica in eccesso per cui la sua capacità autopulente è comparabile con quella dei filtri percolatori;
- e) la biodegradazione operata dalla biomassa adesa è caratterizzata da una bassa produzione di fango biologico di supero.

### **Caratteristiche del sistema integrato con impianto di fitodepurazione**

Per illustrare al meglio i vantaggi del sistema integrato con un letto di fitodepurazione possiamo esaminare nel dettaglio i dati riportati nel caso sopra citato. Stante la portata giornaliera di scarico ( $5 \text{ m}^3/\text{giorno}$ ) e il  $\text{BOD}_5$  di  $95 \text{ g/m}^3$  rilevato dalle analisi, il carico organico giornaliero dell'acqua rilanciata dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica ammonta a  $475 \text{ gBOD}_5/\text{giorno}$ . Rapportando questo valore al carico organico unitario di  $60 \text{ gBOD}_5/\text{giorno}$  per abitante equivalente (AE) risulta un carico equivalente di appena 8 AE. Moltiplicando tale valore per la minima area unitaria di un letto di fitodepurazione (si assume cautelativamente il valore più diffuso in letteratura pari a  $5 \text{ m}^2/\text{AE}$ ) risulta una superficie di appena  $40 \text{ m}^2$  da assegnare ad un letto di fitodepurazione al fine di operare il trattamento di finitura dell'acqua rilanciata dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica. Un'area unitaria del letto di fitodepurazione di  $5 \text{ m}^2/\text{AE}$  garantisce un effluente di elevata qualità in grado sia di rispettare i limiti di emissione più restrittivi (tabella 4 dell'allegato 5 della Parte terza del D.Lgs. n. 152/2006 relativa agli scarichi di acque reflue industriali sul suolo) che di consentire il riutilizzo dell'acqua depurata a scopi irrigui.

Da queste considerazioni si evincono degli evidenti vantaggi:

- 1) Bassi costi di realizzazione: il sistema ha un costo di realizzazione notevolmente inferiore a quello di un depuratore tradizionale di pari potenzialità.
- 2) Elevata affidabilità di funzionamento: la diffusione della fitodepurazione è solitamente ostacolata dal timore di esalazioni maldeoranti e dalla proliferazione di insetti ma queste

manifestazioni si verificano se l'acqua affiora dalla superficie libera del letto, evento escludibile se l'impianto è ben dimensionato. Inoltre l'acqua rilanciata al fitodepuratore è già abbondantemente depurata e ossigenata per cui (anche nel caso di esondazioni, che non devono comunque avvenire) questi inconvenienti non si presenterebbero o quantomeno si avrebbero delle manifestazioni poco accentuate.

- 3) Elevate prestazioni: come detto in precedenza l'acqua depurata risulta di qualità superiore rispetto a quella trattata da un depuratore tradizionale per cui può essere destinata al riuso o può essere scaricata in corpi recettori per i quali le norme prevedono limiti di emissione particolarmente restrittivi.
- 4) Costi di gestione molto bassi: il sistema non produce fango secondario di supero per cui gli unici oneri di smaltimento dei residui sono quelli derivanti dalla messa a dimora dei materiali grigliati (che, peraltro, possono essere recuperati e cumulati alle vinacce). Oltre questo, gli oneri di gestione sono limitati alla sorveglianza del quadro elettrico.

### **Prestazioni del sistema integrato con depuratore chimico-fisico**

Le prestazioni del sistema integrato fra il bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica e il flocculatore-flottatore monoblocco sono illustrate nella tabella sottostante e apprezzabili visivamente in foto (dove sono confrontati i prelievi fatti in ingresso del bacino, in uscita da questo e quelli risultanti dal trattamento mediante flocculazione e flottazione).

Come si evince dalle analisi, l'acqua rilanciata dal bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica, viene completamente privata del suo carico organico residuo ad opera del flocculatore-flottatore monoblocco operante a valle.

Parametri	Concentrazioni (mg/l)		
	Entrata bacino	Uscita bacino	Uscita flottatore
Solidi sospesi	3880	42	-
BOD <sub>5</sub>	25800	95	< 5
COD	44400	260	< 5
Azoto totale	393	4,5	-
Fosforo totale	12,7	1,3	-



Come già detto precedentemente, il fango di risulta dalla depurazione chimico-fisica viene in genere disidratato sul posto mediante un disidratatore a sacchi drenanti. Il fango risultante ha un contenuto secco dell'80% per cui risulta palabile e conferibile in discarica oppure utilizzabile in agricoltura.

### **Prestazioni del sistema integrato con depuratore biologico a fanghi attivi**

Il sistema combinato bacino di bilanciamento idraulico e filtrazione biologica più depuratore a fanghi attivi ha fornito prestazioni comparabili a quelle del sistema integrato con il depuratore chimico-fisico.

L'unica differenza fra i due consiste nel fatto che in quello a doppio stadio biologico il fango di risulta dal ciclo depurativo deve essere prelevato allo stato umido (7-10% di secco) dal vano di accumulo della fossa Imhoff. Ciò comporta una maggiorazione dei costi di gestione e quindi questa soluzione è raccomandabile per le cantine ad alta produzione laddove è giustificato l'onere conseguente all'adozione di una stazione di disidratazione del fango.