



## PREVENIRE L'INQUINAMENTO PUNTIFORME DELLE ACQUE DA AGROFARMACI



## SISTEMI PER LA GESTIONE DEI PRODOTTI REFLUI DEL TRATTAMENTO FITOIATRICO



Testo di **Cristophe Debaer**  
Pcfruit – Sint Truiden (Belgio)

Traduzione, implementazione del testo e grafica a cura di  
**Paolo Balsari e Paolo Marucco**  
DEIAFA Sez. Meccanica – Università di Torino

# SISTEMI PER LA GESTIONE DEI PRODOTTI REFLUI DEL TRATTAMENTO FITOIATRICO

---

Testo di Cristophe Debaer  
Pcfruit – Sint Truiden (Belgio)

Traduzione, implementazione del testo e grafica  
Paolo Balsari, Paolo Marucco

Stampa e diffusione a cura del DEIAFA – Grugliasco (TO)

Tipo-litografia FIORDO – Galliate (NO)  
Marzo 2010

## INDICE

1. Il Progetto TOPPS .....	4
2. Scopo della brochure .....	4
3. Introduzione al contesto della "gestione" dei reflui contenenti agrofarmaci.....	6
3.1. Direttiva quadro sulle acque (Water Framework Directive) .....	6
3.2. Vie di contaminazione delle acque con agrofarmaci .....	6
3.3. Sistemi di bio depurazione .....	8
4. Contesto dell'azienda agricola .....	13
4.1. Le modalità di distribuzione adottate.....	13
5. Gestione dei reflui prodotti dal trattamento fitoiatrico .....	15
5.1. Quantità e caratteristiche del refluo da gestire .....	15
6. Progettazione dei sistemi di bio depurazione.....	21
6.1. Area per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici integrata con biobed o separata .....	21
6.2. Serbatoi di raccolta .....	25
6.3. Sistemi aperti e sistemi chiusi.....	27
6.4. Attrezzatura per alimentare un sistema di bio depurazione ....	28
6.5. Isolamento dei sistemi.....	30
6.6. Protezione dalla pioggia e/o circuito separato per la raccolta delle acque piovane e non contaminate .....	31
6.7. Drenaggio del sistema.....	31
6.8. Utilizzo della vegetazione .....	32
6.9. Esempi .....	34
6.10. Dimensionamento dei sistemi di bio depurazione .....	37
7. Matrici filtrante (differenti substrati e relative funzioni) .....	39
7.1. Terreno agricolo dell'azienda – serbatoio di micro-organismi .	39
7.2. Paglia.....	39
7.3. Scorza di noce di cocco .....	39
7.4. Torba .....	40
7.5. Terriccio universale per piante in vaso.....	40
7.6. Letame .....	40
8. Miscelazione dei substrati.....	40
8.1. Riempimento del sistema di bio depurazione con la miscela di substrati .....	42
8.2. Manutenzione della matrice filtrante.....	42
9. Processi di assorbimento e biodegradazione .....	43
9.1. Principio di biodegradazione di un composto organico.....	43
9.2. Fattori importanti che influenzano l'assorbimento e la biodegradazione.....	44
10. Percolato .....	44
11. Gestione dei substrati esausti .....	45
12. Considerazioni pratiche per la scelta del sistema di bio depurazione più adatto in funzione delle specifiche esigenze.....	45
13. Altri dispositivi per la gestione dei reflui del trattamento fitoiatrico.....	48
14. La corretta gestione dei contenitori di agrofarmaci vuoti .....	51
14.1. Modalità di lavaggio dei contenitori di agrofarmaci .....	52
Riferimenti bibliografici.....	57

## 1. IL PROGETTO TOPPS

TOPPS (Training the Operators to prevent Pollution from Point Sources) è un progetto triennale, iniziato nel Novembre 2005 e terminato nell'Ottobre 2008 che ha visto coinvolti 15 Paesi Europei. Il progetto è stato finanziato dalla Commissione Europea attraverso il programma Life e dall'Associazione Europea dei Produttori di Agrofarmaci (ECPA).

Scopo di TOPPS è stato quello di identificare le buone pratiche per la corretta gestione dei prodotti fitosanitari nelle aziende agricole (Best Management Practises) e di divulgarle attraverso i servizi di assistenza tecnica sul territorio europeo, con appositi corsi di formazione e dimostrazioni pratiche, al fine di ridurre la contaminazione delle acque da prodotti fitosanitari.

Nell'ambito del progetto TOPPS sono stati prodotti brochures e documenti divulgativi che sono accessibili dal sito internet [www.topps-life.org](http://www.topps-life.org).

In questo volumetto vengono riportate le indicazioni tecniche, costruttive ed operative inerenti i sistemi per la bio depurazione dei prodotti reflui del trattamento fitoiatrico nell'azienda agricola.

## 2. SCOPO DELLA BROCHURE

Questa brochure si propone di informare gli agricoltori, i tecnici e le Autorità competenti sulle possibilità di evitare la contaminazione da agrofarmaci delle acque superficiali, in particolare attraverso la corretta gestione dei liquidi contenenti agrofarmaci che vengono prodotti durante le operazioni di riempimento e di pulizia delle macchine irroratrici presso il centro aziendale. Il Progetto TOPPS ha definito delle Buone Pratiche (Best Management Practices) mirate a contenere l'inquinamento puntiforme da prodotti fitosanitari (vedi [www.topps-life.org](http://www.topps-life.org) e Balsari et al., 2007) ed ha individuato la fase di gestione dei liquidi contenenti agrofarmaci (**prodotti reflui del trattamento**) come una fra le più critiche nell'ambito della manipolazione dei prodotti fitosanitari nell'azienda agricola.

**(Prodotti reflui del trattamento: liquidi contenenti prodotti fitosanitari quali volumi di miscela fitoiatrica residua (diluata o non diluata) non distribuiti in campo, acque di lavaggio delle macchine irroratrici e/o prodotte durante le operazioni di riempimento o di manutenzione delle stesse presso il centro aziendale, Figura 1.)**



**Figura 1: Esempio di prodotto refluo del trattamento fitoiatrico, costituito dalle acque di lavaggio dell'irroratrice.**

Nella maggior parte dei Paesi coinvolti nel Progetto gli aspetti relativi alla gestione dei reflui non hanno finora ricevuto l'attenzione necessaria e mancano chiare indicazioni e regolamenti specifici in merito. Riteniamo sia necessario che agli operatori siano fornite delle chiare indicazioni su come evitare la contaminazione delle acque da agrofarmaci. Delle raccomandazioni generali sono insufficienti, pertanto attraverso questa brochure intendiamo promuovere lo sviluppo di indicazioni più chiare e specifiche, sulla base del confronto tra le diverse esperienze maturate nel contesto europeo.

Per una maggiore completezza dell'argomento si suggerisce di abbinare la lettura di questo volumetto a quella del volume, della stessa collana TOPPS, dal titolo "Il lavaggio interno ed esterno delle macchine irroratrici".

### **3. INTRODUZIONE AL CONTESTO DELLA “GESTIONE” DEI REFLUI CONTENENTI AGROFARMACI**

#### **3.1. Direttiva quadro sulle acque (Water Framework Directive)**

La maggior parte dei Paesi UE ha già recepito la Direttiva Quadro sulla gestione delle Acque (2000/60/EC) all'interno della propria legislazione nazionale. L'obiettivo è di migliorare e proteggere lo stato di tutte le acque e l'obiettivo finale è di raggiungere una classificazione per la qualità delle acque almeno pari al “buono stato” entro il terzo periodo di revisione della Direttiva stessa (2027).

Dalla sua entrata in vigore nel Dicembre 2003, la Direttiva Quadro prevede un calendario di obiettivi che devono essere soddisfatti nel tempo. Dall'identificazione dei soggetti competenti (istituzioni, autorità, ecc.) all'individuazione dei bacini idrici da monitorare, alla predisposizione dei piani di gestione dei bacini idrici per ciascun distretto, alla definizione di misure per migliorare la qualità delle acque e per controllarla periodicamente (ogni 6 anni).

La Direttiva Quadro sulla gestione delle acque comprende delle “direttive figlie” sulle acque sotterranee (2006/118/EC) e sulle acque superficiali (Direttiva EQS – Environmental Quality Standards – la cui entrata in vigore è prevista per la metà del 2010). Questi documenti stabiliscono gli obiettivi per il livello di qualità delle acque superficiali e di falda. Entrambe le tipologie di acque (sotterranee o superficiali) vengono utilizzate in Europa per la produzione di acqua potabile. La concentrazione massima di agrofarmaci ammessa nelle acque potabili è di 0,1 µg/l (98/88/EC). Ciò equivale ad un solo grammo di sostanza attiva in 10 milioni di litri d'acqua.

Il limite di 0,1 µg/l rappresenta di fatto una “tolleranza zero” per gli agrofarmaci nell'acqua potabile. Al fine di raggiungere questi obiettivi molto severi, è necessario adottare misure di mitigazione del rischio a livello locale e promuovere su larga scala l'adozione delle linee guida TOPPS (BMP). Se la concentrazione di agrofarmaci nelle acque supererà il limite di 0,1 µg/l, anche prima che venga effettuato alcun trattamento di depurazione, gli Stati Membri potranno decidere di restringere o addirittura bandire l'impiego degli agrofarmaci riscontrati nelle acque, e ciò comporterà, per l'agricoltore, una limitazione delle alternative possibili per la difesa delle proprie colture.

#### **3.2. Vie di contaminazione delle acque con agrofarmaci**

La contaminazione delle acque con i prodotti fitosanitari può avvenire attraverso forme di inquinamento puntiforme oppure diffuso (Figura 2).

## POSSIBILI FORME DI INQUINAMENTO DA AGROFARMACI

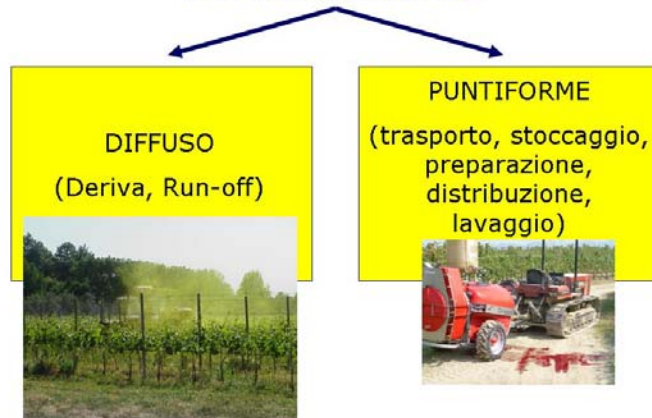


Figura 2: *Modalità di contaminazione ambientale da agrofarmaci.*

### I) Inquinamento puntiforme

L'inquinamento puntiforme da agrofarmaci è legato principalmente alla manipolazione del prodotto concentrato (Figura 3).



Figura 3: *Fase di introduzione del prodotto fitoiatrico concentrato nella macchina irroratrice.*

Le operazioni chiave da questo punto di vista sono le **fasi di riempimento** e di **pulizia della macchina irroratrice** e la **gestione dei prodotti reflui del trattamento**. Questi ultimi sono rappresentati essenzialmente dai liquidi contenenti agrofarmaci che possono rimanere all'interno dell'irroratrice se quest'ultima non viene pulita completamente in campo, dagli eventuali sversamenti di prodotto generati durante le operazioni di riempimento dell'irroratrice effettuate nel cortile aziendale, e dalle acque di lavaggio interno ed esterno dell'irroratrice quando questa operazione è effettuata in azienda. Diversi studi hanno indicato che le sorgenti di inquinamento puntiforme costituiscono dal 40 al 90% della contaminazione delle acque da agrofarmaci e rappresentano pertanto il più importante veicolo di inquinamento delle acque da prodotti fitosanitari.

## II) Inquinamento diffuso

L'inquinamento diffuso da agrofarmaci è, invece, legato essenzialmente alla fase di distribuzione dei prodotti fitosanitari in campo (Figura 4). I fenomeni chiave sono in questo caso il ruscellamento della miscela fitoiatrica dovuto all'erosione del suolo, la contaminazione dei sistemi di drenaggio e la deriva del prodotto fitoiatrico.



**Figura 4:** Esempio di deriva generata nella fase di distribuzione della miscela fitoiatrica in un frutteto.

### 3.3. Sistemi di bio depurazione

#### I) Principio

I sistemi di bio depurazione consentono di trattare i liquidi contaminati con agrofarmaci direttamente in azienda attraverso l'azione dei micro-organismi in grado di degradare le molecole degli agrofarmaci, che sono presenti in un apposito substrato attivo. Questi sistemi di bio depurazione possono essere costruiti e gestiti dall'agricoltore stesso in funzione delle proprie esigenze specifiche. Tuttavia, un loro non corretto dimensionamento e una loro non adeguata gestione possono pregiudicarne l'efficienza. È, quindi, necessario seguire attentamente le linee guida che sono riportate in questo volumetto. Alcune ricerche hanno evidenziato che i sistemi di bio purificazione, utilizzati nelle condizioni ottimali, sono in grado di raggiungere un livello di degradazione della molecola chimica compresa tra il 95% ed oltre il 99% per la maggior parte degli agrofarmaci oggi in commercio. Nella Figura 5 è riportato uno schema generale di un sistema di bio purificazione (adattato da De Wilde *et al.*, 2007).



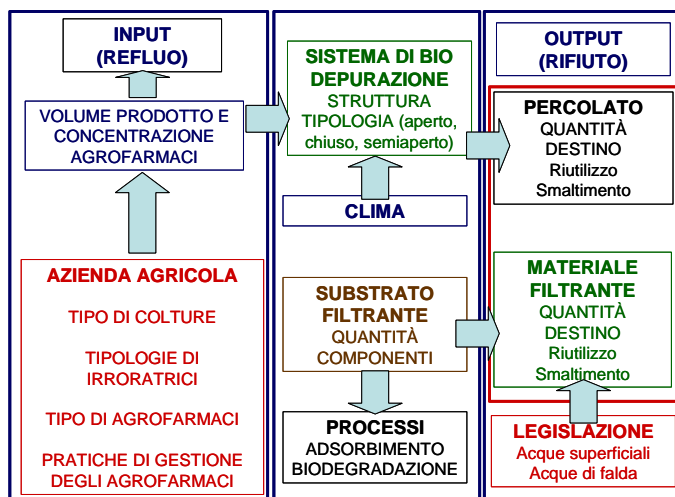


Figura 5: Schema del contesto in cui opera un sistema di bio purificazione.

## II) I biobed

I biobed sono parte di aree attrezzate per le operazioni di riempimento e di lavaggio delle macchine irroratrici. Per utilizzare al meglio i biobed è necessario effettuare la pulizia dell'irroratrice in campo e rilasciare sul biobed soltanto le miscele di agrofarmaci diluite. Ciò si tradurrà in un miglior livello di depurazione e nella possibilità di impiegare sistemi più piccoli e meno costosi.

I sistemi biobed raccomandati (Torstensson *et al.*, 1997 e 2000; Basford *et al.*, 2004) dovrebbero essere progettati in maniera tale da prevenire la dispersione (es. percolazione) dei prodotti fitosanitari nell'ambiente. Questo requisito può essere soddisfatto, sia effettuando un adeguato scavo nel terreno, sia costruendo delle strutture fuori terra per stoccare e poi trattare i liquidi contaminati con agrofarmaci. Il biobed viene riempito con una miscela di substrato attivo di terreno (che contiene i micro-organismi in grado di degradare le sostanze attive degli agrofarmaci), paglia e torba.

L'isolamento del biobed dal suolo sottostante si ottiene utilizzando materiali impermeabili quali cemento o materiali plastici resistenti, lasciando aperta soltanto la superficie superiore. I "lined biobed" sono sistemi chiusi, dove il percolato che rimane dopo il processo di filtrazione viene raccolto e fatto evaporare. In alcune regioni i biobed sono ricoperti da un tappeto erboso al fine di ridurre ulteriormente la quantità di liquido residuo attraverso il processo di evapotraspirazione.

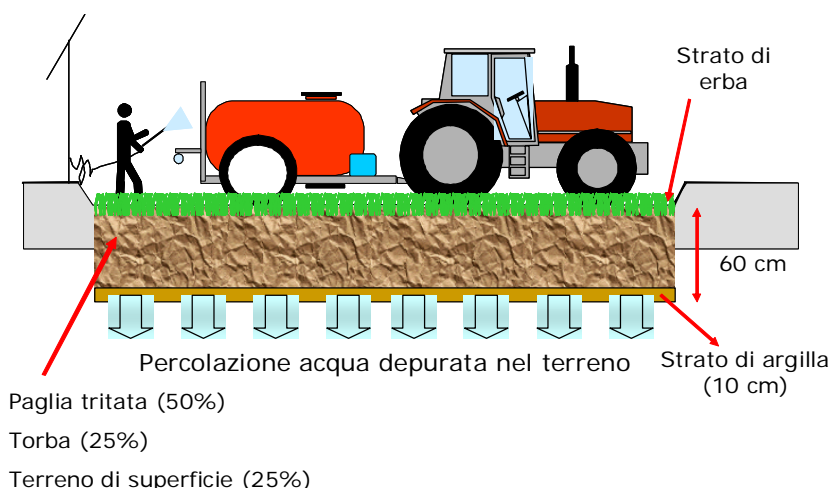
Possono essere utilizzati, direttamente, come aree per il riempimento e la pulizia delle macchine irroratrici, che vi vengono parcheggiate sopra (Figura 6). Più frequentemente i biobed sono impiegati in combinazione con un'area attrezzata e separata per il riempimento e il lavaggio delle macchine irroratrici. L'acqua contaminata che fuoriesce da questa area attrezzata può essere fatta defluire direttamente nel biobed oppure può venire stoccata in un serbatoio di raccolta ed essere immessa nel biobed solo successivamente. Con quest'ultima configurazione i liquidi contaminati con agrofarmaci possono essere distribuiti in maniera più uniforme sulla superficie del biobed, ad intervalli di tempo regolari nel corso dell'anno, in modo da ottimizzare l'efficienza del biobed stesso. Nelle regioni caratterizzate da elevata piovosità si raccomanda di coprire opportunamente il biobed al fine di prevenire la saturazione con acqua del

substrato. Esistono delle varianti di biobed, quali ad esempio quelle che non prevedono il loro isolamento dal suolo sottostante, che possono essere impiegate in aree dove si effettua un numero di trattamenti molto limitato nell'anno e, soprattutto, quando non vi sono rischi di contaminazione ambientale legati a fenomeni di percolazione. Le linee guida per la realizzazione di nuovi biobed raccomandano comunque, sempre, il loro isolamento.



**Figura 6: Esempio di biobed (foto Visavi).**

I biobed sono costituiti, generalmente, da una miscela di substrato attivo di 10÷30 m<sup>3</sup> (Figura 7). Sono utilizzati nella maggior parte dei casi per trattare volumi di liquidi contaminati maggiori del volume del substrato attivo. La vita utile di quest'ultimo è generalmente di 6-8 anni, dopo di che occorre rinnovarlo. La raccomandazione generale è di spandere il substrato esausto sul terreno aziendale utilizzando uno spandiletame. Questa modalità operativa, tuttavia, è ad oggi ufficialmente consentita soltanto in pochi Paesi. Si raccomanda, pertanto, di assicurarsi sempre presso le Autorità locali che questa procedura sia consentita nella propria regione. Diversamente il materiale esausto dovrà essere conferito a Ditte specializzate ed autorizzate ad effettuarne lo smaltimento.



**Figura 7: Schema della composizione di un biobed.**

### III) I biofiltri

Il principio di funzionamento di un biofiltro è simile a quello di un biobed. Anche in questo caso si raccomanda di eseguire la pulizia dell'irroratrice direttamente in

campo affinché soltanto le miscele diluite contenenti agrofarmaci siano immesse nei biofiltri. Ciò si tradurrà in un miglior livello di depurazione e nella possibilità di impiegare sistemi più piccoli e meno costosi.

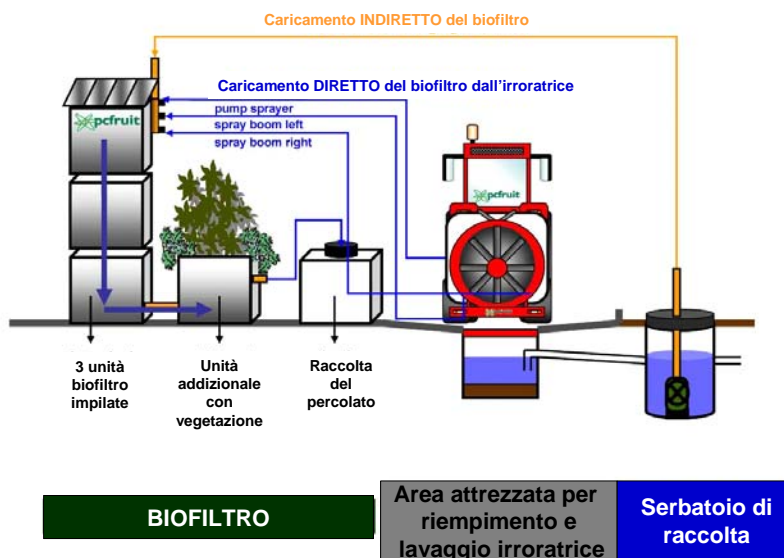
Il biofiltro (Pussemer et al., 2004) può essere costituito da 2 o 3 contenitori in polietilene, generalmente da 1 m<sup>3</sup> di capacità (Intermediate Bulk Carriers), impilati uno sopra l'altro; ciascun contenitore viene riempito con un substrato attivo analogo a quello impiegato nei biobed (Figura 8). Il sistema può essere modificato (Debaer & Jaeken, 2006) con l'aggiunta di alcune unità contenenti della vegetazione per incrementare la purificazione e l'evaporazione delle miscele trattate (Figura 9). I biofiltri sono, generalmente, di dimensioni più contenute rispetto ai biobed ed utilizzano minori quantità di substrato attivo (2-5 m<sup>3</sup>). Per poter trattare un maggiore volume di reflui è possibile impiegare più biofiltri collegati in parallelo. I liquidi contenenti agrofarmaci vengono raccolti nell'area attrezzata destinata al riempimento ed al lavaggio delle irroratrici, quindi vengono pompati nella parte superiore del biofiltro. Il liquido da purificare attraverserà così i diversi contenitori impilati e le matrici attive provvederanno a purificarlo progressivamente. A differenza dei biobed, i biofiltri sono sistemi aperti, dove si raccoglie del percolato al termine del processo. Quest'ultimo può essere nuovamente fatto passare una o più volte attraverso il biofiltro, pompandolo nuovamente nella parte superiore del sistema, oppure può essere riutilizzato per i trattamenti in campo, ad esempio nelle miscele di erbicidi non selettivi (Figura 10).



**Figura 8: Biofiltro (foto CRA Wallonie).**

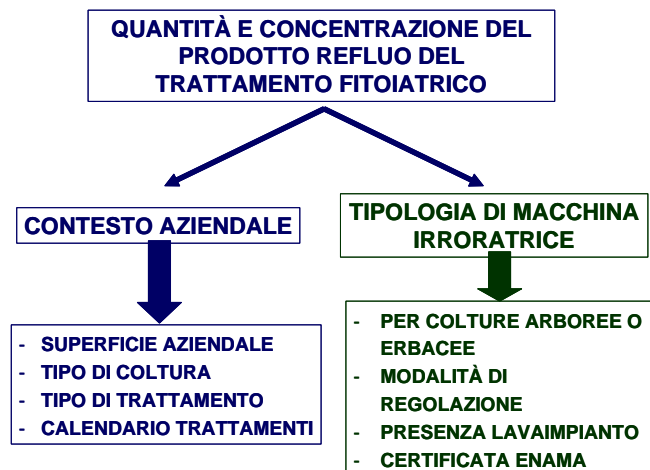


**Figura 9: Biofiltro modificato (foto PCFruit).**



**Figura 10: Schema di funzionamento di un biofiltro.**

La configurazione modulare di un biofiltro risulta facilmente adattabile alle diverse esigenze (Figura 11) e non richiede molto spazio. La pratica di raccogliere il liquido in uscita dal biofiltro in un serbatoio di stoccaggio e di pomparlo nuovamente ed in maniera progressiva nel sistema (es. 30 litri al giorno) consente di ottimizzare l'efficienza del biofiltro e di evitare l'accumulo eccessivo di sostanze chimiche nelle matrici filtranti. In particolare, il continuo apporto di sostanze chimiche, mantiene viva l'attività dei micro-organismi specializzati nella loro degradazione. È bene che i biofiltri siano coperti per evitare che il loro contenuto sia diluito dalle piogge.



**Figura 11:** *Principali parametri in grado di determinare la quantità e la concentrazione del prodotto refluo del trattamento fitoiatrico.*

Così come per i biobed, anche per i biofiltri la vita utile della matrice attiva è generalmente di 6-8 anni; durante questo periodo di tanto in tanto occorre aggiungere della sostanza organica che compensi la parziale mineralizzazione del substrato, dopo di che, al termine del ciclo di vita utile occorre rinnovare completamente lo strato filtrante. La raccomandazione generale è di spandere il substrato esausto sul terreno aziendale utilizzando uno spandiletame. Questa modalità operativa, tuttavia, è attualmente ufficialmente consentita soltanto in pochi Paesi. Si raccomanda pertanto di assicurarsi sempre presso le Autorità locali che questa procedura sia consentita nella propria regione. Diversamente il materiale esausto dovrà essere conferito a Ditte specializzate ed autorizzate ad effettuarne lo smaltimento.

## **4. CONTESTO DELL'AZIENDA AGRICOLA**

### **4.1. Le modalità di distribuzione adottate**

Le specifiche condizioni in cui opera l'azienda agricola determineranno le quantità di acque reflue contaminate con prodotti fitosanitari che devono essere depurate e di conseguenza la scelta del sistema più appropriato ed efficace. Il numero di colture coltivate ed il relativo calendario dei trattamenti determineranno quante volte la macchina irroratrice dovrà essere pulita in modo da evitare danni o residui pericolosi per la coltura che viene trattata successivamente. Oltre al comportamento dell'operatore, la tipologia della/e irroratrice/i avrà grande influenza sui potenziali quantitativi di reflui da trattare. Le barre irroratrici presentano, generalmente, volumi di miscela residua nel circuito idraulico maggiori rispetto alle irroratrici per colture arboree; queste ultime sono, invece, più soggette alla contaminazione esterna della macchina. Inoltre, il dimensionamento del circuito idraulico, la conformazione del serbatoio principale e la capacità del serbatoio lava impianto determinano la quantità di agrofarmaco ancora presente nella e sulla macchina irroratrice al termine del trattamento (Figura 12).



***Figura 12: Lavaggio esterno di un'irroratrice per colture arboree.***

Un'irroratrice che sia in grado di ridurre al minimo il volume residuo di miscela tecnicamente non erogabile attraverso gli ugelli e che sia dotata di un serbatoio lava impianto correttamente dimensionato consente di seguire le linee guida TOPPS (BMP) e di ridurre i volumi di reflui da depurare. Ciò favorirà anche l'efficienza dei sistemi di bio depurazione.

## 5. GESTIONE DEI REFLUI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO FITOIATRICO

### 5.1. Quantità e caratteristiche del refluo da gestire

Uno dei quesiti principali al quale occorre dare una risposta prima di realizzare un sistema di raccolta e/o depurazione è: quale volume di refluo dobbiamo gestire e con quale concentrazione di agrofarmaci. Le principali fonti di liquidi contaminati con agrofarmaci sono, oltre ai versamenti accidentali di prodotto concentrato durante la fase di preparazione della miscela e di riempimento dell'irroratrice, i residui di miscela presenti nella e sulla irroratrice al termine del trattamento.

La Norma Europea EN 12761 stabilisce i requisiti minimi che devono avere le macchine per la protezione delle colture. Un fattore importante è il volume massimo residuo per un'irroratrice così come definito nella Norma ISO 13440. Per volume residuo totale in un'irroratrice si intende il quantitativo di miscela che non può essere distribuito sulla coltura applicando i parametri operativi selezionati per eseguire il trattamento; in particolare, si tratta del volume che resta nella macchina quando la pressione di esercizio indicata sul manometro scende di oltre il 25% rispetto al valore originalmente impostato.

I quantitativi massimi di volume di miscela residua nell'irroratrice, secondo quanto previsto dalle Norme Europee EN 12761-2 (barre irroratrici) e EN 12761-3 (irroratrici per colture arboree), sono riportati rispettivamente in Tabella 1 e in Tabella 2.

**Tabella 1: Quantitativi massimi di miscela residua ammissibili nelle barre irroratrici secondo la EN 12761-2.**

Volume residuo totale (l) – EN 12761-2				
Serbatoio		Barra		Totale (l)
Volume serbatoio (l)	0.5%	Larghezza (m)	2l/m	
800	4	15	30	<b>34</b>
3000	15	21	42	<b>57</b>
4200	21	36	72	<b>93</b>

**Tabella 2: Quantitativi massimi di miscela residua ammissibili nelle irroratrici per le colture arboree secondo la EN 12761-3.**

Volume residuo totale (l) – EN 12761-3		
Volume serbatoio (l)	%	Totale (l)
400	4%	<b>16</b>
800	3%	<b>24</b>
1500	2%	<b>30</b>

A livello indicativo, l'attuale Norma EN 12761 può aiutare a calcolare il quantitativo di miscela diluita da sottoporre a un trattamento di depurazione. Tutte le irroratrici certificate ENAMA (Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola, [www.enama.it](http://www.enama.it)) rispondono ai requisiti previsti dalla Norma EN 12761 e sono provviste delle informazioni inerenti la quantità di prodotto residuo nella macchina (Figura 13).



**Figura 13: Esempio di macchina irroratrice certificata ENAMA.**

Se il Costruttore dell'irroratrice fornisce i valori del volume residuo, è raccomandabile attenersi a codesti valori per effettuare i calcoli poichè diversi studi hanno evidenziato come vi possano essere notevoli differenze tra i volumi residui riscontrati su differenti modelli di irroratrici. Inoltre occorre considerare anche i volumi di reflui contenenti agrofarmaci generati durante le operazioni di lavaggio esterno della macchina. Attualmente la maggior parte degli agricoltori effettuano la pulizia della propria irroratrice nel cortile aziendale. Ma diversi studi hanno evidenziato come soprattutto la pulizia esterna degli atomizzatori possa essere effettuata più efficacemente in campo. Un altro requisito previsto dalla Normativa Europea (EN 12761) riguarda la capacità del serbatoio lava impianto delle irroratrici, che deve essere almeno pari al 10% della capacità nominale del serbatoio principale oppure almeno 10 volte il volume totale residuo (vedi anche volumetto TOPPS "Il lavaggio interno ed esterno delle macchine irroratrici").

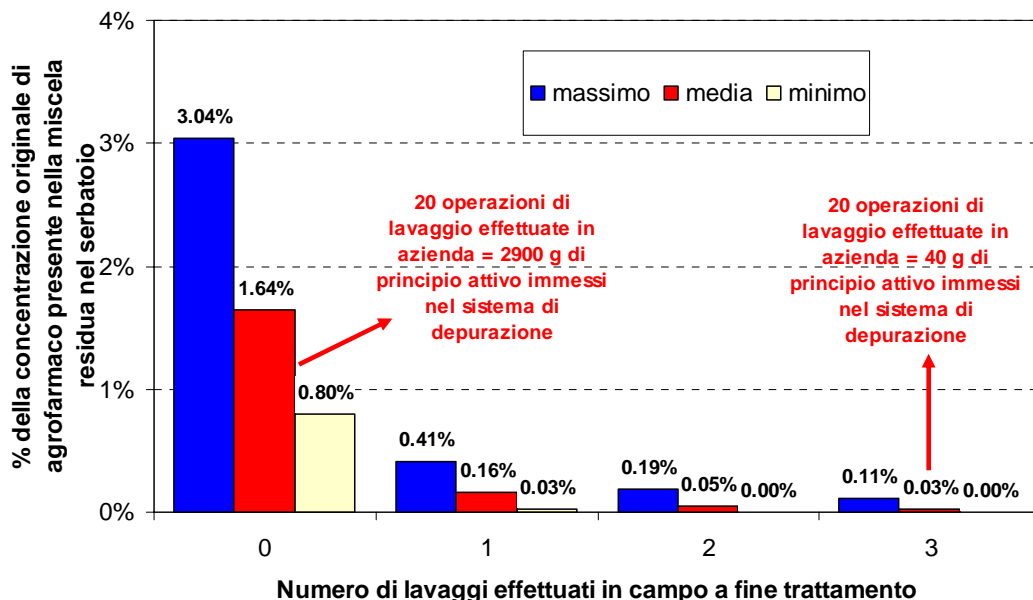
Gli agricoltori dovrebbero prestare attenzione a questo aspetto poichè le prove sperimentali hanno evidenziato che gran parte delle irroratrici oggi in uso, quando non certificate ENAMA, non rispondono a questo requisito.

Un corretto impiego del serbatoio lava impianto e del relativo circuito idraulico è fondamentale in quanto consente di effettuare le operazioni di pulizia interna ed esterna della macchina irroratrice direttamente in campo, mitigando così i rischi ambientali. Sulla base dei risultati delle prove funzionali condotte nell'ambito di ENTAM (European Network for Testing of Agricultural Machinery, [www.entam.net](http://www.entam.net)) su diversi modelli di macchine irroratrici, Debaer et al. (2008) hanno dimostrato i vantaggi operativi della diluizione del volume residuo nell'irroratrice attraverso il lavaggio eseguito in tre fasi (triplo risciacquo). Ad esempio, quando tale tecnica è stata applicata alle barre irroratrici, la quantità di sostanza attiva residua nella macchina è stata ridotta, in media, di un fattore 72 passando da 2900 g (nessun lavaggio) a 40 g (triplo risciacquo).

La procedura di lavaggio dell'irroratrice, quindi, ha un impatto molto elevato sulla quantità di sostanza attiva che rimane nella macchina e che, successivamente, dovrà essere immessa nel sistema di bio depurazione. Nelle



Figure 14 e 16 sono rappresentate le percentuali della concentrazione di miscela originale che devono essere depurate al termine del trattamento in funzione dei diversi tipi di irroratrice e della procedura utilizzata per il loro risciacquo in campo.



**Figura 14:** Quantità residua di agrofarmaco (% della concentrazione iniziale nel serbatoio dell'irroratrice) che deve essere trattata in un sistema di bio depurazione ricavata dalle prove condotte in ambito ENTAM su 94 modelli di barre irroratrici, in funzione della tipologia di macchina e del metodo utilizzato per il lavaggio. Nel caso di 20 operazioni di lavaggio eseguite in azienda, partendo da una concentrazione di 1000 g di sostanza attiva in 250 litri di miscela (volume distribuito su un ettaro di superficie), il risciacquo triplo può ridurre, nell'arco dell'anno, per una barra irroratrice di medie dimensioni, la quantità finale di sostanza attiva che si riporta in azienda di 2860 g (da Debaer et al, 2008).

Per quanto concerne le irroratrici per colture arboree la principale fonte di contaminazione è rappresentata dai depositi di miscela sulla superficie esterna della macchina (Figura 15).



**Figura 15:** Esempio della contaminazione esterna di un'irroratrice per colture arboree.

In funzione della posizione dell'aspirazione del ventilatore sulla macchina, del tipo di ugelli, della portata dell'aria, la contaminazione esterna della macchina può variare fra 0.33% e 0.83% della quantità di miscela distribuita (Balsari, 2006).

Per un frutticoltore che utilizza in media ogni anno 25 kg di sostanza attiva per ettaro di meleto, la contaminazione esterna dell'irroratrice sarà compresa fra 82,5 e 207,5 grammi per ettaro trattato.

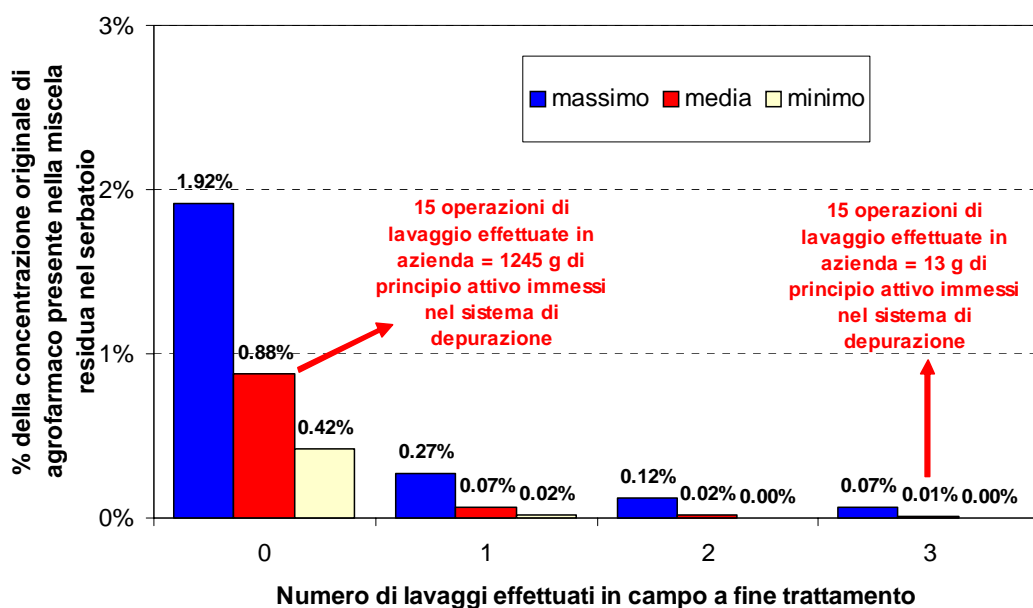
Sulle barre irroratrici la contaminazione esterna può variare tra 0,01% e 0,10% della quantità di miscela distribuita per le attrezzature convenzionali, e può arrivare fino allo 0,47% della miscela distribuita per quelle equipaggiate con la manica d'aria (Wehmann, 2006). Per un agricoltore che distribuisce mediamente in un anno 1,5 kg di sostanza attiva per ettaro, ciò equivale ad una contaminazione esterna della barra irroratrice, nel caso peggiore, pari a 1,5 g per ettaro trattato (barra convenzionale) oppure a 7,5 g per ettaro trattato (barra aeroassistita).

Effettuare la pulizia esterna dell'irroratrice direttamente in campo consente di ridurre considerevolmente la quantità di agrofarmaco da immettere nei sistemi di bio depurazione, e ciò è un aspetto critico, soprattutto, per le irroratrici per colture arboree.

Rimuovere i depositi di miscela sulle parti esterne della macchina in campo, quando sono ancora umidi, è più semplice che non effettuare questa operazione al rientro nel cortile aziendale, quando i depositi di miscela sono ormai seccati sulle superfici esterne dell'irroratrice.

Effettuare la pulizia in campo subito al termine del trattamento quando i depositi di miscela sono ancora umidi, operando a 4 bar di pressione, ad esempio, consente di rimuovere il 97,5% del deposito di ossicloruro di rame utilizzando 2,55 litri d'acqua per m<sup>2</sup> di superficie della macchina da lavare (Debaer et al., in stampa). Se la stessa operazione, utilizzando sempre la stessa quantità di acqua (2,55 l/m<sup>2</sup>) e la medesima pressione di esercizio (4 bar) viene eseguita 10 ore dopo la fine del trattamento si riesce a rimuovere soltanto il 70% del deposito, se viene condotta dopo 20 ore viene rimosso appena il 40% del deposito di ossicloruro di rame. Per ottenere lo stesso livello di pulizia che si ottiene in campo dopo più di 10 ore dalla fine del trattamento è necessario utilizzare, operando sempre a bassa pressione, una quantità di acqua 5 volte maggiore (12,75 l/m<sup>2</sup>). Per un'irroratrice da frutteto che ha, in media, una superficie esterna di circa 10 m<sup>2</sup>, ciò significa che la differenza tra la quantità d'acqua impiegata in campo (25,5 l) e quella utilizzata in azienda (127,5 l) è dell'ordine di 100 litri. I dispositivi per la pulizia esterna dell'irroratrice che operano ad alta pressione permettono di aumentare l'efficienza di pulizia e di risparmiare acqua (Figure 17 e 18).

I residui di miscela fitoiatrica non rimossi dalla superficie esterna delle irroratrici sono soggetti, nel tempo, ad essere dilavati ad esempio dalla pioggia e possono quindi costituire una fonte di inquinamento puntiforme. Limitare i quantitativi di agrofarmaco che si riportano in azienda a fine trattamento, effettuando le operazioni di pulizia dell'irroratrice in campo, è quindi essenziale. Ciò non solo limiterà i rischi di generare inquinamento puntiforme, ma consentirà anche un uso più efficiente dei sistemi di bio depurazione presenti in azienda.



**Figura 16:** *Quantità residua di agrofarmaco (% della concentrazione iniziale nel serbatoio dell'irroratrice) che deve essere trattata in un sistema di bio depurazione ricavata dalle prove condotte in ambito ENTAM su 23 modelli di irroratrici per colture arboree, in funzione della tipologia di macchina e del metodo utilizzato per il lavaggio. Nel caso di 15 operazioni di lavaggio eseguite in azienda, partendo da una concentrazione di 2000 g di sostanza attiva in 250 litri di miscela (volume distribuito su un ettaro di superficie), il risciacquo triplo può ridurre, nell'arco dell'anno, per un'irroratrice per colture arboree di medie dimensioni, la quantità finale di sostanza attiva che si riporta in azienda di 1232 g (da Debaer et al, 2008).*



**Figura 17:** *Pulizia esterna di un'irroratrice per colture arboree.*



**Figura 18: Pulizia esterna di una barra irroratrice.**

In sintesi i sistemi di bio depurazione devono essere considerati come il passaggio finale nel ciclo di prevenzione dell'inquinamento delle acque da agrofarmaci. La quantità e la relativa concentrazione di liquido contaminato con agrofarmaci che deve essere gestito in azienda determina la scelta e il dimensionamento del sistema di bio depurazione. Per esempio, se occorre trattare volumi contenuti di acque reflue caratterizzati da una ridotta concentrazione di agrofarmaci, come avviene se si effettuano regolarmente i lavaggi dell'attrezzatura direttamente in campo a fine trattamento e si limitano al minimo quelli effettuati nel cortile aziendale, sarà sufficiente disporre di un piccolo biofiltro. Nel caso si debbano, invece, trattare dei volumi maggiori e caratterizzati da concentrazioni di agrofarmaco più elevate, inevitabilmente si dovrà prevedere l'installazione di sistemi di bio depurazione più grandi e costosi, collegati all'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici.

Se gli agricoltori trasferiranno nel campo la maggior parte delle operazioni di mitigazione del rischio ambientale legato alla gestione degli agrofarmaci, in particolare la pulizia delle irroratrici, potranno limitare gli investimenti per le infrastrutture aziendali.

## 6. PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI BIO DEPURAZIONE

Un'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle macchine irroratrici è utile per gestire diverse fasi di gestione degli agrofarmaci e riduce i rischi ambientali legati alla loro manipolazione all'interno del centro aziendale (Figura 19). Qualsiasi perdita di prodotto o liquido contaminato con agrofarmaci potrà essere raccolto e trattato opportunamente.

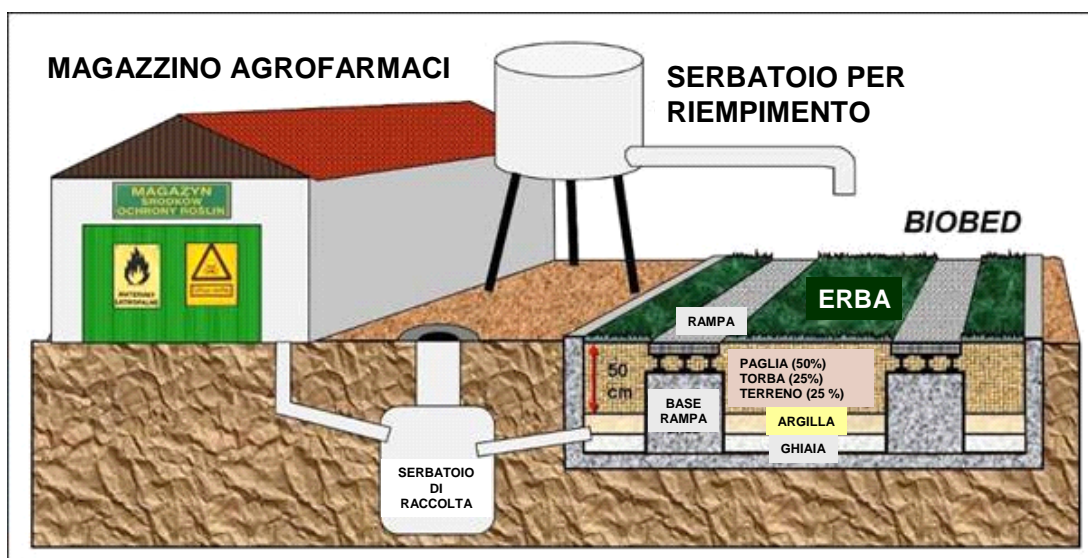


Figura 19: Schema di un'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle macchine irroratrici (fonte: ISK).

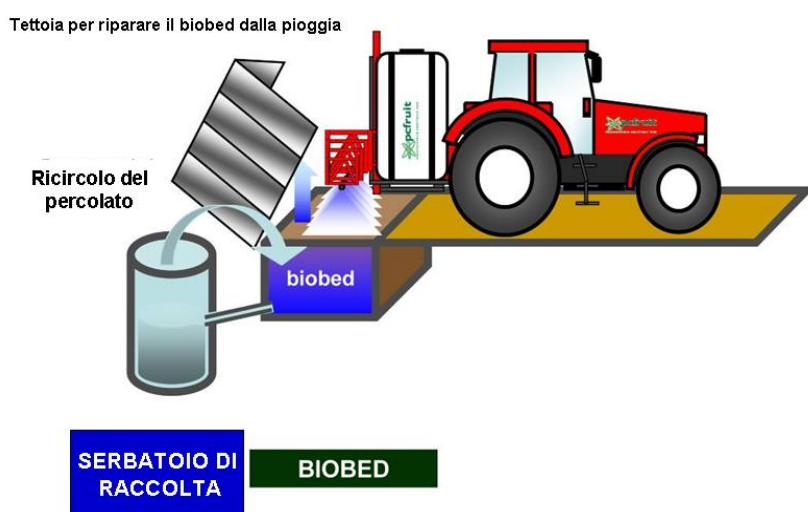
### 6.1. Area per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici integrata con biobed o separata

L'area di riempimento e lavaggio può trovarsi direttamente sopra un biobed o nelle immediate vicinanze. Esempi di aree per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici integrate con biobed sono illustrate nelle Figure 20 e 21. Occorre che abbiano una struttura sufficientemente robusta per sopportare il peso di un'irroratrice a pieno carico. Questi sistemi sono preferibilmente coperti da uno strato erboso per mantenere un buon equilibrio nel sistema e sopperire all'evapotraspirazione di parte del liquido raccolto. Poichè, in questo caso, i liquidi contaminati con agrofarmaci vengono scaricati direttamente dall'irroratrice sul biobed, è difficile ottenere una loro distribuzione omogenea sulla superficie di quest'ultimo.

In alcuni casi, soltanto la barra viene posizionata al di sopra del biobed per raccogliere i liquidi residui contaminati con agrofarmaci (Figura 22).



**Figure 20 e 21: Rampe su un biobed (Fig. 20, a destra, foto Visavi) e griglia carrabile su un biobed (Fig. 21, a sinistra, foto Visavi).**



**Figura 22: Schema di un biobed utilizzato direttamente come area per il lavaggio dell'irroratrice, dove la barra è collocata direttamente al di sopra del biobed al fine di raccogliere i residui di miscela diluiti presenti nella macchina (fonte: pcfuit).**

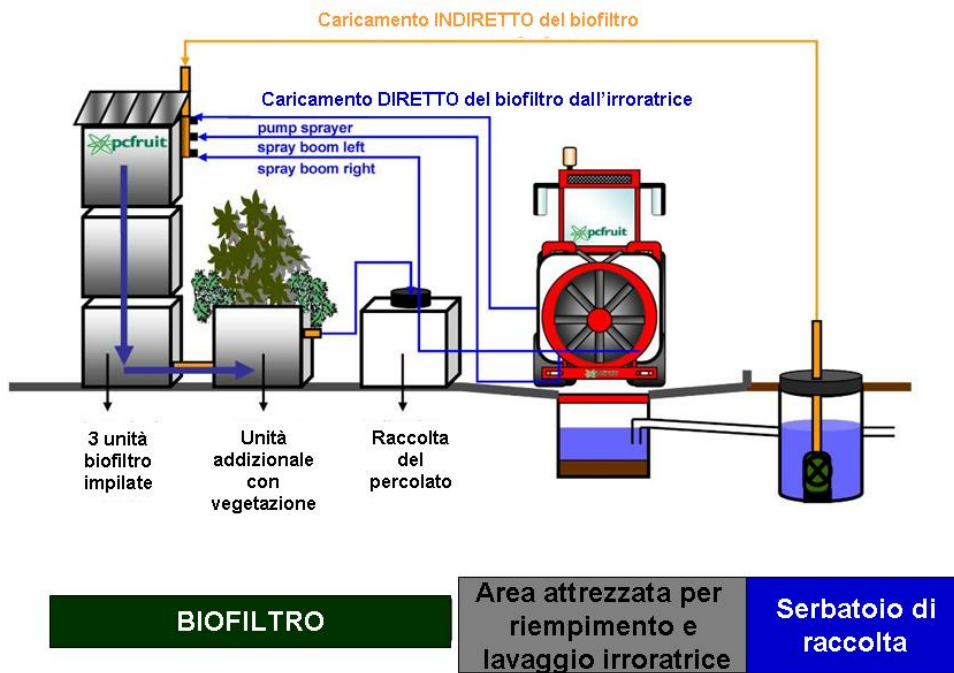
Analoghi criteri generali possono essere adottati per installare i biofiltri quando i reflui contenenti agrofarmaci vengono raccolti ed immessi direttamente nel biofiltro (Figura 23). Questa configurazione permette una migliore distribuzione del liquido da trattare sul biofiltro stesso. Tuttavia gli strati erbosi non sono adatti per questi sistemi di bio depurazione (non sopravvivrebbero ai quantitativi di prodotti erbicidi immessi). Il biofiltro dovrebbe essere coperto (per proteggerlo

dalla pioggia), ed è necessario il ricircolo dell'acqua percolata attraverso gli strati filtranti per garantire che lo strato superiore del biofiltro sia mantenuto umido, anche quando trascorre un intervallo di tempo relativamente lungo tra un "carico" di reflui ed il successivo.

Lo schema riportato in Figura 23 illustra la gestione dei lavaggi interni del serbatoio. I versamenti accidentali di liquidi contenenti agrofarmaci che possono verificarsi nella fase di riempimento e le acque risultanti dal lavaggio esterno dell'irroratrice devono essere raccolti e, quindi, immessi separatamente nel biofiltro.

Le aree attrezzate per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici devono essere impermeabili ai liquidi contenenti agrofarmaci (devono essere costruite in cemento) ed il loro sistema di drenaggio dovrebbe essere collegato direttamente o indirettamente al sistema di bio depurazione (Figure 24, 25 e 26). Un'area separata consentirà di raccogliere tutti i liquidi contaminati (ad es. in un serbatoio di raccolta) e quindi di caricare indirettamente il sistema di depurazione. Ciò permetterà di distribuire in modo omogeneo i liquidi contaminati sul biofiltro e di gestirli opportunamente nel tempo. Tuttavia, se l'area attrezzata per il riempimento e il lavaggio non è riparata dalla pioggia, occorre prevedere un circuito ausiliario che impedisca all'acqua piovana di entrare nel biofiltro.

Alcuni studi hanno evidenziato che le perdite di prodotto fitoiatrico durante la fase di riempimento della macchina irroratrice possono essere trasportate dalla pioggia verso le acque superficiali per un arco di tempo abbastanza lungo. Se non è possibile raccogliere tutta l'acqua piovana, occorre effettuare una pulizia accurata dell'area di riempimento. Il sistema di bio depurazione dovrebbe essere, comunque, sempre protetto dalla pioggia, in particolare quando quest'ultima può saturare il sistema.



**Figura 23:** Schema di caricamento diretto e indiretto di un biofiltro. Il caricamento diretto può essere effettuato soltanto con i residui di miscela fitoiatrica diluiti presenti nella macchina irroratrice. Il caricamento dei liquidi contaminati da agrofarmaci raccolti dall'area di riempimento e lavaggio avverrà invece in modo indiretto (fonte: pcfruit).



**Figura 24:** Area attrezzata e pavimentata per le operazioni di riempimento e lavaggio dell'irroratrice, dotata di sistema di raccolta per convogliare le acque contaminate al sistema di bio depurazione (foto: DAAS).





**Figura 25:** Esempio di area pavimentata per il riempimento ed il lavaggio delle attrezzature in grado di convogliare le acque contaminate da agrofarmaci ai sistemi di depurazione attraverso un canale in cemento (foto: DAAS).



**Figura 26:** Esempio di area pavimentata per il riempimento ed il lavaggio delle attrezzature in grado di convogliare le acque contaminate da agrofarmaci ai sistemi di depurazione attraverso uno scarico protetto da una griglia (foto: DAAS).

È necessario assicurarsi sempre che l'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle attrezzature sia provvista di un cordolo di isolamento o abbia una pendenza opportuna che consenta di mantenere le acque contaminate al suo interno.

## **6.2. Serbatoi di raccolta**

Un serbatoio di raccolta è un costo aggiuntivo, ma è raccomandato poichè consente di gestire opportunamente i quantitativi di reflui da immettere nel sistema di bio depurazione. Il serbatoio di raccolta dovrebbe avere una capacità pari al volume complessivo di reflui contenenti agrofarmaci generato nel corso dell'anno. In funzione della zona climatica in cui si trova, un sistema di bio depurazione è in grado di funzionare 200-300 giorni all'anno. Le basse temperature invernali rallentano o fermano l'attività microbica. Le operazioni di pulizia dell'irroratrice, però, non avvengono con cadenza regolare durante l'anno. Per garantire un funzionamento ottimale del sistema, assicurando una attività continua dei microbi che degradano le sostanze attive, i quantitativi di reflui da trattare dovrebbero essere caricati progressivamente nel sistema di depurazione, durante tutto il periodo nel quale l'attività microbica può avere luogo. Esempio: se il volume annuo complessivo di reflui da trattare è pari a 5000 litri ed il

periodo utile per l'attività microbica (temperatura media di almeno 15°C) è pari a 200 giorni, ciò significa che, idealmente, ogni giorno dovrebbero essere immessi nel sistema di depurazione 25 litri di reflui contaminati con agrofarmaci. Se collegato ad un serbatoio di raccolta, quindi, il sistema di depurazione funziona in modo ottimale e gli ingombri possono essere limitati. Per immettere ogni giorno nel biofiltro piccoli volumi di liquido contaminato, può essere utilizzata una pompa a bassa portata combinata con un timer (funzionamento non in continuo) oppure una pompa dosatrice (funzionamento in continuo), vedi Figure 27 e 28.

Nei casi in cui la miscela fitoiatrice residua nell'irroratrice non possa essere direttamente diluita (es. macchine prive di serbatoio lava impianto), la diluizione può essere effettuata all'interno del serbatoio di raccolta aggiungendo dell'acqua pulita; le miscele fitoiatriche diluite vengono infatti degradate più facilmente.



**Figura 27:** Esempio di un serbatoio di raccolta in polietilene con capacità di 4000 l, collocato fuori terra (foto: pcfruit).



**Figura 28:** Esempio di una vasca di raccolta in cemento della capacità di 5000 l, ricavata al di sotto dell'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici, e dotata di una valvola per escludere la raccolta dell'acqua piovana (foto: pcfruit).

### 6.3. Sistemi aperti e sistemi chiusi

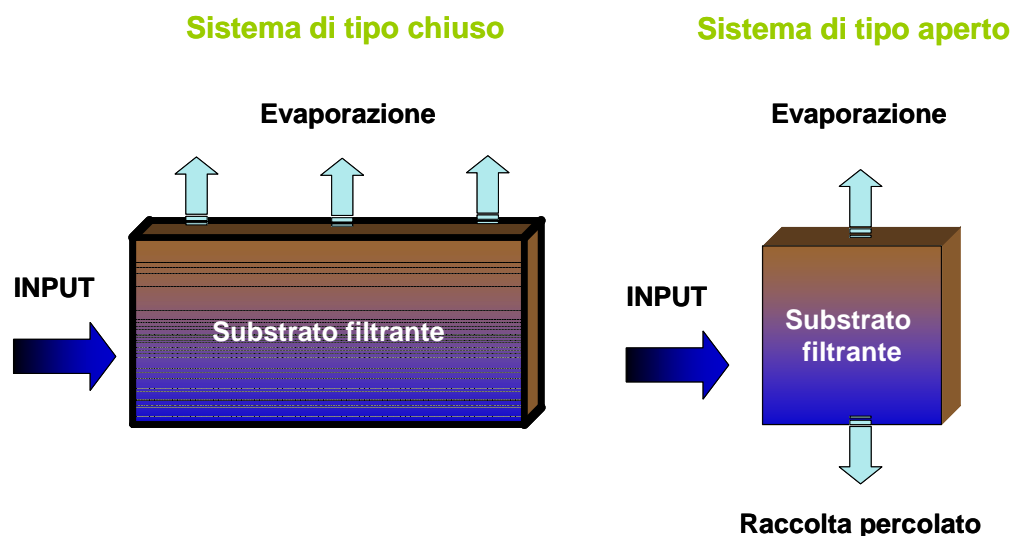
Nella Figura 29 sono rappresentati schematicamente degli esempi di biobed di tipo "aperto" e biobed di tipo "chiuso".

I sistemi di tipo chiuso prevedono che il liquido contaminato in eccesso possa lasciare il sistema soltanto attraverso l'evaporazione. Un metro cubo di substrato filtrante consente, in media, l'evaporazione di 400-500 litri d'acqua all'anno, in funzione delle condizioni climatiche del sito nel quale si opera. Ciò significa che per un sistema di tipo chiuso occorrono 2 metri cubi di substrato per trattare 1000 litri di reflui contaminati con agrofarmaci (questi dati rappresentano la situazione in Belgio, dove la temperatura media annua è di 11°C e la piovosità media è di 800 mm/anno). Si raccomanda di verificare con i tecnici locali il livello di evaporazione raggiungibile nel proprio contesto specifico.

Generalmente i sistemi di tipo chiuso presentano il rischio di saturazione e tracimazione in caso di evaporazione scarsa e/o di sovraccarico di reflui da trattare. La saturazione condiziona pesantemente l'assorbimento e la degradazione dei principi attivi da parte dello strato filtrante e causerà fenomeni di percolazione (Fogg *et al.*, 2004). La saturazione del sistema si può prevenire proteggendolo dalla pioggia e gestendo opportunamente il carico di reflui da smaltire nel corso della stagione.

Il vantaggio dei sistemi di tipo chiuso è l'assenza di liquido residuo alla fine del processo di depurazione ma ciò è vero soltanto se il livello di evaporazione è maggiore della quantità di refluo immesso nel sistema.

In un sistema di tipo aperto, invece, una parte dell'acqua evapora ed una parte attraversa la matrice filtrante e viene raccolta in uscita come percolato. In questo tipo di biobed 1m<sup>3</sup> di strato filtrante è in grado di trattare 1,5 m<sup>3</sup> di reflui contaminati con agrofarmaci: 0,5 m<sup>3</sup> evaporeranno, mentre 1m<sup>3</sup> sarà raccolto come percolato. Questo esempio dimostra che un sistema di tipo aperto, a parità di volume dello strato filtrante, è in grado di depurare una maggiore quantità di reflui rispetto al sistema di tipo chiuso, ma occorre raccogliere il percolato in un serbatoio separato. Questo refluo depurato può essere riutilizzato come eluente per trattamenti erbicidi non selettivi, oppure può essere fatto ricircolare nel sistema di bio depurazione. L'utilizzo di vegetazione consente una ulteriore depurazione e facilita l'evapotraspirazione del percolato. L'umidità ottimale per ottenere i migliori risultati in un sistema dove il refluo circola in continuo è pari al 95%.



**Figura 29:** Rappresentazione schematica di un sistema di tipo chiuso (a sinistra) e di un sistema di tipo aperto (a destra).

#### 6.4. Attrezzatura per alimentare un sistema di bio depurazione

I reflui contaminati con agrofarmaci dovrebbero essere distribuiti in modo uniforme sulla superficie di un sistema di bio depurazione. A tal fine si possono impiegare diverse soluzioni tecniche quali un deviatore del getto (Figura 30) o un tubo circolare perforato in più punti (Figura 31), posto al di sopra della matrice attiva di un biofiltro. Per ottimizzare la distribuzione si possono utilizzare anche dei comuni ugelli per irroratrici (Figura 32) o sistemi di irrigazione a goccia (Figura 33). Questi ultimi possono consentire di distribuire agevolmente i reflui anche su una vasta superficie (Basford *et al.*, 2004). Per assicurare un'alimentazione costante dei sistemi di bio depurazione bisogna disporre di un serbatoio per la raccolta del liquido contaminato di adeguata capacità.



**Figura 30:** Distribuzione del liquido contaminato sulla superficie filtrante per mezzo di un deviatore di flusso (piastra metallica, foto: CRA-Wallonie).



**Figura 31:** Distribuzione del liquido contaminato sulla superficie filtrante attraverso un tubo circolare perforato (foto: pcfruit).



**Figura 32:** Distribuzione del liquido contaminato sulla superficie filtrante per mezzo di ugelli (foto: POVLT).



**Figura 33:** Distribuzione del liquido contaminato sulla superficie filtrante grazie a tubi circolari perforati per irrigazione a goccia (foto: BayerCropScience).

## 6.5. Isolamento dei sistemi

I sistemi di bio depurazione devono essere isolati con un materiale impermeabile. Tipicamente, le pareti di un biobed sono in cemento, ma possono essere anche in materiali plastici quali polimeri EPDM (Figura 34) o polietilene (Figura 35). I biofiltri sono tradizionalmente costituiti da contenitori in polietilene della capacità di 1m<sup>3</sup>. La durata dei materiali plastici è tuttavia molto più breve di quella del cemento. Se esposti alla luce i contenitori in polietilene hanno una durata media di circa 10 anni.



*Figura 34: Come alternativa al cemento, i biobed possono essere isolati con materiali plastici quali polimeri EPDM (foto: ADAS)*



*Figura 35: Come alternativa al cemento, i sistemi di biodegradazione possono essere isolati con contenitori in polietilene, come nel caso del Biobac® commercializzato da Mybatec®.*

## 6.6. Protezione dalla pioggia e/o circuito separato per la raccolta delle acque piovane e non contaminate

I sistemi di bio depurazione dovrebbero rimanere coperti quando nell'azienda è disponibile un'area attrezzata e separata per il riempimento ed il lavaggio dell'irroratrice. Soltanto quando all'interno del sistema di bio depurazione è presente della vegetazione addizionale, il sistema dovrebbe essere aperto oppure coperto da materiale trasparente che ne assicuri l'illuminazione. Esempi di sistemi di bio depurazione coperti sono riportati oltre che nella Figura 36, nelle Figure 8, 33, 35, 42 e 43. Grazie alla copertura, l'acqua piovana non potrà raggiungere il sistema e sarà quindi scongiurato il rischio di saturazione ed eccessivo carico del biobed/biofiltro.

Tutte le acque non contaminate con agrofarmaci raccolte sull'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici non dovrebbero, quindi, essere immesse nel sistema di bio depurazione per la stessa ragione. Alcuni studi condotti in Danimarca hanno evidenziato che le perdite ed i gocciolamenti sulle aree attrezzate in cemento vengono dilavate dalla pioggia in un arco di tempo abbastanza lungo. Pertanto queste perdite devono essere rimosse accuratamente al termine dell'esecuzione del trattamento, altrimenti tutte le acque piovane raccolte successivamente sull'area attrezzata dovranno essere immesse nel sistema di bio depurazione.



**Figura 36:** Sistema Biobac® provvisto di copertura in materiale plastico (foto: Mybatec®).

## 6.7. Drenaggio del sistema

I sistemi aperti, come i biofiltri, hanno sempre bisogno di un sistema di drenaggio al fondo di ciascuna unità per la bio purificazione, al fine di convogliare il liquido depurato nell'unità di depurazione successiva oppure nell'apposito serbatoio di raccolta. Il modo più pratico è impiegare un tubo di drenaggio come quello mostrato nella Figura 37. L'utilizzo di un tubo di questo tipo non solo permetterà di drenare efficacemente l'acqua depurata ma garantirà anche che non vi siano intasamenti del circuito idraulico dovuti a particelle della matrice

attiva. I tubi di drenaggio possono essere utilizzati anche per i biobed. Come mostrato in Figura 19, l'alternativa è utilizzare della ghiaia in combinazione con l'argilla, ma quest'ultima rallenterà considerevolmente il drenaggio dell'acqua ed è anche soggetta a spaccarsi se non è mantenuta costantemente umida.



**Figura 37:** Tubo di drenaggio posto sul fondo di una unità di bio depurazione.

## 6.8. Utilizzo della vegetazione

L'impiego della vegetazione può dare una serie di vantaggi. Lo strato d'erba sulla superficie dei biobed sui quali si scaricano direttamente le acque contaminate con agrofarmaci mantiene un buon bilancio idrico del sistema, consentendo l'evaporazione dell'acqua in eccesso e prevenendo il disseccamento dello strato superiore del biobed (Figure 6, 19, 20 e 38). Inoltre, gli apparati radicali possono ottimizzare le condizioni del suolo per lo sviluppo dei micro organismi responsabili della degradazione dei principi attivi. La vegetazione funge anche da indicatore, ad esempio evidenziando sintomi da fitotossicità quando i liquidi contaminati immessi nel biobed non sono stati sufficientemente diluiti. Anche nei biofiltri si può impiegare della vegetazione quando la concentrazione degli agrofarmaci (in particolare degli erbicidi) nei liquidi da depurare è sufficientemente ridotta e consente la sopravvivenza della vegetazione (Figura 39).

Alcuni studi hanno evidenziato che specie erbacee (es. *Carex* spp.) sono più resistenti alle molecole erbicide, mentre specie arbustive (es. *Salix* spp.) consentono una maggiore evaporazione del sistema (Debaer *et al.*, 2007). In particolare, *Carex* spp. consente un incremento di evaporazione dell'ordine di 500 litri/anno per m<sup>2</sup> di superficie, mentre *Salix* spp. permette di incrementare l'evaporazione del sistema di circa 1000 litri/anno per m<sup>2</sup> di superficie. Quando si utilizza una quantità sufficiente di vegetazione, un biofiltro di tipo aperto può diventare un sistema in cui tutta l'acqua in eccesso evapora e quindi non produce alcun percolato.





**Figura 38: Superficie inerbita di un biobed (foto: Visavi).**

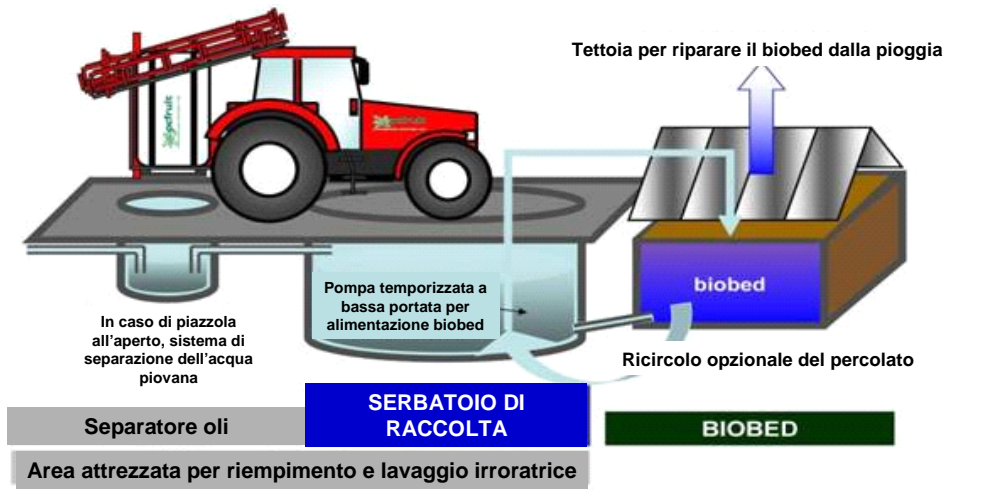


**Figura 39: Strato di vegetazione (Carex spp.) in un modulo di un biofiltro modificato (foto pcfuit).**

È importante in ogni caso evitare di selezionare piante infestanti che possano invadere i campi. Le piante selezionate non dovrebbero contenere sostanze tossiche nè produrre frutti o parti commestibili. Se non si immettono molecole erbicide nel sistema di bio depurazione è preferibile scegliere una dicotiledone arbustiva per facilitare l'evaporazione dell'acqua in eccesso. Nel caso invece si utilizzino erbicidi, preferire l'impiego delle specie Carex e Salix sopra ricordate.

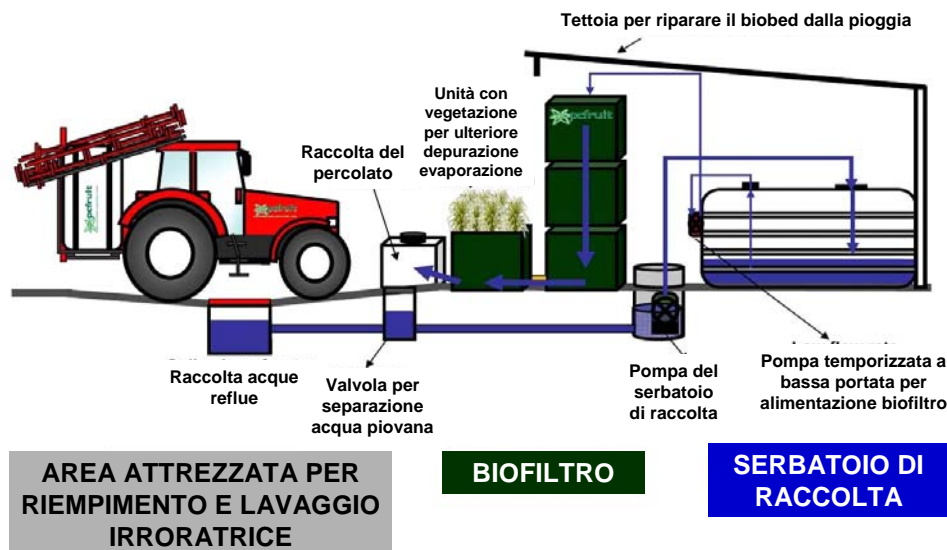
## 6.9. Esempi

### A) Sistemi biobed isolati

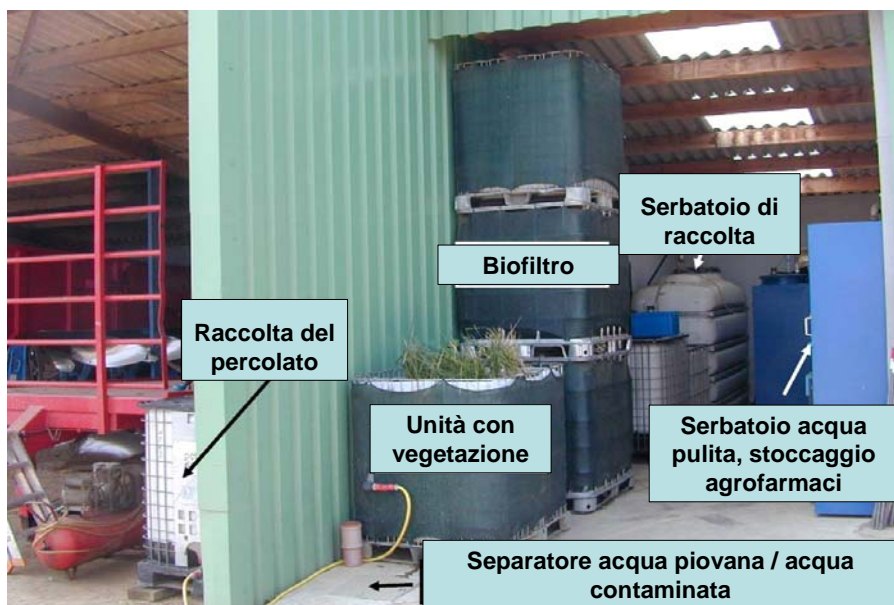


**Figura 40:** Schema delle caratteristiche costruttive di un moderno biobed isolato. I liquidi contaminati con agrofarmaci vengono separati dalle acque piovane. Il serbatoio di stoccaggio dei reflui consente di immettere poco per volta nel biobed i liquidi contaminati raccolti dall'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici. I fenomeni di saturazione del sistema dovuti alla pioggia possono essere evitati coprendo la superficie del biobed con una tettoia, mentre quelli legati all'accumulo di liquido nel sistema possono essere prevenuti drenando il percolato e prevedendone un eventuale ricircolo (schema: pcfuit).

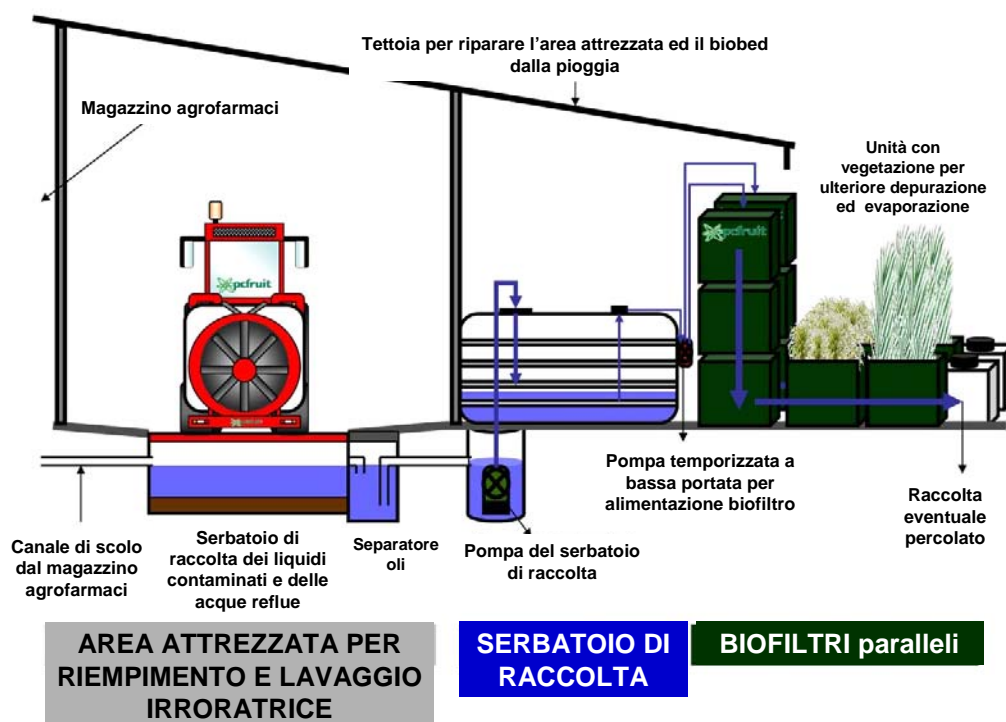
### B) Biofiltri



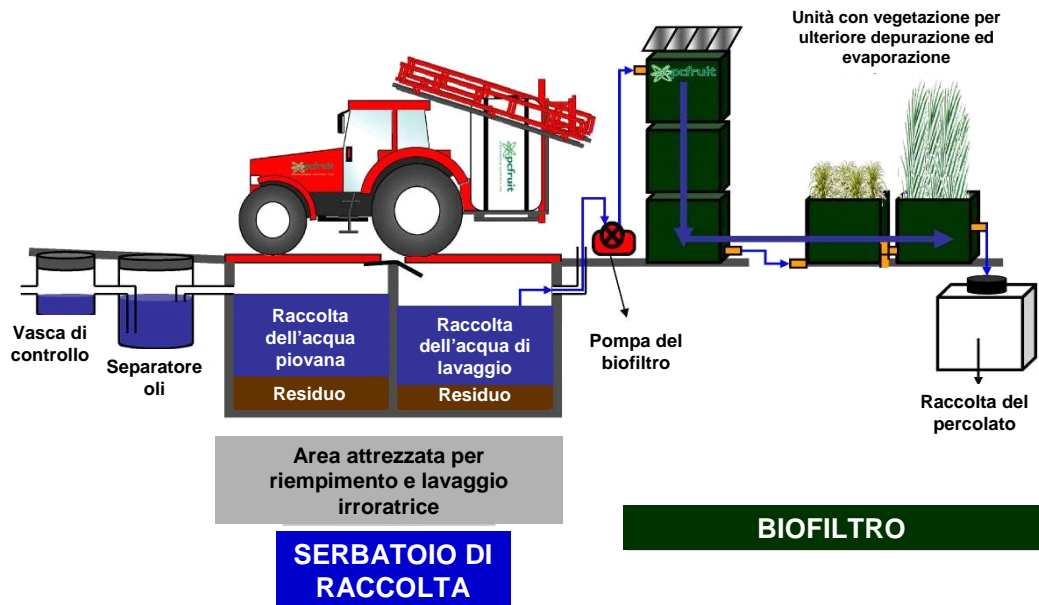
**Figura 41:** Area per il riempimento ed il lavaggio dell'irroratrice situata all'aperto ed attrezzata con un biofiltro coperto modificato composto di 3+1 unità (fonte: pcfuit). La separazione dell'acqua piovana dai reflui contenenti agrofarmaci è regolata da una apposita valvola. I liquidi contaminati sono pompati in un serbatoio di stoccaggio della capacità di 4000 litri. Da questo serbatoio, ogni giorno 25 litri di refluo vengono erogati sulla parte superiore del biofiltro. Questo sistema è stato caricato con 6300 litri di refluo nel corso del 2007, 4000 dei quali sono stati raccolti come percolato depurato e 2300 sono evaporati (Debaer et al.,2007).



**Figura 42:** Area per il riempimento ed il lavaggio dell'irroratrice integrata con un biofiltro modificato di 3+1 unità (fonte: pcfruit). Il drenaggio del liquido in eccesso proveniente dall'unità contenente la vegetazione è situato proprio al di sotto della zona dove si trova l'apparato radicale delle piantine. Tutto il percolato restante viene raccolto.



**Figura 43:** Area per il riempimento ed il lavaggio dell'irroratrice integrata con due biofiltri in parallelo, ciascuno composto da 3+2 unità (fonte: pcfruit). Sia l'area per il riempimento sia i biofiltri (tranne che le unità contenenti la vegetazione) sono coperti da una tettoia per impedire l'accesso dell'acqua piovana. Tutto il percolato restante viene raccolto.



**Figura 44:** Area per il riempimento ed il lavaggio dell'irroratrice attrezzata con un biofiltro composto da 3+2 unità (fonte: pcfruit). L'acqua piovana ed i reflui contaminati con agrofarmaci sono raccolti separatamente in 2 serbatoi di stoccaggio collocati al di sotto dell'area attrezzata. I liquidi contaminati vengono immessi nella parte superiore del biofiltro con una pompa temporizzata. Tutto il percolato restante viene raccolto.



**Figure 45 e 46:** Per fornire un bilancio ottimale dell'umidità nelle 2 unità superiori del biofiltro modificato, viene mantenuta una zona saturata al fondo dell'unità per consentire all'acqua di risalire in alto per capillarità. Ciò si può ottenere collegando la parte inferiore dell'unità a quella superiore mediante un tubo piegato verso l'alto e provvisto di un foro per l'entrata dell'aria. L'altezza della zona saturata è determinata dall'altezza alla quale è inserito il tubo di uscita ripiegato verso l'alto. Si possono prevedere diverse altezze (Fig. 45, a sinistra), o può essere sufficiente stabilire una zona di saturazione della capacità di 300 litri (Fig. 46, a destra). Dopo aver ripiegato il tubo di uscita, portarne l'estremità in corrispondenza della parte superiore della successiva unità del biofiltro ed erogare il percolato come mostrato nelle figure 30-33. Altre valvole riportate in figura possono essere utilizzate per il prelievo di campioni di liquido oppure per svuotare il sistema nel periodo invernale e prevenire fenomeni di congelamento del sistema (fonte: pcfruit).

## 6.10. Dimensionamento dei sistemi di bio depurazione

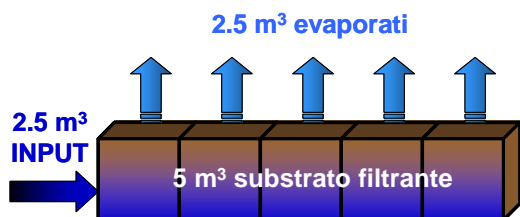
La quantità di substrato filtrante necessaria per depurare un certo volume di liquido contaminato con agrofarmaci per i sistemi di bio depurazione sia aperti che chiusi è già stata esaminata nel capitolo 6.3.

Per i sistemi di tipo chiuso le considerazioni inerenti la capacità complessiva si basano sull'entità dell'evaporazione che consente di evitare la saturazione della matrice filtrante. Per i sistemi di tipo aperto è importante l'efficienza dei filtri (Pussemier *et al.*, 2004; Pigeon *et al.*, 2005; Debaer *et al.*, 2007). Spesso c'è l'errata convinzione che i biobed (sistemi chiusi) siano in grado di depurare volumi di reflui più elevati rispetto ai biofiltri (sistemi aperti), e ciò può essere legato al fatto che i biobed sono, generalmente, concepiti come grandi sistemi di depurazione, dotati di maggiori quantità di substrato filtrante rispetto ai piccoli biofiltri. In effetti il medesimo volume di matrice filtrante impiegato nei sistemi aperti è in grado di depurare volumi di reflui contaminati con agrofarmaci maggiori se il percolato viene raccolto e quindi rimesso in circolo. Tuttavia, si ricorda ancora che i sistemi aperti che prevedono l'impiego della vegetazione, se opportunamente dimensionati, possono non produrre percolato.

È chiaro che con entrambi i sistemi gli input chimico ed idraulico devono essere quanto più possibile ridotti se si vuole massimizzare l'efficacia di depurazione. Anche in uscita dal sistema di bio depurazione, i residui sia liquidi che solidi devono essere minimizzati e ciò è ottenibile attraverso un corretto dimensionamento del sistema.

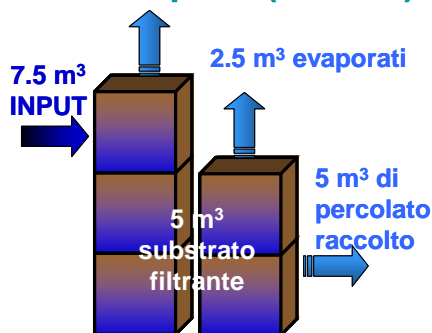
Il principale obiettivo di un sistema di bio depurazione è la degradazione delle molecole degli agrofarmaci e non solo la riduzione della loro concentrazione. Pertanto, la pianificazione di un sistema di bio depurazione deve tenere conto di quanto viene immesso e quanto esce dal sistema sotto forma di percolato e di acqua evaporata. Nella Figura 47 sono riportati esempi esplicativi in merito ad un sistema chiuso (biobed), un sistema aperto (biofiltro) e ad un sistema aperto con output zero (biofiltro modificato).

### 1. Sistema chiuso (biobed)



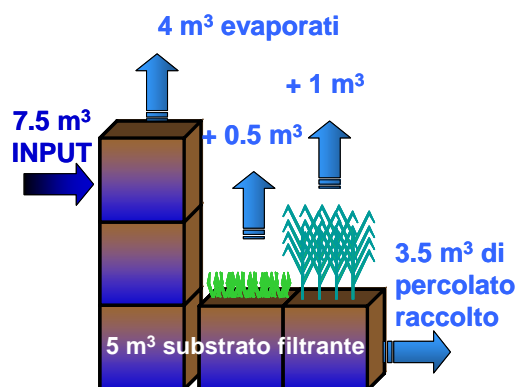
Nell'arco di 5 anni: 12.5 m³ di acque reflue trattati con 5 m³ di substrato filtrante

### 2. Sistema aperto (biofiltro)



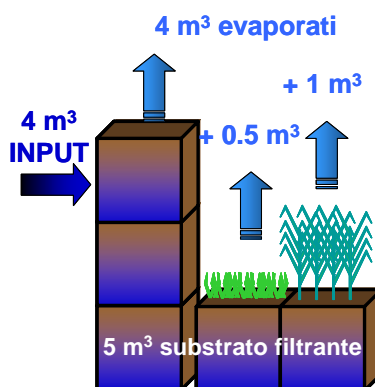
Nell'arco di 5 anni: 37.5 m³ di acque reflue trattati con 5 m³ di substrato filtrante + 25 m³ di percolato

### 3. Sistema aperto + vegetazione (biofiltro modificato)



Nell'arco di 5 anni: 37.5 m³ di acque reflue trattati con 5 m³ di substrato filtrante + 17.5 m³ di percolato

### 4. Sistema aperto ad emissioni zero (biofiltro modificato e correttamente dimensionato)



Nell'arco di 5 anni: 20 m³ di acque reflue trattati con 5 m³ di substrato filtrante

Figura 47: Esempi di dimensionamento di un sistema di bio depurazione.

1 Tipico biobed dove sono necessari elevati volumi di substrato filtrante.

2 Tipico biofiltro che produce un volume elevato di percolato che deve essere riutilizzato in campo oppure riciclato nel sistema di bio depurazione.

3 Esempio del contributo fornito dalla vegetazione nell'incrementare l'evaporazione dell'acqua in eccesso, che è possibile soltanto in sistemi aperti a moduli multipli ( $2,5+0,5+1=4m^3$ ). Per esperienza, in questo specifico esempio, la purificazione ottenuta nelle prime 3 unità non sarà sufficiente a garantire la sopravvivenza della vegetazione nelle unità 4 e 5 se nel sistema vengono immessi residui di miscela fitoiatrica non diluiti (ad esempio provenienti da serbatoi di irroratrici non sottoposte a lavaggio in campo).

4 Indica che un sistema aperto con vegetazione se correttamente dimensionato può risultare privo di percolato in uscita, e fornisce la migliore capacità ed efficienza per il trattamento dei liquidi contaminati. Tuttavia, per il trattamento di volumi elevati di reflui, occorre prevedere strutture molto ampie (fonte: pcfruit).

## **7. MATRICE FILTRANTE (DIFFERENTI SUBSTRATI E RELATIVE FUNZIONI)**

In origine lo strato filtrante impiegato nei sistemi di bio depurazione consisteva di un 50% di paglia, 25% di torba e 25% di terreno agricolo dell'azienda. Numerosi studi hanno esaminato i rapporti fra i componenti della matrice filtrante e l'impiego di substrati alternativi per ottenere la massima degradazione delle molecole di agrofarmaci.

### **7.1. Terreno agricolo dell'azienda – serbatoio di micro-organismi**

Il terreno agricolo inserito nella matrice filtrante del sistema di bio depurazione contiene i micro-organismi che sono essenziali per degradare le molecole degli agrofarmaci. I micro-organismi presenti nel suolo possono essere funghi o batteri, e possono utilizzare gli agrofarmaci come fonte di carbonio per la loro nutrizione. È importante utilizzare il terreno prelevato dall'azienda dove si effettuano i trattamenti con i prodotti fitosanitari che saranno poi immessi nel sistema di bio depurazione, poichè in quel terreno si trova la microflora selezionata per degradare i principi attivi impiegati nei trattamenti. Il terreno aziendale è l'unico componente della matrice filtrante che non può essere sostituito da un materiale alternativo. La quantità di terreno aziendale nella matrice filtrante o il suo rapporto rispetto agli altri componenti possono, tuttavia, essere ridotti senza che vi sia una perdita di efficacia nella degradazione delle molecole di agrofarmaci. Ciò può rivelarsi un vantaggio, ad esempio, quando le matrici filtranti esauste devono essere incenerite perchè il loro spandimento in campo non è consentito.

### **7.2. Paglia**

La paglia si comporta da fonte addizionale di cibo per i micro-organismi. La paglia contiene lignina, essenziale per i microbi che producono enzimi in grado di degradare la lignina, e questi stessi enzimi possono degradare anche un ampio spettro di molecole presenti negli agrofarmaci. La paglia costituisce inoltre una fonte di azoto, utile per ottenere un ottimale rapporto carbonio/azoto per i batteri in grado di degradare gli agrofarmaci. Le matrici filtranti mineralizzano rapidamente la paglia e ciò si traduce in una perdita di substrato dell'ordine del 10% per anno. Nuova paglia deve quindi essere aggiunta al sistema ogni anno.

### **7.3. Scorza di noce di cocco**

La scorza della noce di cocco può essere (in parte) un succedaneo della paglia come fonte di carbonio, ha una buona capacità di ritenzione idrica e favorisce l'aerazione del sistema. Le matrici filtranti alle quali viene aggiunta scorza di noce di cocco, invece della paglia, sono caratterizzate da una fase di mineralizzazione molto più lenta e pertanto non richiedono l'aggiunta di nuovo

materiale ogni anno. La sostituzione della paglia con la scorza della noce di cocco non pregiudica l'efficienza di degradazione del sistema.

#### **7.4. Torba**

La torba è un substrato che agevola l'inattivazione degli agrofarmaci. Aiuta a mantenere condizioni di aerobiosi in combinazione con l'umidità essenziale al funzionamento del sistema, grazie alla sua elevata capacità di ritenzione idrica.

#### **7.5. Terriccio universale per piante in vaso**

Il terriccio universale ha le stesse funzioni e caratteristiche della torba e può sostituirla come matrice filtrante. Il terriccio universale, spesso, contiene torba bianca e nera, ma in alcuni casi invece della torba può contenere scorze di noci di cocco.

#### **7.6. Letame**

Il letame è un substrato che può essere aggiunto per incrementare la disponibilità di azoto da nitrati. Alcuni studi (Genot *et al.*, 2002) hanno evidenziato che l'aggiunta di letame nel sistema di bio depurazione può incrementare la degradazione degli agrofarmaci, principalmente di quella dovuta all'azione dei batteri. Altri studi condotti su sistemi dove la degradazione delle molecole xenobiotiche era effettuata principalmente da funghi hanno, invece, evidenziato come un ridotto tenore di azoto disponibile consenta di mantenere elevata l'attività di degradazione degli agrofarmaci (Castillo *et al.*, 2008). Come regola generale empirica si può considerare che nella matrice filtrante si dovrebbe avere un rapporto C/N compreso tra 10 e 20.

### **8. MISCELAZIONE DEI SUBSTRATI**

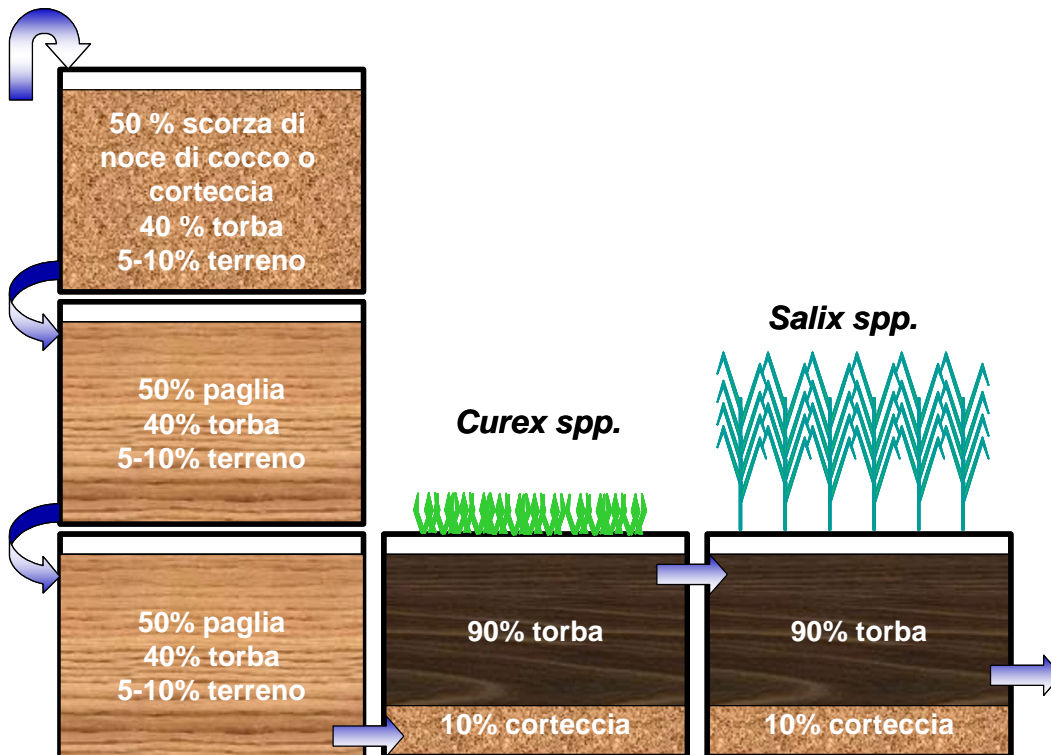
Originalmente il substrato impiegato nei biobed era composto per il 50% da paglia, per il 25% da torba e per il restante 25% da terreno aziendale. Tuttavia gli studi più recenti hanno evidenziato che:

- La frazione di terreno aziendale è quella più adatta per inoculare i microrganismi nel sistema, ma può essere ridotta fino a meno del 5% senza intaccare la capacità di degradazione (Sniegowski *et al.*, in preparazione). La riduzione della quantità di terreno aziendale può anche incrementare la ritenzione delle molecole di agrofarmaci nella matrice filtrante e, quindi, favorirne la bio degradazione (De Wilde *et al.*, in preparazione).
- L'impiego di materiali succedanei quali scorze di noci di cocco e terriccio universale miscelati in diversi rapporti all'interno della matrice filtrante non influisce significativamente sulla ritenzione delle molecole di agrofarmaci (De Wilde *et al.*, in preparazione).



- Aggiungere dal 5 al 10 % di letame può incrementare la ritenzione e la degradazione delle molecole xenobiotiche nella matrice filtrante (Genot *et al.*, 2002; De Wilde *et al.*, in preparazione).

Nella Figura 48 sono illustrate diverse possibilità di miscelazione dei substrati nella matrice filtrante alla luce dei più recenti studi. Sostituire la paglia con le scorze di noci di cocco nell'unità superiore di un biofiltro modificato, tampona il sistema. Nelle unità successive la frazione di terreno aziendale viene ridotta al 5-10% e quella di terriccio universale viene incrementata fino al 40%, fornendo un maggiore potenziale di ritenzione e di biodegradazione degli agrofarmaci. L'aggiunta di un 5-10% di letame comporta una riduzione della frazione di terriccio universale al 30-35%. Le unità provviste di vegetazione risultano migliori se dispongono di uno strato drenante sul fondo (10% del totale) composto di scorze di noci di cocco e se per il restante 80-90% sono costituite da terriccio universale, eventualmente addizionato con un poco (max. 10%) di letame.



**Figura 48: Esempio di miscele di matrici filtranti in un biofiltro modificato (fonte: pcfruit).**

I rapporti tra substrati sono sempre espressi in volume. Per garantire una miscelazione omogenea, la dimensione massima di tutte le particelle presenti nella matrice filtrante dovrebbe risultare dell'ordine di 2-4 cm (per esempio la lunghezza dei fili di paglia dovrebbe essere compresa entro 4 cm). La miscelazione omogenea dei substrati può essere ottenuta utilizzando un miscelatore per solidi convenzionale.

### **8.1. Riempimento del sistema di bio depurazione con la miscela di substrati**

Il riempimento del sistema isolato con la miscela di substrati che compongono la matrice attiva è una operazione che va eseguita con cura. Se la matrice organica viene molto compressa, la sua capacità di ritenzione del liquido sarà elevata poichè la penetrazione del liquido contaminato sarà lenta e la superficie filtrante sarà per lungo tempo a contatto con il refluo. Tuttavia, in una matrice compressa non vi è molta aria, necessaria invece per la degradazione aerobica degli agrofarmaci. D'altra parte, se la matrice filtrante non è minimamente compressa, la sua capacità di ritenzione risulta limitata, soprattutto quando i liquidi contaminati non sono distribuiti uniformemente su tutta la superficie e, quindi, possono verificarsi molto rapidamente fenomeni di percolazione. Matrici che contengono una ridotta quantità di suolo, e di conseguenza una maggiore quantità di torba o di terriccio universale, sono caratterizzate da una migliore aerazione, anche quando la matrice viene compressa.

### **8.2. Manutenzione della matrice filtrante**

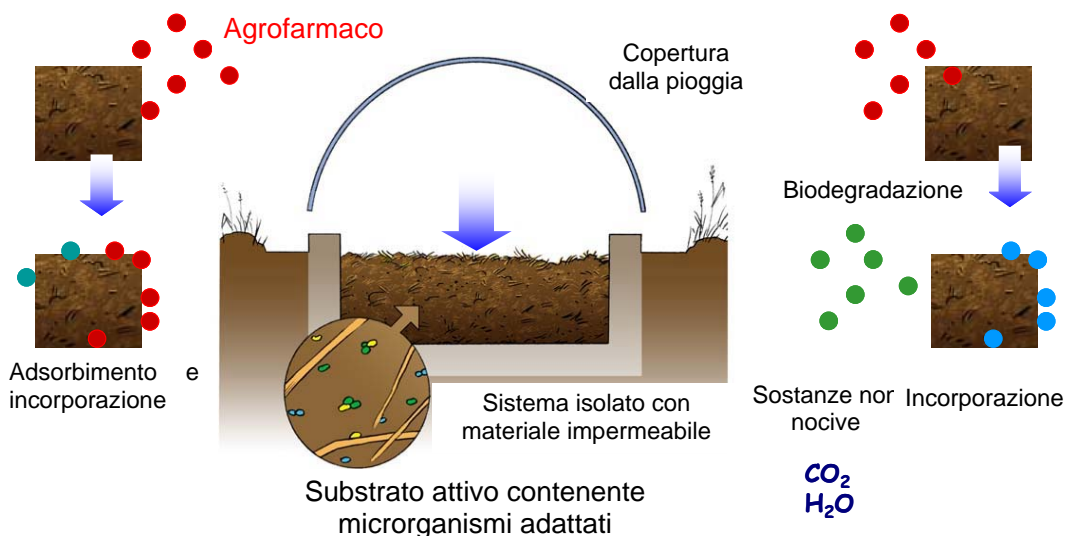
Mano a mano che il sistema si utilizza, il contenuto totale di carbonio e l'attività microbica tendono ad esaurirsi a causa dei fenomeni di mineralizzazione nella matrice filtrante. Tale mineralizzazione dipende dalla composizione della matrice filtrante e dalla dimensione delle particelle dei componenti. Una matrice che contiene il 50% di paglia tritata, a causa dei fenomeni di mineralizzazione, andrà incontro ad una riduzione del proprio spessore di circa 10 cm ogni anno. Per compensare queste perdite, ogni anno oppure ogni due anni può essere aggiunto e mescolato nella matrice del materiale fresco. Occorre mantenere sempre una profondità minima della matrice dell'ordine di 60 cm. Torstensson (2002) ha stabilito che nel sud della Svezia tale rinnovo deve essere effettuato dopo 5-6 anni di funzionamento del sistema.

## 9. PROCESSI DI ASSORBIMENTO E BIODEGRADAZIONE

Studi condotti a livello internazionale hanno evidenziato che, in condizioni ambientali differenti e spesso non ottimali, il 93% degli agrofamarcì immessi nel sistema di bio depurazione vengono degradati, in media il 4% finiscono nel percolato ed il 3% rimane adsorbito sulla matrice filtrante. In condizioni ambientali ed operative ottimali il livello di biodegradazione degli agrofarmaci ha raggiunto valori superiori al 99%, fatta eccezione per poche molecole specifiche, molto "mobili".

### 9.1. Principio di biodegradazione di un composto organico

Il controllo e l'ottimizzazione dei processi di bio depurazione è una procedura complessa che coinvolge diversi fattori. Questi ultimi comprendono l'esistenza di popolazioni microbiche in grado di degradare le molecole inquinanti. Fattori ambientali quali la tipologia del suolo, la temperatura, il pH, la presenza di ossigeno o di altri elementi accettori di elettroni e la presenza di nutrienti influenzano inoltre l'efficienza di degradazione (Vidali, 2001). Un altro importante fattore limitante il processo bio depurativo è l'accessibilità delle molecole di agrofarmaci ai microbi (biodisponibilità – Thompson, 2001). La biodegradazione di un composto organico è, infatti, quasi esclusivamente localizzata dove l'inquinante è disciolto nel suolo umido che circonda i micro-organismi. In altre parole, avviene all'interno di un sottile velo d'acqua sulla superficie delle particelle di substrato dove si trovano i micro-organismi. Pertanto incrementare la superficie specifica di un substrato senza diminuire la biodisponibilità, per esempio grazie alla presenza di micropori (come nel caso dell'argilla), favorisce l'attività microbica di biodegradazione (Figura 49).



**Figura 49:** I due processi chimici coinvolti nella bio depurazione degli agrofarmaci. A sinistra sono illustrati l'assorbimento e l'incorporazione. Sulla destra è illustrata la biodegradazione degli agrofarmaci, che può avvenire dopo l'assorbimento della molecola di agrofarmaco sul substrato (fonte: Bayer CropScience e KULeuven).

## 9.2. Fattori importanti che influenzano l'assorbimento e la biodegradazione

È stata studiata l'influenza di diversi fattori sulla degradazione degli agrofarmaci:

- Elevate concentrazioni di agrofarmaci possono limitare la biodegradazione (Fogg *et al.*, 2003). Pertanto, come già ricordato, si raccomanda di effettuare la pulizia dell'irroratrice in campo al fine di garantire l'ottimale efficienza del sistema di bio depurazione, nel quale è opportuno immettere soltanto miscele fitoiatriche diluite.
- La degradazione degli agrofarmaci nel terreno aziendale può essere inibita quando si applicano nello stesso campo miscele di più prodotti fitosanitari, ma ciò non avviene nella matrice attiva dei sistemi di bio depurazione, a dimostrazione del fatto che questi ultimi possono degradare un ampio spettro di molecole xenobiotiche (Fogg *et al.*, 2003).
- Il contenuto di umidità in un sistema di bio depurazione è fondamentale per i processi di depurazione (il livello ottimale è del 95%). Tuttavia, la saturazione del sistema (100% di umidità) può comportare la percolazione degli agrofarmaci attraverso la matrice filtrante, direttamente collegata alla fase di immissione dei reflui da depurare nel sistema (Fogg *et al.*, 2004). Per evitare tale fenomeno, in particolare legato alle molecole "mobili", occorre evitare la saturazione idrica dei substrati, eventualmente incrementando lo spessore della matrice filtrante.
- L'uso reiterato del medesimo prodotto fitosanitario nell'arco di più stagioni può comportarne una degradazione più rapida nel sistema di bio depurazione dovuta all'adattamento dei micro-organismi a quella specifica molecola (Fournier *et al.*, 2004)

## 10. PERCOLATO

Il liquido percolato attraverso la matrice filtrante dovrebbe sempre essere raccolto. **NON IMMETTERE MAI IL LIQUIDO PERCOLATO DA UN SISTEMA DI BIO DEPURAZIONE DIRETTAMENTE NEI CORSI D'ACQUA O IN PROSSIMITÀ DEGLI STESSI.** In funzione della legislazione vigente e della specifica situazione dell'azienda agricola, si possono adottare le seguenti procedure:

- Far ricircolare il percolato nel sistema di bio depurazione per favorirne l'evaporazione.
- Riutilizzare il percolato come eluente per trattamenti erbicidi non selettivi in azienda.
- Distribuire il percolato in campo, tenendo conto delle aree di rispetto previste per la salvaguardia delle acque superficiali.
- Far evaporare il percolato utilizzando un'ulteriore biofiltro provvisto di vegetazione.
- Smaltire il percolato conferendolo ad una Ditta specializzata ed autorizzata se non esistono altre opzioni legalmente autorizzate.

## 11. GESTIONE DEI SUBSTRATI ESAUSTI

La miscela di substrati che costituisce la matrice filtrante di un sistema di bio depurazione deve essere completamente rinnovata dopo alcuni anni di utilizzo (in genere dopo un periodo di 6-8 anni). In funzione della legislazione vigente e delle specifiche situazione dell'azienda agricola, si possono adottare le seguenti procedure:

- Spandere il substrato esausto in un campo dell'azienda impiegando uno spandiletame, affinché i residui di agrofarmaci ancora presenti possano essere ulteriormente degradati nel terreno.
- Produrre del compost accumulando per uno o due anni il materiale esausto in una struttura coperta ed impermeabile che eviti qualunque fenomeno di percolazione dal cumulo nell'ambiente. Mantenere un elevato livello di umidità nel cumulo e provvedere a rimescolarlo un paio di volte all'anno. Ciò favorirà l'ulteriore degradazione dei residui di agrofarmaci ancora presenti. Dopo un paio d'anni questo compost potrà essere distribuito in campo.
- Smaltire la matrice filtrante esausta conferendola ad una Ditta specializzata ed autorizzata se non esistono altre opzioni legalmente autorizzate.

## 12. CONSIDERAZIONI PRATICHE PER LA SCELTA DEL SISTEMA DI BIO DEPURAZIONE PIÙ ADATTO IN FUNZIONE DELLE SPECIFICHE ESIGENZE

**Caso A). Il sistema di bio depurazione deve trattare volumi di reflui elevati e caratterizzati da un'elevata concentrazione di agrofarmaci (la pulizia dell'irroratrice non viene effettuata in campo).**

Ogni anno vengono prodotti in azienda più di 10000 litri di liquidi contaminati con agrofarmaci e non ci sono possibilità di risciacquare ed effettuare la pulizia dell'irroratrice in campo. In questa situazione la soluzione più opportuna è impiegare un **sistema biobed isolato** che sia adeguatamente dimensionato per il volume di refluo da trattare. Per 1000 litri di refluo immessi occorre prevedere 2m<sup>3</sup> di matrice filtrante:

- Assicurarsi che il refluo da depurare sia immesso nel biobed poco alla volta durante tutto l'arco dell'anno e che sia distribuito in modo omogeneo sulla superficie della matrice filtrante.
- Prevenire l'accesso dell'acqua piovana e di quella non contaminata con agrofarmaci al sistema di bio depurazione. Ciò eviterà fenomeni di saturazione del sistema e conseguente percolazione del liquido attraverso la matrice filtrante.

**Caso B). I liquidi contaminati con agrofarmaci sono immessi direttamente nel sistema di bio depurazione.**

Non c'è la possibilità di stoccare temporaneamente i liquidi contaminati con agrofarmaci in un serbatoio di raccolta, ed il volume dei reflui da trattare non è immesso nel sistema poco alla volta durante tutto l'anno ma solo in determinati momenti (al termine di ciascun trattamento). La soluzione migliore è impiegare un **sistema biobed isolato** che sia adeguatamente dimensionato per il volume di refluo da trattare.

- Per 1000 litri di refluo immessi occorre prevedere  $2\text{m}^3$  di matrice filtrante.
- Assicurarsi che il liquido da depurare sia distribuito in modo omogeneo sulla superficie della matrice filtrante. Evitare che il flusso in ingresso sia collocato in prossimità di uno dei lati del sistema.
- Poichè il caricamento del sistema di bio depurazione risulterà molto irregolare, con fenomeni di percolazione attraverso la matrice attiva nel caso vengano immessi quantitativi elevati di refluo in un solo momento, prevedere il ricircolo del percolato in modo tale da prevenire l'essiccazione dello strato superiore della matrice attiva (fatto che implica l'interruzione dei processi di evaporazione e di bio depurazione). Ciò consentirà anche una ulteriore depurazione del percolato.
- Prevenire l'accesso dell'acqua piovana e di quella non contaminata con agrofarmaci al sistema di bio depurazione. Ciò eviterà fenomeni di saturazione del sistema e conseguente percolazione del liquido attraverso la matrice filtrante.

**Caso C). La matrice filtrante esausta non può essere smaltita legalmente in campo.**

Nei sistemi biobed vi sono quantitativi maggiori di matrice attiva. Se non è consentito lo spandimento in campo della matrice attiva esausta, l'alternativa è il conferimento del materiale ad una Ditta specializzata per lo smaltimento, con costi elevati. In questo caso è pertanto preferibile utilizzare **biofiltri isolati** piuttosto che biobed in quanto producono minori quantità di matrice attiva.

**Caso D). Il sistema di bio depurazione deve trattare liquidi contaminati con agrofarmaci immessi poco alla volta o residui di miscele fitoiatriche diluite (residui del lavaggio dell'irroratrice effettuato in campo).**

Ogni anno nell'azienda vengono prodotti meno di 10000 litri di liquidi contaminati con agrofarmaci e la pulizia dell'irroratrice viene effettuata in campo. Il percolato eventuale può essere riutilizzato per i trattamenti successivi o comunque può essere smaltito in campo. La soluzione migliore è impiegare un **biofiltro isolato** che sia correttamente dimensionato per il volume di refluo da trattare.

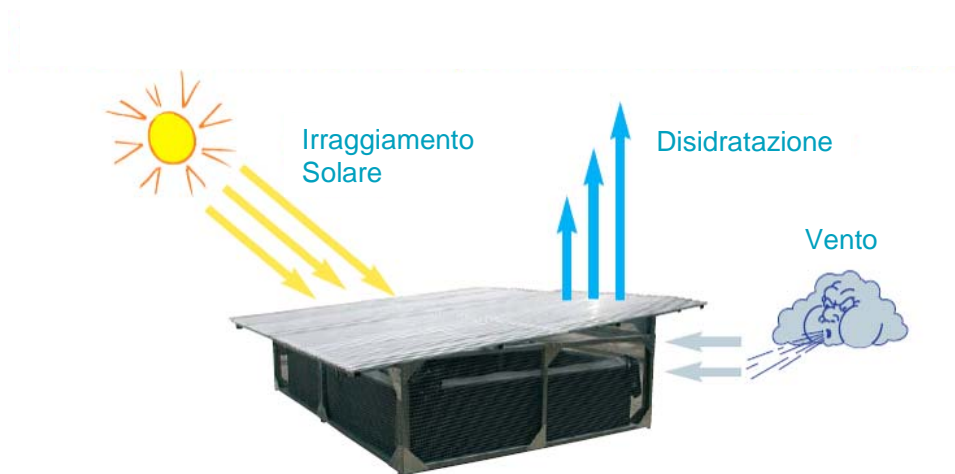
- Per 1500 litri di liquido immesso, occorre  $1\text{m}^3$  di matrice filtrante. Ciò comporterà una produzione di circa 1000 litri/anno di liquido depurato (percolato) se non sono previste unità del sistema di depurazione provviste di vegetazione. Raccogliere il percolato e riutilizzarlo, se possibile, come eluente per i trattamenti successivi.

- Prevenire l'accesso dell'acqua piovana e di quella non contaminata con agrofarmaci al sistema di bio depurazione. Ciò eviterà fenomeni di saturazione del sistema e conseguente percolazione del liquido attraverso la matrice filtrante. Se si utilizzano moduli con vegetazione assicurare che vi sia luce sufficiente per lo sviluppo delle piante.
- Assicurarsi che il liquido da depurare sia distribuito in modo omogeneo sulla superficie della matrice filtrante e ad intervalli di tempo regolari. Raccogliere i liquidi contaminati ed il percolato in un serbatoio di stoccaggio. Impiegare una pompa a bassa portata o una pompa con un timer per garantire l'immissione giornaliera nel sistema di bio depurazione di piccoli volumi di refluo (circa 30 l/giorno). Esempio: 5000 litri/anno di refluo immessi nel sistema lungo un periodo di 200 giorni = 25 litri/giorno.
- Utilizzare preferibilmente moduli in polietilene neri o IBC (Intermediate Bulk Containers) per realizzare il biofiltro. Ciò garantirà temperature più elevate all'interno del sistema e stimolerà quindi l'attività dei micro-organismi.
- Se il caricamento del sistema avviene in modo non continuativo (es. pompa con timer), si raccomanda di mantenere saturata la parte inferiore della matrice attiva in modo da garantire sempre un adeguato livello di umidità nel sistema.
- Impiegare moduli dei biofiltri provvisti di vegetazione per ridurre al minimo la percolazione e rendere il sistema privo di emissioni (zero output), in modo tale da non dover prevedere il ricircolo del percolato stesso.

### 13. ALTRI DISPOSITIVI PER LA GESTIONE DEI REFLUI DEL TRATTAMENTO FITOIATRICO

In alternativa o in aggiunta ai sistemi di bio depurazione, è possibile avvalersi di sistemi di raccolta dei reflui del trattamento fitoiatrico che consentono l'evaporazione della fase liquida e la raccolta del solo sedimento solido, da smaltire correttamente come rifiuto pericoloso.

Un esempio è rappresentato dal sistema Heliosec<sup>®</sup> commercializzato da Syngenta<sup>®</sup> che è costituito da una o più vasche fuori terra, di limitata profondità (0,5 m) e di ampia superficie (4 m<sup>2</sup> oppure 6 m<sup>2</sup> per vasca), ciascuna rivestita con un telo impermeabile resistente agli agenti chimici e protetta da una tettoia posta in prossimità della superficie della vasca stessa e realizzata con materiale plastico trasparente in grado di promuovere l'evaporazione del liquido in essa contenuto (Figura 50 e Figura 51). Al termine della stagione, quando tutto il liquido è evaporato, soltanto il telo impermeabile con i pochi residui solidi depositatisi viene avviato allo smaltimento come rifiuto pericoloso (Figura 52).



**Figura 50:** *Schema di funzionamento del dispositivo Heliosec<sup>®</sup> per la raccolta e la disidratazione delle acque reflue contaminate con agrofarmaci, realizzata con un telo impermeabile in polietilene e coperta con una struttura in grado di favorire l'evaporazione del liquido (illustrazione: Syngenta).*





**Figura 51:** Sistema Heliosec® installato presso l'azienda Fontanafredda di Serralunga d'Alba (CN). La vasca di raccolta illustrata in figura è collegata con un'apposita tubazione all'area attrezzata per il riempimento ed il lavaggio delle irroratrici, in maniera tale che le acque reflue contaminate con agrofarmaci vi siano convogliate direttamente (foto: Syngenta).



**Figura 52:** Al termine della stagione, una volta evaporata completamente la fase liquida contenuta nella vasca di raccolta del sistema Heliosec®, il telo impermeabile che rivestiva la vasca, con i pochi residui solidi contenuti (il tutto può pesare al massimo qualche kg) viene smaltito come rifiuto pericoloso (foto: Syngenta).

La capacità massima di riempimento di una vasca (modulo da 6 m<sup>2</sup>) è di 2500 litri, e anche per motivi di sicurezza è raccomandabile non collocare in parallelo, nello stesso luogo, più di 3 vasche da 6 m<sup>2</sup> di superficie ciascuna. Il dispositivo deve essere montato almeno alle seguenti distanze: 5 metri dai corsi d'acqua, 30 metri dalle abitazioni, 1 metro dalle strade pubbliche, 100 metri da un altro impianto Heliosec®. Così come per i sistemi di bio depurazione, anche per questi sistemi occorre dimensionare opportunamente le vasche di trattamento, tenendo conto dei volumi reflui dei trattamenti fitoiatrici prodotti nell'arco dell'anno e delle condizioni climatiche presenti nel sito dove viene installato il dispositivo. Gli studi condotti in Francia per ottenere l'autorizzazione ufficiale all'uso di questo dispositivo hanno evidenziato che, nelle condizioni ambientali di quel Paese, la capacità di disidratazione minima è di 2500 litri/anno e quella massima è di 4500 litri/anno per ciascun modulo da 6m<sup>2</sup> di superficie ed hanno permesso di verificare la non pericolosità delle emissioni in atmosfera

generate dal processo di evaporazione dei prodotti reflui. Grazie ad un apposito software è comunque possibile dimensionare opportunamente il sistema, tenendo conto sia del potenziale di evapo-traspirazione proprio del luogo prescelto per la sua installazione (calcolato sulla base dei valori medi annui di temperatura e di umidità relativa), sia dei volumi di prodotti reflui da trattare.

Fra i vantaggi del sistema Heliosec® vanno ricordati la sua facilità di installazione (è disponibile un apposito kit di montaggio che può essere assemblato in poche ore, Figura 53) e la possibilità di operare anche con acque reflue contenenti rame e zolfo, quali quelle prodotte nelle aziende viticole. I residui di questi prodotti, infatti, con questa tecnica di trattamento, non creano problemi all'attività dei microrganismi e vengono smaltiti con il telo impermeabile al termine di ogni stagione.



**Figura 53: Kit di montaggio del sistema Heliosec®. In qualche ora due persone sono in grado di assemblarlo facilmente su una superficie piana, possibilmente pavimentata (foto: Syngenta).**

Vanno, infine, ricordati i sistemi per la gestione dei prodotti reflui del trattamento che prevedono di sottoporre il materiale da trattare ad un pre-trattamento per separare la fase solida da quella liquida (Jouy *et al.*, 2009). Quest'ultima viene poi sottoposta ad un'ulteriore depurazione attraverso l'impiego del principio dell'osmosi inversa e/o l'impiego di filtri a carboni attivi. Il liquido depurato in uscita può essere riutilizzato per successive applicazioni. Esempi di tali dispositivi sono rappresentati dai sistemi Sentinel® e Phytapur®. Anche in questi casi sono disponibili modelli di diversa capacità adattabili alle diverse esigenze aziendali. Si tratta, comunque, di soluzioni complesse e, soprattutto, più costose di quelle descritte precedentemente.

## 14. LA CORRETTA GESTIONE DEI CONTENITORI DI AGROFARMACI VUOTI

Oltre ai prodotti reflui, è necessario considerare anche i rifiuti solidi contaminati con agrofarmaci che devono essere correttamente smaltiti al termine del trattamento fitoiatrico (Figura 54). Tra questi, la maggior parte sono rappresentati dai contenitori vuoti dei prodotti fitosanitari: generalmente si tratta di flaconi e taniche in plastica, dove erano contenuti i formulati liquidi (soluzioni, sospensioni, emulsioni, ecc.), oppure di sacchetti vuoti in carta, rivestiti o non con materiale plastico, per i formulati solidi (polveri secche, granuli e microgranuli).

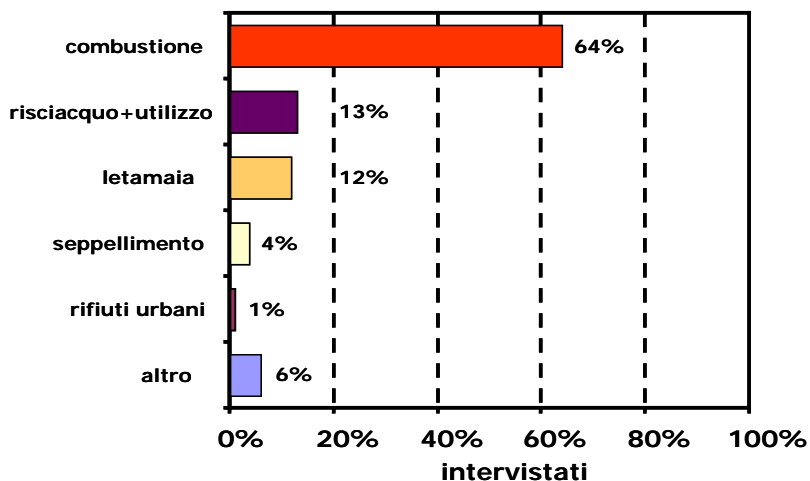


**Figura 54:** A sinistra: esempio di gestione inappropriata dei contenitori di agrofarmaci esausti, accumulati disordinatamente nel centro aziendale presso il punto di riempimento dell'irroratrice; a destra, cassonetto per la raccolta differenziata dei contenitori vuoti di agrofarmaci.

In Italia, purtroppo, una corretta gestione di questi rifiuti non è ancora diffusa sul territorio. Essi, fino a non molto tempo fa, come testimoniato da un'indagine condotta dal DEIAFA dell'Università di Torino nel 1996 (Balsari e Airoidi, 1996), venivano molto spesso smaltiti impropriamente (Figura 55); attualmente la situazione si ritiene sia migliorata, tuttavia ancora oggi la maggior parte degli agricoltori dichiara soltanto di risciacquare i contenitori vuoti di agrofarmaci, ma non di conferirli ai centri di raccolta specializzati (Balsari *et al.*, 2008).

I contenitori vuoti degli agrofarmaci, se non sottoposti alla loro decontaminazione, ossia ad un risciacquo effettuato manualmente o con l'ausilio di appositi ugelli lava barattoli, sono classificati come rifiuti pericolosi e pertanto possono essere smaltiti solo attraverso le Ditte specializzate ed autorizzate. Si tratta di una modalità di smaltimento che comporta costi elevati e che anche per tale ragione, generalmente, come ricordato precedentemente non viene adottata nelle aziende agricole. Una procedura alternativa possibile, meno costosa e complicata, è quella di lavare in azienda i contenitori vuoti, abbattendo la concentrazione del prodotto fitosanitario residuo e rendendo così il rifiuto classificabile come non pericoloso (vedi provvedimento della Commissione Europea EC/118/2001, entrato in vigore il 1° Gennaio 2002). Tale procedura di bonifica, che non consente comunque di smaltire il contenitore nel cassonetto dei comuni rifiuti solidi urbani (in quanto permane la sua classificazione di rifiuto

speciale), permette, tuttavia di conferirlo ad appositi servizi di raccolta differenziata. Questi ultimi, secondo quanto previsto dal “Decreto Ronchi” del 1997 e dai provvedimenti legislativi che sono seguiti (D. Lgs 152/2006, D. Lgs 4/2008, Legge 205/2008 e Legge 210/2008), dovrebbero essere stati già da tempo attivati in ambito agricolo sull'intero territorio nazionale, e richiedere dei costi di raccolta ben inferiori rispetto a quelli previsti per la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti pericolosi.



**Figura 55: Risultati di un'indagine condotta dal DEIAFA dell'Università di Torino nel 1996 su un campione di aziende agricole piemontesi, circa le modalità adottate per lo smaltimento dei contenitori vuoti di agrofarmaci.**

Attualmente, tuttavia, i servizi per la raccolta differenziata dei rifiuti prodotti in ambito agricolo sono presenti soltanto in alcune Regioni, e in alcuni casi sono promossi dai Consorzi Fitosanitari Provinciali (es. Reggio Emilia, Modena). Recentemente si sta assistendo, comunque, ad una loro diffusione sul territorio nazionale soprattutto grazie ad iniziative private, rivolte alla raccolta ed allo smaltimento differenziato di tutti i rifiuti prodotti nelle aziende agricole (es. lubrificanti esausti, batterie scariche, prodotti reflui di cantine e frantoi, rifiuti contaminati con i prodotti fitosanitari, ecc.). Un esempio in tal senso è quello di Cascina Pulita srl ([www.cascinapulita.it](http://www.cascinapulita.it)), che è già operativa in diverse Regioni italiane.

**In nessun caso, si ricorda, i contenitori di agrofarmaci vuoti possono essere interrati o bruciati** (così come è riportato nella linea guida TOPPS n° 106 sulla prevenzione dell'inquinamento puntiforme da agrofarmaci).

#### 14.1. Modalità di lavaggio dei contenitori di agrofarmaci

Per risciacquare adeguatamente un contenitore di agrofarmaco esausto, in modo da rimuovere quanto più possibile il residuo di prodotto fitosanitario ancora presente al suo interno (tappo compreso), si possono adottare due procedure. La prima consiste nell'operare manualmente: 1) riempire il contenitore per circa un terzo della sua capacità con acqua pulita; 2) richiudere il contenitore con il tappo e agitarlo energicamente; 3) versare l'acqua di lavaggio nel serbatoio principale dell'irroratrice (oppure nel sistema di gestione dei prodotti reflui del trattamento, es. biofiltri, biobed, ecc.); 4) ripetere le operazioni di cui ai punti 1,

2 e 3 altre due volte; 5) deporre il contenitore risciacquato in un apposito cassonetto per la raccolta differenziata e conferirlo alla ditta incaricata della raccolta dei rifiuti speciali non pericolosi.

La seconda procedura prevede l'impiego di un sistema meccanizzato per il lavaggio dei contenitori di agrofarmaci, ossia di un ugello lava barattolo. Questo dispositivo può essere presente all'interno del filtro a cestello posto nell'apertura principale del serbatoio (Figura 56), all'interno del serbatoio pre-miscelatore (Figura 57), oppure può essere di tipo indipendente, alimentato direttamente dalla presa d'acqua aziendale (Figura 58). Per agevolare il risciacquo dei sacchetti è possibile avvalersi di appositi accessori (Figura. 59), montati intorno all'ugello lava barattolo. In ogni caso, l'ugello lava barattolo deve garantire un'adeguata efficienza di risciacquo dei contenitori (con valori della portata di almeno 20 l/min e pressioni di esercizio di almeno 5 bar) ed essere stato attivato per 30 secondi. Questo è il tempo minimo raccomandato per considerare bonificato il contenitore sottoposto al lavaggio e, quindi, poterlo avviare allo smaltimento come rifiuto speciale non pericoloso. Occorre tenere presente, tuttavia, che nel caso l'ugello lava barattolo si trovi montato sull'irroratrice (nel filtro a cestello o nel pre-miscelatore), esso può essere alimentato con il liquido contenuto nel serbatoio principale della macchina e, pertanto, con la miscela fitoiatrica e ciò richiede la sua decontaminazione. Sono, pertanto, da preferire le soluzioni che prevedono l'alimentazione dell'ugello lava barattolo con acqua pulita (es. pre-miscelatore o lava barattolo indipendente, Figura 58 e Figura 60, oppure lava barattolo montato sull'irroratrice ma alimentato con l'acqua del serbatoio lava impianto, Figura 61).



**Figura 56: Ugello lava barattolo montato all'interno del filtro a cestello presente nell'apertura principale del serbatoio dell'irroratrice.**



**Figura 57:** Esempio di utilizzo del dispositivo per il lavaggio dei contenitori di agrofarmaci montato all'interno del serbatoio pre-miscelatore.



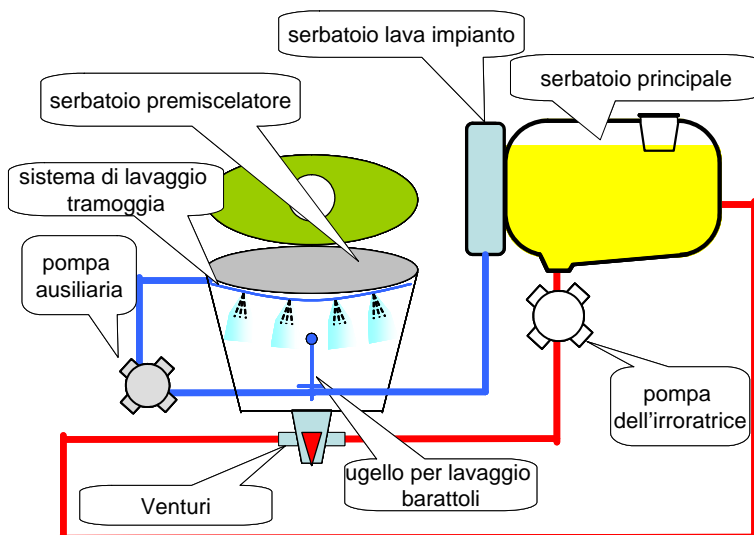
**Figura 58:** Ugello lava barattolo di tipo indipendente, collegabile direttamente alla rete idrica aziendale (modello Rinçotop®, raccomandato da Syngenta®). Foto: Syngenta.



**Figura 59:** Esempio di telaio accessorio montato intorno all'ugello lava barattolo, utile per agevolare il risciacquo dei sacchetti di agrofarmaci.



**Figura 60:** *Pre-miscelatore di tipo indipendente, alimentato dalla rete idrica aziendale.*



**Figura 61:** *Schema di pre-miscelatore montato sull'irroratrice, equipaggiato con un sistema di alimentazione diretta dal serbatoio lava impianto per l'ugello lava barattolo e per il sistema di lavaggio interno della tramoggia.*

## **Ringraziamenti**

Queste linee guida per l'uso dei sistemi di bio depurazione sono state in gran parte scritte da Christof Debaer dell'Istituto Pcfuit di Sint-Truiden (Belgio), sulla base di ricerche sperimentali condotte in Belgio ed in altri Paesi Europei, tenendo conto dei commenti e delle osservazioni dei partecipanti al Progetto TOPPS e sono state tradotte in italiano da Paolo Marucco del DEIAFA dell'Università di Torino.

## **Contatti per ulteriori informazioni**

Prof. Paolo Balsari – DEIAFA, Università di Torino [paolo.balsari@unito.it](mailto:paolo.balsari@unito.it)

Dott. Paolo Marucco – DEIAFA, Università di Torino [paolo.marucco@unito.it](mailto:paolo.marucco@unito.it)



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Balsari, P., Airoidi, G. (1996). Distribuzione dei prodotti antiparassitari: entità dei prodotti residui e modalità di smaltimento - Atti Giornate Fitopatologiche 1996 Vol. 1, pp. 479-486.

Balsari, P., Marucco, P., Oggero, G. (2006). "External contamination of sprayers in vineyards." *Aspects of Applied Biology* 77: 215-221.

Balsari, P., Marucco, P., Oggero, G. (2008). Inquinamento da agrofarmaci, fondamentale la prevenzione. *Informatore Agrario* 38, 61-66.

Basford, W. D., Rose, S.C., Carter, A.D. (2004). "On-farm bioremediation (biobed) systems to limit point source pesticide pollution from sprayer mixing and washdown areas." *Aspects of Applied Biology*. 71: 27-34.

Castillo, M. d. P., von Wirén-Lehr, S., Scheunert, I., Torstensson, L. (2001). "Degradation of isoproturon by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*." *Biol Fertil Soils* 33: 521-528.

Castillo, M. d. P., Torstensson L., Stenström, J. (2008) Biobeds for Environmental Protection from Pesticide - Uses A Review , *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008

De Wilde, T., Spanoghe, P., Debaer, C., Ryckeboer, J., Springael, D., Jaeken, P. (2007). "Overview of on-farm bioremediation systems to reduce the occurrence of point source contamination." *Pest Manag Sci* 63: 111-128.

De Wilde, T., Mertens, J., Simunek, J., Sniegowski, K., Ryckeboer, J., Jaeken, P., Springael, D. & Spanoghe, P. In preparation. Characterizing pesticide sorption and degradation in macro scale biopurification systems using column displacement experiments.

Debaer, C., Jaeken, J. (2006). "Modified bio filters to clean up leftovers from spray loading and cleaning; experience from pilot installations." *Aspects of Applied Biology* 77: 247-252.

Debaer C., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. 2007. The use of plants for optimization of a biofilter system used for bio purification of spray remnants. Oral Communication on 2nd Biobed Workshop 11-12 December 2007, Ghent.

Debaer C., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P., Balsari P., Taylor WA. & Jaeken P. 2008. Volumes of residual of sprayers and their International Standards: impact on farm water treatment systems. *Aspect of Applied Biology*

84: pp. 193 – 199. International Advances in Pesticide Application 2008, Robinson College, Cambridge, UK.

Debaer C., Rutten N., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. In preparation. Influence of different surface treatments, volumes of cleaning water and dry time on the removal of external copper contamination on PE surfaces of a sprayer.

Debaer C., Rutten N., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. In preparation. Modified biofilters used in practise: chemical and hydraulic load, retention efficiency and optimized evaporation of leachate by plants.

Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A. (2003). "Degradation of Pesticides in Biobeds: The Effect of Concentration and Pesticide Mixtures." J. Agric. Food. Chem. 51(18): 5344-5349.

Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A., Jukes, A. (2004). "Leaching of Pesticides from Biobeds: Effect of Biobed Depth and Water Loading." J. Agric. Food. Chem. 52(20): 6217-6227.

Fournier, J. C. 2004. A survey of INRA studies on biobeds. European Biobed Workshop, 28-29 September, Malmö, Sweden.

Franssens, V., De Rocker, E. & Debaer C., In preparation. Risk of point source contamination by PPP in the Demer catchment area: results of a questionnaire on spray equipment, operator behaviour and farm infrastructure.

Genot, P., Van Huynh, N., Debongnie, Ph., & Pussemier, L. 2002. Effects of addition of straw, chitin and manure to new or recycled biofilters on their pesticides retention and degradation properties. Med Fac Landbouww Univ Gent 67: 117-128.

Jouy, L., Moquet, M., Yème, P. (2009). Au champ ou à la ferme, bien gérer ses effluents phytosanitaires. Perspectives agricoles, 354, 34-42.

Pigeon, O., De Vleeschouwer, C., Cors, F., Weickmans, B., De Ryckel, B., Pussemier, L., Debongnie, Ph., Culot, M. (2005). "Development of biofilters to treat the pesticides wastes from spraying applications." Comm. Appl. Biol. Sci. 70(4): 1003-1012.

Pussemier, L., De Vleeschouwer, C., Debongnie, Ph. (2004). "Self-made biofilters for on-farm clean-up of pesticides wastes." Outlooks on Pest Management April 2004: 60-63.

Sniegowski, K., Ryckeboer J., Spanoghe P, Jaeken P. and Springael D. (in preparation). Pesticide-primed Soils as Supplement for On-farm Biofilters to improve Pesticide-Contaminated-Wastewater Treatment.

Thompson, I. P., Singer, A.C., Bailey, M.J. (2001). Improving the exploitation of microorganisms in environmental clean-up. Pesticide Behaviour in Soils and Water, BCPC Symposium Proceedings No. 78: 197-204.

Torstensson, L., Castillo, M.dP. (1997). "Use of biobeds in Sweden to minimize environmental spillages from agricultural spraying equipment." Pesticide Outlook 8(3): 24-27.

Torstensson, L. (2000). "Experiences of biobeds in practical use in Sweden." Pesticide Outlook 11(5): 206-211.

Vidali, M. (2001). "Bioremediation. An overview." Pure Appl. Chem. 73: 1163-1172.

Wehmann, H. J. (2006). "Cleaning of sprayers; an emerging ISO standard that is critical to environmental interests." Aspects of Applied Biology 77: 31-38.

Oltre al DEIAFA dell'Università degli Studi di Torino, al Progetto TOPPS hanno partecipato i seguenti Enti di ricerca Europei:

- 1 PCF-Diensten aan bedrijven vzw/npo & POVLT (Belgio)
- 2 Landwirtschaftskammer Nordrhein - Westfalen (Germania)
- 3 Danish Agricultural Advisory Service & Hardi International (Danimarca)
- 4 Universitat Politecnica de Catalunya CEIB. (Spagna)
- 5 Cemagref & Arvalis (Francia)
- 6 Research Institute of Pomology and Floriculture & Institute Land Reclamation and Grassland Farming (Polonia)
- 7 Harper Adams University College (Gran Bretagna)

## CONTATTI



Prof. Paolo Balsari, Dott. Paolo Marucco  
e- mail: [progetto.topps@unito.it](mailto:progetto.topps@unito.it)



Dott. Marco Rosso  
e-mail: [m.rosso@federchimica.it](mailto:m.rosso@federchimica.it)

