

**TUTELA DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO  
E PREVENZIONE  
DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO.  
GESTIONE DEI SUOLI  
PER LA SALVAGUARDIA DELLA FERTILITÀ  
E LA CONSERVAZIONE  
DELLA SOSTANZA ORGANICA,  
CONTENIMENTO DELL'EROSIONE.**

**SEMINARIO**

**Docente**

**Dottorssa Grazia Masciandaro**  
ricercatrice CNR-IRET, Pisa

# presentazione PROGETTO FIELD

**C.A.I.M. Group** in collaborazione con CNR – Istituto di ricerca sugli ecosistemi terrestri IRET (precedentemente Istituto per lo studio degli ecosistemi di Pisa) e CNR - Istituto di Bioeconomia IBE (precedentemente Istituto per la valorizzazione del legno e delle specie arboree IValsa di Firenze) e ISIS Leopoldo II di Grosseto presenta **“Field – Il futuro in campo - Azioni di informazione, conoscenza e innovazione, a supporto dello sviluppo competitivo e sostenibile del sistema agricoltura toscano”**, un progetto finanziato dal POR FSE, attraverso la Regione Toscana.

Lo scopo del progetto è quello di creare una serie di seminari e incontri tematici con appuntamenti in tutta la Toscana in calendario da giugno 2019 a giugno 2020, per trasferire agli addetti ai lavori conoscenze relative all'innovazione nell'ambito del settore agricolo e agroalimentare.

I destinatari dell'iniziativa sono gli addetti del settore agricolo e agroalimentare, e i gestori del territorio. Tali soggetti devono avere sede legale o almeno una sede operativa/unità locale in Toscana.

## In particolare:

1. imprenditori agricoli, singoli e associati, iscritti al Registro delle imprese, dotati di partita IVA;

2. amministratori e dipendenti, anche con funzioni dirigenziali, di enti gestori del territorio, rappresentati da Comuni, Unioni di Comuni, enti Parco ed enti pubblici gestori dei siti della Rete Natura 2000.

Per i soggetti di cui ai punti 1-2 possono partecipare alle iniziative divulgative anche i lavoratori dipendenti e i coadiuvanti familiari iscritti all'INPS, anche a tempo determinato.

## Le tematiche affrontate riguardano:

- Creazione d'impresa. Diffusione dell'innovazione
- Condizionalità
- Misure agroambientali per la mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici - “ACQUA”
- Misure agroambientali per la mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici - “SUOLO”
- Misure agroambientali per la mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici - “ENERGIA”
- Biodiversità e paesaggio

Il progetto si divide in **17 seminari** con docenti di fama nazionale e internazionale, e **tre incontri tematici** con esperti in tecnologia, nell'uso di macchinari o di una tecnica di produzione specifica.

I seminari e gli incontri **sono gratuiti** e si terranno in varie città toscane: gli incontri si svolgeranno in una sola giornata.

# biografia docente

La dottoressa Grazia Masciandaro nasce a Matera il 19 luglio del 1967 e si laurea in Biologia all'Università degli studi di Pisa nel 1991. Attualmente ricopre la posizione di ricercatrice senior all'interno del Cnr (Consiglio nazionale di ricerca) di Pisa, all'Istituto di ricerca sugli ecosistemi terrestri (Cnr-Iret). Nel 2014 ha ottenuto la qualifica di professore (il più alto livello) dal ministro dell'Istruzione e della ricerca per il settore 07/E1, ovvero quello inerente la chimica del suolo.

La dottoressa Masciandaro è coinvolta in molteplici attività di ricerca quali: chimica del suolo e biochimica, fertilità del suolo e inquinamento, enzimologia del suolo, materia organica del suolo, sostanze umiche, fanghi, compostaggio e modifica del suolo, funzionalità dell'ecosistema del suolo, biomonitoraggio, biorisanamento di suoli e sedimenti e soluzioni basate sulla terra.

La dottoressa è impegnata anche a livello internazionale: dal 2009 al 2012 è stata beneficiaria del progetto europeo “AGRIPORT. ECO/08/239065/SI2.532262”, occupandosi del riutilizzo di sedimenti inquinati, dragati in agricoltura. Dal 2013 al 2015 è stata coordinatrice del progetto “LIFE BIOREM LIFE11 ENV/IT/113”: un sistema innovativo per il ripristino biochimico ed il monitoraggio dei suoli degradati. Sempre dal 2013, fino al 2016, la dottoressa Masciandaro è stata anche coordinatrice di un altro progetto europeo: “LIFE CLEANSED 12 ENV/IT/652”, che proponeva una metodologia integrata e innovativa per l'utilizzo di sedimenti fluviali decontaminati per la cura delle piante e la costruzione di strade. Dal 2015 al 2018 è stata beneficiaria

del progetto “ERASMUS PLUS LANDCARE”, lavorando sul degrado e riabilitazione del territorio nell'ambiente mediterraneo, e occupandosi inoltre del miglioramento delle competenze in materia di risanamento del territorio come mezzo per migliorare lo sviluppo e le potenzialità occupazionali dei giovani.

Dal 2018, fino al 2021, la dottoressa è beneficiaria di due progetti europei: “LIFE AGRISED LIFE17 EMNV/IT/269”, che verte sull'utilizzo dei sedimenti dragati per la creazione di terreni e techno-terreni innovativi per vivai e piante e per la riabilitazione del suolo; e “LIFE SUBSED LIFE17 ENV/IT/347”, lavorando sul substrato sostenibile per l'agricoltura ricavato dai sedimenti marini dragati: dai porti alle pentole.

Infine, sempre dal 2018, fino al 2022, la dottoressa Masciandaro è coordinatrice del progetto “LIFE ZEOWINE LIFE17 ENV/IT/427”, che si propone di operare sui rifiuti di zeolite e di cantina rendendoli prodotti innovativi nella produzione del vino.

# intervento di GRAZIA MASCIANDARO

Ricercatrice CNR-IRET, Pisa



## Macroarea tematica 1.1.\_D\_

Tutela della fertilità del suolo e prevenzione del dissesto idrogeologico. Gestione dei suoli per la salvaguardia della fertilità e la conservazione della sostanza organica, contenimento dell'erosione.

### Titolo: Tutela della fertilità del suolo

Il suolo, essendo una risorsa non rinnovabile sottoposta a un forte impatto antropico, rischia di perdere le sue funzioni essenziali che svolge nell'ambito degli ecosistemi terrestri e, più in generale, nell'ambito degli equilibri del pianeta. Il suolo è un sistema ecologico complesso in grado di filtrare gli inquinanti immessi dall'uomo e limitarne i danni salvaguardando le acque di falda, e fungendo da substrato di crescita per le piante. Queste funzioni sono essenziali per il funzionamento degli ecosistemi naturali e costituiscono una risorsa preziosa per la gestione sostenibile dei sistemi antropizzati.

Dal punto di vista della struttura, il suolo può essere considerato come un tessuto, formato da costituenti organici e minerali, con circolazione di aria ed acqua nei pori. È un sistema complesso in continuo divenire, in cui l'arrangiamento strutturale dei componenti determina una grande variabilità di suoli. Inoltre nel suolo vivono miliardi di microrganismi, che hanno concorso alla pedogenesi e concorrono a regolare la fertilità, conferendo al terreno i requisiti di supporto nutritivo idoneo alla vegetazione.

Gli organismi del suolo sono gli agenti primari coinvolti nel funzionamento del ciclo dei nutrienti: essi regolano le dinamiche della materia

organica presente nel suolo, sequestrano il carbonio presente nel terreno, regolano le emissioni di gas serra, modificano la struttura fisica del suolo e il suo regime idrico, aumentano l'efficienza dei processi di acquisizione dei nutrienti da parte delle piante, instaurando con esse relazioni mutualistiche.

La sostanza organica del suolo, caratterizzandosi per l'influenza che ha su tutti gli aspetti della vita del suolo, della sua evoluzione e degli organismi che nel terreno vivono e che per lui lavorano, rappresenta una componente di fondamentale importanza. Per sostanza organica si intende quell'insieme di residui di origine animale (mesofauna e microfauna non più vitali) e vegetale (radici, foglie, microflora) in differenti stadi di evoluzione, contenuta nei terreni in percentuali che variano in funzione dell'accumulo e della velocità di mineralizzazione del materiale organico (generalmente varia tra 0.5% e 10%).

La materia organica del suolo subisce processi di decomposizione dai quali si originano costituenti primari, non umici, e costituenti secondari detti sostanze umiche. Nel processo di formazione delle sostanze umiche la sostanza organica non viene solo degradata, grazie alla demolizione enzimatica, ma subisce un vero e proprio processo di riorganizzazione a partire da composti organici più o meno semplici, per dare origine a complessi molecolari scuri caratterizzati da stabilità chimica e biochimica e dalla presenza di gruppi funzionali.

Dal punto di vista fisico, la sostanza organica ha un ruolo determinante nella strutturazione del terreno in quanto i composti organici riescono,

grazie alle loro caratteristiche colloidali ed alla bassa densità, a trattenere, in modo reversibile per le colture, una notevole quantità di acqua, impedendo che la stessa percoli in strati profondi. Inoltre, la sostanza organica contribuisce all'aggregazione delle particelle minerali, svolgendo un'azione equilibrante tra le componenti del suolo (aria, acqua e particelle solide) indispensabile per l'azione di contenimento dei fenomeni di erosione, compattamento e formazione di croste (Figura 1).



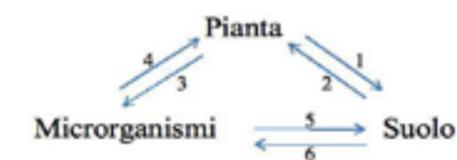
Figura 1. Esempio di caratteristica fisica del suolo: crepacciatura in suolo degradato (a) e in suolo con aggiunta di sostanza organica (b)

Per quanto riguarda le proprietà chimiche, la sostanza organica agisce in modo diretto mettendo a disposizione alcuni elementi della fertilità attraverso la sua mineralizzazione e, in modo indiretto, esplicando proprietà chelanti di molti gruppi funzionali (carbossilici, carbonilici, ammidici). Altra importante funzione di tipo chimico riguarda la reazione del suolo: la decomposizione della sostanza organica determina la produzione di composti acidi che possono provocare la diminuzione del pH e ciò può risultare particolarmente utile nei terreni sub-alcalini ed alcalini. La sostanza organica porta, inoltre, ad un aumento della capacità di scambio cationico del terreno, grazie all'aumento dei siti con cariche negative in grado di adsorbire i cationi. In questo modo, una maggiore quantità di elementi nutritivi rimane più a lungo nella zona radicale e può essere utilizzata per tempi maggiori dalle piante.

A livello biologico, la sostanza organica determina uno stimolo all'azione della microfauna e microflora consentendo uno sviluppo equilibrato degli organismi viventi nel terreno, essenziale sia per la creazione di condizioni ottimali per lo sviluppo dei vegetali, sia per la degradazione di

composti organici, comprese numerose sostanze di sintesi derivanti da fonti d'inquinamento che potrebbero interferire negativamente sulla crescita delle piante. La sostanza organica svolge anche un ruolo importante nella protezione dell'attività enzimatica del suolo, in quanto la vita degli enzimi extracellulari, prodotti principalmente dai microrganismi, sarebbe estremamente limitata in assenza di un adeguato substrato organico. La sostanza organica costituisce, quindi, il substrato di crescita insostituibile per gli organismi edafici, ai quali fornisce energia e sostanze nutritive e la sua presenza nel suolo è necessaria affinché si compiano i cicli biogeochimici naturali degli elementi.

Anche le piante hanno un ruolo determinante per la capacità vitale e la coerenza strutturale del suolo. Le piante sono la fonte di energia che consente a tutti gli organismi del suolo di vivere e di svolgere tutte le funzioni chimiche biologiche e meccaniche. Con le loro radici formano uno scheletro solido e forte su cui il suolo si ancora. Sempre con le radici riforniscono gli organismi di cibo e ossigeno fino in profondità, ricevendone in cambio sali minerali e acqua con i quali effettuare la sintesi di nuova sostanza organica. Con i residui vegetali coprono il suolo, rifornendo di cibo anche gli organismi in superficie: cibo che essi degraderanno, per rendere disponibili ad un nuovo ciclo le sostanze minerali ivi contenute. La rizodeposizione, processo di secrezione da parte dell'apparato radicale di materiale organico e inorganico (cellule, frammenti cellulari e essudati radicali) rappresenta uno dei principali processi con cui la pianta influenza la fertilità e la funzionalità del suolo. La secrezione nel suolo di essudati radicali ne modifica la composizione, apporta sostanze nutritive per i microrganismi, e questo influenza la microflora, sia per quanto riguarda la biodiversità che la carica microbica.



1. La pianta influenza le caratteristiche del suolo con l'apporto di materia organica (tessuti morti, essudati radicali) e con l'escrezione di H+

2. Le caratteristiche del suolo influenzano le attività fisiologiche della pianta e la disponibilità dei nutrienti
3. La pianta fornisce energia ai microrganismi
4. I microrganismi influenzano le attività fisiologiche della pianta e la disponibilità dei nutrienti
5. I microrganismi modificano le caratteristiche del suolo
6. Le caratteristiche del suolo modulano l'abbondanza e la diversità dei microrganismi

La simbiosi tra pianta e microorganismi permette, in genere, alla pianta di acquisire nuove funzioni sia metaboliche, come l'azotofissazione e la degradazione della cellulosa, che non metaboliche come la protezione da agenti chimici, fisici e biologici. Inoltre, tale simbiosi consente il maggior sviluppo delle radici della pianta e quindi l'aumentata estensione dell'apparato radicale, l'amplificata efficienza di assorbimento di nutrienti, ioni e acqua, oltre che la protezione dagli stress ambientali e dai patogeni. Le popolazioni microbiche sono da 5 a 100 volte più numerose nella rizosfera che nel resto del suolo. È evidente come la vita della pianta e il suo sviluppo siano imprescindibili dal legame con i microrganismi del suolo e come modificazioni dell'ambiente possano portare a modificazioni della microflora con possibili effetti sulla crescita e sulla salute della pianta.

La coltivazione intensiva, come la deforestazione finalizzata alla creazione di nuove terre coltivabili, sono pratiche dannose che contribuiscono alla desertificazione, alla perdita di biodiversità e alla diminuzione della componente organica. Inoltre, con lo sviluppo dell'agricoltura intensiva, si è diffusa una pesante dipendenza dai fertilizzanti chimici sintetici e dai pesticidi che rappresentano una fonte di inquinamento per il suolo e l'acqua.

In Italia, i due terzi dei suoli presentano problemi di degradazione che risultano più accentuati laddove è maggiore l'attività antropica, non solo di tipo agricolo ma anche derivante da una pianificazione urbanistica del territorio (aree urbane ed industriali con relative infrastrutture) che spesso non ha tenuto conto dell'impatto ambientale prodotto soprattutto sul suolo, con conseguente innesco di fenomeni degradativi, nella

maggior parte dei casi molto evidenti.

L'importanza della copertura vegetale nella protezione del suolo dalla degradazione è stata chiaramente riconosciuta. Il suo contributo all'apporto di sostanza organica nel suolo e, quindi all'aumento della sua fertilità biologica, è risultato particolarmente importante nelle zone aride e semi-aride, dove il contenuto di sostanza organica è spesso basso e le condizioni climatiche ne determinano la continua perdita.

La coltivazione di piante di mandorlo è risultata un approccio ambientale adatto per il miglioramento fisico, chimico e biochimico di aree semi-aride degradate nel sud dell'Italia e della Spagna (caso studio progetto LIFE ALMOND PRO-SOIL - LIFE 05-E-000288). Le piante di mandorlo principalmente hanno influenzato le proprietà del suolo attraverso l'attivazione del ciclo biogeochimico dei nutrienti C, N e P e la stimolazione dell'attività microbica e della produzione degli enzimi idrolitici. Inoltre, la presenza delle radici ha aumentato la stabilità del terreno, riducendone l'erosività. Risultati simili sono stati ottenuti con altre specie vegetali, quali *L. leucocephala* e *C. citriodora*. Questi risultati possono essere, in parte, attribuiti a una quantità crescente di C organico totale dei suoli con piante rispetto ai controlli senza vegetazione. Anche le specie vegetali *Pinus halepensis* e *Pistacia lentiscus* hanno mostrato la capacità di migliorare le proprietà chimiche, fisiche e biologiche di suoli degradati in tre diverse aree pedoclimatiche (sud e nord dell'Italia e nord est della Spagna) (caso studio progetto LIFE BIOREM - LIFE11 ENV/IT/113, Figura 2).

In suoli molto poveri di sostanza organica, il recupero della fertilità richiede l'aggiunta di sostanza organica esogena in modo da favorire lo sviluppo della vegetazione spontanea e l'adattamento delle piante selezionate. Alcune ricerche hanno osservato la migliore colonizzazione e crescita delle piante in terreni acidi semi-aridi a seguito dell'incorporazione di ammendanti organici. Gli autori hanno spiegato tale effetto con l'alcalinizzazione del suolo e l'aumento del contenuto di nutrienti. Un'altra interessante caratteristica del trattamento con materiale organico per lo sviluppo di copertura vegetale è che tali ammendanti riducono la densità apparente e aumentano la capacità del suolo di trattenere

l'acqua (da 1,2 volte per i fanghi a 1,4 volte per il compost).



Figura 2. Suolo sottoposto a recupero con aggiunta di sostanza organica e piante.

La rivegetazione rappresenta anche il sistema migliore per aumentare il sequestro di C in suoli agricoli degradati in Europa. Questo è supportato dai risultati di numerose pubblicazioni riguardanti la riconversione dei suoli agricoli a foresta secondaria. In suoli agricoli nel sud della Germania, l'adozione di un sistema di coltivazione non intensivo ha provocato, rispetto ai sistemi di agricoltura convenzionale, una notevole stimolazione del potenziale metabolico (attività dei deidrogenasi/carbonio idrosolubile) ed un aumento del carbonio umico e dell'attività degli enzimi idrolitici ad esso associati (caso studio progetto INDEX - STREP n. 505450).

Numerosi studi si propongono di individuare e diffondere nuove soluzioni adatte a migliorare la protezione e la gestione del suolo. Tra questi, il progetto LIFE ZEOWINE (LIFE17 ENV/IT/427) ha realizzato un nuovo ammendante per incrementare la fertilità dei suoli nel settore vitivinicolo. Tale fertilizzante è stato ottenuto combinando le proprietà della zeolite, il cui utilizzo nel recupero dei suoli e degli ambienti contaminati e degradati presenta ottime potenzialità in molti settori oltre che in agricoltura, con la sostanza organica stabile di un compost ottenuto su scala aziendale dal riutilizzo degli scarti di lavorazione delle uve, vinacce e raspi. I risultati attesi dell'applicazione di tale prodotto ai terreni vitati sono relativi al miglioramento complessivo della qualità dei suoli in termini di contenuto in sostanza organica, biodiversità, miglioramento delle condizioni idriche e strutturali, alla ridu-

zione del contenuto in rame biodisponibile e dell'impatto totale delle emissioni di gas serra, ma anche all'incremento della qualità delle uve e dello stato di equilibrio fisiologico delle viti.

#### Principali tematiche che verranno affrontate:

- Composizione del suolo
- Importanza della sostanza organica
- Definizione della qualità del suolo: chimica, fisica e biologica
- Cause di degradazione
- Proposte per la gestione sostenibile del suolo (agro-ecosistemi)
- Casi studio

#### Mezzi di divulgazione:

Lezioni effettuate mediante presentazioni powerpoint, materiale cartaceo, elettronico ed in rete web.

#### Macroarea tematica 1.1.1\_C\_

Gestione delle risorse idriche finalizzate al risparmio idrico. Tutela delle acque dall'inquinamento.

Normativa relativa alla gestione delle risorse idriche. Utilizzazione effluenti e di acque reflue, utilizzazione dei fertilizzanti e dei prodotti fitosanitari nelle aree di salvaguardia delle acque ad uso idropotabile.

#### Titolo: La fitodepurazione

La fitodepurazione è un processo naturale per la depurazione delle acque reflue che utilizza i vegetali come filtri biologici attivi in grado di ridurre, tramite l'apparato radicale, gli inquinanti in esse presenti. La rimozione dei nutrienti e dei batteri avviene attraverso gli stessi processi fisici, chimici e biologici dei fanghi attivi, attraverso filtrazione, adsorbimento, assimilazione da parte degli organismi vegetali e degradazione batterica. Lo sviluppo radicale delle piante, infatti, funge da punto di adesione per i microrganismi, la cui attività viene favorita dalla liberazione di ossigeno atmosferico che, assorbito dagli apparati aerei della pianta, viene poi trasferito alle radici e liberato nell'ambiente circostante. La formazione di queste nicchie ossigenate all'interno del mezzo liquido permette perciò un buon livello di

abbattimento della sostanza organica per attività respiratoria dei microrganismi eterotrofi.

Gli impianti di fitodepurazione possono essere di due tipologie:

1. secondari (trattamento biologico vero e proprio)
2. terziari (o post-trattamenti, trattamenti di finissaggio delle acque a valle di un depuratore tradizionale)

I trattamenti di fitodepurazione sono quindi trattamenti biologici che necessitano di un trattamento primario di sedimentazione, quale una fossa Imhoff e/o terziari, di affinamento, che sfruttano la capacità di autodepurazione degli ambienti acquatici.

Tali sistemi, sia per il trattamento secondario che terziario (finissaggio) dei reflui, rappresentano delle valide soluzioni impiantistiche capaci, attraverso una gestione semplice e poco onerosa, di ottime rese depurative (soprattutto per parametri quali COD, BOD, solidi sospesi e sedimentabili, azoto) con impatto ambientale e consumo energetico nettamente ridotti rispetto ad altri sistemi depurativi.

I trattamenti terziari sono generalmente applicati a reflui, precedentemente depurati con impianti di tipo chimico-fisico e/o impianti di ossidazione (a fanghi attivi, a biomasse adese), le cui caratteristiche non soddisfano i limiti imposti dalla normativa italiana ed europea. Non bisogna comunque dimenticare che in un'ottica di salvaguardia della risorsa idrica è indispensabile rendere compatibile lo scarico con il corpo recettore e quindi non compromettere le naturali capacità autodepurative del sistema naturale. In quest'ottica l'applicazione dei trattamenti terziari assume un ruolo di fondamentale importanza. Inoltre, i trattamenti terziari possono giocare un ruolo di fasce tampone capaci di minimizzare (ammortizzare) gli effetti negativi (riduzione rese depurative) indotti da diversi fattori, quali variazione di carichi idraulici e organici che si verificano durante periodi di intense precipitazioni e di flussi turistici. La fitodepurazione, com'è noto, offre maggiore flessibilità di gestione dei carichi stagionali e quindi un maggior controllo dei nutrienti e patogeni eventualmente non trattiene dall'impianto a fanghi attivi.

I sistemi di fitodepurazione possono essere suddivisi in base alla direzione di scorrimento

dell'acqua in:

1) **sistemi a flusso superficiale** - Consistono in vasche o canali dove la superficie dell'acqua è esposta all'atmosfera ed il suolo è costantemente sommerso. In questi sistemi i meccanismi di abbattimento degli inquinanti riproducono esattamente tutti i fattori in gioco nel potere autodepurativo delle zone umide. Questa tipologia di impianti richiede un'area pianeggiante ed estesa, e una ubicazione lontana dai centri abitati o frequentati, onde evitare contatti involontari con il refluo e la presenza di insetti e odori molesti.

2) **sistemi a flusso sub-superficiale** - I sistemi a flusso sub-superficiale hanno un impatto ambientale ed igienico sanitario nullo, perché non si ha scorrimento in superficie dell'acqua da depurare, richiedono un'area di utilizzo inferiore rispetto ai sistemi a flusso superficiale in quanto la presenza del medium attraverso cui passa il refluo aumenta la superficie utile per i processi depurativi, richiedono una gestione ed una manutenzione estremamente ridotte e l'efficienza depurativa è costante tutto l'anno.

Questo tipo di sistemi si distinguono in:

**Orizzontali** - I sistemi orizzontali (SSF-h o HF, flusso sommerso orizzontale) sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare un'adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono sabbia, ghiaia, pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti radicate (comunemente è utilizzata la *Phragmites australis*); il fondo della vasca deve essere opportunamente impermeabilizzato facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche, o come più comunemente accade, di membrane sintetiche o geotessile; il flusso di acqua rimane costantemente al disotto della superficie del vassoio assorbente e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo del letto (circa 1%). Durante il passaggio dei reflui attraverso l'apparato radicale (rizosfera) delle macrofite, la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato a azoto molecolare che si disperde nell'atmosfera, il fosforo e i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento. I contributi della vegetazione al

processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di un'alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche con sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto. Sono generalmente considerati sistemi anaerobici.

**Verticali** - I sistemi verticali (SSF-v o VF) sono molto simili a quelli appena descritti. La differenza consiste nel fatto che il refluo da trattare scorre verticalmente nel mezzo di riempimento (percolazione) e viene immesso nelle vasche, a differenza dei sistemi HF, con carico alternato discontinuo, che porta ad un costante ricambio dei gas presenti nel suolo stesso. Le specie vegetali impiegate sono le stesse dei sistemi a flusso orizzontale. Il mezzo di riempimento si differenzia dai precedenti, in quanto non si utilizza una granulometria costante per tutto il letto, ma si dispongono alcuni strati di ghiaia di dimensioni variabili, partendo da uno strato di sabbia alla superficie per arrivare allo strato di pietrame posto sopra al sistema di drenaggio sul fondo. In questi sistemi, lo svuotamento progressivo consente una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche, dato che la diffusione di questo elemento è 10.000 volte più veloce nell'aria che nell'acqua, mentre il successivo riempimento intrappola l'aria e la spinge in profondità, permettendo in questo modo un'elevata ossigenazione anche nel periodo di riposo vegetativo. I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi; la sabbia superficiale diminuisce la velocità del flusso, il che favorisce sia la denitrificazione sia l'adsorbimento del fosforo da parte della massa filtrante. Sono considerati sistemi aerobici.

Recentemente le nuove configurazioni impiantistiche prevedono spesso l'utilizzo di sistemi combinati e propongono l'abbinamento dei sistemi HF a quelli VF, sia per la riduzione delle aree superficiali necessarie al raggiungimento dell'obiettivo della depurazione, sia per migliorare alcuni processi depurativi come l'abbattimento

dell'azoto e del fosforo. In pratica, l'impianto di fitodepurazione viene spesso realizzato in forme multistadio; i singoli stadi possono essere dello stesso tipo, oppure diversi, e le combinazioni possono avvenire in serie o in parallelo, con possibilità di ricircolo tra uno stadio e l'altro.

Nell'ambito dei trattamenti di fitodepurazione, i criteri da utilizzare per selezionare le piante più adatte al sistema depurativo proposto (premesse che sono sempre da preferire quelle autoctone) sono: l'adattabilità al clima locale, l'elevata capacità di attività fotosintetica, l'elevata capacità di trasporto dell'ossigeno, la resistenza a concentrazioni elevate di inquinanti, la capacità di assimilazione degli inquinanti, la resistenza a condizioni climatiche avverse, la resistenza alle malattie e la semplicità di gestione (piantumazione, propagazione, raccolta, ecc.).

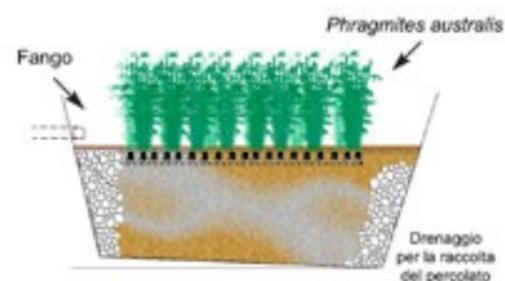
Il dimensionamento dell'impianto di fitodepurazione è di fondamentale importanza per assicurare un corretto rapporto fra superficie filtrante, tempo di ritenzione idraulica (HRT) e capacità di produzione delle piante. Il dimensionamento deve tener conto di fattori climatici, pedologici, vegetazionali e antropici del sito, dai quali dipende il carico idraulico. La componente evapotraspirativa di un impianto di fitodepurazione è un parametro essenziale nella progettazione e gestione dell'impianto stesso. Le ragioni dell'importanza di tale misura sono da ricercare nell'influenza che può esercitare su altri parametri operativi del sistema, quali il tempo di ritenzione idraulica o le concentrazioni degli inquinanti. Inoltre, la concentrazione del BOD in ingresso rappresenta un parametro importante poiché valori troppo elevati ostacolano la crescita delle piante, mentre bassi valori sono sfavorevoli per la denitrificazione batterica.

L'avviamento dell'impianto, com'è noto da studi eseguiti in diverse condizioni ambientali e con diversi carichi idraulici e organici, non può prescindere da una fase sperimentale di ricerca e ottimizzazione del processo.

Dal punto di vista normativo, il testo di riferimento in materia di acque (D. Lgs. n. 152/06) indica chiaramente la necessità di ricorrere, nel caso di impianti di potenzialità non elevata, a soluzioni di maggiore semplicità e di più facile esercizio. Il D. Lgs. n. 152/06 pone inoltre un'attenzione particolare al tema della chiusura del

ciclo delle acque usate attraverso le pratiche del riutilizzo; in questo senso il fitoessiccamento dei fanghi rappresenta la soluzione ottimale capace di realizzare il completo reimpiego degli output degli impianti di depurazione.

Il processo di fitostabilizzazione (o fitoessiccamento) per il trattamento dei fanghi si pone gli obiettivi di ridurre notevolmente il volume di fango, di ottenere un materiale stabilizzato per la preparazione di compost di qualità, e di rappresentare una soluzione economicamente ed ecologicamente vantaggiosa, in quanto permette di chiudere il ciclo dei fanghi direttamente all'impianto di depurazione. Questo processo consiste nella disidratazione e nella digestione dei fanghi biologici in vasche o bacini impermeabilizzati, dotati di sistema di raccolta del percolato e muniti di un substrato granulare inerte nel quale vengono impiantati i rizomi delle macrofite radicate emergenti. I fanghi, provenienti direttamente dalla vasca biologica e quindi ancora molto liquidi, sono sparsi a strati, nella maniera più uniforme possibile, sulla superficie dei letti in modo da permettere la percolazione delle acque e l'ispessimento dei fanghi. Le acque di percolazione si riciclano all'impianto di depurazione.



Schema dell'impianto di fitotrattamento dei fanghi biologici

Le macrofite radicate, oltre a partecipare attivamente alla disidratazione dei fanghi, stabiliscono le condizioni favorevoli allo svolgimento di un complesso di processi che hanno come risultato la progressiva mineralizzazione della frazione organica ad opera dei batteri adesi alla fitta struttura radicale (*rizosfera*) e la formazione di un nucleo stabile di sostanza umica. La disidratazione dei fanghi utilizzando piante acquatiche è stata sperimentata inizialmente in Germania

alla fine degli anni '60. Esistono attualmente un centinaio di impianti in tutto il mondo di cui una cinquantina in Europa. In tutti gli impianti è stata utilizzata la cannuccia di palude (*Phragmites*). Questa tecnologia, inoltre, consente di ridurre la tossicità dei fanghi grazie alla degradazione dei contaminati organici, mediante metabolismo aerobico assicurato dalle piante, e alla riduzione della disponibilità dei metalli pesanti, come conseguenza della formazione di complessi con la sostanza organica. Infine, questa tecnologia presenta costi di costruzione e gestione decisamente inferiori a quelle tradizionali e consente di trattare il fango all'interno dell'impianto, chiudendo il ciclo di trattamento all'interno dell'impianto di depurazione. Il prodotto che si ottiene con questo trattamento risulta idoneo per la preparazione di una matrice da utilizzare in ambito agronomico e ambientale.

#### Principali tematiche che verranno affrontate:

- Introduzione alla fitodepurazione
- Quadro normativo
- Tipologie impiantistiche
- Aspetti pratici
- Casi studio

#### Mezzi di divulgazione

Lezioni effettuate mediante presentazioni powerpoint, materiale cartaceo, elettronico ed in rete web.

## gli incontri FIELD

### 1. "Marketing delle imprese e delle produzioni agricole, promozione e valorizzazione delle produzioni tipiche e tradizionali locali"

Grosseto. Docenti: Mattiacci e Gentili

### 2. "Functional food promozione e valorizzazione delle produzioni tipiche locali"

Arezzo. Docente: Barale

### 3. "Tutela della fertilità del suolo"

Siena. Docenti: Masciandaro

### 4. "Psr 2014-2020 come muoversi tra le normative cogliendo le opportunità"

Grosseto. Docente: Maule

### 5. "Psr 2014-2020 come muoversi tra le normative cogliendo le opportunità"

Siena. Docente: Maule

### 6. "Tutela della fertilità del suolo"

Pistoia. Docenti: Masciandaro

### 7. "Biodiversità e paesaggio"

Grosseto. Docenti Salustri e Cantini

### 8. "Biodiversità e paesaggio"

Siena. Docenti Salustri e Cantini

### 9. "L'Accesso al credito agevolato: consapevolezza finanziaria e opportunità per le imprese"

Grosseto. Docenti: Bargagli e Caiani INCONTRO TEMATICO

### 10. "Suolo e dissesto idrogeologico"

Livorno. Docente: Bianchi

### 11. "Energia ed efficienza energetica in agricoltura"

Pisa. Docente: Trivella

### 12. "Accesso al credito e Reti d'Impresa" INCONTRO TEMATICO

Grosseto. Docenti: Bargagli e Caiani

### 13. "Fitodepurazione di acque e fanghi"

Pisa. Docenti: Masciandaro

### 14. "Gestione e tutela delle risorse idriche nei processi di sanitizzazione" INCONTRO TEMATICO

Firenze. Docenti: Camolese e Franzini

### 15. "Cambiamento del clima ed impatto meteorologico"

Grosseto. Docenti: Mariani e Cola

### 16. "L'innovazione nella depurazione delle acque reflue in agricoltura"

Livorno. Docente: Meini

### 17. "Agricoltura di precisione"

Siena. Docente: Caruso

### 18. "Irrigazione, tra innovazione ed efficientamento"

Grosseto. Docenti: Ghinassi e Taglioli

### 19. "Biogas e biometano"

Firenze. Docente: Repetti

### 20. "Biodiversità dell'olivo"

Grosseto. Docenti: Salustri e Cantini



**Per informazioni**

inviare una mail a [formazione@caimgroup.it](mailto:formazione@caimgroup.it)

o chiamare Centro analisi C.A.I.M.

**0566 54162 - 338 4870383**