

STRATEGIE PER MIGLIORARE E PROTEGGERE
LA QUALITÀ DEL SUOLO ALL'INTERNO
DEL BACINO DEL MEDITERRANEO IN SEGUITO
ALLO SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI

LIFE - PROSODOL

LIFE07 - ENV/GR/000280

SUGGERIMENTI IN AMBITO LEGISLATIVO
PER LA GESTIONE DEI REFLUI OLEARI



INDICE

1	PRODUZIONE ED IMPIEGO DEI REFLUI OLEARI	2	5.5	BONIFICA DEL SUOLO	24
1.1	INTRODUZIONE	2	5.5.1	BIORISANAMENTO	24
1.2	DEFINIZIONE DEI VALORI LIMITE: ELV E EQS	4	5.5.2	STUDI DI FATTIBILITÀ	26
2	ESEMPI DI LEGISLAZIONI NAZIONALI RELATIVE AI REFLUI OLEARI	6	5.5.3	REALIZZAZIONE DEL BIORISANAMENTO	27
2.1	ITALIA	6	5.5.4	MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DEL BIORISANAMENTO IN SITU	28
2.2	SPAGNA	6	5.5.5	APPLICAZIONE DI ZEOLITE	29
2.3	GRECIA	7	5.5.6	CLINOPTILOLITE	29
2.4	VALORI LIMITE DI EMISSIONE PER LO SCARICO NELLE ACQUE DI SUPERFICIE E NELLE FOGNATURE	8	5.5.6	TOSSICITÀ DEL SODIO DOVUTA ALL'APPLICAZIONE DI ZEOLITI NEL SUOLO	30
3	PROPOSTE LEGISLATIVE RELATIVE ALLA GESTIONE DEI REFLUI OLEARI	10	5.5.7	APPLICAZIONE NELLE AREE DI SMALTIMENTO DI REFLUI OLEARI	30
3.1	PROPOSTE LEGISLATIVE STATUTARIE	10	5.5.8	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO	30
3.2	PROPOSTE LEGISLATIVE VOLONTARIE	11	5.5.9	BENEFICI PREVISTI	31
4	GESTIONE DEI SITI CONTAMINATI E DELLE AREE DI SMALTIMENTO	13	APPENDICE I: LIVELLI CRITICI DI ALCUNE IMPORTANTI PROPRIETÀ DEL SUOLO		
4.1	PROPOSTE LEGISLATIVE STATUTARIE	13	32		
4.2	REGISTRAZIONE DELLE AREE DI SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI	13	BIBLIOGRAFIA		
4.3	DESCRIZIONE DELLE AREE DI SMALTIMENTO - VALUTAZIONE DEL RISCHIO	14	34		
4.4	DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI PER LO SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI SUL SUOLO	15	BIBLIOGRAFIA APPENDICE I		
4.5	ADOZIONE DI INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO	18	39		
4.6	MONITORAGGIO DEGLI INDICATORI DEL SUOLO - VALUTAZIONE DEI RISULTATI	19			
5	RACCOMANDAZIONI TECNICHE E LINEE GUIDA	20			
5.1	AZIONI PER IL MONITORAGGIO CONTINUO DELLE AREE DI SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI	20			
5.2	IDONEITÀ ALLO SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI - MAPPE DEL SUOLO	20			
5.3	MONITORAGGIO DELLE QUALITÀ DEL SUOLO SVILUPPO DI MAPPE DELLA DISTRIBUZIONE DEI COMPONENTI DEL SUOLO IN FUNZIONE DI TEMPO E PROFONDITÀ	21			
5.4	MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO SOFTWARE PER IL MONITORAGGIO DEL SUOLO DA PARTE DEGLI UTILIZZATORI DEL TERRENO E DEGLI INQUINATORI	22			



I. PRODUZIONE ED IMPIEGO DEI REFLUI OLEARI

I.1 INTRODUZIONE

L'industria di estrazione dell'olio di oliva rappresenta un importante settore produttivo nell'area del Mediterraneo. Tra i Paesi europei, ma anche a livello mondiale, Spagna ed Italia sono i maggiori produttori di olio di oliva, mentre la Grecia è al terzo posto.

I sottoprodotti derivanti dalla lavorazione delle olive, acque di vegetazione e sanse, hanno differenti caratteristiche chimico-fisiche a seconda delle tecnologie usate per l'estrazione dell'olio o della varietà e delle condizioni di raccolta delle olive.

Complessivamente, per ogni tonnellata di olio, vengono prodotti circa 1.500 kg di composti organici inquinanti (matrice secca) ed il carico inquinante generato dallo smaltimento di 1 m³ di reflui oleari è equivalente a 100-200 m³ di rifiuti urbani (corrispondenti a quanto prodotto da 100.000 persone). Tali inquinanti possono essere tossici a causa del loro contenuto in fenoli (8,8 – 9,6 % dei solidi volatili o 138 – 150 kg/t di olio di oliva).

La **Tabella 1** mostra le prestazioni dei processi per l'estrazione dell'olio di oliva con sistemi a due e a tre fasi (IPPC BREF, 2006).

Qui di seguito sono elencati i metodi più comunemente usati per lo smaltimento, lo stoccaggio e il trattamento dei reflui oleari solidi o liquidi nei diversi Paesi produttori di olive (Nair e Markham, 2008; Saadi et al., 2010):

- distribuzione non controllata della sansa sui terreni agricoli (100 – 200 m³/h/anno)
- irrigazione delle coltivazioni arboree tramite acque di vegetazione (80 m³/h/anno)
- distribuzione controllata delle acque di vegetazione derivanti dal processo di estrazione a tre fasi (continuo) a livelli di 80 m³/h/anno e di 50 m³/h/anno per il processo di estrazione classico (discontinuo) – Italia
- distribuzione controllata della sansa composta o grezza - Italia
- distribuzione delle acque di vegetazione sul suolo (40-50 m³/ha/anno) ogni due anni nello stesso appezzamento, e distribuzione controllata della sansa prodotta nel processo di estrazione a tre fasi (40 m³/h/anno) ogni due anni nello stesso appezzamento – Israele
- irrigazione di oliveti con acqua di vegetazione (1,5 m³/albero/anno) – Grecia
- smaltimento non controllato delle acque di vegetazione negli impianti cittadini di trattamento delle acque reflue – Israele
- stoccaggio delle acque di vegetazione in bacini anaerobici all'aperto
- stoccaggio delle acque di vegetazione usando dispositivi di flottazione
- stoccaggio delle acque di vegetazione usando

Dati	Processo a due fasi		Processo a tre fasi	
	IMPEL Dati di progetto	Dati spagnoli	IMPEL Dati di progetto	Dati spagnoli
Input	Olive (t)	1	1	1
	Acqua (m ³)	0	0	0,7 - 1
Output	Olio (t)	0,18	0,2	0,2
	Acqua di vegetazione (m ³)	0	0	1 - 1,2
	Sansa (t)	0,82	0,8	0,60

Tabella 1: Confronto delle prestazioni nei processi di estrazione dell'olio di oliva con sistemi a due e tre fasi

- vasche di decantazione all'aperto
- compostaggio dei reflui oleari solidi. Ad esempio in Andalusia (Spagna) esistono consorzi di frantoiani che producono il compost a partire dai propri rifiuti semisolidi, usandolo in agricoltura biologica;
- smaltimento controllato delle acque di vegetazione negli impianti cittadini;
- impiego di biofiltri per il trattamento dei reflui oleari liquidi;
- produzione di biogas (metano) derivante dal trattamento di reflui oleari solidi.

Per quanto riguarda la lavorazione dei residui oleari, la riforma della politica agricola comunitaria riguardante l'olio di oliva non prevede disposizioni specifiche riguardanti la gestione dei reflui oleari (MORE, 2009). Perciò, ogni Stato Membro (SM) dovrebbe mettere a punto una propria legislazione nazionale per la gestione di questa problematica, in linea con la legislazione europea.

In determinate circostanze, il frantoiano, in quanto produttore di rifiuti, è responsabile della gestione appropriata degli stessi, dalla raccolta allo

smaltimento. Ai sensi dell'articolo 5 della Direttiva 2008/98/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 Novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive, il sottoprodotto è una sostanza od oggetto derivante da un processo di produzione il cui scopo primario non è la produzione di tale prodotto. Questa sostanza od oggetto può non essere considerato rifiuto se sono soddisfatte le seguenti condizioni (si veda in merito anche la Fig. 1):

- (a) è certo che la sostanza od oggetto sarà ulteriormente utilizzato;
- (b) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- (c) la sostanza o l'oggetto è prodotto come parte integrante di un processo di produzione e
- (d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

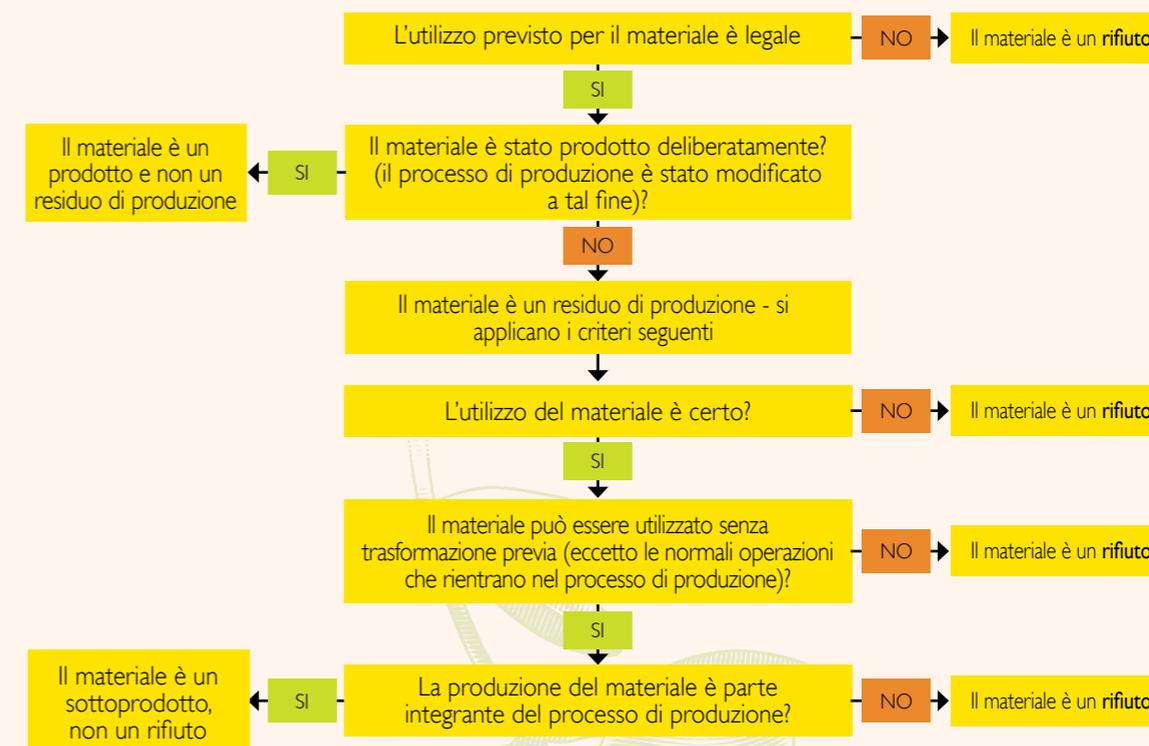


Figura 1: diagramma di flusso interpretativo finalizzato a stabilire se un materiale è da ritenersi rifiuto o sottoprodotto

1.2 DEFINIZIONE DEI VALORI LIMITE: ELV E EQS

Un importante fattore nella protezione della qualità dell'ambiente è la regolamentazione di scarichi puntiformi. Questi sono solitamente espressi in funzione di limiti di "fine ciclo" di certi parametri fisici o della concentrazione di specifici prodotti chimici (Whitehouse, 2001).

I Valori Limite di Emissione (ELV) sono basati sulle Migliori Tecnologie Disponibili rispetto alle emissioni e si applicano a tutti i rifiuti derivanti da specifici settori industriali, senza considerare la capacità di diluizione del mezzo recettore, e sono solitamente espressi con standard minimi, giuridicamente vincolanti.

Perciò, i Valori Limite di Emissione hanno forti basi economiche e tecnologiche e possono variare a seconda del settore di produzione. Possono essere espressi come concentrazioni nell'effluente finale o come quantità (massa) scaricata per unità di produzione (Whitehouse, 2001).

Gli Standard di Qualità Ambientale (EQS) invece si riferiscono a specifici parametri chimici e descrivono le soglie sotto alle quali non si prevede alcun impatto avverso ai mezzi recettori e che risultano molto significative per le caratteristiche del mezzo in questione.

Gli Standard di Qualità Ambientale sono pertinenti ad un determinato sito e fissano il livello massimo di concentrazione di ogni sostanza che può essere scaricato da un determinato punto di scarico. Perciò, in ultima istanza, gli Standard di Qualità Ambientale si basano sui rischi posti dal singolo prodotto chimico agli organismi acquatici e poggiano su principi più biologici che tecnologici (Whitehouse, 2001).

Oltre ai rifiuti solidi o semi-solidi, anche gli effluenti generati dall'industria alimentare vengono frequentemente distribuiti direttamente sui terreni coltivati.

Diversi studi hanno mostrato che la distribuzione controllata dei reflui oleari sui terreni coltivati può offrire una soluzione significativa allo smaltimento di questi effluenti, soprattutto nelle aree con terreni poveri di materia organica (Ouzounidou et al., 2010). I reflui oleari sono per natura ricchi di composti organici e contengono quantità

significative di zuccheri, minerali e altre sostanze che aiutano la crescita delle piante.

Questo utilizzo può essere accettabile solo se si tiene conto delle proprietà fitotossiche e di certi effetti avversi alle proprietà del suolo, che bisogna cercare di eliminare (Ouzounidou et al., 2010). Anche se molti esperimenti hanno dimostrato gli effetti benefici che l'applicazione controllata delle acque di vegetazione può avere sulle proprietà del suolo, la portata inquinante di questi rifiuti e gli effetti inibitori sulla germinazione dei semi sono tali che normalmente si evita il loro uso in agricoltura.

Gli effetti tossici sono associati alla lisciviazione dei nitrati e agli impatti negativi sui microorganismi, che si verificano quando le acque di vegetazione non trattate vengono applicate in quantità elevate (100-200 m³/ha) (Ouzounidou et al., 2010; Cabrera et al., 1996).

La fitotossicità è legata ai composti fenolici ed al contenuto in sali; come conclusione generale si può affermare che i possibili rischi di fitotossicità sono significativamente più bassi nei suoli organici, poiché il suolo ha il potere di ridurre il contenuto in fenoli come dimostrato in diversi studi (Casa et al., 2003; Ouzounidou et al., 2010; Cabrera et al., 1996).

Studi recenti hanno anche mostrato che la contaminazione con sostanze fenoliche può raggiungere le acque di falda tramite lisciviazione (Shadou et al., 2009).

Il principio chiave a sostegno della distribuzione dei rifiuti sul suolo è il fatto che il procedimento permette di riciclare componenti nutritivi e materia organica nel terreno, che verrebbero altrimenti persi in discarica o tramite combustione (EC-DG, 2001).

D'altra parte, i potenziali svantaggi della distribuzione sul suolo comprendono:

- rischi per la salute dell'uomo e degli animali dovuti alla presenza agli agenti patogeni;
- contaminazione del suolo con elementi potenzialmente tossici e persistenti o con composti organici; le implicazioni associate comprendono effetti a lungo termine sulla

- fertilità del suolo;
- degradazione periodica del suolo dovuta alla sovrabbondanza di sali;
- inquinamento dell'acqua (di superficie e di falda);
- odore sgradevole;
- danni alla struttura del suolo derivanti dalle operazioni di distribuzione.

È necessario sapere che la distribuzione sul suolo dipende dalla qualità del terreno ma anche dalla qualità delle acque di falda. La vulnerabilità delle acque dipende dalle caratteristiche geologiche

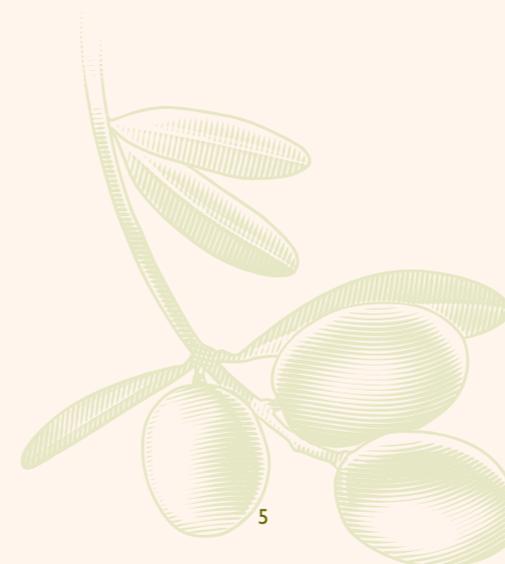
e idrogeologiche intrinseche che determinano la facilità con la quale l'acqua di falda può contaminarsi a causa di attività umane.

Di solito dipende dalla natura (sabbiosa, sassosa, argillosa, ecc.) e dalla profondità del suolo/sottosuolo sovrastante una falda acquifera. Per determinare la vulnerabilità dell'acqua di falda bisogna considerare elementi importanti quali il tempo di percorrenza, la capacità di filtrare i contaminanti del suolo e la natura dei contaminanti (Si veda la **Tabella 2**, tratta da EPA, 2004).

Spessore del sottosuolo	Requisiti idrogeologici				
	Ravvenamento diffuso Permeabilità e tipo di sottosuolo	Ravvenamento puntuale	Zona Insatura		
			Bassa permeabilità (sottosuolo argilloso, argilla, torba)	"losing stream", doline	(solo falda acquifera con presenza di sabbia e ghiaia)
0-3 m	Estremo	Estremo	Estremo	Estremo (30 m di raggio)	Estremo
3-5 m	Alto	Alto	Alto	N/A	Alto
5-10 m	Alto	Alto	Moderato	N/A	Alto
>10 m	Alto	Moderato	Basso	N/A	Alto

* N/A . non applicabile

Tabella 2: Condizioni Geologiche e Idrogeologiche che determinano le categorie di mappatura della vulnerabilità.



2. ESEMPI DI LEGISLAZIONI NAZIONALI RELATIVE AI REFLUI OLEARI

Al momento non esiste una Legislazione Europea che regoli la gestione dei reflui oleari e quindi ciascun Paese deve fissare indipendentemente i propri standard, mentre in Italia, Portogallo (Ouzounidou et al., 2010) e ultimamente anche in Spagna esiste una legislazione apposita dedicata allo smaltimento dei rifiuti e alla loro applicazione

2.1 ITALIA

Il **Decreto Legislativo 11 aprile 2006, n. 152** e ss.mm.ii., che ha abrogato il Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152, regola la tutela delle acque dall'inquinamento ed all'articolo 112 fa riferimento alla Legge 11 novembre 1996, n. 574, che riguarda l'utilizzo agronomico di fanghi di compostaggio e di altri reflui quali le acque di vegetazione. Secondo la Legge 574/1996, l'uso agronomico di questi sottoprodotti è consentito sulla base della loro composizione e delle caratteristiche del suolo. Questo particolare utilizzo dei rifiuti deve essere autorizzato ogni volta dall'autorità pubblica competente sulla base di una semplice documentazione e dev'essere subordinato alle limitazioni, alle verifiche e alle possibili sanzioni per evitare ogni attività fraudolenta che possa inquinare la falda freatica (MORE, 2008). Questa legge consente l'**applicazione diretta delle acque di vegetazione** senza un trattamento preventivo (Kapellakis et al., 2008).

Gli aspetti tecnici previsti dalla Legge 574/1996 sono i seguenti (MORE, 2008; RES-HUI, 2006):

1. limite di tolleranza massima per il suolo: 50 m³/ha/anno per le acque di vegetazione derivanti dai frantoi tradizionali (sistema di estrazione discontinuo); 80 m³/ha/anno per l'acqua di vegetazione derivante da estrazione centrifuga (sistema di estrazione continuo)
2. possibilità per il Sindaco di ogni città di modificare questi limiti o di sospendere l'irrigazione in caso di rischio ambientale;
3. consegna del report agronomico al Comune

sui terreni agricoli. Inoltre, Italia e Portogallo hanno già affrontato e risolto la questione relativa alla sansa, che in questi Paesi non è più considerata un rifiuto pericoloso; negli altri Stati invece non esiste alcuna legislazione specifica relativa a questa tematica (IMPEL, 2003).

almeno 30 giorni prima della distribuzione. Il report deve essere redatto da un tecnico esperto e deve riguardare tutti quei punti fondamentali quali alcune caratteristiche del suolo (pH), i tempi e i mezzi della distribuzione;

4. la distribuzione delle acque di vegetazione deve essere uniforme in modo da evitare il deflusso superficiale;
5. divieto di applicazione delle acque di vegetazione su:
 - terreni che si trovano a meno di trecento metri dalle aree protette per la raccolta d'acqua destinata al consumo dell'uomo; terreni che si trovano a meno di duecento metri dalle aree abitate;
 - terreni con colture orticole;
 - terreni con falde acquifere situate a meno di dieci metri di profondità;
 - terreni gelati, coperti di neve, dilavati o saturi di acqua.
6. stoccaggio nel frantoio inferiore a 30 giorni.

Con il **Decreto 6 Luglio 2005** recante "Criteri e regole tecniche riguardanti la regolazione regionale dell'uso agronomico delle acque di vegetazione e di altri reflui oleari di cui all'articolo 38 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152.", all'articolo 4 sono state aggiunte altre condizioni (RES-HUI, 2006) per l'impiego delle acque di vegetazione:

- distanza <10m dai corsi d'acqua;
- distanza <10m dall'inizio dell'arenile per le acque marino-costiere e lacustri;
- terreni con pendenza >15% e privi di

- sistemazioni idraulico-agraria;
- boschi;
- giardini e aree di uso pubblico;
- aree di cave.

Inoltre, lo stesso Decreto proibisce la miscelazione delle acque di vegetazione derivanti dalla molitura dell'olio di oliva con altri tipi di reflui (per esempio liquami di origine animale) o di rifiuti. Infine, le acque del frantoio e i frammenti di nocciolo e di parti fibrose del frutto possono essere usati in agricoltura e in deroga al **Decreto Legislativo 29 aprile 2006, n. 217**, che ha abrogato la Legge 19 ottobre 1984, n. 748, che regolava la disciplina dei fertilizzanti.

Secondo la **Legge n° 574 del 1996** le sanse umide possono essere usate come ammendante del suolo nonostante le indicazioni fornite con il **Decreto Legislativo 29 aprile 2006, n. 217** sui fertilizzanti "Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti". Con il **D.M. 05/02/1998** e Decreto

2.2 SPAGNA

A partire dall'introduzione del processo di estrazione a tre fasi negli anni '70, le acque di vegetazione hanno costituito un significativo problema di inquinamento dei corpi idrici superficiali. Nel 1981 il Governo spagnolo ha messo a punto un quadro legislativo per proibire lo scarico di acque di vegetazione non trattate nei fiumi ed ha sovvenzionato la costruzione di circa 1000 bacini per lo stoccaggio durante il periodo di molitura, sfruttando l'evaporazione, indotta dalle alte temperature estive tipiche dell'Andalusia (Kapellakis et al., 2008). Questi provvedimenti hanno determinato un miglioramento della qualità dell'acqua nei corsi d'acqua della zona. Tra 1991 e 1992 è stato messo in pratica il passaggio dal sistema di estrazione a tre fasi a quello a due fasi, diminuendo la quantità di acque di vegetazione scaricate. Oggi, più del 90% dei frantoi OM lavora con il sistema a due fasi (Kapellakis et al., 2008). In Spagna vigono un Decreto Ministeriale relativo alle operazioni di valorizzazione e smaltimento dei rifiuti e la Lista Europea dei Rifiuti (O.M. MIMAM 304/2002, 19 Febbraio 2002, attività di valorizzazione e smaltimento dei rifiuti). I reflui oleari derivanti da un processo di estrazione a

Legislativo n. 22/197, quest'ultimo abrogato dal **Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152**, i sottoprodotti derivanti dalla molitura delle olive possono essere immessi sul mercato. Lo stesso Decreto specifica che le sanse sono rifiuti non pericolosi. Gli stessi rifiuti possono essere usati nel settore energetico come definito nel DPCM 08/10/2004 (MORE, 2008; RES-HUI, 2006). Infine lo stesso Decreto Legislativo 152/2006 regola lo smaltimento delle acque di vegetazione di ogni tipo e quindi anche delle acque di vegetazione derivanti da olio di oliva in un sistema di fognatura o in corpi idrici superficiali (fiumi, laghi ecc.). Le soglie specifiche fissate dal Decreto per tutti i parametri da tenere in considerazione per lo smaltimento sono elencate nella Tabella 3, Allegato 5, Parte Terza di tale decreto. I Valori Limite di Emissione sono impostati su livelli nazionali (IPPC BREF, 2006b).

due fasi non sono generalmente considerati rifiuti pericolosi dalla legislazione spagnola. Questo tipo di rifiuti è solamente considerato prodotto secondario, che può essere valorizzato allo scopo di prevenire contaminazione del suolo o dell'acqua. Tuttavia, i frantoi producono altri rifiuti considerati pericolosi, quali: olio motore, lubrificanti usati, particelle dai fumi di caldaie, prodotti chimici di scarto, tubi fluorescenti e altri scarti contenenti mercurio ecc.

Il recente **Decreto 4/2011** del Governo Regionale dell'Andalusia è stato emesso per regolamentare l'uso delle acque di vegetazione prodotte nei frantoi come ammendanti del suolo. Nello specifico, l'articolo 7 precisa che:

- il volume degli effluenti da applicare al terreno agricolo non deve eccedere in alcun caso la quantità di 50 m³/ha/anno;
- le applicazioni devono essere pianificate in modo da non produrre deflusso in superficie, lisciviazione o danni alla falda freatica;
- il campo di applicazione dell'effluente deve rispettare le seguenti aree di esclusione:
 - zone localizzate entro 500 metri dalle aree urbane;

- la zona oltre 100 metri dal limite demaniale delle acque pubbliche definito nell'articolo 6.2.b del Regolamento dell'Acqua Pubblica, approvato con Decreto Reale 11 Aprile 1986, n. 849.
- la fascia protezione di 100 metri dal litorale pubblico, così come definito nell'articolo 23.1 della Legge 22 luglio 1988, n. 22.

Per quanto riguarda le operazioni interne ai frantoi ed agli impianti di trattamento dei reflui oleari vi sono diversi aspetti che la legislazione spagnola regolamenta.

In generale, le acque di vegetazione vengono indirizzate all'interno di bacini, dove evaporano o filtrano nel suolo per l'irrigazione.

Tuttavia, le acque di vegetazione possono influire sulla rete idrica pubblica e in questo caso si fa riferimento alla **Legge 13 Dicembre 1999, n. 46** come modifica della **Legge 2 Agosto 1985, n. 29**.

I frantoiani sono obbligati a possedere un'autorizzazione specifica per ogni captazione di acqua in superficie o sotto terra.

È anche richiesta un'autorizzazione relativamente allo sversamento per tutte le attività che possono causare inquinamento o danni alla rete idrica pubblica.

2.3 GRECIA

In Grecia non esiste un regolamento preciso riguardante lo scarico delle acque di vegetazione. I principi fondamentali per la gestione delle acque di vegetazione si basano sulla **Legge 1650/86** "Per la protezione dell'Ambiente", secondo la quale i frantoiani sono obbligati a presentare uno studio di valutazione sull'impatto ambientale. La lettera circolare aggiornata YM/5784/23-1-1992 (N. 4419/23-10-1992) riguarda i problemi sorti in seguito allo smaltimento delle acque di vegetazione, la necessità di un pre-trattamento efficiente e l'attenzione necessaria ad evitare lo smaltimento nelle diverse risorse idriche. Lo stato legislativo attuale in Grecia (Leggi 1650/86 e 3010/2002) non permette l'applicazione di reflui oleari non trattati sulla superficie del suolo. Ogni Provincia è responsabile dell'adozione di pratiche appropriate di gestione dei reflui oleari. Per esempio, la gestione delle acque di vegetazione nella Provincia di Messina si basa sulla modifica

Sarà necessario fornire quindi un progetto di elaborazione, degli studi idrogeologici e ambientali e ogni altra documentazione che sarà ritenuta necessaria.

Vi sono alcuni parametri minimi delle acque di vegetazione da considerare per selezionare il migliore trattamento di depurazione delle acque di vegetazione.

Al momento in Spagna è vietato lo sversamento delle acque di vegetazione nella rete idraulica. Il **Decreto Reale 11 Aprile 1986, n. 849**, intitolato "Regolamento del Dominio Público Hydráulico" (Regolamenti del Pubblico Dominio Idrraulico) specifica al "Anexo al título IV" (quarta appendice) i limiti delle emissioni, che dipendono dall'estensione e dall'efficienza del trattamento applicato alle acque di vegetazione. I Valori Limiti di Emissione (ELV) sono impostati su livelli nazionali (IPPC BREF, 2006b).

La legislazione concernente lo scarico delle acque di vegetazione in mare, direttamente o tramite corsi d'acqua interni, è stabilita dal **Decreto Reale 10 marzo 1989, n. 258**. Secondo questo decreto, i limiti di emissione vengono fissati per ogni specifico impianto industriale.

di un sistema di decanter a tre fasi in uno a due fasi; nella Provincia di Lesvos fino a poco tempo fa le acque di vegetazione venivano scaricate non trattate in un ecosistema idrico, mentre nella Provincia di Iraklio lo smaltimento dei rifiuti nel comparto idrico è proibito (Kapellakis et al., 2008). I valori limite delle acque di vegetazione non sono fissati da parametri nazionali e per molte province sono stati definiti dei regolamenti a livello regionale (IPPC BREF, 2006b). I limiti sono applicati per ogni tipo di scarico, compresi quelli delle industrie alimentari (IPPC BREF, 2006b; ECOIL, 2005).

In **Tabella 3** sono indicati alcuni valori fissati dalla Legge 1180/1981 che sono considerati un riferimento, in modo specifico relativo alle emissioni, per la produzione e il trattamento dell'olio. Si noti che i valori limite finali riguardanti le emissioni dell'acqua sono fissati da ogni autorità provinciale a seconda della posizione del ricevente specifico (ECOIL, 2005).

La recente Decisione Ministeriale Congiunta (KYA) 145116/2011 regola il riutilizzo delle acque di vegetazione che vengono trattate per diversi scopi, tra cui l'irrigazione delle terre coltivate. L'unico requisito minimo richiesto è l'utilizzo di un trattamento biologico e di unità di disinfezione.

Inquinante	Valore limite massimo giornaliero (kg/t di prodotto)	Valore limite media mensile (kg/t di prodotto)
BOD	4.0	2.0
COD	6.0	3.0
Solidi Spospesi	5.0	2.0
Olii	1.0	0.5

Tabella 3: Valori limite delle acque di vegetazione per le industrie alimentari in Grecia

2.4 VALORI LIMITE DI EMISSIONE PER LO SCARICO NELLE ACQUE DI SUPERFICIE E NELLE FOGNATURE

Nella Tabella 4 sono presentati alcuni Valori Limite di Emissione validi, in Italia, Grecia, Spagna e Portogallo, per lo scarico nelle acque di superficie e nell'impianto fognario, così come definiti dalla legislazione nazionale e nella relativa letteratura

scientifica (IPPC BREF, 2006b; IMPEL, 2003). I valori per la Grecia si riferiscono a Salonicco e ad Atene e sono stabiliti da Φ EK 582/B/2-07-79 e da Φ EK 82/B/94 e possono variare in altre regioni.

Parametro	Italia	Grecia	Spagna	Portogallo
pH	5.5-9.5 (5.5-9.5)	6-9 (6-9.5)	5.5-9.5	6-9
BOD ₅ (mg/l)	40 (250)	15-60 (250-500)	40-300	40
COD (mg/l)	160 (500)	45-180 (1000)	160-500	150
Solidi Sospesi Tot. (mg/l)	80 (200)	25-1000 (500-3000)	30-300	60
Olio/grasso (mg/l)	20 (40)	5-40 (40-100)	20-40	15
Fenoli (mg/l)	0.5 (1)	0.005-0.5 (5-10)	0.5-1	0.5
P totale (mg/l)	10 (10)	0.2-10 (10)	10-20	10
N totale (mg/l)	15 (30)	10-15 (25)	15-50	15
Cl libero (mg/l)	0.2 (0.3)	0.4-1 (5)	0.5	0.5
Nitrati (mg/l)	20 (30)	4-50 (20)	10-20	50
Nitriti (mg/l)	0.6 (0.6)	1-3 (4)	-	-

Tabella 4: ELV per lo scarico nelle acque di superficie e nelle fognature (tra parentesi) in Italia, Grecia, Spagna e Portogallo.

3. PROPOSTE LEGISLATIVE RELATIVE ALLA GESTIONE DEI REFLUI OLEARI

3.1 PROPOSTE LEGISLATIVE STATUTARIE

È possibile, in sintesi, ipotizzare i seguenti punti come base per la preparazione o la modifica di proposte legislative che regolino lo smaltimento e l'impiego dei reflui oleari:

- lo smaltimento dei reflui e delle acque di vegetazione non trattati nell'ambiente dovrebbe essere severamente proibito;
- sia che si tratti di scarti pericolosi o innocui, i reflui e le acque di vegetazione dovrebbero essere trattati prima di ogni smaltimento sul terreno o nelle acque di superficie, e dovrebbero essere definiti con precisione i valori limite delle specifiche emissioni, soprattutto nel caso di distribuzione sul suolo in quelle zone dove le legislazioni nazionali non prevedono standard statuari ma solo livelli di applicazione consentiti;
- dal momento che i reflui oleari possono rivelarsi potenzialmente pericolosi, la legge dovrebbe prevedere limiti statuari (riguardanti in modo particolare i fenoli), al di sotto dei quali i rifiuti possono essere considerati non pericolosi. L'obiettivo finale dovrebbe essere la categorizzazione dei reflui come "ecotossici" (cat. H14)⁽¹⁾ e l'imposizione di determinati limiti, ma dovrebbero essere anche messi a punto test e misure di monitoraggio specifiche a seconda del mezzo ricevente, ossia terreno e acque di superficie;
- le leggi dovrebbero specificare chiaramente che i reflui devono essere analizzati secondo le loro caratteristiche fisico-chimiche, ad esempio attraverso prove di coltivazione, test di germinazione, test di fitotossicità, test di crescita, test della potenziale tossicità nei confronti dello sviluppo delle piante e dell'ambiente in generale. Si potrebbero introdurre anche campionamenti standard e procedure analitiche, coerenti con i livelli europei;
- bisognerebbe creare una classificazione delle industrie e degli impianti in funzione della quantità dei rifiuti che producono, così da

predisporre misure specifiche per la gestione dei rifiuti, ossia impianti di gestione dei rifiuti e delle acque di vegetazione all'interno della stessa industria oppure schemi comuni per le unità più piccole.

- in caso di utilizzo di bacini di evaporazione, il requisito minimo di gestione del refluo dovrebbe essere l'uso di strati protettivi impermeabilizzanti (bacini di evaporazione ingegnerizzati); dal momento che la distribuzione sul suolo è una pratica comune e a basso costo, specialmente per le piccole unità di produzione, si dovrebbero sviluppare regolamenti specifici;
- nel caso di distribuzione sul terreno, se sane e acque di vegetazione soddisfano i requisiti della legislazione esistente, essi possono essere considerati ad azione fertilizzante e perciò la stima del loro dosaggio annuale deve seguire le regole generali sulla fertilizzazione del suolo, considerando le proprietà del terreno e gli scopi d'uso.
- è opportuno mettere a punto linee guida relative al riutilizzo delle acque di vegetazione per l'irrigazione di terreni agricoli, così da raggiungere un livello comune di protezione dell'ambiente e della salute pubblica;
- se i reflui oleari sono considerati scarti, allora le leggi nazionali dovrebbero consentire il trattamento come rifiuti municipali, soprattutto quando prodotti da frantoi di piccole dimensioni; ai sensi dell'art. 5 della Direttiva 2008/98, la Commissione Europea dovrebbe mettere a punto delle specifiche tecniche relativamente alle condizioni di impiego dei reflui oleari come sottoprodotto, a prescindere dal loro valore economico e dalla necessità di una fase di essiccazione e/o rimozione;
- le leggi nazionali dovrebbero conformarsi a questo nuovo concetto di sottoprodotto, specialmente la parte che ancora considera il valore economico del sottoprodotto come un

requisito (come nel caso della legislazione italiana);

- i regolamenti devono tenere conto di (a) uso del terreno (per esempio: agricoltura, produzione alimentare/non alimentare, zona residenziale, zona ricreativa, commerciale, industriale), (b) tipo di suolo e (c) periodo di riutilizzo;
- i reflui oleari sono di solito scaricati in piccoli bacini (<10 km²) che non sono presi in considerazione dalla Direttiva Quadro sull'Acqua 2000/60/EC. Perciò, occorre inserire nei sistemi di monitoraggio e di valutazione anche i piccoli corsi d'acqua perché anche questi contribuiscono all'inquinamento dei bacini idrici;
- gli Standard di Qualità Ambientale (EQS) dovrebbero essere definiti con una Direttiva europea come accade per i corpi idrici,

almeno per quanto riguarda i requisiti minimi per tipo di suolo. La soglia della concentrazione degli inquinanti (es. fenoli) nel suolo può essere fissata in funzione di questi valori in modo da riflettere le concentrazioni massime di base che caratterizzano i suoli inalterati;

- i Valori Limite di Emissione (ELV) dovrebbero essere fissati dalla legislazione nazionale come nel caso di Italia e Spagna, ma dal momento che occorre anche tenere in considerazione specifiche condizioni locali allora vanno adottati anche regolamenti regionali come nel caso della Grecia;
- bisognerebbe introdurre leggi nazionali più favorevoli al rilascio dei permessi per impianti che producono energia a partire dalla biomassa, soprattutto se di piccole dimensioni.

3.2 PROPOSTE LEGISLATIVE VOLONTARIE

- Passaggio al sistema di estrazione a due fasi per minimizzare la produzione di rifiuti e acque di vegetazione: quando si utilizza il sistema a due fasi, infatti, si riduce il consumo di acqua e vengono eliminate le acque di vegetazione;
- sarebbe raccomandabile introdurre leggi che facilitino espressamente le iniziative della municipalità per la costruzione di impianti nell'ambito dei servizi pubblici locali, servendosi anche di accordi regionali con i frantoi e con altri soggetti che potrebbero contribuire significativamente a fornire biomassa per la produzione di energia o altri usi.
- le leggi nazionali dovrebbero stabilire che, in assenza di iniziativa privata adeguata, i Comuni saranno responsabili di costruire questi impianti e farli funzionare nell'ambito dei servizi pubblici locali.
- il capitolo relativo all'Industria dell'Olio di Oliva facente parte del "Documento di riferimento sulla Prevenzione e Controllo Integrati dell'Inquinamento – Migliori Tecniche Disponibili in materia di Industria Alimentare, delle Bevande e Lattiero-Casearia" dovrebbe essere modificato per includervi i recenti aggiornamenti e migliorie applicate alla gestione dei rifiuti. Allo stesso modo, i Paesi interessati

devono stipulare documenti di riferimento per le Best Available Technologies (BAT), denominati BREF, acronimo di Best REFerence document, sulla produzione dell'olio di oliva, comprendenti tutte le unità industriali (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC e non-IPPC)

- promozione dell'installazione di sistemi di trattamento collettivi e centralizzati (si veda più avanti).

Usando ad esempio i dati relativi a un bacino greco ed ipotizzando di disporre di strumenti appropriati, si è capito che si possono studiare soluzioni per sviluppare pratiche di gestione centralizzate e decentralizzate.

Sono stati analizzati due progetti alternativi (Kapellakis et al., 2006):

- un progetto centralizzato, che riguarda la raccolta e il trasferimento delle acque di vegetazione in impianti centralizzati di trattamento. Questo sistema si basa sulla raccolta effettuata tramite una rete di tubature, il trattamento in impianti centralizzati tradizionali e il riutilizzo a scopo di irrigazione di tutte le acque di vegetazione bonificate raccolte. I costi per gli impianti centralizzati di trattamento sarebbero però molto elevati, con

(1) Rif. Decreto Legislativo 3 dicembre 2010 n. 205, che ha recepito la Direttiva 98/2008/CE.

incerte probabilità di ritorno economico. Tenendo conto che i frantoi lavorano stagionalmente e che sono principalmente di piccole dimensioni e distribuiti sul territorio, si pone l'obbligo addizionale di mantenimento stagionale, sia per le tubature sia per gli impianti di trattamento;

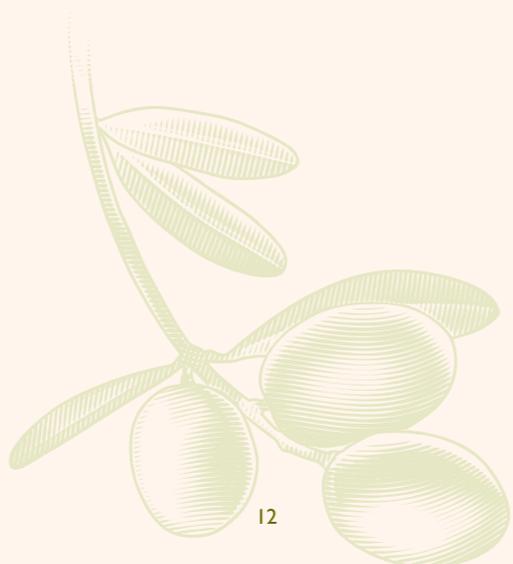
- un progetto decentralizzato, basato sul trattamento sul campo delle acque di vegetazione. Questo impianto si basa sull'impiego di sistemi naturali di trattamento, quali la fitodepurazione ed i sistemi a lento scorrimento, per la raccolta, il trattamento ed il riutilizzo delle acque di vegetazione prodotte. In confronto alle tecnologie tradizionali, i sistemi di trattamento naturali rappresentano un metodo economicamente conveniente, ma richiedono grandi superfici. Tutte le acque di vegetazione prodotte nella vicinanze di un frantoio verrebbero raccolte e trattate nello stesso impianto e perciò il trattamento potrebbe avvenire in diversi piccoli impianti, nel caso in cui essi siano dislocati in comuni diversi.

Lo schema ad impianti di trattamento centralizzato è stato anche proposto nell'isola di Creta, Grecia (JHACE, 2012).

I benefici di questo sistema sono i seguenti:

- controllo più efficace della qualità degli effluenti, poiché il controllo viene realizzato da personale specializzato e supervisionato da enti centralizzati.
- per gli stessi motivi di cui sopra, procedure di monitoraggio semplificate, se il numero delle unità centralizzate si mantiene basso.
- semplificazione del mantenimento, delle riparazioni e delle sostituzioni dell'attrezzatura nelle unità centralizzate.
- sviluppo sostenibile del sistema di gestione perché l'investimento e i costi sono distribuiti su tutte le unità di produzione dell'olio di oliva.

Infine, un vantaggio importante del sistema di trattamento centralizzato delle acque di vegetazione è la possibilità di riutilizzare le stesse acque trattate per l'irrigazione: si tratta di un'opportunità molto significativa, soprattutto nei Paesi mediterranei dove la scarsità di acqua rappresenta una realtà che sarà affrontata negli anni a venire.



12

4. GESTIONE DEI SITI CONTAMINATI E DELLE AREE DI SMALTIMENTO

Secondo la Direttiva, la gestione dei siti contaminati deve essere messa in pratica sulla base dei seguenti requisiti:

- individuazione e registrazione dei siti contaminati
- sviluppo di una strategia nazionale di bonifica
- prevenzione della contaminazione limitando l'introduzione delle sostanze pericolose nel suolo in base ai seguenti punti:
 - proposta di una serie di raccomandazioni appropriate da integrare nei quadri legislativi europei e/o nazionali. Queste raccomandazioni derivano dalla valutazione dei risultati del progetto PROSODOL e principalmente dai risultati delle azioni di monitoraggio svolte nelle aree di smaltimento dei frantoi; la loro applicazione è necessaria per garantire la

protezione della qualità del suolo. Si ritiene che la loro introduzione sotto forma di obbligo all'interno del quadro legislativo della Commissione Europea e/o degli Stati Membri del Mediterraneo assicurerà il monitoraggio efficace delle aree di smaltimento, che a sua volta faciliterà la gestione sostenibile di queste aree; - utilizzazione di una serie di standard tecnici sia come Migliori Tecniche Disponibili per il Monitoraggio del Suolo e il Miglioramento della Qualità del Suolo sia come Appendici a Direttive e atti legislativi futuri, che aiuteranno le autorità nazionali, locali e regionali a mettere a punto strategie per monitorare, proteggere e migliorare la qualità del suolo nelle aree di smaltimento dei reflui oleari.

4.1 PROPOSTE LEGISLATIVE STATUTARIE

In nessun Paese del Mediterraneo è consentito lo smaltimento incontrollato dei reflui oleari, sia che esistano o che non esistano specifiche leggi di regolamentazione. Perciò, prima dello smaltimento nel suolo, i reflui oleari dovrebbero essere pre-trattati seguendo le linee guida descritte dalla legislazione nazionale. Se non esiste un quadro legislativo specifico, allora il provvedimento minimo richiesto potrebbe essere il trattamento con calce in modo da ridurre pH, carico organico e solidi totali. Tra le finalità di questo documento non è compresa una descrizione delle tecnologie di pre-trattamento, tuttavia uno studio approfondito è già stato svolto nell'ambito del Progetto LIFE05 ENV/GR/000245 ed è intitolato: "Tecniche sostenibili per lo sviluppo rurale-ENVIfriendly" e si può trovare nel testo di Nikolaidis et al. (2008).

Si propongono qui di seguito sei fasi da considerare nel quadro legislativo europeo e nei quadri legislativi nazionali dei Paesi del Mediterraneo che producono olio di oliva:

1. Registrazione delle aree di smaltimento dei reflui oleari
2. Caratterizzazione delle aree di smaltimento – valutazione del rischio
3. Valutazione del livello di rischio
4. Definizione delle condizioni di smaltimento dei reflui oleari
5. Adozione degli indicatori di qualità del suolo
6. Monitoraggio degli indicatori del suolo – Valutazione dei risultati

4.2 REGISTRAZIONE DELLE AREE DI SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI

Ogni Paese dovrebbe individuare nel proprio territorio le aree di smaltimento dei reflui oleari e registrarle in un inventario nazionale. Questo inventario dovrà contenere tutte le aree di smaltimento autorizzate e la maggioranza di quelle non autorizzate. Come primo provvedimento, gli inventari locali dovrebbero

essere creati sotto la responsabilità delle autorità locali o regionali, che in seguito integreranno gli inventari in quelli nazionali sotto la responsabilità delle agenzie governative. Si raccomanda di creare una mappatura GIS delle aree di smaltimento e l'installazione di un database digitale.



13

4.3 DESCRIZIONE DELLE AREE DI SMALTIMENTO - VALUTAZIONE DEL RISCHIO

In secondo luogo, le autorità nazionali e locali dovrebbero effettuare una caratterizzazione completa delle aree di smaltimento e mettere a punto studi di valutazione del rischio.

Le aree di smaltimento dei reflui oleari registrate dovrebbero essere classificate in base a posizione, idrogeologia, fisiografia, geomorfologia, uso del suolo, struttura del suolo, consistenza, permeabilità dell'acqua, coefficiente di conduttività idraulica (satura o non satura), porosità, presenza e profondità degli strati permeabili del suolo. Inoltre i dati raccolti potrebbero comprendere la storia del sito, l'estensione e il tipo di contaminanti che potrebbero esserci, regime idrogeologico e idrologico, presenza e comportamento dei recettori, campionamento del suolo e delle acque di falda; confronto con valori guida generici o standard di qualità, campionamento del suolo e delle acque di falda; progettazione sito-specifica della destinazione dell'area, trasporto, esposizione e confronto con valori tossicologici e altri parametri che potrebbero essere considerati necessari per la descrizione completa dell'area in oggetto.

Questa descrizione permetterà l'applicazione di studi di valutazione del rischio e l'identificazione dei siti che costituiscono un rischio per la salute dell'uomo e per l'ambiente.

Un rischio esiste se c'è una sorgente, un percorso e un recettore. Questa è la base del modello Sorgente-Percorso-Recettore (S-P-R), un modello concettuale per la gestione ambientale. Inoltre, un modello concettuale fornisce informazioni utili nell'ambito di ogni indagine perché identifica il sito che rappresenta il rischio maggiore per l'ambiente e per gli esseri umani e identifica anche i collegamenti S-P-R ai quali è associato il rischio più alto (Daly, 2004). Perciò, le informazioni dettagliate ottenute attraverso la valutazione faciliteranno ulteriormente le decisioni relative alle azioni da mettere in pratica, richieste per la gestione del rischio, e che potrebbero comprendere l'interruzione del percorso, la rimozione della sorgente o il monitoraggio del recettore.

Indicativamente, uno studio di valutazione del

rischio può comprendere:

1. Indagine preliminare (studi a tavolino, individuazione del sito ed eventualmente un sopralluogo). Lo scopo di questa fase preliminare è valutare se sul sito si sono svolte attività potenzialmente contaminanti, se vi è un inquinamento sospetto del sito e/o dell'acqua, e in certi casi accertare la presenza di inquinamento. Per riassumere, questa fase si basa sull'identificazione dei rischi.
2. Indagine dettagliata. Le finalità di un'indagine approfondita del sito sono: (a) definire l'estensione e il grado della contaminazione, (b) valutare i rischi associati con i pericoli individuati e con i recettori e (c) determinare la necessità di bonifica per ridurre o eliminare i rischi per i recettori inquinati.
3. Indagini supplementari di fattibilità per definire meglio la necessità e il tipo di azione di bonifica o di monitoraggio. Lo scopo può essere valutare la fattibilità delle diverse tecniche di bonifica; questo può includere una caratterizzazione fisica e chimica più dettagliata dei terreni e studi di laboratorio sulla possibilità di trattare suolo o acque di falda. Indagini supplementari possono essere predisposte per comprendere meglio la natura, l'estensione e il comportamento dei contaminanti.

La valutazione del rischio non dovrebbe comunque essere limitata ai componenti tossici, come i polifenoli, che potrebbero costituire una minaccia alla salute umana e animale, ma estendersi anche al potenziale degrado progressivo del suolo dovuto alla presenza, nei reflui oleari, di altri elementi meno pericolosi o non pericolosi, come i nutrienti e altri composti inorganici presenti.

4.4 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI PER LO SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI SUL SUOLO

Per alcune loro caratteristiche specifiche, è possibile che alcune aree a basso/trascurabile rischio di inquinamento o degrado siano inadatte allo smaltimento dei reflui oleari nel suolo.

Per uno smaltimento sicuro dei reflui oleari, le informazioni relative al suolo devono essere analizzate insieme alle condizioni bioclimatiche e alle pratiche di gestione.

Lo scopo ultimo deve essere lo smaltimento dei reflui oleari nel suolo in modo tale che lo stesso suolo possa filtrare efficacemente gli elementi potenzialmente tossici, li assorba elettrochimicamente oppure li decomponga. Il suolo non va pertanto sovraccaricato con componenti inorganici e deve mantenere intatte

tutte le sue funzioni e la sua capacità di assorbimento così da assicurare un sistema sostenibile.

La distribuzione sul suolo può essere presa in considerazione se si tiene conto di appropriati criteri di idoneità, presentati nella **Tabella 5** in cui sono definiti due ordini di idoneità (S per idoneo e N per non idoneo) e cinque classi di idoneità secondo i loro limiti (S1 per minime, S2 per moderate, S3 per consistenti limitazioni; N1 per mancanza di idoneità momentanea e N2 per mancanza di idoneità permanente allo smaltimento dei rifiuti) (Soil Science Society of America, 1986; MAFF, Dept. of Environment, 1989; Theocharopoulos et al, 1998).

Proprietà	S1	S2	S3	N1	N2
Allagamento	mai	raramente	spesso	sempre	Come N1
Profondità della roccia madre, cm	>300	>180	100-180	<100	<50
Profondità dello strato superficiale, cm	>200	>180	100-180	<100	<50
Copertura con acqua	mai	mai	raramente	spesso	sempre
Livello delle acque di falda, cm	>300	>180	100-180	<100	<50
Livello di infiltrazione, cm/h 30-150cm	2.0-6.5	0.5-6.5	0.5<,>6.5	0.5<,>6.5	Come N1
Pendenza, %	<3	3-8	8-12	>12	>15
Sassi, % (>75 cm di diametro)	<20	<35	>35		
Consistenza	Tutti tranne CL, SC, SiCL, SiC, C, LS, S, o con pietrisco ⁽²⁾	Tutti tranne SiC, C, S o con pietrisco	Tutti tranne C o con pietrisco	Argilla (vertisuoli), molto sabbioso	Come N1
Struttura	Granulare, angolare - a blocchi	A blocchi o prismatica	massiccia lamellare compatta	verticale	Come N1
SAR	<12	<12	>12		
pH	7.3-8.4	6.6-7.3	5.6-6.5	<5.6	Come N1
CE, mmhos/cm	<4	<8	<16	16-40	>40
CSC, meq/100g	>16	8-16	<8	<8	
Sale, %	<0.09	0.09-0.16	0.16-0.26	>0.41	

Tabella 5: Criteri che definiscono l'idoneità di un terreno allo smaltimento dei reflui oleari

(2) Abbreviazioni usate in Tabella 5: CL: Clay Loam - franco argilloso; SC: Sandy Clay - sabbioso argilloso; SiCL: Silty Clay Loam - franco limoso argilloso; SiC: Silty Clay - argilloso limoso; C: Clay - argilloso; LS: loamy sand - franco sabbioso; S: Sand - sabbioso

Tenendo conto delle specifiche proprietà del suolo nelle aree di smaltimento, delle particolarità locali e dei limiti indicati in Tabella, è opportuno seguire le seguenti fasi per scegliere e poi mettere in pratica il sistema di smaltimento o di applicazione dei reflui oleari più sicuro.

Fase 1: Definizione dei suoli adatti o inadatti allo smaltimento dei reflui oleari

Le caratteristiche fisiche e/o chimiche permanenti dei terreni permettono di stabilire la loro possibilità o impossibilità a essere interessate dallo smaltimento, la distribuzione o l'applicazione dei reflui oleari (si veda la **Tabella 5**).

Inoltre, prima di prendere una decisione, oltre ai parametri della tabella bisogna valutare eventuali condizioni tossiche nel suolo usando metodi standard per determinare: (a) la mineralizzazione e la nitrificazione dell'azoto nei suoli e l'influenza di composti chimici su questi processi (ISO 14238:1997); (b) gli effetti sui lombrichi (ISO 11268-1:1993); (c) la tossicità cronica sulle piante superiori (tracheofite) (ISO 22030:2005) e (d) la biomassa o la respirazione del suolo (ISO 14240-1:1997).

Per scegliere tra questi metodi standard bisogna considerare diversi fattori, tra cui la condizione della qualità del suolo, l'uso dell'area (presente, passato e futuro), la quantità di rifiuti prodotti e il livello di trattamento.

I rifiuti derivanti da frantoi dovrebbero anche essere analizzati relativamente a BOD5, COD, pH, solidi totali, solidi in sospensione totali, solidi volatili totali, ceneri, carbone organico totale, azoto totale, fosforo totale, conduttività elettrica, zuccheri, grassi e oli totali, fenoli totali, potassio, sodio, calcio, magnesio, zolfo totale, cloro totale, ferro, manganese, zinco, rame, nickel, cromo e molibdeno.

Fase 2: Calcolo della quantità massima consentita di reflui oleari

I suoli che risultano adatti all'applicazione dei reflui oleari dovrebbero essere ulteriormente studiati per definire la quantità massima consentita di reflui oleari (o la quantità massima che il suolo può sopportare), che dev'essere basata sulle proprietà fisico-chimiche e sulla composizione

dei reflui oleari e deve tenere presente le soglie legali esistenti per queste stesse proprietà. Dal momento che non esistono in merito né regolamenti né direttive a livello europeo, la stima della quantità di reflui oleari applicabile deve essere calcolata considerando i livelli massimi consentiti per gli elementi tossici, così come definiti dalla Comunità Europea (Direttiva del Consiglio Europeo 86/278) per il caso dei fanghi di depurazione, e le relative soglie, così come descritto nella letteratura scientifica, specialmente per quanto riguarda i micro e macro-nutrienti non tossici.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, la Direttiva del Consiglio Europeo definisce le soglie per Cd, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg. Nel caso dei reflui oleari, potrebbero verificarsi dei rischi con Ni, Cr e Mo (metalli presenti in parti di macchinari utilizzati nei frantoi), che potrebbero trovarsi nei reflui oleari liquidi e solidi. Tuttavia non si prevede un'elevata concentrazione di questi tre metalli (come degli altri metalli pesanti) e perciò è difficile che siano individuate tracce di metalli pesanti che eccedono la soglia definita nella Direttiva (si vedano le restrizioni specifiche indicate più sotto).

Allo stesso modo è difficile che siano individuate tracce di altri metalli pesanti non citati dalla Direttiva. Tuttavia prima di calcolare la quantità massima di reflui oleari consentiti bisogna comunque considerare i valori limite per la concentrazione di metalli pesanti nel suolo, così come definiti dalla Direttiva.

Fase 3: Stima della quantità di reflui oleari consentita annualmente

Bisogna stabilire la quantità annuale di distribuzione e il momento preciso dell'applicazione dei reflui, sia che si tratti della distribuzione di acque di vegetazione o di sottoprodotti oleari solidi (buccia umida, buccia asciutta, compost derivante dai sottoprodotti dei frantoi), o rifiuti originati dai sistemi a due fasi. La quantità annuale e il momento dell'applicazione dei reflui oleari possono essere determinati considerando i livelli massimi consentiti per i metalli potenzialmente tossici definiti dalla Comunità Europea (Direttiva del Consiglio Europeo 86/278) relativamente all'applicazione dei fanghi di depurazione e

le soglie descritte nella letteratura scientifica, soprattutto per i macro-nutrienti non tossici (per esempio, P, K, N). L'applicazione annuale consentita dovrebbe essere stimata dopo aver valutato tutte le condizioni ambientali e la qualità del suolo. Dal momento che la maggior parte dei componenti dei reflui oleari non sono tossici ma sono importanti nutrienti (N, P, K, sostanza organica, Fe, ecc.), l'applicazione dei reflui oleari potrebbe rivelarsi positiva per la qualità del suolo e potrebbe migliorarne la fertilità.

Tuttavia lo smaltimento nel suolo dovrebbe essere regolamentato in modo severo e l'applicazione annuale andrebbe definita considerando:

- la concentrazione nel suolo di specifici elementi e sostanze;
- la concentrazione nei reflui oleari di specifici elementi e sostanze;
- le specifiche condizioni climatiche, geomorfologiche e ambientali dell'area che potrebbero condizionare il comportamento di questi elementi e sostanze nel suolo (lisciviazione, assorbimento, decomposizione ecc.);
- la quantità massima consentita per ciascun elemento e sostanza che si può smaltire sul suolo senza alterarne la qualità.

La distribuzione dei reflui oleari potrebbe aumentare significativamente il contenuto di polifenoli nel suolo e questo rappresenta un grosso limite all'uso agronomico dei reflui oleari. Tutti gli studi compiuti fino ad ora hanno evidenziato un aumento notevole del contenuto in polifenoli nel suolo dopo qualche mese dall'applicazione dei reflui (Kavadias et al., 2011). Tuttavia, in un terreno non contaminato la concentrazione dei fenoli diminuisce comunque attraverso i processi naturali di biodegradazione (Mechri et al. 2008; Nikolaidis et al. 2008). Diversi studi hanno infatti mostrato che la tossicità dovuta ai fenoli nei terreni trattati con reflui oleari tende a sparire dopo pochi mesi dall'applicazione.

Tuttavia, se si pianifica una distribuzione sul suolo, bisogna tenere presente determinate caratteristiche del comportamento dei polifenoli: essi non si spostano velocemente attraverso il profilo del suolo (Chartzoulakis et al., 2010), la loro lisciviazione è trascurabile nei suoli ricchi di carbonati e materiali argillosi, possono essere

assorbiti da componenti organico-minerali del suolo e perciò possono essere individuati in concentrazioni elevate anche a profondità di 125 cm (Sierra et al., 2007), mentre i livelli residui di polifenoli nel suolo restano alti per molti anni nel caso di applicazione di rifiuti non trattati (Feria, 2000; Mekki et al., 2006).

Oltre ai polifenoli, l'altra questione di interesse è legata ai bassi valori di pH dei reflui oleari ed anche all'impatto dell'acidità su molte proprietà fisico-chimiche e biologiche del suolo.

Per quanto riguarda il contenuto di nutrienti, i reflui oleari potrebbero essere considerati elementi nutritivi (come i fertilizzanti) e quindi la stima della quantità annuale dovrebbe attenersi alle regole generali sulla fertilizzazione del suolo, considerando le sue proprietà e gli scopi d'uso. In generale, i cambiamenti nella qualità del suolo si valutano misurando i parametri del suolo e confrontandoli con gli Standard di Qualità Ambientale in diversi intervalli di tempo, per un loro uso specifico in un'area selezionata. Il mantenimento degli Standard di Qualità Ambientale a livelli accettabili garantisce la salute degli ecosistemi del suolo.

Vista la difficoltà nel fissare dei limiti generali e considerata l'unicità di ogni specifica area o regione, bisognerebbe sviluppare linee guida che aiutino a fissare i limiti in determinate condizioni ambientali.

Perciò, anche se si può stabilire una soglia per alcuni parametri del suolo dopo aver fatto una opportuna ricerca bibliografica anche relativa alle legislazioni nazionali ed europee, bisogna sottolineare che la definizione delle soglie sarebbe più efficace e rappresentativa di ogni area target se queste soglie fossero determinate in seguito alla valutazione dei dati raccolti nelle aree di interesse, tenendo presente tutte le caratteristiche locali e i valori dei parametri del suolo a partire dai campioni di controllo.

Per quanto riguarda i polifenoli, la cui concentrazione nel suolo è di difficile valutazione e in parte non sicura per la mancanza di soglie comunemente riconosciute, si raccomanda di usare come linee guida le soglie specifiche di quel sito oppure i valori normali (Zhou, 1996; Swartjes, 1999; Sierra et al., 2001; Mekki et al., 2007; Di

Serio et al., 2008; Kawadiaz et al., 2010). I valori di soglia generali e la relativa bibliografia della maggior parte dei parametri del suolo sono inclusi nella Tabella I dell'Appendice I. Si propone pertanto agli Stati Membri di adottare questi valori come Standard di Qualità Ambientale.

Fase 4: Applicazione dei reflui oleari

Nel caso delle acque di vegetazione derivanti dai frantoi o dei rifiuti solidi destinati alla distribuzione sul suolo, il momento dell'applicazione deve essere definito considerando il livello delle precipitazioni annue, la loro intensità e la distribuzione nel corso dell'anno, la temperatura, il bilancio idrico, le proprietà e i processi del suolo, l'attività

microbiologica e la decomposizione dei reflui oleari. Il concetto di base sarebbe quindi quello di applicare i reflui oleari in periodi in cui non è prevista lisciviazione delle acque del suolo provocata dalle precipitazioni.

Fase 5: Monitoraggio del suolo

La fase successiva consiste nel monitoraggio periodico dell'impatto che l'applicazione dei reflui oleari ha sul suolo, sui corpi acquiferi e sull'ambiente, nelle specifiche condizioni bioclimatiche delle aree mediterranee, attraverso uno schema di campionamento pianificato sistematicamente, e con differenti test di eco-biotossicità.

4.5 ADOZIONE DI INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO

Il monitoraggio continuo di un'area pilota nell'ambito del progetto PROSODOL ha mostrato che non tutti i parametri misurati sono stati condizionati dallo smaltimento dei reflui oleari.

Alcuni parametri sono rimasti praticamente inalterati, o comunque i cambiamenti registrati non sono stati rilevanti rispetto ai campioni di controllo usati per il confronto (ad esempio il Ca scambiabile); altri parametri sono risultati sensibili ai cambiamenti ma i loro valori sono dipesi anche dal cambiamento di stagione e perciò sono risultati inappropriati come indicatori (per esempio Cl, NH⁴⁺, SO₄²⁻, PO₄³⁻, NO³⁻, attività microbica). Altri parametri risultavano molto variati a causa dello smaltimento dei rifiuti, ma il cambiamento è durato solo per poco tempo dopo il termine del processo di smaltimento (per esempio N, B).

Infine, ci sono parametri che hanno mostrato cambiamenti significativi in seguito allo smaltimento dei reflui oleari (per esempio materia organica, K scambiabile, Fe disponibile). La valutazione dei risultati ottenuti ha evidenziato che la degradazione del suolo nelle aree di smaltimento di reflui oleari è consistente anche per le aree non più attive o abbandonate, perciò devono essere scelti degli indicatori che coprano entrambi i casi, ossia le aree di smaltimento attive e quelle non attive o abbandonate.

Al fine di selezionare i parametri del suolo più adatti, sono state considerate quattro caratteristiche dei

dati (cioè rilevanza, comprensibilità, affidabilità e accessibilità) e sono stati presi in considerazione campioni raccolti da tutte le aree di smaltimento (sia quelle attive sia quelle non attive da molti anni) che mostrano valori più alti dei campioni prelevati all'interno delle aree testimone relativamente ai parametri misurati.

Si propongono i seguenti parametri come indicatori del monitoraggio della qualità del suolo nelle aree di smaltimento dei reflui oleari:

Conducibilità elettrica, Sostanza Organica, Azoto Totale, Polifenoli Totali, Fosforo Disponibile, Potassio Scambiabile, Ferro Disponibile, Ph del suolo (soprattutto per i terreni acidi)

Tutti questi parametri si caratterizzano come indicatori di qualità per quattro aspetti base citati (Adriaanse, 1993; OECD, 1993):

- **Rilevanza:** tutti gli indicatori si riferiscono allo smaltimento dei reflui oleari e i loro valori dipendono solo dall'attività di smaltimento, come è stato osservato durante le campagne di campionamento del progetto PROSODOL e nelle analisi effettuate su diversi campioni (di controllo e di suolo soggetto allo smaltimento) in diverse stagioni.
- **Comprensibilità:** tutti gli indicatori sono parametri del suolo in uso da diversi anni per la caratterizzazione dei suoli e quindi sono facilmente comprensibili, anche da persone non esperte.

- **Affidabilità:** gli indicatori proposti sono affidabili come provato da molte analisi del suolo, dal campionamento periodico sui medesimi siti e dalla valutazione dei dati.
- **Accessibilità dei dati:** gli indicatori forniscono informazioni tempestive e, come è stato dimostrato dal monitoraggio delle aree di smaltimento, un solo smaltimento è sufficiente ad aumentare i valori dei parametri rispetto ai campioni testimone. È stato anche sottolineato che, durante le fasi di campionamento del suolo del progetto PROSODOL, sono stati individuati siti sconosciuti e non ancora studiati che potrebbero diventare siti di smaltimento in seguito all'analisi dei parametri.

Tutti i laboratori che si occupano di analizzare il suolo effettuano analisi giornaliere sui parametri proposti quali indicatori di suolo (ad eccezione forse della determinazione del contenuto in polifenoli). Tuttavia dal momento che esistono diversi metodi di analisi sviluppati per quasi tutti i parametri del suolo, spesso i risultati ottenuti da diversi laboratori non sono confrontabili tra di loro. Per questo motivo, sono necessari metodi e procedure che assicurino la possibilità di determinare gli indicatori proposti in modo preciso, ripetibile e rintracciabile. Solo l'adozione di metodi e procedure standard garantirà infatti precisione, ripetibilità, compatibilità e rintracciabilità.

4.6 MONITORAGGIO DEGLI INDICATORI DEL SUOLO - VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Dal momento che l'analisi è semplice, gli indicatori di qualità del suolo dovrebbero essere monitorati una volta all'anno e preferibilmente prima della distribuzione dei reflui oleari. Nell'ambito di una precisa strategia di monitoraggio, i proprietari di terreni o coloro che operano la distribuzione al suolo dei reflui dovrebbero provvedere al campionamento annuale del suolo e alle analisi chimiche. In seguito, i risultati delle analisi devono essere esaminati da un esperto (per es. un agronomo) per poi inviare un report tecnico alle autorità responsabili. Questo documento, oltre ai risultati delle analisi del suolo e dei rifiuti, dovrebbe anche comprendere una descrizione dettagliata del piano di distribuzione dei rifiuti (quantità, tempistiche, attrezzatura usata). Le autorità responsabili per la raccolta e la valutazione dei risultati possono essere sia locali sia regionali, a seconda di quanto stabilito dai singoli Stati Membri. La valutazione degli indicatori di qualità del suolo all'interno di una determinata zona ecologica richiede (Arshad and Martin, 2002):

- direzione del cambiamento: positivo o negativo, aumento o diminuzione ecc.;
- livello della percentuale di cambiamento rispetto ai valori degli Standard di Qualità Ambientale o delle linee di base; livello di durata del cambiamento: mesi, anni;

- estensione della percentuale di cambiamento dell'area monitorata ossia quale porzione di area si è modificata rispetto agli indicatori considerati nel periodo in esame. A seconda dei risultati ottenuti, la autorità responsabili possono consentire o vietare lo smaltimento dei reflui oleari, mentre in caso di smaltimento continuato degli stessi sul suolo bisogna determinare la quantità massima considerando il livello di rischio dell'area. Le autorità responsabili dovrebbero quindi stabilire una strategia di monitoraggio periodico per poter identificare in qualsiasi momento ogni potenziale rischio. A questo proposito bisognerebbe creare un database specifico da aggiornare annualmente. Ciò faciliterebbe l'immediata identificazione delle aree a rischio e fornirebbe i dati relativi alla storia del sito, alle sue specifiche caratteristiche geomorfologiche locali, all'ammontare dei rifiuti smaltiti ogni anno, ai risultati delle analisi chimiche sui rifiuti e sul suolo e su ogni altro aspetto ritenuto necessario ed utile per l'effettiva protezione della qualità del suolo e del suo corretto funzionamento. Se, per qualsiasi motivo, un'area di smaltimento è a rischio di deterioramento, dopo aver valutato il livello di rischio si possono proporre delle modifiche al piano di distribuzione sul suolo, oppure le autorità possono richiedere lo sviluppo e l'applicazione di una strategia di bonifica.

5. RACCOMANDAZIONI TECNICHE E LINEE GUIDA

Nei seguenti paragrafi sono descritti gli standard tecnici. Essi possono essere utilizzati sia in termini di "Migliori Tecnologie Disponibili per la Protezione del Suolo", sia come contenuto di Appendici nelle future Direttive e negli atti legislativi. A parte le misure statutarie precedentemente menzionate, che garantiscono una gestione sostenibile delle aree di smaltimento dei reflui oleari, ci sono anche altre misure che possono essere adottate opzionalmente per facilitare le autorità locali e regionali a portare avanti controlli continui e a scegliere ed applicare la tecnica di biorisanamento più appropriata, nel caso in cui fosse richiesta una bonifica si propongono due tipi di misure:

- misure per il monitoraggio continuo delle aree di smaltimento dei reflui oleari;
- tecnologie di bonifica del suolo, adatte alle aree di smaltimento dei reflui oleari.

L'adozione combinata di queste misure con quelle statutarie garantisce un controllo integrato delle aree di smaltimento dei reflui oleari, ma soprattutto la protezione e il miglioramento della qualità del suolo in futuro. Perciò, esse soddisfano pienamente i requisiti della Comunità Europea per la protezione della qualità del suolo e sono descritte nella Strategia Tematica per la Protezione del Suolo.

5.1 AZIONI PER IL MONITORAGGIO CONTINUO DELLE AREE DI SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI

Si propongono tre diverse misure: due di queste vanno adottate dalle autorità locali e regionali (casi 3.5.1.1 e 3.5.1.2) dal momento che la loro applicazione richiede il contributo di personale qualificato e scienziati. Il terzo metodo

(caso 3.5.1.3) è adatto all'utilizzo da parte di singoli individui (per esempio i proprietari delle aree di smaltimento) ma anche dalle autorità locali, poiché è più semplice e non richiede una preparazione né una qualifica specifica.

5.2 IDONEITÀ ALLO SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI - MAPPE DEL SUOLO

Per definire le condizioni dello smaltimento dei reflui oleari sul suolo), si consiglia l'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico (GIS) per definire meglio l'applicazione dei reflui oleari sui terreni agricoli o di altro tipo, poiché nell'applicazione dei rifiuti è molto importante la precisione spaziale. L'adozione di questa misura semplificherà ulteriormente il processo decisionale e permetterà la creazione di un database di mappe GIS.

A questo scopo è necessario includere informazioni sull'area interessata, sulle proprietà del suolo e dei reflui; la variabilità del clima; l'uso del terreno e la sua gestione; possibili rischi ambientali.

L'Istituto di Scienza del Suolo di Atene (SSIA)-ELGO-DEMETER ha progettato un sistema adattabile

per la gestione geografica dei dati del suolo che è stato utilizzato in passato per alcune zone della Grecia ed è stato poi adattato alla particolare procedura dello smaltimento dei reflui oleari (Soil Science Society of America, 1986; MAFF, Dept. of Environment, 1989; Theocharopoulos et al., 1998). Il sistema richiede un'indagine iniziale completa a livello regionale (o più ampio) che comprende un campionamento sistematico dei suoli e la mappatura dei risultati.

Ogni unità di mappa è stata caratterizzata secondo i seguenti aspetti: polygon type (mappato, non mappato, mare, lago), classe di drenaggio (valutata dalla morfologia di profilo), struttura (classificata per tre profondità: 0-25

cm, 25-75 cm e 75-150 cm), ghiaia (classi), pendenza (classi), erosione (classi), carbonato di calcio (classi), ordine di suolo, subordinate e grandi gruppi, irrigabilità (disponibilità di acqua per l'irrigazione), classi di variabilità e limitazioni, precipitazioni, geologia della roccia madre.

In alcune unità di mappa sono stati registrati anche il tasso di infiltrazione, la presenza e la profondità dello strato impermeabile.

Il sistema considera le informazioni e i criteri della Tabella 5 e classifica le unità di mappa del suolo secondo gli Ordini di Idoneità (S per idoneo, N per non idoneo) e le Classi di Idoneità secondo il grado di limitazione (S1 per scarse, S2 per moderate, S3 per considerevoli limitazioni; N1 per non adatto al momento e N2 per non adatto in

modo permanente all'applicazione di rifiuti). L'applicazione o lo smaltimento dei reflui oleari direttamente sul suolo deve tenere conto di posizione, geologia, fisiografia, geomorfologia, idrogeologia, uso e struttura del suolo, consistenza, permeabilità all'acqua, coefficiente di conduttività elettrica (saturo o non saturo), porosità, presenza e profondità degli strati di suolo impermeabili. Inoltre, è necessario includere gli indicatori di qualità del suolo: pH, conducibilità elettrica, sostanza organica, azoto totale, polifenoli, potassio scambiabile, fosforo disponibile e ferro disponibile). Si raccomanda di includere anche il contenuto totale di sali, il Tasso di Assorbimento del Sodio (SAR) e gli indicatori di tossicità.

5.3 MONITORAGGIO DELLE QUALITÀ DEL SUOLO - SVILUPPO DI MAPPE DELLA DISTRIBUZIONE DEI COMPONENTI DEL SUOLO IN FUNZIONE DI TEMPO E PROFONDITÀ

Si suggerisce di sviluppare delle mappe di distribuzione dei componenti del suolo in funzione di tempo e profondità. Attraverso questo strumento, le autorità regionali e locali possono visualizzare rapidamente le aree di smaltimento, identificare i potenziali rischi, monitorare sistematicamente le aree di interesse e scegliere quali misure adottare sul campo o a livello più ampio. Questo strumento integra quindi il monitoraggio continuo delle aree di smaltimento dei reflui oleari con le attività svolte regolarmente dalle autorità regionali e locali e permette così il monitoraggio continuo di queste aree.

Tuttavia, queste pratiche richiedono la collaborazione tra i proprietari delle diverse aree di smaltimento, dal momento che la creazione e l'aggiornamento delle mappe è necessario eseguire campionamenti ripetuti in diversi punti del terreno. Lo strumento proposto usa superfici di interpolazione che mostrano la distribuzione dei diversi parametri chimici e fisici nell'area di interesse, così che l'utilizzatore può farsi rapidamente un'idea sul valore di questi parametri e sul grado di rischio presente nelle vicinanze delle aree di smaltimento. Si potrebbe anche fondare un Centro Operativo, che potrebbe

installarsi, ad esempio, nella sede di un certo Comune, dove potrebbe collaborare con il locale Ufficio di Protezione Ambientale e occuparsi di monitoraggio continuo delle aree a rischio e di consulenza scientifica per i proprietari dei terreni.

La progettazione di un particolare pacchetto software richiede il monitoraggio di un certo numero di campi di proprietà privata e inchieste basate su diversi aspetti spaziali e chimici. Perciò, si propone di eseguire una mappatura iniziale per ogni area di smaltimento dei rifiuti, tramite un campionamento eseguito in diversi siti e per almeno quattro volte (per esempio ogni due mesi). I siti di campionamento si scelgono in base alle tradizionali regole di campionamento e la procedura va eseguita in presenza di una figura qualificata che possa sovrintendere alle operazioni. I campioni di suolo raccolti devono essere analizzati in base ai parametri degli indicatori adatti per le aree di smaltimento dei reflui oleari. Le mappe create saranno usate per 5-8 anni, non oltre. Dopo questo periodo, le mappe saranno aggiornate ripetendo le operazioni di campionamento.

La creazione di superfici di interpolazione richiede

determinate informazioni relative agli intorni delle aree di smaltimento dei reflui oleari, per individuare la distribuzione dei diversi parametri chimici nell'area e farsi un'idea della loro possibile diffusione e del livello di rischio. Esistono diversi algoritmi di interpolazione che possono essere impiegati per la mappatura di specifici parametri, ma tra tutti si propone il metodo IDW (Inverse Distance Weighting) che calcola i valori di cella in base alla distanza, poiché questo metodo è l'unico che ha effetti secondari limitati (per es. l'effetto "ad occhio di bue" intorno ai punti di campionamento isolati, i trend estremi a distanza delle aree di campionamento, ecc).

Questo tipo di applicazione permette:

- Selezione del tipo di misurazione - L'utilizzatore sceglie il nome del parametro chimico per poter vedere la corrispondente mappa di superficie modificata;
- Selezione della profondità - L'utilizzatore può

scegliere a quale profondità del suolo indagare il parametro chimico scelto. Poi l'utilizzatore può inserire l'informazione ottenuta, e l'applicazione della mappa riporta i dati necessari e mostra la corrispondente mappa di superficie di interpolazione;

- Navigazione Controllata - L'utilizzatore può muoversi all'interno della mappa attraverso la navigazione controllata, in ogni direzione, angolo, panoramica e zoom, potendo usare diverse prospettive;
- Scorrere del tempo - Sulla mappa di Google si può vedere un'animazione della mappa dell'area di interpolazione in diversi momenti di tempo;
- Scala del Rischio - Legenda - Quando si carica la macchina della superficie di interpolazione viene mostrata la corrispondente scala del grado di rischio per il parametro selezionato.

5.4 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO - SOFTWARE PER IL MONITORAGGIO DEL SUOLO DA PARTE DEGLI UTILIZZATORI DEL TERRENO E DEGLI INQUINATORI

Esiste anche una versione più semplice dello strumento applicativo, indicata soprattutto per i soggetti singoli quali i frantoiani, i proprietari delle aree di smaltimento e gli agricoltori che impiegano i reflui oleari per l'irrigazione o la fertilizzazione o anche solo per la distribuzione sul suolo.

Questo strumento aggiuntivo dà agli interessati la possibilità di monitorare periodicamente la qualità del suolo nei propri terreni, individuare per tempo i potenziali rischi e intraprendere provvedimenti appropriati in collaborazione con le locali autorità responsabili.

Questo strumento non si propone come obbligo statutario ma sarebbe comunque molto utile da inserire tra gli obblighi dei proprietari delle aree di smaltimento nei confronti delle autorità locali o regionali. Perciò, i proprietari possono comunicare annualmente all'autorità locale responsabile i risultati di output così da ottenere consigli specifici sulla gestione della proprietà.

Lo strumento è un software di facile utilizzo (disponibile per il download dal sito del

progetto PROSODOL (<http://www/prosodol.gr/?q=node/3455>) e non necessita di preparazione specifica per essere applicato correttamente sul campo.

Lo strumento applicativo richiede un campionamento periodico del suolo nei siti predefiniti e la misurazione degli indicatori di qualità del suolo.

L'utilizzatore inserisce i valori di misurazione nei diversi intervalli di tempo e osserva la variazione dei valori nel tempo. I risultati sono indicati tramite specifici diagrammi che presentano bandierine arancioni e rosse a seconda del livello di allerta da segnalare. Si possono inserire più aree di smaltimento e poi i dati possono essere estratti in formato Excel ed essere utilizzati per altri scopi.

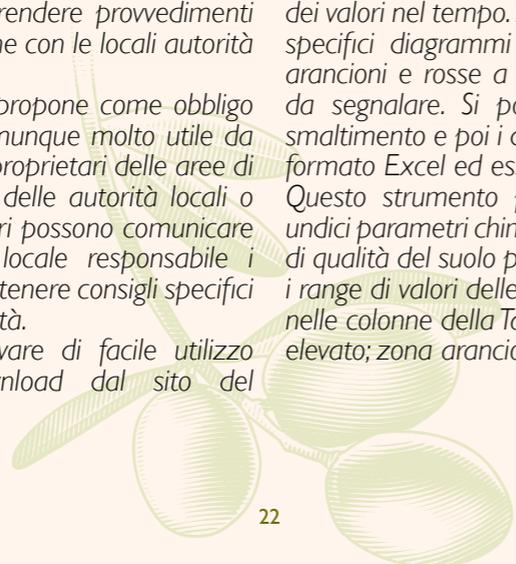
Questo strumento permette il monitoraggio di undici parametri chimici del suolo, cioè gli indicatori di qualità del suolo più Ni totale, Cr e Mo. I limiti e i range di valori delle zone a rischio sono mostrati nelle colonne della Tabella 6 (zona rossa - rischio elevato; zona arancione: rischio moderato).

Parametri del Suolo	Zona arancione	Zona rossa	Limiti	Riferimenti
Conducibilità Elettrica, (mS/cm)	>2-4	>4	0.2-40	CCME, 2007; MAAF, 1988; Ilaco, 1985
Sostanza Organica (%)	> 5.0	>20	0.05-55	MAAF, 1988; Ilaco, 1985; Couwenberg, 2009
Fenoli Totali, (mg/kg)	>40	>150	0.1-700	CLEA, 2005; Swartjes, 1999
Azoto Totale (%)	> 0.3		0.02-3.00	MAAF, 1988; Ilaco, 1985
P-Olsen Totale (mg/kg)	29-59	5-40 (40-100)	1-500	MAAF, 1988; Ilaco, 1985; Carrow et al., 2004; McDowell et al., 2002
K scambiabile (cmol/kg)	>1.2-2.0	>2.0	0.1-30	MAAF, 1988; Ilaco, 1985; Marx et al., 1999
Fe Disponibile (mg/kg)	>20-40	>100	1-400	Mitra et al., 2009; Abreu et al., 2005
Cr Totale (mg/kg)	64-200	>200	5-1,000	EA, 2001; Komnitsas et al., 2010
Ni Totale (mg/kg)	30-100	>100	5-500	Swartjes, 1999; Kabata-Pendias and Pendias, 1994; Linzon, 1978; Council Directive 86/278/EEC; Pollak and Favoino, 2004
Mo Totale (mg/kg)	3-4	>4	1-200	Swartjes, 1999; Kabata-Pendias & Pendias, 1994; Pollak & Favoino, 2004
pH	>8.0	>8.5	4.0-9.5	CCME, 2007;

Tabella 6: Parametri di soglia che possono essere monitorati con lo strumento applicativo di monitoraggio e i rispettivi range di valori delle zone a rischio

Per poter valutare il grado di rischio nelle vicinanze di un'area di smaltimento dei rifiuti, l'utilizzatore deve assegnare dei valori a tutti o ad alcuni parametri chimici sovrastanti, e poi procedere alla valutazione grafica tramite diagramma

cartesiano. Il software e il corrispondente manuale (in inglese, greco, italiano e spagnolo) sono scaricabili senza alcun costo aggiuntivo sul sito internet del progetto: www.prosodol.gr.



5.5 BONIFICA DEL SUOLO

In accordo con la Strategia Tematica per la Protezione del Suolo (COM (2006) 231 final), occorre prendere dei provvedimenti per assicurare un uso sostenibile del suolo. In funzione di quanto detto, gli Stati Membri dovrebbero stabilire delle misure di sicurezza nelle aree in cui è stato identificato un rischio elevato di degrado del suolo, e conformarsi quindi con i requisiti espressi nella Strategia: "ripristinare i suoli degradati ad un livello di funzionalità coerente con l'uso corrente e l'uso previsto, considerando anche i costi di recupero del suolo". Inoltre, anche le aree a rischio moderato potrebbero essere soggette ad una bonifica ma questa decisione spetta solo alle autorità locali o regionali responsabili; inoltre vi sono molti altri fattori da tenere in considerazione, oltre al livello di rischio valutato.

Fino ad ora non è stata sviluppata alcuna specifica tecnica per la bonifica delle aree di smaltimento dei reflui oleari. Nell'ambito del progetto PROSODOL, sono stati sviluppati due metodi poi applicati in un'area pilota sull'isola di Creta, nel Sud della Grecia. La valutazione dei risultati

ha rivelato che entrambi i metodi sono adatti alle aree di smaltimento dei reflui oleari, purché applicati correttamente e sotto controllo tecnico e scientifico da parte di personale qualificato. Queste tecniche sono (a) il biorisanamento e (b) l'applicazione di zeolite naturale, principalmente clinoptilolite.

Tuttavia va sottolineato che, anche se efficace, ciascuna tecnica si rivolge a diverse proprietà del suolo e a diversi contaminanti, e l'applicazione di una certa tecnica dipende da problemi specifici registrati nelle aree oggetto dell'indagine.

Il biorisanamento è diretto a inquinanti organici quali i polifenoli, mentre l'applicazione di zeolite è diretta ai componenti inorganici del suolo.

Tenendo presente ciò, risulta possibile applicare entrambe le tecniche alla stessa area di smaltimento, iniziando comunque dal biorisanamento.

Per quanto riguarda la qualità del suolo, un'applicazione efficace delle due metodologie dipende dal rispetto delle linee guida qui proposte e dal monitoraggio periodico della loro efficacia.

5.5.1 BIORISANAMENTO

Nel biorisanamento i microrganismi metabolizzano i contaminanti attraverso un processo riduttivo o ossidante. Il biorisanamento si avvale di tecniche abbastanza semplici e di costo contenuto, che sono generalmente codificate e possono essere condotte sul campo. Tuttavia, il biorisanamento non è sempre la tecnica adatta e per questo è necessario condurre degli studi per capire se i contaminanti organici possono essere biodegradati dai microrganismi del suolo e se il livello residuo dei contaminanti è accettabile (Vidali, 2001).

In condizioni favorevoli i microrganismi possono metabolizzare completamente i contaminanti organici e trasformarli in sottoprodotti non tossici, quali l'anidride carbonica, l'acqua o gli acidi organici e il metano (USEPA 1991).

In generale, l'applicazione della tecnologia di biorisanamento comprende tre fasi:

1. studi di fattibilità per individuare il potenziale biorisanamento del sito di interesse
2. applicazione della tecnologia di biorisanamento
3. monitoraggio dell'efficacia

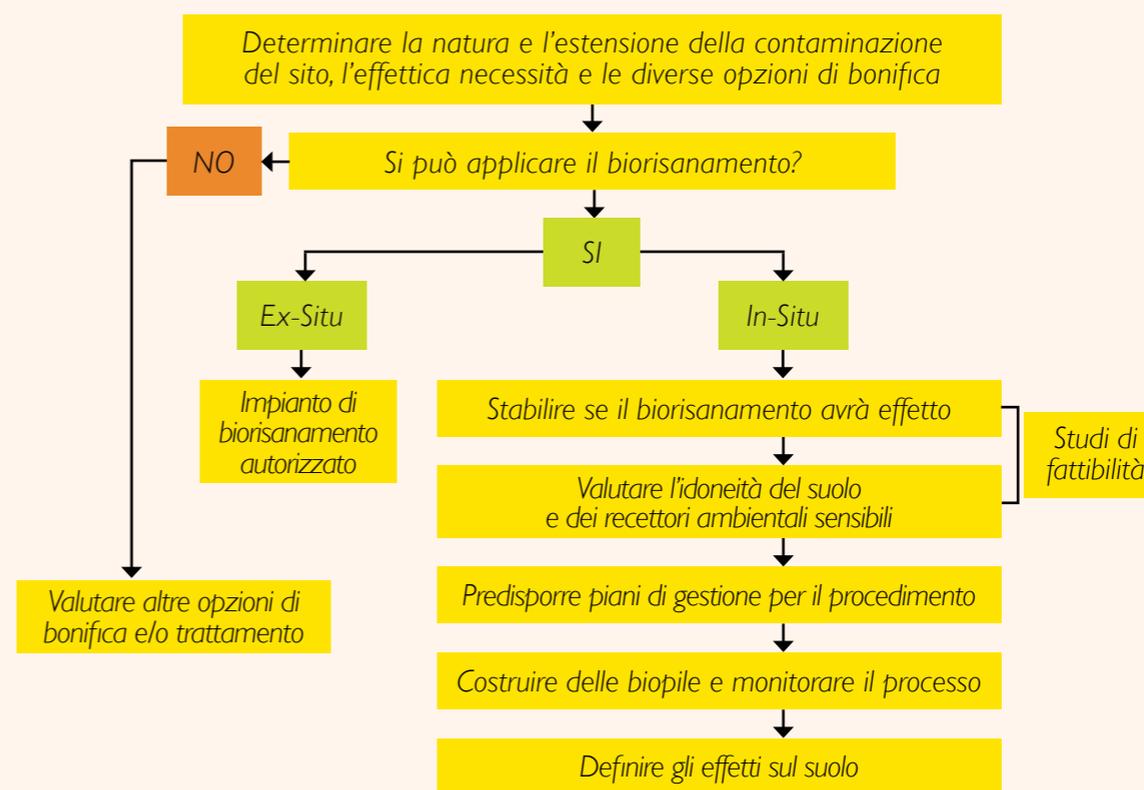
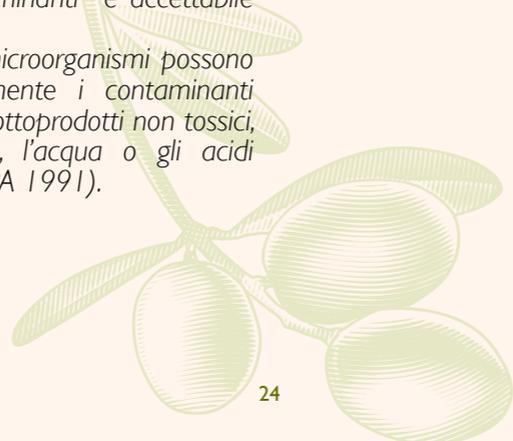


Figura 2: Strategia per le attività di biorisanamento



5.5.2 STUDI DI FATTIBILITÀ

In genere, il biorisanamento può essere usato su ogni tipo di suolo con un contenuto di umidità adeguato, anche se è difficile fornire ossigeno e nutrienti in suoli a bassa permeabilità.

Bisogna notare, comunque, che le concentrazioni molto elevate di contaminanti possono essere tossiche per i microorganismi e perciò possono inibire la loro attività. In questi casi, quando sono coinvolti siti molto contaminati, il biorisanamento può non essere la migliore opzione di bonifica. Perciò, prima dell'applicazione, sono necessari studi di fattibilità per stabilire se il biorisanamento è una strada percorribile per quel sito specifico, per quel tipo di suolo e di contaminanti (Aggarwal et al. 1990).

Per stabilire il potenziale del biorisanamento su un sito contaminato con rifiuti organici, si richiedono studi di trattabilità per fornire informazioni specifiche riguardanti il tasso potenziale e l'estensione del biorisanamento, il destino e il comportamento degli inquinanti organici sul suolo superficiale e in zone insature più profonde.

Gli studi di trattabilità comprendono studi sul campo e in laboratorio. Nella **Figura 3** è presentato un diagramma di flusso che determina il potenziale di biorisanamento di un sito contaminato con reflui oleari.

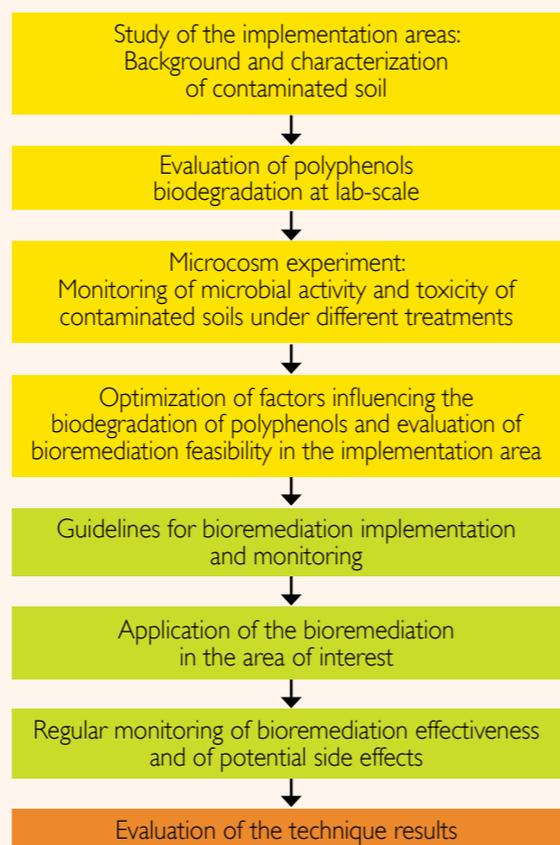


Figura 3: Diagramma di flusso per determinare il potenziale di biorisanamento delle aree di smaltimento dei reflui oleari.

Una descrizione adeguata del sito, che comprenda le caratteristiche fisico-chimiche del suolo, l'idrologia di subsuperficie, e le caratteristiche microbiologiche, è la base per la progettazione razionale di un sistema di biorisanamento.

Le caratteristiche del sito e del suolo che dovrebbero essere considerate e valutate prima dell'applicazione del biorisanamento sono elencate in **Tabella 7**.



26

Caratteristica	Parametro
Collocazione del sito, topografia, pendenza	
Tipo di suolo ed estensione	
Proprietà del profilo del suolo	Caratteristiche al contorno Profondità Consistenza* Struttura* Colore Grado di screziature Densità apparente Contenuto e tipo di argilla Capacità di scambio cationico* Contenuto di sostanza organica* pH* Eh* Stato di areazione*
Proprietà e condizioni idrauliche	Curva caratteristica dell'acqua nel suolo Capacità del terreno/ punto di avvizzimento permanente Capacità di ritenzione dell'acqua* Permeabilità Tasso di infiltrazione Profondità dello strato impermeabile o roccioso Profondità dell'acqua di falda*, comprese le variazioni stagionali Frequenza di allagamento Deflusso potenziale*
Fattori geologici e idrogeologici	Caratteristiche geologiche della subsuperficie Modelli e caratteristiche del flusso delle acque di falda
Dati meteorologici e climatici	Velocità e direzione del vento Temperatura Precipitazioni Disponibilità idrica

*Fattori che possono essere gestiti per migliorare il trattamento del suolo attraverso il biorisanamento

Tabella 7: Caratteristiche del sito e del suolo importanti per l'applicazione del biorisanamento

5.5.3 REALIZZAZIONE DEL BIORISANAMENTO

La realizzazione del trattamento deve essere condotta sotto la supervisione delle autorità locali e di personale qualificato.

Il piano operativo dovrebbe comprendere un'areazione anticipata del sito, l'aggiunta di nutrienti e acqua, nonché dovrebbe essere condotto regolarmente il monitoraggio dell'efficacia dell'implementazione.

La strategia complessiva potrebbe essere potenzialmente modificata sulla base dei risultati del monitoraggio regolare del suolo che deve essere trattato.

Il piano dovrebbe anche tenere conto delle variazioni stagionali a temperatura ambiente e delle precipitazioni. In generale, l'areazione e le applicazioni di acqua e nutrienti dovrebbero essere più frequenti nei mesi asciutti e caldi.

C'è anche la possibilità, a seconda delle condizioni locali, di usare specifici coperture del suolo (per esempio plastica o tessuto non tessuto) per proteggere l'area. In tal caso, lo stato della copertura deve essere monitorata periodicamente per assicurare che rimanga al suo posto e che sia priva di strappi, lacerazioni o buchi.



27

5.5.4 MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DEL BIORISANAMENTO IN SITU

Gli obiettivi specifici di un programma di monitoraggio sono i seguenti:

- assicurarsi di aver degradato, disintossicato o reso inattivi come previsto i componenti pericolosi o tossici dei suoli contaminati;
- monitorare il livello di degradazione dei componenti deteriorabili;
- assicurarsi che gli inquinanti non raggiungano le acque per ruscellamento o infiltrazione;

- determinare eventuali modifiche ai processi di trattamento necessarie per il mantenimento e l'efficacia del trattamento (per es. il livello di pH del suolo è appropriato? La consistenza del suolo necessita di modifiche? ecc).

Un programma di monitoraggio completo comprende i mezzi indicati in **Tabella 8** (tratti da US-EPA, 1983).

Mezzi da monitorare	Scopo
Suolo nella zona trattata	Determinare l'estensione del degrado, della trasformazione e dell'immobilizzazione; stato del pH e dei componenti nutritivi e ogni altro fattore o sostanze che possono condizionare l'esecuzione e l'efficacia del trattamento
Suolo profondo (zona non satura)	Determinare gli agenti inquinanti a bassa mobilità
Fluidi all'interno dei pori del terreno (zona non satura)	Determinare i composti ad alta mobilità
Acqua sotterranea	Determinare i composti mobili
Acqua di deflusso	Determinare la migrazione fuori dal sito degli inquinanti solubili, sospesi o assorbiti.
Aria	Determinare i pericoli per la salute umana

Tabella 8: Requisiti di un programma di monitoraggio completo

La persona autorizzata a sovrintendere a tutti i lavori sul campo necessari dovrebbe fornire una descrizione dettagliata del piano di monitoraggio e comprendere il monitoraggio del suolo in trattamento per ridurre gli inquinanti e controllare le condizioni di biodegradazione (e.g., CO₂, O₂, CH₄, H₂S), il monitoraggio dell'aria per verificare l'emissione di vapori (se vi sono componenti volatili), il monitoraggio del suolo e delle acque

di falda per individuare la potenziale migrazione dei componenti e il campionamento dell'acqua di deflusso (se applicabile) per ottenere i permessi di scarico. Il metodo per la raccolta del suolo, il numero di campioni raccolti e la posizione dei punti di campionamento devono sottostare alle regolamentazioni nazionali.

Nella **Tabella 9** è mostrato un tipico esempio di piano di monitoraggio.

Mezzi da monitorare	Frequenza di campionamento	Parametri da analizzare
Suolo in trattamento	Da una volta al mese a una volta ogni tre mesi durante il periodo di biorisanamento.	Popolazione batterica, concentrazione degli inquinanti, pH, ammoniaca, fosforo, contenuto di umidità, altre condizioni limitanti
Aria	Durante le prime due areazioni, una volta ogni tre mesi per soddisfare le richieste di qualità dell'aria	Componenti inquinanti volatili, particolato
Acqua di deflusso	Come richiesto dalla legislazione nazionale	Componenti solubili o sospesi come specificato dalla legislazione nazionale
Suolo di orizzonti più profondi	Una volta ogni tre mesi o due volte durante il periodo di biorisanamento	Componenti pericolosi
Acqua di falda	Annualmente durante il periodo di biorisanamento	Componenti solubili e pericolosi

Tabella 9: Piano di Monitoraggio Tipico per l'applicazione del Biorisanamento

5.5.5 APPLICAZIONE DI ZEOLITE

Le Zeoliti sono materiali (naturali e sintetici) nei quali i tetraedri (SiO₄)⁴⁻ e (AlO₄)⁵⁻ sono legati con atomi di ossigeno formando strutture ad anello le quali, a loro volta, sono legate risultando in una struttura tridimensionale complessiva che contiene canali e cavità "a nido d'ape". Pertanto esse costituiscono setacci molecolari ideali e consentono di raggiungere un alto livello

di selettività durante la catalisi e lo scambio ionico (Shaw, 1992). In molte zeoliti queste strutture sono aperte, così i cationi e le molecole di acqua contenute nelle cavità e nei canali possono muoversi liberamente.

Questo movimento facilita lo scambio cationico e la fuoriuscita dell'acqua (Dyer, 1995).

5.5.6 CLINOPTILOLITE

La clinoptilolite è in grado di preservare e migliorare la qualità dell'aria, dell'acqua, dei rifiuti solidi e delle acque di vegetazione.

Come altre zeoliti naturali, la clinoptilolite è stata studiata a fondo per capire come sfruttarla in diverse applicazioni, tra cui la protezione, il miglioramento e il risanamento della qualità del suolo. Diversamente da altri ammendanti del suolo (per esempio la calce), le zeoliti non si degradano nel tempo ma restano nel suolo e migliorano la ritenzione dei nutrienti.

Perciò, si prevede che l'aggiunta di clinoptilolite nel suolo riduca la necessità di acqua e di fertilizzante grazie alla ritenzione dei nutrienti nella zona delle radici, mentre la loro struttura porosa aiuta a mantenere il suolo umido e areato. Le zeoliti sono in parte alcaline e aiutano il tamponamento del suolo nel caso di smaltimento nel suolo di rifiuti acidi (come i reflui oleari). Nella letteratura scientifica sono stati pubblicati diversi studi relativi all'applicazione delle zeoliti per la bonifica del suolo.

Dal momento che tendono ad avere una capacità di scambio cationico (CSC) elevata, le zeoliti sono state scelte per la bonifica dei metalli nei terreni e negli effluenti.

In generale, la stabilizzazione dei metalli nel

terreno è dovuta all'aumento della CSC del suolo e all'aumento del pH provocato dall'aggiunta delle zeoliti.

L'aumento di pH favorisce l'assorbimento dei metalli e la formazione di idrossidi metallici insolubili.

5.5.6 TOSSICITÀ DEL SODIO DOVUTA ALL'APPLICAZIONE DI ZEOLITI NEL SUOLO

Diversi studi hanno mostrato che l'aggiunta di zeolite potrebbe causare un rilascio di ioni di Na, aumentando così la salinità del suolo (Geebelen et al., 2002; Coppola et al., 2003).

Di conseguenza è possibile che durante il processo di bonifica di terreni contaminati o degradati si verifichi una "tossicità da Na" nei terreni circostanti.

5.5.7 APPLICAZIONE NELLE AREE DI SMALTIMENTO DI REFLUI OLEARI

Prima dell'applicazione della clinoptilolite è necessario effettuare indagini preliminari sul terreno. In modo particolare, l'area di smaltimento deve essere resa omogenea fino ad almeno 25 cm di profondità. Le pietre dovrebbero essere rimosse.

Una dose corretta di clinoptilolite può essere considerata al 5% p/p rispetto al terreno nel caso non vi sia ulteriore smaltimento di reflui oleari.

Il 5% corrisponde a circa 150 t/ha. Si raccomanda di scegliere clinoptilolite di granulometria ridotta poiché è la più efficace ed è più facile da distribuire.

È bene usare una miscela di clinoptilolite in granuli

di diverse dimensioni (in polvere e aventi diametro compreso tra 0.8mm e 2.5 mm).

La clinoptilolite dev'essere distribuita in modo omogeneo e ben lavorata all'interno del suolo.

Dopo l'applicazione, può essere necessario irrigare periodicamente per evitare una lisciviazione eccessiva del sodio. La quantità d'acqua dev'essere definita in base alle infiltrazioni totali nette, alle proprietà chimiche dell'acqua e alle proprietà del suolo (per esempio la densità apparente, il contenuto di umidità, la conducibilità elettrica, la consistenza, i cationi scambiabili).

5.5.8 MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO

La qualità del suolo dovrebbe essere monitorata annualmente. I campioni dovrebbero essere esaminati in funzione degli otto indicatori del suolo proposti.

Come si è detto prima, il contenuto in Na delle zeoliti può rappresentare un limite per la sua applicazione a causa della lisciviazione del Na che potrebbe portare ad un'eccessiva concentrazione di tale elemento nel suolo. Tuttavia l'applicazione della zeolite nell'area pilota del progetto PROSODOL e il conseguente monitoraggio del suolo hanno rivelato che la concentrazione di Na scambiabile resta alta per un breve periodo (circa due mesi dopo l'applicazione), ma si prevede che trascorso tale periodo si riduca gradualmente.

Si raccomanda quindi di includere il Sodium Adsorption Ratio (SAR) e la Percentuale di Sodio Scambiabile (ESP) nel regolare monitoraggio del suolo. I campioni di suolo dovrebbero essere analizzati in modo particolare dopo l'applicazione di zeolite in funzione di SAR e ESP ogni due mesi e per i primi sei mesi dall'applicazione. Nel caso in cui i valori di SAR e ESP dovessero eccedere i limiti superiori (13cmol/kg1/2per SAR e 15% di ESP) per più di tre campionamenti consecutivi allora bisognerà mettere in pratica un piano di correzione, che può comprendere l'irrigazione periodica del suolo al fine di dilavarlo.

5.5.9 BENEFICI PREVISTI

La clinoptilolite può avere i seguenti effetti positivi:

- contenuto di Sostanza Organica nel suolo. Si prevede che l'uso di clinoptilolite come ammendante del suolo aiuti a stabilizzare la quantità di sostanza organica presente nel suolo e a mantenerla su valori costanti.

Quest'azione è dovuta al miglioramento dell'aerazione del suolo e quindi alla conseguente migliore capacità dei microorganismi di contribuire alla biodegradazione della sostanza organica;

- azoto totale. L'effetto della zeolite sull'azoto totale è simile a quello che ha sul contenuto di sostanza organica;

- fosforo disponibile. Si prevede una riduzione di P disponibile dopo l'applicazione della zeolite;

- potassio scambiabile e metalli disponibili nel suolo (Fe, Cu e Mn). Si prevede un aumento di potassio scambiabile e di metalli disponibili nel suolo. L'aumento è dovuto alla ritenzione delle specie ioniche da parte della clinoptilolite. Tuttavia l'aumento non è dovuto all'incremento di questi elementi nelle particelle del terreno ma all'interno della struttura della zeolite. Quindi l'aumento non comporta un incremento della lisciviazione di K, Fe, Mn e Cu ma porta ad un loro rilascio graduale dalla zeolite nel suolo, contribuendo quindi al miglioramento della qualità del suolo;

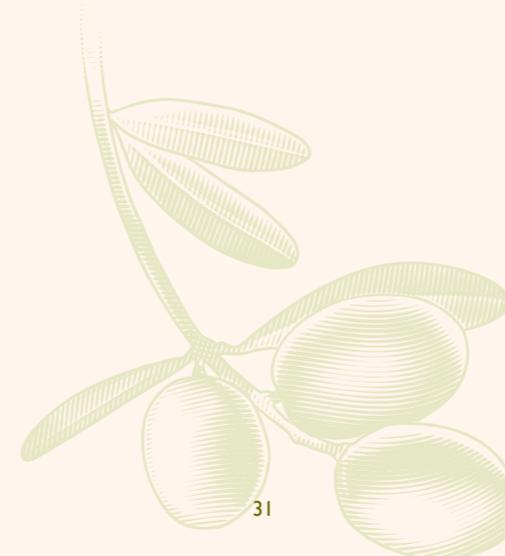
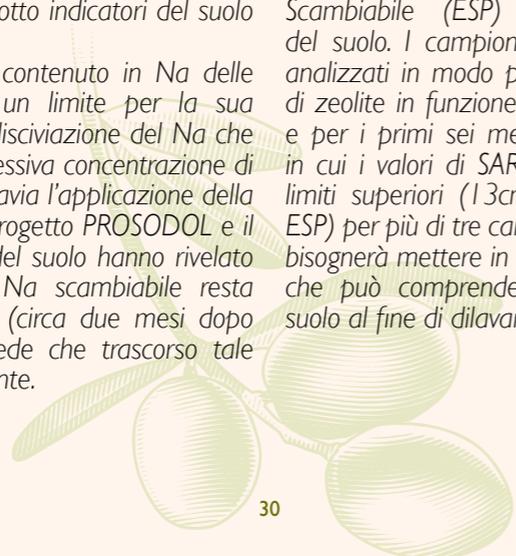
- si prevede una riduzione della Conducibilità Elettrica del suolo (CE), dovuta alla ritenzione

degli ioni nella struttura della zeolite. Perciò, nonostante l'aumento di K scambiabile e del contenuto di metalli disponibili nel suolo, questi elementi non aumentano la conducibilità elettrica nel suolo perché gli ioni sono trattenuti nella/sulla struttura della zeolite.

- pH del suolo. Nel caso di terreni acidi e poveri di CaCO₃, si prevede che l'aggiunta di clinoptilolite migliori la capacità di eliminare l'acidità propria dei reflui oleari.

Al tempo stesso però non sono previsti effetti consistenti sul contenuto dei polifenoli; per questo motivo si propone l'uso combinato del biorisanamento e dell'applicazione della zeolite in terreni degradati oggetto di smaltimento di reflui oleari, iniziando comunque dal biorisanamento. Si prevede quindi che durante il biorisanamento i polifenoli si decompongano; successivamente l'applicazione di zeolite assicurerà la riduzione e la stabilizzazione del contenuto in sostanza organica, azoto e fosforo e allo stesso tempo regolerà la concentrazione del K e dei metalli disponibili.

Inoltre, la clinoptilolite può essere usata come additivo del suolo per non oltre il 2% p/p nel caso di reflui oleari usati per l'irrigazione, per aiutare i terreni (soprattutto quelli ricchi di sabbia) a trattenere i nutrienti e ad aumentare la capacità di scambio cationico, proprietà che normalmente si riduce a causa dell'acidità dei reflui oleari.



APPENDICE I: LIVELLI CRITICI DI ALCUNE IMPORTANTI PROPRIETÀ DEL SUOLO

Proprietà del suolo	Quantità normale / media	Alto	Molto alto	Eccessivo	Note
pH	6-8 [1]				
Conducibilità elettrica (CE)		2,0 mS/cm [1]		> 4,0 mS/cm(*) [2-5]	(*)soglia di qualità del suolo
Sostanza organica (SO)	> 3,4% [6]	> 5% [2-5]			
Azoto totale Kjeldahl (N)		> 0,3 % [2-5]			
Fosforo assimilabile (P) - Olsen	12-28 mg/kg [7]	40-50 mg/kg [2-5] >33-36 mg/kg [8] >59 [9] > 60 mg/kg [20]			Alta mobilità potenziale
Magnesio scambiabile (Mg)	1,2-2,2 cmol/kg [7]		> 2,2 cmol/kg(**) [2-5]		Effetti negativi sulla qualità del suolo (**)Squilibri nutritivi dovuti alla competizione col Mg
Potassio scambiabile (K)	0,26-0,60 cmol/kg [7]		> 1,2 cmol/kg [2-5]	> 2,0 cmol/kg [10]	
Calcio scambiabile (Ca)	2,5-3,8 cmol/kg [7]		> 20 cmol/kg [2-5]		
Ammonio estraibile (NH4+)		28-280 mg/l			
Fenoli		Valore target: 0,05 mg/kg			
		Valore di intervento: 40 mg/kg			
Boro solubile in acqua calda (B)	0,5-1,5 mg/kg [7]	1,6-3,0 mg/kg [11]		> 3 mg/kg [11]	Per suoli con consistenza da media a pesante
				> 2-3 mg/kg(***) [12] > 5 mg/kg(***) [13]	(***)fitotossicità
Rame disponibile (DTPA-Cu)		> 3,0 mg/kg [2-5]	> 3,0 mg/kg [2-5]		(****)potenziale fitotossicità
Ferro disponibile (DTPA-Fe)			> 50 mg/kg 25-60 mg/dm3 [14]		
Manganese disponibile (DTPA-Mn)			> 50 mg/kg [2-5] 10-50 mg/dm3 [14]		
Zinco disponibile (DTPA-Zn)			> 8,1 mg/kg-1 [2-5] 2,4-15 mg/dm3 [14]	> 130 mg/dm3 [12]	

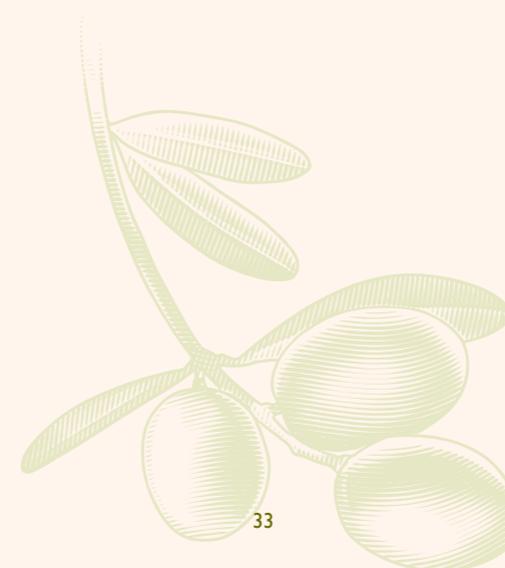
Tabella 1. Livelli critici di alcune fondamentali proprietà del suolo.



32

Proprietà del suolo	Livello medio/normale	Elevato/ricco	Molto alto	Eccessivo	Commenti
NO ₃ -N NO ₃ residuo			20-30 mg/kg [10] 88-132mg/kg	>30 mg/kg [10] >132 mg/kg	
NO ₃ ⁻ in soluzione di suolo	2-60 mg/l [10]				Average range
SO ₄ ²⁻ in lisciviazione del suolo		144-150 mg/l [16]			Soglia di Qualità del Percolato
SO ₄ ²⁻ -S nel suolo	>10 ppm [10] o >30 ppm as SO ₄ ²⁻				
Cl in lisciviazione del suolo		160-200 mg/l [16]			Soglia di Qualità del Percolato
Cl- nel suolo	4-8 ppm [10]	>8 ppm [10]			
NH ₄ ⁺ in lisciviazione del suolo			> 10 mg/L [17]		Soglia di Qualità del Percolato
NH ₄ -N nel suolo	2-10 ppm [10] o fino a 128 ppm in NH ₄ ⁺ form				
NH ₄ ⁺ estraibile		28-280 mg/l [18]			
Fenoli		Valore target : 0,05 mg/kg [19]			< valore target: suolo pulito; < valore target < valore di intervento: suolo leggermente contaminato; > valore di intervento: suolo contaminato
		Valore di intervento 40 mg/kg [19]			

Tabella 2. Livelli critici di alcune proprietà del suolo.



33

BIBLIOGRAFIA

- Abreu, C.A., Raji, B., Abreu, M.F., González, A.P. 2005. Routine soil testing to monitor heavy metals and boron. *Scient. Agric.*, 62, 564-571.
- Adriaanse, A. (1993). *Environmental Policy Performance Indicators*. SDV Publishers, The Hague.
- Aggarwal, P.K., Means, J.L., Hinchee, R.E., Headington, G.L., and Gavaskar, A.R. (1990) "Methods to Select Chemicals for In-Situ Biodegradation of Fuel Hydrocarbons," Air Force Engineering and Services Center, Tyndall AFB, FL.
- Arshad, M.A., Martin, S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-systems. *Agric. Ecosys. Environ.*, 88, 153-160.
- Cabrera F., Lopez R., Martinez-Borditi A., Dupuy de Lome E., Murillo J.M. (1996), Land Treatment of Olive Oil Mill Wastewater, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 215-225.
- Carrow, R.N., Stowell, L., Gelernter, W., Davis, S., Duncan, R.R., Skorulski, J. 2004. Clarifying soil testing: III. SLAN sufficiency ranges and recommendations. *Golf Course Manag.*, 72, 194-198.
- Casa R., D'Annibale A., Pieruccetti F., Stazi S.R., Giovannozzi G., Lo Cascio B. (2003), Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability, *Chemosphere* 50, 959-966.
- CCME 2007. *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou M., Stefanoudaki, E. 2010. Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment. *Agric., Ecosys. Environ.* 138, 293-298.
- CLEA, Contaminated Land Exposure Assessment (project) 2005. *SGV8, Soil Guidelines Values for Phenol Contamination*, R&D publications.
- Coppola, E.I., Battaglia, G., Bucci, M., Ceglie, D., Colella, A., Langella, A., Buondonno, A., Colella, C. (2003). Remediation of Cd- and Pb-polluted soil by treatment with organozeolite conditioner, *Clays and Clay Minerals*. 2003; 51: 609-615.
- Couwenberg, J. 2009. Emission factors for managed peat soils (organic soils, histosols). An analysis of IPCC default values Greifswald University Wetlands International, Ede, www.wetlands.org, UN-FCCC meeting, Bonn, June 2009.
- Daly, D. 2004. *Groundwater at Risk in Ireland - Putting Geoscientific Information and Maps at the Core of Land Use and Environmental Decision-making*, John Jackson Memorial Lecture, Royal Dublin Society, November 2004.
- Di Serio, M.G., Lanza, B., Mucciarella, M.R., Russi, F., Iannucci, E., Marfisi, P., Madeo, A. 2008. Effects of olive mill wastewater spreading on the physico-chemical and microbiological characteristics of soil. *Int. Biodeter. Biodegr.*, 62, 403-407.
- Dyer, A. (1995). *Mineral Surfaces*, Vaughan, D.J., Patrick, R.A.D. (Eds), Chapman & Hall: London, UK., pp. 333-354.
- EC-DG (2001) *Survey of wastes spread on land, Final Report*, European Commission, Directorate-General For Environment.
- ECOIL (2005), LIFE+ project, "Life Cycle Assessment (LCA) as a Decision Support Tool (DST) for the ecoproduction of olive oil", Deliverable 2, TASK 1, Recording and assessment of the existing situation, Chania, Greece.
- EPA (2004), *Landspreading of Organic Waste, Guidance on Groundwater Vulnerability Assessment of Land*, Environmental Protection Agency, Ireland.
- Feria, A.L. 2000. The generated situation by the O.M.W. in Andalusia, *Actas/Proceedings-Workshop Improlive, Annex A1*, 55-63. FAIR CT96 1420.
- Geebelen, W., Vangronsveld, J., Adriano, D.C., Carleer, R., Clijsters, H. (2002). Amendment induced immobilization of lead in a lead spiked soil: Evidence from phytotoxic studies. *Water, Air, Soil Pollution*, 140, 261-277.
- Ilaco, B.V. 1985. *Agricultural Compendium, For Rural Development in the Tropics and Subtropics*. Elsevier.
- IMPEL (2003), *Olive Oil Project, European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law (IMPEL)*, EU.
- IPPC BREF (2006) *Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries*, European Commission.
- IPPC BREF (2006b) *Integrated Pollution Prevention and Control, Member States' national legislation and standards, Additional information provided by the TWG of the "Food, Drink and Milk Industries BREF"*, European Commission.
- ISO 11268-1:1993: *Soil quality – Effects of pollutants on earthworms (Eisenia fetida) – Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrate*.
- ISO 14238:1997. *Soil quality – Biological methods – Determination of nitrogen mineralization and nitrification in soils and the influence of chemicals on these processes*.
- ISO 14240-1:1997. *Soil quality - Determination of soil microbial biomass – Part 1: Substrate-induced respiration method*.
- ISO 22030:2005. *Soil quality - Biological methods – Chronic toxicity in higher plants*.
- JHACE, *Journal of the Hellenic Association of Chemical Engineers*, Issue n. 203, 6-10, 2012.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 1994. *Trace elements in soils and Plants*. CRC Press, Inc. Florida, USA.
- Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P., Avramaki C.H., Angelakis A.N. (2006), Olive mill wastewater management in river basins: A case study in Greece, *Agricultural Water Management* 82, 354-370.
- Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P., Crowther J.C. (2008), Olive oil history, production and by-product management, *Rev Environ Sci Biotechnol*, 7:1-26.
- Kavadias, V., Komnitsas, K., Doula, M. 2011. Long term effects of Olive Mill Wastes disposal on soil fertility and productivity. In: *Hazardous Materials-Types, Risks and Control*, S.K. Brar (ed.) Nova Science Publishers, inc, ISBN 978-1-61324-425-8.
- Kavadias, V., Doula, M.K., Komnitsas, K., Liakopoulou, N., 2010. Disposal of olive oil mill wastes in evaporation ponds: Effects on soil properties. In: *Journal of Hazardous Materials*, 182 (2010) 144-155.
- Komnitsas, K., Guo, X., Li, D. 2010. Mapping of soil nutrients in an abandoned Chinese coal mine and waste disposal site. *Mapping of soil nutrients in an abandoned Chinese coal mine and waste disposal site*. *Min. Eng.*, 23, 627-635.
- Linzon, S.N., 1978. *Phytotoxicity excessive levels of contaminants in soil and vegetation Report of Ministry of the Environment Ontario, Canada*.
- MAAF 1988. *Fertilizer Recommendations. Reference Book 209*. HMSO, London.
- MAFF, Dept. of Environment. 1989. *Code of Practice for agricultural use of sewage sludge*. London.
- Marx, E.S., Hart, J., Stevens, R.G. 1999. *Soil Test Interpretation Guide EC 1478 Extension & Station Communications*, Oregon State University.
- McDowell, R.W., Condrón, L.M., Mahieu, N., Brookes, P.C., Poulton, P.R., Sharpley, A.N. 2002. Analysis of Potentially Mobile Phosphorus in Arable Soils Using Solid State Nuclear Magnetic Resonance. *J. Environ. Qual.*, 31, 450-456.
- Mechri, B., Ben Mariem, F., Braham, M., Ben Elhadj, S., Hammami, M. 2008. Changes in soil properties and the soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees

key physiological parameters and the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 152-161.

- Mekki, A., Dhoub, A., Sayadi, S. 2006. Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. *Microbiol. Res.* 161, 93-101.
- Mekki, A., Dhoub, A., Sayadi, S. 2007. Polyphenols dynamics and phytotoxicity in a soil amended by olive mill wastewaters. *J. Environ. Manag.* 84, 134-140.
- Mitra, G.N., Sahu, S.K., Nayak, R.K. 2009. Ameliorating effects of potassium on iron toxicity in soils of Orissa In: *The Role and Benefits of Potassium in Improving Nutrient Management for Food Production, Quality and Reduced Environmental Damage. IPI-OUAT-IPNI International Symposium, 5-7 November 2009, OUAT, Bhubaneswar, Orissa, India.*
- MORE (2008) Market of olive residues for energy, Intelligent Energy for Europe (IEE) project, Deliverable 3.1, One joint report for the 5 Regional "state of the art" reports from each involved area describing the current olive-milling residues market with a focus on energy uses
- MORE (2009) Market of olive residues for energy, Intelligent Energy for Europe (IEE) project, Deliverable 2.2 "Joint report gathering 5 roadmaps".
- Nair N.G, Markham D.J. (2008), *Recycling Solid Waste from the Olive Oil Extraction Process*, RIRDC Pub. No. 08/165, Rural Industries Research and Development Corporation, Australian Government.
- Nikolaidis, N., Kalogerakis, N., Psyllakis, E., Tzorakis, O., Moraitis, D., Stamati, F., Valta, K., Peroulaki, E., Vozinakis I., Papadoulakis, V. 2008. *Agricultural Product Waste Management in Evrotas River Basin- EnviFriendly Technology Report #3 May 2008, LIFE05ENV/GR/00045, p 21.*
- OECD (1993). *Organization for Economic Cooperation and Development Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment.* OECD, Paris.
- Ouzounidou G., Zervakis G.I., Gaitis F. (2010), *Raw and Microbiologically Detoxified Olive Mill Waste and their Impact on Plant Growth, Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, Global Science Books.
- Pollak, M., Favoino, E. 2004. *Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilisers. Final Report - July 2004 ENVA.2./ETU/2001/0024.*
- RES-HUI (2006), *Integrated Management of Olive Oil-Mill residues and wastewater/RES-HUI*, Project num. C3-06, INTEREG III C project, Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco", Università degli Studi di Firenze.
- Saadi I., Raviv M., Hanan A., Medina S., Laor Y. (2010), *Fate and biodegradability of olive mill wastewater in a vetisol-type soil*, *Proceedings of the 2nd International Conference of IAMAW*, June 17-19, Izmir, Turkey.
- Shadou R., Zairi M., Kallel A., Aydi A., Dhia H.B. (2009), *Assesing the effect of an olive mill wastewater evaporation pond in Sousse, Tunisia*, *Environ Geol*, 58:679-686.
- Shaw, D.J. (1992). *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, UK, pp 123-124.
- Sierra, J., Marti, E., Montserrat, G., Cruanas, R., Garnu, M.A., 2001. *Characterisation and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal*. *Sci. Total Environ.* 279, 207-214.
- Sierra J, Marti E, Garau AM, Cruanas R. 2007. *Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater: field experiment*, *Sci. Total Environ.*, 378: 90-94.
- Soil Science Society of America, 1986. *Utilization, treatment and disposal of waste on land. Proc of a workshop held in Chicago 6-7 Dec., U.S.A.*
- Swartjes, F. 1999. *Risk-Based Assessment of Soil and Groundwater Quality in the Netherlands: Standards and Remediation Urgency*. *Risk Anal.*, 19, 1235-1249.
- Theocharopoulos, S. P., Trikatsoula, A., Davidson, D. A., Tsouloucha, F., Vavoulidou, E., 1998. *A Land Information System as a tool to assist decisions on the application of sewage sludge on agricultural*

land in Greece. In: Heineke, H. J. et al., 1998 (eds) *Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources*. European Soil Bureau, JRC, I-21020 Ispra, pp. 373-380.

- U.S-EPA. Environmental Protection Agency (1983) *Hazardous waste land treatment*. SW-874, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- US-EPA (1991) "Understanding Bioremediation: A Guidebook for Citizens," EPA/540/2-91/002, Office of Research and Development, Washington, D.C.
- Vidali, M. 2001. *Bioremediation. An overview*. *Pure and Applied Chemistry*, 73: 1163-1172.
- Whitehouse P. (2001), *Measures for Protecting Water Quality: Current Approaches and Future Developments*, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50, 115-126.
- Zhou, Q. 1996. *Soil-quality guidelines related to combined pollution of chromium and phenol in agricultural environments*. *Human Ecol. Risk Assess. Int. J.* 2, 591 - 607.

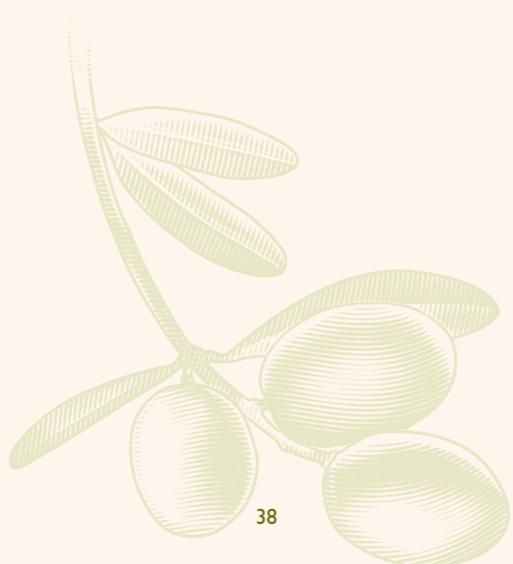
Direttive Europee

- Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. *Official Journal L 181, 4.7.1986, p. 6-12*
- COM (2006) 231 final. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, "Thematic Strategy for Soil Protection"*.
- COM (2007) 59 final. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the Interpretative Communication on waste and by-products*.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal L 327, 22.12.2000, p. 1-73.*
- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *Official Journal L 312, 22.11.2008, p. 3-30.*

Legislazione Nazionale

- Legge 11 Novembre 1996, n. 574 - Nuove norme in materia di utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e di scarichi dei frantoi oleari. *Gazzetta Ufficiale n. 265 del 12/11/1996.*
- Decreto Ministero dell'ambiente 5 febbraio 1998 - Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. *Gazzetta Ufficiale 16 aprile 1998, n. 88, S.O.*
- D.P.C.M. 8 ottobre 2004 - Modifica del D.P.C.M. 8 marzo 2002, recante: «Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione». *Gazzetta Ufficiale 17 dicembre 2004, n. 295.*
- Decreto Ministero delle politiche agricole e forestali 6 luglio 2005 - Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e degli scarichi dei frantoi oleari, di cui all'articolo 38 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152. *Gazzetta Ufficiale 19 luglio 2005, n. 166.*
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale. *Gazzetta Ufficiale 14 aprile 2006, n. 88, S.O.*
- Decreto Legislativo 29 aprile 2006, n. 217 - Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti. *Gazzetta Ufficiale 20 giugno 2006, n. 141, S.O.*
- Decree 4/2011 of the Regional Government of Andalusia, Decreto 4/2011, de 11 de enero, por el que se regula el régimen del uso de efluentes de extracción de almazara como fertilizante agrícola.

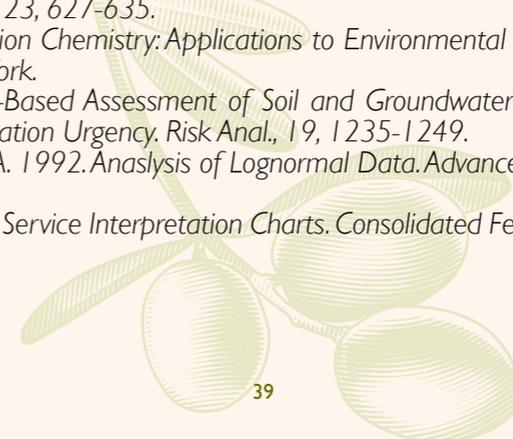
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Real Decreto 258/1989, De 10 De Marzo, Por El Que Se Establece La Normativa General Sobre Vertidos De Sustancias Peligrosas Desde Tierra Al Mar.
- ΚΥΑ 145116/2011, Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις.
- Υπουργική Απόφαση, Όροι διαθέσεως των λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμός της ανώτερης τάξεως χρήσης των υδάτων τους στο Νομό Θεσσαλονίκης, ΦΕΚ 82/Β/94 (10/2/1994).
- Υπουργική Απόφαση: ΥΓ.179182/656/79, Περίδιαθέσεως υγρών αποβλήτων, από τις παραγωγικές διαδικασίες των βιομηχανικών περιοχών Μείζονος Πρωτεύουσας, διατουδικτύου υπονόμων και των ρευμάτων που εκτρέπονται στον Κ.Α.Α. και που επεποιούνται από τον Ο.Α.Π., με αποδέκτη τη θαλάσσια περιοχή Κερασινίου Πειραιώς (ΦΕΚ 582/Β/2-07-79).



38

BIBLIOGRAFIA APPENDICE I

1. CCME 2007. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Canadian Council of Ministers of the Environment.
2. MAAF, 1988. Fertilizer Recommendations. Reference Book 209. HMSO, London.
3. Ilaco, B.V. 1985. Agricultural Compendium, For Rural Development in the Tropics and Subtropics. Elsevier.
4. Panagiotopoulos, L. 1995a. Potato fertilization, In: Sustainable Crop Fertilization, Review. Agriculture Crop and Animal Husbandry. The Greek Review of Science, Technology and Business in Agriculture, Agro Typos SA, pp 227-231.
5. Panagiotopoulos, L. 1995b. Cucumber Fertilization, In: Sustainable Crop Fertilization, Review. Agriculture Crop and Animal Husbandry. The Greek Review of Science, Technology and Business in Agriculture, Agro Typos SA, pp 250-256.
6. Loveland P, Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. Soil Till Res., 70, 1-18.
7. Carrow, R.N., Stowell, L., Gelernter, W., Davis, S., Duncan, R.R., Skorulski, J. 2004. Clarifying soil testing: III. SLAN sufficiency ranges and recommendations. Golf Course Manag., 72, 194-198.
8. McDowell, R.W., Sharpley, A.N. 2001. Approximating phosphorus release from soils to surface runoff and subsurface drainage. J. Environ. Qual., 30, 508-520.
9. McDowell, R.W., Condrón, L.M., Mahieu, N., Brookes, P.C., Poulton, P.R., Sharpley, A.N. 2002. Analysis of Potentially Mobile Phosphorus in Arable Soils Using Solid State Nuclear Magnetic Resonance. J. Environ. Qual., 31, 450-456.
10. Marx, E.S., Hart, J., Stevens, R.G. 1999. Soil Test Interpretation Guide EC 1478, Extension & Station Communications, Oregon State University.
11. Kelling, K.A. 1999. Soil and Applied Boron (A2522), University of Wisconsin System Board of Regents and University of Wisconsin Extension, Cooperative Extension, Dept. Agri., US
12. Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. London: Blackie Academic & Professional, p. 368.
13. Ponnamperna, F.N., Lantin, R.S., Cayton, M.T.C. 1979. Boron toxicity in rice soils. Int. Rice Res. Newsletter 4, 8.
14. Abreu, C.A., Rajj, B., Abreu, M.F., González, A.P. 2005. Routine soil testing to monitor heavy metals and boron. Scient. Agric., 62, 564-571.
15. Mitra, G.N., Sahu, S.K., Nayak, R.K. 2009. Ameliorating effects of potassium on iron toxicity in soils of Orissa In: The Role and Benefits of Potassium in Improving Nutrient Management for Food Production, Quality and Reduced Environmental Damage. IPI-OUAT-IPNI International Symposium, 5-7 November 2009, OUAT, Bhubaneswar, Orissa, India.
16. Environment Agency, 2001. Guidance on the disposal of contaminated soils. Version 3. UK, p. 32.
17. Komnitsas, K., Guo, X., Li, D. 2010. Mapping of soil nutrients in an abandoned Chinese coal mine and waste disposal site. Min. Eng., 23, 627-635.
18. Wolt, J. 1994. Soil solution Chemistry: Applications to Environmental Science and Agriculture. John Wiley and Sons, New York.
19. Swartjes, F. 1999. Risk-Based Assessment of Soil and Groundwater Quality in the Netherlands: Standards and Remediation Urgency. Risk Anal., 19, 1235-1249.
20. Parkin, T.B., Robinson, J.A. 1992. Analysis of Lognormal Data. Advances in Soil Sciences, Vol. 20, pp. 193-325.
21. CFL 1983. Soil Analysis Service Interpretation Charts. Consolidated Fertilizers Limited, Morningside, Queensland, Australia.



39



CeRSAA

Dott. Federico TINIVELLA
Dott. Giovanni MINUTO
Dott. Andrea MINUTO

federico.tinivella@alice.it
cersaa.direzione@sv.camcom.it
minuto.andrea@gmail.com

CEBAS

Dr. José Luis MORENO
Dr. Carlos GARCÍA
Dr. Teresa HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
Dr. Miguel Ángel SÁNCHEZ-MONEDERO

jlmoreno@cebas.csic.es
cgarizq@cebas.csic.es
mthernan@cebas.csic.es
monedero@cebas.csic.es

IMS

Dr. Apostolos SARRIS
Dr. Nikos PAPADOPOULOS
Dr. Aris KYDONAKIS

asaris@ims.forth.gr
nikos@ims.forth.gr
akidonakis@ims.forth.gr

SSIA

Dr. Maria DOULA
Dr. Victor KAVVADIAS
Dr. Sideris THEOCHAROPOULOS
Dr. Panagiotis KOULOUMBIS
Dr. Vasilis MAVRAGANIS

mdoula@otenet.gr
vkavvadias.kal@nagref.gr
sid_theo@otenet.gr
panxkoul@hol.gr
mavragla@otenet.gr

TUC

Prof. Konstantinos KOMNITSAS
Prof. Vasilis PERDIKATIS
Dr. Dimitra ZAHARAKI
Ms. Chryssa APOSTOLAKI

komni@mred.tuc.gr
vperdik@mred.tuc.gr
zaharaki@mred.tuc.gr
xapostol@mred.tuc.gr



Progetto cofinanziato al 50% dalla Comunità Europea

