



DIREZIONE SANITA'
*Settore Promozione della Salute e
Interventi di Prevenzione Individuale e Collettiva*

LINEE GUIDA

IL compostaggio
(fermentazione aerobica di materiale organico)

Bozza marzo 2009

Giuseppe Zicari

Queste linee guida rientrano negli obiettivi del progetto "Sperimentazione di Modelli di Impatto Salute-Ambiente" finanziato dalla Regione Piemonte.

LA GESTIONE DELL'ATTIVITA' DI COMPOSTAGGIO

(fermentazione aerobica di materiale organico)

Giuseppe Zicari

Linee guida

Finalità del documento e fonti

Questo documento analizza alcuni aspetti relativi alla gestione degli impianti di compostaggio. Ha lo scopo di fornire un contributo informativo agli operatori del settore ed a coloro che operano nell'ambito della Pubblica Amministrazione. Viene esaminata, pertanto, la normativa nazionale e regionale di riferimento e viene presentata una sintesi di alcune informazioni bibliografiche. Sono, inoltre, proposti alcuni requisiti che potrebbero essere richiesti per la gestione degli impianti e per l'utilizzo agronomico in campo del compost.

INDICE

IL PROCESSO E LE BUONE PRATICHE DI LAVORAZIONE

Premessa: il compostaggio

LA PRODUZIONE DI COMPOST IN ITALIA ED IN PIEMONTE

L'AUTORIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI

DESCRIZIONE DELLE FASI DEL CICLO PRODUTTIVO

I SISTEMI DI SICUREZZA

I PICCOLI IMPIANTI CHE FERMENTANO LA FRAZIONE LIGNO-CELLULOSICA

RISCHI ASSOCIATI AL SITO

Premessa

IL RISCHIO MICROBIOLOGICO

GLI ODORI

LA GESTIONE DEGLI ODORI

LA BIOFILTRAZIONE

I COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

POLVERI (O PARTICOLATO)

RUMORE

LA TUTELA E LA GESTIONE DELLE ACQUE

STUDI EPIDEMIOLOGICI

CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DEL PRODOTTO FINITO

LA CLASSIFICAZIONE DEL COMPOST

LE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E MICROBIOLOGICHE DELLE MATERIE PRIME

LE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE, MICROBIOLOGICHE ED AGRONOMICHE DEL COMPOST DI QUALITA'

Ammendante compostato verde

Ammendante compostato misto

Ammendante torboso composto

COMPOST NON CONFORME

LA STABILITA' BIOLOGICA DEL COMPOST

IL BIOSTABILIZZATO MATURO

I CONTROLLI ANALITICI

L'UTILIZZO AGRONOMIC ED I RISCHI ASSOCIATI

RISCHI CONSEGUENTI ALL'UTILIZZAZIONE DEL COMPOST FINALE

SOSTANZE ED ORGANISMI INDESIDERATI

RISCHIO BIOLOGICO DEL COMPOST

LA CONTAMINAZIONE CHIMICA DEL COMPOST

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

PCB
LE DIOSSINE
I PESTICIDI
STUDI EPIDEMIOLOGICI
L'UTILIZZO AGRONOMICO DEL COMPOST SECONDO LE BUONE PRATICHE AGRICOLE
CONCLUSIONI
ALCUNE NORME DI RIFERIMENTO
ALCUNI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
Siti consultati
LISTE DI CONTROLLO

Si ringraziano i Dott.i Daniela Rivetti, Giuseppe Allegro, Antonietta Brezzi, Giulia Trovato e tutti i collaboratori dei SISP delle ASL di Asti ed Alessandria.

IL PROCESSO E LE BUONE PRATICHE DI LAVORAZIONE

PREMESSA: IL COMPOSTAGGIO

Il compostaggio consiste in una fermentazione aerobica (esotermica) di matrici organiche, svolta da microrganismi, la quale produce un materiale che dovrebbe essere ricco di sostanze nutritive per i vegetali. La miscela di scarti compostabili dovrebbe essere costituita da materiali organici separati alla fonte. Alcuni degli **obiettivi dell'attività di compostaggio sono i seguenti**:

- stabilizzare la sostanza organica facendole perdere la fermentescibilità e quindi la capacità di produrre metaboliti e di consumare ossigeno (mineralizzazione di sostanze organiche con perdita di acqua ed anidride carbonica);
- diminuire la carica di microrganismi patogeni;
- ridurre i volumi principalmente grazie alla perdita di acqua;
- degradare il materiale organico in forme più assimilabili dalle piante;
- avere un materiale meno odorigeno del prodotto in partenza.

Tra i **materiali che sono utilizzati per il compostaggio** si evidenziano:

- il materiale organico da raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani (costituisce dal 50% al 70% del peso totale dei rifiuti solidi urbani ed è denominata FORSU); si stima che la capacità di intercettazione complessiva di scarto di cucina (FORSU) attraverso la raccolta differenziata varia tra 50 e 350 g/abitanti/giorno, e non raggiunge quasi mai una purezza del 97%.
- i fanghi che risultano dalla depurazione delle acque reflue civili o dagli impianti agro-industriali;
- materiale organico (es. vegetale) proveniente da attività produttive, agricole e dalla manutenzione del verde pubblico. Si stima (Lombardia, Piemonte e Veneto) una raccolta di scarti di manutenzione del verde tra 15 e 90 Kg/abitanti/anno con punte, in alcuni contesti, di 400 Kg/abitante/anno.

La frazione ligno-cellulosica, in peso, può costituire tra il 40%-50% del materiale in ingresso per gli impianti senza mescolamento sistematico o non areati, ed il 30%-40% per gli impianti che effettuano il mescolamento sistematicamente e con aerazione forzata.

Esistono due principali **categorie di impianti di compostaggio**:

- quelli utilizzati per il compostaggio di frazioni organiche "di qualità" ottenute da biomasse separate a monte tramite **raccolta differenziata** dei rifiuti solidi urbani (RSU), o rifiuti originati da specifiche attività produttive che consentono di ottenere un flusso omogeneo e ben caratterizzato analiticamente e merceologicamente;
- quelli utilizzati per il trattamento biologico di **rifiuti indifferenziati** con contenuto variabile di sostanze organiche, o frazioni organiche non di qualità o derivanti dal trattamento meccanico di rifiuti indifferenziati (vagliatura) o di frazioni organiche selezionate ma con carico di elementi pericolosi relativamente elevato (es.: i fanghi di depurazione civile o i RSU). Questo trattamento è consigliato per la stabilizzazione pre-discardica. Il prodotto (il FOS, frazione organica stabilizzata da RSU indifferenziato) ottenuto con questo processo non dovrebbe essere utilizzato per scopi agricoli.

Il compost derivato da una efficiente raccolta differenziata risultante può essere utilizzato:

- per apportare elementi di fertilità in agricoltura e migliorare le caratteristiche chimico-fisiche del terreno: terriccio per coltivazioni in contenitore; ammendante in pieno campo; pacciamatura. Il compost influenzerà la capacità di ritenzione dell'acqua, la resistenza all'erosione, il pH, la conducibilità e la concentrazione di nutrienti e di sostanze indesiderate;
- per riempire cave;
- per ricoprire siti come le discariche;

- per produrre combustibile da rifiuti (CDR), dopo essiccazione. Gli impianti di compostaggio possono quindi dotarsi di impianto di bio-essiccazione per diminuire l'umidità ed ottenere dei combustibili. Nel presente documento non si esaminano i rischi conseguenti all'utilizzo del CDR per produrre energia attraverso la combustione (es. negli inceneritori).

Mentre il materiale compostato derivato da materiale non ben differenziato, come il FOS, frazione organica stabilizzata da RSU indifferenziato, può essere utilizzato:

- per riempire cave;
- per ricoprire siti come le discariche. Questa attività è definita di "recupero ambientale" e potrà essere effettuata con rifiuti non pericolosi e solo previa autorizzazione; le discariche, quindi, possono essere ricoperte con materiale organico più o meno differenziato e che ha subito un trattamento di compostaggio che lo stabilizza come avviene per il FOS, o senza alcun trattamento; rispetto all'utilizzo diretto in discarica del materiale organico da rifiuti solidi urbani, l'attuazione di una fase di fermentazione aerobica ha il vantaggio di non produrre metano, gas 20 volte più importante dell'anidride carbonica nel favorire l'effetto serra;
- per produrre combustibile da rifiuti (CDR), dopo essiccazione si potrà utilizzare un compost di bassa qualità come il FOS; a questo proposito, perché si possa effettivamente parlare di "recupero energetico" bisognerebbe raggiungere un potere calorifico minimo di 11.000 kJ/kg per i materiali avviati a termo-utilizzazione.

Come appena evidenziato, vi sono differenti tipi di processi di compostaggio e di utilizzo del compost, in grado di originare diversi possibili impatti per la salute e per l'ambiente. Infatti, ad esempio, tra le matrici autorizzate per i processi di compostaggio, ve ne sono alcune che potrebbero risultare particolarmente pericolose, quali: fanghi di depurazione, materiale proveniente dall'industria della carta, dalla macellazione, rifiuti solidi urbani indifferenziati (vengono selezionati successivamente con le conseguenti contaminazioni non facilmente estraibili). Quindi, riguardo alle attività di compostaggio, la valutazione dei rischi per la salute non può essere unica, in quanto, il processo è attuato in condizioni differenti e da materie prime diverse. Pertanto, le indicazioni presentate di seguito costituiscono un'analisi generale che necessiterà, per ogni caso particolare, di valutazioni specifiche.

LA PRODUZIONE DI COMPOST IN ITALIA ED IN PIEMONTE

I dati relativi ai quantitativi di rifiuti trattati in impianti di compostaggio in Italia, nel periodo 1993-2004, indicano un picco di 2.824.000 t nel 2002, mentre nel 2004 il dato si è attestato a 2.669.000 t di rifiuti trattati, con un valore di frazione organica ottenuta pari a 1.958.000 t. L'incidenza percentuale del dato relativo al 2004 indica che il 5,4% del totale dei rifiuti è stato smaltito facendo ricorso al compostaggio (nel 2006 in Italia si producevano 32.522.650 t di rifiuti urbani). Dati del 2004 attestano che il 39% del compost prodotto in Italia deriva dall'umido, il 34% dal verde, il 17% da fanghi e il restante 10% da altre biomasse.

In Piemonte gli scarti organici destinati al compostaggio (e pertanto sottratti alle discariche) erano circa 170.000 tonnellate all'anno (1998). Nel 2003, in Piemonte, erano attivi 47 impianti che trattavano 352.000 t/anno, ma con una potenzialità di oltre 589.000 t/anno.

L'AUTORIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI

Il Decreto Legislativo del 16 gennaio 2008, n. 4, dal titolo "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana Serie generale, n. 24, Supplemento Ordinario N. 24/L, 29-1-2008, inquadra l'attività di compostaggio come attività di recupero, codice

R3: Riciclo/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche).

La Legge Regionale del Piemonte del 24 ottobre 2002, n. 24 individua nella Provincia l'Ente responsabile dell'approvazione dei progetti e del rilascio delle autorizzazioni alla realizzazione di impianti di smaltimento e di recupero di rifiuti.

Il compostaggio familiare di frazioni organiche da utenze domestiche e deiezioni zootecniche effettuate in proprio con il riutilizzo totale da parte del produttore del compost non necessita di autorizzazione. Deve comunque sussistere connessione tra la produzione dei residui e l'attività di utilizzo del materiale, che va rapportata alle esigenze agronomiche delle specie vegetali coltivate.

I documenti che dovranno essere presentati per l'approvazione della costruzione di un impianto di compostaggio dovranno fornire diverse informazioni, come la descrizione del sito e del processo attuato. Alcuni dei documenti (e relative informazioni) che dovranno essere presentati per ottenere l'Autorizzazione sono i seguenti:

1. Certificato di destinazione d'uso urbanistica del sito.
2. Attestazione di disponibilità o possesso del sito.
3. Lo studio di impatto ambientale per la procedura VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) solo se ha una potenzialità maggiore di 100 tonnellate al giorno. Si dovranno evitare le aree soggette a esondazione (stimate nell'arco di 50 anni, o 20 anni per il compostaggio di scarti verdi).
4. Cartografia e disegni tecnici contenenti:
 - a. Dati catastali e limiti della proprietà interessata;
 - b. Inquadramento corografico del sito, aggiornato ai più recenti insediamenti abitativi (cartografia in scala 1:5.000 con l'ubicazione dell'impianto e di tutte le strutture vicine);
 - c. Superfici dell'impianto (complessiva, coperta, impermeabilizzata); si può avere come riferimento indicativo una superficie di almeno 1,5 m² per tonnellata trattata all'anno, per un valore minimo non inferiore ai 1.000 m².
 - d. Documentazione relativa ad eventuali pozzi ad uso idropotabile ed irriguo nelle zone contigue. Informazioni relative alla profondità della falda ed alle relative escursioni. Le zone di rispetto dai punti di approvvigionamento idrico a scopo potabile pubblico prevedono una distanza superiore a 200 metri, e la distanza di 200 metri dai centri abitati (derogabile per il compostaggio del verde). Si consiglia di considerare anche i pozzi ad uso irriguo e di prevedere una distanza di sicurezza minima di 500 metri.
5. La descrizione dell'obiettivo finale del trattamento (es. compost di qualità o stabilizzazione pre-discarica) e del processo.
6. Dovranno essere descritte modalità e dimensionamenti degli stoccaggi in ingresso ed in uscita e dovranno essere indicati i metodi di raccolta e gestione delle acque meteoriche.
7. Descrizione dei codici CER in entrata ed in uscita e di eventuali altri materiali in entrata, e destino del compost finale.

Per la produzione del Compost per uso agricolo possono essere accettate diverse categorie di rifiuti tra i quali si evidenziano:

- 0201. Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca
- 0202. Rifiuti della preparazione e del trattamento di carne, pesce ed altri alimenti di origine animale (comprende fanghi)
- 0203. Rifiuti della preparazione e del trattamento di frutta, verdura, cereali, oli alimentari, cacao, caffè, tè e tabacco; della produzione di conserve alimentari; della produzione di lievito ed estratto di lievito; della preparazione e fermentazione di melassa
- 0204. Rifiuti prodotti dalla raffinazione dello zucchero
- 0205. Rifiuti dell'industria lattiero-casearia
- 0206. Rifiuti dell'industria dolciaria e della panificazione
- 0207. Rifiuti della produzione di bevande alcoliche ed analcoliche (tranne caffè, tè e cacao)
- 0301. Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli e mobili

- 0303. Rifiuti della produzione e della lavorazione di polpa, carta e cartone
- 0401. Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce
- 0402. Rifiuti dell'industria tessile
- 1001. Rifiuti di centrali termiche ed altri impianti termici (sono le ceneri)
- 1501. Imballaggi (compresi i rifiuti urbani di imballaggio oggetto di raccolta differenziata)
- 1906. Rifiuti del trattamento anaerobico dei rifiuti (comprende i digeriti)
- 1908. Rifiuti prodotti dagli impianti per il trattamento delle acque reflue, non specificati altrimenti
- 2001. Frazioni oggetto di raccolta differenziata (tranne 1501)
- 2002. Rifiuti prodotti da giardini e parchi (inclusi i rifiuti provenienti da cimiteri)
- 2003. Altri rifiuti urbani (rifiuti dei mercati).

L'elenco presentato è incompleto ed ha lo scopo di evidenziare che sono compresi anche rifiuti generalmente non indicati a produrre un compost di qualità come i fanghi (sono quelli sottolineati).

Di seguito sono riportati i codici CER utilizzabili per i rifiuti prodotti dall'attività di compostaggio.

Operazioni di recupero: compostaggio da FORSU (200108)

Pretrattamenti	Spremitura e/o deferrizzazione	Percolato da spremitura	200108
		Metalli ferrosi	191202
		Metalli non ferrosi	191203
	Vagliatura iniziale	Sopravaglio	191212
		Sottovaglio	200108
Compostaggio		Percolato	190599
Trattamenti finali	Vagliatura finale	Sopravaglio	190501
		Compost fuori specifica	190503
		Metalli ferrosi	191202
		Metalli non ferrosi	191203

8. Sistema di gestione della insufflazione di aria forzata e sistema di gestione e controllo delle temperature.
9. Programma di manutenzione previsto con identificazione delle responsabilità, delle attività, della periodicità e delle registrazioni da attuare, ad esempio, per i biofiltri (deve poter essere attuata modularmente consentendo di non arrestare completamente il sistema).

Per la stima del dimensionamento dell'impianto si potranno considerare le seguenti opzioni:

- a. Considerare una produzione di rifiuti organici di 100 Kg per abitante all'anno (70 di scarti alimentari e 30 di scarto verde) se si utilizzano i rifiuti solidi urbani;
- b. Considerare una quantità di frazione organica da rifiuti urbani pari al 15% del totale;
- c. Considerare le quantità di rifiuti organici prodotti dagli impianti prossimi (es. fanghi o scarti alimentari industriali).

Per il calcolo delle masse trattate a base di scarti verdi ligno-cellulosici si può usare il seguente indicatore generico: peso specifico (0,2-0,25). Quindi, i volumi possono essere stimati moltiplicando il peso per 4 o per 5.

Per i nuovi impianti si dovrà limitare la capacità di lavorazione a poche centinaia di tonnellate all'anno se sono in prossimità di centri abitati; all'aumentare della quantità trattata, infatti, aumenteranno proporzionalmente i problemi, come la produzione di odori e di rumori. Si propone come limite indicativo una capacità di 2.000 ton/anno nei compresori montani, per impianti che spesso sono aperti; per impianti chiusi in capannoni, solitamente, le dimensioni operative economicamente più valide sono dell'ordine delle 10.000 tonnellate annue.

DESCRIZIONE DELLE FASI DEL CICLO PRODUTTIVO

La **durata del processo di compostaggio** può essere superiore ai 90 giorni, comprendenti una fase di bio-ossidazione accelerata, durante la quale viene assicurato un apporto di ossigeno alla massa mediante rivoltamento e/o aerazione (in questa fase deve essere raggiunta la temperatura di 55°C), seguita da una fase di maturazione in cumulo. E' necessario garantire una stabilità biologica minima dei prodotti in uscita, indipendentemente dal tempo di fermentazione.

I sistemi intensivi di compostaggio (quelli più rapidi e quindi più tecnologici) possono effettuare il processo in 30 giorni, consumare 40-60 kw/h/ton e necessitano di areazione (0,7-1,5 m²/ton). I sistemi di compostaggio che utilizzano prevalentemente frazioni ligno-cellulosiche hanno un processo più lento, possono completare la fermentazione aerobica in sei mesi o un anno e, generalmente, consumano meno energie.

Gli impianti dovranno essere recintati e tutte le aree degli impianti ove avviene il trattamento e la movimentazione dei materiali devono essere adeguatamente impermeabilizzate e provviste di sistema di raccolta dei percolati, che possono essere riciccolati. Per gli impianti che lavorano più di 1.000 t/anno è consigliabile che la fascia perimetrale sia costituita da specie vegetali autoctone per ridurre l'impatto visivo e costituire una barriera naturale al rumore.

Il processo di compostaggio è costituito dalle seguenti fasi:

- Raccolta del materiale organico.
- Trasporto del materiale organico al centro di compostaggio.
- Controllo ed accettazione del materiale organico.
- Stoccaggio delle materie prime.
- Trattamento iniziale (separazione delle frazioni indesiderate).
- Miscelazione.
- Trasformazione biologica accelerata e trasformazione biologica lenta (maturazione).
- Raffinazione.
- Stoccaggio provvisorio del compost prodotto.
- Eventuale insacchettamento e stoccaggio.
- Trasporto in azienda agricola e spandimento.
- In alcuni casi si attua la vendita dei sacchetti a catene di vendita o al dettaglio.

Di seguito sono descritte le diverse fasi operative.

1) Raccolta del materiale organico.

La raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani può essere effettuata con diversi livelli di efficienza a seconda delle modalità di esecuzione (es. raccolta porta a porta o in cassonetto stradale).

2) Trasporto del materiale organico al centro di compostaggio.

Occorre prevedere di trasportare il materiale da compostare in mezzi chiusi ed evitare lunghi stoccaggi che possono innescare fermentazioni odorigene (anche anaerobiche in grandi masse) e percolati che possono contaminare le acque. Si può stimare il numero di viaggi l'anno in base alle capacità dei mezzi disponibili.

3) Controllo ed accettazione del materiale organico.

In quest'area deve essere prevista la pesa e l'uso di contenitori impermeabili per eventuali frazioni organiche liquide.

Il processo di compostaggio, per poter ottenere buoni risultati, deve essere condotto in modo da assicurare:

- l'assenza di materiale indesiderato (es. plastica e metalli);
- il controllo dei rapporti di miscelazione e delle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici organiche di partenza.

Quindi, in questa fase sarà importante accettare solo materiale idoneo e nelle giuste proporzioni per il buon funzionamento del processo.

Deve essere programmato il tipo di approvvigionamento, la tipologia di processo e la modalità di utilizzo del compost maturo. Dovranno essere compilati i registri di carico e scarico e deve esistere un sistema di rintracciabilità dei lotti. Dovrà essere presente un elenco delle matrici in ingresso e dei relativi codici CER (qualità e quantità). E' quindi richiesta una registrazione relativamente alla rintracciabilità delle matrici in ingresso (provenienza, tipologia e quantità) e matrici in uscita (tipologia, quantità e destinazione).

Saranno effettuate delle analisi chimiche, fisiche e microbiologiche delle matrici in ingresso.

Devono essere divise fisicamente le linee di lavorazione che producono compost di qualità differenti.

4) Stoccaggio delle materie prime.

Lo stoccaggio delle materie prime non deve superare i 15 giorni, ad esclusione del materiale ligno-cellulosico che può essere stoccato più a lungo. Per i materiali facilmente fermentescibili come i fanghi di depurazione ed il FORSU lo stoccaggio non dovrebbe superare i tre giorni. In generale, è consigliabile che le frazioni umide stazionino al massimo pochi giorni onde evitare l'innescò di processi fermentativi non controllabili. Le strutture dei siti di stoccaggio (sili, vasche) devono essere diversificate per tipologia di biomasse e dimensionate per un minimo di 2 ed un massimo di 5 giorni; le strutture di stoccaggio devono essere rese accessibili mediante portali.

I punti di stoccaggio possono essere muniti di sistemi di chiusura automatica. E' consigliabile la presenza di un'aspirazione convogliata in modo da garantire almeno 2 ricambi/ora con sistema di abbattimento degli odori soprattutto per gli impianti che lavorano più di 5.000 t/anno. Nel caso sia prevista la presenza di operatori si consiglia di assicurare almeno 4 ricambi orari.

Lo scarico e lo stoccaggio della matrice organica a base ligno-cellulosica deve avvenire su adeguata pavimentazione. Questa operazione può essere effettuata all'aperto adottando idonei sistemi atti ad evitare la dispersione eolica. I luoghi di stoccaggio dovrebbero essere dotati di pavimenti che permettano una facile pulizia ed il recupero dell'eventuale refluo.

5) Trattamento iniziale (separazione delle frazioni indesiderate).

E' richiesta la presenza di trattamenti in entrata finalizzati alla separazione di corpi estranei o indesiderati eventualmente presenti (es. separazione dimensionale come la vagliatura per dimensioni superiori a 40-100 mm, che consente di ridurre la presenza di plastiche e vetri); tipicamente il FORSU da cassonetto stradale ha il 5-10% di corpi non desiderati, che con il trattamento iniziale sono ridotti al 2-3%.

Lo stabilimento sarà costituito da una sezione di preparazione dei materiali organici dove potranno essere effettuate le seguenti operazioni: vagliatura o eventuali altri sistemi di selezione, triturazione, miscelazione. L'alimentazione della sezione di preparazione dei materiali deve essere effettuata separatamente per i materiali ligno-cellulosici.

Per la selezione dei materiali organici provenienti da utenze mercatali o da ristorazione collettiva devono essere adottati sistemi quali rompisacco, sistemi di separazione per dimensioni (es. rotavaglio) e sistemi di separazione per densità, atti ad evitare la stretta commistione di inerti e sostanze pericolose con l'organico. Per i materiali molto umidi provenienti da aree mercatali e da ristorazione collettiva è preferibile prevedere, dopo la prima separazione per dimensioni, un trattamento di omogeneizzazione.

L'eventuale triturazione dei materiali organici ai fini del compostaggio deve essere effettuata prima della miscelazione al fine di mescolare intimamente materiali di idonea pezzatura. E' consigliabile richiedere la gestione delle fasi di pre-trattamento (es.: triturazione e miscelazione) in strutture chiuse.

6) Miscelazione

Nella produzione di un compost di qualità è necessario che la miscela ad inizio processo abbia le seguenti caratteristiche:

- a) umidità iniziale indicativamente compresa tra 50 e 65% (in peso sul tal quale);
- b) la miscelazione deve essere effettuata determinando i rapporti volumetrici tra i vari materiali, in base al rapporto C/N, che nella miscela deve essere compreso tra 20 e 35, ed alla densità;
- c) frazione verde o residui lignocellulosici non inferiori al 30% (in peso sul tal quale); nel caso di riutilizzo dei sovralli, cioè degli scarti lignocellulosici ottenuti dopo la vagliatura finale del prodotto, questi non possono superare il 50% della frazione verde e devono essere preventivamente puliti dai residui plastici mediante idoneo trattamento;
- d) FORSU non superiore al 50% (in peso sul tal quale). Al fine di garantire la predisposizione di miscele con i suddetti rapporti ponderali, i Comuni potranno conferire al medesimo impianto contestualmente alla FORSU, un corrispondente quantitativo di frazione verde o lignocellulosica;
- e) fanghi non superiori al 50% (in peso sul tal quale) di cui al massimo 35% se fanghi diversi da quelli agroindustriali (es.: fanghi di depurazione);
- f) altri materiali non superiori al 50% (in peso sul tal quale).

Ai fini del compostaggio i materiali devono contenere almeno il 40% di sostanza organica espresso sulla sostanza secca.

7) Trasformazione biologica accelerata e trasformazione biologica lenta (maturazione).

Quest'area potrà essere costituita da due zone: una per la fermentazione aerobica accelerata ed una per la maturazione. La gestione delle fasi di bioossidazione deve essere effettuata in strutture chiuse e dotate di sistemi di filtrazione degli odori. La durata del processo non dovrebbe essere inferiore a 90 giorni, comprendente una fase di bio-ossidazione accelerata durante la quale viene assicurato un apporto di ossigeno alla massa mediante rivoltamento e/o aerazione, seguita da una fase di maturazione in cumulo (i tempi potranno essere più corti o più lunghi in funzione della qualità del materiale compostato e della tipologia di processo).

La fase termofila (bioossidazione accelerata) dovrebbe durare almeno 20 giorni in edificio chiuso. L'altezza del letto di biomassa in fermentazione non dovrebbe essere superiore ai 3-3,5 metri sia per i sistemi statici che dinamici (con tolleranza del 10%).

La successiva fase di maturazione dovrebbe durare almeno 70 giorni in cumuli di altezza non superiore ai 2,5 metri (sarà possibile attuare processi più rapidi in condizioni particolari).

La fase di maturazione avviene sempre in cumulo e richiede un apporto di ossigeno inferiore rispetto alla fase di bioossidazione, e quindi rivoltamenti meno frequenti.

Dall'obbligo di strutture chiuse e con gestione forzata dell'aria di filtrazione dovrebbero essere esentati gli impianti con capacità operative inferiori a 3.000 t/anno se posti in zone a destinazione agricola e ubicati a distanze superiori a 1.000 metri da singole abitazioni o centri abitati.

La fase di bioossidazione accelerata deve avvenire con sistemi di areazione forzata e/o metodi di rivoltamento atti a favorire lo scambio di ossigeno tra la massa e l'aria. La bioossidazione accelerata deve avvenire in strutture chiuse in depressione con almeno 4 ricambi/ora (ove prevista la presenza di operatori) o 2 ricambi/ora (senza presenza di operatori). Si richiede una capacità di areazione media continuativa (tenendo conto delle fasi di spegnimento) di almeno 15 m³/h*t (15 metri cubi di aria orari, per tonnellata di biomassa tal quale).

In questa fase si controllerà che sussista un apporto di ossigeno sufficiente a mantenere le condizioni aerobiche della massa (la concentrazione dell'ossigeno deve essere superiore al 15% considerando che l'atmosfera ne contiene circa il 20%; se ne consumano circa 0,5 m³ per Kg di Solidi Volatili al giorno). L'aerazione forzata dovrà essere effettuata per apportare ossigeno e, allo stesso tempo, rimuovere calore. In realtà la quantità di aria immessa, molto spesso, sarà in funzione

della quantità di calore che si vuole rimuovere ed, indirettamente, si otterrà l'effetto di ossigenazione. Nel caso di biomasse di origine alimentare si introdurranno fino a decine di m³ orari di aria per tonnellata, con una insufflazione quasi sempre intermittente.

La temperatura durante la fase di bioossidazione deve essere mantenuta per almeno cinque giorni oltre i 55 °C (meglio per due settimane). Si richiede la registrazione giornaliera delle temperature.

L'umidità dei materiali durante la trasformazione deve essere mantenuta tra il 35% ed il 65% (durante la fase di bioossidazione deve essere mantenuto un tenore di umidità della biomassa compreso tra 50 e 55% (in peso sul tal quale)). E' consigliabile la presenza di sistemi di controllo dell'umidità e sarà necessario poter avere un sistema di inumidimento periodico della biomassa nella fase di fermentazione. Può essere richiesta la predisposizione all'allacciamento idrico per inumidire la masse o si potranno riciclare le acque percolate.

L'impianto dovrebbe registrare la temperatura, la durata del processo nei diversi stadi, il numero di rivoltamenti effettuati su ogni cumulo, nel caso di cumuli rivoltati, e le ore di funzionamento del sistema di aerazione forzata, nonché le portate d'aria, nel caso sia previsto l'apporto forzato. Durante la fase di bioossidazione devono essere misurati e registrati anche i seguenti parametri: Umidità; pH; Rapporto O₂/CO₂; Rapporto C/N.

La percentuale di compost maturo di ricircolo deve essere commisurata alla necessità di inoculo microbico della miscela e non dovrebbe superare il 10% in peso della miscela stessa.

8) Raffinazione.

Nella sezione di raffinazione potranno essere effettuate le seguenti operazioni: essiccamento macinazione e vagliatura. Dovranno essere attuate in locali chiusi e con pavimento impermeabile.

9) Stoccaggio provvisorio del compost prodotto.

Lo stoccaggio del prodotto finito dovrà avvenire quantomeno in modo da riparare da pioggia e vento.

10) Eventuale insacchettamento e stoccaggio.

Dovrà essere previsto un sistema di rintracciabilità e quindi di registrazione delle matrici in uscita con l'annotazione del loro destino.

E' richiesto il rispetto di parametri chimici, fisici, agronomici e microbiologici.

Anche in questo caso lo stoccaggio del prodotto insacchettato dovrà avvenire quantomeno in modo da riparare da pioggia e vento.

11) Trasporto in azienda agricola e spandimento.

Lo spandimento in campo dovrà essere effettuato nel rispetto delle corrette pratiche agricole evitando la contaminazione di acque, alimenti e la produzione di attivi odori se si è in prossimità di abitazioni.

12) In alcuni casi si attua la vendita dei sacchetti a catene di vendita o al dettaglio.

Sarà necessario rispettare le regole riguardo alle indicazioni obbligatorie da porre in etichetta.

Le fasi di stoccaggio delle matrici in ingresso, di bio-ossidazione accelerata, di post maturazione e di deposito del prodotto finito dovrebbero avvenire su superfici impermeabilizzate, dotate di sistemi di drenaggio e di raccolta delle acque reflue di processo, da inviare a depurazione o da riutilizzare nel ciclo di compostaggio.

I SISTEMI DI SICUREZZA

I sistemi di monitoraggio e di sicurezza dovrebbero essere alimentati anche da un sistema elettrico di continuità. Deve essere previsto un sistema antincendio. Si devono programmare procedure di sicurezza da adottare nel caso di problemi conseguenti all'innescò della fermentazione anaerobica (ad esempio, d'inverno a causa della bassa temperatura o d'estate a causa della perdita di acqua) ed in caso di incendio (favorito da innescò di fermentazione anaerobica che produce metano).

Per motivi di sicurezza può essere richiesta la recinzione dell'area ed il presidio durante le ore lavorative.

I PICCOLI IMPIANTI CHE FERMENTANO LA FRAZIONE LIGNO-CELLULOSICA

Per la realizzazione e gestione di impianti di stoccaggio e trattamento della **frazione verde pubblica** si possono consigliare delle procedure ed obblighi semplificati per impianti con potenzialità massima di 1.000 t/anno. Gli impianti di stoccaggio, trattamento e riutilizzo della frazione verde privata e pubblica sono attività temporanee assoggettate ad autorizzazione. **Queste aree dovranno avere una superficie non superiore a 15.000 m² e contenere al massimo 15.000 t.** Il perimetro dovrà essere recintato, deve essere prevista un'area dove effettuare, prima dell'avvio al trattamento, la separazione e l'accumulo di materiali indesiderati. La recinzione deve essere tale da poter essere facilmente rimossa al termine dell'attività. In generale, non si possono installare opere fisse. Si evidenzia che non potranno essere trattate foglie raccolte dalle strade mediante spezzamento in quanto hanno una concentrazione di inquinanti elevata.

L'eventuale triturazione effettuata all'aperto non può essere attuata durante le ore notturne e deve avvenire ad una distanza superiore a 100 metri dalle più vicine abitazioni.

I sistemi di insufflazione di aria forzata, di controllo delle temperature e la programmazione delle attività di manutenzione non sono prescritti per impianti che utilizzano solo matrici ligno-cellulosiche (scarto verde), con capacità operative inferiori a 1.000 t/anno, se posti a distanze superiori a 500 metri da abitazioni singole, o per impianti con capacità operative inferiori a 3.000 t/anno, se posti a distanze superiori a 1.000 metri da abitazioni singole.

I RISCHI ASSOCIATI AL SITO

Premessa

L'attività di compostaggio presenta dei rischi di tipo sanitario relativi al sito in cui si produce ed altri associati all'utilizzo del compostato in campo. In particolare, l'attività di compostaggio potrà generare dei pericoli per i lavoratori (es. rumore, polveri, bio-aerosol) ed, in alcune condizioni, per la popolazione residente nelle immediate adiacenze (rumore, odori, traffico veicolare), mentre l'utilizzo del compost in agricoltura (come ammendante o per la pacciamatura) o per la copertura di aree verdi, potrà essere fonte di pericoli diversi (es.: fitotossicità e bioaccumulo).

In generale, nella letteratura scientifica sono individuati principalmente i seguenti pericoli che variano al variare della tipologia di materia prima utilizzata per il processo di compostaggio:

- Accumulo di sostanze pericolose che possono entrare nella catena alimentare (compost usato in agricoltura);
- Diffusione per via aerea di sostanze pericolose e microrganismi (allergie per i lavoratori).

Molti pericoli sono conseguenti all'utilizzo di materie prime non ben differenziate che contengono contaminanti, come vetro, imballaggi in genere, metalli, plastica e batterie. Tra le sostanze ritrovate nel compost da FORSU classificate come cancerogeni o potenziali cancerogeni se ne evidenziano alcune: arsenico, asbesto, cromo esavalente, nikel e policlorodifenili (PCB).

Tra i problemi rilevati maggiormente in seguito alle attività di compostaggio e legati al sito si evidenziano:

- rischio microbiologico;

- odori;
- polveri;
- rumori;
- traffico veicolare.

Inoltre, si possono prevedere anche i seguenti problemi:

- Incendi;
- Contaminazione delle acque;
- Attrazione di animali (es. uccelli, roditori ed insetti).

VIE DI ESPOSIZIONE AD INQUINANTI

Le vie di esposizione prevedibili sono:

- inalazione e contatto con materiale aereo-disperso, soprattutto per i lavoratori;
- ingestione diretta (es. bambini in parchi o animali al pascolo);
- contatto diretto, soprattutto per i lavoratori e per gli operatori agricoli;
- ingestione indiretta attraverso la catena alimentare (bioaccumulo: dal terreno o dalle acque nei vegetali e successivamente negli alimenti vegetali e/o animali).

IL RISCHIO MICROBIOLOGICO

I microrganismi presenti nelle materie prime e nel compost possono essere pericolosi per i lavoratori. Il compost da fanghi può contenere patogeni pericolosi.

Il **bio-aerosol** si sviluppa nei centri di compostaggio e nei centri di trattamento dei RSU indifferenziati. La letteratura scientifica considera il bio-aerosol principalmente un rischio professionale e non per la popolazione residente in vicinanza dell'impianto, in quanto, l'effetto diluizione è molto forte, anche a brevi distanze.

Nonostante il processo di compostaggio preveda una fase termofila non è in grado di assicurare l'assenza e lo sviluppo di microrganismi pericolosi per la salute, principalmente degli operatori.

Il bio-aerosol può essere costituito da microrganismi (batteri, spore, tossine e funghi) presenti nel materiale organico trattato o sviluppati durante il processo di compostaggio. In particolare può contenere (trasportati anche con le polveri):

- funghi;
- batteri;
- actinomiceti;
- endotossine;
- micotossine;
- glucani (polimeri del D-glucosio contenuti nelle pareti di funghi, batteri e vegetali). I glucani favoriscono processi infiammatori diminuendo la funzionalità respiratoria e causano problemi di salute occupazionali se presenti in ambienti chiusi.

Il bio-aerosol costituisce un rischio importante per questo tipo di impianti. Tra i microrganismi più studiati si evidenzia l'*Aspergillus fumigatus*, un patogeno opportunisto che può causare allergie, asma ed infezioni respiratorie. I batteri Gram negativi e gli actinomiceti sono i microrganismi maggiormente identificati nel compost tra quelli che possono causare allergie e problemi ai polmoni. Gli actinomiceti producono un elevato numero di spore del diametro tra 1 e 3 µm, capaci, quindi, di raggiungere facilmente parti più profonde del polmone causando allergie. L'*Aspergillus* cresce bene a temperature inferiori a 45°C in materiale organico in fermentazione e costituisce un rischio principalmente per i lavoratori (e gli utilizzatori in alcuni casi) e per le attività svolte nelle vicinanze (fino a poche centinaia di metri).

Altri microrganismi patogeni identificati nel compost, potenzialmente dispersi con l'aerosol, sono: *Legionella*, *Mycobacterium*, *Hantaviru*, *Leptospiras*.

A livello internazionale sono state proposte le seguenti soglie:

- 1.000 batteri Gram negativi per m³ (anche se questa concentrazione può già causare reazioni allergiche);
- 14 ng/m³ di endotossine (sono prodotte principalmente da batteri Gram-negativi).

Una concentrazione di 10⁸ UFC/m³ di attinomiceti, registrata durante le fasi di lavorazione del compost, è ritenuta responsabile di reazioni allergiche (anche da 10⁹ spore/m³ e 10⁸ UFC/m³ di funghi). E' possibile registrare fino a 10⁶ UFC /m³ di microrganismi nell'aria in un sito di compostaggio, con concentrazioni che possono restare elevate fino a 250 metri di distanza.

Tra gli effetti registrati principalmente nei lavoratori a causa del bio-aerosol contenuto sulle polveri si evidenziano:

- Rinite allergica ed asma;
- Bronchiti e malattie polmonari (causati da endotossine);
- Allergie;
- Problemi alla pelle (dermatiti e micosi);
- Nausea e diarrea.

In generale, esistono pochi studi che provano ad esaminare i rischi per la popolazione residente in vicinanza e si stima che la residenza ad una distanza inferiore ai 200 metri, per oltre 5 anni continuativi, aumenta il rischio di avere bronchiti e tosse.

GLI ODORI

Riguardo alle emissioni in atmosfera si considera che ogni tonnellata di materiale in ingresso produca:

- da 100 a 482 Kg di CO₂;
- 240 g di ammoniaca dal FORSU e 120 g da altre tipologie di rifiuti;
- 2 g di cloro.

L'attività di compostaggio produce odori fastidiosi la cui intensità può essere ridotta di centinaia di volte attuando specifiche misure impiantistiche e di gestione.

Buona parte dell'impatto olfattivo è conseguente alla presenza nelle arie esauste di cataboliti quali i composti non completamente ossidati dello zolfo, dell'azoto e del carbonio, in quanto i cataboliti ossidati sono generalmente inodori (anidride carbonica, ossidi di azoto, anidride solforosa).

Tra le sostanze odorigene che possono essere prodotte durante le operazioni di compostaggio vi sono:

- composti dello zolfo (dimetildisolfuro, dimetilsolfuro, carbondisolfuro, idrogeno solforato, metano tiolo);
- composti dell'azoto (ammoniaca, trimetilamina);
- acidi grassi volatili (acido acetico, acido propionico, acido butirrico);
- altre sostanze (benzotiazolo, mercaptani).

Alcune di queste sostanze sono tossiche, ma in ambiente aperto l'effetto diluizione dovrebbe assicurare il non raggiungimento di soglie di pericolosità per la popolazione residente nelle vicinanze. Diversamente, i lavoratori possono essere esposti in modo pericoloso.

Le fonti maggiori di odori saranno le aree di fermentazione, soprattutto nelle prime settimane della fermentazione aerobica accelerata. L'operazione più odorigena sarà il rivoltamento durante la fermentazione, soprattutto se non è attuata in aree chiuse con sistema di trattamento dell'aria. In generale, i sistemi statici (basso mescolamento) producono meno odori.

Nelle aree chiuse, in assenza di un buon sistema di areazione forzata, ed in locali non idonei (es. troppo bassi o piccoli), in particolare durante il rivoltamento, si generano vapori che oltre a contenere sostanze pericolose per gli operatori, rendono difficili e rischiose le attività lavorative a causa della diminuzione della visibilità.

Le fasi in cui le emissioni olfattive sono maggiori risultano:

- o La ricezione;

- Lo stoccaggio iniziale;
- Le prime fasi di biossidazione

Nelle fasi di ossidazione successive alle prime e nello stoccaggio finale, ancorché anch'esse odorogene, le emissioni per unità di massa sono minori.

Le soglie odorogene di alcuni dei composti che possono essere presenti durante l'attività di compostaggio sono dell'ordine di microgrammi per metro cubo (0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il dimetildisolfuro, 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'idrogeno solforato, 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'ammoniaca, 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'acido butirrico).

Di seguito vengono riportate le sostanze odorogene più comuni negli impianti che producono compost di qualità e viene riportato il confronto tra le soglie di percettibilità da parte del 100% di un gruppo di persone (100% OCR: Odour Recognition Concentration) ed i livelli ammissibili di esposizione negli ambienti di lavoro, TLV, Threshold Limit Value, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I dati riportati in tabella evidenziano che le soglie di percettibilità, ossia le concentrazioni alle quali gli odori vengono percepiti negli impianti ed attorno ad essi, possono essere ben inferiori alle concentrazioni considerate pericolose negli ambienti di lavoro.

Il T.L.V. (Threshold Limit Value) indica i valori limite di soglia stimati per l'esposizione a sostanze aerodisperse, indicanti il livello al quale si ritiene possano essere esposti quotidianamente i lavoratori senza effetti negativi per la salute.

SOSTANZA	100% ORC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TLV $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Idrogeno solforato	1,4	14.000
Metilmercaptano	70	1.000
Dimetildisolfuro	16	-
Trimetilammina	9,8	24.000
Acido butirrico	73	-
Acido esanoico	29	-
Acetaldeide	549	180.000

Da questo confronto risulta la conferma che, come già accennato, le soglie di percezione possono essere molto inferiori alle concentrazioni considerate sicuramente pericolose e l'olfatto può arrivare a percepire concentrazioni non rilevabili strumentalmente ($1/10^5$ ppm).

LA GESTIONE DEGLI ODORI

L'effetto odorigeno sarà proporzionale ai seguenti fattori:

- all'aumentare della fermentescibilità del materiale in entrata (più alta per scarti alimentari e fanghi che per scarti da verde pubblico);
- alla quantità di materiale trattato;
- all'aumentare delle movimentazioni giornaliere (es. spostamenti e rivoltamenti di cumuli all'aperto);
- all'aumentare delle piogge insistenti su cumuli all'aperto;
- al diminuire della distanza delle abitazioni più vicine;
- all'assenza di aree chiuse e con filtrazione d'aria (trattamenti all'aperto);
- all'assenza di biofiltri, o non adeguatamente dimensionati o non funzionanti;
- alla presenza di stoccaggi all'aperto e ristagno di acque di percolazione non trattate (COD fino a 10.000 mg/l) o mal gestite (es. fosse di scarico senza depurazione);
- alla presenza di stoccaggi all'aperto di materiale ligno-cellulosico (i problemi aumentano se è frantumato molto tempo prima dell'utilizzo, in cumuli troppo alti: più di 3 metri in altezza e 5x6 metri di larghezza).

Con l'intento di ridurre la dispersione di molecole odorigene pericolose e/o fastidiose devono essere attuate le seguenti misure preventive:

- Predisporre locali chiusi per lo svolgimento di alcune operazioni come: lo stoccaggio di materiale altamente fermentescibile come i fanghi di depurazione; la fermentazione; lo stoccaggio di materiale in uscita;
- Attrezzare i locali chiusi per lo stoccaggio di materiale fermentescibile come i fanghi di depurazione e per la fermentazione di sistema di areazione forzata in depressione. Il bilancio complessivo tra arie immesse ed estratte dalle sezioni di compostaggio attivo dovrà essere comunque negativo. Le arie esauste possono essere in parte riciclate per l'areazione forzata della fase di fermentazione aerobica. L'aria non ricircolata deve essere trattata con appositi sistemi di abbattimento come i biofiltri ed il lavaggio ad acqua.

Di seguito sono riportati altri accorgimenti utili alla prevenzione e riduzione degli odori.

- Allo scopo, occorre evitare l'innescò di fermentazioni anaerobiche durante lo stoccaggio iniziale che possono produrre gas infiammabili (metano) e sostanze odorigene, riducendo lo stoccaggio in entrata a pochi giorni. La fase di stoccaggio delle matrici dovrebbe avvenire in ambiente confinato, ottenibile anche con coperture o paratie mobili, per il contenimento di polveri e di odori (ed evitare che il materiale si bagni), il cui controllo deve essere garantito tramite idonee misure e sistemi di abbattimento.

- Se il centro di compostaggio utilizza fanghi e/o scarti alimentari, dovrebbe essere dotato di sistemi chiusi (almeno nelle prime fasi di fermentazione) e di sistemi di trattamento degli odori indipendentemente dalle dimensioni operative e dalla distanza dai centri abitati.

- Le operazioni con elevato potenziale di formazione di particolato, soprattutto quelle a carico del compost finito, dovrebbero essere condotte in strutture chiuse.

- Per impianti di dimensioni maggiori (50-100 t/anno) ed in siti con abitazioni, indicativamente entro i 500 metri, bisogna sempre richiedere la presenza di ambienti chiusi per le fasi di ricezione e fermentazione e la dotazione di sistemi di abbattimento degli odori. Per impianti che trattano indicativamente più di 100 t/anno e situati a meno di 500 metri di distanza da abitazioni sparse potrebbe essere prescritto, anche per la fase di maturazione, l'adozione di sistemi di confinamento (es. ambienti chiusi ed in depressione con biofiltrazione).

- Il numero di ricambi dell'intero volume d'aria delle strutture chiuse e poste in depressione non deve essere inferiore a 2,5 ricambi/ora; nel caso di presenza, non saltuaria, di personale all'interno delle predette strutture devono essere previsti almeno 4 ricambi/ora. Particolare attenzione andrà posta per le aperture d'accesso che devono essere di facile manovra ed a chiusura automatica.

- I sistemi di canalizzazione delle arie esauste devono prevedere o la depurazione (es. biofiltrazione) o il riutilizzo per la fase aerobica.

- La fase di maturazione dovrà essere effettuata in aree della capacità necessaria con sistemi di prevenzione della dispersione eolica.

- Per impianti situati in prossimità di centri abitati o case sparse o che lavorano grandi quantità di rifiuti, soprattutto se facilmente fermentescibili, è necessario provvedere alla costituzione di un processo di compostaggio interamente chiuso (fasi di fermentazione e maturazione) e collegato ad un impianto di trattamento delle arie (es. biofiltrazione).

- L'adozione di sistemi aperti potrebbe essere ipotizzata per:

- o Impianti di compostaggio di soli scarti verdi;
- o Nei casi di impianti a capacità operative limitate ed in situazioni territorialmente favorevoli (lontananza da centri abitati);
- o Nelle fasi finali del processo caratterizzate da minore produzione di odori, calore e minore consumo di ossigeno.

In caso di sistemi aperti si può richiedere l'utilizzo di apposite membrane semi-permeabili per ridurre la diffusione di odori e polveri, e proteggere la massa dalle piogge.

- Prevedere una distanza minima dalle abitazioni superiore ai 200-250 metri (raccomandazioni EPA); alcune linee guida regionali, come quella della Regione Sicilia, consigliano una distanza di

almeno un chilometro dagli insediamenti più prossimi (derogabile per il compost verde): la distanza dovrà aumentare nel caso di sistemi di fermentazione aperti, se si lavorano grandi quantità, e con l'aumento delle dimensioni dei centri abitati.

I lavoratori dovrebbero essere tutelati utilizzando accorgimenti specifici quali:

- Utilizzo di automezzi cabinati con sistemi di filtrazione dell'aria soprattutto quando lavorano all'interno dei locali;
- Utilizzo di appositi indumenti e dispositivi di protezione;
- Riduzione al minimo possibile del tempo di stazionamento nelle aree a rischio (locali chiusi);
- Favorire l'applicazione di sistemi automatici di rivoltamento delle biomasse (rivoltamento robotizzato).

LA BIOFILTRAZIONE

I sistemi utilizzati in impianti di compostaggio per mitigare gli odori sono:

- assorbimento dei gas in una fase liquida con conseguente passaggio in soluzione delle componenti maleodoranti;
- adsorbimento del flusso gassoso su matrici solide particolate come carbone attivo, ceneri o materiale vegetale (es. compost o corteccia);
- ossidazione dei composti maleodoranti per via termica o chimica.

La biofiltrazione è il sistema meno costoso e quindi più utilizzato. Il biofiltro deve essere costituito da materiale biologicamente attivo, resistente alla compattazione, con una buona capacità di ritenzione idrica e relativamente privo di odore proprio.

I biofiltri funzionano grazie all'attività di alcuni microrganismi, per cui bisognerà avere cura di mantenere le condizioni migliori per la loro crescita e mantenimento. Proprio per questo motivo il biofiltro impiega un certo periodo di tempo dall'inizio del funzionamento a raggiungere una buona efficacia di filtrazione: da 20 a 60 giorni (si può usare l'ammoniaca come tracciante in ingresso per misurare l'efficienza di filtrazione).

Per l'abbattimento del carico odorigeno si può utilizzare un biofiltro costituito da compost maturo o altre frazioni vegetali come la corteccia; esso dovrà essere dimensionato in modo da avere almeno un metro quadrato di letto filtrante per 100 metri cubi orari di effluenti gassosi da trattare. Il biofiltro sarà costituito da una struttura di contenimento impermeabile, un sistema di diffusione dell'aria, un letto filtrante ed un sistema di mantenimento dell'umidità. Il letto biofiltrante dovrebbe avere un'altezza minima di 100 cm e massima di 200 cm e dovrebbe essere costituito da almeno tre moduli separati disattivabili singolarmente, ad esempio per la manutenzione. I biofiltri dovrebbero garantire un tempo di contatto di almeno 30-45 secondi. L'efficienza dei sistemi di trattamento odori può essere determinata secondo i principi della olfattimetria dinamica riportati nel Draft CEN 064/e TC 264 WG2 odorous.

Un valore di riferimento per la portata specifica può essere il seguente: 80 m³/h di aria per m³ di superficie filtrante. Non si dovrà superare il valore di 150-200 m³/h di aria per m³ di superficie filtrante per garantire tempi di contatto superiori ai 30 secondi.

I sistemi di biofiltrazione possono essere muniti di dispositivi di chiusura soprattutto se ci si trova vicino a centri abitati o siti sensibili (es. altre aziende) o in località con una piovosità media superiore a 2.000 mm/anno o in località troppo calde. Può essere necessario monitorare l'umidità relativa dell'aria in uscita dal biofiltro e quindi prevedere un sistema di umidificazione, soprattutto nei mesi estivi. Devono quindi essere previste sia la possibilità di bagnare (è comunque preferibile umidificare l'aria in ingresso), sia quella di rimuovere l'eventuale percolato formatosi.

Il contenuto di umidità deve essere preferibilmente compreso tra il 50% ed il 70% (anche in dipendenza delle caratteristiche della biomassa utilizzata come letto di filtrazione). La quota d'acqua d'apportare si stima tra i 40 ed i 60 litri al giorno per metro cubo di biofiltro, dedicato ad un

tradizionale processo di compostaggio e così dimensionato: 100 m³/orari per m² di letto di biofiltro dell'altezza di 1 m.

Il pH deve essere compreso tra 5 e 8,5 e vanno compensati eventuali fenomeni di acidificazione legati ai prodotti che si formano nella fase di ossidazione biologica.

La temperatura dell'aria immessa deve essere preferibilmente compresa tra 10° e 45°C per rimanere nella fascia ottimale di sviluppo microbico senza avere fenomeni di essiccamenti eccessivi.

Per assicurarsi del buon funzionamento dei biofiltri bisognerà:

- controllare quotidianamente parametri operativi, come umidità e temperatura;
- controllare mensilmente le perdite di carico;
- controllare semestralmente la consistenza, l'altezza ed il consumo del letto filtrante;
- controllare semestralmente il pH del letto filtrante ed eventualmente correggerlo;
- analizzare semestralmente l'odore e/o le concentrazioni in entrata ed in uscita per verificare il buon funzionamento;
- ripristinare e/o sostituire il materiale del biofiltro (all'incirca ogni 2 anni).

In merito alla determinazione analitica degli odori, in assenza di una normativa comunitaria e nazionale in materia, si farà riferimento all'uso dell'olfattometria dinamica per la quantificazione delle sorgenti definite, puntuali (condotte e camini) o areali (biofiltro, cumuli ecc.), secondo i criteri indicati dalla norma EN 13725. Nel caso risulti necessario discriminare l'apporto odorigeno di un impianto di compostaggio, rispetto ad altre sorgenti, è necessario adottare particolari tecniche analitiche (traccianti chimici, sensori selettivi ecc.).

A titolo indicativo all'interno dell'area di compostaggio potranno essere rilevate concentrazioni tra 20 e 350 Unità Olfattometriche/m³, ma in alcuni casi si arriva fino a 680 Unità Olfattometriche/m³.

L'Unità Olfattometrica indica la diluizione che deve essere attuata all'aria esaminata affinché venga percepito l'odore dal 50% degli operatori, opportunamente selezionati e formati. Quindi, un valore di 300 significa che il campione di aria è stato percepito come odorigeno dal 50% degli operatori quando è stato diluito 300 volte.

Le aree più odorogene sono la bio-ossidazione e la maturazione. La fase di maturazione ha maggiore impatto in quanto raramente è un'area chiusa e collegata a biofiltrazione, ed occupa solitamente superfici e volumi maggiori (dura almeno 60 giorni). Il momento in cui si ha la maggiore emissione è durante il rivoltamento e nelle fasi iniziali della maturazione (fino a 273 UO/m²/sec).

Il biofiltro produce una quantità di emissione odorigena totale fino a 600 volte inferiore a quella della fase di maturazione. Quindi, per prevenire problematiche correlate agli odori sarebbe consigliabile assicurarsi sempre il buon funzionamento dei biofiltri per la fase di bio-ossidazione accelerata. Nel caso di grandi impianti in prossimità di centri abitati dovrebbero essere filtrate anche le arie della fase di maturazione e stoccaggio successivo.

Relativamente ai requisiti da rispettare all'uscita degli impianti di filtrazione dell'aria si possono suggerire le seguenti concentrazioni (da misurare all'uscita del biofiltro):

- H₂S 5 mg/m³;
- Sostanze Organiche Totali 20 mg/m³;
- Polveri 10 mg/m³;
- 300 (o meno) unità odorimetriche per metro cubo;
- 5 mg/m³ di ammoniaca (NH₃).

A livello internazionale sono state proposte le seguenti soglie per il bio-aerosol:

- 1.000 batteri Gram negativi per m³ (anche se questa concentrazione può già causare reazioni allergiche);
- 14 ng/ m³ di endotossine (sono prodotte principalmente da batteri Gram-negativi).

Per avere maggiori informazioni sulle modalità di campionamento delle emissioni si legga la DGR n. 7/12764 del 16 aprile 2003, della Regione Lombardia.

I COMPOSTI ORGANICI VOLATILI

Riguardo alle concentrazioni da non superare per l'ambiente di vita, si può fare riferimento al valore di $0,3 \text{ mg/m}^3$ per la concentrazione complessiva di Composti Organici Volatili, VOC. Si evidenzia che una indagine svolta presso un impianto di compostaggio piemontese ha misurato fino a 7 ppm (cioè 7.000 mg/m^3) di VOC nelle aree di fermentazione aerobica e di maturazione (il biofiltro libera fino a 50 ppm/sec di VOC). In realtà è difficile poter individuare una soglia unica per tutti i VOC in quanto a $0,3 \text{ mg/m}^3$ alcune sostanze sono già molto pericolose, altre non sono nemmeno odorigene. Tra le classi di molecole identificate vi sono i terpeni, gli ossigenati, gli idrocarburi aromatici, gli idrocarburi alifatici, gli esteri, gli azotati. Le diverse fasi di produzione del compost hanno traccianti differenti. Ad esempio, i terpeni e gli azotati sono prodotti principalmente nella fase di bioossidazione accelerata e maturazione. Il biofiltro non libera quasi terpeni e non ha azotati mentre aumentano gli idrocarburi alifatici ed aromatici (in proporzione sulle singole emissioni).

Quindi, le emissioni in atmosfera possono essere costituite da sostanze sicuramente solo fastidiose, ma anche da altre che sono pericolose.

POLVERI (O PARTICOLATO)

Si stima che vengono prodotti tra 163 e 186 g di particolato per tonnellata di FORSU trattato. Il compostaggio è considerato il sistema di trattamento dei rifiuti che produce più polveri: più dell'incenerimento o delle discariche o della digestione anaerobica per produrre biogas.

Dalle attività di compostaggio possono derivare particelle del diametro inferiore ai 10 o ai $2,5 \text{ }\mu\text{m}$. Circa il 50-85% delle particelle in sospensione nell'atmosfera generate dal compostaggio possono essere ispirate perché hanno un diametro inferiore ai $5 \text{ }\mu\text{m}$, potendo così raggiungere gli alveoli polmonari e trasportare microrganismi. Queste particelle possono causare problemi principalmente ai lavoratori e la loro diffusione può essere ridotta adottando appositi accorgimenti operativi ed impiantistici.

In generale, la concentrazione di polveri prodotta dal processo non dovrebbe superare i 10 mg/m^3 (linee guida Regione Lombardia del 2003 sul compostaggio). Dati di letteratura riportano la registrazione di valori fino a 80 mg/m^3 di polveri nel sito di compostaggio (soprattutto le operazioni a carico del compost finito che ha ridotta umidità).

Gli addetti dovrebbero utilizzare apposite protezioni per le vie respiratorie. Le eventuali attività di raffinazione, caratterizzazione del materiale per classi granulometriche (ad esempio dopo la maturazione), dovrebbero essere attuate in un sistema chiuso con un sistema di abbattimento delle polveri.

RUMORE

Alcune fasi dell'attività di compostaggio, come il trasporto o la triturazione, possono produrre rumori (sino a 90 dBA) che hanno però carattere episodico negli impianti che trattano quantitativi inferiori a 1.000 t/anno. In prossimità di un centro di compostaggio il rumore di fondo può aumentare di 32 dBA e vi è una casistica di esposti o proteste da parte di residenti in prossimità del centro (fino a poco più di 150 metri di distanza). L'attività di compostaggio è considerata, tra le attività per la gestione dei rifiuti, quella che produce più impatto acustico insieme ai trattamenti meccanici dei RSU.

Quindi, per le operazioni di vagliatura e di triturazione potrebbero essere richiesti sistemi di contenimento del rumore, soprattutto in grandi impianti in prossimità di siti sensibili. Inoltre, può essere vietato attuare operazioni nelle ore notturne (es.: triturazione o trasporto).

LA TUTELA E LA GESTIONE DELLE ACQUE

La fase di fermentazione viene condotta in presenza di una umidità che varia tra il 55% (per i sistemi a basso tasso di rivoltamento) fino al 70% (sistemi ad alta frequenza di rivoltamento). Quindi, lo stoccaggio e le operazioni di compostaggio producono percolati acquosi anche senza aggiunta di acqua. **Ogni tonnellata di rifiuto (FORSU) trattato produce almeno tra 14 e 24 litri di acque reflue.** A seconda delle condizioni di compostaggio il percolato potrà essere acido o alcalino e quindi contenere, ad esempio, i metalli disciolti nel percolato acido (compost da materiale con rapporto N/C alto). Il percolato può essere ricco di nutrienti e quindi causare il pericoloso aumento di sostanze se contamina le acque (aumenta il BOD: domanda biologica di ossigeno). Inoltre, bisogna attuare le misure di prevenzione dei rischi causati da eventi naturali, come le piogge che possono dilavare via sostanze pericolose e sedimenti contaminando le acque potabili.

Il percolato potrà essere riutilizzato durante il compostaggio o depurato e smaltito. Il destino normale per queste acque è il recupero a scopo di inumidimento dei cumuli

Con l'intento di garantire un'ottimale gestione dei percolati è consigliabile:

- Prevedere la gestione dei percolati in modo da evitare la contaminazione di acque potabili; le fasi di stoccaggio delle matrici, di bio-ossidazione, di post maturazione e di deposito del prodotto finito devono avvenire su superfici impermeabilizzate, dotate di sistemi di drenaggio e di raccolta delle acque reflue di processo, da inviare a depurazione o da riutilizzare nel ciclo di compostaggio; per il compostaggio di scarti ligno-cellulosici in impianti della capacità inferiore a 1.000 t/anno, in Piemonte, (in base al D.G.R. Piemonte 63/8317 del 29-04-1996, ma anche in base al DGR del Veneto n. 568 del 25/02/2005) sono previste delle prescrizioni semplificate, come il terreno non pavimentato (invece, la Regione Lombardia richiede che gli impianti di compostaggio di capacità inferiore a 1.000 t/anno, indipendentemente dal processo adottato, dovranno essere dotati di aree impermeabilizzate per lo svolgimento del processo).

- Dovrebbero essere previste, in tutte le fasi come quella della bioossidazione accelerata, sistemi di raccolta dei reflui.

- Le acque reflue devono essere raccolte in apposite vasche che dovranno avere doppia camera se l'impianto sarà in prossimità di una falda affiorante. Se le acque di scarico (prodotte dalle biomasse durante lo stoccaggio e la fermentazione) non sono riutilizzate per l'inumidimento, vanno trattate come acque reflue prima del loro recapito in rete fognaria o acque superficiali (previa autorizzazione). Per gestire agevolmente il ricircolo anche in periodi a forte piovosità, i bacini di stoccaggio devono essere dimensionati su un rapporto di almeno 1 m³ per 30 m² di superficie drenata (le eccedenze verranno avviate alla depurazione). Può essere consigliato, per le sole acque reflue da piazzali di transito e manovra, la separazione delle acque di prima pioggia (i primi 3-5 mm), da avviare a recupero e depurazione, da quelle di seconda pioggia che possono essere recapitate a suolo o in corpi idrici superficiali.

- Le acque di prima pioggia dei piazzali dove avviene il solo transito e manovra dei mezzi devono essere inviate a trattamento. La capacità dell'invaso dedicato allo stoccaggio delle acque di prima pioggia deve avere le dimensioni minime determinate secondo il seguente procedimento di calcolo:

$C = S \times H / 1000$; dove:

C = capacità dell'invaso (in m³);

S = superficie (in m²) dell'area dei piazzali e delle strade di transito dei mezzi;

H = altezza (in millimetri) dalle precipitazioni di "prima pioggia"; corrisponde al valore massimo di precipitazione in 15-20' di pioggia, convenzionalmente stabilito tra i 3 mm ed i 5 mm.

- La capacità minima dell'invaso dedicato allo stoccaggio delle acque reflue (nel caso di riutilizzo nel processo) dovrà avere le dimensioni calcolate con la seguente formula: $C = R \times Q \times T / 1.000$ dove:

C = capacità dell'invaso in metri cubi.

R = coefficiente di rilascio che dovrà avere un valore compreso tra 2 e 5 (litri/tonnellata*giorno). Il valore minimo si applicherà ai processi con aerazione per insufflazione, il valore massimo a quelli con aerazione per aspirazione. Per gli stoccaggi

iniziali di biomasse ad elevata umidità quali i fanghi di depurazione, prima della loro miscelazione con materiali ligno-cellulosici, si applicherà il coefficiente 5.

Q = quantità in tonnellate di biomasse in fermentazione al coperto.

T = tempo massimo (in giorni) di stoccaggio delle acque tra due interventi di inumidimento successivi.

- Per le acque reflue che derivano da acque di percolazione su piazzali di maturazione all'aperto (potranno essere utilizzate per l'inumidimento o smaltite) devono essere previsti invasi della seguente capacità: $C = S \times (P/1.000)/30$ dove

C = capacità dell'invaso in metri cubi.

S = superficie della zona di maturazione in metri quadrati;

P = piovosità media annua espressa in millimetri.

STUDI EPIDEMIOLOGICI

L'esame della letteratura scientifica evidenzia che, in generale, esistono pochi studi che analizzano in modo diretto i rischi associati alla produzione ed all'utilizzo del compost. La maggior parte degli studi si concentra sul rischio per la salute degli operatori. Quindi, gli studi epidemiologici sono spesso insufficienti a fornire indicazioni utili.

Studi epidemiologici hanno evidenziato sintomi a carico dei lavoratori, come cefalea, diarrea e disturbi alla vista ascrivibili ad endotossine dei batteri Gram negativi. Tra gli effetti registrati causati da spore e tossine prodotte da microrganismi si evidenziano: arrossamento ed irritazione degli occhi, nausea, rinorrea. Inoltre, è da evidenziare il rischio allergenico favorito da alcune molecole che costituiscono un pericolo primariamente per i lavoratori.

Le attività svolte al chiuso in presenza di personale (es. fase di biossidazione accelerata) dovrebbero assicurare almeno 4 ricambi orari ed essere attuate adottando le migliori misure preventive (indossare dispositivi di protezione individuale, usare mezzi cabinati con controllo dell'aria).

CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE DEL PRODOTTO FINITO

LA CLASSIFICAZIONE DEL COMPOST

Il Decreto Legislativo del 16 gennaio 2008, n. 4, riporta la seguente classificazione:

- **Compost da rifiuti:** prodotto ottenuto dal compostaggio della frazione organica dei rifiuti urbani nel rispetto di apposite norme tecniche finalizzate a definirne contenuti e usi compatibili con la tutela ambientale e sanitaria e, in particolare, a definirne i gradi di qualità. Deriva da raccolta non differenziata dei RSU ed il suo utilizzo in campo non è consigliato.

- **Compost di qualità:** prodotto ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente, che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dall'allegato 2 del Decreto Legislativo n. 217 del 2006 e successive modifiche e integrazioni.

Si evidenzia che **il compost di qualità può rientrare nella categoria degli ammendanti**, cioè dei materiali da aggiungere al suolo in situ, principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fisiche e/o chimiche e/o l'attività biologica. Il compost di qualità oltre che come ammendante può essere utilizzato per la pacciamatura: applicazione di compost in modo da coprire il terreno con uno strato di materiale dello spessore di 3-10 cm allo scopo di impedire la crescita di malerbe, conservare l'umidità, proteggere il terreno dall'erosione, evitare la formazione della cosiddetta crosta superficiale, diminuire il compattamento, mantenere la struttura ed innalzare la temperatura del suolo.

Gli elementi fertilizzanti che potranno essere indicati in etichetta di un compost di qualità sono i seguenti (si precisa che la normativa nazionale sull'etichettatura dei fertilizzanti prevede delle tolleranze relative a queste indicazioni): Azoto come N. Fosfato come P₂O₅. Potassio come K₂O. Calcio come CaO. Magnesio come MgO. Sodio come Na₂O. Zolfo come SO₃. Boro, Cobalto, Rame, Ferro, Manganese e Zinco con il simbolo chimico degli elementi stessi. Carbonio organico di origine biologica come C. Sostanza organica espressa come C. Cloro o cloruri come Cl.

Si stima che il compost finale possieda un peso specifico di circa 350-400 kg/m³.

Il D.Lgs. n. 217 del 29/04/2006, all'allegato 2 riporta la seguente classificazione relativamente ai **compost di qualità** (cioè derivati da raccolta differenziata):

- **Ammendante compostato verde:** prodotto ottenuto attraverso processo di trasformazione e stabilizzazione controllata di rifiuti organici che possono essere costituiti da scarti di manutenzione del verde ornamentale, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale con esclusione di alghe ed altre piante marine.

- **Ammendante compostato misto:** prodotto ottenuto attraverso processo di trasformazione e stabilizzazione controllato di rifiuti organici che possono essere costituiti dalla frazione organica dei RSU proveniente da raccolta differenziata, da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agro-industriali e dalla lavorazione del legno e del tessile naturale non trattato, da reflui e fanghi, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde. Per "fanghi" si intendono quelli definiti dal Decreto Legislativo 27 gennaio 1992, n.99, di attuazione della Direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura. I fanghi, tranne quelli agro-industriali, non possono superare il 35% (P/P) della miscela iniziale.

- **Ammendante torboso composto:** prodotto ottenuto per miscela di torba con ammendante compostato verde e/o misto (la torba è un ammendante organico estratto da depositi fossili di natura vegetale di ambienti paludosi nel nord Europa; è un materiale costituito in gran parte da residui di piante che hanno subito un processo di decomposizione in carenza di ossigeno: può essere un materiale che risulta dalla parziale decomposizione del genere *Spaghnum*, altre Briofite e carici).

LE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E MICROBIOLOGICHE DELLE MATERIE PRIME

Alcune delle concentrazioni di sostanze pericolose che devono essere rispettate non sono influenzate dalla fermentazione aerobica e potrebbero ritrovarsi nel compost a concentrazioni superiori a quelle presenti nelle matrici in ingresso a causa della diminuzione di peso che si registra durante il compostaggio (perdita di acqua).

Il calcolo della concentrazione di alcuni parametri deve essere effettuata sul peso secco, cioè sul materiale privo di acqua (dopo che l'umidità sia stata estratta in stufa a 105°C fino a raggiungimento di peso costante).

Si consigliano i seguenti limiti di accettabilità per i materiali che possono entrare nel centro di compostaggio (mg/Kg o ppm):

- Cd 20;
- Cr totale 1.000;
- Hg 5;
- Ni 250;
- Pb 600;
- Cu 1.000;
- Zn 3.000;
- As 10;
- Se 5.

Ai fini del compostaggio i materiali in entrata devono contenere almeno il 40% di sostanza organica espresso sulla sostanza secca.

Requisiti per i fanghi di depurazione

Alcuni limiti per i **fanghi di depurazione biologica** (ammessi fino al 35% P/P) ed altri residui organici compatibili con il compostaggio sono riportati di seguito:

ELEMENTO	UNITÀ DI MISURA	VALORE LIMITE
Cadmio	mg/kg s.s.	≤ 20
Cromo (*)	mg/kg s.s.	≤ 750
Mercurio	mg/kg s.s.	≤ 10
Nichel	mg/kg s.s.	≤ 300
Piombo	mg/kg s.s.	≤ 750
Rame	mg/kg s.s.	≤ 1000
Zinco	mg/kg s.s.	≤ 2500

(*) di cui CrVI ≤ 0,5 mg/kg s.s.

Il compost derivato da fanghi di depurazione (ad esempio dei reflui urbani) per poter avere delle garanzie igieniche sufficienti dovrebbe essere trattato per almeno un'ora a 70°C, e deve quindi essere privo di *Salmonella* (la carica di *Salmonella* in entrata, se si usano i fanghi di depurazione civili può raggiungere le 10⁴ UFC per grammo di solidi solubili) e deve contenere meno di 100 UFC di *Streptococchi* per g. Il materiale organico compostato derivato, comunque, non dovrebbe essere utilizzato come fertilizzante in presenza di vegetali edibili, o in parchi e giardini. Non dovrebbe essere distribuito per almeno un anno prima dell'utilizzo del terreno a pascolo o della raccolta delle foraggere. Dopo la distribuzione l'area dovrebbe essere chiusa al pubblico per sei mesi.

Per il compost che ha un utilizzo agricolo si consiglia di non usare fanghi di depurazione a meno che non abbiano i seguenti codici CER:

- 020305: fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti della preparazione e del trattamento di frutta, verdura, cereali, oli alimentari, cacao, caffè, tè e tabacco; della

produzione di conserve alimentari; della produzione di lievito ed estratto di lievito; della preparazione e fermentazione di melassa;

- 020403: fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti della raffinazione dello zucchero;

- 020502: fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti dell'industria lattiero-casearia;

- 020603: fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti dell'industria dolciaria e della panificazione;

- 020705: fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti della produzione di bevande alcoliche ed analcoliche (tranne caffè, tè e cacao).

Il compost derivato da fanghi di depurazione rischia di non fornire garanzie sufficienti relativamente alle concentrazioni richieste per un compost di qualità per parametri come i metalli pesanti (es. cromo). Pertanto sarebbe da sconsigliare l'uso dei fanghi per l'utilizzo agricolo.

I requisiti del FORSU

La classificazione del FORSU può essere eseguita in base al contenuto di materiale non compostabile. E' possibile individuare 3 classi di qualità (A, B e C) come indicato di seguito.

PARAMETRO	Unità di misura	Classe A	Classe B	Classe C
Materiale non compostabile (MNC)	% s.t.q.	<2.5	2.5-5	>5

Legenda: s.t.q. solido tal quale.

Per la produzione di compost per uso agricolo deve essere utilizzato FORSU di Classe A e cioè con meno del 2,5% di materiali non compostabili, calcolato sui solidi tal quale.

LE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE, MICROBIOLOGICHE ED AGRONOMICHE DEL COMPOST DI QUALITÀ

Di seguito si riportano le caratteristiche minime che dovrebbero essere garantite dai diversi tipi di compost di qualità.

Ammendante compostato verde

Questo tipo di compost deve rispettare i seguenti requisiti:

- umidità: massimo 50%;
- pH compreso tra 6 e 8,5;
- C organico sul secco: minimo 30%;
- C umico e fulvico (C fulvico: frazione organica umica solubile a qualsiasi pH; ha la capacità di trasportare i metalli pesanti) sul secco: minimo 2,5 %;
- Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale;
- C/N massimo 50;
- Rame totale sul secco: massimo 150 mg/kg;
- Zinco totale sul secco: massimo 500 mg/kg;
- Piombo totale 140 p.p.m s.s.;
- Cadmio totale 1,5 p.p.m s.s.;
- Nickel totale 100 p.p.m. s.s.;
- Mercurio totale 1,5 p.p.m s.s.;
- Cromo esavalente 0,5 p.p.m s.s..

Gli elementi come i metalli pesanti dovrebbero essere calcolati sulla sostanza secca che però contenga il 40 % di materiale organico (normalizzazione).

Il tenore di materiale plastico eventualmente presente, del diametro maggiore di 3,33 mm e minore di 10 mm non può superare lo 0,05% sulla sostanza secca.

Il tenore di materiale plastico, eventualmente presente, del diametro fino a 3,33 mm non può essere maggiore dello 0,45% sulla sostanza secca.

Il tenore di altri materiali inerti, eventualmente presenti, del diametro fino a 3,33 mm non può superare lo 0,9% sulla sostanza secca. Il tenore di altri materiali inerti, eventualmente presenti, del diametro maggiore di 3,33 mm e minore di 10 mm non può superare lo 0,1% sulla sostanza secca.

Materiali plastici ed inerti di diametro superiore a 10 mm devono essere assenti.

Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica:

- *Salmonella*: assente in 25 g di campione tal quale.
- Enterobacteriacee totali: massimo $1,0 \times 10^2$ UFC per grammo.
- *Streptococchi fecali*: massimo $1,0 \times 10^3$ (MPN x g);
- *Escherichia coli* può essere presente a concentrazioni inferiori a 1.000 UFC per grammo.
- Nematodi, Trematodi e Cestodi: assenti in 50 g sul tal quale.

Il contenuto di semi di piante infestanti e di parti riproduttive vegetative di piante infestanti aggressive nel prodotto finale non deve superare le 2 unità per litro.

Si ricorda che, in generale, nelle diverse province piemontesi vige il divieto di conferire la frazione verde pubblica e privata nelle discariche.

Ammendante compostato misto

Questo tipo di compost deve rispettare i seguenti requisiti:

- umidità: massimo 50%;
- pH compreso tra 6 e 8,5;
- C organico: minimo 25%;
- C umico e fulvico sul secco: minimo 7 %;
- Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale;
- C/N massimo 25;
- Rame totale sul secco: massimo 150 mg/kg;
- Zinco totale sul secco: massimo 500 mg/kg;
- Piombo totale sul secco: 140 mg/Kg;
- Cadmio totale sul secco: 1,5 mg/Kg;
- Nickel totale sul secco: 100 mg/Kg;
- Mercurio totale sul secco: 1,5 mg/Kg;
- Cromo esavalente totale sul secco: 0,5 mg/Kg.

Gli elementi come i metalli pesanti dovrebbero essere calcolati sulla sostanza secca che però contenga il 40 % di materiale organico (normalizzazione).

Di seguito si riportano altri valori che potrebbero essere rispettati per la produzione di un compost di qualità.

PARAMETRO	LIMITE	UNITA' DI MISURA
Salinità	≤50	meq/100 g sost. secca
Cloruri	≤2.000	mg/Kg sost. secca
Solfati	≤5.000	mg/Kg sost. secca
Azoto totale minimo	1,7	% sost. secca
Azoto ammoniacale	≤0,06	% sost. secca
Azoto nitrico	≥0,04	% sost. secca
Fosforo (P ₂ O ₅)	≥1	% sost. secca
Potassio (K ₂ O)	≥0,07	% sost. secca

Sost. organica	≥ 40	% sost. secca
Arsenico	$\leq 2,5$	mg/Kg sost. secca
Selenio	$\leq 1,5$	mg/Kg sost. secca
Boro	≤ 40	mg/Kg sost. secca
Indice mineralizzazione azoto	$\leq 3,5$	% sost. secca
Indice respirazione	≤ 150	mg di ossigeno per kg di solidi volatili all'ora

Un buon obiettivo da proporre per ottenere un compost di qualità con caratteristiche chimiche migliori di quelle previste dalla regolamentazione nazionale potrebbe essere quello di non superare le seguenti concentrazioni (mg/Kg di peso secco):

Zn: 300,

Cu: 100,

Ni: 50,

Cd: 1,

Pb: 100,

Hg: 1,

Cr: 100,

Mo: 2,

Se: 1,5,

As: 10,

F: 200 (così come proposto dal marchio ECOLABEL, Regolamento n.1980 del 17/7/2000). Il compost dovrebbe contenere almeno il 25 % di sostanza secca in peso e almeno il 20 % di sostanza organica espressa in peso di sostanza secca (misurato come perdita al fuoco). Dovrebbe essere assicurata l'assenza di corteccia trattata con pesticidi e legno verniciato.

Il tenore di materiale plastico, eventualmente presente, del diametro fino a 3,33 mm non può superare lo 0,45% sulla sostanza secca.

Il tenore di materiale plastico, eventualmente presente, del diametro maggiore di 3,33 mm e minore di 10 mm non può superare lo 0,05% sulla sostanza secca.

Il tenore di altri materiali inerti, eventualmente presenti, del diametro fino a 3,33 mm non può superare lo 0,9% sulla sostanza secca.

Il tenore di altri materiali inerti, eventualmente presenti, del diametro maggiore di 3,33 mm e minore di 10 mm non può superare lo 0,1% sulla sostanza secca. Materiali plastici ed inerti di diametro superiore a 10 mm devono essere assenti.

Il contenuto di vetri, metalli e plastiche del prodotto finale (dimensione maglie > 2 mm) deve essere inferiore allo 0,5 % espresso in peso a secco o se di maglia inferiore:

- vetro ≤ 1 % sost. secca;
- plastica $\leq 0,5$ % sost. secca.

Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica:

- *Salmonella*: assente in 25 g di campione tal quale;
- Enterobacteriacee totali: massimo $1,0 \times 10^2$ UFC per grammo;
- *Streptococchi fecali*: massimo $1,0 \times 10^3$ (MPN x g);
- *Coliformi fecali* < 1.000 MPN per g;
- *Escherichia coli* a concentrazioni inferiori a 1.000 UFC per grammo.
- Virus enterici < 1 PFU per 4 g (PFU: unità formanti placca di lisi, indica la carica infettante);
- Nematodi, trematodi e cetodi: assenti in 50 g sul tal quale.

Il contenuto di semi di piante infestanti e di parti riproduttive vegetative di piante infestanti nel prodotto finale non deve superare le 2 unità per litro. Il compost non deve avere effetti negativi sulla germinazione o sulla successiva crescita dei vegetali. Il compost maturo e cioè più bio-stabilizzato

ha la caratteristica di essere meno fitotossico per i vegetali. Per questo motivo se il compost è destinato ad essere usato in vaso viene solitamente lasciato maturare all'aperto altri sei mesi o un anno.

L'assenza di fenomeni di fitotossicità è misurata con appositi test che utilizzano il compost a diverse concentrazioni come substrato per far germinare e crescere un numero prestabilito di semi, con un protocollo sperimentale. Pertanto si propone di non superare i seguenti parametri:

Indice germinazione	≥70*	% rispetto testimone
Indice accrescimento	≥100	% rispetto testimone

* Se l'indice di germinazione è inferiore al 70% sono da considerare non fitotossici i compost che al test di accrescimento con *Lepidium sativum* risultano superiori al 100 % rispetto al testimone.

Ammendante torboso composto

Questo tipo di compost deve rispettare i seguenti requisiti:

- C organico sul secco: minimo 35%;
- C umico e fulvico sul secco: minimo 7 %;
- Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale;
- rapporto C/N massimo 50;
- rame totale sul secco: massimo 150 mg/kg;
- Zinco totale sul secco: massimo 500 mg/kg;
- **Torba: minimo 50%;**
- Piombo totale < 140 p.p.m s.s.;
- Cadmio totale < 1,5 p.p.m s.s.;
- Nikel totale < 100 p.p.m. s.s.;
- Mercurio totale < 1,5 p.p.m s.s.;
- Cromo esavalente < 0,5 p.p.m s.s..

Gli elementi come i metalli pesanti dovrebbero essere calcolati sulla sostanza secca che però contenga il 40 % di materiale organico (normalizzazione).

Il tenore di materiale plastico, eventualmente presente, del diametro fino a 3,33 mm non può superare lo 0,45% sulla sostanza secca.

Il tenore di materiale plastico, eventualmente presente, del diametro maggiore di 3,33 mm e minore di 10 mm non può superare lo 0,05% sulla sostanza secca.

Il tenore di altri materiali inerti, eventualmente presenti, del diametro fino a 3,33 mm non può superare lo 0,9% sulla sostanza secca.

Il tenore di altri materiali inerti, eventualmente presenti, del diametro maggiore di 3,33 mm e minore di 10 mm non può superare lo 0,1% sulla sostanza secca. Materiali plastici ed inerti di diametro superiore a 10 mm devono essere assenti. Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica:

- *Salmonella*: assente in 25 g di campione tal quale;
- Enterobacteriacee totali: massimo $1,0 \times 10^2$ UFC per grammo;
- *Streptococchi* fecali: massimo $1,0 \times 10^3$ (MPN x g);
- *Escherichia coli* a concentrazioni inferiori a 1.000 UFC per grammo.
- Nematodi, Trematodi e Cestodi: assenti in 50 g sul tal quale.

Il contenuto di semi di piante infestanti e di parti riproduttive vegetative di piante infestanti aggressive nel prodotto finale non deve superare le 2 unità per litro.

Tutti e tre i tipi di compost appena descritti, per poter essere commercializzati devono avere dichiarati in etichetta i seguenti parametri: umidità; pH; C organico sul secco; C umico e fulvico sul

secco; azoto organico sul secco; rapporto C/N; rame totale sul secco; zinco totale sul secco; salinità; azoto, fosforo e potassio totale; torba (solo per l'ammendante torboso composto).

COMPOST NON CONFORME

Se il compost supera i valori appena evidenziati ma rimane al disotto dei seguenti parametri (in ppm): Cd 4; Cr totale 300; Ni 150; Pb 300; Cu 400; Hg 5; Zn 1.500; dovrebbe essere utilizzato per scopi agricoli solo previa autorizzazione e nella quantità massima di 10 t/ha s.s. all'anno. Il superamento di questi valori non dovrebbe consentire un utilizzo agronomico, salvo autorizzazioni eccezionali.

LA STABILITA' BIOLOGICA DEL COMPOST

E' richiesto che le matrici in uscita abbiano un livello minimo di stabilità biologica indipendentemente dalla durata della fermentazione. La stabilità biologica potrà essere verificata con il rispetto di uno dei seguenti valori: indice respirometrico statico; indice respirometrico dinamico.

Per caratterizzare una matrice organica più stabile rispetto a una meno stabile e meno matura e quindi meno fermentescibile, biodegradabile e fitotossica si possono utilizzare i seguenti parametri:

- Contenuto residuo di Sostanza Organica (o in Solidi Volatili) che deve essere più bassa di quella di partenza.
- Indici di respirazione statico o dinamico (legati all'attività metabolica residua) che devono diminuire. L'indice di respirazione viene determinato valutando il consumo di ossigeno richiesto per la biodegradazione della massa, per unità di tempo. Le matrici in uscita (compost maturo) dovrebbero avere un livello minimo di stabilità biologica indipendentemente dalla durata della fermentazione. La stabilità biologica potrà essere verificata con il rispetto di uno dei seguenti valori:
 - o Indice respirometrico statico inferiore a 250 mg di ossigeno per kg di solidi volatili all'ora ($<250 \text{ mg O}_2/\text{Kg s.v.} \cdot \text{h}$);
 - o Indice respirometrico dinamico inferiore a 500 mg di ossigeno per kg di solidi volatili all'ora ($<500 \text{ mg O}_2/\text{Kg s.v.} \cdot \text{h}$); un valore superiore a 500 ed inferiore a 1.000 è quello considerato accettabile per un compost di bassa qualità e che non viene utilizzato per scopi agricoli;
 - o Le matrici in uscita dalla fase di bioossidazione accelerata dovrebbero avere un indice di respirazione dinamico finale (prima del posizionamento del materiale nella eventuale sezione di maturazione esterna) inferiore a 1.000 mg di ossigeno per kg di solidi volatili all'ora ($<1.000 \text{ mg O}_2/\text{Kg s.v.} \cdot \text{h}$);
 - o Per il compost verde un valore inferiore a 1.000 mg di ossigeno per kg di solidi volatili all'ora ($<1.000 \text{ mg O}_2/\text{Kg s.v.} \cdot \text{h}$) è considerato accettabile.
- concentrazione di ammoniaca (legata alla persistenza di attività di degradazione e proteolisi in misura superiore a quelle di nitrificazione dell'ammoniaca).

Un metodo semplice per misurare la biostabilità consiste nel registrare l'innalzamento massimo di temperatura generato dalla fermentazione del materiale organico in un sistema chiuso, rispetto alla temperatura esterna. La stabilità può essere classificata in classi di 10°C, dove un aumento massimo di 10 °C è generato da un compost molto stabile, mentre un compost immaturo genera un aumento della temperatura superiore ai 30°C.

IL BIOSTABILIZZATO MATURO

In alcuni casi, anche per i rifiuti urbani indifferenziati (o altre matrici indifferenziate), viene attuata la biostabilizzazione. Questa non è altro che una fase di fermentazione aerobica finalizzata ad ottenere una riduzione della fermentescibilità per la stabilizzazione pre-discardica o per produrre materiali per applicazioni controllate di tipo paesistico-ambientale. La biostabilizzazione è attuata anche con l'obiettivo di ridurre il volume ed inibire la produzione di metano prima di essere smaltito in discarica. Il biostabilizzato maturo, per essere utilizzato in applicazioni controllate per operazioni paesistico-ambientali deve rispettare limiti meno restrittivi di quelli previsti per il compost di qualità.

Quindi il biostabilizzato maturo o Frazione Organica Stabilizzata (FOS) deriva dalla fermentazione organica di materiale indifferenziato ed è perciò sconsigliabile l'uso agricolo.

Questa tipologia di rifiuti indifferenziata, come i RSU, viene spesso trattata meccanicamente, ad esempio con magneti per estrarre le parti metalliche o con altri sistemi per cercare di estrarre le parti indesiderate (plastica, vetro, metallo). I prodotti che ne generano possono essere fermentati aerobicamente, anaerobicamente e/o utilizzati negli inceneritori come combustibili. E' prescritto l'obbligo del trattamento aerobico per i RSU non differenziati prima di essere smaltiti in discarica.

L'utilizzo dei RSU indifferenziati per fare compost produce, per tonnellata, diverse emissioni quali, ad esempio, circa 22 Kg di anidride carbonica e 200-250 Kg di acqua che è persa per evaporazione.

La concentrazione di sostanze pericolose in questa matrice è elevata per cui l'utilizzo agricolo può essere autorizzato solo in casi eccezionali e sotto stretto controllo. Il **biostabilizzato maturo** può essere utilizzato nella realizzazione di aree verdi pubbliche e private come giardini, previa autorizzazione specifica da parte della Provincia (non è un recupero ma uno smaltimento). Il biostabilizzato maturo può essere impiegato nelle attività paesistico-ambientali (quali ripristini ambientali di aree degradate, ricostruzione dello strato superficiale di discariche esaurite, sistemazione di cave, di strade, autostrade e ferrovie, parchi, campi da golf, i ripristini ambientali e paesaggistici a complemento degli interventi di bonifica) allo scopo di consolidare la fertilità del soprasuolo e renderlo adatto all'insediamento di specie vegetali.

Per l'impiego del biostabilizzato maturo i carichi unitari non dovrebbero essere superiori a 400-500 t/ha di tal quale, comunque deve essere prevista la miscelazione con terreno. Il suo impiego non è consentito nelle aree con falda affiorante, nelle aree a riserva naturale ed integrale, e nelle aree ricadenti nelle zone di rispetto per un raggio non inferiore ai 200 m dal punto di captazione.

I limiti di accettabilità per il biostabilizzato maturo che è consigliabile non superare sono i seguenti:

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	VALORE LIMITE
Materiali inerti	% s.s.	≤ 3
Vetri (≤ 3mm)	% s.s.	≤ 3
Materiale plastico	% s.s.	≤ 1
Materiali ferrosi	% s.s.	≤ 0,5
Umidità	% s.s.	≤ 45
pH		6-8,5
Granulometria	Mm	0,5-25
Sostanza organica	% s.s.	≥ 40
Azoto totale	% s.s.	≥ 1
Fosforo (P ₂ O ₅)	% s.s.	≥ 0,5
Potassio (K ₂ O)	% s.s.	≥ 0,4
Arsenico	mg/Kg s.s.	≤ 10
Cadmio	mg/Kg s.s.	≤ 10
Cromo III	mg/Kg s.s.	≤ 500
Cromo VI	mg/Kg s.s.	≤ 10
Mercurio	mg/Kg s.s.	≤ 10
Nichel	mg/Kg s.s.	≤ 200
Piombo	mg/Kg s.s.	≤ 500

Rame	mg/Kg s.s.	≤ 600
Zinco	mg/Kg s.s.	≤ 2.500
Salmonelle	n./50 g	assenti
Rapporto C/N		≤ 30
Semi infestanti	n./l	≤ 2

I CONTROLLI ANALITICI

I controlli analitici devono essere effettuati sia sulle materie prime in entrata che sui prodotti in uscita: il compost.

Le analisi devono essere effettuate almeno ad ogni inizio di attività e, successivamente, almeno ogni due anni e, comunque, ogni volta che intervengano delle modifiche sostanziali nel processo di recupero dei rifiuti.

Il calcolo della concentrazione di alcuni parametri viene effettuata sul peso secco, cioè sul materiale privo di acqua (umidità estratta in stufa a 105°C fino a raggiungimento di peso costante). Quindi, queste concentrazioni, se si vorranno riferire al peso totale, dovranno essere generalmente diminuite in proporzione al contenuto di acqua.

E' consigliabile che per l'analisi del materiale prodotto, e delle miscele in entrata, l'impianto si avvalga di un laboratorio che risponda ai requisiti di cui alla norma UNI CEN EN ISO/IEC 17025.

Al limite stabilito per ciascun parametro, si può ammettere una tolleranza del 10%, in senso opposto a quello richiesto, per non più del 25% dei campioni analizzati nell'ultimo anno. I risultati analitici devono essere conservati per almeno 5 anni.

Entrata

- Per i **fanghi delle industrie agroalimentari**, cartaria, tessile naturale la verifica dei limiti previsti deve prevedere l'esecuzione di un'analisi ogni anno per conferitore. Qualora uno stesso soggetto conferisca fanghi provenienti da luoghi o processi produttivi differenti, dovrà essere eseguita un'analisi all'anno per categoria omogenea di fango da esso conferito.

- **Residui organici da industrie agroalimentari** o altre tipologie previste: il rispetto dei limiti va accertato con un'analisi chimica per fornitore da ripetere ogni anno.

- **I fanghi di depurazione dei reflui urbani**: la verifica dei limiti deve essere eseguita ogni 3 mesi per gli impianti di potenzialità superiore a 100.000 abitanti equivalenti, ogni 6 mesi per gli impianti di potenzialità inferiore a 100.000 ab. eq. ed annualmente per gli impianti con potenzialità inferiore a 5.000 ab. eq..

- **Residui verdi e lignocellulosici**: la verifica dei limiti deve essere eseguita con due analisi chimiche all'anno per gli impianti con capacità lavorativa maggiore di 3.000 t/anno. Allo scopo di ottenere un campione che sia il più rappresentativo possibile dei conferimenti dell'impianto (sia in termine di numero di forniture sia di periodo di conferimento), la preparazione dello stesso viene effettuata su una massa ottenuta dalla miscelazione di un certo numero di sottocampioni a loro volta estratti dal materiale ligno-cellulosico, opportunamente triturato, e dagli sfalci. **Per i residui provenienti da zone ad alto traffico, in particolare foglie e sfalci, è opportuno verificare con maggiore frequenza il contenuto in metalli pesanti.**

- **Deiezioni zootecniche**: il rispetto dei limiti va accertato con un'analisi chimica per fornitore da ripetere ogni 2 anni. Per uno stesso conferitore l'omogeneità delle deiezioni è determinata dalla medesima provenienza e tipo di allevamento da cui le stesse hanno origine.

- E' necessaria almeno un'analisi merceologica annuale per i **FORSU** in entrata per ogni Comune ed in più un'analisi chimica annuale ogni 10.000 tonnellate di FORSU trattata.

Uscita

- **I controlli sul prodotto finito possono essere effettuati con le seguenti cadenze minime:**

a) annuale per gli impianti con potenzialità fino a 3.000 t/anno,

- b) semestrale per gli impianti con potenzialità fino alle 20.000 t/anno,
- c) trimestrale per gli impianti con potenzialità fino a 50.000 t/anno,
- d) bimestrale per gli impianti con potenzialità superiore alle 50.000 t/anno.

- **I controlli sulla stabilità biologica** in relazione al lotto di produzione verranno effettuati con le seguenti cadenze minime:

- a) semestrale per gli impianti con potenzialità tra 3.000 e 20.000 t/anno,
- b) quadrimestrale per gli impianti con potenzialità tra 20.000 e 50.000 t/anno,
- c) trimestrale per gli impianti con potenzialità superiore a 50.000 t/anno.

L'UTILIZZO AGRONOMICO ED I RISCHI ASSOCIATI

RISCHI CONSEGUENTI ALL'UTILIZZAZIONE DEL COMPOST FINALE

Un problema correlato all'utilizzo del compost come fornitore di sostanze organiche ed inorganiche ai vegetali è il rilascio di sostanze chimiche e microbiologiche contaminanti. Ad esempio, i metalli a basse concentrazioni costituiscono nutrienti per i vegetali (boro, zinco, rame, nickel), ma a concentrazioni superiori diventano fitotossici. Quindi, i problemi che ne possono derivare sono i seguenti (compost da rifiuti solidi urbani utilizzato per scopi agricoli):

- accumulo nel suolo di sostanze contaminanti con effetti fito-tossici (ad esempio da zinco) ed effetti nocivi sugli organismi del terreno (es. da piombo, mercurio, cadmio);
- bioaccumulo di sostanze inquinanti in organismi vegetali ed animali con rischi per la catena alimentare (es. spinaci, orticole a foglia e colture per foraggio accumulano cadmio: 0,5 mg/Kg è considerata una concentrazione soglia per il cadmio nei vegetali destinati all'alimentazione animale) e contaminazione delle acque (es. la maggior parte del boro presente nel compost da rifiuti solidi urbani è idrosolubile, ed anche il Nickel può facilmente contaminare le acque); diminuzione della disponibilità di principi nutritivi per i vegetali (la distribuzione di compost da rifiuti solidi urbani aumenta la concentrazione totale nel terreno di piombo e rame; alcuni lavori scientifici dimostrano che ne diminuisce la disponibilità immediata a causa di legami con sostanze organiche: questa diminuzione di biodisponibilità è transitoria).

Si può evidenziare che condizioni diverse possono portare ad effetti molto differenti, ad esempio: piante diverse e terreni diversi reagiscono diversamente alle stesse concentrazioni di metalli. Per ridurre gli effetti di accumulo di metalli ed altre sostanze contaminanti è consigliabile ridurre la distribuzione di compost. Studi nel lungo periodo hanno evidenziato che in seguito allo spandimento si ha un **dimezzamento** della quantità di sostanze organiche nel terreno provenienti dal compost, **in almeno dieci anni**, ma che le concentrazioni di metalli aumentano rispetto alle stesse antecedenti allo spandimento.

Altri rischi che si evidenziano sono i seguenti:

- attrazione di animali ed uccelli come i gabbiani;
- presenza di materiali solidi (vetro o metallo che possono essere taglienti);
- diffusione di piante infestanti;
- diffusione di organismi patogeni in agricoltura (es. l'insetto fillossera, *Daktulospharia vitifolia*, può essere diffuso in viticoltura dall'utilizzo di compost contaminato anche in siti prossimi ai vigneti; o, ancora ad esempio, possono essere diffusi alcuni virus vegetali, come il virus del mosaico del tabacco).

In generale, alcuni lavori scientifici che hanno esaminato l'utilizzo di diversi compost, tra cui quelli derivati dal FORSU e dai fanghi di depurazione, registrano effetti fitotossici per le colture se utilizzati come substrato di coltura in una percentuale di volume superiore al 30%. Il minore effetto fitotossico è registrato se usato intorno al 15%; le quantità da distribuire a pieno campo per non generare effetti fitotossici **non dovrebbero superare le 50 t/ha/anno** per un compost derivato da FORSU.

SOSTANZE ED ORGANISMI INDESIDERATI

Le sostanze indesiderate nel compost possono derivare dalle materie prime (es. metalli, plastica, organismi patogeni) o possono originare da trasformazioni durante il compostaggio (es.: microrganismi e loro spore e tossine; sostanze odorigene e composti volatili). Tra i potenziali pericoli ambientali e per la salute che possono essere oggetto di valutazione nella produzione di compost da raccolta differenziata di rifiuti solidi urbani (FORSU) si evidenziano:

- Microrganismi patogeni, come virus, batteri, funghi, parassiti intestinali (es. cisti e uova) contenuti nel materiale in entrata nel processo di compostaggio. Ci può essere anche una

contaminazione secondaria e cioè da parte di nuovi microrganismi (principalmente spore e tossine prodotte da funghi e batteri) che si formano durante le attività di compostaggio o dopo. Questa contaminazione secondaria può essere più pericolosa della primaria, in quanto la contaminazione primaria è ridotta assicurando rapporti tempo/temperatura idonei a ridurre le cariche di patogeni.

- Composti organici volatili (sono i maggiori responsabili di cattivi odori; sono stati identificati decine di composti organici volatili differenti prodotti dall'attività di compostaggio).
- Composti organici, come solventi, grassi, idrocarburi alogenati, diossine, esteri come gli ftalati, PCB, composti policiclici aromatici.
- Sostanze inorganiche, come l'arsenico (ritrovato nel suolo trattato con compost fino a 90 ppm), cromo esavalente, nickel (ritrovato nel compost da FORSU a concentrazioni tra 0,8 e 1.220 ppm), mercurio (ritrovato nel compost a concentrazioni tra 0,9 e 23 ppm), piombo (ritrovato nel compost a concentrazioni tra 11 e 1.312 ppm, con una biodisponibilità massima del 75%), cadmio (ritrovato nel compost a concentrazioni tra 0,3 e 12 ppm, con una biodisponibilità massima del 52% in relazione al pH del suolo; la biodisponibilità nelle matrici in ingresso è solitamente superiore), zinco, rame o l'asbesto che possono derivare da contaminanti della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (batterie, plastica, vetro, materiale ferroso, carta ecc.).
- Materiali taglienti, corrosivi o esplosivi.

I nutrienti per i vegetali come Boro, Cobalto, Rame, Ferro, Manganese e Zinco contenuti nel compost sono utili a basse concentrazioni, ma diventano pericolosi e tossici se aumentano, pertanto gli spandimenti dovrebbero valutare i rischi di fitotossicità e bioaccumulo, in relazione ai quantitativi utilizzati.

Alcuni dei contaminanti come quelli metallici, il vetro o la plastica costituiscono una contaminazione indesiderata, attualmente inevitabile, presente anche nel FORSU proveniente dalla migliore raccolta differenziata. Attualmente il 3% è considerata la contaminazione indesiderata più bassa che si può raggiungere in relazione anche alle modalità di raccolta. Si osserva che le concentrazioni in uscita di alcuni contaminanti (es. metalli pesanti o materiale particellare) saranno maggiori di quella in entrata, a causa della diminuzione della massa generata dalla perdita di acqua.

RISCHIO BIOLOGICO DEL COMPOST

Il compost derivato da fanghi di depurazione di reflui civili può contenere microrganismi a concentrazioni superiori a quelle considerate non pericolose. I microrganismi se presenti nel compostato finale possono costituire un rischio per la contaminazione delle acque (potabili ed uso irriguo) e possono entrare nella catena alimentare (agricoltura e zootecnia). Si evidenzia che le dosi pericolose di salmonella (10^6) è molto difficile che vengano raggiunte. La carica di *Salmonella* in entrata, se si usano i fanghi di depurazione civili può raggiungere le 10^4 UFC (Unità Formanti Colonie) per grammo di solidi solubili. Informazioni bibliografiche riportano la presenza di *Salmonella* nel 4% dei campioni di compost (tot 108 campioni). In generale, una temperatura di 55°C mantenuta per almeno tre giorni può ridurre notevolmente le cariche microbiche di patogeni come la *Salmonella*. Si deve ricordare, però, che i microrganismi possono ricolonizzare successivamente il compost fermentato. Il prodotto finito, infatti, costituisce spesso un ottimo substrato di crescita per i patogeni come la *Salmonella*.

Alcuni microrganismi potranno essere fito-patogeni, per cui potranno causare problemi agli agricoltori.

Si ricorda che per il compost finale sono consigliate le seguenti concentrazioni massime di microrganismi patogeni.

- *Salmonella*: assenti in 25 g di campione tal quale;
- Enterobacteriacee totali: massimo $1,0 \times 10^2$ UFC per grammo;

- *Streptococchi* fecali: massimo $1,0 \times 10^3$ (MPN x g);
- *Coliformi fecali* < 1.000 MPN per g;
- *Escherichia coli* a concentrazioni inferiori a 1.000 UFC per grammo.
- Virus enterici < 1 PFU per 4 g (PFU: unità formanti placca di lisi, indica la carica infettante);
- Nematodi, trematodi e cetodi: assenti in 50 g sul tal quale.

In Danimarca il compost derivato da feci (es. fanghi di depurazione) deve essere trattato per almeno un'ora a 70°C, deve essere privo di *Salmonella* e deve contenere meno di 100 UFC di Streptococchi per g di prodotto finito. Questo materiale comunque non può essere utilizzato come fertilizzante in presenza di vegetali edibili, o in parchi e giardini. E' proibito distribuire questo materiale per almeno un anno prima dell'utilizzo del terreno a pascolo o della raccolta delle foraggere. Si considera che un erbivoro al pascolo ingerisce un volume pari al 6% dell'ingerito come suolo. Dopo la distribuzione l'area deve essere chiusa al pubblico per sei mesi.

I nematodi sono in grado di produrre un numero elevato di uova (una femmina di *Ascaris* ne produce 200.000/giorno). Le uova sono molto resistenti agli stress ambientali (sono in grado di sopravvivere anche al trattamento di digestione anaerobica). Secondo alcuni Autori, esse sono in grado di rimanere vitali sul suolo per un periodo di 5-6 anni; il tempo di sopravvivenza medio è tuttavia valutato tra i 17 e i 270 giorni, con una media di 77 giorni.

I protozoi infettivi (cisti ed oocisti) sono presenti fino al 45% delle matrici in entrata da FORSU e 65% se si tratta di fanghi. Solitamente però poi non si ritrovano nel prodotto finito. Le uova di elminti si ritrovano in almeno l'8% dei compost analizzati in Italia dall' ISS (analisi eseguite in 20 impianti diversi).

In USA si considera ridotta la capacità del compost di favorire la diffusione di animali pericolosi (es. insetti) per la salute umana se sono verificate le seguenti condizioni:

- Riduzione del 38% nel contenuto in solidi volatili.
- Consumo di Ossigeno (Specific Oxygen Uptake Rate) $\leq 1,5$ mg di ossigeno per ora e per g di massa.
- Durata della fermentazione aerobica di almeno 14 giorni a 40°C.
- Interramento sotto la superficie del terreno entro le 6 ore dallo spandimento.

LA CONTAMINAZIONE CHIMICA DEL COMPOST

Di seguito si riporta una sintesi di dati pubblicati da lavori scientifici su alcuni Composti Organici Volatili.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti anche come IPA o PAH (Hydrocarbons Polycyclic Aromatic) o POP (Persistent Organic Pollution) dagli acronimi inglesi, sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quelli del benzene uniti fra loro, in un'unica struttura generalmente piana (sono altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi). Si ritrovano naturalmente nel carbon fossile e nel petrolio, da cui si estraggono.

Gli utilizzi sono svariati: vengono utilizzati a fini di ricerca e alcuni vengono sintetizzati artificialmente. In alcuni casi vengono impiegati per la sintesi di coloranti, plastiche, pesticidi e medicinali. **Il capostipite della classe chimica è il naftalene e ne esistono più di cento molecole.** Purtroppo molte di queste molecole sono pericolose per la salute umana.

La loro formazione per cause antropiche avviene, invece, nel corso di combustioni incomplete di combustibili fossili (petrolio e derivati, carbone), legname, grassi, tabacco, incenso e prodotti organici in generale, quali i rifiuti urbani. Essi vengono emessi in atmosfera come residui di combustioni incomplete in alcune attività industriali (cokerie, produzione e lavorazione di grafite, trattamento del carbon fossile) e nelle caldaie (soprattutto quelle alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti); inoltre sono presenti nelle emissioni degli autoveicoli (sia diesel che benzina).

In generale l'emissione di IPA nell'ambiente risulta molto variabile a seconda del tipo di sorgente, del tipo di combustibile e della qualità della combustione. La presenza di questi composti nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla frazione presente come tale nel carburante, sia alla frazione che per pirosintesi ha origine durante il processo di combustione.

Gli IPA sono per la maggior parte adsorbiti e trasportati da particelle carboniose (fuliggine) emesse dalle stesse fonti che li hanno originati. La maggior concentrazione di IPA si trova nelle aree urbane attraversate da traffico veicolare intenso, con valori più elevati nei mesi invernali.

Gli IPA sono tra i Composti Organici Volatili più pericolosi per la salute dell'uomo. L'assorbimento degli IPA può avvenire per inalazione di polveri, aerosol o vapori, essendo presenti come sostanze adsorbite sul particolato, per ingestione di alimenti contaminati o attraverso la cute. Per quanto riguarda le conseguenze sulla salute, mentre non sono stati rilevati casi di effetti tossicologici acuti, un numero considerevole di Idrocarburi Policiclici Aromatici presentano attività cancerogena, sia in esperimenti di laboratorio che tramite indagini epidemiologiche.

I composti ciclici aromatici sono quindi molecole derivate da attività antropiche e purtroppo si ritrovano nel compost sia a seguito del bioaccumulo nei vegetali che di contaminazioni indesiderate (es. materiale plastico nel FORSU).

Alcuni lavori scientifici evidenziano che i composti policiclici aromatici sono stati ritrovati in maggiori quantità nei rifiuti "Verdi" (15,6 µg/kg di peso secco) rispetto ai rifiuti organici domestici (14,6 µg/kg di peso secco). Gli IPA nella frazione organica dei rifiuti domestici derivano in gran parte da contaminazioni accidentali (es. plastica), mentre la frazione verde è contaminata principalmente dall'aria (bioaccumulo). Gli IPA, 6 PCB (bifenili policlorurati) e 17 policlorurati dibenzo diossine e furani si ritrovano a concentrazioni 12 volte superiori nelle foglie rispetto ad altri materiali di partenza per il compostaggio (in questo lavoro sono stati indagati 16 composti idrocarboniosi policiclici aromatici IPA derivati del benzene che sono originati principalmente dalle combustioni).

Alcuni lavori scientifici ritrovano concentrazioni nel compost finale fino a 30 o 40 µg/kg di peso secco. Il processo di compostaggio concentra, di un fattore almeno pari a 2, la maggior parte dei composti organici esaminati presenti nella matrice in ingresso, in quanto il processo di compostaggio riduce la massa iniziale tra il 40 ed il 60%. Solo per poche molecole (3 composti idrocarboniosi policiclici aromatici) la concentrazione registrata è diminuita.

In generale, il FORSU ed il relativo compost sono le tipologie di materie prime e di prodotto finito con le maggiori concentrazioni di IPA, che sono più elevate nei campioni analizzati d'estate (rispetto a compost originato da matrici diverse dal FORSU).

Il compost che deriva da reflui urbani o da materiale organico proveniente da aree fortemente urbanizzate contengono maggiori concentrazioni di IPA. Esaminando il profilo dei composti aromatici policiclici è possibile sapere se il materiale organico è stato inquinato dalla combustione di petrolio o carbon fossile o olio, e risalire al luogo di contaminazione (es. specifica area industriale o urbana).

Solitamente il compost ha una concentrazione di nutrienti per uso agricolo abbastanza basso rispetto ad altri materiali organici utilizzabili (es. in N) e, quindi, viene utilizzato nella quantità di 8-10 t di peso secco/ha/anno o superiori (300 t/ha/anno con una sostanza secca pari al 25%). **Pertanto, le quantità di inquinanti organici aggiunti al suolo attraverso il compost può essere superiore a quella originata per deposito aereo o da altri fertilizzanti come i reflui zootecnici.**

Riassumendo, diversi lavori scientifici evidenziano che le concentrazioni rilevate di IPA nei differenti tipi di compost ed in particolare in quello derivato dal FORSU sono superiori a quelle naturalmente presenti nel suolo di un fattore anche pari a 10.

PCB

I PCB sono ritrovati a concentrazioni comprese tra i 4 (da rifiuto verde) ed i 95 µg/kg di peso secco (da rifiuto organico casalingo) nel 100% dei campioni di compost. La media per le materie prime è risultata pari a 5,4 µg/kg di peso secco per la corteccia, 9,3 µg/kg di peso secco per l'erba, 9,8 µg/kg di peso secco per i tagli di arbusti, 15 µg/kg di peso secco per i rifiuti organici domestici, 16 µg/kg di peso secco nel rifiuto verde, 37 µg/kg di peso secco nelle foglie. Anche in questo caso la maggiore concentrazione ritrovata nelle foglie può essere spiegata con il bioaccumulo di queste molecole dall'aria. Nel caso dei rifiuti domestici possono derivare dalla contaminazione non desiderata della plastica. **Il compost può contenere 40 µg/kg di peso secco di PCB** (sommatoria di 6 PCB; mediana di 124 campioni di compost). Si ritiene che i PCB durante la fase di compostaggio raddoppino la concentrazione rispetto a quelle di partenza a causa della riduzione della massa (una piccolissima frazione si degrada o volatilizza). I materiali di partenza che derivano da aree urbane sono più contaminate da PCB rispetto a quelli provenienti da aree rurali.

Si evidenzia che la concentrazione media nel suolo (tra 0 e 5 cm) di PCB è considerata pari a 2,5 µg/kg di peso secco. In Germania, terreni coltivabili possono arrivare ad avere tra 10 e 18 µg/kg di peso secco di PCB. **Quindi la mediana ritrovata in 179 campioni di compost (40 µg/kg di peso secco) è superiore di un fattore 15 rispetto alla concentrazione ritrovabile normalmente nel suolo coltivabile** (la differenza è inferiore se si considera il suolo urbano che è contaminato dall'aria e dall'acqua). Il contributo di PCB ceduto dall'atmosfera al suolo in aree fortemente antropizzate può essere simile, in particolari condizioni, a quelle apportate dal compost.

LE DIOSSINE

I PCDD/F (Policlorodibenzodiossine o policlorodibenzofurani) sono ritrovati a concentrazioni comprese tra 0,2 (compost da rifiuto organico casalingo) e 26.000 µg/kg di peso secco (compost da rifiuto verde) nel 100% dei campioni di compost. Le foglie ne contengono le concentrazioni maggiori (3,6 ng I-TEQ/kg peso secco per PCDD/Fs). La maggior parte di questi composti si concentrano nel compost finale a causa della riduzione della massa, ma anche a causa di altri fattori in quanto la concentrazione finale può essere 14 volte maggiore di quella iniziale. Anche in questo caso le concentrazioni maggiori si registrano nelle materie prime che provengono dalle aree urbanizzate.

Le concentrazioni misurate nel terreno sono tra 2 e 5 ng I-TEQ/kg con una media nel compost che può arrivare a 9,3 ng I-TEQ/kg. Quindi, anche in questo caso il compost apporta sostanze

pericolose a concentrazioni superiori a quelle naturalmente presenti nel terreno (almeno da 2 a 4 volte).

TEQ: la **tossicità equivalente**, simboleggiata comunemente con **TEQ**, è una grandezza tossicologica che esprime la concentrazione di una sostanza nociva in termini di quantità equivalente a un composto standard. In pratica, la TEQ esprime il quantitativo di un tossico come concentrazione della sostanza di riferimento in grado di generare i medesimi effetti tossici. La TEQ è in relazione con l'effettiva concentrazione di una data sostanza tramite il *fattore di equivalenza tossica (TEF, toxic equivalency factor)*, parametro adimensionale che moltiplicato per la concentrazione effettiva fornisce la TEQ.

Esemplificando, un grammo di sostanza A che è tossica il doppio di un'altra B, ha la stessa "tossicità equivalente" di due grammi di sostanza B.

La tossicità equivalente è di comune utilizzo per quantificare le diossine e i composti correlati o assimilati (come i furani). Anche i limiti di legge moderni relativi alle emissioni di queste sostanze legate ad attività antropica utilizzano l'unità di misura espressa comunemente in ng/Nm³ (nanogrammi su metro cubo a condizioni normali) di tossicità equivalente alla tetracloro-dibenzo-p-diossina. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha identificato 17 policloro-dibenzo-p-diossine/policloro-dibenzofurani e 12 policlorobifenili tossici assegnando loro un fattore di equivalenza tossica internazionale relativo alla tetracloro-dibenzo-p-diossina (TCDD), la più potente tra le diossine. Per questo le rilevazioni delle emissioni tossiche secondo la norma UNI EN 1948-2006 considerano solo queste 17 sostanze e non tutte le 210 diossine tossiche e non tossiche, il che permette un diretto confronto della tossicità di emissioni diverse e quindi l'imposizione di limiti di legge.

I PESTICIDI

Alcuni **pesticidi** (o fitofarmaci) organo-clorurati sono ritrovati fino a concentrazioni di 15 µg/kg di peso secco, come l'aldrin, e 850 µg/kg di peso secco per le molecole di DDT, Dicloro-Difenil-Tricloro-etano (in compost da rifiuto verde), di 32 µg/kg di peso secco per tiabendazolo, di 76 µg/kg di peso secco per cyflutrin. Per la sommatoria delle molecole DDT la media di 45 campioni riporta valore di 8,1 µg/kg di peso secco. Le concentrazioni nel suolo misurate nel Regno Unito (UK) sono pari a 1,4 µg/kg di peso secco. Quindi, anche in questo caso il compost apporta sostanze indesiderate a concentrazioni superiori a quelle presenti nel suolo.

In conclusione le molecole organiche indesiderate esaminate sono spesso apportate dal compost al suolo a concentrazioni da 2 a 14 volte superiori a quelle naturalmente presenti a causa di altre contaminazioni antropiche. Quindi, sarebbe opportuno gestire e regolamentare i piani di concimazione basandosi non solo su alcuni parametri come la quantità di azoto o di pochi altri nutrienti, ma anche sulle concentrazioni di altre categorie di sostanze.

STUDI EPIDEMIOLOGICI

Il compost utilizzato per ricoprire aree verdi o parchi frequentati da bambini ha favorito stati patologici in bambini malati. In bambini con la malattia Pica, una patologia che porta ad ingerire materiali non normalmente commestibili, sono stati registrati disturbi da contaminazione microbica e chimica: essi hanno ingerito compost mescolato al terreno; si considera che un bambino può ingerire fino a 100 mg di terra al giorno ed un bambino affetto da Pica arriva a 5 g; in questo secondo caso può ingerire, nelle peggiori condizioni, il 730% dell'ADI (Admissible Daily Intake) di Piombo, il 400% di Cromo ed il 23% di Cadmio.

Le analisi attuate evidenziano una carenza di informazioni, anche se alcuni indicatori lasciano prevedere l'esistenza di rischi come quelli conseguenti alla distribuzione sistematica nell'ambiente e nella catena alimentare di contaminanti a concentrazioni superiori a quelle naturalmente presenti. Le quantità di alcuni contaminanti apportati con il compost sono di gran lunga superiori a quelle che potrebbero derivare, ad esempio, dalla sola aria contaminata. Quindi, le sostanze pericolose presenti nel compost possono fare prevedere il rischio di bioconcentrazione nella catena alimentare oltre che problemi di tipo ambientale (es. effetti fitotossici).

L'UTILIZZO AGRONOMICO DEL COMPOST SECONDO LE BUONE PRATICHE AGRICOLE

Si riassumono alcuni dei requisiti che possono essere richiesti per l'utilizzo agronomico del compost secondo i principi delle buone pratiche agricole.

- L'utilizzo agricolo dovrebbe essere preceduto dalla progettazione ed autorizzazione di un piano di utilizzazione agricolo (redigere un bilancio della sostanza organica ed un piano di concimazione).

- Le quantità da distribuire a pieno campo non dovrebbero superare le 50 t/ha/anno per il compost di qualità. Se il compost deriva da FORSU non si dovrebbero superare le 30 t/ha anno. Può essere più sicuro programmare lo spandimento di un quantitativo massimo sul suolo agricolo non superiore a 30 t/ha (s.s.) in tre anni, per compost ottenuto da FORSU e/o da fanghi di depurazione ed in generale da biomasse da raccolte differenziate di bassa efficacia o ricchi di contaminanti.

- Il compost dovrebbe essere mescolato col suolo fino ad una profondità di 30 cm entro le 6 ore successive allo spandimento.

- Il compost va distribuito preferibilmente in terreni poveri di sostanza organica. Sono, questi, i terreni ricadenti in aree classificate a basso o moderatamente basso contenuto di carbonio organico.

- Allo spandimento sul suolo agricolo deve corrispondere un quantitativo tale da non superare un apporto di N pari a 340 Kg nelle zone non vulnerabili ai nitrati e di 170 Kg nelle zone vulnerabili ai nitrati.

- E' fatto divieto di spargimento di fanghi di depurazione, come definiti dal D.Lgs.99/92.

- E' sconsigliata l'utilizzazione agronomica del biostabilizzato maturo (compost derivato da materie prime più pericolose, come i rifiuti solidi urbani (RSU) non differenziati o i fanghi di depurazione) ed è comunque consigliabile limitarne il più possibile l'uso (eventualmente meno di 400 - 500 t/ha di tal quale) per applicazioni paesistico-ambientali quali ripristini ambientali di aree degradate, ricostruzione dello strato superficiale di discariche esaurite, sistemazione di cave, di strade, autostrade e ferrovie, i ripristini ambientali e paesaggistici a complemento degli interventi di bonifica.

Si consiglia di adottare la misura preventiva di evitare di utilizzare il compost derivato da rifiuti solidi urbani indifferenziati e da fanghi per ricoprire aree adibite al tempo libero o a parchi ricreativi. Si ricorda che il D.Lgs. n. 217 del 2006 stabilisce per i fanghi che, tranne quelli agro-industriali, comunque non possono superare il 35% (P/P) della miscela iniziale.

Un altro accorgimento per ridurre l'apporto di contaminanti chimici consiste nell'evitare che la frazione verde pubblica, costituita da materiale di sfalcio (soprattutto il primo sfalcio), potature e foglie derivante dalla manutenzione ordinaria e straordinaria di aree verdi pubbliche, sia raccolta mediante spezzamento.

E' da evitare che il materiale da compostare derivi da località distanti e che il compost non possa essere utilizzato che nel raggio di poche decine di chilometri, in modo da ridurre costosi e pericolosi trasporti.

CONCLUSIONI

Questo documento fornisce alcune proposte per una migliore gestione dell'attività di compostaggio ed è frutto dello studio delle fonti citate in premessa (normativa nazionale e normative regionali oltre che un'analisi della letteratura di riferimento di cui si da conto nelle informazioni bibliografiche). L'uso frequente e ripetuto del condizionale nel testo, pertanto, è conseguente alla finalità propositiva delle considerazioni svolte nel lavoro. Le proposte effettuate in questo documento sono una sintesi di un lavoro più analitico che se richiesto potrà essere fornito per iscritto dall'Autore con l'obiettivo di dare maggiori dettagli per una eventuale futura attività

regolamentare in sede Regionale; con l'avvertenza tuttavia che l'iniziativa potrà raggiungere obiettivi più concreti solo col preventivo confronto con gli operatori del settore ed altri esperti.

ALCUNE NORME DI RIFERIMENTO

- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 dicembre 1988, (in Gazz. Uff., 5 gennaio 1989, n. 4). Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6, Legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 10 agosto 1988, n. 377.

- DM 12 luglio 1990, Linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (Supplemento Ordinario alla Gazzetta ufficiale 30 luglio 1990 n. 176).

- Decreto Legislativo 27 gennaio 1992, n. 99 (in Suppl. ordinario alla Gazz. Uff., 15 febbraio 1993, n. 38). Attuazione della Direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura.

- Metodi di analisi del compost, volume pubblicato dalla Regione Piemonte, Collana Ambiente n. 6 del 1992.

- LR del Piemonte n. 59 del 13 aprile 1995, disposizioni per la raccolta ed il conferimento delle frazioni organiche, la produzione del compost ed il trattamento della frazione verde (BU Regione Piemonte n. 22 del 29 maggio 1996).

- D.G.R. Piemonte 63/8317 del 29-04-1996 sul compostaggio.

- Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 (in Suppl. Ordinario n. 72, alla Gazz. Uff. n. 88, del 16 aprile). Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22.

- Decreto Ministeriale 1 aprile 1998, n. 148 (in Gazz. Uff., 14 maggio 1998, n. 110). Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m), e 18, comma 4, del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22. Vedere il D.M. 2 maggio 2006, le cui norme hanno sostituito quelle del suindicato decreto, ai sensi di quanto disposto dall'art. 2 dello stesso. Vedere, anche, l'art. 6, D.Lgs. 11 maggio 2005, n. 133.

- Decreto Ministeriale 28 aprile 1998, n. 406 (in Gazz. Uff., 25 novembre 1998, n. 276). Regolamento recante norme di attuazione di direttive dell'Unione europea, avente ad oggetto la disciplina dell'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti.

- Decisione della Commissione, del 3 maggio 2000, 2000/532/CE, che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi. GU L 226 del 6.9.2000.

- Decisione della Commissione n. 2001/688/CE, del 28 agosto 2001, che stabilisce i criteri per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica agli ammendanti del suolo e ai substrati di coltivazione. GU L 242 del 12.9.2001.

- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 12 giugno 2002, n. 161 (in Gazz. Uff., 30 luglio 2002, n. 177). Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate.

- Legge 31 luglio 2002, n. 179 (in Gazz. Uff., 13 agosto 2002, n. 189). Disposizioni in materia ambientale.

- L.R. Piemonte del 24 ottobre 2002, n. 24, Norme per la gestione dei rifiuti, pubblicata nel B.U. Piemonte 31 ottobre 2002, n. 44.

- Deliberazione Giunta Regionale del 16 aprile 2003 n. 7/12764, linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost, BU Regione Lombardia del 13 maggio 2003, 1° S.O..

- DPR 15 luglio 2003, n. 254, (in Gazz.Uff., 11 settembre 2003, n. 211). Regolamento recante disciplina della gestione dei rifiuti sanitari a norma dell'articolo 24 della L. 31 luglio 2002, n. 179.

- Deliberazione della Giunta Veneto n. 568 del 25/02/2005 modifiche e integrazioni della DGRV 10 marzo 2000, n. 766 – Norme tecniche ed indirizzi operativi per la realizzazione e la conduzione degli

impianti di recupero e di trattamento delle frazioni organiche dei rifiuti urbani ed altre matrici organiche mediante compostaggio, biostabilizzazione e digestione anaerobica.

- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 3 agosto 2005, (in Gazz. Uff., 30 agosto 2005, n. 201). Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.

- D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 195 (in Gazz. Uff., 23 settembre 2005, n. 222). Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale.

- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, (in Suppl. ord. n. 96, alla Gazz. Uff., 14 aprile 2006, n. 88). Norme in materia ambientale.

- D.Lgs. 29 aprile 2006, n. 217, (in Suppl. ord. n. 152, alla Gazz. Uff., 20 giugno 2006, n. 141). Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti.

- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 2 maggio 2006, nel Suppl. Ord. n. 123, alla Gazz. Uff., 18 maggio 2006, n. 114, che istituisce l'elenco dei rifiuti, in conformità alla Direttiva 75/442/CE, alla Direttiva 91/689/CE ed alla Decisione della Commissione 2000/532/CE del 3 maggio 2000. Con Comunicato 26 giugno 2006 (Gazz. Uff. 26 giugno 2006, n. 146) è stata segnalata l'inefficacia del suindicato decreto il quale, non essendo stato inviato alla Corte dei Conti per essere sottoposto al preventivo e necessario controllo, non ha ottenuto la registrazione prevista dalla legge e, conseguentemente, non può considerarsi giuridicamente produttivo di effetti.

- Decisione della Commissione n. 2006/799/CE, del 3 novembre 2006, che istituisce criteri ecologici aggiornati e i rispettivi requisiti di valutazione e verifica per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica agli ammendanti del suolo. GU L 325 del 24.11.2006.

- D.Lgs. 8 novembre 2006, n. 284, (in Gazz. Uff., 24 novembre 2006, n. 274). Disposizioni correttive e integrative del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.

- Decisione della Commissione, del 15 dicembre 2006, che istituisce criteri ecologici aggiornati e i rispettivi requisiti di valutazione e verifica per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica ai substrati di coltivazione. GU L 32 del 6.2.2007.

- Deliberazione del Direttore Generale n. 952 del 13/12/2007, Dipartimento Provinciale di Treviso, Servizio Osservatorio Suolo e Rifiuti. Modifica del marchio "Compost Veneto" attivato con D.D.G. n. 39 del 20/01/2005.

ALCUNI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Biomass & Bioenergy, Vol. 3, Nos 3-4, pp. 239-259, 1992.

- Deliberazione Giunta Regionale della Regione Lombardia, del 16 aprile 2003 n. 7/12764, Linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost (13/05/2003).

- Deportes I., Benoit-Guyod JL, Zmirou D., Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review, Sci Total Environ. 1995 Nov 30; 172 (2-3):197-22.

- DIVAPRA, IPLA, ARPA, 1998 - Metodi di analisi dei compost - Regione Piemonte Assessorato all'Ambiente, Collana Ambiente.

- E. Davoli et Al., Characterisation of odorants emissions from landfills by SPME and GC/MS, Chemosphere 51 (2003) 357-368.

- ENEA, Tecnologie emergenti e gestione odori nel compostaggio, 2007.

- Giancarlo Bianchi ed Enrico Davoli, I processi biologici nella gestione dei rifiuti urbani: il problema degli odori e delle emissioni odorose, nuova Gea - quaderni per l'ambiente, anno 3 - numero 2 - giugno 2006

- Isabelle Déportes et Al., Hazard to man and environment posed by the use of urban waste compost: a review, The Science of the Total Environment 172 (1995) 197-222.

- Loredana Musmeci (A cura di), Valutazione del rischio sanitario e ambientale nello smaltimento di rifiuti urbani e pericolosi, Rapporti ISTISAN 04/5.

- L. Bonadonna et Al., Valutazione microbiologica di prodotti di compostaggio: aspetti normativi ed igienico sanitari, Rapporto ISTISAN 02/3.

- L. Musmeci et Al., Aspetti igienico-sanitari per la produzione di compost di elevate qualità, Ann. Ist. Super. Sanità, vol. 33, n. 4 (1997), pp. 595-603.

- Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio, Regione Siciliana, Presidenza, Commissario delegato per l'emergenza rifiuti e la tutela delle acque OPCM n. 2983 del 31/05/1999.

- Manuale Ambiente 2008, IPSOA.

- Manuale tecnico APAT "Ecolabel per ammendanti e substrati di coltivazione".

- Massimo Centemero, Assegnazione del marchio di qualità all'ammendante compostato, Consorzio Italiano Compostatori, 2006.
- Metodi di analisi del compost (manuale ANPA n. 3/2001).
- Norma CEN EN 12579 sui campionamenti.
- Paola Ficco (A cura di). Rifiuti: quesiti risolti. Edizioni Ambiente, 2007.
- Rahel C. Brandli et Al., Persistent organic pollutants in source-separated compost and its feedstock materials, a review of field studies, Journal of environmental quality, Vol, 34, n. 3, may-june 2006.
- Review of Environmental and Health Effects of Waste Management, Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2004.
- T. Manios, The composting potential of different organic solid wasrea: experience from the island of Crete, Environment International, 29 (2004).
- Umberto Arena, Ugo Leone, Maria Laura Mastellone, Recupero di energia e materia da rifiuti solidi:i processi, le tecnologie, le esperienze, le norme, AMRA S.c. a r.l., Sezione Politiche Territoriali, Facoltà di Ingegneria e Facoltà di Scienze Ambientali, Seconda Università di Napoli, 2007, doppia voce.
- Valuation of the external costs and benefits to health and environment of waste management options, Final report for Defra by Enviro Consulting Limited in association with EFTEC, December 2004
- Report: Population health and waste management: scientific data and available options
Rome, Italy, 29-30 March 2007, http://www.euro.who.int/healthimpact/MainActs/20070228_1

Siti consultati

- <http://compost.css.cornell.edu>
- <http://www.compost.org.uk>
- <http://www.epa.nsw.gov.au/waste>
- <http://www.defra.gov.uk>
- <http://www.mst.dk>
- <http://www.compost.it>
- <http://www.arpa.veneto.it/indice.asp?l=rifiuti.htm>
- www.apat.it
- <http://www.esauk.org/work/briefings/pas100.asp>

LISTE DI CONTROLLO

Di seguito si riporta una sintesi di alcune particolari verifiche che potrebbero essere effettuate durante l'analisi della documentazione o la visita ad un impianto di compostaggio.

DESCRIZIONE	SI/NO	Commenti
Presenza di autorizzazione provinciale.		
Cartografia in scala 1:10.000 o 1:5.000 con l'ubicazione dell'impianto e di tutte le strutture vicine (es. pozzi e falde).		
Superfici dell'impianto (complessiva, coperta, impermeabilizzata); si può avere come riferimento indicativo una superficie di almeno 1,5 m ² per tonnellata trattata all'anno, per un valore minimo non inferiore ai 1.000 m ² .		
Lo studio di impatto ambientale per la procedura VIA (Valutazione di Impatto Ambientale) solo se ha una potenzialità maggiore di 100 tonnellate al giorno.		
Distanza dalle prime case sparse di almeno 250 metri.		
Documentazione relativa ai rifiuti lavorati (da conservare per 5 anni).		
Registrazione tipologie di compost prodotte, quantità e destino (tracciabilità dei lotti).		
Esistenza di linee di lavorazione del compost separate per tipologia e per qualità.		
Il controllo dei rapporti di miscelazione (fanghi al massimo 35%, FORSU al massimo 50%; verde minimo 30%).		
Registrazione tempi e temperature (almeno 50°C per una settimana).		
Il controllo dell'aerazione, dell'umidità, del pH e del rapporto C/N in entrata, durante il processo ed in uscita.		
Presenza di pavimenti impermeabili e strutture confinate per lo stoccaggio delle materie prime in entrata (con aerazione e biofiltri per fanghi e FORSU).		
Lo stoccaggio delle materie prime in entrata non dovrebbe superare i 5 giorni (FORSU e fanghi). Il verde dovrebbe essere accumulato in modo da evitare fermentazioni e dispersioni (vento e pioggia).		
Il numero di ricambi dell'intero volume d'aria delle strutture chiuse e poste in depressione non deve essere inferiore a 2,5 ricambi/ora; nel caso di presenza, non saltuaria, di personale all'interno delle predette strutture devono essere previsti almeno 4 ricambi/ora.		
Biomassa in fermentazione non superiore ai 3 metri di altezza per i sistemi statici (con tolleranza del 10%) e 3,5 metri per i sistemi dinamici (con tolleranza del 10%)		
Devono essere presenti e funzionanti i biofiltri.		
Devono essere gestite separatamente le acque di prima pioggia ed i percolati.		
Se non è previsto il riciclo delle acque reflue prodotte deve esservi un impianto di depurazione.		
La presenza di idonei sistemi antincendio.		
Presenza di risultati analitici attuati (materiale in ingresso ed in uscita).		
Le informazioni sull'utilizzo agronomico del compost (quantità annue e terreni coinvolti).		

SCHEDA VALUTAZIONE BIOFILTRI

SPECIFICA	SI'	NO	NOTE
ALTEZZA DA 100 A 200 cm			
DIVISO IN 3 PARTI DISTINTE			
COSTITUITO DA MATERIALE NON ODORIGENO			
UN METRO QUADRO PER 80 METRI CUBI ORARI DI EFFLUENTI DA TRATTARE			
MUNITI DI SISTEMI DI CHIUSURA			
ALMENO 30 SECONDI DI CONTATTO			
UMIDITA' 50-70%			

PH 5-6,5			
TEMPERATURA ARIA IMMESSA TRA 10 E 45 °C			