

## 7 IMPIANTI PER IL TRATTAMENTO DEI MATERIALI RECUPERATI

Nella Provincia della Spezia verranno recuperati una molteplicità di materiali che possono essere così riassunti:

- imballaggi da avviare ai consorzi di filiera o al libero mercato (vetro, carta, plastica, metalli ecc.);
- materiali vari da avviare a trattamento presso consorzi o impianti autorizzati (rifiuti pericolosi);
- materiali da commercializzare previo trattamento in impianti appositi (umido, verde).

Per lo stoccaggio e la prima valorizzazione delle prime due tipologie di materiali si dovrebbero utilizzare i centri di separazione e valorizzazione, già descritti nel paragrafo 3.2, localizzati e quantificati nei paragrafi 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6.

Per quanto riguarda la frazione organica, risulta attualmente in corso di realizzazione un impianto, che punta alla produzione di compost di qualità, in località Boscalino del Comune di Arcola.

Tale impianto vanta una capacità di 8000 t/a che, ipotizzando 310 giornate di funzionamento all'anno, corrisponde a circa 27 t/giorno. Le frazioni, che dovrebbero essere trattate, sono le seguenti:

- 1.500 t/a di umido da raccolta differenziata presso le utenze domestiche,
- 1.500 t/a di umido da grandi utenze,
- 2.000 t/a di scarti verdi da giardini e parchi provenienti da aziende di manutenzione del verde pubblico,
- 3.000 t/a di fanghi biologici di depurazione dei reflui civili.

In fase di progettazione l'ACAM della Spezia aveva già previsto un fabbisogno ben più elevato (34.000 t/a) così ripartito:

- 10.000 t/a di umido da raccolta differenziata presso le utenze domestiche,
- 4.000 t/a di umido da grandi utenze,
- 3.500 t/a di scarti verdi provenienti da aziende di manutenzione del verde pubblico,
- 16.000 t/a di fanghi biologici di depurazione dei reflui civili.

Nella tabella seguente si confrontano gli obiettivi di raccolta, previsti nella *tab. 30 par. 6.2*, con la prevista capacità di trattamento.

**Tab. 51** – *Confronto quantità organico stimate al 2004 con la capacità di trattamento dell'impianto di Boscalino.*

Frazioni merceologiche	Stima fabbisogno progetto iniziale (ACAM) t/a	Obiettivi di raccolta a regime (tab 30 par. 6.2)		Capacità di trattamento prevista (*) t/a	Q.tà da destinare all'altro impianto di compostaggio t/a
		%	t/a		
Umido	14.000	51,0	14.490	3.000	11.490
Verde	3.500	55,2	3.508	2.000	1.508
<b>Totale</b>	<b>17.500</b>		<b>17.998</b>	<b>5.000</b>	<b>12.998</b>

(\*) *L'impianto è stato progettato per il co-trattamento di ulteriori 3000 t/a di fanghi biologici di depurazione dei reflui civili.*

La tabella chiarisce che l'impianto di compostaggio già attivo non può soddisfare le esigenze di recupero della frazione organica che si manifesteranno nel 2004, quando la raccolta differenziata della frazione organica sarà stata estesa alla gran parte del territorio provinciale, inoltre la conformazione dell'area dell'impianto di Boscalino ne rende assai difficoltoso l'ampliamento.

Nel seguito si approfondiscono le problematiche tecniche relative alla realizzazione di un nuovo impianto di compostaggio.

## 7.1 Tecnologie di trattamento della frazione organica da RD

Il processo di compostaggio della frazione organica, raccolta in modo differenziato, è un *processo naturale* che può essere coadiuvato da una molteplicità di *tecnologie di processo*. Tecnologie e modelli operativi possono e devono variare in relazione alle situazioni territoriali e gestionali, alle biomasse trattate, al grado di combinazione degli interventi tecnologici adottati (frequenza dei rivoltamenti, presenza e portata dell'aerazione forzata), all'altezza dei cumuli, all'attenzione prestata al contenimento degli impatti processistici potenzialmente «aggressivi» verso l'intorno territoriale (effluenti gassosi odorigeni).

Le esperienze di compostaggio di qualità, realizzate a livello mondiale, sono numericamente e qualitativamente e hanno fornito dati e informazioni utili a produrre criteri, linee-guida ed elementi di giudizio chiari e affidabili. Dal confronto e sovrapposizione di condizioni di adozione e gestione, benefici operativi, problemi specifici e relative cause, si può derivare sia *un sistema coerente di ipotesi tecnologiche adottabili che lo strumento di applicazione delle tecnologie in base alle diverse condizioni*.

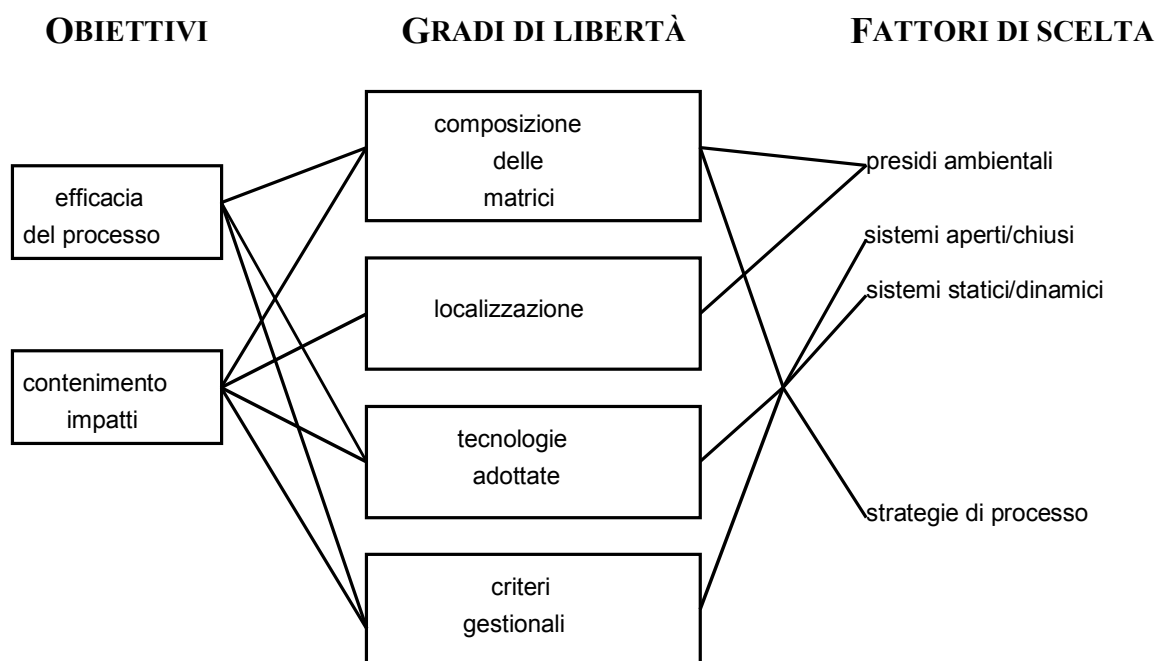
Il criterio per garantire l'efficacia dei sistemi è la coerenza, nel rispetto delle dinamiche del processo, tra:

- **tipologia delle matrici** (caratterizzazione della miscela di partenza)
- **situazione territoriale** (che influisce ad es. sul grado desiderato di contenimento degli impatti, con riferimento specifico alla molestia olfattiva)
- **sistema processistico** (connotati tecnologici del progetto)
- **criteri gestionali** (scelte operative di dettaglio: strategie di processo).

La definizione, progettuale e gestionale, di un'efficace attività di compostaggio, presuppone un approccio articolato, subordinandolo alla determinazione della tipologia delle matrici e alla necessità di contenimento dell'impatto ambientale olfattivo. Occorre un esame attento delle diverse opportunità di combinazione tecnologica relativamente a pregi, potenziali limiti e condizioni di adozione.

Nonostante il compostaggio, processo naturale e sufficientemente versatile perchè intrinsecamente adattabile a differenti situazioni gestionali e scenari di composizione dei materiali, presenti un certo numero di gradi di libertà nella scelta di localizzazioni, tecnologie, matrici, ecc. (fig. 52), è possibile determinare e descrivere i criteri di coerenza progettuale e gestionale. Con ciò si intendono le condizioni di impianto, processo, e scenario di composizione delle matrici di partenza in grado di garantire contestualmente, nelle diverse situazioni specifiche:

- la qualità del prodotto (efficacia del processo di stabilizzazione humificativa)
- la compatibilità con l'intorno territoriale specifico (annullamento degli impatti).

**Fig. 15 - Interrelazioni tra obiettivi, gradi di libertà e fattori di scelta nei sistemi di compostaggio**

### 7.1.1 Fondamenti processistici: i fattori di governo del processo biologico

Il compostaggio è, per definizione, un processo di tipo aerobico. Le tecnologie e gli accorgimenti di processo sono realizzati essenzialmente per fornire l'ossigeno necessario a sostenere il metabolismo microbico. Gli accorgimenti da attuare sono:

1. **la presenza di una adeguata porosità nella massa da stabilizzare.** Gli spazi lacunosi di dimensioni sufficienti consentono la penetrazione dell'ossigeno per diffusione, introdotto dall'esterno man mano che si consuma nei processi metabolici. Ne consegue la necessità di garantire, in sede di miscelazione degli scarti, un'adeguata «strutturazione» della massa mediante l'impiego di agenti di *bulking* (materiali lignei generalmente intesi, foglie secche, cartacei ecc.);
2. **l'intervento processistico esterno**, che può essere concettualmente definito come «ricambio intensificato d'aria», è necessario laddove i processi di diffusione si rivelino insufficienti a sostenere il metabolismo aerobio. L'ingresso di aria atmosferica e il ricambio di quella esausta può essere favorito e rafforzato mediante:
  - a) aerazione forzata (in aspirazione od in insufflazione)
  - b) rivoltamento della massa, con tempi di contatto più o meno lunghi con l'aria atmosferica
  - c) combinazione di entrambe le operazioni.

I due fattori intervengono in varie combinazioni processistiche, nelle quali la loro importanza relativa viene determinata essenzialmente dalle caratteristiche della miscela sottoposta al compostaggio e dalla sua età: accanto alla diffusione spontanea dell'ossigeno, che consente l'adozione di sistemi operativi semplici, naturaliformi ed estensivi, assume importanza, gradualmente crescente, il ricambio intensificato (rivoltamento e aerazione forzata) man mano che:

1. diminuisce la porosità dei materiali,
2. aumenta la loro umidità, che ostacola la pronta diffusione dell'ossigeno,
3. aumenta la putrescibilità della miscela, il che implica un consumo accelerato di ossigeno.

Gran parte del successo delle iniziative di compostaggio si gioca sulla corretta definizione progettuale del processo biologico di stabilizzazione aerobica. In uno scenario, in cui le raccolte differenziate spinte sono in grado di consegnare all'impianto flussi di biomassa con un eccellente livello di purezza merceologica, la preselezione e la raffinazione finale tendono a diventare fasi accessorie, volte solo al perfezionamento delle condizioni di processo e della qualità del prodotto.

Mantengono, comunque, una certa importanza i pretrattamenti di condizionamento della biomassa, frantumazione/sfibratura, miscelazione ed omogeneizzazione, strettamente connessi alla ricerca delle condizioni fisicomeccaniche ottimali per l'innesco e l'accelerazione dei processi biologici a carico della massa.

La corretta progettazione e la gestione accurata della fase di stabilizzazione biologica garantiscono contemporaneamente:

- la massima accelerazione del processo, nelle condizioni date di composizione delle matrici di partenza;
- il contenimento dei costi gestionali;
- la garanzia del conseguimento degli obiettivi agroecologici (stabilizzazione, humificazione, igienizzazione della biomassa) nel tempo di processo designato;
- un buon governo dei potenziali impatti.

Gli obiettivi di fondo, per la caratterizzazione progettuale di questa fase, sono rappresentati dalla necessità di garantire l'aerobiosi del processo, dalla ricerca di condizioni termometriche ottimali, necessarie alla massima velocizzazione delle attività microbiche (40-50°C) ed al conseguimento della pastorizzazione (3 gg. a 55°C per le norme italiane) nonché dalla gestione, controllo e abbattimento dei potenziali impatti delle fasi critiche, individuabili soprattutto in quelle iniziali.

Lo strumento progettuale e gestionale per il governo del processo è costituito prioritariamente da: intensità, periodicità, direzione dei flussi di aerazione, sia naturale o forzata.

L'aria, infatti, fa da vettore di ossigeno, garantendo l'aerobiosi del processo. Contestualmente assicura il drenaggio di calore, consentendo il controllo termico delle condizioni di processo e, infine, fa da veicolo per gli effluenti potenzialmente odorigeni. La canalizzazione delle arie esauste consente il trattamento di abbattimento e/o dispersione degli odori con le tecnologie specifiche.

Sono strumenti coordinati per il governo del processo: l'eventuale movimentazione (*rivoltamento*) della biomassa e l'altezza della biomassa stessa. Il rivoltamento, inteso a ricostituire nella massa il grado di strutturazione (*sofficità*) necessario alla diffusione dell'aria, dovrà evidentemente essere tanto più frequente e necessario quanto minore è la percentuale di materiale «di struttura» nella miscela di partenza e quanto maggiore risulta l'altezza dello strato di biomassa.

Emerge chiaramente l'importanza della stretta correlazione tra i diversi strumenti di governo del processo.

Nel caso di compostaggio di biomasse ad elevata fermentescibilità (umido, fanghi), si tende a distinguere due fasi processistiche in relazione all'intensità dei processi microbici, alla conseguente velocità di consumo di ossigeno e necessità di apporto d'aria, allo sviluppo di calore dalle reazioni metaboliche e alla produzione di effluenti potenzialmente odorigeni con necessità di controllo. Le differenti necessità processistiche delle due fasi tendono a guidare in modo specifico progettazione tecnologica e gestione:

1. una prima fase in cui la biomassa si presenta come ancora fortemente putrescibile e forte consumatrice di ossigeno. Questa verrà definita, sinteticamente e in attinenza alla terminologia internazionale in voga, **fase ACT**, "*active composting time*";

2. una seconda fase costituita dal rallentamento dei processi metabolici e dal conseguente consumo di ossigeno con necessità di controllo del processo. Questa fase viene definita come **fase di maturazione**, “*curing*”.

Si deduce, in base alle definizioni date, che la fase ACT si configura come «fortemente sensibile alle condizioni di processo», laddove quella di “*curing*” risulta a «basso livello di sensibilità tecnologica». In effetti, i diversi sistemi tecnologici, proposti sul mercato mondiale, sono essenzialmente intesi al governo della fase «intensiva», proponendo in diversa combinazione gli strumenti di governo del processo nelle condizioni *critiche* ivi presenti. In sede di maturazione, aumentano invece i gradi di libertà della scelta tecnologica, in quanto le condizioni *subcritiche* (meno intensive) consentono l'adozione del criterio del «minor costo», infatti nella fase di trasformazione i processi sono rallentati, estensivi e più facilmente governabili.

È necessaria un'ulteriore considerazione. La differenziazione tra ACT e *curing* tende a perdere di significato nel caso di compostaggio di materiali solo a matrice lignocellulosica e a degradabilità bassa e/o lenta, riferendoci agli scarti di origine vegetale, come i residui di manutenzione del verde pubblico e privato. La bassa degradabilità dei materiali, infatti, rallenta e prolunga la dinamica dei processi biochimici determinando una relativa uniformità tra le prime e le successive fasi di trasformazione. Non sono dunque necessari approntamenti tecnologici specifici per la fase «intensiva» di trasformazione e il compostaggio può perseguire, sin dall'inizio, dinamiche naturaliformi, con ventilazione per diffusione spontanea, rivoltamenti radi e tempi prolungati di processo. Questa «nicchia tecnologica» corrisponde ai «sistemi estensivi» per gli scarti di manutenzione del verde.

### 7.1.2. Impianti di compostaggio per scarti ad elevata fermentescibilità

Questi sistemi si applicano ai residui alimentari, frazione organica dei RSU, mercatali, scarti dei servizi di ristorazione, ad altre biomasse agroindustriali ad alta putrescibilità, cascami di macellazione, residui della trasformazione dell'ortofrutta, nonché ai fanghi di depurazione di origine urbana ed agroindustriale.

Il consumo accelerato di ossigeno, la minore porosità della massa, il tasso di umidità tendenzialmente alto convergono nel richiedere interventi processistici esterni (rivoltamenti, adduzione forzata di aria), singoli o in combinazione; gli apporti energetici necessari a sostenere l'aerobiosi del processo biologico sono ovviamente di entità maggiore nella fase iniziale, e diminuiscono parallelamente alla perdita di putrescibilità (mineralizzazione progressiva delle componenti maggiormente degradabili) e di umidità dalla massa.

La gestione delle biomasse fortemente fermentescibili richiede, ovviamente, considerazioni processistiche articolate che guidino le scelte progettuali e gestionali. Anzitutto è sempre opportuno il condizionamento delle miscele tramite l'aggiunta di un agente di «bulking» strutturante: materiali lignocellulosici quali cascami di patata, trucioli, cortecce, paglie, lolle e pule, ecc..

La gestione del materiale richiede due tipologie fondamentali di intervento allo scopo di incrementare l'adduzione di ossigeno: il rivoltamento e la ventilazione. La loro composizione, o la scelta tra i due, viene guidata essenzialmente da queste considerazioni:

1. nel caso della ventilazione forzata, solo una parte della portata d'aria complessiva funge da vettore dell'ossigeno, per il resto, l'insufflazione consente la regolazione della temperatura del materiale, impedendo l'eccessivo riscaldamento della massa che, oltre ad abbassare la velocità metabolica generale del processo, conseguirebbe una pressoché totale sterilizzazione del

materiale, compromettendo la prosecuzione della stabilizzazione; inoltre permette l'asportazione di umidità dalla massa, consentendo di raggiungere gradualmente limiti compatibili prima con una gestione più agevole del processo e poi con la valorizzazione commerciale del prodotto (40/45% circa di umidità finale);

2. l'adozione della sola ventilazione forzata (es. cumuli statici aerati), se non sostenuta da adeguati apporti di agenti di strutturazione lignocellulosici, può comportare l'instaurazione, nella massa, di vie preferenziali per il passaggio dell'aria, «shortcircuiting», di strati saturi e di fenomeni generalizzati di compattamento, causando, dunque, il verificarsi di condizioni locali, o generali, di anaerobiosi, con effetto di rallentamento o arresto del processo e di massicce emissioni maleodoranti. È dunque necessario prevedere, in scenari a bassa disponibilità di agenti lignocellulosici di bulking, il rivoltamento quantomeno saltuario della massa per prevenire tali condizioni.

Per le biomasse ad elevata fermentescibilità va preferita l'adozione di sistemi di contenimento delle prime fasi di processo. Ciò consente un migliore controllo dello stesso, l'indipendenza dalle condizioni atmosferiche, importante soprattutto in caso di alta umidità di partenza delle miscele, ma soprattutto la canalizzazione delle arie esauste ai sistemi di abbattimento degli odori. Va considerato che, nell'ipotesi limite di perfetta aerobiosi dei processi, cui conseguirebbe la mineralizzazione totale delle componenti più degradabili con produzione di acqua ed anidride carbonica, si potrebbe registrare la pressoché totale assenza di emissioni odorigene.

Nonostante le precauzioni, nel caso delle biomasse putrescibili, in conseguenza dell'elevato consumo in ossigeno e delle condizioni locali di compattamento ed eccessiva umidità della massa, si possono instaurare processi putrefattivi che, però, un'oculata gestione cerca di minimizzare. Le arie di processo sono, comunque, cariche in sostanze odorigene, quali ammoniaca, composti solforati, ammine, acidi grassi volatili, ecc., va dunque previsto, almeno in situazioni di contiguità ad ambiti urbanizzati, un sistema di controllo, abbattimento e/o dispersione degli odori. A tale necessità si è spesso cercato di corrispondere, in sistemi aperti, mediante la gestione della ventilazione in aspirazione e successivo passaggio delle arie in un sistema di abbattimento mono o plurifase. Tuttavia ciò non consente di intercettare le emissioni diffuse dalle movimentazioni dei materiali, dai rivoltamenti dei cumuli, dallo stoccaggio dei materiali in ingresso, ecc.

La «strada maestra» è, dunque, la trasformazione delle emissioni diffuse in emissioni localizzate, maggiormente controllabili e trattabili, che si può ottenere con il contenimento delle fasi odorigene in sistemi chiusi serviti da dotazioni per la aspirazione delle arie esauste ed il loro invio ad un sistema di abbattimento e/o dispersione degli odori. Va considerato che le necessità di gestione del processo, in condizioni controllate e d'intercettazione delle emissioni aeriformi, si concentrano soprattutto nella prima fase, a causa dell'alta putrescibilità dei materiali e dell'elevata umidità della miscela.

Allo scopo di evitare il sovradimensionamento delle dotazioni e degli investimenti relativi alla gestione controllata e chiusa del materiale, il processo biologico può dunque essere grossolanamente suddiviso in due fasi, precedute dai pretrattamenti e seguite dalle operazioni di raffinazione e stoccaggio:

1. una prima fase di trattamento in **sistemi chiusi**, per durate variabili (da 4/5 a 20/30 gg.), a seconda di composizione della biomassa e tecnologia specifica, con adozione della ventilazione forzata ad alte portate d'aria specifiche e/o di sistemi di rivoltamento, canalizzazione delle arie esauste ed invio a sistemi di abbattimento degli odori;
2. una seconda fase eventualmente in **sistemi aperti** per l'ulteriore maturazione del materiale, «curing», con l'adozione di tecnologie tendenzialmente più estensive (rivoltamenti a bassa frequenza e/o ventilazione forzata con basse portate d'aria specifiche); la durata di questa fase

può essere, indicativamente, definita in 50/90 gg., come periodo minimo per il conseguimento della perfetta stabilizzazione e compatibilità fisiologica del prodotto finale con la pianta, quando l'obiettivo agronomico consiste nell'ottenere un prodotto «versatile» e non vincolato nell'impiego agli ambiti meno esigenti in fatto di stabilità biochimica. La durata di questa fase dipende, comunque, dalle condizioni di gestione della stessa, *grado di estensivizzazione*, oltre che dalla stabilità raggiunta dopo la fase ACT. Durante queste fasi non è necessaria l'adozione dei sistemi di abbattimento degli odori.

Dall'esame delle esperienze in atto, si può comunque rilevare come, in relazione agli adattamenti tecnologici specifici, gli approcci possano variare anche notevolmente (es.: sistemi aperti anche in fase ACT, durate inferiori, ecc.), pur rispettando i criteri generali di gestione dei processi biologici e le esigenze locali di compatibilità territoriale ed annullamento degli impatti potenziali. Il criterio fondamentale, che deve guidare le scelte, è dunque quello della coerenza progettuale e gestionale, pur nella diversa articolazione dei singoli elementi dei sistemi operativi; le conoscenze sul processo, sulle condizioni di adozione dei differenti sistemi gestionali, se sistematicamente applicate, legittimano approcci tecnologici, anche relativamente diversificati.

## **SISTEMI INTENSIVI E ESTENSIVI**

- 1) **SISTEMI INTENSIVI DI COMPOSTAGGIO:** adottati generalmente per la fase di bio-ossidazione accelerata di bio-masse ad alta fermentescibilità (*frazioni umide domestiche, scarti mercatali e della ristorazione collettiva, fanghi civili ed agroindustriali*, ecc.). I processi di queste tipologie di biomassa tendono a presentare una differenziazione tra una fase ACT (intensiva, critica, sensibile alla tecnologia) e quella di maturazione o «curing» (naturaliforme, estensiva, a basso livello di complessità tecnologica). Compatibilmente con le esigenze processistiche e con le necessità di salvaguardia ambientale, in riferimento al contenimento degli impatti odorigeni, si tende a contrarre al massimo la durata della fase ACT, che comporta necessità di materiali, attrezzature, energia e relativi costi operativi conseguenti.

Caratteristiche:

- *tempi di processo* da 50/60 a 100/120 giorni, in relazione alle tecnologie adottate ed al grado di maturazione necessario all'impiego agronomico;
- *consumi energetici specifici* relativamente elevati (40-80 kWh/ton) per l'alimentazione delle dotazioni impiantistiche richieste (rivoltatrici, sistemi di ventilazione, ecc.);
- *necessità di superficie* 0,5-1,5 mq/ton di capacità operativa annua: impianti di medie e grandi dimensioni operative per ammortizzare gli investimenti connessi alle dotazioni per la corretta gestione del processo; possibilità locali, soprattutto in contesti rurali e territori dispersi, di adozione di tecnologie modulari (bioreattori di medie e piccole capacità operative), con semplificazione sui livelli di presidio ambientale per le basse capacità operative.

- 2) **SISTEMI ESTENSIVI DI COMPOSTAGGIO:** per biomasse a basso coefficiente di degradabilità e di buona consistenza (residui lignei e cellulósici come scarti della manutenzione del verde, cassette, bancali, ecc.) e per la fase di maturazione negli impianti di tipo “intensivo”. Tali sistemi non presentano differenziazione tra fase ACT e curing, ma presentano una continuità

processistica a basso grado di articolazione tecnologica. Solo raramente questi sistemi sconfinano in forme di transizione verso i sistemi intensivi, con aumento della frequenza dei rivoltamenti o adozione dell'aerazione forzata. Spesso tali scelte sono determinate dalla composizione della biomassa in conseguenza dei modelli di raccolta differenziata in adozione: presenza di molto scarto «verde» con «umido» di entità inferiore e a bassa fermentescibilità come nei sistemi di raccolta dell'umido «VGF» (*Vegetable, Garden, Fruit*, ossia la sola parte a bassa fermentescibilità dello scarto organico domestico) in Europa Centrale.

Caratteristiche:

- tempi di processo da 3/6 mesi a 1 anno ed oltre.
- consumi energetici specifici modesti (10-20 kWh/ton) necessari alla frantumazione, al rivoltamento più o meno saltuario con attrezzature generiche (pale meccaniche) o specifiche (rivoltatrici meccaniche) e alla vagliatura.
- necessità di superficie ca. 1,5-2 mq/ton di capacità operativa annua: possibilità di disaggregare le iniziative, decentrandole, con condivisione delle attrezzature specifiche (tritutori, vagli) in più centri di compostaggio.

## **SISTEMI APERTI E CHIUSI**

Nei sistemi chiusi, il processo è realizzato in spazi confinati (container, bioreattori) o in aree coperte e tamponate (capannoni), con il duplice scopo di un migliore controllo delle condizioni processistiche (relativa indipendenza dalle condizioni meteoriche), ma soprattutto di una maggiore efficacia dei presidi ambientali (controllo, gestione, abbattimento degli effluenti odorigeni).

In realtà tutti i sistemi tecnologici possono essere gestiti in ambiente chiuso, tuttavia:

- per i *biocontainer*, i *sili* e i *biotamburi* il confinamento della biomassa è connaturata alla natura stessa della tecnologia, che si avvale di manufatti destinati al contenimento ed alla trasformazione del materiale. In questo caso esiste la possibilità di esercitare il controllo termodinamico sulle condizioni di processo, realizzando l'isolamento del sistema con tecniche come il ricircolo parziale o totale delle arie;
- per i *cumuli*, le *andane*, le *trincee* o i *bacini agitati* la chiusura delle aree ACT è opzionale e generalmente legata alla necessità di controllare, gestire, annullare i potenziali impatti olfattivi, mentre viene generalmente a mancare la possibilità di uno stretto controllo termodinamico per l'ampiezza dei volumi in cui il processo stesso si svolge.

L'affidabilità e efficacia dei sistemi aperti per il contenimento degli impatti dipende da alcune condizioni di fondo presenti singolarmente o in associazione:

- 1 bassa fermentescibilità delle matrici (es. compostaggio di soli residui «verdi»);
- 2 elevata percentuale di «bulking» lignocellulosico (es. maggiore del 50% p/p), il che può consentire l'adozione di sistemi «statici» di compostaggio, evitando i rilasci massicci di effluenti odorigeni collegati alle movimentazioni;
- 3 inserimento delle iniziative in situazioni tipicamente «rurali» o «semi-rurali» (es. compostaggio di deiezioni zootecniche, copresenza di attività di allevamento, ecc.).

Diversi fattori hanno fatto convergere recentemente le scelte progettuali verso l'adozione dei sistemi «chiusi» per la fase iniziale nella maggior parte degli impianti destinati a ricevere e trattare le frazioni fermentescibili (scarti alimentari, fanghi, scarti agroindustriali):

- la tipologia e la composizione delle matrici: in Italia sono assenti strategie di raccolta delle biomasse urbane di tipo «VGF». Queste strategie, che producono biomassa a fermentescibilità medio-bassa, sono diffuse massicciamente in Olanda e sporadicamente in Germania ed Austria. Nello scenario italiano, la raccolta anche delle porzioni “cotte” e, quindi, ad elevata fermentescibilità, comporta l'adozione di tecnologie adatte alla composizione «critica» della biomassa;
- la generale configurazione di gran parte del contesto territoriale italiano e, in particolare, delle sue aree pianiziali connotate da un'elevata concentrazione antropica;
- la necessità di adottare tecnologie che consentano il massimo governo del processo ed il perfetto controllo degli impatti.

L'adozione dei sistemi aperti può essere, invece, ipotizzata e prevista per:

- 1 le fasi successive del processo (stadio di «curing»), dove, alla diminuzione della putrescibilità ed alla dinamica metabolica tipica dei processi di humificazione, si verifica:
  - un minore consumo di ossigeno,
  - una dinamica di processo meno intensa, con minori necessità di controllo termometrico ed igrometrico,
  - una diminuzione del potenziale odorigeno ;
- 2 gli impianti di compostaggio di solo scarto “verde”;
- 3 i sistemi tipicamente “statici”, senza movimentazione del materiale, di piccola dimensione e/o in zone distanti dai centri abitati.

Diverse esperienze italiane ed internazionali [8, 9, 10, 11] segnalano la validità della gestione controllata delle arie esauste per il contenimento degli odori.

Le norme tecniche nazionali relative al compostaggio (D.C.I. 27/7/84), tuttora vigenti nelle more dell'approvazione delle Norme Tecniche ex art. 18 del D.Lgs. 22/97, non prevedono condizioni prescrittive su costruzione e gestione degli impianti, dal momento che sono intese a regolare essenzialmente la qualità finale del prodotto ed i meccanismi tecnico-amministrativi di controllo delle applicazioni agronomiche.

Vanno invece segnalate le condizioni tecnico-progettuali, previste nel DMA 5/2/98, sulle procedure semplificate ex artt. 31 e 33 D.Lgs. 22/97, secondo le quali i processi di compostaggio di soli materiali lignocellulosici possono essere condotti all'aperto, mentre per quanto riguarda le matrici ad elevata fermentescibilità il testo recita espressamente che *“la fase di stoccaggio delle matrici e la fase di bio-ossidazione accelerata devono avvenire in ambiente confinato (...) per il contenimento di polveri ed odori (...)”*. La norma non fa, dunque, eccezioni per piccole dimensioni degli impianti o localizzazioni distanti dalle abitazioni, il che sarebbe invece perfettamente ammissibile in base alle considerazioni appena sviluppate. Va rammentato comunque che tali disposizioni si applicano solo alle iniziative che intendono accedere alle procedure semplificate ex artt. 31 e 33 del D.Lgs. 22/97 e non vanno considerate prescrittive per le iniziative che intraprendono i percorsi autorizzativi ordinari.

## **SISTEMI STATICI E DINAMICI**

Vengono definiti «*dinamici*» quei sistemi processistici che propongono meccanismi di movimentazione della biomassa, mentre quelli che ne prevedono il «riposo postazionale» vengono detti «*statici*». Essendo la movimentazione tesa, dal punto di vista processistico, al rimescolamento della massa ed alla ricreazione delle condizioni di porosità e strutturazione, vanno considerati tendenzialmente «*statici*» quei sistemi (es. tunnel a pistone) che, pur *traslando* la massa, non attivano né rimescolamento né ristrutturazione.

Se gli obiettivi della movimentazione sono in sé importanti per l'ottimizzazione del processo, l'idea generatrice dei **sistemi statici** è, invece, quella di *non disturbare lo «status quo» dei rapporti tra biomassa, ife fungine che con essa hanno preso contatto, popolazione microbica locale* (che tende a creare con il tempo una «nicchia microecologica» in ogni punto della biomassa) evitando al contempo lo «shock termico» temporaneo dovuto alla perdita del calore per diffusione massiva durante l'operazione di rivoltamento. Inoltre il riposo della biomassa consente di evitare il massiccio rilascio di polveri ed odori che spesso si riscontra durante la movimentazione, e che costringe all'adozione di presidi dedicati e/o particolari cautele operative.

I sistemi statici richiedono, però, come presupposto gestionale, degli *scenari piuttosto «rigidi» di composizione delle matrici organiche*, con un grado di strutturazione sufficiente ad evitare l'autocompattamento della massa stessa. Questo spiega, in molti contesti centroeuropei e nordamericani, il successo dei sistemi statici (biocontainer, tunnel) che, in presenza di un'alta percentuale di scarti legnosi e con il concorso di strumenti di governo termodinamico del sistema (drenaggio di calore, controllo dell'umidità, ecc.), sono in grado di conseguire la stabilizzazione in tempi relativamente brevi. I sistemi dinamici, pur comportando disturbi alla fisiologia microbica, presentano, invece, un *maggiore «range» di condizioni di applicazione*, in quanto adottabili anche a basse percentuali di «bulking» lignocellulosico.

### **7.1.3. Piazzole decentrate per il compostaggio di scarto verde**

Come già segnalato nel paragrafo 6.4.7, gli scarti di manutenzione del verde presentano condizioni biochimiche e processistiche particolari, bassa fermentescibilità e presenza di buone percentuali di materiale strutturale, che consentono di adottare soluzioni di trattamento semplificate.

In Provincia della Spezia tale opportunità organizzativa è stata prevista nei sub-ambiti della Val di Magra e della Val di Vara, in relazione alla bassa densità abitativa.

Il ciclo di lavorazione prevede:

1. **fase iniziale di pre-condizionamento**, o triturazione, che funge anche da miscelazione dei materiali di tipo diverso,
2. **allestimento delle miscele** in cumuli *triangolari* o *trapezoidali*, che permettono una maggiore indipendenza dalle condizioni atmosferiche ed un notevole risparmio di aree, oppure *a tappeto*, sistema valido solo in condizioni organizzative estremamente estensive.

I cumuli costituiscono i «reattori naturali» mediante i quali avviene la bio-stabilizzazione, garantita dalla porosità della biomassa e coadiuvata da periodici rivoltamenti, la cui frequenza, che varia da

due/otto settimane, è inversamente proporzionale alla pezzatura dei materiali legnosi usciti dalla triturazione.

La presenza di una buona percentuale di materiale strutturale consente il facile mantenimento delle condizioni aerobiche. Dopo qualche mese il materiale può considerarsi sufficientemente «stabile» e, dopo l'eventuale raffinazione, può essere portato in stoccaggio sotto copertura.

Il «cuore» del processo è rappresentato senz'altro dalla fase di triturazione, nella quale si deve ottenere una opportuna «sfibratura» dei tessuti legnosi, pur senza provocare un'eccessiva e generalizzata diminuzione di pezzatura. Ciò implica la preferenza per trituratrici a *martelli* od a *coclee* in luogo di quelle a coltelli (cippatrici), anche queste tuttavia possono essere utilmente impiegate laddove le piccole dimensioni di scala non consentano l'ammortamento dei cantieri di triturazione a martelli, i cui costi variano dalle 5.000 alle 50.000 Euro.

Nei siti decentrati di compostaggio degli scarti verdi generalmente si rilevano le seguenti differenze:

1. non viene eseguita la doppia vagliatura, che nell'impianto di compostaggio centralizzato fornisce due flussi di prodotto: *terriccio* e *pacciamante*. La singola raffinazione può essere eseguita con sistemi "artigianali" e addirittura manuali, come le reti di vagliatura inclinate utilizzate direttamente con l'ausilio della vanga dai cittadini che ritirano il prodotto;
2. non viene eseguita la post-frantumazione, che, negli impianti industriali, aumenta la resa al vaglio e diminuisce la percentuale di sovrvallo legnoso.

La relativa semplicità costruttiva e gestionale, congiuntamente alla mobilità delle attrezzature specifiche (sminuzzatrici, vagli) e generiche (movimentatrici meccaniche), rende possibile la realizzazione e la gestione di un sistema organizzato che preveda la coesistenza di una rete territoriale, eventualmente coordinata (es. tramite condivisione dei macchinari), di piazzole decentrate. Va anche segnalato, a tale proposito, che in altre zone del territorio nazionale esiste già e si sta ulteriormente sviluppando un dinamico mercato dei noli da parte di privati, Società di Servizi e gestori di aree di compostaggio private, che prevedono in genere la fornitura del cantiere completo di lavorazione, compresi gli operai specializzati e le caricatrici dedicate.

Va annotato che il costo delle attrezzature specifiche (vaghi, trituratori a martelli od a coclee) in grado di garantire una buona qualità del lavoro è tale (da 40-50.000 a 150.000 Euro per le trituratrici, da 25.000 a 100.000 Euro per i vagli) da non potere essere ammortizzato nelle singole iniziative decentrate e richiede almeno 3000/5000 ton/anno di capacità operativa per giustificare una dotazione autonoma, realizzabile anche con il concorso della fornitura dei noli ad altre iniziative.

Merita qualche considerazione il problema della potenziale concorrenzialità di queste iniziative nei confronti di quelle di maggiori dimensioni per quanto concerne l'intercettazione di materiali vegetali, necessari per la creazione delle condizioni strutturali anche per il compostaggio di scarti a maggiore fermentescibilità.

Sulla base di esperienze consolidate in contesti esteri, ma anche in Italia e soprattutto in Lombardia, si può affermare che:

- il numero di piccole iniziative decentrate tende ad essere contenuto, in ragione dell'impegno tecnico-amministrativo comunque richiesto (sorveglianza dell'area, controllo del processo, acquisto dei noli, ecc.); ciò fa sì che solo in situazioni particolarmente vocate per condizioni locali (sensibilità specifica degli amministratori, disponibilità di operatori locali a gestire l'iniziativa, ecc.) si insedino attività di questo genere e l'entità del flusso complessivo di scarto

vegetale sottratto da queste attività agli impianti di compostaggio è dell'ordine di qualche punto percentuale;

- le grandi iniziative tendono, naturalmente, ad evolvere verso il compostaggio di tipologie più articolate di materiali (maggiore valore aggiunto, richiesta di competenze specifiche, articolazione della qualità dei prodotti, ecc.);
- le piccole iniziative hanno un valore, rilevante ed estremamente positivo, di volano culturale nella promozione del compostaggio in generale e, in particolare, nell'attivazione di raccolte differenziate specifiche di scarto verde, anche nei Comuni contermini, andando ad aumentare il flusso netto di scarto verde destinato ai grandi impianti.

Si può prevedere un sistema impiantistico centralizzato, finalizzato al compostaggio dell'umido con parte del verde, coadiuvato parallelamente e progressivamente da altre iniziative di compostaggio più o meno decentrate, che potrebbero fungere altresì da «polmone operativo» in considerazione della dinamica fortemente evolutiva delle rese d'intercettazione di scarti verdi da parte dei circuiti di raccolta dedicati.

Relativamente all'inquadramento legislativo si può ricordare che il DMA 5/2/98, relativo alle procedure semplificate per le attività di recupero, consente il compostaggio di soli scarti verdi fino a 1000 ton/anno su terreno non impermeabilizzato.

Il circuito di raccolta e valorizzazione dello scarto verde è dunque *immediatamente attivabile*, previa comunicazione alla Provincia territorialmente competente ai sensi degli artt. 31 e 33 del D.Lgs. 22/97. Sulla base delle disposizioni tecniche di cui al DMA 5/2/98, punto 16, i siti andranno attrezzati con una semplice predisposizione di sistemi di interdizione e controllo degli accessi (recinzione), ma senza l'obbligo della pavimentazione. Per inciso, vale la pena di rilevare come tali allestimenti non vanno a condizionare lo sviluppo successivo del sistema, né la destinazione d'uso delle aree interessate.

Si segnala inoltre che le disposizioni tecniche lombarde (DGR V/40516, DGR V/51028), venete (DGR 3246) e piemontesi (DGR 638317) legittimano:

1. la conduzione all'aperto del compostaggio di questa tipologia di materiali, senza presidi olfattivi;
2. la gestione di piccole iniziative su terreno non impermeabilizzato, grazie alla possibilità di non dovere affrontare grandi oneri di investimento.

## **7.2 Valutazione comparata dei sistemi normativi italiani ed europei rispetto agli standard di qualità dei prodotti compostati**

La crescita dei sistemi di raccolta differenziata per lo scarto compostabile, conseguente allo sviluppo delle strategie delineate dal D.Lgs. 22/97, sta producendo informazioni sempre più dettagliate sulla quantità e la qualità del rifiuto organico differenziato e dei corrispondenti prodotti compostati [1]. In questo paragrafo viene effettuata una valutazione agroambientale, con specifico riferimento al contenuto in metalli pesanti, dei prodotti compostati derivanti dalle frazioni organiche urbane separate alla fonte, nel confronto sia coi limiti di legge che con la qualità di altri ammendanti, compostati o meno. La valutazione, derivata da una banca-dati di indubbio valore statistico, consente alcune interessanti riflessioni sull'efficacia dei sistemi di raccolta differenziata

in relazione all'obiettivo di garantire prodotti compostati di buona qualità agroambientale; suggerisce, inoltre, alcune considerazioni importanti sull'applicazione dei limiti di legge, in analogia con quanto da tempo avviene nelle regolamentazioni tecniche di altri Paesi di più lunga tradizione compostatrice [2, 3].

Si può, a tutt'oggi, notare la persistenza di grandi differenze, nei diversi sistemi normativi, riguardo i valori-limite ammessi per la produzione e l'impiego del compost. Il concetto stesso di *qualità* è, in realtà, relativamente sfumato. Infatti i sistemi normativi si concentrano, di volta in volta, su diverse tipologie di parametri e il risultato è la presenza di norme di qualità spesso tra loro non confrontabili. Ad esempio, per quanto concerne la *maturità della sostanza organica*, sono stati di volta in volta proposti diversi parametri e diversi valori limite, spesso dipendenti da scuole analitiche locali o da espresse richieste del mondo agricolo, che da tali scuole analitiche venivano influenzate. In Italia le norme (cfr. DCI 27/7/84) hanno inizialmente previsto la parametrizzazione del contenuto in Solidi Volatili e dell'evoluzione della sostanza organica (indici, tassi e gradi di umificazione), per concentrarsi, più recentemente, sulla respirometria come indice indiretto dell'evoluzione biochimica e del potenziale metabolico residuo della biomassa. Al contrario in Germania, da sempre, è stato utilizzato il *Rottegrad*, ossia il grado di maturazione, come indice dell'evoluzione della biomassa determinato mediante prove di autoriscaldamento del campione sottoposto ad analisi.

I parametri previsti dalle norme e da altre disposizioni regolamentari, quali i marchi di qualità o le certificazioni di prodotto, si possono suddividere in due sottogruppi:

- A. **Parametri di significato agronomico**, ossia importanti al fine di stabilire la compatibilità del prodotto compostato con uno o più tipi di impiego (es. proprietà idrologiche, salinità, maturità), e allo scopo di caratterizzare il prodotto alla luce delle prestazioni maggiormente attese (es. contenuto in sostanza organica, contenuto in elementi della fertilità).
- B. **Parametri di significato tossicologico, ambientale e sanitario**, intesi a determinare la sicurezza complessiva dell'operazione strategica volta al recupero della sostanza organica di scarto. Questi parametri possono a loro volta essere suddivisi in due categorie:
  - I. *Parametri ecotossicologici*, quali i valori-limite per i metalli pesanti
  - II. *Parametri igienico-sanitari*, quali i parametri microbiologici volti ad accertare l'avvenuta igienizzazione degli scarti impiegati.

Il contenuto in metalli pesanti è una delle caratteristiche su cui maggiormente si sono concentrati i sistemi normativi per garantire la piena compatibilità tra l'ipotesi di recupero degli scarti organici e l'integrità del sistema suolo e delle catene alimentari. Spesso è in base a tale contenuto che sinteticamente viene espresso il giudizio di integrità ecotossicologica del recupero degli scarti organici. Effettivamente, sulle caratteristiche di tipo microbiologico si può intervenire con l'ottimizzazione delle condizioni di processo. Lo stesso, entro certi limiti, può dirsi del contenuto in impurità macroscopiche (*inerti*: vetro, plastica, metalli) grazie ai sistemi di pre e post-trattamento.

Il contenuto in metalli pesanti è invece in stretta, diretta e, sostanzialmente, irreversibile relazione con la qualità delle matrici ammesse al processo di compostaggio, e, per lo scarto alimentare da raccolta differenziata secco-umido, con l'efficienza dei circuiti di differenziazione. Maggiore sarà la presenza di materiali estranei e, in particolare, di quelli maggiormente vettori di elementi tossicologicamente problematici, come batterie e accumulatori, maggiore sarà il rilascio di questi nella biomassa. Un'influenza non secondaria viene giocata anche dai tempi di contatto, ma, poiché la fase maggiormente *estrattiva* (acidogena) interviene nei primissimi momenti dalla generazione

dello scarto, poco può essere fatto dall'efficienza dei sistemi di separazione nelle fasi di pre-trattamento.

Alla luce di queste considerazioni, possiamo valutare l'importanza che i diversi sistemi normativi europei hanno attribuito al contenuto in metalli pesanti, concentrando su di essi la valutazione di qualità dei compost di diversa origine.

Dall'esame della tabella seguente si evince ancora una volta l'estrema variabilità dei valori-limite previsti dai diversi sistemi di normazione. È tuttavia importante sottolineare che a diversi valori-limite corrispondono, generalmente, diverse prescrizioni all'impiego (vincoli e restrizioni all'uso).

**Tab. 52 - Rassegna dei limiti di qualità del compost nei diversi Paesi Europei**

Paese	Regolamento	Cd	Cr <sub>tot.</sub>	Cr <sup>VI</sup>	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
	<b>EC/Ecolabel - CEE 488/98</b>	-	100	-	100	1	50	100	300	10
Austria	ÖN S2200 1993 Classe I	0.7	4	-	70	0.7	42	70	210	-
	“ “ Classe II	1		-	100	1	60	150	400	-
	“ “ <b>Classe III</b>	<b>4</b>		-	<b>400</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	-
	Ord. Federale (bozza): agricoltura	1		-	150	0.7	60	150	500	-
	“ “ : <b>recupero amb.</b>	<b>3</b>		-	<b>500</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>250</b>	<b>1200</b>	-
Belgio	<b>Agricoltura</b>	<b>5</b>	<b>150</b>	-	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>600</b>	<b>1000</b>	-
	<b>Parchi</b>	<b>5</b>	<b>200</b>	-	<b>500</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	-
	Standard Vlaco (Fiandre)	1.5	70	-	90	1	20	120	300	-
Danimarca	Dal 01-06-2000	0.4	-	-	-	0.8	30	120	-	-
Francia	NF.U 44-051 /1989	<b>1.5</b>	<b>300</b>	-	<b>600</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1500</b>	-
Germania	Legge Fed. BioAbfV (1998) classe I	1	70	-	70	0.7	35	100	300	-
	“ “ “ “ classe II	1.5	100	-	100	1	50	150	400	-
Italia	L. 748/84 (modif.27/3/98): - fino al 31.12.2001	2	-	0.5	300	1.5	100	140	500	-
	- dal 1.1.2001	1.5	-	0.5	230	1.5	d.d.	140	500	-
	<b>Del.Com.Interm. 27/7/84</b>	<b>10</b>	<b>500</b>	<b>10</b>	<b>600</b>	<b>10</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>2500</b>	<b>10</b>
	<b>D.Lgs. 99/92 (fanghi)</b>	<b>20</b>	<b>1000</b>	-	<b>1000</b>	<b>10</b>	<b>300</b>	<b>750</b>	<b>2500</b>	-
Lussemburgo	In preparazione (valori RAL Germania)	1.5	100	-	100	1	50	150	400	-
Olanda	Compost	1	50	-	60	0.3	20	100	200	15
	“Very clean” compost	0.7	50	-	25	0.2	10	65	75	5
Spagna	<b>Decr. Ammendanti n° 877/1998</b>	<b>10</b>	<b>400</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>120</b>	<b>300</b>	<b>1100</b>	-
Regno Unito	<b>OWCA</b>	<b>10</b>	<b>1000</b>	-	<b>400</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>250</b>	<b>1000</b>	-

Note: Valore limite in metalli pesanti (ppm s.s.). In grassetto: regolamentazioni che prevedono meccanismi di controllo preventivo che configurano lo “spandimento controllato” (autorizzazione all'impiego).

È, in fin dei conti, possibile individuare due gruppi di sistemi normativi:

1. Quelli che prevedono, a fronte di limiti relativamente “alti” o “larghi”, alcune o molte restrizioni all'impiego, secondo quello che è il concetto dello *spandimento controllato*, previsto tradizionalmente in Italia dalla DCI 27/7/84 “disposizioni di prima applicazione del DPR 915/82” e dal D.Lgs. 99/92 sull'impiego dei fanghi in agricoltura. Le norme di questo gruppo, evidenziate in grassetto nella tabella precedente, prevedono una o più delle seguenti restrizioni e prescrizioni:

- obbligo della denuncia del sito di spandimento ed analisi pre-applicazione per verificare il contenuto di fondo dei metalli pesanti “autorizzazione all'impiego”,

- restrizioni settoriali (es.: “solo in paesaggistica e nei recuperi ambientali”, cfr. norme austriache),
  - restrizioni quantitative (es.: max 10 ton ha<sup>-1</sup>, come a suo tempo nella DCI 27/7/84),
  - divieto di reimpiego sullo stesso sito per  $n$  anni.
2. Quelli che prevedono limiti di qualità decisamente più restrittivi, da 2-3 a 6-10 volte rispetto alle norme del gruppo precedente e in dipendenza della specie metallica, ma consentono, una volta verificato il rispetto di tali valori, il libero impiego e la commercializzazione alla stregua degli ammendanti tradizionalmente impiegati in agricoltura. Essenzialmente, questo gruppo di norme *trasferisce il controllo dal sito di spandimento al prodotto*, riconoscendo a questo l'*habitus* di un mezzo tecnico per le attività agronomiche da impiegarsi, appunto, secondo le “buone pratiche agronomiche”. Le previsioni della L. 748/84 sugli ammendanti compostati fanno parte di questo secondo gruppo: esse definiscono limiti in linea con gli altri sistemi normativi europei sui prodotti compostati di qualità. È importante anticipare che tali limiti sono, d'altronde, dimensionalmente comparabili al contenuto in metalli pesanti di alcune biomasse tradizionalmente impiegate in agricoltura, quali i letami, come avremo modo di esaminare nel prossimo paragrafo.

### 7.2.1. La qualità dei prodotti compostati da raccolte differenziate alla fonte in Italia

Alla luce delle valutazioni espresse al paragrafo precedente, possiamo ora meglio valutare l'effetto dell'introduzione di raccolte differenziate sul contenuto in metalli pesanti dei prodotti compostati. A tale scopo abbiamo inteso confrontare le concentrazioni-limite previste, per ogni elemento, dalle modifiche apportate agli allegati tecnici della L. 748/84, l'ultima in ordine di tempo è relativa al decreto 27 marzo 2000, con le medie dei valori dell'elemento in ammendanti, compostati e no, dei seguenti tipi:

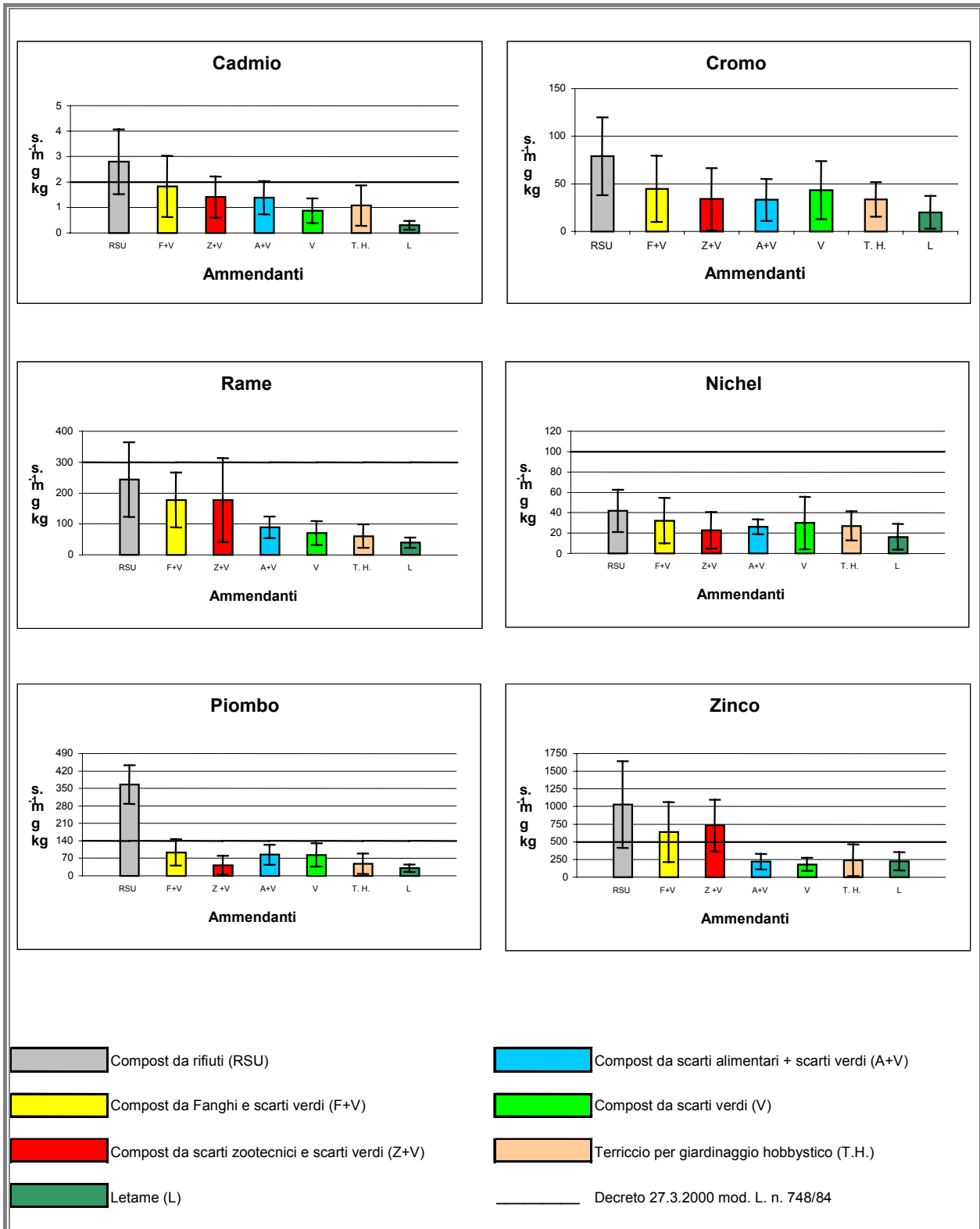
- compost da selezione meccanica di RU indifferenziato (in sigla: RSU)
- compost da fanghi + supporti lignocellulosici di varia natura (generalmente scarti verdi) (F+V)
- compost da deiezioni zootecniche + supporti lignocellulosici di varia natura (generalmente scarti verdi) (Z+V)
- compost da scarti alimentari (“umido”) + scarti verdi (A+V)
- compost da soli scarti verdi (V)
- terricci commerciali per giardinaggio hobbistico (T.H.)
- letami (L).

I dati rappresentati nei grafici della figura 16 fanno parte di una banca-dati di ben 399 compost analizzati gestita dalla Scuola Agraria del Parco di Monza con il DIFCA – Dipartimento di Fisiologia e Chimica Agraria dell'Università degli Studi di Milano [4, 5].

Si noti anche che all'analisi dei metalli pesanti, per i quali sono previste concentrazioni-limite nella L. 748/84, abbiamo aggiunto anche quella relativa al Cromo, per il quale non è previsto alcun valore-limite, ma che potremo valutare alla luce delle diverse normazioni europee. Sarà comunque, anche in questo caso, interessante il confronto tra i contenuti in Cromo nei compost di diversa origine e, in particolare, in quelli da raccolta differenziata presso le utenze domestiche rispetto a quelli da selezione meccanica dei RSU o da matrici fangose. Allo scopo poi di valutare la variabilità dei singoli dati, come valori episodici statisticamente attesi in singoli impianti, nei grafici sono state

inserirle le “barre di errore” riferite allo scostamento dalla media di un valore pari alla deviazione standard. Tali barre ci danno informazione sul *range* dei valori più frequenti e statisticamente attendibili.

**Fig. 16 - Metalli pesanti: concentrazioni medie e scostamenti dalla media in diverse tipologie di ammendanti – tabella di sintesi (tutti i valori in ppm s.s.).**



Dall'esame della figura 16 si evincono alcune considerazioni. La definizione, nell'ambito della revisione della L. 748/84, dei limiti restrittivi per i diversi metalli pesanti, tende a mettere fuori gioco alcune tipologie di compost, escludendole dall'ipotesi del libero impiego e commercializzazione, ossia senza autorizzazione all'impiego:

- prevedibilmente il **compost da RSU indifferenziato**, anche se le medie riferite alle singole specie metalliche tendono a rispettare ampiamente i limiti della DCI 27/7/84, ossia del compost destinato a spandimento controllato. Le medie delle concentrazioni, infatti, superano i valori limite delle singole specie metalliche in 4 casi su 5 (Cd, Pb, Cu, Zn) e solo nel caso del Nichel la media dei valori rispetta il limite di legge;
- molti **compost da matrici fangose**, che non riescono a rispettare i valori limite della L. 748, e le cui medie eccedono i limiti di legge in 3 casi (Cd, Cu, Zn) rispettandolo invece per Pb e Ni. Anche in questo caso le medie delle concentrazioni sono ampiamente al di sotto dei limiti definiti dal D.Lgs. 99/92 per lo spandimento controllato dei fanghi di depurazione in agricoltura. Il compostaggio di matrici fangose, *strumento da promuovere per la valorizzazione agronomica ed agroecologica delle matrici fangose* (grazie all'organizzazione dell'azoto, alla deodorizzazione della biomassa, alla sua perdita di fecalità, ecc.), deve dunque passare, nel caso che si voglia pervenire a prodotti di qualità liberamente commerciabili, attraverso una attenta scelta delle matrici fangose, concentrandosi su quegli impianti di depurazione a servizio di insediamenti e comprensori con basso apporto di contaminanti;
- i **compost da deiezioni zootecniche**, la cui media delle concentrazioni in Zn e Cu, sorprendentemente, supera i limiti di legge.

Si può invece affermare che tutte le medie delle concentrazioni di ogni singolo metallo pesante, sia nei compost da scarto alimentare umido che da scarto verde, rispettano i valori-limite della L. 748/84, consentendo dunque la libera applicazione e commercializzazione con l'acquisizione dell'habitus normativo di "bene commerciabile" o "mezzo tecnico" per l'agricoltura. È dunque possibile esprimere un giudizio positivo sugli effetti della introduzione della raccolta differenziata di biomasse di derivazione urbana sulla qualità ecotossicologica dei compost prodotti.

Va, tuttavia, attentamente considerato il problema dei valori episodici. L'esame dettagliato delle tabelle ci rivela che, in realtà, in alcuni casi il *range* dei valori statisticamente attendibili a seguito dell'applicazione dell'analisi della varianza e degli scostamenti dalla media, cade al di fuori del valore-limite di legge. Questo tuttavia è nell'ordine delle cose attendibili ed è determinante nella valutazione la variabilità dovuta all'errore statistico, sia di campionamento che di analisi. Tant'è vero che, anche nel caso dei terricci commerciali per l'hobbistica (T.H.), è statisticamente probabile imbattersi in valori eccedenti i limiti di legge. Il problema della variabilità statistica riflette anche fattori non sempre dipendenti dalle capacità di controllo e gestione a livello di impianto, infatti non è possibile esprimere a priori un giudizio sul contenuto in metalli pesanti di uno scarto verde conferito anche se la sua purezza merceologica è ottima, né si può oggettivamente chiedere un'analisi di ogni specie metallica per ogni conferimento. Tutto ciò è noto da tempo all'estero tanto che ha convinto molti Paesi, di più lunga tradizione "compostatrice" e senz'altro attenti al problema della preservazione del suolo e dell'ambiente, a definire nelle norme e/o nei regolamenti applicativi delle "tolleranze analitiche". È, infatti, richiesto che la media dei valori rilevati rispetti il limite di Legge, mentre su singoli campioni è ammesso il superamento, con una tolleranza di percentuali massime intorno al 20% e su un numero di campioni, nell'anno, comunque limitato [6, 7].

### 7.2.2. Ruolo agronomico delle matrici organiche e settori d'impiego potenziali

La produzione di compost di qualità nel 1999 si è attestata, in prima approssimazione, a ca. 600.000 t/a, dato ricavato dall'ammontare complessivo di scarti organici trattati negli impianti. Questo quantitativo è stato interamente collocato sul mercato dei fertilizzanti in modo diversificato, lo sbocco prevalente è il mercato florovivaistico, ovvero cessione di compost sfuso all'industria dei fertilizzanti, che confeziona in miscela con torbe e altro e vende in sacchetti da 10–20–50 litri all'utenza hobbistica presso la grande distribuzione e presso garden centers. La vendita al minuto presso l'impianto, invece, interessa quantitativi non rilevanti di compost consegnato sfuso all'hobbista o al giardiniere.

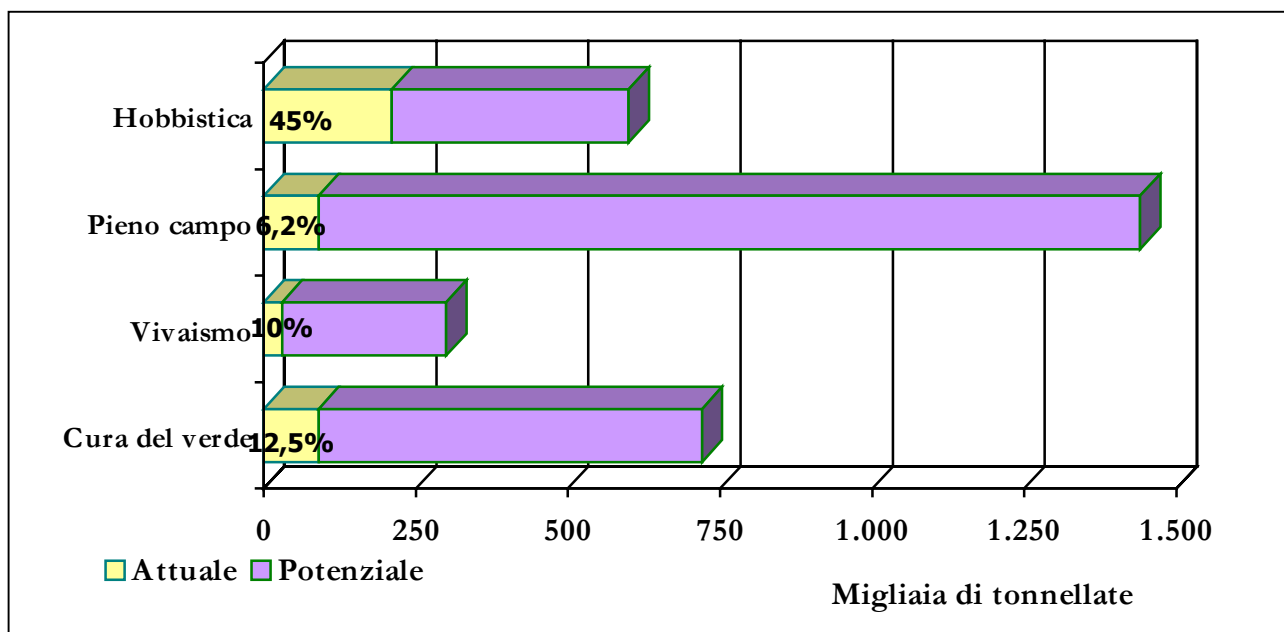
Sbocchi di relativa importanza riguardano il conferimento di compost presso aziende agricole per impiego come ammendante per il ripristino ordinario della fertilità in pieno campo. Informazioni dirette, ricavate dagli operatori di settore, garantiscono comunque una stima attendibile ed oggettiva e consentono di evidenziare le diverse quote di mercato, come di seguito.

**Tab. 53** - Destinazione commerciale del compost in Italia

Settore	Quota di mercato (%)
Fornitura diretta a florovivaisti	30
Fornitura diretta a agricoltori	20
Confezioni per il mercato hobbistico	30

La fornitura diretta al settore agricolo rappresenta una quota relativamente bassa dell'intero mercato. Da una stima effettuata (Centemero, 1997), il compost potenzialmente acquisibile dai diversi comparti agricoli è, di gran lunga, superiore al compost attualmente prodotto e commercializzato nei settori specifici (figura 17). Come si evince dal grafico, il settore con le maggiori potenzialità è quello dell'agricoltura di pieno campo (orticoltura, cerealicoltura, frutticoltura, ecc.) dove l'impiego copre solo il 6% delle potenzialità effettive, mentre per il florovivaismo hobbistico la quota di mercato potenziale coperta è già sensibile: 45% delle potenzialità.

**Fig. 17** -Relazione tra i quantitativi di compost potenzialmente collocabili nei diversi comparti agricoli con i quantitativi effettivamente collocati



La tendenza attuale d'incrementare il numero di impianti destinati alla produzione di compost di qualità e, quindi, il possibile aumento della disponibilità dello stesso, può far sorgere una legittima preoccupazione rispetto alla possibilità di collocare tutto il compost producibile in Italia.

Si può rispondere a ciò assumendo le seguenti ipotesi di scenario:

- impiegare il compost prodotto dal trattamento di biomasse derivate dalla raccolta differenziata, limitatamente allo scarto della manutenzione del verde e allo scarto di origine alimentare, estesa all'intera popolazione dell'Italia (ca. 60 milioni di abitanti);
- intercettare quote di scarti organici pari a  $100 \text{ kg ab}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ ;
- ottenere rese al compostaggio pari al 40%;
- collocare tutto il compost in pieno campo;
- distribuire  $10 \text{ t ha}^{-1}$  di sostanza secca da compost di materiali organici (ca. 20-25 t di compost tal quale).

Con dosi di applicazione pari a  $20 \text{ t ha}^{-1}$  di compost potrebbero essere interessati ca. 120.000 coltivati dei 10.000.000 ettari di superficie arabile nazionale, si andrebbe cioè a coprire una superficie pari al **1,2%** di quella coltivata e tradizionalmente fertilizzata.

Pur con le cautele suggerite dalla semplificazione del metodo di calcolo, si può dunque esprimere una valutazione positiva sugli sbocchi potenziali già nell'agricoltura di pieno campo oltre allo sbocco in settori quali floricoltura e giardinaggio che, in realtà, assorbono tuttora l'80% del compost sul mercato.

L'esempio sopra riportato garantisce una potenziale collocabilità nell'agricoltura tradizionale di pieno campo, pur non garantendo l'immediata e certa collocazione, per una serie di motivi:

- forniture di compost alle aziende agricole a prezzi meno remunerativi rispetto ad altri settori;
- prodotto relativamente nuovo nel panorama dei fertilizzanti, infatti è poco conosciuto dalle aziende agricole che non conoscono il grado di sostituibilità ai fertilizzanti tradizionali;
- mancanza di garanzia della qualità del materiale;
- l'azienda che produce compost non sempre è in grado di gestire dal punto di vista tecnico e commerciale, in quanto azienda specializzata nel ritiro e nella trasformazione di biomasse e quindi nella produzione di un semilavorato, il prodotto destinato all'azienda agricola.

Esiste, quindi, un problema d'informazione capillare presso i soggetti attivi della filiera compostaggio: gli utilizzatori del compost possono valorizzare un materiale organico alternativo solo dopo averlo conosciuto ed averne apprezzato le caratteristiche. Si sta attivando, in Italia, una serie di prove a carattere applicativo, che hanno il preciso scopo di studiare l'introduzione del compost nell'azienda agricola, valutando sia gli effetti culturali che le caratteristiche operative accessorie (trasporto, stoccaggio, gradi di maturazione, grado di raffinazione, meccanizzazione dello spandimento, ecc.).

Tali approfondimenti sono essenziali in quanto il compost rappresenta, tra i fertilizzanti organici, un prodotto certamente innovativo, ma con caratteristiche tecniche e commerciali che ne determinano le peculiarità e che lo identificano come un nuovo prodotto per l'agricoltura.

### 7.2.3. Il mercato del compost

Le valutazioni fin qui riportate, per quanto riguarda la qualità e la collocazione in azienda di compost, sono state riassunte nella tabella che segue, dove sono elencate le caratteristiche che

determinano una potenziale richiesta di compost in agricoltura e paesaggistica, nonché le condizioni tecniche per lo sviluppo del mercato.

**Tab. 54 - Settori d'impiego e prezzi medi rilevati sul mercato (anno 1999).**

<i>Settore</i>	<i>Prerogative di mercato favorevoli</i>	<i>limitazioni allo sviluppo del mercato</i>	<i>Prezzi rilevati Euro t<sup>1</sup> (*)</i>	<i>Acquirenti</i>
<b>Recupero ambientale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tolleranza a caratteristiche subottimali</li> <li>- impiego di rilevanti quantità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>valutazione del rilascio di azoto al suolo</b></li> <li>- limitata remunerazione</li> </ul>	0-2,50	Paesaggisti
<b>Agricoltura di pieno campo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- impiego di rilevanti quantità</li> <li>- impiego di "compost fresco"</li> <li>- impiego nei concimi organo-minerali</li> <li>- creazione di servizi di distribuzione in p.c.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>limitata conoscenza del compost</b></li> <li>- basso prezzo dei materiali surrogabili (letame)</li> <li>- necessità di attrezzature specifiche per la distribuzione</li> <li>- contenuto in elementi nutritivi relativamente basso</li> <li>- sviluppo di servizi di distribuzione</li> </ul>	2,50-10,00	Aicoltori
<b>Paesaggistica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alto valore aggiunto</li> <li>- vicinanza operativa tra paesaggista e impianto</li> <li>- possibilità di modulare la qualità per differenti usi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- necessità di attrezzature specifiche per la distribuzione</li> </ul>	10,00-20,00	Paesaggisti
<b>Florovivaismo hobbystico e professionale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alto valore aggiunto</li> <li>- necessità di surrogato innovativo alle torbe</li> <li>- vendita al dettaglio</li> <li>- possibilità di differenti usi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- necessità di partite omogenee ed uniformi nel tempo</li> <li>- necessità di compost con bassa salinità e elevata stabilità</li> <li>- richiesta di proprietà specifiche</li> </ul>	10,00-20,00  30,00-40,00	Terricciatori Garden Centers Vivai  Privati cittadini (**)

(\*) il prezzo è riferito al compost vagliato e sfuso non confezionato.

(\*\*) ai privati cittadini il compost è venduto al dettaglio preferibilmente confezionato e miscelato con altre componenti.

In definitiva, in Italia, il compost dovrebbe rivestire un ruolo essenziale nella conservazione della qualità dei suoli. Rispetto ai paesi centro e nord europei, si sottolinea il ruolo particolare dei paesi mediterranei: gran parte del territorio italiano è, infatti, assimilabile, per le peculiarità pedoagronomiche e climatiche, a Spagna e Grecia. È, quindi, estremamente importante per l'Italia gestire la "risorsa" sostanza organica, al fine di limitare i fenomeni di desertificazione in atto. Il compost, quale fonte di sostanza organica pulita, rappresenta un elemento chiave per l'attenuazione di tali fenomeni.

Bisogna inoltre considerare che la qualità media del compost presente in Italia è, nel corso degli anni, migliorata attestandosi su indici agroambientali elevati in virtù della migliorata selezione degli scarti (accurata differenziazione, selezione di matrici idonee, protocolli di accettazione di scarti presso l'impianto) e dell'abbandono dell'impiego agricolo di compost da RSU indifferenziato. Ne sono testimonianza il minor contenuto in metalli pesanti e le performances agronomiche attestate da innumerevoli prove applicative su colture in pieno campo ed in serra. A ciò ha contribuito la legislazione che ha definito dei limiti qualitativi particolarmente restrittivi in coerenza con quanto avviene in altri paesi europei. Tuttavia alcuni parametri indicati nella legge, quali *Carbonio*

*organico, Streptococchi, contenuto in Inerti, ecc.*, sono estremamente ed ingiustificatamente penalizzanti per il compost di qualità e meriterebbero una rivisitazione.

Dal punto di vista tecnico uno dei parametri, poco studiati e soprattutto ancor meno applicati, è la definizione di stabilità del materiale. La mancata conoscenza della stabilità del compost porta, nella maggior parte dei casi, a limitare l'efficacia in applicazioni specialistiche e a mascherare gli effetti benefici della sostanza organica in applicazioni estensive. Si può anche sottolineare la carenza generalizzata di informazioni sulla qualità e sugli impieghi del compost: un'azione di diffusione delle informazioni e di divulgazione delle innumerevoli prove effettuate sul territorio italiano migliorerebbe la conoscenza di un nuovo mezzo tecnico per l'agricoltura.

Per quanto riguarda la valutazione della qualità agronomica delle biomasse compostate, si deve evidenziare la stretta correlazione con la valutazione analitica delle biomasse potenzialmente surrogabili dal compost ovvero letami per impieghi estensivi e terricci torbosi per impieghi florovivaistici. Dal punto di vista tecnico, ed in via del tutto generale, si può concludere che, sebbene con differenze più o meno accentuate a seconda della matrice compostata, i compost presentano caratteristiche intermedie sia nei confronti dei letami (minor contenuto in elementi fitonutritivi) che dei terricci torbosi (pH e salinità più elevati). Tale considerazione porta a concludere che il compost, oltre a rappresentare un nuovo prodotto per l'agricoltura, non rappresenta generalmente un materiale pronto all'uso, salvo casi particolari quali l'applicazione in pieno campo di un ammendante nel senso più stretto del termine ovvero come apportatore di carbonio, ma rappresenta sostanzialmente un prodotto semilavorato che necessita di miglioramenti come aggiunta di elementi, correzione pH o altro, per raggiungere gli standard commerciali posseduti dai prodotti potenzialmente sostituibili e che già possiedono un mercato consolidato.

I compost prodotti da impianti di trattamento di biomasse di scarto, al fine di aumentare il loro valore aggiunto, andrebbero trasformati in prodotti specifici appetibili dal settore d'impiego. In effetti, oltre alla vendita diretta del compost sfuso, l'industria dei fertilizzanti è sicuramente attrezzata, tecnicamente e commercialmente, per garantire la trasformazione mediante arricchimenti di elementi nutritivi, correzioni del pH, trattamento fisico-chimico (compost pellettato e compost granulato) e la conseguente vendita.

Infine si deve considerare che l'impiego di compost per la creazione di concimi organo-minerali, benchè fattibile dal punto di vista tecnico, per ora non è percorribile dal punto di vista legislativo. Infatti la legge 748/84 non prevede il compost tra le matrici ammissibili alla produzione di concimi organici e concimi organo-minerali. Risulta quindi di fondamentale importanza, per gli impieghi agricoli in generale e soprattutto per la commercializzazione in settori agricoli specializzati, garantire la costanza e l'omogeneità delle partite. Questo si raggiunge con un'accurata ed attenta gestione dell'impianto nelle sue varie componenti (stoccaggio, pre-trattamenti, post-trattamenti, ecc.) e del processo nelle diverse fasi (stabilizzazione, maturazione).