



Relazione tecnica:

Test di disintegrabilità

di bottiglie in PLA

prove effettuate presso AMIAT Spa



Indice

TEST DI DISINTEGRABILITÀ.....	3
OBIETTIVI	3
INTRODUZIONE.....	4
PIANO ANALITICO E SPERIMENTALE	6
Materiale di prova.....	6
Strumenti e attrezzature utilizzati:.....	6
Laboratorio	6
Preparazione miscela da avviare al compostaggio.....	7
Preparazione dei bags e dei campioni da testare.....	7
A.1 - Monitoraggio del processo: valutazione degli effetti dei manufatti sottoposti a prova sul processo di compostaggio.....	9
A.2 Esame visivo sul materiale testato (valutazione della disintegrazione) durante il processo.....	10
A.3 Risultati finali del test di disintegrabilità.....	12
A.4 Valutazione degli effetti dei materiali di prova sulla qualità dell'ammendante ottenuto.....	14
CONCLUSIONI.....	14



TEST DI DISINTEGRABILITÀ

Relazione tecnica finale

Con la presente relazione si illustrano i risultati del test di disintegrabilità eseguito su bottiglie realizzate in PLA (Acido Polilattico), condotto su scala reale presso un impianto di compostaggio industriale, secondo quanto previsto dalla norma UNI-EN 13432:2002. Nella scheda seguente sono indicati i riferimenti del committente, del coordinatore e dell'esecutore delle prove.

COMMITTENTE	AMIAT Spa, Torino
IMPOSTAZIONE PROVE E COORDINAMENTO TECNICO- SCIENTIFICO	CONSORZIO ITALIANO COMPOSTATORI Sede Operativa via Cavour, 183/a, 00184 Roma Sede Tecnica - Loc. Cascina Sofia – Cavenago Brianza (MB)
ESECUTORE	Sviluppo B.U. Laboratori di AMIAT SpA Via Germagnano, 50 10156 – Torino
SEDE DELLE PROVE	Impianto di compostaggio di AMIAT Spa Via Mappano, 25 - Borgaro (TO)
FORNITORE DEL MANUFATTO BIODEGRADABILE	Fonti di Vinadio Spa Fr. Roviera - 12010 Vinadio (CN)
PERIODO PROVE	15 luglio – 15 ottobre 2008

OBIETTIVI

L'obiettivo principale del test è stato quello di valutare la disintegrabilità nel corso di un processo di trattamento aerobico (compostaggio) di bottiglie destinate a contenere acqua minerale naturale realizzate in PLA (Natureworks® Polylactide Resin, materiale codice 7000 D).

Il test è stato eseguito secondo quanto indicato da un protocollo operativo, elaborato dal CIC sulla base degli standard europei UNI EN 13432:2002 e UNI EN 14045:2003.

La durata del test è stata di 12 settimane (dal 15 luglio al 15 ottobre 2008), periodo al termine del quale è stata determinata la disintegrazione del materiale e sono state effettuate le analisi qualitative sull'ammendante ottenuto miscelando lo scarto organico con percentuali definite di bottiglia.

INTRODUZIONE

Il **compostaggio** è un processo biologico che avviene a carico dei rifiuti organici di varia natura (scarti della manutenzione del verde, frazione organica dei RSU provenienti da raccolta differenziata, sottoprodotti di origine animale, scarti dell'industria agroalimentare, ecc.), che, in presenza di adeguate condizioni di umidità, temperatura e ossigeno, ad opera di microrganismi presenti in natura, trasformano gli scarti organici di partenza in un materiale organico stabile, non più putrescibile, utile all'impiego agronomico.

Negli impianti di compostaggio questi processi, che in natura avvengono spontaneamente, sono condotti a velocità più accelerate e sottoposti a rigorosi controlli qualitativi. L'**Ammendante Compostato** prodotto ha le caratteristiche di un terriccio ricco di humus, con un'umidità del 40-50%, valori di pH compresi tra 7-8, privo di odori sgradevoli, biologicamente stabile, che non presenta fattori inquinanti né agenti patogeni per l'ambiente e per l'uomo.

Lo standard europeo **EN13432** ("**Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione**"), recepito nel 2002 anche dall'UNI, specifica i requisiti degli imballaggi compostabili e i procedimenti per determinarne la compostabilità.

Le caratteristiche che un materiale compostabile deve possedere, secondo questa norma, sono :

- biodegradabilità;
- disintegrazione;
- assenza di effetti negativi sul processo di compostaggio;
- assenza di effetti negativi sulla qualità dell'ammendante risultante.

La **biodegradabilità** è la tendenza del materiale ad essere convertito in CO₂ grazie ai microrganismi. Questa proprietà è misurata col metodo standard EN 14046 (uguale a ISO 14855: biodegradabilità in condizioni di compostaggio) tramite prove di laboratorio, condotte in condizioni di temperatura, aerazione e umidità controllate. Il livello di biodegradazione minimo è pari al 90% da raggiungere in meno di 6 mesi.

La **disintegrabilità**, cioè la frammentazione e perdita di visibilità nell'ammendante compostato finale (assenza di contaminazione visiva), viene misurata con una prova di compostaggio, secondo quanto previsto dalla Norma UNI EN 14045. Campioni del materiale di prova sono compostati insieme a rifiuti organici per 3 mesi. Alla fine l'ammendante viene setacciato con un vaglio di 2 mm. Lo standard UNI EN 13432 stabilisce che la disintegrabilità è raggiunta nel momento in cui i residui del materiale di prova con dimensioni > 2 mm sono inferiori al 10% della loro massa iniziale.

Il metodo previsto per determinare la disintegrabilità è stato implementato dal CIC, che ha predisposto l'esecuzione del test su scala reale, presso un impianto di compostaggio industriale, così come suggerito dalla UNI EN 13432 (punto 7), in cui una tale impostazione viene accettata come equivalente alla prova eseguita in laboratorio (scala pilota).

Solo attraverso un test su scala reale infatti si può verificare il concreto comportamento dei materiali da testare poiché la molteplicità dei fattori che intervengono durante un processo condotto presso un impianto (pretrattamenti di triturazione e miscelazione degli scarti, l'influenza del rivoltamento, l'esito dei profili di temperatura variabili, l'effetto sulla vagliatura, ecc) non possono essere riprodotti in laboratorio.

La disintegrabilità, oltre a dipendere dalla composizione del materiale biodegradabile, è strettamente legata allo spessore del manufatto; un manufatto realizzato con uno spessore eccessivo può avere un impatto non

totalmente positivo sul processo di compostaggio o non raggiungere il grado di disintegrabilità desiderato, anche se prodotto con una materia prima biodegradabile.

Per poter attestare la piena compatibilità del materiale con il processo di compostaggio, occorre inoltre dimostrare che il manufatto testato non presenti effetti negativi sul processo di trattamento né sulla qualità dell'ammendante finale. A tale scopo sono stati monitorati i parametri di processo quali **temperatura** e **ossigeno** della massa e, alla fine del test, sono state condotte delle analisi di laboratorio sul compost ottenuto (**contenuto in metalli pesanti, azoto, umidità, pH, microrganismi patogeni, ecc**).

- ✓ La prova è stata coordinata dai tecnici del CIC (Consorzio Italiano Compostatori) in collaborazione con i tecnici dello Sviluppo B.U. Laboratori di Amiat Spa, per l'organizzazione e la realizzazione delle diverse fasi: preparazione dei campioni, allestimento del cumulo, registrazione dei parametri di controllo del processo, rivoltamenti dei cumuli, idratazione delle masse, monitoraggio della degradazione del materiale, valutazione dei risultati finali, ecc.
- ✓ Il materiale da testare è stato messo a disposizione da Amiat e recuperato presso la ditta Fonti di Vinadio spa di Vinadio (CN); si è trattato di una partita di ca. 1500 bottiglie (di cui circa 110 utilizzate per la prova).

Termini e definizioni

Compostaggio: processo biologico aerobico, operato da microrganismi, che avviene a carico sottoprodotti e rifiuti organici, che porta alla trasformazione del substrato di partenza in un prodotto stabile, con caratteristiche di Ammendante Compostato, secondo quanto indicato nell'all. 2 del DLgs. 217/06.

Ammendante (art. 2, lettera z, D.Lgs. 217/06): materiale da aggiungere al suolo in situ, principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fisiche e/o chimiche e/o l'attività biologica.

Disintegrabilità (art. 3.3 UNI EN 13432:2002): la suddivisione fisica in frammenti piccolissimi dell'imballaggio e dei materiali d'imballaggio.

Biodegradabilità (art. 3.4 UNI EN 13432:2002): decomposizione di un composto chimico organico da parte di microrganismi, in presenza di ossigeno, in anidride carbonica, acqua e sali minerali di qualsiasi altro elemento presente (mineralizzazione) e nuova biomassa o, in assenza di ossigeno, in anidride carbonica, metano, sali minerali e nuova biomassa.

Bags: borse (minireattori) in rete utilizzate per l'esecuzione del test

Vagliatura: operazione che consente di separare, tramite appositi setacci o vagli, le particelle di ammendante in classi granulometriche differenti secondo le dimensioni.

PIANO ANALITICO E SPERIMENTALE

La prova ha avuto una durata di 12 settimane e ha previsto la realizzazione di un cumulo di 50 m³ circa, composto da scarto alimentare (umido domestico) proveniente dalla raccolta differenziata e scarto organico vegetale (foglie, ramaglie, ecc); il cumulo è stato collocato in un capannone chiuso, tamponato, su platea impermeabilizzata, periodicamente rivoltato con pala meccanica.

Materiale di prova

Nome: Bottiglie in PLA (Natureworks ® Polylactide Resin, materiale codice 7000 D)
Aspetto fisico: bottigliette per l'acqua, di capacità 0.5 l, in PLA trasparente, senza tappo (foto n.1)
Colore: verde chiaro trasparente

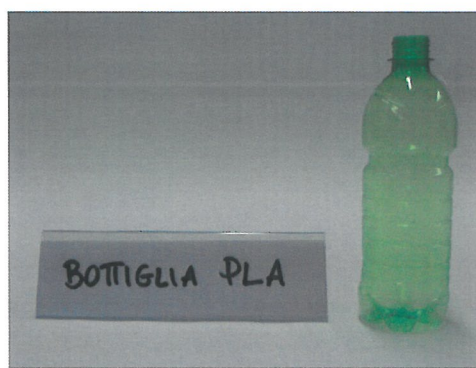


Foto 1 : bottiglia in PLA

Strumenti e attrezzature utilizzati:

- bilancia tecnica Acculab PP-401, capacità 400 g, precisione 0.1 grammi
- sacchi (bags) in rete, con luce netta delle maglie di 1 mm, capacità 20 l
- dinamometro Wunder, capacità 50Kg, precisione 50 g
- sonde per la misura della temperatura
- setacci in legno certificati, diametro 400 mm, con rete zincata, luce netta delle maglie 2 e 10 mm
- vassoi in alluminio per la pesatura del materiale
- pinzette di selezione
- pala meccanica (benna da 2,5 m³)
- tritatore

Laboratorio

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio Est Srl di Grassobbio (BG), accreditato per le analisi del Marchio ecologico Ecolabel a carico di Ammendanti e Substrati e per le analisi del Marchio del Compost CIC.

Preparazione miscela da avviare al compostaggio

Per l'avviamento del test è stata preparata una miscela di scarto organico contenente umido da raccolta differenziata e scarto vegetale fresco (erba, foglie, ramaglie, ecc).

Dalla miscela così preparata e denominata ai fini del test "Miscela Standard" (MS), è stata campionata¹ una quantità di materiale sufficiente ad eseguire le analisi di laboratorio di cui riportiamo i riscontri analitici:

Umidità (%)	Carbonio organico (% ss)	Azoto totale (% ss)	Rapporto C/N
44,61	35,4	2,15	16,47

Tabella 1 : Analisi effettuata sulla Miscela Standard di partenza (Laboratorio Est Srl)

Con la Miscela Standard (MS) sopra descritta è stato quindi realizzato un cumulo di circa 50 m³ (25 tonnellate circa), posizionato all'interno del capannone dell'impianto di compostaggio; all'interno del cumulo sono stati collocati i bags riempiti con la miscela e dei campioni del manufatto da testare.

Preparazione dei bags e dei campioni da testare

Allo scopo di simulare le condizioni fisiche in cui si viene a trovare normalmente una biomassa durante il processo di compostaggio (sollecitazioni meccaniche della triturazione, rivoltamento, vagliatura ecc.), il materiale da testare (chiamato materiale di partenza MP) è stato ridotto in pezzi (foto n.2) ed è stato mescolato allo scarto organico di partenza (lo stesso utilizzato per la composizione del cumulo, MS) in tre diverse percentuali: 1%, 2%, 2,5% p/p sul tal quale (tabella n.2). Per ogni tesi sono state allestite tre repliche, oltre ad un testimone di riferimento (di seguito "T") contenente solo lo scarto organico.

La miscela così preparata è stata posizionata all'interno dei sacchi in rete o "bags" (borse in rete flessibile con luce netta delle maglie di 1 mm e una di capacità 20 l). Le borse una volta riempite, sono state inserite all'interno del cumulo, e il processo di compostaggio è stato avviato.

Si riporta sinteticamente il disegno sperimentale del test: (tabella n.2)

TESI:

- A (1% di MP) - B (2% di MP) - C (2,5% di MP)

Repliche per tesi:

- A1, A2, A3 / B1, B2, B3 / C1, C2, C3

Testimone: T

¹ I campionamenti sono stati eseguiti secondo il Metodo ANPA "Manuale dei metodi di analisi del compost" n. 3/2001, che prevede il prelievo da diversi punti del cumulo (distribuiti omogeneamente lungo tutto il cumulo), di un numero di campioni elementari, variabile a seconda della grandezza del cumulo, che vengono poi uniti e miscelati in un unico campione finale, da cui si preleva un'aliquota di 3 Kg destinato all'esecuzione delle analisi di laboratorio.

Tesi	Repliche	Bags	% campione in peso	Peso Miscela MS (Kg)	Peso Campione MP (g)
A	1	1	1 %	10	100
	2	2	1 %	10	100
	3	3	1 %	10	100
B	1	4	2 %	10	200
	2	5	2 %	10	200
	3	6	2 %	10	200
C	1	7	2,5 %	10	250
	2	8	2,5 %	10	250
	3	9	2,5 %	10	250
T		10	--	10	---

Tabella 2 : piano sperimentale adottato per l'esecuzione del test

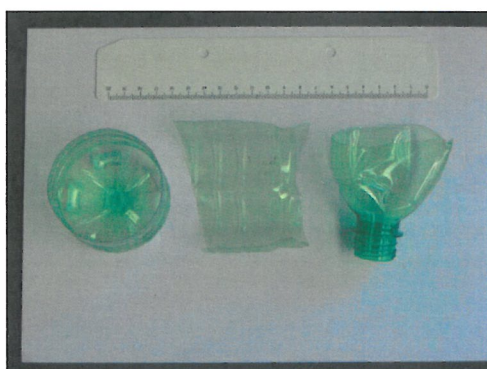


Foto 2: preparazione dei campioni



Foto 3 : preparazione dei bags



Foto 4 : campione miscelato allo scarto organico di partenza



Foto 5: bags riempiti con la miscela

A.1 - Monitoraggio del processo: valutazione degli effetti dei manufatti sottoposti a prova sul processo di compostaggio

Durante la prova è stato monitorato l'andamento dei principali parametri di processo, quali la **temperatura** e il **contenuto di ossigeno** della biomassa, entrambi indicatori del corretto andamento del processo di compostaggio.

La temperatura e l'ossigeno sono stati rilevati tramite apposite sonde a intervalli regolari (ogni 2-3 giorni durante i primi due mesi, una volta alla settimana nell'ultimo mese), da più punti individuati sul cumulo di prova.

Nel grafico sono riportati i valori medi dei parametri rilevati (Temperatura e Ossigeno del cumulo).

Durante il primo mese di prova (fase attiva del processo di degradazione della sostanza organica), in occasione dei controlli sui bags sono stati eseguiti **rivoltamenti** del cumulo a cadenza settimanale, per ripristinare la porosità e garantire un'ottimale aerazione della massa e quindi un corretto svolgimento del processo. Successivamente, durante la fase di maturazione, fino alla conclusione del test, i rivoltamenti sono stati eseguiti una volta ogni due settimane.

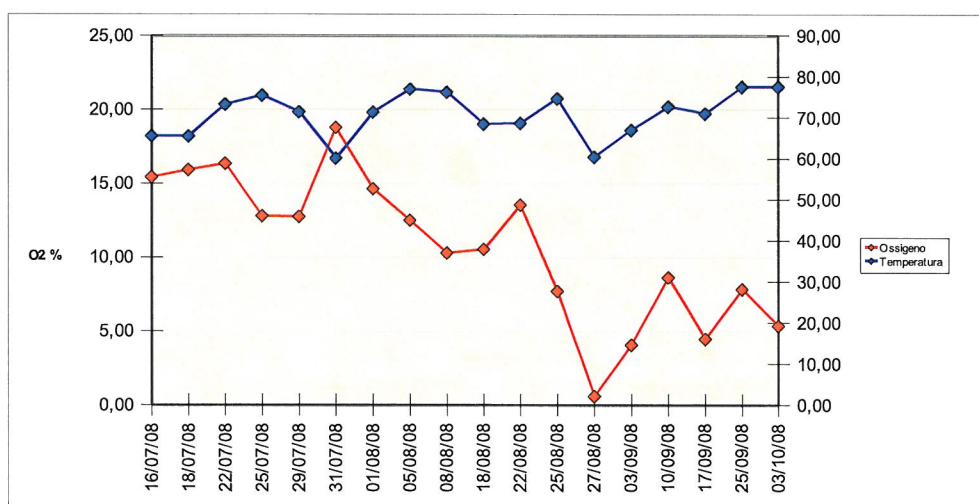


Foto 6 : bags inseriti nel cumulo



Foto 7 : copertura del cumulo

A.1 - Valutazione del processo

I valori della temperatura mostrano un andamento regolare, tipico di un corretto processo di compostaggio aerobico. Sono stati raggiunti, infatti, valori elevati (oltre i 55 °C) e costanti per diverse settimane consecutive, che hanno garantito così l'igienizzazione della biomassa ed un'ottimale attività di degradazione microbica della sostanza organica.

La concentrazione di ossigeno rilevata all'interno del cumulo durante la prova è risultata idonea ad un buon andamento del processo aerobico di compostaggio.

✓ Dall'andamento dei parametri sopra accennati è possibile affermare che il processo si è svolto in maniera regolare.

A.2 Esame visivo sul materiale testato (valutazione della disintegrazione) durante il processo

Allo scopo di monitorare l'andamento della disintegrazione del campione oggetto del test, sono stati effettuati dei controlli periodici e delle analisi visive e fotografiche del materiale contenuto nelle borse.

Ad ogni ispezione le borse sono state prelevate dal cumulo, il contenuto è stato pesato, ed i residui di campione da testare sono stati fotografati e confrontati con il campione iniziale in modo da valutare visivamente lo stato di degradazione.

Dopo un rimescolamento manuale del contenuto delle borse al fine di ripristinare la giusta porosità nella miscela ed evitare compattamenti, i bags sono stati chiusi e reinseriti nel cumulo.

Inizio test

15 luglio 2008

Primo controllo: 25 luglio 2008

10 giorni dall'avvio del test

Il cumulo è stato aperto con pala meccanica per recuperare i bags; i bags sono stati aperti (apertura a cerniera a tenuta) per controllare lo stato di degradazione del materiale testato. I frammenti di bottiglie ancora presenti sono stati estratti, fotografati e confrontati con il materiale di partenza (foto n.8, 9 e 10) e poi rimessi nei bags per la prosecuzione delle prove.

Al termine di questa prima valutazione le borse sono state riposizionate dentro il cumulo.

Note: dall'ispezione visiva risultava la presenza di numerosi pezzi ancora intatti. Si presuppone che i frammenti di bottiglia ancora visibili appartengano alle porzioni di bottiglia con spessore maggiore (fondo della bottiglia e porzione del collo dove si avvita il tappo).



Foto 8 : Bag n. 2 – 10 giorni



Foto 9 : Bag n. 4 – 10 giorni



Foto 10 : Bag n.5 – 10 giorni

Secondo controllo: 14 agosto

30 giorni dall'avvio del test

Le borse sono state nuovamente estratte da cumulo per analizzarne il contenuto.

Dopo aver rimescolato il contenuto dei bags ogni sacco è stato riposto nel cumulo per la prosecuzione del test.

Note: In questa fase del test non sono stati più rilevati frammenti grossolani di bottiglia in PLA in nessuno dei bags (foto n.11 e 12). Il materiale da testare appariva quindi quasi completamente degradato, tranne che per alcuni piccoli agglomerati di PLA (presente sotto forma di cristalli), che al tatto si disgregavano completamente (foto n.13).



Foto 11 : Bag n. 3 – 30 giorni



Foto 12 : Bag n. 5 – 30 giorni



Foto 13 : Frammenti di PLA nella miscela (30 giorni)

Terzo controllo: 12 settembre

57 giorni dall'avvio del test

È stato effettuato un terzo controllo sull'andamento della disintegrazione del materiale, con la medesima procedura adottata durante i precedenti controlli.

Note: l'analisi visiva (dopo 8 settimane di test) non ha rilevato alcun frammento visibile di bottiglia in nessuno dei bags (foto n.14, 15, 16 e 17).



Foto 14 : Bag n.1 – 57 giorni



Foto 15 : Bag n. 5 – 57 giorni



Foto 16 : Bag n. 9 – 57 giorni



Foto 17 : Bag n. 3 – 57 giorni

A.3 Risultati finali del test di disintegrabilità

Al termine del test le singole borse sono state recuperate, pesate, svuotate e il contenuto è stato sottoposto a vagliatura secondo la seguente procedura:

- tutto il compost contenuto nei bags è stato vagliato mediante setaccio con maglie di 10 mm al fine dell'ottenimento dell'Ammendante Compostato;
- sul materiale con dimensioni maggiori di 10 mm (sopravaglio) è stata ricercata l'eventuale presenza di frammenti di bottiglia;
- l'Ammendante Compostato con dimensioni inferiori a 10 mm (sottovaglio) è stato suddiviso in due parti uguali,
- una metà è stata inviata al laboratorio per valutare la qualità dell'ammendante;
- l'altra metà è stata ulteriormente vagliata utilizzando un setaccio con maglie di 2 mm. Dal compost con dimensioni superiori a 2 mm sono stati ricercati, con l'ausilio di pinzette, eventuali residui appartenenti al materiale di prova (MP).

►► Alla fine della prova, in nessuna delle tesi sottoposte al test sono stati rilevati frammenti visibili di MP, materiale di partenza.

La disintegrabilità raggiunta dal manufatto è quindi stata del 100%, per tutte le tesi considerate; sono stati pertanto rispettati i limiti richiesti dalla norma UNI EN 13432 che al punto A.3.1 dichiara soddisfatto il requisito di disintegrabilità quando:

“dopo l'esposizione al processo di compostaggio per un massimo di 12 settimane, non più del 10% della massa secca originale del materiale di prova deve non superare la prova del passaggio attraverso un setaccio avente maglia >2 mm”.



Foto 18 : Bag n. 7 – Fine del test



Foto 19 : Setacciatura manuale del compost finito



Foto 20 : Campioni di compost vagliato

A.4 Valutazione degli effetti dei materiali di prova sulla qualità dell'ammendante ottenuto

Dell'Ammendante Compostato ottenuto dalla vagliatura a 10 mm di tutte le tesi, solo due sono state avviate al laboratorio per le analisi; si tratta del Testimone (T) e della tesi contenente MP in maggior quantità (2,5% in peso); in sintesi, oltre al Testimone è stata scelta per le analisi di rito, solo la tesi con il contenuto più elevato di materiale in PLA.

Per valutare la qualità dell'ammendante si fa riferimento all'Allegato 2 del D. Lgs 217/06 che elenca le caratteristiche e i parametri qualitativi, fissandone i requisiti minimi per la definizione di Ammendante di Qualità.

PARAMETRO	COMPOST TESI AL 2,5 %	COMPOST BIANCO	LIMITE NORMATIVO
Sostanza organica	74,99 %	65,1 %	>50%**
Umidità	44,95 %	48,07 %	< 50 % s.t.q. *
Azoto totale	2,2 %	2,08 %	
Azoto organico	81,36 % N tot	86,06 % N tot	≥ 80% s.s. *
Zinco	262,6 mg/Kg s.s.	237,1 mg/Kg s.s.	< 500 mg/Kg s.s. *
Rame	91,4 mg/Kg s.s.	66,3 mg/Kg s.s.	< 150 mg/Kg s.s. *
Nichel	39,3 mg/Kg s.s.	28,6 mg/Kg s.s.	< 100 mg/Kg s.s. *
Cadmio	0,5 mg/Kg s.s.	0,4 mg/Kg s.s.	< 1,5 mg/Kg s.s. *
Piombo	101,4 mg/Kg s.s.	92,4 mg/Kg s.s.	< 140 mg/Kg s.s. *
Mercurio	0 mg/Kg s.s.	0 mg/Kg s.s.	< 1,5 mg/Kg s.s. *
Cromo totale	52 mg/Kg s.s.	37,5 mg/Kg s.s.	
Salmonella	assenti	assenti	Assenti su 25 g stq *
Cestodi	assenti	assenti	Assenti in 50 g stq *
Nematodi	assenti	assenti	Assenti in 50 g stq *
Trematodi	assenti	assenti	Assenti in 50 g stq *

* Limite D.Lgs. 217/06 ** la S. org. è ricavata con la seguente formula: TOCx2

CONCLUSIONI

Dall'esame dei risultati riportati alle lettere A.1, A.2, A.3, A.4 si desume che:

- 1. il manufatto ha superato con esito positivo la prova di disintegrabilità;**
- 2. l'aggiunta allo scarto organico di partenza (MS) di quantitativi fino al 2,5 % del manufatto biodegradabile in questione (MP) non ha provocato effetti negativi sul processo e non ha modificato significativamente la qualità dell'ammendante prodotto che è risultato a norma di legge.**

DATA

18 Novembre 2008

Massimo Centemero

Dir. Tecnico CIC

