

[**BIOGAS**] Lo schema di qualificazione dei digestati proposto del Gruppo Ricicla dell'Università di Milano

Dalla digestione anaerobica fertilizzanti davvero “rinnovabili”

[DI VALENTINA ORZI*, ANDREA SCHIEVANO*, GIULIANA D'IMPORZANO*, CLAUDIO LEDDA*, GABRIELE BOCCASILE**, FABRIZIO ADANI*]

Il recepimento della direttiva nitrati col Dlgs. n. 152/2006 e il Dm. del 7 aprile 2006, nonché con i recenti Programmi d'azione regionali (2007 e 2011), di fatto rende non più procrastinabile un approccio all'uso degli effluenti di allevamento in agricoltura che sia virtuoso e rispettoso dell'ambiente secondo una logica di riutilizzo di “potere fertilizzante” nei limiti consentiti dalla legge e/o di rimozione degli eccessi di “reflui/azoto” nel caso in cui le quantità prodotte eccedano le reali richieste agronomiche da parte delle colture.

Il problema di recepimento della direttiva nitrati deve divenire un spunto per concepire e promuovere un'agricoltura sostenibile, dove tale termi-

ne, al di là di facili enfasi mediatiche, va inteso nel suo vero significato: sviluppo che possa tenere assieme gli aspetti ambientali, economici e sociali.

Questo articolo illustra come la reale sostenibilità ambientale nella gestione dei reflui zootecnici passi ormai obbligatoriamente attraverso la digestione anaerobica. La digestione anaerobica, infatti, si sta configurando sempre più, nelle realtà zootecniche in cui è stata adottata, come *driver* per ottimizzare la gestione sostenibile dei reflui.

Il processo anaerobico determina profonde modificazioni nelle caratteristiche chimico-fisiche dell'effluente (figura 1), tali da aumentarne il valore agronomico e renderlo

Il processo riduce drasticamente

l'impatto odorigeno e il contenuto di patogeni nei reflui zootecnici

più facilmente valorizzabile con le tecnologie a disposizione.

In particolare, la digestione anaerobica permette:

- un abbattimento netto delle emissioni in atmosfera dal refluo di gas climalteranti (metano, N_2O , NH_3 ecc.);
- un forte incremento della frazione ammoniacale di azoto, a scapito della frazione organica (figura 1), prodromo ad un utilizzo agronomico efficiente della risorsa azotata;

– un'elevata degradazione (70-80% come solidi volatili) e una stabilizzazione della sostanza organica

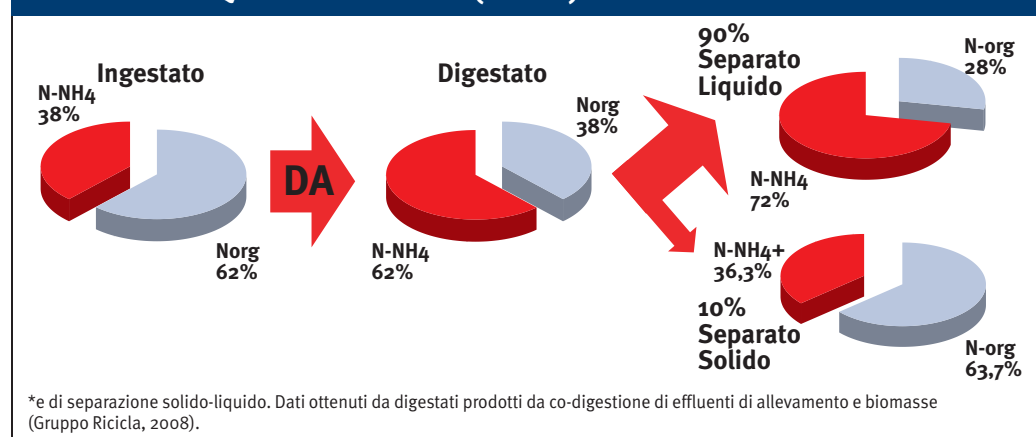
– un abbattimento netto delle emissioni odorigene;

– una riduzione drastica della carica batterica patogena originariamente contenuta nel refluo.

[IL PROCESSO N-FREE®]

L'opportunità di produrre energia e dunque reddito aggiuntivo ha permesso all'imprenditore di investire in tecnologie innovative per la corretta gestione e riutilizzo sostenibile dell'effluente di allevamento e per la gestione dell'eventuale surplus di azoto nel bilancio aziendale o territoriale. Questo aspetto è di fondamentale importanza, in quanto ha permesso alle aziende, negli scorsi anni, di impegnarsi in un forte sforzo di ricerca e sviluppo di nuove soluzioni per la sostenibilità ambientale ed economica dell'uso agronomico degli effluenti di allevamento. Ne è un esempio la nuova tecnologia rigorosamente *made in Italy*: il processo N-Free®. L'impianto, già installato in varie realtà zootecniche, si basa su separazioni chimico-fisiche (ultrafiltrazione e osmosi inversa) delle frazioni organiche e minerali contenute nel refluo. A valle

[FIG. 1 - AUMENTO DELL'N IN FORMA AMMONIACALE ($N-NH_4^+$) A SCAPITO DI QUELLA ORGANICA ($N-ORG$) A VALLE DEL PROCESSO DI DA*]



della separazione solido-liquido tramite centrifughe, la concentrazione delle sostanze sospese e disciolte permette di purificare oltre il 50% del refluo iniziale, portandolo agli standard di idoneità per lo scarico in corpo idrico superficiale o suolo. Dai concentrati di ultrafiltrazione e osmosi che corrispondono a meno di un terzo del volume iniziale, l'azoto ammoniacale viene strippato e catturato in acido solforico, per produrre solfato ammonico concentrato, un fertilizzante commerciale, e sot-

trarre azoto al bilancio aziendale.

In un precedente articolo su questa rivista (Schievano et al., TV, 29/30 2011), si era illustrato il bilancio di massa del processo N-Free® applicato ad un refluo bovino non trattato. Nel presente articolo, sono riportati invece i risultati ottenuti dal trattamento di un digestato proveniente da un impianto di digestione anaerobica molto efficiente, che tratta effluente suino. A valle della digestione anaerobica, le potenzialità di questa tecnologia crescono no-

tevolmente, grazie alla forte riduzione dei solidi e della maggior presenza di azoto in forma ammoniacale. In figura 2, si riporta il bilancio di massa e il bilancio dell'azoto, effettuati dal Gruppo Ricicla - Unimi presso l'impianto prima descritto. In particolare i risultati mettono in evidenza una rimozione di azoto totale dal bilancio aziendale nel range 40-50% (sotto forma di solfato ammonico commerciale), a fronte della trasformazione di circa il 50-60% del refluo in acqua purificata.

che, fermentando e respirando anaerobicamente la sostanza organica contenuta nel refluo, producono molecole maleodoranti. L'odore di una sostanza viene normalmente percepito come se fosse dovuto ad un'unica componente, es. odore di letame, ma, in realtà, ogni emissione odorigena è caratterizzata da una molteplicità di composti, frutto dei processi degradativi, che in sinergia tra loro producono un determinato odore. In tabella 1 sono riportati alcuni composti odorigeni rintracciabili nei reflui zootecnici.

Come detto, la produzione degli odori dipende dall'attività batterica in condizioni anaerobiche che, fermentando e respirando anaerobicamente la sostanza organica, produce molecole maleodoranti. È evidente che man mano che si riduce, nel refluo, il contenuto di frazione organica facilmente degradabile, si riduce anche la possibilità da parte dei batteri di produrre molecole odorigene. La degradazione della sostanza organica di un refluo può avvenire sia in condizioni aerobiche sia anaerobiche. In entrambi i casi, un sufficiente tempo di degradazione della sostanza organica permette di raggiungere gradi di stabilità biologica (bassa biodegradabilità) tali da ridurre fortemente l'impatto odorigeno (Orzi et al., 2010).

In tale contesto, l'impatto odorigeno di un refluo o digestato, quantificabile attraverso la misura diretta dell'odore per mezzo dell'olfattometria dinamica (norma EN 13725), diviene fondamentale per "stimare" il potenziale odorigeno di un refluo digestato da utilizzarsi poi in agricoltura. Va da sé che, se la produzione di odori dipende dalla degradabilità della sostanza organica

[TAB. 1 - SOGLIE OLFATTIVE DI ALCUNI COMPOSTI ODORIGENI RINTRACCIABILI IN REFLUI ZOOTEKNICI]

COMPOSTO CHIMICO	SOGLIA OLFATTIVA* (MG/M³)	CONCENTRAZIONE DI IRRITAZIONE (MG/M³)	DESCRIZIONE DELL'ODORE
Ammoniaca	0,0266 - 39	72,0	Pungente, Irritante
Acido acetico	2,5000 - 250	25,0	Agro, acetico
Acido propionico	0,0840 - 60	-	Fetido
Acido butirrico	0,0010 - 9	-	Acre, sudore
Fenolo	0,1786 - 22,4	182,4	Medicinale, dolce

* valori più bassi e più alti delle soglie reperibili in letteratura
Fonte: APAT - Manuali e linee guida 19/2003

[TAB. 2 - CONCENTRAZIONE DI ODORE E STABILITÀ BIOLOGICA DEGLI STREAM LIQUIDI E SOLIDI NEI VARI STEP DELL'IMPIANTO E TRATTAMENTO DIGESTATO]

CAMPIONE¹	TIPOLOGIA	OLFATTOMETRIA DINAMICA OU/M² H	BIODEGRADABILITÀ G O₂/KG SS
Liquame suino		> 54.719	384 ± 51
Digestione anaerobica	Ingestato	> 54.719	291 ± 18
	Digestato	1.739	36,8 ± 4,2
Separatore Tipo FAN	Separato liquido dopo FAN	1.572	48,3 ± 7,8
	Separato solido dopo FAN	1.829	20,9 ± 1,1
Decanter (DEC)	Separato liquido dopo DEC	1.007	27,1 ± 4,8
	Concentrato dopo DEC	910	41,8 ± 1,9
Ultra filtrazione (UF)	Permeato dopo UF	1.325	15,6 ± 1,1
	Retentato dopo UF	1.464	57,9 ± 7,4
Osmosi inversa (OI)	Permeato dopo OI	169	1,0 ± 0,7
	Retentato dopo OI	4.106	7,0 ± 3,8
Raffinazione in zeoliti	Scarico in corpo idrico superficiale	196	n.d.

¹riferirsi allo schema in figura 2.

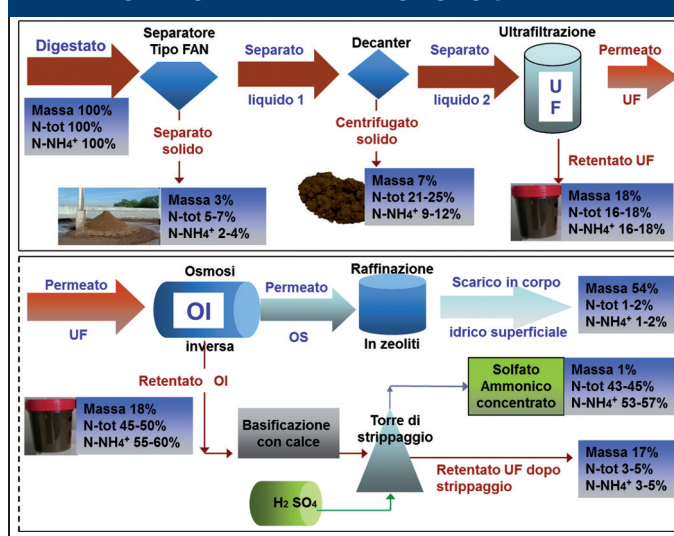
contenuta, e se la misura della stabilità biologica di un reflu/digestato risulta una misura semplice e poco costosa, essa può essere utilizzata quale parametro di caratterizzazione del digestato e del suo potenziale impatto odorigeno.

In questo lavoro è stata valutata, la concentrazione di odore emessa dalla biomassa prima e dopo digestione anaerobica. Inoltre, sono state considerate le emissioni odorogene dopo ogni *step* di trattamento del digestato per mezzo della sopradescritta tecnologia N-free®. Il prelievo dell'odore da ogni biomassa è stato eseguito attraverso l'utilizzo di una cappa convogliatrice dinamica, basandosi sul sistema riportato da Apat (2003), e successivamente analizzato tramite olfattometria dinamica (norma EN 13725), utilizzando un panel al quale viene sottoposto il campione di aria-odore prelevata, diluito con aria secondo rapporti decrescenti, in modo tale da identificarne la soglia percepita dal panel (unità odorimetrica).

Nella figura 3, raffigurante il diagramma di flusso dell'impianto, sono riportate le unità odorimetriche registrate ad ogni *step*. La figura mostra come la concentrazione di odore diminuisca al diminuire del contenuto di sostanza organica presente nella biomassa. Tale dato era atteso ma mette in evidenza il ruolo importante che gioca l'aspetto quantitativo della sostanza organica (suo contenuto nel reflu) ma anche quello qualitativo (stabilità biologica della sostanza organica = suo livello di degradazione) (tabella 2).

Il risultato più importante desumibile dal lavoro svolto (figura 3), è la drastica riduzione dell'odore prodotto dal liquame/ingestato (>54.000

[FIG. 2 – BILANCIO DI MASSA, N TOTALE E AMMONIACALE DELLA TECNOLOGIA N-FREE]



UO/m²h) dopo digestione anaerobica (digestato = 1739 OU/m²h). Tale dato concorda con precedenti osservazioni (Orzi et al., 2010) che indicavano la digestione anaerobica quale mezzo utile per ridurre l'impatto odorigeno dei reflu/rifiuti.

I risultati relativi agli altri *step* di processo (figura 3) non risultano essere legati a processi biologici ma solo a processi chimico-fisici di concentrazione della frazione organica. In tali condizioni, concentrazioni

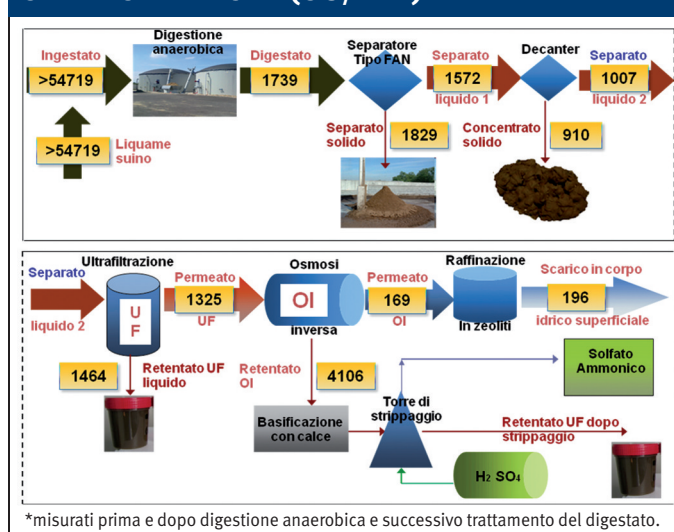
più elevate di odore (anche se molto contenute rispetto al reflu/ingestato) risultano per le frazioni ricche di sostanza organica, ma anche sono da imputarsi a molecole odorose non organiche, quale ad esempio l'ammoniaca che ha una soglia di percezione molto bassa.

[EFFETTO SUL CONTENUTO DI PATOGENI]

Il contenuto in microrganismi patogeni è un parametro estremamente importante nella va-

lutazione della qualità del prodotto dal punto di vista igienico-sanitario per un utilizzo sicuro degli effluenti in agricoltura. Il processo di digestione anaerobica costituisce, a tutti gli effetti, un processo igienizzante in grado di abbattere il contenuto di microrganismi patogeni presenti nelle biomasse di scarto come evidenziato più volte dalla letteratura internazionale (Smith et al., 2005). L'entità dell'abbattimento e le cause dello stesso sono varie e differenti. La temperatura, in primis, gioca un ruolo fondamentale; processi termofili, determinano un'elevata igienizzazione del reflu come più volte messo in evidenza dalla letteratura (Smith et al., 2005). Processi mesofili, possono garantire un'elevata igienizzazione anche se, in questo caso, la gestione del processo diviene più importante in quanto la competizione tra microrganismi e la degradazione della sostanza organica divengono fattori determinanti. Dalla tabella 3, si evince che il processo di digestione anaerobica permette, in condizioni mesofile, una drastica riduzione dei patogeni contenuti. Interessante l'abbattimento della *Salmonella* e la drastica riduzione del contenuto di clostridi nel reflu/digestato: questo mette in evidenza come la degradazione della sostanza organica, riducendo la disponibilità di substrato di crescita per i patogeni, abbatta il contenuto anche di quelli più tenaci (sporigeni). Tali risultati meritano ulteriori approfondimenti, in quanto, spesso senza giustificazioni scientifiche sufficienti, la digestione anaerobica è stata indicata, al contrario, come un processo che determina la prolifera-

[FIG. 3 - ODORE, ESPRESSO COME UNITÀ OLFATTOMETRICHE (OU/M²H)*]



*misurati prima e dopo digestione anaerobica e successivo trattamento del digestato.

[TAB. 3 - CARATTERIZZAZIONE MICROBIOLOGICA DEGLI STREAM LIQUIDI E SOLIDI NEI VARI STEP DELL'IMPIANTO]

PROCESSO	CAMPIONI	SALMONELLA SP. IN 25 G	STREPTOCOCCI FECALI U.F.C./ML	COLIFORMI FECALI U.F.C./ML	CLOSTRIDIO SP. (PERFRIGENS) U.F.C./G	LISTERIA SPP.	YERSINIA ENTEROCOLITICA IN 25 G	ENTERO BATTERIACEE U.F.C./ML
Liquame suino		Assenza	240.000	100.000	400.000	Dimostrata presenza	Dimostrata presenza	300
Digestione anaerobica	Ingestato	Presenza	70.000	280.000	68.000	Dimostrata presenza	Dimostrata presenza	140
	Digestato	Assenza	150	280	18.000	Dimostrata presenza	Dimostrata presenza	110
Separatore Tipo FAN	Separato solido dopo FAN	Assenza	390.000	70.000	4.200	Dimostrata presenza	Dimostrata presenza	700
Decanter (DEC)	Separato liquido dopo DEC	Assenza	730	0	5.200	Dimostrata presenza	Non dimostrata presenza	60
	Concentrato dopo DEC	Assenza	290	0	5.800	Non dimostrata presenza	Dimostrata presenza	0
Ultra filtrazione (UF)	Permeato dopo UF	Assenza	0	0	0	Non dimostrata presenza	Non dimostrata presenza	0
	Retentato dopo UF	Assenza	300	0	5.200	Dimostrata presenza	Dimostrata presenza	130
Osmosi inversa (OI)	Permeato dopo OI	Assenza	0	0	0	Non dimostrata presenza	Non dimostrata presenza	0
	Retentato dopo OI	Assenza	0	0	100	Non dimostrata presenza	Non dimostrata presenza	440

razione di microrganismi patogeni.

Non meno importante è il fatto che la tecnologia N-Free® permette di “sterilizzare” sia i permeati ultrafiltrati sia quelli osmotizzati, permettendo lo scarico in acque superficiali in tutta tranquillità. È evidente, quindi, che abbinare alla digestione anaerobica processi di trattamento del digestato permette un grande vantaggio in termini di “salute pubblica” e “accettabilità sociale” nell'utilizzo dei reflui zootecnici in agricoltura.

[LINEE GUIDA PER L'USO DEI DIGESTATI IN AGRICOLTURA]

Come prima evidenziato, la misura della stabilità biologica, che determina il grado di degradazione raggiunto dalla biomassa, ha assunto ormai importanza fondamentale nella gestione dei processi bio-

gici alla base della trasformazione delle biomasse e per la qualificazione dei prodotti ottenuti, divenendo ormai stru-

mento di controllo ma, soprattutto, indispensabile mezzo per la corretta gestione del processo e della caratterizzazione

[TAB. 4 - DIGESTATO TAL QUALE]

	PARAMETRI GUIDA	VALORI GUIDA
Caratteristiche	Concentrazione	Dichiarare: Sostanza secca (ss) (% tal quale) Sostanza organica (OM) (% ss)
Proprietà fertilizzanti	Elementi fertilizzanti	Dichiarare titolo NPK (% ss)
Nutrienti a pronto effetto	Contenuto in N solubile	Dichiarare N-NH ₄ + N-NO ₃
Grado di stabilità biologica	Stabilità Biologica (OD ₂₀ Test) ¹	OD ₂₀ < 60 gO ₂ kg/ss/20h
Aspetti igienico-sanitari	Microorganismi indicatori	- Salmonella: assente in 25 g t.q. - Escherichia Coli < 1.000 MPN g t.q.
Utilizzo		Come concime organo-minerale
Modalità di utilizzo		Interramento immediato o per iniezione

¹Tambone F., Scaglia B., D'Imporzano G., Schievano A., Orzi V., Salati S., Adani F. (2010). Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost, Chemosphere 81, 577-583.

qualitativa del prodotto finale. Tale analisi, ormai diffusa e suffragata da dati scientifici (Schievano et al., 2009, 2011), si basa su test respirometrico aerobico basato sulla quantificazione della domanda di ossigeno, durante le 20 ore di analisi (OD₂₀), richiesta dai batteri per degradare la frazione organica. In tabella 2 sono riportati i valori di stabilità biologica raggiunta dalla biomassa prima e dopo digestione anaerobica. Si può osservare come il processo di digestione anaerobica riesca ad abbattere la fermentescibilità della biomassa per più del 1'80%, riducendo fortemente l'impatto odorigeno del digestato rispetto al liquame/ingestato. È evidente che la riduzione del contenuto nel refluo della frazione organica facilmente degradabile riduce di fatto la possibilità di produzione di molecole maleodoranti.

ESCHERICHIA COLI		VEROTOSSINE ESCHERICHIA COLI	UOVA DI ELMINTI
60.000	O1	Non dimostrata presenza	Negativo
260.000	Non determinabile	Non dimostrata presenza	Negativo
130	O153	Non dimostrata presenza	Negativo
300.000	Non determinabile	Non dimostrata presenza	Negativo
0			Negativo
0			Negativo
0			Negativo
0			Negativo
0			Negativo
0			Negativo

Tale vantaggio appare concreto supponendo di sostituire il liquame con digestato durante lo spandimento in campo. D'altro canto, la stabilizzazione (degradazione) della sostanza organica determina, anche, una forte riduzione della componente patogena del refluo.

Si può concludere, quindi, che la digestione anaerobica si candida ad essere non solo una biotecnologia utile a produrre energia rinnovabile, ma anche un utile e fondamentale strumento per affrontare e risolvere in modo moderno e sostenibile alcuni problemi stringenti, quali la direttiva nitrati, le emissioni azotate in atmosfera (ammoniaca e protossido di azoto) e l'utilizzo degli effluenti di allevamento come fertilizzanti (si veda Schievano et al., TV 29/30, 2011).

In tale ottica, negli ultimi

anni, sono stati fatti molti passi verso una presa di coscienza di come effettivamente la digestione anaerobica possa giocare un ruolo fondamentale per un'agricoltura moderna (si veda Schievano et al., TV 29/30, 2011, Adani et al., TV 8, 2012).

Il tale ottica il Gruppo Ricicla ha recentemente proposto uno schema di qualificazione dei digestati per un loro corretto utilizzo in agricoltura introducendo il concetto di "nutrienti rinnovabili" e "fertilizzanti rinnovabili", anche attraverso marchi depositati a livello italiano e Ue (Gruppo Ricicla, 2012). Lo schema riportato nelle tabelle 5 e 6 rappresenta una proposta sulla quale costruire, finalmente, un riconoscimento al digestato dello status di fertilizzante.

La proposta tiene conto di cos'è un digestato, del fatto che semplici operazioni mec-

TAB. 5 - DIGESTATO: FRAZIONI LIQUIDE SEPARATE		
	PARAMETRI GUIDA	VALORI GUIDA
Proprietà fertilizzante	Elementi fertilizzanti	Dichiarare titolo NPK (% ss e % t.q.)
Nutrienti a pronto effetto	Contenuto in N solubile	Se: (N-NH ₄ + N- NO ₃) >70% N-totale ¹ Se: (N-NH ₄ + N- NO ₃) <70% N-totale ²
Aspetti igienico-sanitari	Microorganismi indicatori	- Salmonella: assente in 50 g t.q. - Escherichia Coli < 1.000 MPN g t.q.
Utilizzo		In completa sostituzione di fertilizzanti chimici a bilancio di N ¹
Modalità di utilizzo		Vasche di stoccaggio chiuse, interrimento immediato o per iniezione, a bilancio N ¹
¹ Approvato dalla Conferenza Stato Regioni, 2010 ² Se (N-NH ₄ + N- NO ₃) < 70% N-totale, la frazione liquida è assimilata ad un digestato non separato.		

TAB. 6 - DIGESTATO: FRAZIONI SOLIDE SEPARATE		
CARATTERISTICHE	CONCENTRAZIONE	SOSTANZA SECCA (SS) (% T.Q.) SOSTANZA ORGANICA (OM) (% SS)
Grado di stabilità biologica	Stabilità biologica i.e. Ind. di respirazione dinamico potenziale ¹	IRD < 500 mgO ₂ /kg SV /h ^{2,3,4}
Aspetti igienico-sanitari	Microorganismi indicatori	- Salmonella: assente in 25 g t.q. - Escherichia coli <1.000 MPN g t.q.
Utilizzo		Ammendante organico
Modalità di utilizzo		Seguito da lavorazione del terreno
¹ Determinazione della Stabilità Biologica mediante l'Indice respirometrico dinamico (IRD). UNI/TS 11184, 2006: ICS13.030.01; 75.160.10. CEN 2011 Solid recovered fuels - Determination of potential rate of microbial self heating using the real dynamic respiration index. EN 15590: 2011. ² Deliberazione Giunta Regionale 16 aprile 2003 - N. 7/12764. Linee guida relative alla costruzione e all'esercizio degli impianti di produzione di compost. - Revoca della d.g.r. 16 luglio 1999, n. 44263. ⁴ SV = solidi volatili.		

caniche possono determinare la separazione di frazioni solide, con spiccate caratteristiche ammendanti, e frazioni liquide, che di fatto sono dei concimi chimici a pronto effetto. Il digestato tal quale presenta caratteristiche intermedie tra ammendanti e concimi chimici a pronto effetto (tabelle 4-6). ■

Attività svolta in collaborazione con DG Agricoltura - Regione Lombardia e con Fondazione Minoprio nell'ambito del Piano operativo "Monitoraggio degli interventi di fitodepurazione, fasce

tampone boscate, coltivazioni a ciclo breve e biomasse in Regione Lombardia".

*Gruppo Ricicla, DiSAA Università di Milano - Lab. di Chimica del Suolo e Ambientale Via Celoria 2, 20133 Milano e Lab. Biomasse e bioenergia, Parco Tecnologico Padano, Via Einstein, Loc. C.na Codazza, 26900 Lodi.

**DG Agricoltura, Regione Lombardia

La bibliografia è a disposizione presso gli autori.