

DIGESTIONE ANAEROBICA IN CONDIZIONI TERMOFILE DI FORSU TRATTATA MECCANICAMENTE: CARATTERIZZAZIONE CHIMICO FISICA DEGLI EFFLUENTI

F. Fantozzi¹, S. Massoli¹, A. Pugliese¹, C. Buratti¹,

¹Centro di Ricerca sulle Biomasse, Università di Perugia, Italia
Via G. Duranti – Strada S. Lucia Canetola s.n.c, 06125 Perugia

e-mail: fanto@unipg.it, massoli@crbnet.it, pugliese@crbnet.it, cburatti@unipg.it

SOMMARIO

Nella prospettiva di ottemperare agli obiettivi prefissati dalla Direttiva 99/31/CE sulle discariche, l'intercettazione della frazione organica del rifiuto e la sua valorizzazione rappresentano un elemento fondamentale nella strategia di gestione dei rifiuti. In tale contesto assume particolare interesse la digestione anaerobica, che viene vista come una tecnica vantaggiosa e ambientalmente sostenibile per la gestione della frazione organica dei rifiuti. L'applicazione della digestione anaerobica a tale matrice consente sia di conseguire un notevole recupero energetico, attraverso l'impiego del biogas prodotto, sia di produrre un residuo stabilizzato (digestato) impiegabile come fertilizzante in agricoltura. Dal momento che in molti contesti urbani la frazione organica che perviene all'impianto di trattamento, risulta essere contaminata da inerti quali plastica o legno, è necessario prevedere a monte un pretrattamento meccanico in grado di separare la frazione avviabile a digestione anaerobica (FORSU SLURRY) da quella inerte (FORSU WASTE).

Presso i Laboratori del Centro di Ricerca sulle Biomasse dell'Università di Perugia sono state fatte le analisi chimico fisiche dei due principali effluenti del processo di trattamento meccanico di spremitura della FORSU al fine di valutare sia il possibile impiego del digestato in agricoltura sia il possibile smaltimento della frazione secca in discarica.

Dopo aver sottoposto il residuo stabilizzato a centrifugazione, è stata effettuata l'analisi termogravimetrica del campione tal quale, della frazione liquida e della frazione solida.

Inoltre, del surnatante sono stati determinati il COD, il BOD₅ e il contenuto di azoto ammoniacale per valutarne la possibilità di spargimento sui terreni. Al fine di analizzare l'idoneità della FORSU WASTE ad essere smaltita in discarica si è proceduto alla determinazione dei seguenti parametri chimico-fisici: Umidità, Solidi Totali, Solidi Volatili, COD, BOD₅, Indice di Respirazione Dinamico (IRD), Indice di Putrescibilità del Rifiuto, Carbonio organico Totale.

INTRODUZIONE

La produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta, nell'anno 2008, a poco meno di 32,5 milioni di tonnellate mostrando, rispetto al 2007, una leggera contrazione (-0,2%), che fa seguito alla sostanziale stabilità già riscontrata tra il 2006 ed il 2007 (+0,1%). Dopo un lungo periodo di crescita si assiste, dunque, ad un'inversione di tendenza nel dato di produzione

Inoltre l'analisi dei dati evidenzia, tra il 2007 ed il 2008, un incremento di oltre 430 mila tonnellate (+14,8% circa) della raccolta differenziata della frazione organica (umido + verde), a fronte di crescite più contenute fatte rilevare nel precedente periodo 2004-2007 (mediamente circa 230 mila tonnellate di crescita annua. (ISPRA, 2010).

La frazione organica dei rifiuti solidi urbani è uno dei substrati maggiormente impiegati nel processo di digestione anaerobica. Durante la fase di digestione anaerobica la materia secca volatile si trasforma in biogas mentre nella massa rimane un fango, più liquido che all'ingresso, con valori di sostanza secca dell'ordine del 20-25% per i processi a secco e del 5-10% per i processi liquidi, costituito dalla materia non digerita e dalla maggior parte dell'acqua.

Il fango digerito prodotto dalla fase di metanizzazione risulta in genere non completamente stabilizzato, a causa del ridotto tempo di residenza dei rifiuti all'interno del reattore. A tale scopo deve essere prevista una successiva fase di stabilizzazione aerobica, finalizzata al completamento della degradazione della materia organica, più difficilmente degradabile, ed all'ottenimento dell'igienizzazione del materiale. Il grado di maturazione richiesto dipende dall'utilizzo finale del prodotto stabilizzato.

La produzione di biogas da rifiuti solidi organici urbani (FORSU) e biomasse rappresenta un tema di grande attualità e una nuova opportunità, in relazione sia a esigenze di smaltimento dei rifiuti che di produzione di energia da fonti rinnovabili. In particolare è indicata per tale tipo di trattamento la frazione organica proveniente da raccolta differenziata. Tuttavia la digestione di questo tipo di substrato richiede un particolare controllo del pH durante le varie fasi della prova; bisogna infatti considerare che nella digestione della FORSU è fondamentale evitare l'accumulo di acidi grassi volatili che inibiscono il processo di bio-metanazione.

Oltre ad un trattamento di tipo biologico, la frazione organica deve essere sottoposta anche ad un trattamento di tipo meccanico che consiste nella riduzione delle dimensioni delle particelle. Così facendo si aumenta la superficie specifica

a disposizione dei batteri con un conseguente aumento della resa in biogas.

Il recupero energetico dei rifiuti organici è di fondamentale importanza poiché consente di abbattere le emissioni di gas metano liberato dallo stoccaggio in discarica di questi rifiuti.

Attualmente la digestione anaerobica della frazione organica risulta essere uno dei trattamenti più promettenti, soprattutto alla luce degli obiettivi nazionali di raccolta differenziata previsti dal D.Lgs n°152 del 2006 e di quelli previsti dalla Direttiva 99/31/CE sulle discariche finalizzata alla riduzione dell'interramento della componente organica dei rifiuti.

Negli ultimi anni in Europa sta crescendo l'impiego della digestione anaerobica nel trattamento della frazione organica raccolta in modo differenziato dei rifiuti solidi urbani, spesso in miscela con scarti industriali e con liquami zootecnici.

In prove precedenti (Fantozzi et al, 2009 e 2011), sono state valutate le rese di biogas e metano della FORSU mediante un digestore da laboratorio di tipo batch interamente progettato e realizzato presso il CRB.

I campioni di FORSU sono stati raccolti presso un impianto di compostaggio nel centro Italia; la FORSU, derivante da raccolta differenziata, è stata pre-trattata meccanicamente attraverso una macchina spremitrice che la separa in due frazioni:

- FORSU Slurry, la frazione liquida ottenuta dalla spremitura;
- FORSU Waste, la frazione residua, costituita da materiali inerti quali plastica o legno.

Nel presente articolo invece si evidenziano le caratteristiche chimico-fisiche del digestato prodotto da digestione anaerobica di FORSU Slurry per valutare la possibilità di spandimento sul terreno e della FORSU Waste per la posa in discarica.

DIGESTATO

Caratterizzazione del campione

Un aspetto fondamentale nella sostenibilità economico-ambientale della filiera *biogas* è la valorizzazione del residuo della digestione anaerobica comunemente chiamato digestato. Con tale termine si intende l'effluente in uscita dal processo di digestione anaerobica, costituito da un substrato stabilizzato dotato di potere fertilizzante, in quanto ricco di elementi nutritivi.

La sua composizione e il suo inquadramento normativo variano in funzione:

- della tipologia di biomasse in entrata;
- della classificazione (agricola o meno) dell'attività di valorizzazione energetica delle stesse;
- delle sue modalità di trattamento in uscita dall'impianto di digestione.

Nel digestato non varia in modo significativo il quantitativo di azoto introdotto, ma si modifica la composizione delle forme azotate presenti nelle matrici di partenza. Durante il processo le forme di azoto organico vengono demolite per produrre biogas, mentre il gruppo amminico viene liberato in soluzione sotto forma di azoto minerale (ammoniacale). L'entità di queste reazioni dipende dal tipo di composto azotato e dall'efficienza del processo di digestione anaerobica.

Una sua caratterizzazione è importante sia per valutare l'idoneità di questo scarto ad essere impiegato come

ammendante in agricoltura, sia per valutare il grado di efficienza del processo di digestione nella rimozione della sostanza organica. Per tale motivo nell'ambito della sperimentazione condotta presso il Centro Ricerca sulle Biomasse si è proceduto all'analisi di questo effluente; in particolare sono state analizzate le caratteristiche chimico-fisiche del digestato proveniente dalla seconda prova di digestione anaerobica che ha interessato lo slurry diluito acqua e inoculato con digestato liquido proveniente da un impianto di digestione della FORSU.

Il digestato sottoposto a separazione solido/liquido genera una frazione chiarificata che contiene buoni livelli di azoto in forma ammoniacale, compreso quello mineralizzato nel corso della digestione, e una frazione solida con un'elevata percentuale di sostanza organica parzialmente stabilizzata.

La frazione chiarificata può essere quindi un buon sostitutivo del concime di sintesi, a patto che venga utilizzata in periodi coincidenti con lo sviluppo colturale e limitando le emissioni ammoniacali in atmosfera. La frazione solida, contenente sostanza organica che in funzione dell'efficienza del processo ha ancora una degradabilità più o meno elevata, potrebbe invece essere valorizzata ai fini ammendanti.

Dal punto di vista della gestione pratica degli effluenti, inoltre, la separazione solido/liquido previene i problemi di flottazione superficiale delle frazioni sospese negli stoccaggi o la sedimentazione sul fondo delle vasche, che nel tempo ne riduce la capacità di contenimento. La viscosità degli effluenti viene ridotta e la conseguente pompabilità migliorata. La frazione chiarificata può essere applicata con efficacia in microirrigazione, purché si provveda a una separazione solido/liquido spinta.

Mediante centrifugazione, condotta a tre diverse velocità, 3.000, 5.000 e 10.000 giri al minuto, si è proceduto alla separazione della fase liquida da quella solida; tale differenziazione è necessaria dal momento che le due frazioni sono destinate a due diversi impieghi. La fase solida viene infatti avviata a impianti di trattamento aerobico per la formazione di compost, mentre la fase liquida viene impiegata nella fertirrigazione e qualora quest'ultima non presenti caratteristiche idonee a questo tipo di impiego, è destinata ad impianti di depurazione.

In tabella 1 è riportato il peso in grammi del campione sottoposto a centrifugazione, i rispettivi pesi delle fasi separate e la percentuale del liquido presente inizialmente nel campione.

Tab. n.1 centrifugazione del digestato

Centrifugazione surnatante	Peso Totale (g)	Peso surnatante (liquido) (g)	Peso residuo (solido) (g)	Liquido (%)
Centrifugazione 3.000 rpm	527,66	282,66	245,00	53,56
Centrifugazione 5.000 rpm	459,88	256,00	203,88	55,66
Centrifugazione 10.000 rpm	417,81	250,00	167,81	59,83

I risultati confermano la dipendenza tra la velocità di separazione e l'efficienza di separazione.

Tab. n. 2 Caratteristiche chimico-fisiche del digestato

	U (%)	ST (%)	SV (%)
Digestato (t.q)	97,86	2,14	1,61
Digestato liquido	98,24	1,76	1,41
Digestato solido	74,63	25,64	20,45

Del digestato tal quale e delle due frazioni separate è stata fatta l'analisi termogravimetrica con macchina TGA 701 LECO, su 3 campioni, calcolando umidità (U%), solidi totali (ST%) e solidi volatili (SV%) il cui valore mediato è riportato nella tabella 2.

La quantità di solidi volatili all'inizio e alla fine della prova di digestione anaerobica è pari rispettivamente a 0,29 kg e 0,13 kg; pertanto si è avuta una riduzione dei solidi volatili pari al 55%. La rimozione di sostanza organica secca volatile indica il grado di degradazione della sostanza digerita e quindi fornisce una stima approssimativa dell'efficienza del processo; la produzione di biogas varia da 0,75 a 1,10 metri cubi per ogni chilogrammo di solidi volatili distrutto. In Letteratura, per la frazione organica dei rifiuti solidi urbani, vengono indicati livelli di rimozione oscillanti fra il 77-78% di sostanze volatili rispettivamente dopo 10-25 giorni di digestione, (Forster-Carneiro et al., 2008) superiori quindi a quelli raggiunti dalla prova in esame che tuttavia ha subito un'inibizione a causa dell'acidificazione iniziale della miscela.

Dalla tabella 2 si evince inoltre che i solidi volatili sono maggiormente concentrati nella parte solida del digestato; essendo quest'ultima la frazione più ricca di sostanza organica, questa può essere convenientemente destinata all'uso agronomico essendo di grande utilità per il ripristino del bilancio unico dei suoli. Tuttavia prima di essere impiegata come ammendante, essa deve essere sottoposta ad un'ulteriore stabilizzazione mediante processo di compostaggio.

Con la separazione solido/liquido del digestato si concentra nella frazione chiarificata un'elevata percentuale dell'azoto sotto forma ammoniacale, prontamente assimilabile dalle colture, e nella frazione solida l'azoto organico a più lenta mineralizzazione, che rende tale materiale più adatto per un uso ammendante.

Per questo stato inoltre misurato il valore del COD (Chemical Oxygen Demand), del BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand), dell'azoto ammoniacale (NH₄⁺) e degli acidi grassi totali del separato liquido per le diverse velocità di centrifugazione (Tab.3). Durante il processo di digestione l'azoto organico presente inizialmente nel substrato viene mineralizzato ad azoto ammoniacale, la cui presenza fa sì che l'effluente chiarificato sia un fertilizzante a pronto effetto di efficienza pari ai tradizionali concimi minerali di sintesi quali, urea e solfato ammonico. Tuttavia la presenza di questo composto all'interno del digestato liquido può causare emissioni di ammoniaca in atmosfera e perdita di nitrati nelle acque.

Tuttavia per l'impiego agronomico del digestato proveniente dalla digestione anaerobica della FORSU non c'è un riferimento normativo specifico di riferimento.

Quando invece le matrici organiche in ingresso al digestore sono reflui zootecnici, da soli o in miscela con altre biomasse,

il digestato, ai sensi del DM 7/4/2006, può essere assimilato agli effluenti animali e il suo spandimento in campo (tal quale o nelle sue frazioni separate solida palabile/liquida non palabile) è assoggettato alle prescrizioni contenute nello stesso DM circa tempi di stoccaggio, criteri e divieti di spandimento, modalità di trasporto, adempimenti documentali e, soprattutto, dosaggi di nutrienti: max 170 kg/(ha x anno) di azoto zootecnico (o di origine zootecnica) in Zona Vulnerabile ai Nitrati da fonte agricola (Zvn), inteso come quantitativo medio aziendale; max 340 kg/(ha x anno) di azoto zootecnico (o di origine zootecnica) in Zona Ordinaria (Zo), inteso come quantitativo medio aziendale.

Tab. n. 3 valori NH₄⁺, COD, BOD₅ e acidi grassi totali per la frazione liquida del digestato

Centrifugazione surnatante	NH ₄ ⁺ (mg/l)	COD (mgO ₂ /l)	BOD ₅ (mgO ₂ /l)
3.000 rpm	< 0,4	63.323	43.130
5.000 rpm	< 0,4	59.990	34.050
10.000 rpm	< 0,4	59.990	34.050

FORSU WASTE

Caratterizzazione del campione

La FORSU WASTE rappresenta la frazione secca in uscita dalla macchina spremitrice; essa è costituita prevalentemente da materiali inerti quali plastiche e legno. Il prelievo del campione è stato effettuato mediante quartatura ai sensi della Norma UNI CEN/TS 15442 *Combustibili solidi secondari. Metodi di campionamento*.

Per stimare il grado di stabilizzazione di tale matrice e scegliere quindi la tipologia di smaltimento ad essa più idonea, si è proceduto alla determinazione dei seguenti parametri chimico-fisici: Umidità, Solidi Totali, Solidi Volatili, COD, BOD₅, Indice di Respirazione Dinamico (IRD), Indice di Putrescibilità del rifiuto, Carbonio Organico Totale, Idrocarburi (Tab.4-6).

Tab. n. 4 caratterizzazione chimico-fisica della forsu waste

	U (%)	ST (%)	SV (%)
Forsu waste	33,23	66,76	96,77

Tab. n. 5 Valori del BOD₅, COD, IRD e indice di putrescibilità della FORSU WASTE

Parametro	u.di m.	Risultato (valore medio)
BOD ₅	mgO ₂ l ⁻¹	372,5
COD	mgO ₂ l ⁻¹	1.150,5
IRD (pot.sull SS)	mgO ₂ kg _{ss} ⁻¹ h ⁻¹	893,5
IRD (pot. sui SV)	mgO ₂ kg _{ss} ⁻¹ h ⁻¹	1.360
Indice Putrescibilità	-	108,35

Si è proceduto all'esecuzione del test di cessione secondo la EPA 6010C/2007 previa digestione e "Metodi analitici per le acque" APAT e IRSA-CNR manuali e linee guida 29/03, per

lo smaltimento in discarica per i rifiuti non pericolosi in base al DM 3 Agosto 2005- Norma UNI 10802.

Tab. n. 6 FORSU waste: analisi chimiche su due campioni

Parametro	U. di m.	Risultati		Metodo di analisi
		Camp 1	Camp 2	
Carbonio organico totale	% s.s	48,7	33,9	“Metodi analitici per i fanghi” vol.2 n.5-Quad.Ist.Ric.Acque, 64-1988
Idrocarburi C10-C40	mg / kg s.s.	597	<50	UNI EN 14039:2005

I test sono stati effettuati sull’eluato ottenuto dal processo di separazione solido-liquido a cui sono stati sottoposti due campioni di FORSU waste; i risultati sono riportati nella tabella 7. Si evidenziano valori inferiori ai limiti, ad eccezione dei DOC (carbonio organico disciolto).

Tab. n. 7 FORSU waste: test di cessione su due campioni

Parametro	U. di m.	Risultati		Limiti
		Camp1	Camp2	
Arsenico	mg/l	<0,0085	<0,0085	0,2
Bario		<0,0001	<0,0001	10
Cadmio		<0,0005	<0,0005	0,02
Cromo tot		<0,0003	<0,0003	1
Rame		0,0028	0,0052	5
Mercurio		0,00022	0,00017	0,005
Molibdeno		<0,0008	<0,0008	1
Nichel		<0,0017	<0,0017	1
Piombo		<0,0042	<0,0042	1
Antimonio		<0,0066	<0,0066	0,07
Selenio		<0,0076	<0,0076	0,05
Zinco		0,2	0,34	5
Cloruri		366,6	268,1	1.500
Fluoruri		<0,2	<0,2	15
Cianuri		0,03	0,05	0,5
Solfati		51,7	49,7	2.000
DOC		695,5	478,5	80
TDS		3.740	2.640	6.000

La determinazione di questi parametri è finalizzata ad individuare il contenuto di sostanza organica residua presente nel campione di FORSU WASTE. Una valutazione quantitativa della matrice putrescibile è infatti di fondamentale importanza per poter considerare un eventuale smaltimento di tale frazione in discarica.

Fra questi parametri di rilevante importanza sono il COD e il BOD₅ che esprimono rispettivamente la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione dei composti organici ed inorganici e la quantità di ossigeno consumato dai batteri per ossidare la sostanza organica.

Essi sono stati calcolati sull’eluato derivato dalla

separazione solido- liquido del campione e preparato in base alla normativa UNI EN 12457-4 *Test di cessione su materiali granulari*. In particolare il BOD₅ è stato calcolato in base alle metodologie di misura indicate nel manuale APAT e ISRA-CNR *Metodi analitici per le acque*, mentre il COD in base alla normativa ISO 15705:2002.

Il valore del COD, se confrontato con il range di concentrazione caratteristico dei rifiuti non trattati (1500-3000 mg/l) (Jutta-Laine et al, 2004), risulta essere notevolmente ridotto, tuttavia il rapporto fra BOD₅/COD risulta essere superiore al valore 0,2, considerato limite massimo per ritenere il rifiuto stabilizzato (Binner et al., 1999).

La valutazione della stabilità della frazione secca va inoltre effettuata considerando i risultati dei test respirometrici.

L’indice di Respirazione Dinamico, determinato in base alla norma UNI/TS 11184:2006, esprime infatti il consumo orario di ossigeno richiesto per la biodegradazione delle frazioni fermentescibili contenute nel campione stesso. In particolare nella presente campagna sperimentale è stato analizzato l’Indice di Respirazione Dinamico Potenziale determinato su un campione standardizzato per quanto riguarda i principali parametri chimico-fisici di processo.

Il dato respirometrico viene generalmente espresso sia sull’unità di peso della Sostanza Secca (s.s.) che su quella dei Solidi Volatili (SV) La normativa nazionale non indica valori limite per l’IRDP tuttavia in molte regioni di Italia la normativa regionale indica 1000 mgO₂ kgSV⁻¹h⁻¹ come valore prescrittivo per la messa in discarica del rifiuto precedentemente trattato.

Per meglio gestire e rielaborare le informazioni date dai precedenti parametri è stato determinato l’Indice di Putrescibilità del rifiuto, parametro indicativo per riassumere e quantificare l’impatto ambientale di un rifiuto nei suoi molteplici aspetti. Il dato presente in tabella 5 risulta in linea con i dati di Letteratura e inferiore a 119, limite sotto il quale potrebbe essere possibile la posa in discarica (Scaglia et al, 2008).

Il Decreto Ministeriale del 3 Agosto 2005 *Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica*, indica il limite relativo al contenuto di Carbonio Organico Totale (TOC); pertanto è stato analizzato anche questo parametro. In particolare l’articolo 6 di tale decreto cita che sono ammessi nelle discariche per rifiuti non pericolosi i rifiuti pericolosi stabili non reattivi che abbiano una concentrazione in carbonio organico totale (TOC) non superiore al 5% (con riferimento alle sostanze organiche chimicamente attive in grado di interferire con l’ambiente) e che, sottoposti a test di cessione secondo la metodica UNI 10802, presentino un eluato conforme ai limiti di concentrazione fissati dal decreto stesso.

In tabella 7 sono riportati i valori dei parametri misurati nel test di cessione con i corrispettivi limiti di legge.

Si osserva che tutti i valori sono inferiori rispetto a quelli accettabili stabiliti dal decreto ad eccezione di quello del Carbonio Organico Disciolto.

E’ stato inoltre calcolato il valore degli idrocarburi C10-C40; il limite di ammissibilità, riferito a discariche per rifiuti inerti, a cui il DM 3 Agosto 2005 fa riferimento per tale parametro è di 500 mg/kg. In tabella 6 i valori dei campioni risultano molto diversi, tuttavia il valore relativo al campione n.1 appare giustificato dalla presenza di contaminanti nella fase di quartatura. Considerati i risultati analitici relativi ai parametri ritenuti significativi in base all’origine e alla

provenienza del rifiuto e i risultati del test di cessione, il rifiuto analizzato non risulta conforme alle caratteristiche previste dal DM 03/08/2005, quindi non può essere smaltito né in discariche per rifiuti non pericolosi né in discariche per rifiuti inerti, fatte salve proroghe, deroghe o specifiche prescrizioni autorizzative previste dalle autorità territorialmente competenti.

CONCLUSIONI

Le prove sperimentali hanno valutato le caratteristiche di substrati generati da FORSU, derivante da raccolta differenziata e pre-trattata meccanicamente attraverso una macchina spremitrice che la separa in due frazioni: una fangosa (SLURRY) da sottoporre a digestione anaerobica e una parte di inerti (WASTE) da smaltire in discarica.

Il digestato prodotto dalla digestione anaerobica della FORSU SLURRY è stato sottoposto a centrifugazione a diverse velocità e quindi svolta un'analisi termogravimetrica che evidenzia che c'è stata una riduzione dei solidi volatili, ma inferiore alla Letteratura. Inoltre il digestato non risulta essere particolarmente ricco di azoto ammoniacale favorendone il suo utilizzo a fini agronomici.

La FORSU WASTE invece deve essere smaltita e per valutarne il modo occorre conoscere il grado di stabilizzazione. L'Indice di Respirazione Dinamico Potenziale e l'indice di putrescibilità, parametri non utilizzati dalle leggi nazionali, ma utili a stimare l'impatto ambientale, risultano inferiori ai limiti delle normative regionali e ai dati riconosciuti dalla Letteratura per la posa in discarica. Inoltre il test di cessione svolto sui campioni ha dimostrato che tutti i valori sono inferiori ai limiti di legge tranne quelli del carbonio organico disciolto e degli idrocarburi.

BIBLIOGRAFIA

1. ISPRA, Rapporto Rifiuti Solidi Urbani. Edizione 2009, 108/2010.
2. Direttiva 99/31/CE del Consiglio del 26 aprile 1999 relativa alle discariche di rifiuti
3. D.Lgs n°152 del 2006 Norme in materia ambientale
4. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester Original Research Article Bioresource Technology, Volume 100, Issue 23, December 2009, 5783-5789 Francesco Fantozzi, Cinzia Buratti
5. Fantozzi, F., Buratti, C., Anaerobic Digestion of Mechanically Treated OFMSW: Experimental Data on Biogas/Methane Production and Residues Characterization, Bioresource Technology (2011), doi: [10.1016/j.biortech.2011.06.077](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.077)
6. Forster-Carneiro T, Perez M, Romero LI. Thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic fraction of municipal solid waste. Bioresource Technol 2008;100:6763–70.
7. Decreto Ministeriale 7/4/2006 Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152.
8. UNI CEN/TS 15442 *Combustibili solidi secondari. Metodi di campionamento*

9. EPA 6010C/2007
10. Decreto Ministeriale 3 Agosto 2005- Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.
11. Norma UNI 10802, Rifiuti – Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati, 2004.
12. UNI EN 12457-4 Test di cessione su materiali granulari (test di conformità).
13. APAT e ISRA-CNR Metodi analitici per le acque, Manuali e Linee Guida 29/2003
14. ISO 15705:2002 Water quality, Determination of the chemical oxygen demand index (ST-COD), Small-scale sealed-tube method
15. Jutta Laine - Ylijoki, Jari-Jussi Syrjä, Margareta Wahlström. Biodegradability testing of the municipal solid waste reject. NT Technical report, TR 560 Approved 2004-03.
16. Binner E., Zach A., Lechner P. 1999. Test methods describing the biological reactivity of pretreated residual wastes. Sardinia 99, Atti del settimo simposio internazionale sulla gestione dei rifiuti e sullo scarico controllato, 04 - 08 ottobre 1999, S. Margherita di Pula, Cagliari.
17. UNI/TS 11184:2006, Waste And Refuse Derived Fuels - Determination Of Biological Stability By Dynamic Respirometric Index
18. Barbara Scaglia, Fabrizio Adani, An index for quantifying the aerobic reactivity of municipal solid wastes and derived waste products, Science of the total environment 394 (2008) 183 – 191
19. Decreto Ministeriale del 3 Agosto 2005 Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica,

SUMMARY

In order to reach the goals of Directive 99/31/EC on landfilling, the interception of the organic fraction of waste and its enhancement is a key element in the strategy of waste management. In this context the anaerobic digestion is considered a beneficial and environmentally sustainable technique for the management of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). The anaerobic digestion of OFMSW allows both to achieve a substantial recovery of energy through the use of biogas produced, and to produce a stabilized residue (digestate) to use as fertilizer in agriculture. As in many urban context the organic fraction that reaches the treatment plant, appears to be contaminated with inert material such as plastic or wood, it is necessary to provide a pre-treatment upstream mechanism such as mechanical compression, to separate the fraction for the anaerobic digestion (MSW SLURRY) from inert (MSW WASTE). Inert may be landfilled while slurry goes to anaerobic digestion. At the laboratories of the Biomass Research Centre of the University of Perugia the physical and chemical analysis of the two main waste stream coming out from the mechanical squeezing of MSW and anaerobic digestion was carried out in order to evaluate both the possible use of digestate in agriculture and the possible disposal of dry fraction in a landfill. After centrifugation of stabilized material have been carried out the thermogravimetric analysis of the sample as

received, the liquid fraction and solid fraction. Moreover COD, BOD5 and ammonia nitrogen content have been determined to assess the possibility of spreading on land. In order to analyze the suitability of MSW WASTE to be disposed of in landfills it has been proceeded to determine the following physical-chemical parameters: moisture, total solids, volatile solids, COD, BOD5, Dynamic Respiration Index (IRD), Putrescibility Index, Total Organic Carbon, hydrocarbons. The results show that the analyzed waste don't

respect the limits of the National Law (Ministerial Decree 03/08/2005), so it can not be disposed in non-hazardous waste or for inert waste landfill.