

# **BIOGAS DA RIFIUTI SOLIDI URBANI**

**TECNOLOGIA – APPLICAZIONI – UTILIZZO**

a cura di

*Renato Vismara, Francesca Malpei, Massimo Centemero*



### SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- files di aggiornamento al testo e/o al testo allegato
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: [www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8333](http://www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8333)

**INDICE**

*Presentazione* .....pag. XIII

**IL TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA:**

**COMPOSTAGGIO, TRATTAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO, DIGESTIONE ANAEROBICA**

*(Centemero M., Zanardi W.)*

Premessa .....	»	1
1. La produzione di rifiuti urbani in Italia .....	»	2
2. Modalità di smaltimento/trattamento .....	»	2
2.1. Le matrici compostabili .....	»	3
2.2. Trasformazione dei rifiuti biodegradabili in fertilizzante: il compostaggio .....	»	4
2.3. Il trattamento meccanico-biologico (TMB) dei rifiuti .....	»	8
2.4. La digestione anaerobica .....	»	9
3. La certificazione di prodotto .....	»	11
4. Considerazioni conclusive .....	»	12

**LE PROSPETTIVE ECONOMICHE DELLA DIGESTIONE ANAEROBICA DELLA FORSU**

*(Casula A.)*

1. Introduzione .....	»	17
2. I ricavi .....	»	17
3. Il conferimento della materia prima .....	»	18
4. La vendita dell'energia elettrica .....	»	20
5. Il meccanismo dei certificati verdi .....	»	22
6. Le valutazioni rischio-rendimento .....	»	25
7. Conclusioni .....	»	27
Ringraziamenti .....	»	28
Riferimenti bibliografici .....	»	28

**IL BILANCIO ENERGETICO ED AMBIENTALE DI ALCUNI SCENARI DI DIGESTIONE ANAEROBICA DELLA FORSU**

*(Malpei F., Rigamonti L., Grosso M.)*

1. Introduzione .....	»	29
2. Diffusione della digestione anaerobica e benefici conseguenti: una stima per la Lombardia .....	»	32
3. Analisi energetica ed ambientale di alcuni scenari di gestione della frazione organica putrescibile .....	»	35
3.1. La metodologia LCA applicata agli scenari di gestione della FORSU .....	»	35
3.2. Descrizione degli scenari e analisi di inventario .....	»	37
3.2.1. Scenario 1 .....	»	37
3.2.2. Scenari 2A e 2B .....	»	39
3.2.3. Scenario 3 .....	»	41
3.3. Bilancio energetico .....	»	43
3.3.1. Efficienza energetica degli scenari analizzati .....	»	43
3.3.2. Valutazione energetica con tecnica LCA .....	»	45
3.4. Bilancio ambientale .....	»	46
3.5. Conclusioni .....	»	48
Riferimenti bibliografici .....	»	49

## LA DIGESTIONE ANAEROBICA: I PRINCIPI DEL PROCESSO BIOLOGICO E I CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

*(Malpei F., Gardoni D.)*

1. Introduzione al processo anaerobico .....	»	53
2. Fasi del processo biologico e ceppi batterici coinvolti .....	»	54
2.1. Idrolisi .....	»	57
2.2. Acidogenesi .....	»	59
2.3. Acetogenesi .....	»	60
2.4. Metanogenesi idrogenotrofa .....	»	62
2.5. Metanogenesi acetoclastica.....	»	62
2.6. Parametri limitanti ed inibenti .....	»	63
2.7. Influenza della temperatura .....	»	66
3. Produzione di biogas e metano .....	»	68
4. Biodegradabilità anaerobica .....	»	71
5. Criteri e metodi di dimensionamento .....	»	73
Riferimenti bibliografici .....	»	75

## LA DIGESTIONE ANAEROBICA: I METODI DI MISURA DELLA BIODEGRADABILITÀ

*(Caffaz S., Ficara E., Giordano A.)*

1. Introduzione .....	»	79
2. Il BMP .....	»	79
3. Le metodiche di valutazione della biodegradabilità anaerobica e del BMP .....	»	81
4. Metodi di valutazione della produzione di biogas .....	»	84
4.1. Metodi manometrici .....	»	84
4.2. Metodi volumetrici .....	»	88
5. Procedure codificate e standardizzate .....	»	90
6. Sistemi commerciali .....	»	91
7. L'armonizzazione dei metodi di valutazione della biodegradabilità anaerobica .....	»	93
8. Conduzione dei test di BMP .....	»	96
Esempio 1 – Degradazione di un composto puro .....	»	98
Esempio 2 – Prove di degradazione di matrici organiche a bassi valori di F/M ....	»	99
Esempio 3 – Prove standard di valutazione del BMP di diverse matrici organiche	»	100
Riferimenti bibliografici .....	»	102

## LE TECNICHE DI DIGESTIONE ANAEROBICA

*(Bolzonella D., Pavan P., Cecchi F.)*

1. Introduzione .....	»	105
2. Classificazione dei processi di digestione anaerobica .....	»	106
2.1. Processi di digestione a fase unica .....	»	107
2.1.1. Digestione wet .....	»	107
2.1.2. Digestione semi-dry .....	»	110
2.1.3. Digestione dry .....	»	113
2.2. Processi di digestione a due fasi .....	»	119
2.2.1. Processi con schema senza ritenzione della biomassa .....	»	120
2.2.2. Sistemi con schema a ritenzione della biomassa .....	»	121
2.3. I processi batch .....	»	123
Riferimenti bibliografici .....	»	124

## LE ALTERNATIVE DI UTILIZZO ENERGETICO DEL BIOGAS

*(Desideri U.)*

1. Introduzione .....	»	129
2. Utilizzo a fini energetici del biogas e del gas da discarica .....	»	129
3. Problematiche relative all'utilizzo del biogas e del gas da discarica .....	»	130
4. Tipologie di danneggiamento dovute alla presenza di contaminanti in motori a combustione interna .....	»	132
4.1. Composti solforati .....	»	132
4.2. Composti alogenati .....	»	132
4.3. Ammoniaca .....	»	132
4.4. Composti del silicio e silossani .....	»	133
4.5. Particolato solido .....	»	133
5. Tecnologie di trattamento per l'uso del biogas nei sistemi di conversione dell'energia ..	»	135
5.1. Sistemi primari .....	»	135
5.2. Sistemi secondari .....	»	135
6. Rimozione degli inquinanti dai gas combustibili .....	»	136
7. Manutenzione programmata dei motori a biogas e gas da discarica .....	»	137
8. Turbine e microturbine a gas .....	»	140
9. Cicli rankine organici .....	»	142
10. Celle a combustibile .....	»	143
11. Conclusioni .....	»	145
Riferimenti bibliografici .....	»	145

## DIGESTIONE ANAEROBICA E SMALTIMENTO DI FOP: PRETRATTAMENTI, SOLUZIONI TECNICHE E BILANCI DI MASSA

*(Pavan P., Cecchi F., Bolzonella D.)*

1. Introduzione .....	»	147
2. Le tipologie di FOP e la filiera di pretrattamento dei rifiuti .....	»	148
2.1. Caratteristiche delle FOP diversamente raccolte .....	»	148
2.2. Dilacerazione .....	»	152
2.3. Deferrizzazione .....	»	154
2.4. Separazione di inerti e plastiche .....	»	156
2.5. Controllo pezzatura .....	»	160
2.6. Omogeneizzazione e regolazione del contenuto di umidità .....	»	161
3. La filiera di trattamento: applicazioni in piena scala .....	»	162
3.1. L'impianto di Camposampiero (PD) .....	»	162
3.2. L'impianto di Verona .....	»	165
3.3. L'impianto di Bassano .....	»	169
3.4. L'impianto di Treviso .....	»	170
3.5. Elementi di confronto tra i processi .....	»	172
Riferimenti bibliografici .....	»	174

## L'INTEGRAZIONE TRA LA DIGESTIONE ANAEROBICA E IL COMPOSTAGGIO

*(Piccinini S., Centemero M.)*

1. Substrati avviabili alla digestione anaerobica .....	»	177
1.1. La codigestione .....	»	179
1.2. I costi di investimento .....	»	182

2. La diffusione in Europa .....	»	183
2.1. Germania all'avanguardia nella tecnologia .....	»	184
3. La situazione in Italia .....	»	184
4. I sistemi integrati anaerobico/aerobico .....	»	186
5. Esempi di sistemi integrati anaerobico/aerobico .....	»	189
5.1. L'impianto di Camposampiero (PD) – ETRA .....	»	190
5.2. L'impianto di Ieper, Belgio.....	»	192
5.2.1. Ricevimento rifiuto + pre-trattamento/condizionamento meccanico .....	»	193
5.2.2. Digestione anaerobica del rifiuto organico pre-trattato e disidratazione della frazione solida .....	»	194
5.2.3. Compostaggio/stoccaggio del prodotto finale .....	»	195
5.2.4. Utilizzo del biogas e dell'energia prodotta.....	»	196
5.2.5. Trattamento acque reflue e trattamento aria esausta/controllo odori .....	»	196
5.3. L'impianto di "Braunschweig-Watenbüttel", Germania.....	»	196
5.3.1. Parametri di processo e bilanci.....	»	198
5.3.2. I costi .....	»	198
6. Azioni di sviluppo .....	»	199
7. Conclusioni.....	»	200
Riferimenti bibliografici.....	»	201

INQUADRAMENTO NORMATIVO RELATIVO AL TRATTAMENTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DI BIOMASSE AGRICOLE, AGROINDUSTRIALI E RIFIUTI ORGANICI SELEZIONATE ALL'USO AGRONOMICO DEL DIGESTATO  
(Rossi L., Bonazzi G.)

1. Premessa .....	»	203
2. Le normative di riferimento .....	»	204
3. Analisi di alcuni casi .....	»	207
3.1. Digestione anaerobica di effluenti zootecnici, colture vegetali e residui di lavorazione agro-industriale di prodotti vegetali classificabili come sottoprodotti, con produzione di energia elettrica e/o termica e uso agronomico del digestato .....	»	208
3.1.1. Trasporto biomasse .....	»	208
3.1.2. Costruzione e gestione impianto per la produzione di EE.....	»	209
3.1.3. Costruzione e gestione impianto per la produzione di E termica .....	»	209
3.1.4. Uso agronomico del digestato .....	»	209
3.2. Digestione anaerobica di effluenti zootecnici, colture vegetali e residui di lavorazione di prodotti vegetali classificati come "rifiuti", con produzione di energia elettrica e/o termica e uso agronomico del digestato .....	»	211
3.2.1. Trasporto biomasse .....	»	211
3.1.2. Costruzione e gestione impianto .....	»	212
3.2.3. Uso agronomico del digestato .....	»	213
3.3. Digestione anaerobica di biomasse classificate come "RIFIUTO" (FORSU, fanghi di depurazione) e eventuali colture e/o sottoprodotti vegetali (assenza di effluenti zootecnici) con produzione di energia elettrica e/o termica e uso agronomico del digestato .....	»	213
3.3.1. Trasporto biomasse .....	»	213
3.3.2. Costruzione e gestione impianto .....	»	214
3.3.3. Uso agronomico del digestato .....	»	214

TRATTAMENTO E SMALTIMENTO DELLA FRAZIONE LIQUIDA: ALTERNATIVE INNOVATIVE DI RIMOZIONE  
DELL'AZOTO E DEL FOSFORO

(Canziani R.)

1. Introduzione .....	»	215
2. Processi di rimozione biologica dell'azoto .....	»	216
2.1. Processi basati sulla ossidazione arrestata a nitrito .....	»	217
2.1.1. Processo SHARON .....	»	217
2.1.2. Processo di nitrosazione svincolato dall'età del fango .....	»	218
2.2. Processo ANAMMOX e processi combinati (Nitrosazione/ANAMMOX e CANON).....	»	219
3. Processi di rimozione chimica del fosforo .....	»	223
3.1. Prevenzione della precipitazione di struvite .....	»	224
3.2. Metodi di precipitazione forzata .....	»	226
3.2.1. Processo REM-NUT .....	»	226
3.2.2. Cristallizzazione con aggiunta di reagenti .....	»	227
3.2.3. Cristallizzazione senza aggiunta di reagenti .....	»	230
Ringraziamenti .....	»	233
Riferimenti bibliografici .....	»	233

DIGESTIONE ANAEROBICA DI RSU SEPARATI ALLA FONTE E ALTRI CO-SUBSTRATI: STATO ED ESPERIENZE  
IN SVIZZERA

(Edelmann W.)

1. Introduzione .....	»	237
2. Tecnologie utilizzate in Svizzera .....	»	239
3. Panoramica delle performance degli impianti commerciali svizzeri .....	»	244
4. Utilizzo dei prodotti .....	»	245
5. Fattori di ritorno economico ed energetico .....	»	247
6. Aspetti ecologici della digestione anaerobica .....	»	248
7. Conclusioni .....	»	252
Riferimenti bibliografici .....	»	252

DIGESTIONE ANAEROBICA DI RSU E ALTRI CO-SUBSTRATI: STATO ED ESPERIENZE IN SPAGNA

(Macé S., Mata-Alvarez J.)

1. Introduzione .....	»	255
2. Impianti per il trattamento della frazione organica dei rifiuti solidi urbani .....	»	258
3. Impianti di digestione anaerobica in Spagna .....	»	260
4. Prodotti degli impianti di biogas in Spagna .....	»	262
4.1. Biogas .....	»	262
4.2. Prodotti di compostaggio .....	»	263
4.3. Materiali di recupero .....	»	264
5. Problemi associati agli impianti di digestione anaerobica .....	»	265
6. Co-digestione con altri substrati .....	»	267
7. Conclusioni .....	»	269
Riferimenti bibliografici .....	»	270

## DIGESTIONE ANAEROBICA DI RSU RACCOLTI ALLA FONTE ED ALTRI CO-SUBSTRATI.

## STATO ED ESPERIENZE IN AUSTRIA

*(Kirchmayr R., Mayer M., Braun R., Krismer M. and Resch Ch.)*

1. Panoramica della gestione dei rifiuti in Austria .....	»	273
1.1. Produzione complessiva di rifiuti .....	»	273
1.2. Rifiuti domestici e assimilabili .....	»	275
1.3. Rifiuti biogenici da raccolta differenziata .....	»	277
1.4. Rifiuti da commercio .....	»	278
1.5. Rifiuti da cucine e mense .....	»	279
1.6. Sottoprodotti animali .....	»	280
2. Impianti di trattamento in Austria .....	»	282
2.1. Impianti di trattamento dei rifiuti in Austria .....	»	282
2.2. Impianti di biogas .....	»	282
3. Casi di studio .....	»	284
3.1. La situazione a Vienna .....	»	284
3.2. L'esperienza Marchfelder Bioenergie (Kompotech) .....	»	286
3.3. L'esperienza Roppen (Kompogas, Thöni) .....	»	289
Riferimenti bibliografici .....	»	290

## LA DIGESTIONE ANAEROBICA DI FORSU ED ALTRE BIOMASSE: STATO ED ESPERIENZE IN GERMANIA

*(Stegmann R.)*

1. Introduzione .....	»	291
2. Processi di degradazione anaerobica .....	»	292
3. Produzione di energia dal biogas .....	»	293
4. Fermentazione anaerobica di rifiuti da cucina da raccolta differenziata e rifiuti da giardino (biowaste) .....	»	295
5. Pretrattamento meccanico biologico di rifiuti solidi urbani (RSU).....	»	295
6. Produzione di biogas da rifiuti agricoli e prodotti .....	»	300
7. Co-fermentazione .....	»	302
7.1. Aspetti specifici .....	»	302
7.2. Esempio di un impianto di co-digestione utilizzando reflui zootecnici e mais ..	»	303
8. Sintesi e conclusioni.....	»	304
Riferimenti bibliografici .....	»	306

## PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE E SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE:

## L'INTEGRAZIONE DEI CICLI DI TRATTAMENTO ACQUE E RIFIUTI ORGANICI

*(Cecchi F.)*

1. Introduzione .....	»	309
1.1. Un po' di storia .....	»	310
1.2. L'integrazione dei cicli di trattamento acque reflue-rifiuti organici .....	»	311
2. L'impianto di depurazione di Treviso .....	»	312
3. Considerazioni economiche .....	»	315
3.1. L'impianto di Treviso .....	»	315
3.2. Costi e rendimenti .....	»	316
4. Impatto ambientale della digestione anaerobica .....	»	318
5. Conclusioni .....	»	321
Riferimenti bibliografici .....	»	321



## IL TRATTAMENTO DEGLI SCARTI ORGANICI PRESSO IL POLO ECOLOGICO DI PINEROLO

*(Mainero D.)*

1. Premessa .....	»	325
2. Da impianto di bacino ad impianto di ambito ATO-R provincia di Torino .....	»	326
2.1. Fattori chiave nella scelta dell'integrazione anaerobica-aerobica .....	»	326
3. Il trattamento degli scarti organici presso il polo ecologico di Pinerolo .....	»	327
3.1. Il processo anaerobico .....	»	328
3.2. Il processo aerobico .....	»	330
3.1.1. Controllo tracciabilità e monitoraggio del processo .....	»	330
4. Analisi dettagliata della digestione anaerobica: dati di processo .....	»	332
4.1. Controlli di processo .....	»	332
4.2. Dati di gestione .....	»	332
5. Conclusioni .....	»	339
Riferimenti bibliografici .....	»	340

## L'IMPIANTO DI TRATTAMENTO INTEGRATO ANAEROBICO/AEROBICO DI OLMETO DI MARSCIANO (PG)

*(Valentini F.)*

1. Introduzione .....	»	343
1.1. L'impianto e la S.I.A. S.p.A. ....	»	344
2. Descrizione dell'impianto .....	»	345
2.1. Adduzione mediante condotta ed equalizzazione dei liquami .....	»	346
2.2. Ricevimento altre biomasse non canalizzate .....	»	347
2.2.1. Reflui suini .....	»	347
2.2.2. Pollina da ovaiole .....	»	348
2.2.3. Frazione organica da raccolta differenziata .....	»	348
2.2.4. Sangue di macellazione .....	»	349
2.2.5. Siero di latte .....	»	349
2.3. Digestione anaerobica .....	»	349
2.4. Trattamento del digestato .....	»	351
2.5. Lagunaggio e utilizzo delle acque azotate .....	»	352
2.6. Trattamento del biogas .....	»	352
2.7. Utilizzo del biogas .....	»	353
2.7.1. Forni di essiccazione del tabacco .....	»	354
2.7.2. Serre .....	»	354
2.7.3. Torcia .....	»	354
2.8. Valorizzazione agronomica del digestato ispessito .....	»	354
3. Il monitoraggio del processo .....	»	356
4. Conclusioni .....	»	356

## IL TRATTAMENTO DELLE FRAZIONI ORGANICHE MEDIANTE DIGESTIONE ANAEROBICA NEGLI IMPIANTI DI BASSANO (VI) E CAMPOSAMPIERO (PD)

*(Dindo A., Gatto O., Giacetti W., Scarpa C.)*

1. L'impianto di Bassano del Grappa (VI) .....	»	361
2. L'impianto di Camposampiero .....	»	364
3. Valutazione gestionale dei processi di Bassano e Camposampiero .....	»	366
3.1. L'impianto di Bassano .....	»	367

3.2. L'impianto di Camposampiero .....	»	368
4. Energia prodotta .....	»	370
5. Considerazioni finali .....	»	371

#### DIGESTIONE ANAEROBICA INTEGRATA NEI RIFUGI DI MONTAGNA: ESPERIENZE E PROSPETTIVE

(Cossu R., Lavagnolo M.C., Alibardi L.)

1. Introduzione .....	»	373
2. Impianto pilota per la separazione dei flussi .....	»	375
2.1. Toilette a setti e sistema di raccolta .....	»	375
2.2. Quantità e qualità dei flussi separati.....	»	377
3. Test di produzione del metano .....	»	378
3.1. Produzione potenziale di metano con singoli substrati .....	»	379
3.2. Produzione potenziale di metano con miscele .....	»	380
3.3. Produzione potenziale in presenza di elevate concentrazioni di ammoniaca ....	»	381
3.4. Test in reattori semi-continui .....	»	383
4. Applicazione del sistema Aquanova ai rifiuti di montagna .....	»	385
5. Conclusioni.....	»	387
Riferimenti bibliografici .....	»	388

## PRESENTAZIONE

La digestione anaerobica di rifiuti solidi organici e biomasse rappresenta un tema di grande attualità e una nuova opportunità, in relazione sia a esigenze di smaltimento che di produzione di energia da fonti rinnovabili.

La digestione anaerobica è un processo biochimico che risulta applicabile a numerosi substrati organici – o biomasse – e che produce un gas (biogas) costituito per il 50 ÷ 70% da metano, utilizzabile ed utilizzato per la produzione di energia elettrica, termica e anche come combustibile per autotrazione.

La versatilità delle applicazioni e il dimostrare bilanci energetici ed ambientali complessivi più che favorevoli ne costituiscono gli elementi caratterizzanti rispetto ad altri processi di sfruttamento energetico delle biomasse.

I substrati alimentabili sono molteplici e spaziano da residui in forma liquida, quali i fanghi di depurazione e reflui industriali ed agroindustriali, a biomasse solide, quali residui vegetali, energy crops e la frazione organica putrescibile dei rifiuti.

Con riferimento a quest'ultima, si è assistito negli ultimi dieci anni in Europa ad un continuo incremento della dimensione degli impianti e della capacità di smaltimento installata, dell'ordine di alcune centinaia di migliaia di tonnellate come nuove installazioni all'anno, dal 2001 al 2005.

Per quantificare l'attuale diffusione del processo, si osserva che in Spagna, Belgio, Olanda, Svizzera e Germania la digestione anaerobica della frazione organica umida dei rifiuti copre dal 5 al 10% del totale prodotto, mentre nel nostro Paese la percentuale è molto più modesta e si attesta sull'1% circa della capacità potenziale. In Italia, il mercato della produzione di biogas è però in decisa espansione anche se, ancora oggi, la maggior parte dell'energia prodotta è associata al biogas da discarica che costituisce di fatto un digestore anaerobico a bassa tecnologia e a bassa efficienza.

Nei prossimi anni si può quindi prevedere uno sviluppo sostenuto di questa tecnologia e della sua applicazione alla frazione organica umida dei rifiuti, favorita anche dalle recenti normative ed iniziative che, da un lato, impongono la raccolta differenziata della frazione organica putrescibile degli RSU e la drastica riduzione dei quantitativi di rifiuti organici biodegradabili inviabili a discarica e, dall'altro, valorizzano economicamente la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili ai fini del raggiungimento degli obiettivi del

protocollo di Kyoto. Gli impianti di digestione anaerobica destinati alla produzione di energia elettrica infatti, secondo quanto stabilito dal Decreto Bersani e dai successivi aggiornamenti con la Legge 239/04 e come confermato dalla finanziaria 2007, sono da considerarsi impianti a fonti rinnovabili e come tali godono a pieno titolo degli incentivi destinati a questi ultimi.

A fianco del compostaggio aerobico, tradizionale e consolidata tecnologia per il trattamento e recupero della frazione organica putrescibile, si apre quindi anche la via della digestione anaerobica, che d'altra parte richiede frequentemente ed opportunamente una successiva fase di post-compostaggio per garantire un corretto ed efficace recupero della frazione organica residua.

La sinergia tra i due sistemi, anaerobico ed aerobico, consente di ottimizzare il recupero di energia e di sostanza organica da restituire al terreno, rispondendo così al criterio di "recupero di energia e materia" che costituisce, insieme con la prevenzione della produzione, la chiave per una gestione sostenibile dei rifiuti.

La co-digestione della frazione organica putrescibile con altri rifiuti organici apre inoltre interessanti prospettive di mercato sia ai gestori di impianti di depurazione delle acque reflue, in caso di sotto-utilizzo dei digestori anaerobici dei fanghi, sia alle aziende che trattano per via anaerobica rifiuti organici di origine agricola e zootecnica e che possono proporre la propria tecnologia alle pubbliche aziende di gestione degli RSU.

Diverse Regioni hanno già cofinanziato impianti della filiera agrozootecnica per più di 40 milioni di euro solo negli ultimi due anni.

Se le opportunità e le prospettive future possono quindi ritenersi più che favorevoli, non va dimenticato che la digestione anaerobica è un processo ben conosciuto ed affidabile, ma comunque complesso. In quanto tale, esso richiede una attenta, esperta e qualificata progettazione e conduzione. Quanto più la funzione della digestione anaerobica evolve da sistema che deve operare un trattamento depurativo a sistema che deve produrre una fonte di energia, tanto maggiore deve essere l'affidabilità del processo e il suo controllo. Massimizzazione dei benefici ambientali e della produzione di energia vanno, d'altra parte, di pari passo: l'ottimizzazione del processo degradativo massimizza la produzione di metano e minimizza i quantitativi di prodotto digerito, rendendolo inoltre più stabile.

Questo testo raccoglie i contributi presentati ad un importante seminario tecnico sul tema, svoltosi al Politecnico di Milano nel maggio 2007 sotto la direzione scientifica del prof. Renato Vismara e della prof.ssa Francesca Malpei, opportunamente ampliati, rivisti ed integrati al fine di costituire un testo com-

pleto ed aggiornato per quanti, a vario titolo, siano interessati a questo tema. Sono presentati i principi e i fondamenti di questa tecnologia, gli aspetti applicativi relativi alle diverse soluzioni impiantistiche e modalità di controllo, le alternative di trattamento e smaltimento dei residui e di impiego del biogas. Una ampia disamina delle più significative esperienze italiane ed estere, degli aspetti normativi, delle prospettive economiche e dei bilanci ambientali ed energetici delle diverse soluzioni impiantistiche completano il testo.

Milano, gennaio 2008

## **IL TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA: COMPOSTAGGIO, TRATTAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO, DIGESTIONE ANAEROBICA**

Centemero M., Zanardi W.  
Consorzio Italiano Compostatori

### ***Premessa***

*Dal “Rapporto rifiuti 2006” pubblicato da APAT, relativo alla produzione e al trattamento dei rifiuti urbani speciali nel 2005, si sono estrapolati i dati provenienti dai principali sistemi di gestione con particolare riferimento al compostaggio e alla digestione anaerobica.*

*È interessante osservare i risultati dell'evoluzione intervenuta negli ultimi 13 anni per il settore del compostaggio; la produzione di Ammendanti compostati (Misto e Verde) passa da 25.000 t nel 1993 ad oltre 1.200.000 di t nel 2005. Ad oggi gli Ammendanti Compostati rappresentano la classe di fertilizzanti organici più rilevante nel panorama produttivo dei fertilizzanti compresi nel D.Lgs 217/06.*

*Si sottolinea come la Digestione Anaerobica abbia assunto un ruolo di particolare interesse per il trattamento di tutte le biomasse di scarto a partire dalla frazione organica selezionata di rifiuti urbani, degli scarti zootecnici e dell'agroindustria. Negli ultimi tempi si stanno sviluppando azioni atte a considerare ottimale l'integrazione dei processi anaerobici (la digestione anaerobica appunto) con quelli aerobici (il compostaggio) soprattutto nel caso di codigestione di frazione organica di rifiuti urbani e agroindustriali. La simultanea produzione di energia (biogas e cogenerazione nella fase anaerobica) e di “materia” (mediante il compostaggio e la produzione di ammendante) sembra ad oggi essere la sintesi di un'efficienza tecnologica che vede come obiettivo l'integrazione dei due sistemi.*

## 1. LA PRODUZIONE DI RIFIUTI URBANI IN ITALIA

Prima di analizzare nel dettaglio i risultati relativi al settore compostaggio, riteniamo opportuno fornire una veloce panoramica sulla situazione riguardante i rifiuti urbani (RU) in Italia.

La produzione di RU aumenta raggiungendo quota 31,7 milioni di tonnellate, con un incremento di 1,6 milioni di tonnellate rispetto il 2003 (+ 5,5%).

Mentre lo smaltimento in discarica dimostra una riduzione (rispetto al 2004) di 2,7 punti percentuali, crescono tutti gli altri sistemi di gestione:

+7,4% per l'incenerimento;

+6,6% per il compostaggio da matrici selezionate;

+5,0% per le altre forme di recupero di materia.

Aumenti ancor più considerevoli sono stati rilevati per il trattamento meccanico biologico (di seguito TMB). In ulteriore aumento lo stoccaggio della frazione secca in Campania (+8,0%).

In crescita la **Raccolta differenziata** (di seguito RD) che rappresenta il 24,3% della produzione totale dei rifiuti urbani. Nonostante una crescita degli ultimi anni nelle regioni meridionali è ancora evidente la diversità tra nord e sud Italia: si passa dal 47,7% di RD nel Veneto (il Nord consolida un sistema di raccolta differenziata, ed in particolare delle frazioni organiche, in linea con le altre nazioni europee) fino al 5,2% in Molise (in alcuni distretti del Sud la RD risulta addirittura inesistente). Si stima (tabella 1) che in Italia la raccolta differenziata della frazione organica di origine urbana (umido domestico) interessa più di 17 mln di abitanti.

Tabella 1 – Numeri indice della raccolta differenziata scarto organico urbano in Italia (dati CIC 2007)

Comuni (n°)	Famiglie (n°)	Abitanti (n°)
1800	7.000.000	17.500.000
20% del totale	30% del totale	

Si tratta di un risultato non ancora in linea con il target del 35% originariamente previsto per il 2003 dal D.Lgs. 22/97; da notare che lo stesso obiettivo è stato successivamente posticipato al 31 dicembre 2006 dal D.Lgs. 152/2006 ed ora di nuovo prorogato, con la finanziaria 2007, al 31 dicembre 2007 con un obiettivo del 40% di RD.

## 2. MODALITÀ DI SMALTIMENTO/TRATTAMENTO

La **Discarica** rimane la modalità di smaltimento più utilizzata, con oltre 17 milioni di tonnellate conferite nel 2005. Il 90% dei rifiuti del Lazio, Puglia e

Sicilia sono destinati a tale forma di smaltimento, mentre in Lombardia solo il 15% è smaltito in discarica.

Si registra la progressiva diminuzione del numero di discariche (61 in meno rispetto al 2004), soprattutto al Sud del Paese dove maggiore era la loro concentrazione e la loro inadeguatezza rispetto agli standard fissati dalla direttiva europea in materia.

L'**Incenerimento**, che interessa il 10,2% dei rifiuti, registra una crescita di poco inferiore al 9% e raggiunge quota 3,8 milioni di tonnellate. Dei 50 impianti operativi, 30 dei quali localizzati al Nord, ben 47 sono di nuova generazione (recupero energetico, sistemi di abbattimento), secondo gli standard imposti dalle migliori tecniche disponibili.

Appare comunque interessante notare come parallelamente allo sviluppo della RD, si stia diffusamente consolidando il sistema industriale per il riciclo dei materiali raccolti separatamente (15,5% sul totale dei rifiuti urbani gestiti) e, all'interno di questo appare particolarmente interessante il dato sulla crescita del compostaggio.

Nel grafico 1 è riassunto il quadro relativo alle modalità attraverso cui sono gestiti i rifiuti in Italia.

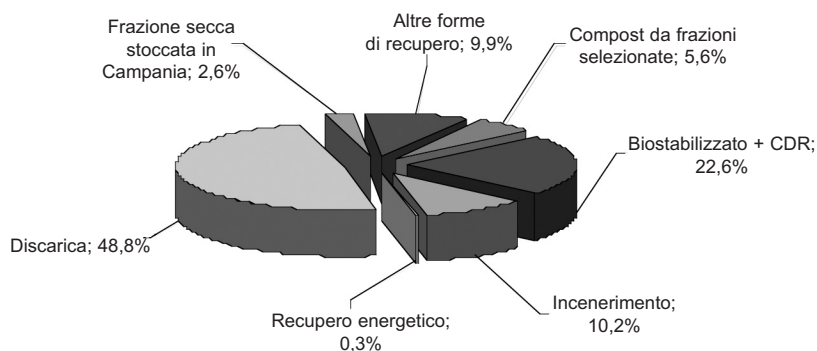


Grafico 1  
Gestione  
dei rifiuti  
urbani  
nel corso  
del 2005

## 2.1. Le matrici compostabili

Ancora una volta si sottolinea come la raccolta e il trattamento delle matrici organiche con produzione di “materia”, abbia un posto preponderante nella politica di gestione dei rifiuti urbani e non.

I rifiuti biodegradabili nel loro insieme, costituiscono senz’altro la componente più significativa dei rifiuti prodotti nel circuito urbano. Il loro quantitativo raccolto in modo differenziato nel 2005, è pari a circa 5,3 milioni di tonnellate (quasi 91 kg/abitante per anno), valore che, in analogia a quanto già riscon-



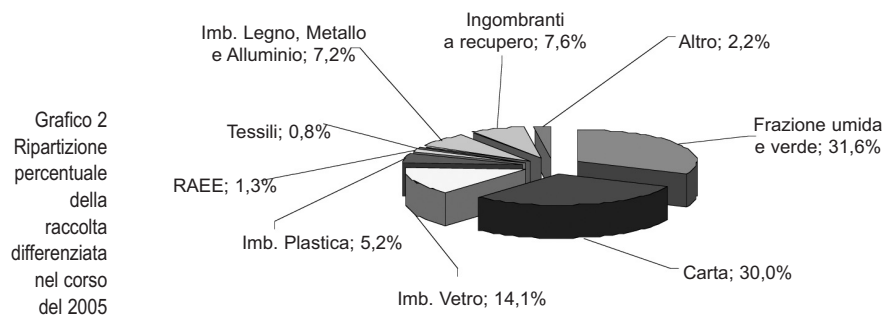
trato negli anni precedenti, corrisponde al 69% circa del totale raccolto.

Nel complesso, la raccolta dell'umido e del verde si attesta, a livello nazionale, a circa 2,4 milioni di tonnellate, corrispondenti ad un valore pro capite di circa 41,4 kg/abitante per anno, di cui:

- 21,8 kg/abitante per anno di frazione umida;
- 19,6 kg/abitante per anno di verde.

La tendenza viene confermata per il secondo anno: la frazione compostabile supera la carta che, seconda frazione merceologica maggiormente raccolta, nel 2005, risulta ammontare a circa 2,3 milioni di tonnellate, quasi 160 mila tonnellate in più rispetto al 2004.

Carta e Organico costituiscono nel loro insieme quasi il 62% del totale della raccolta differenziata e fanno registrare, dal 2001 al 2005, un aumento dei quantitativi complessivamente intercettati pari a circa 1,6 milioni di tonnellate (+49,6%). Nel grafico 2 è riportata la ripartizione delle varie tipologie di materiali raccolti mediante RD, frazioni non biodegradabili comprese.



## 2.2. Trasformazione dei rifiuti biodegradabili in fertilizzante: il compostaggio

Dopo l'andamento negativo riscontrato in occasione dello scorso rilievo (Rapporto Rifiuti Apat, 2005), nel corso del 2005 il Compostaggio fa registrare una crescita sia dei quantitativi trattati che del numero di impianti. Nonostante la tendenza positiva, si devono riscontrare alcuni elementi di criticità:

- lo sviluppo appare limitato dagli scarsi risultati in termini di RD raggiunti al Sud;
- la carenza generalizzata di impianti, unita alla eterogeneità territoriale, non è in grado di garantire il conferimento di altri scarti;

– la saturazione tendenziale degli impianti è uno degli elementi che condizionano la crescita delle raccolte differenziate in alcuni comprensori.

La distribuzione degli impianti di trattamento è più concentrata nelle regioni del Nord dove è dislocato il 72,2% degli impianti; il 15,5% al Centro e solo il 12,3% al Sud.

Su un totale di 284 impianti di compostaggio esistenti nel 2005 ne risultano attivi 215 (grafico 3), ma se escludiamo i siti che trattano un quantitativo di rifiuti inferiore a 1.000 t/a, il numero scende a 161.

Nel grafico 4 sono invece riportate le quantità dei rifiuti trattati negli impianti di compostaggio suddivise per regione.

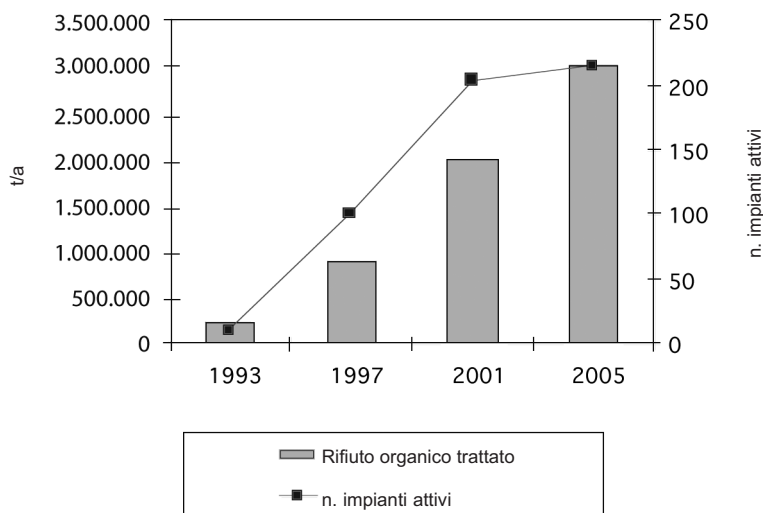


Grafico 3  
Evoluzione del sistema compostaggio in Italia (anni 1993-2005)

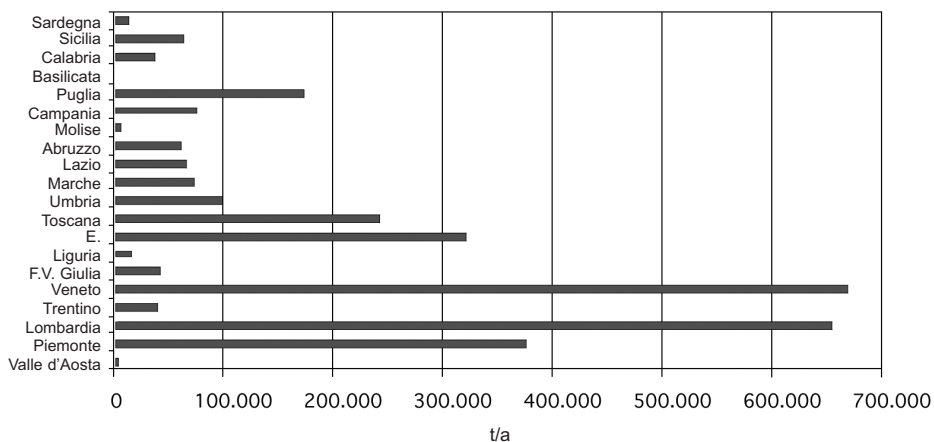


Grafico 4  
Quantitativo regionale di rifiuti urbani trattati mediante compostaggio

Nel grafico 5 è possibile apprezzare la progressione delle quantità dei rifiuti complessivamente trattati negli impianti di compostaggio nel periodo 1993-2005. La quantità totale di rifiuti trattata nel 2005 negli impianti di compostaggio è pari a 3.013.416 t e risulta così suddivisa:

- 1.084.882 t di Frazione Organica Selezionata (CER 20 01 08);
- 1.002.746 t di Verde (CER 20 02 01);
- 474.111 t di Fanghi;
- 451.678 t di altro.

Sempre nel grafico 5 è evidenziata la frazione costituita dai soli rifiuti urbani biodegradabili provenienti dalla raccolta differenziata (rifiuti organici di cucine e mense e scarti vegetali da parchi e giardini), il cui quantitativo risulta in ulteriore aumento (+6,6%) rispetto il 2004.

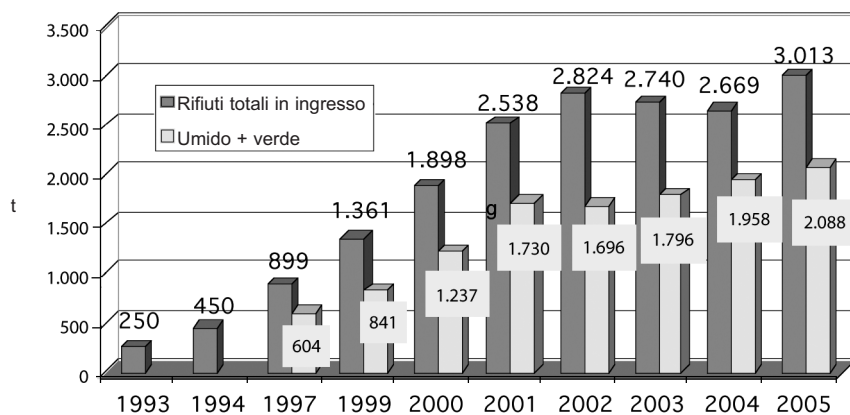


Grafico 5  
Evoluzione dei quantitativi trattati (\*.1000 t/anno) in impianti di compostaggio per matrici selezionate

Il grafico 6 riporta, più in dettaglio, le tipologie di Rifiuti Urbani (rifiuti biodegradabili di cucine e mense e rifiuti biodegradabili da giardini e parchi) trattate nel corso dell'anno 2005.

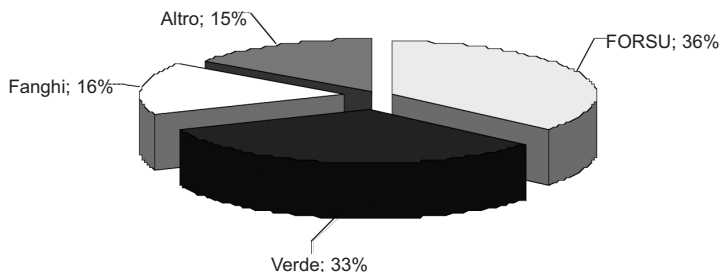


Grafico 6  
Tipologie di matrici trattate negli Impianti di Compostaggio nel corso del 2005

Per i rifiuti provenienti dall'agroindustria si è rilevato un aumento del 69% rispetto l'anno 2004; più moderato risulta l'incremento del quantitativo dei rifiuti organici (+3,1%), mentre, la frazione costituita dal verde aumenta del 10,7%.

Cresce anche l'utilizzo dei fanghi trattati (+6,8%), risultato che avverte gli effetti di quanto previsto dalla normativa in materia di utilizzazione dei fanghi in agricoltura. Sia la direttiva 86/278/CEE, come anche la normativa nazionale di recepimento, D.Lgs. 99/92, pongono, infatti, quale condizione per la successiva utilizzazione, che i fanghi siano sottoposti preventivamente a trattamento<sup>1</sup>.

Concludendo, il quantitativo di ammendante compostato prodotto a livello nazionale, è pari a circa 1,2 milioni di tonnellate e rappresenta il 40% del quantitativo dei rifiuti in ingresso agli impianti di compostaggio.

L'ammendante compostato di qualità risulta essere costituito per il 61% da Ammendante Compostato Misto (ACM), per 15% da Ammendante Compostato Verde (ACV) e per il 2% da altri prodotti; gli scarti costituiscono, infine, il 22% del quantitativo prodotto dagli impianti a livello nazionale. Nel grafico 7 sono riportate le percentuali delle diverse tipologie di ammendante prodotte nel 2005, mentre nella tabella 2 si schematizzano i bilanci di massa in ingresso e in uscita degli impianti di compostaggio (input-output).

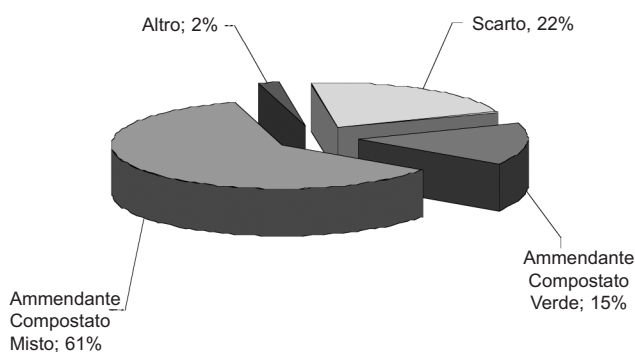


Grafico 7  
Tipologia dei prodotti in uscita  
dagli impianti di compostaggio

Riportiamo alcuni dati riassuntivi del sistema compostaggio in Italia.

<sup>1</sup> Si intende per trattamento il "trattamento biologico, chimico o termico, il deposito a lungo termine ovvero altro opportuno procedimento in modo da ridurre in maniera rilevante il loro potere fermentescibile e gli inconvenienti sanitari della loro utilizzazione".