



RAPPORTO SULLE TECNICHE DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA



federambiente



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Rapporto sulle tecniche di trattamento dei rifiuti urbani in Italia

Questo rapporto è frutto di una collaborazione fra il Servizio Tecnico di Federambiente e la Sezione Sviluppo Tecnologie di Trattamento Rifiuti dell'ENEA ed è stato reso possibile grazie ai contributi di Lorenzo Maria Cafiero (ENEA), Valentina Cipriano (Federambiente), Farnoosh Farmand Ashtiani (collaboratrice Federambiente), Pasquale De Stefanis (ENEA), Vito Iaboni (ENEA) e Riccardo Viselli (Federambiente).

La stesura è stata curata da Pasquale De Stefanis (ENEA), che ha anche coordinato le attività assieme a Roberto Caggiano e Valentina Cipriano (Federambiente).

Si ringraziano quanti (Amministrazioni Locali, Enti pubblici e privati, Associazioni, Proprietari e Gestori di impianti, Fornitori ecc) hanno fornito il loro contributo nella raccolta e nella verifica dei dati.

Un grazie anticipato anche a chi vorrà fornire qualsiasi commento e/o suggerimento in merito a errori e/o omissioni, integrazioni, modifiche e aggiornamenti delle informazioni e dei dati riportati.

La redazione del Rapporto si è conclusa nel mese di Ottobre 2009

INDICE

INTRODUZIONE	7
1 IL QUADRO DI RIFERIMENTO	10
1.1 Produzione e gestione dei rifiuti urbani in europa	11
1.2 Produzione e gestione dei rifiuti urbani in italia	12
1.3 Gli aspetti normativi	15
1.3.1 La realizzazione e l'esercizio degli impianti	16
1.3.2 La normativa di settore	17
1.3.2.1 Il compostaggio	17
1.3.2.2 Il trattamento meccanico-biologico	18
1.3.2.3 Il trattamento termico	18
2 LA METODOLOGIA OPERATIVA	20
2.1 L'individuazione degli impianti e la raccolta dei dati	21
2.1.1 Individuazione degli impianti	21
2.1.2 La raccolta dei dati	23
2.1.3 Grado di copertura dell'indagine	24
2.2 La qualità dei dati	25
2.3 L'elaborazione e la sistematizzazione dei dati	27
2.4 Stima della potenzialità di trattamento del parco impiantistico	28
3 LE TECNICHE ADOTTATE	30
3.1 I trattamenti di tipo meccanico	31
3.1.1 Principi, campo di applicazione, finalità	31
3.1.2 I trattamenti post raccolta differenziata	32
3.1.2.1 Il trattamento di flussi di rifiuti da raccolta monomateriale	32
3.1.2.2 Il trattamento di flussi di rifiuti da raccolta multimateriale	34
3.1.3 I trattamenti dei rifiuti urbani indifferenziati	35
3.1.3.1 Pretrattamenti	35
3.1.3.2 Triturazione primaria	35
3.1.3.3 Selezione primaria	35
3.1.3.4 Trattamenti finali	36
3.2 I trattamenti di tipo biologico e meccanico-biologico	37
3.2.1 Principi, campo di applicazione, finalità	37
3.2.1.1 La digestione aerobica	39
3.2.1.2 La digestione anaerobica	39
3.2.2 Il compostaggio	40
3.2.3 La biostabilizzazione	41
3.2.4 La bioessiccazione	42
3.2.5 La produzione di biogas	44
3.2.6 La produzione di combustibile derivato da rifiuti	44
3.3 I trattamenti di tipo termochimico	46
3.3.1 Principi, campo di applicazione, finalità	46
3.3.2 I trattamenti termici	46
3.3.3 Il recupero energetico	48
3.4 I trattamenti di tipo termofisico	51
3.4.1 Principi, campo di applicazione, finalità	51
3.4.2 I trattamenti termo-meccanici	51
3.4.3 I trattamenti meccano-termici	52

4	LA SITUAZIONE ATTUALE	54
4.1	Gli impianti di trattamento meccanico post raccolta differenziata	55
4.1.1	Il quadro di sintesi	55
4.1.2	La capacità di trattamento	56
4.1.3	Le apparecchiature impiegate	57
4.1.4	I rifiuti trattati e il recupero di materiali	58
4.1.4.1	I rifiuti in ingresso	58
4.1.4.2	Il recupero di materiali	59
4.2	La produzione di compost	60
4.2.1	Il quadro di sintesi	60
4.2.2	La capacità di trattamento	62
4.2.3	Le apparecchiature impiegate	64
4.2.3.1	I sistemi di digestione aerobica	64
4.2.3.2	I sistemi a cumuli	65
4.2.3.3	I sistemi a bioreattore	66
4.2.4	Il trattamento degli effluenti gassosi	69
4.2.5	I rifiuti trattati, il recupero di materia, i residui	71
4.3	I trattamenti di tipo meccanico e meccanico-biologico	74
4.3.1	Il quadro di sintesi	74
4.3.2	La capacità di trattamento	76
4.3.3	Le apparecchiature impiegate	77
4.3.4	Il trattamento degli effluenti gassosi	79
4.3.5	I rifiuti trattati, il recupero di materia, i residui	81
4.4	La digestione anaerobica	88
4.4.1	Il quadro di sintesi	88
4.4.2	La capacità di trattamento	89
4.4.3	Le apparecchiature impiegate	89
4.4.4	Il trattamento degli effluenti gassosi	91
4.4.5	I rifiuti trattati, il recupero di materia ed energia, i residui	92
4.5	I trattamenti termici	95
4.5.1	Il quadro di sintesi	95
4.5.2	La capacità di trattamento	96
4.5.3	Le apparecchiature impiegate	98
4.5.4	Il trattamento degli effluenti gassosi	99
4.5.4.1	I sistemi di rimozione delle polveri	99
4.5.4.2	I sistemi di neutralizzazione dei gas acidi	99
4.5.5	I rifiuti trattati e i residui prodotti	101
4.5.6	Il recupero energetico	105
5	LE PROPOSTE ALTERNATIVE	106
5.1	I trattamenti di tipo meccanico-biologico e meccanico-chimico	107
5.1.1	La tecnologia VMpress	107
5.1.1.1	Origini e finalità	107
5.1.1.2	Descrizione della tecnologia	107
5.1.1.3	Grado di sviluppo raggiunto	108
5.1.1.4	Considerazioni tecniche	108
5.1.2	La tecnologia THOR	108
5.1.2.1	Origini e finalità	108
5.1.2.2	Descrizione della tecnologia	109
5.1.2.3	Grado di sviluppo raggiunto	110
5.1.2.4	Considerazioni tecniche	110
5.1.3	La tecnologia ArrowBio	111

5.1.3.1	Origini e finalità	111
5.1.3.2	Descrizione della tecnologia	112
5.1.3.3	Grado di sviluppo raggiunto	113
5.1.3.4	Considerazioni tecniche	113
5.1.4	La tecnologia EM-BIO	113
5.1.4.1	Origini e finalità	113
5.1.4.2	Descrizione della tecnologia	113
5.1.4.3	Grado di sviluppo raggiunto	114
5.1.4.4	Considerazioni tecniche	114
5.2	I trattamenti termici	115
5.2.1	La dissociazione molecolare	115
5.2.1.1	Origini e finalità	115
5.2.1.2	Descrizione della tecnologia	115
5.2.1.3	Grado di sviluppo raggiunto	116
5.2.1.4	Considerazioni tecniche	116
5.2.2	La tecnologia DMS	117
5.2.2.1	Origini e finalità	117
5.2.2.2	Descrizione della tecnologia	117
5.2.2.3	Grado di sviluppo raggiunto	117
5.2.2.4	Considerazioni tecniche	118
5.2.3	La tecnologia HTG/DM	118
5.2.3.1	Origini e finalità	118
5.2.3.2	Descrizione della tecnologia	118
5.2.3.3	Grado di sviluppo raggiunto	119
5.2.3.4	Considerazioni tecniche	119
5.2.4	La tecnologia Energos	119
5.2.4.1	Origini e finalità	119
5.2.4.2	Descrizione della tecnologia	120
5.2.4.3	Grado di sviluppo raggiunto	120
5.2.4.4	Considerazioni tecniche	120
5.3	I trattamenti termo-meccanici e chimico fisici	121
5.3.1	La termo-presso-essiccazione	121
5.3.1.1	Origini e finalità	121
5.3.1.2	Descrizione della tecnologia	121
5.3.1.3	Grado di sviluppo raggiunto	122
5.3.1.4	Considerazioni tecniche	122
5.3.2	La tecnologia Matrix	122
5.3.2.1	Origini e finalità	122
5.3.2.2	Descrizione della tecnologia	122
5.3.2.3	Grado di sviluppo raggiunto	123
5.3.2.4	Considerazioni tecniche	124
5.3.3	La tecnologia Oxalor	124
5.3.3.1	Origini e finalità	124
5.3.3.2	Descrizione della tecnologia	124
5.3.3.3	Grado di sviluppo raggiunto	125
5.3.3.4	Considerazioni tecniche	125
6	CONCLUSIONI	126
	BIBLIOGRAFIA	130
	ACRONIMI E SIGLE	131

ALLEGATI

ALLEGATO A: Dati caratteristici delle tecniche di trattamento adottate	133
A1 I trattamenti meccanici	134
A1.1 Le apparecchiature di trattamento	134
A1.2 Il trattamento degli effluenti gassosi	149
A1.3 Gli aspetti impiantistici	149
A2 I trattamenti meccanico-biologici	153
A2.1 Le apparecchiature di trattamento	153
A2.2 Il trattamento degli effluenti gassosi	163
A2.3 Gli aspetti impiantistici	172
A3 I trattamenti termici	179
A3.1 Le apparecchiature di trattamento	179
A3.2 Il trattamento degli effluenti gassosi	193
A3.3 Gli aspetti impiantistici	200
A4 Esempi applicativi	203
A4.1 Tecnologie di digestione aerobica della frazione umida	203
Bibliografia	208
ALLEGATO B: Dati caratteristici dell'impiantistica di trattamento presente sul territorio nazionale	209
Sub-allegato B1 I trattamenti meccanici post raccolta differenziata	210
Sub-allegato B2 La produzione di compost	218
Sub-allegato B3 I trattamenti meccanico-biologici	256
Sub-allegato B4 La digestione anaerobica	283
Sub-allegato B5 I trattamenti termici	288
ALLEGATO C: Normativa, standard e linee guida di riferimento	304
ALLEGATO D: I questionari di indagine	309

INTRODUZIONE

Questo rapporto riassume i risultati ottenuti tramite un'indagine conoscitiva condotta congiuntamente da ENEA (a cura della Sezione Sviluppo Tecnologie Trattamento Rifiuti) e Federambiente (a cura del Servizio Tecnico e del Comitato Tecnico-Scientifico) finalizzata a caratterizzare gli aspetti tecnici di progetto e di esercizio dell'impiantistica di trattamento dei rifiuti urbani¹ presente sul territorio nazionale.

L'obiettivo principale dell'indagine era quello di mettere a disposizione di quanti (istituzioni, operatori, tecnici, amministrazioni, cittadini ecc.) sono coinvolti o ripongono semplicemente interesse nello specifico settore una serie di informazioni e dati quanto più esaustivi ed attendibili possibile riguardo alla situazione attuale delle tecniche² di trattamento dei rifiuti urbani che vengono adottate in Italia, con particolare riguardo a quelle finalizzate al riciclo e al recupero di materia ed energia.

In quest'ottica non sono stati presi in considerazione gli impianti che effettuano esclusivamente operazioni di smaltimento quali, ad esempio le discariche, come pure quelli che trattano, anche a fini del recupero, flussi di rifiuti speciali che derivano dal trattamento di rifiuti urbani (ad es.: impianti di trattamento delle scorie di combustione).

Seguendo un approccio ormai consolidato in precedenti indagini, già effettuate congiuntamente da ENEA e Federambiente e focalizzate sul settore specifico del recupero energetico, si sottolinea che, anche in questo caso, l'attività intrapresa è stata principalmente indirizzata ad acquisire ed analizzare informazioni e dati tecnici di progetto e di esercizio caratteristici dell'impiantistica nazionale di trattamento dei rifiuti urbani. Finalità questa che esula dagli obiettivi a fronte dei quali l'ISPRA pubblica annualmente

¹ E' da rilevare che la definizione di "rifiuti urbani" non risulta univocamente individuata a livello europeo, fatto che rende molto spesso assai arduo effettuare confronti sui dati di produzione e sulle modalità di gestione in atto nei diversi Stati Membri. Ai fini del presente rapporto si intende con tale accezione quei rifiuti che provengono da un circuito di raccolta urbano e che possono comprendere sia quelli di origine domestica, sia quelli che sono ad essi assimilati o meno, così come classificati dall'art 184 del DLgs 152/2006. A seconda delle modalità di raccolta i rifiuti urbani possono essere classificati in due distinte categorie riconducibili a quelli che sono oggetto di raccolta differenziata e quelli che non sono oggetto di tale operazione, identificati come rifiuti urbani indifferenziati o residui.

² In accordo al principio delle Migliori Tecniche Disponibili ("Best Available Techniques"), definite sia a livello comunitario e nazionale, che nel termine "Tecniche" comprende le tecnologie impiegate e le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e dismissione degli impianti.

il "Rapporto Rifiuti", nei confronti del quale il presente rapporto si pone non in forma alternativa, bensì complementare.

Lo sforzo compiuto ha permesso di acquisire le informazioni ed i dati che vengono riportati e discussi nel presente rapporto, finalizzato a fornire un quadro quanto più aggiornato ed esaustivo possibile dell'impiantistica presente sul territorio nazionale. Tale documento dovrebbe fattivamente contribuire a una più reale conoscenza del settore, che risulta di basilare importanza ai fini del superamento sia di alcune criticità sia del generale stato di arretratezza che non hanno sinora consentito la piena attuazione di un sistema di gestione integrata dei rifiuti a livello nazionale.

Le informazioni e i dati relativi al parco impiantistico nazionale di trattamento dei rifiuti urbani riguardano sia le caratteristiche progettuali (capacità di trattamento, apparecchiature e configurazioni adottate per varie sezioni di pretrattamento, trattamento e post-trattamento, i sistemi di controllo delle emissioni ecc.), sia le condizioni operative (tipologia e quantitativi dei rifiuti trattati, recuperi effettuati, produzione e gestione dei residui ecc.).

Oltre alle tecnologie di trattamento consolidate, che costituiscono l'ossatura dell'impiantistica di settore, vengono anche brevemente esaminate alcune soluzioni alternative che, a vario titolo, vengono di volta in volta proposte, cercando di evidenziare le loro potenzialità e i loro limiti.

Si è consapevoli che, pur essendo frutto di una lunga e dettagliata analisi del sistema nazionale di trattamento basata sia su fonti bibliografiche sia, soprattutto su contatti diretti con svariati attori (operatori industriali, amministratori locali, associazioni di categoria ecc.) questo rapporto possa presentare delle lacune o inesattezze a cui si spera di poter porre rimedio in futuro.

Si precisa che le informazioni e i dati relativi alle caratteristiche progettuali sono aggiornati al 31 dicembre 2008. I dati operativi (quantitativi di rifiuti trattati, recupero di materia ed energia, produzione e gestione dei residui ecc.) sono invece riferiti all'anno 2007.



1 ■ IL QUADRO DI RIFERIMENTO

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



federambiente

1.1 PRODUZIONE E GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI IN EUROPA

A livello europeo (UE 15), su una popolazione di circa 390 milioni di abitanti sono stati prodotti nel 2006 circa 220 milioni di tonnellate di rifiuti urbani (RU), corrispondenti a 563 kg/a pro capite [1].

La gestione di tali quantitativi di rifiuti (tabella 1.1.1) viene effettuata principalmente attraverso lo smaltimento in discarica, l'incenerimento con recupero energetico, il compostaggio, il riciclo, il recupero di materia (tramite trattamenti di tipo meccanico-biologico, termo-fisico ecc.).

Pur essendo aumentata negli ultimi anni la tendenza al riciclo ed al recupero, resta significativo l'impiego della discarica come forma di smaltimento (mediamente pari al 34,3% della produzione totale di RU a livello di UE-15).

Tabella 1.1.1 – Gestione dei rifiuti urbani nella UE-15 (2006)

N°	Paese	RU prodotti		Riciclo, recupero materia ed altro		Recupero energetico		Discarica	
		kg/ab	kg/ab	kg/ab	%	kg/ab	%	kg/ab	%
1	Belgio	475	296	62,3		155	32,6	24	5,1
2	Danimarca	737	295	40,0		405	55,0	37	5,0
3	Germania	566	383	67,7		179	31,6	4	0,7
4	Irlanda	804	333	41,4		0,0	0,0	471	58,6
5	Grecia	443	57	12,9		0,0	0,0	386	87,1
6	Spagna	583	253	43,4		41	7,0	289	49,6
7	Francia	553	178	32,2		183	33,1	192	34,7
8	Italia	548	199	36,3		65	11,9	284	51,8
9	Lussemburgo	702	305	43,4		266	37,9	131	18,7
10	Olanda	625	400	64,0		213	34,1	12	1,9
11	Austria	617	377	61,1		181	29,3	59	9,6
12	Portogallo	435	66	15,2		95	21,8	274	63,0
13	Finlandia	488	160	32,8		42	8,6	286	58,6
14	Svezia	497	239	48,1		233	46,9	25	5,0
15	Regno Unito	588	180	30,6		55	9,4	353	60,0
	Media UE-15	563	248	44,0		122	21,7	193	34,3

Elaborazione ENEA su fonte EUROSTAT 2007 [1]

L'EEA (European Environment Agency) ha stimato [2] per Paesi dell'UE-27 un aumento della produzione dei RU dai 520 kg/ab del 2004 ai 680 kg/ab nel 2020, corrispondente ad un incremento medio del 23,5%, con incrementi del 22% nei Paesi della UE-15 e di circa il 50% nei Paesi dell'UE-12.

Inoltre per il sistema di gestione dei RU sono state fatte, sempre a livello europeo, le seguenti previsioni:

- aumento delle quantità dei materiali riciclati dal 36% del 2004 al 42% nel 2020;

- aumento delle quantità destinate all'incenerimento con recupero energetico dal 17% del 2004 al 23% nel 2020;
- diminuzione delle quantità destinate allo smaltimento in discarica dal 47% del 2004 al 35% nel 2020.

1.2 PRODUZIONE E GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI IN ITALIA

Riguardo alla situazione nazionale, la produzione dei RU, secondo i dati dell'APAT-ONR [3] e ISPRA 2008 [4], è passata dai 29,86 milioni di tonnellate del 2002 ai 32,55 milioni di tonnellate nel 2007 (tabella 1.2.1), corrispondente ad un aumento dell'11,3%. Con riferimento alle singole aree geografiche, si rileva come i dati relativi al Nord Italia riflettano, in generale, il trend registrato a livello nazionale con una crescita, anche in questo caso dell'ordine dello 0,1% tra il 2006 ed il 2007.

Tabella 1.2.1 – Produzione dei rifiuti urbani per macroarea geografica in Italia (Mt)

Area geografica	2002		2003		2004		2005		2006		2007	
Nord	13,63	45,6%	13,75	45,8%	14,03	45,0%	14,17	44,8%	14,60	44,9%	14,61	44,9%
Centro	6,6	22,1%	6,59	21,9%	6,94	22,3%	7,23	22,8%	7,36	22,6%	7,35	22,6%
Sud	9,63	32,3%	9,87	32,9%	10,18	32,7%	10,26	32,4%	10,56	32,5%	10,58	32,5%
Italia	29,86	100%	30,03	100%	31,15	100%	31,66	100%	32,52	100%	32,55	100%

Elaborazione ENEA su dati APAT-ONR [3] ed ISPRA 2008 [4]

Un quadro di sintesi della situazione (2002-2007), riguardo la gestione dei RU³, è riportato in tabella 1.2.2⁴. L'analisi dei dati evidenzia come la modalità di gestione più diffusa continui ad essere lo smaltimento in discarica, nonostante si registri una tendenza positiva all'incremento del riciclo e del recupero, sia attraverso l'attivazione della raccolta differenziata (RD) sia attraverso altre forme di trattamento (compostaggio, trattamenti di tipo meccanico biologico, recupero energetico).

Una risposta positiva alle pressioni esercitate dai rifiuti sull'ambiente è data dalla RD che, nel 2007, raggiunge, a livello nazionale, una percentuale pari al 27,5% della produzione totale dei RU (tabella 1.2.3).

Tuttavia l'analisi dei dati evidenzia come, nonostante una tendenza positiva al riciclo ed al recupero, sia attraverso l'attivazione della RD, sia attraverso altre forme di trattamento, la modalità di gestione più diffusa continui ad essere lo smaltimento in discarica.

³ Per gestione dei rifiuti si intende l'insieme delle attività inerenti l'intero ciclo dei rifiuti, dalla loro produzione fino al loro destino finale (raccolta, trasporto, recupero, smaltimento).

⁴ Per quanto concerne i dati di popolazione (utilizzati per la quantificazione dei valori pro capite) le informazioni relative all'anno 2007 derivano dal bilancio demografico, riferito al 31 dicembre 2007, e dalle tavole dei dati sui conti economici nazionali, anni 2000-2007, pubblicati sul sito internet dell'Istituto nazionale di statistica.

La RD⁵ è passata, a livello nazionale, dal 19,2% del 2002 al 27,5% nel 2007 [3] [4]. Gli obblighi di legge nazionali, DLgs 152/2006 e legge 27 dicembre 2006 n. 296, prevedono nel 2012 una percentuale di RD pari al 65%, obiettivo difficilmente conseguibile in modo generalizzato sul territorio nazionale.

La situazione appare, tuttavia, decisamente diversificata passando da una macroarea geografica all'altra; infatti, mentre il Nord, con un tasso di raccolta pari al 42,4%, supera abbondantemente l'obiettivo del 2007 (già praticamente raggiunto nel 2006 con il 39,9%), il Centro ed il Sud, con percentuali, rispettivamente, pari al 20,8% ed all'11,6%, risultano ancora decisamente lontani da tale obiettivo.

I materiali derivanti dalla RD (*"frazioni secche"* e *"frazioni organiche"*), sono destinati per il loro recupero e/o trasformazione presso gli impianti di:

- riciclaggio (frazioni secche);
- compostaggio (frazioni organiche).

Infine nella gestione dei rifiuti urbani indifferenziati (RUR) è previsto, generalmente, il ricorso alle seguenti strutture impiantistiche:

- trattamenti meccanico-biologici (TMB) per la produzione della frazione combustibile (CDR, frazione secca, bioessiccato) e la produzione della frazione organica stabilizzata (FOS);
- trattamenti termici ai fini del recupero energetico dei RUR e delle frazioni combustibili derivate (CDR, frazione secca);
- smaltimento in discarica per gli scarti di lavorazione e i residui di trattamento.

Si sottolinea inoltre come l'evoluzione dei sistemi di gestione dei RU, conseguente agli indirizzi della normativa europea, verso una riduzione delle quantità destinate allo smaltimento in discarica e una maggiore efficienza del recupero, determinerebbe, secondo EEA [2], una significativa riduzione nell'emissione di gas serra⁶.

⁵ Gli obiettivi della RD come previsto dal DLgs 152/2006 e dalla legge 27 dicembre 2006 n. 296 sono i seguenti:

- almeno il 35% entro il 31 dicembre 2006
- almeno il 40% entro il 31 dicembre 2007
- almeno il 45% entro il 31 dicembre 2008
- almeno il 50% entro il 31 dicembre 2009
- almeno il 65% entro il 31 dicembre 2012

⁶ Le emissioni di gas serra, come noto, vengono espresse in termini di CO₂eq rapportando il potere riscaldante globale (GWP) degli altri gas a quello dell'anidride carbonica (CO₂). In accordo a quanto affermato dall'IPCC [5], il metano (CH₄), ed il protossido d'azoto (N₂O), presentano, su un orizzonte temporale di 100 anni, un GWP rispettivamente di 21 e 310 volte superiore a quello della CO₂. Le emissioni in CO₂eq vengono determinate moltiplicando le emissioni del singolo gas per i suddetti fattori moltiplicativi.

Tabella 1.2.2 – Gestione dei rifiuti urbani in Italia (2002-2007)⁸

Anno	Produzione		Raccolta differenziata		Compostaggio ⁽¹⁾		Trattamenti meccanico biologici		Recupero energetico ⁽²⁾		Discarica controllata ⁽³⁾					
	Totale	Pro capite	Totale	Pro capite	Totale	Pro capite	Totale	Pro capite	Totale	Pro capite	Totale	Pro capite				
	Mt	kg	Mt	kg	Mt	kg	Mt	kg	Mt	kg	Mt	kg				
2002	29,86	522,7	5,74	100,1	2,82	49,3	9,4	5,24	91,4	17,5	3,03	52,8	10,1	18,85	328,8	63,1
2003	30,03	523,9	6,34	107,2	2,72	47,5	9,1	7,48	130,5	24,9	3,49	60,9	11,6	18,00	314,0	59,9
2004	31,15	532,8	7,07	120,9	2,67	45,6	8,6	7,43	127,0	23,9	4,08	69,9	13,1	17,74	303,5	57,0
2005	31,66	539,2	7,67	131,0	3,01	51,3	9,5	8,46	144,0	26,7	4,38	74,5	13,8	17,23	293,2	54,4
2006	32,52	550,0	8,38	141,7	3,19	53,9	9,8	9,05	153,0	27,8	4,50	76,2	13,8	17,53	292,4	53,9
2007	32,55	545,9	8,96	150,3	3,08	53,3	9,5	10,08	161,0	30,9	4,46	75,4	13,7	16,91	283,7	51,9

Elaborazione ENEA su dati APAT-ONR [3] ed ISPRA 2008 [4] e sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Frazione organica da raccolta differenziata, frazione verde, fanghi ed altro

⁽²⁾ Rifiuti urbani, frazioni derivate (FS, CDR) e rifiuti speciali

⁽³⁾ Rifiuti urbani residui e residui da trattamenti

⁷ Si precisa che le percentuali riportate nelle varie colonne della tabella non sono direttamente correlabili alla produzione di RU (fatta eccezione per la RD) in quanto i quantitativi trattati sono influenzati dalla presenza di flussi che subiscono trattamenti "in serie", oltre che dalla presenza quantitativi di RS. Tali valori sono però significativi della tendenza di mercato delle varie forme di gestione che risulta in crescita per i TMB, stazionaria per il compostaggio e il recupero energetico (soprattutto negli ultimi tre anni) ed in calo per lo smaltimento in discarica.

Tabella 1.2.3 - Raccolta differenziata per macroarea geografica in Italia (2002-2007)

Area geografica	2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	kt	%										
Nord	4.172	30,6	4.544	33,5	4.974	35,5	5.378	37,9	5.825	39,9	6.204	42,4
Centro	963	14,6	1.129	17,1	1.270	18,3	1.388	19,2	1.474	20,0	1.530	20,8
Sud	604	6,3	666	6,7	823	8,1	906	8,8	1.078	10,2	1.224	11,6
Italia	5.739	19,2	6.339	21,1	7.067	22,7	7.672	24,2	8.377	25,8	8.958	27,5

Elaborazione ENEA su dati APAT – ONR [3] ed ISPRA 2008 [4]

1.3 GLI ASPETTI NORMATIVI

I principi cardine di una gestione integrata dei rifiuti sono stati di recente ribaditi dalla Direttiva 2008/98/CE che ha individuato la seguente scala di priorità:

- prevenzione, vale a dire la riduzione all'origine di quantità e pericolosità dei rifiuti, a partire dalla progettazione di beni e prodotti sulla base dell'analisi del loro ciclo di vita;
- preparazione per il riutilizzo;
- riciclaggio (recupero di materia), attraverso la raccolta differenziata e la selezione meccanica/chimico/fisica delle frazioni raccolte (organico, cellulosa, vetro, polimeri, metalli, inerti da demolizione, oli usati, elettrodomestici, elettronici ed elettrici dismessi, autoveicoli a fine vita);
- recupero di energia, attraverso trattamenti termici preferibilmente in schemi di cogenerazione termica ed elettrica, della frazione residuale dei rifiuti urbani;
- messa in sicurezza a lungo termine delle frazioni residuanti dalle fasi precedenti e loro smaltimento in discarica controllata.

A livello nazionale dopo il DPR n. 915/1982 ed il DLgs 5 febbraio 1997 n. 22 ("Decreto Ronchi"), è oggi la Parte Quarta del DLgs n. 152/2006 che disciplina la gestione dei rifiuti in attuazione alle direttive comunitarie sottolineando la necessità che si adottino iniziative dirette a favorire la prevenzione, la riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti, nonché stabilendo specifici obiettivi di raccolta differenziata.

In particolare gli impianti di trattamento di rifiuti che ricadono nel campo di applicazione del DLgs 18 febbraio 2005, n. 59 di attuazione della direttiva 96/61/CE⁸ (Direttiva IPPC, relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento) devono rispettare una serie di prescrizioni tecnico-amministrative e sono soggetti alla cosiddetta "Autorizzazione Integrata Ambientale" (AIA), vale a dire ad una autorizzazione unica per il rilascio di inquinanti in aria, acqua e suolo.

⁸ La direttiva 96/61/CE è stata formalmente abrogata e sostituita dalla direttiva 2008/1/CE.

1.3.1 La realizzazione e l'esercizio degli impianti

La realizzazione e l'esercizio degli impianti di smaltimento e recupero di rifiuti è attualmente regolamentata dai capi IV e V della Parte Quarta del DLgs 152/2006.

Nello specifico vengono disciplinate:

- le autorizzazioni per gli impianti che non ricadono nel campo di applicazione del DLgs 59/2005 (artt. 208-212);
- le autorizzazioni per gli impianti che ricadono nel campo di applicazione del DLgs 59/2005 (art. 213), al quale si rimanda in toto;
- le procedure semplificate applicabili per alcune tipologie di rifiuti per quanto concerne le operazioni di autosmaltimento e di recupero (artt. 214-216).

Gli impianti di trattamento dei rifiuti che ricadono nel campo di applicazione del DLgs 59/2005 sono quelli elencati nell'allegato I al DLgs stesso, "siano esistenti, nuovi o sostanzialmente modificati" vale a dire:

- gli impianti per l'eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi, della lista di cui all'art. 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE quali definiti negli allegati II A e II B (operazioni R1, R5, R6, R8 e R9) della direttiva 75/442/CEE con capacità superiori alle 10 tonnellate al giorno;
- gli impianti per l'eliminazione degli oli usati di cui alla direttiva 75/439/CEE del Consiglio, del 16 giugno 1975 con capacità di oltre 10 tonnellate al giorno (PCB);
- gli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani quali definiti nella direttiva 89/369/CEE del Consiglio, dell'8 giugno 1989, concernente la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, e nella direttiva 89/429/CEE del Consiglio, del 21 giugno 1989, concernente la riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, con una capacità superiore a 3 tonnellate l'ora;
- gli impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi quali definiti nell'allegato II A della direttiva 75/442/CEE ai punti D8, D9 con capacità superiore a 50 tonnellate al giorno;
- le discariche con capacità superiori alle 10 tonnellate al giorno oppure con capacità superiore alle 25.000 tonnellate complessive.

Ai fini della minimizzazione dell'impatto ambientale tali impianti sono tenuti all'adozione delle migliori tecniche disponibili (MTD), meglio conosciute come BAT (Best Available Techniques). A tal fine si intende per:

- **tecniche:** sia le tecniche impiegate, sia le modalità di progettazione, costruzione, esercizio, manutenzione e chiusura dell'impianto;
- **migliori:** le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso;
- **disponibili:** le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, considerando i costi ed i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte in ambito nazionale, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli.

Le tecniche da utilizzare per gli impianti di gestione dei rifiuti sono quelle stabilite dal Decreto MATTM 29 gennaio 2007 "Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'uti-

lizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59". Tale decreto è costituito da sette allegati tecnici in forma di specifiche linee guida contenenti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, il cui elenco è riportato nell'Allegato C.

1.3.2 La normativa di settore

1.3.2.1 Il compostaggio

La regolamentazione in materia di produzione, qualità e impiego di compost è demandata alla normativa nazionale dei singoli Stati Membri, non essendo mai stata emanata una direttiva europea in merito.

Ciò nonostante a livello di Commissione Europea sono in corso da tempo iniziative per pervenire ad una normativa comune relativa alla gestione dei rifiuti biodegradabili. Iniziative che hanno portato, tra l'altro alla pubblicazione di un documento che sintetizza lo stato di avanzamento dei lavori sui temi della gestione dei fanghi e dei rifiuti biodegradabili da integrare nella "Soil Thematic Strategy" [6]⁹.

A livello nazionale il DLgs 22/97 ("Decreto Ronchi") rimandava il compito relativo alla definizione delle caratteristiche di qualità dei compost da utilizzare in agricoltura alla legge 19 ottobre 1984, n. 748 "Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti"¹⁰ che individuava quattro tipologie di ammendanti:

- vegetale semplice non compostato;
- compostato verde;
- compostato misto;
- torboso composto.

Il DM 5 febbraio 1998, in ottemperanza al dettato del DLgs 22/97, ha stabilito le procedure semplificate che consentono la produzione di compost a partire da alcune tipologie di rifiuti con provenienza, caratteristiche e procedimenti determinati. Per gli impianti che seguono tale pratica non è necessaria alcuna autorizzazione preventiva, ma soltanto la comunicazione di inizio attività alla Regione (o per delega alla Provincia) competente.

Il DLgs n. 152/2006 in materia ambientale, riprendendo la direttiva /91/156/CEE¹¹ ha classificato il compostaggio tra le operazioni di recupero dei rifiuti, introducendo a livello nazionale la produzione di compost di qualità a partire da matrici selezionate a

⁹ La "Soil Thematic Strategy" riguarda sia la protezione del suolo, sia il suo uso sostenibile. La Commissione Europea definisce sostenibile l'uso delle risorse e delle componenti ambientali condotto con modalità e velocità tali da preservare per lungo tempo la molteplicità delle funzioni e incrementarne la loro qualità, se richiesto, in modo da mantenere la loro potenzialità di soddisfare le probabili necessità e aspirazioni delle generazioni presenti e future.

¹⁰ La Legge n. 748 del 19 ottobre 1984, recante Nuove Norme per la Disciplina dei Fertilizzanti già nel 1986 è stata oggetto di modificazioni ed integrazioni. Da allora e con cadenza quasi annuale sono stati emessi Decreti Ministeriali e Legislativi, Circolari e Leggi (in tutto circa 40 provvedimenti) che, spesso, non si sono limitati ad integrare ma hanno anche profondamente modificato alcuni degli articoli iniziali.

¹¹ Direttiva del Consiglio del 18 marzo 1991 che modifica la direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti, attualmente sostituita dalla direttiva 2008/98/CE.

monte tramite la raccolta differenziata. Il Testo Unico è stato successivamente modificato dal DLgs n.4 del 16 gennaio 2008 riportante ulteriori disposizioni correttive ed integrative; in particolare, all'art. 183, viene definita la nozione di "Compost di qualità" come "prodotto ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente, che rispetti i requisiti...".

Inoltre con l'emanazione del DLgs n.217 del 29 aprile 2006 "Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti" particolare importanza era data alle questioni riguardanti la tracciabilità, le sanzioni ed i prodotti ad elevato titolo di azoto, anche a seguito di quanto previsto dal regolamento (CE) n.2003/2003 relativo ai concimi.

Infine con il DLgs n. 217 del 22 gennaio 2009 sono stati aggiornati gli allegati del succitato DLgs n. 217 del 29 aprile 2006 riguardanti le caratteristiche dei fertilizzanti.

Si ricorda inoltre che, allo stato attuale, gli impianti di compostaggio non ricadono nel campo di applicazione del DLgs 59/2005.

La produzione di compost può inoltre usufruire delle procedure semplificate previste dal DM 5 febbraio 1998.

1.3.2.2 Il trattamento meccanico-biologico

Riguardo a questa tipologia di impianti non sono previste norme specifiche se non quella, di carattere generale, costituita dal DLgs 31 gennaio 2003, n.36, di recepimento della direttiva 99/31/CE che, stabilendo obiettivi per la riduzione dei rifiuti biodegradabili, ha di fatto reso obbligatorio il loro trattamento ai fini dello smaltimento in discarica.

Riguardo agli impianti di TMB va inoltre ricordato che, ai fini del rispetto della Direttiva IPPC, essi risultano inquadrabili come operazioni di trattamento di rifiuti non pericolosi di cui all'allegato IIA della direttiva 75/442/CEE ai punti D8 e D9 e come tali soggetti ad AIA qualora la loro capacità sia superiore a 50 tonnellate al giorno (circa 15.000 t/a).

E' da ricordare inoltre che, allo stato attuale, nel caso di produzione di combustibili derivati il DLgs 152/2006 prevede (art.229) due distinte tipologie denominate CDR e CDR-Q, le cui caratteristiche sono definite dalla norma UNI 9903-1 (v. Allegato C). La produzione e l'utilizzo del CDR può essere anche effettuata nell'ambito delle procedure semplificate di cui al DM 5 febbraio 1998.

1.3.2.3 Il trattamento termico

Il recupero energetico da rifiuti in Italia è regolamentato dal DLgs 11 maggio 2005 n. 133 di recepimento della direttiva 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti del 28 dicembre 2000.

Il DLgs in questione regolamenta gli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti, stabilendo le misure e le procedure finalizzate a prevenire l'inquinamento atmosferico, idrico, del suolo ed a proteggere la salute umana; a tal fine esso disciplina:

- le procedure per il rilascio delle autorizzazioni alla costruzione e all'esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento;
- i valori limite delle emissioni di inquinanti provenienti dai suddetti impianti;
- i metodi di campionamento, di analisi e di valutazione delle emissioni;
- i criteri e le norme tecniche generali riguardanti le caratteristiche costruttive e fun-

zionali, nonché le condizioni di esercizio degli impianti;

- i criteri temporali di adeguamento degli impianti esistenti alle nuove disposizioni.

Inoltre in base a quanto riportato nell'allegato I al DLgs 59/2005 gli impianti di incenerimento di rifiuti urbani sono soggetti ad AIA qualora la capacità di trattamento sia superiore a 3 t/h (72 t/g). Le BAT da impiegare per gli impianti di incenerimento sono state individuate a livello europeo da uno specifico documento, il cosiddetto "BRef" (Best Available Techniques Reference Document on Waste Incineration), pubblicato dalla Commissione Europea nell'agosto 2006.



2. LA METODOLOGIA OPERATIVA

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



federambiente

2.1 L'INDIVIDUAZIONE DEGLI IMPIANTI E LA RACCOLTA DEI DATI

Le informazioni e i dati riportati nel presente documento derivano da un'indagine condotta congiuntamente da ENEA e Federambiente tra la fine del 2008 e i primi mesi del 2009, attraverso la distribuzione, a tutti gli impianti individuati sul territorio nazionale, di un apposito questionario integrato, se necessario, con opportune interviste telefoniche e richieste di ulteriori informazioni e/o chiarimenti.

2.1.1 Individuazione degli impianti

L'individuazione degli impianti oggetto dell'indagine ha richiesto una verifica preliminare finalizzata alla ricerca degli stessi sul territorio nazionale, raggruppabili nelle seguenti quattro macrocategorie:

1. impianti di trattamento meccanico, principalmente applicato a flussi di rifiuti urbani raccolti in maniera differenziata ai fini del loro riciclo in un processo produttivo;
2. impianti di trattamento meccanico-biologico, effettuato su frazioni raccolte in maniera differenziata (compostaggio, digestione anaerobica) o sui rifiuti urbani indifferenziati (biostabilizzazione, bioessiccazione, produzione CDR ecc).
3. impianti di trattamento termochimico, costituiti essenzialmente da impianti di incenerimento con recupero energetico;
4. impianti di trattamento termo-fisico.

Per quanto riguarda gli impianti di trattamento meccanico post raccolta differenziata si è fatto riferimento, per la definizione del campione, all'elenco di impianti fornito dall'associazione di categoria ASSOSELE che riunisce le imprese a capitale pubblico, integrato con ulteriori 7 impianti individuati nel corso di questa fase preliminare.

L'individuazione degli impianti è stata effettuata ricorrendo anche alle seguenti fonti:

- le più recenti edizioni (2007-2008) del "Rapporto Rifiuti" pubblicato annualmente dall'ISPRA (in precedenza APAT);
- l'elenco degli operatori aderenti al Consorzio Italiano Compostatori (CIC);
- l'effettuazione di interviste telefoniche a Amministrazioni Locali (Regioni, Province, Comuni) e a operatori industriali di settore quali fornitori di apparecchiature e gestori di impianti;
- ulteriori informazioni e dati disponibili, reperiti principalmente su internet (piani provinciali di gestione dei rifiuti, dichiarazioni ambientali, notiziari locali, siti web di società di gestione di rifiuti, di organismi pubblici, quali ARPA, ATO ecc).

Inoltre con riferimento ai dati riportati nel "Rapporto Rifiuti 2008" [4] si è deciso di limitare il campo di indagine agli impianti aventi capacità di trattamento superiore alle 1.000 t/a. Ciò in considerazione del fatto che in base alle informazioni ricevute, soprattutto da parte delle Amministrazioni Locali, quelli al di sotto di tale taglia non risultano rappresentativi in quanto seppur abbastanza numerosi (60) risultano riferibili quasi esclusivamente a piccole aziende agricole a conduzione familiare che producono compost per proprio utilizzo e coprono, in termini di capacità di trattamento, un quantitativo pari a circa lo 0,8% del totale (vedi punto 4.2.2).

Sempre con riferimento al suddetto rapporto dell'ISPRA non sono stati presi in considerazione, ai fini della definizione del parco nazionale degli impianti di trattamento

meccanico-biologico, quegli impianti che risultavano essere inattivi come pure quelli la cui operatività risultava sconosciuta e dei quali non è stato possibile accertare l'effettivo stato di funzionalità.

Per quanto riguarda specificatamente gli impianti di digestione anaerobica sono stati presi in considerazione solo quegli impianti che trattano (in maniera esclusiva o come flusso anche non prioritario) rifiuti di origine urbana, tralasciando quelli dedicati esclusivamente al trattamento di altre tipologie di rifiuti quali i fanghi, i reflui zootecnici e/o gli scarti dell'industria agro-alimentare.

L'elenco degli impianti è stato integrato con ulteriori 15 impianti (7 di compostaggio, 6 di TMB, 2 di digestione anaerobica), non menzionati dal Rapporto Rifiuti ISPRA 2008 (dati 2007), che sono stati individuati tramite questa verifica preliminare e che includono anche quelli entrati in esercizio o la cui realizzazione ha avuto inizio nel corso del 2008.

Per l'individuazione degli impianti di trattamento termico dei rifiuti si è fatto riferimento ai risultati riportati nella 2^a edizione del "Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia" [7], elaborato congiuntamente da ENEA e Federambiente.

Infine, per quanto riguarda l'impiego di tecnologie di trattamento di tipo termo-fisico non sono risultate essere presenti esperienze significative per questo tipo di trattamento a livello nazionale.

Sulla base dei risultati di questa verifica preliminare il numero degli impianti oggetto dell'indagine, nonché la loro capacità complessiva di trattamento, sono quelli riportati nella tabella 2.1.1.

Tabella 2.1.1– Impianti di trattamento di rifiuti urbani censiti

Categoria d'impianto	N°	Capacità di trattamento t/a
Trattamento meccanico post RD	33	n.d. ⁽¹⁾
Compostaggio	195	5.350.685
Trattamenti meccanico-biologici	135	14.539.369
Digestione anaerobica	10	487.000
Trattamenti termici	53	6.667.052
Totale	426	27.044.106⁽²⁾

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine
⁽¹⁾ Dato non disponibile per tutti gli impianti individuati ⁽²⁾ Esclusi gli impianti di trattamento meccanico post RD

Dall'esame della tabella 2.1.1 si può osservare che:

- il numero di impianti che trattano rifiuti urbani individuato dalla presente indagine è pari a 393 unità, cui corrisponde una capacità di trattamento complessiva di circa 27 Mt/a;
- a questi vanno aggiunti i 33 impianti di trattamento post RD (finalizzati quindi al riciclo di materiali in un ciclo produttivo) che costituiscono un campione parziale, ma che tuttavia può essere ritenuto sufficientemente rappresentativo della realtà nazionale per quanto concerne le operazioni di trattamento adottate.

Le informazioni generali (localizzazione, proprietario, gestore, bacino servito) per tutti gli impianti individuati sono riportati per ciascuna categoria nei rispettivi sub-allegati B1-B5 dell'Allegato B.

E' da rilevare che la capacità di trattamento complessiva riportata solo a titolo informativo sotto la voce "totale" nella tabella 2.1.1 (come pure nelle tabelle 2.1.2 e 2.1.3 che seguono) non risulta direttamente correlabile alla produzione totale di rifiuti urbani in quanto si tratta di voci non omogenee. Alcuni flussi di rifiuti sono sottoposti a dei trattamenti successivi "in serie" nello stesso impianto o nello stesso sito o, nella maggioranza dei casi, in impianti diversi per cui le rispettive capacità di trattamento non sono sommabili. E' questo, ad esempio, il caso degli impianti di TMB che producono CDR o frazione secca che vanno successivamente a recupero energetico o che inviano la frazione secca ad un impianto che produce CDR¹². E' inoltre da ricordare che negli stessi impianti vengono trattati anche rifiuti speciali, come ad esempio nel caso del recupero energetico¹³.

Un'ulteriore citazione va fatta per quegli impianti che dispongono di linee di trattamento in parallelo/serie (ad es.: una linea di compostaggio affiancata ad una di trattamento di RUR). In questi casi si è scelto di attribuire a ciascuna linea la capacità di trattamento in base alla propria funzionalità e non a quella totale del sito. Questa scelta permette di stimare senza ambiguità la reale potenzialità di trattamento per ciascun flusso di rifiuti (frazioni organiche selezionate per la produzione di compost, RUR per la produzione di FOS, di CDR e/o di frazione secca, frazioni inviate a recupero energetico ecc.). L'elenco completo degli impianti "multifunzione" è riportato nella tabella B.2.3.

2.1.2 La raccolta dei dati

Ai fini della raccolta dei dati, sono stati elaborati quattro distinti questionari in formato elettronico (riportati nell'Allegato D) per ciascuna delle tipologie impiantistiche oggetto dell'indagine.

I questionari messi a punto sono costituiti da tre schede riguardanti rispettivamente:

- **Informazioni generali:** denominazione e localizzazione dell'impianto, recapiti del proprietario e del gestore dell'impianto, nominativo di un referente.
- **Informazioni tecniche (al 31.12.2008):** caratteristiche tecnico-impiantistiche (comuni a tutte le tipologie: capacità, eventuali sistemi di certificazione posseduti, sequenza delle operazioni principali di trattamento, sistemi di controllo delle emissioni, caratteristiche dei sistemi di trattamento biologico (per i TMB e il compostaggio), caratte-

¹² In realtà i rifiuti che escono da impianti di trattamento di rifiuti urbani sono classificati per lo più come rifiuti speciali, per cui non sarebbero, a rigore, definibili come "impianti di trattamento di rifiuti urbani". Una distinzione in tal senso risulta praticamente impossibile (si pensi, ad esempio ad impianti di recupero energetico che trattano RUR/CDR o impianti di TMB che trattano RUR/sovvalli) se non per impianti che trattano unicamente residui da altri trattamenti quali, ad esempio, gli impianti recupero delle scorie di combustione, non presi in considerazione in questa indagine.

¹³ Proprio per il caso del recupero energetico è inoltre da ricordare che la taglia è legata al carico termico piuttosto che alla capacità ponderale; quest'ultimo valore, specie per impianti di non recente costruzione, può non rispecchiare l'effettiva potenzialità dell'impianto, a causa dell'incremento subito nel tempo dal PCI dei rifiuti che comporta conseguentemente una riduzione delle effettive quantità di rifiuti trattabili.

ristiche dei sistemi di combustione, di recupero energetico, di trattamento dei fumi, le modalità di monitoraggio delle emissioni (per i trattamenti termici), alcune voci economiche (costo di investimento e tariffa applicata)¹⁴.

- *Dati di esercizio (relativi all'anno 2007)*: ore di esercizio, quantità di rifiuti trattati e frazioni recuperate, perdite e residui di processo, energia prodotta (termica ed elettrica) laddove applicabile, consumi di servizi e reagenti; per i soli impianti di trattamento termico sono stati richiesti anche le caratteristiche delle emissioni gassose e degli effluenti liquidi.

2.1.3 Grado di copertura dell'indagine

Benché i questionari siano stati inviati a tutti i contatti individuati è stato possibile ottenere solo una risposta parziale tramite la ricezione degli stessi compilati. Il grado di copertura dell'indagine in base alle risposte ottenute da parte degli operatori contattati è illustrato nella tabella 2.1.2, sia in termini di numero di impianti che di capacità complessiva di trattamento.

Tabella 2.1.2– Grado di copertura delle risposte ricevute

Impianti censiti			Risposte ricevute			
Categoria d'impianto	N°	Capacità t/a	N°	Copertura %	Capacità t/a	Copertura %
Trattamento meccanico post RD	33	n.d. ⁽¹⁾	12	36,4	392.220	n.d. ⁽¹⁾
Compostaggio	195	5.350.685	60	30,8	1.855.100	34,7
Trattamenti meccanico-biologici	135	14.539.369	47	34,8	4.783.611	32,9
Digestione anaerobica	10	487.000	6	60,0	382.900	78,6
Trattamenti termici	53	6.667.052	48	90,6	5.740.777	86,1
Totale	426	27.044.106⁽²⁾	161	37,8	12.762.388⁽²⁾	47,2⁽²⁾

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Non valutabile in quanto non è disponibile la capacità complessiva di trattamento dei 33 impianti censiti

⁽²⁾ Esclusi gli impianti di trattamento meccanico post RD

Si può rilevare che il grado di copertura, in termini di capacità di trattamento, delle risposte ricevute è compreso tra circa il 33% dei TMB per arrivare a poco meno del 90% nel caso dei trattamenti termici.

Per colmare questo divario ed aumentare la rappresentatività del campione esaminato, si è provveduto per le voci più significative (stato funzionale, anno di avviamento, sequenza dei trattamenti, dati di esercizio del 2007) ad integrare le informazioni e i dati ricevuti tramite i questionari con quelli reperibili da fonti bibliografiche. In tale modo è stato possibile acquisire le caratteristiche principali di un certo numero di impianti e

¹⁴ Nel questionario sugli impianti di trattamento termico era prevista anche una quarta scheda supplementare per la raccolta dei dati economici, oltre ad un maggior dettaglio delle voci richieste. Ciò consegue dall'aggiornamento del primo "Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani" pubblicato nell'ottobre 2006, effettuato in parallelo a questa indagine.

di conseguenza definire l'insieme degli "impianti esaminati". Questa operazione ha permesso di coprire rispetto al totale di impianti censiti, una percentuale più soddisfacente sia in termini di numero di impianti che di capacità complessiva di trattamento (che va da un minimo di circa il 55% nel caso del compostaggio fino alla copertura totale della digestione anaerobica e dei trattamenti termici), come riportato sinteticamente nella tabella 2.1.3.

Tabella 2.1.3 – Grado di copertura degli impianti esaminati

Impianti censiti			Impianti esaminati			
Categoria d'impianto	N°	Capacità t/a	N°	Copertura %	Capacità t/a	Copertura %
Trattamento meccanico post RD	33	n.d. ⁽¹⁾	18	54,5	719.720	n.d. ⁽¹⁾
Compostaggio	195	5.350.685	97	49,7	2.919.440	54,5
Trattamenti meccanico-biologici	135	14.539.369	85	63,0	10.557.891	72,6
Digestione anaerobica	10	487.000	10	100	487.000	100
Trattamenti termici	53	6.667.052	53	100	6.667.052	100
Totale	426	27.044.106⁽²⁾	245	62,3⁽²⁾	20.631.383⁽²⁾	76,3⁽²⁾

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine
⁽¹⁾ Non valutabile in quanto non è disponibile la capacità complessiva di trattamento dei 33 impianti censiti
⁽²⁾ Esclusi gli impianti di trattamento post RD

Su questo insieme di impianti sono state eseguite le elaborazioni e le considerazioni riportate nel capitolo 4.0 che hanno permesso di caratterizzare l'impiantistica nazionale di trattamento dei rifiuti urbani.

2.2 LA QUALITÀ DEI DATI

Le schede ricevute sono caratterizzate da differenti gradi di accuratezza e completezza, sia in termini qualitativi che quantitativi.

Dall'esame dei dati riportati nei questionari compilati è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

1. **Scheda di informazioni generali:** risulta per la gran parte completata da tutti i soggetti interpellati, ad eccezione delle voci relative al numero di abitanti e comuni serviti, talvolta non compilate;
2. **Scheda di informazioni tecniche:** è caratterizzata da un grado soddisfacente di completezza per le voci più significative. Tuttavia, essa ha richiesto un esame per la verifica di congruità di alcune delle informazioni fornite, soprattutto per quanto riguarda:
 - la sequenza completa delle operazioni a partire dai pretrattamenti fino allo stadio finale di post-trattamento;
 - nel caso dei TMB l'esatta individuazione della tecnica di stabilizzazione aerobica (bioreattore o a cumuli) come, ad esempio, la distinzione tra i sistemi a cumuli rivoltati e quelli a bacino orizzontale, realizzati tramite un accoppiamento automatizzato

tra carroponte e coclee;

I parametri economici (costo di investimento e tariffa applicata) sono stati compilati in modo parziale in quanto ritenuti dati sensibili.

3. Scheda dati di esercizio: è stata compilata da tutti i soggetti, ad eccezione ovviamente degli impianti entrati in esercizio nel corso del 2008. I dati di esercizio degli impianti la cui configurazione è stata ricostruita con le informazioni bibliografiche sono stati ricavati da interviste telefoniche e, se necessario, integrati con altri desunti dal "Rapporto Rifiuti 2008" [4] dell'ISPRA. La qualità delle informazioni e dei dati, la loro congruenza ed il grado di completezza non sempre sono risultati soddisfacenti in quanto sovente forniti in modo parziale e, a volte, impreciso. Tra le voci per le quali si è registrato un buon livello di disponibilità si possono citare quelle relative ai quantitativi di rifiuti trattati e le ore annue di esercizio. Per contro sono risultati largamente incompleti i dati relativi alle perdite e agli scarti di processo; più soddisfacente e affidabile (anche se il dato non è stato reso disponibile da molti impianti) è risultato il valore dei consumi elettrici. Per quanto riguarda la produzione di compost, si è proceduto al confronto con la quantità di rifiuti trattati; tale confronto ha evidenziato rese caratterizzate da un valore medio associato ad una dispersione molto ampia, per cui è stato necessario procedere a successive interviste telefoniche di verifica. Ne è emerso che tali rese risultano molto influenzate dalla qualità dei rifiuti trattati, dal tenore di umidità del prodotto finale e dai tempi di maturazione.

Occorre tuttavia evidenziare che tramite successive richieste di integrazione e chiarimento si è riusciti in modo soddisfacente a superare in buona parte le problematiche sopra esposte, grazie anche alla disponibilità dimostrata dalla maggior parte dei soggetti interpellati.

2.3 L'ELABORAZIONE E LA SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI

Come già accennato, l'indagine condotta ha permesso di individuare due insiemi di dati relativi all'impiantistica di trattamento di rifiuti urbani a livello nazionale costituiti rispettivamente da:

- *gli impianti censiti*: insieme costituito dagli¹⁵ impianti di trattamento di rifiuti urbani individuati sul territorio nazionale. Di tale insieme sono disponibili le informazioni generali (localizzazione, proprietario, gestore ecc.) riportate nell'Allegato B, nonché alcune informazioni di carattere tecnico, tra le quali è sempre presente la capacità di trattamento autorizzata in tonnellate/anno;
- *gli impianti esaminati*: insieme costituito da quegli impianti per i quali è stato possibile, sia attraverso l'analisi delle schede ricevute, sia tramite il ricorso a fonti bibliografiche, acquisire un livello soddisfacente di informazioni e dati sia per quanto riguarda gli aspetti di carattere progettuale, sia per quanto riguarda quelli di carattere operativo. Tali impianti sono stati oggetto delle elaborazioni i cui risultati sono riportati nel capitolo 4.0 del presente rapporto e risultano essere rappresentativi del sistema nazionale, tenuto conto dei gradi di copertura caratteristici delle diverse categorie di impianto.

Al fine di fornire un quadro quanto più dettagliato ed esaustivo possibile della potenzialità complessiva di trattamento e di quella di recupero per ciascuna categoria di impianti si è proceduto, qualora necessario, ad integrare i dati operativi disponibili per l'anno 2007 con delle stime effettuate sulle seguenti basi:

- quantitativi di rifiuti trattati = (capacità di trattamento $\times \varphi$)
dove φ ("fattore di utilizzo") è stato ricavato come: (quantitativi di rifiuti trattati / capacità di trattamento) di tutti gli impianti per i quali sono disponibili i dati;
- quantitativi di materiali recuperati¹⁶ = (quantitativi di rifiuti trattati $\times \eta$)
dove η ("resa di conversione") è stato ricavato come: (quantitativi di materiali recuperati / quantitativi di rifiuti trattati) di tutti gli impianti per i quali sono disponibili i dati.

Ovviamente si è ricorsi a questa stima solo nei casi in cui non è stato possibile ricavare, neanche da fonti bibliografiche alternative, i relativi dati di interesse.

¹⁵ Fatta eccezione degli impianti di trattamento meccanico post RD, per i quali il campione preso in considerazione, anche se piuttosto limitato, può essere ritenuto sufficientemente rappresentativo della realtà nazionale per quanto riguarda le tecniche adottate; esso è costituito essenzialmente dagli impianti i cui gestori risultano associati ad ASSOSELE che ne ha fornito il relativo elenco.

¹⁶ Ad esempio: produzione di CDR, compost, biostabilizzato ecc.

2.4 STIMA DELLA POTENZIALITÀ DI TRATTAMENTO DEL PARCO IMPIANTISTICO

Come già discusso in precedenza (v. punto 2.1.1) la capacità complessiva di trattamento pari a circa 27 Mt/a riportata nelle tabelle 2.1.1 - 2.1.3 non risulta direttamente correlabile alla produzione totale di rifiuti urbani.

Al fine di effettuare una stima dell'effettiva potenzialità di trattamento del parco impiantistico nazionale si è fatto riferimento ai dati operativi relativi all'anno 2007, assumendo che:

i rifiuti oggetto di raccolta differenziata siano stati integralmente trattati¹⁷, ai fini del riciclo ("frazioni secche" in impianti di trattamento meccanico) e/o del recupero di materia ("frazioni umide" in impianti di compostaggio e digestione anaerobica);

i quantitativi totali di rifiuti trattati direttamente (vale a dire senza subire alcun tipo di pretrattamento negli impianti censiti) sono desunti sulla base delle percentuali ricavate dai dati relativi agli impianti esaminati, pari rispettivamente al 90,1% per i TMB e al 59,2% per i trattamenti termici (recupero energetico).

Su queste basi è possibile impostare un bilancio, così come riportato nella tabella 2.4.1.

Tabella 2.4.1- Bilancio dei rifiuti urbani (2007)

Voce	Quantità (t x 1000)			
	Totali	% RU	RU	% Produzione
a) Produzione	32.550	100	32.550	100
b) Raccolta differenziata	8.950	100	8.950	27,5
c) Trattamenti meccanico-biologici	10.081	90,1	9.083	27,9
d) Trattamenti termici	4.445	59,2	2.631	8,1
e=b)+c)+d) Totale trattamenti	--	--	20.664	63,5
f= a)-e) Differenza	--	--	11.886	36,5

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

Con le dovute cautele i risultati ottenuti consentono di concludere che il quantitativo massimo di RU che vengono trattati ai fini del recupero e/o dello smaltimento è pari a circa 20,66 Mt, mentre la quota rimanente, pari ad almeno 11,89 Mt, finisce direttamente in discarica senza subire alcuna forma di trattamento.

3. LE TECNICHE ADOTTATE

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



federambiente

Vengono di seguito esaminati i principi, le finalità e i campi di applicazione dei vari trattamenti applicabili ai RU, raggruppabili come:

- meccanici;
- meccanico-biologici;
- termochimici;
- termofisici.

Le apparecchiature di trattamento, i sistemi di trattamento degli effluenti gassosi, nonché alcuni aspetti impiantistici relativi a ciascuna delle suddette tipologie vengono descritti in dettaglio nell'Allegato A.

3.1 I TRATTAMENTI DI TIPO MECCANICO

3.1.1. *Principi, campo di applicazione, finalità*

Questa categoria include quei trattamenti, di natura prettamente meccanica, che possono essere applicati sia ai rifiuti urbani provenienti da raccolta differenziata, sia ai RUR. Nel primo caso lo scopo è di selezionare frazioni merceologiche valorizzabili (carta, plastica rigida e flessibile, legno, vetro, metalli ferrosi e non ecc) in modo da renderle idonee per la successiva fase di riciclo.

Nel secondo caso invece l'obiettivo è quello di separare la frazione secca da quella umida in modo da favorire i successivi processi di stabilizzazione biologica e al contempo il recupero di materiali valorizzabili. I trattamenti meccanici includono anche le operazioni di confezionamento dei prodotti ottenuti ai fini del loro conferimento finale.

Le principali finalità dei trattamenti meccanici includono dunque:

- la rimozione di frazioni indesiderate;
- la separazione di flussi di materiali ai fini della loro valorizzazione;
- la raffinazione dei prodotti ottenuti;
- la riduzione del tenore di umidità;
- il conferimento della forma finale ai materiali destinati al recupero.

Le tecniche adottate per conseguire tali obiettivi prevedono:

- la riduzione dimensionale;
- la vagliatura (di tipo dimensionale, gravimetrico o densimetrico);
- la separazione sulla base delle diverse proprietà elettrostatiche o ottiche dei materiali;
- la cernita manuale;
- l'essiccamento;
- la pressatura, l'estrusione, l'addensamento in balle.

Come si vedrà meglio in seguito, la maggior parte delle tecniche sopra elencate sono comuni sia alle piattaforme di post raccolta differenziata sia agli impianti di trattamento meccanico-biologico; alcuni tipi di selezione invece, come la cernita manuale e la separazione sulla base di proprietà ottiche ed elettrostatiche interessano solo i trattamenti di post raccolta differenziata, in quanto necessari per garantire il richiesto livello di qualità del prodotto finale.

3.1.2 I trattamenti post raccolta differenziata

Gli impianti di selezione post raccolta differenziata si articolano in operazioni di sola natura meccanica. Il materiale in ingresso può essere costituito sia da frazioni merceologiche omogenee (carta e cartone, plastica, vetro ecc.), sia miste, provenienti da raccolta multimateriale (plastica, vetro, metalli). Tale circostanza condiziona l'articolazione delle successive operazioni di selezione.

Gli impianti di trattamento ("piattaforme di recupero") hanno come obiettivo di migliorare la qualità dei materiali raccolti e di renderli idonei per il riciclo o il riutilizzo in accordo alla vigente normativa (es.: DM 5 febbraio 1998) e nel rispetto di standard qualitativi quali quelli previsti dagli allegati tecnici all'Accordo Quadro ANCI-CONAI.

3.1.2.1 Il trattamento di flussi di rifiuti da raccolta monomateriale

Le frazioni provenienti da raccolta monomateriale possono riguardare:

- materiali cellulósici provenienti dalla raccolta stradale della carta, dalle rese di giornali e riviste, dal conferimento di imballaggi di cartone di esercizi commerciali ecc;
- bottiglie in PET e buste in PE provenienti da raccolta eterogenea della plastica alla quale si applicano trattamenti di selezione sulla base della densità o del colore; da questi trattamenti viene di norma scartata la plastica non proveniente da imballaggi come il polistirene (PS) e il cloruro di polivinile (PVC);
- rottame vetroso proveniente dalla raccolta stradale del vetro dal quale devono essere rimosse le impurezze (metalli, materiali organici, ceramici e porcellana, pietre);
- pallets e materiale ingombrante in legno, provenienti da conferimenti di esercizi commerciali, mercati ortofrutticoli e isole ecologiche.

I trattamenti per il recupero di carta e cartone

I trattamenti per la selezione dei materiali cellulósici (figura 3.1.1) consistono per lo più in una cernita manuale seguita da compattazione e confezionamento del materiale in balle. In funzione dell'ingombro il cartone da imballaggio può essere sottoposto a triturazione e separato dalle frazioni più leggere per via gravimetrica. Per le riviste può essere previsto un trattamento a parte di disinchiostrazione che viene di norma effettuato in cartiera.

I trattamenti per il recupero della plastica

I rifiuti della raccolta monomateriale della plastica (figura 3.1.1) subiscono all'inizio una vagliatura dimensionale allo scopo di eliminare frazioni estranee di dimensioni piuttosto ridotte (metalli, oggetti in plastica ecc.). Per alcune configurazioni si hanno più stadi di vagliatura dimensionale allo scopo di produrre correnti di materiale di pezzatura uniforme da avviare a linee dedicate di cernita manuale. Questa può essere condotta per selezione negativa (scelta adottata di norma) eliminando il materiale di scarto e facendo proseguire la frazione valorizzabile ai successivi stadi di trattamento o per selezione positiva.

In alternativa alla selezione manuale gli impianti più recenti utilizzano lettori ottici per separare le plastiche secondo le diverse tipologie di polimero: polietilentereftalato

(PET), polietilene (PE), polipropilene (PP). Alla separazione per polimero si può aggiungere quella per colore applicata di norma al PET. Le partite di resine selezionate vengono compattate e imballate per essere consegnate alle industrie di riciclaggio. Il materiale rimanente, costituito principalmente da metalli, viene trattato mediante correnti indotte e separazione magnetica. Lo scarto prima di essere inviato in discarica o ad incenerimento viene compattato e imballato.

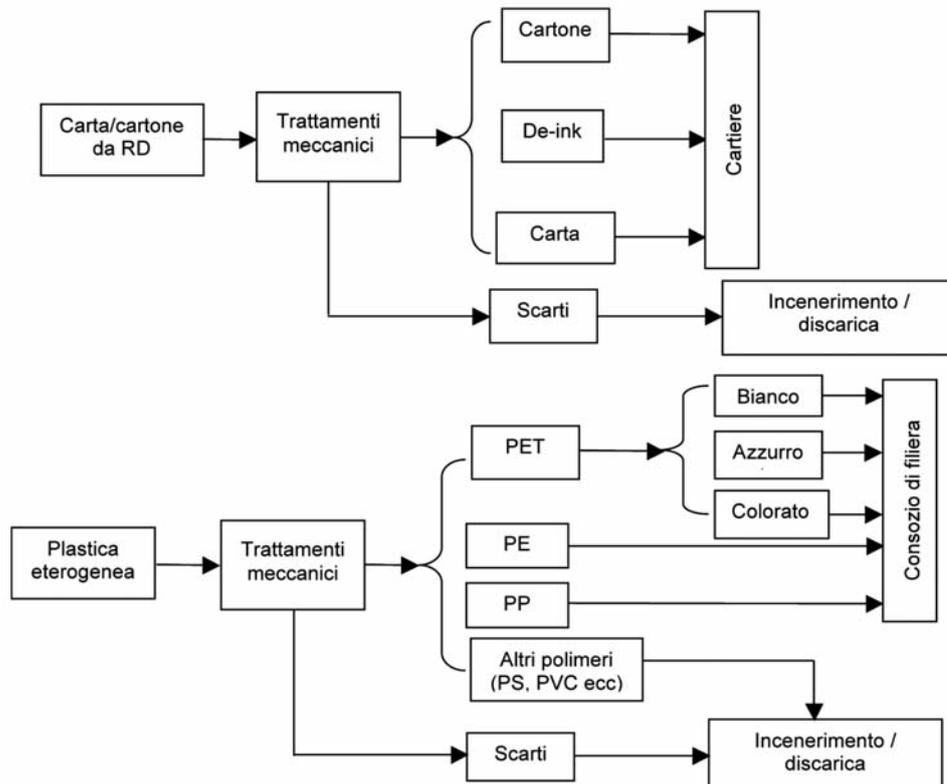
I trattamenti per il recupero del vetro

Il rottame vetroso proveniente dalla raccolta viene trattato in impianti che applicano il principio della selezione negativa. Dopo un primo stadio di cernita manuale nel quale vengono rimossi materiali estranei (plastica, carta, inerti di varia natura ecc.) si ha uno stadio di separazione magnetica per l'allontanamento dei metalli, seguito da uno di separazione dimensionale per l'allontanamento dei fini e da uno di vagliatura gravimetrica per la separazione delle frazioni leggere (carta e plastica). Possono infine essere previsti ulteriori passaggi al separatore magnetico o al sistema a correnti indotte ed eventualmente la cernita manuale, in modo da ottenere un materiale "pronto forno".

Figura 3.1.1

Schema di principio della selezione di carta e plastica post RD monomateriale

Elaborazione ENEA



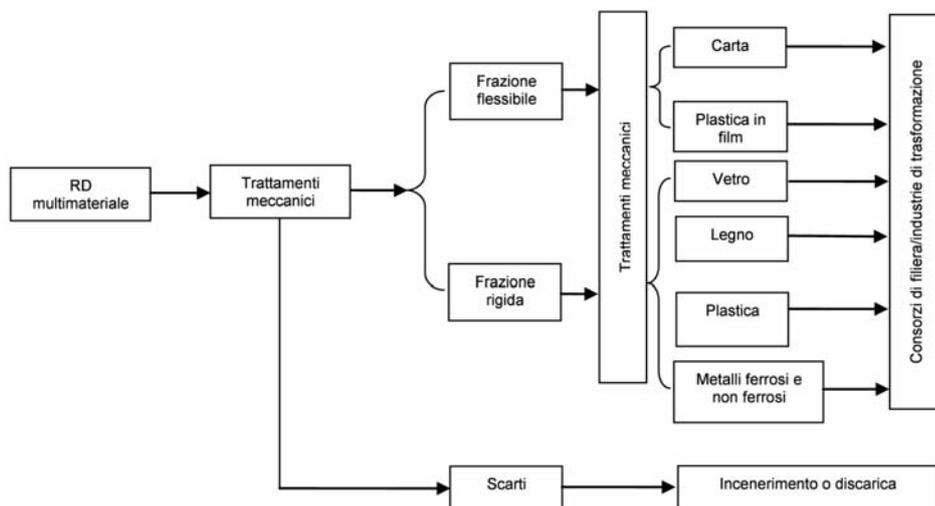
3.1.2.2 Il trattamento di flussi di rifiuti da raccolta multimateriale

I trattamenti di selezione vengono applicati alle raccolte multimateriale di rifiuti di vetro, latte/lattine in metalli (ferrosi e non), imballaggi in PET e PE, film in PE, frazione mista contenente soprattutto carta. A causa degli standard qualitativi da garantire in uscita non si è ancora raggiunto un grado di automazione tale da poter prescindere da uno stadio di selezione manuale inserito lungo più sezioni della linea di trattamento. I sistemi automatici di selezione riescono invece a separare la frazione flessibile costituita da film di plastica e carta, da quella rigida costituita da bottiglie di plastica e barattoli di alluminio/banda stagnata secondo lo schema di principio rappresentato nella figura 3.1.2.

In base alla complessità dell'impianto, il processo può limitarsi ad una prima grossolana separazione delle frazioni rigida/flessibile, da trattare in impianti successivi, o ad una ulteriore raffinazione delle singole frazioni merceologiche mediante operazioni successive di vagliatura. La separazione tra frazione rigida e flessibile si attua per via densimetrica sottoponendo il materiale ad un flusso di corrente d'aria in grado di trascinare la frazione flessibile più leggera e di lasciare depositata quella rigida più pesante. Alla frazione flessibile si applica successivamente una vagliatura basata sulla differenza di densità e resistenza all'attrito in aria in modo da separare la carta dalla plastica presente come film. Alla frazione rigida si applica dapprima una separazione di tipo magnetico per rimuovere i barattoli in banda stagnata ed i metalli ferrosi, cui segue una separazione a correnti indotte per la rimozione dell'alluminio. Segue poi una vagliatura basata sulla differenza di densità, inerzia o proprietà aerodinamiche per separare le bottiglie di plastica da una parte e il vetro e i ceramici dall'altra. Da ciascuna operazione di separazione/vagliatura si ottiene uno scarto di materiali misti di granulometria fine.

Figura 3.1.2
Schema di principio della selezione post RD multimateriale

Elaborazione ENEA



Nell'articolazione delle diverse fasi di trattamento possono essere presenti operazioni di pretrattamento che servono ad omogeneizzare, mescolare e preparare il materiale da separare (tritrazioni e selezione manuale). In particolare, la selezione manuale ha il compito di rimuovere dalla linea di produzione principale il materiale estraneo e non processabile dall'impianto; questa operazione ha anche una funzione di protezione delle apparecchiature a valle, per impedirne possibili danneggiamenti. Negli impianti in cui è richiesta la separazione della plastica per tipologia di polimero o per colore, viene prevista ancora la selezione manuale oppure quella a lettura ottica.

3.1.3 I trattamenti dei rifiuti urbani indifferenziati

3.1.3.1 Pretrattamenti

I trattamenti meccanici di tipo primario dei RUR si articolano in una frantumazione-triturazione grossolana cui segue una vagliatura primaria per la separazione della frazione secca dalla frazione umida. Tali operazioni sono spesso precedute da pretrattamenti, posti all'ingresso della linea di selezione, che hanno il duplice scopo di proteggere le apparecchiature da rischi di danneggiamento o inceppamento e di omogeneizzare il materiale. I pretrattamenti prevedono la rottura dei sacchi e la rimozione di materiali indesiderati (ingombranti, rottami metallici, scarti legnosi, inerti).

3.1.3.2 Triturazione primaria

A valle dei pretrattamenti i RUR subiscono una triturazione, detta primaria, che ha l'obiettivo di rendere omogeneo il materiale e ridurre la pezzatura della sostanza organica fibrosa mediante un'azione di taglio o di urto, favorendone il successivo passaggio attraverso le maglie del vaglio.

I principali parametri operativi che ne influenzano le prestazioni sono:

- la velocità di rotazione;
- la capacità volumetrica;
- le dimensioni e la forma;
- il peso degli elementi attivi trituranti.

3.1.3.3 Selezione primaria

I rifiuti omogeneizzati tramite la triturazione primaria vengono sottoposti a vagliatura (detta "primaria") per la separazione in una frazione secca e in una umida.

La separazione è ottenuta per via dimensionale tramite una superficie dotata di fori raggruppati o meno in classi di dimensioni omogenee. In presenza di fori di diverse dimensioni gli stadi successivi al primo costituiscono la selezione secondaria.

Nel materiale raccolto nelle tramogge sottostanti il separatore ("sottovaglio") si concentra la frazione umida a prevalenza di sostanza organica, mentre quello di dimensioni maggiori ("sopravaglio" o "sovrvallo") costituisce la frazione secca dei rifiuti. Tale flusso risulta arricchito in carta, plastica, fibre tessili, gomma, cuoio, metalli e legno; nel caso in cui non siano richiesti ulteriori trattamenti di raffinazione viene addensato in balle

e conferito in discarica o destinato a recupero energetico.

In alternativa all'utilizzo della vagliatura dimensionale è possibile separare la frazione secca da quella umida mediante un processo di presso-estrazione. Il trattamento consiste nel sottoporre il materiale a pressioni elevate (dell'ordine di centinaia di bar) in modo da estrarre una frazione umida avente dimensioni anche di un ordine di grandezza inferiore a quella impiegata nei comuni vagli a tamburo. In questo modo è possibile, a prezzo di elevati consumi energetici, ottenere da un lato una frazione organica della consistenza di un fango, in cui lo scarto di materiali inerti, carta e plastica risulta notevolmente ridotto, e dall'altro una frazione secca sufficientemente priva di umidità e di composti organici, da sottoporre alle successive operazioni di raffinazione.

3.1.3.4 Trattamenti finali

I trattamenti di raffinazione riguardano la frazione secca e la frazione organica stabilizzata (v. punto 3.2.3).

La raffinazione della frazione secca prodotta dalla vagliatura primaria ha lo scopo di concentrare le frazioni combustibili dei rifiuti e di recuperare i residui dei metalli ancora presenti. Nel caso in cui le sue caratteristiche chimico-fisiche soddisfino i requisiti stabiliti dal DM 5 febbraio 1998, la frazione secca raffinata costituisce il "combustibile da rifiuti" (CDR), mentre lo scarto, contenente soprattutto inerti, è destinato alla discarica. Sul piano operativo possono essere applicati due distinti criteri. Il primo, detto "attivo", è finalizzato ad ottenere frazioni ad alto potere calorifico e ridotto contenuto di inquinanti; la sua applicazione ha come conseguenza un maggiore quantitativo di scarti da smaltire in discarica, solo in parte bilanciato dalle migliori caratteristiche qualitative del combustibile derivato. Nell'altro caso ("passivo") si cerca invece di eliminare le frazioni indesiderabili limitando allo stesso tempo il quantitativo di scarti da smaltire in discarica.

I trattamenti di raffinazione si articolano nelle seguenti operazioni, in funzione delle frazioni da rimuovere:

- separazione magnetica per i metalli ferrosi;
- separazione a correnti indotte per i metalli non ferrosi;
- separazione degli inerti in base alla diversa densità, inerzia e resistenza aerodinamica dei materiali;
- separazione dimensionale della frazione organica residua ("vagliatura secondaria").

I trattamenti di raffinazione applicati alla frazione organica stabilizzata possono essere previsti all'uscita dallo stadio di biossidazione accelerata, ma anche alla fine della fase di maturazione. Essi hanno lo scopo sia di rimuovere i materiali estranei, che sono di ostacolo all'azione dei microrganismi, sia eventualmente di riciclare lo strutturante in testa al trattamento.

La rimozione delle sostanze estranee (metalli, vetro, inerti, gomme e plastiche) avviene mediante operazioni analoghe a quelle descritte in precedenza. I sistemi basati sulla diversa resistenza aerodinamica o sulla diversa densità dei materiali permettono di allontanare le sostanze più leggere della frazione organica quali gomma e plastica, oppure più pesanti come il vetro e gli inerti. I metalli ferrosi sono recuperati per separazione magnetica, quelli non ferrosi per induzione e lo strutturante lignocellulosico

viene separato mediante vagliatura dimensionale.

A valle dei trattamenti di raffinazione il CDR prodotto può essere ulteriormente elaborato per rispondere ai requisiti richiesti dall'utilizzatore finale, quali il tenore di umidità, la granulometria, la densità e la forma. Se necessario l'umidità può essere rimossa per essiccazione, cui segue l'eventuale confezionamento. Il prodotto finale può presentarsi in forma sfusa, granulare, addensato in balle o compresso in pellets (cilindretti) o bricchette (parallelepipedi).

Ciascuna di queste alternative richiede specifici trattamenti meccanici costituiti da:

- triturazione e vagliatura dimensionale (CDR sfuso);
- pressatura e/o densificazione (CDR in balle);
- compressione ed estrusione (CDR in pellets/bricchette).

3.2 I TRATTAMENTI DI TIPO BIOLOGICO E MECCANICO-BIOLOGICO

3.2.1 Principi, campo di applicazione, finalità

Per trattamento meccanico si intende l'applicazione di operazioni meccaniche di triturazione, vagliatura e compattazione sia per ottenere componenti merceologiche riciclabili dalla frazione secca dei rifiuti, sia per predisporre la frazione organica ai successivi trattamenti di biostabilizzazione.

Per trattamento biologico, si intende, secondo la definizione riportata nelle Linee Guida relative agli impianti di gestione dei rifiuti [9], "un processo di mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili e l'igienizzazione e pastorizzazione del prodotto".

I trattamenti combinati di tipo meccanico-biologico (TMB) sono stati originariamente messi a punto per conseguire la stabilizzazione biologica della frazione organica putrescibile (FORU) al fine di un suo eventuale recupero come materiale ammendante. In tempi più recenti essi hanno assunto altre finalità quali la stabilizzazione della frazione umida che residua da impianti di produzione di CDR, nonché per rispondere all'esigenza di ridurre la quantità di rifiuto biodegradabile da conferire in discarica¹⁸.

Un ulteriore parametro da prendere in considerazione riguarda la configurazione impiantistica adottata che individua due distinte modalità di trattamento classificabili come:

- "a flusso separato" qualora il trattamento biologico viene applicato alla sola frazione umida, precedentemente separata meccanicamente;
- "a flusso unico" se invece la corrente di rifiuti in ingresso all'impianto viene sottoposta nel suo complesso a dei trattamenti di tipo meccanico-biologico.

¹⁸ L'obiettivo rientra tra quelli indicati dalla Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche dei rifiuti, recepita in Italia con DLgs 36/2003 dove all'articolo 5 comma 1 recita: "ciascuna regione elabora ed approva un apposito programma per la riduzione dei rifiuti biodegradabili da collocare in discarica, ... allo scopo di raggiungere a livello provinciale i seguenti obiettivi: ... punto c) entro quindici anni dall'entrata in vigore del presente decreto i rifiuti urbani biodegradabili devono essere inferiori a 81 kg/anno per abitante".

Lo schema di figura 3.2.1 aiuta ad individuare le differenze tra le due modalità di trattamento.

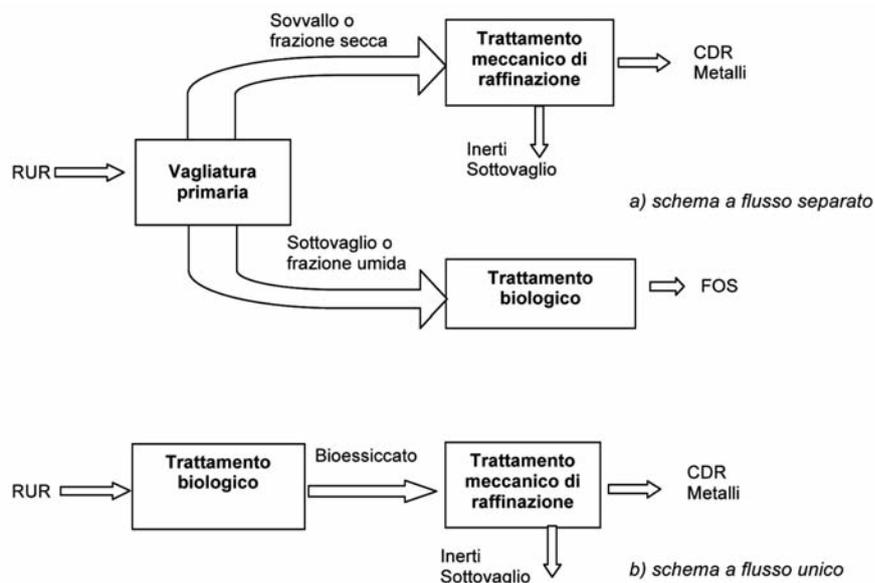
Come si può rilevare nel caso di flusso separato le due correnti vengono ottenute mediante un'operazione di vagliatura primaria.

Il sopravaglio o sovrvallo è costituito da un materiale secco di pezzatura grossolana, ricco di componenti ad elevato potere calorifico; il sottovaglio è caratterizzato invece da una pezzatura ridotta ed è ricco di materiale organico putrescibile da avviare al successivo trattamento di biostabilizzazione. Nel caso di flusso unico il trattamento biologico costituisce la prima operazione mentre il trattamento meccanico successivo ha il compito di raffinare il prodotto organico stabilizzato rimuovendo ogni residuo estraneo agli usi finali, come plastica, carta, metalli, vetro, inerti.

Infine per i sistemi di TMB si parlerà di produzione di compost, produzione di CDR, produzione di biostabilizzato da conferire in discarica, produzione di biogas per la generazione di energia termica e/o elettrica quando si intende dare rilevanza alla finalità del trattamento; viceversa si parlerà di digestione aerobica, bioessiccazione o digestione anaerobica quando si vuole porre l'accento sulle caratteristiche del processo biologico.

Figura 3.2.1
Schema di principio della configurazione a flusso unico e separato

Elaborazione ENEA



3.2.1.1 La digestione aerobica

La biostabilizzazione consiste in un processo di digestione aerobica della FOP, vale a dire in un processo ossidativo da parte di microrganismi allo scopo di ottenere un materiale il più possibile stabile da un punto di vista biologico, detto "frazione organica stabilizzata" (FOS). Il processo è accompagnato da rilascio di calore e conversione in CO₂ e H₂O di parte della sostanza biodegradabile (a base di biomassa). Come conseguenza si riscontra una perdita in peso e una riduzione del tenore di umidità del materiale trattato. Allo scopo di conseguire il più elevato grado di stabilizzazione della FOP è necessario assicurare la più completa rimozione di sostanza inorganica estranea (vetro, plastica, metalli ecc.).

3.2.1.2 La digestione anaerobica

Oltre all'azione di batteri sulla massa organica in condizioni aerobiche, esiste un'altra classe di batteri che può operare in assenza di ossigeno ("condizioni anaerobiche"). Tale processo viene definito come digestione anaerobica ed è rappresentato schematicamente nella figura 3.2.2. L'azione dei microrganismi anaerobici dà luogo ad un gas, denominato biogas, costituito principalmente da metano e anidride carbonica, con potere calorifico variabile tra 20 e 25 MJ/Nm³ e ad un residuo fangoso denominato "digestato" suscettibile di una seconda digestione, in condizioni aerobiche per la produzione di compost (vedi punto 3.2.2).

Diversamente dalla digestione aerobica i microrganismi necessitano in questo caso di condizioni chimico-fisiche estremamente controllate, per cui il processo deve avvenire in un reattore.

I microrganismi operano in questo caso non su una massa solida ma su una sospensione acquosa più o meno diluita. In funzione della concentrazione di sostanza solida la digestione anaerobica è classificata in "wet" (contenuto di solidi <12%), "semidry" (contenuto di solidi compreso tra 12% e 20%) e "dry" (contenuto di solidi >20%) che, ove realizzabile, risulterebbe la soluzione da preferirsi.

Rispetto alla modalità di alimentazione al reattore, il trattamento può essere continuo o discontinuo. Il primo è più diffuso perché assicura un maggiore controllo degli odori e in tal caso si utilizza un reattore che in funzione del tipo di miscelazione, può essere:

- continuo ad agitazione ("continuous stirred tank reactor", CSTR);
- a flusso a pistone ("plug-flow reactor") se la sospensione viene spinta lungo l'asse longitudinale attraverso fasi di processo via via diverse.

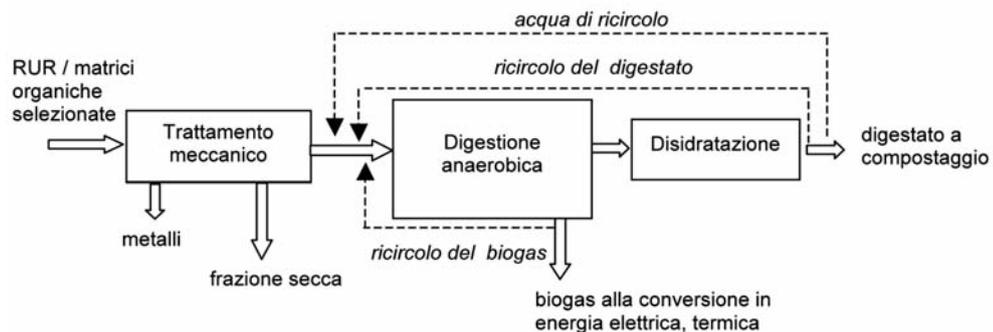
Nel caso di processo discontinuo il tipo di reattore adottato è quello ad agitazione. Un'ulteriore classificazione riguarda le condizioni di temperatura (mesofile, termofile) alle quali operano i batteri.

In condizioni mesofile i batteri agiscono ad una temperatura di circa 35°C, mentre in condizioni termofile ad una temperatura di circa 55°C. Le condizioni termofile hanno il vantaggio di abbreviare i tempi del trattamento (si stima una media inferiore ai 20 giorni), mentre per le condizioni mesofile i tempi sono compresi tra i 15 e i 40 giorni. Come svantaggio tuttavia, il regime termofilo presenta elevati consumi di energia e maggiori costi, oltre ad una maggiore difficoltà nel garantire la vita dei batteri. Per que-

sto motivo il processo mesofilo risulta essere più diffuso.

Figura 3.2.2
Schema di principio della digestione anaerobica

Elaborazione ENEA



La digestione anaerobica può operare su matrici organiche diverse, non solo sulla frazione organica (FO) da raccolta differenziata, dando luogo corrispondentemente a diversi intervalli di produzione di biogas per sostanza solida trattata. La tabella 3.2.1 riporta un'indicazione delle prestazioni conseguibili in termini di produzione specifica di biogas in funzione delle matrici organiche trattate.

Tabella 3.2.1 – Produzione specifica di biogas per alcune tipologie di rifiuti (Nm³/SV)

Matrice organica	Biogas prodotto
Deiezioni animali (suini, bovini, avinicoli)	200 - 500
Residui colturali (paglia, colletti barbabietole ecc.)	350 - 400
Scarti organici agroindustria (siero, scarti vegetali, lieviti, fanghi e reflui di distillerie ecc.)	400 - 800
Scarti organici di macellazione	550 - 1.000
Fanghi di depurazione acque	250 - 350
Frazione organica selezionata	400 - 600
Colture energetiche	550 - 750

SV = Solidi volatili: frazione della sostanza secca costituita da sostanza organica
Fonte: CIC [10]

3.2.2 Il compostaggio

Il compostaggio (figura 3.2.3), come la biostabilizzazione e la bioessiccazione, è un trattamento di digestione aerobica, operato in questo caso su matrici organiche selezionate da RD, non contaminate all'origine da sostanze pericolose (es.: metalli e

idrocarburi). Il prodotto ottenuto (“compost”) è quindi identificabile come un fertilizzante organico umificato, e può trovare impiego in agricoltura come ammendante. La digestione aerobica può aver luogo o in cumuli aerati attraverso un solo stadio naturale di ossidazione, o in un reattore chiuso che consente di ridurre i tempi di trattamento, al quale fa seguito uno stadio finale di maturazione in cumuli aerati.

L’impianto può trattare secondo rapporti di miscelazione adeguati, insieme o singolarmente, matrici putrescibili (scarti alimentari) e scarti ligno-cellulosici (verde, ramaglie ecc.). I parametri da tenere sotto controllo nell’evoluzione del processo sono:

- l’umidità;
- la presenza di nutrienti (carbonio, azoto, fosforo);
- il pH;
- la temperatura ;
- il grado di aerazione.

La componente putrescibile è caratterizzata da maggiore tenore di umidità e di biodegradabilità rispetto a quella strutturante. Nel caso quindi di trattamento combinato a monte della digestione aerobica vera e propria viene previsto uno stadio di miscelazione, accompagnata da un’eventuale umidificazione con acqua (richiesta di norma nel caso di compostaggio del verde).

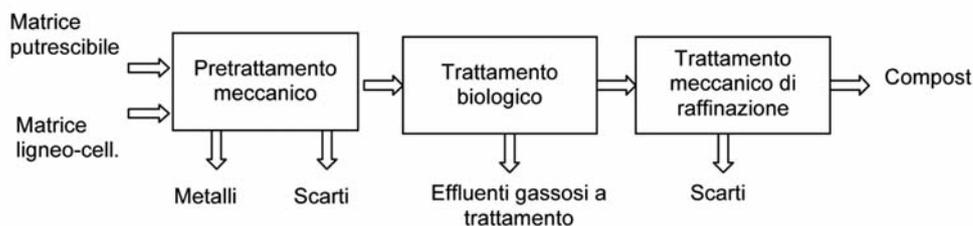
Le due matrici in ingresso possono essere soggette a pretrattamenti meccanici.

Nel caso in cui la matrice putrescibile sia frazione organica da raccolta differenziata di RU può essere previsto un trattamento meccanico di vagliatura per separare eventuali materiali estranei (metalli, film di plastica, vetro ecc.).

Sia la matrice putrescibile che il verde possono essere soggetti inoltre ad un trattamento di triturazione per aumentare la superficie specifica e favorire le reazioni biologiche in presenza di aria. Il trattamento meccanico è presente anche a valle dello stadio di maturazione, allo scopo di rimuovere ulteriormente i materiali estranei (film di plastica, inerti ecc.), non allontanati in fase di pretrattamento.

Figura 3.2.3 Schema di principio del compostaggio

Elaborazione ENEA



3.2.3 La biostabilizzazione

La biostabilizzazione (figura 3.2.4) consiste nella produzione di frazione organica stabilizzata (FOS) a partire dalla frazione umida dei RUR.

Tale trattamento si articola in due fasi:

- un primo stadio di selezione meccanica, nel quale vengono rimosse le frazioni indesiderate (ingombranti, inerti) e viene ottenuta la separazione dimensionale in una frazione secca (sovvallo) e in una umida (sottovaglio);
- uno stadio di digestione aerobica della frazione umida, che può prevedere una triturazione del materiale per accelerare i processi biologici e una separazione magnetica per la rimozione dei metalli ferrosi.

Figura 3.2.4

Schema di principio di TMB di biostabilizzazione a singolo (a) e doppio stadio (b)

Elaborazione ENEA



La biostabilizzazione può essere condotta in cumuli a singolo stadio o in reattori chiusi a doppio stadio. Il trattamento in cumuli attua i processi ossidativi con una modalità blanda, basandosi sugli scambi naturali aria - sostanza putrescibile. Se da una parte richiede bassi consumi di energia, dall'altra necessita di lunghi tempi di digestione.

Per ovviare a questo inconveniente si ricorre ai sistemi in reattori chiusi. Il trattamento avviene in questo caso in due fasi che prevedono:

- un primo stadio di "ossidazione accelerata" in reattore chiuso, in cui il contatto aria-frazione putrescibile è intensificato e il prodotto in uscita risulta in gran parte stabilizzato;
- un secondo stadio, detto di "maturazione" nel quale il prodotto parzialmente stabilizzato completa il processo mediante il sistema a cumuli; il contatto con l'aria avviene naturalmente o tramite periodici rivoltamenti.

Al termine, il prodotto maturato viene sottoposto ad un trattamento finale di raffinazione tramite sistemi meccanici di triturazione e vagliatura.

3.2.4 La bioessiccazione

Il trattamento di bioessiccazione (figura 3.2.5) viene condotto secondo la modalità del flusso unico, vale a dire che i RUR vengono sottoposti a digestione aerobica senza alcuna operazione meccanica di pretrattamento, se non un'eventuale triturazione finalizzata all'aumento della superficie di evaporazione e di scambio della massa.

I processi ossidativi innescati dai microrganismi sono accompagnati da rilascio di calore che induce una forte perdita di umidità (dell'ordine del 7-15 %, in funzione dell'umidità iniziale) e di peso con conversione di parte della frazione biodegradabile in anidride carbonica. Nel materiale bioessiccato i processi fermentativi risultano inibiti, ma non si consegue la completa stabilizzazione del materiale a causa della ridotta durata del trattamento e della presenza di contaminanti inorganici (metalli, vetro, plastica ecc.).

In uscita dallo stadio biologico il materiale bioessiccato può essere sottoposto ad una fase di raffinazione mediante operazioni meccaniche (triturazione, vagliatura ecc.) finalizzate alla rimozione di metalli ed inerti.

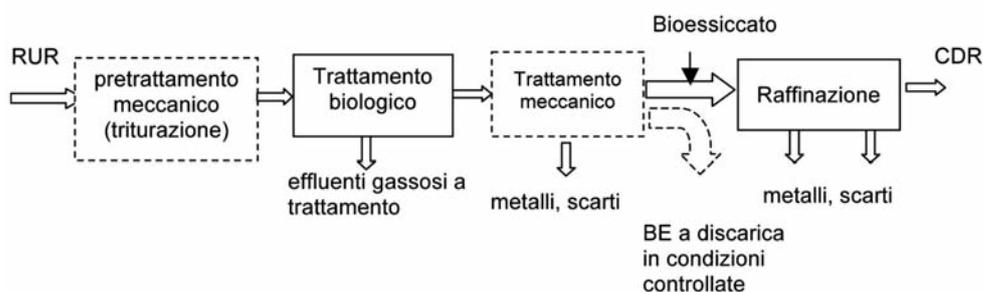
Il materiale ottenuto presenta buon potere calorifico e, qualora raffinato, risponde alle caratteristiche di un CDR. E' da rilevare che, rispetto a quello prodotto con le modalità del flusso separato, il CDR da bioessiccazione ingloba anche la frazione organica privata di gran parte dell'umidità. E' quindi possibile conseguire maggiori rese percentuali (40-50%) rispetto alla modalità tradizionale (25-35%), a parità di quantitativi di RUR in ingresso.

Lo stadio finale della produzione di CDR può prevedere, se richiesto, un trattamento finalizzato ad ottenere una determinata forma fisica (pellets, bricchette ecc) con cui viene conferito all'utilizzatore finale (cementifici, impianti dedicati di recupero energetico ecc.).

Se lo scopo del processo si limita invece all'ottenimento di un bioessiccato (BE), occorre tenere presente che il materiale non ha completato i processi di biodegradazione che risultano solo temporaneamente inibiti a causa del ridotto tenore di umidità che non consente un'adeguata proliferazione dei microrganismi.

Figura 3.2.5
Schema di principio di TMB di bioessiccazione per produzione di CDR /BE

Elaborazione ENEA



3.2.5 La produzione di biogas

Questa tecnica, rappresentata in forma schematica nella figura 3.2.6, prevede un trattamento di tipo biologico che può consistere alternativamente in un singolo stadio di sola digestione anaerobica o in un doppio stadio così articolato:

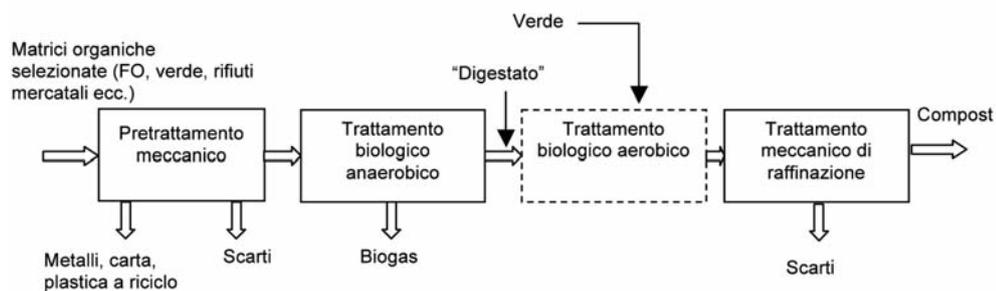
- un trattamento di digestione anaerobica finalizzato alla produzione di biogas;
- un trattamento secondario di digestione aerobica applicato al digestato e ad altre eventuali matrici organiche, per la produzione di compost o di un biostabilizzato.

Come nei casi precedenti il trattamento meccanico consiste in operazioni di riduzione della pezzatura e successiva vagliatura, nonché di eventuale miscelazione allo scopo di adattare l'alimentazione alle condizioni ottimali del processo biologico di digestione in assenza di ossigeno.

Figura 3.2.6

Schema di principio della digestione anaerobica con produzione di biogas

Elaborazione ENEA



Il biogas ottenuto nella digestione anaerobica può essere utilizzato in situ per la produzione di energia elettrica o termica, eventualmente anche in combinazione fra di loro (impianto di cogenerazione), impiegando anche altri combustibili tradizionali ovvero biogas provenienti da altre fonti quali discariche o impianti di trattamento di acque reflue.

3.2.6 La produzione di combustibile derivato da rifiuti

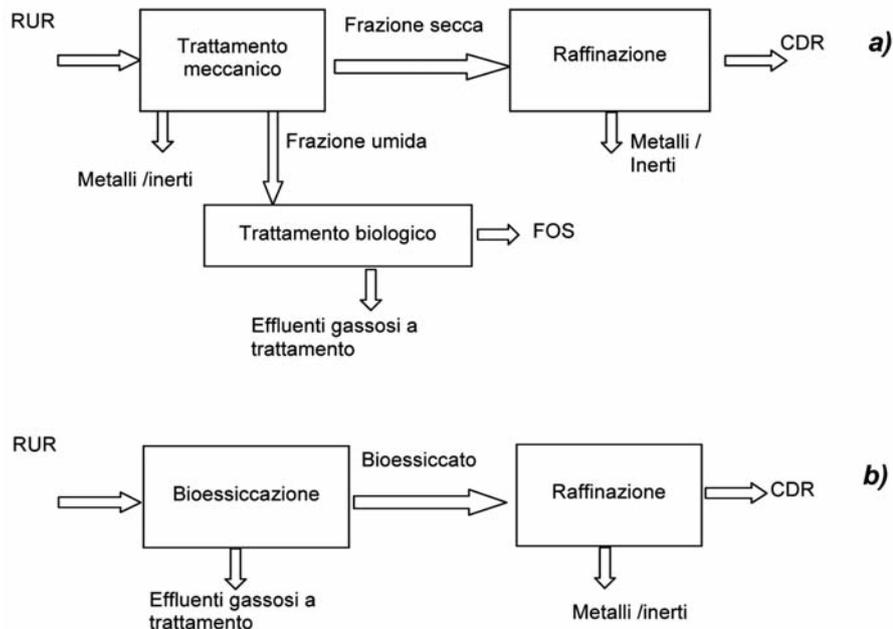
Il trattamento meccanico biologico finalizzato alla produzione di un CDR può presentare due configurazioni diverse, in funzione principalmente del tipo di flusso (separato o unico) adottato, che a sua volta presuppone l'adozione di un differente trattamento biologico (biostabilizzazione o bioessiccazione), così come rappresentato in figura 3.2.1.

La configurazione a flusso separato (figura 3.2.7a) prevede la produzione di CDR dalla raffinazione meccanica della frazione secca ottenuta dalla vagliatura primaria, mentre la seconda (flusso unico) dalla raffinazione meccanica del bioessiccato (figura 3.2.7b).

Figura 3.2.7

Produzione di CDR nelle configurazioni a flusso separato (a) e unico (b)

Elaborazione ENEA



La prima soluzione (la più "antica" e ancora oggi la più diffusa) è concettualmente analoga ad un impianto di biostabilizzazione per la produzione della FOS. Sulla frazione secca proveniente dalla vagliatura primaria, vengono effettuate alcune operazioni di raffinazione di natura dimensionale, densimetrica o gravimetrica per la separazione degli inerti. I metalli ferrosi e non ferrosi invece vengono allontanati rispettivamente mediante separazione magnetica e correnti indotte.

Il materiale finale deve rispondere ai requisiti fissati dalla vigente normativa in tema di caratteristiche chimico-fisiche minimali e di contenuto massimo ammissibile di umidità, ceneri ed inquinanti.

Per quanto riguarda invece l'aspetto fisico del prodotto (addensato, pellettizzato o polverulento) per il conferimento all'utilizzatore finale, questo viene ottenuto mediante triturazione finale e successiva compattazione meccanica.

Il sistema a flusso unico si basa invece sul principio della bioessiccazione, precedentemente descritta. Il materiale bioessiccato subisce un trattamento meccanico finale di raffinazione, del tutto analogo a quello previsto per il sistema a flusso separato. La resa in CDR risulta in questo caso maggiore, poiché rimane inglobata anche la frazione organica. Analogamente al sistema a flusso separato possono essere previste le operazioni finali necessarie per il confezionamento del prodotto (triturazione seguita da compattazione meccanica).

3.3 I TRATTAMENTI DI TIPO TERMOCHIMICO

3.3.1 Principi, campo di applicazione, finalità

I trattamenti di tipo termochimico sfruttano l'azione del calore (ottenuto tramite la combustione del rifiuto stesso o tramite una sorgente esterna di energia) per far avvenire reazioni di tipo chimico in grado di trasformare la frazione organica dei rifiuti (solidi, nel caso dei RU) in composti più semplici, per lo più di tipo gassoso.

I trattamenti di tipo termochimico sono tutti riconducibili all'applicazione (anche combinata) di tre distinti processi individuabili come:

- combustione;
- gassificazione;
- pirolisi.

3.3.2 I trattamenti termici

La combustione diretta dei rifiuti (o "incenerimento") è un processo di ossidazione delle sostanze combustibili presenti nei rifiuti (del tutto simile a quello che avviene nella combustione di combustibili fossili per la produzione di energia), il cui scopo principale è quello di convertire composti putrescibili e potenzialmente patogeni (è il caso dei RU) o perché presentano caratteristiche di nocività (è il caso di alcuni rifiuti speciali di origine industriale) in composti gassosi (acqua, anidride carbonica) ed in residui solidi praticamente inerti (scorie o ceneri pesanti).

Esso è dunque una tecnica di smaltimento di rifiuti finalizzata all'ossidazione della frazione combustibile, con conseguenti notevoli riduzioni in massa e volume. La sua efficacia è misurata in termini di distruzione e rimozione delle sostanze inquinanti anche se tale definizione andrebbe applicata, a rigore, al solo incenerimento dei rifiuti pericolosi per i quali vale appieno il concetto di «termodistruzione». Per i RU e per alcune tipologie di rifiuti speciali, invece, l'incenerimento ha come funzione principale la drastica riduzione del volume, combinata con il recupero energetico (sotto forma di energia elettrica e/o termica) del calore contenuto nei fumi di combustione.

Il processo di gassificazione consiste nella conversione di un materiale solido o liquido in un gas combustibile, ottenuta tramite un'ossidazione parziale con un agente ossidante costituito da aria, aria arricchita con ossigeno, ossigeno puro. Il gas prodotto presenta un contenuto energetico (potere calorifico inferiore, PCI) piuttosto ridotto, in funzione delle caratteristiche del materiale trattato e delle condizioni operative e può essere impiegato come combustibile in un generatore di vapore, anche se il suo impiego ottimale dovrebbe essere in apparecchiature ad alta efficienza quali i motori a combustione interna o le turbine a gas.

Il processo di pirolisi consiste nella degradazione termica di un materiale, in assenza di aria, tramite l'azione di energia fornita dall'esterno, di norma attraverso la combustione di parte dei prodotti ottenuti. L'azione del calore comporta la rottura delle molecole complesse con produzione di un gas, di una frazione liquida a temperatura ambiente (olio) e di un residuo solido ancora combustibile (char), le cui rispettive caratteristiche e quantità dipendono, oltre che dal tipo di materiale trattato, dalle condizioni opera-

tive alle quali viene condotto il processo.

I trattamenti al plasma applicati ai RUR/CDR possono essere classificati come processi di pirolisi/gassificazione (spesso in combinazione fra di loro) nei quali l'energia necessaria viene trasferita ai rifiuti attraverso un gas ionizzato ("plasma") ottenuto tramite la somministrazione di una scarica elettrica. Sebbene percepita come una forma innovativa di trattamento ad alto contenuto tecnologico e promossa soprattutto a livello politico in molte realtà si tratta di una tecnica consolidata da decenni per applicazioni industriali di nicchia (es.: deposizione di rivestimenti su materiali metallici o vetrosi). Nel campo del trattamento dei rifiuti il suo impiego è stato sinora ristretto alla trasformazione, ad elevate temperature, di rifiuti particolari, quali quelli altamente pericolosi o radioattivi, in residui "inerti", previa loro fusione. Allo stato attuale può essere ritenuta una tecnologia non provata per l'applicazione ai rifiuti di origine urbana¹⁹.

Occorre rilevare che al termine "gassificazione" può essere attribuito un significato piuttosto ampio, comprendente, in senso lato, qualsiasi trattamento termico innovativo di materiali solidi di scarto, finalizzato alla produzione di un gas derivato ("syngas") da impiegare principalmente come combustibile per la produzione di energia. In tale accezione essa include anche la pirolisi o i trattamenti che si basano sulla combinazione di due o più processi di trattamento termico nonché i trattamenti basati sull'utilizzo di tecnologie al plasma²⁰ (vedi punto 3.3.3).

L'interesse nei confronti di queste tecniche innovative di trattamento termico è determinato essenzialmente dalle potenzialità che esse offrono in termini di incremento del rendimento di recupero del contenuto energetico dei rifiuti, di riduzione delle portate di effluenti gassosi da sottoporre a trattamenti depurativi, di miglioramento delle caratteristiche d'inertizzazione dei residui solidi.

A questi potenziali vantaggi fanno riscontro alcuni aspetti, principalmente di carattere tecnico-economico, che ne hanno frenato ad oggi la loro applicazione su vasta scala, quali i problemi di natura tecnica tuttora irrisolti (scale-up degli impianti alla scala industriale, tecniche e sistemi di pretrattamento ed alimentazione dei rifiuti, di depurazione spinta del syngas grezzo, di conversione dello stesso in energia elettrica tramite soluzioni impiantistiche ad elevata efficienza), le incertezze di tipo economico legate alla definizione dei costi di trattamento (a causa della limitata esperienza acquisita nell'esercizio di impianti industriali), la necessità di mettere in atto ulteriori programmi di R&S.

Occorre infine rilevare che con il termine incenerimento viene di norma identificata la combustione diretta dei rifiuti anche se, in accordo a quanto enunciato all'art. 3 della direttiva 2000/76/CE (ripresa a livello nazionale dal DLgs 133/2005) in tale accezione sono inclusi anche "...altri procedimenti di trattamento termico quali, ad esempio, la pi-

¹⁹ A livello commerciale risultano operativi solo due impianti di taglia ridotta in Giappone (tecnologia Hitachi Metals), oltre ad alcune esperienze a livello semi-commerciale/dimostrativo/pilota a livello mondiale.

²⁰ E' da sottolineare come i tre processi (combustione, pirolisi, gassificazione) siano omnicomprensivi di tutte le tecnologie di trattamento termico dei rifiuti che possono essere sempre ricondotte ad uno o ad una combinazione dei suddetti processi. Anche altre tecnologie, caratterizzate spesso da nomi fantasiosi, possono essere sempre ricondotte ad uno o più dei suddetti processi. Tra questi la più nota è sicuramente la "dissociazione molecolare" che ha individuato in passato una combustione ad alta temperatura con ossigeno puro e, più recentemente, un processo discontinuo di gassificazione con aria.

rolisi, la gassificazione e i procedimenti del plasma, sempre che le sostanze risultanti dal trattamento termico siano successivamente incenerite”.

In altre parole anche gli impianti basati su processi termici operanti in condizioni parzialmente ossidative (gassificazione) o in atmosfera inerte (pirolisi), qualora i prodotti risultanti dal trattamento (principalmente il gas derivato o “syngas” e, in misura minore le frazioni liquide o “tar” e solide o “char” combustibili) siano combustibili “tal quali”, senza alcun trattamento preventivo, all’interno dello stesso impianto sono, dal punto di vista normativo equiparate alla combustione diretta dei rifiuti.

La normativa vigente a livello nazionale e la convenienza economica suggeriscono l’adozione di sistemi avanzati di recupero energetico (da cui i neologismi “termovalorizzazione” e “termoutilizzazione”) attraverso la produzione di energia termica e/o elettrica, anche in combinazione.

3.3.3 Il recupero energetico

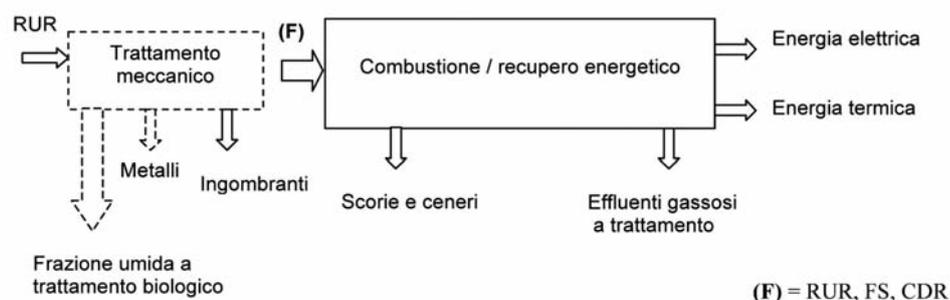
Nel caso della combustione diretta (vedi schema di principio di figura 3.3.1) la produzione di energia elettrica può essere realizzata unicamente attraverso l’adozione di un ciclo termico che prevede la produzione vapore surriscaldato che tramite la sua espansione in una turbina trascina un generatore.

Ai fini del trattamento i RUR possono seguire due strade:

- essere avviati direttamente alla valorizzazione energetica senza alcun pretrattamento, fatta eccezione per la rimozione dei cosiddetti “rifiuti ingombranti” (mobili, apparecchiature elettriche/elettroniche, elettrodomestici ecc.);
- essere avviati ad un impianto di pretrattamento dove attraverso una serie di operazioni di trattamento di tipo TMB è possibile ottenere la “frazione secca” o il CDR, caratterizzato da una migliore omogeneità e da un ridotto contenuto di umidità, oltre che da un minore contenuto di inquinanti.

Figura 3.3.1
Schema di principio della combustione diretta con recupero energetico

Elaborazione ENEA



Non è possibile definire una soluzione ottimale per tutti i vari contesti locali anche se

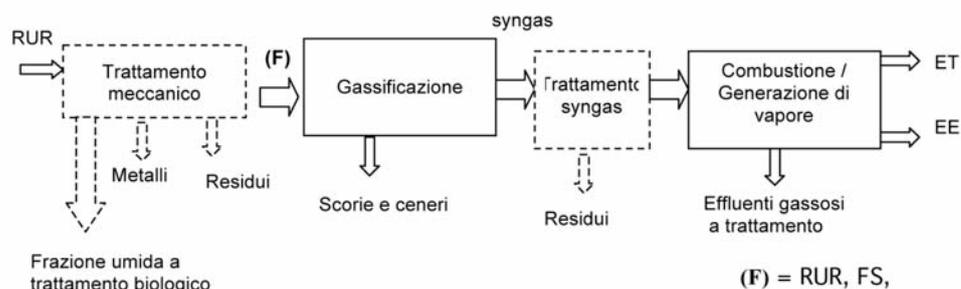
i risultati di analisi e studi effettuati a riguardo farebbero propendere per la soluzione di cui al punto a) per i grossi centri urbani (elevata produzione di rifiuti) mentre l'alternativa b) potrebbe trovare applicazione in contesti caratterizzati da ridotte produzioni di rifiuti diffuse sul territorio, che possono rendere antieconomico la realizzazione di termovalorizzatori di piccole dimensioni. Il CDR prodotto dovrebbe trovare in tal caso impiego preferibilmente come combustibile alternativo in impianti industriali esistenti.

Per quanto riguarda la gassificazione, (intesa nell'accezione più ampia che include anche la pirolisi ed i processi combinati), anche se non esiste una definizione "codificata", occorre distinguere due diverse modalità di sfruttamento energetico del syngas che prevedono rispettivamente:

- la combustione diretta del gas così come prodotto oppure dopo trattamenti grossolani, in sistemi convenzionali di combustione (es.: generatore di vapore) basati sull'impiego di un ciclo termico per la produzione di energia elettrica, del tutto simile a quello adottato nel caso di combustione diretta dei rifiuti (convenzionalmente definibile come gassificazione di tipo "termico" e rappresentata in figura 3.3.2 mediante uno schema di principio);
- l'utilizzo del gas di sintesi in installazioni non costituite da centrali termiche convenzionali, ma bensì di trasformazione diretta ad elevata efficienza (motori alternativi, turbine a gas, cicli combinati), previa depurazione spinta (identificabile come gassificazione di tipo "elettrico" e rappresentata in figura 3.3.3 mediante uno schema di principio).

Figura 3.3.2
Schema di principio della gassificazione di tipo "termico"

Elaborazione ENEA



Legenda: EE = energia elettrica; ET = energia termica

Nella gassificazione di tipo "termico" il gas grezzo prodotto viene combusto senza prevedere trattamenti preventivi di depurazione tesi all'eliminazione delle polveri trascinata, del TAR e degli altri inquinanti presenti (HCl, H₂S, SO₂ ecc.), in modo da produrre energia elettrica tramite un ciclo termico a vapore. I fumi esausti debbono, ovviamente, essere trattati a valle della combustione, come avviene in un tradizionale impianto di combustione diretta dei rifiuti, dalla quale questa soluzione non differisce sostanzial-

mente. La differenziazione diviene pressoché formale in alcuni casi nei quali non è possibile separare fisicamente la fase di pirolisi/gassificazione da quella di combustione finale del gas derivato, per cui il trattamento viene a configurarsi come un incenerimento in due stadi e come tale, giustamente, sottoposto a tutte le prescrizioni e le normative ad esso applicabili²¹.

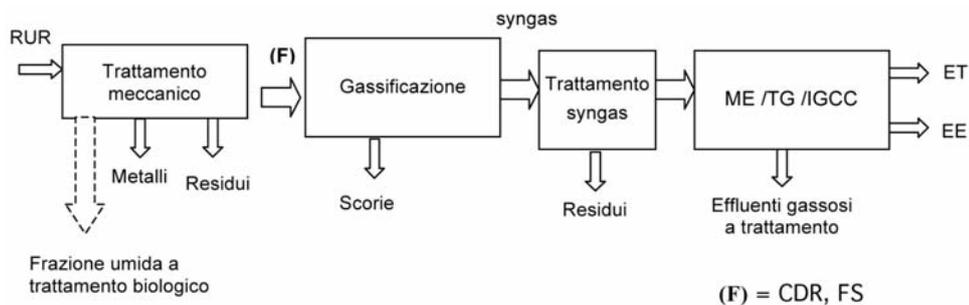
Nella gassificazione di tipo "elettrico", invece, risultano ben distinte le due fasi della "produzione del gas derivato" e del suo successivo "impiego in turbina o motore endotermico" per la produzione di energia elettrica, previo un trattamento spinto di depurazione²².

La produzione di un vero e proprio combustibile gassoso destinato ad essere impiegato in una turbina consente l'adozione di cicli combinati turbina a gas/turbina a vapore, soluzione che offre la possibilità di incrementare notevolmente il rendimento di conversione in energia elettrica, con conseguenti benefici di carattere economico ed ambientale.

Tuttavia, allo stato attuale, la quasi totalità degli impianti attualmente operativi (salvo rare eccezioni, come si vedrà meglio in seguito) adotta la soluzione di tipo "termico" principalmente a causa delle difficoltà di carattere tecnico-gestionale, che implicano risvolti negativi sul piano economico, connesse con la depurazione spinta del syngas, dalla quale non è possibile prescindere nel caso dell'alternativa di tipo "elettrico".

Figura 3.3.3
Schema di principio della gassificazione di "tipo elettrico"

Elaborazione ENEA



Legenda: EE = produzione di energia elettrica; ET = produzione di energia termica tramite scambiatori di calore; ME = motore endotermico; TG = turbina a gas; IGCC = ciclo combinato;

²¹ In pratica tale tecnica non differisce sostanzialmente da quanto avviene in una camera di combustione nella quale ad una prima fase di condizioni substechiometriche (vale a dire in carenza di ossigeno), segue un secondo stadio di combustione con eccesso di ossigeno, ottenuto tramite l'iniezione di aria secondaria. E' ovvio tuttavia che i fornitori di tali tecnologie tendano a commercializzare tali impianti come impianti di gassificazione, al fine di eludere proprio la diffusa ostilità da parte dell'opinione pubblica nei confronti dell'incenerimento.

²² Questo non esclude affatto che per il rispetto dei limiti alle emissioni i fumi di scarico dalla turbina o dal motore non debbano essere sottoposti a trattamenti finali per la riduzione, ad esempio, del monossido di carbonio e degli ossidi di azoto, inquinanti tipici legati alle modalità operative di tali apparecchiature.

3.4 I TRATTAMENTI DI TIPO TERMOFISICO

3.4.1 Principi, campo di applicazione, finalità

I trattamenti termofisici prevedono l'impiego combinato di energia termica e meccanica per consentire l'igienizzazione dei rifiuti e favorire, al tempo stesso, il recupero delle frazioni valorizzabili.

L'applicazione delle due componenti energetiche in serie può essere alternata, dando luogo a due distinte forme di trattamento:

- i trattamenti termo-meccanici, in cui lo stadio termico precede quello meccanico;
- i trattamenti mecano-termici, in cui lo stadio meccanico precede quello termico.

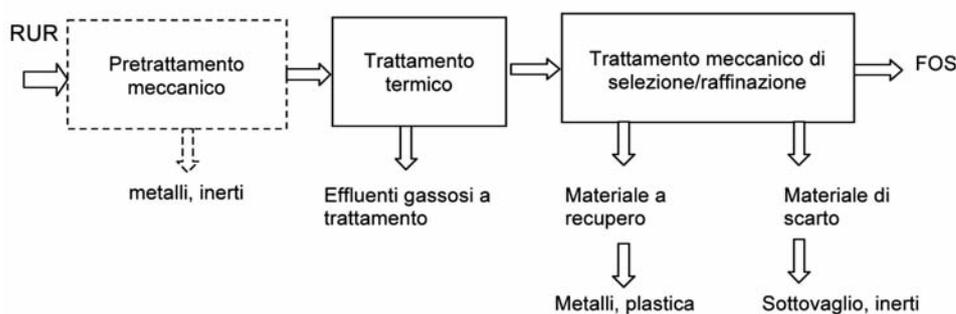
In aggiunta a questi va menzionata anche la possibilità di applicare solo dei trattamenti meccanici, facendo uso di elevati livelli di pressione (con conseguenti elevati consumi energetici) per ottenere una separazione spinta della frazione umida da quella secca.

3.4.2 I trattamenti termo-meccanici

I trattamenti di tipo termo-meccanico (figura 3.4.1) prevedono una prima fase di essiccazione dei rifiuti in ingresso ottenuta tramite la fornitura di energia (termica o elettrica) dall'esterno, cui segue una fase di tipo meccanico di selezione per il recupero di frazioni valorizzabili. La fase termica deve in pratica assicurare l'igienizzazione del rifiuto riducendone l'umidità ed eliminando l'azione batterica.

Figura 3.4.1
Schema di principio per i trattamenti termo-meccanici

Elaborazione ENEA



L'essiccazione può essere realizzata per convezione, mediante contatto diretto con una corrente d'aria calda o indiretto tramite una superficie riscaldante, oppure tramite trattamento in autoclave. Il successivo stadio di trattamento meccanico ricalca le configurazioni previste per i trattamenti meccanico biologici già descritti al punto 3.2.

In pratica i trattamenti di tipo termo-meccanico svolgono la stessa funzione di quelli

TMB ai fini dell'igienizzazione della massa organica fermentabile; l'unica differenza risiede nel fatto che in questo caso essa viene conseguita mediante somministrazione di calore dall'esterno anziché sfruttare quello prodotto da processi biologici di aerobiosi.

Un'altra differenza sostanziale risiede nel fatto che nei trattamenti di tipo termo-meccanico è possibile conseguire la completa sterilizzazione dei rifiuti a scapito della perdita della frazione biogenica; frazione biogenica che viene mantenuta inalterata nel caso dei TMB che per contro non sono mai in grado di assicurare l'eliminazione completa del contenuto batterico a causa della presenza di una, seppure esigua, frazione residua putrescibile.

Proprio la possibilità di conseguire una drastica riduzione del contenuto di umidità e quindi della putrescibilità e del contenuto batterico dei rifiuti costituisce la principale attrattiva di questo tipo di trattamenti; per contro presentano come grande svantaggio la richiesta di elevati consumi energetici, circostanza questa che ne ha frenato la loro diffusione in Italia.

3.4.3 I trattamenti meccano-termici

Questi trattamenti (figura 3.4.2) prevedono un primo stadio meccanico di compressione/compattazione dei rifiuti, seguito da un'eventuale fase termica di essiccazione.

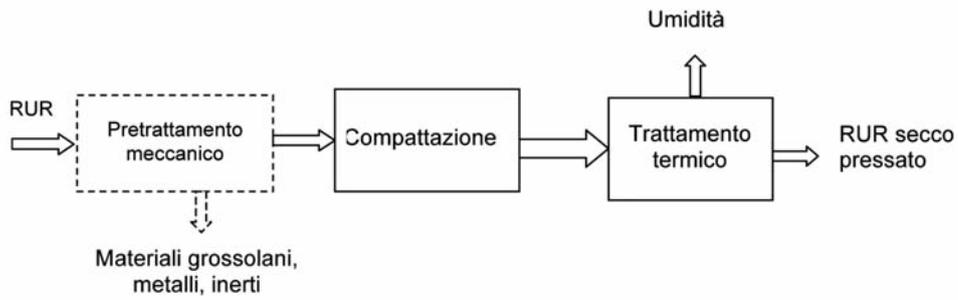
I rifiuti vengono in questo caso sottoposti a compressione in una camera chiusa e allo stesso tempo a riscaldamento per contatto diretto con superfici riscaldanti in modo da provocarne un'essiccazione spinta e una contestuale riduzione volumetrica in massa. Un eventuale pretrattamento meccanico a monte consente di recuperare le frazioni più grossolane, quali rottami metallici e ingombranti.

Il prodotto finale è un compattato essiccato a geometria definita agevole da trasportare e stoccare senza rischi di fermentazione a breve termine. E' tuttavia necessario che vengano garantite condizioni controllate per lo stoccaggio a lungo termine per assicurare la stabilità meccanica del compattato e l'isolamento dalle acque meteoriche che potrebbero favorire l'innesco di processi di degradazione anaerobica.

Anche questa classe di trattamenti, a causa degli elevati consumi energetici richiesti e dell'incertezza sulla effettiva stabilità biologica del prodotto finale, non ha trovato diffusione in Italia.

Figura 3.4.2 Schema di principio per i trattamenti meccano-termici

Elaborazione ENEA



4. LA SITUAZIONE ATTUALE

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



federambiente

Vengono di seguito discussi le informazioni e i dati, ricavati sia dall'esame dei questionari compilati sia da fonti bibliografiche, relativi alle seguenti categorie di impianti:

- trattamento meccanico post RD;
- compostaggio di frazioni selezionate;
- trattamento meccanico-biologico (TMB);
- digestione anaerobica;
- trattamento termico (essenzialmente incenerimento con recupero energetico)²³.

4.1 GLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO MECCANICO POST RACCOLTA DIFFERENZIATA

4.1.1 Il quadro di sintesi

Un quadro di sintesi, aggiornato al 31 dicembre 2008, relativo agli impianti esaminati è riportato nella tabella 4.1.1. Come già accennato in precedenza (v. capitolo 2) occorre ricordare che si tratta di un campione di impianti che, benché di numero limitato, può tuttavia ritenersi rappresentativo delle tecniche di trattamento adottate.

Dall'esame della tabella 4.1.1 è possibile rilevare che:

- sono stati esaminati, tramite i questionari e le informazioni ricavate da fonti bibliografiche, 18 impianti, per un totale di 24 linee, aventi una capacità di trattamento complessiva pari a 0,72 Mt/a;
- di questi impianti, 17 risultano operativi (per complessive 23 linee), mentre uno è in corso di realizzazione.

La situazione di dettaglio (anno di avviamento/ultima ristrutturazione, numero di linee, stato di funzionamento, capacità di trattamento e sequenza dei trattamenti previsti) è riportata nell'Allegato B.

Tabella 4.1.1 – Impianti di trattamento post raccolta differenziata

	Impianti	Linee	Capacità di trattamento
	N°		t/a
Esaminati	18	24	719.720
<i>di cui in:</i>			
Esercizio	17	23	712.220
Realizzazione	1	1	7.500

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

²³ Fatta eccezione dell'impianto di gassificazione installato presso la discarica di Malagrotta (RM), in fase di avviamento.

E' interessante notare la distribuzione degli impianti sul territorio nazionale, riportata nella tabella 4.1.2.

Si può osservare come la maggior parte degli impianti (13) sia localizzata nelle regioni nel Nord, presentando una distribuzione dell'80% circa in termini di capacità di trattamento, seguita dal Centro con quasi il 16% e dal Sud con il 4%.

Tabella 4.1.2 - Distribuzione per area geografica degli impianti di trattamento post RD esaminati

	N°	%	Capacità di trattamento t/a	%
Nord	13	72,2	577.120	80,2
Centro	3	16,7	113.600	15,8
Sud	2	11,1	29.000	4,0
Totale Italia	18	100	719.720	100

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA

4.1.2 La capacità di trattamento

La capacità di trattamento di un impianto in termini ponderali è data dalla somma delle singole capacità delle linee che lo costituiscono.

Dall'esame della figura 4.1.1 si rileva come la maggior parte degli impianti (7) abbiano una capacità compresa tra le 30.000 e le 50.000 t/a, 5 superino le 50.000 t/a e appena 2 presentino una capacità inferiore a 10.000 t/a.

Figura 4.1.1
Distribuzione degli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

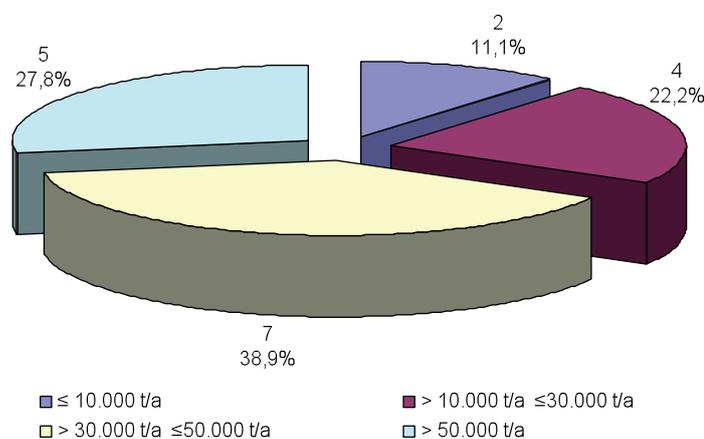
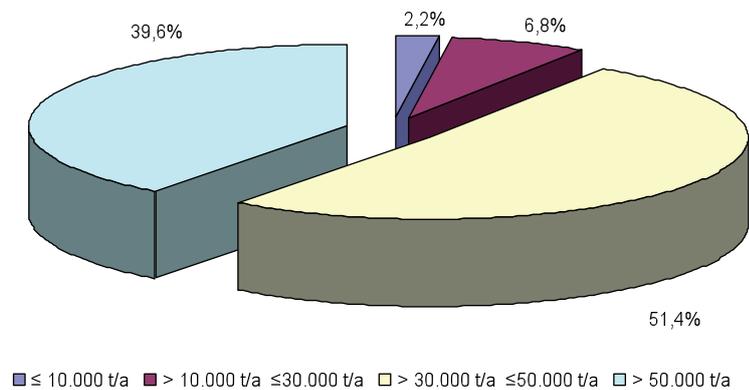


Figura 4.1.2 Capacità di trattamento degli impianti esaminati per classi

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



I risultati mostrati nella figura 4.1.1 sono nella sostanza confermati dalla figura 4.1.2 che mostra come la maggiore capacità di trattamento (51%) è concentrata tra le 30.000 e le 50.000 t/a; d'altra parte i due impianti di capacità inferiore a 10.000 t/a coprono una quota di appena il 2%, mentre i 5 impianti maggiori di 50.000 t/a raggiungono una percentuale del 40% circa.

4.1.3 Le apparecchiature impiegate

Il questionario predisposto per l'indagine degli impianti di post RD ha inquadrato l'aspetto delle apparecchiature impiegate in termini di semplice sequenza dei trattamenti.

I dati di dettaglio per ciascun impianto, rispetto ai quali è possibile svolgere alcune considerazioni riportate di seguito, sono riportati nella tabella B.1.2 dell'Allegato B. La differenza maggiore riscontrabile tra gli impianti esaminati è da ricondurre alla complessità nell'articolazione dei trattamenti, piuttosto che all'utilizzo dell'una o dell'altra apparecchiatura in particolare. Un caso semplice è rappresentato, per esempio, dall'impianto di Casale Monferrato (TO), le cui operazioni consistono di una selezione manuale seguita da pressatura/compattazione, mentre uno più complesso è quello di Pomezia (RM) che prevede fino a tre vagliature meccaniche (dimensionale rotativa, dimensionale vibrante e densimetrica per separazione a depressione). Il primo impianto ha una capacità di trattamento di sole 7.500 t/a ed è dedicato al trattamento di rifiuti provenienti dalla raccolta monomateriale di carta, plastica e vetro; il secondo ha una capacità molto superiore ed è dedicato al trattamento di flussi da raccolta multimateriale.

Un discorso a parte merita l'impianto di Vedelago (TV). Si tratta di una realtà che opera sia sulla raccolta multimateriale, costituita da plastica, vetro e alluminio con una linea da 22.000 t/a, sia sugli scarti della selezione con una linea da 10.000 t/a. La prima linea

prevede l'utilizzo della cernita manuale in modo intensivo che consente la separazione, secondo quanto dichiarato, della plastica per polimero e per colore fino a 22 tipologie diverse. La seconda linea trasforma per estrusione gli scarti della selezione, costituiti principalmente da un sottovaglio misto di carta e plastica, in granulato per le industrie dello stampaggio di manufatti (panchine, bancali, fioriere, casseri ecc.) o per l'edilizia.

4.1.4 I rifiuti trattati e il recupero di materiali

Nel corso dell'indagine sono stati raccolti i dati di esercizio del 2007 (riportati in dettaglio per le singole voci nella tabelle B.1.3 e B.1.4 dell'Allegato B) che si riferiscono ai quantitativi di rifiuti trattati (da raccolte differenziate multimateriale e monomateriale), e alle quantità di frazioni merceologiche valorizzabili (carta, plastica, metalli, vetro e legno) separate. La tabella 4.1.3 riporta le tipologie di frazioni presenti nelle raccolte multimateriale per alcuni impianti presi in esame nel corso dell'indagine.

Tabella 4.1.3. - Flussi da raccolta multi materiale in ingresso agli impianti

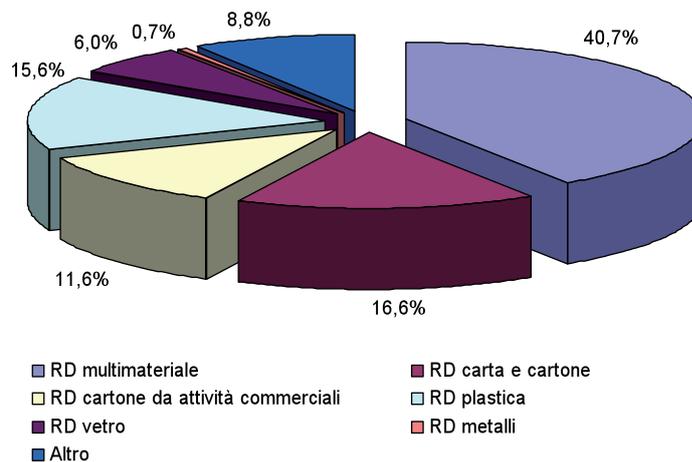
Località	Frazioni
Beinasco (TO)	Plastica, metallo
Casal Pusterlengo (LC)	Vetro, plastica, legno
Godega (TV)	Vetro, plastica, alluminio
Pomezia (RM)	Vetro, imballaggi misti
Rocca Cencia (RM)	Vetro, imballaggi misti
Campi Salentina (BA)	Carta, plastica, altri imballaggi
Molfetta (BA)	Plastica, ferro, alluminio

4.1.4.1 I rifiuti in ingresso

La figura 4.1.3 illustra la ripartizione percentuale dei rifiuti trattati nel corso del 2007 distribuiti per tipologia. I dati includono sia quelli dichiarati dai gestori degli impianti e raccolti tramite questionario, sia quelli ricavati da fonti bibliografiche; per gli impianti di cui non erano disponibili alcune voci, si è proceduto ad una stima delle stesse secondo le modalità enunciate al punto 2.3. In questo è stato possibile ricavare un quantitativo totale di rifiuti trattati pari a circa 410.000 tonnellate (v. tabelle B.1.3 e B.1.4). Si può osservare che le voci più rilevanti sono quelle relative alle raccolte multimateriale con circa il 40% e alle raccolte monomateriali di carta e cartone (costituita dalle sottovoci "RD carta e cartone" e "RD cartone da attività commerciali") con circa il 28%; seguono quelle della plastica (15,6%) e del vetro (6%). Le percentuali più modeste riguardano la raccolta differenziata dei metalli (1%), mentre la voce "altro" (8,8%) è relativa soprattutto alla raccolta del legno e degli ingombranti.

Figura 4.1.3 Flussi di rifiuti trattati (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.1.4.2 Il recupero di materiali

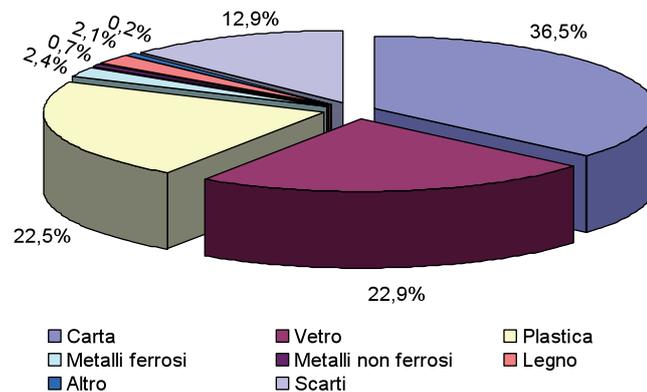
La figura 4.1.4 illustra la distribuzione percentuale delle diverse frazioni valorizzabili (carta, plastica, vetro, metalli, legno e altro), nonché degli scarti, in uscita dagli impianti presi in esame.

Anche in questo caso, per motivi legati all'incompletezza dei dati disponibili, si è proceduto ad una stima degli stessi, secondo le modalità riportate al punto 2.3, che ha consentito di valutare un recupero complessivo di materiali, per i 18 impianti esaminati, pari a circa 360.000 tonnellate nel corso del 2007, con una resa complessiva superiore all'85%.

Per quanto riguarda la composizione dei flussi in uscita (v. figura 4.1.4) si può rilevare che i maggiori recuperi in termini quantitativi sono ascrivibili alla carta (37%), seguita dal vetro (23%) e dalla plastica con il 22%, mentre i metalli rappresentano una quota piuttosto modesta, pari a circa il 3%.

Figura 4.1.4
Frazioni merceologiche nei flussi di materiali selezionati

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.2 LA PRODUZIONE DI COMPOST

4.2.1 Il quadro di sintesi

Un quadro di sintesi, aggiornato al 31 dicembre 2008, relativo alla situazione degli impianti di produzione di compost presenti sul territorio nazionale è riportato nella tabella 4.2.1.

Dall'analisi dei dati riportati è possibile rilevare che:

- sono stati censiti 195 impianti, di taglia superiore a 1.000 t/a, per una capacità complessiva di trattamento pari a 5,35 Mt/a;
- di questi è stato possibile esaminare, tramite i questionari ricevuti e le informazioni ricavate da fonti bibliografiche, 97 impianti (per complessive 101 linee e corrispondenti ad una capacità complessiva di trattamento di 2,92 Mt/a), così ripartiti:
 - 89 impianti in esercizio, costituiti da 93 linee, per una capacità di trattamento di circa 2,78 Mt/a;
 - 3 impianti in corso di ristrutturazione, per una capacità di trattamento di circa 43.000 t/a;
 - 5 impianti in avviamento, per una capacità di trattamento di circa 93.000 t/a.

Le informazioni e i dati di dettaglio sono riportati nell'Allegato B. In particolare, i dati riguardanti la configurazione impiantistica quali la capacità, la tipologia di trattamento biologico, la sequenza delle operazioni, la categoria del reattore di digestione aerobica ecc., sono raccolti nella tabella B.2.2; i dati di esercizio riferiti al 2007 (quantitativi di rifiuti trattati, produzione di compost ecc.) sono riportati nelle tabelle B.2.4 e B.2.5.

Tabella 4.2.1 – Quadro di sintesi degli impianti di compostaggio in Italia (2008)

Stato	Impianti		Linee	Capacità di trattamento t/a
	N°			
Censiti	195			5.350.685
Esaminati	97		101	2.919.440
<i>di cui in:</i>				
Esercizio	89		93	2.783.750
Ristrutturazione	3		3	42.990
Avviamento	5		5	92.700

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Nella tabella 4.2.2 viene invece riportata la distribuzione degli impianti censiti ed esaminati per area geografica.

Tabella 4.2.2 – Distribuzione per area geografica degli impianti di compostaggio (2008)

Area geografica	Impianti censiti				Impianti esaminati			
	N°	%	Capacità t/a	%	N°	%	Capacità t/a	%
Nord	122	62,6	2.990.647	55,9	63	64,9	1.910.350	65,4
Centro	37	19,0	1.066.838	19,9	19	19,6	567.990	19,5
Sud	36	18,5	1.293.200	24,2	15	15,5	441.100	15,1
Totale Italia	195	100	5.350.685	100	97	100	2.919.440	100

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

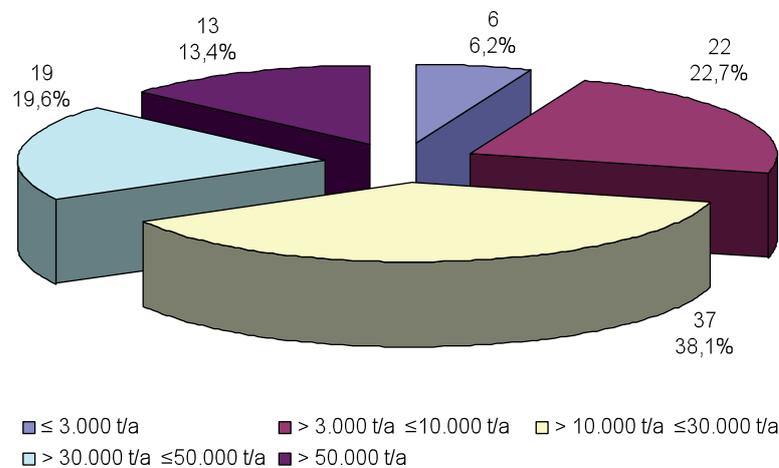
Si rileva che la maggior parte degli impianti censiti, sia in termini di numero (122 su 195) che di capacità (2,99 su 5,35 Mt/a), sono localizzati nel Nord Italia, mentre i rimanenti sono equamente distribuiti tra Centro e Sud. In termini di capacità di trattamento gli impianti del Nord sono caratterizzati da una taglia inferiore (l'incidenza scende dal 62,6% a circa il 56%); situazione contraria si registra al Sud dove l'incidenza (pari al 18,5% come numero di impianti) supera invece il 24% in termini di capacità di trattamento.

4.2.2 La capacità di trattamento

La capacità di trattamento di un impianto è data dalla somma delle singole capacità delle linee che lo costituiscono.

Figura 4.2.1
Distribuzione degli impianti esaminati per capacità di trattamento

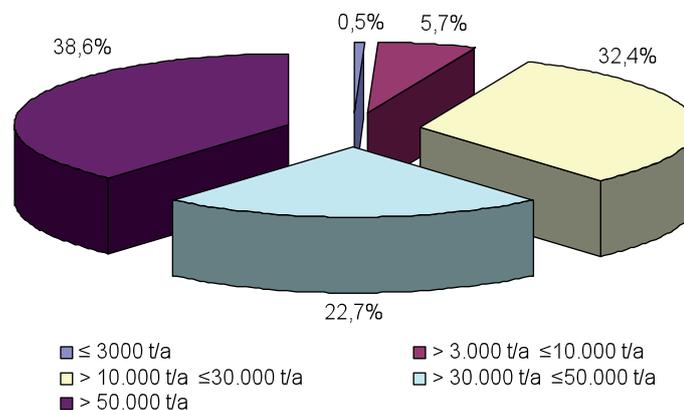
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Dall'esame della figura 4.2.1 si rileva che circa due terzi degli impianti esaminati hanno una capacità che non supera le 30.000 t/a e che appena 13 superano le 50.000 t/a; tra questi è da segnalare l'impianto di Este (PD) avente una capacità di 301.000 t/a. Dall'esame di figura 4.2.2, si può rilevare inoltre come oltre il 60% della capacità compless-

Figura 4.2.2
Capacità di trattamento degli impianti esaminati per classi

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



siva di trattamento è concentrata nei 32 impianti di capacità superiore alle 30.000 t/a, mentre quelli (28) al di sotto delle 10.000 t/a coprono solo il 6,2%.

A titolo puramente informativo, si riportano nelle figure 4.2.3 e 4.2.4 le distribuzioni delle capacità di trattamento e per classi di impianto estese ai 195 impianti censiti²⁴ nonché ai 60 impianti di capacità inferiore alle 1.000 t/a, non presi in considerazione nella presente indagine e le cui caratteristiche sono state riprese dal "Rapporto Rifiuti 2008" [4] dell'ISPRA. Tale insieme viene riportato sotto la voce "impianti totali".

Figura 4.2.3
Distribuzione degli impianti totali per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

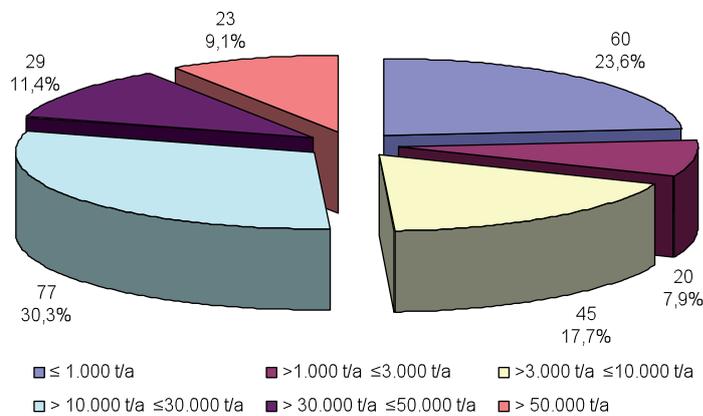
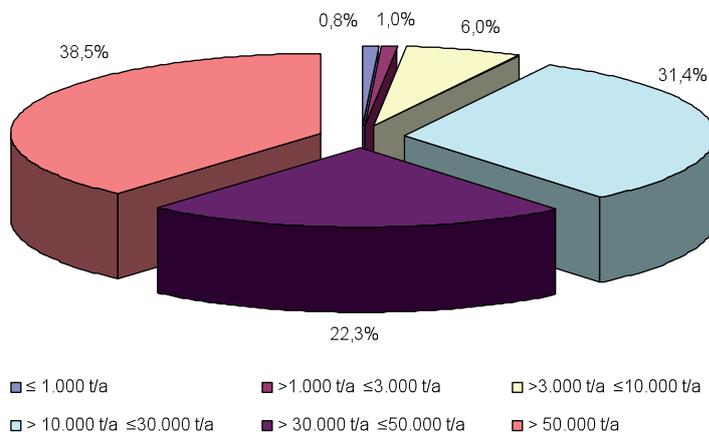


Figura 4.2.4
Capacità di trattamento degli impianti totali per classi

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



²⁴ Fatta eccezione per l'impianto di Ozieri (SS), in corso di realizzazione, del quale non è stato possibile reperire informazioni riguardo alla capacità di trattamento.

Dall'esame delle due figure, si può osservare come i 60 impianti di capacità inferiore alle 1.000 t/a, coprano circa lo 0,8% della potenzialità di trattamento complessiva. Infine, dal confronto tra le omologhe figure 4.2.2 e 4.2.4 è possibile rilevare che la distribuzione delle capacità degli impianti rimane pressoché invariata nei due casi; ciò permette di concludere che il campione di impianti esaminati risulta rappresentativo dell'intero parco nazionale per quanto riguarda l'incidenza delle varie classi di capacità di trattamento.

4.2.3 Le apparecchiature impiegate

4.2.3.1 I sistemi di digestione aerobica

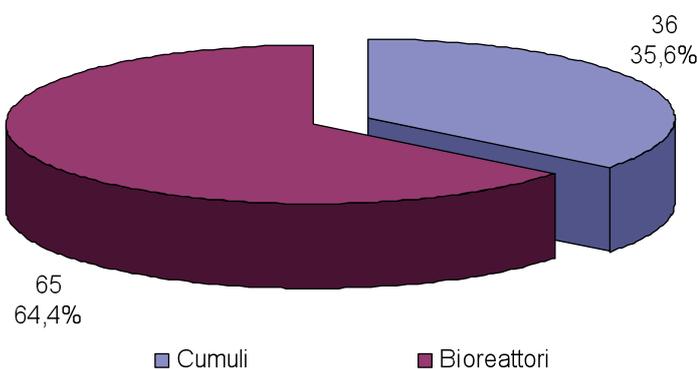
Il cuore del trattamento di compostaggio è rappresentato dal processo di digestione aerobica, che può essere realizzato tramite due sistemi alternativi:

- a cumuli;
- in bioreattore.

La loro incidenza relativa è riportata in base alla distribuzione per linee nella figura 4.2.5 e in base alla distribuzione per capacità di trattamento nella figura 4.2.6. Il riferimento alle linee anziché agli impianti si rende necessario a causa dell'esistenza, nell'ambito di una stessa realtà produttiva, di sistemi di trattamento diversi. In altre parole, tra gli impianti esaminati, ne esistono alcuni (Ozzano (BO), Ferrera Erbognone (PV), Massa Carrara) caratterizzati da più linee di processo, ciascuna delle quali si articola secondo una sua specifica configurazione impiantistica.

Figura 4.2.5
Sistemi di digestione aerobica degli impianti esaminati per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



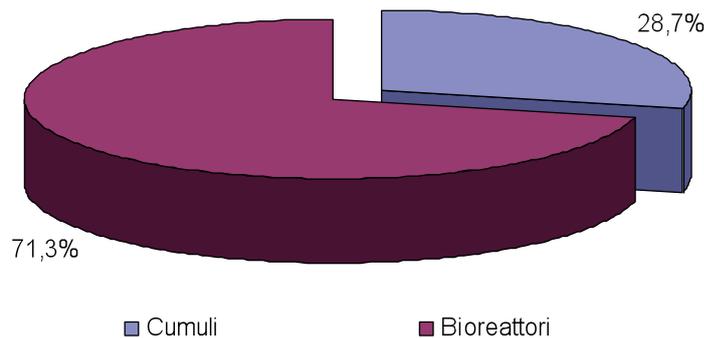
Dall'esame delle due figure si può osservare che sia rispetto al numero di linee, che alla capacità di trattamento, la digestione aerobica in bioreattore risulta la tecnica adottata in maniera predominante negli impianti esaminati. Il sistema a cumuli risulta tuttavia la tecnica più applicata negli impianti di compostaggio del verde, come si evince chiaramente dall'esame congiunto della tabella B.2.2 (che mostra le tecniche di trat-

tamento adottate) e della tabella B.2.5 (che mostra le tipologie di ammendante prodotto), riportate nell'Allegato B.

Figura 4.2.6

Sistemi di digestione aerobica degli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.2.3.2 I sistemi a cumuli

I sistemi a cumuli sono a loro volta classificabili in due sottocategorie:

- a cumuli statici;
- a cumuli rivoltati.

Dall'esame delle figure 4.2.7 e 4.2.8 si rileva che il sistema statico risulta preferito sia in termini di numero di linee (26 su 36) che di capacità di trattamento; il sistema a rivoltamento, tuttavia, trova applicazione per linee di capacità maggiore, in quanto la sua incidenza cresce in questo caso dal 27,8% al 42,7%.

Figura 4.2.7

Sistemi a cumuli degli impianti esaminati per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

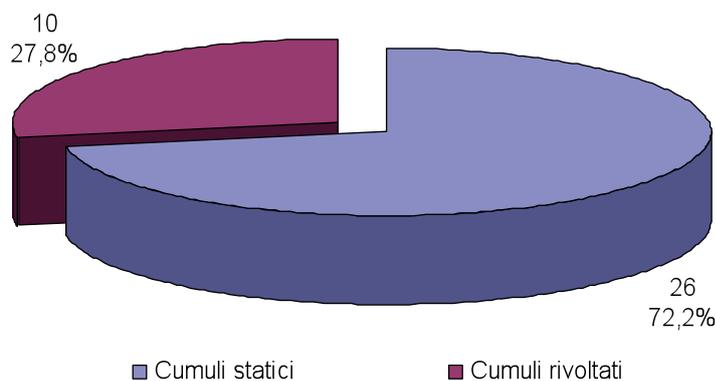
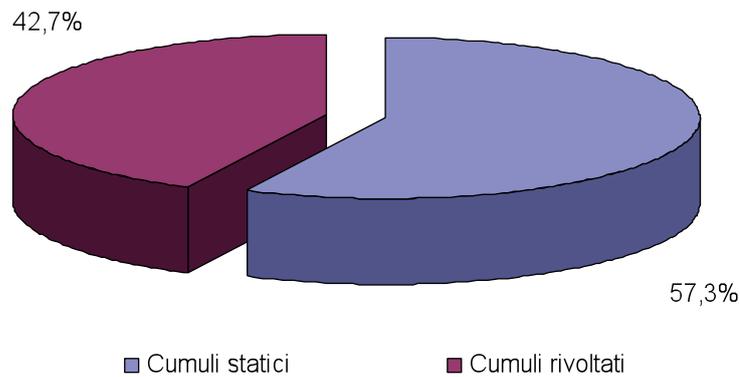


Figura 4.2.8
Sistemi a cumuli degli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.2.3.3 I sistemi a bioreattore

I sistemi in bioreattore ai quali è affidato il compito di condurre la biossidazione in condizioni accelerate, possono essere classificati in 4 distinte tipologie:

- biocelle;
- trincee;
- cilindro rotante;
- silos.

In Italia la tipologia di reattore a silos non risulta essere più impiegata, pur essendo ancora citata nell'edizione 2007 del "Rapporto Rifiuti" dell'APAT per gli impianti di S. Agata Bolognese (BO) e di S. Pietro in Casale (BO); per il reattore a cilindro rotante si ha come unico esempio quello di S. Casciano Val di Pesa (FI).

La figura 4.2.9 mostra la distribuzione delle apparecchiature a biocelle, a trincee e a cilindro rotante per numero di linee.

Dal suo esame si può osservare che la tipologia a biocelle è la più diffusa. Il dato è confermato dalla figura 4.2.10 che riporta la distribuzione in base alla capacità di trattamento, per la quale l'incidenza percentuale passa è pari al 68,9%, a supporto del fatto che tale tecnologia è riconducibile a impianti di taglia maggiore. Tale circostanza è dovuta anche ad una maggiore articolazione dei reattori a biocelle, che si diversificano nelle seguenti tipologie:

- biocella statica;
- biocella dinamica;
- biotunnel;
- biocontainer;
- cumulo con telo traspirante.

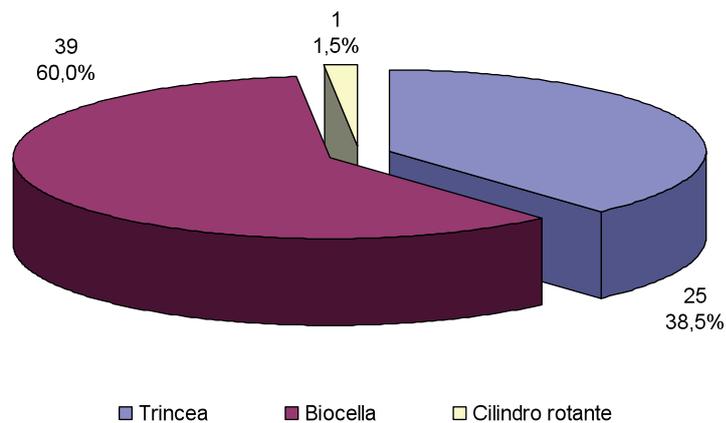
Per i sistemi a trincee sono previste invece le seguenti tipologie:

- trincea dinamica aerata;
- orizzontale a bacino.

Figura 4.2.9

Sistemi a bioreattore degli impianti esaminati per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Tenuto conto dell'elevata diffusione dei reattori a biocelle, è interessante osservare quali sono le tipologie più importanti rispetto sia al numero di linee (figura 4.2.11), sia alla capacità di trattamento (figura 4.2.12).

Figura 4.2.10

Sistemi a bioreattore degli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

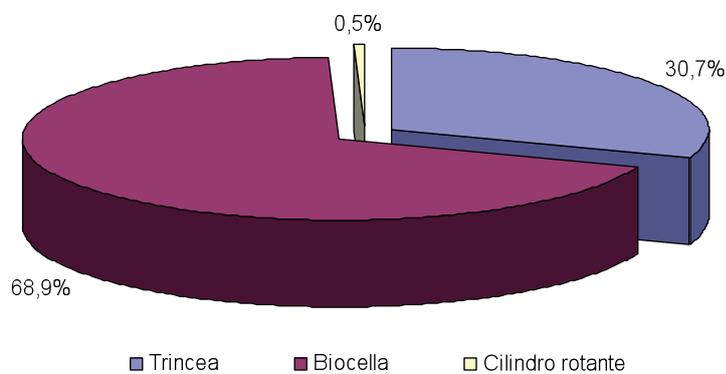
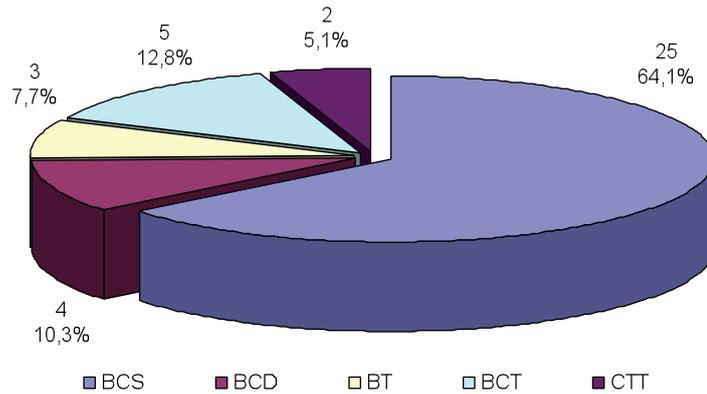


Figura 4.2.11
Sistemi a biocella degli impianti esaminati per numero di linee

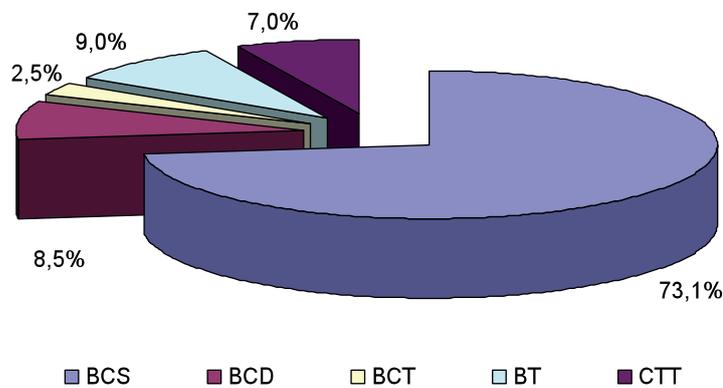
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BCD = biocella dinamica; BCS = biocella statica; BCT = biocontainer; BT = biotunnel; CTT = cumuli con telo traspirante

Figura 4.2.12
Sistemi a biocella degli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BCD = biocella dinamica; BCS = biocella statica; BCT = biocontainer; BT = biotunnel; CTT = cumuli con telo traspirante

Dall'esame di entrambe le figure si rileva la preponderanza della biocella statica (64,1% come numero di linee), caratterizzata da una maggiore incidenza per quanto riguarda la capacità di trattamento (73,1%). Le restanti tipologie si ripartiscono secondo percentuali non troppo dissimili le une dalle altre. Si può comunque notare che il biocontainer, pur pesando più degli altri in termini di numero di linee (12,8%), incide solo per il 2,5% in termini di capacità di trattamento. Il sistema a cumuli con telo traspirante, invece, pur essendo ultimo con solo 2 linee, incide per il circa il 7% come capacità di trattamento.

4.2.4 Il trattamento degli effluenti gassosi

I sistemi di trattamento degli effluenti gassosi riguardano principalmente la rimozione delle polveri e degli odori. Le prime hanno origine dalle operazioni meccaniche di triturazione e vagliatura, i secondi derivano dai processi di biodegradazione (biossida-zione accelerata e maturazione), oltre che dalle aree di stoccaggio. I soli impianti per i quali non è previsto questo sistema di controllo sono quelli di compostaggio del verde in cumuli all'aperto (riportati con la sigla "n.a.").

I trattamenti di depolverazione possono essere dei tipi:

- a secco;
- a umido.

I primi impiegano il ciclone o il filtro a maniche o una combinazione di entrambi; i secondi invece uno scrubber ad umido o un bioscrubber. Gli impianti di maggiore capacità privilegiano i trattamenti a secco, mentre quelli di capacità inferiore a 10.000 t/a (v. tabella B.2.2 nell'Allegato B) basano la rimozione delle polveri ricorrendo direttamente ai biofiltri, o ai bioscrubbers o ad una combinazione di entrambi.

Al fine di rappresentare l'ampia varietà di configurazioni possibili dei diversi sistemi adottati si è proceduto ad un loro raggruppamento per macrocategorie così come riportato nella tabella 4.2.3. Sulla base di tale classificazione la distribuzione dei sistemi di trattamento degli effluenti gassosi per numero di linee è riportata nella figura 4.2.13 e quella in base alla capacità di trattamento nella figura 4.2.14.

Tabella 4.2.3 - Sistemi di trattamento degli effluenti gassosi degli impianti di compostaggio

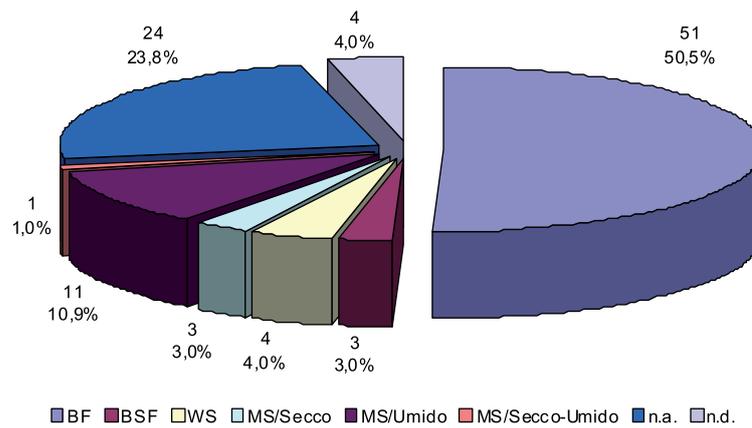
Monostadio			Multistadio		
A secco			A umido		Misto
BF	BSF	WS	FF+BF	WS+BF	CY+FF+BF+BSF
			CY+FF+BF	BSF+BF	

Legenda: BF = biofiltro; BSF = bioscrubber; CY = ciclone; FF = filtro a maniche; WS = lavaggio ad umido

Si può rilevare come il biofiltro semplice sia in assoluto il sistema di trattamento dei gas più diffuso (circa il 51% per numero di linee e 48,2% per capacità di trattamento), seguito dagli impianti a cumuli all'aperto (24% come numero di linee e 18,1% per capacità di trattamento), riportati sotto la voce "n.a." nelle figure 4.2.13 e 4.2.14. Tra i restanti sistemi, riveste una certa importanza il trattamento multistadio ad umido con circa l'11% sia per numero di linee che per capacità di trattamento.

Figura 4.2.13
Trattamento degli effluenti gassosi degli impianti esaminati per numero di linee

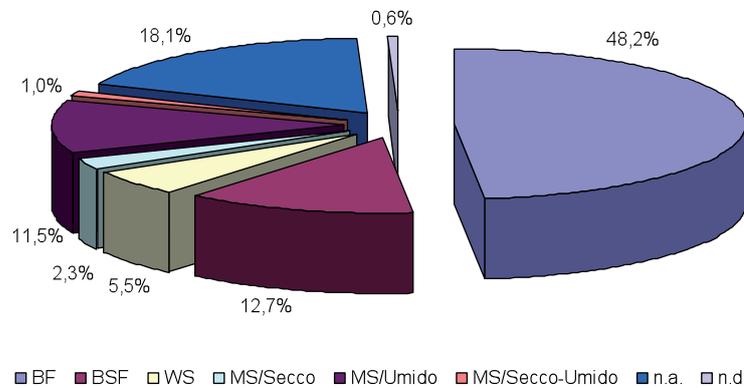
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BF = biofiltro; BSF = bioscrubber; CY = ciclone; FF = filtro a maniche; WS = lavaggio ad umido; MS = multistadio; n.a. = non applicabile; n.d. = non disponibile

Figura 4.2.14
Trattamento degli effluenti gassosi degli impianti esaminati per capacità

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BF = biofiltro; BSF = bioscrubber; CY = ciclone; FF = filtro a maniche; WS = lavaggio ad umido; MS = multistadio; n.a. = non applicabile; n.d. = non disponibile

4.2.5 I rifiuti trattati, il recupero di materia, i residui

I dati operativi relativi all'anno 2007, riguardanti i rifiuti trattati negli impianti esaminati, sono riportati nella tabella 4.2.4 e nella figura 4.2.15 in forma grafica. Viene altresì riportato in tabella B.2.4 (v. Allegato B) un quadro di dettaglio per ciascun impianto.

Dall'esame dei dati si può osservare che la frazione organica risulta la voce più rilevante nel trattamento di compostaggio con il 47,1% del totale, seguita dalla frazione verde con il 28,3%, dai fanghi di depurazione con il 16,4% e infine da tutte le restanti voci (costituite per la maggior parte dagli scarti dell'industria alimentare, effluenti zootecnici palabili, strutturante di riciclo) con circa l'8%. La distribuzione per area geografica mostra una netta predominanza del Nord, con oltre il 76% del totale trattato, mentre non è sensibile la differenza tra Centro e Sud (poco più del 10% ciascuno).

Tabella 4.2.4 - Tipologie e quantitativi di rifiuti trattati negli impianti esaminati (2007)

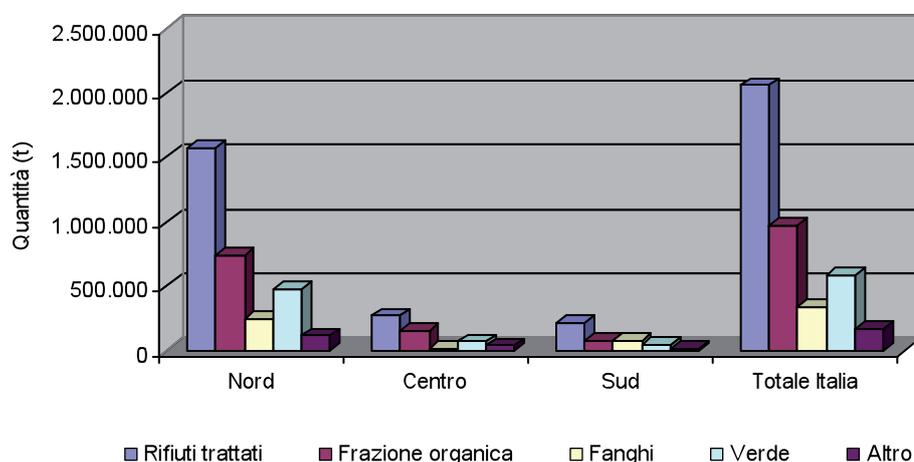
Area geografica	Rifiuti trattati		Frazione organica		Fanghi depurazione		Verde		Altro ⁽¹⁾	
	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%
Nord	1.576,2	76,5	740,6	35,9	248,4	12,1	472,8	22,9	114,5	5,6
Centro	267,5	13,0	152,9	7,4	11,0	0,5	67,7	3,3	35,9	1,7
Sud	217,7	10,5	78,9	3,8	78,7	3,8	43,7	2,1	16,4	0,8
Totale Italia	2.061,5	100	972,4	47,1	338,1	16,4	584,2	28,3	166,8	8,1

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Scarti dell'industria alimentare, effluenti zootecnici palabili, strutturante riciclato, legno, biofiltro esausto.

Figura 4.2.15
Tipologie e quantitativi di rifiuti trattati negli impianti esaminati (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Nella tabella 4.2.5 e nella figura 4.2.16 sono riportati i dati di esercizio 2007 degli impianti esaminati relativi ai quantitativi di rifiuti trattati e di compost prodotto, suddivisi per macroarea geografica.

Tabella 4.2.5 - Rifiuti trattati e compost prodotto negli impianti esaminati (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		Compost prodotto		
	kt	%	kt	%	Resa
Nord	1.576,2	76,5	476,2	82,7	30,2%
Centro	267,5	13,0	43,6	7,6	16,3%
Sud	217,7	10,5	55,3	9,7	25,4%
Totale Italia	2.061,4	100	575,1	100	27,9%

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Risulta interessante valutare la produzione complessiva di compost a livello nazionale riferita all'intero complesso degli impianti censiti. Per fare ciò si è fatto principalmente uso dei dati di produzione riportati nel "Rapporto Rifiuti 2008" [4] dell'ISPRA, integrati con altre fonti bibliografiche e, se necessario, con delle stime effettuate sulla base della metodologia illustrata al punto 2.3. I risultati dei calcoli sono riportati nella tabella 4.2.6 e in forma grafica nella figura 4.2.17.

Figura 4.2.16
Rifiuti trattati e compost prodotto negli impianti esaminati (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

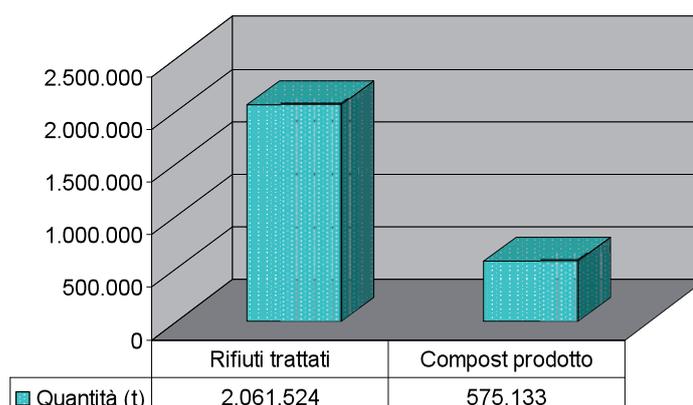


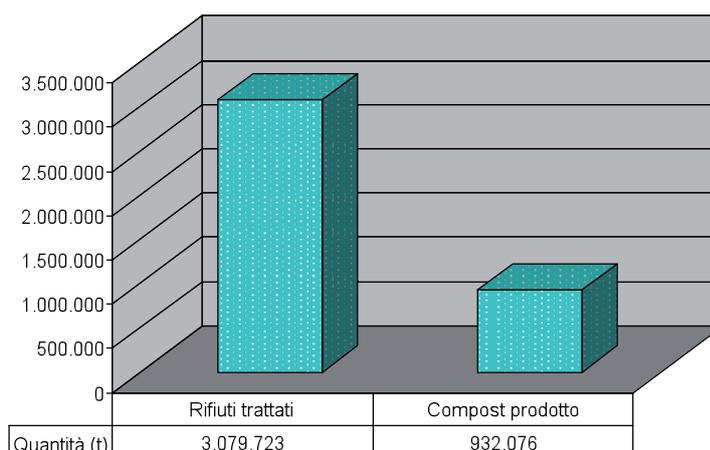
Tabella 4.2.6 - Rifiuti trattati e compost prodotto negli impianti censiti (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		Compost prodotto		
	kt	%	kt	%	Resa
Nord	2.152,8	69,9	693,5	74,4	32,2%
Centro	485,1	15,8	123,8	13,3	25,5%
Sud	441,8	14,3	114,8	12,3	26,0%
Totale Italia	3.079,7	100	932,1	100	30,3%

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Figura 4.2.17
Rifiuti trattati e compost prodotto negli impianti censiti (2007)

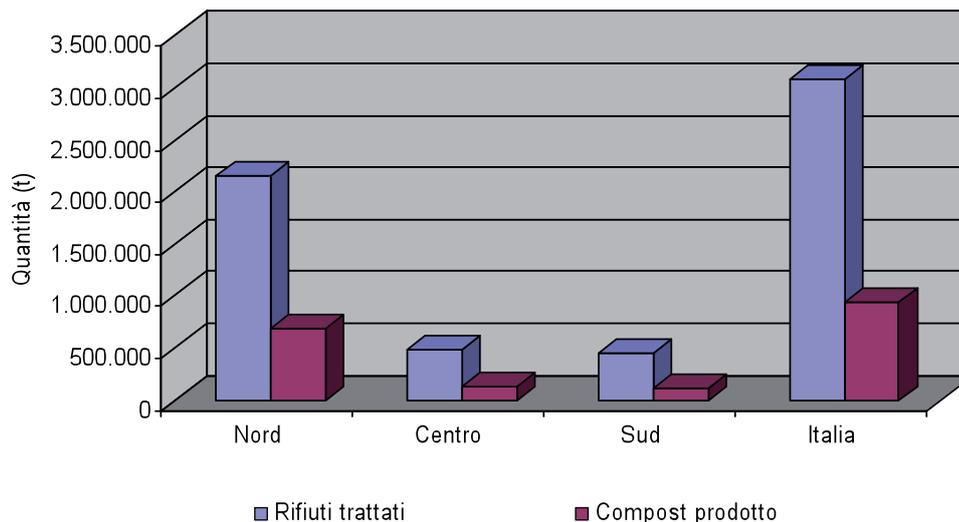
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]



Dall'esame dei dati riportati nella tabella 4.2.6 si rileva che nel corso del 2007 è stato complessivamente trattato negli impianti di compostaggio un quantitativo di rifiuti pari a circa 3,1 Mt che ha permesso di produrre circa 0,93 Mt di compost, inteso come produzione complessiva di ammendante compostato misto e verde, con una resa di produzione che si attesta a poco più del 30%. La distribuzione per area geografica dei quantitativi di rifiuti trattati e della relativa produzione di compost è riportata in forma grafica nella figura 4.2.18.

Figura 4.2.18
Rifiuti trattati e compost prodotto per area geografica negli impianti censiti (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]



Dall'analisi dei dati si rileva che il campione di impianti esaminati risulta essere rappresentativo della realtà nazionale se si guarda alla voce dei "rifiuti trattati", anche se con un leggero squilibrio nei confronti del Nord (76,5% negli esaminati, contro il 69,9% dei censiti). Questa tendenza è maggiormente marcata riguardo alla produzione di compost, in quanto tale voce è pari, per il Nord, a circa l'83% nel caso degli impianti esaminati e circa il 74% per gli impianti censiti. Ciò è in parte conseguenza del fatto che gli impianti localizzati nel Nord presentano mediamente rendimenti di conversione in compost più elevati rispetto al resto del Paese (tabella 4.2.6).

4.3 I TRATTAMENTI DI TIPO MECCANICO E MECCANICO-BIOLOGICO

4.3.1 Il quadro di sintesi

Un quadro di sintesi, aggiornato al 31 dicembre 2008, della situazione nazionale relativa agli impianti di trattamento meccanico e meccanico-biologico dei RUR, è riportato nella tabella 4.3.1. Le informazioni di dettaglio riguardanti la configurazione impiantistica quali la capacità, la tipologia di trattamento biologico, la sequenza delle operazioni, la tipologia del reattore di digestione aerobica, i trattamenti degli effluenti gassosi, nonché i dati di esercizio del 2007 (tipologie e quantitativi di rifiuti trattati, flussi in uscita ecc.) sono riportati nell'Allegato B.

Dall'indagine effettuata si rileva che, al 31 dicembre 2008, sono presenti sul territorio nazionale 135 impianti di trattamento meccanico e meccanico-biologico di RUR, co-

stituiti da 141 linee, aventi una capacità complessiva di 14,5 Mt/a. Gli impianti per i quali si dispone del questionario compilato, o si hanno informazioni dalla letteratura, sono 85, corrispondenti ad una capacità complessiva di trattamento pari a 10,56 Mt/a e 91 linee.

Tabella 4.3.1 - Impianti di trattamento meccanico-biologico in Italia (2008)

Stato	Impianti	Linee	Capacità di trattamento
	N°	N°	t/a
Censiti	135	141	14.539.369
Esaminati	85	91	10.557.891
<i>di cui in:</i>			
Esercizio	78	83	8.994.141
Ristrutturazione	2	2	579.000
Avviamento	3	4	681.000
Realizzazione	2	2	303.750

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Nella tabella 4.3.2 è riportata la distribuzione territoriale degli impianti. Si può notare che la capacità di trattamento risulta abbastanza equiripartita tra Nord (36,2%), Centro (28,9%) e Sud (34,8%) del Paese anche se come numero di impianti si rileva una maggiore presenza al Nord (58 su 135) pari al 43% del totale.

Tabella 4.3.2 – Distribuzione per area geografica degli impianti di TMB (2008)

Area geografica	Impianti censiti				Impianti esaminati			
	N°	%	Capacità t/a	%	N°	%	Capacità t/a	%
Nord	58	43,0	5.265.716	36,2	42	49,4	3.847.576	36,4
Centro	37	27,4	4.208.830	28,9	21	24,7	2.766.980	26,2
Sud	40	29,6	5.064.823	34,8	22	25,9	3.943.335	37,3
Totale Italia	135	100	14.539.369	100	85	100	10.557.891	100

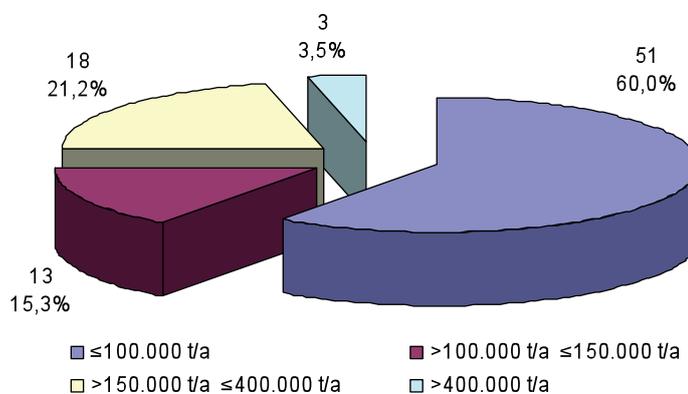
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

4.3.2 La capacità di trattamento

Riguardo alla capacità di trattamento degli impianti esaminati si può rilevare (figura 4.3.1) che 51 hanno una capacità inferiore a 100.000 t/a, 48 dei quali sono risultati essere in esercizio. La maggior parte di questi impianti (30 su 51) risulta localizzata al Nord, 12 al Centro e 9 al Sud.

Figura 4.3.1
Distribuzione degli impianti esaminati per capacità di trattamento

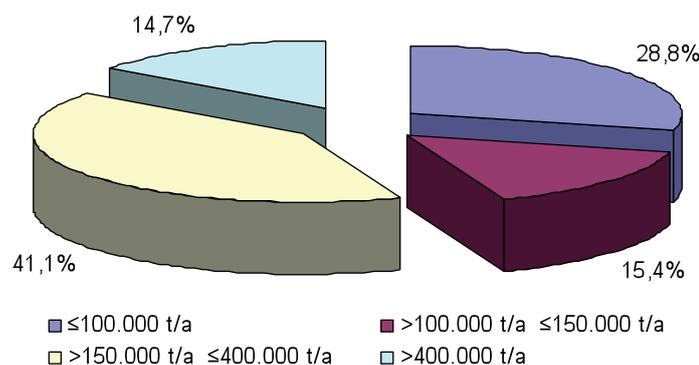
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Dall'esame della figura 4.3.2, dove è riportata la distribuzione delle capacità di trattamento per le classi d'impianto individuate, si rileva che circa il 56% della capacità complessiva di trattamento è concentrata nei 21 impianti di taglia superiore a 150.000 t/a, mentre i 51 impianti di capacità inferiore a 100.000 t/a coprono invece solo circa il 29% del totale.

Figura 4.3.2
Capacità di trattamento degli impianti esaminati per classi

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.3.3 Le apparecchiature impiegate

La distribuzione delle diverse tecniche di trattamento biologico impiegate, vale a dire dei sistemi aperti "a cumuli" e dei sistemi chiusi ("bioreattori") è riportata in base al numero di linee e alla capacità di trattamento nelle figure 4.3.3 e 4.3.4.

Figura 4.3.3
Tecniche di digestione aerobica negli impianti esaminati per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

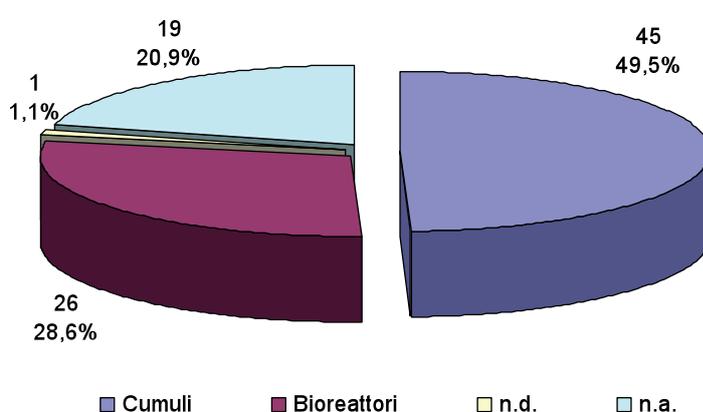
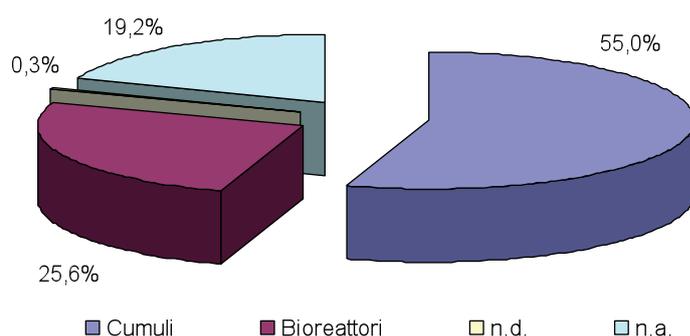


Figura 4.3.4
Tecniche di digestione aerobica negli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Dal loro esame si rileva come il sistema a cumuli sia il più utilizzato per il trattamento di digestione aerobica dei RUR, sia in termini di numero di linee (49,5%), sia di capacità di trattamento (55%).

Analizzando invece (figure 4.3.5 e 4.3.6) i dati relativi agli impianti che fanno uso del sistema a cumuli si rileva una netta predominanza dei sistemi a cumuli rivoltati (CR) rispetto a quelli statici (CS), con un'incidenza che raggiunge il 76,2% per la capacità di trattamento.

Figura 4.3.5
Sistemi a cumuli negli impianti esaminati per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

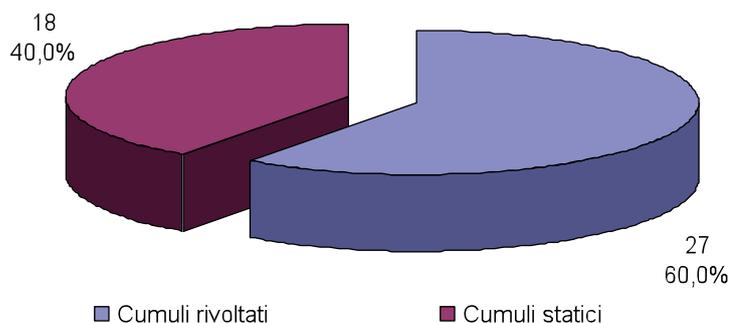
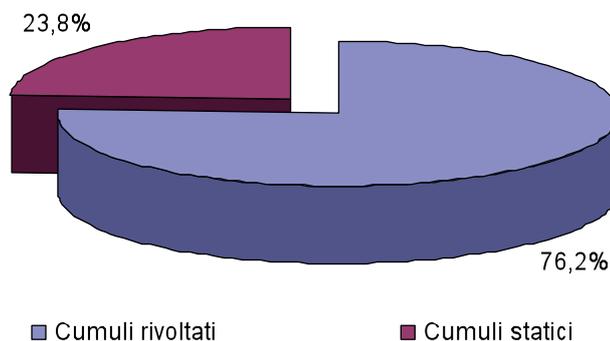


Figura 4.3.6
Sistemi a cumuli negli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



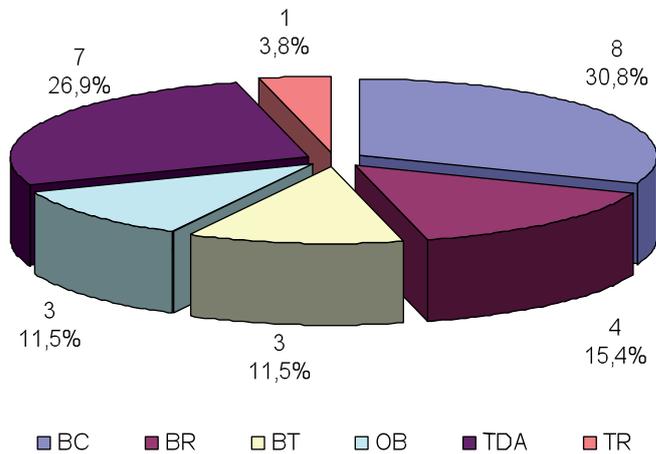
Per quanto riguarda invece i bioreattori, che trovano impiego in 26 linee per una capacità complessiva di trattamento pari al 2,49 Mt/a, la loro distribuzione è riportata nella figura 4.3.7 per numero di linee e nella figura 4.3.8 per capacità di trattamento.

Si può rilevare che i sistemi più diffusi per numero di linee sono costituiti dalle biocelle (BC) e dalle trincee dinamiche aerate (TDA); le biocelle risultano il sistema preponderante in termini di capacità di trattamento.

Oltre a queste tipologie di reattore sono presenti 3 impianti che impiegano biotunnel (BT), 3 il sistema orizzontale a bacino (OB) e 1 impianto a cilindri rotanti (TR).

Figura 4.3.7
Sistemi a bioreattore negli impianti esaminati per numero di linee

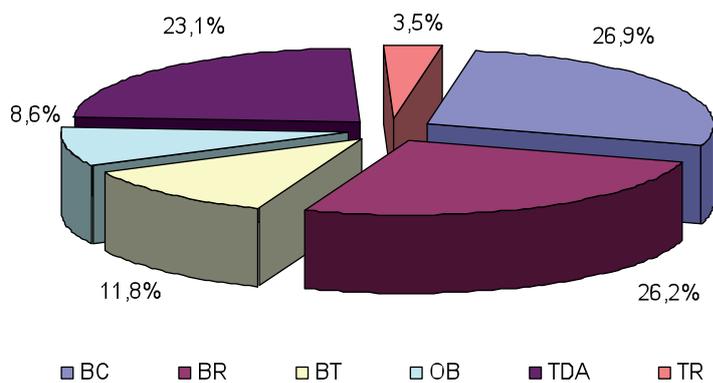
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BC = biocella; BR = bioreattore; OB = orizzontale a bacino; BT = biotunnel; TDA= trincee dinamiche aerate; TR = cilindro rotante

Figura 4.3.8
Sistemi a bioreattore negli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BC = biocella; BR = bioreattore; OB = orizzontale a bacino; BT = biotunnel; TDA = trincee dinamiche aerate; TR = cilindro rotante

4.3.4 Il trattamento degli effluenti gassosi

Il biofiltro (BF), come si può osservare dall'esame delle figure 4.3.9 e 4.3.10, costituisce il sistema di trattamento degli effluenti più diffuso. Va ricordato che mentre per la semplice rimozione delle polveri si ricorre a sistemi come il ciclone (CY) o il filtro a maniche (FF), per i processi di biodegradazione, invece, occorre adottare sistemi di deodora-

zione, con utilizzo di biofiltri o bioscrubbers.

I sistemi di trattamento degli effluenti gassosi possono essere classificati in:

- sistemi monostadio, in cui la rimozione degli odori è effettuata tramite biofiltro;
- sistemi multistadio, costituiti da una sequenza di trattamenti che possono prevedere l'impiego di biofiltro, filtri a maniche nonché di altri trattamenti come bioscrubber o scrubber.

Figura 4.3.9
Trattamento degli effluenti gassosi negli impianti esaminati per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

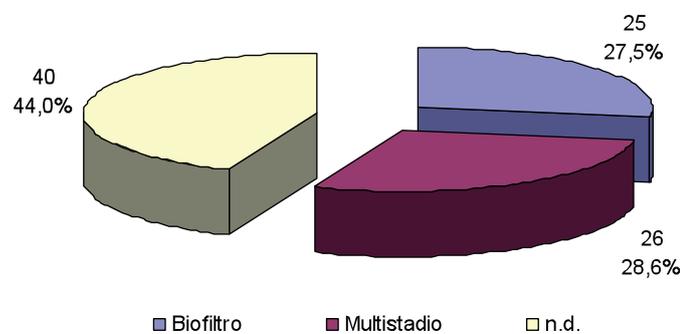
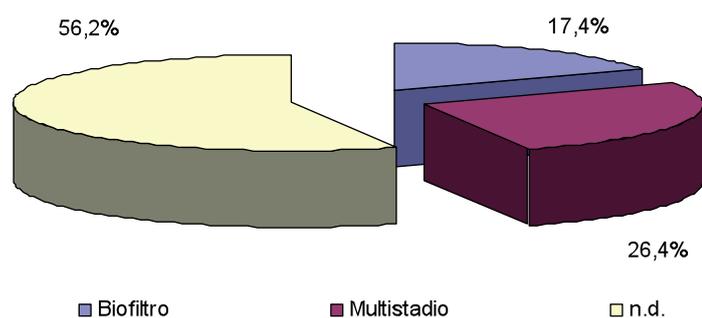


Figura 4.3.10
Trattamento degli effluenti gassosi negli impianti esaminati per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



In particolare gli impianti di trattamento degli effluenti gassosi di tipo multistadio possono a loro volta essere distinti in:

- sistemi che prevedono l'impiego di bioscrubber o scrubber (multistadio a umido);
- sistemi che non prevedono l'impiego di bioscrubber o scrubber (multistadio a secco).

La distribuzione percentuale delle due tipologie è riportata nelle figure 4.3.11 e 4.3.12. E' da rilevare che purtroppo per un numero significativo di impianti (40) non si dispone

di dati in quanto le loro caratteristiche sono state per lo più ricavate da fonti bibliografiche.

Figura 4.3.11
Trattamenti multistadio degli effluenti gassosi per numero di linee (impianti esaminati)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

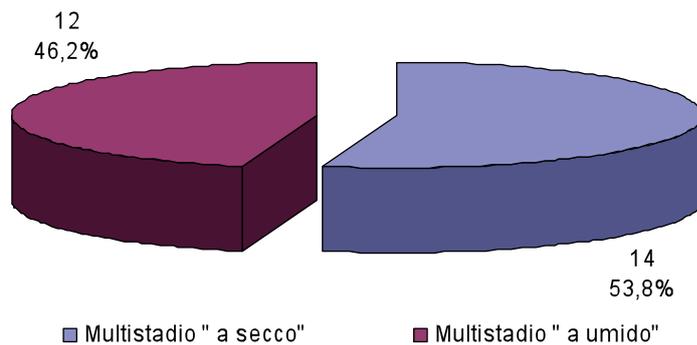
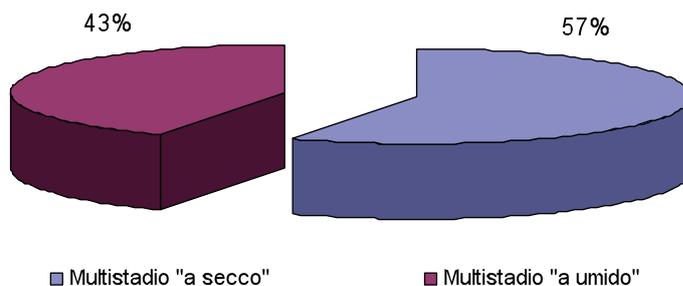


Figura 4.3.12
Trattamenti multistadio degli effluenti gassosi per capacità di trattamento (impianti esaminati)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.3.5 I rifiuti trattati, il recupero di materia, i residui

Nel corso dell'indagine sono stati raccolti i dati di esercizio relativi all'anno 2007 riguardanti le tipologie e i quantitativi di rifiuti trattati, le frazioni merceologiche valorizzabili, i residui ecc; i relativi dati in dettaglio sono riportati nell'Allegato B.

Nella tabella 4.3.3 è riportato un quadro riassuntivo dei quantitativi di rifiuti trattati, relativo agli impianti esaminati. Si rileva chiaramente che le regioni del Nord e del Sud presentano quantitativi paragonabili, mentre nelle Regioni centrali si riscontrano valori

significativamente inferiori.

Nella tabella 4.3.4 si riporta invece, un quadro riassuntivo relativo ai quantitativi di rifiuti trattati negli impianti censiti. Per la raccolta dei dati si è per lo più fatto ricorso a quelli riportati nel "Rapporto Rifiuti 2008" [4] dell'ISPRA.

Tabella 4.3.3 - Quantitativi di rifiuti trattati negli impianti esaminati (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		Tipologie di rifiuti			
			RUR		Altro	
	t/a	%	t/a	%	t/a	%
Nord	2.725.458	37,7	2.313.174	32,0	412.284	5,7
Centro	1.448.144	20,0	1.189.217	16,5	258.927	3,6
Sud	3.054.695	42,3	3.011.440	41,7	43.254	0,6
Totale Italia	7.228.297	100	6.513.831	90,2	714.465	9,8

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

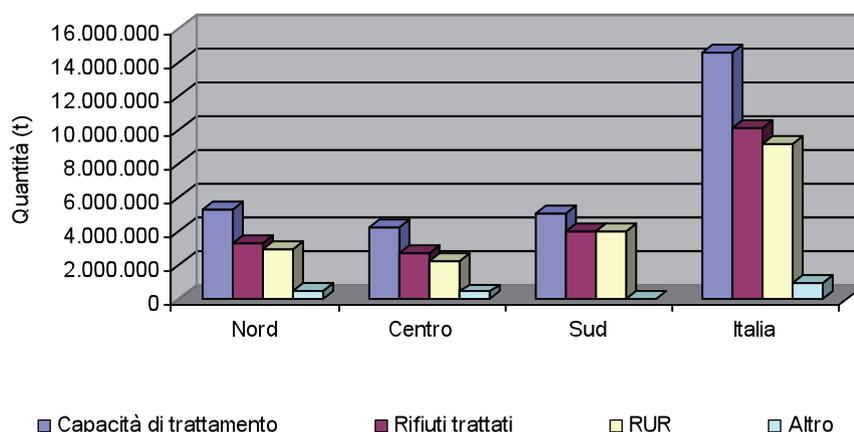
Tabella 4.3.4 - Quantitativi di rifiuti trattati negli impianti censiti (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		Tipologie di rifiuti			
			RUR		Altro	
	t/a	%	t/a	%	t/a	%
Nord	3.336.227	33,1	2.899.062	28,7	437.166	4,3
Centro	2.713.340	26,9	2.292.245	22,7	421.096	4,2
Sud	4.031.308	40,0	3.979.840	39,4	51.467	0,5
Totale Italia	10.080.875	100	9.171.147	91,0	909.729	9,0

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

Figura 4.3.13
Quantitativi di rifiuti trattati negli impianti censiti (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Riguardo ai quantitativi di materiali recuperati si riporta un quadro di sintesi della produzione di CDR nella tabella 4.3.5 per gli impianti esaminati e nella tabella 4.3.6 per gli impianti censiti. Tali dati sono riportati anche in forma grafica nelle figure 4.3.14 e 4.3.15 mentre nella figura 4.3.16 viene riportata la ripartizione per macroarea geografica relativamente agli impianti censiti. Si può rilevare come la maggior produzione di CDR sia concentrata nelle regioni settentrionali. Occorre qui ricordare che per gli impianti per i quali non erano disponibili dati, si è proceduto a una stima degli stessi effettuata sulla base di quanto enunciato al punto 2.3.

Tabella 4.3.5 - Rifiuti trattati e CDR prodotto negli impianti esaminati (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		CDR prodotto		Resa
	t/a	%	t/a	%	
Nord	1.420.801	49,5	518.428	61,4	36,5%
Centro	999.743	34,9	247.493	29,3	24,8%
Sud	446.396	15,6	78.971	9,3	17,7%
Totale Italia	2.866.940	100	844.892	100	29,5%

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Figura 4.3.14
Rifiuti trattati e CDR prodotto negli impianti esaminati (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

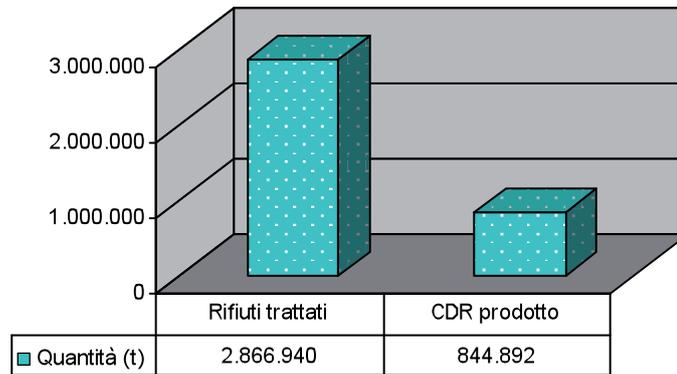


Tabella 4.3.6 - Rifiuti trattati e CDR prodotto negli impianti censiti (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		CDR prodotto		Resa
	t/a	%	t/a	%	
Nord	2.084.089	42,0	692.107	47,9	33,2%
Centro	1.958.296	40,0	507.165	35,1	25,9%
Sud	888.240	18,0	245.546	17,0	27,6%
Totale Italia	4.930.625	100	1.444.819	100	29,3%

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Figura 4.3.15
Rifiuti trattati e CDR prodotto negli impianti censiti (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

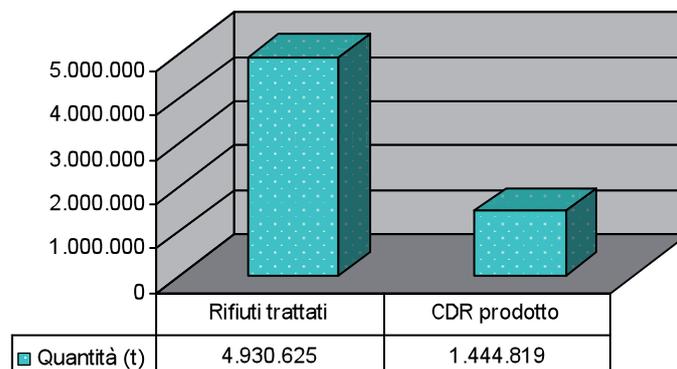
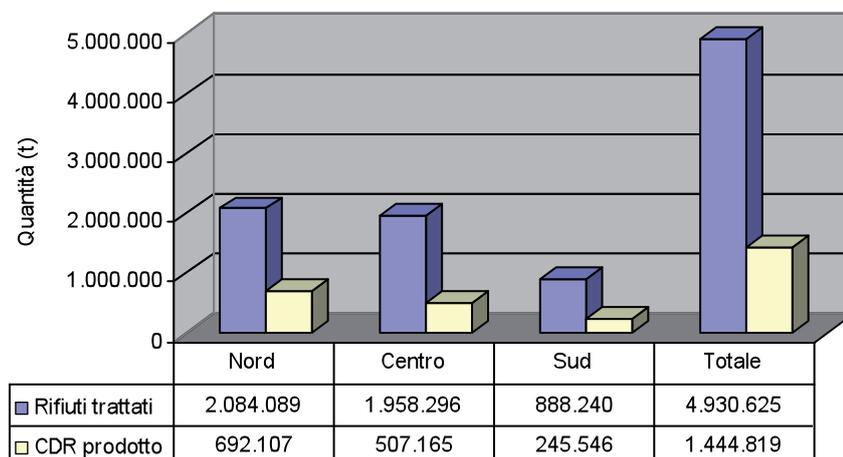


Figura 4.3.16
Rifiuti trattati e CDR prodotto per area geografica negli impianti censiti (2007)

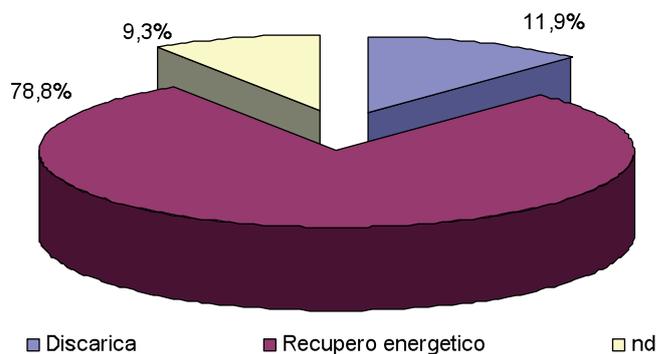
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]



Per quanto riguarda la destinazione finale del CDR prodotto si può rilevare (figura 4.3.17) che sulla base delle dichiarazioni fornite il recupero energetico, in impianti dedicati e non, è la soluzione predominante con il 78,8%, mentre almeno l'11,9% viene ancora smaltito in discarica; non sono invece disponibili dati per un quantitativo pari al 9,3% del totale.

Figura 4.3.17
Destinazione del CDR prodotto per gli impianti censiti (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Per quanto riguarda l'altra frazione oggetto di possibile recupero, vale a dire il biostabilizzato (BS), i dati relativi alla sua produzione sono riportati nelle tabelle 4.3.7 e 4.3.8 rispettivamente per gli impianti esaminati e censiti e in forma grafica nelle figure 4.3.18 e 4.3.19.

Anche in questo caso per gli impianti per i quali non erano disponibili dati si è proceduto a una stima effettuata sulla base di quanto enunciato al punto 2.3.

Tabella 4.3.7 - Rifiuti trattati e biostabilizzato prodotto negli impianti esaminati (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		BS prodotto		Resa
	t/a	%	t/a	%	
Nord	1.294.900	40,2	358.051	41,0	27,7%
Centro	1.169.906	36,3	223.001	26,4	19,1%
Sud	757.770	23,5	291.693	34,6	38,5%
Totale Italia	3.222.576	100	872.745	100	27,1%

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Figura 4.3.18
Rifiuti trattati e biostabilizzato prodotto negli impianti esaminati (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

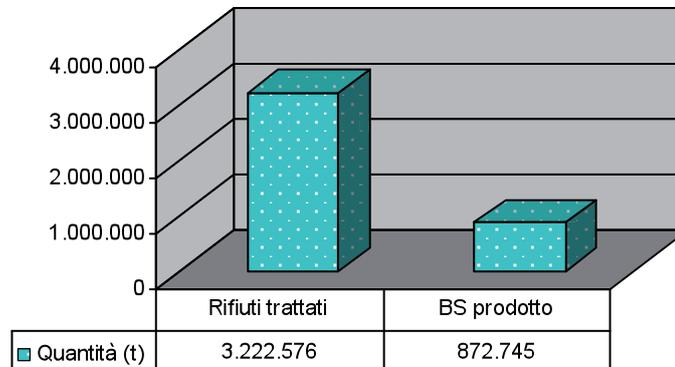


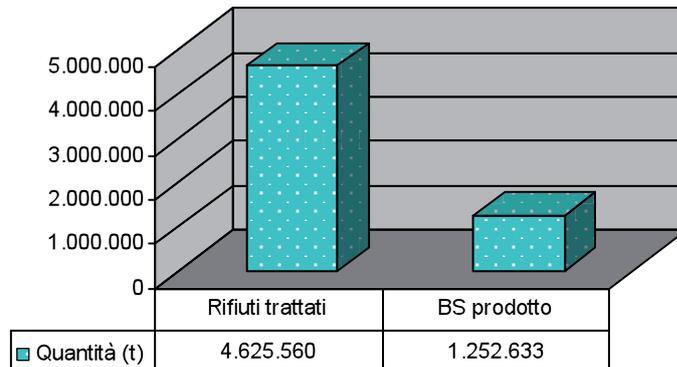
Tabella 4.3.8 - Rifiuti trattati e biostabilizzato prodotto negli impianti censiti (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		BS prodotto		Resa
	t/a	%	t/a	%	
Nord	1.379.377	29,8	382.177	30,5	27,7%
Centro	1.897.554	41	381.904	30,5	20,1%
Sud	1.348.629	29,1	488.552	39,0	36,2%
Totale Italia	4.625.560	100	1.252.633	100	27,1%

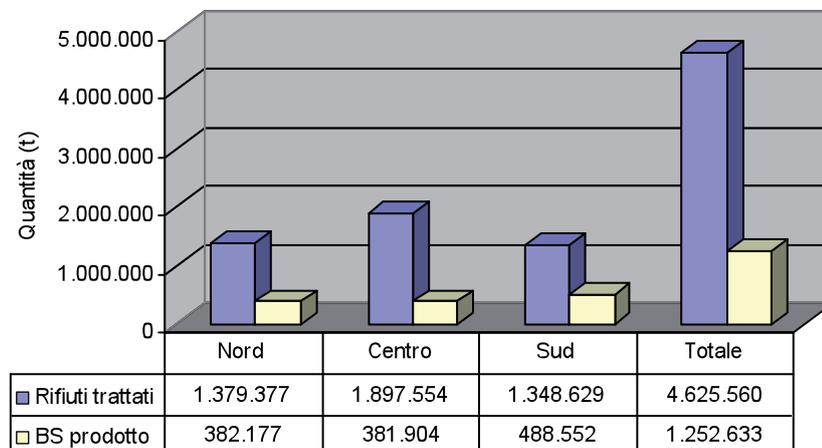
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]

Figura 4.3.19
Rifiuti trattati e biostabilizzato prodotto negli impianti censiti (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine e su fonte ISPRA [4]


Figura 4.3.20
Rifiuti trattati e biostabilizzato prodotto per area geografica negli impianti censiti (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.4 LA DIGESTIONE ANAEROBICA

4.4.1 Il quadro di sintesi

Un quadro di sintesi, aggiornato al 31 dicembre 2008, della situazione nazionale relativa agli impianti di digestione anaerobica, è riportato nella tabella 4.4.1. Le informazioni di dettaglio riguardanti la configurazione impiantistica quali la capacità, la tipologia di trattamento, la sequenza delle operazioni, la tipologia del reattore di digestione anaerobica, le tecniche di trattamento degli effluenti gassosi, nonché i dati di esercizio del 2007 (quantitativi di rifiuti trattati, recupero di materia, recupero energetico ecc.) sono riportati nell'Allegato B.

Dall'esame della tabella 4.4.1 si può rilevare che dei 10 impianti censiti con la presente indagine, 8 risultano attualmente operativi per una capacità complessiva di trattamento pari a 257.000 t/a.

Tabella 4.4.1 - Impianti di digestione anaerobica di RU in Italia (2008)

Stato	Impianti	
	N°	Capacità di trattamento t/a
Censiti	10	487.000
Esaminati	10	487.000
<i>di cui in:</i>		
Esercizio	8	257.000
Avviamento	1	180.000
Realizzazione	1	50.000

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

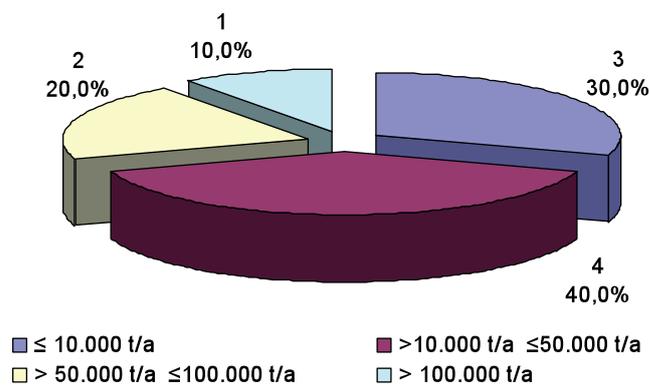
Il numero di impianti piuttosto limitato è giustificato dal fatto che l'indagine è stata ristretta unicamente a quelle installazioni che trattano, anche in quota minoritaria, flussi di rifiuti di origine urbana per lo più costituiti da frazione organica da raccolta differenziata. Non sono stati presi in considerazione impianti che trattano unicamente rifiuti speciali, quali fanghi di depurazione, reflui zootecnici o dell'industria agro-alimentare.

4.4.2 La capacità di trattamento

Nella figura 4.4.1 viene riportata la ripartizione degli impianti in base alla loro capacità di trattamento.

Figura 4.4.1
Distribuzione degli impianti per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

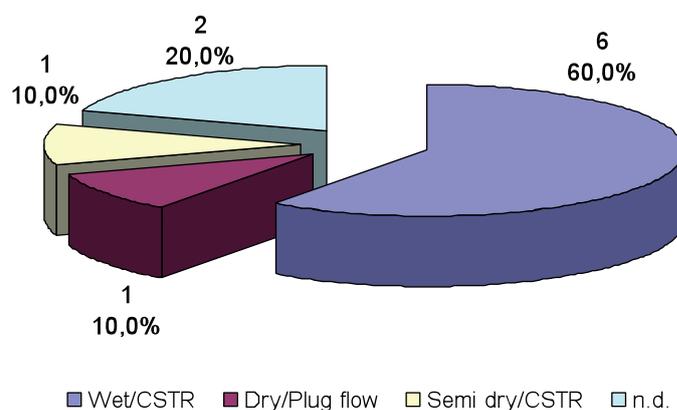


4.4.3 Le apparecchiature impiegate

La distribuzione delle tipologie di reattori impiegati negli impianti di digestione anaerobica è riportata nella figura 4.4.2.

Figura 4.4.2
Sistemi di digestione/bioreattore per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Il reattore che comunemente viene utilizzato nel caso di digestione anaerobica a secco (dry), è il reattore cosiddetto a pistone (plug-flow), nel quale il substrato viene spinto lungo l'asse longitudinale del reattore.

In particolare la digestione a secco è applicabile sia alla frazione organica da RD, sia a quella presente nei RUR. In generale essa trova impiego quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%.

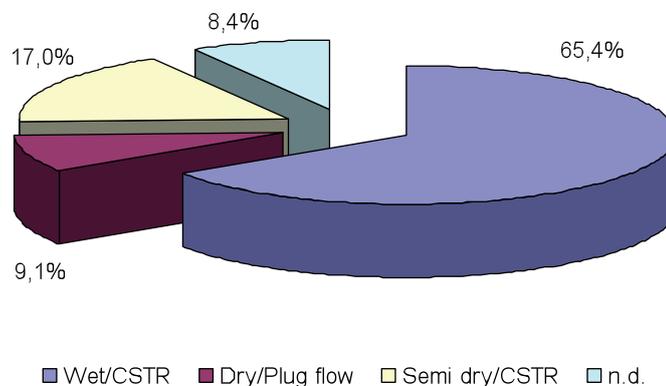
La digestione a umido (wet), invece, si applica nei casi per i quali il substrato in digestione presenta un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%. Questa è la tecnica più diffusa, in particolare per il trattamento dei liquami zootecnici. Il reattore più frequentemente utilizzato in questo tipo di processo è il reattore completamente miscelato CSTR (Completely Stirred Tank Reactor).

Dall'esame delle figure 4.4.2 e 4.4.3 si può rilevare che il tipo di trattamento più impiegato negli impianti in questione è quello che abbina la digestione a umido (wet) con l'utilizzo del reattore CSTR.

Infine va ricordato che i processi con valori intermedi di sostanza secca vengono in genere definiti semi dry.

Figura 4.4.3
Sistemi di digestione/bioreattore per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Il trattamento può essere condotto in condizioni mesofile (circa 35°C) o termofile (circa 55°C); le condizioni adottate influenzano conseguentemente i tempi di residenza. Il processo in mesofilia ha tempi di permanenza variabili tra 15 e 40 giorni, mentre per il processo termofilo è in genere inferiore ai 20 giorni. E' possibile anche attuare un trattamento psicofilo (10-25°C), con tempi di residenza che vanno dai 30 fino ad un massimo di 90 giorni.

I risultati dell'indagine, sintetizzati nelle figure 4.4.4 e 4.4.5, mostrano che il trattamento termofilo incide per circa il 68% in termini di capacità di trattamento, anche se dal punto di vista dell'adozione (come numero di linee) ambedue le soluzioni hanno lo stesso peso. Non sono state riscontrate applicazioni del trattamento in psicofilia.

Figura 4.4.4
Tipologia di processo adottato per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

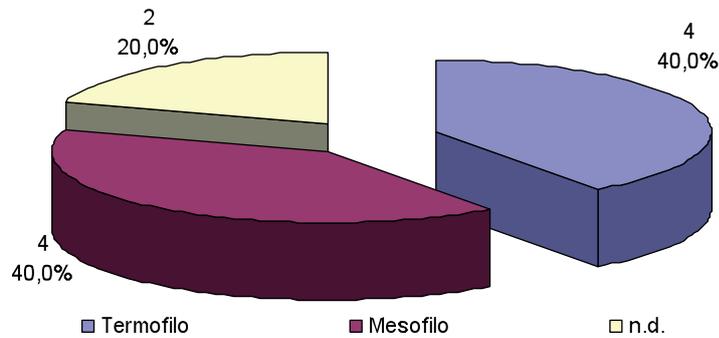
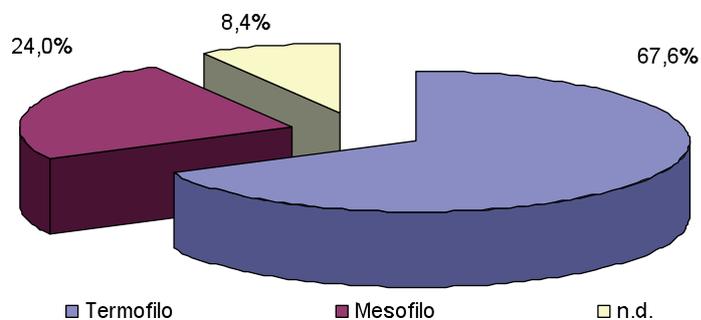


Figura 4.4.5
Tipologia di processo adottato per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

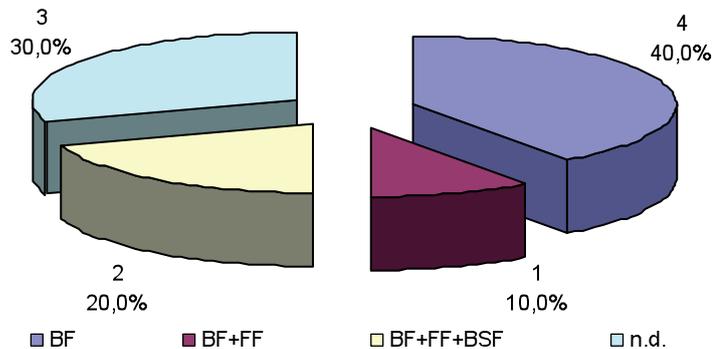


4.4.4 Il trattamento degli effluenti gassosi

Nelle figure 4.4.6 e 4.4.7 viene riportata la ripartizione dei vari sistemi di trattamento degli effluenti gassosi che prevedono l'impiego, oltre che del solo biofiltro, anche della sua combinazione con sistemi di lavaggio a umido costituiti da bioscrubbers e scrubbers. Si può rilevare che, nonostante il solo biofiltro sia il sistema più diffuso in termini di numero di linee, in termini di capacità di trattamento risultano preponderanti i sistemi di tipo multistadio a umido (46,1%), costituiti da una combinazione di biofiltro+filtro a maniche+bioscrubber.

Figura 4.4.6
Sistemi di trattamenti degli effluenti gassosi per numero di linee

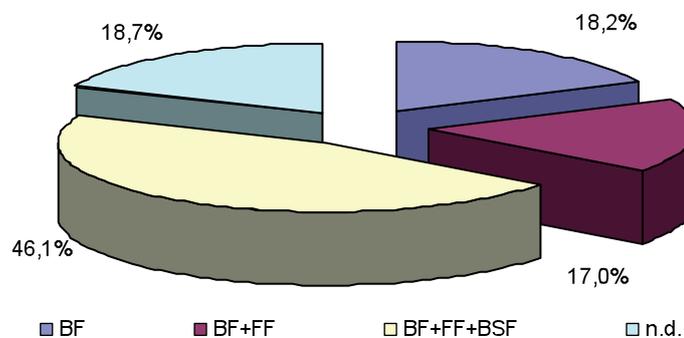
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BF = biofiltro; BSF = bioscrubber; FF = filtro a maniche

Figura 4.4.7
Sistemi di trattamento degli effluenti gassosi per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Legenda: BF = biofiltro; BSF = bioscrubber; FF = filtro a maniche

4.4.5 I rifiuti trattati, il recupero di materia ed energia, i residui

Nel corso dell'indagine sono stati raccolti i dati di esercizio relativi all'anno 2007, riportati in dettaglio nell'Allegato B.

Dall'esame dei dati di sintesi riportati nella figura 4.4.8 si può rilevare che i rifiuti trattati in questi impianti non sono costituiti unicamente dalla frazione organica dei rifiuti urbani (FORU) ma anche da altre tipologie, raggruppate sotto la voce "altro", che comprendono il verde (V), i fanghi di depurazione (F), i reflui zootecnici (Z), nonché i reflui agro-industriali (A), come riportato nella tabella 4.4.2.

Figura 4.4.8
Tipologie di rifiuti in ingresso per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

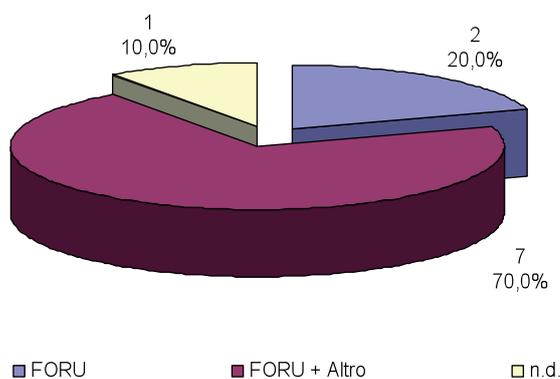


Tabella 4.4.2 - Tipologie e quantitativi di rifiuti trattati (2007)

Località	Stato	Capacità t/a	Rifiuti trattati
Pinerolo (TO)	0	83.000	FORU+ V+ A
Montello (BG)	A	180.000	FORU+ V
Lana (BZ)	0	9.600	FORU+ V
Camposampiero (PD)	0	16.000	FORU+ F+ Z
Bassano del Grappa (VI)	0	44.300	FORU+ V
Lozzo Atesino (PD)	0	60.000	FORU+ F+ Z+ A
Treviso	0	3.000	FORU+ F
Viareggio (LU)	0	1.500	FORU
Laterza (TA)	C	50.000	n.d.
Villacidro (CA)	0	39.600	FORU
Totale		487.000	

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

Legenda: 0 = operativo; A = in avviamento; C = in realizzazione

Nella tabella 4.4.3 sono riportati i dati relativi alla produzione di biogas e quelli relativi al recupero energetico effettuati nell'anno 2007, così come dichiarati nei questionari o desunti da fonti bibliografiche. Si può rilevare come l'impianto di Bassano del Grappa (VI) risulti caratterizzato da un'elevata produzione del biogas (4,4 milioni di Nm³). Al di là di verifiche che non è stato possibile effettuare, va ricordato che la resa in produzione di biogas è molto variabile, in quanto dipendente dalla biodegradabilità del substrato trattato.

Per quanto riguarda il recupero energetico si rileva invece che la soluzione preferita nella maggior parte dei casi riguarda la produzione di sola energia elettrica mediante motori endotermici.

Tabella 4.4.3 - Produzione di biogas e recupero energetico (2007)

Località	Produzione biogas Nm ³	Recupero energetico (MWh)	
		Elettrico	Termico
Pinerolo (TO) ⁽¹⁾	3.624.820	6.618	3.273
Lana (BZ)	1.038.000	1.046	--
Bassano del Grappa (VI)	4.404.416	7.844	--
Camposampiero (PD)	2.009.016	3.285	--
Lozzo Atesino (PD)	2.444.383	5.822	--
Treviso	164.161	n.d.	n.d.
Viareggio (LU) ⁽²⁾	310.250	--	n.d.
Villacidro (CA)	1.234.123	--	--
Totale	15.229.169	24.615	3.273

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

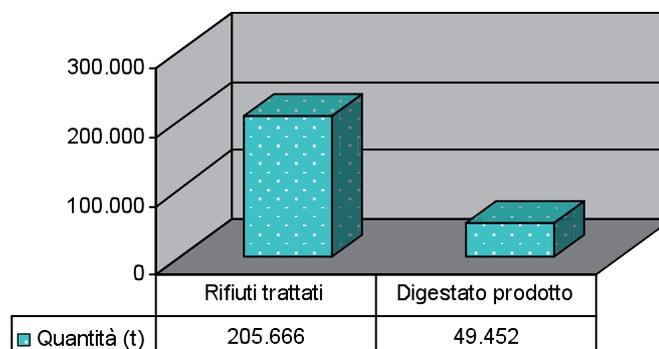
⁽¹⁾ E' in corso il raddoppio della linea di pretrattamento e la realizzazione di una rete di teleriscaldamento per utenze esterne.

⁽²⁾ L'impianto tratta principalmente i fanghi di depurazione e in misura minore FORU.

Per quanto riguarda infine la produzione di digestato si è proceduto ad una stima dei quantitativi totali sulla base dei criteri enunciati al punto 2.3, a causa dell'incompletezza dei dati disponibili. I risultati sono riportati nella figura 4.4.9.

Figura 4.4.9
Rifiuti trattati e digestato prodotto (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.5 I TRATTAMENTI TERMICI

4.5.1 Il quadro di sintesi

Il quadro di sintesi, aggiornato al 31 dicembre 2008, della situazione nazionale relativa all'impiantistica di trattamento termico dei rifiuti urbani, è riportato nella tabella 4.5.1 e può essere così riassunto:

- Sono presenti sul territorio nazionale 53 impianti aventi una capacità nominale complessiva di trattamento pari a 6,67 Mt/a. La corrispondente capacità termica risulta pari a 2.745 MW, mentre la potenza elettrica installata è pari a 704 MW (v. tabelle B5.2 e B5.3 riportate nell'Allegato B).
- Al 31 dicembre 2008 risultano effettivamente in esercizio 47 impianti di capacità nominale complessiva di trattamento pari a 5,63 Mt/a. La corrispondente capacità termica risulta pari a 2.239 MW, mentre la potenza elettrica installata è pari a 558 MW.
- Alla stessa data sono momentaneamente inattivi e/o in ristrutturazione 4 impianti per una capacità nominale complessiva di trattamento pari a 354.000 t/a. La corrispondente capacità termica risulta pari a 116 MW, mentre la potenza elettrica installata è pari a 29 MW.

Sono in fase di avanzata realizzazione e prossimi alla messa in esercizio 2 impianti, per una capacità nominale complessiva di trattamento pari a 684.000 t/a. La corrispondente capacità termica risulta pari a 390 MW, mentre la potenza elettrica installata è pari a 117 MW.

Tabella 4.5.1 - Impianti di trattamento termico in Italia (2008)

Stato	Impianti	Linee	Capacità di trattamento			Carico termico MW	Potenza elettrica MW
			Nominale		Autorizzata		
			N°	N°	t/h		
Censiti	53	101	850	20.404	6.667.052	2.745	704
Esaminati	53	101	850	20.404	6.667.052	2.745	704
<i>di cui in:</i>							
Esercizio	47	89	720	17.261	5.628.777	2.239	558
Ristrutturazione	4	8	39	944	354.200	116	29
Realizzazione	2	4	91	2.199	684.075	390	117

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

La distribuzione territoriale degli impianti operativi al 31 dicembre 2008 viene riportata in tabella 4.5.2; si può notare come circa il 74% (4,4 Mt su circa 6,0 Mt totali) della capacità complessiva di trattamento è concentrata nei 29 impianti localizzati nel nord del Paese.

Le principali caratteristiche tecniche dell'impiantistica di trattamento termico dei ri-

Tabella 4.5.2 – Impianti di trattamento termico operativi (2008)

Area geografica	Impianti		Linee		Capacità di trattamento					Carico termico		Potenza elettrica	
	N°	%	N°	%	Nominale			Autorizzata		MW	%	MW	%
					t/h	t/g	%	t/a	%				
Nord	29	56,9	59	60,8	572	13.726	75,4	4.406.477	73,7	1.707	72,5	439	74,8
Centro	14	27,5	21	21,6	104	2.490	13,7	880.700	14,7	372	15,8	92	15,7
Sud	8	15,7	17	17,5	83	1.989	10,9	695.800	11,6	276	11,7	56	9,5
Totale Italia	51	100	97	100	759	18.205	100	5.982.977	100	2.355	100	587	100

laborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

fiuti urbani è riportata nelle tabelle B5.2 e B5.3 (v. Allegato B). Per una trattazione di dettaglio rimanda anche al "Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia" [7], pubblicato da ENEA e Federambiente nel corso del 2009.

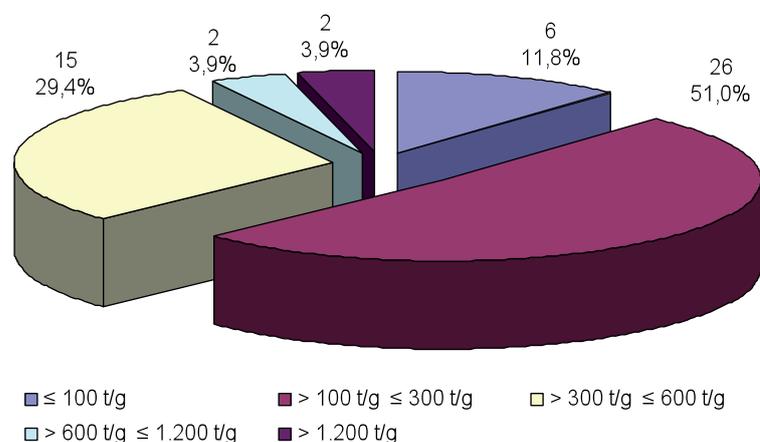
4.5.2 La capacità di trattamento

La capacità nominale di trattamento di un impianto in termini ponderali (di norma espressa in t/g) è data dalla somma delle singole capacità giornaliere delle linee che lo costituiscono.

Dall'esame della figura 4.5.1 si rileva che 26 sono gli impianti con capacità compresa tra 100 e 300 t/g, 15 sono quelli con capacità compresa tra 300 e 600 t/g, 6 gli impianti che hanno una capacità inferiore a 100 t/g e solo 4 quelli che hanno una capacità superiore a 600 t/g.

Figura 4.5.1
Distribuzione degli impianti per capacità di trattamento

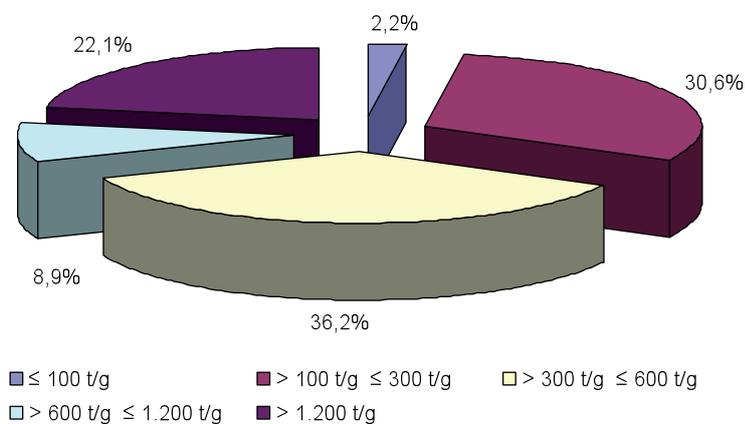
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



E' interessante osservare la distribuzione delle capacità di trattamento per le classi d'impianto individuate, riportata nella figura 4.5.2, dall'esame della quale si rileva come oltre il 30% della capacità complessiva sia concentrata nei 4 impianti di taglia superiore a 600 t/g.

Figura 4.5.2 Capacità di trattamento per classi d'impianto

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.5.3 Le apparecchiature impiegate

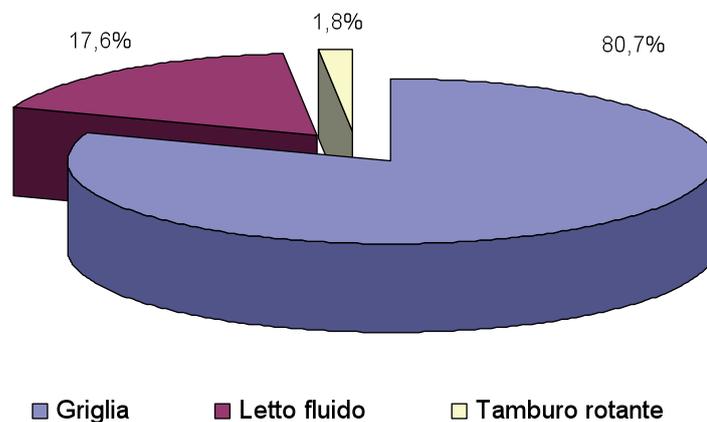
Le apparecchiature impiegate negli impianti di combustione dei rifiuti urbani operativi (2008) sono riconducibili alle seguenti tre tipologie: a griglia, a letto fluido, a tamburo rotante.

Sulla base della capacità nominale di trattamento del parco impiantistico, pari a 18.205 t/g, l'incidenza percentuale delle apparecchiature per tipologia viene riportata nella figura 4.5.3.

Figura 4.5.3

Apparecchiature di combustione per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

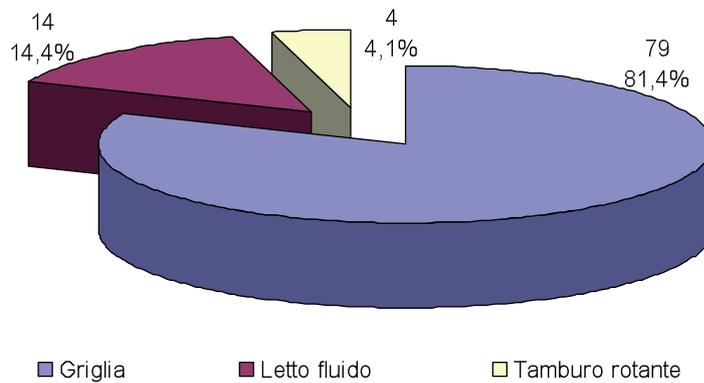


In termini di capacità di trattamento, l'apparecchiatura a griglia risulta essere quella di gran lunga la più diffusa con un'incidenza dell'80,7% (14.687 t/g), seguita dal letto fluido con il 17,6% (3.199 t/g) e dal tamburo rotante con l'1,8% (319 t/g).

Una distribuzione pressoché analoga si riscontra ripartendo le tre tipologie di apparecchiature di combustione in funzione del numero totale di linee di trattamento installate (pari a 97 unità), come riportato nella figura 4.5.4.

Figura 4.5.4 Apparecchiature di combustione per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.5.4 Il trattamento degli effluenti gassosi

Schematicamente le principali tecniche impiegate per la rimozione dei vari inquinanti sono risultate essere:

- depolverazione: filtri elettrostatici (o "elettrofiltri"), filtri a maniche, cicloni;
- rimozione gas acidi: sistemi "a secco" (utilizzanti come reagente calce o bicarbonato di sodio), "a semisecco" (reagente: latte di calce) o "ad umido" (reagente: soda);
- riduzione degli ossidi di azoto ("DeNO_x") tramite azione selettiva non catalitica (SNCR) ovvero catalitica (SCR).

4.5.4.1 I sistemi di rimozione delle polveri

Le apparecchiature di rimozione delle polveri impiegati sono essenzialmente di due tipi: elettrofiltro e filtro a maniche. Di norma il primo trova impiego come stadio primario di rimozione delle polveri nei fumi caldi a valle del generatore di vapore, cui segue un secondo stadio di depolverazione, dopo l'assorbimento dei gas acidi, che può essere effettuato tramite filtro a maniche o sistema di lavaggio ad umido. Il filtro a maniche trova invece impiego come depolveratore secondario o come unico stadio di depolverazione nel quale vengono rimossi sia le polveri che i sali prodotti dalla neutralizzazione dei gas acidi, essendo da solo in grado di garantire i limiti alle emissioni imposti dalla vigente normativa.

4.5.4.2 I sistemi di neutralizzazione dei gas acidi

La neutralizzazione dei gas acidi presenti nei fumi può essere conseguita mediante i seguenti tipi di trattamento:

- a secco;

- a semisecco;
- ad umido;
- multistadio.

Dall'esame della figura 4.5.5, si può rilevare l'incidenza dei diversi sistemi adottati negli impianti di trattamento termico di RU e frazioni derivate, ripartiti in base al numero di linee in cui sono applicati. Il sistema più diffuso è attualmente quello a secco utilizzato in circa il 43% dei casi, seguito da quello multistadio (39%), dal semisecco (12%) e dall'umido (5%). Se si analizza invece l'applicazione di tali sistemi in termini di capacità di trattamento, risulta (figura 4.5.6) che il sistema a secco è tuttora quello più utilizzato con un'incidenza pari a circa il 48% del totale.

Figura 4.5.5
Sistemi di neutralizzazione gas acidi per numero di linee

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

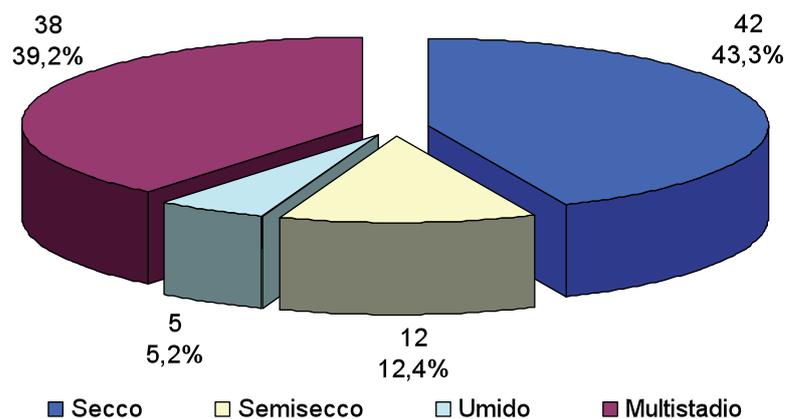
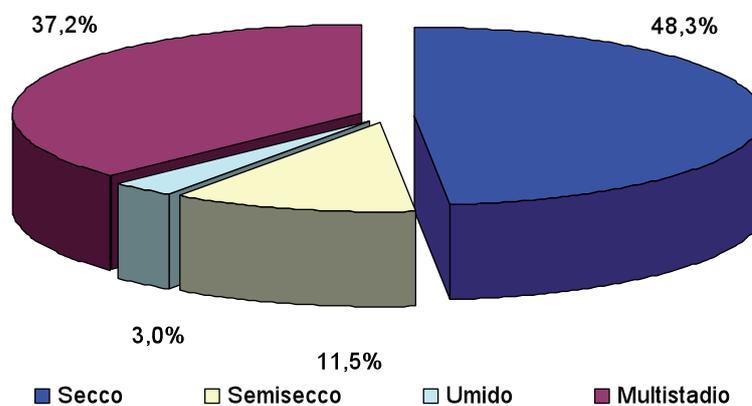


Figura 4.5.6
Sistemi neutralizzazione gas acidi per capacità di trattamento

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.5.5 I rifiuti trattati e i residui prodotti

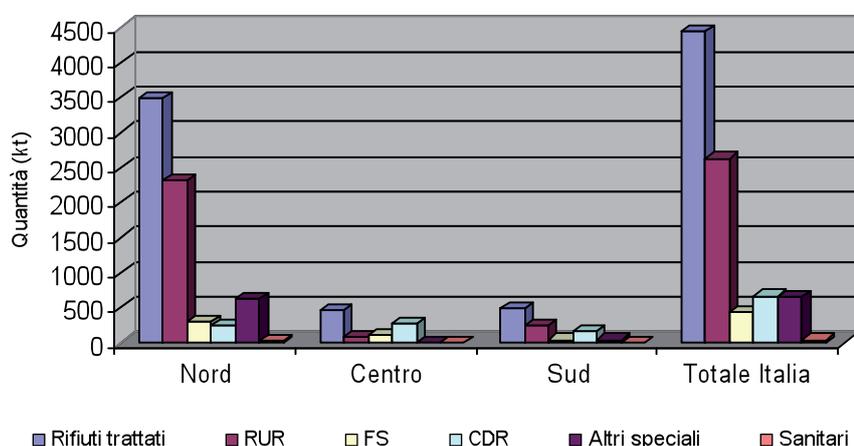
Nella tabella 4.5.3 sono riportati i dati di consuntivo al 2007 relativi ai rifiuti trattati negli impianti operativi, suddivisi per macroaree geografiche. Dal suo esame si può rilevare come la quota maggiore (59,2%) è ascrivibile ai RUR, cui seguono le frazioni pretrattate (25,1%), distribuite tra frazione secca e CDR, ed i rifiuti speciali comprensivi dei sanitari (15,7%). In merito alle caratteristiche dei rifiuti trattati, ed in particolare al loro contenuto energetico, si evidenzia che il PCI medio, a livello nazionale è pari a circa 11,5 MJ/kg [7], superiore a quello che di norma si riscontra in altre realtà europee, nelle quali risulta compreso fra 9,5 e 11,0 MJ/kg.

Tabella 4.5.3 – Distribuzione per area geografica delle tipologie e quantitativi di rifiuti trattati (2007)

Area geografica	Rifiuti trattati		RUR		Frazione secca		CDR		Altri speciali		Sanitari	
	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%
Nord	3.493,1	78,6	2.313,9	52,0	290,9	6,5	234,4	5,3	618,9	13,9	35,0	0,8
Centro	467,4	10,5	82,1	1,8	117,4	2,6	263,0	5,9	0,9	0,0	4,0	0,1
Sud	485,1	10,9	234,3	5,3	37,3	0,8	172,8	3,9	36,9	0,8	3,8	0,1
Totale Italia	4.445,7	100	2.630,4	59,2	445,6	10,0	670,2	15,1	656,7	14,8	42,8	1,0

Figura 4.5.7
Distribuzione per area geografica delle tipologie e quantitativi di rifiuti trattati (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Viene altresì riportato in tabella B5.4 (v. Allegato B) un quadro di dettaglio della situazione nazionale relativa alle tipologie di rifiuti trattati.

Riguardo alla produzione ed alla gestione dei residui dal trattamento termico i dati disponibili non hanno consentito di fornire un quadro chiaro ed esaustivo della situazione. In particolare si è dovuto procedere per alcuni impianti ad una bonifica dei dati, effettuata sulla base dei valori medi riscontrati, a causa della mancata comunicazione o incongruenza dei valori forniti. Su queste basi è stato possibile stimare per l'anno 2007 una produzione complessiva rispettivamente di:

- circa 797.000 tonnellate di scorie di combustione;
- circa 224.000 tonnellate di residui da trattamento dei fumi.

La produzione e la gestione dei residui di trattamento per area geografica viene riportata nella tabella 4.5.4. Viene altresì riportato in tabella B5.5 (v. Allegato B) un quadro di dettaglio della situazione nazionale relativa alle tipologie ed alla gestione delle scorie e dei residui prodotti.

Nella figura 4.5.8 è riportata la ripartizione fra recupero e smaltimento per le scorie; benché il recupero di tale flusso si stia diffondendo, si può osservare come circa la metà dei quantitativi prodotti venga attualmente ancora smaltita in discarica. Attualmente il recupero delle scorie di combustione viene per lo più effettuato tramite il loro impiego come materia prima per la produzione di cemento.

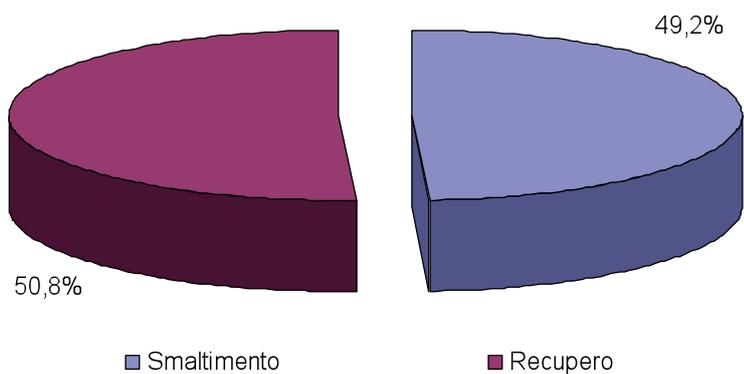
Tabella 4.5.4 - Produzione e gestione delle scorie e dei residui di trattamento fumi (2007)

Area geografica	Scorie						Residui trattamento fumi					
	Produzione		Smaltimento		Recupero		Produzione		Smaltimento		Recupero	
	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%	kt	%
Nord	635,6	79,7	258,6	65,9	377,1	93,1	148,6	66,3	134,7	64,1	13,9	100
Centro	82,7	10,4	59,8	15,3	22,8	5,6	27,3	12,2	27,3	13,0	0,0	0,0
Sud	79,1	9,9	73,8	18,8	5,3	1,3	48,1	21,5	48,1	22,9	0,0	0,0
Totale Italia	797,4	100	392,2	100	405,2	100	224,0	100	210,1	100	13,9	100

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

Figura 4.5.8
La gestione delle scorie (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



Nelle figure 4.5.9 e 4.5.10 viene sintetizzata invece la situazione relativa alle modalità di gestione delle scorie e dei residui da trattamento fumi nelle tre macroaree geografiche.

Figura 4.5.9
Produzione e gestione delle scorie per macroarea geografica (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

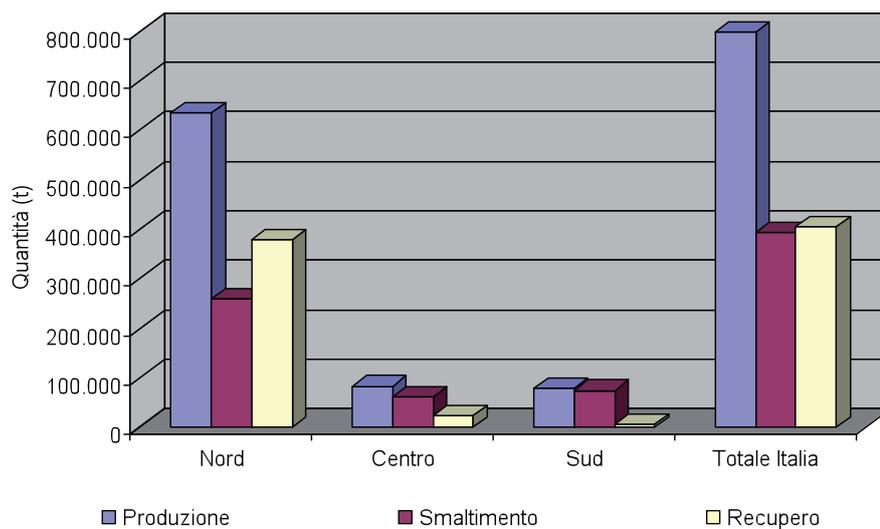
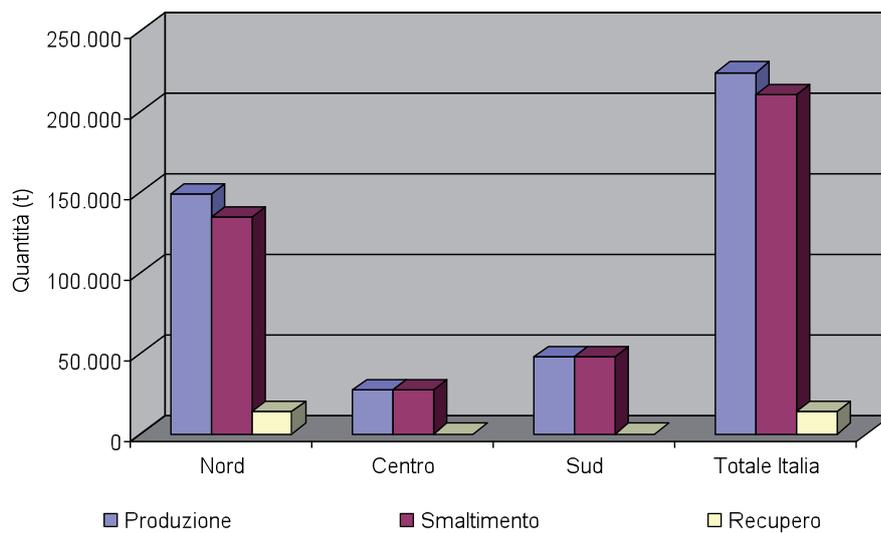


Figura 4.5.10
Produzione e gestione dei residui trattamento fumi per macroarea geografica (2007)

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



4.5.6 Il recupero energetico

Il recupero dell'energia contenuta nei fumi di combustione avviene in un ciclo termico nel quale viene prodotto del vapore surriscaldato, successivamente espanso in turbina per la produzione di energia elettrica. Tale modalità costituisce attualmente lo schema di riferimento, essendo adottata nei 49 impianti (su 51 operativi) che effettuano recupero energetico, a cui corrisponde una potenza elettrica nominale installata pari a 587 MW. Al contrario, la produzione di energia termica, effettuata per lo più su base stagionale in assetto cogenerativo, risulta circoscritta a soli 11 impianti, tutti localizzati nel Nord del Paese.

Nella tabella 4.5.5 si riportano i dati di sintesi del recupero energetico per l'anno 2007, dai quali si ha conferma del fatto che la produzione di energia elettrica risulta preponderante rispetto a quella termica, nonché un quadro sintetico dei relativi sistemi di incentivazione attualmente applicati.

Tabella 4.5.5 – Il recupero energetico (2007)								
Area geografica	Elettrico		Termico		Sistema incentivante			
	GWh	%	GWh	%	CIP 6		CV	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Nord	2.268	80,0	757	100	1.787	82,7	133	98,4
Centro	312	11,0	0	0	206	9,5	0	0
Sud	254	9,0	0	0	167	7,7	2	1,6
Totale Italia	2.834	100	757	100	2.160	100	135	100

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine



5. LE PROPOSTE ALTERNATIVE

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



federambiente

Vengono di seguito descritte alcune proposte di tecnologie alternative per il trattamento dei rifiuti urbani delle quali si è venuti a conoscenza nel corso dello svolgimento dell'indagine, sia tramite incontri con i proponenti, sia a seguito di pressanti iniziative di "marketing", alle quali è stata data ampia eco a livello mediatico.

Va da sé che quanto viene riportato non presuppone nessuna iniziativa di supporto o promozione, come pure l'omissione di altre proposte è da considerarsi casuale e non implica alcun giudizio negativo in merito.

L'unico intento rimane quello di fornire un quadro informativo quanto più chiaro e corretto possibile sul piano tecnico, nei limiti dettati dalla quantità e dalla qualità delle informazioni e dei dati di cui si è avuta disponibilità.

Si è cercato di raggruppare le varie proposte secondo le categorie tecnologiche sinora individuate, anche se occorre dire che per alcune di esse tale classificazione non risulta essere perfettamente pertinente.

5.1 I TRATTAMENTI DI TIPO MECCANICO-BIOLOGICO E MECCANICO-CHIMICO

5.1.1 La tecnologia VMpress

5.1.1.1 Origini e finalità

Questa tecnologia, messa a punto dalla società VMpress srl, consiste in un trattamento di presso-estrazione dei rifiuti realizzato tramite l'applicazione di pressioni elevate.

La tecnologia in questione è stata originariamente applicata al trattamento dei RUR, sui quali può operare una separazione della frazione secca (destinabile a recupero) e di una frazione umida sotto forma di "polpa" che, presentando caratteristiche chimico-fisiche simili a quelle di un refluo urbano, può essere destinata al recupero di materia ed energia tramite digestione anaerobica.

Successivamente l'impiego della tecnologia in questione è stato esteso anche al trattamento della FORU proveniente da raccolta differenziata da destinare, assieme ad altri flussi (fanghi di depurazione), a digestione anaerobica per la produzione di energia e di un digestato avente caratteristiche di un ammendante di qualità.

5.1.1.2 Descrizione della tecnologia

I RUR vengono alimentati tramite una tramoggia ad un tritatore monoalbero "lacerasacchi" e successivamente sottoposti a deferrizzazione prima di essere inviati al trattamento di presso-estrazione dove sono sottoposti ad una sorta di "spremitura" ad alta pressione (600-1.000 bar), realizzata per mezzo di una pressa, finalizzata alla separazione in due correnti costituite da:

- una frazione umida (circa il 40% in peso) che si presenta come una sorta di "polpa" avente caratteristiche omogenee e pezzatura ridotta, fattori che la rendono particolarmente idonea ad un successivo trattamento tramite digestione anaerobica, grazie

anche alla spiccata porosità e alla elevata superficie di contatto disponibile per lo sviluppo delle popolazioni microbiche;

- una frazione secca (circa il 60% in peso), destinabile a valorizzazione energetica, caratterizzata da elevati valori della densità (0,6-1,0 t/m³), che nel caso di smaltimento in discarica consentono di ridurre sia i volumi richiesti, sia la formazione di biogas e percolato.

Nel corso del trattamento di digestione anaerobica è possibile conseguire un buon livello di conversione dei composti volatili, grazie alle ridotte dimensioni della massa. Il digestato prodotto può essere inoltre sottoposto ad un trattamento aerobico ai fini di un suo eventuale impiego come ammendante.

Un utilizzo alternativo di tale tecnologia riguarda il trattamento della FORU, al fine della produzione di un gel di organico da destinare a digestione anaerobica e alla produzione di un compost di qualità.

5.1.1.3 Grado di sviluppo raggiunto

Attualmente la tecnologia VMpress è in uno stadio di sviluppo dimostrativo piuttosto avanzato. Sono in corso studi e sperimentazioni volti alla messa a punto di un processo di co-digestione della FORU derivante da raccolta differenziata miscelata con fanghi di depurazione delle acque reflue, con produzione di biogas e compost di qualità.

Secondo quanto comunicatoci, sono attualmente operativi due impianti:

- l'impianto di Alessandria, che tratta 75.000 t/a di RUR tramite un presso-estrusore di tipo VM2035 della potenzialità di 30 -35 t/h;
- l'impianto di Kaiserslautern (Germania) che tratta attualmente circa 40.000 t/a di RUR, per il quale è prevista la possibilità di arrivare a trattare fino a 100.000 t/a.

5.1.1.4 Considerazioni tecniche

Essendo tale tecnologia tuttora in fase di sviluppo, in base alla documentazione resa disponibile, non è possibile esprimere un giudizio di merito.

L'applicazione della presso-estrusione al trattamento dei rifiuti è comunque una tecnica nota da tempo, ma che non ha trovato a tutt'oggi applicazioni diffuse su scala industriale.

Sicuramente oggetto di verifica sono gli aspetti riguardanti le possibili problematiche di usura delle parti meccaniche a contatto con i rifiuti, nonché l'entità dei consumi energetici associati, fattori che possono condizionare pesantemente la fattibilità tecnica della soluzione proposta.

5.1.2 La tecnologia THOR

5.1.2.1 Origini e finalità

La tecnologia THOR (Total HOuse waste Recycling) è stata messa a punto dall'Istituto di Studi sui Materiali Nanostrutturali (ISMN) del CNR, in collaborazione con la società di ingegneria Assing SpA.

L'idea originaria prende spunto dalle tecniche di raffinazione sviluppate dall'industria mineraria, in questo caso finalizzate al recupero delle frazioni valorizzabili e alla contestuale separazione di eventuali composti contaminanti.

Si tratta in pratica di un sistema per la produzione di un CDR di buona qualità a partire da RUR e/o da alcune tipologie di rifiuti speciali (scarti di lavorazione dell'industria del legno, imballaggi di plastica ecc.), nella prima parte del tutto simile a quelli di tipo tradizionale, nel quale viene inserito uno stadio finale di "micronizzazione" del materiale, che realizza l'innescò di reazioni di tipo mecano-chimico.

Il prodotto finale è un materiale pulverulento con elevato potere calorifico, bassa umidità e ridotto contenuto di sostanze contaminanti. In funzione dei rifiuti trattati in ingresso, il prodotto può anche arrivare a soddisfare i requisiti di un CDR-Q.

5.1.2.2 Descrizione della tecnologia

La tecnologia THOR (figura 5.1.1) è basata su un trattamento di tipo meccanico del tutto simile a quello che viene effettuato in un impianto tradizionale di produzione CDR a valle del quale viene inserito un particolare mulino ("reattore mecano-chimico") che opera la "raffinazione" della frazione inferiore a 20 mm, per ottenere un CDR di qualità a granulometria molto fine.

I rifiuti da trattare, dopo una prima rimozione grossolana dei metalli ferrosi, vengono frantumati e vagliati per ottenere due frazioni. La frazione più grossolana (> 20 mm) può essere ulteriormente trattata ai fini del recupero dei metalli e la separazione degli inerti dalle pastiche pesanti.

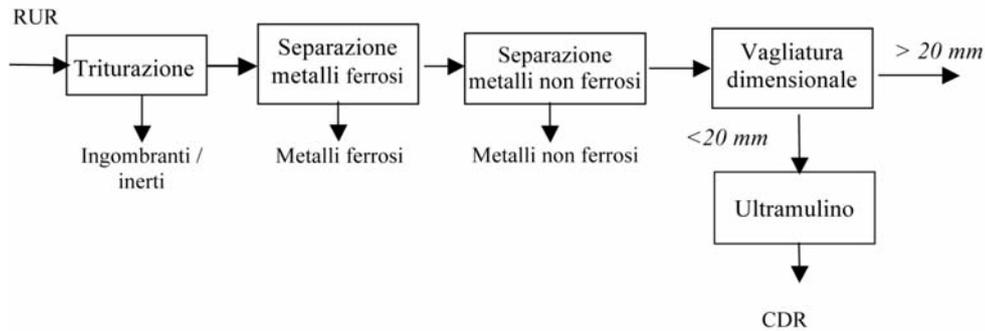
La frazione più fine (< 20 mm) viene alimentata al reattore mecano-chimico, che costituisce l'elemento principale e innovativo della tecnologia. Inizialmente (2003) esso era costituito da un mulino del tipo ad attrito, successivamente sostituito (2005) con uno di tipo planetario, più efficiente e meno costoso. Quest'ultimo è costituito da cilindri di acciaio rotanti ed ermeticamente chiusi detti camere di macinazione o "giare", all'interno delle quali sono presenti dei corpi macinanti di forma sferica che occupano circa la metà del volume libero. Il prototipo realizzato, costituito da 4 camere da 65 litri ciascuna, è in grado di trattare fino a 4 t/h, con una potenza elettrica installata di 200 kW.

La micronizzazione viene ottenuta con tempi di residenza dell'ordine di pochi secondi durante i quali vengono raggiunte, secondo quanto dichiarato, pressioni superiori a 1.000 bar.

All'interno del mulino può essere aggiunto dell'ossido di calcio per neutralizzare il cloro liberato dalle reazioni di dechlorurazione dei composti clorurati e ridurre il contenuto. Il prodotto finale presenta una granulometria dell'ordine degli 80-100 micron. Pertanto il sistema richiede nel complesso un controllo spinto delle polveri, basato su diversi sistemi di trattamento di effluenti gassosi.

Figura 5.1.1
Schema di principio del trattamento meccanico THOR

Elaborazione ENEA



5.1.2.3 Grado di sviluppo raggiunto

La tecnologia THOR si trova ad un grado di sviluppo di livello dimostrativo. Il primo impianto prototipale, basato su un mulino ad attrito, denominato THOR-I è stato testato nel 2003 presso il centro di ricerca CNR di Montelibretti (RM). Nel 2007 è stato realizzato un secondo prototipo impiegante un mulino planetario, denominato THOR II. Su tale impianto sono state condotte una serie di prove sperimentali nel corso del 2008 presso il sito di Capo d'Orlando (ME) della società Arcobaleno Srl. Si è inoltre a conoscenza di un'esperienza a carattere più limitato riguardante il trattamento di scarti del centro commerciale "Etna Polis SpA" di Catania, nel corso della quale è stata impiegata un'apparecchiatura da 1 t/g e 90 kW di potenza installata.

Nel corso dello svolgimento dell'indagine sugli impianti TMB si è venuti a conoscenza di un'applicazione del sistema THOR presso l'impianto di Sommariva del Bosco (CN) e di un interesse al suo impiego mostrato dalla società che gestisce l'impianto di Castelforte (LT), che lo ha di recente acquistato. Nel primo caso si tratta di una sperimentazione condotta in collaborazione con il gruppo Buzzi UNICEM SpA, potenzialmente interessato allo sfruttamento del CDR nei cementifici di propria gestione. Il THOR è stato installato su una linea da 4 t/h a valle della tritovagliatura primaria.

5.1.2.4 Considerazioni tecniche

L'impiego del sistema THOR è finalizzato all'ottenimento di un CDR di buona qualità a partire sia da RUR, sia da alcune tipologie di rifiuti speciali.

Circa la sua effettiva applicabilità sul piano industriale occorre quanto meno attendere i risultati delle esperienze che sono state condotte e si stanno conducendo a livello di impianto pilota (dapprima a Capo d'Orlando (ME) e successivamente a Sommariva del Bosco (CN)).

La tecnica della meccano-chimica è impiegata industrialmente soprattutto nel settore della produzione di leghe metalliche pregiate. La sua applicabilità al trattamento dei

rifiuti non appare scontata poiché, al di là di problematiche tecniche non escludibili aprioristicamente, sono ancora da valutare gli aspetti relativi alla fattibilità economica ed ambientale di questo tipo di trattamento. Non essendo stato possibile disporre di ulteriore documentazione tecnica, si può solo affermare che la tecnologia in questione risulta caratterizzata da consumi energetici piuttosto elevati in grado di inficiarne la sua fattibilità tecnico-economica. Tali consumi sono legati alla fase di pretrattamento (concettualmente del tutto simile ad un impianto di produzione di CDR), all'ultramacinazione (per la quale viene dichiarata una richiesta di circa 50 kWh/t), alla fase finale di pellettizzazione (a nostro parere imprescindibile in quanto la granulometria ultrafine del materiale ottenuto lascia presupporre difficoltà di manipolazione e trasporto, tenuto conto anche dei rischi legati alla sua infiammabilità), nonché al trattamento dei sovralli. Riguardo a questo ultimo aspetto occorre ricordare infatti che l'ultramulino richiede una preventiva selezione spinta, potendo accettare in ingresso una pezzatura di circa 20 mm.

Un'ulteriore aspetto da valutare riguarda infine l'adozione di adeguati sistemi di contenimento delle emissioni di polveri ultrafini che potrebbero originarsi proprio da perdite accidentali di "prodotto".

5.1.3 La tecnologia ArrowBio

5.1.3.1 Origini e finalità

La tecnologia ArrowBio è stata messa a punto dall'Arrow Ecology Ltd, società israeliana di ingegneria e servizi in campo ambientale. Si tratta in pratica di un processo di digestione anaerobica "personalizzato" per l'accettazione in ingresso di RUR non trattati. Il pretrattamento viene effettuato in loco tramite un'immersione degli stessi in un bagno di acqua che, basandosi sulla diversa densità dei materiali presenti nei rifiuti, funge da separatore nelle seguenti correnti:

- una costituita dai materiali non solubili, destinabili a riciclo secondo il proponente;
- l'altra, comprendente tutte le frazioni a base di biomassa (inclusi carta e cartone), che costituisce l'alimentazione alla successiva fase di digestione anaerobica di tipo tradizionale.

I flussi in uscita dal trattamento sono i seguenti:

- metalli ferrosi e non;
- vetro e inerti;
- plastiche leggere e pesanti;
- biogas da destinare a recupero energetico;
- digestato;
- acque reflue da trattare.

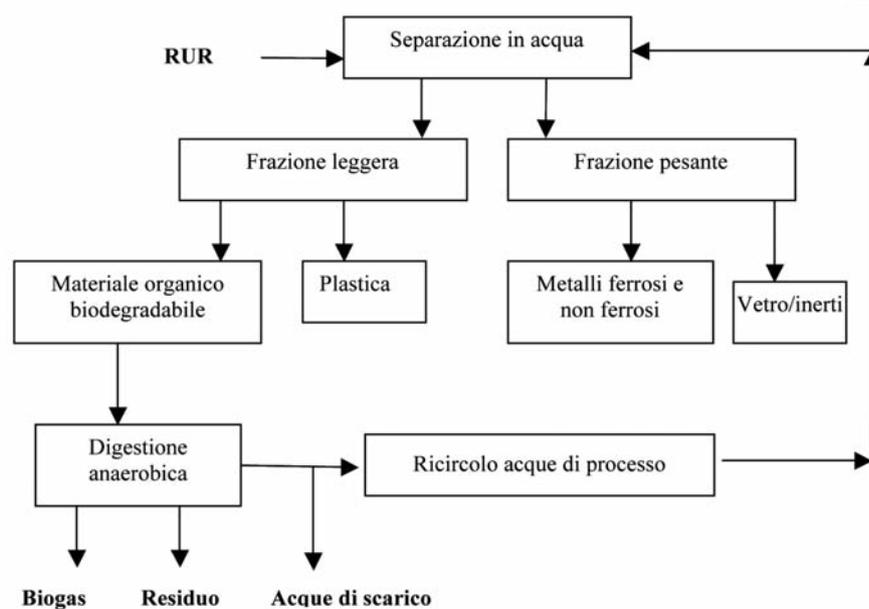
5.1.3.2 Descrizione della tecnologia

I rifiuti (figura 5.1.2) dopo essere passati attraverso un "rompisacchi", vengono inviati in una vasca contenente acqua dove, grazie alla diversa densità, vengono separati idromeccanicamente.

La parte più pesante costituita dai materiali inorganici viene raccolta ed inviata ad una linea di trattamento per l'ulteriore separazione dei metalli ferrosi (tramite separatori magnetici), dei metalli non ferrosi (tramite separatori a correnti indotte) e del vetro. Il surnatante costituito dalle frazioni più leggere (plastiche, materiali organici biodegradabili) abbandona la vasca assieme al flusso liquido.

Figura 5.1.2
Schema di principio del sistema di trattamento ArrowBio

Elaborazione ENEA



Lungo il percorso in uscita prosegue la dissoluzione in acqua delle frazioni biodegradabili (inclusi carta e cartone). Ai fini della riduzione delle dimensioni è previsto un apposito trituratore rotativo seguito da un "Hydro-Crusher" che costituisce una parte rilevante del brevetto di questa tecnologia. La separazione del surnatante residuo (per lo più costituito da materiali plastici) avviene in un decantatore, mentre la corrente liquida alimenta la digestione anaerobica. Da quest'ultimo trattamento si originano il biogas da destinare alla produzione di energia elettrica e/o termica e un fango biologico.

5.1.3.3 Grado di sviluppo raggiunto

Il primo impianto da 40.000 t/a basato sulla tecnologia ArrowBio è in esercizio a Tel Aviv (Israele), presso una discarica di rifiuti urbani esaurita e in corso di bonifica; di tale impianto è previsto l'ampliamento fino ad una capacità di 50.000 t/a. Sono in corso di realizzazione altri impianti, tra i quali quelli di Falkirk (Scozia) da 70.000 t/a e Pachuca (Messico) da 180.000 t/a.

5.1.3.4 Considerazioni tecniche

L'aspetto innovativo di questa tecnologia è riconducibile al fatto che essa è in grado di accettare come alimentazione ad un impianto di digestione anaerobica dei RUR non pretrattati, dai quali, secondo quanto dichiarato dal proponente, è possibile ricavare frazioni valorizzabili (metalli, vetro, plastica).

Per il resto si tratta di una tecnologia di digestione anaerobica tradizionale, di cui sono noti vantaggi e svantaggi, nella quale l'unica novità è costituita dalla presenza in soluzione di fibre organiche provenienti dalla dissoluzione di carta e cartone.

Non essendo in grado, sulla base dei dati disponibili, di dare un giudizio definitivo sulla validità complessiva del trattamento, si intende richiamare l'attenzione sul fatto che si tratta di una tecnologia "site specific" che non risulta essere di agevole estensione alla realtà nazionale. Ci si riferisce in particolare alla efficacia ed all'efficienza del sistema separativo proposto che può inficiare pesantemente l'effettiva riciclabilità dei flussi recuperati, al reimpiego, dichiarato dal proponente, del digestato come ammendante (soluzione sicuramente non praticabile a livello nazionale), alle problematiche connesse con la gestione di notevoli portate di acqua a cui occorre assicurare adeguato trattamento prima dello scarico in un corpo ricettore. Un accurato esame meriterebbe anche i dati dichiarati in merito alle rese di conversione in biogas ed alle sue caratteristiche.

5.1.4. La tecnologia EM-BIO

5.1.4.1 Origini e finalità

La tecnologia EM-BIO consiste in un processo di biodegradazione di frazioni organiche selezionate per la produzione di compost tramite l'utilizzo di una miscela brevettata di microrganismi anaerobici e aerobici messa a punto presso l'Università Ryukyu di Okinawa (Giappone). In Italia, la tecnologia è commercializzata dalla società Embio Srl di Brunico (BZ) che ha sperimentato il suo impiego presso l'impianto comunale di compostaggio di Campo Tures (BZ).

5.1.4.2 Descrizione della tecnologia

La sigla EM, acronimo inglese di "Effective Microorganisms", indica una miscela costituita da 80 specie di microrganismi appartenenti a 18 ceppi, classificati in anaerobici e aerobici. La formulazione della miscela in presenza di sostanze antiossidanti permette

la convivenza dei due gruppi macrobiotici, favorendo un'azione di simbiosi reciproca tale che i prodotti di scarto del metabolismo dell'uno costituiscono il nutriente per l'altro; quando la miscela entra in contatto con la massa in fermentazione, i microrganismi ivi presenti, detti "operai" svolgono un'azione a servizio del gruppo più numeroso di microrganismi presenti nella miscela EM, i cosiddetti microrganismi "capo". L'azione congiunta di microrganismi aerobici e anaerobici contribuisce all'arricchimento dei nutrienti presenti nel terreno, alla rimozione di sostanze patogene e al contenimento delle emissioni odorogene.

5.1.4.3 Grado di sviluppo raggiunto

Questa tecnologia ha superato lo stadio di sperimentazione ed è attualmente impiegata presso l'impianto di Campo Tures (BZ) che tratta scarti di macellazione, sfalci di potatura e/o mietitura e residui di origine alimentare.

Il trattamento consiste in uno stadio di triturazione dello strutturante, di spremitura della sostanza umida con separazione e stoccaggio della frazione liquida e infine nella miscelazione di strutturante ed umido per la formazione di cumuli statici. La miscela EM viene irrorata, tramite nebulizzatore, sia sulla superficie del cumulo, sia sulla frazione liquida residuale del trattamento di spremitura. Il cumulo, per tutto il periodo della fermentazione subisce una sola azione di rivoltamento in corrispondenza dell'operazione di spargimento del prodotto EM per favorirne la sua più ampia omogeneizzazione.

Un ulteriore vantaggio dell'utilizzo della miscela EM consiste nella riduzione dei tempi di fermentazione, dichiarati in circa 6 settimane nelle stagioni calde e circa 8 in quelle fredde; il prodotto pur non essendo giunto a completa maturazione (i detentori della tecnologia non indicano il valore dell'indice respirometrico) non emana odori molesti e, quando viene sparso sui terreni, continua la sua azione di decomposizione fissando l'azoto e trasformandosi in humus.

5.1.4.4 Considerazioni tecniche

In Italia questa tecnologia ha avuto finora uno sviluppo limitato essendo la sua esperienza ristretta ad un solo impianto di taglia ridotta localizzato nella Provincia di Bolzano. Tuttavia, grazie alle interessanti rese di produzione, è possibile che la sua applicazione venga estesa anche ad altre realtà locali con bacini di ampiezza simile. Indubbiamente risulta necessario garantire un controllo accurato del processo che, basandosi sull'azione combinata di microrganismi differenti, risulta essere particolarmente delicato.

5.2 I TRATTAMENTI TERMICI

5.2.1 La dissociazione molecolare

5.2.1.1 Origini e finalità

La tecnologia della “dissociazione molecolare” si basa su una “rivisitazione” di un sistema di trattamento termico di tipo discontinuo denominato “Batch Oxydation System”, messo a punto alla fine degli anni '80 dalla società americana Enerwaste International Inc..

La sua applicazione principale consiste nel trattamento di rifiuti urbani per piccole comunità e, in misura minore, nel desorbimento di matrici solide inquinate da composti organici volatili.

In sostanza si tratta di un trattamento termico condotto in due stadi:

- il primo costituito da una gassificazione a bassa temperatura;
- il secondo in cui avviene la post-combustione ad alta temperatura della corrente gassosa.

In Italia questa tecnologia viene offerta dalla società Energo Srl, che ne propone una specifica variante che prevede la depurazione preventiva del syngas prima del suo impiego per la produzione di energia. Va comunque detto che, nella configurazione tradizionale di combustore discontinuo a due stadi, questa tecnologia è offerta anche da altre società, per lo più statunitensi.

5.2.1.2 Descrizione della tecnologia

I rifiuti da trattare vengono caricati con una pala meccanica nella prima camera che funge da “gassificatore”. Una volta completato il carico, la camera viene chiusa e, tramite bruciatori di avviamento, la massa dei rifiuti viene portata fino a circa 550°C, innescando in tal modo un processo di combustione parziale in condizioni substechiometriche.

La durata del trattamento termico varia dalle 10 alle 15 ore, in funzione delle caratteristiche dei rifiuti alimentati. Per effetto della temperatura i composti volatili e l'umidità si liberano nella parte alta della camera e passano nella camera di post-combustione nella quale vengono combusti con aria ad alta temperatura; il carbonio fisso rimane confinato nella prima camera, bruciando lentamente grazie ai lunghi tempi di residenza previsti. Queste condizioni di “calma” riducono la formazione di polveri e il trascinarsi di metalli, mentre l'ambiente riducente contiene la formazione degli ossidi di azoto e di composti organici clorurati. Alla fine del ciclo di trattamento (della durata complessiva di circa 24 ore) le scorie vengono scaricate dalla camera primaria, sempre in modo discontinuo, dopo opportuno raffreddamento.

I fumi uscenti dalla camera di post-combustione sono trattati secondo le modalità tipiche di un qualsiasi impianto di incenerimento.

Il recupero energetico può essere o meno effettuato in funzione della taglia dell'impianto che ne condiziona fortemente la sua fattibilità tecnico-economica.

Questa appena descritta è la configurazione prevista in tutti gli impianti sino ad oggi realizzati, che si configurano pertanto come un incenerimento operato in due stadi. In

Italia la Energo propone una variante che si basa sulla possibilità di trattare preventivamente il syngas che si libera dalla prima camera per un suo successivo impiego in apparecchiature di conversione in energia elettrica ad alta efficienza (motori endotermici, turbine a gas).

5.2.1.3 Grado di sviluppo raggiunto

Nella sua configurazione tradizionale, vale dire quella di inceneritore di rifiuti di tipo discontinuo, la tecnologia presenta numerose referenze a fronte della sua storia più che ventennale. Per la variante proposta dalla Energo non esistono al momento esperienze a livello dimostrativo. Un impianto pilota della capacità di 5 t/g è installato presso la discarica di Peccioli (PI) di proprietà della società Belvedere Spa. Su questo impianto, attualmente in fase di avviamento, dovranno essere condotte delle campagne sperimentali finalizzate alla verifica della fattibilità tecnico-economica di questa tecnologia a funzionare come gassificatore.

5.2.1.4 Considerazioni tecniche

Come già accennato questa tecnologia ha conseguito, nella sua configurazione tradizionale, una nutrita lista di referenze, a testimonianza del fatto che è in grado di svolgere il compito per il quale è stata messa a punto, vale a dire il trattamento termico (discontinuo) di rifiuti in impianti di taglia ridotta. Per tale applicazione essa presenta aspetti positivi legati al funzionamento in condizioni riducenti della prima camera, ai ridotti livelli di temperatura, alla ridotta turbolenza, nonché ai prorogati tempi di permanenza delle fase solida (rifiuti).

Per la variante proposta in Italia dalla Energo, che prevede la depurazione preventiva del syngas, in assenza di dati di riscontro valgono le considerazioni di carattere generale fatte riguardo alle problematiche di carattere tecnico-economico relative all'applicazione della gassificazione di tipo "elettrico" (v. punto 3.3) al trattamento dei rifiuti, che ne hanno, a oggi, molto limitato lo sviluppo.

Nel caso specifico destano perplessità aggiuntive le particolari condizioni operative adottate (funzionamento discontinuo, ridotti livelli di temperatura) che potrebbero causare difficoltà nella gestione del syngas prodotto, caratterizzato da una composizione variabile nel tempo e da un carico significativo di composti condensabili (TAR). Fattori che mal si sposano all'ottenimento di un syngas di qualità da impiegare in apparecchiature di produzione di energia diverse dai tradizionali generatori di vapore.

Risulta imprescindibile dunque l'esecuzione di campagne sperimentali che possano fornire oggettivi dati di riscontro proprio in merito alla fattibilità tecnica di questa soluzione alternativa, al momento solo prospettata.

5.2.2 La tecnologia DMS

5.2.2.1 Origini e finalità

La tecnologia DMS ("Direct Melting System") sviluppata dalla società NSE (Nippon Steel Engineering) deriva da un processo termico da tempo impiegato nell'industria metallurgica, che è stato esteso al trattamento dei rifiuti di origine urbana. Alla base di ciò vi è la necessità di trovare una soluzione di lungo termine alla problematica dello smaltimento dei rifiuti, particolarmente sentita in Giappone a causa dell'assai limitata disponibilità di discariche, che consenta al tempo stesso:

- il recupero energetico;
- la produzione di scorie fuse allo stadio granulato, riutilizzabili come materiale da costruzione;
- il recupero di materiali ferrosi da reimpiegare nell'industria metallurgica.

La NSE è rappresentata in Italia dalla società Paul Wurth Italia SpA.

5.2.2.2 Descrizione della tecnologia

La tecnologia DMS consiste in un trattamento combinato di gassificazione dei rifiuti (pretrattamento), combustione del syngas prodotto e fusione delle scorie. La gassificazione e la fusione avvengono all'interno della stessa apparecchiatura costituita da un forno ad asse verticale nel quale i rifiuti sono alimentati dall'alto (previa riduzione della pezzatura) assieme a coke e calcare, in quantità dell'ordine del 4-5% (in funzione delle caratteristiche dei rifiuti). La combustione del syngas prodotto avviene in una caldaia di recupero a valle, cui segue un sistema di trattamento dei fumi del tutto simile a quello di un impianto di incenerimento.

Scendendo dall'alto verso il basso del forno i rifiuti attraversano tre distinte zone costituite rispettivamente da:

- essiccamento, in cui viene rimossa l'umidità contenuta, a temperature di 200-300 °C;
- gassificazione, in condizioni sub stechiometriche con formazione di CH₄, CO, H₂ e NH₃, a temperature variabili tra 300 e 1.000°C;
- combustione del carbonio fisso e fusione delle scorie, ottenute tramite l'iniezione di aria arricchita con ossigeno e temperature dell'ordine di 1.500°C. Le scorie vengono successivamente scaricate allo stato fuso e granulate tramite brusco raffreddamento.

5.2.2.3 Grado di sviluppo raggiunto

La tecnologia DMS è da considerarsi una tecnologia industrialmente matura essendo supportata da un buon numero di referenze di impianti operativi. Il primo impianto di capacità pari a 135.000 t/a è stato avviato nel 1980 a Ibaraki (JP) ed è tuttora operativo. A fine 2008 la Nippon Steel vantava un record di oltre 30 impianti costruiti, di cui uno solo realizzato al di fuori del Giappone nella città di Yangsan (Corea), avviato nel 2008 e avente una capacità di 100 t/g ripartita su due linee di trattamento.

5.2.2.4 Considerazioni tecniche

La tecnologia DMS è una tecnologia consolidata, supportata da numerose referenze, anche se pressoché tutte riferite alla situazione giapponese, per la quale le condizioni di mercato e le caratteristiche dei rifiuti differiscono significativamente rispetto a quelle tipiche del contesto europeo e nazionale.

Sullo stesso principio sono state sviluppate in Giappone delle tecnologie simili, di cui una in particolare (JFE) viene attualmente proposta anche a livello nazionale. Tale situazione non è assolutamente casuale ma è frutto dell'esigenza fortemente sentita in Giappone di massimizzare il recupero/riciclaggio dei residui di trattamento, minimizzando così l'uso della discarica.

Un motivo di perplessità che potrebbe limitare notevolmente la loro diffusione al di fuori del Giappone risiede nei costi associati alla realizzazione e all'esercizio degli impianti; anche se non noti in dettaglio perché specifici del singolo progetto, sono da ritenersi presumibilmente maggiori di quelli associabili agli impianti tradizionali di recupero energetico.

E' da valutare anche l'entità del recupero energetico conseguibile alla luce del fatto che, contrariamente a quanto avviene in Italia, tale aspetto non è di particolare interesse in Giappone.

5.2.3 La tecnologia HTG/DM

5.2.3.1 Origini e finalità

La tecnologia HTG/DM ("High Temperature Gasifying and Direct Melting") è stata messa a punto dalla JFE (Japan Fe Engineering), nata nel 2002 dalla fusione di due società operanti nel settore metallurgico: la NKK e la Kawasaki Steel, quest'ultima già licenziataria per il Giappone della tecnologia Thermoselect.

Si tratta anche in questo caso di un processo di trattamento termico dei rifiuti derivato dall'industria metallurgica e concettualmente simile a quello proposto dalla NSE.

La JFE è rappresentata in Italia dalla società SCA (Sorain Cecchini Ambiente) SpA di Roma, che ha proposto tale tecnologia per la realizzazione dell'impianto di recupero di CDR da realizzarsi nel comune di Albano (RM).

5.2.3.2 Descrizione della tecnologia

La tecnologia HTG/DM consiste in un trattamento condotto in due stadi di cui il primo realizza la gassificazione dei rifiuti (pretrattamento) e la fusione delle scorie, mentre nel secondo avviene la combustione del syngas prodotto. L'apparecchiatura di gassificazione/fusione è costituita da un forno ad asse verticale nel quale i rifiuti sono alimentati dall'alto (previa riduzione della pezzatura) assieme a coke e calcare, in percentuali che sono funzione delle caratteristiche dei rifiuti (dell'ordine del 4-5% nel caso dei RU).

La combustione del syngas prodotto avviene in una caldaia di recupero a valle, cui segue un sistema di trattamento dei fumi del tutto simile a quello caratteristico di un

impianto di incenerimento.

Scendendo dall'alto verso il basso del forno i rifiuti attraversano tre distinte zone costituite rispettivamente da:

- il "freeboard" dove ad una temperatura superiore a 850°C avviene il "reforming" del syngas prodotto nella zona sottostante;
- una zona di essiccamento/pirolisi/gassificazione tramite l'iniezione di aria ad alta velocità;
- una zona di combustione del materiale residuo e del coke tramite aria arricchita in ossigeno e temperature dell'ordine di 1.500°C; le scorie vengono successivamente scaricate allo stato fuso e granulate tramite brusco raffreddamento.

5.2.3.3 Grado di sviluppo raggiunto

La tecnologia HTG/DM è da considerarsi una tecnologia industrialmente matura essendo supportata da un buon numero di referenze di impianti operativi, anche se in numero inferiore a quello di NSE. A fine 2008 la JFE vantava un record di 10 impianti costruiti, tutti realizzati in Giappone tra il 2003 ed il 2008, di taglia piuttosto ridotta (20-125 t/g), fatta eccezione per l'impianto di Fukuyama (avviato nel 2004) avente una capacità di 314 t/g di CDR.

5.2.3.4 Considerazioni tecniche

La tecnologia HTG/DM può essere considerata una tecnologia consolidata, supportata da un congruo numero di referenze, anche se tutte riferite al Giappone, realtà per la quale le condizioni di mercato e le caratteristiche dei rifiuti differiscono significativamente rispetto a quelle riscontrabili nel contesto europeo. La società JFE possiede una notevole esperienza nel settore dei trattamenti termici dei rifiuti e propone anche impianti a griglia, a letto fluido nonché forni per la fusione delle scorie da incenerimento. Il principio di funzionamento è molto simile a quello adottato dalla NSE, esaminata in precedenza, e le stesse sono anche le finalità derivanti dal contesto giapponese.

Un motivo di perplessità che potrebbe limitare notevolmente la loro diffusione al di fuori del Giappone risiede nei costi associati alla realizzazione e soprattutto all'esercizio degli impianti; anche se non noti in dettaglio, perché specifici del singolo progetto, sono da ritenersi, anche in questo caso, presumibilmente maggiori di quelli associabili agli impianti tradizionali di recupero energetico.

5.2.4 La tecnologia Energos

5.2.4.1 Origini e finalità

Questa tecnologia è stata messa a punto in Norvegia nel corso degli anni '90 dalla Sintef, società di ricerca nel campo dello sviluppo tecnologico. Il primo impianto, commercializzato dalla Energos, è entrato in funzione nel 2000 ad Averey (Norvegia). Nel corso del 2004 il know-how e le attività della Energos sono state acquisite dalla Ener-G PLC (GB).

Si tratta di un trattamento termico condotto in due stadi di cui il primo (gassificazione) è condotto in condizioni substechiometriche in un'apparecchiatura a griglia, cui segue il secondo costituito da una camera di combustione per la corrente gassosa formata.

Il sistema è stato messo a punto con lo scopo di consentire il recupero energetico in impianti di taglia medio-piccola, al servizio di comunità caratterizzate da una ridotta produzione di rifiuti, in grado di consentire il loro trattamento a costi accettabili e con ridotto impatto sull'ambiente.

5.2.4.2 Descrizione della tecnologia

La tecnologia Energos consiste in un trattamento termico combinato di gassificazione dei rifiuti (pretrattamento), con successiva combustione del syngas prodotto.

La gassificazione viene condotta su di una griglia raffreddata ad olio diatermico sulla quale viene mantenuto uno spessore costante ("letto") di rifiuti. Attraversando la camera i rifiuti subiscono in successione l'essiccamento, la pirolisi e la gassificazione, mentre le scorie vengono scaricate dalla parte opposta, come in un inceneritore tradizionale.

La combustione del syngas avviene in una camera a valle dove sono rispettate le condizioni operative previste dalla normativa vigente sull'incenerimento dei rifiuti ($t > 2$ s, $T > 850^{\circ}\text{C}$). Successivamente i fumi uscenti dalla camera di combustione passano in una caldaia a recupero per la produzione di vapore da destinare alla produzione di energia termica/elettrica, cui segue un trattamento a secco degli stessi del tutto simile a quello degli impianti di incenerimento di tipo tradizionale.

E' da rilevare che la tecnologia in questione anche se può accettare rifiuti con livelli di umidità piuttosto elevati (fino al 60%), richiede un pretrattamento nel caso di RUR in quanto è richiesto il rispetto di precisi vincoli, in particolare per quanto riguarda le dimensioni (100% inferiori a 200 mm) e la densità in mucchio che deve essere compresa fra 250 e 350 kg/m³.

5.2.4.3 Grado di sviluppo raggiunto

La tecnologia Energos è da considerarsi industrialmente matura essendo supportata da un certo numero di referenze di impianti operativi. A fine 2008 la Ener-G vantava un record di 7 impianti costruiti, di cui 6 entrati in esercizio tra il 1997 e il 2002, con capacità di trattamento comprese tra 10.000 e 75.000 t/a. Di questi 5 sono stati realizzati in Norvegia mentre gli altri due in Germania e nel Regno Unito.

5.2.4.4 Considerazioni tecniche

La tecnologia in questione è sicuramente adatta alla realizzazione per impianti al servizio di piccole comunità, nelle quali si può ben integrare soprattutto se sono disponibili localmente utenze civili/industriali a cui cedere energia termica che risulta la soluzione preferibile da adottare in considerazione della taglia ridotta degli impianti. Impianti le cui taglie sono state standardizzate in modo da adattarsi alle specifiche esi-

genze, consentendo al tempo stesso, l'adozione di soluzioni modulari realizzate con più unità disposte in parallelo.

Un aspetto sicuramente interessante è legato alla possibilità di conseguire buoni livelli di emissioni all'atmosfera, con particolare riguardo agli ossidi di azoto per i quali sembra essere garantito il rispetto di livelli inferiori a 70 mg/Nm^3 , senza ricorrere all'installazione di sistemi deNO_x, come richiesto negli impianti di incenerimento tradizionali.

Non sono disponibili dati di carattere economico, ma è possibile ritenere che essi possano risultare quantomeno di interesse, qualora si intenda intraprendere la strada del recupero energetico a livello locale per bacini di utenza caratterizzati da ridotte disponibilità di RUR.

5.3 I TRATTAMENTI TERMO-MECCANICI E CHIMICO FISICI

5.3.1 La termo-presso-essiccazione

5.3.1.1 Origini e finalità

Il trattamento di termo-presso-essiccazione è stato messo a punto per il trattamento di RUR, allo scopo di ottenere una drastica riduzione volumetrica accoppiata ad una disidratazione spinta.

Attualmente è stata realizzata un'unica unità impiantistica, in scala prototipale, a cura della CMA srl, installata presso la discarica di Imola (BO).

5.3.1.2 Descrizione della tecnologia

Il principio del processo si basa su un'azione di compattazione e simultaneo riscaldamento che converte i rifiuti in manufatti di forma prismatica, caratterizzati da un ridotto tenore di umidità.

La compattazione è realizzata mediante presse a pistone, azionate da un circuito oleodinamico, che imprimono uno schiacciamento dei rifiuti secondo due assi tra loro ortogonali con pressioni che possono arrivare fino a 350 bar. La camera di compressione viene riscaldata con olio diatermico fino a temperature di circa 180°C ; al termine della compressione i rifiuti vengono fatti avanzare lungo la camera fino ad una ghigliottina che taglia il manufatto compresso ad una lunghezza predefinita. La sezione del manufatto è a forma di settore circolare.

Il manufatto finale è caratterizzato da un'elevata densità (fino a 1.700 kg/m^3) e presenta un tenore ridotto di umidità.

I vapori e i gas che si liberano durante il processo vengono convogliati ad un sistema di trattamento a biofiltri.

5.3.1.3 Grado di sviluppo raggiunto

Questa tecnologia ha avuto come unico sviluppo la costruzione di un prototipo in grado di trattare tra le 45 e le 90 t/g di RUR con consumi energetici fino a 120 kWh/t; tale prototipo è installato presso la discarica di Imola (BO). Tale impianto non è mai entrato in esercizio.

5.3.1.4 Considerazioni tecniche

L'applicazione della termo-presso-essiccazione consente di ottenere un materiale trattato che non dovrebbe mostrare alcun segno di attività biologica. Da un punto di vista tecnico il prodotto ottenuto tramite termo-presso-essiccazione si configura allo stesso modo di un materiale bioessiccato e, come tale, necessita di un processo di digestione aerobica per la completa biodegradazione della sua frazione organica.

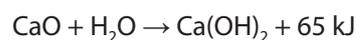
5.3.2 La tecnologia Matrix

5.3.2.1 Origini e finalità

La tecnologia Matrix è stata sviluppata da Unieco S.c., gruppo industriale attivo nella progettazione e realizzazione di tecnologie di trattamento di rifiuti. Il trattamento consiste essenzialmente in una stabilizzazione chimica di rifiuti, operata mediante ossido di calcio su rifiuti a matrice organica. Il prodotto finale presenta le caratteristiche di una frazione organica stabilizzata, e come tale può essere conferito in discarica.

5.3.2.2 Descrizione della tecnologia

La tecnologia basa la sua efficacia sulla reazione tra l'umidità presente nei rifiuti e l'ossido di calcio, secondo il seguente meccanismo:



Il meccanismo di reazione e l'aumento di temperatura fino a valori compresi tra 55 e 70°C conseguente alla sua esotermia portano ad una notevole riduzione dell'umidità dei rifiuti.

L'idrato di calcio prodotto nella reazione dà inoltre luogo, secondo i proponenti, a:

- un innalzamento del pH che sfavorisce i processi fermentativi di biodegradazione;
- una reazione di scambio tra ioni del calcio e dei metalli pesanti e formazione dei corrispondenti ossidi bassosolubili, con conseguente riduzione dei fenomeni di lisciviazione per contatto con acque meteoriche;
- un meccanismo fisico di incapsulamento di sostanze volatili, gas, vapori e metalli tramite la formazione di microgranuli solidi porosi con elevato potere adsorbente.

Il prodotto finale si presenta come una graniglia fine mista di colore variabile tra il grigio chiaro e il marrone scuro, a comportamento idrofobo e liofobo, a bassa rilascio di sostanze odorigene, avente le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- densità prossima a 1.000 kg/m³;

- pH compreso tra 8 e 12;
- contenuto di umidità compreso tra il 15 e il 30%, in funzione di quello iniziale dei rifiuti.

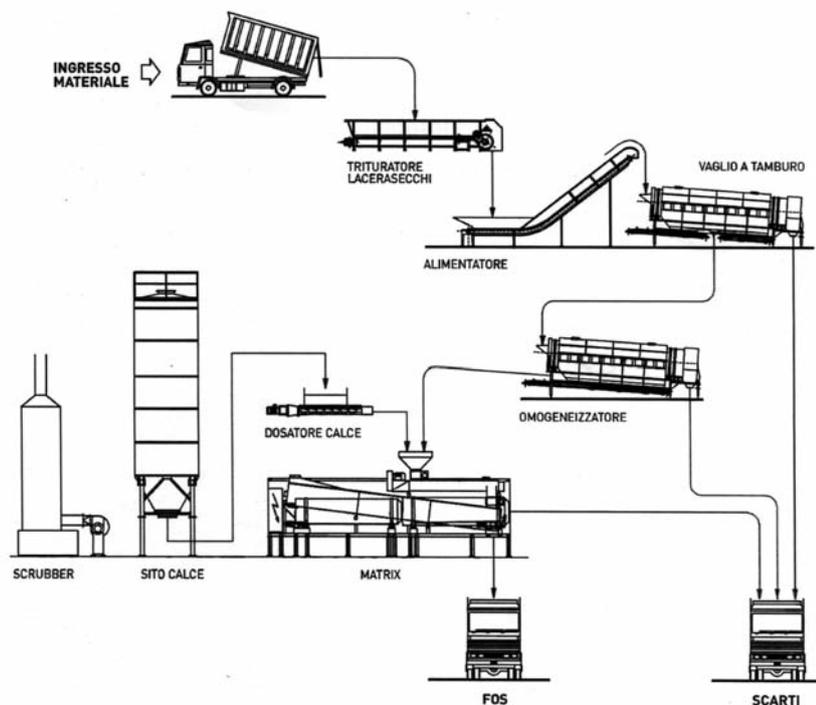
5.3.2.3 Grado di sviluppo raggiunto

La tecnologia Matrix ha portato alla realizzazione di un prototipo con il quale è stata condotta nel 2008 una campagna sperimentale di prove presso l'impianto TMB della società Nuova Geovis di Sant'Agata Bolognese (BO). E' prevista la realizzazione di un'apparecchiatura su scala industriale, che dovrebbe entrare in esercizio presso la discarica di Bellolampo (PA).

I rifiuti (figura 5.3), dopo il pretrattamento di tritovagliatura, vengono inviati ad un sistema di omogeneizzazione a tamburo rotante e da qui dosati, tramite nastro pesatore, al reattore Matrix, nel quale viene aggiunta della calce (circa il 7% in peso della massa trattata).

Figura 5.3
Schema di principio dell'impianto sperimentale Matrix

Fonte: Unieco



Nel reattore vengono osservati tempi di permanenza di circa un'ora; il sistema ha la possibilità di essere messo in depressione, in modo da evitare la fuoriuscita dei gas di reazione e, allo stesso tempo, consentire l'ingresso di aria che permette il controllo della temperatura interna. L'effluente, ricco di ammoniaca generata dall'azoto orga-

nico contenuto nei rifiuti, viene convogliato ad uno scrubber, prima di essere emesso in atmosfera.

Il prodotto in uscita dal reattore Matrix, dopo raffreddamento in corrente di aria fino a temperature inferiori a 40°C, viene inviato ad un vaglio a tamburo rotante composto da due sezioni, una a superficie non forata, dove avviene il completamento della reazione e l'altra dotata di fori da 20 mm per la selezione finale.

Il prodotto finale può essere utilizzato come materiale di copertura di discarica.

5.3.2.4 Considerazioni tecniche

Il processo di stabilizzazione della frazione organica dei rifiuti urbani mediante reazione con sostanze alcaline come la calce è noto da tempo; esso rappresenta di norma una soluzione temporanea e non definitiva.

È riconosciuto che tale trattamento è in grado di eliminare i batteri patogeni per valori di pH uguali o superiori a 12, per un periodo di tempo che dipende dall'efficacia di omogeneizzazione del mescolamento.

Ciò nonostante, una volta che le condizioni chimico-fisiche del prodotto stabilizzato con calce mutassero (variazioni di pH verso valori di acidità a causa dell'interazione con le acque meteoriche e sviluppo di anidride carbonica da fenomeni aerobici), colture batteriche di prossimità potrebbero di nuovo proliferare sul materiale trattato. Questo inconveniente non si verifica sulla frazione organica stabilizzata a seguito di un processo biologico, poiché eventuali microrganismi patogeni non si insiederebbero, non trovandovi il nutrimento per il loro sviluppo.

In ogni caso, la stessa stabilizzazione temporanea operata mediante uso della calce deve essere condotta con estrema accuratezza, perché laddove non si instaurassero valori di pH superiori a 12, mantenuti costantemente per un periodo di almeno 24 ore, si avrebbero le condizioni per il proliferare di microrganismi patogeni.

5.3.3 La tecnologia Oxalor

5.3.3.1 Origini e finalità

Oxalor analogamente a Matrix è una tecnologia di stabilizzazione chimica di RUR da destinare allo smaltimento in discarica, messa a punto in Francia dove è stata brevettata nel 2002.

Il trattamento ha dato il proprio nome anche al prodotto finale che, secondo il proponente può trovare impiego come ammendante organo-calcico.

5.3.3.2 Descrizione della tecnologia

Il trattamento consiste in una reazione di stabilizzazione chimica tra la frazione organica dei rifiuti (che possono essere costituiti da RUR, frazione organica selezionata, fanghi di depurazione o residui dell'industria agro alimentare) e un reagente, di origine naturale composto da ossido di calcio, idrato di calcio, sostanze organiche e acqua.

La reazione innescata dal contatto tra la miscela reagente e la sostanza organica dei ri-

fiuti dà luogo a:

- una riduzione dell'umidità per evaporazione, a causa dell'innalzamento della temperatura associato al processo esotermico;
- l'igienizzazione della massa organica, conseguente all'innalzamento dei valori della temperatura e del pH (superiori a 12), con rimozione dei microrganismi patogeni.

Nel corso della reazione di idratazione dell'ossido di calcio si sviluppano vapori di ammoniacca che viene catturata mediante un sistema di aspirazione e ricircolata nel processo. La durata del trattamento è di circa due ore e trenta minuti.

La parte inorganica dei rifiuti viene separata meccanicamente. Secondo quanto dichiarato dai proponenti i prodotti ottenuti identificati come "Oxyom" e "Oxyob" in funzione della tipologia di rifiuti trattati, costituiti rispettivamente da RUR in un caso e fanghi di depurazione o scarti di attività agricola nell'altro, trovano impiego come ammendante in agricoltura.

5.3.3.3 Grado di sviluppo raggiunto

La tecnologia Oxalor è stata sviluppata al livello di singola unità di trattamento da inserire in impianti di discarica. Tra le realizzazioni finora operative si può citare il caso dell'impianto dimostrativo realizzato a Lezay (F) nel 2002 e di un impianto in corso di realizzazione, sempre in Francia, della capacità di 120.000 t/a.

5.3.3.4 Considerazioni tecniche

La tecnologia Oxalor presenta aspetti molto simili alla Matrix, per cui si possono ritenere valide le considerazioni per essa formulate (v. punto 5.3.2.4).

Nel caso specifico suscita inoltre qualche perplessità il possibile impiego in agricoltura, dichiarato dal proponente, come ammendante del prodotto stabilizzato ottenuto, soprattutto nel caso di trattamento di RUR.



6 ■ CONCLUSIONI

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



federambiente

La presente indagine, condotta congiuntamente da ENEA e Federambiente, ha permesso di individuare sul territorio nazionale, alla data del 31 dicembre 2008, la presenza di 393 impianti di trattamento di rifiuti urbani indifferenziati e di compostaggio della frazione organica proveniente da raccolta differenziata, aventi una capacità superiore alle 1.000 t/a. E' stato inoltre esaminato un campione di 33 impianti di trattamento meccanico finalizzato al riciclaggio, effettuato su flussi di RU derivanti da raccolta differenziata

L'indagine è stata condotta attraverso l'invio di un questionario in formato elettronico con il quale sono stati richiesti informazioni e dati al fine di individuare le principali caratteristiche tecniche degli impianti (capacità nominale di trattamento, apparecchiature impiegate, tipologia di recupero effettuato, sistemi di controllo delle emissioni ecc.), nonché i dati operativo-gestionali relativi all'anno 2007.

Le risposte ricevute attraverso la compilazione dei questionari inviati sono state, soprattutto per alcune tipologie di impianti (trattamenti meccanici post RD, TMB, compostaggio), integrate con dati reperiti tramite fonti bibliografiche. In tal modo si è riusciti a conseguire un grado di copertura dell'indagine soddisfacente che, in termini di capacità di trattamento, risulta pari al 100% nel caso della digestione anaerobica e dell'incenerimento con recupero energetico, a oltre il 70% per gli impianti TMB e a circa il 55% per il compostaggio.

I principali risultati conseguiti possono essere così riassunti:

- Per quanto riguarda l'analisi dei trattamenti meccanici post RD si è potuto operare su di un campione limitato di impianti (33), a causa delle oggettive difficoltà nell'individuare questa tipologia di impianti sul territorio. Si ritiene tuttavia che il campione individuato sia sufficientemente rappresentativo per quanto concerne le tecniche di trattamento adottate che risultano, nel complesso, abbastanza standardizzate. Sulla base dei dati relativi al numero limitato di impianti esaminati (18) è possibile valutare un recupero complessivo di materiali pari a circa 360.000 tonnellate nel corso del 2007, con una resa complessiva superiore all'85%.
- Al 31 dicembre 2008 sono presenti sul territorio nazionale 393 impianti destinati al trattamento di rifiuti urbani, finalizzati al recupero di materia (compostaggio) e di energia (digestione anaerobica e incenerimento con recupero energetico), aventi una capacità nominale complessiva di oltre 27 Mt/a e che nel corso dell'anno 2007 hanno trattato circa 18 milioni di tonnellate di rifiuti. Tale capacità di trattamento non può essere direttamente correlata alla produzione totale in quanto si tratta di voci non omogenee. Alcuni flussi di rifiuti sono infatti sottoposti a trattamenti successivi "in serie" (nello stesso sito o in impianti diversi) ed inoltre numerosi impianti trattano anche quantitativi significativi di rifiuti speciali. Facendo riferimento infatti ai dati di consuntivo del 2007 a fronte di una produzione totale di RU di 32,55 milioni di tonnellate è possibile stimare il quantitativo di rifiuti trattati (inclusi gli impianti di trattamento meccanico post RD) sia stato pari al massimo a 20,66 milioni di tonnellate (63,5%), per cui almeno 11,89 milioni di tonnellate (36,5%) sono state smaltite direttamente in discarica senza subire nessuna forma di trattamento.

- Gli impianti di trattamento di frazioni organiche selezionate finalizzati alla produzione di compost sono 195 con una capacità complessiva di trattamento pari a circa 5,35 Mt/a e una capacità media pari a circa 27.000 t/a. Sono concentrati soprattutto nel Nord del Paese (122 su 195 con una capacità di trattamento pari a circa il 56% del totale), dove risultano inoltre caratterizzati da una taglia inferiore alla media, segno di una maggiore distribuzione sul territorio. Vi sono inoltre, a livello nazionale, 60 impianti con capacità inferiore alle 1.000 t/a che coprono solo lo 0,8% del totale in termini di capacità di trattamento. Negli impianti di compostaggio sono stati trattati nel corso del 2007 circa 3,1 milioni di tonnellate di rifiuti urbani che hanno portato alla produzione di circa 930.000 tonnellate di compost.
- Gli impianti individuati di TMB, finalizzati alla separazione secco-umido nonché alla produzione di CDR e di FOS, sono 135 per una capacità complessiva di trattamento pari a circa 14,5 Mt/a e una capacità media di circa 108.000 t/a. Contrariamente agli impianti di compostaggio risultano abbastanza ben distribuiti a livello nazionale, con capacità di trattamento pressoché equivalenti al Nord ed al Sud e solo lievemente inferiore al Centro. Anche in questo caso si registra al Nord un numero maggiore di impianti (58 su 135) di taglia mediamente inferiore, a conferma di una maggiore diffusione sul territorio. Negli impianti di TMB sono stati trattati nel corso del 2007 poco più di 10 milioni di tonnellate di rifiuti di cui circa la metà (4,9 milioni di tonnellate) destinate alla produzione di CDR in 60 impianti. La produzione di quest'ultimo è stata pari a circa 1,45 milioni di tonnellate, alla quale vanno associate anche 1,25 milioni di tonnellate di FOS.
- Gli impianti di digestione anaerobica individuati sul territorio nazionale che trattano, anche se non in forma prioritaria, flussi di rifiuti di origine urbana sono solo 10, corrispondenti a una capacità complessiva di trattamento pari a 477.000 t/a. Di questi ben 8 sono localizzati nelle regioni settentrionali e coprono oltre l'80% della capacità complessiva di trattamento. In questi impianti sono stati trattati nel corso del 2007 circa 200.000 tonnellate di rifiuti con produzione di poco meno di 50.000 tonnellate di digestato, oltre a circa 25 GWh di energia elettrica, che costituisce la forma principale di recupero energetico.
- Gli impianti di trattamento termico sono 53 (di cui 51 operativi e 2 in avviamento nel corso del 2009) tutti, tranne un gassificatore, costituiti da inceneritori, per una capacità complessiva di trattamento pari a circa 6,7 Mt/a e una capacità media pari a circa 125.000 t/a. Essi sono concentrati (29 su 53) soprattutto al Nord, con una capacità di trattamento pari a circa il 66% del totale. Il recupero energetico viene effettuato nella quasi totalità degli impianti (51 su 53) e prevede in tutti i casi la produzione di energia elettrica. La produzione di energia termica è effettuata nell'ambito di uno schema di funzionamento cogenerativo (produzione combinata di energia elettrica e termica) su base principalmente stagionale e riguarda solo 11 impianti, tutti situati al Nord. Tramite l'esercizio di questi impianti sono stati trattati nel corso del 2007 4,45 milioni di tonnellate di rifiuti costituiti principalmente da RUR (59,2%), da flussi da essi derivati (frazione secca, CDR) tramite trattamenti di tipo meccanico-biologico (25,1%) e, in misura minore, da rifiuti speciali (15,7%). Dal trattamento termico dei rifiuti sono state prodotte nel corso del 2007 circa 2.834 GWh di energia elettrica e 757 GWh di energia termica, oltre a circa 800.000 tonnellate di scorie (il cui recupero ha raggiunto

una quota superiore al 50%) e circa 220.000 tonnellate di residui da trattamento dei fumi.

L'esame delle tecniche adottate nelle varie tipologie di impianti prese in esame ha mostrato un buon livello di sviluppo, sicuramente in linea con quelli che sono gli indirizzi in termini di applicazione delle BAT delineati dai BRefs a livello europeo e dalle linee guida a livello nazionale (ove applicabili) ovvero degli standard tecnologici adottati in altre realtà dell'Unione Europea.

Il sistema ha sicuramente raggiunto un buon grado di sviluppo anche in termini quantitativi come mostra la capacità complessiva di trattamento che ha superato i 27 Mt/a (esclusi gli impianti di trattamento meccanico post-raccolta differenziata), anche se, come appena ricordato, tale valore non risulta direttamente correlabile alla produzione totale di rifiuti urbani in quanto si tratta di voci non omogenee.

Pertanto è possibile affermare che il sistema è da considerarsi sicuramente "maturo" nelle regioni settentrionali dove si assiste ad una distribuzione generalizzata e abbastanza capillare delle varie tipologie di impianti di trattamento e recupero, mentre al Centro-Sud appare evidente la carenza di impiantistica di trattamento di recupero energetico e, in misura minore, di compostaggio di frazioni selezionate. Oltre a ciò è da sottolineare il fatto che l'impiantistica presente nel Centro-Sud, anche quando non penalizzata da una minore capacità complessiva di trattamento, risulta caratterizzata dalla presenza di un numero inferiore di impianti sul territorio, di taglia mediamente maggiore. Inoltre quest'ultimi, sempre secondo i risultati dell'indagine, presentano un "fattore di utilizzo" (rapporto fra i quantitativi di rifiuti trattati e la capacità di trattamento dell'impianto) e una resa in materiali recuperati (CDR, compost) inferiori rispetto a quelli riscontrabili nelle regioni del Nord.

Sicuramente occorre riflettere sullo sviluppo, sia sotto l'aspetto quantitativo che qualitativo, dell'impiantistica di TMB finalizzata al trattamento dei RUR, alla luce del fatto che le frazioni in uscita presentano difficoltà di collocazione. Ancora oggi, secondo quanto dichiarato dagli operatori, almeno una percentuale variabile tra il 15 e il 20% del CDR prodotto viene smaltito in discarica; discarica che costituisce anche la destinazione principale della FOS, per la quale divengono sempre più pressanti le richieste di sbocchi alternativi, tra cui la più auspicabile al momento risulta paradossalmente essere l'incenerimento con recupero energetico.

Proprio l'incenerimento con recupero energetico risulta essere sicuramente la modalità gestionale più carente sotto l'aspetto della dotazione impiantistica, come confermato dall'ancora elevata incidenza dello smaltimento in discarica, nei confronti della quale si pone come unica alternativa ambientalmente compatibile all'interno di una gerarchia di gestione sostenibile dei rifiuti quale quella ribadita dalla direttiva 2008/98/CE.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Eurostat Pocket books (2007), *"Energy, transport and environment indicators"* (ISSN 1725-4566)
- [2] European Environment Agency (2008), *"ETC/RWM working paper 2008/1" - Municipal waste management and greenhouse gases* 31 January 2008
- [3] APAT-ONR (a cura di), *"Rapporto Rifiuti"* Annualità varie
- [4] ISPRA (a cura di) (2009), *"Rapporto Rifiuti 2008"*
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), *"IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"*, Volume 5 Waste.
- [6] Il testo della Soil Thematic Strategy, disponibile sul sito: http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm
- [7] ENEA - Federambiente (a cura di) (2009), *"Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia"* 2^a edizione - febbraio 2009
- [8] ENEA - Federambiente (a cura di) (2006), *"Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia"*, ISBN 88-8286-145-7
- [9] Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3 comma 2 del decreto legislativo 372/99. *"Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC. Gestione dei rifiuti, Impianti di trattamento meccanico biologico"*
- [10] GdL CIC / CRPA (a cura di) (2006), *"L'integrazione tra la digestione anaerobica e il compostaggio"*, disponibile sul sito: [www.compost.it/files/2007.../Rapporto Tecnico_GdL_DA_dic062.pdf](http://www.compost.it/files/2007.../Rapporto_Tecnico_GdL_DA_dic062.pdf)

ACRONIMI E SIGLE

AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
BAT	Best Available Technique (Migliore Tecnica Disponibile, MTD)
BE	Bioessiccato
BRef	BAT Reference document (Documento di riferimento sulle BAT o MTD)
BS	Biostabilizzato
CDR	Combustibile Derivato da Rifiuti
CER	Elenco europeo dei rifiuti
CIC	Consorzio Italiano Compostatori
CIP 6	Provvedimento del Comitato interministeriale prezzi n.6 del 29 aprile 1992
CSTR	Continuously Stirred Tank Reactor, reattore completamente miscelato
CV	Certificati verdi
DA	Digestione anaerobica
DM	Decreto ministeriale
DLgs	Decreto legislativo
FORU	Frazione organica dei rifiuti urbani
FOS	Frazione organica stabilizzata
FS	Frazione secca o "secco"
GSE	Gestore del sistema elettrico
IPA	Idrocarburi policiclici aromatici
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control – prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (già APAT)
MATTM	Ministero per l'ambiente, la tutela del territorio e del mare
MISE	Ministero dello sviluppo economico
MUD	Modello unico di dichiarazione
PCDD/DF	Policloro-dibenzo-diossine/dibenzo-furani ("diossine")
PCB	Policloro-bifenili
PCI	Potere calorifico inferiore
PCS	Potere calorifico superiore
PE	Polietilene
PET	Polietilentereftalato
PVC	Polivinilcloruro
RD	Raccolta differenziata
RP o RSP	Rifiuti speciali pericolosi
RS	Rifiuti speciali
RSS	Rifiuti speciali sanitari
RU	Rifiuti urbani
RUR	Rifiuti urbani indifferenziati ovvero che residuano a valle della RD
SCR	Selective catalytic reduction - riduzione catalitica degli ossidi di azoto
SNCR	Selective non catalytic reduction - riduzione non catalitica degli ossidi di azoto
TT	Trattamento termico
VIA	Valutazione di impatto ambientale

ALLEGATO ■ A |

Dati caratteristici delle tecniche
di trattamento adottate

A1 I TRATTAMENTI MECCANICI

A1.1 Le apparecchiature di trattamento

La cernita manuale

La cernita manuale è la più importante operazione di selezione presente negli impianti di trattamento di post raccolta differenziata. Come si già è discusso in precedenza (v. paragrafo 3.1), detta operazione viene generalmente utilizzata nelle seguenti fasi del trattamento:

- accettazione del materiale in ingresso;
- separazione della carta dalla plastica;
- selezione della plastica nelle sottotipologie stabilite in base alla matrice polimerica e, per ciascuna matrice a sua volta, in base al colore;
- raffinazione del vetro con la rimozione di materiali estranei (porcellana, plastica, corpi opachi).

Gli operatori effettuano manualmente l'eventuale apertura di sacchetti (necessaria per consentire l'estrazione di contenitori metallici che altrimenti non sarebbero allontanati dalla successiva separazione magnetica), la selezione manuale di materiali non eseguibile per via meccanica (in genere quelli di forma e caratteristiche fisiche simili) quali ad esempio legno, polistirolo, ecc. e la separazione di eventuali solidi ingombranti, dannosi per le successive fasi del trattamento. La presenza di operatori è inoltre prevista per ogni linea di recupero di una specifica frazione merceologica dal flusso che scorre su di un nastro trasportatore, dal quale essa deve essere selezionata e raffinata in accordo alle specifiche stabilite dal consorzio di filiera.

La riduzione dimensionale

I trattamenti di riduzione dimensionale possono basarsi sia su un'azione di taglio (sostanze fibrose e umide) sia di urto e compressione (materiali duri e fragili).

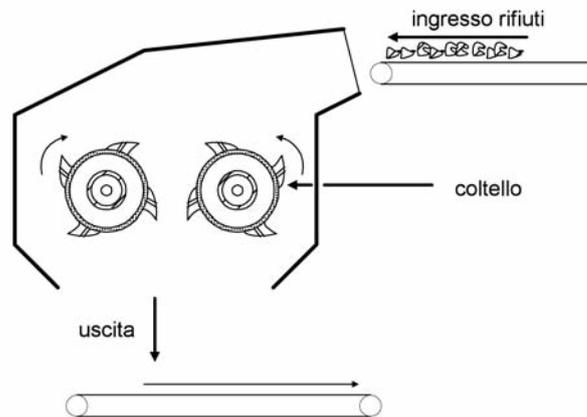
Alla prima classe appartengono i mulini a lame o coltelli e le tranciatrici, alla seconda classe i mulini a martelli. Questi ultimi possono trovare altresì applicazione nella fase di raffinazione della frazione secca, esplicando un'azione di laminazione sui frammenti a sviluppo superficiale quali carta e plastica in film per la rimozione dell'organico residuo e dell'umidità.

Il mulino a coltelli

Il mulino a coltelli, di cui è data una rappresentazione nella figura A1, è costituito da un rotore a rotazione lenta (15-60 giri/min) e da una serie di lame fisse, denominate anche contropettine. Il prodotto risulta s fibrato e di pezzatura omogenea grazie alla griglia posta al di sotto della camera di macinazione. Nel caso di assenza della griglia la dimensione del materiale è determinata dalla distanza tra gli alberi e tra i singoli elementi affilati. Questo tipo di macchina trova impiego anche come lacerasacchi, ovvero

Figura A1
Mulino a coltelli

Elaborazione ENEA



per le operazioni di apertura e rottura dei sacchetti contenenti i rifiuti da trattare. In presenza di materiale ingombrante, è preferibile ricorrere alla cernita manuale.

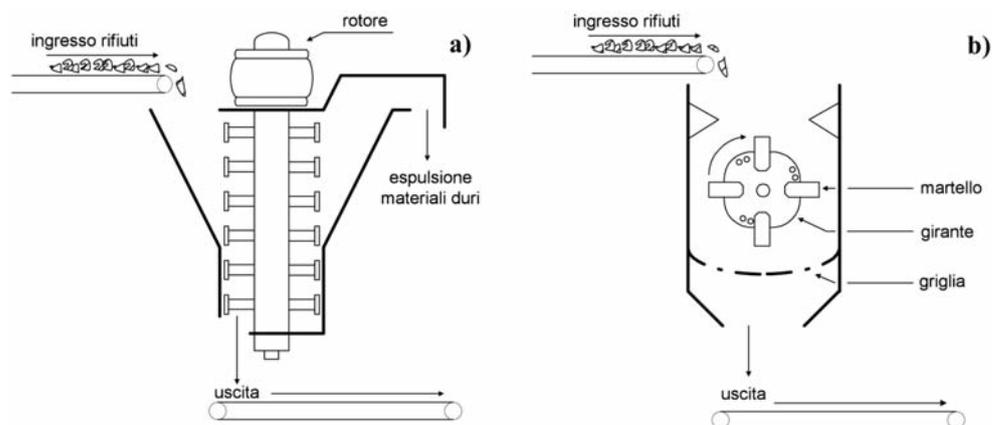
Il mulino a martelli

Il mulino a martelli è costituito da uno o più rotori orizzontali funzionanti ad elevate velocità di rotazione (> 600 giri/min), ai quali sono fissati gli elementi attivi, denominati martelli o mazze, che colpiscono il materiale ripetutamente riducendolo in frantumi. I martelli variano in numero, forma, dimensioni e peso, influenzando conseguentemente la richiesta di della potenza elettrica da installare.

In funzione della disposizione dell'albero rotore si distinguono mulini verticali (figura A2a) o orizzontali (figura A2b). Nei mulini verticali la camera di macinazione è a forma

Figura A2
Mulino a martelli verticale (a) e orizzontale (b)

Elaborazione ENEA



di imbuto, in modo che i materiali di dimensioni maggiori scendono nella parte più stretta solo dopo progressiva frantumazione. I frammenti più duri che il mulino non riesce a rompere vengono espulsi per azione centrifuga attraverso un condotto posto sulla sommità della camera. I mulini orizzontali dispongono di una griglia forata attraverso la quale passa il materiale tritato. La loro velocità di rotazione è maggiore di quelli verticali e può raggiungere i 2.000 giri /min.

La vagliatura

La vagliatura dimensionale

La vagliatura dimensionale consente la separazione in base alle granulometrie del materiale in ingresso. Il materiale che viene raccolto al di sotto del vaglio è detto sottovaglio, mentre al di sopra costituisce il sovravaglio.

Con questo principio di funzionamento operano i seguenti vagli separatori:

- il vaglio a tamburo rotante;
- il vaglio vibrante;
- il vaglio a dischi o a letto di stelle.

I primi si applicano preferibilmente alla separazione primaria mentre gli altri sono per lo più utilizzati nei trattamenti di raffinazione.

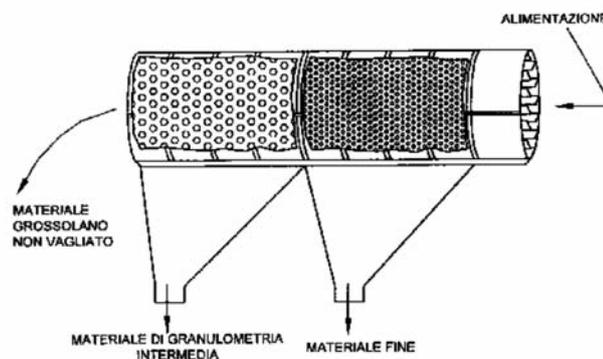
Il vaglio a tamburo rotante

Il vaglio a tamburo rotante (figura A3) è costituito da un cilindro rotante dotato di un dispositivo di carico all'estremità, inclinato e messo in rotazione intorno al proprio asse per consentire l'avanzamento dei rifiuti. Questo vaglio ha una superficie dotata di fori attraverso i quali passa la frazione più fine. Il diametro dei fori varia nel caso della vagliatura primaria da 60 a 100 mm, mentre per quella secondaria è in genere compreso tra 20 e 60 mm. Per aumentare il tempo di residenza e di conseguenza la resa di separazione, sono presenti nella superficie interna dei diaframmi che rallentano il movimento del rifiuto verso la sezione di scarico.

Figura A3

Vaglio a tamburo rotante a doppia maglia

Fonte: Lombardi [A1]

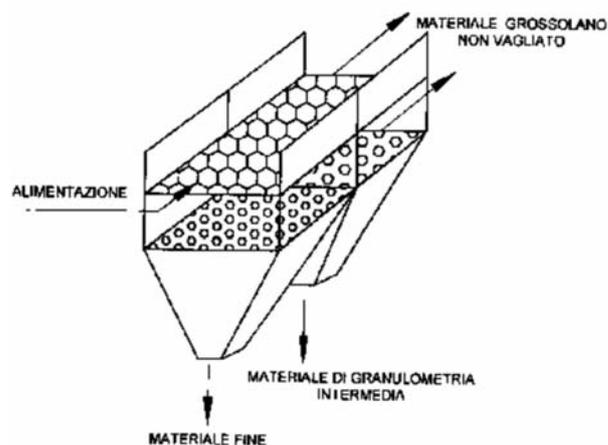


Il vaglio vibrante

Il vaglio vibrante (figura A4) è dotato di una griglia forata inclinata sottoposta a vibrazione per consentire il passaggio della frazione fine. Il vaglio può presentare, sullo stesso piano oppure su piani sfalsati, ulteriori piastre forate in aggiunta a quella principale.

Figura A4 **Vaglio vibrante**

Fonte: Lombardi [A1]

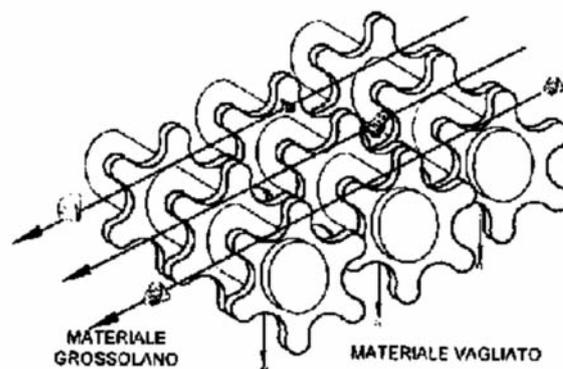


Il vaglio a dischi o a letto di stelle

Il vaglio a dischi o letto di stelle (figura A5), è molto utilizzato nelle piattaforme di post raccolta differenziata per separare la carta dalla plastica e la plastica flessibile da quella rigida. Meno diffusamente viene utilizzato nei trattamenti di raffinazione della frazione

Figura A5 **Vaglio a letto di stelle**

Fonte: Lombardi [A1]



secca e della frazione organica stabilizzata. E' formato da più assi rotanti paralleli, montati su uno stesso piano.

Gli assi sono dotati di dischi sagomati (ovali, esagonali ecc.), che danno luogo ad una sorta di griglia. Lo spazio lasciato tra i vari dischi determina l'apertura attraverso la quale viene passa il materiale fine. Il sovrapposto invece, spinto dalla rotazione dei dischi, confluisce verso la sezione di uscita del vaglio.

La vagliatura gravimetrica

I principali sistemi impiegati per la separazione gravimetrica sono:

- classificatori ad aria;
- classificatori a letto fluido;
- vagli balistici.

Il principio di funzionamento si basa sulla differenza di inerzia, di densità o di proprietà aerodinamiche che i materiali oppongono se accelerati. Negli impianti TMB tali sistemi sono destinati alla raffinazione della frazione secca, ottenuta tramite operazioni primarie di vagliatura, o della frazione organica stabilizzata. Vengono impiegati anche nelle piattaforme di post raccolta differenziata con il compito di separare le frazioni merceologiche leggere (carta e plastica flessibile) da quelle pesanti (contenitori, bottiglie in plastica, metalli).

Il classificatore aeraulico

I classificatori ad aria o separatori aeraulici (figura A6), sono costituiti da condotti verticali nei quali tramite una tramoggia posta lateralmente vengono alimentati i rifiuti da classificare, mentre dal basso viene fatta fluire una corrente d'aria.

Il materiale che oppone maggiore resistenza ricade nella parte sottostante, dalla quale viene raccolto mediante un nastro trasportatore; il materiale più leggero viene trascinato nella sezione superiore e convogliato in un ciclone. Il ciclone permette la separazione della frazione leggera che ricade lungo le pareti e raccolta sul fondo, mentre l'aria fluisce verso l'alto. L'efficienza di separazione è legata alla velocità dell'aria, alla portata dei rifiuti in ingresso, alla sezione e alla forma del condotto. Nelle configurazioni più recenti il condotto è sagomato secondo una sequenza di tronchi conici sovrapposti che danno l'effetto di aria pulsata, permettendo una migliore separazione delle particelle più pesanti.

Il classificatore a coltello

I classificatori a coltello (figura A7) sono concepiti per la separazione di granuli di dimensioni uniformi. Il flusso di rifiuti entra orizzontalmente tramite alimentatore a nastro e inizia la propria caduta.

Il classificatore è provvisto di due tramogge di uscita in posizione traslata in avanti rispetto alla direzione orizzontale di avanzamento dei rifiuti; non appena i granuli di materiale entrano nella camera di separazione, vengono investiti da un violento getto d'aria che spinge la frazione più leggera verso l'uscita più lontana, mentre la frazione pesante continua la sua caduta per semplice gravità nella tramoggia più vicina al nastro trasportatore.

Figura A6
Classificatore aeraulico

Elaborazione ENEA

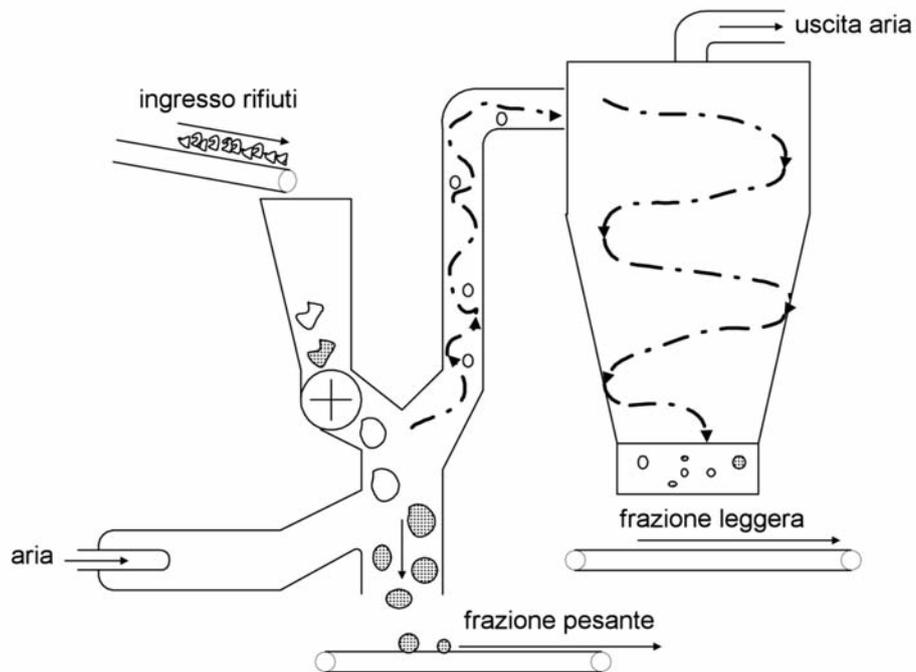
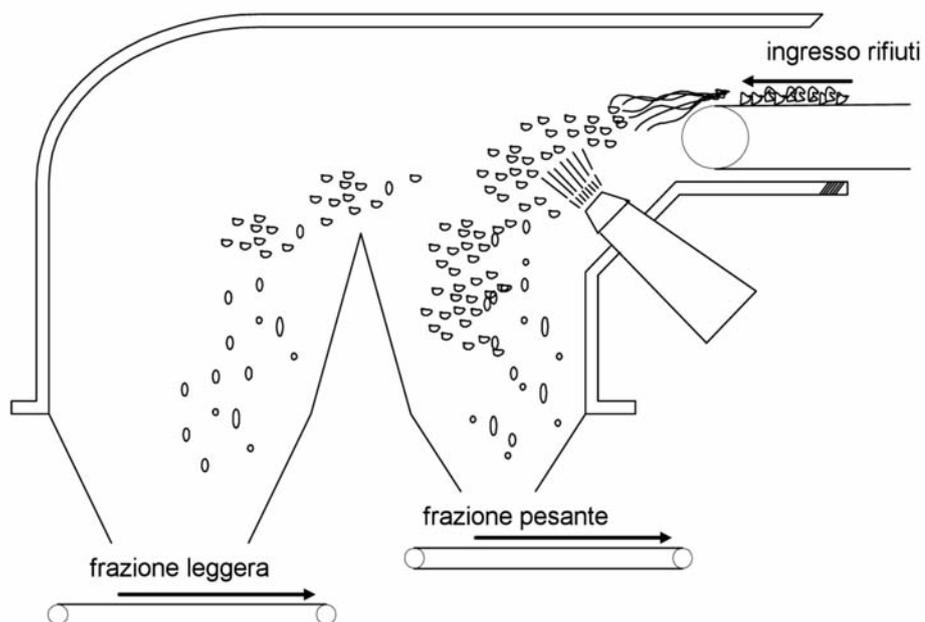


Figura A7
Classificatore aeraulico a coltello

Elaborazione ENEA



Il classificatore a letto fluido

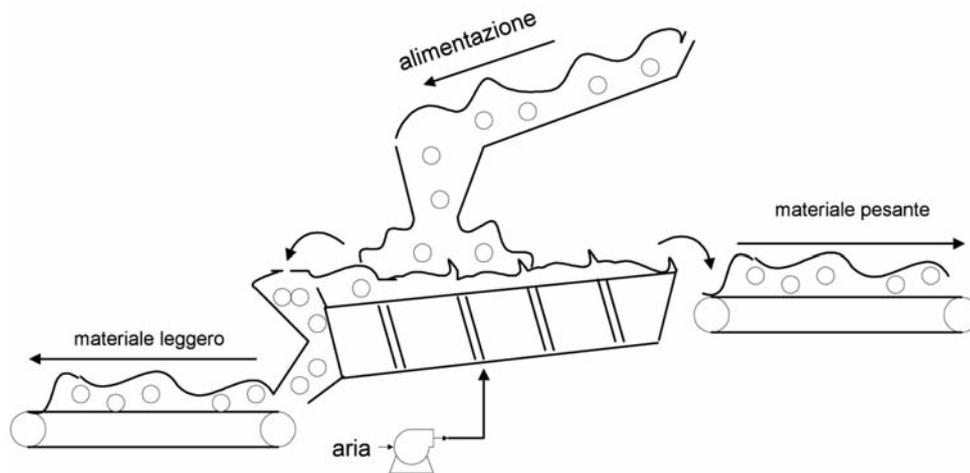
I classificatori a letto fluido (figura A8) separano i materiali in base alla loro diversa velocità di sedimentazione e sono costituiti da un letto leggermente inclinato rispetto all'orizzontale sul quale vengono alimentati i rifiuti tramite un nastro trasportatore.

Il letto è dotato di una camera sottostante nella quale fluisce una corrente d'aria che ha il compito di tenere in sospensione la frazione leggera, che gradualmente si deposita nella sezione di uscita inferiore. La frazione pesante, invece viene spinta verso la sezione superiore sottoponendo il letto a vibrazione.

Per ottenere una separazione più spinta della frazione leggera i rifiuti possono essere mescolati ad un fluido separatore costituito da una soluzione acquosa salina o da una sospensione acquosa di polveri di magnesite o ferrosilicati (configurazione "ad umido"). Il fluido fa in modo che sul letto si crei un doppio strato di materiale dove la frazione pesante si deposita sul fondo e avanza verso l'uscita superiore per vibrazione, mentre la frazione leggera si accumula sullo strato superiore e ricade per gravità nell'uscita inferiore.

Figura A8
Classificatore aerulico a letto fluido

Elaborazione ENEA

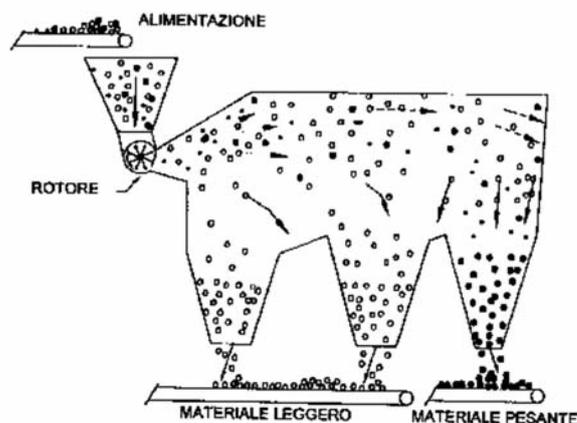


La vagliatura balistica

I separatori balistici separano i materiali in base alla loro diversa densità o elasticità. Il separatore balistico basato sulla differenza di densità è costituito da una camera orizzontale (figura A9) al di sotto della quale sono poste più tramogge affiancate per la raccolta delle frazioni da separare.

Figura A9 Separatore balistico a differenza di densità

Fonte: Lombardi [A1]



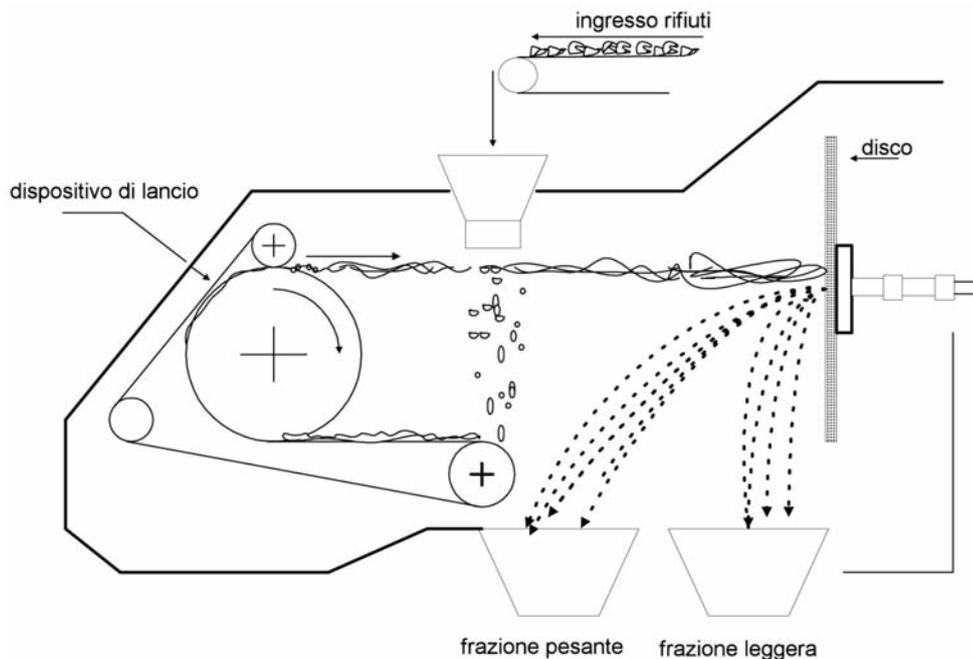
I rifiuti entrano lateralmente nella parte superiore della camera per essere ripresi e proiettati in direzione del lato opposto ad alta velocità, in base alla diversa densità dei materiali.

Le frazioni più leggere (poco accelerate) ricadono nella tramoggia più vicina all'ingresso dei rifiuti, mentre quelle più pesanti (più accelerate) sono raccolte nella tramoggia più lontana.

Nei separatori balistici che sfruttano le diverse proprietà elastiche dei materiali (figura A10), i rifiuti vengono alimentati tramite un nastro trasportatore su di un tamburo che, imprimendo ad essi una forte accelerazione, li proietta contro un disco di gomma ruotante su un piano ortogonale alla direzione di lancio; a causa dell'urto il materiale rimbalza con traiettorie di caduta diverse in funzione delle sue proprietà elastiche.

Figura A10
Separatore balistico a differenza di elasticità

Elaborazione ENEA



La separazione elettrostatica

Questa tecnica di separazione, di cui uno schema di principio è riportato nella figura A11, sfrutta la diversa conducibilità elettrica dei materiali tramite l'applicazione di un campo elettrico esterno ad elevato potenziale.

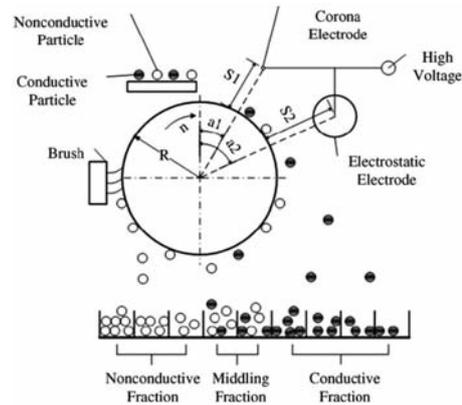
In questo modo è possibile separare metalli, frazioni a diverso grado di umidità e sostanze con diversa capacità ad elettrizzarsi quali carta e plastica o tipi diversi di plastiche.

Una possibile configurazione prevede che il materiale da trattare venga alimentato per caduta su di un tamburo (o più tamburi in serie), dotato di carica elettrica tramite un elettrodo carico negativamente (anodo) e passi in prossimità di un elettrodo carico positivamente (catodo).

Le componenti conduttive del materiale subiscono un effetto di attrazione, deviando la propria traiettoria di moto; il restante materiale, non risentendo degli effetti elettrostatici, continua la propria caduta liberamente ed è raccolto in un apposito contenitore.

Figura A11 Separatore elettrostatico a tamburo

Fonte: Xu et al. [A2]



La separazione in depressione

Questi sistemi, utilizzati esclusivamente negli impianti di post raccolta differenziata, separano i materiali rigidi (contenitori in metallo o in plastica) da quelli flessibili (plastica in film e carta). Si tratta di tamburi a superficie forata analoghi a quelli adottati nella vagliatura dimensionale ed operanti in depressione. I materiali flessibili aderiscono al tamburo, la cui superficie è forata, essendo attratti dalla depressione generata all'interno del tamburo per mezzo di un ventilatore ad esso collegato. I materiali rigidi, invece, non subiscono l'attrazione e cadono nella tramoggia sottostante.

La separazione a lettura ottica

I sistemi di separazione a lettura ottica sono presenti nei più moderni impianti di trattamento di post raccolta differenziata; ad essi è demandato il compito di separare la carta dalla plastica e di selezionare la plastica per colore e tipologia, quali il PET impiegato per le bottiglie e l'HDPE (polietilene ad alta densità per i tubi e i contenitori).

Il materiale eterogeneo in movimento su di un nastro trasportatore viene colpito da un fascio di luce emesso da una lampada alogena provocando a sua volta una luce riflessa ricadente nello spettro di frequenze dell'infrarosso. Uno specifico software permette di risalire alla tipologia, al colore e alla forma di ogni materiale, a partire dall'analisi dello spettro di frequenze riflesso. Una volta identificata la tipologia di rifiuto, il sistema attiva un getto d'aria che lo espelle dal nastro trasportatore per indirizzarlo su di una linea di trattamento dedicata o in un contenitore-raccoglitore.

Lo sviluppo di questi sistemi ha avuto luogo negli anni '90 da parte del Sintef, un centro di ricerca norvegese che ha messo a punto la separazione ad infrarossi per conto di un'azienda produttrice di imballaggi; esso si è diffuso da prima in Germania e successivamente nel resto d'Europa.

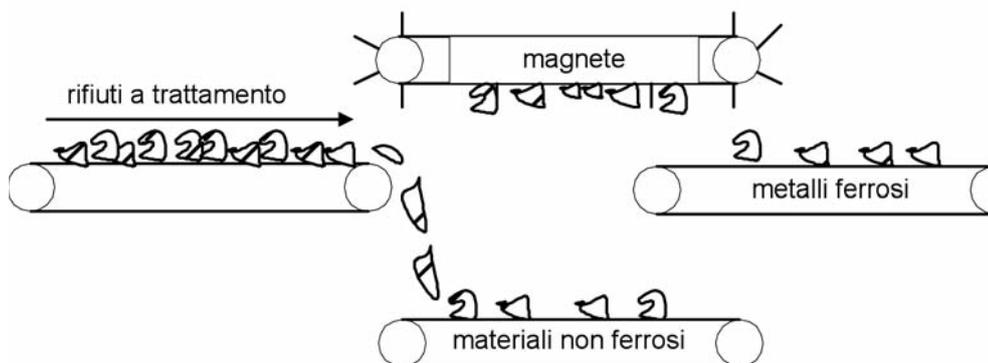
La separazione dei metalli ferrosi

La separazione per via magnetica è il sistema universalmente adottato per il recupero dei metalli ferrosi in qualsiasi tipologia di impianto di trattamento di rifiuti (TMB, piattaforma di post raccolta differenziata, trattamento delle scorie), in quanto consente efficienze elevate di separazione, anche superiori al 95%. Il trattamento sfrutta l'azione di un magnete permanente o di un elettromagnete. Nel primo caso l'utilizzo è adatto per flussi medio grandi (da 10 a 30 t/h) e per pezzature fino a 40 cm; nel secondo l'utilizzo è indicato per pezzature non superiori ai 20 cm e per un peso unitario non superiore ai 3 kg. Le apparecchiature disponibili sono del tipo a tamburo o a nastro.

Nel separatore magnetico a nastro i rifiuti da trattare (figura A12) trasportati su di un nastro trasportatore avanzano in prossimità del punto di scarico passando in prossimità di un secondo nastro, posto ad una quota di poco superiore, dotato del sistema magnetico di attrazione. I metalli ferrosi vengono attratti sul secondo nastro mentre i rifiuti restanti cadono per gravità su di un secondo nastro.

Figura A12
Separatore magnetico a nastro

Elaborazione ENEA



Il separatore magnetico a tamburo (figura A13) contiene l'elemento magnetico all'interno del tamburo di traino del nastro in corrispondenza della parte terminale del percorso dei rifiuti. Il nastro viene inclinato verso l'alto nella direzione di avanzamento dei rifiuti; al di sotto del separatore a tamburo si trova un diaframma che devia il materiale in caduta su due diversi nastri di trasporto. Quando i rifiuti raggiungono l'estremità superiore del separatore a tamburo, i materiali ferrosi aderiscono al nastro, mentre la parte restante viene intercettata dal nastro per i residui non metallici. Il sistema è indicato per pezzature inferiori a 10 cm.

La resa di separazione può essere incrementata con l'installazione di un secondo tamburo magnetico nel caso in cui si voglia procedere ad una separazione più spinta, escludendo piccoli frammenti leggeri di carta o plastica. I due tamburi possono essere inoltre dotati di palette periferiche per facilitare il sollevamento del materiale da un nastro, facendolo ricadere sul secondo nastro (figura A14).

Figura A13
Separatore magnetico a tamburo

Elaborazione ENEA

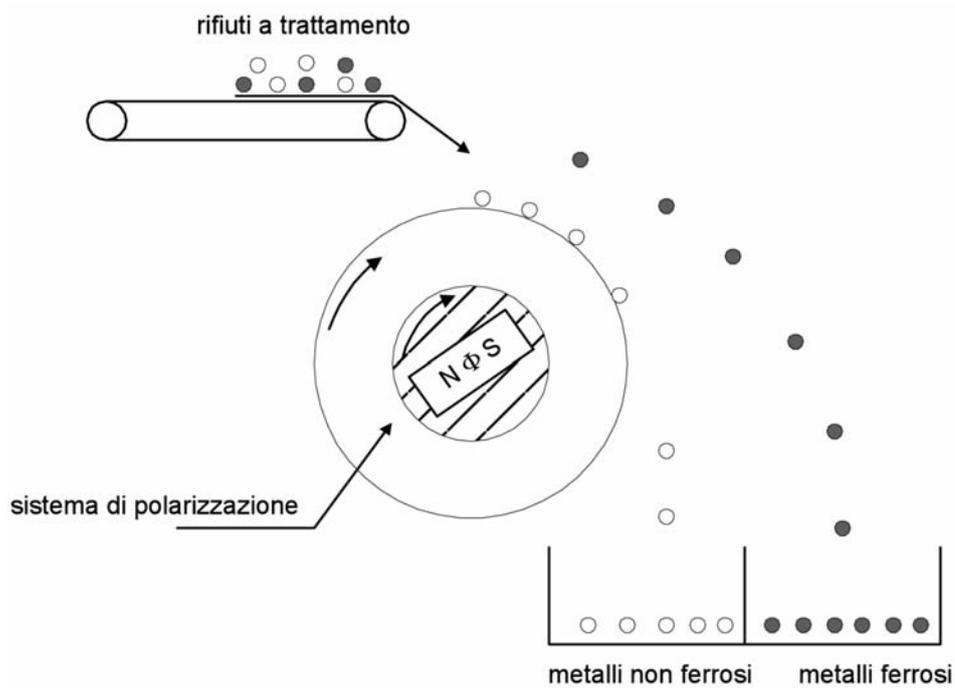
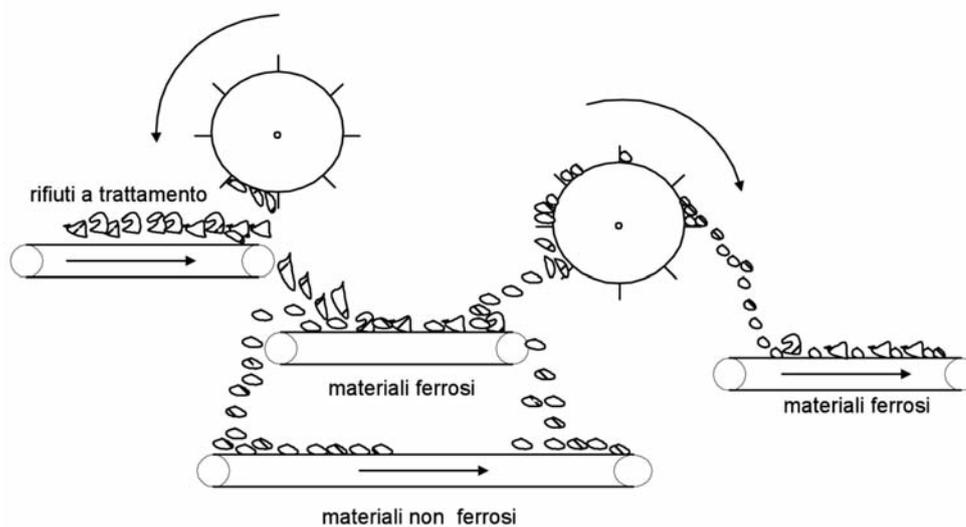


Figura A14
Separatore magnetico a nastro con doppio tamburo

Elaborazione ENEA



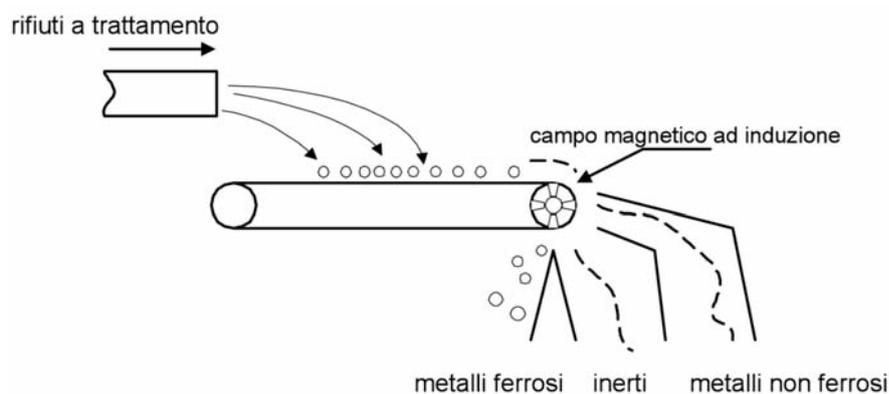
La separazione per metalli non ferrosi

La separazione dei metalli non ferrosi (alluminio, rame, stagno ecc.), si realizza tramite un sistema a correnti indotte (correnti di Foucault) per effetto dell'esposizione ad un campo magnetico ad alta frequenza. Le correnti di Foucault generano un campo magnetico di direzione opposta al campo magnetico inducente, cosicché il metallo risulta sollecitato da forze di repulsione.

Il separatore a rullo induttore (figura A15) è simile da un punto di vista meccanico al separatore magnetico a tamburo.

Figura A15 Separatore a rullo induttore

Elaborazione ENEA



Il tamburo posto a fine corsa del nastro trasportatore è dotato di un sistema che crea per rotazione un campo magnetico a polarità alternata (nord - sud). Il materiale metallico non ferroso subisce una forza di repulsione in prossimità del tamburo seguendo una traiettoria di caduta differente dal resto dei rifiuti, venendo raccolto in apposite tramogge. L'efficienza di separazione risulta maggiore per pezzature contenute (inferiori ai 15 cm) e portate di circa 15 t/h.

Il confezionamento del prodotto finale

Al termine delle operazioni di vagliatura, triturazione e raffinazione, i materiali da recuperare vengono confezionati tramite sistemi di compattazione. I sistemi più comuni prevedono la riduzione in balle, bricchette (blocchetti) o pellets (cilindretti).

La compattazione in balle

La compattazione in balle è utilizzata sia negli impianti di TMB per la frazione secca, sia nelle piattaforme di post raccolta differenziata per le frazioni valorizzabili quali carta, contenitori di plastica, lattine di alluminio, cassette di legno ecc.. Il loro utilizzo facilita la movimentazione e lo stoccaggio dei materiali. L'imballaggio avviene mediante pres-

saturation in volumi fino a 2 m³ e applicazione di un rivestimento di film di PVC o di reti metalliche per mantenere intatta la forma e garantirne la protezione da agenti atmosferici. In base alla pressione esercitata la riduzione del volume può raggiungere l'80% mentre la densità finale è pari a circa 1.000 kg/m³.

Le principali tipologie di apparecchiatura sono:

- presse imballatrici;
- press-container;
- presse per mezzi di grande volume.

Le presse imballatrici sono adatte per materiali di basso peso specifico (materiali combustibili, plastiche e stoffe) e capaci di trattare portate elevate (fino a 30-40 t/h); sono apparecchiature costose e richiedono la rimozione preventiva dei metalli dal materiale da imballare.

Il press-container è invece un sistema che realizza la pressatura e l'imballaggio direttamente all'interno di un container o di uno scarrabile; anche questa apparecchiatura è adatta per materiali di bassa densità e capace di trattare portate elevate.

La bricchettatura e la pellettizzazione

Il confezionamento del prodotto finale in forme solide di piccole dimensioni viene realizzato tramite bricchettatura e/o pellettizzazione. Con la bricchettatura si ottengono dei blocchetti prismatici (bricchette) mentre con la pellettizzazione si ottengono dei cilindretti (pellets). La bricchettatura e la pellettizzazione trattano quantità limitate di materiale (non superiore alle 7 t/h) e pezzatura contenuta (fino a 15 cm). La forma finale viene ottenuta per presso-estrazione tramite due distinte apparecchiature:

- la pressa rotante eccentrica;
- l'estrusore con vite senza fine.

La pressa rotante eccentrica (figura A16) è costituita da un involucro cilindrico con la parte periferica dotata di canali per la fuoriuscita delle bricchette o pellets; all'interno del tamburo ruota la pressa cilindrica in posizione eccentrica in modo da comprimere il materiale e spingerlo all'interno dei canali di estrusione. L'attrito indotto nel materiale produce un riscaldamento con conseguente perdita dell'umidità e fenomeni di ritiro e indurimento.

L'estrusore è un sistema a coclea (vite senza fine) che forza il materiale a passare attraverso un condotto di sezione via via decrescente, come illustrato nella figura A17. Solitamente il foro di uscita che conferisce al prodotto la sezione finale è cilindrico con diametri di circa 15 mm e lunghezza di circa 50 mm.

Figura A16
Pressa rotante eccentrica

Elaborazione ENEA

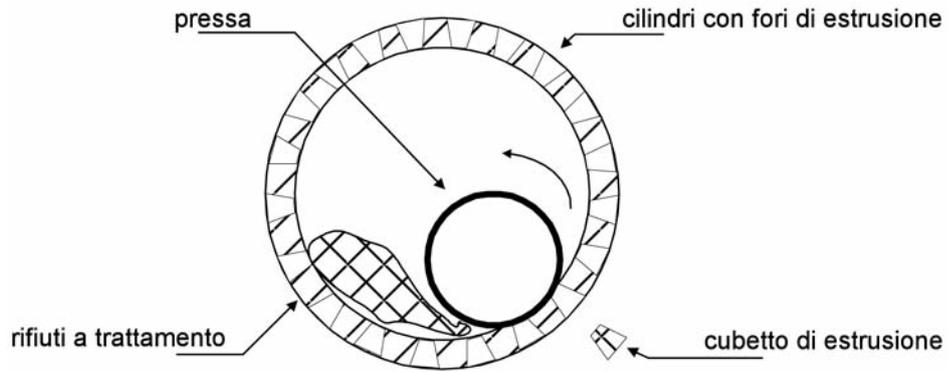
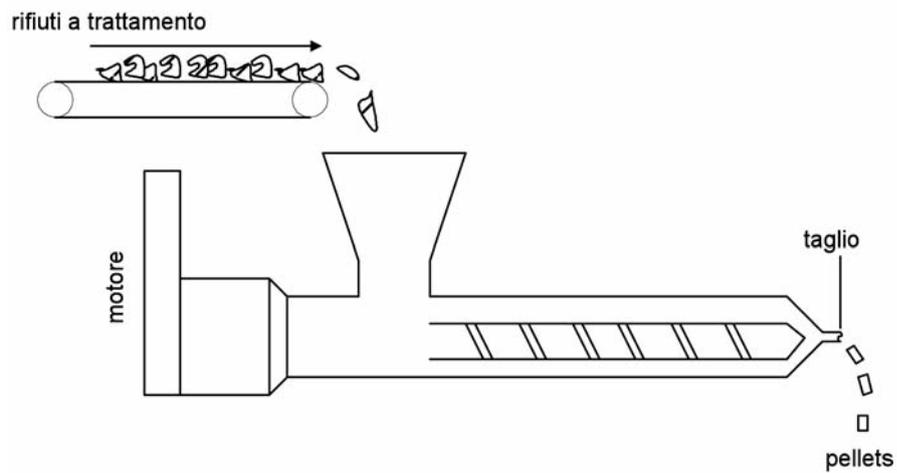


Figura A17
Estrusore con vite senza fine

Elaborazione ENEA



A1.2 Il trattamento degli effluenti gassosi

Per il trattamento degli effluenti gassosi si rimanda a quanto riportato al punto A2.2 del presente allegato.

A1.3 Gli aspetti impiantistici

Vengono qui riportati, per ogni soluzione impiantistica di trattamento di post raccolta differenziata e di trattamento meccanico-biologico, gli schemi di principio relativi alle principali operazioni previste corredati, ove possibile, con dei bilanci indicativi di massa. Per le piattaforme di selezione, non si è ritenuto opportuno riportare il bilancio di materia sia a causa dell'estrema varietà di composizione delle frazioni multimateriali in ingresso agli impianti, sia perché i sistemi trattano simultaneamente frazioni monomateriale e multimateriale, rendendo difficile risalire ai valori delle rese delle singole operazioni di selezione per ciascuna frazione merceologica.

Negli schemi che seguono le operazioni sempre presenti sono contornate da una linea continua, mentre quelle opzionali sono contornate da una linea tratteggiata. Le correnti di materia che portano all'ottenimento dei prodotti finali sono rappresentate da una linea marcata, mentre quelle che riguardano i sottoprodotti sono caratterizzate da una linea sottile.

I trattamenti di post raccolta differenziata

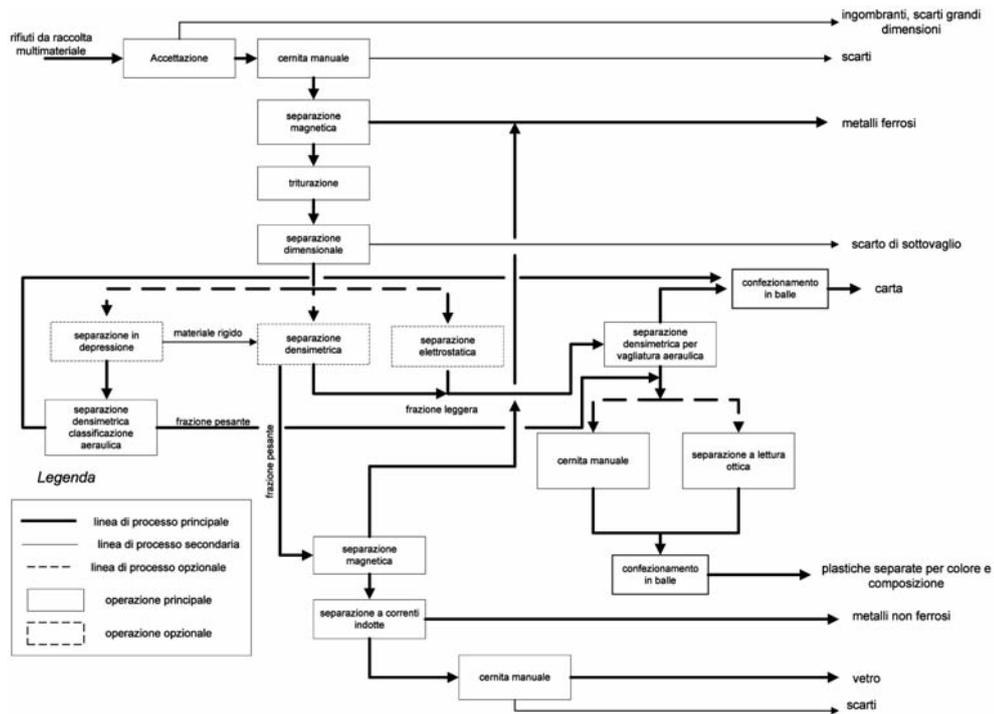
I trattamenti per i flussi da raccolta multimateriale

I trattamenti di flussi di rifiuti provenienti dalla raccolta differenziata, possono essere applicati sia alla frazione multimateriale (carta, vetro, plastica, metalli, legno), sia monomateriale (carta, vetro, plastica), con differenti configurazioni impiantistiche.

Nella figura A18 è rappresentato lo schema di principio di un impianto per il trattamento della frazione multimateriale. Come si può rilevare, il trattamento è costituito da una sequenza di operazioni di selezione e vagliatura che sfruttano alcune proprietà meccaniche dei materiali, quali forma, peso, dimensioni, magnetismo, elettrostaticità, colore. Il sistema non è completamente automatizzato e l'operazione di cernita manuale è presente in alcune sezioni dell'impianto, soprattutto laddove occorre conseguire un grado di qualità elevato nel prodotto finale in accordo con i requisiti imposti dai Consorzi di filiera.

Figura A18
Schema di principio di una linea di selezione di frazioni merceologiche da RD multimateriale

Elaborazione ENEA

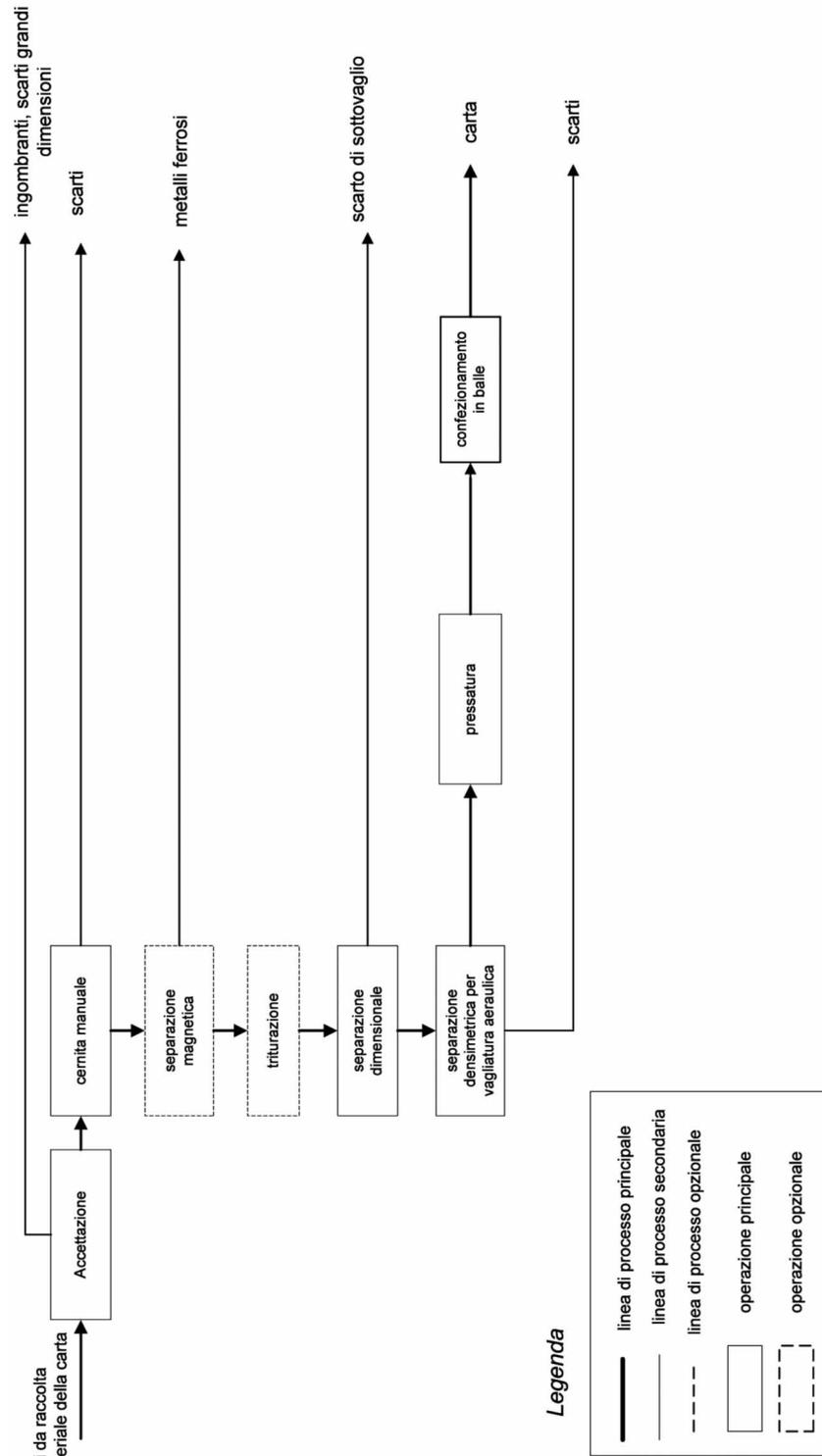


I trattamenti per i flussi da raccolta monomateriale

La sequenza di operazioni riguardanti le più diffuse linee di trattamento di selezione post raccolta monomateriale (plastica, vetro e carta) sono illustrate nelle figure A19 e A20. I trattamenti di selezione della carta sono molto semplici, basandosi principalmente su una fase di triturazione e di imballaggio finale. Più complesso è il trattamento della plastica che richiede la separazione per polimero e per colore che richiedono la cernita manuale o il ricorso al sistema a lettore ottico, piuttosto costoso. Per quanto riguarda il vetro, infine, la selezione è basata su un criterio "passivo" di separazione delle frazioni indesiderate.

Figura A19
Schema di principio di una linea di selezione di carta da raccolta monomateriale

Elaborazione ENEA



Legenda

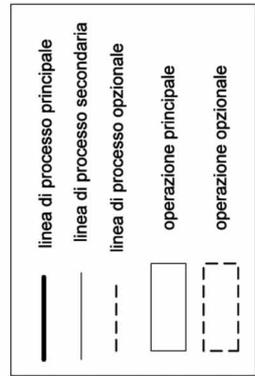


Figura A20
Schema di principio di una linea di selezione di plastica da raccolta monomateriale

Elaborazione ENEA

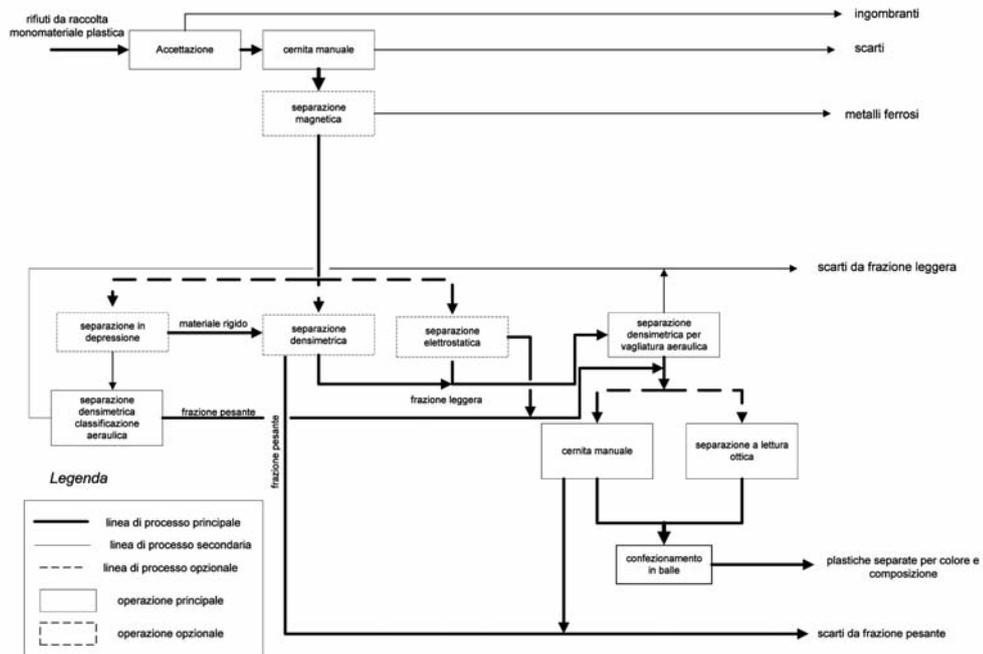
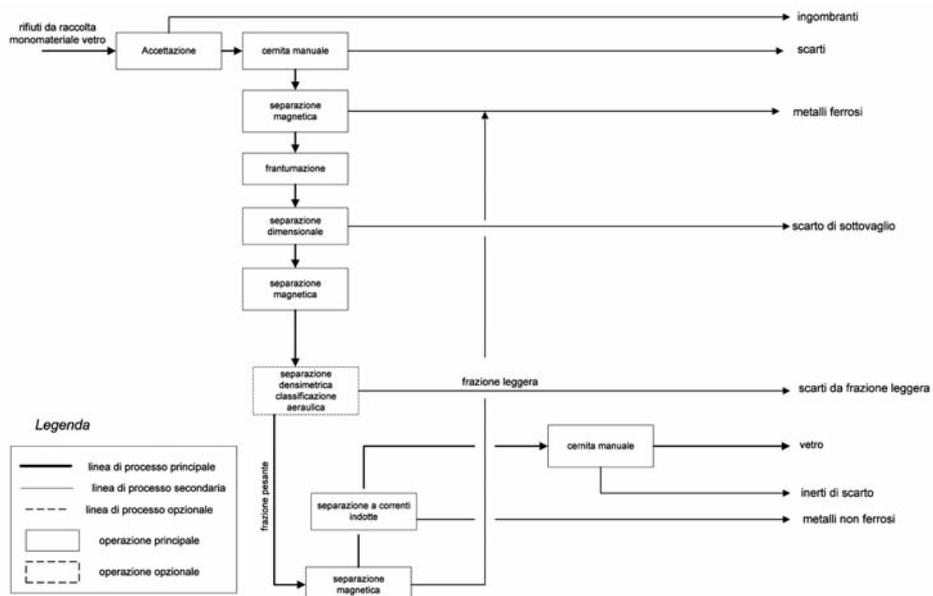


Figura A21
Schema di principio di una linea di selezione di vetro da raccolta monomateriale

Elaborazione ENEA



A2 I TRATTAMENTI MECCANICO-BIOLOGICI

A2.1 Le apparecchiature di trattamento

La miscelazione

La miscelazione viene impiegata nei trattamenti di compostaggio per ottenere l'opportuno dosaggio del materiale organico e dello strutturante.

Il materiale organico è costituito dalla sostanza fermentabile o frazione putrescibile che comprende i fanghi di depurazione delle acque, la frazione organica da raccolta differenziata, i rifiuti mercatali e/o zootecnici. Il materiale strutturante è invece costituito dalla frazione lignocellulosica proveniente dai residui verdi ovvero dagli scarti delle operazioni di sfalcio e potatura.

La materia organica contribuisce al processo con l'apporto dei principali nutrienti (azoto e fosforo), dell'umidità e dell'attività batterica; lo strutturante invece fornisce in termini di nutrimento la sostanza cellulosa e carboniosa, ma soprattutto permette l'instaurarsi di condizioni aerobiche all'interno della massa in fermentazione, favorendo gli scambi con l'ossigeno e sfavorendo la formazione di zone anossiche (prive di ossigeno).

Il dosaggio e la miscelazione possono essere realizzati in un trito-miscelatore (figura A22) nel caso in cui l'organico presenti bassi valori di umidità (frazione organica di rac-

Figura A22 Tritomiselatore

Fonte: Zanella [A3]



colta differenziata, scarti mercatali) o mediante pala meccanica se l'organico è molto umido come nel caso dei fanghi. Il controllo dell'apporto delle due componenti può essere ottenuto mediante celle di carico.

La digestione aerobica a singolo stadio

Il processo di digestione aerobica a singolo stadio è un sistema estensivo e viene utilizzato per trattare la materia organica a bassa fermentescibilità; esso viene condotto *in cumulo o andana*. Il contatto tra ossigeno e sostanza biodegradabile può essere realizzato o mettendo in movimento l'aria rispetto al residuo o mettendo in movimento il residuo rispetto all'aria: nel primo caso si parla di tecniche *a cumulo statico*, nel secondo caso si parla di tecnica *a cumulo rivoltato*. Se gli scarti sono di natura lignocellulosica (verde, residui di sfalci e potature ecc.) il processo può essere condotto all'aperto perché non vi sono emissioni maleodoranti. Se invece si tratta di materiale putrescibile (frazione organica selezionata, residui mercatali, residui zootecnici ecc.) i cumuli devono trovarsi in capannoni dotati di sistema di captazione e trattamento delle emissioni (biofiltri, scrubbers ad umido, bioscrubbers).

I cumuli statici

Il materiale da sottoporre a digestione viene disposto in cumuli adagiati su platee. Questo sistema permette di mantenere indisturbato nel tempo l'ecosistema che si crea nella biomassa, le interazioni tra la popolazione microbica locale e il substrato organico, tenendo costanti ed ottimali i parametri chimico-fisici interni (ossigeno, temperatura, umidità). L'assenza di rivoltamenti permette di evitare lo "shock termico" ripetuto dovuto alla perdita di calore durante la movimentazione. Ancora più importante è la minimizzazione degli impatti olfattivi che si verificano tipicamente durante le fasi di rivoltamento. Di contro nel cumulo statico si riscontrano la dispersione di calore negli strati esterni, nonché la graduale perdita di umidità e tempi più lunghi di maturazione.

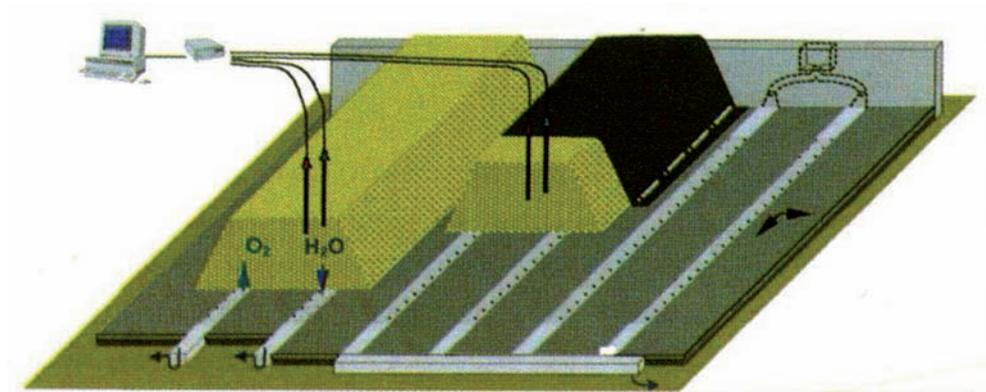
Lo scambio con l'aria può avvenire (figura A23) per convezione naturale (vale a dire per aerazione naturale) o per convezione forzata (tramite l'impiego di ventilatori o soffianti).

Nel primo caso il cumulo è attraversato da una rete di tubazioni fessurate attraverso i quali passa l'aria captata dall'esterno, che diffonde in tal modo attraverso il cumulo.

Nel caso dell'aerazione forzata il rifornimento di aria può avvenire attraverso aspirazione di aria dalla superficie del cumulo tramite ventilatori, ovvero per insufflazione di aria nel substrato tramite soffianti. I ventilatori e le soffianti possono operare in continuo o ad intermittenza.

Figura A23 Sistema di trattamento a cumuli statici

Fonte: Zanella [A3]

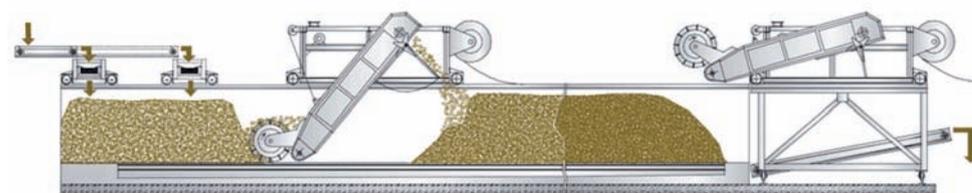


I cumuli rivoltati

Il materiale da sottoporre a digestione viene disposto in cumuli separati da corridoi o trincee lungo i quali opera una macchina operatrice che sottopone i cumuli a movimentazione e rivoltamento. Esistono due categorie di macchine rivoltatrici: macchine operanti per trasferimento e macchine operanti per movimentazione. Le prime (figura A24) agiscono sollevando porzioni di materiale da un versante del cumulo mentre si muovono lungo le trincee e proiettandole sul versante opposto o posteriormente alla direzione di avanzamento. Esse sono costituite da elementi meccanici quali dischi, rotori o coclee montati su carroponete con funzione di sollevamento accoppiate a nastri trasportatori con funzione di trasferimento da un versante all'altro del cumulo.

Figura A24 Sistema a cumuli rivoltati per trasferimento

Fonte: Sutco [A4]



Le macchine operanti per movimentazione (figura A25) sono invece dei trattori che rivoltano il materiale ponendosi di fronte all'intera sezione del cumulo. Esse sono dotate di rotori ed elementi arpionanti.

Le macchine operanti per trasferimento vengono utilizzate per i cumuli a base estesa

ed altezza ridotta disposti in lunghe corsie; le macchine operanti per movimentazione invece vengono utilizzate per cumuli a base ridotta con maggiore estensione in altezza.

Figura A25
Sistema a cumuli rivoltati per movimentazione

Fonti: Zanella [A3], Danieli [A5]



La digestione aerobica a doppio stadio

Nei processi a doppio stadio la digestione aerobica viene realizzata in bioreattori che hanno il compito di accelerare i processi naturali di biodegradazione grazie ad uno stretto controllo delle condizioni di processo (pH, temperatura, nutrienti ecc.), del sistema di aerazione, del sistema di movimentazione e della geometria della massa organica. Ad essa, come precedentemente accennato, segue la fase di maturazione.

Le principali tipologie di bioreattori impiegati in Italia sono:

- a biocella;
- a reattore orizzontale;
- a cilindro.

Il reattore a biocella

Questo reattore è costituito da una serie di moduli ("biocelle"), di norma realizzate in cemento, di volumi variabili da 30 a 60 m³, replicabili in funzione della capacità di trattamento necessaria. I rifiuti vengono alimentati mediante pala gommata o un sistema automatico a nastro o a benna attraverso un'apertura posta su di un lato della camera, che viene chiusa ermeticamente al termine dell'operazione.

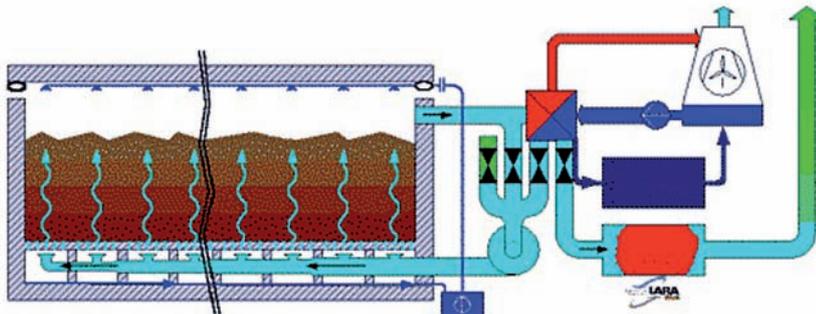
Il materiale è lasciato stazionare per un periodo di 7-15 giorni, senza essere sottoposto a rivoltamenti. Analogamente a quanto accade per il sistema a cumuli, la pavimentazione della cella è perforata per permettere l'insufflazione di aria.

La biocella è inoltre dotata di serbatoio di raccolta e di pompa di ricircolo del percolato, nonché di sistema di estrazione dell'aria esausta e successivo trattamento. A completamento di questa fase il materiale che ha perso la tendenza a produrre percolato e

gran parte della sua putrescibilità, completa il processo di digestione aerobica in aie all'aperto.

Figura A26 Schema di reattore a biocella

Fonte: Ladurner [A6]



A partire da questa configurazione di base, conosciuta sotto il nome di biocella statica, sono state messe a punto altre tipologie di reattori che vengono illustrate brevemente di seguito.

Nel sistema a *biocella dinamica* il materiale in digestione viene movimentato da un sistema automatico di rivoltamento meccanico secondo un opportuno programma temporale.

Il carico e lo scarico del materiale sono effettuati tramite un sistema di trasporto automatico a coclea che consente l'esercizio in continuo. I moduli sono in acciaio anziché in cemento.

Nel sistema a *biocontainers scarrabili* (figura A27) i moduli sono gestiti da un'unità cen-

Figura A27 Biocontainers

Fonte: Entsorga [A7]



tralizzata che regola l'insufflazione di aria, l'asportazione del percolato e il controllo delle emissioni.

Nel sistema a *cumulo statico coperto con telo traspirante*, il materiale viene disposto in forma piramidale su di una platea perforata che consente l'insufflazione dell'aria e coperto da un telo di materiale composito, consistente in due strati di poliestere con semplice funzione meccanica per facilitare le operazioni di adagiamento e rimozione del telo, in mezzo ai quali si trova una lamina di resina composita in PTFE. Il telo è permeabile all'ossigeno dell'aria esterna e permette la fuoriuscita dell'anidride carbonica che si forma, mentre la fitta struttura con micropori oppone una barriera efficace all'emissione di sostanze odorogene. Il ciclo di trattamento è in genere di 15-20 giorni.

Figura A28
Schema di biocella a cumulo con telo traspirante.

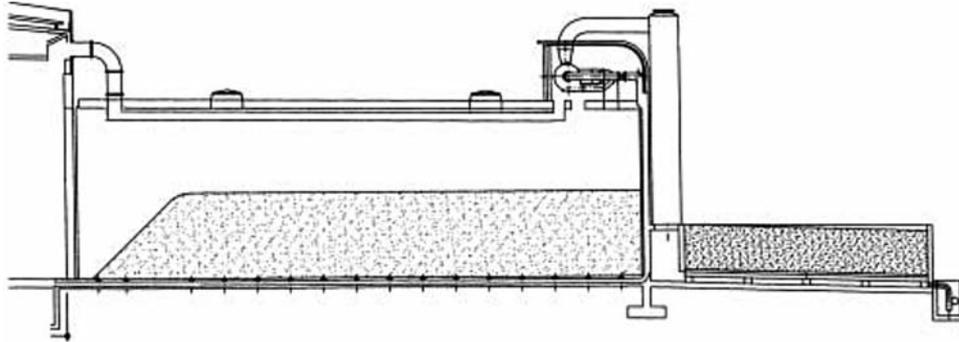
Fonte: CIC [A8]



Il sistema a *biotunnel* (figura A29) è un sistema a biocelle statiche collegate in serie e analogamente ai biocontainers scarrabili è dotato di sistema centralizzato per l'insufflazione dell'aria, la captazione del percolato e il controllo delle emissioni gassose. Il volume di un biotunnel può raggiungere i 400 m³. Un'ulteriore differenza tra biocella e biotunnel risiede nell'alimentazione, che per la prima è effettuata dall'alto, inserendo il materiale fresco mediante pala meccanica o nastri trasportatori, mentre per il secondo si opera il caricamento frontale tramite l'apertura di un portellone collocato anteriormente.

Figura A29 Schema di biotunnel

Fonte: AIMAG [A9]



Il reattore orizzontale

I reattori orizzontali, che con i reattori a biocella sono i più diffusi in Italia, sono riconducibili a due differenti tipologie: il *reattore orizzontale a bacino* e le *trincee dinamiche aerate*. Si tratta di un sistema a cumuli rivoltati con disposizione a corsia singola (reattore a bacino) o multipla (trincee dinamiche aerate) all'interno di una hall dotata di sistema di insufflazione d'aria attraverso il pavimento perforato, di captazione del percolato e di controllo delle emissioni. Le corsie hanno una lunghezza di 30 m circa e larghezza di 3-4 m, delimitate da pareti alte 3-4 m. I tempi di permanenza, di 3-5 settimane, sono funzione della lunghezza delle corsie e della periodicità dei rivoltamenti. I cumuli vengono movimentati con il meccanismo del trasferimento eseguito da una combinazione di nastri trasportatori e elementi di varia geometria (dischi ad asse verticale, coclee) fissati ad un carroponete. La loro peculiarità consiste quindi in una aerazione intensiva data dal duplice effetto del rivoltamento meccanico e dell'aerazione. Il rivoltamento inoltre favorisce la rottura delle zolle, il rilascio di vapore, evitando accumuli di umidità e calore. La corsia è suddivisa in sezioni contenenti il substrato in diversi stadi di maturazione; ciò vuol dire che ad ogni sezione può giungere una quantità di aria diversa da quella che viene immessa nelle altre.

Il reattore a silos

I reattori a silos, utilizzati in Italia fino a qualche anno fa, sono impiegabili per la biostabilizzazione dei fanghi e della FORU, purché i materiali di partenza siano ben strutturati, vale a dire dotati di porosità controllata. Il sistema è costituito da grandi reattori verticali, caricati dall'alto e scaricati dal basso, in genere con estrattori a coclea, in ciclo continuo.

L'aerazione è attuata per mezzo di un sistema di diffusori posti sul fondo del cilindro. L'aria esausta viene convogliata in un filtro per l'abbattimento degli odori.

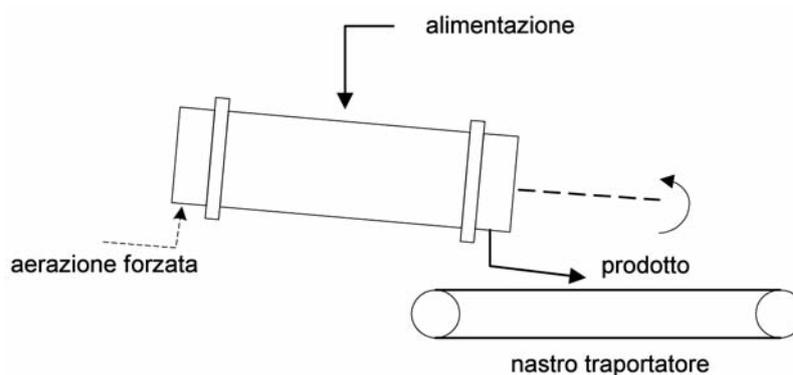
La matrice, una volta estratta dal reattore, viene sottoposta a maturazione in cumulo, oppure in un secondo reattore aerato. I tempi di permanenza sono di circa due settimane. Questo sistema non è quasi più usato in Italia perché i tempi di lavorazione sono piuttosto lunghi, la biomassa tende ad un eccessivo compattamento dando luogo a zone anossiche, mentre la condensazione del vapore sulle pareti del reattore provoca l'accumulo di umidità eccessiva nella matrice.

Il reattore a cilindro

Poco usato in Italia se si eccettuano i casi degli impianti di biostabilizzazione di Castel di Sangro (AQ) e Rosignano Marittimo (LI). Il reattore (figura A30) è costituito da uno o più cilindri disposti in serie o parallelo in lento movimento rotatorio continuo che permette la miscelazione e l'avanzamento del materiale; il carico e lo scarico avvengono alle opposte estremità se si tratta di cilindro singolo o dai comparti centrali se si tratta di sistema modulare, in modo continuo. Il singolo cilindro presenta un diametro di circa 3 m per 35 m di lunghezza con capacità giornaliera di 50 t e tempo di residenza di 1-5 giorni. L'aria è alimentata dalla estremità di scarico della matrice in direzione opposta all'avanzamento del materiale. I cilindri orizzontali risultano essere costosi e poco efficaci, tanto che il processo di stabilizzazione deve essere in gran parte completato successivamente in aia.

Figura A30
Schema di reattore a cilindro

Elaborazione ENEA



La maturazione

La post-fermentazione o maturazione dei cumuli avviene su una superficie compattata all'aperto oppure in un capannone. Se il processo è effettuato al chiuso il sistema è dotato di sistema di aerazione e controllo delle emissioni. Pale gommate o specifiche macchine possono inoltre operare un rivoltamento del materiale. I tempi di maturazione dipendono dal grado di biodegradazione raggiunto dal materiale in uscita dai bioreattori ed è di norma pari a 40-60 giorni.

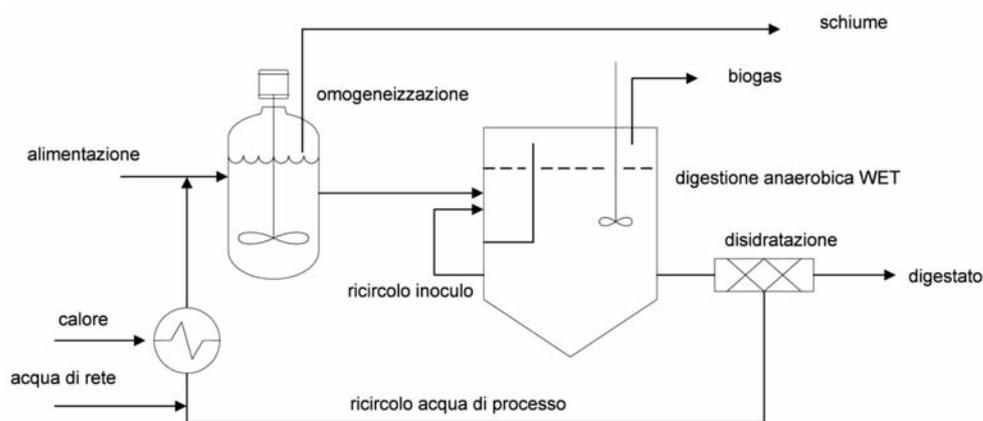
La digestione anaerobica

La digestione anaerobica "wet"

La digestione anaerobica "wet" (figura A31) è stata la prima ad essere applicata ai RUR e alle matrici organiche selezionate (frazione organica, effluenti zootecnici, scarti dell'industria alimentare).

Figura A31
Schema di digestione anaerobica "wet"

Elaborazione ENEA



Il motivo principale di ciò è da ricondurre all'esperienza maturata nel trattamento dei fanghi da trattamento di acque reflue. In questo settore la digestione anaerobica viene realizzata mediante un processo continuo, utilizzando un reattore CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor), in condizioni di diluizione spinta della frazione solida (minore o uguale al 10% in peso). I rifiuti subiscono un pretrattamento meccanico al fine di rimuovere, per quanto possibile, la materia inorganica (inerti e metalli). Vengono quindi dosati, insieme con l'acqua di diluizione in un premiscelatore agitato e introdotti successivamente nel reattore CSTR dove si realizza il processo di digestione. L'acqua di diluizione proveniente dalla rete o in parte riciclata dal reattore viene preriscaldata alle condizioni di temperatura imposte dal processo (regime mesofilo o termofilo). La sospensione in uscita dal reattore subisce una disidratazione con l'eventuale recupero dell'acqua per il ricircolo al reattore mentre il fango disidratato viene di solito avviato ad un processo di digestione aerobica.

I vantaggi principali di questa tecnica sono:

- applicabilità in co-digestione con rifiuti liquidi ad alto contenuto in sostanza organica;
- elevato grado di omogeneità della sospensione in fermentazione;

- semplicità ed economicità dei sistemi di pompaggio e miscelazione.

Sono tuttavia da citare i seguenti svantaggi:

- corto-circuitazione idraulica tra alimentazione, ricircolo e prodotto;
- possibile formazione all'interno del reattore di tre fasi separate (schiume, sospensione in fermentazione, deposito a concentrazione di inerti sul fondo del reattore), che richiedono specifiche soluzioni per la loro gestione e controllo;
- abrasione delle parti meccaniche dovuta alla presenza di inerti;
- necessità di pretrattamenti meccanici complessi, nel corso dei quali è possibile la perdita di sostanza organica volatile utile per la produzione di biogas;
- elevate portate delle correnti in gioco e conseguenti elevati costi di investimento.

Le tecnologie più diffuse in Europa per la digestione "wet" sono: Waasa e Wabio (Finlandia), Bima (Austria), Linde (Germania). Si distinguono in base alle diverse soluzioni adottate per i sistemi di pretrattamento meccanico e di ottimizzazione delle condizioni di mescolamento all'interno del reattore. Tra queste, la tecnologia Linde ha trovato applicazione in Italia nella realizzazione dell'impianto di Camposampiero (PD).

La digestione anaerobica "semidry"

La digestione anaerobica semidry è mutuata dal sistema wet con l'intento di aumentare la concentrazione della sospensione in sostanza organica (fino al 15-20% di solidi sospesi) e incrementare conseguentemente la resa in biogas. È stato messo appunto un reattore CSTR modificato, in grado di garantire le stesse condizioni di omogeneità della sospensione presenti nella digestione anaerobica wet. Rispetto a quest'ultimo, il trattamento semidry presenta i seguenti vantaggi:

- minore rischio di formazione di tre fasi distinte all'interno del reattore (schiume e surrnatante, sospensione omogenea e deposito di solidi sul fondo del reattore);
- minori volumi del reattore, con conseguenti minori costi di investimento;
- minori portate di acqua di diluizione, con conseguenti costi energetici inferiori connessi con il suo pompaggio e riscaldamento;
- minori portate di acque di scarico.

Tuttavia, alcune delle problematiche presenti nei sistemi "wet" (perdita di materiale biodegradabile dovuta ai pretrattamenti meccanici dei RUR o FORU, abrasione delle parti meccaniche per la presenza di inerti, cortocircuitazione della composizione della sospensione in fermentazione ecc.) sembrano non essere state del tutto risolte nei sistemi semidry, tanto che risulta aver avuto a tutt'oggi una scarsa diffusione. L'unico caso applicativo noto in Italia è quello dell'impianto di Ca' del Bue (VR), che ha operato in Italia fino al 2007, basato su di un brevetto sviluppato dall'Università di Venezia in collaborazione con la Snamprogetti.

La digestione anaerobica "dry"

La digestione anaerobica "dry" permette di trattare sospensioni più dense (fino al 30-40% in peso di solidi totali), aumentando di conseguenza la produzione di biogas, rispetto alle digestioni di tipo wet e semidry. L'aumento della densità e della viscosità

delle correnti di materia in gioco da una parte consente l'impiego di reattori "plug flow" più compatti, anche se caratterizzati da consumi energetici superiori.

Per quanto riguarda i pretrattamenti da applicare all'alimentazione, si rileva che il reattore plug flow presenta caratteri di robustezza tali da renderne sufficiente una vagliatura a 40 mm. Il punto debole della tecnica dry risiede, come già accennato (v. punto 3.3) nel minore grado di omogeneità raggiungibile dalla sospensione rispetto al reattore CSTR.

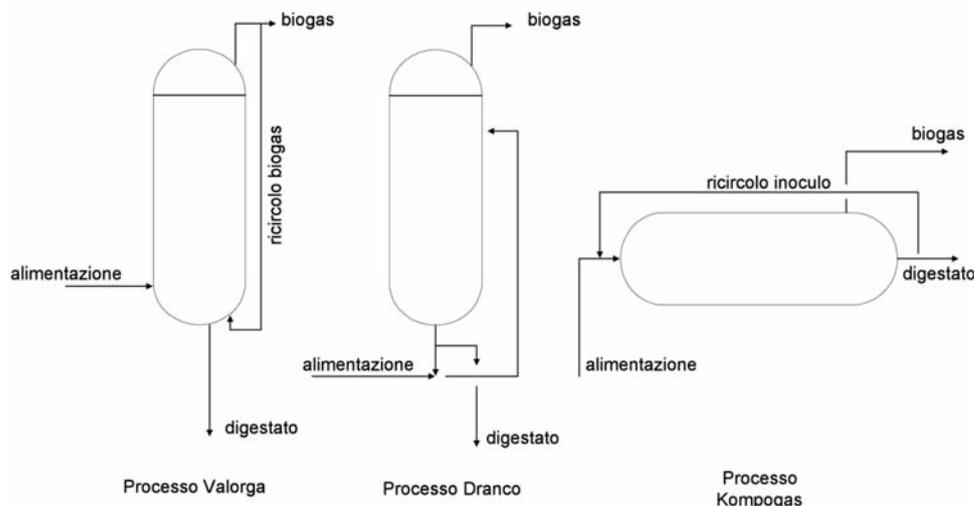
Le tecnologie di più larga diffusione in Europa sono quelle messe a punto da Dranco, Kompogas e Valorga, che si distinguono essenzialmente per le differenti configurazioni adottate per il reattore, finalizzate all'ottimizzazione delle condizioni di mescolamento. Nel processo Dranco, sviluppato in Belgio, si ricorre al ricircolo di parte della sospensione reagita, dopo mescolamento con l'alimentazione fresca in parti opportune. Nel processo Kompogas, sviluppato in Svizzera, il reattore è ad asse orizzontale e opera in regime termofilo; il mescolamento viene ottenuto mediante inserimento di elementi rotativi a disco all'interno del reattore.

Infine, il processo Valorga, nato da un brevetto francese, attua il mescolamento mediante il ricircolo del biogas; con questa tecnologia è stato realizzato in Italia l'impianto di Bassano del Grappa (VI).

Figura A32

Schema di principio delle alternative di digestione anaerobica "dry"

Elaborazione ENEA



A2.2 Il trattamento degli effluenti gassosi

Le più significative sostanze odorigene presenti nelle emissioni (arie esauste) dagli impianti di trattamento meccanico-biologico di rifiuti sono costituite da composti orga-

nici e inorganici dello zolfo, ammoniaca e ammine, acidi grassi volatili, composti aromatici, terpeni, acetone, fenoli e toluene, che si generano nel corso della digestione aerobica della frazione organica.

Le tecniche in uso per la deodorizzazione delle arie esauste negli impianti di TMB e di compostaggio sono:

- la depurazione biologica tramite biofiltri;
- il lavaggio con acqua o soluzioni acquose;
- l'ossidazione termica rigenerativa.

Altre fonti di emissione riguardano le polveri che originano durante la lavorazione e la movimentazione delle varie correnti a valle delle operazioni di triturazione/macinazione, soprattutto nel corso della separazione aeraulica/densimetrica. Per la loro rimozione vengono impiegati cicloni, filtri a maniche e torri di lavaggio, spesso operanti in serie.

La depolverazione

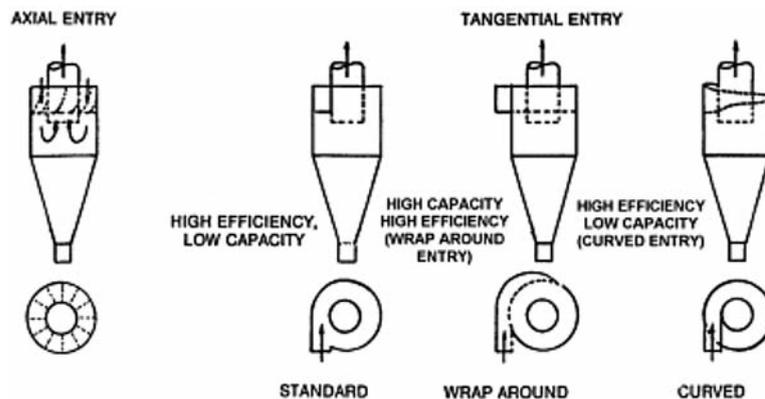
Il ciclone

I cicloni (figura A33), sono utilizzati per intercettare le polveri a granulometria più grossolana (>PM10), esplicando inoltre una funzione di protezione delle apparecchiature dal rischio di abrasione e occlusione. Il meccanismo di rimozione sfrutta le forze centrifughe di un doppio vortice creato all'interno del corpo del ciclone, costituito da una camera conica. Le particelle con diametro superiore a 10 micron impattano le pareti del ciclone e sono raccolte in una tramoggia sul fondo, mentre quelle più fini lasciano il ciclone insieme alla corrente gassosa. Essi costituiscono un efficiente mezzo di abbattimento delle polveri grossolane; al fine di aumentare l'efficienza dell'operazione, è possibile disporre più cicloni in serie così da formare il multiciclone.

I cicloni ad umido operano mediante iniezione di acqua nella corrente gassosa di scarico, in modo da aumentare il peso delle particelle di polvere per facilitarne la rimozione.

Figura A33
Schemi di princpio di alcune tipologie di cicloni

Fonte: BREF [A10]



Il filtro a maniche

I filtri a maniche costituiscono uno dei sistemi più efficaci di rimozione delle polveri aventi dimensioni inferiori o uguali a PM_{2,5}. In questa apparecchiatura (figura A34), la corrente di effluente gassoso viene fatta passare attraverso un tessuto o feltro poroso sul quale si depositano le polveri mediante un meccanismo di setacciatura. Questi filtri possono presentarsi in forma di fogli, cartucce o maniche (il tipo più comune) disposti modularmente in un unico alloggiamento.

Lo strato di polveri che si forma sulla superficie di tessuto contribuisce ad aumentare significativamente l'efficienza di rimozione. Le condizioni operative sono un importante parametro per la scelta del tessuto.

E' necessario che la superficie del tessuto esposta all'attraversamento della corrente gassosa sia sufficientemente estesa in modo da evitare lungo di essa perdite di carico eccessive che determinerebbero rotture del sostegno e di conseguenza emissioni indesiderate.

Le dimensioni di un'unità di filtrazione sono determinate dalla scelta del rapporto tra portata volumetrica dell'aria e area del tessuto. La selezione di tale rapporto dipende dal carico in ingresso e dal metodo di rigenerazione dei filtri. Un carico particolarmente elevato richiede l'adozione di dimensioni maggiori per la singola unità al fine di evitare la formazione di una torta di polvere troppo pesante che provocherebbe una perdita di carico eccessiva. L'intensità e la frequenza di rigenerazione costituiscono parametri importanti per la determinazione dell'efficienza di rimozione. Se la rigenerazione è condotta in modo troppo intenso e/o frequente, lo strato di polvere può essere rimosso completamente, pregiudicando l'efficienza di filtrazione. Se la rigenerazione viene condotta con intensità troppo debole e frequenza troppo bassa, le perdite di carico diventano troppo elevate.

I comuni metodi di pulizia dei filtri sono:

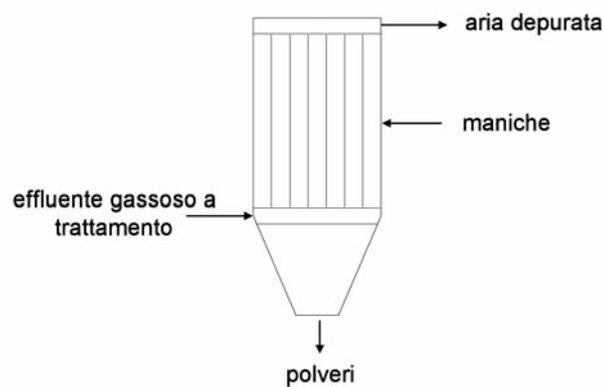
- **a flusso d'aria in controcorrente:** in condizioni di normale funzionamento le maniche sono aperte sul fondo e chiuse alla sommità e la polvere si deposita sul loro lato interno o esterno. Per la pulizia, la manica viene posta fuori linea e sottoposta ad una corrente d'aria forzata nella direzione opposta a quella normale di esercizio in modo da far ricadere la polvere catturata nelle tramogge di raccolta poste al di sotto, per un periodo inferiore a 5 minuti. Il sistema può essere accoppiato allo scuotimento per azione meccanica o ultrasuoni in funzione del grado di adesione della polvere al tessuto;
- **a pulsazione:** metodo relativamente recente che permette di esercire il filtro a maniche sotto carichi di polvere maggiori, ad una perdita di carico costante e con ingombri minori. La polvere si raccoglie sul lato esterno delle maniche che sono chiuse sul fondo e aperte alla sommità; la corrente gassosa viene insufflata mediante diffusori che dispongono di un controllo sulle particelle maggiori affinché non danneggino il tessuto. L'azione di pulizia vera e propria consiste in un getto d'aria compressa (0,4-0,8 MPa) inviato all'interno delle maniche per brevi intervalli (0,03 - 0,1 sec). Questo sistema presenta il vantaggio che non occorre interrompere l'esercizio per effettuare le operazioni di pulizia;
- **ad ultrasuoni:** gli ultrasuoni vengono accoppiati ai sistemi in controcorrente d'aria e

a scuotimento per migliorarne l'efficienza, essendo in grado di ridurre le perdite di carico attraverso il filtro del 20-60% nonché l'usura delle maniche sottoposte ad azione meccanica.

Gli elementi filtranti possono essere soggetti ad intasamento se vengono attraversati da una corrente gassosa avente una temperatura inferiore a quella di rugiada; tali condizioni possono anche dare luogo alla corrosione delle componenti metalliche del filtro. Per tale motivo è importante che tali apparecchiature siano isolate termicamente e dotate di un sistema di riscaldamento.

Figura A34
Schema di filtro a maniche

Elaborazione ENEA

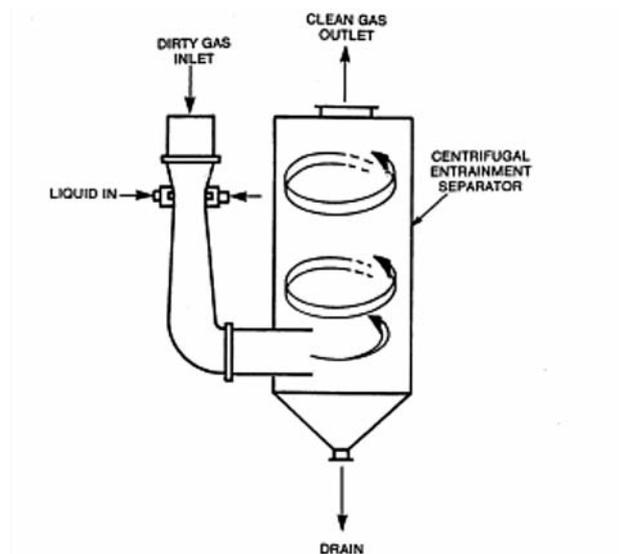


Il depolveratore Venturi

La rimozione delle polveri mediante lavaggio (figura A35) è ottenuto disperdendo una fase liquida (acqua) nella corrente gassosa, tramite il contatto realizzato in un'apparecchiatura di tipo Venturi.

Figura A35 **Sistema di depolverazione ad umido di tipo Venturi**

Fonte: BREF [A10]



La rimozione dei gas acidi

L'apparecchiatura di lavaggio ad umido (scrubber) consente la rimozione dei gas acidi dall'effluente gassoso proveniente dai processi di biodegradazione, mediante un meccanismo di assorbimento chimico-fisico.

Le più importanti applicazioni riguardano la rimozione di inquinanti gassosi come:

- alogenuri di idrogeno;
- anidride solforosa;
- ammoniaca;
- idrogeno solforato;
- composti organici volatili.

In funzione della natura degli inquinanti da rimuovere, possono essere utilizzati i seguenti solventi:

- acqua, per una blanda rimozione di acido cloridrico e ammoniaca;
- soluzioni alcaline per la rimozione di acido cloridrico, anidride solforosa, fenoli e cloro;
- soluzioni alcaline ossidanti (ipoclorito di sodio, biossido di cloro, ozono o acqua ossigenata);

- soluzioni di solfito acido di sodio (NaHS) per rimuovere alcune sostanze organiche odorigene a base di aldeidi;
- soluzioni di Na_2S_4 per la rimozione di mercurio;
- soluzioni acide per la rimozione dell'ammoniaca e delle ammine;
- soluzioni di monoetanolammina e dietanolammina per l'assorbimento e il recupero dell'acido solfidrico.

Il lavaggio viene realizzato in colonne a nebulizzazione, preferite a quelle a riempimento in quanto comportano minori perdite di carico per i gas e non presentano rischi di malfunzionamento per intasamento. Sono costituite da camere di forma cilindrica o parallelepipeda nelle quali sono disposti nella parte superiore i distributori del liquido di lavaggio (acqua o soluzione acquosa a pH neutro o debolmente acido, ecc.). La corrente gassosa attraversa la colonna con moto ascensionale e, venendo a contatto con il liquido nebulizzato, cede a quest'ultimo gli inquinanti, in quantità tanto maggiore quanto maggiori sono i tempi e le superfici di contatto.

La rimozione dei composti organici volatili e degli odori

Il biofiltro

Il sistema a biofiltri, (figura A36), è costituito da un letto di materiale organico (torba, erica, compost ecc.) oppure inerte (argilla, carbone, poliuretano ecc.) sul quale viene insediata una opportuna popolazione microbica. Negli impianti di compostaggio e di trattamento meccanico biologico, se la fase di digestione aerobica è condotta all'interno di aree chiuse in atmosfera controllata, i gas sviluppati nel corso dei processi di biodegradazione vengono aspirati mediante un sistema di ventilatori e soffianti e inviati al biofiltro; i microrganismi in esso presenti ossidano le sostanze organiche e odorigene presenti, dando luogo ad anidride carbonica e acqua.

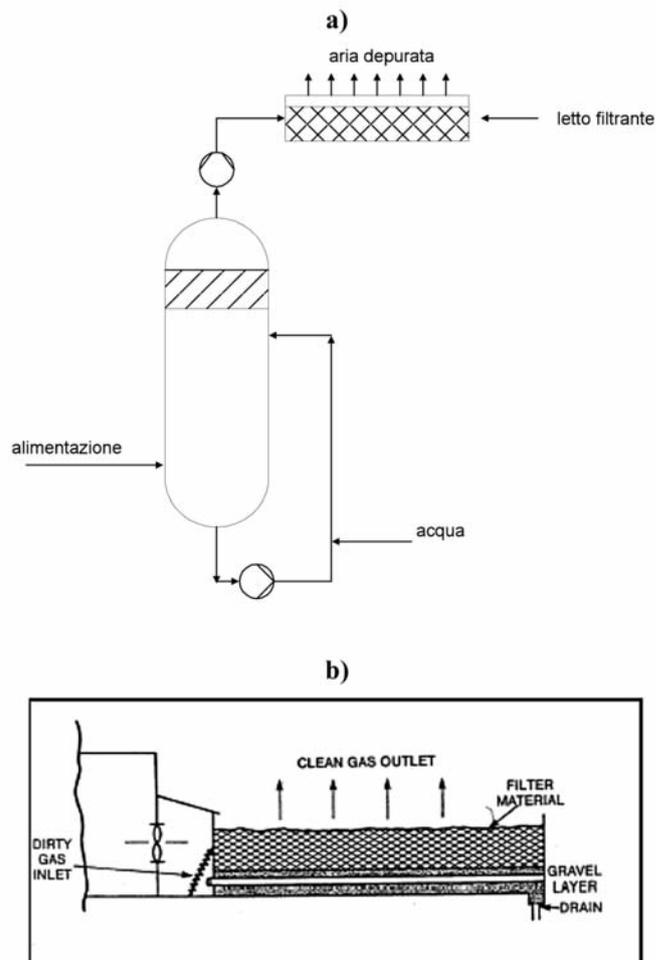
Il sistema a biofiltri può essere disponibile in due configurazioni: aperto o chiuso.

Il biofiltro aperto consiste di uno strato di materiale poroso filtrante percorso da una rete di tubi dai quali per azione di una soffiante fuoriesce l'aria contaminata da trattare. I biofiltri aperti sono impiegati per il trattamento di piccole portate gassose. In alternativa si possono impiegare i biofiltri aperti multistrato, costituiti da più strati sovrapposti, in modo da aumentare la superficie filtrante, consentendo quindi il trattamento di portate maggiori.

Nei biofiltri chiusi un ventilatore spinge la corrente gassosa contaminata uniformemente attraverso lo strato filtrante. La direzione del flusso gassoso può essere orientata dal basso verso l'alto o viceversa. Rispetto ai sistemi aperti sono più efficienti, selettivi, ma più costosi. Nei biofiltri è possibile variare il numero degli strati di materiale di riempimento per aumentare il carico specifico del letto in funzione della portata gassosa da trattare. Inoltre, per garantire l'attività dei microrganismi, occorre controllare la temperatura e l'umidità del letto filtrante. Gli altri parametri operativi da tenere sotto controllo sono le perdite di carico attraverso il letto, il pH e la concentrazione degli inquinanti nell'effluente

Figura A36
Schema di funzionamento di un biofiltro (a); particolare (b)

(a) Elaborazione ENEA; (b) BREF [A10]



Essendo costituiti da materiale organico i biofiltri sono soggetti a un progressivo esaurimento con perdite di peso che possono raggiungere valori del 10–20% nell’arco di un anno di funzionamento. Il tempo di residenza necessario a completare i processi di biodegradazione dipende dalla concentrazione dell’inquinante.

Il bioscrubber

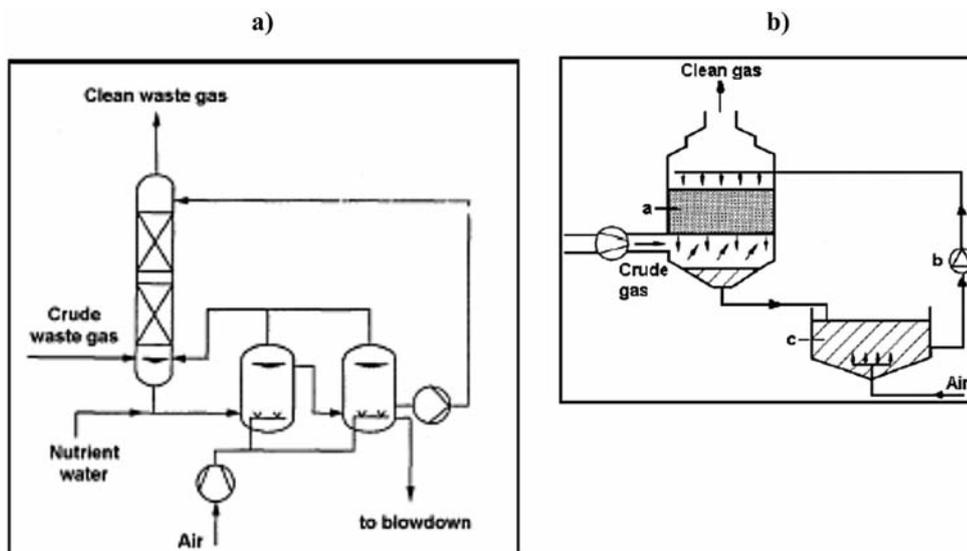
Il biolavaggio o “bioscrubbing” (figura A37), consiste nella combinazione di due processi: il lavaggio di gas per assorbimento e la biodegradazione. L’acqua di lavaggio contiene in sospensione una popolazione microbica in grado di ossidare le sostanze nocive contenute nella corrente gassosa.

Le condizioni necessarie per l'impiego di sistemi di lavaggio biologico sono dunque che:

- la corrente gassosa sia solubile in acqua;
- i costituenti da rimuovere siano biodegradabili in condizioni aerobiche.

Figura A37
Schema di funzionamento di uno bioscrubber (a); particolare (b)

Fonte: BREF [A10]



Il bioreattore si basa su di un sistema a fanghi attivi, riciclati all'interno dell'apparecchiatura. Gli inquinanti assorbiti vengono degradati in vasche areate contenenti i fanghi. Il sistema funziona a pieno regime solo dopo alcune settimane di adattamento in funzione della composizione della corrente gassosa da trattare. Per i contaminanti solforati (mercaptani, idrogeno solforato, dimetilsolfuro ecc.) o clorati (metani o etani clorati) è particolarmente applicata l'inoculazione di culture preparate in fermentatori. Uno degli aspetti più delicati del processo riguarda il controllo della concentrazione salina, i cui valori eccessivi possono interferire con la velocità di biodegradazione; l'aumento dei valori di salinità si accompagna generalmente a fenomeni evaporativi o ad errori nel dosaggio di agenti nutrienti.

Misure atte a prevenire un'eccessiva formazione di sali possono essere:

- adeguata rimozione di adsorbente e simultaneo ripristino di acqua;
- impiego di acqua addolcita;
- saturazione di vapore della corrente gassosa a monte.

E' necessaria la correzione del pH in presenza di composti acidificanti contenenti zolfo, cloro e/o azoto che possono dare luogo alla formazione di acido solforico, cloridrico e nitrico.

L'ossidazione termica rigenerativa

Si tratta di una tecnica (figura A38) messa a punto in Germania e applicata in Italia nell'impianto di Fusina (VE).

Consente di ottenere livelli molto elevati di rimozione degli inquinanti organici, cui fanno riscontro costi di investimento ed esercizio piuttosto elevati.

La corrente gassosa proveniente dal processo di biostabilizzazione biologica viene convogliata in una camera di post-combustione, dove viene convertita in misura quantitativa in anidride carbonica e acqua tramite ossidazione completa.

A monte e a valle della camera la corrente gassosa attraversa degli scambiatori aria-aria di tipo ceramico che, tramite opportuni cicli, sono in grado di trasferire alla corrente inquinata una quantità di energia pari ad oltre il 95% di quella necessaria per il suo completo trattamento.

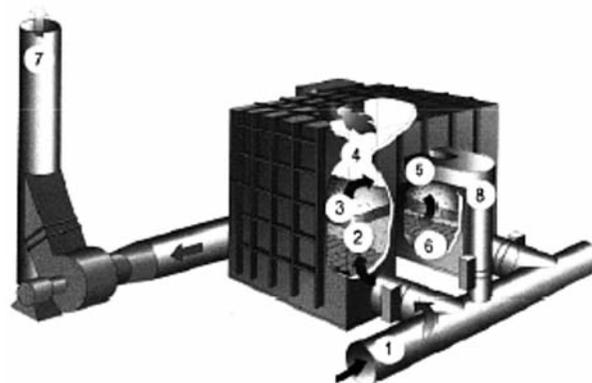
Il trattamento in questione, denominato "LARA" (Luft-Aufbereitungs und Reinigungs-Anlage, impianto di depurazione e trattamento aria), consente di contenere i consumi di combustibili di supporto a valori dell'ordine del 2%.

Le condizioni operative della camera di combustione sono in linea con la normativa che regola le operazioni di incenerimento dei rifiuti, essendo in grado di garantire un tempo di residenza minimo di 2 secondi ad una temperatura di almeno 850 °C (cui segue un rapido raffreddamento, di durata inferiore a 1 sec, dell'aria depurata a temperature di poco superiori a quella ambiente), nonché il rispetto dei limiti di emissione del carbonio organico totale (TOC) pari a 10 mg/Nm³.

Figura A38

Schema di funzionamento dell'ossidazione termica rigenerativa

Fonte: BREF [A10]



Legenda: 1= ingresso effluente gassoso esausto; 2 = letto di materiale ceramico; 3 = strato di catalizzatore; 4 = camera di combustione; 5 = strato di catalizzatore in uscita; 6 = camera rigenerativa; 7 = camino; 8 = condotto di transizione

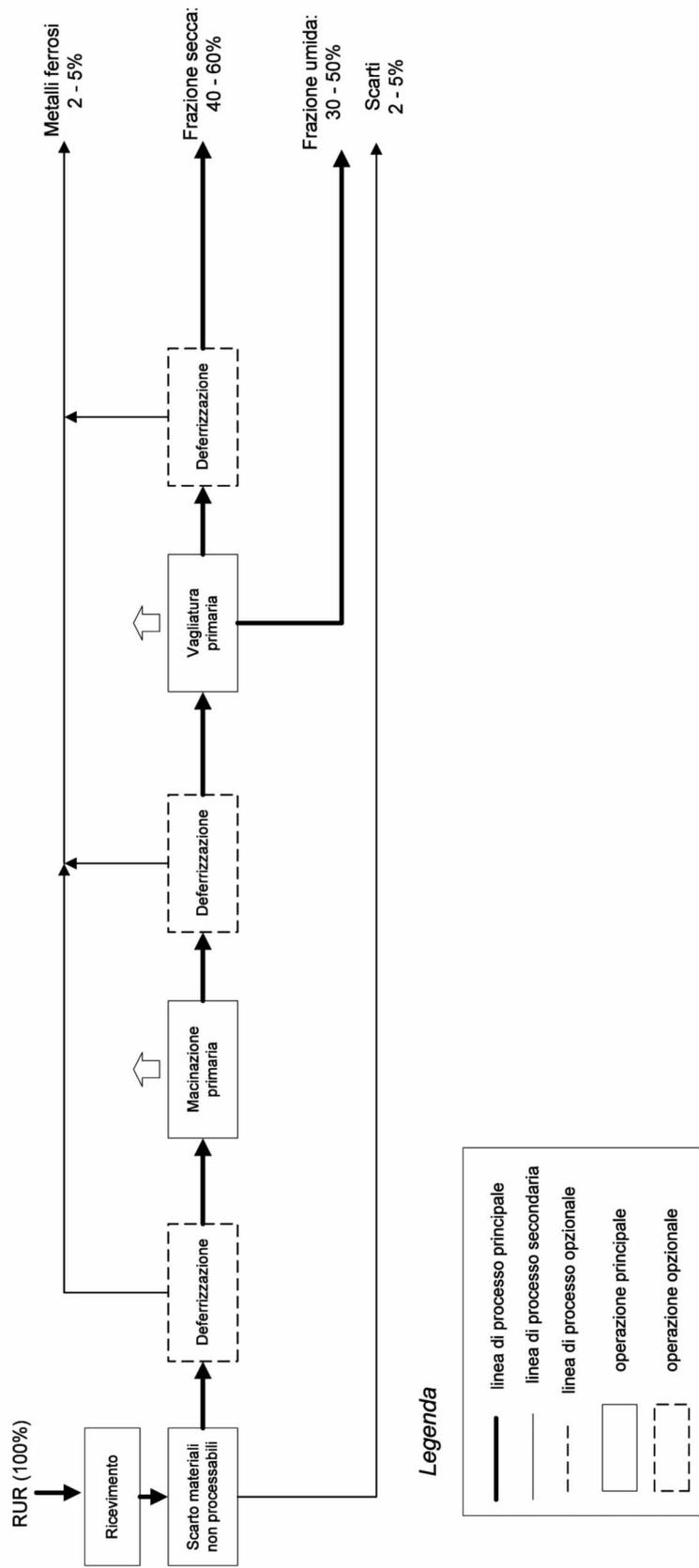
A2.3 Gli aspetti impiantistici

La separazione secco-umido.

Il trattamento di vagliatura dei rifiuti urbani residui (RUR) il cui schema è riportato nella figura A39, utilizza un vaglio dimensionale a tamburo per ottenere due correnti: la frazione secca o "sovvallo" e quella umida o "sottovaglio". La frazione umida è destinata ad impianti che dispongono del trattamento biologico di digestione aerobica e/o anaerobica, mentre la frazione secca può essere inviata alla produzione di CDR, inviata direttamente a recupero energetico oppure destinata allo smaltimento in discarica.

Figura A39
Schema di principio di una linea di produzione secco - umido

Elaborazione ENEA



La biostabilizzazione

Il trattamento di biostabilizzazione, illustrato in figura A40, adotta la configurazione a flusso separato.

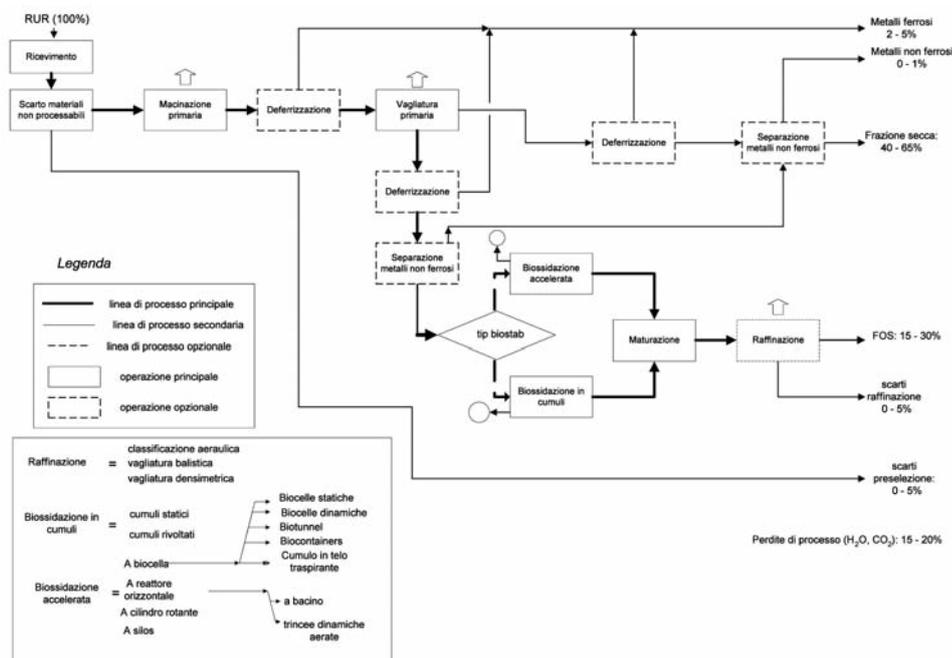
Tramite la vagliatura primaria si ottengono:

- una frazione umida (sottovaglio) che viene sottoposta a digestione aerobica per l'ottenimento della frazione organica stabilizzata (FOS);
- una frazione secca, dalla quale è ancora possibile eventualmente recuperare i metalli ferrosi e non ferrosi, prima di essere destinata a discarica, a recupero energetico o alla produzione di CDR.

Il trattamento biologico di digestione aerobica può essere realizzato in cumuli o in reattore chiuso; può essere anche prevista una fase di raffinazione finale per incrementare la qualità dall'organico stabilizzato prodotto.

Figura A40
Schema di principio di una linea di biostabilizzazione

Elaborazione ENEA



La produzione di CDR

Lo schema riportato nella figura A41 si riferisce alla produzione di CDR secondo il trattamento "a flusso separato".

La separazione in due flussi ha luogo in corrispondenza della vagliatura primaria, a valle della quale il sovravaglio viene sottoposto ad ulteriori operazioni di selezione per

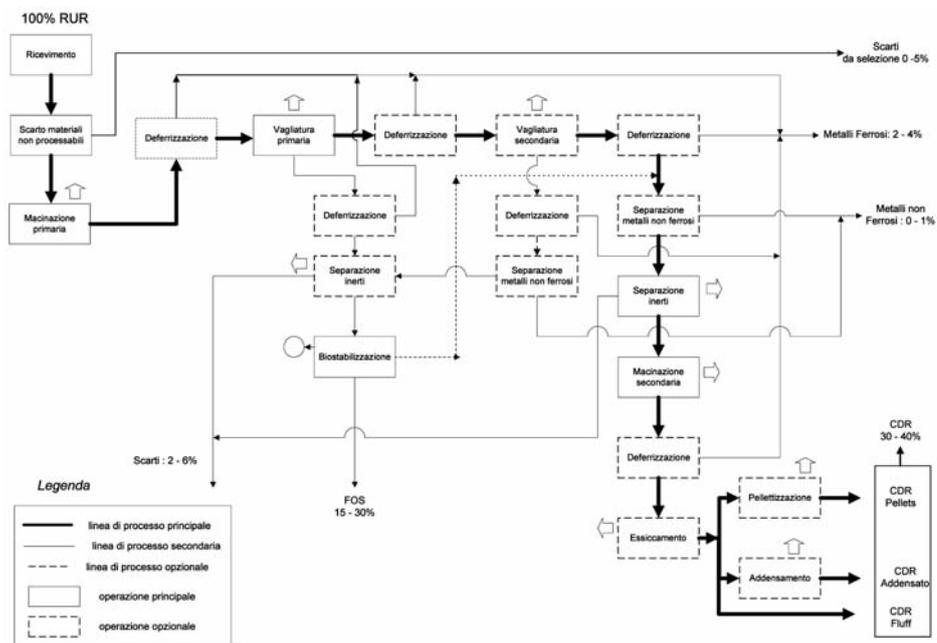
l'ottenimento del CDR. In funzione della qualità dei rifiuti all'ingresso e dell'efficacia delle operazioni di pretrattamento a monte della vagliatura primaria, possono essere previsti più stadi di rimozione di metalli e inerti.

Le operazioni di raffinazione sulla frazione secca che portano alla produzione del CDR devono essere molto accurate, allo scopo di soddisfare i requisiti di legge. Di solito comprendono una vagliatura secondaria di tipo dimensionale (a tamburo, a vibrovaglio o a letto di stelle) cui segue una di tipo densimetrico da realizzarsi con classificatore aeraulico o vaglio balistico. La separazione magnetica e a correnti indotte possono essere presenti in più punti della linea di trattamento del secco. E' richiesta infine una macinazione secondaria, eventualmente l'essiccamento e il confezionamento finale (addensamento, pellettizzazione, bricchettatura).

Le apparecchiature di trattamento sono del tutto analoghe a quelle descritte ai punti A1.1 e A2.1.

Figura A41
Schema di principio di una linea di produzione di CDR

Elaborazione ENEA



La bioessiccazione

Lo schema di figura A42 si riferisce al trattamento dei RUR tramite bioessiccazione che adotta la configurazione a flusso unico.

Dopo una prima fase di pretrattamento articolata nelle operazioni di rimozione ingombranti, deferrizzazione e triturazione, i rifiuti sono sottoposti al processo di bioessiccazione, alla quale può fare seguito uno stadio di raffinazione, nel caso di produzione di CDR.

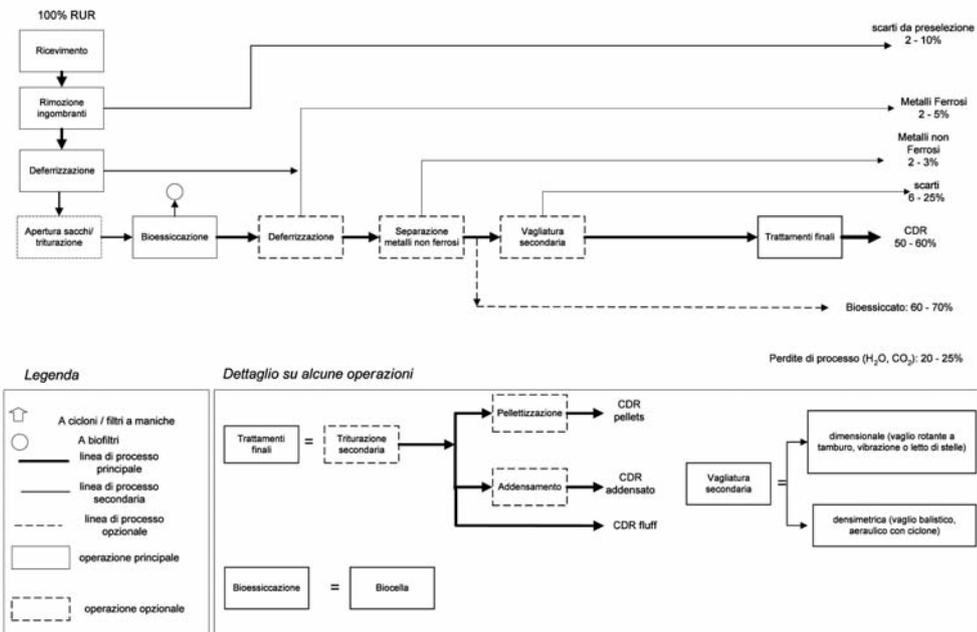
In alternativa alla produzione di CDR il bioessiccato può essere destinato a:

- recupero energetico come frazione secca;
- smaltimento in discarica in condizioni di umidità e attività batterica controllata.

Dall'esame della figura A42 si può rilevare che la resa in CDR è superiore a quella conseguibile con lo schema a flusso separato (v. figura A41), poiché in questo caso anche la frazione organica rimane "inglobata" nel prodotto finale, senza dare origine alla FOS.

Figura A42
Schema di principio di una linea di trattamento di bioessiccazione

Elaborazione ENEA



La produzione di compost

Il trattamento di compostaggio (figura A43) consiste in un processo di biossificazione, applicato a flussi di rifiuti di norma costituiti da:

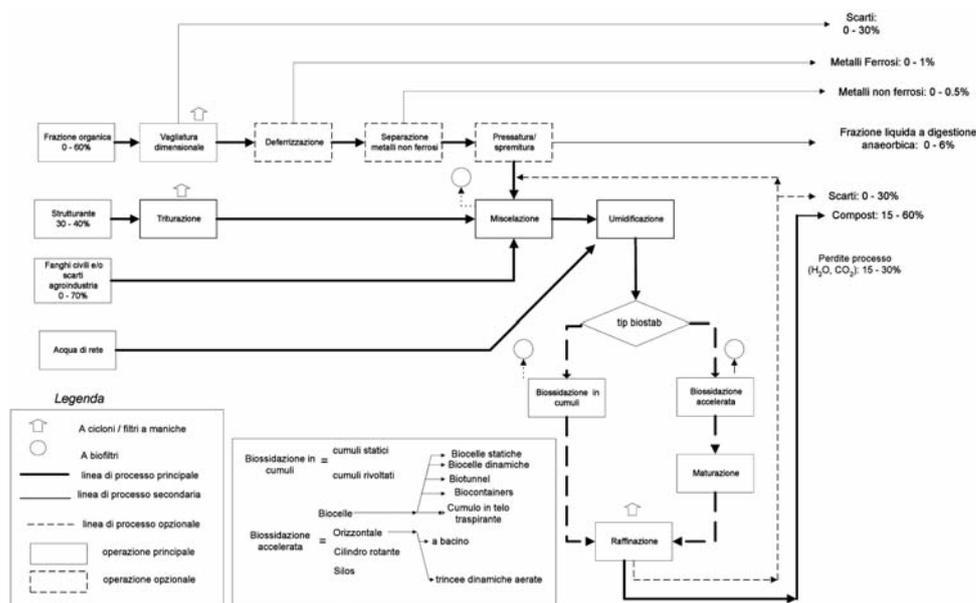
- FORU da raccolta differenziata;
- scarti alimentari;
- fanghi civili;
- reflui zootecnici.

A queste frazioni viene spesso aggiunto lo "strutturante", costituito da verde o ramaglie in opportuna pezzatura. Possono essere previsti dei pretrattamenti, finalizzati a rimuovere le frazioni indesiderate e favorire la miscelazione, quali la triturazione e la vagliatura dimensionale. Se necessario l'umidità della massa da trattare può subire una "correzione" tramite il dosaggio di acqua.

Il processo di digestione aerobica vero e proprio può avvenire in cumuli o in reattori chiusi, cui segue uno stadio di maturazione e successiva raffinazione del prodotto. Lo strutturante separato nello stadio di raffinazione viene riciclato in testa al trattamento. E' da rilevare che le rese in produzione di compost risultano variabili in uno spettro abbastanza ampio, in funzione dei tempi di maturazione e della qualità dei rifiuti in ingresso.

Figura A43
Schema di principio di una linea di produzione di compost

Elaborazione ENEA



La digestione anaerobica

Nella figura A44 è riportato uno schema di principio di un trattamento integrato di digestione anaerobica/aerobica.

Il primo stadio può essere applicato a diverse tipologie di rifiuti (RUR, FORU, fanghi civili, effluenti zootecnici, verde ecc.) da sole o in combinazione.

La frazione verde partecipa solo alla fase aerobica, come strutturante.

Dalla digestione anaerobica si ottiene come prodotto principale il biogas, la cui resa dipende dal grado di diluizione del substrato (la sostanza organica che reagisce nel reattore biologico) e come sottoprodotto il "digestato" che, sottoposto a digestione aerobica, può dare luogo alla produzione di un ammendante.

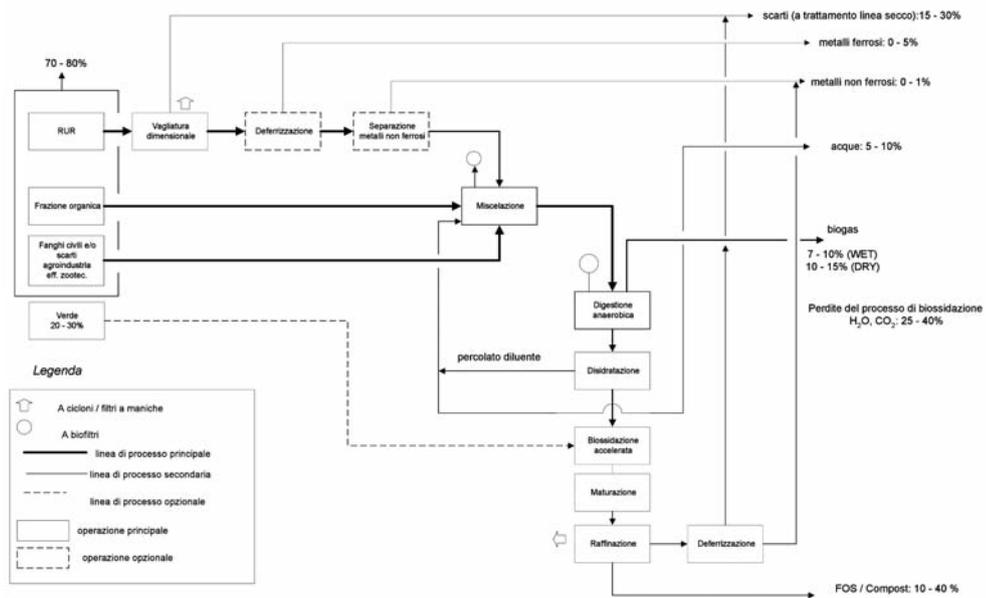
Questa tipologia di trattamento può essere anche presente in alcuni impianti in parallelo ad una linea di trattamento del "secco", ottenuto da vagliatura dei rifiuti in ingresso, destinabile anche alla produzione di CDR.

I bilanci di materia indicativi riportati (espressi in percentuali) sono stati ricavati assu-

mendo una produzione specifica di biogas pari a 40-60 Nm³/t di sostanza solida in ingresso nel caso di reattore "wet" e di 80-150 Nm³/t per il reattore di tipo "dry".

Figura A44
Schema di principio di un impianto di digestione anaerobica

Elaborazione ENEA



A3 I TRATTAMENTI TERMICI

A3.1 Le apparecchiature di trattamento

La combustione

La scelta della tecnologia di recupero energetico tramite combustione va fatta principalmente in funzione della tipologia del rifiuto da trattare ed in particolare in base al suo contenuto energetico (PCI) ed alle sue caratteristiche chimico-fisiche (densità, pezzatura, contenuto di umidità, di inerti e di frazione volatile ecc.).

In tema di combustione di rifiuti urbani le principali tecnologie impiegabili sono:

- i forni a griglia;
- i forni a tamburo rotante;
- i combustori a letto fluido.

Esistono inoltre altre tecnologie meno diffuse, sviluppate per impieghi specifici (forni statici per liquidi e gas, forni a piani multipli, inceneritori a raggi infrarossi, ecc.); di tali tecnologie non si tratterà in questa sede essendo l'analisi rivolta principalmente all'esame delle varie forme di recupero energetico di rifiuti urbani e assimilabili per i quali esse non trovano pratica applicazione su scala industriale

I forni a griglia

I forni a griglia costituiscono la tecnologia più consolidata e, come tale, di più largo impiego nella combustione di rifiuti, in particolare di quelli urbani, grazie alla flessibilità che ne caratterizza il funzionamento ed all'affidabilità derivante dalle numerosissime applicazioni.

La loro caratteristica consiste appunto in una griglia (fissa o mobile) su cui viene formato un letto di rifiuti dello spessore di alcune decine di centimetri. I forni a griglia fissa presentano una potenzialità piuttosto ridotta, mediamente pari a qualche tonnellata/giorno. I forni a griglia mobile, invece, sono composti da una camera, alla cui base si trova una suola di combustione costituita da una griglia, di norma inclinata e formata da una serie di gradini mobili.

Il rifiuto (figura A45) vengono immessi mediante una tramoggia nella parte più alta della griglia, dalla quale uno spintore li spinge verso i gradini inferiori. Lungo lo sviluppo longitudinale della griglia i rifiuti subiscono dapprima un processo d'essiccaamento che avviene nella zona prossima all'alimentazione: le sostanze volatili che si liberano sono in gran parte costituite dall'umidità evaporata ed il rilascio di calore risulta modesto. Successivamente, sulla parte centrale della griglia il materiale essiccato, tramite fenomeni di gassificazione e combustione della componente organica, viene convertito in una frazione gassosa ed in un residuo solido. L'aria di combustione viene iniettata sia sotto la griglia (aria primaria, grossomodo nella quantità stechiometrica necessaria per la combustione) sia nella parte alta della camera di combustione (aria secondaria, corrispondente in prima approssimazione all'eccesso d'aria necessario per la combustione); quest'ultima viene utilizzata anche per il controllo della temperatura. Questo tipo di apparecchiatura è stata concepito per la combustione di RUR e, pur essendo adattabile alla combustione di frazioni combustibili derivate (frazione secca,

CDR), presenta dei limiti a tale impiego, legati principalmente all'innalzamento del potere calorifico ed al ridotto contenuto di inerti che rendono problematico il funzionamento della griglia, a meno di non adottare accorgimenti tecnici piuttosto sofisticati. Il tempo di permanenza del rifiuto sulla griglia deve essere ovviamente tale da garantire il completamento delle diverse fasi del processo di combustione ed è in genere compreso tra 30 e 60 minuti. Le scorie residue del processo vengono scaricate dalla parte finale della griglia con opportuni sistemi in vasche di accumulo a bagno d'acqua, che provvedono anche al loro raffreddamento.

Per garantire maggior flessibilità al processo, in corrispondenza delle inevitabili variazioni qualitative dell'alimentazione, l'avanzamento del rifiuto e anche regolabile in modo indipendente per ogni zona della griglia (tramite il controllo della velocità di movimento degli elementi mobili).

Il parametro di maggior interesse per la valutazione delle prestazioni complessive della griglia è costituito dal carico termico superficiale, che deve essere idoneo ad assicurare un'elevata efficienza di combustione con tempi di residenza ragionevoli. Esso rappresenta, in pratica, la quantità di calore sviluppata dalla combustione dei rifiuti per unità di tempo che l'unità di superficie della griglia è in grado di sopportare: i valori medi di più comune adozione pratica si collocano nell'intervallo 350-1.000 kW/m².

Il completamento dell'ossidazione dei prodotti di pirolisi e gassificazione presenti nella fase gassosa proveniente dal letto di materiale posto sulla griglia avviene nella zona immediatamente superiore alla griglia stessa, che costituisce la camera di post-combustione. Essa deve fornire un buon mescolamento tra i gas provenienti dal letto e l'aria secondaria, assicurando quindi contemporaneamente adeguate condizioni di turbolenza e di disponibilità di ossigeno.

Anche i tempi di residenza dei gas debbono essere idonei: in generale si adottano valori compresi tra 2 e 5 secondi. Il volume totale della camera è in genere tale da assicurare carichi termici volumetrici di combustione compresi di norma, tra 70 e 300 kW/m³.

Per quanto concerne gli sviluppi di tale tecnologia, essi riguardano principalmente le modifiche impiantistiche necessarie per adeguare il funzionamento della griglia e contenere i fenomeni di usura legati ad eventuali surriscaldamenti derivanti da combustibili con modesto contenuto di ceneri (inferiore al 15-20%) e con PCI piuttosto elevati (14,5-18 MJ/kg), come nel caso dei CDR.

Le modifiche di più recente introduzione prevedono:

- la diminuzione dell'inclinazione della griglia correlata alla maggiore facilità di combustione dei rifiuti che quindi richiedono una minore movimentazione, sino all'adozione, in alcuni casi, di griglie completamente orizzontali;
- l'adozione di idonee configurazioni della griglia, al fine di limitare il trascinamento di polveri (minori salti);
- il miglioramento della distribuzione dell'aria primaria sotto griglia, ai fini sia del conseguimento di condizioni ottimali di combustione, sia della riduzione del trascinamento di polveri;
- la verifica della lunghezza della griglia, in relazione alla più elevata combustibilità dei rifiuti, onde evitare zone non completamente coperte dal letto di materiale e quindi soggette a maggiore usura;

- l'impiego di griglie raffreddate ad acqua per diminuire l'usura e rendere più agevole
- l'applicazione con rifiuti ad elevato potere calorifico (12,5-18 MJ/kg);
- la possibilità di scaricare le scorie con estrattori a secco per agevolare la movimentazione e l'eventuale separazione di frazioni recuperabili (metalli ferrosi e non ferrosi, inerti).

Sempre in relazione all'aumento del PCI è da ricondursi la necessità di provvedere ad un raffreddamento delle pareti in alcune zone del forno, per evitare le complicazioni gestionali derivanti dalla formazione d'incrostazioni ("slagging") a seguito di fenomeni di fusione delle scorie.

Livelli di temperatura dell'ordine degli 850-900°C sono ritenuti sufficienti in corrispondenza di adeguati tenori di ossigeno (6-7%) e turbolenza, a garantire il completamento pressoché totale dell'ossidazione dei componenti organici nei processi di combustione, minimizzando in tal modo le emissioni di macro e microinquinanti.

Di recente sperimentazione risultano inoltre alcune tecniche finalizzate alla riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto. Le più semplici prevedono una modifica nella ripartizione dell'aria alimentata tramite la riduzione di quella primaria e l'incremento di quella secondaria, in modo da limitare la presenza di ossigeno nelle zone a temperatura più elevata: ciò richiede un accurato controllo del processo, per evitare peggioramenti nell'efficienza complessiva di combustione e aumento delle emissioni di incombusti. Allo stato attuale gli interventi più promettenti di riduzione degli NO_x in camera di combustione appaiono basati su processi di riduzione selettiva non catalitica (SNCR) tramite l'iniezione di ammoniaca o urea, supportata con il ricircolo dei fumi, anche in virtù delle loro capacità di inibire i processi di sintesi "de-novo" responsabili della formazione di microinquinanti organoclorurati nella fase di raffreddamento dei fumi.

I forni a tamburo rotante

I forni a tamburo rotante sono costituiti da una camera cilindrica leggermente inclinata (in genere 1-3%) che ruota lentamente attorno al proprio asse (figura A46). Esso è impiegato principalmente per lo smaltimento di rifiuti di origine industriale (solidi, liquidi, pastosi), anche pericolosi. A fronte di una semplicità costruttiva e di un'elevata flessibilità per quanto riguarda la tipologia e le caratteristiche dell'alimentazione, tale apparecchiatura presenta degli svantaggi legati essenzialmente al ridotto volume della camera di combustione (che deve essere integrata con una apposita camera di post-combustione separata per il completamento della combustione in fase gassosa) e al fatto che la combustione avviene con modalità pressoché adiabatiche per cui, specie in presenza di rifiuti ad alto potere calorifico, il controllo della temperatura può essere realizzato solo aumentando l'eccesso di aria di combustione e, se necessario, iniettando acqua di raffreddamento. Entrambi questi fattori rendono tale apparecchiatura poco adatta a conseguire elevati livelli di recupero energetico dall'incenerimento di rifiuti. Le caratteristiche costruttive inoltre presentano un limite in termini di capacità di trattamento che risulta piuttosto ridotta, ostacolo che può solo in parte essere ovviato ricorrendo all'installazione di più unità in parallelo. Questi fattori danno una chiara spiegazione del perché tale apparecchiatura abbia avuto scarsa diffusione per il trattamento dei RU.

La combustione del letto di rifiuti avviene direttamente a contatto con la parete del

forno, nella maggior parte dei casi rivestita di materiale refrattario; l'alimentazione del materiale avviene tramite opportune testate, collocate in corrispondenza di una estremità del forno, mentre lo scarico delle scorie e dei residui avviene all'estremità opposta. I forni a tamburo rotante, in quanto tipici forni a suola, sono caratterizzati da una maggior difficoltà di interazione tra combustibile e comburente rispetto a quella ottenibile con altre tipologie di installazioni (ad es. forni a griglia, nei quali l'aria viene insufflata direttamente attraverso il letto); l'efficienza del contatto può tuttavia essere incrementata mediante l'introduzione di strutture interne al tamburo, quali, ad esempio, palettature che trascinano il materiale verso l'alto e poi lo lasciano ricadere, che intensificando la movimentazione del letto di rifiuti ne migliorano il contatto con il comburente.

I forni a tamburo rotante possono operare tanto con configurazioni in equicorrente che in controcorrente, a seconda che il flusso dei gas e del letto di rifiuti avvenga nella stessa direzione o nella direzione opposta. Nella maggior parte dei casi, ed in particolare nelle applicazioni relative alla termodistruzione di rifiuti, la configurazione adottata è in equicorrente, in quanto costruttivamente più semplice e consente, al tempo stesso, di meglio limitare il trascinamento, tipico del flusso in controcorrente, di sostanze volatili ed il loro scarico assieme ai fumi caldi.

I principali parametri per il dimensionamento e la valutazione delle prestazioni dei forni a tamburo rotante sono l'intensità volumetrica di combustione (kW/m^3) e l'intensità di combustione riferita alla sezione del tamburo (kW/m^2).

Il primo tiene conto del volume globale del tamburo, e quindi anche della sua lunghezza, ed è legato al tempo di permanenza necessario alla conversione del materiale, strettamente correlato alla natura e tipologia dei rifiuti alimentati. Sul tempo di permanenza è possibile peraltro intervenire anche con altri parametri costruttivi, quali il diametro del forno, la sua inclinazione ed il numero di giri del tamburo.

Il secondo parametro, rappresentativo del carico termico per unità di sezione, è collegato alle massime sollecitazioni termiche locali. Nei forni attualmente in esercizio l'intensità volumetrica di combustione è, di norma, compresa tra 60 e 250 kW/m^3 , mentre l'intensità per unità di sezione varia nell'intervallo 600-1.200 kW/m^2 .

Per quanto riguarda il rapporto lunghezza/diametro esso è normalmente compreso nell'intervallo 2-5 (in molti casi è dell'ordine di 3-4), mentre la velocità di rotazione varia tra 0,2 e 1-1,2 giri/minuto.

Dal punto di vista operativo le già accennate difficoltà di contatto combustibile/comburente rendono necessaria l'adozione di elevati eccessi d'aria, di norma compresi nell'intervallo 100%-150%.

I forni a tamburo rotante possono inoltre operare a livelli di temperatura sia al di sotto del punto di rammollimento delle scorie sia al di sopra di esso, con modalità dette appunto "a scoria fusa". Fenomeni di deformazione e fusione delle scorie cominciano a verificarsi attorno a temperature dell'ordine di 1.100-1.200°C; tuttavia, data la variabilità del punto di rammollimento, le condizioni di esercizio nei forni del primo tipo prevedono temperature non superiori ai 900-950°C, mentre le installazioni a scoria fusa possono raggiungere anche i 1.400-1.600°C. L'esercizio a scoria solida è più semplice e sollecita meno i refrattari mentre quello a scoria fusa garantisce migliori condizioni di combustione ma richiede, ovviamente, criteri di progettazione e di gestione di molto più accurati.

Figura A45
Schema di funzionamento del forno a griglia

Fonte: laboni [A12]

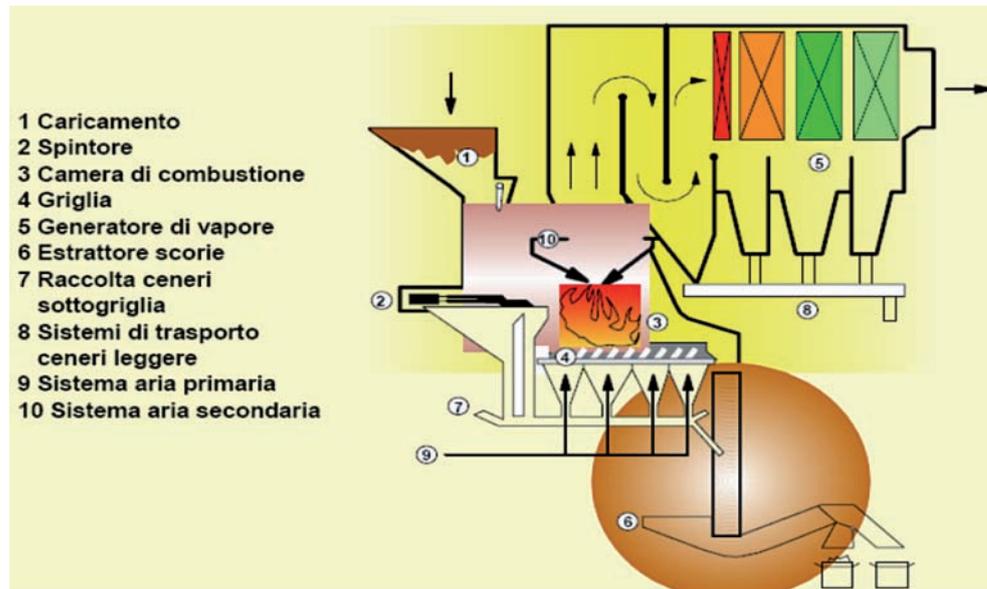
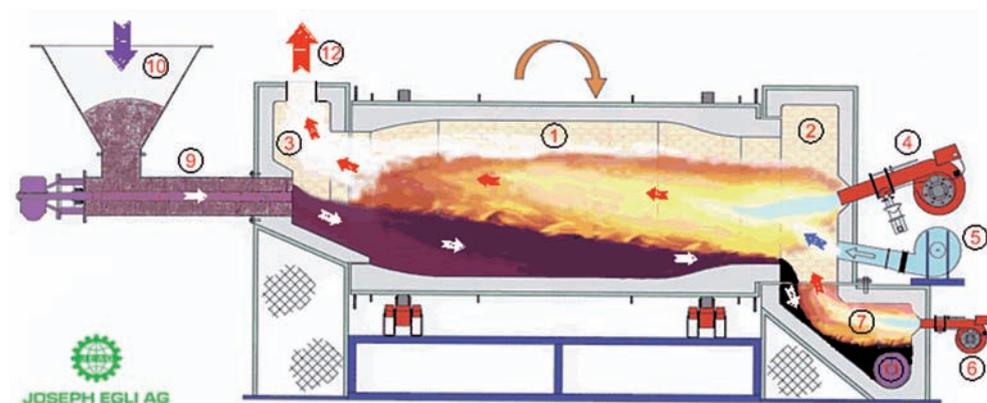


Figura A46
Schema di funzionamento del forno a tamburo rotante

Fonte: laboni [A12]



Legenda: 1 = Camera di combustione; 2 = Sezione di alimentazione calore; 3 = Sezione di alimentazione rifiuti; 4 Bruciatore di avviamento; 5 = Ventilatore aria primaria; 6 = Bruciatore secondario; 7 = Camera di raccolta scorie; 9 = Coclea di alimentazione rifiuti; 10 = Tramoggia di alimentazione rifiuti; 11 = Camera scarico scorie; 12 = Fumi a camera di pos-combustione

I combustori a letto fluido

Il combustore a letto fluido è costituito da una camera di combustione all'interno della quale viene mantenuto un certo quantitativo di materiale inerte (il "letto"), di solito costituito da sabbia, tenuto in sospensione ("fluido") da una corrente ascendente di aria (che funge anche da comburente) immessa attraverso una griglia di distribuzione posta sul fondo. Il movimento del letto di sabbia garantisce un buon contatto comburente-combustibile (rifiuti), oltre a una notevole uniformità di temperatura e di miscelazione, che contribuiscono a garantire una combustione costante e completa.

Questa apparecchiatura, messa a punto inizialmente nell'industria petrolchimica, è stata adattata successivamente alla combustione di combustibili piuttosto omogenei e di pezzatura ridotta quali appunto i CDR. Non si presta alla combustione di rifiuti urbani indifferenziati, che debbono come minimo subire un'operazione di triturazione, anche se esistono alcune varianti particolari sviluppate per la combustione dei RUR. Questa tecnologia si è inoltre largamente affermata in altri Paesi per il trattamento di fanghi da depurazione di acque reflue, soprattutto per trattamenti combinati di essiccamento termico+incenerimento, nei quali il calore recuperato è principalmente destinato alla fase di essiccamento, evitando così l'impiego di combustibili fossili.

In linea generale i reattori a letto fluido, sulla base della pressione d'esercizio, si differenziano in letti fluidi a pressione atmosferica e letti in pressione; questi ultimi applicati a diversi processi in campo industriale, presentano particolare interesse perché consentono la potenziale integrazione fra la fase di trattamento termico e quella di recupero energetico, tramite il loro inserimento come combustori in cicli a turbina a gas. Tuttavia le attuali problematiche nel trattamento dei gas prodotti prima dell'invio in turbina ne limitano ancora l'applicazione al caso dei rifiuti, per i quali si adottano esclusivamente letti a pressione atmosferica.

Nel campo dei letti a pressione atmosferica sono disponibili le due varianti di letto fluido "bollente" (figura A47) e di letto fluido "circolante" o "ricircolato" (figura A48), in funzione della velocità di efflusso dell'aria che individua due modalità di funzionamento in cui, rispettivamente, il letto rimane in sospensione statica sotto le azioni contrastanti del peso e della spinta ascensionale ovvero viene trascinato con la corrente gassosa e ricircolato sul fondo dopo essere stato separato meccanicamente (tramite, ad esempio, un ciclone) dai fumi di combustione. La distinzione si basa sui valori della velocità superficiale dell'aria (velocità di fluidizzazione), definita come rapporto tra la portata d'aria alimentata (riferita, ad esempio, alle condizioni di temperatura e pressione al di sopra del letto) e la sezione del letto stesso, che costituisce il parametro che condiziona significativamente il regime di funzionamento dell'apparecchiatura. Nei letti fluidi bollenti, nei quali l'aria viene insufflata dal basso ed il combustibile iniettato dall'alto o lateralmente, si riscontrano velocità di fluidizzazione fino a circa 3 m/s mentre nei letti circolanti tale parametro raggiunge anche valori di 8-10 m/s (comunque superiori ai 4-5 m/s), determinando un consistente trascinamento del materiale costituente il letto in uscita dalla camera di combustione, sul fondo della quale viene reimpresso dopo la separazione dalla fase gassosa.

A fronte di una configurazione impiantistica più complessa i letti circolanti presentano turbolenze più elevate, con conseguenti miglioramenti nell'efficienza di combustione e di scambio termico, nella riduzione delle disomogeneità trasversali. Essi garantiscono

inoltre un tempo di contatto molto prolungato (grazie al ricircolo) che ne consente il funzionamento con carichi termici specifici più elevati rispetto al letto bollente; i costi maggiori rispetto a questi ultimi ne giustificano tuttavia l'adozione solo per potenzialità piuttosto significative.

Le caratteristiche di funzionamento che ne rendono molto interessante il loro impiego nei processi di combustione di rifiuti sono essenzialmente così riassumibili:

- elevata efficienza di combustione determinata sia dal grado di turbolenza che, soprattutto, dai maggiori tempi di residenza;
- basso contenuto di incombusti nelle scorie, dell'ordine anche dello 0,2-0,3% contro valori del 2-3% caratteristici dei forni a griglia;
- unità più compatte rispetto ai forni convenzionali come conseguenza dei maggiori carichi termici specifici applicabili;
- elasticità di funzionamento, ridotti tempi di avviamento e possibilità di funzionare anche in discontinuo in conseguenza dell'elevata inerzia termica del letto d'inerte;
- ridotto numero di parti meccaniche in movimento, con conseguenti minori fermate di manutenzione per rotture o guasti;
- possibilità di operare con ridotti eccessi d'aria, in quanto la temperatura è controllata anche attraverso lo scambio termico (regime non adiabatico) ed il mescolamento è molto intenso. Questo comporta un minore volume globale di fumi, con possibili effetti positivi sui rendimenti di recupero energetico e sulle dimensioni dei sistemi di depurazione dei fumi;
- possibilità di effettuare interventi di abbattimento di gas acidi già in fase di combustione, attraverso l'iniezione nella camera di opportuni reagenti alcalini.

A fronte di tali vantaggi l'applicazione dei letti fluidi alla combustione dei rifiuti o di combustibili derivati presenta le seguenti problematiche:

- possibilità di defluidizzazione del letto, conseguente a possibili fenomeni di agglomerazione;
- necessità di pretrattamenti più o meno spinti dei rifiuti, finalizzati ad omogeneizzare le caratteristiche dimensionali del materiale alimentato per facilitare la combustione e lo scarico delle ceneri;
- necessità di aumentare i punti di alimentazione del materiale o di incrementare la velocità di fluidizzazione a causa di insufficiente mescolamento trasversale;
- difficoltà di alimentazione dei rifiuti leggeri (es.: CDR "fluff") soprattutto in corrispondenza di velocità di fluidizzazione elevate (letti circolanti);
- ridotte esperienze applicative in scala industriale per l'impiego con rifiuti urbani, soprattutto per i letti circolanti da considerarsi ancora in fase di sviluppo tecnologico;
- maggiori carichi di polveri da separare nell'impianto di trattamento fumi.

Sulla base di queste considerazioni si può ritenere che i combustori a letto fluido presentino, contrariamente a quanto avviene per i forni a griglia, interessanti possibilità di applicazione per combustibili con poteri calorifici elevati e con ridotto tenore di ceneri quali quelli ottenibili tramite da operazioni di selezione e trattamento dei rifiuti urbani ("frazione secca", CDR).

Figura A47
Schema di funzionamento del combustore a letto fluido bollente

Fonte: laboni [A12]

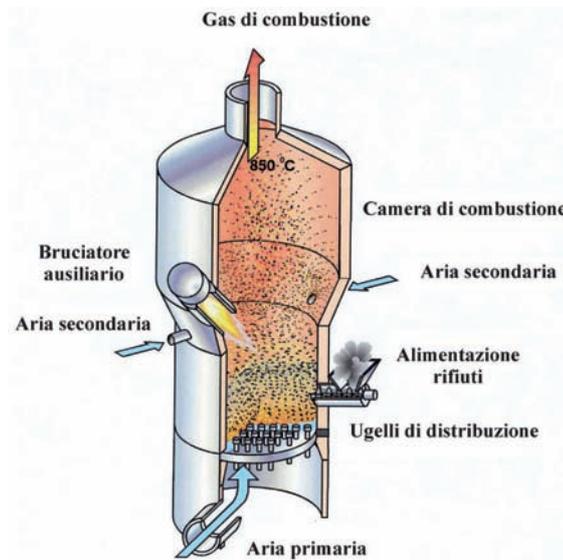
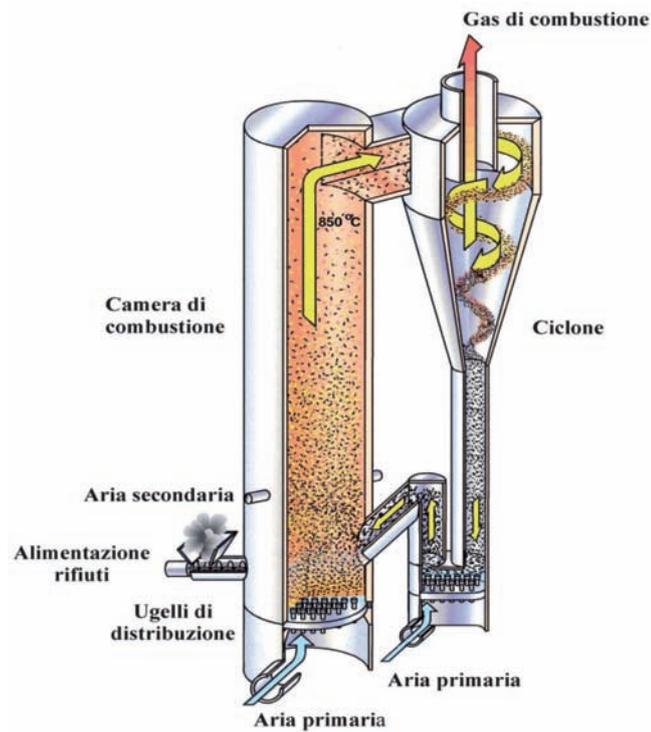


Figura A48
Schema di funzionamento del combustore a letto fluido circolante

Fonte: laboni [A12]



La post-combustione

La camera di post-combustione consiste in un volume messo a disposizione dei fumi a valle della camera di combustione primaria, allo scopo di permettere il conseguimento di condizioni controllate che permettano il completamento delle reazioni di ossidazione iniziate precedentemente. In quest'ottica la camera di post-combustione risulta essere necessaria solo quando le condizioni operative della camera primaria, soprattutto nel caso di incenerimento di rifiuti solidi, sono tali da lasciare dubbi circa le possibilità del completamento delle reazioni di ossidazione come è, ad esempio, il caso dei forni a tamburo rotante. L'esigenza della sua presenza è invece meno sentita nelle apparecchiature di recente concezione, dotate di soluzioni progettuali ed operative (volumi disponibili ridondanti, adeguate immissioni dell'aria di combustione, ecc.).

Sino all'emanazione del DM 503/97 che ha regolato l'incenerimento di rifiuti urbani e di particolari tipologie di rifiuti speciali fino all'entrata in vigore del DLgs 133/2005, tutti gli impianti di incenerimento dovevano essere dotati di una camera di post-combustione, separata dalla camera primaria e funzionante in condizioni adiabatiche.

Attualmente la camera di post-combustione è stata in pratica sostituita da una zona (in continuità con la camera primaria) di combustione controllata posta a valle della ultima immissione di aria secondaria in cui deve essere mantenuta una temperatura di almeno 850°C per un tempo superiore a 2 secondi. Nelle recenti configurazioni è possibile inoltre installare delle superfici di scambio termico per il raffreddamento dei fumi, che permettono di conseguire i seguenti vantaggi:

- una migliore integrazione del sistema forno-caldaia e quindi apparecchiature più compatte e funzionali;
- la possibilità di controllo della temperatura dei fumi per mezzo dello scambio termico con conseguente riduzione dei loro volumi e delle dimensioni degli impianti di trattamento posti a valle.

Tuttavia nella zona di post-combustione si tende a non eccedere con lo scambio termico sia limitando le superfici di scambio, sia ricoprendole con materiale refrattario di opportuno spessore. Questo non solo per ragioni connesse con il limite minimo di temperatura che deve essere mantenuto, ma anche per problematiche generali connesse alla stabilità del processo di combustione, specie in presenza di rifiuti aventi ridotto potere calorifico.

La pirolisi e la gassificazione

Le tecnologie di pirolisi e gassificazione contano già da tempo svariate applicazioni in campo industriale, soprattutto nei settori della chimica e petrolchimica. L'interesse relativamente recente verso un'estensione del loro utilizzo nel settore del trattamento termico dei rifiuti è determinato essenzialmente dalle potenzialità che esse offrono in termini di:

- ampliamento delle possibilità di recupero del contenuto energetico del rifiuto ed incremento nei corrispondenti rendimenti, attualmente piuttosto limitati negli impianti convenzionali di produzione di energia elettrica in cicli a turbina a vapore;

- riduzione delle portate di effluenti gassosi da sottoporre a trattamenti depurativi;
- miglioramento delle caratteristiche di innocuizzazione e maggiori potenzialità di riutilizzo dei residui solidi prodotti dal processo (scorie e ceneri leggere).

In linea di principio l'obiettivo finale è sostanzialmente costituito da un miglioramento nella compatibilità ambientale complessiva del trattamento, contenendo contemporaneamente le problematiche di gestione ed i costi rispetto ai sistemi convenzionali di combustione.

Per l'applicazione industriale dei processi di gassificazione e pirolisi dei rifiuti sono state proposte differenti configurazioni impiantistiche, anche molto diversificate fra loro, che possono essere raggruppate secondo i seguenti parametri:

- la tipologia dell'apparecchiatura di conversione;
- le condizioni operative adottate nel ciclo completo di produzione ed utilizzo del gas derivato e di eventuali altri sottoprodotti.

Riguardo alle apparecchiature adottate è possibile, in linea generale, raggrupparle nelle seguenti tipologie, riferibili sia alla gassificazione sia alla pirolisi:

- reattori a letto fisso;
- reattori a letto fluido;
- reattori a letto mobile;
- reattori di tipo particolare.

Ciascuna tipologia presenta vantaggi e svantaggi e va selezionata in funzione delle caratteristiche del materiale da trattare e di quelle desiderate per il gas derivato. In generale la differenza sostanziale risiede nei tempi di residenza (dell'ordine delle ore nei gassificatori statici, dei minuti in quelli a letto fluido ed anche inferiore in particolari tipologie di apparecchiature) e nella velocità di riscaldamento, variabile da alcuni °C/s (letto fisso) a 10^2 - 10^3 °C/s (letti fluidi ed altre specifiche tipologie di reattori).

Per la gassificazione sono stati sperimentati sistemi con aria o con ossigeno (o anche con aria arricchita di ossigeno), operanti sia a pressione atmosferica sia in pressione. L'impiego di ossigeno (o di aria arricchita) ha come conseguenza portate inferiori di gas, con migliori poteri calorifici, ma richiede costi aggiuntivi per il suo approvvigionamento e può dare luogo a problematiche di gestione supplementari legate a questioni di sicurezza.

L'utilizzo di sistemi in pressione consentirebbe, in linea di principio, l'alimentazione diretta del gas prodotto in una turbina a gas. Questa soluzione risulta essere particolarmente interessante per la possibilità di ottenere elevati rendimenti di conversione in energia elettrica anche tramite l'eventuale accoppiamento con cicli convenzionali a vapore basati sul recupero del calore dei fumi di scarico della turbina.

Allo stato attuale, tuttavia, le già citate non eccellenti caratteristiche qualitative del gas ottenuto rendono necessari trattamenti preventivi di depurazione che determinano consistenti riduzioni sia di temperatura, sia di pressione, attenuando di molto i vantaggi applicativi di tali soluzioni. A questo riguardo, di sicuro interesse appaiono, in prospettiva, le possibilità legate allo sviluppo di sistemi di depurazione ad alta temperatura e di conversione del TAR tramite trattamenti di cracking termico o catalitico.

Le tecnologie basate su processi combinati

I trattamenti termici basati su un singolo stadio di gassificazione o pirolisi si adattano bene al trattamento di rifiuti piuttosto omogenei quali quelli costituiti da scarti agricoli e forestali, che presentano limitate variazioni delle loro caratteristiche chimico-fisiche. In questo caso essi riescono a garantire, oltre alla compatibilità ambientale, anche interessanti risvolti economici in termini di costi di investimento e di esercizio.

Sono state tuttavia sviluppate alcune tecnologie più complesse, che impiegano la combinazione di due o più processi di trattamento termico, in grado di trattare rifiuti (ed anche miscele di rifiuti) aventi caratteristiche meno omogenee e variabili nel tempo, quali, ad esempio i RU ed alcune tipologie di rifiuti industriali.

Nella tabella A1 sono riportate, in forma sintetica, le varie combinazioni di processi attualmente proposte.

La combinazione di diversi processi, oltre che da un'esigenza commerciale di "personalizzare" la propria tecnologia, deriva principalmente da differenti obiettivi che si vogliono conseguire, in funzione anche della situazione locale nella quale l'impianto sarà installato.

Così, ad esempio trattamenti che prevedono solo uno stadio secondario di combustione sono finalizzati alla massimizzazione del recupero energetico evitando la necessità di trattare preventivamente il gas prima del suo impiego finale. Processi invece che abbinano la pirolisi e la gassificazione tendono a massimizzare il recupero del gas derivato, che tuttavia necessita di trattamenti di depurazione preventiva prima del suo impiego come combustibile in installazioni di produzione di energia non convenzionali (turbogas, motori alternativi, cicli combinati ad alta efficienza) ovvero come materia prima secondaria per l'industria chimica.

Trattamenti infine che prevedono uno stadio di vetrificazione¹ dei residui solidi mirano ad ottenere un prodotto stabile, creando le condizioni di un suo potenziale riutilizzo, a scapito della quantità netta di energia elettrica e/o termica potenzialmente recuperabile.

Tabella A1 - Esempi di tecnologie basate su processi combinati

Pirolisi + gassificazione
Pirolisi + combustione
Gassificazione + combustione
Gassificazione + pirolisi + combustione
Gassificazione + vetrificazione
Pirolisi + vetrificazione
Gassificazione + combustione + vetrificazione

¹ La vetrificazione delle scorie è un processo mirato all'ottenimento di residui solidi allo stato vetroso, in pratica non lisciviabili. Essa non è una caratteristica tipica delle tecnologie innovative di trattamento termico, anche se il conseguimento di elevate temperature (tipico di alcune delle tecnologie messe a punto) ne consente una migliore integrazione all'interno del processo

Il recupero energetico

Il recupero di energia tramite combustione

Il recupero di energia dall'incenerimento ha iniziato a svilupparsi negli anni '70 quando si è provveduto ad integrare l'apparecchiatura di combustione con trattamenti piuttosto semplificati di depurazione finalizzati dapprima alla riduzione del carico di polveri e, successivamente, anche alla riduzione dei gas acidi presenti nei fumi.

Esso viene effettuato attraverso il recupero del calore che deriva dal raffreddamento dei fumi, necessario per il loro successivo trattamento. Il recupero avviene sotto forma di produzione di energia elettrica e/o termica, ottenuta attraverso l'impiego del vapore generato in un'apposita caldaia concettualmente costituita da uno scambiatore di calore acqua-fumi. In pratica lo schema impiantistico è del tutto simile a quello tipico delle centrali termoelettriche, anche se le condizioni operative sono assai meno severe a causa della presenza nei fumi di composti corrosivi e di ceneri trascinate che possono dare luogo a fenomeni di erosione e corrosione, nonché a formazione di depositi ("slagging") sulle pareti di scambio termico.

L'introduzione della camera di post-combustione poi, così come avvenuta in Italia con la Deliberazione 27.7.1984, aveva creato uno schema concettuale abbastanza semplice, ma, nello stesso tempo piuttosto rigido, non privo di complicazioni operativo-gestionali, sicuramente deleterio dal punto di vista energetico. In pratica l'impianto era costituito da un susseguirsi di sottosistemi, quasi o nulla interfacciati fra di loro, nei quali venivano realizzate le varie fasi del processo di trattamento.

Negli impianti di nuova generazione si assiste, invece, ad una forte integrazione delle fasi di combustione/post-combustione/recupero di calore. Il generatore di vapore non è più uno scambiatore di calore posto a valle ma diviene una vera e propria caldaia a combustione (a griglia, a letto fluido) raffreddata dai tubi di generazione, nella quale le suddette fasi ovviamente permangono, ma non più separate fisicamente come in passato. In tal modo è possibile conseguire rendimenti superiori, mantenendo, al tempo stesso, le condizioni operative (temperatura, tempo di permanenza, turbolenza) necessarie per la distruzione dei composti tossici eventualmente prodotti dalla termodistruzione dei rifiuti².

In pratica l'effettuazione del recupero energetico in un moderno impianto di incenerimento di rifiuti conduce, a causa delle esigenze sia di limitare l'impatto sull'ambiente sia di incrementare i livelli di recupero (per motivazioni non solo economiche, ma anche ambientali) alla realizzazione di impianti piuttosto complessi che, specie nel caso di taglia medio-grande, sono molto simili ad una vera e propria centrale termoelettrica.

Il generatore di vapore

Il generatore di vapore è usualmente del tipo a "piccolo volume d'acqua" ed è normalmente costituito da tre sezioni così suddivise in base al percorso dei fumi:

- tubi vaporizzatori, dove l'acqua di alimento viene trasformata in vapore saturo;

² Tale concezione è stata recepita dalla normativa italiana in concomitanza con l'emanazione del DM n. 503 del 19 novembre 1997.

- surriscaldatore, che trasforma il vapore saturo in surriscaldato, con grado di surriscaldamento mediamente compreso tra 100-150°C;
- economizzatore per il recupero di parte dell'energia termica ancora presente nei fumi per il preriscaldamento dell'acqua di alimento prima dell'immissione nel corpo cilindrico.

I fumi in uscita dalla camera di combustione entrano nel generatore di vapore ad una temperatura massima dell'ordine dei 1.100°C (valore di temperatura ottimale per evitare fenomeni di corrosione tra gli acidi presenti nei fumi ed il carbonio costituente i tubi vaporizzanti) ed escono ad una temperatura pari a circa 200°C, onde evitare fenomeni di corrosione sui tubi dell'economizzatore a causa della possibile formazione di condense acide.

Il generatore di vapore è di norma provvisto di sistemi per la pulizia dei tubi vaporizzatori e dei banchi di surriscaldamento, costituiti da soffiatori di tipo fisso o retrattile a vapore ad alta pressione o di tipo meccanico per la rimozione delle polveri depositate. La pressione e la temperatura del vapore surriscaldato del generatore di vapore sono variabili a seconda delle condizioni di progetto. Valori tipici sono costituiti da pressioni comprese fra i 40 ed i 60 bar con temperature variabili tra 400 e 480°C.

Il ciclo termico del vapore

Il vapore surriscaldato in uscita dal generatore di vapore viene immesso nella turbina³ attraverso opportune valvole di intercettazione e regolazione che modulano la portata in funzione del carico del forno. La turbina a vapore, normalmente, può essere del tipo con palettatura ad azione o ad azione-reazione, con condensazione del vapore tramite refrigerante ad aria ovvero, in caso di disponibilità di idonei quantitativi di acqua di raffreddamento (in prossimità di un corso d'acqua o del mare) tramite uno scambiatore ad acqua.

Quest'ultima soluzione permette di conseguire maggiori rendimenti poiché, operando a temperature più basse, consente di sfruttare il salto entalpico fino a pressioni dell'ordine di 0,05-0,10 bar, valori non raggiungibili con un condensatore ad aria.

Qualora il recupero energetico non abbia come fine unicamente la produzione di energia elettrica, ma sia prevista una cogenerazione (produzione combinata di energia elettrica e termica) nella zona della palettatura a media pressione della turbina viene realizzato uno spillamento di una parte del vapore da impiegare, ad esempio, in uno scambiatore di calore per la produzione di acqua calda per una rete di teleriscaldamento. Le perdite della turbina a vapore sono dovute principalmente agli attriti interni causati dal moto del vapore nelle palettature fisse e mobili, alle perdite allo scarico ed alle fughe di vapore che si hanno fra stadio e stadio e verso l'esterno. L'espansione fra la pressione di ingresso turbina e quella di scarico al condensatore avviene pertanto con un aumento di entropia e una diminuzione di salto entalpico utile rispetto al ciclo teorico. Il rendimento interno o termodinamico, dato dal rapporto tra salto entalpico reale e salto entalpico adiabatico, si aggira intorno all'80%.

³ La turbina è una macchina che converte in energia meccanica l'energia cinetica di un fluido (liquido o gas) evolvente. Nel caso delle centrali termoelettriche il fluido in questione è il vapore surriscaldato. L'elemento essenziale della turbina è il rotore costituito da una ruota con "palette". L'energia meccanica acquisita dal rotore viene poi trasmessa, tramite un asse, ad un generatore elettrico che prende il nome di alternatore.

Il generatore di energia elettrica

L'alternatore accoppiato ad una turbina a vapore è, di norma, del tipo bipolare o quadripolare per cui avrà, in funzione del numero di poli, una velocità di 3.000 o 1.500 g/min. La trasmissione del numero di giri dal rotore della turbina al rotore dell'alternatore è, ove richiesto, realizzata tramite un riduttore di giri (10.000/3.000 o 10.000/1.500).

Il recupero di energia tramite gassificazione e pirolisi

Nella gassificazione e nella maggior parte delle tecnologie basate sul processo di pirolisi il recupero energetico può essere effettuato tramite la successiva combustione del gas prodotto (che potrebbe avvenire anche in impianti diversi da quello di produzione)⁴, effettuata sia in cicli termici tradizionali, sia in apparecchiature di conversione diretta in energia elettrica, quali turbine o motori endotermici.

L'effettiva possibilità di utilizzo energetico dei gas prodotti da processi di pirolisi o gassificazione sono strettamente legate, oltre che al loro contenuto energetico, alla presenza di alcune componenti minori che possono rendere problematico sia il trasporto ad utenze esterne all'impianto, sia l'eventuale impiego. Tra queste particolare importanza rivestono le particelle solide trascinate, i composti acidi (HCl, H₂S, acidi organici) ed alcalini (NH₃) ed il TAR, costituito da un complesso di idrocarburi pesanti condensabili. Quest'ultimo, in particolare, può formare depositi viscosi di sostanze oleose e polveri a seguito del raffreddamento del gas già a temperature intorno ai 250-300°C, con conseguenti problemi di sporco e di intasamento delle superfici e degli organi meccanici.

Il trasporto a distanza del gas o il suo utilizzo in apparati o in cicli di produzione di energia elettrica ad elevato rendimento (motori alternativi, turbine a gas) richiede, di norma, trattamenti di depurazione piuttosto spinti (depolverazione, lavaggi multistadio) che, oltre alle complicazioni di carattere operativo-gestionale, determinano un impoverimento del contenuto energetico del gas, sia in termini di calore sensibile (raffreddamento) che di potere calorifico inferiore (rimozione del TAR).

In generale lo sfruttamento energetico del gas prodotto può essere effettuato secondo due alternative:

- la combustione diretta del gas così come prodotto oppure dopo trattamenti non particolarmente spinti, in sistemi convenzionali di combustione (es.: generatore di vapore) posti a valle del gassificatore (conversione di tipo "termico");
- l'utilizzo del gas di sintesi in installazioni non costituite da centrali termiche convenzionali (motori alternativi, turbine a gas), previa depurazione spinta (gassificazione di tipo "elettrico").

Nella gassificazione di tipo termico il gas grezzo prodotto viene combusto senza (o dopo piuttosto grossolani) trattamenti depurativi tesi all'eliminazione delle polveri trascinate, del TAR e degli altri inquinanti presenti (HCl, H₂S, SO₂ ecc.), in modo da generare energia elettrica tramite la produzione di vapore. I fumi esausti debbono,

⁴ Le considerazioni di carattere generale valgono anche per altri sottoprodotti (liquidi, solidi) della pirolisi che possono trovare impiego come combustibili.

ovviamente, essere trattati a valle della combustione, come avviene in un tradizionale impianto di incenerimento di rifiuti.

Questa soluzione non differisce sostanzialmente dalla combustione convenzionale dei rifiuti. La differenziazione diviene pressoché formale in alcuni casi nei quali non è possibile separare fisicamente la fase di pirolisi/gassificazione da quella di combustione finale del gas derivato, per cui il trattamento viene a configurarsi come un incenerimento in due stadi e come tale, giustamente, sottoposto a tutte le prescrizioni e le normative ad esso applicabili⁵.

Nella gassificazione di tipo "elettrico", invece, risultano ben distinte le due fasi della "produzione del gas derivato" e del suo "impiego in turbina o motore endotermico" per la produzione di energia elettrica, previo trattamento di depurazione spinta.

E' proprio questa soluzione che, allo stato attuale, presenta maggiori potenzialità di sviluppo, in quanto, sulla base di quanto già sperimentato con il carbone ed alcune biomasse, la produzione di un combustibile gassoso destinato ad essere impiegato in una turbina consente l'adozione di cicli combinati per la produzione di energia elettrica.

Dal recupero energetico effettuato sui fumi di scarico della turbina è possibile produrre vapore da destinare alla produzione di energia elettrica tramite espansione in una turbina secondaria. Questa soluzione offre la possibilità di incrementare notevolmente il rendimento di conversione in energia elettrica, con conseguenti benefici di carattere economico ed ambientale.

A3.2 Il trattamento degli effluenti gassosi

L'impatto derivante dal trattamento termico dei rifiuti è costituito principalmente dalle emissioni di polveri e di sostanze inquinanti nell'atmosfera in fase gassosa o sotto forma di vapore e classificabili come macro e microinquinanti.

Con "macroinquinanti" si individuano le sostanze presenti nei fumi in concentrazioni dell'ordine dei mg/Nm³, quali le polveri, gli ossidi di zolfo (principalmente anidride solforosa, SO₂) e di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO), il carbonio organico totale (COT o TOC) e gli acidi alogenidrici essenzialmente acido cloridrico (HCl) e acido fluoridrico (HF).

Con "microinquinanti" si individuano, invece, quelle sostanze, presenti nelle emissioni in concentrazioni di molto inferiori, che includono sia specie inorganiche come i metalli pesanti (cadmio, cromo, mercurio, piombo, nichel ecc.) che organiche come le pollicloro-dibenzodiossine (PCDD), i pollicloro-dibenzofurani (PCDF) e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

I valori limite per le emissioni dei composti microinquinanti si collocano nell'ordine dei µg/Nm³, o addirittura dei ng/Nm³ per alcuni composti (tipicamente le diossine) di particolare pericolosità per la salute dell'uomo.

Con il termine "diossine" si individuano 210 composti (75 diossine e 135 furani), chi-

⁵ E' ovvio tuttavia che i fornitori di tali tecnologie tendano a commercializzare tali impianti come impianti di gassificazione, nel tentativo di eludere proprio la percezione negativa dell'opinione pubblica nei confronti dell'incenerimento.

micamente e tossicologicamente anche molto diversi, caratterizzati da un diverso contenuto di atomi di cloro (da 1 a 8). Le recenti evoluzioni delle normative in termini di emissioni all'atmosfera fanno riferimento ad un fattore di tossicità equivalente (FTE) che "pesa" la concentrazione delle varie specie presenti rapportandola a quella dei composti più pericolosi e, all'interno di questi, a quella più tossica in assoluto, la 2-3-7-8 TCDD (FTE=1).

La rimozione delle polveri

Per quanto riguarda la rimozione delle polveri, essa viene effettuata per lo più per via meccanica, per mezzo di apparecchiature dedicate allo scopo. Occorre ricordare che anche l'impiego di sistemi di lavaggio "ad umido", sebbene il loro scopo principale risulti essere la rimozione dei composti acidi (in fase gassosa o vapore) tramite neutralizzazione con opportuni reagenti, può contestualmente contribuire all'abbattimento di particelle solide sospese nella corrente gassosa.

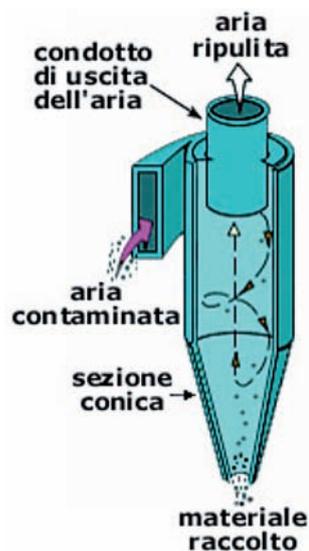
I cicloni e i multicicloni

I cicloni e i multicicloni sono delle apparecchiature (figura A49) di depurazione dei fumi utilizzate come trattamento preliminare per la rimozione parziale delle polveri, ottenuta senza utilizzo di organi in movimento, sfruttando ingressi opportunamente sagomati.

Per i cicloni convenzionali si ha un'efficienza di abbattimento delle polveri che può andare dal 30 al 90% per granulometria fino a $10\mu\text{m}$ (PM 10) e fino al 40% per polveri con dimensioni fino a $2,5\mu\text{m}$ (PM 2,5). Esistono inoltre cicloni ad alta efficienza con rendi-

Figura A49
Ciclone

Fonte: laboni [A12]



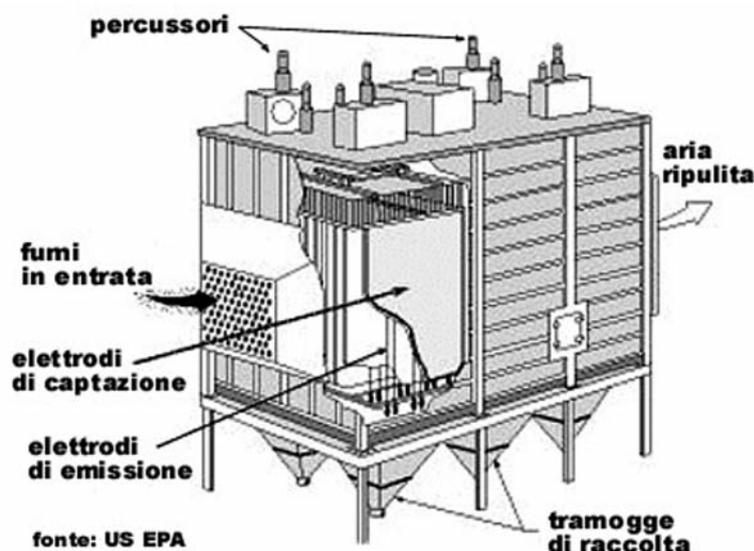
menti che vanno dal 60 al 95% per dimensioni fino a 10 μm e dal 20 al 70% per polveri con granulometria dell'ordine dei 2,5 μm . Questi sistemi sono caratterizzati da un'elevata caduta di pressione e richiedono pertanto un grande dispendio energetico per poter funzionare. Nel caso dei multicicloni si possono ottenere rendimenti variabili tra l'80 ed il 95% nel caso di polveri con dimensioni inferiori ai 5 μm (PM 5). La capacità di trattare particelle con granulometria più o meno fine dipende dal diametro del ciclone.

I filtri elettrostatici

I filtri elettrostatici (figura A50) utilizzano un campo elettrico per separare le polveri e indirizzarle verso la superficie di raccolta. Le particelle vengono caricate elettricamente facendole passare attraverso una zona detta corona, che è uno spazio interno all'apparecchiatura nel quale è presente un gas altamente ionizzato. La corona può essere costituita da ioni positivi o negativi ma per i comuni scopi industriali viene normalmente usata quella a ioni negativi. L'effetto di carica è più sentito dalle particelle più grandi poiché presentano una maggior sezione al loro ingresso nella corona.

Figura A50 **Filtro elettrostatico**

Fonte: Iaboni [A12]

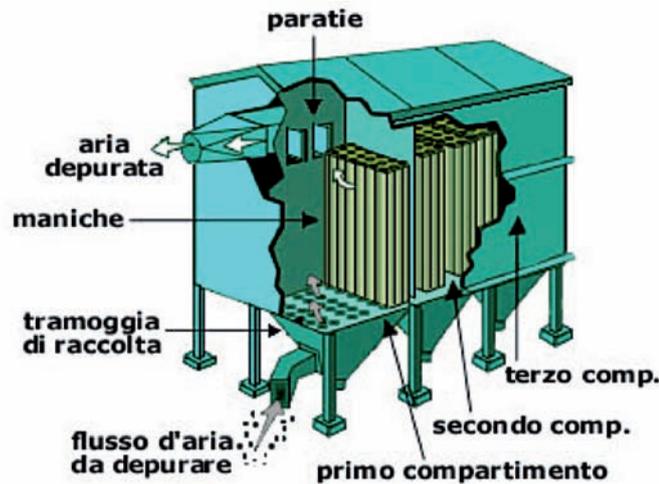


I filtri a maniche

I filtri a maniche (figura A51) vengono utilizzati per il trattamento dei fumi in cui sono presenti particelle di dimensioni ridotte. I dispositivi filtranti a tessuto impiegati sono generalmente formati da un mezzo filtrante e una struttura di supporto, da un involucro esterno a tenuta, da un sistema di pulizia del tessuto dallo strato di polvere accumulatosi e da una serie di tramogge per la raccolta delle polveri. Di norma il fluido carico di polveri entra dalla parte inferiore e risale lungo i filtri attraversandoli dall'esterno all'interno.

Figura A51
Filtro a maniche

Fonte: laboni [A12]



Il passaggio attraverso il tessuto determina, grazie all'azione congiunta di diversi meccanismi, la depolverazione della corrente gassosa che esce dagli scarichi posti nella parte superiore dell'apparecchiatura.

La scelta del materiale filtrante è legata alle caratteristiche chimiche e fisiche dell'effluente gassoso da trattare; alte temperature, ad esempio, portano ad escludere le fibre naturali ed alcune fibre sintetiche. I principali materiali impiegati sono: naturali (lana, cotone) e sintetici (es.: teflon). Quest'ultimi danno elevate caratteristiche di resistenza meccanica, chimica e termica a fronte di costi maggiori.

Le maniche possono essere realizzate con tessuti o feltri agugliati: i primi sono strutturati con un ordito e una trama in cui sono inserite le fibre più corte, i secondi sono composti da fibre alla rinfusa attorcigliate e pressate. I tessuti trovano larga applicazione per basse velocità di filtrazione, mentre i feltri per velocità maggiori (oltre 1,5 m/s).

La rimozione dei macroinquinanti

I processi più utilizzati per la depurazione degli inquinanti contenuti nei fumi possono essere classificati in funzione del principio chimico-fisico di trattamento che li caratterizza in:

- processi di filtrazione/assorbimento (a secco, a semisecco);
- processi di assorbimento (ad umido, eventualmente senza scarichi liquidi e/o con l'impiego di reagenti specifici);
- processi di adsorbimento specifici (a secco o a semisecco con iniezione di carbone attivo o coke);
- processi ossidativi/riduttivi, quali la riduzione selettiva degli ossidi di azoto effettuata per via catalitica (DeNO_x SCR) o non catalitica (DeNO_x SNCR).

I sistemi a secco

Sono basati sull'assorbimento dei gas acidi tramite un reagente iniettato nella corrente dei fumi, costituito da calce idrata o da bicarbonato di sodio. Sono i sistemi più semplici e di più facile gestione, anche se, nel caso di impiego di calce, per raggiungere buone efficienze di rimozione necessitano di un elevato eccesso ed eventuale ricircolo del reagente.

Prevedono la presenza di un reattore di neutralizzazione dei gas acidi nel quale avviene l'iniezione del reagente alcalino in fase solida, cui segue un sistema di abbattimento dei sali di reazione e delle polveri trascinate (spesso un filtro a maniche su cui avviene il completamento delle reazioni).

Nel caso di utilizzo della calce idrata, può essere richiesto l'impiego di una torre di condizionamento dei fumi con la funzione di controllare le condizioni ottimali di temperatura e di umidità. L'iniezione congiunta di carboni attivi permette l'adsorbimento di Hg e PCDD/PCDF.

Sono applicabili preferibilmente ad impianti con rifiuti di caratteristiche non molto variabili (rifiuti pretrattati, rifiuti speciali piuttosto omogenei).

I sistemi a semisecco

Sono schematicamente costituiti da un reattore di neutralizzazione seguito da un filtro a maniche. L'iniezione del reagente avviene sottoforma di soluzione/sospensione acquosa opportunamente nebulizzata al fine di favorirne la dispersione nella corrente gassosa; l'evaporazione dell'acqua ha inoltre la funzione di consentire un abbassamento della temperatura dei fumi.

Se insieme al reagente alcalino vengono iniettati carboni attivi viene garantita anche la rimozione di Hg e PCDD/PCDF. Sono applicabili preferibilmente ad impianti con rifiuti di caratteristiche abbastanza omogenee e costanti (rifiuti pre-trattati, particolari tipologie di rifiuti speciali).

I sistemi ad umido

Consentono di raggiungere rendimenti particolarmente elevati nella rimozione degli inquinanti gassosi accoppiati ad un consumo di reagenti relativamente basso e ad una ridotta produzione di residui. Per contro danno luogo a reflui liquidi da trattare e riducono i livelli di recupero energetico conseguibile. Sfruttano l'azione di colonne di lavaggio (scrubbers) solitamente a più stadi (acqua, soda ed eventuale primo stadio acido) per neutralizzare gli inquinanti acidi contenuti nei fumi. Sono i sistemi che garantiscono la migliore efficienza di rimozione, ma hanno bisogno di elevati quantitativi di acqua e della possibilità di trattarla a valle del processo. Riescono ad abbattere le polveri solo in parte e quindi necessitano spesso di un filtro depolveratore a monte (filtro elettrostatico, a maniche, cicloni).

Sono in grado di abbattere il mercurio se dotati di uno stadio acido per poterlo scaricare come cloruro o se operanti a bassa temperatura (condensazione Hg).

I sistemi misti

Sono del tipo multistadio e si basano su una combinazione di quelli a secco/semisecco con quelli ad umido. Tale configurazione permette di raggiungere elevate efficienze di depurazione e di consentire eventualmente la marcia dell'impianto anche nel caso di anomalia di uno degli stadi che compongono la linea di depurazione dei fumi.

Un aspetto senza dubbio interessante riguarda la possibilità di eliminare gli scarichi liquidi, tramite un'eventuale loro ricircolazione alla sezione di preparazione del latte di calce. In questo caso risulta di fondamentale importanza l'adozione di misure (verifica e adeguata manutenzione dei filtri depolveratori e dello scrubber, impiego di sistemi di filtrazione sulla linea di ricircolo dell'acqua) tese ad evitare un eventuale rilascio incontrollato di microinquinanti (diossine, mercurio) adsorbiti sulle polveri disperse nelle acque di lavaggio, originabile da fenomeni di evaporazione/desorbimento preferenziali causati dal notevole incremento di temperatura tra l'uscita dello scrubber ed il reingresso a monte nella sezione di trattamento dei fumi.

E' da segnalare anche la recente introduzione di sistemi multistadio del tipo totalmente a secco costituiti da due iniezioni in serie di reagenti alcalini, seguiti entrambi da una filtrazione su filtro a maniche.

La rimozione dei microinquinanti

Riguardo ai microinquinanti inorganici (metalli pesanti) occorre ricordare che essi sono presenti sia in fase solida che vapore; la maggior parte condensano durante il trattamento dei fumi, concentrandosi nelle polveri. La loro rimozione dipende quindi, principalmente, dall'efficienza del depolveratore, soprattutto nei confronti delle particelle sub-microniche.

Gli attuali sistemi di depurazione consentono di raggiungere efficienze di rimozione dei metalli del 96-99%, fatta eccezione per il mercurio che, a causa della sua elevata volatilità, è presente nei fumi prevalentemente in fase vapore. Il crescente interesse dimostrato verso il controllo di tale inquinante, anche a seguito delle preoccupazioni sui potenziali effetti negativi sulla salute, ha portato a fissare il limite a livello europeo di 0,05 mg/Nm³, fatto proprio dal DLgs 133/2005 a livello nazionale. Conseguentemente si rende necessaria l'adozione di sistemi di trattamento a umido o ricorrere all'iniezione di carboni attivi nel caso dei sistemi a secco e semisecco. Alcune esperienze europee, fatte sull'impiego di tali accorgimenti, hanno dimostrato che è possibile raggiungere efficienze di abbattimento del mercurio fino al 97%.

Per quanto riguarda le diossine è ormai dimostrato che il solo controllo dei parametri della combustione e post-combustione (tempo, temperatura, turbolenza) non è condizione sufficiente a garantire il valore limite di emissione fissato a livello comunitario e nazionale (0,1 ng/Nm³ TE). Per il conseguimento di tali livelli di concentrazione occorre dunque procedere attraverso un meccanismo di chemi-adsorbimento, cioè un passaggio dalla fase vapore a quella condensata adsorbita su superfici solide. Tale passaggio è favorito dall'abbassamento della temperatura e dall'impiego di materiali con spiccate caratteristiche adsorbenti quali i carboni attivi. In alternativa è possibile conseguire la loro distruzione qualora sull'impianto sia installato un sistema di riduzione

degli ossidi azoto di tipo catalitico (Selective Catalytic Reduction, SCR) che risulta molto efficace a tal fine.

La rimozione degli ossidi di azoto

Le concentrazioni di ossidi di azoto attualmente rilevate in uscita da impianti di combustione di rifiuti sono mediamente comprese fra 300-400 mg/Nm³. Il conseguimento del limite normativo di 200 mg/Nm³ per gli ossidi azoto (NO_x) può dunque essere raggiunto solo con l'adozione di misure secondarie. I due processi normalmente impiegati sono del tipo a riduzione catalitica selettiva (SCR) e non catalitica (SNCR).

I sistemi SCR

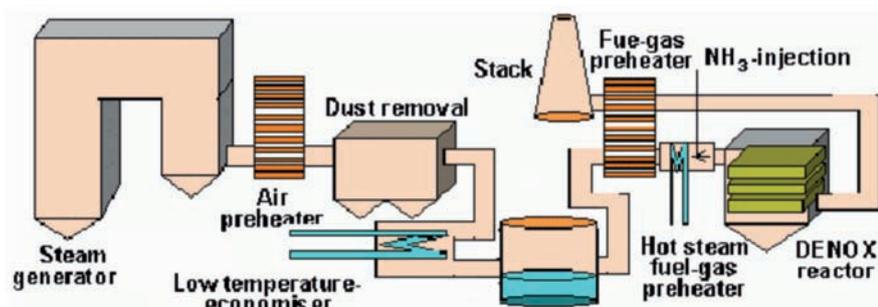
Consiste in un apposito reattore (figura A52), posto di norma alla fine della linea di depurazione dei fumi, nel quale viene iniettata ammoniaca (NH₃) nebulizzata che reagisce, su un supporto catalitico, con gli ossidi di azoto (NO_x) dando luogo alla formazione di azoto e di acqua. Tali sistemi consentono di raggiungere abbattimenti molto elevati (70-90%). La loro installazione appare giustificata solo quando sia veramente necessario il conseguimento di livelli di concentrazioni di NO_x molto bassi, perché caratterizzati da costi di investimento e di esercizio elevati. Tali sistemi si dimostrano inoltre efficaci anche nella rimozione finale dei composti organoclorurati (diossine).

L'impiego di ammoniaca non comporta particolari problemi di dosaggio; la soluzione commerciale, stoccata in appositi serbatoi, viene iniettata nella corrente gassosa per mezzo di un ugello polverizzatore. A monte del reattore un dispositivo di miscelazione statica garantisce la necessaria turbolenza alla corrente gassosa favorendo la distribuzione del reagente. L'utilizzo di una soluzione di urea come reagente richiede che la temperatura dei fumi da trattare sia superiore a 300°C, in modo da consentire all'urea stessa di decomporre in ammoniaca ed anidride carbonica.

Figura A52

Rimozione selettiva catalitica (SCR) degli ossidi di azoto

Fonte: Iaboni [A12]

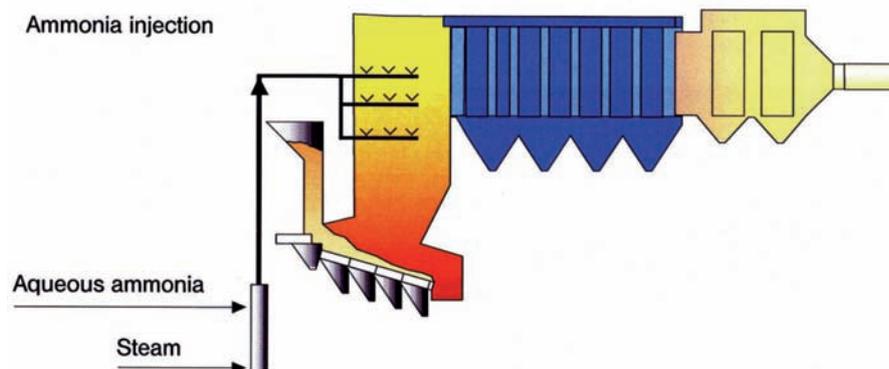


I sistemi SNCR

Il sistema SNCR consiste invece in un'iniezione di una soluzione acquosa di reagente (urea o ammoniaca) all'interno del generatore di vapore (figura A53), in un campo di temperature comprese, di norma, tra 850-1.050°C. Esso è caratterizzato da una minore complessità impiantistica e gestionale rispetto al sistema SCR, con costi oltretutto accettabili. I livelli di abbattimento riscontrati variano tra il 50 ed il 70% (sufficienti per il rispetto degli attuali limiti normativi), con eccessi di reagenti variabili tra il 20 e l'80%.

Figura A53 **Rimozione selettiva non catalitica (SNCR) degli ossidi di azoto**

Fonte: laboni [A12]

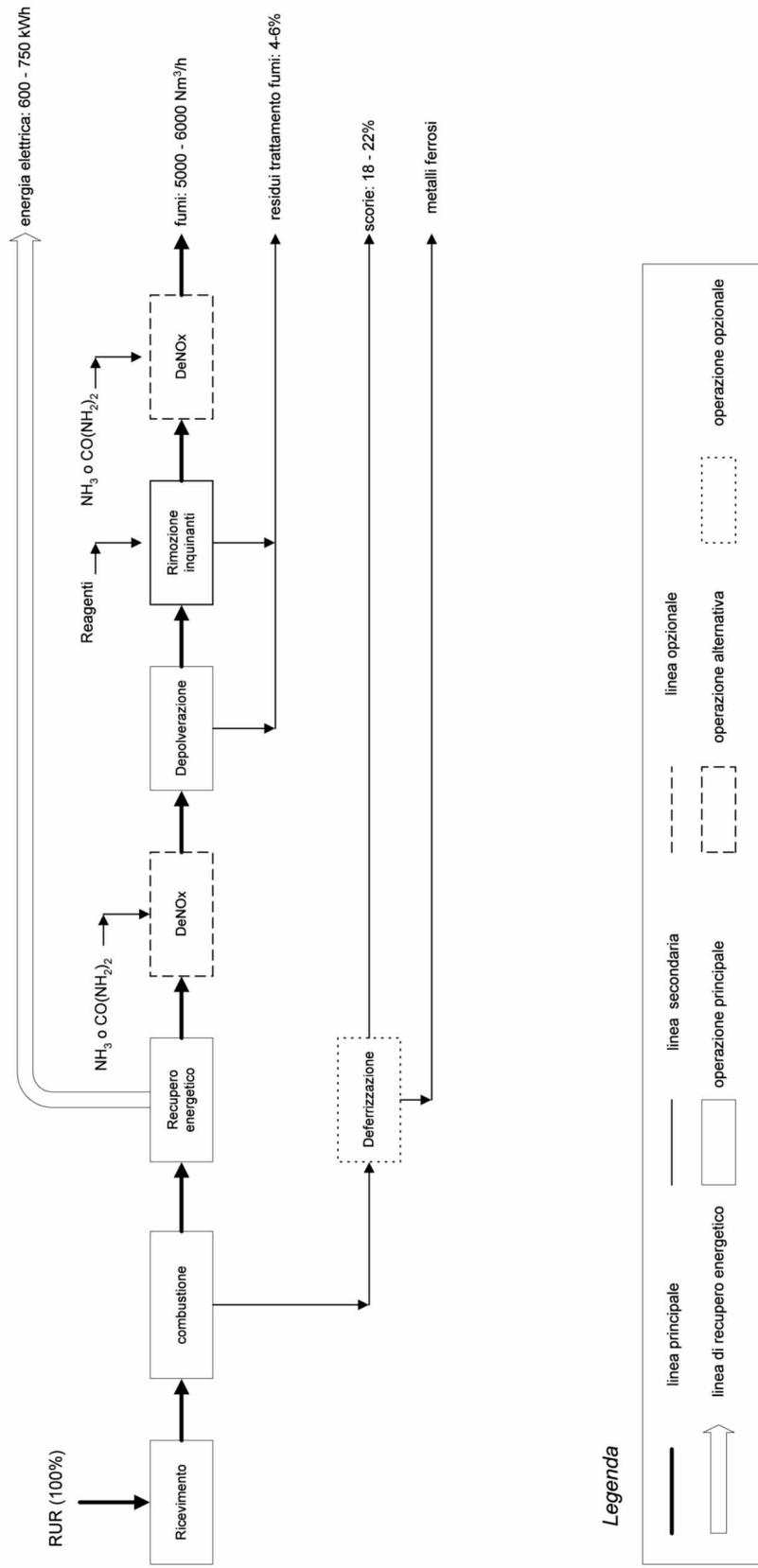


A3.3 Gli aspetti impiantistici

Le figure A54 e A55 riportano gli schemi semplificati dell'operazione di incenerimento con recupero energetico, applicata rispettivamente al trattamento di RUR e CDR. In analogia con gli schemi dei trattamenti TMB sono altresì indicati i bilanci di materia e ed energia. Dal loro confronto per le due linee di trattamento emerge come nel caso di combustione del CDR si ha una minore produzione di scorie e ceneri associata a maggiori volumi di fumi; ciò è da ascrivere alla minore presenza di inerti e metalli nel CDR rispetto ai rifiuti residui. Per quanto riguarda infine il recupero di energia, le prestazioni sono maggiori per la linea di trattamento del CDR a causa del suo potere calorifico più elevato.

Figura A54
Schema di principio dell'incenerimento di RUR con produzione di energia elettrica

Elaborazione ENEA



A4 ESEMPI APPLICATIVI

Vengono di seguito riportati alcuni esempi delle principali tecnologie di TMB che trovano applicazione a livello nazionale.

Per comodità di consultazione le varie soluzioni proposte sono state raggruppate in funzione della tecnica adottata, che è riconducibile alla finalità principale del trattamento e, all'interno di questa, in funzione delle apparecchiature o dei sistemi di trattamento adottati

A4.1 Tecnologie di digestione aerobica della frazione umida

I sistemi a biocelle

Le biocelle statiche

La tecnologia "Scarabeo"

La tecnologia "Scarabeo" sviluppata da Entsorga Srl consiste in una digestione aerobica realizzata mediante un sistema a biocelle statiche realizzate in cemento. Ciascuna unità modulare si compone di 4 biocelle ed è provvista di un sistema centralizzato per il controllo dei parametri operativi quali:

- l'aerazione;
- la captazione degli effluenti gassosi al biofiltro;
- l'umidificazione della massa in fermentazione;
- la rimozione del percolato.

I tempi di ritenzione sono dell'ordine dei 10-14 giorni, la capacità di trattamento per ogni biocella è di circa 6.000 t/a, mentre i consumi di energia elettrica dichiarati di circa 14 kWh/t.

La tecnologia "Scarabeo" è utilizzata negli impianti di compostaggio e TMB di Avezzano - Aielli (AQ) e di compostaggio di Vazzano (VV).

La tecnologia Biogeco

La tecnologia Biogeco, sviluppata dalla società omonima, fa uso di un sistema a biocelle statiche realizzate in cemento, rivestite interamente con resina, aventi dimensioni unitarie abbastanza rilevanti (1.100-1.300 m³). L'altezza dei cumuli costituiti dalla massa in fermentazione raggiunge i 5-6 metri; i parametri più importanti (profilo di temperatura in corrispondenza di varie altezze del cumulo, concentrazione dell'ossigeno) del processo di digestione aerobica vengono monitorati in continuo. Il tempo di residenza va da un minimo di 15 ad un massimo di 21 giorni, durante il quale le perdite di processo possono raggiungere il 30% in peso.

Analogamente alla tecnologia "Scarabeo" le biocelle Biogeco sono articolate in moduli, dispongono di sistema di aerazione centralizzato, controllo degli effluenti gassosi tramite biofiltri e scrubber ad umido, dosaggio di umidità della massa in fermentazione e prelievo del percolato.

La tecnologia Biogeco è utilizzata nell'impianto di San Rocco al Porto (LO).

La tecnologia Bio-De.CO

Il processo sviluppato dalla De.CO Engineering prevede unità modulari di tre biocelle che vengono sottoposte ad aerazione forzata da un unico circuito, con trattamento dell'aria esausta mediante biofiltro. I percolati e le condense generati nel corso del processo di digestione vengono raccolti tramite un sistema di tubature e canalette, e convogliati quindi ad una quarta biocella contenente lo strutturante triturato sul quale vengono irrorati, previa loro ossigenazione in vasche di decantazione.

Le biocelle dinamiche

La tecnologia "Thoeni Dynamic Modul"

La tecnologia Thoeni Dynamic Modul, sviluppata dalla Thoeni Srl, prevede unità modulari di 2 biocelle in cui il materiale viene sottoposto a rivoltamento periodico e insufflazione di aria con ricircolo in funzione della temperatura e delle concentrazioni di ossigeno e anidride carbonica. Il rivoltamento del cumulo è operato tramite l'azione combinata del pavimento mobile della biocella e delle coclee usate per il caricamento. Il contenuto di umidità della massa in fermentazione è controllato tramite un sistema ad irrorazione alimentato dai percolati e dalle condense generati nel corso del processo di digestione. Le arie esauste vengono trattate in uno scrubber ad umido e biofiltro del tipo a container scarrabile. La linea di trattamento più piccola è in grado di trattare fino a 6.000-7.000 t/a con tempi di ritenzione di circa 10-14 giorni.

La tecnologia Thoeni Dynamic Modul è utilizzata dall'impianto di compostaggio di Montagano (CB).

La tecnologia "Terravera"

La tecnologia "Terravera" è stata sviluppata per l'impianto di compostaggio di Annone Brianza (LC). E' basata sull'impiego di 6 biocelle dinamiche ("Bioprocessori Terravera") aventi potenzialità di circa 55 tonnellate per ogni ciclo della durata di 24 ore, per circa 20.000 t/a complessivamente. Il carico dei rifiuti e lo scarico del materiale trattato avvengono automaticamente tramite una pinza a polipo e dei trasportatori a catena completamente stagni. I bioprocessori sono collegati insieme ad un sistema centralizzato di aerazione forzata, captazione delle arie esauste con trattamento a biofiltro e raccolta dei percolati.

Tale tecnologia non è mai stata sviluppata industrialmente. La società Compostaggio Lecchese SpA attualmente esercisce un impianto di compostaggio classico a fermentazione aerobica.

I biotunnels

La tecnologia "Girasole"

La tecnologia "Girasole", sviluppata dalla Cesaro Impianti, è attualmente impiegata negli impianti di Carpi (MO), Ostellato (FE), Rimini, Voltana di Lugo (RA) e Montespertoli (FI).

I biotunnel hanno una superficie utile variabile da 400 a 1.600 m², con un volume fino a 4.000 m³. E' previsto un sistema di aerazione forzata a ricircolo e miscelazione con aria fresca esterna; è inoltre prevista l'irrorazione della massa in fermentazione per assicurarne il

contenuto in umidità. L'aria esausta viene depurata per mezzo di uno scrubber ad umido.

I biocontainers

La tecnologia "Le coccinelle"

La tecnologia "Le coccinelle", sviluppata dalla società Entsorga, consiste in una digestione aerobica condotta mediante un sistema a biocontainers scarrabili, ciascuno realizzato in metallo e con volume unitario di circa 25 m³, interamente rivestiti all'interno. I biocontainers vengono collegati a gruppi di otto in modo da costituire un modulo unitario o linea di trattamento e consentire il controllo centralizzato dei seguenti parametri operativi: nella massa in biodegradazione:

- disponibilità di ossigeno;
- temperatura;
- odori;
- grado di umidità.

L'aria insufflata tramite soffianti attraversa la pavimentazione grigliata dei biocontainers e penetra nella sostanza organica, mentre i gas esausti vengono aspirati tramite soffianti e convogliati ad un sistema di controllo degli odori costituito da biofiltri. Il livello di umidità è controllato da un sistema di dosaggio dell'acqua e di prelievo e ricircolo del percolato. I tempi di permanenza della massa organica all'interno dei biocontainer vanno dagli 8 ai 14 giorni con consumi di energia elettrica dichiarati di circa 6 kWh/t. La capacità di trattamento del singolo modulo è di 5.000-6.000 t/a.

La tecnologia "Le coccinelle" è applicata agli impianti di compostaggio di Boffalora d'Adda (LO), Osini (OG) e Ozzano (BO).

La tecnologia "Bio-De.CO"

La tecnologia Bio-De.CO sviluppata dalla De.CO engineering prevede la gestione di moduli costituiti da 6 containers scarrabili da 40 m³ ciascuno. Il sistema di aerazione, di captazione di percolati e condense, di umidificazione della massa in fermentazione e di trattamento tramite biofiltro delle arie esauste è comune ai sei containers che costituiscono il modulo. Ciascun modulo ha una capacità di 2.500-3.000 t/a, corrispondente ad un tempo di ritenzione di circa 14 giorni.

I cumuli con telo traspirante

Le tecnologie "Turtle - Q-ring" e "Q-Ring"

Queste tecnologie, messe a punto da Entsorga Srl, sfruttano l'impermeabilità rispetto alle sostanze gassose odorogene accoppiata con la capacità traspirante rispetto al vapore e all'anidride carbonica di un telo brevettato, denominato Q-ring, che ricopre i rifiuti da trattare. Il telo può ricoprire interamente il cumulo per un volume di circa 300 m³ o essere collocato a copertura di una vasca fermentativa. La platea sulla quale viene adagiato il cumulo permette l'insufflazione dell'aria la cui portata è regolata sulla base della misura della temperatura. Il telo è provvisto di tubi gocciolatori che permettono l'umidificazione del cumulo. I tempi di residenza vanno dagli 8 ai 21 giorni in funzione della composizione della massa e del grado di maturazione richiesto.

La tecnologia Bioe Control

La tecnologia sviluppata dalla Bio.E Srl prevede la copertura della massa in fermentazione con un telo traspirante analogo a quello Q-ring di Entsorga. In funzione dei quantitativi da trattare, la massa può essere disposta a singolo cumulo oppure ad una o più corsie. In quest'ultimo caso le corsie sono separate da muretti di altezza di 1,6 m che allo stesso tempo consentono di fissare al suolo le estremità del telo. La massa organica viene disposta su di una platea di cemento provvista di sistema di aerazione-ventilazione. Il tempo di ritenzione è dell'ordine dei 15-20 giorni.

I sistemi con reattore orizzontale

La tecnologia Biofix

La tecnologia Biofix, sviluppata dalla società austriaca Sutco GmbH, è stata adottata negli impianti di compostaggio di Terranova Bracciolini (AR) e di Trevignano (TV). Il reattore orizzontale a bacino, lungo fino a 120 m, dispone di una corsia di notevole ampiezza (fino a 33-35 m) e di un sistema di rivoltamento del cumulo piuttosto complesso. La massa in fermentazione avanza in senso longitudinale mentre il rivoltamento avviene in senso trasversale tramite coclee inclinate montate su carroponete. I tempi di ritenzione vanno da un minimo di 5 ad un massimo di 12 settimane. La platea su cui è adagiata la massa in fermentazione è provvista di sistema di aerazione forzata controllato dalla misura della temperatura. L'aria esausta viene trattata mediante biofiltro.

La tecnologia "HUMIX"

La tecnologia Humix, sviluppata dalla Sorain Cecchini Spa, si basa su di un reattore orizzontale a bacino provvisto di sistema a rivoltamento a coclee inclinate, montate su carroponete. La corsia dove è adagiata la massa in fermentazione è larga circa 10 metri e delimitata da muri in cemento. La lunghezza della corsia dipende dalla capacità di trattamento dell'impianto (5-50 t/g). La pavimentazione è percorsa dal sistema di ventilazione per l'aerazione forzata della massa organica regolata in funzione della temperatura. Percolati e condense vengono raccolti e utilizzati per l'umidificazione. Questa tecnologia è molto diffusa in Italia; come esempi si citano gli impianti di compostaggio di Borgo San Dalmazzo (CN), Maccaresse (RM), Mezzani (PR), Ozieri (SS), Pietramelina (PG) e Tempio Pausania (SS).

Le tecnologie di bioessiccazione

Le tecnologie di bioessiccazione sono impiegate di norma per la produzione di CDR, ma possono essere utilizzate, con modalità operative diverse, anche ai fini della biostabilizzazione e del compostaggio.

La tecnologia Ecodeco

La società Ecodeco, facente parte del Gruppo Industriale A2A, ha sviluppato una tecnologia che prevede il trattamento dei rifiuti per bioessiccazione mediante utilizzo di un reattore di tipo orizzontale a bacino provvisto di sistema di aerazione forzata. Dopo aver subito un pretrattamento di triturazione con riduzione dimensionale a 150-200

mm, i rifiuti vengono introdotti nel reattore dove, per effetto dell'attività di degradazione della sostanza organica ad opera dei microrganismi, vengono raggiunte temperature di 55 – 70°C.

Al termine di un periodo di 14–21 giorni [A9], i rifiuti bioessiccati presentano un contenuto di umidità inferiore al 20% e un PCI di 13 - 15 MJ/kg. Le perdite in peso della massa in fermentazione possono arrivare fino al 28% [A12]. Ciascun modulo consente di trattare da 25.000 a 40.000 t/a.

La resa finale in CDR raggiunge circa il 50%, con consumi elettrici specifici, comprensivi anche dello stadio finale di raffinazione, di circa 50 kWh/t.

La tecnologia Ecodeco è applicata negli impianti TMB di Cavaglià (BI), Corteolona (PV), Giussago (PV), Montanaso (LC), Lacchiarella (MI) e Villafalletto (CN); una linea per la produzione di compost è operativa nell'impianto di Giussago (PV).

La tecnologia Herhof – Ladurner

Si tratta di una tecnologia sviluppata in Germania da Herhof GmbH e commercializzata in Italia dalla Ladurner Srl.

Il cuore del trattamento consiste nell'impiego di reattori modulari del tipo a biocelle statiche di volume unitario pari a 320 m³, realizzate in cemento e isolate termicamente. La massa in fermentazione viene mantenuta in condizioni aerobiche a temperature comprese tra 40 e 60 °C tramite il ricircolo (fino all'80%) dell'aria esausta, con tempi di permanenza compresi tra i 7 e i 10 giorni. Le arie esauste in eccesso sono trattate in un sistema di tipo termico-rigenerativo.

Tramite questo trattamento è possibile ottenere una riduzione della massa dei rifiuti in ingresso fino a valori del 30%, con corrispondente aumento del potere calorifico di circa il 35% (in funzione della composizione e dell'umidità iniziale) e assicurare rese di produzione di CDR di circa il 50%.

In Italia la tecnologia Herhof è impiegata negli impianti produzione di CDR di Fusina (VE) e Varazze (SP), nonché nell'impianto di compostaggio di Albairate (MI).

La tecnologia "Hebiot"

La tecnologia "Hebiot", brevettata dalla società Entsorga, si basa sull'utilizzo di biocelle in calcestruzzo, dove la massa in fermentazione viene adagiata in cumuli di altezza pari a 3-4 metri. Il trattamento è in grado di assicurare una riduzione del volume di circa il 30%, con tempi di permanenza che sono funzione delle caratteristiche del prodotto finale richiesto (bioessiccato o CDR). Le condizioni operative (CO₂, temperatura) sono monitorate in continuo e controllate tramite un sistema di aerazione forzata che opera alternativamente ad insufflazione o in aspirazione. La corrente di arie esauste viene convogliata ad un sistema a biofiltro e successivamente ad un trattamento di tipo termico rigenerativo (tecnologia Phoenix-Adesolv) per la rimozione organici volatili, simile a quello della Herhof.

I consumi elettrici dichiarati sono compresi tra 60 e 70 kWh/t.

Applicazioni in Italia della tecnologia Hebiot riguardano l'impianto di produzione di CDR di Chieti, mentre è in fase di realizzazione una linea di bioessiccazione presso impianto di Vazzano (VV).

BIBLIOGRAFIA

- [A1] Lombardi L. (2006) *"Trattamenti meccanici biologici"*, disponibile su sito: <http://didattica.dma.unifi.it/WebWrite/pub/Energetica/ITRS0607/MBT.pdf>
- [A2] Li Jia, Zhenming Xu, Yaohe Zhou, (2007) *"Application of corona discharge and electrostatic force to separate metals and nonmetals from crushed particles of waste printed circuit boards"*, Journal of electrostatics 65, 233-238
- [A3] Zanella A. (2008) *"Progettazione e unità impiantistiche del compostaggio"*, disponibile sul sito: <http://www.image.unipd.it/>
- [A4] Sutco GmbH, documentazione tecnica disponibile su sito: www.sutco.de
- [A5] Danieli Srl, documentazione tecnica disponibile su sito: www.danieli-macchineagricole.it
- [A6] Ladurner Srl, documentazione tecnica disponibile su sito: www.ladurner.it
- [A7] Entsorga Srl, documentazione tecnica disponibile su sito: www.entsorga.it
- [A8] CRPA (a cura di) (2006) *"Stato dell'arte delle tecnologie di trattamento di tipo anaerobico e aerobico degli scarti organici"*, disponibile su sito: www.litcar.it
- [A9] AIMAG Srl, documentazione tecnica disponibile su sito: www.aimag.it
- [A10] EU Commission JRC (2003), *"Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Waters and Waste Gas Treatment Management Systems in the Chemical Sector"*, disponibile sul sito: <http://eippcb.jrc.es>
- [A11] Juniper Consultancy Services (a cura di) (2005) *"Mechanical-biological Treatment: A Guide for Decision Makers. Processes, Policies and Markets"*
- [A12] Iaboni V. (2008) *"Recupero energetico da combustibili derivati da rifiuti urbani e dissalazione di acqua di mare"*, Rapporto tecnico ENEA RT/2008/34/ACS

ALLEGATO ■ B |

Dati caratteristici
dell'impiantistica di trattamento
presente sul territorio nazionale

|B1 ■ SUB-ALLEGATO

**I trattamenti meccanici
post raccolta differenziata**

Tabella B1.1 – Impianti di trattamento di post raccolta differenziata: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
					N°
PIEMONTE					
1	Beinasco (TO)	n.d.	D.E.M.A.P Srl Via Giotto, 13 10092 Beinasco (TO)	D.E.M.A.P Srl Via Giotto, 13 10092 Beinasco (TO)	n.d.
2	Casale Monferrato (AL)	Strada Roncaglia, 4/c 15033 Casale Monferrato (AL)	Cosmo SpA Via A. Grandi, 45/c 15033 Casale Monferrato (AL)	Cosmo SpA Via A. Grandi, 45/c 15033 Casale Monferrato (AL)	77.000
					44
3	Piossasco (TO)	Località Pessacollo 10045 Piossasco (TO)	Co.Va.R. 14 Via Cagliero, 3/i 10041 Carignano (TO) http://www.covar14.it	Co.Va.R. 14 Via Cagliero, 3/i 10041 Carignano (TO) http://www.covar14.it	n.d.
LOMBARDIA					
4	Arese (MI)	Viale Alfa Romeo, 20 20020 Arese (MI)	Caris Srl Viale Alfa Romeo, 20 20020 Arese (MI)	Caris Srl Viale Alfa Romeo, 20 20020 Arese (MI)	n.d.
5	Casalpusterlengo (LO)	Località Coste Fornaci 26841 Casalpusterlengo (LO)	Pantaeco Srl Via Cavallotti, 51 26841 Casalpusterlengo (LO)	Pantaeco Srl Via Cavallotti, 51 26841 Casalpusterlengo (LO)	n.d.
6	Cedrasco (SO)	Località Ravigne 23010 Cedrasco (SO)	S.EC.AM. SpA Via Trieste, 36/a 23100 Sondrio (SO) www.secam.net	S.EC.AM. SpA Via Trieste, 36/a 23100 Sondrio (SO) www.secam.net	n.d.
7	Novate Milanese (MI)	n.d.	Seriplast Spa Via F.lli Feltrami 20026 Novate M. (MI)	Seriplast Spa Via F.lli Feltrami 20026 Novate M. (MI)	n.d.
8	Verderio Inferiore (LC)	n.d.	Seruso Spa Via Piave, 89 23879 Verderio Inferiore (LC) www.sileaspa.it	Seruso Spa Via Piave, 89 23879 Verderio Inferiore (LC) www.sileaspa.it	n.d.
9	Villa Poma (MN)	Via Roma Nord, 207 46020 Villa Poma (MN)	La Vetri Srl Via Roma Nord, 207 46020 Villa Poma (MN) www.lavetri.it	La Vetri Srl Via Roma Nord, 207 46020 Villa Poma (MN) www.lavetri.it	n.d.

Tabella B1.1 – Impianti di trattamento di post raccolta differenziata: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TRENTINO ALTO ADIGE					
10	Lavis (TN)	n.d.	Ricicla Trentino Srl Via F. Filos, 47 38015 Lavis (TN)	Ricicla Trentino Srl Via F. Filos, 47 38015 Lavis (TN)	n.d.
VENETO					
11	Caorle (VE)	n.d.	Ecoverde Snc Strada Riello, 2 30021 Caorle (VE)	Ecoverde Snc Strada Riello, 2 30021 Caorle (VE)	n.d.
12	Godega di Sant'Urbano (TV)	Via degli Olmi, 11/15 31010 Godega di Sant'Urbano (TV)	Ritec Srl Via M. Piovesana, 146/d 31015 Conegliano Veneto (TV)	Idealservice Srl Via Basaldella, 90 33037 Pasian di Prato (UD)	350.000
					42
13	Monselice (PD)	n.d.	Centro Riciclo Monselice SpA Via Umbria, 18 35043 Monselice (PD)	Centro Riciclo Monselice SpA Via Umbria, 18 35043 Monselice (PD)	n.d.
14	Sandrigo (VI)	n.d.	ACOVIS srl Via Galvani 36066 Sandrigo (VI)	ACOVIS srl Via Galvani 36066 Sandrigo (VI)	n.d.
15	Vedelago (TV)	Via Molino, 17 31050 Vedelago (TV)	Centro Riciclo Vedelago Spa Via Molino, 17 31050 Vedelago (TV) www.centroriciclo.com	Centro Riciclo Vedelago Spa Via Molino, 17 31050 Vedelago (TV) www.centroriciclo.com	n.d.
FRIULI VENEZIA GIULIA					
16	San Giorgio di Nogaro (UD)	Via A. Volta Z.I. Aussa Corno 33058 San Giorgio di Nogaro (UD)	Idealservice Scrl Via Basaldella, 90 33037 Pasian di Prato (UD)	Idealservice Scrl Via Basaldella, 90 33037 Pasian di Prato (UD)	240.000
					60
EMILIA ROMAGNA					
17	Coriano (RN)	Via Raibano, 32 47853 Coriano (RN)	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	n.d.
18	Ferrara	n.d.	Ecosfera SpA Via S. Trenti, 32 44100 Ferrara	Ecosfera SpA Via S. Trenti, 32 44100 Ferrara	n.d.

Tabella B1.1 – Impianti di trattamento di post raccolta differenziata: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
EMILIA ROMAGNA (segue)					
19	Modena	Via Caruso, 150 41100 Modena	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	n.d.
20	Mordano (BO)	Via Selice, 12/A 40027 Mordano (BO)	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	n.d.
21	Sala Bolognese (BO)	n.d.	Specialtrasporti Srl Via Labriola, 6 40010 Sala Bolognese (BO)	Specialtrasporti Srl Via Labriola, 6 40010 Sala Bolognese (BO)	n.d.
22	Voltana di Lugo (RA)	Via Traversano, 30 48022 Voltana di Lugo (RA)	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	Akron SpA Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.gruppohera.it	n.d.
TOSCANA					
23	Asciano – Pian delle Cortine (SI)	Località Pian delle Cortine 53041 Asciano (SI)	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	n.d.
24	Empoli (FI)	n.d.	Revet SpA Via 8 Marzo, 9 50053 Empoli (FI) www.csaimpanti.it	Revet SpA Via 8 Marzo, 9 50053 Empoli (FI) www.csaimpanti.it	230.760 30
LAZIO					
25	Pomezia (RM)	Via Laurentina km 24,500 00040 Pomezia (RM)	AMA SpA Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.ama.it	AMAgest Srl Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.ama.it	3.000.000 2
26	Rocca Cencia (RM)	Via di Rocca Cencia, 301 00132 Roma	AMA SpA Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.ama.it	AMAgest Srl Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.ama.it	3.000.000 2

Tabella B1.1 – Impianti di trattamento di post raccolta differenziata: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
CAMPANIA					
27	Caivano (NA)	S.S. 87 Sannitica Zona ASI Pascarola 80023 Caivano (NA)	Di Gennaro SpA S.S. 87 Sannitica Zona ASI Pascarola 80023 Caivano (NA)	Di Gennaro SpA S.S. 87 Sannitica Zona ASI Pascarola 80023 Caivano (NA)	n.d.
PUGLIA					
28	Brindisi		Alfaedile srl Via Nobel, 16 72100 Brindisi	Alfaedile srl Via Nobel, 16 72100 Brindisi	n.d.
29	Campi Salentina (LE)	Via Fratelli Rosselli 73012 Campi Salentina (LE)	Sud Gas Srl Via F.lli Rosselli, 21 73012 Campi Salentina (LE)	Sud Gas Srl Via F.lli Rosselli, 21 73012 Campi Salentina (LE)	334.629
					25
30	Cerignola (FG)	C.da Forcone di Cafiero 71042 Cerignola (FG)	Società Igiene Ambientale Consorzio FG/4 srl Via Nizza, 48/50 71042 Cerignola (FG)	Società Igiene Ambientale Consorzio FG/4 srl Via Nizza, 48/50 71042 Cerignola (FG)	n.d.
31	Lequile (LE)	S.S. 101 km 9,300 73010 Lequile (LE)	Ecotecnica Srl S.S. 101 km 9,300 73010 Lequile (LE)	Ecotecnica Srl S.S. 101 km 9,300 73010 Lequile (LE)	n.d.
32	Molfetta (BA)	Z.I. Lotto C 70056 Molfetta (BA)	ASM di Molfetta Z.I. Lotto C 70056 Molfetta (BA)	ASM di Molfetta Z.I. Lotto C 70056 Molfetta (BA)	n.d.
SICILIA					
33	Camporotondo Etneo (CT)	Zona Artigianale Capannone 0 95040 Camporotondo Etneo (CT)	Ecolit Srl Zona Artigianale Capannone 0 95040 Camporotondo Etneo (CT)	Ecolit Srl Zona Artigianale Capannone 0 95040 Camporotondo Etneo (CT)	n.d.
Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.					

Tabella B1.2 - Principali caratteristiche tecniche degli impianti di trattamento post RD (2008) ⁽¹⁾

N°	Località	N° Linee	Anno Avviamento ultima ristrutturazione	Stato	Capacità di trattamento (t/a)	Trattamenti
1	Beinasco (TO) ⁽²⁾	1	2004	0	45.000	HS+LS+MS+Vb+IR+P
2	Casale Monferrato (TO)	2	2000	0	8.500	HS HS+P
3	Piossasco (TO) ⁽³⁾	1	2008	R	7.500	n.d.
5	Casalpusterlengo (LO)	2	1996/00 2007/08	0	60.000	HS+P LS+MS+Vb+Vr+P
6	Cedrasco (SO)	1	1998	0	33.700	LS+HS+MS+ED+Vr+P
8	Verderio Inferiore (LC) ⁽⁴⁾	1	2006	0	95.000	HS+MS+T+V+P
9	Villa Poma (MN)	2	1995/06 2007	0	49.920	HS+MS+ED+S+P HS+MS+ED+Vr+S+P
12	Godega Sant'Urbano (TV)	1	1999	0	30.000	LS+Vb/Vr+MS+HS+P
15	Vedelago (TV)	2	2004 2007	0	30.000	HS+MS+ED T+MS+ED+MX
16	San Giorgio di Nogaro (UD)	1	1999	0	50.000	LS+Vb/Vr+MS+HS+P
18	Ferrara ⁽⁵⁾	2	2005	0	50.000	HS+MS+T+V+P
20	Mordano (BO)	1	n.d.	0	67.500	HS+Vv+P+MS
22	Voltana di Lugo (RA)	1	n.d.	0	50.000	Vr+HS+P+MS
	Totale Nord	18			577.120	
23	Asciano (SI)	1	2002/08	0	20.000	HS+ Vv+MS +ED+ A
25	Pomezia (RM)	1	1998	0	31.200	V+MS+S+Vv+ED+HS+P
26	Rocca Cencia (RM)	1	2004/07	0	62.400	V+MS+S+Vv+ED+HS+P
	Totale Centro	3			113.600	
29	Campi Salentina (LE)	2	2001	0	14.000	LS+HS+MS+ED+P T+Vr+MS+HS
32	Molfetta (BA)	1	2003	0	15.000	LS+HS+MS+ED+P+Vr
	Totale Sud	3			29.000	
	Totale Italia	24			719.720	

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ I dati riportati in corsivo sono ripresi da fonti bibliografiche, inclusi i documenti presenti sui siti internet dei gestori e/o proprietari.

⁽²⁾ L'impianto di Beinasco realizza, tramite separatori con lettore IR, una selezione spinta della plastica in materiali di varia tipologia quali: HDPE, PET bianco, PET azzurro, PET di colore misto, film in PE HD/LD, plastica eterogenea.

⁽³⁾ L'impianto di Piossasco non è mai entrato in funzione.

⁽⁴⁾ Dati ripresi dal sito WEB del gestore dell'impianto (Seruso Spa)

⁽⁵⁾ Dati ripresi dal sito WEB di HERA SpA (autorizzazione della Provincia di Ferrara)

Legenda:

(voce "stato di funzionamento"): 0 = operativo; R = in ristrutturazione.

(voce "trattamenti"): A = separazione aerea; ED = separazione metalli non ferrosi; HS = separazione manuale; IR = separazione per infrarosso;

LS = lacerazione sacchi; MS = separazione magnetica; P = pressatura/compattazione; S = separazione a depressione con tamburo rotante;

Vb = vagliatura balistica; Vr = vagliatura rotante; Vv = vagliatura vibrante, nd = non dichiarato.

Tabella B1.3 – Quantitativi rifiuti trattati, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Multimateriale		Monomateriale			Totale	
			Carta e cartone ⁽²⁾	Plastica	Vetro	Metalli	Altro	
1	Beinasco (TO)	12.125	8.387	4.634	1.788	208	2.627	29.768
2	Casale Monferrato (AL)	0	3.260	805	0	356	4.153	8.574
3	Piossasco (TO)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Casalpusterlengo (LO)	2.000	4.000	12.000	0	0	0	18.000
6	Cedrasco (SO) ⁽³⁾	1.616	14.171	1.019	6.045	1.215	7.235	31.301
8	Verderio Inferiore (LC) ⁽⁴⁾	16.155	1.709	11.537	0	0	0	29.401
9	Villa Poma (MN)	16.400	0	0	0	0	0	16.400
12	Godega di Sant'Urbano (TV)	11.748	14.980	2.118	0	0	8.674	37.520
15	Vedelago (TV)	17.700	0	4.300	0	0	2.600	24.600
16	San Giorgio di Nogaro (UD)	0	21.628	7.270	6.113	0	0	35.011
18	Ferrara	13.472	9.318	5.149	1.986	231	2.919	33.076
20	Mordano (BO)	18.187	12.580	6.951	2.681	312	3.941	44.653
22	Voltana di Lugo (RA)	13.472	9.318	5.149	1.986	231	2.919	33.076
	Totale Nord	122.874	99.351	60.933	20.600	2.554	35.068	341.380
23	Asciano (SI)	5.389	3.727	2.060	795	93	1.168	13.232
25	Pomezia (RM)	9.859	0	0	0	0	0	9.859
26	Rocca Cencia (RM)	22.429	0	0	0	0	0	22.429
	Totale Centro	37.677	3.727	2.060	795	93	1.168	45.520
29	Campi Salentina (LE)	1.684	3.598	928	1.263	224	0	8.145
32	Molfetta (BA)	5.000	9.000	0	2.000	0	0	16.000
	Totale Sud	6.684	13.046	928	3.263	224	0	24.145
	Totale Italia	167.235	116.124	63.921	2.4657	2.871	36.235	411.045

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ I dati degli impianti riportati in corsivo sono stimati in accordo alla metodologia descritta al punto 2.3.

⁽²⁾ La voce "carta e cartoni" include: raccolta differenziata di carta e cartone, imballaggi di cartone da attività commerciali, riviste invendute, carta da ufficio.

⁽³⁾ La voce altro include rifiuti ingombranti.

⁽⁴⁾ L'impianto è entrato in esercizio nel giugno 2006 subentrando, nell'ambito territoriale della provincia di Lecco, all'impianto di Monticello Brianza dismesso il 1.11.2006. I dati di esercizio disponibili dal sito della Silea Spa si riferiscono alle quantità trattate nel 2006 dall'impianto di Monticello Brianza.

Legenda: n.a. = non applicabile

Tabella B1.4 – Quantitativi di frazioni valorizzabili, tonnellate (2007)

N°	Località ⁽¹⁾	Carta	Plastica	Vetro	Metalli ferrosi	Metalli non ferrosi	Legno	Altro	Scarti	Totale
1	Beinasco (TO)	10.030	6.185	6.286	646	186	570	65	3.535	27.502
2	Casale Monferrato (AL)	2.990	566	0	353	0	1.129	0	588	5.626
3	Piossasco (TO)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	Casalpusterlengo (LO)	4.000	9.200	0	40	40	0	0	0	13.280
6	Cedrasco (SO)	13.671	1.455	5.917	2.103	0	2.003	195	9.554	34.898
8	Verderio Inferiore (LC) ⁽²⁾	8.571	13.688	0	241	0	0	322	6.579	29.401
9	Villa Poma (MN)	0	3.116	10.169	985	164	0	0	1.966	16.400
12	Godega di Sant'Urbano (TV)	17.675	5.161	5.762	276	380	0	0	1.210	30.464
15	Vedelago (TV)	0	1.330	0	0	0	0	0	0	1.330
16	San Giorgio di Nogaro (UD)	20.084	4.543	5.956	47	881	0	0	1.693	33.204
18	Ferrara	11.144	6.872	6.985	718	207	633	72	3.927	30.558
20	Mordano (BO)	15.045	9.277	9.429	970	279	855	97	5.302	41.254
22	Voltana di Lugo (RA)	11.144	6.872	6.985	718	207	633	72	3.927	30.558
	Totale Nord	114.353	68.264	57.489	7.098	2.344	5.823	823	38.281	294.476
23	Asciano (SI)	4.458	2.749	2.794	287	83	253	29	1.571	12.223
25	Pomezia (RM)	0	1.755	5.315	338	0	0	0	966	8.374
26	Rocca Cencia (RM)	0	4.470	13.818	481	0	0	0	2.842	21.611
	Totale Centro	4.458	8.974	21.927	1.106	83	253	29	5.379	42.208
29	Campi Salentina (LE)	4.452	938	1.288	192	6	417	0	419	7.713
32	Molfetta (BA)	8.625	3.150	1.960	105	15	1.000	0	2.400	17.255
	Totale Sud	13.077	4.088	3.248	297	21	1.417	0	2.819	24.968
	Totale Italia	131.889	81.326	82.664	8.501	2.448	7.493	852	46.479	361.651

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ I dati degli impianti in corsivo sono stati stimati con la metodologia descritta al punto 2.3.

⁽²⁾ L'impianto di Verderio Inferiore è entrato in esercizio nel giugno 2006 subentrando, nell'ambito territoriale della provincia di Lecco, all'impianto di Monticello Brianza dismesso il 1.11.2006. I dati di esercizio disponibili dal sito della Silea Spa si riferiscono alle quantità trattate nel 2006 dall'impianto di Monticello Brianza.

Legenda: n.a. = non applicabile

|B2. SUB-ALLEGATO

La produzione di compost

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
VALLE D'AOSTA					
1	Brissogne (AO)	Località L'Ile Blonde, 1 11020 Brissogne (AO)	Valeco SpA Regione Borgnalle, 10 11100 Aosta www.valecospa.it	Valeco SpA Regione Borgnalle, 10 11100 Aosta www.valecospa.it	n.d.
PIEMONTE					
2	Albiano d'Ivrea (TO)	Via Breda 10015 Albiano d'Ivrea (TO)	Roffino Srl Vicolo Taglianti, 5 10015 Albiano d'Ivrea (TO)	Roffino Srl Vicolo Taglianti, 5 10015 Albiano d'Ivrea (TO)	n.d.
3	Alessandria Castelceriolo (AL)	Via Kennedy, 504 15072 Frazione Castelceriolo (AL)	A.R.A.L. SpA Via Kennedy, 504 15072 Frazione Castelceriolo (AL)	A.R.A.L. SpA Via Kennedy, 504 15072 Frazione Castelceriolo (AL)	150.000
					32
4	Biella (BI)	Via Per Candelo, 135 13900 Biella	SEA Biella SpA Via Per Candelo, 135 13900 Biella	SEA Biella SpA Via Per Candelo, 135 13900 Biella	n.d.
5	Borgaro Torinese (TO)	Via Mappano, 25 10071 Borgaro Torinese (TO)	AMIAT SpA Via Germagnano, 50 10153 Torino www.amiat.it	AMIAT SpA Via Germagnano, 50 10153 Torino www.amiat.it	180.000
					211
6	Borgo San Dalmazzo (CN)	Via Ambivo, 63 12011 Borgo San Dalmazzo (CN)	ACSR SpA Via Ambivo, 63 12011 B. San Dalmazzo (CN)	Secit Spa Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secitspa.it	150.000
					54
7	Cafasse (TO)	n.d.	F.Ili Airaudi SnC Corso Mandelli, 10 10070 Cafasse (TO)	F.Ili Airaudi SnC Corso Mandelli, 10 10070 Cafasse (TO)	n.d.
8	Casalcermelli (AL)	Località Cascina Rosa 15072 Casalcermelli (AL)	E.CO.PI SpA Località Cascina Rosa 15072 Casalcermelli (AL)	E.CO.PI SpA Località Cascina Rosa 15072 Casalcermelli (AL)	n.d.
9	Chieri (TO)	Località Borbogliosa 10021 Chieri (TO)	Azienda Agricola Molinetto 10021 Pecetto Torinese (TO)	Azienda Agricola Molinetto 10021 Pecetto Torinese (TO)	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
PIEMONTE (segue)					
10	Collegno (TO)	n.d.	Consorzio C.A.DO.S Corso Francia, 98 10098 Rivoli (TO)	Consorzio C.A.DO.S Corso Francia, 98 10098 Rivoli (TO)	n.d.
11	Cressa (NO)	Via Fornace 28012 Cressa (NO)	Impresa Monterosso Giardini Via Suno, 16, 28012 Cressa (NO)	Impresa Monterosso Giardini Via Suno, 16 28012 Cressa (NO)	n.d.
12	Fossano (CN)	Frazione Loreto, 9/1 12045 Fossano (CN)	San Carlo Srl Frazione Madonna di Loreto, 9/1 12045 Fossano (CN)	San Carlo Srl Frazione Madonna di Loreto, 9/1 12045 Fossano (CN)	n.d.
					35
13	Magliano Alfieri (CN)	Frazione Sant'Antonio Via IV Novembre 47/a 12050 Magliano Alfieri (CN)	Azienda Agricola Olmo Bruno Via A. Alfieri, 1/a 12050 Magliano Alfieri (CN)	Azienda Agricola Olmo Bruno Via A. Alfieri, 1/a 12050 Magliano Alfieri (CN)	n.d.
					n.d.
14	Pernate (NO)	Via Mirabella, 1 28067 Pernate (NO)	Consorzio Bacino Basso Novarese Via Gnifetti, 78 28100 Novara www.cbbn.it	Consorzio Bacino Basso Novarese Via Gnifetti, 78 28100 Novara www.cbbn.it	n.d.
15	Roasio (VC)	Regione Lotto 13060 Roasio (VC)	SI.FRA Ecologica Srl Via Ronzo, 16 13866 Masserano (BI)	SI.FRA Ecologica Srl Via Ronzo, 16 13866 Masserano (BI)	n.d.
16	Romagnano Sesia (NO)	Via Cascina Robbiati 28078 Romagnano Sesia (NO)	Azienda Agricola Cometti Mauro Via Martinetti, 120 28010 Cavallirio (NO)	Azienda Agricola Cometti Mauro Via Martinetti, 120 28010 Cavallirio (NO)	n.d.
17	Riva Presso Chieri (TO)	Cascina Vernante, 7 10020 Riva Presso Chieri (TO)	C.R. Vernante Cascina Vernante, 7 10020 Riva Presso Chieri (TO)	C.R. Vernante Cascina Vernante, 7 10020 Riva Presso Chieri (TO)	n.d.
18	San Damiano d'Asti (AT)	Località Martinetta, 100 14030 San Damiano d'Asti (AT)	GAIA SpA Via Brofferio, 48 14100 Asti www.gaia.at.it	GAIA SpA Via Brofferio, 48 14100 Asti www.gaia.at.it	210.000
					118

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali					
N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
PIEMONTE (segue)					
19	Saluzzo (CN)	Località Cascina Manta 12030 Frazione Cervignasco n.32 (CN)	Coop. Agricola Galatero Srl Località Cascina Manta 12030 Frazione Cervignasco n.32 (CN) www.galatero.it	Coop. Agricola Galatero Srl Località Cascina Manta 12030 Frazione Cervignasco n.32 (CN) www.galatero.it	–
20	San Nazzaro Sesia (NO)	Cascina Molino Devesio 28060 San Nazzaro Sesia (NO)	Koster Srl Cascina Molino Devesio 28060 San Nazzaro Sesia (NO)	Koster Srl Cascina Molino Devesio 28060 San Nazzaro Sesia (NO)	–
21	Sommariva Perno (TO)	Località Mago 12040 Sommariva Perno (CN)	Società Trattamento Rifiuti Srl. Piazza Risorgimento, 1 12051 Alba (CN)	Società Trattamento Rifiuti Srl. Piazza Risorgimento, 1 12051 Alba (CN)	n.d.
					n.d.
22	Strambino (TO)	Via Consolata snc Frazione Carrone 10019 Strambino (TO)	Panelli Impianti Ecologici SpA Via Tacito, 6 20137 Milano	Panelli Impianti Ecologici SpA Via Tacito, 6 20137 Milano	n.d.
					n.d.
23	Torino	–	Italconcimi Srl Corso Regina Margherita, 497 10144 Torino www.italconcimi.com	Italconcimi Srl Corso Regina Margherita, 497 10144 Torino www.italconcimi.com	–
24	Vinovo (TO)	–	Veolia SpA Via Candiolo, 39 10048 Vinovo (TO) www.veolia.com	Veolia SpA Via Candiolo, 39 10048 Vinovo (TO) www.veolia.com	–
LOMBARDIA					
25	Albairate (MI)	Cascina Marcatutto, 7 20080 Albairate (MI)	Ladurner SpA Zona Industriale 11 39011 Lana (BZ) www.ladurner.it	Ladurner SpA Zona Industriale 11 39011 Lana (BZ) www.ladurner.it	n.d.
					n.d.
26	Annone Brianza (LC)	Località Tassera 23841 Annone Brianza (LC)	Compostaggio Lecchese SpA Via L. Vassena, 6 23868 Valmadrera (LC) www.sileaspa.it	Compostaggio Lecchese SpA Via L. Vassena, 6 23868 Valmadrera (LC) www.sileaspa.it	150.000
					n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
LOMBARDIA (segue)					
27	Anzano al Parco (CO)	Via Cantù, 5 22030 Montorfano (CO)	Garden dei Fratelli Radaelli Via Cantù, 5 22030 Montorfano (CO)	Garden dei Fratelli Radaelli Via Cantù, 5 22030 Montorfano (CO)	—
28	Bagnolo Mella (BS)	Località Polino Via Manerbio, 22 25021 Bagnolo Mella (BS)	ex ECOPOL Systema Ambiente Srl Via Manerbio, 22 25021 Bagnolo Mella (BS)	ex ECOPOL Systema Ambiente Srl Via Manerbio, 22 25021 Bagnolo Mella (BS)	—
29	Barbariga (BS)	Via Strada Vicinale della Valdico snc 25030 Barbariga (BS)	F.lli David di David Giovanni & C sas Via Strada Vicinale della Valdico snc 25030 Barbariga (BS)	F.lli David di David Giovanni & C sas Via Strada Vicinale della Valdico snc 25030 Barbariga (BS)	—
30	Bellinzago Lombardo (MI)	—	Neri Enrico e Piergiorgio 20060 Bellinzago Lombardo (MI)	Neri Enrico e Piergiorgio 20060 Bellinzago Lombardo (MI)	—
31	Besano (VA)	—	Besano Ambiente Srl Via Bernasca, 6 21050 Besano (VA)	Besano Ambiente Srl Via Bernasca, 6 21050 Besano (VA)	—
32	Boffalora d'Adda (LO)	Località Coste e Fornaci snc 26841 Casalbusterlengo (LO)	Fergeo Srl Località Coste e Fornaci snc 26841 Casalbusterlengo (LO)	Fergeo Srl Loc. Coste e Fornaci snc 26841 Casalbusterlengo (LO)	n.d.
					n.d.
33	Calcinatè (BG)	—	Berco Srl Via Ninola, 34 24050 Calcinatè (BG) www.berco.org	Berco Srl Via Ninola, 34 24050 Calcinatè (BG) www.berco.org	—
34	Calvisano (BS)	—	Tercomposti Srl Via Zilie Inferiori, 42 25012 Calvisano (BS) www.tercomposti.com	Tercomposti Srl Via Zilie Inferiori, 42 25012 Calvisano (BS) www.tercomposti.com	—
35	Canzo (CO)	—	Pina Stefangelo Via delle Grigne 22035 Canzo (CO)	Pina Stefangelo Via delle Grigne 22035 Canzo (CO)	—

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali					
N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
LOMBARDIA (segue)					
36	Castelseprio (VA)	–	Azienda Agricola F.Ili Casotto Via Meriggia, 575 21050 Castelseprio (VA)	Azienda Agricola F.Ili Casotto Via Meriggia, 575 21050 Castelseprio (VA)	–
37	Castiglione di Stiviere (MN)	–	Biociclo Srl Località Gerra 46043 Castiglione delle Stiviere (MN) www.biociclo.it	Biociclo Srl Località Gerra 46043 Castiglione delle Stiviere (MN) www.biociclo.it	–
38	Chiari (BS)	–	Servizi Tecnologie Ambientali Franciacorta Staf Srl Via Gazzi di Sopra, 1 25032 Chiari (BS)	Servizi Tecnologie Ambientali Franciacorta Staf Srl Via Gazzi di Sopra, 1 25032 Chiari (BS)	–
39	Cirimido (CO)	–	Verdeambiente Srl Via Strada di Mezzo, 65 22070 Cirimido (CO)	Verdeambiente Srl Via Strada di Mezzo, 65 22070 Cirimido (CO)	–
40	Cittiglio (VA)	Località Noghetto 21033 Cittiglio (VA)	Agrimaggiore Srl Via per Mombello 21033 Cittiglio (VA)	Agrimaggiore Srl Via per Mombello 21033 Cittiglio (VA)	–
41	Cologno Monzese (MI)	SP 113 km 4,200	Econord Srl Via Giordani, 35 21100 Varese (VA) www.econord.it	Econord Srl Via Giordani, 35 21100 Varese (VA) www.econord.it	–
42	Desio (MI)	–	Brianza Energia Ambiente SpA Via Gaetana Agnesi, 272 20033 Desio (MI) www.beabrianza.it	Brianza Energia Ambiente SpA Via Gaetana Agnesi, 272 20033 Desio (MI) www.beabrianza.it	240.000 11
43	Ferrera Erbognone (PV)	Cascina Gallona 27032 Ferrera Erbognone (PV)	Azienda Agricola Allevi Srl Cascina Gallona 27032 Ferrera Erbognone (PV)	Azienda Agricola Allevi Srl Cascina Gallona 27032 Ferrera Erbognone (PV)	n.d. n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
LOMBARDIA (segue)					
44	Fino Mornasco (CO)	Via Costa, 3 22073 Fino Mornasco (CO)	Tea di Castelli Giuseppe e & sas Via Costa, 3 22073 Fino Mornasco (CO)	Tea di Castelli Giuseppe e & sas Via Costa, 3 22073 Fino Mornasco (CO)	n.d.
					n.d.
45	Gallarate (VA)	Strada Comunale dei Valletti 21013 Gallarate (VA)	Ricicleco Srl Strada Comunale dei Valletti 21013 Gallarate (VA)	Ricicleco Srl Strada Comunale dei Valletti 21013 Gallarate (VA)	n.d.
46	Galliate Lombardo (VA)	Via della Vignetta, 14 21020 Galliate Lombardo (VA)	Azienda Agricola Crespi Riccardo Via della Vignetta, 14 21020 Galliate Lombardo (VA)	Azienda Agricola Crespi Riccardo Via della Vignetta, 14 21020 Galliate Lombardo (VA)	n.d.
47	Ghedi (BS)	Frazione Cascina Canale Via Isorella, 5 25016 Ghedi (BS)	Florenter Srl. Frazione Cascina Canale Via Isorella, 5 25016 Ghedi (BS)	Florenter Srl. Frazione Cascina Canale Via Isorella, 5 25016 Ghedi (BS)	n.d.
48	Ghisalba (BG)	Cascina Vitevecchia in Via Villanova 24050 Ghisalba (BG)	GTM Spa Cascina Vitevecchia in Via Villanova 24050 Ghisalba (BG) www.gtm-spa.it	GTM Spa Cascina Vitevecchia in Via Villanova 24050 Ghisalba (BG) www.gtm-spa.it	n.d.
49	Giussago (PV)	Cascina Maggiore 27010 Giussago (PV)	Fertilvita Srl Cascina Maggiore 27010 Giussago (PV) www.fertilvita.it	Fertilvita Srl Cascina Maggiore 27010 Giussago (PV) www.fertilvita.it	670.000
					23
50	Goito (MN)	n.d.	Bio Industrie Srl Strada Bardelletta, 96/a/1 46044 Goito (MN)	Bio Industrie Srl Strada Bardelletta, 96/a/1 46044 Goito (MN)	n.d.
51	Grassobbio (BG)	Via Basella 24050 Grassobbio (BG)	Spurghi F.Ili Terzi Via Padre Elzi, 26 24050 Grassobbio (BG) www.spurghiterzi.it	Spurghi F.Ili Terzi Via Padre Elzi, 26 24050 Grassobbio (BG) www.spurghiterzi.it	250.000
					n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali					
N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
LOMBARDIA (segue)					
52	Guanzate (CO)	n.d.	Econord Srl Via Giordani, 35 21100 Varese www.econord.it	Econord Srl Via Giordani, 35 21100 Varese www.econord.it	n.d.
53	Mantova (MN)	n.d.	Fincom Italia Srl Via Vespucci, 7 46100 Mantova	Fincom Italia Srl Via Vespucci, 7 46100 Mantova	n.d.
54	Masate (MI)	n.d.	Azienda Agricola F.lli Martinelli Cascina Nuova 20060 Masate (MI)	Azienda Agricola F.lli Martinelli Cascina Nuova 20060 Masate (MI)	n.d.
55	Noviglio (MI)	20082 Tainate di Noviglio (MI)	System Eco Green Srl Via Mazzini, 2 20083 Barate di Gaggiano (MI) www.ecogreen.net	System Eco Green Srl Via Mazzini, 2 20083 Barate di Gaggiano (MI) www.ecogreen.net	n.d.
56	Origgio (VA)	n.d.	Erus Service Srl Via Foscolo, 2 20024 Garbagnate Milanese (MI)	Erus Service Srl Via Foscolo, 2 20024 Garbagnate Milanese (MI)	n.d.
57	Pralboino (BS)	n.d.	P.M. di Pettinari Massimo Piazza della Repubblica, 5 25020 Pralboino (BS)	P.M. di Pettinari Massimo Piazza della Repubblica, 5 25020 Pralboino (BS)	n.d.
58	Rodengo Saiano (BS)	n.d.	Paradello Ambiente Srl Via Paradello, 9 25050 Rodengo Saiano (BS) www.paradello.it	Paradello Ambiente Srl Via Paradello, 9 25050 Rodengo Saiano (BS) www.paradello.it	30.000
					20
59	Rudiano (BS)	n.d.	Paradello Ambiente Srl Via Paradello, 9 25050 Rodengo Saiano (BS) www.paradello.it	Paradello Ambiente Srl Via Paradello, 9 25050 Rodengo Saiano (BS) www.paradello.it	30.000
					20

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
LOMBARDIA (segue)					
60	San Rocco al Porto (LO)	Località Berghente, 4 26865 San Rocco al Porto (LO)	BIO.GE.CO.Srl Località Berghente, 4 26865 San Rocco al Porto (LO) www.biogeco.com	BIO.GE.CO.Srl Località Berghente, 4 26865 San Rocco al Porto (LO) www.biogeco.com	n.d.
61	Terranova dei Passerini (LO)	Via Mattei, 1 26827 Terranova dei Passerini (LO)	EAL Compost Corso Archinti, 100 26900 Lodi	EAL Compost Corso Archinti, 100 26900 Lodi	n.d.
62	Tradate (VA)	Via Pavia, 34 21049 Tradate (VA)	La natura che vive Srl di Vanin Gino Via Pavia, 34 21049 Tradate (VA) www.lanaturachevive.it	La natura che vive Srl di Vanin Gino Via Pavia, 34 21049 Tradate (VA) www.lanaturachevive.it	n.d.
63	Velmaio Arcisate (VA)	n.d.	Bini Carmelo Biotriturazioni Ecologiche Via Leonardo da Vinci, 28 21051 Arcisate (VA)	Bini Carmelo Biotriturazioni Ecologiche Via Leonardo da Vinci, 28 21051 Arcisate (VA)	n.d.
64	Vertemate (CO)	Via Prà Siria, 8 22070 Vertemate (CO)	Cortinovis Srl Via Prà Siria, 8 22070 Vertemate (CO)	Cortinovis Srl Via Prà Siria, 8 22070 Vertemate (CO)	n.d.
65	Vidigulfo (PV)	n.d.	Comune di Vidigulfo (PV) Via Ex Primo Maggio, 4 27018 Vidigulfo (PV)	Comune di Vidigulfo (PV) Via Ex Primo Maggio, 4 27018 Vidigulfo (PV)	n.d.
66	Villaguardia (CO)	Località Pionino 22079 Villaguardia (CO)	Consorzio Comense Inerti SpA Via Teresa Ciceri, 16 22100 Como www.conorzioinerti.it	Consorzio Comense Inerti SpA Via Teresa Ciceri, 16 22100 Como www.conorzioinerti.it	n.d.
67	Vimercate (MI)	Cascina Casiraghi, 15 20059 Vimercate (MI)	Tecnogarden Srl Via Del Buraghino 20059 Vimercate (MI)	Tecnogarden Srl Via Del Buraghino 20059 Vimercate (MI)	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
LOMBARDIA (segue)					
68	Zinasco (PV)	Località Cà Bianca snc 27030 Zinasco (PV)	Alan Srl Località Cà Bianca snc 27030 Zinasco (PV) www.alansrl.it	Alan Srl Località Cà Bianca snc 27030 Zinasco (PV) www.alansrl.it	n.d.
TRENTINO ALTO ADIGE					
69	Aldino (BZ)	n.d.	Comune di Aldino Dorf, 11 39040 Aldino (BZ)	Ecorott Srl Lerch, 23 39040 Aldino (BZ) www.ecorott.it	1.500
					1
70	Appiano (BZ)	n.d.	Comune di Appiano Piazza Municipio, 1 9057 Appiano s.s.d.v.	KOMP snc di Meraner Erich & Co Via della Torre, 12 39057 Appiano (BZ)	n.d.
71	Campo Tures (BZ)	n.d.	Comune di Campo Tures Via Municipio, 8 39032 Campo Tures (BZ)	Comune di Campo Tures Via Municipio, 8 39032 Campo Tures (BZ)	6.600
					2
72	Egna (BZ)	n.d.	Comune di Egna Via Portici, 22-23 39044 Egna (BZ)	Ecorott srl Lerch, 23 39040 Aldino (BZ) www.ecorott.it	n.d.
73	Levico Terme (TN)	Frazione Campiello Località Franzine, 2 38056 Levico Terme (TN)	Trentino Recycling Srl Frazione Campiello Località Tà Franzine, 2 38056 Levico Terme (TN)	Trentino Recycling Srl Frazione Campiello Località Tà Franzine, 2 38056 Levico Terme (TN)	n.d.
74	Naturno (BZ)	n.d.	Comune di Naturno Via Municipio, 1 39025 Naturno (BZ)	Ecorott srl Lerch, 23 39040 Aldino (BZ) www.ecorott.it	n.d.
75	Natz-Sciaves (BZ)	n.d.	Comunità Comprensoriale Valle Inarco Vicolo Porta Sabina, 3 39042 Bressanone (BZ) www.bzgeisacktal.it	Comunità Comprensoriale Valle Inarco Vicolo Porta Sabina, 3 39042 Bressanone (BZ) www.bzgeisacktal.it	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
TRENTINO ALTO ADIGE (segue)					
76	Rovereto (TN)	Via Navicello, 19 38068 Rovereto (TN)	Pasina Spa Via Navicello, 19 38068 Rovereto (TN) www.gruppobonora.it	Pasina Spa Via Navicello, 19 38068 Rovereto (TN) www.gruppobonora.it	80.000
					10
77	Silandro (BZ)	n.d.	Comunità Comprensoriale Valle Inarco Vicolo Porta Sabina, 3 39042 Bressanone (BZ) www.bzgeisacktal.it	Comunit Comprensoriale Valle Inarco Vicolo Porta Sabina, 3 39042 Bressanone (BZ) www.bzgeisacktal.it	n.d.
VENETO					
78	Arzignano (VI)	Via Canove 36075 Arzignano (VI)	Agno Chiampo Ambiente Srl Via dei Mille, 2/bis 36075 Arzignano (VI)	Società Igiene Territorio Spa Via Canove 36075 Arzignano (VI) www.sit-spa.com	n.d.
79	Boara Polesine (RO)	Via Curtatone, 244 45030 Boara Polesine (RO)	Nuova AMIT Srl Via Dell'Elettricità, 35 30175 Marghera (VE) www.amit.it	Nuova AMIT Srl Via Dell'Elettricità, 35 30175 Marghera (VE) www.amit.it	n.d.
80	Canda (RO)	Via Boalto a Ponente, 430 45020 Canda (RO)	Biocalos Srl Via Boalto a Ponente, 430 45020 Canda (RO) www.biocalos.it	Biocalos Srl Via Boalto a Ponente, 430 45020 Canda (RO) www.biocalos.it	n.d.
81	Cerea (VR)	Località Santa Teresa in Valle 37052 Cerea (VR)	Ni.mar Srl Località Valverde 37053 Cerea (VR)	Ni.mar Srl Località Valverde 37053 Cerea (VR)	n.d.
82	Este (PD)	Comuna n°5/B 35042 Este (PD)	S.E.S.A. SpA Società Estense Servizi Ambientali Via Principe Amedeo, 43/a 35042 Este (PD) www.sesaeste.it	S.E.S.A. SpA. Società Estense Servizi Ambientali Via Principe Amedeo, 43/a 35042 Este (PD) www.sesaeste.it	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
VENETO (segue)					
83	Fusina (VE)	Via della Geologia, 31 30175 Venezia	Ecoprogetto Venezia srl Via della Geologia, 31 30175 Venezia www.ecoprogettovenezia.it	Ecoprogetto Venezia srl Via della Geologia, 3 30175 Venezia www.ecoprogettovenezia.it	n.d.
84	Isola della Scala Località Barchi (VR)	Località Barchi 37063 Isola della Scala (VR)	Agrinord Srl Strada della Sconta 37063 Isola della Scala (VR)	Agrinord Srl Strada della Sconta 37063 Isola della Scala (VR)	n.d.
85	Isola della Scala Ca' Magre (VR)	Via Ca' Magré 37063 Isola della Scala (VR)	Agrofert Srl Via P. Maroncelli, 23 35129 Padova www.gruppocandeo.it	Agrofert Srl Via P. Maroncelli, 23 35129 Padova www.gruppocandeo.it	n.d.
86	Montecchio Precalcino (VI)	Via Astichello, 129 36030 Montecchio Precalcino (VI)	Bertuzzo Srl Via Astichello, 129 36030 Montecchio Precalcino (VI)	Bertuzzo Srl Via Astichello, 129 36030 Montecchio Precalcino (VI)	n.d.
					33
87	San Bonifacio (VR)	Località Lioncello 37047 San Bonifacio (VR)	Agriflor Srl Soave Center, Località Crosaron, 37041 San Bonifacio (VR)	Agriflor Srl Soave Center, Località Crosaron 37041 San Bonifacio (VR)	n.d.
88	Santa Giustina Bellunese (BL)	Località Masero 32035 Santa Giustina Bellunese (BL)	Dolomiti Ambiente Srl Via Col da Ren, 14 32100 Belluno	Dolomiti Ambiente Srl Via Col da Ren, 14 32100 Belluno	n.d.
89	Trevignano (TV)	Istituto Agrario 31040 Trevignano (TV)	Contarina Spa Via Vittorio Veneto, 6 31027 Spresiano (TV)	Ladurner SpA Zona Industriale, 11 39011 Lana (BZ) www.ladurner.it	300.000
					35
90	Valeggio sul Mincio (VR)	Località. Bivio Rosalba 37067 Valeggio sul Mincio (VR)	Biogarda Srl Via del Solco, 1 37067 Valeggio sul Mincio (VR) www.biogarda.com	Biogarda Srl Via del Solco, 1 37067 Valeggio sul Mincio (VR) www.biogarda.com	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
VENETO (segue)					
91	Vigonza (PD)	Via San Gregorio Barbarigo 35010 Vigonza (PD)	ETRA Spa Largo Parolini, 82 36010 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	ETRA Spa Largo Parolini, 82 36010 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	n.d.
92	Villa Bartolomea (VR)	Via Serragli, 1 37049 Villa Bartolomea (VR)	Fertitalia Srl Via Frattini, 48 37045 Legnago (VR)	Fertitalia Srl Via Frattini, 48 37045 Legnago (VR)	n.d.
FRIULI VENEZIA GIULIA					
93	Aviano 1 (PN)	n.d.	Snua Srl Via De Zan 33081 Aviano (PN)	Snua Srl Via De Zan 33081 Aviano (PN)	n.d.
94	Aviano 2 (PN)	n.d.	Snua Srl Via De Zan 33081 Aviano (PN)	Snua Srl Via De Zan 33081 Aviano (PN)	n.d.
95	Aviano 3 (PN)	n.d.	Daneco D. G.I Gruppo Unendo Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.com	Daneco D. G.I Gruppo Unendo Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.com	n.d.
96	Moraro (GO)	Località Gesimis, 5 34070 Moraro (GO)	IRIS SpA Via IX Agosto, 15 34170 Gorizia www.irisontina.it	IRIS-Isontina Reti Integrate e Servizi SpA Via IX Agosto, 15 34170 Gorizia www.irisontina.it	133.000
					24
97	Pordenone		Gea Spa Via Nuova Di Corva, 84/b 33170 Pordenone	Gea Spa Via Nuova Di Corva, 84/b 33170 Pordenone	n.d.
					97
98	San Giorgio di Nogaro (UD)	Via A. Volta 33058 San Giorgio di Nogaro (UD)	Daneco D. G.I Gruppo Unendo Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.com	Daneco D. G.I Gruppo Unendo Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.com	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
FRIULI VENEZIA GIULIA (segue)					
99	Staranzano (GO)	Località Bistrigna Via del Mulinat 34079 Staranzano (GO)	Comune di Staranzano Piazza Dante Alighieri, 26 34079 Staranzano (GO)	Sager Srl Via Roma 33048 San Giovanni al Natisono (UD)	47.000
					8
100	Talmassons (UD)	Località Sdusse, 53 33030 Talmassons (UD)	Ambiente Srl Località Sdusse, 53 33030 Talmassons (UD)	Ambiente Srl Località Sdusse, 53 33030 Talmassons (UD)	n.d.
LIGURIA					
101	Arcola (SP)	Il germoglio Località Boscalino 19021 Arcola (SP)	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	n.d.
102	Genova	Via Carpenara, 45 16155 Genova	AMIU Genova SpA Via XII Ottobre, 3 16121 Genova	AMIU Genova SpA Via XII Ottobre, 3 16121 Genova	75.000
					1
103	Taggia (IM)	Località Rio Ciuvin 18018 Taggia (IM)	Beusi Srl Via Periane, 21 18018 Taggia (IM)	System Ecogreen Srl Via Mazzini, 2 20083 Barate di Gaggiano (MI) www.ecogreen.net	n.d.
EMILIA ROMAGNA					
104	Bondeno (FE)	Località Gavello di Scortichino 44012 Bondeno (FE)	Ecoinvest Via Bologna, 292 44100 Ferrara	Ecoinvest Via Bologna, 292 44100 Ferrara	n.d.
105	Carpi (MO)	Località Fossoli Via Valle, 21 41012 Carpi (MO)	AIMAG Spa Via Merighi, 3 41037 Mirandola (MO) www.aimag.it	AIMAG Spa Via Merighi, 3 41037 Mirandola (MO) www.aimag.it	156.000
					11
106	Cavriago (RE)	n.d.	Enia Spa Via Nubi di Magellano, 30 42100 Reggio Emilia www.eniaspa.it	Enia Spa Via Nubi di Magellano, 30 42100 Reggio Emilia www.eniaspa.it	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
EMILIA ROMAGNA (segue)					
107	Cesena	Rio della Busca 47023 Cesena (FC)	Romagna Compost Srl Via Altiero Spinelli, 60 47023 Cesena www.romagnacompost.it	Romagna Compost Srl Via Altiero Spinelli, 60 47023 Cesena www.romagnacompost.it	350.000
					35
108	Cesenatico (FC)	Località Valloni Via Cannucceto 47042 Cesenatico (FC)	Salerno Pietro Srl Via San Savino, 52 47015 Modigliana (FC)	Salerno Pietro Srl Via San Savino, 52 47015 Modigliana (FC)	300.000
					10
109	Collecchio (BO)	S.S. n° 62 Ponte Scodogna 43044 Collecchio (BO)	Consorzio Boschi di Carrega S.S. n° 62 della Cisa Ponte Scodogna 43044 Collecchio (BO)	Consorzio Boschi di Carrega S.S. n° 62 della Cisa Ponte Scodogna 43044 Collecchio (BO)	n.d.
110	Faenza (RA)	Via Convertite, 8 48018 Faenza (RA)	Caviro Distillerie Srl Via Convertite, 8 48018 Faenza (RA) www.caviro.it	Caviro Distillerie Srl Via Convertite, 8 48018 Faenza (RA) www.caviro.it	n.d.
111	Coriano (RN)	n.d.	HERA SpA Viale C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	HERA SpA Viale C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	n.d.
112	Mancasale (RE)	n.d.	ENIA Spa Via Nubi di Magellano, 30 42100 Reggio Emilia www.eniaspa.it	ENIA Spa Via Nubi di Magellano, 30 42100 Reggio Emilia www.eniaspa.it	n.d.
113	Mezzani (PR)	Località Malcantone 43055 Mezzani (PR)	ENIA Spa Via Nubi di Magellano, 30 42100 Reggio Emilia www.eniaspa.it	Secit Spa (in ATI con GESENU) Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secit.it	n.d.
114	Nonantola (MO)	Via Provinciale Est, 147 41015 Nonantola (MO)	SARA Srl Via Provinciale Est, 147 41015 Nonantola (MO)	SARA Srl Via Provinciale Est, 147 41015 Nonantola (MO)	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
EMILIA ROMAGNA (segue)					
115	Ostellato (FE)	Località Valle Mezzano Nord-Ovest zona 27, via dei Fiocinino 44020 Ostellato (FE)	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	n.d.
					n.d.
116	Ozzano (BO)	Via Ca' Fornacetta, 3 40064 Ozzano Emilia (BO)	Nuova Geovis Srl Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO) www.nuovageovis.it	Nuova Geovis Srl Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO) www.nuovageovis.it	n.d.
117	Rimini	Ca' Baldacci Via San Martino in Venti 47900 Rimini	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	n.d.
					n.d.
118	Sant'Agata Bolognese (BO)	Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO)	Nuova Geovis Srl Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO) www.nuovageovis.it	Nuova Geovis Srl Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO) www.nuovageovis.it	n.d.
119	San Pietro in Casale (BO)	Località. Rubizzano Via Fontana, 1097 40018 San Pietro in Casale (BO)	Compagri SpA Località Rubizzano Via Fontana, 1097 40018 San Pietro in Casale (BO)	Compagri SpA Località Rubizzano Via Fontana, 1097 40018 San Pietro in Casale (BO)	40.000
					5
120	Sarmato (PC)	Località Berlasco 29010 Sarmato (PC)	Maserati Srl Via Zuccherificio, 9 29010 Sarmato (PC)	Maserati Srl Via Zuccherificio, 9 29010 Sarmato (PC)	n.d.
121	Voltana di Lugo (RA)	n.d.	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	376.000
					10

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
TOSCANA					
122	Abbadia San Salvatore (SI)	Località Poggio alla Billa 53021 Abbadia San Salvatore (SI)	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	n.d.
123	Anghiari (AR)	Tavernelle 52031 Anghiari (AR)	Cantini Gian Piero e Mauro S.S.Tavernelle 52031 Anghiari (AR) www.compostaggio.com	Cantini Gian Piero e Mauro S.S.Tavernelle 52031 Anghiari (AR) www.compostaggio.com	25.000
					4
124	Arezzo	Località San Zeno 52100 Arezzo	AISA SpA Via Trento e Trieste, 163 52100 Arezzo www.aisa.it	AISA SpA Via Trento e Trieste, 163 52100 Arezzo www.aisa.it	n.d.
125	Asciano (SI)	Località Pian delle Cortine 53041 Asciano (SI)	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	263.000
					36
126	Bucine (AR)	Località i Pianacci, 13 52021 Bucine (AR)	Euroterriflora Srl Località i Pianacci, 13 52021 Bucine (AR)	Euroterriflora Srl Località i Pianacci, 13 52021 Bucine (AR)	n.d.
127	Massa Carrara	Località Gotara Via Dorsale, 114 54100 Massa	Cermec Spa Via Pascoli, 33 54100 Massa Carrara www.cermec.it	Cermec Spa Via Pascoli, 33 54100 Massa Carrara www.cermec.it	n.d.
128	Monterotondo Marittimo (GR)	Località Carboni 58025 Monterotondo Marittimo (GR)	SOLEMME Spa Località Carboni 58025 Monterotondo Marittimo (GR)	SOLEMME Spa Località Carboni 58025 Monterotondo Marittimo (GR)	n.d.
129	Montespertoli (FI)	Via Botinaccio 50025 Montespertoli (FI)	Publiambiente SpA Via Garigliano, 1 50053 Empoli (FI) www.publiambiente.it	Publiambiente SpA Via Garigliano, 1 50053 Empoli (FI) www.publiambiente.it	200.000
					14

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TOSCANA (segue)					
130	Piombino (LI)	Località Montepoli Ischia di Crociano 57025 Piombino (LI)	ASIU SpA Località Montegemoli Via Isonzo, 21/23 57025 Piombino www.asiu.it	ASIU SpA Località Montegemoli Via Isonzo, 21/23 57025 Piombino www.asiu.it	n.d.
131	Piteglio (PT)	Località Tana Termini 51020 Piteglio (PT)	Sistemi Biologici Srl Via Berzantina, 30/10 40030 Castel di Casio (BO) www.sistemibiologici.it	Sistemi Biologici Srl Via Berzantina, 30/10 40030 Castel di Casio (BO) www.sistemibiologici.it	n.d.
132	Pomarance (PI)	Località Ponte di Ferro 56045 Pomarance (PI)	Toscana Ecoverde Srl Località Ponte di Ferro 56045 Pomarance (PI)	Toscana Ecoverde Srl Località Ponte di Ferro 56045 Pomarance (PI)	n.d.
133	Pontedera (PI)	n.d.	GEOFOR SpA Viale America, 105 56025 Pontedera (PI) www.geofor.it	GEOFOR SpA Viale America, 105 56025 Pontedera (PI) www.geofor.it	n.d.
134	San Casciano Val di Pesa (FI)	Località Ponte Rotto 50026 San Casciano Val di Pesa (FI)	SAFI SpA Località Testi 50027 Greve in Chianti (FI) www.safi.it	SAFI SpA Località Testi 50027 Greve in Chianti (FI) www.safi.it	n.d.
					3
135	Sesto Fiorentino (FI)	Via del Pantano 50012 Sesto Fiorentino (FI)	Quadrifoglio SpA Via Baccio da Montelupo 50142 Firenze (FI)	Quadrifoglio SpA Via Baccio da Montelupo 50142 Firenze (FI)	487.369
					5
136	Sorano (GR)	Località San Valentino 58010 Sorano (GR)	Sangiorgio Agricoltura Srl Località San Valentino 58010 Sorano (GR)	Sangiorgio Agricoltura Srl Località San Valentino 58010 Sorano (GR)	n.d.
137	Terranova Bracciolini (AR)	S.P.7 di Piantravigne 52028 Terranuova Bracciolini (AR)	T.B. SpA Via Benedetto Varchi, 34 50132 Firenze www.csaimpanti.it	T.B. SpA Via Benedetto Varchi, 34 50132 Firenze www.csaimpanti.it	230.760
					30

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TOSCANA (segue)					
138	Viareggio (LC)	n.d.	SEA Risorse SpA Via Comparini, angolo Via Fosso Guidarlo 55049 Viareggio www.searisorse.it	SEA Risorse SpA Via Comparini, angolo Via Fosso Guidarlo 55049 Viareggio www.searisorse.it	n.d.
UMBRIA					
139	Foligno (PG)	Località Casone 06037 Foligno (PG)	Centro Ambiente Spa Via delle Industrie, 9 06037 Foligno (PG) www.centroambiente.it	Centro Ambiente Spa Via delle Industrie, 9 06037 Foligno (PG) www.centroambiente.it	n.d.
140	Orvieto (TR)	n.d.	SAO SpA Piazza del Commercio, 23 05018 Orvieto (TR)	SAO SpA Piazza del Commercio, 23 05018 Orvieto (TR)	n.d.
141	Perugia	Località Pietramelina 06015 Perugia (PG)	GESENU SpA Via della Molinella, 7 06125 Ponte Rio Perugina (PG)	GESENU SpA Via della Molinella, 7 06125 Ponte Rio Perugina (PG)	n.d.
MARCHE					
142	Ascoli Piceno	Località Relluce 63100 Ascoli Piceno	Comune di Ascoli Piceno Piazza Arringo, 1 63100 Ascoli Piceno	Senesi Spa Via Ungheria, 20 63018 Porto Sant'Elpidio (AP) www.rb-srl.it	19.769
					12
143	Camerino (MC)	Località Tuseggia 62032 Camerino (MC)	Coop. Agr. e Zoot. Pianeta Terra Località Tuseggia 62032 Camerino (MC)	Coop. Agr. e Zoot. Pianeta Terra Località Tuseggia 62032 Camerino (MC)	n.d.
144	Fermo (AP)	Contrada San Biagio 63023 Fermo (AP)	A.S.I.T.E. Spa Contrada San Biagio 63023 Fermo (AP) www.asiteonline.it	A.S.I.T.E. Spa Contrada San Biagio 63023 Fermo (AP) www.asiteonline.it	n.d.
145	Moie di Maiolati (AN)	n.d.	Sogenus SpA Via Petrarca, 5-7 -9 60030 Moie di Maiolati (AN) www.sogenus.com	Sogenus SpA Via Petrarca, 5-7 -9 60030 Moie di Maiolati (AN) www.sogenus.com	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
					N°
MARCHE (segue)					
146	Tolentino (MC)	Contrada Sant'Angelo, 52 62029 Tolentino (MC)	MIRR Srl Contrada Sant'Angelo, 52 62029 Tolentino (MC)	MIRR Srl Contrada Sant'Angelo, 52 62029 Tolentino (MC)	n.d.
147	Tolentino (MC)	Località Piane di Chienti 62029 Tolentino (MC)	Cosmari SpA Località Piane di Chienti 62029 Tolentino (MC) www.cosmari.it	Cosmari SpA Località Piane di Chienti 62029 Tolentino (MC) www.cosmari.it	n.d.
148	Urbino (PU) Ca' Lucio	Contrada Ca' Lucio 61029 Urbino (PU)	Comunità Montana Alto e Medio Metauro Via Manzoni, 25 61049 Urbania (PU) www.cm-urbania.ps.it	Comunità Montana Alto e Medio Metauro Via Manzoni, 25 61049 Urbania (PU) www.cm-urbania.ps.it	n.d.
LAZIO					
149	Aprilia (RM)	Via Ferriere km 15,000 - Nettuno 04011 Aprilia (RM)	Kyklos Srl Via Ferriere, km 15,000 - Nettuno 04011 Aprilia (RM) www.kyklossrl.it	Kyklos Srl Via Ferriere, km 15,000 - Nettuno 04011 Aprilia (RM) www.kyklossrl.it	n.d.
150	Castrocielo (FR)	Via Rio, 5 03040 Gallinaro (FR)	Ecologica Valcomino Srl Via Rio, 5 03040 Gallinaro (FR)	Ecologica Valcomino Srl Via Rio, 5 03040 Gallinaro (FR)	n.d.
151	Maccarese (RM)	Via dell'Olmazzeto 00057 Maccarese (RM)	AMA SpA Via Calderon de la Barca 00142 Roma www.amaroma.it	AMA SpA Via Calderon de la Barca 00142 Roma www.amaroma.it	n.d.
					3
152	Nepi (VT)	Via Nepesina (S.S. 311) km 0,800 01038 Nepi (VT)	Fertilnepi snc Via Nepesina (S.S. 311) km 0,800 01038 Nepi (VT)	Fertilnepi snc Via Nepesina (S.S. 311) km 0,800 01038 Nepi (VT)	n.d.
153	Pontinia (LT)	Via Marittima II, km 76190 04100 Pontinia (LT)	S.E.P. Società Ecologica Pontina Srl Via Marittima II, km 76190 04100 Pontinia (LT)	S.E.P. Società Ecologica Pontina Srl Via Marittima II, km 76190 04100 Pontinia (LT)	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
LAZIO (segue)					
154	Roma Salaria (RM)	Via Salaria, km 19,600 00015 Roma	Ibios Srl Via C. Razzaboni, 196 00138 Roma www.ibios-srl.eu	Ibios Srl Via C. Razzaboni, 196 00138 Roma www.ibios-srl.eu	n.d.
					n.d.
155	Roma – Decima Malafede (RM)	Area Agricola della Riserva Naturale di Decima Malafede Via di Valle di Perna 00195 Roma	Tecnogarden Service Srl Via della Giustiniana Angolo Cassia bis. 00189 Roma	Tecnogarden Service Srl Via della Giustiniana Angolo Cassia bis. 00189 Roma	n.d.
156	Sabaudia (LT)	Via Lungo Sisto, 61 04016 Sabaudia (LT)	Samace Srl Via Lungo Sisto, 61 04016 Sabaudia (LT) www.samace.it	Samace Srl Via Lungo Sisto, 61 04016 Sabaudia (LT) www.samace.it	n.d.
157	Soriano del Cimino (VT)	Località Piangoli 01038 Soriano del Cimino (VT)	Mechelli Mario & C. S.n.c. Località Piangoli 01038 Soriano del Cimino (VT) www.terricensechelli.it	Mechelli Mario & C. S.n.c. Loc. Piangoli 01038 Soriano del Cimino (VT) www.terricensechelli.it	n.d.
158	Tuscania (VT)	Strada Fontanile delle Donne, km 3,700 01017 Tuscania (VT)	Tuscia Ambiente Srl Strada Fontanile delle Donne, km 3,700 01017 Tuscania (VT)	Tuscia Ambiente Srl Strada Fontanile delle Donne, km. 3,700 01017 Tuscania (VT)	n.d.
ABRUZZO					
159	Avezzano (AQ)	Località La Stanga Borgo Incile 67051 Avezzano (AQ)	ACIAM Spa Tekneko spa -Enia Spa Via Edison, 27 67051 Avezzano (AQ) www.aciam.it	ACIAM Spa Tekneko spa -Enia Spa Via Edison, 27 67051 Avezzano (AQ) www.aciam.it	127.383
					37
160	Cupello (CH)	Contrada Valle Cena, 1 66051 Cupello (CH)	Consorzio Civeta Contrada Valle Cena, 1 66051 Cupello (CH) www.civeta.it	Consorzio Civeta Contrada Valle Cena, 1 66051 Cupello (CH) www.civeta.it	n.d.
161	Notaresco (TE)	Contrada Grasciano 64024 Notaresco (TE)	Consorzio C.I.R.S.U. Via Ippolito Nievo, 12 64022 Giulianova (TE) www.cirsu.it	Consorzio C.I.R.S.U. Via Ippolito Nievo, 12 64022 Giulianova (TE) www.cirsu.it	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
ABRUZZO (segue)					
162	Manoppello Scalo (PE)	Contrada dei Lupi Via delle Industrie 65024 Manoppello Scalo (PE)	Ricicla Verde Srl Contrada dei Lupi Via delle Industrie 65024 Manoppello Scalo (PE) www.riciclaverde.it	Ricicla Verde Srl Contrada dei Lupi Via delle Industrie 65024 Manoppello Scalo (PE) www.riciclaverde.it	n.d.
163	Navelli (AQ)	Via Valle Corina 67020 Navelli (AQ)	Navelli Biofert Srl Via Valle Corina 67020 Navelli (AQ)	Navelli Biofert Srl Via Valle Corina 67020 Navelli (AQ)	n.d.
164	Sulmona (AQ)	Località Noce Mattei 67039 Sulmona (AQ)	UNENDO - Daneco Spa Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.it	UNENDO - Daneco Spa Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.it	n.d.
MOLISE					
165	Montagano (CB)	Colle San Ianni 86100 Campobasso	C.M. Molise Centrale Via Principe di Piemonte, 2 86100 Campobasso	C.M. Molise Centrale Via Principe di Piemonte, 2 86100 Campobasso	n.d.
CAMPANIA					
166	Avellino	n.d.	Ecoresolution Srl Via G. Palatucci, 20/a 83100 Avellino	Ecoresolution Srl Via G. Palatucci, 20/a 83100 Avellino	n.d.
167	Bisaccia (AV)	n.d.	Biocompost Irpino Srl Contrada Vertoli 76 - Villamaina 83050 Avellino	Biocompost Irpino Srl Contrada Vertoli 76 - Villamaina 83050 Avellino	n.d.
168	Caivano (NA)	S.S. .87, Zona ASI Località Pascarola 80023 Caivano (NA)	Igica SpA S.S. 87, Zona ASI Località Pascarola 80023 Caivano (NA) www.igica.it	Igica SpA S.S. .87, Zona ASI Località Pascarola 80023 Caivano (NA) www.igica.it	n.d.
169	Castelvoturno (CE)	Via Strada Statale 264, km. 3,100 81030 Castel Volturmo (CE)	Naturambiente Srl Via Strada Statale 264, km 3,100 81030 Castel Volturmo (CE)	Naturambiente Srl Via Strada Statale 264, km 3,100 81030 Castel Volturmo (CE)	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
CAMPANIA (segue)					
170	Molinara (BN)	n.d.	Consorzio di Bacino Benevento 3 c/o Municipio di San Giorgio La Molara Piazza N. Ciletti 82020 San Giorgio La Molara (BN)	Consorzio di Bacino Benevento 3 c/o Municipio di San Giorgio La Molara Piazza N. Ciletti 82020 San Giorgio La Molara (BN)	n.d.
171	Orta di Atella (CE)	Via Viaggiano 81030 Orta di Atella (CE)	Eurocompost Srl Via Viaggiano 81030 Orta di Atella (CE) www.eurocompost.it	Eurocompost Srl Via Viaggiano 81030 Orta di Atella (CE) www.eurocompost.it	n.d.
172	Polla (SA)	Località Sant'Antuono 84035 Polla (SA)	Ecometa Consorzio Rifiuti SA3 84030 San Rufo (SA)	Ecometa Consorzio Rifiuti SA3 84030 San Rufo (SA)	n.d.
173	Solofra (AV)	Località Vallone Ronca Zona Industriale A.S.I 83029 Solofra (AV)	Ecoresolution Srl Via G. Palatucci, 20/a 83100 Avellino	Ecoresolution Srl Via G. Palatucci, 20/a 83100 Avellino	n.d.
174	Teora (AV)	n.d.	Av2 Ecosistema Spa Via Serra, 5 83031 Ariano Irpino (AV) www.av2ecosistema.it	Av2 Ecosistema Spa Via Serra, 5 83031 Ariano Irpino (AV) www.av2ecosistema.it	n.d.
175	Villa Literno (CE)	Casolare Filomena Via Prolungamento delle Dune 81039 Villa Literno (CE)	Casolare Filomena Via Salerno, 9 81039 Villa Literno (CE)	Casolare Filomena Via Salerno, 9 81039 Villa Literno (CE)	n.d.
PUGLIA					
176	Fasano (BR)	n.d.	Consorzio ATO BR/1 c/o Comune Brindisi P.zza Matteotti, 1 72100 Brindisi	Consorzio ATO BR/1 c/o Comune Brindisi P.zza Matteotti, 1 72100 Brindisi	n.d.
177	Francavilla (BR)	n.d.	Consorzio ATO BR/2 Via Epitaffio, 1 72024 Oria (BR)	Consorzio ATO BR/2 Via Epitaffio, 1 72024 Oria (BR)	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
PUGLIA (segue)					
178	Laterza (BA)	S.C. 14 Madonna delle Grazie 74014 Laterza (TA)	Progeva Srl S.C. 14 Madonna delle Grazie 74014 Laterza (TA) www.progeva.it	Progeva Srl S.C. 14 Madonna delle Grazie 74014 Laterza (TA) www.progeva.it	n.d.
179	Marina di Ginosa (TA)	Contrada Lama di Pozzo 74025 Marina di Ginosa (TA)	ASECO SpA Contrada Lama di Pozzo 74025 Marina di Ginosa (TA) www.asecospa.it	ASECO SpA Contrada Lama di Pozzo 74025 Marina di Ginosa (TA) www.asecospa.it	n.d.
180	Modugno (BA)	S.P.231 ex S.S. 98 km 79,700 70026 Modugno (BA)	Tersan Puglia Srl S.P.231 ex S.S. 98 km 79,700 70026 Modugno (BA) www.tersan.it	Tersan Puglia Srl S.P.231 ex S.S. 98 km 79,700 70026 Modugno (BA) www.tersan.it	n.d.
181	Statte (TA)	Via Appia, km 642 74100 Taranto	A.M.I.U. SpA Via Minniti 74100 Taranto www.amiutaranto.it	A.M.I.U. SpA Via Minniti 74100 Taranto www.amiutaranto.it	n.d.
CALABRIA					
182	Crotone	Località Ponticelli Zona Industriale 88900 Crotone	Veolia Servizi Ambiente Tecnitalia Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	Veolia Servizi Ambiente Tecnitalia Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
183	Motta San Giovanni (RC)	V. Lottizzazione Rizzuti - Lazzaro 89065 Motta San Giovanni (RC)	Ecoservice Srl V. Lottizzazione Rizzuti - Lazzaro 89065 Motta San Giovanni (RC)	Ecoservice Srl V. Lottizzazione Rizzuti - Lazzaro 89065 Motta San Giovanni (RC)	n.d.
184	Tortora (CS)	Località San Sago, 3 87020 Tortora (CS)	La Recuperi Srl Località San Sago, 3 87020 Tortora (CS)	La Recuperi Srl Località San Sago, 3 87020 Tortora (CS)	n.d.
185	Vazzano (VV)	Località Stagliati Z.I. 89834 Vazzano (VV)	ECO Call Spa Via Machiavelli 89900 Vibo Valentia	ECO Call Spa Via Machiavelli 89900 Vibo Valentia	40.000 5

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
SICILIA					
186	Alcamo (TP)	Contrada Setterino 91011 Alcamo (TP)	Sirtec Srl Contrada Setterino 91011 Alcamo (TP)	Sirtec Srl Contrada Setterino 91011 Alcamo (TP)	n.d.
187	Catania	n.d.	Ofelia Ambiente Srl Via Oberdan, 119 95129 Catania	Ofelia Ambiente Srl Via Oberdan, 119 95129 Catania	n.d.
188	Marsala (TP)	Contrada da San Silvestro, 339 91025 Marsala (TP)	Sicilfert Srl Contrada da San Silvestro, 339 91025 Marsala (TP)	Sicilfert Srl Contrada da San Silvestro, 339 91025 Marsala (TP)	n.d.
189	Ramacca (CT)	n.d.	Ofelia Ambiente Srl Via Oberdan, 119 95129 Catania	Ofelia Ambiente Srl Via Oberdan, 119 95129 Catania	n.d.
SARDEGNA					
190	Capoterra (CA)	n.d.	Tecnocasic Srl Viale Diaz, 86 09125 Cagliari www.tecnocasic.it	Tecnocasic Srl Viale Diaz, 86 09125 Cagliari www.tecnocasic.it	n.d.
191	Mores (SS)	Località Baccarzos 07013 Mores (SS)	Società S'Alga Srl Via Trento, 2 07014 Ozieri (SS)	Società S'Alga Srl Via Trento, 2 07014 Ozieri (SS)	n.d.
192	Ozieri (SS)	Località Coldianu 07014 Ozieri (SS)	Società Chilivani Ambiente SpA Località Coldianu 07014 Ozieri (SS) www.secit.it	Secit Spa (in ATI con GESENU) Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secit.it	n.d.
193	Osini (OG)	Località Quirra km 92,600 S.S. 125 08040 Osini (OG)	Provincia dell'Ogliastra Via Pietro Pistis snc 08045 Lanusei (OG)	Ogliastra Compost srl Località Quirra km 92,600 S.S. 125 08040 Osini (OG) www.entsorga.it	60.000
					23
194	Quartu Sant'Elena (CA)	Ganni Via Cimabue, 8 09045 Quartu Sant'Elena (CA)	Società PRO.MI.SA. Ganni Via Cimabue, 8 09045 Quartu Sant'Elena (CA) www.promisasrl.com	Società PRO.MI.SA. Ganni Via Cimabue, 8 09045 Quartu Sant'Elena (CA) www.promisasrl.com	n.d.

Tabella B2.1 – Impianti di compostaggio: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
SARDEGNA (segue)					
195	Tempio Pausania (SS)	n.d.	Secit Spa (in ATI con GESENU) Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secit.it	Secit Spa (in ATI con GESENU) Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secit.it	n.d.
<i>Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine</i>					

Tabella B2.2 – Principali caratteristiche tecniche degli impianti di compostaggio (2008)⁽¹⁾

N°	Località	N° linee	Anno avviam./ ristruttur.	Stato	Capacità di trattamento t/a	Rifiuti trattati	Biostabilizzazione Aerobica	Trattamenti	Trattamento Effluenti Gassosi
3	Alessandria Castelceriolo (AL)	1	1995/07	0	25.000	FO+V	TDA	MS+P+MX+RC+CS+V	BF
4	Biella	1	1999	0	6.000	V	CS	T+CS+V	n.a.
5	Borgaro Torinese (TO)	1	1998/07	A	53.700	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BSF
6	Borgo San Dalmazzo (CN)	1	2004/05	0	10.000	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BF
12	Fossano (CN) ⁽²⁾	1	2001/07	0	43.740	FO+A+F+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
13	Magliano Alfieri (CN)	1	1998	0	42.000	A+F+V	BT	T+MX+RC+CS+V	BF
18	San Damiano d'Asti (AT)	1	2003/05	0	20.000	FO+V+BF	CS	T+MX+CS+Vg	FF+BF
19	Saluzzo (CN)	1	2001	0	37.000	F+V	CS	T+MX+CS+V	n.a.
21	Sommariva Perno (CN)	1	1994/07	0	27.100	A+F+V	CS	T+MX+CS+V	BF
22	Strambino (TO)	1	2002	R	26.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	WS+BF
25	Albairate (MI)	1	2007	0	21.900	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
26	Annone Brianza (LC)	1	2008	0	20.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CR+V	BF
29	Barbariga (BS)	1	1999/02	0	3.000	V	CS	T+CS+V	n.a.
32	Boffalora d'Adda (LO)	1	2001	0	12.000	FO+V	BCT	T+MX+RC+CS+V	BF
36	Castelseprio (VA)	1	1996	0	7.800	V	CS	T+CS+V	n.a.
37	Castiglione di Stiviere (MN)	1	2002	0	30.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V+I	WS+BF
42	Desio (MI)	1	1998	0	6.000	V	CS	T+CS	n.a.
43	Ferrera Erbognone (PV)	2	1998/08	0	28.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	WS
44	Fino Mornasco (CO)	1	1990	0	7.000	V	CS	T+CS+V	n.a.
49	Giussago (PV)	1	2002	0	40.000	FO+V	CS	T+MX+CS+V	n.a.
51	Grassobbio (BG)	1	1996/05	0	23.000	F+FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BSF+BF
58	Rodengo Saiano (BS)	1	2006/08	0	18.500	V	CS	T+MX+CS+V	n.a.
60	San Rocco al Porto (LO)	1	1995/00	0	29.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+AE+MS	BF
61	Terranova dei Passerini (LO)	1	2003	0	30.000	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BF
68	Zinasco (PV)	1	n.d.	0	20.000	FO+A+V	CR	T+MX+CR+V	BF
69	Aldino (BZ)	1	1992/05	0	10.000	FO+F+V	OB	T+MX+RC+CS+V	n.d.
70	Appiano (BZ)	1	1996/00	0	2.970	FO+V	CS	T+CS+V	n.d.

71	Campo Tures (BZ)	1	1992/01	0	1.600	FO+V	CS	T+MX+CS	n.a.
72	Egna (BZ)	1	n.d.	0	2.000	FO+F+V	OB	T+MX+RC+CS+V	n.d.
74	Naturano (BZ)	1	n.d.	0	2.000	FO+F+V	OB	T+MX+RC+CS+V	n.d.
76	Rovereto (TN)	1	2003	0	8.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BSF+BF
78	Arzignano (VI) ⁽³⁾	1	n.d.	0	27.000	FO+V	BT	T+MX+RC+CR+Vr	BF
79	Boara Polesine (RO)	1	1998	0	40.000	FO+A+F+V	OB	T+P+MX+RC+CS+V	BSF+BF
80	Canda (RO) ⁽³⁾	1	2004	0	36.500	FO+F+V	BCD	T+MX+RC+CS+V	BF
81	Cerea (VR) ⁽³⁾	1	n.d.	0	35.000	FO+V+F+Z	CR	MX+CR+Vr+MX+P	WS
82	Este (PD)	1	1997/07	0	301.000	FO+A+V	BCS	T+P+MX+RC+CS+V	BSF
83	Fusina (VE) ⁽⁴⁾	1	2001	0	62.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	WS
84	Isola della Scala – Barchi (VR) ⁽³⁾	1	n.d.	0	60.000	FO+V+F+Z	CR	T+MX+CR+MS+Vr+AE+MX+P	WS+BF
85	Isola della Scala – Ca' Magre (VR)	1	1995/06	0	35.000	FO+F+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BF
86	Montecchio Precalcino (VI)	1	1997	0	10.000	V	CS	T+CS+V	n.a.
87	San Bonifacio (VR) ⁽³⁾	1	n.d.	0	37.000	F+V+Z	CR	T+MX+CR+MS+Vr+MX+P	WS
88	Santa Giustina Bellunese (BL) ⁽³⁾	1	n.d.	0	7.500	FO+V	BCS	T+MS+MX+RC+CS+Vr	BF
89	Trevignano (TV)	1	2000	0	35.000	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BF
90	Valeggio sul Mincio (VR) ⁽³⁾	1	n.d.	0	8.540	FO+F+V	BCT	T+MX+RC+CR+Vr	BF
91	Vigonza (PD)	1	1996/05	0	34.000	F+V	OB	T+P+MX+RC+CS+V	BF
92	Villa Bartolomea (VR) ⁽³⁾	1	n.d.	0	60.000	FO+V+F+Z	CR	T+MX+CR+Vr+AE+MX+P	BF
96	Moraro (GO)	1	2006	0	18.000	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V	FF+BF
99	Staranzano (GO)	1	1996/01	0	5.000	FO+A+V	BCD	T+MX+RC+CS+V	BF
101	Arcola (SP)	1	2002	0	8.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	WS+BF
102	Genova	1	2002	0	9.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
105	Carpi (MO)	1	1997/04	0	75.000	FO+A+V	BCD	T+MX+RC+CS+V+MS+AE	BF
107	Cesena ⁽²⁾	1	2001/08	0	15.000	FO+A+V	CR	T+MX+CR+V	BSF+BF
108	Cesenatico (FC)	1	2003	0	29.500	FO+V	CS	T+MX+CS+V	BF
111	Faenza (RA)	1	1995/05	0	30.000	F+A+V+Z	TDA	T+MX+RC+CR+V	BF
113	Mezzani (PR)	1	1997/05	0	18.000	FO+A+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BF

continua...

Tabella B2.2 – Principali caratteristiche tecniche degli impianti di compostaggio (2008)⁽¹⁾

N°	Località	N° linee	Anno avviament./ ristruttur.	Stato	Capacità di trattamento t/a	Rifiuti trattati	Biostabilizzazione Aerobica	Trattamenti	Trattamento Effluenti Gassosi
114	Nonantola (MO) ⁽⁵⁾	1	1998/03	0	13.500	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
115	Ostellato (FE)	1	1999/04	0	28.000	FO+A+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
116	Ozzano (BO)	3	1994	0	14.000	V	CS	T+MX+CS+V	n.a.
					2.000	A	BCT	T+MX+RC+CS+V	BF
					24.500	FO	CS	T+MX+CS+V	BF
117	Rimini	1	2003/05	0	35.000	FO+A+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
118	Sant'Agata Bolognese (BO)	1	2000	0	60.000	FO+V	BT	T+MX+RC+CS+V	BF
119	San Pietro in Casale (BO) ⁽²⁾	1	2002/06	0	24.000	FO+F+A+V	TDA	T+MX+RC+CS+V	BF
120	Sarmato (PC) ⁽⁶⁾	1	2007	0	50.000	FO+F+V	BCS	T+MX+RC+CR+V	BF
121	Volturno di Lugo (RA)	1	2006/08	0	30.000	FO+A+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	BF
	Totale Nord	66			1.910.350				
123	Anghiari (AR)	1	2002	0	4.000	V	CS	T+MX+CS+V	n.a.
124	Arezzo - San Zeno (AR)	1	n.d.	0	37.000	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V+AE	BF
125	Asciano (SI)	1	2002/08	0	20.000	FO+V	CS	T+MX+CS+V	BF
127	Massa Carrara	2	n.d.	0	30.000	FO+V	TDA	T+MX+RC+CS+V	BF
						V	CS	T+CS	n.a.
129	Montespertoli (FI)	1	2000	0	100.000	FO+A+V	BCS	T+MX+RC+CS+V+MS+T+AE+SD	WS+BF
132	Pomarance (PI)	1	2007	0	25.000	V	CS	T+CS+V	n.a.
134	San Casciano Val di Pesa (FI)	1	n.d.	0	10.000	FO+V	RGR	T+MX+RC+CS+V	BSF+BF
135	Sesto Fiorentino (FI) ⁽⁷⁾	1	1996/08	0	30.000	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+V	CY+FF+BSF+BF
137	Terranuova Bracciolini (AR)	1	2008	A	15.000	FO+V	TDA	T+MX+RC+CR+V+T	BSF+BF
139	Foligno (PG)	1	1994/03	0	41.000	FO+V	OB	T+MX+RC+CS+V	BF
141	Perugia - Pietramelina (PG)	1	1999	0	54.600	FO+V+A	OB	T+MX+RC+CS+V+AE+MS	BF
142	Ascoli Piceno ⁽⁸⁾	1	2001	R	14.990	FO+A+F+Z	OB	T+MX+RC+CS+SD+Vg	BF
143	Camerino (MC)	1	2003/06	0	17.500	A+F+V	CR	T+MX+CR+V	BSF
147	Tolentino - Piane di Chienti (MC)	1	n.d.	0	59.900	FO+V	BCS	T+MX+RC+CS+SB	BF
148	Urbino	1	2008	A	10.000	FO+V	BCT	T+MX+RC+CS+V	BF
150	Castrocielo (FR)	1	2004	0	9.000	A+F+V	CR	MX+CR	n.a.

Tabella B2.3 – Impianti polifunzionali di trattamento TMB e compostaggio di frazioni selezionate ⁽¹⁾

N°	Località	Anno avviam./ ristrutt.	Stato	Funzione	Capacità t/a
3	Alessandria Castelceriolo (AL)	1995/07	0	C S+BS+CDR	25.000 75.000
6	Borgo San Dalmazzo (CN)	2004/05	0	C S+BS+FS	10.000 53.276
49	Giussago (PV)	2002	0	C BE	40.000 80.000
76	Rovereto (TN)	2003	0	C S+BS	8.000 53.000
83	Fusina (VE)	2001	0	C BE+CDR	62.000 150.500
88	<i>Santa Giustina Bellunese (BL)</i>	-	0	C S+BS	7.500 55.000
89	Trevignano (TV)	2000	0	C S+BS+CDR	35.000 84.000
96	Moraro (GO)	2006	0	C S+BS	18.000 9.000
105	Carpi (MO)	1997/04	0	C S+BS	75.000 70.000
115	Ostellato (FE)	1999/04	0	C S+BS	28.000 75.000
117	Rimini	2003/05	0	C S+BS	35.000 35.000
118	<i>Sant'Agata Bolognese (BO)</i>	2000	0	C S+BS+CDR	60.000 160.000
121	Voltana di Lugo (RA)	2006/08	0	C S+BS	30.000 60.000
124	<i>Arezzo - San Zeno (AR)</i>	-	0	C S+BS	37.000 88.000
125	Asciano (SI)	2002/08	0	C S+BS	20.000 80.000
127	<i>Massa Carrara</i>	-	0	C S+BS	30.000 100.000
129	Montespertoli (FI)	2000	0	C S+BS	100.000 80.000
130	<i>Piombino (LI)</i>	-	0	C S+BS+CDR	8.000 51.150
135	Sesto Fiorentino (FI)	1996/08	0	C S+BS+CDR	30.000 214.800
139	<i>Foligno (PG) ⁽²⁾</i>	1994/03	0	C S+BS+CDR	41.000 41.000
140	<i>Orvieto (PG)</i>	-	0	C S+BS+FS	20.000 95.000

Tabella B2.3 – Impianti polifunzionali di trattamento TMB e compostaggio di frazioni selezionate ⁽¹⁾

N°	Località	Anno avviam./ ristrutt.	Stato	Funzione	Capacità t/a
142	Ascoli Piceno	2001	0	C	14.990
				S+BS	72.000
144	Fermo (AP)	1999/04	0	C	3.000
				S+BS	54.100
147	Tolentino - Piane di Chienti (MC)	-	0	C	20.000
				S+BS+CDR	85.000
159	Aielli (AQ)	2008	A	C	9.000
			0	S+BS+FS	69.000
165	Montagano (CB)	2001/06	0	C	4.800
				S+BS	60.000
182	Crotona	2005	0	C	15.000
				S+BS+CDR	51.000
190	Capoterra (CA)	2008	A	C	24.000
		2007	0	S+BS	49.000
195	Tempio Pausania (SS)	2003/05	0	C	15.000
				S+BS+FS	27.900

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ Le voci indicate in corsivo sono state ricavate dal "Rapporto Rifiuti 2008" dell'ISPRA.

⁽²⁾ La capacità autorizzata per l'impianto di Foligno è di 82.000 t/a che sono state ripartite a metà per ciascuna delle due funzioni dell'impianto.

Legenda:

(voce "Stato funzionamento"): A = in avviamento; 0 = operativo; R = in ristrutturazione

(voce "funzione"): BS = biostabilizzazione; BE = bioessiccazione; C = compostaggio; CDR = produzione di CDR;

FS = produzione di frazione secca; S = selezione secco-umido.

Tabella B2.4 – Quantità trattate negli impianti di compostaggio, tonnellate (2007)

N°	Località	Frazione organica	Fanghi di depurazione	Verde	Altri	Quantità trattate
3	Alessandria Castelceriolo (AL)	17.531	0	5.712	30	23.273
4	Biella ⁽¹⁾	0	0	4.500	0	4.500
5	Borgaro Torinese (TO)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	Borgo San Dalmazzo (CN)	2.331	0	4.243	0	6.574
12	Fossano (CN)	17.906	12.598	13.730	75	44.309
13	Magliano Alfieri (CN)	0	19.250	13.470	3.090	35.810
18	San Damiano d'Asti (AT)	14.495	0	4.910	950	20.355
19	Saluzzo (CN)	0	12.931	10.329	9.957	33.217
21	Sommariva Perno (CN)	0	18.022	10.081	264	28.367
22	Strambino (TO)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	Albairate (MI)	518	0	952	0	1.470
26	Annone Brianza (LC)	5.638	0	8.385	0	14.023
29	Barbariga (BS)	0	0	399	0	399
32	Boffalora d'Adda (LO)	10.232	0	1.748	127	12.107
36	Castelseprio (VA)	0	0	8.796	422	9.218
37	Castiglione di Stiviere (MN)	17.600	3.000	7.500	0	28.100
42	Desio (MI)	0	0	5.839	0	5.839
43	Ferrera Erbognone (PV)	0	15.303	15.577	1.404	32.284
44	Fino Mornasco (CO)	0	0	309	0	309
49	Giussago (PV)	27.740	0	520	10	28.270
51	Grassobbio (BG)	0	4.900	3100	0	8.000
58	Rodengo Saiano (BS)	0	0	14500	500	15.000
60	San Rocco al Porto (LO)	26.300	0	2.700	0	29.000
61	Terranova dei Passerini (LO)	25.000	0	10.000	0	35.000
68	Zinasco (PV)	11.270	127	6.421	1.672	19.490
69	Aldino (BZ)	4.900	0	4.000	0	8.900
70	Appiano (BZ)	817	18	1.622	268	2.725
71	Campo Tures (BZ)	662	0	643	0	1.305
72	Egna (BZ)	852	0	1.238	366	2.456
74	Naturno (BZ)	2.633	0	198	156	2.987
76	Rovereto (TN)	3.600	0	1.600	0	5.200
78	Arzignano (VI)	11.395	0	5.890	8	17.293
79	Boara Polesine (RO)	7.121	15.789	13.178	62	36.150
80	Canda (RO)	13.181	13.230	5.516	0	31.927
81	Cerea (VR) ⁽⁶⁾	9.968	14.856	5.491	4.140	34.455
82	Este (PD)	218.298	0	63.657	16.009	297.964
83	Fusina (VE)	30.408	0	18.219	13.373	62.000
84	Isola della Scala – Barchi (VR)	40.532	14.224	13.164	942	68.862
85	Isola della Scala – Ca' Magre (VR)	17.700	13.400	3800	0	34.900
86	Montecchio Precalcino (VI)	0	0	8.805	0	8.805
87	San Bonifacio (VR)	0	27.802	5.643	3.460	36.905
88	Santa Giustina Bellunese (BL)	6.195	0	448	2.624	9.267

Tabella B2.4 – Quantità trattate negli impianti di compostaggio, tonnellate (2007)

N°	Località	Frazione organica	Fanghi di depurazione	Verde	Altri	Quantità trattate
89	Trevignano (TV)	23.698	0	10.901	223	34.822
90	Valeggio sul Mincio (VR)	0	5.683	4.096	0	9.779
91	Vigonza (PD)	0	4.000	19.000	4.000	27.000
92	Villa Bartolomea (VR)	22.502	23.190	12.804	1.418	59.914
96	Moraro (GO)	6.108	0	4.932	0	11.040
99	Staranzano (GO)	1.401	0	576	90	2.067
101	Arcola (SP)	2.492	0	3.410	156	6.058
102	Genova	686	0	245	0	931
105	Carpi (MO)	34.000	0	11.000	9.000	54.000
107	Cesena	11.103	0	1.534	558	13.195
108	Cesenatico (FC)	6.100	0	960	10500	17.560
111	Faenza (RA)	0	5.005	12.876	10391	28.272
113	Mezzani (PR)	11.937	0	4.335	511	16.783
114	Nonantola (MO)	6.441	8.603	5.777	3.224	24.045
115	Ostellato (FE)	15.927	0	4.294	17	20.238
116	Ozzano (BO)	0	0	19.905	33	19.938
117	Rimini	11.130	0	10.000	1685	22.815
118	Sant'Agata Bolognese (BO)	31.664	0	11.748	4418	47.830
119	San Pietro in Casale (BO)	110	5.180	3.550	7530	16.370
120	Sarmato (PC) ⁽²⁾	0	11.249	14.326	0	25.575
121	Voltana di Lugo (RA)	10.446	0	9.682	875	21.003
	Totale Nord	740.568	248.360	472.784	114.538	1.576.249
123	Anghiari (AR)	0	0	1.100	500	1.600
124	Arezzo- San Zeno (AR)	4.167	846	1.031	92	6.136
125	Asciano (SI)	13.964	0	3.933	6	17.903
127	Massa Carrara	195	1.590	9.110	0	10.895
129	Montespertoli (FI)	68.300	0	10.306	1.389	79.995
132	Pomarance (PI)	0	0	7.419	0	7.419
134	San Casciano (FI)	6.853	0	125	0	6.978
135	Sesto Fiorentino (FI)	18.377	0	8.147	0	26.524
137	Terranova dei Bracciolini (AR)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
139	Foligno (PG)	1.869	0	1.659	130	3.658
141	Perugia – Pietramelina (PG)	11.912	0	6.763	29.301	47.976
142	Ascoli Piceno	2.304	692	1.434	290	4.720
143	Camerino (MC)	0	5.545	894	2.622	9.061
147	Tolentino (MC) – Piane di Chienti	13.072	0	3.808	0	16.880
148	Urbino (PU)	276	0	180	0	456
150	Castrocielo (FR)	0	2.332	0	708	3.040
151	Maccaresse (RM)	11.655	0	4.847	250	16.752
154	Roma Decima Malafede (RM)	0	0	950	0	950
155	Roma Salaria (RM)	0	0	6.013	586	6.599
	Totale Centro	152.944	11.005	67.719	35.874	267.542

Tabella B2.4 – Quantità trattate negli impianti di compostaggio, tonnellate (2007)

N°	Località	Frazione organica	Fanghi di depurazione	Verde	Altri	Quantità trattate
159	<i>Avezzano (AQ)</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
160	Cupello (CH)	31.629	19.008	1.669	6.216	58.522
162	<i>Manoppello Scalo (PE)</i>	<i>0</i>	<i>10</i>	<i>52</i>	<i>1.211</i>	<i>1.273</i>
165	Montagano (CB)	356	4.566	563	103	5.588
170	<i>Molinara (BN)</i>	<i>1.206</i>	<i>0</i>	<i>310</i>	<i>0</i>	<i>1.516</i>
174	Teora (AV)	2.417	0	685	0	3.102
178	Laterza Madonna delle Grazie (TA)	199	11.922	9.921	4.418	26.460
179	Marina di Ginosa (TA)	0	35.953	20.118	1.811	57.882
185	Vazzano (VV)	15.373	1.526	1.318	626	18.843
186	Alcamo (TP)	7.700	1.200	2.350	1.250	12.500
188	Marsala (PA)	55	4.482	378	432	5.347
191	Mores (SS)	3.844	0	227	0	4.071
193	Osini (OG)	12.648	0	3.368	243	16.259
194	<i>Quartu Sant'Elena (CA)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>2.026</i>	<i>22</i>	<i>2.048</i>
195	Tempio Pausania (SS)	3.565	0	667	91	4.323
	Totale Sud	78.992	78.667	43.652	16.423	217.734
	Totale Italia	972.505	338.032	584.155	166.835	2.061.526

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Le voci indicate in corsivo sono state ricavate dal "Rapporto Rifiuti 2008" dell'ISPRA.

⁽²⁾ L'impianto di Biella conferisce il verde tritato e parzialmente maturato all'impianto di Vigliano Biellese (BI) di capacità di trattamento pari a 1.000 t/a, non preso in esame.

⁽³⁾ L'impianto di Sarmato è stato ristrutturato nel corso del 2008, passando da una tecnologia a cumuli a quella in bioreattore.

La produzione di compost si riferisce a rifiuti ricevuti negli anni 2006 e 2007. A fine 2007 è entrato in funzione il nuovo impianto a biocelle (capacità 50.000 t/a) in località Berlasco (PC); i dati di esercizio si riferiscono al vecchio impianto.

Tabella B2.5 – Produzione di compost, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Quantità trattate	Produzione compost		
			Dichiarata	“Equivalente”	Destino
3	Alessandria Castelceriolo (AL)	23.273	9.145	9.145	acm
4	Biella ⁽²⁾	4.500	n.a.	n.a.	--
5	Borgaro Torinese (TO)	n.a.	n.a.	n.a.	acm
6	Borgo San Dalmazzo (CN)	6.574	1.000	1.000	acm
12	Fossano (CN)	44.309	18.630	18.630	acm
13	Magliano Alfieri (CN)	35.810	18.000	18.000	acm
18	San Damiano d’Asti (AT)	20.355	5.250	5.250	acm
19	Saluzzo (CN)	33.217	10.913	10.913	acm
21	Sommariva Perno (CN)	28.367	11.950	11.950	acm
22	Strambino (TO)	n.a.	n.a.	n.a.	acm
25	Albairate (MI)	1.470	n.d.	411	acm
26	Annone Brianza (LC)	14.023	1.500	1.500	acm
29	Barbariga (BS)	399	280	280	acv
32	Boffalora d’Adda (LO)	12.107	3.782	3.782	acm
36	Castelseprio (VA)	9.218	1.399	1.399	acv
37	Castiglione di Stiviere (MN)	28.100	12.000	12.000	acm
42	Desio (MI)	5.839	2.803	2.803	acv
43	Ferrera Erbognone (PV)	32.284	12.700	12.700	acm/acv
44	Fino Mornasco (CO)	309	n.d.	86	acv
49	Giussago (PV)	28.270	8.000	8.000	acm
51	Grassobbio (BG)	8.000	2.000	2.000	acm
58	Rodengo Saiano (BS)	15.000	4.500	4.500	acv
60	San Rocco al Porto (LO)	29.000	5.000	5.000	acm
61	Terranova dei Passerini (LO)	35.000	10.000	10.000	acm
68	Zinasco (PV)	19.490	4.923	4.923	acm
69	Aldino (BZ) ⁽²⁾	8.900	5.000	5.000	acm
70	Appiano (BZ) ⁽²⁾	2.725	1.000	1.000	acm
71	Campo Tures (BZ) ⁽²⁾	1.305	783	783	acm
72	Egna (BZ) ⁽²⁾	2.456	1.473	1.473	acm
74	Naturno (BZ)	2.987	1.792	1.792	acm
76	Rovereto (TN)	5.200	1.100	1.100	acm
78	Arzignano (VI)	17.293	5.684	5.684	acm
79	Boara P (RO)	36.150	13.885	13.885	acm
80	Canda (RO)	31.927	9.794	9.794	acm
81	Cerea (VR) ⁽³⁾	34.455	18.110	18.110	acm
82	Este (PD)	297.964	60.133	60.133	acm
83	Fusina (VE)	62.000	11.801	11.801	acm
84	Isola della Scala – Barchi (VR)	68.862	20.417	20.417	acm
85	Isola della Scala – Ca’ Magre (VR)	34.900	15.000	15.000	acm
86	Montecchio Precalcino (VI)	8.805	3.578	3.578	acv
87	San Bonifacio (VR) ⁽³⁾	36.905	17.988	17.988	acm
88	Santa Giustina Bellunese (BL)	9.267	2.469	2.469	acm
89	Trevignano (TV)	34.822	8.300	8.300	acm

Tabella B2.5 – Produzione di compost, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Quantità trattate	Produzione compost		
			Dichiarata	"Equivalente"	Destino
90	Valeggio sul Mincio (VR)	9.779	1.725	1.725	acm
91	Vigonza (PD)	27.000	12.000	12.000	acm
92	Villa Bartolomea (VR) (3)	59.914	28.846	28.846	acm
96	Moraro (GO)	11.040	3.405	3.405	acm
99	Staranzano (GO)	2.067	550	550	acm
101	Arcola (SP)	6.058	822	822	acm
102	Genova (2)	931	637	637	acm
105	Carpi (MO)	54.000	16.000	16.000	acm
107	Cesena	13.195	1.846	1.846	acm
108	Cesenatico (FC)	17.560	3.000	3.000	acm
111	Faenza (RA)	28.272	7.000	7.000	acm
113	Mezzani (PR)	16.783	10.073	10.073	acm
114	Nonantola (MO)	24.045	10.745	10.745	acm
115	Ostellato (FE)	20.238	1.761	1.761	acm
116	Ozzano (BO)	19.938	6.088	6.088	acm/acv
117	Rimini	22.815	2.200	2.200	acm
118	Sant'Agata Bolognese (BO)	47.830	6.400	6.400	acm
119	San Pietro in Casale (BO)	16.370	5.660	5.660	acm
120	Sarmato (PC)	25.575	11.648	11.648	acm
121	Voltana di Lugo (RA)	21.003	3.190	3.190	acm
Totale Nord		1.576.250	475.678	476.175	
123	Anghiari (AR)	1.600	1.000	1.000	acm
124	Arezzo- San Zeno (AR)	6.136	808	808	acm
125	Asciano (SI)	17.903	4.600	4.600	acm
127	Massa Carrara	10.895	475	475	acm
129	Montespertoli (FI)	79.995	10.610	10.610	acm
132	Pomarance (PI)	7.419	5.723	5.723	acm
134	San Casciano (FI)	6.978	1.047	1.047	acm
135	Sesto Fiorentino (FI)	26.524	4.186	4.186	acm
			3.542	3.542	discarica
137	Terranova dei Bracciolini (AR)	n.a.	n.a.	n.a.	acm
139	Foligno (PG)	3.658	914	914	acm
141	Perugia – Pietramelina (PG)	47.976	2.976	2.976	acm
142	Ascoli Piceno	4.720	800	800	acm
143	Camerino (MC)	9.061	845	845	acm
147	Tolentino (MC)	16.880	1.246	1.246	acm
148	Urbino (PU)	456	--	127	acm
150	Castrocielo (FR)	3.040	1.000	1.000	acm
151	Maccarese (RM)	16.752	2.344	2.344	acm
154	Roma Decima Malafede (RM)	950	n.a.	266	acv
155	Roma Salaria (RM)	6.599	4.619	4.619	acv
Totale Centro		267.542	43.193	43.586	

Tabella B2.5 – Produzione di compost, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Quantità trattate	Produzione compost		
			Dichiarata	“Equivalente”	Destino
159	<i>Avezzano (AQ)</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>acm</i>
160	Cupello (CH)	58.522	707	707	acm
162	<i>Manoppello Scalo (PE)</i>	1.273	4	4	acv
165	Montagano (CB)	5.587	245	245	acm
170	<i>Molinara (BN)</i>	1.516	910	910	acm
174	<i>Teora (AV)</i>	3.102	395	395	acm
178	Laterza Madonna delle Grazie (TA)	26.460	6.600	6.600	acm
179	Marina di Ginosa (TA)	57.882	23.000	23.000	acm
185	<i>Vazzano (VV)</i>	18.843	4.800	4.800	acm
186	<i>Alcamo (TP)</i>	12.500	10.000	10.000	acm
188	<i>Marsala (PA)</i>	5.347	637	637	acm
191	<i>Mores (SS)</i>	16.259	--	4.546	acm
193	Osini (OG)	4.071	800	800	acm
194	<i>Quartu Sant'Elena (CA)</i>	2.048	1.148	1.148	acv
195	<i>Tempio Pausania (SS)</i>	4.323	1.580	1.580	acm
Totale Sud		217.733	50.826	55.372	
Totale Italia		2.061.524	569.697	575.133	

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ Le voci indicate in corsivo sono state ricavate dal “Rapporto Rifiuti 2008” dell'ISPRA.

⁽²⁾ Gli impianti della provincia di Bolzano e l'impianto di Genova presentano una resa di compost pari al 60% sia per l'elevata qualità della frazione organica trattata, che per i ridotti tempi di maturazione.

⁽³⁾ Gli impianti di Cerea (VR), San Bonifacio (VR) e Villa Bartolomea (VR) presentano una resa di compost di circa il 50%, che deriva da un'umidificazione finale a valle della fase di maturazione.

Legenda:

n.a. = non applicabile; *n.d.* = non dichiarato (voce “destino”); *acm* = ammendante compostato misto; *acv* = ammendante compostato verde.

|B3 ■ **SUB-ALLEGATO**

I trattamenti meccanico-biologici

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
PIEMONTE					
1	Alessandria	Via Kennedy, 504 15100 Castelceriolo (AL)	A.R.A.L Spa Via G. Mazzini, 46 15100 Alessandria	A.R.A.L Spa Via G. Mazzini, 46 15100 Alessandria	150.000
					32
2	Alessandria	Via Kennedy, 504 15100 Castelceriolo (AL)	SOVERI Srl	SOVERI Srl	150.000
					32
3	Borgo San Dalmazzo (CN)	Via Ambovo, 63 12011 Borgo San Dalmazzo (CN)	ACSR Spa Via Ambovo, 63 12011 Borgo San Dalmazzo (CN) www.acsr.it	SECIT Spa Via Mercalli, 80 00197 Roma (RM)	150.000
					54
4	Casale Monferrato (AL)	Strada Roncaglia 4/c 15033 Casale Monferrato (AL)	COSMO Spa Via A. Grandi, 45 c/a 15033 Casale Monferrato (AL) www.cosmocasale.it	COSMO Spa Via A. Grandi, 45 c/a 15033 Casale Monferrato (AL) www.cosmocasale.it	77.000
					44
5	Cavaglia (BI)	Località Gerbido 13881 Cavaglia (BI)	ASRAB Spa Località Gerbido 13881 Cavaglia (BI) www.cavaglia.com	Cavaglia Spa Loc. Gerbido 13881 Cavaglia (BI) www.cavaglia.com	350.000
					170
6	Magliano Alpi (CN)	n.d.	Consorzio ACEM Piazza Ellero, 21 12084 Mondovì (CN)	Consorzio ACEM Piazza Ellero, 21 12084 Mondovì (CN)	n.d.
					n.d.
7	Novi Ligure (AL)	Strada Vecchia per Boscomarengo 15067 Novi Ligure (AL)	SRT Spa Strada Vecchia per Boscomarengo 15067 Novi Ligure (AL) www.srtspa.it	SRT Spa Strada Vecchia per Boscomarengo 15067 Novi Ligure (AL) www.srtspa.it	108.597
					49
8	Pinerolo (TO)	SS. Poirino, 145 10064 Pinerolo (TO)	Consorzio Acea di Pinerolo Via Vigone, 42 10064 Pinerolo (TO) www.ambiente. aceapinerolese.it	Consorzio Acea di Pinerolo Via Vigone, 42 10064 Pinerolo (TO) www.ambiente. aceapinerolese.it	150.000
					47

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
PIEMONTE (segue)					
9	Roccavione (CN)	Località Tetto Pedrin, 8 12018 Roccavione (CN)	I.D.E.A. Granda S. Cons.r.l. Località Tetto Pedrin, 8 12018 Roccavione (CN)	I.D.E.A. Granda S. Cons.r.l. Località Tetto Pedrin, 8 12018 Roccavione (CN)	160.000
					54
10	Sommariva del Bosco (CN)	Reg. Grangia, 19 12048 Sommariva del Bosco (CN)	Società Trattamento Rifiuti Srl Piazza Risorgimento, 1 12051 Alba (CN)	Società Trattamento Rifiuti Srl Piazza Risorgimento, 1 12051 Alba (CN)	160.000
					55
11	Torino	n.d.	AMIAT SpA Via Germagnano, 50 10156 Torino	AMIAT SpA Via Germagnano, 50 10156 Torino	n.d.
					n.d.
12	Tortona (AL)	Strada Vecchia per Boscomarengo 15067 Novi Ligure (AL)	SRT Spa Strada Vecchia per Boscomarengo 15067 Novi Ligure (AL) www.srtspa.it	SRT Spa Strada Vecchia per Boscomarengo 15067 Novi Ligure (AL) www.srtspa.it	103.623
					67
13	Valterza (AT)	n.d.	GAIA Spa Via Brofferio, 48 14100 Asti www.gaia.at.it/ impianti/Valterza	GAIA Spa Via Brofferio, 48 14100 Asti www.gaia.at.it/ impianti/Valterza	n.d.
					n.d.
14	Villafalletto (CN)	Località Formielle, Cascina delle Formiche 12020 Villafalletto (CN)	Consorzio SEA Piazza Risorgimento, 2 Saluzzo (CN) www.consorziosea.it	Consorzio SEA Piazza Risorgimento, 2 Saluzzo (CN) www.consorziosea.it	n.d.
					n.d.
LOMBARDIA					
15	Bergamo	Via Goltara, 23 24127 Bergamo	APRICA Spa Gruppo A2A Via Lamarmora, 230 25124 Brescia www.a2a.eu	APRICA Spa Gruppo A2A Via Lamarmora, 230 25124 Brescia www.a2a.eu	280.000
					23
16	Castelgoffredo (MN)	n.d.	SIEM Spa Via Ariosto 46100 Mantova www.siemspa.com	SIEM Spa Via Ariosto 46100 Mantova www.siemspa.com	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
LOMBARDIA (segue)					
17	Ceresara (MN)	Via Belgardino 46040 Ceresara (MN)	SIEM Spa Via Ariosto 46100 Mantova www.siemspa.com	SIEM Spa Via Ariosto 46100 Mantova www.siemspa.com	2.462
					n.d.
18	Corteolona (PV)	Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV)	Fertilvita Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV) www.fertilvita.it	Fertilvita Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV) www.fertilvita.it	380.000
					65
19	Giussago (PV)	Località Cascina Maggiore 27010 Giussago (PV)	Fertilvita Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV) www.fertilvita.it	Fertilvita Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV) www.fertilvita.it	200.000
					33
20	Lacchiarella (MI)	n.d.	Fertilvita Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV) www.fertilvita.it	Fertilvita Località Monzola Fornaci 27014 Corteolona (PV) www.fertilvita.it	220.000
					33
21	Mediglia (MN)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
22	Milano	Via Zama ,33 20138 Milano	AMSA Spa Via Olgettina, 25 20132 Milano www.amsa.it	AMSA Spa Via Olgettina 25 20132 Milano www.amsa.it	650.000
					n.d.
23	Montanaso Lombardo (LO)	n.d.	Bellisolina Srl Via Emilia, 12 26836 Montanaso Lombardo (LO)	Bellisolina Srl Via Emilia, 12 26836 Montanaso Lombardo (LO)	n.d.
24	Parona (PV)	Strada Vecchia Vicinale per Vigevano 27020 Parona	Lomellina Energia Srl Strada Vecchia Vicinale per Vigevano 27020 Parona (PV) www.lomellinaenergia.it	Lomellina Energia Srl Strada Vecchia Vicinale per Vigevano 27020 Parona (PV) www.lomellinaenergia.it	2000
					n.d.
25	Pieve di Coriano (MN)	46020 Pieve di Coriano (MN)	SIEM Spa Via Ariosto, 47-51 46100 Mantova www.siemspa.com	SIEM Spa Via Ariosto, 47-51 46100 Mantova www.siemspa.com	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TRENTINO ALTO ADIGE					
26	Rovereto (TN)	Via della Pineta 38068 Rovereto (TN)	Provincia Autonoma di Trento Piazza Dante, 15 38100 Trento www.provincia.tn.it	Comprensorio della Vallagarina Tommaseo 38068 Rovereto (TN) www.ambientec10.tn.it	179.956
					60
27	Zuclo (TN)	Località Ridever, 1 38079 Zuclo (TN)	Comprensorio delle Giudicarie C8 Via P. Gnesotti, 2 38079 Tione (TN) www.giudicariec8.it	Comprensorio delle Giudicarie C8 Via P. Gnesotti, 2 38079 Tione (TN) www.giudicariec8.it	n.d.
VENETO					
28	Asiago (VI)	Località Melagon Asiago (VI)	Comunità Montana Reggenza di sette comuni Piazza Stazione, 1 Asiago (VI)	Comunità Montana Reggenza di sette comuni Piazza Stazione, 1 Asiago (VI)	n.d.
29	Bassano del Grappa (VI)	Via dei Tulipani, 30/32 36061 Bassano del Grappa (VI)	ETRA Spa Largo Parolini, 82/b 36061 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	ETRA Spa Largo Parolini, 82/b 36061 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	275.000
					36
30	Cà del Bue (VR)	Matozze 37100 Verona	AGSM Verona SpA Lungadige Galtarossa 37133 Verona www.agsm.it	AGSM Verona SpA Lungadige Galtarossa 37133 Verona www.agsm.it	n.d.
31	Legnago (VR)	Località Torretta 37045 Legnago (VR)	Comune di Legnago	LE.SE Spa Via Frattini, 40 37045 Legnago (VR)	n.d.
32	Lovadina di Spresiano (TV)	Località le Contarine 31027 Spresiano (TV)	Contarina SpA Via Galvani, 15,000 31027 Spresiano (TV)	Contarina SpA Via Galvani, 15,000 31027 Spresiano (TV)	n.d.
33	Marghera (VE)	Via della Geologia, 31 30175 Venezia	Ecoprogetto Venezia Srl Via della Geologia, 31 30175 Venezia www.ecoprogettove- nezia.it	Ecoprogetto Venezia Srl Via della Geologia, 31 30175 Venezia www.ecoprogettove- nezia.it	17.434
					n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali					
N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
VENETO (segue)					
34	Mirano (VE)	n.d.	ACM SpA Gruppo Veritas Viale delle Tre Venezie 35043 Monselice (PD) www.acmspa.it	ACM SpA Gruppo Veritas Viale delle Tre Venezie 35043 Monselice (PD) www.acmspa.it	n.d.
35	Portogruaro (VE)	Via Taglio 30026 Portogruaro (VE)	ASVO Spa Via D. Manin, 63/a 30026 Portogruaro (VE) www.asvo.it	ASVO Spa Via D. Manin, 63/a 30026 Portogruaro (VE) www.asvo.it	94.000
					11
36	Rovigo	n.d.	Consorzio RSU Rovigo/Ecogest Via del Sacro Cuore, 3 45100 Rovigo www.ecogestsrl.it	Consorzio RSU Rovigo/Ecogest Via del Sacro Cuore, 3 45100 Rovigo www.ecogestsrl.it	n.d.
37	Santa Giustina Bellunese (BL)	n.d.	Dolomiti Ambiente Srl Via Col da Ren, 14 32100 Belluno	Dolomiti Ambiente Srl Via Col da Ren, 14 32100 Belluno	n.d.
38	Trevignano (TV)	Via Vittorio Veneto, 6 31027 Lovadina (TV)	Contarina Spa Via Vittorio Veneto, 6 31027 Lovadina (TV) www.contarina.it	Contarina Spa Via Vittorio Veneto, 6 31027 Lovadina (TV) www.contarina.it	800.000
					60
FRIULI VENEZIA GIULIA					
39	Aviano (PN)	n.d.	Snua Srl Via De Zan, 1 33081 Aviano (PN)	Snua Srl Via De Zan, 1 33081 Aviano (PN)	n.d.
40	Moraro (GO)	n.d.	IRIS SpA Via IX Agosto, 15 34170 Gorizia www.irisontina.it	IRIS-Isontina Reti Integrate e Servizi SpA Via IX Agosto, 15 34170 Gorizia www.irisontina.it	n.d.
41	San Giorgio di Nogaro (UD)	Via A. Volta 33058 San Giorgio di Nogaro (UD)	CSR Bassa Friulana Spa Via A. Volta 33058 San Giorgio di Nogaro (UD) www.csrbf.it	CSR Bassa Friulana Spa Via A. Volta 33058 San Giorgio di Nogaro (UD) www.csrbf.it	250.000
					90

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
FRIULI VENEZIA GIULIA (segue)					
42	Udine	n.d.	NET Spa Viale Giuseppe Duodo, 3 33100 Udine www.netaziendapulita.it	NET Spa Viale Giuseppe Duodo, 3 33100 Udine www.netaziendapulita.it	n.d.
LIGURIA					
43	La Spezia	n.d.	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	n.d.
44	Sanremo Taggia (IM)	Collette Ozotto in Bussana (IM)	IDROEDIL Srl Via Colombo, 54 18011 Arma di Taggia (IM) www.idroedil.info	IDROEDIL Srl Via Colombo, 54 18011 Arma di Taggia (IM) www.idroedil.info	150.000
					32
45	Varazze (SV)	n.d.	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	n.d.
46	Vezzano Ligure (SP)	Località Saliceti 19020 Vezzano Ligure (SP)	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	ACAM Spa Via Alberto Picco, 22 19124 La Spezia www.acamspa.it	n.d.
EMILIA ROMAGNA					
47	Bologna	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
48	Borgo Val di Taro (PR)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
49	Carpi Località Fossoli (MO)	Via Valle 21 41012 Carpi (MO)	AIMAG Spa Via Merighi, 3 41037 Mirandola (MO) www.aimag.it	AIMAG Spa Via Merighi, 3 41037 Mirandola (MO) www.aimag.it	156.000
					11
50	Forlì	n.d.	Gruppo HERA Viale C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	Gruppo HERA Viale C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
					N°
EMILIA ROMAGNA (segue)					
51	Imola (BO)	n.d.	AKRON Ambiente Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.cir-ambiente.it	AKRON Ambiente Via Molino Rosso, 8 40026 Imola (BO) www.cir-ambiente.it	n.d.
52	Lugo (RA)	n.d.	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	n.d.
53	Ostellato (FE)	Località valle Mezzano Nord-Ovest Zona 27 Via dei Fiocinini 44020 Ostellato (FE)	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	6.944
					n.d.
54	Parma	Via Marsiglio Ventura 4/a 43100 Cornocchio (PR)	ENIA Spa Strada Santa Margherita, 6/a 43100 Parma www.eniaspa.it	ENIA Spa Strada Santa Margherita, 6/a 43100 Parma www.eniaspa.it	370.000
					31
55	Ravenna	SS 309 Romea, km 2,600 48100 Ravenna	Gruppo HERA Viale C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	Gruppo HERA Viale C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	293.579
					12
56	Rimini	Via San Martino in Venti 47900 Rimini	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	128.656
					n.d.
57	Sant'Agata Bolognese (BO)	n.d.	Nuova Geovis Srl Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO) www.nuovageovis.it	Nuova Geovis Srl Via Romita, 1 40019 Sant'Agata Bolognese (BO) www.nuovageovis.it	n.d.
58	Voltana di Lugo (RA)	Via Traversano, 30 48028 Voltana di Lugo (RA)	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	Recupera Srl Via Traversano, 30 48020 Voltana di Lugo (RA) www.gruppohera.it	375.594
					10

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TOSCANA					
59	Arezzo	n.d.	A.I.S.A. SpA Via Trento e Trieste, 163 52100 Arezzo www.aisaspa.com	A.I.S.A. SpA Via Trento e Trieste, 163 52100 Arezzo www.aisaspa.com	n.d.
60	Asciano (SI)	Strada Massetana Romana 58/d 53100 Pian delle Cortine (SI)	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	263.000
					36
61	Aulla (MS)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
62	Galliciano (LU)	n.d.	n.d.	Se.Ver.A Spa Via Pio La Torre, 2/c 55032 Castelnuovo Garfagnana (LU) www.severa.it	n.d.
63	Livorno	Via Dei Cordai, 6 57121 Livorno	AAMPS Spa Via G. Bandi, 15 57122 Livorno www.aamps.livorno.it	AAMPS Spa Via G. Bandi, 15 57122 Livorno www.aamps.livorno.it	160.949
					1
64	Massa Carrara	n.d.	Cermecc Spa Via Pascoli, 33 54100 Massa Carrara www.cermecc.it	Cermecc Spa Via Pascoli, 33 54100 Massa Carrara www.cermecc.it	n.d.
65	Massarosa (LU)	n.d.	T.E.V Srl (Veolia Servizi ambientali SpA) Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	T.E.V Srl (Veolia Servizi ambientali SpA) Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
66	Monsummano Terme (PT)	n.d.	Comune Monsummano Terme Via IV Novembre, 75/h 51015 Monsummano Terme (PT)	Comune Monsummano Terme Via IV Novembre, 75/h 51015 Monsummano Terme (PT)	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TOSCANA (segue)					
67	Montespertoli (FI)	Via Botinaccio snc 50025 Montespertoli (FI)	Publiambiente SpA Via Garigliano, 1 50053 Empoli (FI) www.publiambiente.it	Publiambiente SpA Via Garigliano, 1 50053 Empoli (FI) www.publiambiente.it	200.000
					14
68	Piombino (LI)	n.d.	ASIU Spa Via Isonzo, 21/23 57025 Piombino (LI)	ASIU Spa Via Isonzo, 21/23 57025 Piombino (LI)	n.d.
69	Pistoia	n.d.	Publiambiente Sp.A. Via Garigliano, 1 50053 Empoli (FI) www.publiambiente.it	Publiambiente SpA Via Garigliano, 1 50053 Empoli (FI) www.publiambiente.it	n.d.
70	Porto Azzurro (LI)	n.d.	ESA Spa Località Literni 57034 Campo Nell'Elba (LI)	ESA Spa Località Literni 57034 Campo Nell'Elba (LI)	n.d.
71	Prato	n.d.	ASM Spa Via Paronese, 110 59100 Prato www.asmprato.it	ASM Spa Via Paronese, 110 59100 Prato www.asmprato.it	n.d.
72	Rosignano Marittimo (LI)	n.d.	REA Spa Località Le Sorelline 57016 Rosignano (LI) www.reaspa.it	REA Spa Loc. Le Sorelline 57016 Rosignano (LI) www.reaspa.it	n.d.
73	San Casciano Val di Pesa (FI)	n.d.	SAFI SpA Località Testi 50027 Greve in Chianti (FI) www.safi.it	SAFI SpA Località Testi 50027 Greve in Chianti (FI) www.safi.it	n.d.
74	Sesto Fiorentino (FI)	Via del Pantano 50019 Sesto Fiorentino (FI)	Quadrifoglio Spa Via Baccio da Montelupo, 52 50142 Firenze www.quadrifoglio.org	Quadrifoglio Spa Via Baccio da Montelupo, 52 50142 Firenze www.quadrifoglio.org	487.369
					5
75	Siena	n.d.	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	Siena Ambiente Spa Strada Massetana Romana, 58/d 53100 Siena www.sienambiente.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
UMBRIA					
76	Foligno (PG)	n.d.	Centro Ambiente Spa Via delle Industrie, 9 06037 Foligno (PG) www.centroambiente.it	Centro Ambiente Spa Via delle Industrie, 9 06037 Foligno (PG) www.centroambiente.it	n.d.
77	Orvieto (TR)	n.d.	SAO SpA Piazza del Commercio, 23 05018 Orvieto (TR)	SAO SpA Piazza del Commercio, 23 05018 Orvieto (TR)	n.d.
78	Perugia	n.d.	GESENU Spa Via della Molinella, 7 06125 Ponte Rio (PG)	GESENU Spa Via della Molinella, 7 06125 Ponte Rio (PG)	n.d.
79	Terni	n.d.	Comune di Terni Via Tiziano, 3/b 05100 Terni	Comune di Terni Via Tiziano, 3/b 05100 Terni	n.d.
80	Ascoli Piceno	Località Relluce, snc 63100 Ascoli Piceno	Comune di Ascoli Piceno Piazza Arringo, 1 63100 Ascoli Piceno	SENESI Via Ungheria, 20 63018 Porto Sant'Elpidio (AP) www.rb-srl.it	19.769
					12
81	Fermo (AP)	n.d.	A.S.I.T.E. Spa Contrada San Biagio 63023 Fermo (AP) www.asiteonline.it	A.S.I.T.E. Spa Contrada San Biagio 63023 Fermo (AP) www.asiteonline.it	n.d.
82	Morrovalle (MC)	n.d.	n.d.	Senesi srl Via Romagna, 27 62010 Morrovalle (MC)	n.d.
83	Tolentino (MC)	n.d.	MIRR Srl Contrada Sant'Angelo, 52 62029 Tolentino (MC)	MIRR Srl Contrada Sant'Angelo, 52 62029 Tolentino (MC)	n.d.
84	Urbania (PU)	n.d.	n.d.	Comunità Montana Alto e Medio Metauro Via Manzoni, 25 61049 Urbania (PU) www.cm-urbania.ps.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
LAZIO					
85	Albano Laziale (RM)	Via Ardeatina, km 24,640 00040 Cecchina di Albano Laziale (RM)	n.d.	Pontina Ambiente Srl Via Pontina, 543 00128 Roma www.pontinaambiente.it	n.d.
86	Aprilia (LT)	Via Ferriere - Nettuno, km 15,000 04011 Aprilia (RM)	Kyklos Srl Via Ferriere - Nettuno, km 15,000 04011 Aprilia (RM) www.kyklossrl.it	Kyklos Srl Via Ferriere-Nettuno, km 15,000 04011 Aprilia (RM) www.kyklossrl.it	n.d.
87	Castelforte (LT)	Via Viaro 4021 Castelforte (LT)	Centro Servizi Ambiente Srl Via Viaro 4021 Castelforte (LT)	Centro Servizi Ambiente Srl Via Viaro 4021 Castelforte (LT)	4.504
					n.d.
88	Colfelice (FR)	n.d.	SAF Spa St. prov. Ortella, km 3 03030 Colfelice (FR) www.safspa.it	SAF Spa St. prov. Ortella, km 3 03030 Colfelice (FR) www.safspa.it	n.d.
89	Malagrotta 1 (RM)	Località Castel di Guido Via Aurelia 00166 Roma	E. Giovi Srl (Gruppo Sorain Cecchini SpA) Via Casale Lumbroso, 495 00166 Roma	CO.LA.RI (Gruppo Sorain Cecchini SpA) Via Pontina, 545 00128 Roma	n.d.
90	Malagrotta 2 (RM)	Località Castel di Guido Via Aurelia 00166 Roma	Sorain Cecchini Ambiente Spa Viale del Poggio Fiorito, 63 00144 Roma	Sorain Cecchini Ambiente Spa Viale del Poggio Fiorito, 63 00144 Roma	n.d.
91	Paliano (FR)	n.d.	n.d.	Enercombustibili Srl Via Casilina, km 57,200 03018 Paliano (FR)	562.500
					1
92	Rocca Cencia (RM)	Via di Rocca Cencia, 301 00132 Roma	AMA Spa Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.amaroma.it	Termokimic Corporation Spa Via Flumendosa, 13 20132 Milano	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
LAZIO (segue)					
93	Roma Salaria (RM)	n.d.	AMA Spa Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.amaroma.it	AMA Spa Via Calderon de la Barca, 87 00142 Roma www.amaroma.it	n.d.
94	Velletri (RM)	n.d.	n.d.	Volsca Ambiente SpA Piazza Cairolì, 37 00049 Velletri (VT)	n.d.
95	Viterbo	n.d.	n.d.	Ecologia 2000 SpA Str. Teverina, km 8 01100 Viterbo (VT)	n.d.
ABRUZZO					
96	Avezzano (AQ)	n.d.	ACIAM Spa Tekneko SpA -Enia SpA Via Edison, 27 67051 Avezzano (AQ) www.aciam.it	ACIAM Spa Tekneko SpA -Enia SpA Via Edison, 27 67051 Avezzano (AQ) www.aciam.it	n.d.
97	Aielli (AQ)	n.d.	ACIAM Spa Via Edison, 25-27 67051 Avezzano (AQ) www.aciam.it	ACIAM Spa Via Edison, 25-27 67051 Avezzano (AQ) www.aciam.it	n.d.
98	Castel di Sangro (AQ)	Località Bocche di Forlì 67031 Castel di Sangro (AQ)	Alto Sangro Ambiente Srl Località Bocche di Forlì 67031 Castel di Sangro (AQ)	Alto Sangro Ambiente Srl Località Bocche di Forlì 67031 Castel di Sangro (AQ)	n.d.
99	Chieti	Località Casoni 66100 Chieti	DECO Spa Via Vomano, 12 65010 Spoltore (PE)	DECO Spa Via Vomano, 12 65010 Spoltore (PE)	445.702 67
100	Cupello (CH)	n.d.	Consorzio Civeta Contrada Valle Cena, 1 66051 Cupello (CH) www.civeta.it	Consorzio Civeta Contrada Valle Cena, 1 66051 Cupello (CH) www.civeta.it	n.d.
101	Lanciano (CH)	n.d.	Comune di Chieti	Comune di Chieti	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
					N°
ABRUZZO (segue)					
102	Notaresco (TE)	n.d.	n.d.	SOGESA SpA Località Casette di Grasciano 64024 Notaresco (TE) www.sogesaspa.com	n.d.
103	Pescara	Impianto mobile di Pescara	DECO SpA Via Salara, 14 bis 66020 San Giovanni Teatino (CH) www.decogroup.it	DECO SpA Via Salara, 14 bis 66020 San Giovanni Teatino (CH) www.decogroup.it	n.d.
104	Sante Marie (AQ)	Località Santa Giusta 67050 Sante Marie (AQ)	SEGEN SpA Via Dei Santi, 40 67054 Civitella Roveto (AQ)	SEGEN SpA Via Dei Santi, 40 67054 Civitella Roveto (AQ)	34.100
					12
105	Sulmona (AQ)	Via Cavriani, 1 67039 Sulmona (AQ)	Daneco SpA Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.it	Daneco SpA Via G. Bensi, 12/5 20152 Milano www.unendo.it	n.d.
MOLISE					
106	Montagano (CB)	Colle San Ianni 86100 Montagano (CB)	C.M. Molise Centrale Via Principe di Piemonte, 2 86100 Campobasso	Giuliani Environment Srl Via Principe di Piemonte, 2 86100 Camposasso www.giulianienvi- ronment.it	n.d.
					54
CAMPANIA					
107	Battipaglia (SA)	Strada Provinciale 195 84091 Battipaglia (SA)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifu- ticampania.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
CAMPANIA (segue)					
108	Caivano (NA)	Via Nazionale delle Puglie 80023 Caivano (NA)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	n.d.
109	Casalduni (BN)	Località Zingara Morta Contrada San Fortunato 82027 Casalduni (BN)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	n.d.
110	Giugliano (NA)	Via Circonvallazione Esterna, 1 80014 Giugliano (NA)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	n.d.
111	Pianodardine (AV)	Via Pianodardine, 82 83042 Atripalda (AV)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	n.d.
112	Santa Maria Capua Vetere (CE)	Via Appia km 6,500 81055 Santa Maria Capuavetere (CE)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
CAMPANIA (segue)					
113	Tufino (NA)	St. provinciale per Visciano 80030 Località Schiava di Tufino (NA)	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	Struttura del sottosegretario per l'emergenza rifiuti Palazzo Salerno Piazza del Plebiscito, 33 - 80132 Napoli www.emergenzarifiu- ticampania.it	n.d.
PUGLIA					
114	Cerignola (FG)	n.d.	S.I.A. FG/4 Srl Via Isonzo, 8 71046 San Ferdinando di Puglia (FG)	S.I.A. FG/4 Srl Via Isonzo, 8 71046 San Ferdinando di Puglia (FG)	n.d.
115	Manduria (TA)	Località a Chianca 74024 Manduria (TA)	Manduriambiente Spa Località La Chianca 74024 Manduria (TA)	Manduriambiente Spa Località La Chianca 74024 Manduria (TA)	171.000 17
116	Massafra (TA)	Contrada Console 74016 Massafra (TA)	Comune di Massafra Via Vittorio Veneto, 15 74016 Massafra (TA)	C.I.S.A. Spa Contrada Forcellara San Sergio 74016 Massafra (TA) www.cisaonline.it	407.955 12
BASILICATA					
117	Colobraro (MT)	Località Ponticello 75021 Colobraro (MT)	Comunità Montana del Basso Sinni c/o Comune di Tursi Viale del Municipio 75028 Tursi (MT) www.bassosinni.it	Comunità Montana del Basso Sinni c/o Comune di Tursi Viale del Municipio 75028 Tursi (MT) www.bassosinni.it	n.d.
118	Matera	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
119	Potenza	n.d.	Comune di Potenza	Comune di Potenza	n.d.
120	Sant'Arcangelo (PZ)	n.d.	Comunità Montana del Medio Agri Via L. Da Vinci, 11 85037 Sant'Arcangelo (PZ) www.cmmedioagri.it	Comunità Montana del Medio Agri Via L. Da Vinci, 11 85037 Sant'Arcangelo (PZ) www.cmmedioagri.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
BASILICATA (segue)					
121	Venosa (PZ)	n.d.	Consorzio SEARI Via Foggia, 3/B 85025 Melfi (PZ) www.seari.it	Consorzio SEARI Via Foggia, 3/B 85025 Melfi (PZ) www.seari.it	n.d.
CALABRIA					
122	Catanzaro	n.d.	SLIA SpA Località Colle Nobile 88100 Catanzaro	SLIA SpA Località Colle Nobile 88100 Catanzaro	n.d.
123	Crotone	Località Ponticelli zona Industriale 88900 Crotone	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
124	Gioia Tauro (CS)	Contrada Cicerna 89013 Gioia Tauro (CS)	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
125	Lamezia Terme (CZ)	Z.I.EX SIR San Pietro Lamentino 88046 Lamezia Terme (CZ)	Ufficio commissariale per l'emergenza Ambientale nella Regione Calabria Via delle Repubbliche Marinare 88100 Catanzaro Lido www.ceacalabria.it	DANECO Spa Via G.Bensi, 12/5 20152 Milano www.daneco.it	300.000
					104
126	Reggio Calabria (RC)	SS 184 Località Votano 89050 Sambatello (RC)	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
127	Rossano (CS)	Località Bucita 87068 Rossano (CS)	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali					
N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
CALABRIA (segue)					
128	Siderno (RC)	Contrada San Leonardo 89048 Siderno (RC)	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	Veolia Servizi ambientali SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
SICILIA					
129	Favara (AG)	Via Miniera Ciavolotti Lotti 92/94 92026 Favara (AG)	Catanzaro Costruzioni Srl Via Miniera Ciavolotti Lotti, 92/94 92026 Favara (AG) www.catanzarocostruzioni.it	Catanzaro Costruzioni Srl Via Miniera Ciavolotti Lotti, 92/94 92026 Favara (AG) www.catanzarocostruzioni.it	123.781
					14
130	Trapani	n.d.	Trapani Servizi SpA Via Salvatore Bertino, 15 91100 Trapani	Trapani Servizi SpA Via Salvatore Bertino, 15 91100 Trapani	n.d.
					9
SARDEGNA					
131	Capoterra (CA)	Strada Dorsale Consortile, km 10,500 09032 Capoterra (CA)	CASIC SpA Strada Dorsale Consortile, km 10,500 09032 Capoterra (CA) www.tecnocasic.it	CASIC SpA Strada Dorsale Consortile, km 10,500 09032 Capoterra (CA) www.tecnocasic.it	n.d.
132	Capoterra (CA)	n.d.	CASIC SpA Strada Dorsale Consortile, km 10,500 09032 Capoterra (CA) www.tecnocasic.it	CASIC SpA Strada Dorsale Consortile, km 10,500 09032 Capoterra (CA) www.tecnocasic.it	n.d.
133	Macomer (NU)	Località Tossilo 08015 Macomer (NU)	Consorzio Industriale di Macomer Località Tossilo 08015 Macomer (NU)	Tossilo SpA Località Tossilo 08015 Macomer (NU)	230.000
					84
134	Olbia (SS)	Località Spiritu Santu 07026 Olbia (SS)	Consorzio Industriale Nord Est Sardegna di Olbia Località Cala Saccaia 07026 Olbia (SS) www.cines.it	Consorzio Industriale Nord Est Sardegna di Olbia Località Cala Saccaia 07026 Olbia (SS) www.cines.it	170.000
					19

Tabella B3.1 – Impianti di trattamento meccanico-biologico: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
SARDEGNA (segue)					
135	Tempio Pausania (SS)	n.d.	Secit SpA Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secit.it	Secit SpA Via Mercalli, 80 00197 Roma www.secit.it	n.d.

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

Tabella B3.2 – Principali caratteristiche tecniche degli impianti di trattamento meccanico-biologico (2008) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità t/a	N° linee	Funzione	Anno avv./ristr.	Stato	Trattamenti			Effluenti gassosi	
							Rifiuti	Secco	Tecnologia		Umido
1	Alessandria	75.000	1	S+BS	2002	0	T+MS+P	T+V2+MS	CR	BS	FF+BF
2	Alessandria	30.000	1	CDR	2002	0	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.	n.d.
3	Borgo San Dalmazzo (CN)	53.276	1	S+BS	2004/08	0	T+MS	T+MS	OB	BS	FF+BF
4	Casale Monferrato (AL)	32.000	1	S+BS	2005	0	LS+V	MS+ED	CR	MS+BS	BSF+BF
5	Cavaglia (BI)	120.000	2	BE+CDR	2003	0	T	E+V	CS	BE	BF
7	Novi Ligure (AL)	40.200	1	S	2002	0	T+MS+V	—	n.a.	n.a.	FF+BF
8	Pinerolo (TO)	55.000	1	S+BS+CDR	2002	0	LS+T+MS+V	V2+T+MS+ED+E+P	CS	BS	CY+FF+BF
9	Roccavione (CN)	29.500	1	CDR	2002	0	n.a.	HS+T+MS+E	n.a.	n.a.	CY+FF+WS
10	Sommarriva Bosco (CN)	66.000	1	S+BS	2007	0	LS	MS+ED+TH+V2+VB	CR	MS+ED+V2+BS	BF
12	Tortona (AL)	26.800	1	S+BS	2002/06	0	T+MS+V	n.d.	TDA	BS	FF+BF
13	Valterza (AT)	67.000	1	S+BS+CDR	n.d.	0	LS+MS+V	P	CR	BS	BSF+BF
15	Bergamo	72.000	1	BE+CDR	1998/04	0	LS+T	n.d.	CS	n.d.	WS+BF
17	Ceresara (MN)	84.000	1	S+BS+CDR	1990	0	T	T+MS+T+E	CR	BS	BF
18	Corteolona (PV)	160.000	1	BE+CDR	1996/01	0	T	MS+ED+V2+T	CS	n.a.	FF+BF
19	Gussago (PV)	75.000	1	BE+CDR	2002	0	T	MS+ED+V2+T	CS	BE	BF
20	Lacchiarella (MI)	75.000	1	BE+CDR	2002	0	T	MS+ED+V2+T	CS	BE	BF
22	Milano	240.000	2	S	2004	0	LS+V	MS+P	n.a.	n.a.	WS+BF
24	Parona (PV)	380.000	2	S+BS+CDR	1999/07	0	LS+T+MS+ED	T+MS	CR	BS	n.d.
25	Pieve di Coriano (MN)	84.000	1	S+BS+CDR	1990	0	T	T+MS+T+E	CR	BS	BF
26	Rovereto (TN)	53.000	1	S+BS	1990/99	0	LS+T+MS	V2	BT	BS	n.d.
28	Asiago (VI)	10.500	1	S+BS	n.d.	0	LS+T+V	T+V2	CR	BS	BF

continua...

Tabella B3.2 – Principali caratteristiche tecniche degli impianti di trattamento meccanico-biologico (2008) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità t/a	N° linee	Funzione	Anno avv./fistr.	Stato	Trattamenti			Effluenti gassosi	
							Rifiuti	Secco	Umido		
29	Bassano del Grappa (VI)	22.000	1	S+Dig.am+CDR	2007	0	LS+T+MS+T2	n.d.	n.a.	FF	
30	Ca del Bue (VR)	156.000	2	S+Dig.am+CDR	2002	0	T+V	T+V2+MS+P	Dig.am.	n.d.	
32	Lovadina di Spresiano (TV)	84.000	1	S+BS+CDR	n.d.	R	T+LS	MS+V	BR	BS	
33	Marghera (VE)	150.500	1	BE+CDR	2001	0	T	n.d.	BC	BE	
35	Portogruaro (VE)	45.000	1	S+BS	2003	0	T+V	n.d.	CS	BS	
36	Rovigo	109.200	1	S+BS+CDR	n.d.	0	LS+T+MS	V2	CR	BS	
38	Trevignano (TV)	84.000	1	S+CDR	2001/04	0	n.d.	T+V2	n.a.	n.a.	
41	San Giorgio di Nogaro (UD)	80.000	1	S+BS	1987/99	0	LS	MS+P	CS	MS+BS	
44	Sanremo Taggia (IM)	65.000	1	S+BS	2001/03	0	T+LS+MS	n.a.	BC	BS	
45	Varazze (SV)	35.600	1	S+BS+CDR	n.d.	0	n.d.	n.d.	CS	BS	
46	Vezzano Ligure (SP)	80.000	1	S+BS+CDR	2008	0	T+MS	MS+P	BCS	BS	
47	Bologna	150.000	1	S	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.a.	n.d.	
49	Carpi-Località Fossoli (MO)	70.000	1	S+BS	1997	0	T	MS	CS	MS+BS+V2	
50	Forlì	108.000	1	S	2008	0	T+MS+ED	V2	n.a.	n.a.	
51	Imola (BO)	220.000	1	S+BS	n.d.	0	T+V	MS+V	CR	BS	
52	Lugo (RA)	90.000	1	S	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.a.	n.d.	
53	Ostellato (FE)	75.000	1	S+BS	1999/04	0	MS	n.d.	TDA	BS	
54	Parma	150.000	1	S	2002/08	0	T	MS	n.a.	MS+ED	
55	Ravenna	150.000	2	S+CDR	1999/02	0	T+MS	T+MS+V2+D	n.a.	n.a.	
56	Rimini	35.000	1	S+BS	2003/05	0	MS	n.d.	TDA	BS	
58	Voltana di Lugo (RA)	60.000	1	S+BS	2006/08	0	MS	n.d.	TDA	BS	
Totale Nord							47				
60	Asciano (SI)	80.000	1	S+BS	2002/08	0	T+MS	P	CR	BS	
63	Livorno	105.000	1	S	2003	0	T+MS	V2	n.a.	n.a.	
67	Montespertoli (FI)	80.000	1	S+BS+CDR	2000	0	T+MS+V	-	BT	BS	
72	Rosignano Marittimo (LI)	86.000	1	S+CDR	n.d.	0	T+V	T+MS+V	TR	BS	
73	San Casciano Val di Pesa (FI)	86.900	1	CDR	n.d.	0	T+MS+V	T+V2+MS	n.a.	n.a.	
74	Sesto Fiorentino (FI)	244.800	1	S+BS+CDR	1996/08	0	T	T+V2+P	BC	T+BS	
75	Siena	9.600	1	S+BS+CDR	2002	0	T+LS	MS+V+P	CR	BS	
76	Foligno (PG)	82.000	1	S+BS+CDR	n.d.	0	T+MS+V	T+V2	OB	BS	

80	Ascoli Piceno	80.000	1	S+BS	2000	0	LS+T	n.d.	OB	MS+BS+V2	FF+BF
81	Fermo (AP)	54.100	1	S+BS	n.d.	0	LS+T+V	T+V2+MS+P	CR	BS	n.d.
83	Tolentino (MC)	85.000	1	S+BS+CDR	n.d.	0	T+MS	V	TDA	BS	n.d.
85	Albano Laziale (RM)	200.000	1	S+BS+CDR	1998/02	0	LS+T+MS	T+MS+P	BC	BS	BF
86	Aprilia (LT)	83.830	1	CDR	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.a.	n.d.	n.d.
87	Castelforte (LT)	51.000	1	CDR	2008	A	T+MS	T+MS+ED+TH	n.a.	n.a.	n.d.
88	Coiflice (FR)	234.000	1	S+BS+CDR	1996	0	T	T+V2+MS	TDA	BS	n.d.
89	Malagrotta 1 (RM)	187.000	1	S+BS+CDR	2003	0	n.d.	n.d.	BR	BS	n.d.
90	Malagrotta 2 (RM)	360.000	1	S+BS+CDR	2005	A	n.d.	n.d.	BR	BS	n.d.
91	Paliano (FR)	120.000	1	CDR	n.d.	0	T+MS	T+V2+MS	n.a.	n.a.	n.d.
92	Rocca Cencia (RM)	234.000	1	S+BS+CDR	2006	0	T	MS+V2	CR	MS+BS	FF+BF
93	Roma Salaria (RM)	273.750	1	S+BS+CDR	2006	C	T	MS+V2	CR	MS+BS	FF+BF
94	Velletri (RM)	30.000	1	CDR	n.d.	C	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale Centro		2.766.980	21								
97	Aielli (AQ)	66.000	1	S+BS	2008	A	T	T+MS+V	BCS	BS	BF
96	Avezzano (AQ)	9.000	1	S+BS	n.d.	0	n.d.	n.d.	BC	n.d.	n.d.
99	Chieti	270.000	2	S+BS+CDR	2009	A	T+MS	V2+MS+T+ED+P	CS	BE+BS+V2+MS+T+ED+P	FF+BF
101	Lanciano (CH)	110.000	1	S+BE	n.d.	A	n.d.	n.d.	CS	n.d.	n.d.
103	Pescara	175.200	1	S	n.d.	0	LS+T+V	MS	n.a.	n.a.	n.d.
104	Sante Marie (AQ)	10.835	1	S+BE+BS	2005	0	T+MS	T+MS	CS	T+MS+BS	n.d.
106	Montagano (CB)	60.000	1	S+BS	2001/06	0	T+V+MS	MS+ED	BCS	BS+MS+T+V	BF
108	Caiivano (NA)	607.000	1	S+BS	2001	0	T+V+MS	T+V2+MS	CR	T+MS+BS	n.d.
109	Casalduni (BN)	140.000	1	S+BS	2002	0	T+V+MS	T+V2+MS	CR	T+MS+BS	n.d.
110	Giugliano (NA)	451.000	1	S+BS	2002	0	T+V+MS	T+V2+MS	CR	T+MS+BS	n.d.
111	Pianodardine (AV)	116.100	1	S+BS	2001	0	T+V+MS	T+V2+MS	CR	T+MS+BS	n.d.
112	Santa Maria Capua Vetere (CE)	361.700	1	S+BS	2001	0	T+V+MS	T+V2+MS	CR	T+MS+BS	n.d.
113	Tufino (NA)	495.000	1	S+BS	2002	R	T+V+MS	T+V2+MS	CR	T+MS+BS	n.d.
115	Manduria (TA)	90.000	1	S+BS	2003	0	T	MS+ED	CR	MS+BS	BF
116	Massafra (TA)	160.000	1	S+BS+CDR	2004/06	0	T+MS	V2+T+MS+P	BT	BS	FF+BF

continua...

Tabella B3.2 – Principali caratteristiche tecniche degli impianti di trattamento meccanico-biologico (2008) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità t/a	N° linee	Funzione	Anno avv./fistr.	Stato	Trattamenti				
							Rifiuti	Secco	Umido	Effluenti gassosi	
125	Lamezia Terme (CZ)	120.000	1	S+BS+CDR	2003/05	0	LS+MS	T+MS+V2	CR	MS+BS	FF+WS+BF
129	Favara (AG)	50.000	1	S+BS	2004	0	T+MS	V2+ED+P	CS	BS	BF
130	Trapani	60.000	1	S+BS	n.d.	0	T	n.p.	TDA	T+MX+BS	BF
131	Capoterra (CA)	330.000	1	S	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.a.	n.d.	n.d.
132	Capoterra (CA)	49.000	1	S+BS	n.d.	0	n.d.	n.d.	CR	n.d.	n.d.
133	Macomer (NU)	82.500	1	S+BS	1994	0	T+MS+V	n.d.	CR	n.d.	n.d.
134	Olbia (SS)	130.000	1	S+Dig.an	2001/06	0	T	V2	CR	BS	BF
Totale Sud		3.943.335	23								
Totale Italia		10.557.891	91								

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ Le voci riportate in corsivo sono ricavate da fonti bibliografiche.

Legenda: n.a. = non applicabile; n.d. = non dichiarati dai gestori
 (voce "funzione"): BF = bioessiccazione; BS = biostabilizzazione; CDR = produzione di CDR; Dig.an = digestione anaerobica; S = selezione secco-umido.
 (voce "Stato"): A = in avviamento; C = in costruzione; O = operativo; R = in ristrutturazione
 (voce "trattamenti"): BS = biostabilizzazione; D = addensamento; ED = separazione metalli non ferrosi; LS = lacerazione; MS = separazione magnetica; P = pelletizzazione; PE = presso-estrazione; T = triturazione; TH = Thor;
 V = vagliatura; V2 = vagliatura secondaria.
 (voce "Tecnologia"): BCS = biocella statica; BCD = biocella dinamica; BCR = bacino orizzontale rivoltato; BCT = biocontainers scarrabili; BR = bioreattori orizzontali; BT = biotunnel; CR = cumuli rivoltati; CS = cumuli statici;
 OB = bacino orizzontale rivoltato; TDA = trincee dinamiche aerate; TR = cilindro rotante.
 (voce "Trattamento effluenti gassosi"): BF = Biofiltri; BSF = bioscrubber; CY = ciclone; FF = filtro a maniche; WS = wet scrubber (lavaggio)

Tabella B3.3 - Dati di esercizio degli impianti di trattamento meccanico-biologico, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità di trattamento		Rifiuti trattati			Materiali in uscita				
		Totale	RUR	Altro	Biostabilizzato	CDR	Frazione Secca	Metalli ferrosi	Metalli non ferrosi		
1	Alessandria	75.000	74.050	--	15.261	--	43.212	--	--	--	
2	Alessandria ⁽²⁾	30.000	12.638	--	9.633	--	--	--	--	--	
3	Borgo San Dalmazzo (CN)	53.276	47.577	--	19.466	--	21.975	1.469	--	--	
4	Casale Monferrato (AL)	32.000	25.134	--	7.280	--	14.338	475	30	--	
5	Cavaglia (BI)	120.000	98.200	--	--	--	64.470	--	--	--	
7	Novi Ligure (AL)	40.200	38.000	--	--	--	26.000	97	--	--	
8	Pinerolo (TO)	55.000	2.967	--	--	1.040	--	1.660	--	--	
9	Roccamare (CN) ⁽³⁾	29.500	26.330	--	20.910	--	--	7	7	--	
10	Sommariva Bosco (CN) ⁽⁴⁾	66.000	20.327	--	6.531	7.541	--	n.d.	n.d.	--	
12	Tortona (AL) ⁽⁵⁾	26.800	50.036	10.637	9.394	--	27.712	--	--	--	
13	Valteira (AT) ⁽⁶⁾	67.000	37.801	--	9.728	--	19.000	5.000	--	--	
15	Bergamo	72.000	52.647	16.566	--	12.726	21.301	586	11	--	
17	Ceresara (MN)	84.000	79.865	25.331	20.701	11.302	--	696	--	--	
18	Corteolona (PV)	160.000	127.210	32.996	--	44.273	--	2.412	276	--	
19	Giussago (PV)	75.000	67.510	2.800	--	20.490	--	860	--	--	
20	Lacchiarella (MI)	75.000	67.516	2.800	--	20.490	--	860	--	--	
22	Milano ⁽⁷⁾	240.000	107.524	--	--	--	81.397	158	--	--	
24	Parona (PV)	380.000	226.085	46.751	48.982	130.539	--	607	242	--	
25	Pieve di Coriano (MN)	84.000	80.313	24.521	33.900	10.304	--	482	--	--	
26	Rovereto (TN) ⁽⁸⁾	53.000	45.894	18.370	--	--	--	154	--	--	
28	Astiago (VI)	10.500	936	--	126	--	--	--	--	--	

continua...

Tabella B3.3 - Dati di esercizio degli impianti di trattamento meccanico-biologico, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità di trattamento	Rifiuti trattati					Materiali in uscita				
			Totali	RUR	Altro	Biostabilizzato	CDR	Frazione Secca	Metalli ferrosi	Metalli non ferrosi		
29	Bassano del Grappa (VI)	22.000	49.900	11.500	38.400	--	--	10.900	--	500	--	--
30	Cà del Bue (VR)	156.000	87.115	87.115	--	--	--	22.195	--	n.d.	n.d.	--
32	Lovadina di Spresiano (TV)	84.000	85.032	85.032	--	--	--	--	--	--	--	--
33	Marghera (VE)	150.500	148.342	125.465	22.877	--	--	75.623	--	3.181	259	--
35	Portogruaro (VE) ⁽⁹⁾	45.000	34.800	34.800	--	4.900	--	--	--	--	--	--
36	Rovigo	109.200	72.888	72.888	--	16.907	--	2.952	--	--	--	--
38	Trevignano (TV) ⁽¹⁰⁾	84.000	85.148	85.017	131	--	--	32.510	--	580	--	--
41	San Giorgio Nogaro (UD)	80.000	87.200	81.070	6.130	--	--	37.493	--	289	--	--
44	Sanremo Taggia (IM) ⁽¹¹⁾	65.000	61.709	61.709	--	13.710	--	--	--	--	--	--
45	Varazze (VZ)	35.600	32.189	32.189	--	5.610	--	5.000	--	--	--	--
46	Vezzano Ligure (SP)	80.000	80.000	80.000	--	5.000	--	40.000	--	--	--	--
47	Bologna	150.000	39.224	39.224	--	--	--	24.949	--	361	--	--
49	Carpi Località Fossoli (MO)	70.000	69.000	51.000	18.000	26.000	--	--	--	--	180	--
50	Forlì	108.000	7	7	--	--	--	7	--	--	--	--
51	Imola (BO)	220.000	94.057	94.057	--	--	--	60.523	--	--	--	--
52	Lugo (RA) ⁽¹²⁾	90.000	61.297	20.393	40.904	--	--	29.747	--	--	--	--
53	Ostellato (FE)	75.000	65.355	7.253	58.102	43.040	--	--	--	--	--	--
54	Parma	150.000	116.085	116.085	--	43.000	--	67.394	--	707	122	--
55	Ravenna	150.000	134.000	126.000	8.000	--	45.000	--	--	80	--	--
56	Rimini	35.000	14.660	14.660	--	8.960	--	--	--	30	--	--
58	Volturno di Lugo (RA)	60.000	18.890	18.890	--	9.240	--	--	--	--	--	--
	Totale Nord	3.847.576	2.725.458	2.313.175	412.284	358.051	518.428	544.518	21.251	1.127	1.127	1.127
60	Asciano (SI)	80.000	61.482	43.579	17.903	4.055	--	24.066	--	--	--	--
63	Livorno	105.000	62.823	62.823	--	--	--	48.565	--	1.429	--	--
67	Montespertoli (FI)	80.000	160.600	80.300	80.300	29.750	--	73.714	--	1.060	--	--
72	Rosignano Marittimo (LI)	86.000	54.313	54.033	280	25.410	--	15.736	--	--	--	--
73	San Casciano Val di Pesa (FI)	86.900	86.075	86.075	--	15.000	--	43.535	--	--	--	--
74	Sesto Fiorentino (FI)	244.800	153.918	127.394	26.524	21.837	7.711	8.208	--	140	--	--
75	Siena	9.600	7.038	471	6.567	--	2.013	--	--	--	--	--

76	Foligno (PG) ⁽¹³⁾	82.000	75.832	75.832	--	15.166	--	37.916	1.517	--
80	Ascoli Piceno	80.000	49.603	48.900	703	36.210	--	--	74	--
81	Fermo (AP)	54.100	38.061	38.061	--	15.438	--	--	203	--
83	Tolentino (MC)	85.000	86.835	86.835	--	10.884	35.000	20.000	--	--
85	Albano Laziale (RM) ⁽¹⁴⁾	200.000	151.339	148.354	2.985	26.859	11.986	--	1.129	--
86	Aprilia (LT)	83.830	29.168	466	28.702	--	18.771	--	--	--
87	Castelforte (LT) ⁽¹⁵⁾	51.000	--	--	--	--	--	--	--	--
88	Cotice (FR)	234.000	203.163	203.163	--	9.980	26.921	--	--	--
89	Malagrotta 1 (RM)	187.000	32.443	31.561	882	17.432	7.661	--	564	n.d.
90	Malagrotta 2 (RM)	360.000	--	--	--	--	--	--	--	--
91	Paliano (FR)	120.000	93.134	--	93.134	--	79.773	--	3.420	--
92	Rocca Cencia (RM)	234.000	102.317	101.370	947	9.980	26.921	--	596	36
93	Roma Salaria (RM)	273.750	--	--	--	--	--	--	--	--
94	Velletri (RM) ⁽¹⁶⁾	30.000	--	--	--	--	--	--	--	--
	Totale Centro	2.766.980	1.448.144	1.189.217	258.927	223.001	247.493	256.004	10.132	36
96	Aielli (AQ)	66.000	37.028	35.878	1.150	4.608	--	36.000	23	--
97	Avezzano (AQ)	9.000	4.608	--	4.608	2.330	--	--	--	--
99	Chieti ⁽¹⁷⁾	270.000	--	--	--	--	--	--	--	--
101	Lanciano (CH)	110.000	84.182	84.182	--	--	--	84.097	31	--
103	Pescara	175.200	126.329	126.329	--	--	--	101.024	1.046	--
104	Sante Marie (AQ)	10.835	15.928	15.640	288	8.000	--	8.160	98	--
106	Montagano (CB)	60.000	48.051	47.706	345	13.850	--	20.443	--	--
108	Caviano (NA)	607.000	603.096	603.096	--	--	--	307.991	2.476	--
109	Casalduni (BN)	140.000	204.969	204.969	--	--	--	105.251	881	--
110	Giugliano (NA)	451.000	413.870	413.870	--	--	--	198.463	1.350	--
111	Pianodardine (AV)	116.100	217.565	217.565	--	--	--	115.806	1.799	--
112	Santa Maria Capua Vetere (CE)	361.700	374.390	374.390	--	--	--	181.429	1.559	--
113	Tufino (NA)	495.000	--	--	--	--	--	--	--	--
115	Manduria (TA)	90.000	92.890	92.780	110	28.540	--	49.880	247	--
116	Massafra (TA)	160.000	212.980	212.980	--	158.670	28.870	--	39	--

continua...

Tabella B3.3 - Dati di esercizio degli impianti di trattamento meccanico-biologico, tonnellate (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità di trattamento	Rifiuti trattati				Materiali in uscita			Note
			Totali	RUR	Altro	Biostabilizzato	CDR	Frazione Secca	Metalli ferrosi	
125	Lamezia Terme (CZ)	120.000	117.680	112.150	5.530	16.100	16.090	--	1.558	--
129	Favara (AG)	50.000	45.110	44.526	584	16.960	11	19.810	220	59
130	Trapani	60.000	70.626	70.626	--	--	34.000	--	--	--
131	Capoterra (CA) ⁽¹⁸⁾	330.000	200.835	200.835	--	--	--	149.865	--	--
132	Capoterra (CA) ⁽¹⁸⁾	49.000	1.063	--	1.063	287	--	--	--	--
133	Macomer (NU)	82.500	72.230	59.520	12.710	14.610	--	53.190	--	--
134	Olbia (SS)	130.000	111.265	94.398	16.866	28.025	--	66.382	--	--
	Totale Sud	3.943.335	3.054.695	3.011.440	43.254	291.980	78.971	1.497.791	11.327	59
	Totale Italia	10.557.891	7.228.297	6.513.831	714.465	873.032	844.892	2.298.313	42.710	1.222

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Le voci indicate in corsivo sono state ricavate dal "Rapporto Rifiuti 2008" dell'ISPRA o tramite stime.

⁽²⁾ L'impianto tratta la frazione secca prodotta dall'impianto di Alessandria.

⁽³⁾ L'impianto tratta frazione secca proveniente dall'impianto di Borgo San Dalmazzo (CN).

⁽⁴⁾ E' in fase di sperimentazione una sezione di produzione CDR tramite la tecnologia THOR.

⁽⁵⁾ Sottovaglio proveniente dall'impianto di Novi Ligure (AL).

⁽⁶⁾ La linea di produzione di CDR non è operativa.

⁽⁷⁾ La frazione organica prodotta viene trattata in impianti terzi ai fini della biostabilizzazione.

⁽⁸⁾ L'umido raccolto viene inviato in altro sito per trattamento di compostaggio. I materiali riciclabili (carta, vetro, banda stagnata e plastica) vengono raccolti ed avviati ai centri di recupero.

⁽⁹⁾ Il biostabilizzato viene inviato in discarica; il cumulo statico è costituito da 12 biopile all'aperto (solo 3 impiegate dal 2007).

⁽¹⁰⁾ La frazione organica ed il rifiuto verde vengono avviati ad altri impianti di trattamento (compostaggio sospeso da aprile 2005).

⁽¹¹⁾ La vagliatura e la biostabilizzazione sono principalmente finalizzate alla messa a dimora dei rifiuti in discarica. Dal 2007 è operativa la produzione di energia elettrica con il biogas.

⁽¹²⁾ Rifiuti agroindustriali, carta, plastica, legno, metalli, vetro, inerti, RU.

⁽¹³⁾ Impianto di selezione e riciclaggio e compostaggio; la produzione di CDR è provvisoriamente inattiva.

⁽¹⁴⁾ Rifiuti agroindustriali, da industria fotografica, RU (CFR: 200203, 200302).

⁽¹⁵⁾ L'impianto tratta la frazione residuale della raccolta differenziata domestica porta a porta. Il sovrallo viene destinato alla produzione di CDR. L'impianto è in avviamento e si prevede che entri a regime nel corso del 2009.

⁽¹⁶⁾ Impianto in fase di progettazione, in attesa del Piano Regionale (2010).

⁽¹⁷⁾ E' prevista l'entrata in esercizio a fine 2009.

⁽¹⁸⁾ Operativo da dicembre 2007.

SUB-ALLEGATO ■ B4 |

La digestione anaerobica

Tabella B4.1 – Impianti di digestione anaerobica: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
PIEMONTE					
1	Pinerolo (TO)	Strada Poirino, 145 10064 Pinerolo (TO)	ACEA Pinerolese Industriale SpA Via Vigone, 42 10064 Pinerolo (TO) www.ambiente.aceapi- nerolese.it	ACEA Pinerolese Industriale SpA Via Vigone, 42 10064 Pinerolo (TO) www.ambiente.aceapi- nerolese.it	800.000
					47
LOMBARDIA					
2	Montello (BG)	Via Fabio Filzi, 5 24060 Montello (BG)	Montello SpA Via Fabio Filzi, 5 24060 Montello (BG) www.joomla.mon- tello-spa.it	Montello SpA Via Fabio Filzi, 5 24060 Montello (BG) www.joomla.mon- tello-spa.it	4.500.000
					200
TRENTINO ALTO ADIGE					
3	Lana (BZ)	Via della Rena, 22 39011 Lana (BZ)	Comunita Comprensoriale Burgraviato Via Otto Huber, 13 39012 Merano (BZ) www.bzgbga.it	Eco-Center Spa Via L. Isarco Destro, 21/a 39100 Bolzano www.eco-center.it	250.000
					33
VENETO					
4	Bassano del Grappa (VI)	Via dei Tulipani, 30/32 36061 Bassano del Grappa (VI)	ETRA SpA Largo Parolini, 82 36061 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	ETRA SpA Largo Parolini, 82 36061 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	150.000
					62
5	Camposampiero (PD)	Centro Biotratt. Camposampiero Via Straelle 35012 Camposampiero (PD)	ETRA SpA Largo Parolini, 82 36061 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	ETRA SpA Largo Parolini, 82 36061 Bassano del Grappa (VI) www.etraspa.it	n.d.
6	Lozzo Atesino (PD)	Via Condotta, 1/a 35034 Lozzo Atesino (PD)	Consorzio Agrilux Via Condotta, 1/a 35034 Lozzo Atesino (PD)	Consorzio Agrilux Via Condotta, 1/a 35034 Lozzo Atesino (PD)	n.d.
7	Treviso	Via Cesare Pavese, 18 31100 Treviso	Comune di Treviso	Comune di Treviso	n.d.

Tabella B4.1 – Impianti di digestione anaerobica: informazioni generali

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TOSCANA					
8	Viareggio (LU)	n.d.	SEA Risorse SpA Via Comparini angolo Via Fosso Guidari 55049 Viareggio (LU)	SEA Risorse SpA Via Comparini angolo Via Fosso Guidario 55049 Viareggio (LU)	n.d.
PUGLIA					
9	Laterza (TA)	Contrada Mandrone 74014 Laterza (TA)	Biogen Srl Via Masella, 26 74018 Palagianello (TA)	Biogen Srl Via Masella, 26 74018 Palagianello (TA)	n.d.
SARDEGNA					
10	Villacidro (CA)	Villacidro Cannamenda	Consorzio per la Zona di Sviluppo Industriale di Villacidro (CA)	FISIA Italimpianti SpA Via De Marini, 16 16149 Genova	
<i>Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine</i>					

Tabella B4.3 – Dati di esercizio degli impianti di digestione anaerobica (2007) ⁽¹⁾

N°	Località	Capacità di trattamento	Stato	Rifiuti trattati	Temperatura operativa	Produzione		Recupero energetico		Tipologia
						Quantità digestato	Biogas	Biogas	Elettrico	
	t/a	t	°C	t	t	Nm ³	MWh	MWh	MWh	MWh
1	Pinerolo (TO)	83.000	0	69.342	50-55	7.100	3.624.820	9.891	6.618	3.273
3	Lana (BZ)	9.600	0	10.221	35	970	1.038.000	1.046	1.046	--
4	Bassano del Grappa (VI)	44.300	0	34.900	37	3.400	4.404.416	7.844	7.844	--
5	Camposampiero (PD)	16.000	0	13.430	55	3.200	2.009.016	3.285	3.285	--
6	Lozzo Atesino (PD)	60.000	0	41.702	35	24.835	2.444.383	5.822	5.822	--
7	Treviso ⁽¹⁾	3.000	0	1.516	38	365	164.161	n.d.	n.d.	n.d.
8	Viareggio (LU)	1.500	0	1.200	n.d.	5.692	310.250	n.d.	n.d.	n.d.
10	Villadardo (CA)	39.600	0	33.355	n.d.	3.890	1.234.123	1,5	1,5	--
Totale Italia		257.000		205.666	-	49.452	15.229.169	27.889	24.616	3.273

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Per gli impianti per i quali non erano disponibili dati si è proceduto ad una stima degli stessi effettuata sulla base di quanto enunciato al punto 2.3.

Legenda:

n.d. = non disponibile.

"Stato funzionale" A = in avviamento; C = in costruzione; O = operativo; R = in ristrutturazione

| B5 ■ SUB-ALLEGATO

I trattamenti termici

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
					N°
PIEMONTE					
1	Mergozzo (VB) ⁽¹⁾	Località Prato Michelaccio Mergozzo (VB)	Conservco SpA Via Olanda, 55 28922 Verbania Pallanza (VB) www.conservco.it	Conservco SpA Via Olanda, 55 28922 Verbania Pallanza (VB) www.conservco.it	105.129
					46
2	Vercelli	Via per Asigliano, 6 13100 Vercelli	ATEn.A Patrimonio SpA Corso Palestro, 126 13100 Vercelli	Vercelli Energia SpA Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d.
					86
LOMBARDIA					
3	Bergamo	Via Goltara, 23 24100 Bergamo	BAS Power Srl Via Codussi, 46 24100 Bergamo www.a2a.eu	APRICA SpA Via Lamarmora, 230 25124 Brescia www.a2a.eu	n.d.
4	Brescia	Via Malta, 25/r 25124 Brescia	A2A SpA Via Lamarmora, 230 25124 Brescia	A2A SpA Via Lamarmora, 230 25124 Brescia	1.110.000
					215
5	Busto Arsizio (VA)	Strada Comunale di Arconte, 121 21052 Busto Arsizio (VA)	ACCAM SpA Strada Comunale di Arconte, 121 21052 Busto Arsizio (VA) www.accam.it	EUROPOWER SpA Via Vittorio Veneto, 8/c3 21013 Gallarate (VA) www.europower.it	431.756
					27
6	Como	Via Scalabrini snc 22100 Como	ACSM SpA Via Stazzi, 2 22100 Como www.acsm.it	ACSM SpA Via Stazzi, 2 22100 Como www.acsm.it	250.000
					120
7	Corteolona (PV)	Località Manzola Fornace 27014 Corteolona (PV)	Fertilvita Srl Località Manzola Fornace 27014 Corteolona (PV) www.ecodeco.it	Fertilvita Srl Località Manzola Fornace 27014 Corteolona (PV) www.ecodeco.it	n.d.
8	Cremona	Via Antichi Budri 26100 Cremona	AEM Cremona SpA Viale Trento e Trieste, 38 26100 Cremona www.aemcremona.it	AEM Gestioni Srl Viale Trento e Trieste, 38 26100 Cremona www.aemcremona.it	320.000
					n.d.

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
LOMBARDIA (segue)					
9	Dalmine (BG)	Via Dossi snc 24044 Dalmine (BG)	REA Dalmine SpA Via Dossi snc 24044 Dalmine (BG) www.readalmine.it	REA Dalmine SpA Via Dossi snc 24044 Dalmine (BG) www.readalmine.it	n.d.
					n.d.
10	Desio (MI)	Via Gaetana Agnesi, 272 20033 Desio (MI)	Brianza Energia Ambiente SpA Via Gaetan Agnesi, 272 20033 Desio (MI) www.beabrianza.it	Brianza Energia Ambiente SpA Via Gaetana Agnesi, 272 20033 Desio (MI) www.beabrianza.it	280.000
					17
11	Milano	Via L. C. Silla, 249 20153 Milano	AMSA SpA Via Olgettina, 25 20132 Milano www.amsa.it	AMSA SpA Via Olgettina, 25 20132 Milano www.amsa.it	n.d.
					n.d.
12	Parona (PV)	Strada Vicinale per Vigevano 27020 Parona (PV)	Lomellina Energia Viale Caboto, 1 20094 Corsico (MI) www.lomellinaenergia.it	Lomellina Energia Viale Caboto, 1 20094 Corsico (MI)	n.d.
13	Sesto San Giovanni (MI)	Via Manin, 181 20099 Sesto San Giovanni (MI)	CORE SpA Via Manin, 181 20099 Sesto San Giovanni (MI) www.coresesto.it	CORE SpA Via Manin, 181 20099 Sesto San Giovanni (MI) www.coresesto.it	269.000
					8
14	Trezzo sull'Adda (MI)	Via Pastore, 2 20099 Trezzo sull'Adda (MI)	Prima Srl Via A. Falck, 4/16 20094 Sesto San Giovanni (MI) www.termotrezzo.it	Ambiente 2000 Srl Via A. Falck, 4/16 20094 Sesto San Giovanni (MI)	660.000
					67
15	Valmadrera (LC)	Via Vassena, 6 23852 Valmadrera (LC)	Silea SpA Via Vassena, 6 23852 Valmadrera (LC) www.sileaspa.it	Silea SpA Via Vassena, 6 23852 Valmadrera (LC) www.sileaspa.it	328.057
					92

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TRENTINO ALTO ADIGE					
16	Bolzano	Via Lungo Isarco sinistro, 57 39100 Bolzano	Linea 1: Comune di Bolzano Linea 2: Provincia di Bolzano	Ecocenter SpA Via Lungo Isarco destro, 57 39100 Bolzano www.ecocenter.it	350.000
					60
VENETO					
17	Ca' del Bue (VR)	Matozze 37100 Verona	AGSM Verona SpA Lungadige Galtarossa 37133 Verona www.agsm.it	AGSM Verona SpA Lungadige Galtarossa 37133 Verona www.agsm.it	(2)
					n.d.
18	Fusina (VE)	Via della Geologia, 31 30175 Venezia	Ecoprogetto srl Via della Geologia, 31 30175 Venezia www.ecoprogettove- nezia.it	Ecosesto SpA Via della Geologia ,31 30174 Venezia	n.d.
					n.d.
19	Padova	Viale Navigazione Interna, 34 35129 Padova	Acegas-APS SpA Via Maestri del Lavoro, 8 34123 Trieste www.acegas-aps.it	Acegas-APS SpA Via Maestri del Lavoro, 8 34123 Trieste www.acegas-aps.it	400.000
					20
20	Schio (VI)	Via Lago di Pusiano, 4 36015 Schio (VI)	Alto Vicentino Ambiente Srl Via Lago di Pusiano, 4 36015 Schio (VI) www.altovicentinoam- biente.it	Alto Vicentino Ambiente Srl Via Lago di Pusiano, 4 36015 Schio (VI)	201.701
					39
FRIULI VENEZIA GIULIA					
21	Trieste	Via Errera, 11 34147 Trieste	Acegas-APS SpA Via Del Teatro, 5 34121 Trieste www.acegas-aps.it	Acegas-APS SpA Via Del Teatro, 5 34121 Trieste	305.643
					14
EMILIA ROMAGNA					
22	Coriano (RN)	Via Ralbano, 32 47853 Coriano (RN)	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	280.000
					19

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
EMILIA ROMAGNA (segue)					
23	Ferrara	Via Cesare Diana, 44 Ferrara	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	133.000
					1
24	Forlì	Via Grigioni, 19 47100 Forlì	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	383.043
					30
25	Granarolo nell'Emilia (BO)	Via del Frullo, 5 40057 Granarolo dell'Emilia (BO)	Frullo Energia Ambiente Srl Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.feafullo.it	Frullo Energia Ambiente Srl Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	n.d.
					n.d.
26	Modena	Via Cavazza, 45 41100 Modena	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	n.d.
					n.d.
27	Piacenza	Strada Borgoforte, 22 29100 Piacenza	Tecnoborgo SpA Strada Borgoforte, 22 29100 Piacenza www.tecnoborgo.com	Tecnoborgo SpA Strada Borgoforte, 22 29100 Piacenza www.tecnoborgo.com	262.000
					n.d.
28	Ravenna	SS 309 Romea, km 2,6 48100 Ravenna	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna www.gruppohera.it	HERA SpA Via C. Berti Pichat, 2/4 40127 Bologna	293.579
					12
29	Reggio Emilia	Via dei Gonzaga, 46 42100 Reggio Emilia	ENIA SpA Strada Santa Margherita, 6/a 43100 Parma www.eniaspa.it	ENIA Progetti SpA Strada Santa Margherita, 6/a 43100 Parma	400.000
					37
TOSCANA					
30	Arezzo ⁽¹⁾	Vicinale dei Mori Località San Zeno 52040 Arezzo	A.I.S.A. SpA Via Trento e Trieste, 163 52100 Arezzo www.aisaspa.com	A.I.S.A. SpA Via Trento e Trieste, 163 52100 Arezzo www.aisaspa.com	100.000
					10

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni
N°					
TOSCANA (segue)					
31	Castelnuovo di Garfagnana (LU)	Località Belvedere 55032 Castelnuovo di Garfagnana (LU)	SE.VER.A. SpA Località Belvedere 55032 Castelnuovo di Garfagnana (LU) www.severa.it	SE.VER.A. SpA Località Belvedere 1 55032 Castelnuovo di Garfagnana (LU)	43.100
					18
32	Falascaia (LU) ⁽³⁾	Via delle Colmate 55045 Pietrasanta (LU)	Comuni della Versilia	Termoenergia Versilia Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.termoversilia.it	n.d.
					6
33	Livorno	Via dell'Artigianato, 32 57121 Livorno	AAMPS SpA Via Giuseppe Bandi, 15 57122 Livorno	AAMPS SpA Via Giuseppe Bandi, 15 57100 Livorno www.aamps.livorno.it	161.000
					1
34	Montale Agliana (PT)	Via Walter Tobagi, 16 51037 Montale Agliana (PT)	CIS SpA Via Walter Tobagi, 16 51037 Montale Agliana (PT)	CIS srl Via Walter Tobagi, 16 51037 Montale Agliana (PT)	n.d.
					n.d.
35	Ospedaletto (PI)	Via di Granuccio, 1 56121 Ospedaletto (PI)	Geofor Patrimonio	Geofor SpA Viale America, 105 56025 Gello Pontedera (PI) www.geofor.it	n.d.
					n.d.
36	Poggibonsi (SI)	Pian de Foci Poggibonsi (SI)	Siena Ambiente SpA Località Saliceto, 55 53036 Poggibonsi (SI) www.sienambiente.it	Siena Ambiente SpA Località Saliceto, 55 53036 Poggibonsi (SI) www.sienambiente.it	n.d.
37	Rufina (FI)	Località Selvapiana, 2/Bis 50068 Rufina (FI)	Ambiente Energia Risorse SpA Via Marconi, 2/bis 50068 Scopetti-Rufina (FI) www.aerweb.it	Ambiente Energia Risorse SpA Via Marconi, 2/bis 50068 Scopetti-Rufina (FI)	91.300
					10
UMBRIA					
38	Terni	Via Ratini, 6 05100 Terni	ASM Terni SpA Via Ratini, 6 05100 Terni www.asmterni.it	ASM Terni Via Ratini, 6 05100 Terni	165.677
					14

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
MARCHE					
39	Tolentino (MC)	COSMARI Piane di Chienti 62029 Tolentino (MC)	COSMARI Piane di Chienti 62029 Tolentino (MC) www.cosmari.sinp.net	COSMARI Piane di Chienti 62029 Tolentino (MC)	320.000
					57
LAZIO					
40	Colleferro Mobilservice (RM)	Via Vittorio Emanuele snc 00034 Colleferro (RM)	Mobilservice Srl Via Vittorio Emanuele snc 00034 Colleferro (RM) www.consorziogaia.it	Gaiagest Srl Via Carpinetana Sud, 144 00034 Colleferro (RM) www.consorziogaia.it	n.d.
					n.d.
41	Colleferro EP Sistemi (RM)	Via Vittorio Emanuele snc 00034 Colleferro (RM)	EP Sistemi SpA Via Vittorio Emanuele snc 00034 Colleferro (RM) www.consorziogaia.it	Gaiagest Srl Via Carpinetana Sud, 144 00034 Colleferro (RM) www.consorziogaia.it	n.d.
					n.d.
42	San Vittore del Lazio (FR) ⁽¹⁾	Località Valle Porchio 3040 San Vittore del Lazio (FR)	E.A.L.L. Srl Via Giordano Bruno 5100 Terni	E.A.L.L. Srl Via Giordano Bruno 5100 Terni	n.d.
					n.d.
MOLISE					
43	Pozzilli (IS)	Via dell'Energia snc 86077 Pozzilli (IS)	Veolia Servizi Ambientali Via Monte di Brianzo, 56 00186 Roma	ENERGONUT Via dell'Energia snc 86077 Pozzilli (IS)	n.d.
					n.d.
PUGLIA					
44	Massafra (TA)	Contrada Console snc 74016 Massafra (TA)	Appia Energy Srl Contrada Console snc 74016 Massafra (TA) www.appia.energy.com www.marcegaglia.com	Appia Energy Srl Contrada Console snc 74016 Massafra (TA) www.appia.energy.com www.marcegaglia.com	n.d.
					n.d.
45	Statte (TA) ⁽¹⁾	S.S. 7 Appia, km 642 74010 Statte (TA)	Comune di Taranto Piazza Castello, 1 74100 Taranto	n.d.	n.d.
					n.d.

Tabella B5.1 – Informazioni generali degli impianti di trattamento termici

N°	Località	Indirizzo	Proprietario	Gestore	Abitanti
					Comuni N°
CALABRIA					
46	Gioia Tauro (RC)	Contrada Cicerna 89013 Gioia Tauro (RC)	Regione Calabria Via delle Repubbliche Marinare 89063 Catanzaro Lido (CZ)	Termo Energia Calabria Via del Molo, 3 19126 La Spezia www.veoliaes.it	n.d
BASILICATA					
47	Melfi (PZ)	Strada Vicinale Montelungo 85025 Melfi (PZ)	Fenice SpA Via Acqui, 86 10090 Rivoli (TO) www.fenicespa.com	Fenice SpA Via Acqui, 86 10090 Rivoli (TO) www.fenicespa.com	40.000
					5
48	Potenza	Contrada San Luca Branca 85100 Potenza	Comune di Potenza P.zza Matteotti, 10 85100 Potenza	TEP srl	75.000
					1
SARDEGNA					
49	Macchiareddu (CA)	Strada Dorsale Consortile, km 10,500 Casic (CA)	Casic Viale Diaz, 86 09125 Cagliari www.casic.it	Casic Viale Diaz, 86 09125 Cagliari www.casic.it	462.000
					25
50	Macomer (NU)	Località Tossilo 08015 Macomer (NU)	Consorzio Industriale di Macomer Località Tossilo 08015 Macomer (NU)	Tossilo tecnoservice SpA Località Tossilo 08015 Macomer (NU) www.tossilo.it	230.000
					82
SICILIA					
51	Messina	Torrente Pace 98158 Messina	Comune di Messina P.zza Europa 98100 Messina	Messinambiente Via Dogali, 50 98122 Messina www.messinambiente.it	260.000
					1

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ Informazioni ricavate da fonte ENEA-Federambiente [8].

⁽²⁾ Da progetto con ciclo combinato 18.000 abitanti, energia elettrica 35.000 abitanti.

⁽³⁾ L'impianto è a servizio dei comuni di Viareggio, Camaiore, Massarosa, Pietrasanta, Forte dei Marmi e Seravezza.

Tabella B5.2 - Principali caratteristiche tecniche degli impianti operativi di trattamento termico (2008)

N°	Località	Anno aviam./ ristrutt.	N° Linee	Capacità di trattamento			Carico termico MW	Potenza elettrica si/no	Cogenerazione	Tipo forno	Trattamento fumi
				t/h	t/g	Autorizzata t/a					
1	Mergozzo (VB) ⁽¹⁾	1960/97	2	4,4	106	30.000	12,8	4,0	no	MG	SNCR+SD+FF
2	Vercelli ⁽²⁾	1991/04	3	9,3	223	82.125	22,7	4,0	no	MG	SNCR+EP+DA+FF+WS
3	Bergamo	2003	1	9,5	228	72.000	48,0	11,5	si	FBB	FF+DA+FF+SCR
4	Brescia	1998/04	3	108,0	2.592	810.000	300,0	84,4	si	MG	SNCR+DA+FF SNCR+SCR+DA+FF SNCR+DA+FF
5	Busto Arsizio (VA)	2000/07	2	21,0	504	116.000	61,0	7,0	no	MG	SNCR+SD+FF+WS
6	Como ⁽²⁾	1968/08	2	13,4	322	106.000	39,0	5,3	si	MG	EP+DA+FF+WS+SCR
7	Corteolona (PV)	2004	1	9,4	226	75.000	34,0	9,3	no	FBB	SNCR+CY+QC+DA+FF
8	Cremona	1997/07	2	16,0	384	119.000	35,6	6,0	si	MG	SNCR+SD+FF+WS
9	Dalmine (BG)	2002	2	18,5	443	151.372	55,8	19,5	no	MGWC	EP+DA+FF+SCR
10	Desio (MI)	1976/03	2	8,8	211	70.000	30,0	5,6	si	MG	SNCR+EP+DA+FF
11	Milano	2000/07	3	60,0	1.440	450.000	184,5	59,0	si	MG	EP+DA+FF+SCR
12	Parona (PV)	1999/07	2	42,2	1.013	380.000	137,0	45,3	no	FBC	DA+FF SNCR+CY+DA+FF
13	Sesto San Giovanni (MI) ⁽³⁾	2001	3	9,9	238	80.000	31,2	5,5	no	MG	SNCR+EP+WS+FF
14	Trezzo sull'Adda (MI)	2002	2	22,6	542	195.000	83,2	20,0	no	MGWC	SNCR+DA+FF+WS
15	Valmadrera (LC)	1981/08	2	12,5	300	87.000	46,0	10,5	no	MG	SNCR+DA+FF+WS SNCR+DA+FF+WS
16	Bolzano ⁽⁴⁾	1988/01	2	12,5	300	95.000	35,0	6,1	si	MG	FF+WS+SCR
17	Ca' del Bue (VR)	1999/07	2	24,0	576	156.000	70,0	21,8	no	FBB	SNCR+CY+SD+FF
18	Fusina (VE)	1998	1	7,2	174	56.000	14,3	2,2	no	MG	SNCR+DA+FF+WS
19	Padova	1962/00	2	12,5	300	75.000	29,0	6,6	no	MG	SNCR+DA+FF+WS SNCR+EP+DA+FF
20	Schio (VI)	1982/04	3	8,2	196	67.600	33,3	7,7	no	MG	SNCR+EP+DA+FF SNCR+EP+DA+FF SNCR+EP+DA+FF

21	Trieste	2000/04	3	25,5	612	223.380	65,1	17,5	no	MG	SNCR+DA+FF+WS
										MG	SNCR+DA+FF+WS
										MGWC	SNCR+DA+FF+WS
22	Coriano ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	1976/08	1	8,0	192	57.000	23,3	5,4	no	MG	SNCR+EP+DA+FF
23	Ferrara ⁽⁷⁾	1993/07	2	16,0	384	130.000	55,8	13,0	si	MGWC	SNCR+DA+FF+DA+FF+SCR
24	Forlì ⁽⁸⁾	1976/08	1	15,8	379	120.000	46,5	10,6	si	MGWC	SNCR+DA+FF+DA+FF+SCR
25	Granarolo nell'Emilia (BO)	2004	2	25,0	600	218.000	81,4	22,0	si	MGWC	DA+FF+WS+SCR
26	Modena ⁽⁹⁾	1980/95	3	22,4	538	140.000	34,1	7,0	no	MG	SNCR+EP+DA+FF
27	Piacenza	2002	2	15,0	360	120.000	45,4	11,7	no	MG	SNCR+EP+DA+FF
28	Ravenna	2000	1	6,0	144	55.000	24,0	6,3	no	FBB	SNCR+CY+DA+FF+WS
29	Reggio Emilia	1968/05	2	8,3	200	70.000	29,0	4,3	si	MG	SNCR+EP+DA+FF
	Totale Nord		59	572	13.726	4.406.477	1.707	439			
30	Arezzo ⁽¹⁾	2000	1	5,0	120	44.000	14,5	2,9	no	MG	SNCR+SD+FF
31	Castelnuovo di Garfagnana (LU)	1997	1	1,5	36	14.000	4,3	0,8	no	MG	SNCR+DA+FF
32	Falascia (LU) ⁽²⁾	2002	2	7,0	168	59.000	24,4	5,6	no	FBB	SNCR+CY+DA+FF+WS
33	Livorno ⁽²⁾	1974/03	2	7,5	180	54.000	31,2	6,7	no	MGWC	SNCR+DA+FF
34	Montale Agliana (PT) ⁽¹⁰⁾	1978/01	2	5,0	120	43.800	15,7	0,8	no	RK	SNCR+EP+DA+FF
35	Ospedaletto (PI)	1980/02	2	10,0	240	75.000	20,5	4,4	no	MG	SNCR+CY+DA+FF+FGC
										MG	SNCR+DA+FF
36	Poggibonzi (SI) ⁽²⁾	1977/08	3	9,5	228	67.000	34,9	9,9	no	MG	SNCR+DA+FF
										MG	SNCR+DA+FF
										MGWC	CY+DA+FF+SCR
37	Rufina (FI)	1995/05	1	1,2	29	12.000	4,0	0,0	no	MG	DA+FF
38	Terni	1998	2	4,0	96	60.000	14,6	2,5	no	MG	SNCR+SD+FF+WS
39	Tolentino (MC) ⁽⁵⁾	1997	1	2,5	60	21.900	9,3	1,2	no	MG	EP+DA+FF+WS
40	Colleferro Mobiservice (RM)	2002	1	13,8	331	110.000	52,0	13,6	no	MGWC	SD+FF+SCR
41	Colleferro EP Sistemi (RM)	2002	1	14,0	336	110.000	49,0	13,6	no	MGWC	SD+FF+SCR
42	San Vittore del Lazio (FR) ⁽¹⁾	2002	1	12,0	288	110.000	49,0	13,6	no	MGWC	SNCR+SD+FF
43	Pozzilli (IS)	2007	1	10,8	258	100.000	49,0	16,7	no	MG	SNCR+DA+FF
	Totale Centro		21	104	2.490	880.700	372	92			

continua...

Tabella B5.2 - Principali caratteristiche tecniche degli impianti operativi di trattamento termico (2008)

N°	Località	Anno avvia- ment. / ristrutt.	N° Linee	Capacità di trattamento		Autorizzata t/a	Carico termico		Potenza elettrica	Cogenerazione	Tipo forno	Trattamento fumi
				t/h	t/g		MW	si/no				
44	Massafra (TA)	2003	1	12,0	280	90.000	49,5	12,5	no	FBB	SNCR+DA+FF	
45	Statte (TA) ⁽¹⁾	1976/01	2	8,3	200	102.200	26,6	3,7	no	MG	SNCR+EP+SD+FF	
46	Gioia Tauro (RC) ⁽²⁾	2004	2	17,2	413	120.000	60,0	15,6	no	FBB	SNCR+CY+DA+FF+SCR	
47	Melfi (PZ)	1999	2	12,2	292	65.000	55,5	7,3	no	MG	SD+FF+WS+SCR	
										RK	SD+FF+WS+SCR	
48	Potenza ⁽²⁾	2005	2	3,0	72	36.000	5,2	1,2	no	MG	SNCR+DA+FF	
49	Macchiareddu (CA) ⁽¹⁰⁾	1995/05	4	20,0	480	172.000	51,5	13,9	no	MG	SNCR+SD+FF	
										MG	SNCR+SD+FF	
										MG	SNCR+SD+FF	
										MG	SNCR+DA+FF+WS	
50	Macomer (NU) ⁽²⁾	1994/98	2	6,0	144	78.600	17,5	1,6	no	FBB	SD+FF+SCR	
51	Messina ⁽¹⁰⁾	1979/01	2	4,2	100	32.000	10,2	0,0	no	MG	DA+FF+WS	
	Totale Sud		17	83	1.989	695.800	276	56				
	Totale Italia		97	759	18.205	5.982.977	2.355	587				

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

⁽¹⁾ Caratteristiche tecniche da fonte ENEA-Federambiente [8].

⁽²⁾ Capacità di trattamento annua da fonte ENEA-Federambiente [8].

⁽³⁾ Carico termico da fonte ENEA-Federambiente [8].

⁽⁴⁾ Non è previsto un limite autorizzativo per la capacità di trattamento; il valore riportato è stato stimato sulla base delle ore annue operative dell'impianto.

⁽⁵⁾ Il carico termico deriva da stima.

⁽⁶⁾ Delle linee esistenti la 1 e la 2 sono state smantellate nel corso del 2008, la linea 3 sarà ristrutturata con aggiunta di SCR nella linea fumi, la linea 4 è in costruzione ed entrerà in esercizio entro il 2011.

⁽⁷⁾ La linea 1, operativa in stand-by, è stata definitivamente posta fuori servizio il 31.12.2008.

⁽⁸⁾ L'entrata in esercizio della linea 3 ha comportato l'arresto delle linee 1 e 2.

⁽⁹⁾ La linea 4 attualmente in avviamento sostituirà a regime (2009) le linee 1 e 2, mentre la linea 3 verrà realizzata ex-novo.

⁽¹⁰⁾ La capacità di trattamento annua deriva da stima.

Legenda: (voce "combustore"): MG = griglia; MGWC = griglia raffreddata ad acqua; FBB = letto fluido bollente; FCB = letto fluido bollente (voce "trattamento fumi"); CY = ciclone; EP = elettrofiltro; FF = filtro a maniche; FGC = condensazione fumi; DA = reattore a secco; SD = reattore a semisecco; WS = lavaggio ad umido; SNCR = riduzione selettiva NOx non catalitica; SCR = riduzione selettiva NOx catalitica; QC = quencher; ET = torre evaporativa; WESP = filtro elettrostatico ad umido; H2Srem = rimozione dell'H2S.

Tabella B5.3 - Impianti in corso di realizzazione, operativi a breve termine (2008)

N°	Località	Anno avvia- m./ ristrutt.	N° Linee	Capacità di trattamento		Autorizzata t/a	Carico termico		Potenza elettrica	Cogenerazione	Tipo forno	Trattamento fumi
				t/h	t/g		MW	si/no				
1	Roma	2009	1	10,4	250	75.000	50,0	10,3	no		G	QC+WS+WESP+H2Srem
2	Acerra (NA)	2009	3	81,2	1.949	609.075	340,0	106,5	no		MGWC	SD+FF+DA+FF+SCR
Totale			4	91,6	2.199	684.075	390,0	116,8	--	--	--	--

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine

Legenda:

(voce "combustore"): MG = griglia; MGWC = griglia raffreddata ad acqua; FBB = letto fluido bollente; FCB = letto fluido circolante; RK = tamburo rotante

(voce "trattamento fumi"): CY = ciclone; EP = elettrofiltro; FF = filtro a maniche;

FGC = condensazione fumi; DA = reattore a secco; SD = reattore a semisecco; WS = lavaggio ad umido; SWCR = riduzione selettiva NOx non catalitica; SCR = riduzione selettiva NOx catalitica; QC = quencher; ET = torre evaporativa;

WESP = filtro elettrostatico ad umido; H2Srem = rimozione dell'H2S.

Tabella B5.4 – Rifiuti trattati, tonnellate (2007)

N°	Località	RUR	FS	CDR	RSST	RSSRI	RS	RSP	Altri	Totale	PCI medio
											MJ/kg
1	Mergozzo (VB) ⁽¹⁾	28.412								28.412	11,3
2	Vercelli	70.100			2.800					72.900	11,4
3	Bergamo ⁽²⁾			61.690						61.690	20,2
4	Brescia ⁽²⁾	423.881					90.328		289.187	803.396	10,0
5	Busto Arsizìo (VA)	86.146				4.765	15.211		30	106.152	10,7
6	Como	75.066					1.607			76.673	8,5
7	Corteolona (PV)			49.225						49.225	15,0
8	Cremona	55.034			135	441	2.502			58.112	11,3
9	Dalmine (BG)	154.450					176			154.626	10,0
10	Desio (MI) ⁽²⁾		31.633		7.111		3.068			41.812	11,9
11	Milano	450.028								450.028	10,9
12	Parona (PV) ⁽²⁾		117.420	40.160						157.580	12,7
13	Sesto San Giovanni (MI)	70.410					148			70.558	11,4
14	Trezzo sull'Adda (MI)		97.415		22		58.242			155.679	13,5
15	Valmadrera (LC)	55.537				3.836	7.899			67.272	15,1
16	Bolzano	67.400								67.400	12,1
17	Ca' del Bue (VR) ⁽³⁾									0,0	18,0
18	Fusina (VE)	18.127		27.870	60	38	228			46.323	10,0
19	Padova	72.725			2.439					75.164	10,8
20	Schio (VI)		44.400			3.900	17.110		2.230	67.640	13,5
21	Trieste	115.145		8.119	2	156	16.996			140.418	10,3
22	Coriano (RN)	112.587			860		7.886			121.333	10,5
23	Ferrara	36.916					6.271			43.187	9,7
24	Forlì	34.990					9.810			44.800	10,5
25	Granarolo nell'Emilia (BO)	140.300			3.300			63.100		206.700	10,3
26	Modena	99.093				3.978	1.128			104.199	11,5
27	Piacenza ⁽²⁾	99.207				1.129	17.533	2.130		119.999	10,8
28	Ravenna ⁽²⁾		47.349				347			47.696	15,1
29	Reggio Emilia	48.353					5.760			54.113	12,5
	Totale Nord	2.313.907	290.868	234.413	16.729	18.243	262.250	65.3781	291.447	3.493.087	11,1
30	Arezzo ⁽⁴⁾		38.496							38.496	11,2
31	Castelnuovo di Garfagnana (LU) ⁽²⁾			11.204						11.204	10,3
32	Falascaia (LU)			52.000						52.000	15,0
33	Livorno		47.859	7.890						55.749	10,4
34	Montale Agliana (PT)	20.900				730	200			21.830	11,3
35	Ospedaletto (PI) ⁽²⁾	53.794				2.932	103			56.829	15,0
36	Poggibonsi (SI) ⁽³⁾										15,1
37	Rufina (FI)	7.444					7		584	8.035	12,1
38	Terni ⁽³⁾		19.824		325					20.149	13,0
39	Tolentino (MC)			18.078						18.078	13,4
40	Colleferro Mobilservice (RM)			50.622						50.622	16,5
41	Colleferro EP Sistemi (RM)			56.340						56.340	16,5
42	San Vittore del Lazio (FR) ⁽¹⁾			78.112						78.112	15,1
43	Pozzilli (IS) ⁽⁶⁾										16,7
	Totale Centro	82.138	117.383	263.042	325	3.662	310	0,0	584	467.444	14,0

Tabella B5.4 – Rifiuti trattati, tonnellate (2007)

N°	Località	RUR	FS	CDR	RSST	RSSRI	RS	RSP	Altri	Totale	PCI medio
											MJ/kg
44	Massafra (TA)			64.996						64.996	15,0
45	Statte (TA) ⁽³⁾										11,5
46	Gioia Tauro (RC)			105.000						105.000	15,0
47	Melfi (PZ) ⁽²⁾	16.400	3.400			800	3.400	33.500		57.500	10,5
48	Potenza		4.500							4.500	12,6
49	Macchiareddu (CA)	200.000		250		3.000				203.250	8,4
50	Macomer (NU) ⁽⁵⁾		29.433	2.521						31.954	10,5
51	Messina	17.942								17.942	10,0
Totale Sud		234.342	37.333	172.767	0,0	3.800	3.400	33.500	0,0	485.142	11,2
Totale Italia		2.630.387	445.584	670.222	17.054	25.705	265.960	98.730	292.031	4.445.673	11,4

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ Il gestore non ha compilato il questionario; i quantitativi dei rifiuti trattati sono stati stimati sulla base dei dati riportati nella prima edizione rapporto ENEA-Federambiente [8].

⁽²⁾ Il PCI medio del rifiuto trattato non viene indicato sul questionario, viene preso a riferimento quello nominale.

⁽³⁾ Impianto non operativo nel corso del 2007.

⁽⁴⁾ Il PCI del rifiuto trattato è stato stimato.

⁽⁵⁾ Il gestore non ha compilato il questionario riguardo ai rifiuti trattati; i quantitativi derivano da stima sulla base dei dati riportati nella prima edizione del rapporto ENEA-Federambiente [8].

⁽⁶⁾ Impianto in avviamento a fine 2007.

Legenda:

RUR = rifiuti urbani residui; FS = frazione secca; CDR = combustibile derivato da rifiuti; RSST = rifiuti sanitari trattati; RSSRI = rifiuti sanitari a rischio infettivo; RS = rifiuti speciali; RSP = rifiuti speciali pericolosi

Tabella B5.5 – Residui prodotti, tonnellate (2007)

N°	Località	Scorie			Residui trattamento fumi		
		Produzione	Smaltimento	Recupero	Produzione	Smaltimento	Recupero
1	Mergozzo (VB) ⁽¹⁾	7.639		7.639	563	563	
2	Vercelli ⁽²⁾	17.200	3.000	14.200	1.300	1.300	
3	Bergamo	4.638	2.737	1.901	4.347	1.377	2.970
4	Brescia	131.014	53.292	77.722	36.684	36.684	
5	Busto Arsizio (VA)	18.250		18.250	3.700	3.700	
6	Como	17.132		17.132	880	880	
7	Corteolona (PV)	4.019	4.019		9.588	9.588	
8	Cremona	11.428		11.428	2.273	2.273	
9	Dalmine (BG)	22.303	15.141	7.162	6.273	997	5.275
10	Desio (MI)	9.048	7.480	1.568	2.247	2.247	
11	Milano	66.206		66.206	19.379	19.379	
12	Parona (PV)	6.674	1.365	5.309	10.812	10.813	
13	Sesto San Giovanni (MI)	12.337		12.337	1.242	1.242	
14	Trezzo sull'Adda (MI)	29.225		29.225	5.847	5.302	545
15	Valmadrera (LC)	13.000	5.600	7.400	1.900	1.900	
16	Bolzano ⁽³⁾	17.270	17.270		1.080	1.080	
17	Ca' del Bue (VR) ⁽⁴⁾						
18	Fusina (VE)	11.189	3.093	8.096	1.700	1.700	
19	Padova	17.137		17.137	2.394	2.394	
20	Schio (VI)	14.680		14.680	2.900	230	2.670
21	Trieste	33.840	20.590	13.250	5.015	5.015	
22	Coriano (RN)	34.844	31.226	3.618	3.570	3.570	
23	Ferrara	8.841		8.841	1.261	1.261	
24	Forlì	12.400	12.400		772	772	
25	Granarolo nell'Emilia (BO)	50.260	50.260		8.740	8.740	
26	Modena	27.431	27.431		3.157	2.246	911
27	Piacenza	25.004		25.004	3.576	2.036	1.540
28	Ravenna	339		339	5.320	5.320	
29	Reggio Emilia	12.293	3.663	8.630	1.424	1.424	
	Totale Nord	635.641	285.567	377.074	148.591	134.679	13.911
30	Arezzo	8.918	8.918		1.368	1.368	
31	Castelnuovo di Garfagnana. (LU)	4.991	4.991		234	234	
32	Falascaia (LU)	2.410	430	1.980	6.180	6.180	
33	Livorno	10.633	113	10.520	2.725	2.725	
34	Montale Agliana (PT)	5.679	5.679		806	806	
35	Ospedaletto (PI)	15.208	15.208		1.251	1.251	
36	Poggibonsi (SI) (4)						
37	Rufina (FI)	2.273	2.273		350	350	
38	Terni	3.381	3.381		666	666	
39	Tolentino (MC)	4.692	4.692		528	528	
40	Colleferro Mobilservice (RM)	6.000	1.304	4.696	3.690	3.690	
41	Colleferro EP Sistemi (RM)	6.428	797	5.631	3.936	3.936	
42	San Vittore del Lazio (FR) ⁽¹⁾	12.052	12.052		5.642	5.642	

Tabella B5.5 – Residui prodotti, tonnellate (2007)

N°	Località	Scorie			Residui trattamento fumi		
		Produzione	Smaltimento	Recupero	Produzione	Smaltimento	Recupero
43	Pozzilli (IS) ⁽⁵⁾						
	Totale Centro	82.664	59.837	22.827	27.307	27.307	0,0
44	Massafra (TA)	4.186	4.186		13.329	13.329	
45	Statte (TA) ⁽⁴⁾						
46	Gioia Tauro (RC)	7.300	7.300		14.200	14.200	
47	Melfi (PZ)	19.400	19.400		2.500	2.500	
48	Potenza ⁽³⁾	1.200	1.200		200	200	
49	Macchiareddu (CA)	39.000	39.000		14.000	14.000	
50	Macomer (NU)	2.742	2.742		3.407	3.407	
51	Messina	5.263		5.263	463	463	
	Totale Sud	79.091	73.828	5.263	48.099	48.099	0,0
	Totale Italia	797.396	392.232	405.164	223.997	210.086	13.911

Elaborazione ENEA sui dati raccolti nel corso dell'indagine.

⁽¹⁾ Il gestore non ha compilato il questionario; i quantitativi dei residui di combustione essi sono stati stimati sulla base dei dati riportati nella prima edizione del rapporto ENEA-Federambiente [8]

⁽²⁾ Il gestore non ha compilato il questionario riguardo il destino finale dei residui trattamento fumi di combustione; si è assunto che siano inviati allo smaltimento.

⁽³⁾ Il gestore non ha compilato il questionario riguardo il destino finale delle scorie e dei residui trattamento fumi; si è assunto che siano inviati allo smaltimento.

⁽⁴⁾ Impianto non operativo nel corso del 2007.

⁽⁵⁾ Impianto in avviamento a fine 2007.

| C ■ ALLEGATO

Normativa, Standard
e Linee Guida di riferimento

NORMATIVA COMUNITARIA

Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive (GUUE del 22 novembre 2008)

Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2008/1/CE del 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento

Direttiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 relativa ai rifiuti

Direttiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 4 dicembre 2000 sull'incenerimento dei rifiuti

Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento

Regolamento (CE) n.2003/2003 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 relativo ai concimi

Direttiva 1999/31/CE del Consiglio del 26 aprile 1999 relativa alle discariche di rifiuti, (GUCE del 16 luglio 1999, n. L 182)

Direttiva del Consiglio del 18 marzo 1991 che modifica la direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti (GUCE del 26 marzo 1991, n. L 78)

NORMATIVA NAZIONALE

Decreto 22 gennaio 2009 del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali "Aggiornamento degli allegati al decreto legislativo 29 aprile 2006, n.217, concernente la revisione della disciplina in materia di fertilizzanti (Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16-4-2009 - Supplemento Ordinario n. 51)

Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale" (Gazzetta Ufficiale n. 24 del 29 gennaio 2008 - Supplemento Ordinario n. 24/L)

Decreto Ministero Ambiente 29 gennaio 2007 "Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59" (Gazzetta Ufficiale 7 giugno 2007 n. 130, Supplemento ordinario n. 133)

Legge 27 dicembre 2006, n. 296 ("Legge finanziaria 2007") "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato" (Gazzetta Ufficiale n. 299 del 27 di-

cembre 2006 - Supplemento ordinario n. 244)

Decreto Legislativo 29 aprile 2006, n. 217 "Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti" (Gazzetta Ufficiale n. 141 del 20 giugno 2006- Supplemento Ordinario n. 152)

Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale (Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96)

Decreto Legislativo 11 maggio 2005, n. 133 "Attuazione della direttiva 2000/76/CE, in materia di incenerimento dei rifiuti" (Gazzetta Ufficiale n. 163 del 15 luglio 2005 - Supplemento Ordinario n. 122)

Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n. 59 "Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento" (Gazzetta Ufficiale n. 93 del 22 aprile 2005 - Supplemento Ordinario n. 72)

Decreto 3 novembre 2004 del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali "Modifica ed integrazione degli allegati 1.B, 1.C e 3 della legge 19 ottobre 1984, n. 748, concernente Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti" (Gazzetta Ufficiale n. 295 del 17 Dicembre 2004)

Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n. 36 "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti" (Gazzetta Ufficiale n. 59 del 12 marzo 2003 - Supplemento Ordinario n. 40)

Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n. 372 "Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento" (Gazzetta Ufficiale n. 252 del 26 ottobre 1999)

Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del DLgs 5 febbraio 1997, n. 22" (Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, Supplemento Ordinario n. 72)

Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 "Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio" (Gazzetta Ufficiale n. 38 del 15 febbraio 1997 - Supplemento Ordinario n. 33)

Decreto Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915 "Attuazione delle direttive (CEE) n. 75/442 relativa ai rifiuti, n. 76/403 relativa allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili e n. 78/319 relativa ai rifiuti tossici e nocivi" (Gazzetta ufficiale 15 dicembre 1982, n. 343)

NORMA UNI 9903
“Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF)”
Elenco delle parti costituenti

Parte	Emissione	Scopo
UNI 9903-1	Marzo 2004	Specifiche e classificazione
UNI 9903-2	Marzo 2004	Termini e definizioni
UNI 9903-3	Marzo 2004	Campionamento e riduzione del campione
UNI 9903-4	Ottobre 1992	Determinazione della pezzatura
UNI 9903-5	Novembre 1992	Determinazione del potere calorifico del combustibile
UNI 9903-6	Novembre 1992	Determinazione del carbonio e dell'idrogeno contenuti nel combustibile
UNI 9903-7	Ottobre 1992	Misura dell'umidità totale in un campione di combustibile
UNI 9903-8	Ottobre 1992	Determinazione delle sostanze volatili
UNI 9903-9	Ottobre 1992	Determinazione delle ceneri nel combustibile
UNI 9903-10	Ottobre 1992	Determinazione delle varie forme di cloro esistenti nel combustibile
UNI 9903-11	Ottobre 1992	Determinazione dell'azoto totale nel combustibile
UNI 9903-12	Ottobre 1992	Preparazione dei campioni di combustibile per l'analisi dei metalli
UNI 9903-13	Gennaio 1999	Determinazione dei metalli - Metodi per spettrofotometria ad assorbimento atomico
UNI 9903-14	Ottobre 1997	Determinazione del contenuto di vetro

Tabella C.1 - Caratteristiche del CDR ex UNI 9903-1 (2004) ⁽¹⁾

Parametro	u.m.	RDF qualità normale	u.m.	RDF qualità elevata
Umidità	% massa t.q.	max. 25	% massa t.q.	max. 18
P.C.I.	MJ/kg t.q.	min. 15	MJ/kg s.s.	min. 20
Ceneri	% massa s.s.	max. 20	% massa s.s.	max. 15
Cloro totale	% massa t.q.	max. 0,9	% massa s.s.	max. 0,7
Zolfo	% massa t.q.	max. 0,6	mg/kg s.s.	max. 0,3
Pb ⁽²⁾	mg/kg s.s.	max. 200	mg/kg s.s.	max. 100
Cr	mg/kg s.s.	max. 300	mg/kg s.s.	max. 70
Cu ⁽³⁾	mg/kg s.s.	max. 100	mg/kg s.s.	max. 50
Mn	mg/kg s.s.	max. 400	mg/kg s.s.	max. 200
Ni	mg/kg s.s.	max. 40	mg/kg s.s.	max. 30
As	mg/kg s.s.	max. 9	mg/kg s.s.	max. 5
Cd + Hg	mg/kg s.s.	max. 7	mg/kg s.s.	--
Cd	mg/kg s.s.	--	mg/kg s.s.	max. 3
Hg	mg/kg s.s.	--	mg/kg s.s.	max. 1

⁽¹⁾ Per parametri quali contenuto di vetro, Fe, F, Al, Sn, Zn, pezzatura e temperatura di rammollimento delle ceneri ne viene raccomandata solo l'indicazione ⁽²⁾ Frazione volatile ⁽³⁾ Composti solubili

Legenda: RDF qualità normale = CDR ex DM 5 febbraio 1998; RDF qualità elevata = CDR-Q

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti (DM 29 gennaio 2007 - S.O. n. 133 alla G.U. del 7 giugno 2007, n. 130).

- Parte 1 Trattamento dei PCB, degli apparati e dei rifiuti contenenti PCB e gli impianti di stoccaggio
- Parte 2 Impianti di incenerimento
- Parte 3 Rigenerazione degli oli usati
- Parte 4 Impianti di selezione, produzione di CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche
- Parte 5 Impianti di trattamento chimico-fisico e biologico dei rifiuti liquidi
- Parte 6 Impianti di trattamento chimico fisico dei rifiuti solidi
- Parte 7 Impianti di trattamento meccanico-biologico

ALLEGATO ■ D |

I questionari di indagine

SCHEMA IMPIANTI DI TRATTAMENTO POST RACCOLTA DIFFERENZIATA

data compilazione

1. INFORMAZIONI GENERALI (se non diversamente specificato i dati sono da riferire al 31.12.2007)	
Denominazione impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
Funzione principale dell'impianto e tipologia di materiali trattati ¹	
Proprietario dell'impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
E-mail	
Sito web	
Gestore dell'impianto (indicare solo se diverso dal proprietario)	
Via, CAP, Comune, Provincia	
E-mail	
Sito web	
N. abitanti serviti	
N. Comuni serviti	
Nominativo referente	
Telefono	
Fax	
E-mail	
riportare sinteticamente se sono in atto o previste: ristrutturazioni, costruzione di nuove linee, adeguamenti	
Note del compilatore	

(¹) In accordo alla funzione principale dell'impianto è richiesta la compilazione delle pertinenti voci, riportando eventuali ulteriori dati ed informazioni ritenuti di interesse nello spazio "Note del compilatore" in calce alla pagina

Foglio 1/3

continua...

2. INFORMAZIONI TECNICHE (se non diversamente specificato i dati sono da riferire al 31.12.2007)				
superficie dell'insediamento	totale	coperta	scoperta	m ²
2.1 DATI TECNICI				
2.1.1 dati comuni				
capacità complessiva di trattamento				t/a t/d
	LINEA			
	1	2		
Indicare il tipo di certificazione (EMAS, ISO 9000, ISO 14000, <i>altro specificare</i>)				
	LINEA			
	1	2		
anno di primo avviamento				
anno di ultima ristrutturazione				
anno previsto di chiusura				
stato di funzionamento				v. legenda n° 1
2.1.2 Trattamenti				
	LINEA			
	1	2		
Trattamenti (<i>sequenza trattamenti</i>)				
				v. legenda n° 3
2.2 DATI ECONOMICI (se non ritenuti dati sensibili)				
Costo di investimento				€
Tariffa applicata				€/t
legenda				
1) Stato di funzionamento: O: operativo; R: in ristrutturazione; A: in avviamento o collaudo; C: in costruzione; D: dismesso				
2) Trattamenti: LS: lacerazione sacchi; HS: separazione manuale; MS: separazione magnetica; ED: separaz. met. non ferrosi; Vb: vagliatura balistica; Vr: vagliatura rotante; Vv: vagliatura vibrante; S: separazione a depressione con tamburo rotante; P: pressatura/compattazione; O: altro (specificare)				
Eventuali note del compilatore				



3. DATI DI ESERCIZIO			
3.1 ORE DI FUNZIONAMENTO (per lavorazioni non continue)			
anno	2006	2007	u. m.
Annue			h
Giornaliere			h
3.2 PROVENIENZA DEL MATERIALE DA TRATTARE			
anno	2006	2007	u. m.
Totali			tx10 ³
di cui:			
	Raccolta multimateriale (specificare i materiali)		tx10 ³
	Raccolta differenziata carta e cartone		tx10 ³
	Riviste invendute rese dai distributori		tx10 ³
	Carta da uffici		tx10 ³
	Imballaggi di cartone derivanti da attività commerciali		tx10 ³
	Raccolta differenziata plastica		
	Raccolta vetro selezionato		tx10 ³
	Raccolta metalli selezionati		tx10 ³
	Altro (specificare)		tx10 ³
3.3 PRODOTTI OTTENUTI			
anno	2006	2007	u. m.
Totali			tx10 ³
di cui:			
	Carta		tx10 ³
	Vetro		tx10 ³
	Plastica flessibile		tx10 ³
	Plastica rigida		tx10 ³
	Metalli ferrosi		tx10 ³
	Metalli non ferrosi		tx10 ³
	Legno		tx10 ³
	Altro (specificare)		tx10 ³
	Scarti		tx10 ³
3.4 CONSUMI			
anno	2006	2007	u. m.
Energia elettrica			MWh
Combustibili (specificare la tipologia)			t o m ³
Acqua			m ³
Altro (specificare)			
Note del compilatore			

SCHEDA IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO DI FRAZIONI SELEZIONATE

 data compilazione

1. INFORMAZIONI GENERALI	
Denominazione impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
Funzione principale dell'impianto (Produzione compost, produzione biogas, produzione FOS, altro (specificare) (1))	
Proprietario dell'impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
E-mail	
Sito web	
Gestore dell'impianto (<i>indicare solo se diverso dal proprietario</i>)	
Via, CAP, Comune, Provincia	
E-mail	
Sito web	
N. abitanti serviti	
N. Comuni serviti	
Nominativo referente	
Telefono	
Fax	
E-mail	
Riportare sinteticamente se sono in atto o previste: ristrutturazioni, costruzione di nuove linee, adeguamenti	
Note del compilatore	

(1) In accordo alla funzione principale dell'impianto è richiesta la compilazione delle pertinenti voci, riportando eventuali ulteriori informazioni e dati ritenuti di interesse nello spazio "Note del compilatore" in calce ai singoli fogli

Foglio 1/3



2. INFORMAZIONI TECNICHE				
Superficie dell'insediamento	totale	coperta	scoperta	m ²
2.1 DATI TECNICI				
2.1.1 dati comuni				
Capacità complessiva di trattamento				t/a t/d
	LINEA			
	1	2		
Indicare il tipo di certificazione (EMAS, ISO 9000, ISO 14000, <i>altro specificare</i>)				
	LINEA			
	1	2		
Anno di primo avviamento				
Anno di ultima ristrutturazione				
Anno previsto di chiusura				
Stato di funzionamento				v. legenda n° 1
2.1.2 Trattamenti				
	LINEA			
	1	2		
Pretrattamenti (<i>sequenza trattamenti</i>)				v. legenda n° 2
Bio-ossidazione e maturazione (<i>sequenza trattamenti</i>)				v. legenda n° 3
Raffinazione (<i>sequenza trattamenti</i>)				v. legenda n° 4
2.1.3. Stabilizzazione aerobica				
	LINEA			
	1	2		
Tipologia				v. legenda n° 5
Modalità (<i>continuo/batch</i>)				
Tempi di ritenzione				giorni
Sistema di aerazione (<i>naturale/forzata</i>)				
2.1.4. Stabilizzazione anaerobica (<i>se prevista</i>)				
	LINEA			
	1	2		
Tipologia (<i>dry, semidry, wet</i>)				
Tipo di reattore/fornitore				v. legenda n° 6
Modalità (<i>continuo / batch</i>)				
Temperatura				°C
Ricircolo fanghi				SI/NO
Produzione Biogas				SI/NO
2.1.5. Trattamento correnti gassose esauste				
	LINEA			
	1	2		
Sequenza apparecchiature				v. legenda n° 7
2.2 DATI ECONOMICI (<i>se non ritenuti dati sensibili</i>)				
Costo di investimento				€
Tariffa applicata				€/t
legenda 1) Stato di funzionamento: O: operativo; R: in ristrutturazione; A: in avviamento o collaudo; C: in costruzione; D: dismesso 2) Pretrattamenti: T: tritrazione; V: vagliatura; P: pressatura-spremitura; MX: miscelazione; O: altro (specificare) 3) Bio-ossidazione e maturazione: CS: cumuli o andana; RC: reattore chiuso; O: altro (specificare) 4) Raffinazione: T: tritrazione; V: vagliatura; O: altro (specificare) 5) Esempio del tipo di reattore aerobico: orizzontale a trincea; orizzontale a bacino; chiuso a tenuta stagna; cumulo statico coperto con telo traspirante; biocontainer scarrabile; biocelle a sistema dinamico; biocella statica a ciclo continuo; altro (specificare) 6) Esempio del tipo di reattore anaerobico: a mescolamento o CSTR, con flusso a pistone o Plug-flow, lagunaggio; altro (specificare) 7) Trattamento correnti gassose esauste: CY: ciclone; FF: filtro a maniche; BF: biofiltro; BSF: bioscrubber; O: altro (specificare)				
Note del compilatore				

SCHEDA IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO DI FRAZIONI SELEZIONATE

3. DATI DI ESERCIZIO			
3.1 ORE DI FUNZIONAMENTO (per lavorazioni non continue)			
anno	2006	2007	u.m.
Annue			h
Giornaliere			h
3.2 MATERIALI IN INGRESSO			
anno	2006	2007	u.m.
Totali			tx10 ³
di cui:			
Frazione organica			tx10 ³
Fanghi depurazione acque			tx10 ³
Scarti industria alimentare			tx10 ³
Effluenti zootecnici palabili			tx10 ³
Verde			tx10 ³
Altro (specificare)			tx10 ³
3.3 PRODUZIONE COMPOST			
anno	2006	2007	u.m.
Produzione			tx10 ³
Destinazione (ammendante, FOS per discarica, altro (specificare)*)			
3.4 ALTRI FLUSSI			
anno	2006	2007	u.m.
Frazione liquida da fase di pressatura-spremitura			tx10 ³
Destinazione (fertilizzazione, impianto di trattamento, altro (specificare)*)			
Perdite di processo			tx10 ³
Altro (specificare)			tx10 ³
3.5 PRODUZIONE DI BIOGAS			
anno	2006	2007	u.m.
PCI			MJ/Nm ³
Produzione totale			Nm ³
di cui:			
a produzione energia elettrica			Nm ³
a produzione energia termica			Nm ³
altro (specificare)			Nm ³
3.6 PRODUZIONE DI ENERGIA			
anno	2006	2007	u.m.
Elettrica lorda			MWh
Termica			MWh
3.7 CONSUMI			
anno	2006	2007	u.m.
Energia elettrica			MWh
Combustibili (specificare la tipologia)			t o m ³
Acqua			m ³
Altro (specificare)			
* In caso di più destinazioni riportare le relative quantità (o percentuali) nelle note			
Note del compilatore			



Data compilazione

1. INFORMAZIONI GENERALI (se non diversamente specificato i dati sono da riferire alla data del 31.12.2007)	
Denominazione impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
Funzione principale dell'impianto (selezione secco/umido, produzione CDR, bioessiccazione, compostaggio da raccolta differenziata, digestione anaerobica, <i>altro specificare (1)</i>)	
Proprietario dell'impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
E-mail	
Sito web	
Gestore dell'impianto (<i>indicare solo se diverso dal proprietario</i>)	
Via, CAP, Comune, Provincia	
E-mail	
Sito web	
N. abitanti serviti	
N. Comuni serviti	
Nominativo referente	
Telefono	
Fax	
E-mail	
1.1 DATI ECONOMICI	
Costo di investimento (€)	
Tariffa applicata (€/t)	
1.2 INIZIATIVE IN ATTO O FUTURE	
Riportare sinteticamente se sono in atto o previste: ristrutturazioni, costruzione di nuove linee, adeguamenti	
Note del compilatore	

(1) In accordo alla funzione principale dell'impianto è richiesta la compilazione delle pertinenti voci, riportando eventuali ulteriori dati ed informazioni ritenuti di interesse nello spazio "Note del compilatore" in calce ai singoli fogli.



2. INFORMAZIONI TECNICHE (dove non diversamente specificato i dati sono da riferire alla data del 31.12.2007)				
superficie dell'insediamento	totale	coperta	scoperta	m ²
2.1 DATI TECNICI				
2.1.1 dati comuni				
capacità complessiva di trattamento				t/a t/d
	LINEA			
	1	2		
Indicare il tipo di certificazione (EMAS, ISO 9000, ISO 14000, <i>altro specificare</i>)				
Flusso (<i>unico / separato</i>)				v. legenda n° 1
	LINEA			
	1	2		
anno di 1° avviamento				
anno di ultima ristrutturazione				
anno previsto di chiusura				
stato di funzionamento				v. legenda n° 2
	LINEA			
	1	2		
2.1.2 Trattamenti principali				
Pretrattamenti (<i>sequenza trattamenti</i>)				v. legenda n° 3
Trattamenti frazione secca (<i>sequenza trattamenti</i>)				v. legenda n° 4
Trattamenti frazione umida (<i>sequenza trattamenti</i>)				v. legenda n° 5
	LINEA			
	1	2		
2.1.3. Stabilizzazione aerobica				
Tipologia				v. legenda n° 6
Modalità (<i>continuo/batch</i>)				
Sistema di aerazione (<i>naturale/forzata</i>)				
	LINEA			
	1	2		
2.1.4. Stabilizzazione anaerobica				
Tipologia (<i>dry, semidry, wet</i>)				
Tipo di reattore/fornitore				v. legenda n° 7
Modalità (<i>continuo/batch</i>)				
Temperatura				°C
Ricircolo fanghi				SI/NO
Produzione Biogas				SI/NO
	LINEA			
	1	2		
2.1.5. Trattamento correnti gassose esauste				
sequenza apparecchiature				v. legenda n° 8
2.2 DATI ECONOMICI (se non ritenuti dati sensibili)				
Costo di investimento				€
Tariffa applicata				€/t
legenda 1) Flusso unico: dopo il pretrattamento iniziale il rifiuto in ingresso viene sottoposto a trattamento biologico nel suo complesso Flusso separato: dopo il pretrattamento iniziale il rifiuto in ingresso è sottoposto a selezione secco/umido 2) Stato di funzionamento: O: operativo; R: in ristrutturazione; A: in avviamento o collaudo; C: in costruzione; D: dismesso 3) Pretrattamenti: HS: separazione manuale; LS: lacerazione sacchi; T: triturazione; MS: separazione magnetica; ED: separazione met. non ferrosi; MX: miscelazione; O: altro (specificare) 4) Trattamenti frazione secca: T: triturazione; MS: separazione magnetica; ED: separazione metalli non ferrosi; V2: vagliatura secondaria, classificazione aerea o balistica; E: essiccazione; P: pellettizzazione; D: densificazione; O: altro (specificare) 5) Trattamenti frazione umida: T: triturazione; MS: separazione magnetica; ED: separazione metalli non ferrosi; BS: stabilizzazione aerobica; BE: bioessiccazione; AB: stabilizzazione anaerobica; O: altro (specificare) 6) Stabilizzazione aerobica: CS: cumuli statici; CR: cumuli rivoltati; BC: biocelle; BT: biotunnel; TDA: trincee dinamiche aerate; TR: cilindri rotanti; S: silos; O: altro (specificare) 7) Esempio del tipo di reattore: a mescolamento o CSTR, con flusso a pistone o Plug-flow, lagunaggio 8) Trattamento correnti gassose esauste: CY: ciclone; FF: filtro a maniche; BF: biofiltro; BSF: bioscrubber; O: altro (specificare)				
Eventuali note del compilatore				

ENEA SCHEDA IMPIANTI DI TRATTAMENTO MECCANICO - BIOLOGICO


3. DATI DI ESERCIZIO			
3.1 ORE DI FUNZIONAMENTO (per lavorazioni non continue)			
anno	2006	2007	u. m.
Annue			h
Giornaliere			h
3.2 RIFIUTI IN INGRESSO			
anno	2006	2007	u. m.
Totali			tx10 ³
di cui:			
Rifiuti urbani			tx10 ³
Fanghi			tx10 ³
Rifiuti speciali			tx10 ³
Frazione organica			tx10 ³
Verde			tx10 ³
Altro (specificare)			tx10 ³
3.3 PRODUZIONE COMBUSTIBILE (CDR O FRAZIONE SECCA)			
anno	2006	2007	u. m.
Tipologia combustibile (CDR, frazione secca, altro specificare)			
Produzione			tx10 ³
Destinazione (discarica, recupero energetico, cementificio, altro specificare)			
di cui:			
Discarica			tx10 ³
Recupero energetico			tx10 ³
Cementificio			tx10 ³
Altro (specificare)			tx10 ³
PCI			MJ/kg
Umidità			%
Rispondenza requisiti ex DM 5.2.98/ UNI 9903			SI/NO
Forma (addensato, fluff, pellets)			
Densità apparente			t/m ³
Dimensioni			mm
3.4 FRAZIONE ORGANICA STABILIZZATA			
anno	2006	2007	u. m.
Produzione			tx10 ³
Destinazione (discarica, riutilizzo, altro (specificare) *)			
3.5 COMPOST DA FRAZIONE ORGANICA SELEZIONATA			
anno	2006	2007	u. m.
Produzione			tx10 ³
Destinazione (mercato, discarica, altro (specificare) *)			
3.6 ALTRI FLUSSI			
anno	2006	2007	u. m.
Metalli ferrosi			tx10 ³
Metalli non ferrosi			tx10 ³
Scarti			tx10 ³
Altro (specificare)			tx10 ³
3.7 PRODUZIONE DI BIOGAS			
anno	2006	2007	u. m.
PCI			MJ/Nm ³
Produzione totale			Nm ³
di cui:			
a produzione energia elettrica			Nm ³
a produzione energia termica			Nm ³
altro (specificare)			Nm ³
3.8 PRODUZIONE DI ENERGIA			
anno	2006	2007	u. m.
Elettrica lorda			MWh
Termica			MWh
3.9 CONSUMI			
anno	2006	2007	u. m.
Energia elettrica			MWh
Combustibili (specificare la tipologia)			t o m ³
Acqua			m ³
Altro (specificare)			
* In caso di più destinazioni riportare le relative quantità (o percentuali) in nota			
Eventuali note del compilatore			

 SCHEDA IMPIANTI DI INCENERIMENTO 	
data compilazione	
1. INFORMAZIONI GENERALI (se non diversamente specificato i dati sono da riferire alla data del 31.12.2007)	
denominazione impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
proprietario dell'impianto	
Via, CAP, Comune, Provincia	
e-mail	
sito web	
gestore dell'impianto (<i>indicare solo se diverso dal proprietario</i>)	
Via, CAP, Comune, Provincia	
e-mail	
sito web	
n. abitanti serviti	
n. comuni serviti	
nominativo referente	
telefono	
fax	
e-mail	
1.1 INIZIATIVE IN ATTO O FUTURE	
riportare sinteticamente se sono in atto o previste: ristrutturazioni, costruzione di nuove linee, adeguamenti (es. <i>trattamento fumi</i>)	
riportare sinteticamente iniziative su nuovi impianti di incenerimento rifiuti a livello locale di cui si è a conoscenza	
Note del compilatore (*):	
(*) Riportare nello spazio "note" ulteriori informazioni o chiarimenti ritenuti utili	

SCHEDA IMPIANTI DI INCENERIMENTO				
2. INFORMAZIONI TECNICHE (se non diversamente specificato i dati sono da riferire alla data del 31.12.2007)				
2.1 GENERALITA'				
registrazione EMAS (indicare SI/NO e l'anno di conseguimento avvenuto o previsto)				
certificazione ISO 14000 (indicare SI/NO e l'anno di conseguimento avvenuto o previsto)				
ente di certificazione				
certificazione ISO 9000 (indicare SI/NO e l'anno di conseguimento avvenuto o previsto)				
ente di certificazione				
è stata presentata domanda di rilascio autorizzazione ad emettere gas serra ex L. 316/04 (SI/NO)				
superficie dell'insediamento		totale	coperta	scoperta
2.2 DATI TECNICI				
2.2.1 dati comuni				
capacità complessiva di trattamento rifiuti autorizzata				t/a
LINEA				
	1	2	3	
anno di 1° avviamento				
anno di ultima ristrutturazione				
anno previsto di chiusura				
stato di funzionamento ¹				v. legenda
LINEA				
	1	2	3	u.m.
portata rifiuti nominale				t/h
capacità termica nominale				MWt
potere calorifico inferiore (PCI) nominale				MJ/kg
costruttore				
tipo ²				
				v. legenda
superficie griglia (se applicabile)				
				m ²
LINEA				
	1	2	3	u.m.
costruttore				
tipo di fluido ³				
				v. legenda
condizioni operative:		pressione		bar
		temperatura		°C
LINEA				
	1	2	3	
costruttore				
reagenti chimici impiegati ⁴				
				v. legenda
ricircolo fumi (SI/NO)				
Sequenza dei trattamenti ⁵				
Note del compilatore:				v. legenda
legenda				
1) O: operativo R: in ristrutturazione A: in avviamento o collaudo C: in costruzione D: dismesso	2) MG: griglia mobile MGWC: griglia mobile raffreddata ad acqua FG: griglia fissa RK: tamburo rotante FBB: letto fluido bollente FBC: letto fluido circolante G: gassificatore O: altro (specificare)	3) S: vapore HW: acqua > 120°C WW: acqua < 120°C	4) LI: calce SO: soda BT: bicarbonato di sodio AM: ammoniaca UR: urea CA: carboni attivi CK: coke attivato NaS: solfuro di sodio O: altri (specificare)	5) DA: depurazione a secco SD: semisecco WS: depurazione a umido FF: filtro a maniche EP: elettrofiltro SNCR: deNOx non catalitico SCR: deNOx catalitico FGC: condensazione fumi CY: ciclone O: altri (specificare)
Foglio 2 di 6				

2.2.5 emissioni al camino		LINEA			u.m.
		1	2	3	
portata fumi nominale					Nm ³ /h
temperatura di emissione fumi					°C
altezza camino					m
Monitoraggio ed analisi delle emissioni (riportare i limiti autorizzativi alle emissioni, riferiti al periodo temporale più ampio prescritto)					
Rilevazioni in continuo emissioni al camino (Indicare SI/NO):		LINEA			u.m.
		1	2	3	
polveri	SI/NO				
	limite				mg/m ³
SO ₂	SI/NO				
	limite				mg/m ³
NO _x	SI/NO				
	limite				mg/m ³
CO	SI/NO				
	limite				mg/m ³
HF (HF+HBr)	SI/NO				
	limite				mg/m ³
HCl	SI/NO				
	limite				mg/m ³
TOC	SI/NO				
	limite				mg/m ³
Hg	SI/NO				
	limite				mg/m ³
NH ₃	SI/NO				
	limite				mg/m ³
altro (specificare)	SI/NO				
	limite				mg/m ³
campionamento in continuo PCDD+PCDF (Indicare SI/NO)					
Rilevazioni periodiche al camino (Indicare frequenza):		LINEA			u.m.
		1	2	3	
	frequenza (n° rilevazioni/anno)				
metalli totali	SI/NO				
	limite				mg/m ³
Cd (Cd+Tl)	SI/NO				
	limite				mg/m ³
Hg	SI/NO				
	limite				mg/m ³
NH ₃	SI/NO				
	limite				mg/m ³
IPA	SI/NO				
	limite				mg/m ³
PCDD+PCDF (Teq)	SI/NO				
	limite				ng/m ³
PCB	SI/NO				
	limite				mg/m ³
2.2.6 Impianto di depurazione acque					
presente in sito (Indicare SI/NO)					
Tipologia impianto					
2.2.7 Generatore di energia elettrica					
Potenza elettrica nominale ai morsetti generatore					u.m. MW
Cogenerazione elettricità/calore (Indicare SI/NO)					
turbina a vapore:					
portata nominale vapore ingresso/scarico					t/h
pressione nominale vapore ingresso/scarico					bar/bar _{ass}
temperatura nominale vapore ingresso/scarico					°C
Spillamenti vapore (Indicare SI/NO)					
condensazione vapore (WC=acqua in ciclo aperto, ET=torre evaporativa, AC=aria)					

ENEA		SCHEMA IMPIANTI DI INCENERIMENTO		
3. DATI DI ESERCIZIO (riferiti al 31.12.2007)				
3.1 ORE ANNUE DI FUZIONAMENTO				
anno		2007¹		u.m.
linea 1				h
linea 2				h
linea 3				h
linea 4				h
linea 5				h
3.2 RIFIUTI TRATTATI				
anno		2007¹		u.m.
rifiuti in ingresso all'impianto (se diversi da quelli alimentati ai forni)				
di cui:				tx10 ³
a recupero energetico				tx10 ³
a recupero metalli ferrosi/ non ferrosi				tx10 ³
scarti/perdite				tx10 ³
altro (specificare)				tx10 ³
totale rifiuti alimentati ai forni				
di cui:				tx10 ³
urbani (non pretrattati)				tx10 ³
frazione secca				tx10 ³
CDR (ex DM 5/2/98)				tx10 ³
sanitari trattati				tx10 ³
sanitari a rischio infettivo				tx10 ³
fanghi				tx10 ³
speciali pericolosi				tx10 ³
speciali non pericolosi				tx10 ³
altro (specificare)				tx10 ³
potere calorifico (PCI) medio				MJ/kg
3.3 ENERGIA ELETTRICA				
anno		2007¹		u.m.
produzione lorda [1] (ai morsetti del generatore)				
				MWh _e
autoconsumi totali [2]				
				MWh _e
di cui:				MWh _e
da autoproduzione				MWh _e
prelevata dalla rete				MWh _e
produzione netta = [1] - [2]				
				MWh _e
incentivazione				
energia elettrica incentivata				MWh _e
tipo di incentivazione (CIP= cip 6, CV=certificati verdi)				SI/NO
validità fino al (indicare la data)				
3.4 PRODUZIONE ENERGIA TERMICA				
anno		2007¹		u.m.
produzione netta totale				
di cui:				MWh _t
a rete teleriscaldamento				MWh _t
altri usi (specificare)				MWh _t
3.5 EMISSIONI AL CAMINO				
anno		2007¹		u.m.
portata fumi annuale (riferita a O ₂ = 11%)				
				Nm ³ x10 ⁶
polveri totali				
	valore medio			mg/Nm ³
	massa annua			t
SO ₂	valore medio			mg/Nm ³
	massa annua			t
NO _x	valore medio			mg/Nm ³
	massa annua			t
HCl	valore medio			mg/Nm ³
	massa annua			t
CO				mg/Nm ³
HF				mg/Nm ³
TOC				mg/Nm ³
NH ₃				mg/Nm ³
metalli totali				
				mg/Nm ³
Hg				mg/Nm ³
Cd + Tl				mg/Nm ³
IPA				mg/Nm ³
PCDD + PCDF (Teg)				ng/Nm ³
⁽¹⁾ Qualora non disponibili, riportare i dati più recenti specificando l'anno di riferimento				

3.6 RESIDUI SOLIDI			
anno		2007 ¹	u.m.
scorie	totali		tx10 ³
	di cui:		tx10 ³
	a smaltimento		tx10 ³
	a recupero (totale)		tx10 ³
	di cui:		tx10 ³
	inerti		tx10 ³
	metalli ferrosi		tx10 ³
	metalli non ferrosi		tx10 ³
ceneri leggere	totali		tx10 ³
	di cui:		tx10 ³
	a smaltimento		tx10 ³
	a recupero		tx10 ³
residui trattamento fumi	totali		tx10 ³
	di cui:		tx10 ³
	a smaltimento		tx10 ³
	a recupero		tx10 ³
altro	(specificare)		tx10 ³
3.7 EFFLUENTI LIQUIDI			
anno		2007 ¹	u.m.
totale effluenti			m ³ x10 ³
di cui:	trattamento fumi		m ³ x10 ³
	da spegnimento scorie		m ³ x10 ³
	da raffreddamento		m ³ x10 ³
	scarichi civili e 1a pioggia		m ³ x10 ³
caratteristiche medie a valle del trattamento			
SST			mg/l
BOD5			mg/l
COD			mg/l
azoto totale			mg/l
fosforo totale			mg/l
metalli			mg/l
3.8 CONSUMO COMBUSTIBILI			
anno		2007 ¹	u.m.
gasolio			t
metano			Sm ³ x10 ³
altro	(specificare)		...
3.9 CONSUMI IDRICI			
anno		2007 ¹	u.m.
totale			m ³ x10 ³
di cui:	da falda		m ³ x10 ³
	da rete municipale		m ³ x10 ³
	da acque superficiali		m ³ x10 ³
	altro	(specificare)	m ³ x10 ³
3.10 PERSONALE			
anno		2007 ¹	u.m.
in turno			n.
giornaliero			n.
manutenzione			n.
esterno		(specificare)	n.
Pulizie civili			n.
totale			n.
Note del compilatore:			
<p>(¹) Qualora non disponibili, riportare i dati più recenti specificando l'anno di riferimento</p>			



ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Lungotevere Thaon di Revel, 76
00196 ROMA
www.enea.it



federambiente

federazione italiana
servizi pubblici
igiene ambientale

Via Cavour, 179/a
00184 ROMA
www.federambiente.it