

LA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI



CIPA Editore

COLLANA AMBIENTE – Volume 32 – ISBN 978-88-95591-04-9

© by CIPA SRL 2009
Via Andrea Palladio, 26
20135, Milano

Tutti i diritti sono riservati.
È rigorosamente vietata a chiunque, privati o Enti,
la riproduzione anche parziale ottenibile con qualsiasi mezzo
nonchè la riproduzione su disco o nastro magnetico
senza previa autorizzazione dell'Editore.

Editore

CIPA SRL
Via Andrea Palladio, 26
20135, Milano
Tel. 02.58301501-58301528
Fax 02.58301550
E-mail: redazione@cipaeditore.it
Web: www.cipaeditore.it

Stampa

Abbiati
Via Padova, 5
20127 Milano
tel./fax 02.2847518

*Un particolare ringraziamento all'ing. Laura Biganzoli
per il suo contributo alla revisione tecnica dei testi*

Finito di stampare nel mese di giugno 2009

LA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI

A cura di:
*Michele Giugliano**
*Mario Grosso***
*Lucia Rigamonti****

* *Michele Giugliano – Professore Ordinario di "Inquinamento atmosferico e trattamento delle emissioni" al Politecnico di Milano.*

** *Mario Grosso – Ricercatore al Politecnico di Milano e docente di "Rifiuti solidi".*

*** *Lucia Rigamonti – Assegnista di ricerca al Politecnico di Milano.*

AUTORI

Arena U.

Seconda Università degli Studi di Napoli – Dipartimento di Scienze Ambientali

Avella M.

Co.Re.Ve.

Betelli L.

ETRA SpA – SINTESI SRL

Cavallo R.

Cooperativa Erica – ACR+

Cernuschi S.

Politecnico di Milano – DIIAR, Sezione Ambientale

Consonni S.

Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia

Contò P.

Consorzio Intercomunale Priula

Cristo F.

Quadrifoglio S.p.A.

Dainese C.

Consorzio L.E.A.P.

de Carli A.

IEFE – Università Bocconi

Farotto E.

Comieco

Favoio E.

Scuola Agraria del Parco di Monza – ISWA

Furiano A.

Corepla

Gasperoni M.

Rilegno

Ghezzi U.

Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia

Giacetti W.

ETRA SpA – SINTESI SRL

Giugliano M.

Politecnico di Milano – DIIAR, Sezione Ambientale

Grosso M.

Politecnico di Milano – DIIAR, Sezione Ambientale

Massarutto A.

Università di Udine e IEFE – Università Bocconi

Mastellone M.L.

Seconda Università degli Studi di Napoli – Dipartimento di Scienze Ambientali

Mattoni L.

Consorzio Nazionale Acciaio

Rada E.C.

Università degli Studi di Trento – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Ragazzi M.

Università degli Studi di Trento – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Rigamonti L.

Politecnico di Milano – DIIAR, Sezione ambientale

Santi M.

Libero professionista

Schiona G.

CiAl

Venturi R.

ETRA SpA – SINTESI SRL

INDICE

□	PRESENTAZIONE	XV
	<i>E. de Fraja Frangipane</i>	
I.	LINEE GUIDA OPERATIVE PER PASSARE DALLE PAROLE AI FATTI IN TEMA DI PREVENZIONE DEI RIFIUTI	19
	<i>M. Santi</i>	
1.	DATI E CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE: LA PREVENZIONE COME ELEMENTO DI PARTENZA DELLE POLITICHE INTEGRATE DI GESTIONE DEI RIFIUTI.....	19
1.1	I rifiuti crescono. In Europa	19
1.2	... e in Italia. Perché?	20
1.3	Assetto socio economico e territoriale	21
1.4	Il sistema delle raccolte	21
1.5	I criteri di assimilazione.....	22
1.6	La gestione della tariffa.....	22
2.	PER UNA POLITICA DI PREVENZIONE (E MINIMIZZAZIONE) DEI RIFIUTI	24
2.1	Sostenibilità nella gestione dei rifiuti.....	24
2.2	Prevenzione e minimizzazione	24
2.3	Prevenire conviene?.....	25
2.4	Ruolo decisivo degli strumenti economici	26
2.5	Importanza degli accordi volontari	28
2.6	Esperienze non istituzionali e “prevenzione dei rifiuti dal basso”	29
3.	COME PASSARE DALLE PAROLE AI FATTI: STRUTTURA E MODI D’USO DI BANCA DATI E LINEE GUIDA SU PREVENZIONE E MINIMIZZAZIONE DEI RIFIUTI	29
3.1	La banca dati delle buone pratiche e il sito Prevenzione e minimizzazione dei rifiuti	30
3.1.1	<i>Obiettivi della Banca Dati</i>	30
3.1.2	<i>Modalità di accesso e partecipazione</i>	31
3.1.3	<i>Struttura della banca dati – aree ed appendici</i>	31
3.1.4	<i>La cassetta degli attrezzi</i>	31
3.1.5	<i>Area iniziative pubbliche</i>	32
3.1.6	<i>Area iniziative private</i>	33
3.2	Le Linee Guida per la prevenzione e minimizzazione dei rifiuti urbani	34
3.3	Prime esperienze di pianificazione delle azioni di prevenzione dei rifiuti in modo integrato alla gestione del settore	35
4.	UN INQUADRAMENTO ISTITUZIONALE PER PASSARE DALLE AZIONI ALLE POLITICHE (IN ATTESA DEL PIANO DI PREVENZIONE A LIVELLO NAZIONALE).....	37
4.1	Architettura del sistema.....	37
4.2	Interventi a livello centrale	38
4.3	Interventi a livello regionale	39
4.3.1	<i>Piano di prevenzione e gestione dei rifiuti da imballaggio</i>	39
4.3.2	<i>Strumenti economici</i>	39
4.3.3	<i>Azioni condivise con i “portatori di interesse”</i>	39
4.4	Interventi a livello provinciale (e di ATO) e comunale	40
4.5	La parte privata	40
□	BIBLIOGRAFIA	40

II.	LA PROGETTAZIONE E L'OTTIMIZZAZIONE OPERATIVA DEI SISTEMI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA INTEGRATA	41
	<i>W. Giacetti, R. Venturi, L. Betelli</i>	
1.	INTRODUZIONE	41
2.	MODELLI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA COMPATIBILI CON GLI OBIETTIVI E I VINCOLI NORMATIVI NAZIONALI	43
3.	LE FASI DELLA PIANIFICAZIONE/PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA INNOVATIVO DI GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI.....	48
4.	VARIABILI GENERALI E SPECIFICHE NELLA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA.....	49
5.	REGOLE E VALUTAZIONI DI SISTEMA NELLA PROGETTAZIONE DEI SERVIZI DI ASPORTO RIFIUTI.....	51
	5.1 Capillarità, Comodità e Capacità.....	51
	5.2 Assimilazione attiva e passiva	52
	5.3 Il centro di raccolta differenziata	54
6.	SCELTA DELLE VARIABILI OPERATIVE: PERSONALE E MEZZI UTILIZZATI	55
7.	ATTREZZATURE DA FORNIRE AGLI UTENTI	57
8.	LA RICONVERSIONE OPERATIVA DEI MEZZI E DELLE ATTREZZATURE PRECEDENTEMENTE UTILIZZATI.....	57
9.	ATTENZIONE E STRATEGIE OPERATIVE NELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA DELLA FRAZIONE ORGANICA E DEGLI IMBALLAGGI.....	59
	9.1 Raccolta differenziata della frazione organica.....	59
	9.2 Raccolta differenziata degli imballaggi	61
10.	CRITICITÀ TECNICHE NELLA FASE DI AVVIO DEI SERVIZI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA	62
	10.1 Assistenza alla fase di start-up.....	62
	10.2 Criticità tecniche durante lo start-up	62
11.	L'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO SUL CAMPO E DELLA VERIFICA DEL PROGETTO	64
12.	CONCLUSIONI.....	65
□	BIBLIOGRAFIA	660
III.	IL PASSAGGIO DA TARSU A TARIFFAZIONE DEI SERVIZI DI IGIENE AMBIENTALE: PROGETTAZIONE INTEGRATA DEL MODELLO OPERATIVO E MODELLO TARIFFARIO	67
	<i>P. Contò</i>	
1.	PREMESSA	67
2.	ELEMENTI CHE COMPONGONO UN MODELLO DI GESTIONE RIFIUTI	68
	2.1 Comunicazione e relazione con il cliente/utente.....	69
	2.2 Raccolta e trasporto	70
	2.3 Trattamento a recupero e smaltimento	71
	2.4 Sistema tariffario e strumenti economici.....	71
	2.5 Sistema informativo e organizzativo.....	72
3.	CRITERI DI PROGETTAZIONE	72
4.	TARIFFA E MODELLO OPERATIVO.....	73
	4.1 Flussi informativi	73
	4.2 Strumenti tecnici di gestione	74
	4.3 Strumenti amministrativi.....	74

5.	CASE STUDY: IL CONSORZIO PRIULA (TV).....	75
5.1	Informazioni generalità.....	75
5.2	Il servizio	76
5.3	Sportelli e organizzazione informativa.....	78
5.4	Sistema tariffario	78
5.5	Vigilanza e controlli.....	79
5.6	Informazione e partecipazione	79
5.7	Risultati.....	80
IV.	IMPLEMENTAZIONE ED OTTIMIZZAZIONE DI SISTEMI INNOVATIVI DI RD: PREVENZIONE, START-UP E COMUNICAZIONE	83
	<i>R. Cavallo</i>	
1.	INTRODUZIONE	83
2.	IL CASO COVAR 14	83
2.1	L'organizzazione del servizio di raccolta.....	85
2.2	La campagna di comunicazione	86
2.3	Casi particolari di rimodulazione del servizio di raccolta.....	88
3.	I COSTI.....	89
3.1	Costi per azioni propedeutiche di indagine.....	89
3.2	Costi per le azioni di consegna	90
3.3	Costi per le azioni di comunicazione	90
4.	I RISULTATI DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA.....	91
4.1	I dati di raccolta.....	91
4.2	Alcuni dati qualitativi	91
5.	LA PREVENZIONE DEI RIFIUTI.....	96
5.1	Aspetti normativi	96
5.2	Prevenzione, riduzione o minimizzazione: un po' di nomenclatura ...	98
5.3	La prevenzione come elemento progettuale per la gestione integrata delle raccolte	99
5.3.1	<i>Compostaggio domestico</i>	<i>100</i>
5.3.2	<i>Riduzione degli imballaggi in plastica</i>	<i>101</i>
6.	LA COMUNICAZIONE	102
6.1	La comunicazione negli strumenti legislativi.....	102
6.2	I costi della comunicazione.....	103
6.3	Alcuni esempi di comunicazione di servizi di igiene urbana	104
6.3.1	<i>Interventi comunicativi di impianto classico: i bandi e i capitolati d'appalto</i>	<i>104</i>
6.3.2	<i>Interventi comunicativi studiati parallelamente all'intervento tecnico</i>	<i>105</i>
6.3.3	<i>Interventi comunicativi dopo aver valutato le potenzialità del servizio</i>	<i>105</i>
6.3.4	<i>Interventi comunicativi progettati con il servizio.....</i>	<i>106</i>
6.3.5	<i>Percorsi comunicativi complessi</i>	<i>106</i>
7.	CONCLUSIONI.....	108
□	BIBLIOGRAFIA	108
V.	"BEST PRACTICES" NELLA RACCOLTA E NEL RICICLO DEI RIFIUTI DI IMBALLAGGIO IN VETRO	111
	<i>M. Avella</i>	
1.	INTRODUZIONE.....	111

2.	L'APPLICAZIONE ALLA RACCOLTA E RICICLO DEL VETRO DEI PRINCIPI DI EFFICACIA, EFFICIENZA ED ECONOMICITÀ	111
2.1	La separazione del vetro per colore	113
2.2	L'ottimizzazione del trattamento	115
3.	ANALISI COMPARATIVA DEI SISTEMI DI RACCOLTA DIFFERENZIATA DEL VETRO IN ITALIA	115
VI.	IL RICICLO DEI MATERIALI CELLULOSICI	121
	<i>E. Farotto</i>	
1.	IL CONSORZIO ITALIANO PER IL RICICLO DEGLI IMBALLAGGI CELLULOSICI	121
1.1	Politica aziendale	121
2.	IL RAPPORTO DI SOSTENIBILITÀ ED IL SISTEMA SGQA	122
3.	LE CONVENZIONI PER LA RACCOLTA DIFFERENZIATA DI CARTA E CARTONE	124
3.1	Le piattaforme di selezione	124
3.2	Le cartiere	125
3.3	Analisi qualità.....	126
4.	LA COMUNICAZIONE A SUPPORTO DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA.....	126
5.	LE RISORSE FINANZIARIE A SOSTEGNO DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA.....	127
6.	VALORE AMBIENTALE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA DI CARTA E CARTONE IN ITALIA	127
7.	LA STRATEGIA DI PREVENZIONE.....	128
8.	I RISULTATI OTTENUTI	129
VII.	IL RICICLO DEI RIFIUTI DI LEGNO	131
	<i>M. Gasperoni</i>	
1.	IL CONSORZIO RILEGNO.....	131
1.1	Chi partecipa al mondo Rilegno	131
1.2	Il 'sistema Rilegno': come funziona.....	131
1.3	Le aziende riciclatrici di rifiuti di legno.....	134
2.	IL PROCESSO PRODUTTIVO DEL PANNELLO TRUCIOLARE	134
2.1	Descrizione del processo produttivo	136
2.2	Impieghi del pannello truciolare	138
2.3	Vantaggi del riciclaggio dei rifiuti legnosi	139
3.	IL PROCESSO PRODUTTIVO DELLA PASTA CHEMI-MECCANICA	139
4.	IL PROCESSO PRODUTTIVO DEL BLOCCO IN LEGNO-CEMENTO	140
VIII.	LA GESTIONE DEL RICICLO DEGLI IMBALLAGGI IN ACCIAIO OPERATA DAL CNA	141
	<i>L. Mattoni</i>	
1.	GLI IMBALLAGGI IN ACCIAIO	141
1.1	Caratteristiche degli imballaggi in acciaio	141
1.2	Cenni introduttivi sulla banda stagnata	141
1.3	Le quantità di imballaggi in acciaio immesso a consumo	142
2.	IL CONSORZIO NAZIONALE ACCIAIO	144
2.1	Scopi istituzionali e attività del CNA.....	144
2.2	I flussi di raccolta degli imballaggi in acciaio	144
2.2.1	Flusso da superficie pubblica	144
2.2.2	Flusso da superficie privata.....	146

3.	IL RECUPERO DEL ROTTAME FERROSO IN ITALIA	147
3.1	L'imballaggio nel mondo dell'acciaio.....	147
3.2	Le lavorazioni per il recupero degli imballaggi in acciaio.....	149
3.2.1	<i>Distagnazione</i>	149
3.2.2	<i>Frantumazione</i>	150
3.2.3	<i>Riduzione volumetrica</i>	150
4.	I VANTAGGI AMBIENTALI DEL RICICLO DELL'ACCIAIO	151
4.1	Risparmio di risorse.....	151
4.2	Risparmio energetico.....	151
4.3	Riduzione delle emissioni.....	152
IX	IL RICICLO E LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELL'ALLUMINIO	153
	<i>G. Schiona</i>	
1.	L'ALLUMINIO: LA MATERIA	153
1.1	Storia dell'alluminio.....	153
1.2	Processo di produzione.....	154
1.3	Le caratteristiche dell'alluminio	158
2.	RECUPERO E RICICLO.....	159
2.1	Un ciclo virtuoso	159
2.2	Scenario nazionale	160
2.3	Le principali applicazioni dell'Alluminio riciclato	163
3.	IMBALLAGGI IN ALLUMINIO.....	164
3.1	Mercato e impieghi	164
4.	IL SISTEMA NAZIONALE DI PREVENZIONE, RICICLO E RECUPERO DEGLI IMBALLAGGI IN ALLUMINIO	165
4.1	Prevenzione.....	166
4.2	La strategia per la promozione di un sistema di gestione integrata dei rifiuti – “zero discarica, 100% recupero”	169
4.2.1	<i>Il progetto CiAl</i>	170
4.2.2	<i>Risultati e obiettivi conseguiti</i>	172
4.3	Valutazioni energetiche e delle emissioni serra evitate.....	173
5.	IL RICICLO ECOEFFICIENTE	174
5.1	Effetti sui consumi energetici e sulle emissioni di CO ₂	176
□	BIBLIOGRAFIA E WEB.....	179
X.	TECNOLOGIE DI SEPARAZIONE, SELEZIONE E RICICLO DEGLI IMBALLAGGI IN PLASTICA	181
	<i>A. Furiano</i>	
1.	PREMESSA.....	181
1.1	La raccolta	181
1.2	La selezione.....	181
2.	TECNICHE / TECNOLOGIE DI SELEZIONE DEGLI IMBALLAGGI IN PLASTICA	182
2.1	Selezione manuale	182
2.2	Selezione automatica	183
3.	TECNICHE / TECNOLOGIE DI RICICLAGGIO DEGLI IMBALLAGGI IN PLASTICA.....	185
3.1	Riciclo meccanico	185
3.1.1	<i>Riciclo meccanico eterogeneo</i>	186
3.1.2	<i>Riciclo meccanico omogeneo</i>	187
3.1.2.1	<i>Riciclo meccanico del PET</i>	189
3.1.2.2	<i>Riciclo meccanico del polietilene</i>	193
3.1.2.2.1	<i>Riciclo meccanico dei CPL in HDPE</i>	193

3.2	Riciclo chimico.....	195
4.	LA TERMOVALORIZZAZIONE	196
□	PRINCIPALE NOMENCLATURA UTILIZZATA	197
XI.	I TRATTAMENTI BIOLOGICI: TECNOLOGIE, TENDENZE E PROSPETTIVE	199
	<i>E. Favoino</i>	
1.	INTRODUZIONE	199
2.	LE POLITICHE EUROPEE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI	199
3.	OPZIONI DI GESTIONE DEI RIFIUTI BIODEGRADABILI E LOTTA AL CAMBIAMENTO CLIMATICO: I PIÙ COMUNI DIFETTI DELLE LCA	200
4.	PROSPETTIVE PER UNA DIRETTIVA SUL BIORIFIUTO	202
5.	IL RUOLO DELLA SOSTANZA ORGANICA NEL SUOLO: LOTTA ALL'EFFETTO-SERRA E STRATEGIA EUROPEA PER IL SUOLO.....	203
6.	LA DIGESTIONE ANAEROBICA: PROSPETTIVE E CONDIZIONI DI ADOZIONE	205
7.	DIRETTIVA DISCARICHE E TRATTAMENTO DEL RIFIUTO RESIDUO	208
8.	IL TRATTAMENTO MECCANICO-BIOLOGICO E LA SUA CODIFICAZIONE NORMATIVA	209
9.	IL TRATTAMENTO BIOLOGICO IN ITALIA: SVILUPPI E PROSPETTIVE	212
□	BIBLIOGRAFIA	214
XII.	IL RUOLO DELLA BIOESSICCAZIONE DI RIFIUTI URBANI RESIDUI	215
	<i>M. Ragazzi, E.C. Rada</i>	
1.	INTRODUZIONE	215
2.	DEFINIZIONE	216
3.	DESCRIZIONE DEL PROCESSO	216
3.1	Principio	216
3.2	Sperimentazione.....	218
3.2.1	Il reattore biologico aerobico	218
3.2.2	Sistema di pesatura	219
3.2.3	Sistema di rilevamento della temperatura.....	219
3.2.4	Sistema di alimentazione e regolazione dell'aria di processo	220
3.2.5	Sistema di acquisizione dei dati e sistema di controllo.....	220
3.3	Modello biochimico	221
3.4	Parametri caratteristici	222
3.4.1	Temperatura e perdita in peso	222
3.4.2	Consumo di solidi volatili e variazione del contenuto di H ₂ O.....	223
3.4.3	Potere calorifico	223
3.5	Aspetti di impatto ambientale	225
4.	IL RUOLO DELLA BIOESSICCAZIONE	226
5.	CONCLUSIONI	229
□	BIBLIOGRAFIA	229
XIII.	TECNOLOGIE PER IL RECUPERO DI ENERGIA DAI RIFIUTI SOLIDI URBANI	233
	<i>S. Consonni, C. Dainese</i>	
□	SOMMARIO	233

1.	RIFIUTI ED ENERGIA.....	233
1.1	Caratterizzazione e potenziale energetico dei rifiuti.....	233
1.1.1	Composizione elementare.....	235
1.1.2	Composizione merceologica.....	236
1.1.3	Raccolta differenziata.....	236
1.1.4	Fattori rilevanti per il recupero di energia.....	237
1.2	Energia utile generabile dai rifiuti.....	238
1.3	Il recupero di energia in Italia e nel mondo.....	241
2.	TERMODISTRUZIONE E TERMOUTILIZZAZIONE.....	243
2.1	Opzioni per il recupero di energia.....	245
2.1.1	Sollecitazione dei materiali.....	247
2.1.2	Rendimento di produzione elettrica.....	247
2.1.3	Impatto ambientale.....	249
2.1.4	Evoluzione delle prestazioni e prospettive future.....	250
3.	COMBUSTIONE E GENERAZIONE DI VAPORE.....	252
3.1	Combustori a griglia.....	252
3.2	Letto fluido.....	253
3.3	Parametri operativi.....	255
3.3.1	Temperatura massima di combustione: forni e combustori.....	255
3.3.2	Frazione di calore recuperabile.....	257
4.	PRODUZIONE DI SOLO CALORE E TELERISCALDAMENTO.....	257
5.	CICLO A VAPORE.....	257
5.1	Prestazioni.....	257
5.2	Surriscaldatore e cicli ibridi.....	260
5.3	Cicli Cogenerativi.....	261
6.	EFFETTO SCALA.....	262
□	BIBLIOGRAFIA.....	264
XIV.	IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE DA IMPIANTI DI TERMODISTRUZIONE DI RIFIUTI	267
	<i>S. Cernuschi, M. Grosso</i>	
1.	INTRODUZIONE.....	267
2.	IL CONTROLLO PRIMARIO DELLE EMISSIONI.....	268
3.	PROCESSI DI DEPURAZIONE DELLE EMISSIONI.....	269
3.1	Controllo del materiale particolato.....	269
3.2	Controllo dei gas acidi.....	272
3.3	Controllo degli ossidi di azoto.....	273
3.4	Controllo dei microinquinanti.....	274
4.	CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE DELLA DEPURAZIONE.....	275
4.1	Sistemi a secco.....	275
4.2	Sistemi ad umido.....	278
4.3	Sistemi ibridi.....	280
4.4	Sistemi per il controllo degli NOx.....	280
5.	CONSIDERAZIONI COMPARATIVE.....	282
□	BIBLIOGRAFIA.....	283
XV.	LA GESTIONE DEI RESIDUI PRODOTTI DALLA COMBUSTIONE DEI RIFIUTI	287
	<i>S. Cernuschi, M. Grosso</i>	
1.	CARATTERISTICHE QUANTITATIVE E QUALITATIVE DEI RESIDUI SOLIDI PRODOTTI	287

2.	TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO DEI RESIDUI.....	294
2.1	Trattamenti applicabili alle scorie.....	294
2.2	Trattamenti applicabili ai residui della depurazione dei fumi.....	298
2.3	Processi di inertizzazione	298
2.4	Tecnologie di detossificazione.....	304
2.5	Considerazioni comparative	310
□	BIBLIOGRAFIA	312
XVI. IL RUOLO DELL'INCENERIMENTO IN SISTEMI INTEGRATI DI GESTIONE DEI RIFIUTI(*)		315
<i>M. Giugliano, M. Grosso</i>		
1.	INTRODUZIONE.....	315
2.	IL RUOLO DEL NUOVO INCENERITORE.....	317
3.	LA PRATICA E LE PROSPETTIVE INTERNAZIONALI.....	318
3.1	La situazione attuale.....	318
3.2	Le tendenze in Europa	322
3.3	Le esperienze del Giappone e degli Stati Uniti	323
4.	LA PRATICA E LE PROSPETTIVE IN ITALIA	325
4.1	La gestione dei rifiuti.....	325
4.2	La situazione impiantistica.....	327
4.3	Le tendenze	333
5.	CONSIDERAZIONI FINALI	333
□	BIBLIOGRAFIA	335
XVII. TRATTAMENTI TERMICI NON CONVENZIONALI		337
<i>U. Ghezzi</i>		
1.	INTRODUZIONE.....	337
2.	TIPI DI PROCESSO.....	338
3.	TIPI DI IMPIANTI	342
3.1	Impianti di combustione convenzionale	342
3.2	Gassificazione e pirolisi.....	342
3.2.1	<i>Europa</i>	342
3.2.2	<i>Giappone</i>	344
3.3	Sistemi al plasma.....	346
3.4	Dissociazione molecolare.....	346
3.5	Ossicombustione (combustione senza fiamma)	347
4.	IL PROBLEMA DEI FANGHI	347
5.	CONSIDERAZIONI AMBIENTALI	348
6.	RECUPERO ENERGETICO.....	349
7.	CONCLUSIONI.....	350
XVIII.TECNOLOGIE DI GASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI SOLIDI		353
<i>U. Arena, M.L. Mastellone</i>		
1.	INTRODUZIONE.....	353
2.	IL PROCESSO DI GASSIFICAZIONE	354
3.	LE TECNOLOGIE DI GASSIFICAZIONE	358
4.	LE ESPERIENZE OPERATIVE.....	362

5.	LE PROBLEMATICHE DA AFFRONTARE	366
6.	CONCLUSIONI.....	369
□	BIBLIOGRAFIA	370
XIX.	ESPERIENZA DI PRODUZIONE DI CDR E SUO UTILIZZO IN CEMENTIFICI	373
	<i>F. Cristo</i>	
1.	INTRODUZIONE: LA NASCITA DELL'IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO .	373
2.	IL GASSIFICATORE DI TESTI	373
3.	L'IMPIANTO DI SELEZIONE E COMPOSTAGGIO	374
3.1	Il lay-out iniziale	374
3.2	L'attuale lay-out.....	375
3.3	Il materiale in ingresso: il rifiuto urbano dell'area fiorentina.....	376
3.4	Il materiale in uscita: il CDR e il CDR-Q	376
4.	LA DESTINAZIONE FINALE DEI FLUSSI IN USCITA	378
4.1	L'utilizzo in impianti nazionali ed esteri	378
4.2	L'utilizzazione del CDR-Q presso il cementificio di Testi.....	379
XX.	LCA: GENERALITÀ E APPLICAZIONE ALLA GESTIONE DEI RIFIUTI	381
	<i>L. Rigamonti</i>	
1.	INTRODUZIONE.....	381
2.	LE ORIGINI DELLA LCA	381
3.	LA STRUTTURA DELLA LCA	382
3.1	Fase 1: definizione dell'obiettivo e delle finalità dello studio.....	383
3.2	Fase 2: analisi di inventario	385
3.3	Fase 3: valutazione degli impatti	386
3.3.1	<i>Categorie di impatto</i>	388
3.3.2	<i>Metodi per la valutazione degli impatti</i>	389
3.4	Fase 4: interpretazione dei risultati	392
4.	LCA E GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI	392
4.1	I confini del sistema	393
4.2	Utilità della LCA applicata a sistemi di gestione integrata.....	394
4.3	Analisi bibliografica.....	395
4.3.2	<i>L'ottima percentuale di RD e riciclo</i>	398
4.3.3	<i>Tipologie di RD e loro impatto</i>	398
5.	LIMITI DELLA METODOLOGIA	399
6.	CONCLUSIONI.....	403
□	BIBLIOGRAFIA	404
XXI.	ANALISI ENERGETICO-AMBIENTALI DEI PERCORSI DI RECUPERO DI ENERGIA DAI RIFIUTI	407
	<i>S. Consonni, M. Giugliano, M. Grosso, L. Rigamonti</i>	
1.	INTRODUZIONE.....	407
2.	METODOLOGIE E IPOTESI DI LAVORO	407
3.	I RISULTATI DELLO STUDIO RELATIVO AD IMPIANTI DEDICATI	408
3.1	Il bilancio energetico.....	409
3.2	Il bilancio ambientale	409

4.	I RISULTATI DELLO STUDIO RELATIVO ALLA COMBUSTIONE DI CDR IN IMPIANTI NON DEDICATI	411
4.1	Il bilancio energetico.....	412
4.2	Bilancio ambientale.....	414
4.3	Potenzialità di applicazione in Italia.....	415
4.4	Considerazioni conclusive.....	415
□	BIBLIOGRAFIA	420

XXII. VALUTAZIONE CON ANALISI LCA DI SISTEMI INTEGRATI DI GESTIONE DEI RIFIUTI

421

L. Rigamonti, M. Grosso, M. Giugliano

1.	INTRODUZIONE.....	421
2.	SISTEMI INTEGRATI DI GESTIONE DEI RU ANALIZZATI	421
3.	METODOLOGIA ADOTTATA.....	423
3.1	Ipotesi	423
3.2	Impatti analizzati	424
3.3	Analisi di sensibilità	424
4.	LCA DELLE FILIERE DI RECUPERO DI MATERIA	424
4.1	Raccolta dei dati	424
4.2	Risultati: bilancio di massa	425
4.3	Risultati: bilancio energetico	426
4.4	Risultati: valutazione ambientale	426
5.	LCA DELLE FILIERE DI RECUPERO DI ENERGIA	428
5.1	Impostazione della filiera di recupero di energia	428
5.2	Risultati energetici ed ambientali	431
6.	LCA DEI SISTEMI INTEGRATI DI GESTIONE DEI RIFIUTI	432
7.	ANALISI DI SENSIBILITÀ APPLICATA AI SISTEMI INTEGRATI DI GESTIONE DEI RIFIUTI	433
7.1	Il ruolo di un elevato recupero delle frazioni organiche.....	433
7.2	Effetti di una possibile riduzione della qualità del materiale raccolto quando si raggiungono livelli molto alti di RD.....	436
8.	CONCLUSIONI.....	438
□	RINGRAZIAMENTI.....	439
□	BIBLIOGRAFIA	439

XXIII. VALUTAZIONI ECONOMICHE NELLA GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI

443

A. de Carli, A. Massarutto

1.	INTRODUZIONE.....	443
2.	LA STRUTTURA DEL MODELLO	443
3.	LA COSTRUZIONE DEL MODELLO DI VALUTAZIONE	444
4.	SCENARI ESEMPLIFICATIVI PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI A VILLAVERDE	445
5.	COSTI ESTERNI.....	450
5.1	Definizione di costo esterno	450
5.2	Costi esterni di una discarica e di un termovalorizzatore	450
□	BIBLIOGRAFIA	453

PRESENTAZIONE

Di gestione integrata per la raccolta, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani se ne parlò, per la prima volta, in occasione di un congresso internazionale dell'ISWA e ANDIS svoltosi in Italia, a Perugia, nel 1988 che, per quanto finalizzato agli aspetti del recupero di energia e materiali, portò a riconoscere, sulla base delle relazioni presentate e, soprattutto, in sede di discussione, l'esigenza di dovere guardare allo smaltimento dei rifiuti non più attraverso l'adozione di un'unica modalità di trattamento da scegliersi tra discarica, incenerimento e compostaggio bensì come adozione di operazioni differenziate ma intercollegate di più opzioni ognuna finalizzata a svolgere una specifica funzione che meglio si adegui alle diverse, difformi caratteristiche del materiale in questione, ma anche che meglio ne sfrutti i valori residui recuperabili ed ancora convenientemente utilizzabili, spesso (un tempo sempre) sepolti in una discarica, sistema, all'epoca, prevalente se non unico non solo in Italia bensì adottato in tutti i paesi del mondo da quando si vollero liberare case, strade e città dai rifiuti.

Dagli approfondimenti che scaturirono principalmente, come detto, in sede di discussione ne derivò, spontaneamente e conseguenzialmente, che soluzioni univoche non consentivano di poter salvaguardare contestualmente tutte le esigenze connesse con la convenienza, da un lato, di sfruttare ed utilizzare le valenze insite nei rifiuti e, dall'altro, di ottemperare alle esigenze di protezione dell'ambiente e della salute delle popolazioni.

E, sempre in quella occasione, si delineò un quadro di interventi plurimi verso il recupero di materie e di energia, nelle loro varie forme, e verso uno smaltimento controllato dei residui ultimi se non più ulteriormente utilizzabili.

E, di fatto, tale impostazione, allora solo una prospettiva considerata avveniristica, complessa e dispendiosa, fu alla base, più o meno sviluppata e configurata, di ogni piano di gestione territoriale dei rifiuti, alla base di quella che divenne la *Gestione integrata dei rifiuti* con particolare riferimento a quelli urbani.

L'anno successivo (1989), una Comunicazione della Commissione europea "*Strategia comunitaria in materia di rifiuti*" portò, negli anni 1990 e 1991, a risoluzioni, rispettivamente del Consiglio e del Parlamento europeo, con le quali il concetto di gestione integrata si concretizzò nella individuazione degli ambiti d'azione strategici e di una gerarchia di principi che vedeva, al primo posto, la prevenzione quantitativa e qualitativa dei rifiuti, seguita dal recupero e riciclaggio di materie e di energia ed infine dallo smaltimento in discarica (controllata) dei rifiuti ultimi.

A queste prime risoluzioni fecero seguito numerosi altri *Atti* da parte della Comunità europea (se ne contano oltre sessanta tra Direttive, Decisioni, Raccomandazioni, Risoluzioni, Regolamenti) che hanno integrato, modificato, implementato, migliorato (ma anche, a volte, peggiorato) l'impostazione originale della *Strategia* fino a giungere alla Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio emanata in data del 19 novembre 2008 alla luce delle esperienze acquisite.

In tale Direttiva viene tra l'altro precisato che essa dovrebbe aiutare l'Unione europea ad avvicinarsi ad una "società del riciclaggio", cercando di evitare la produzione di rifiuti e di utilizzare i rifiuti come risorse. In particolare, il Sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente sollecita misure volte a garantire la separazione alla fonte, la raccolta e il riciclaggio dei flussi di rifiuti prioritari. In linea con tale obiettivo e quale mezzo per agevolarne o migliorarne il potenziale di recupero, i rifiuti dovrebbero essere raccolti separatamente nella misura in cui ciò sia praticabile da un punto di vista tecnico, ambientale ed economico, prima di essere sottoposti a operazioni di recupero che diano il mi-

glier risultato ambientale complessivo. Gli Stati membri dovrebbero incoraggiare la separazione dei composti pericolosi dai flussi di rifiuti se necessario per conseguire una gestione compatibile con l'ambiente.

La Direttiva stabilisce, all' Art. 4, una *gerarchia dei rifiuti* che si applica quale ordine di priorità della normativa e della politica in materia di prevenzione e gestione dei rifiuti. Tale gerarchia dei rifiuti prevede il seguente ordine di priorità: a) prevenzione; b) preparazione per il riutilizzo; c) riciclaggio; d) recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia; e) smaltimento.

Non sorprende che il recupero di energia (incenerimento) venga posto al quarto posto (penultimo) della gerarchia (e solo come esempio) visto il colore verde dell'inchiostro con il quale vengono in genere scritte le Direttive dell'Unione europea che riguardano problematiche ambientali. Viene precisato, peraltro, che la gerarchia dei rifiuti stabilisce in generale un ordine di priorità che costituisce la miglior opzione ambientale nella normativa e politica dei rifiuti, dalla quale *"può essere necessario (discostarsene) per flussi dei rifiuti specifici quando è giustificato da motivi, tra l'altro, di fattibilità tecnica, praticabilità economica e protezione dell'ambiente"*.

Per quanto concerne la *Prevenzione dei rifiuti*, la Commissione della UE ha evidentemente preso coscienza dell'azzardo con il quale erano state fatte tutte le previsioni precedenti che si sono dimostrate inattendibili e disconosciute dai fatti così come quando, con il V Programma di Azione Ambientale della Comunità (1993), fu fissato l'obiettivo di stabilizzare, entro l'anno 2000, la produzione di rifiuti urbani al livello di 300 kg per abitante per anno (livello del 1985 quale media nella U.E.); oggi si sono superati i 500 per abitante per anno e la stima della OECD ha indicato una previsione di 640 per abitante per anno. nel 2020, anche se si osservano i primi segnali di stabilizzazione. Preso atto della reale situazione, ci si è limitati (Art. 9) a chiedere, entro la fine del 2011, una relazione intermedia sull'evoluzione della produzione dei rifiuti e la formulazione di un piano d'azione per ulteriori misure volte a modificare gli attuali modelli di consumo ed, entro il 2014, la definizione di obiettivi in materia di prevenzione. Potranno essere gli effetti della crisi economica che si sta vivendo nel 2009 che eviteranno di incappare in altre previsioni inattendibili.

Per il *Riutilizzo e riciclaggio* (Art. 11) la Direttiva prevede che la raccolta differenziata venga istituita almeno per carta, metalli, plastica, vetro e che, entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo ed il riciclaggio di questi materiali debba essere aumentata complessivamente almeno al 50% in termini. Alla stessa data la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operazioni di colmatazione che utilizzano i rifiuti in sostituzione di altri materiali, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, sarà aumentata almeno al 70%.

Per quanto riguarda l'attività di incenerimento, che in Europa è attestata da oltre 400 impianti presenti in tutti gli Stati Membri con l'eccezione della Grecia e dell'Irlanda (indagine del CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants, relativa all'anno 2006), essa viene identificata a tutti gli effetti come una pratica di recupero di energia se l'efficienza dell'impianto supera una determinata soglia (formula R1 dell' Allegato II della Direttiva 2008/98/CE).



Risale al 1966 l'istituzione al Politecnico di Milano dei Corsi di aggiornamento post-laurea nel settore dell'ingegneria sanitaria-ambientale tutt'ora regolarmente in corso di svolgimento inseriti nel Programma di istruzione permanente della Facoltà di ingegneria, di cui oltre una decina sul tema dei rifiuti solidi. Il 63mo, quello del gennaio 2008, ha avuto

per titolo *“La gestione integrata dei rifiuti”* sotto la direzione dei professori Michele Giugliano e Mario Grosso, del quale questo volume raccoglie i testi degli argomenti trattati. Ventitre testi che riguardano gli aspetti salienti delle tematiche regolamentate con la recente Direttiva della Unione europea 2008/98/CE in precedenza ampiamente ricordata. Sette contributi sono dedicati alla raccolta differenziata e coprono in particolare i quattro settori merceologici che la Direttiva citata indica (Art. 11) essere quelli prioritari: carta, metalli, plastica e vetro; trattano, specificatamente, del riciclo del vetro, dei materiali cellululosici, del legno, degli imballaggi in acciaio, dell’alluminio, della plastica. Altri contributi presenti nel testo riguardano le linee guida in tema di prevenzione dei rifiuti ed il passaggio da TARSU alla tariffazione.

Circa la metà del testo è inoltre dedicata, con una decina di contributi, al recupero di energia attraverso trattamenti termici, in contrapposizione al silenzio tombale di cui l’incenerimento gode nell’ultima, in ordine di tempo, Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio ma in perfetta convergenza con la realtà operativa del settore che, in una *Gestione integrata dei rifiuti*, pone il recupero di energia al giusto posto quale, di fatto, esso occupa a prescindere dall’ordine di priorità che la gerarchia verde gli ha attribuito. E, giustamente, a tale argomento il testo, che si intitola, appunto, *Gestione integrata dei rifiuti*, dedica una sequenza di argomenti che delineano ed approfondiscono i diversi aspetti che caratterizzano questa fase di recupero.

Così come è stato sviluppato l’argomento, se ne coprono tutti gli aspetti più significativi ed importanti del ruolo dell’incenerimento nei sistemi integrati di gestione dei rifiuti. E giustamente si puntualizza come la nuova generazione degli impianti di incenerimento (per i quali sono entrati nell’uso comune i termini di “termovalorizzatori” o “termoutilizzatori”) sia del tutto diversa dalla precedente riferentesi, quest’ultima, alle emissioni di vecchi impianti attrezzati con le tecnologie correnti negli anni settanta/ottanta del secolo scorso. Così come si esprimono gli Autori (Michele Giugliano e Mario Grosso) di uno dei contributi contenuti nel testo *“Lungi dall’essere una pura risorsa, i rifiuti, finché se ne produrranno, saranno soprattutto un problema che può essere correttamente affrontato con criteri che sulla base della disponibilità di tecnologie e di accurati bilanci ambientali, energetici ed economici, definiscano ciò che è conveniente recuperare e ciò che è più utile smaltire definitivamente, senza alcuna posizione pregiudiziale nel sostenere o escludere a priori strumenti e pratiche di documentata affidabilità”*.

“In contesti in cui i ruoli delle filiere siano ben identificati, e di conseguenza ben dimensionati, non c’è spazio per prevaricazioni di una soluzione sull’altra, sulla spinta di interessi di parte o, peggio ancora, per pratiche ispirate da assunti ideologici. Non è affatto sorprendente quindi rilevare che in molte realtà europee avanzate, ma anche italiane, si associno ad elevate quote di raccolta differenziata, alte percentuali di recupero energetico con trattamenti termici, perché tutti i dispositivi e le pratiche messe in campo per la gestione dei rifiuti possono concorrere, se strutturati ed utilizzati al meglio, alla realizzazione di sistemi integrati flessibili in grado di adattarsi alle realtà delle diverse aree di produzione”.

Potrebbe valere come lettera aperta agli estensori della Direttiva CE di cui abbiamo lungamente parlato, ai quali sarebbe opportuno fare omaggio del volume oggetto di questa *“Presentazione”*.

Eugenio de Fraja Frangipane*

* Prof. ing. Eugenio de Fraja Frangipane, già titolare della cattedra di Ingegneria Sanitaria-ambientale al Politecnico di Milano.