

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, MINERARIA E DELLE
TECNOLOGIE AMBIENTALI*

TESI DI LAUREA

in

Valorizzazione delle Risorse Primarie e Secondarie

**Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D. :
tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico**

CANDIDATO
Davide Dotti

RELATORE:
Chiar.ma Prof. Ing.
Alessandra Bonoli

Anno Accademico 2007/08

Sessione III

Indice:

Introduzione.....	1
Capitolo 1: Situazione rifiuti e normativa di settore.....	3
1.1 La produzione di rifiuti in Europa.....	3
1.2 La produzione di rifiuti in Italia.....	4
1.3 La produzione di rifiuti in Emilia-Romagna.....	7
1.4 Statistiche sulla raccolta differenziata.....	8
1.4.1 Livello Nazionale.....	9
1.4.2 Livello Regionale.....	10
1.4.3 Frazioni merceologiche della R.D.....	11
1.5 Normativa europea.....	14
1.6 Normativa italiana e regionale.....	18
Capitolo 2: Tecnologia T.M.B.....	25
2.1 Trattamento dei rifiuti residui... ..	25
2.1.1 Trattamento a freddo dei rifiuti.....	26
2.1.2 Trattamento termico dei rifiuti.....	27
2.1.3 Conferimento in discarica controllata.....	29
2.2 Descrizione delle fasi del T.M.B.....	30
2.2.1 Fase di pre-trattamento meccanico.....	31
2.2.2 Fase di trattamento biologico.....	34
2.2.3 Fase di post-trattamento meccanico.....	39
2.3 Tipologie impiantistiche (layout impianti).....	44
2.4 Prodotti e scarti in uscita.....	52
2.5 Emissioni e impatto ambientale.....	58
2.5.1 Emissioni in atmosfera.....	59
2.5.2 Emissioni negli scarichi idrici.....	63
Capitolo 3: Case Study - Impianto di trattamento meccanico biologico. Sito di Tremonti, Imola.....	67
3.1 Overview dell'impianto.....	67
3.2 Descrizione del processo.....	68
3.3 Trattamento aria e acque di processo.....	75

3.4 Considerazioni.....	79
Capitolo 4: Capacità di trattamento degli impianti esistenti, evoluzioni tecnologiche e prospettive.....	83
4.1 Sviluppi futuri.....	88
Conclusioni.....	93
Bibliografia.....	97
Siti web consultati.....	99
Ringraziamenti.....	101

Introduzione

Negli ultimi due decenni, il settore dei rifiuti ha subito diversi cambiamenti sotto molti punti di vista: si è avviato e rafforzato l'iter legislativo, si sono moltiplicate e affinate le metodologie di trattamento, inoltre si è presa coscienza di tutti i risvolti positivi e negativi che al settore sono collegati.

La vecchia logica del conferimento in discarica dovrà essere minimizzata e superata, anche se, nella maggior parte dei paesi europei, rappresenta ancora la metodologia di smaltimento principale. Lo sperpero di materiali e di energia collegati al semplice gesto del “disfarsi di un rifiuto” è divenuto inaccettabile per diverse ragioni: la carica inquinante contenuta in esso, la limitatezza delle materie prime e delle sostanze contenute, tutto fuorché un ciclo chiuso.

Ecco che a farsi strada sono state parole come riuso e riciclo, per molte tipologie di rifiuti, alle quali si aggiungono i concetti di recupero di materia ed energia.

Il cammino di fine vita dei prodotti dovrà tramutarsi progressivamente in un ciclo, il tutto nell'ottica di minimizzare gli sprechi.

Tutte le categorie di rifiuti, urbani, speciali, imballaggi, etc. dovranno essere coinvolte in una gestione integrata, atta a minimizzare gli impatti sulle diverse matrici ambientali e a valorizzarne i successivi percorsi vitali.

Lo sviluppo crescente della raccolta differenziata e la spinta data nel senso della riduzione dei rifiuti alla fonte, spingono ad una sempre più corretta gestione del problema; ecco che il tema principale di questo lavoro di tesi è focalizzare l'attenzione su quella frazione di rifiuti residuale (R.U.R.) dalla raccolta differenziata, e al suo processamento tramite trattamento meccanico biologico (T.M.B.).

Con T.M.B. non si intende un unico concetto, anzi, si includono famiglie di processi che possono essere combinati in svariati modi e, proprio per questo, portare a conclusioni differenti, sia in termini di “output” che di impatti.

In ingresso agli impianti, viene conferito un mix di rifiuti urbani indifferenziati, essi vengono processati attraverso procedimenti meccanici atti a frantumare e a separare una quota di rifiuti, unitamente ai trattamenti di stabilizzazione e

trasformazione biologica, che portano ad avere in uscita una frazione residuale minore, stabile ed idonea a diversi utilizzi.

Importante è stato il ruolo svolto dall'Europa, sia in termini di indirizzo che di legislazione; si è innescato così un circolo virtuoso in questo come in altri campi, anche se, spesso a fare notizia, sono i casi di mala-gestione dei problemi connessi ai rifiuti, l'ultimo in ordine di tempo è stato l'emergenza rifiuti in Campania, capace di provocare gravi danni alla popolazione, all'economia e all'immagine di un intero paese.

Il contesto della corretta gestione dei rifiuti, in questo caso di quelli residuali dalla raccolta differenziata, pone anche diversi problemi di accettabilità sociale, le ormai famose patologie di dissenso "NIMBY" e "BANANA", creano grosse difficoltà al decisore delle politiche di smaltimento; discariche e termovalorizzatori sono accompagnati spesso da violente proteste e da scontri interminabili tra politici e "capipopolo".

I Trattamenti Meccanici Biologici, ottimizzano e riducono il ricorso alle sopracitate metodologie di smaltimento, portando innegabili benefici sotto numerosi aspetti: ambiente, economia e rispetto delle normative esistenti.

In questo elaborato si riserva un capitolo alla descrizione e all'analisi di un impianto esistente, situato nel territorio regionale; inoltre è prevista in appendice un'indagine sulla capacità di trattamento degli impianti già esistenti o in fase di realizzazione e i possibili sviluppi per questa categoria di trattamenti, proprio sul fronte della corretta gestione dei rifiuti.

Capitolo 1

Situazione rifiuti e normativa di settore

Per contestualizzare ed inquadrare rigorosamente il settore in oggetto a questa trattazione, è necessario descrivere nel dettaglio la produzione di rifiuti e l'evoluzione legislativa nei tre livelli principali di governo del territorio: Europa – Italia – Regione Emilia Romagna .

1.1 La produzione di rifiuti in Europa

Questa prima serie di indicatori fa riferimento al contesto europeo, in particolare fa affidamento ai dati raccolti ed elaborati da Eurostat¹.

In prima battuta, è opportuno considerare l'indicatore dei rifiuti urbani generati, espressi, per ogni stato membro, in kg per persona annui.

I rifiuti considerati, sono la somma di quelli prodotti in ambito domestico e di quelli definiti assimilabili, derivanti da attività commerciali come uffici ed enti pubblici.

Tabella 1: Serie storica ('99 - '06) della produzione di Rifiuti urbani procapite annui.

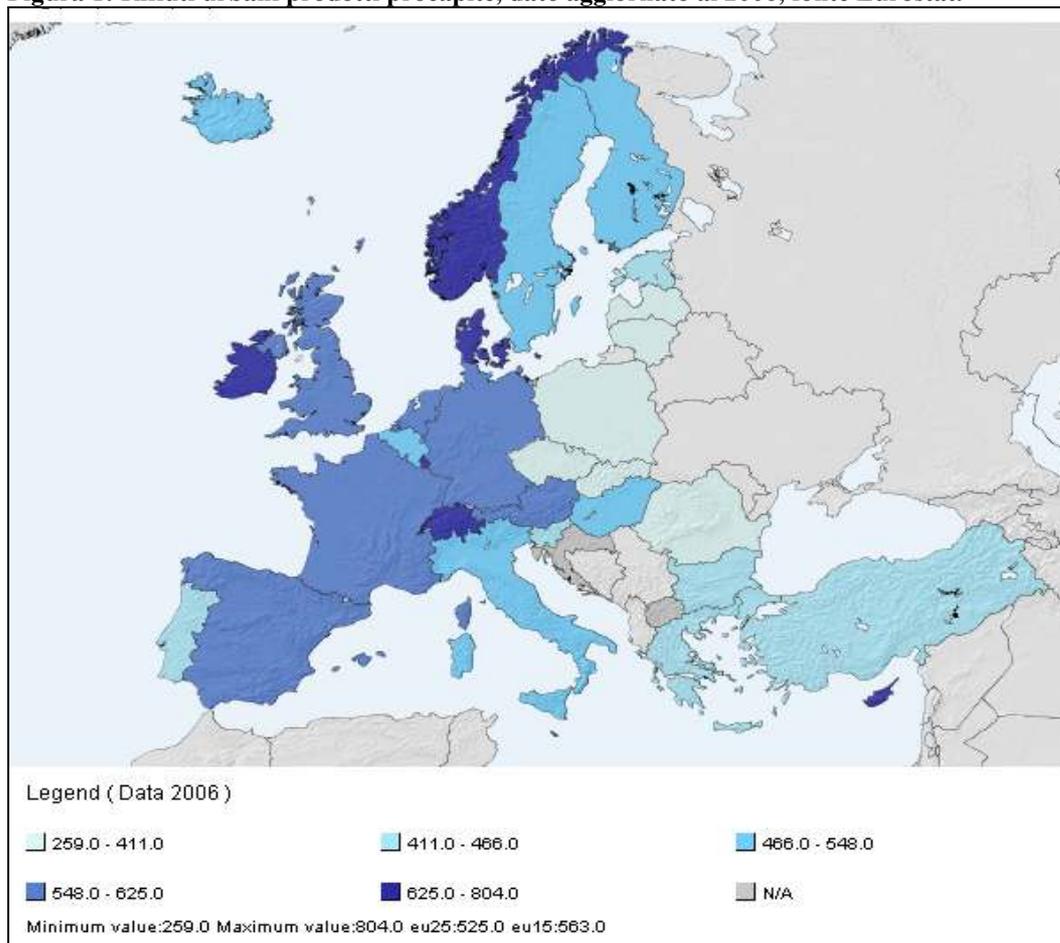
Area / Tempo	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>EU (27 Paesi)</i>	511	524	522	527	519	516	512	517
<i>EU (25 Paesi)</i>	521	531	531	534	527	525	519	525
<i>EU (15 Paesi)</i>	555	569	572	576	568	567	560	563
<i>Euro area (15 Paesi)</i>	555	569	570	573	564	560	554	557
<i>Euro area (13 Paesi)</i>	555	569	570	572	564	560	554	556
<i>Italy</i>	498	509	516	524	524	538	542	548
<i>Spain</i>	615	662	658	645	655	608	597	583
<i>France</i>	509	516	528	532	535	543	542	553
<i>Germany</i>	638	643	633	640	601	587	564	566

I dati della serie storica mettono in evidenza un trend positivo in uscita dagli anni novanta, per poi passare ad una diminuzione dei rifiuti pro-capite dal 2002 in poi, riscontrato sia nelle medie EU, che nei paesi simili come dimensioni e prosperità all'Italia.

¹ Ufficio Statistico della Comunità Europea

In controtendenza è proprio il nostro paese, che produce una quantità di rifiuti urbani procapite in costante aumento, il trend può essere dovuto anche al fatto che molti A.T.O.² hanno fornito, in questi anni, criteri³ di omologazione per rifiuti assimilabili agli urbani, facendone aumentare il dato totale fino ai 548 kg/ab*anno aggiornati al 2006. La mappa seguente ci può aiutare a considerare anche l'ordine di grandezza del dato negli altri paesi dell'area europea.

Figura 1: Rifiuti urbani prodotti procapite, dato aggiornato al 2006, fonte Eurostat.



1.2 La produzione di rifiuti in Italia

La produzione nazionale di rifiuti urbani si attesta, nell'anno 2006, a 32,5 milioni di tonnellate con un incremento, rispetto al 2005, superiore al 2,7% (quasi 860.000 tonnellate).

² Ambiti territoriali ottimali (ATO), introdotti dalla legge 5 gennaio 1994 n. 36 .

³ Per i suddetti criteri si rimanda al paragrafo 1.6 .

L'aumento medio annuale nel periodo 2004-2006 (+2,7%) risulta particolarmente marcato, se raffrontato a quello riscontrato nel precedente triennio 2001-2003 (+1,2%, Tabella 2).

Tabella 2: Produzione totale di rifiuti urbani per Regione, anni 2002-2006. Fonte O.N.R.⁴

Regione	2002	2003	2004	2005	2006
	(t)				
Piemonte	2.133.155	2.131.638	2.229.526	2.228.730	2.277.691
Valle d'Aosta	70.667	77.713	72.632	73.646	74.795
Lombardia	4.579.831	4.630.974	4.791.128	4.762.095	4.943.512
Trentino Alto Adige	478.894	461.067	477.588	477.883	492.253
Veneto	2.177.344	2.136.221	2.185.200	2.273.079	2.379.467
Friuli Venezia Giulia	603.432	588.624	590.302	603.087	596.777
Liguria	954.302	936.722	953.157	967.640	978.416
Emilia Romagna	2.634.690	2.612.970	2.728.640	2.788.635	2.858.942
Nord	13.632.315	13.575.928	14.028.172	14.174.795	14.601.853
Toscana	2.353.705	2.391.784	2.492.156	2.523.261	2.562.374
Umbria	467.969	471.975	477.133	556.528	577.332
Marche	794.386	793.009	824.157	875.571	868.375
Lazio	2.978.285	2.929.093	3.147.348	3.274.984	3.355.897
Centro	6.594.344	6.585.860	6.940.794	7.230.344	7.363.978
Abruzzo	611.550	631.694	678.017	694.088	699.600
Molise	117.097	119.810	122.979	133.365	129.497
Campania	2.659.996	2.681.884	2.784.999	2.806.113	2.880.386
Puglia	1.806.588	1.917.938	1.990.453	1.977.734	2.080.699
Basilicata	228.676	239.410	237.261	228.496	236.926
Calabria	859.193	889.083	944.409	935.620	950.778
Sicilia	2.520.782	2.540.416	2.544.316	2.607.788	2.717.967
Sardegna	833.188	851.697	878.183	875.206	860.966
Sud	9.637.069	9.871.932	10.180.618	10.258.409	10.556.819
Italia	29.863.728	30.033.721	31.149.584	31.663.548	32.522.650

Tra il 2000 ed il 2006 la produzione nazionale è cresciuta, in valore assoluto, di oltre 3,5 milioni di tonnellate, corrispondenti ad un incremento percentuale del 12,3% circa.

Nell'ultimo anno l'aumento più consistente, a differenza di quanto riscontrato nelle precedenti rilevazioni, si osserva per il Nord Italia la cui produzione cresce del 3% circa, a fronte di incrementi, per il Centro ed il Sud, rispettivamente pari all'1,8% ed al 2,9% circa.

In valore assoluto, la produzione cresce tra il 2005 ed il 2006 di oltre 427 mila tonnellate al Nord, quasi 134 mila tonnellate al Centro e 298 mila tonnellate circa al Sud, attestandosi, rispettivamente a 14,6, 7,4 e 10,6 milioni di tonnellate.

⁴ Osservatorio nazionale sui rifiuti, organo del Ministero dell'Ambiente.

Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

Nel precedente biennio 2004-2005 l'aumento maggiore si era, invece, rilevato per le regioni centrali (+4,2% circa) ed era risultato decisamente più contenuto per quelle settentrionali e meridionali (+1% e +0,8% circa, rispettivamente).

Per quanto riguarda i dati relativi al pro-capite in tabella 3, la cui analisi è necessaria al fine di svincolare il dato di produzione dal livello di popolazione residente, i maggiori valori, nel 2006, si riscontrano, invece, per il Centro con circa 638 kg per abitante per anno, ed i più bassi per il Sud, che tuttavia, con circa 509 kg per abitante per anno, oltrepassa per la prima volta la soglia dei 500 kg di produzione pro capite annuale. Il Nord, dal canto suo, con circa 544 kg per abitante per anno si attesta a valori prossimi alla media nazionale, pari a circa 550 kg per abitante per anno.

Tabella 3: Produzione procapite di Rifiuti urbani per regione, anni 2002 - 2006.

Regione	Popolazione 2006	2002	2003	2004	2005	2006
		(kg/ab.*anno)				
Piemonte	4.352.828	504	504	515	513	523
Valle d'Aosta	124.812	584	643	591	594	599
Lombardia	9.545.441	503	508	510	503	518
Trentino Alto Adige	994.703	504	485	490	485	495
Veneto	4.773.554	476	467	465	480	498
Friuli Venezia Giulia	1.212.602	506	494	490	498	492
Liguria	1.607.878	607	596	599	601	609
Emilia Romagna	4.223.264	654	648	657	666	677
Nord	26.835.082	529	527	530	531	544
Toscana	3.638.211	669	680	693	697	704
Umbria	872.967	561	566	555	641	661
Marche	1.536.098	535	534	543	573	565
Lazio	5.493.308	579	569	597	617	611
Centro	11.540.584	601	600	617	639	638
Abruzzo	1.309.797	480	496	522	532	534
Molise	320.074	365	373	382	415	405
Campania	5.790.187	465	468	481	485	497
Puglia	4.069.869	449	477	489	486	511
Basilicata	591.338	383	401	398	385	401
Calabria	1.998.052	428	443	470	467	476
Sicilia	5.016.861	507	511	508	520	542
Sardegna	1.659.443	509	520	532	529	519
Sud	20.755.621	469	480	491	494	509
Italia	59.131.287	521	524	533	539	550

L'andamento dei dati pro capite, a differenza di quanto rilevato per i valori di produzione assoluta, evidenzia, tra il 2005 ed il 2006, una maggiore crescita percentuale per le regioni del Sud (+3%) rispetto a quelle del nord Italia (+2,4%). Al Centro si osserva, invece, una sostanziale stabilità (-0,2%). A livello nazionale, la crescita della produzione pro capite si attesta al 2% circa.

1.3 La produzione dei rifiuti in Emilia Romagna

La produzione dei rifiuti urbani (R.U.) è calcolata convenzionalmente come sommatoria del quantitativo di rifiuti indifferenziati conferiti agli impianti di smaltimento/recupero e dei rifiuti raccolti in maniera differenziata. I dati sono forniti dai Comuni, che presentano ogni anno (entro il 30 aprile) alle Province un rendiconto sulle modalità di gestione dei rifiuti urbani prodotti e sui risultati conseguiti tramite il servizio di raccolta differenziata (Legge Regionale 27/94), secondo le indicazioni contenute nella D.G.R. 1620/01.

Gli Osservatori Provinciali Rifiuti provvedono alla sistematizzazione dei dati ed alla loro trasmissione alla Sezione regionale del Catasto Rifiuti presso l'Arpa Ingegneria Ambientale per la successiva verifica.

La produzione totale di rifiuti urbani nel 2007 è stata di circa 2.930.000 tonnellate (con un aumento di +1,3% rispetto al 2006). Come evidenziato dal grafico di Figura 2, il trend dal 2000 al 2007 si è mantenuto in costante crescita con un valore medio annuo di +1,8%. Da notare anche i dati pro-capite per le singole provincie (Figura 3).

Figura 2: Trend della produzione dei Rifiuti urbani in regione(migliaia di tonn. /anno), 2000 - 2007.

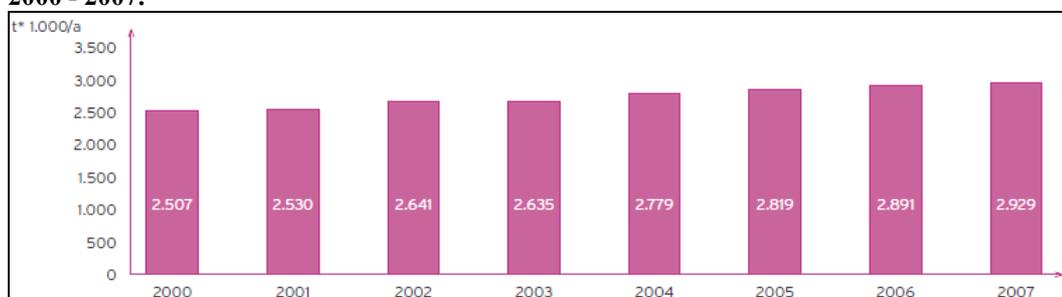


Figura 3: Produzione pro-capite Rifiuti urbani (tonn/anno), anno 2007.

Provincia	Produzione RU (t)	Abitanti	Pro-capite (kg/ab*anno)
Placenza	186.945	281.613	664
Parma	263.360	425.690	619
Reggio Emilia	389.322	510.124	763
Modena	433.479	677.672	640
Bologna	566.925	964.257	588
Ferrara	248.058	355.809	697
Ravenna	292.729	397.925	736
Forlì-Cesena	288.970	393.650	734
Rimini	259.392	328.068	791
Totale Emilia-Romagna	2.929.179	4.334.808	676

Tali elevati valori di produzione, sono in gran parte dovuti ai diversi criteri di assimilazione assunti a livello territoriale locale che determinano l'intercettazione, attraverso i sistemi di raccolta (indifferenziata e differenziata) di numerose

tipologie di rifiuti prodotti da attività commerciali e artigianali, che in tal modo rientrano nel circuito di gestione dei rifiuti urbani.

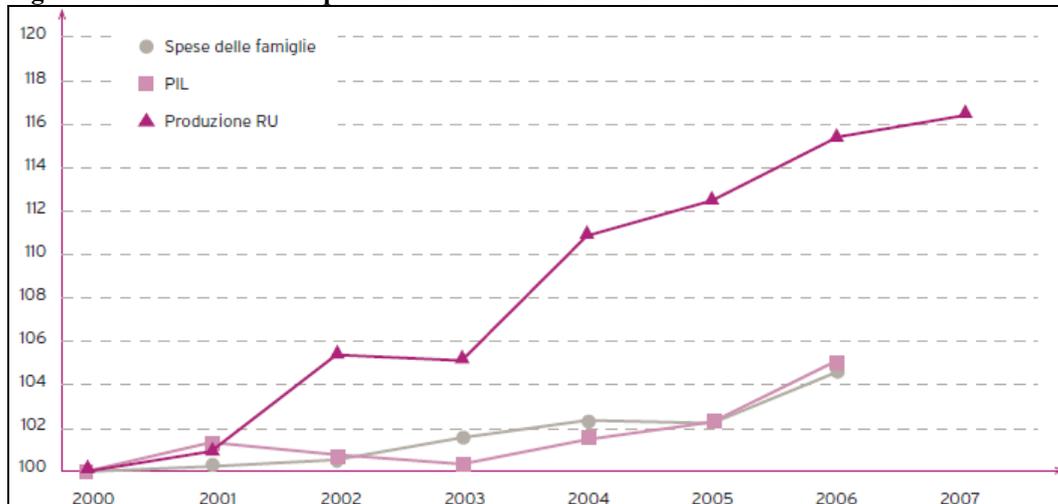
I criteri di assimilazione dei rifiuti speciali ai rifiuti urbani definiscono le condizioni per cui, alcuni rifiuti generati dalle attività produttive e di servizio, possono essere equiparati ai rifiuti prodotti dalle utenze domestiche, e quindi rientrare all'interno della classificazione dei rifiuti urbani. I cosiddetti "rifiuti assimilati", intercettati nel circuito della raccolta urbana, sono non pericolosi prodotti da attività artigianali e commerciali conferiti ai servizi pubblici di raccolta insieme ai rifiuti domestici.

Alcuni studi, effettuati a scala locale, indicano che i rifiuti speciali assimilati ai rifiuti urbani possono arrivare a costituire fino al 30-50 % della produzione totale.

Per contestualizzare maggiormente il dato sulla produzione dei rifiuti, si possono considerare gli andamenti di alcuni indicatori socio-economici quali il prodotto interno lordo (PIL) e le spese per famiglia.

Per standardizzarne il confronto, si è fatto 100 il dato riferito al 2000 (figura 4).

Figura 4: Andamento della produzione dei Rifiuti urbani ed indicatori socio economici.



1.4 Statistiche sulla raccolta differenziata

Questo paragrafo serve per illustrare la situazione della raccolta differenziata in Italia, e quindi a quantificare, di riflesso, il quantitativo rimanente di Rifiuti Residui (R.U.R.) o indifferenziati, coinvolti nei trattamenti meccanici biologici.

1.4.1 Livello nazionale

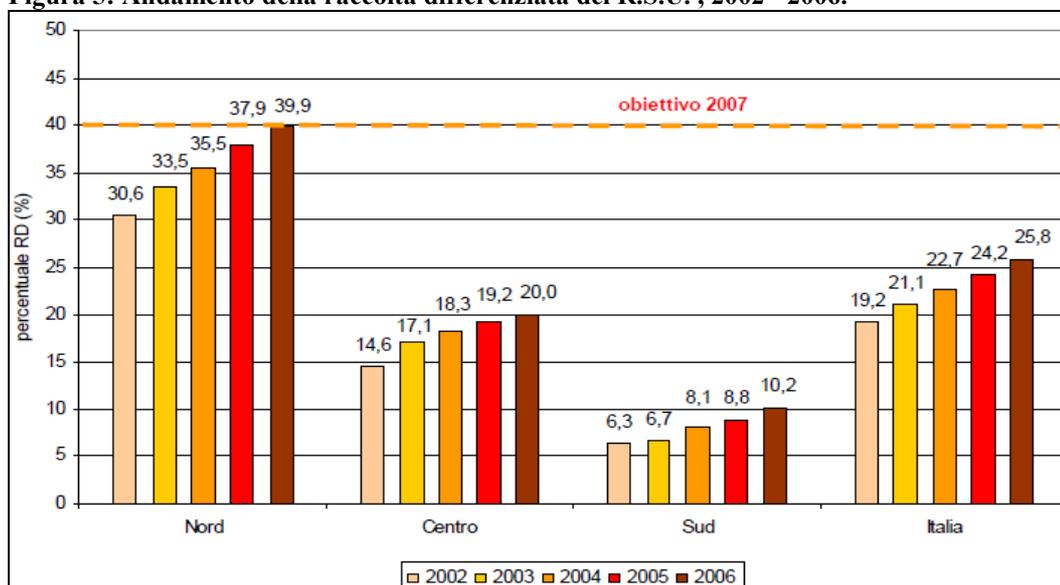
A far da contraltare rispetto al dato in aumento della produzione di rifiuti, vi è la positiva risposta relativa alla raccolta differenziata che, nel 2006, raggiunge, a livello nazionale, una percentuale pari al 25,8% della produzione totale dei rifiuti urbani (Tabella 4 e Figura 5).

Tabella 4: Raccolta differenziata dei rifiuti urbani, 2002 – 2006.

	2002		2003		2004		2005		2006	
	1000*t	%								
Nord	4.172	30,6	4.544	33,5	4.974	35,5	5.378	37,9	5.825	39,9
Centro	963	14,6	1.129	17,1	1.270	18,3	1.388	19,2	1.474	20,0
Sud	604	6,3	666	6,7	823	8,1	906	8,8	1.078	10,2
Italia	5.739	19,2	6.339	21,1	7.067	22,7	7.672	24,2	8.377	25,8

Tale valore, sebbene evidenzi un'ulteriore crescita rispetto al dato rilevato nel 2005 (24,2%) risulta, tuttavia, ancora sensibilmente inferiore al target del 40% introdotto dalla legge 27 dicembre 2006, n. 296, da conseguirsi entro il 31 dicembre del 2007.

Figura 5: Andamento della raccolta differenziata dei R.S.U. , 2002 - 2006.



La situazione appare, tuttavia, decisamente diversificata passando da una macroarea geografica all'altra: infatti, mentre il Nord, con un tasso di raccolta pari al 39,9%, raggiunge in pratica, con un anno di anticipo, l'obiettivo del 2007, il Centro ed il Sud, con percentuali rispettivamente pari al 20,0% ed al 10,2%,

risultano ancora decisamente lontani da tale obiettivo, fino a far sembrare la raccolta differenziata un'eccezione alla regola.

In valore assoluto, la raccolta differenziata a livello nazionale cresce, tra il 2005 ed il 2006, di poco più di 700 mila tonnellate grazie, soprattutto, al contributo delle regioni settentrionali (+447 mila tonnellate, +8,3%) dove il sistema di raccolta risulta già particolarmente sviluppato da diversi anni. Un incremento minore, in valore assoluto, si osserva per il Sud (+172 mila tonnellate); tale aumento corrisponde, però, ad una crescita particolarmente rilevante in termini percentuali (+19% circa), in considerazione dei bassi livelli di raccolta finora registrati in questa macroarea geografica. Nelle regioni del centro Italia, l'incremento della raccolta differenziata si attesta, invece, a circa 86 mila tonnellate, corrispondente ad un aumento percentuale del 6,2%.

1.4.2 Livello Regionale:

I maggiori livelli di raccolta differenziata a livello regionale si rilevano, nell'anno 2006, per Trentino Alto Adige, Veneto, Lombardia e Piemonte (Tabella 5).

Tabella 5: Percentuali di R.D. dei rifiuti urbani per regione, 2002-2006.

Regione	% RD 2002	% RD 2003	% RD 2004	% RD 2005	% RD 2006	variazione quota percentuale RD 2005-2006
Piemonte	24,6	28	32,8	37,2	40,8	3,6
Valle d'Aosta	20,7	23,5	25,6	28,4	31,3	2,9
Lombardia	36,4	39,9	40,9	42,5	43,6	1,1
Trentino Alto Adige	27,7	33,4	37,8	44,2	49,1	5,0
Veneto	39,1	42,1	43,9	47,7	48,7	1,0
Friuli Venezia Giulia	24,1	26,8	25,8	30,4	33,3	2,9
Liguria	14,3	14,7	16,6	15,7	16,7	1,0
Emilia Romagna	26,5	28,1	29,7	31,4	33,4	2,0
Nord	30,6	33,5	35,5	37,9	39,9	2,0
Toscana	25,9	28,8	30,9	30,7	30,9	0,1
Umbria	15,6	18	20,2	21,5	24,5	3,1
Marche	14,9	14,9	16,2	17,6	19,5	1,9
Lazio	5,5	8,1	8,6	10,4	11,1	0,8
Centro	14,6	17,1	18,3	19,2	20,0	0,8
Abruzzo	10,8	11,3	14,1	15,6	16,9	1,3
Molise	3,5	3,7	3,6	5,2	5,0	-0,2
Campania	7,3	8,1	10,6	10,6	11,3	0,7
Puglia	7,6	7,2	7,3	8,2	8,8	0,6
Basilicata	5	6	5,7	6,5	7,8	1,3
Calabria	7	8,7	9	8,6	8,0	-0,6
Sicilia	4,3	4,4	5,4	5,7	6,6	0,9
Sardegna	2,8	3,8	5,3	9,9	19,8	9,9
Sud	6,3	6,7	8,1	8,8	10,2	1,4
Italia	19,2	21,1	22,7	24,2	25,8	1,5

Il Trentino Alto Adige, in particolare, con una crescita della quota percentuale di circa 5 punti tra il 2005 ed il 2006, si configura, con il 49,1%, come la regione con il più alto tasso di raccolta differenziata e si colloca, con tre anni di anticipo, ad un valore prossimo all'obiettivo del 50%, fissato dalla legge 296/2006 per il 31 dicembre 2009.

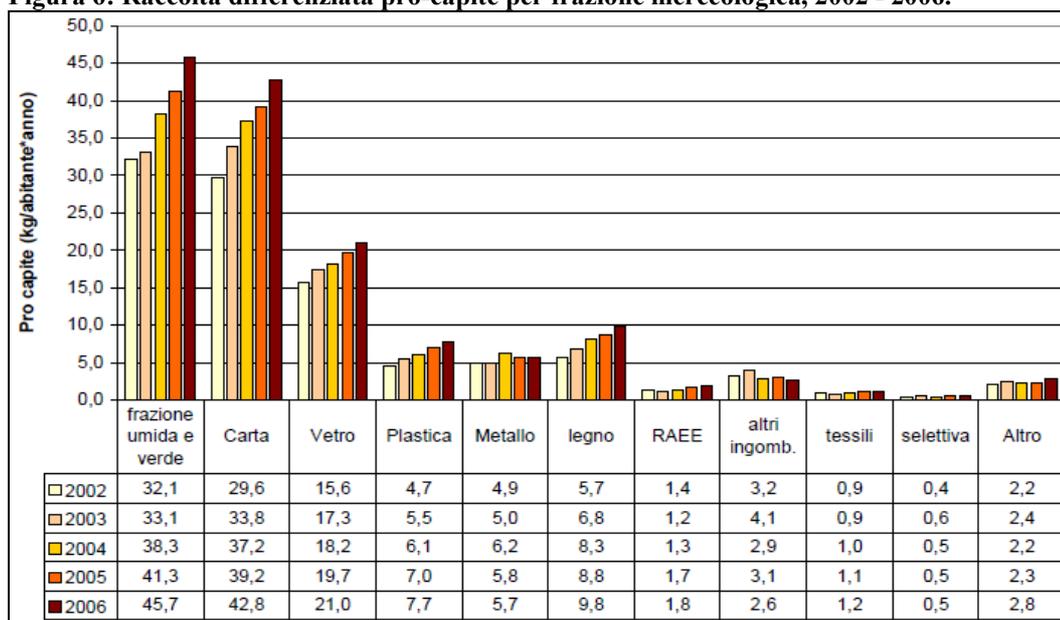
Anche il Veneto, con un tasso pari al 48,7%, risulta vicino al target del 50%, mentre al di sopra del 40%, obiettivo fissato dalla normativa per il 2007, si collocano la Lombardia (43,6%) ed il Piemonte (40,8%).

In generale, tutte le regioni del nord Italia, fatta eccezione per la Liguria (16,7%) si attestano al di sopra del 30%. Oltre tale soglia si colloca anche la Toscana, con un tasso di raccolta differenziata pari al 30,9% circa, mentre al 24,5% ed al 19,5% si attestano, rispettivamente, le percentuali di raccolta differenziata di Umbria e Marche. Decisamente inferiori le percentuali raggiunte dalle regioni meridionali, che presentano un "gap" difficilmente colmabile in pochi anni.

1.4.3 Frazioni merceologiche della R.D.

Se si analizzano le diverse frazioni merceologiche (figura 6) coinvolte nella R.D. , e il loro trend di crescita riferito ai dati procapite, si nota un ottimo balzo in avanti per carta e frazione biologica.

Figura 6: Raccolta differenziata pro-capite per frazione merceologica, 2002 - 2006.



L'incremento, a livello nazionale, della raccolta differenziata della frazione organica (umido + verde), passa dai 2,4 milioni di tonnellate del 2005 ai 2,7 milioni di tonnellate del 2006 (+11,4%). La raccolta di questa frazione è diffusa soprattutto nelle regioni del Nord dove risulta più sviluppato il sistema impiantistico di recupero mediante compostaggio di qualità (oltre 3 milioni di tonnellate di potenzialità di trattamento).

Nel settentrione viene, infatti, intercettato, nell'anno 2006, circa il 76% del totale della frazione organica raccolta a livello nazionale, con un valore pro capite di poco inferiore a 77 kg per abitante per anno, a fronte dei circa 32 kg per abitante per anno del Centro e dei circa 14 kg per abitante per anno di frazione organica del Sud.

In valore assoluto la raccolta della frazione umida e del verde si attesta, nel 2006, a poco meno di 2,1 milioni di tonnellate al Nord, a circa 365 mila tonnellate al Centro e a 283 mila tonnellate al Sud.

Anche nel 2006, la carta si conferma come la seconda frazione maggiormente raccolta, con circa 2,5 milioni di tonnellate intercettate in maniera separata ed una crescita percentuale, rispetto al 2005, di poco inferiore al 10%.

Tabella 6: Raccolta differenziata dei rifiuti biodegradabili, anni 2002-2006.

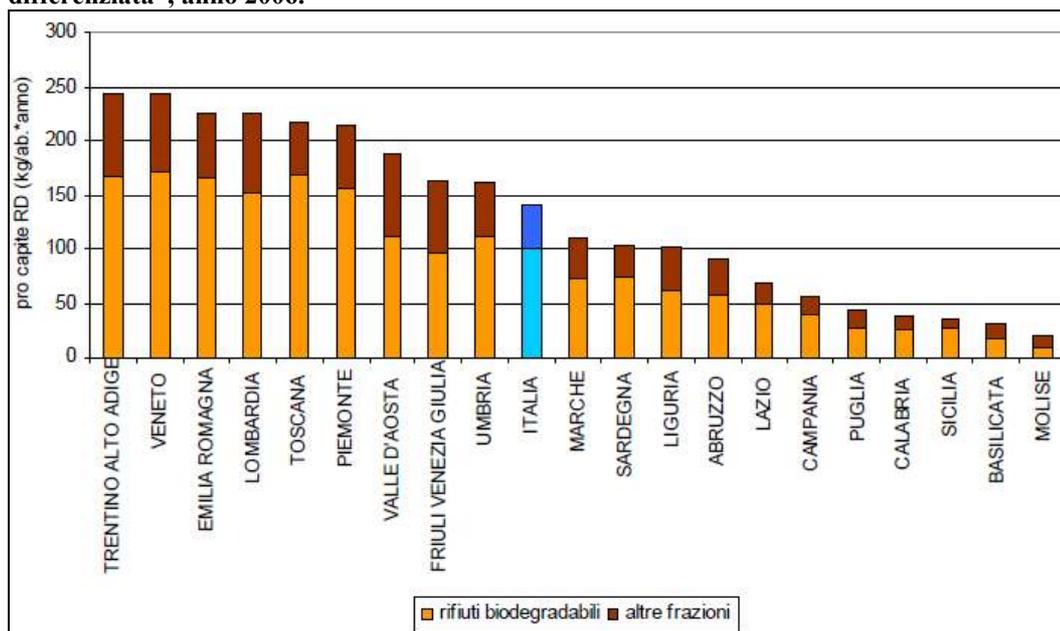
Anno	Frazione organica (umido + verde)	Carta e cartone	Imballaggi in legno	Ingombranti in legno*	Tessili	Totale rifiuti biodegradabili	RD	Percentuale rifiuti biodegradabili sul totale RD
								(%)
	(1.000*t)							
2002	1.831,5	1.689,0	208,6	113,9	54,0	3.897,0	5.739,0	67,9
2003	1.895,1	1.935,8	284,9	105,9	50,0	4.271,7	6.339,0	67,4
2004	2.216,0	2.153,8	280,7	197,1	56,5	4.904,1	7.066,8	69,4
2005	2.426,8	2.305,3	343,5	173,9	63,3	5.312,8	7.672,0	69,2
2006	2.702,5	2.529,5	376,2	204,7	70,4	5.883,3	8.377,5	70,2

I rifiuti biodegradabili, relativamente ai quali il D.Lgs. 36/2003⁵ ha introdotto specifici obiettivi di riduzione dello smaltimento in discarica, sono dati dall'insieme di frazione umida, verde, carta, tessili e legno, e costituiscono senz'altro la componente più significativa dei rifiuti complessivamente prodotti nel circuito urbano. Essi incidono, pertanto, in maniera rilevante sull'intero sistema di gestione.

⁵ Vedi paragrafi 1.5 e 1.6 per l'esame approfondito del decreto in questione.

Il quantitativo di rifiuti biodegradabili raccolti in modo differenziato, nel 2006, è pari a circa 5,9 milioni di tonnellate, con una crescita percentuale, rispetto al 2005, di poco inferiore all'11% (Tabella 6). In termini di pro-capite, la raccolta di questa tipologia di rifiuti si attesta a circa 100 kg per abitante per anno (270 grammi per abitante al giorno, Figura 7).

Figura 7: Pro-capite regionale della frazione biodegradabile, sul totale di raccolta differenziata , anno 2006.



Si stima che la quota residua di biodegradabili ancora contenuta nel rifiuto urbano indifferenziato, sia quantificabile, nel 2006, in circa 14,5 milioni di tonnellate, ossia approssimativamente in 245 kg per abitante. La percentuale di rifiuto biodegradabile raccolta in modo differenziato, sul quantitativo totale di questa tipologia di rifiuto presente nel rifiuto urbano, può essere, pertanto, stimata in poco meno del 30%. In linea con diversi programmi regionali di riduzione dello smaltimento in discarica dei rifiuti biodegradabili, prevalentemente orientati a privilegiare l'intercettazione della frazione biodegradabile attraverso la raccolta differenziata si osserva, tra il 2002 ed il 2006, un aumento percentuale della raccolta complessiva di umido, verde, carta, cartone, legno e tessili di poco inferiore al 51%. Tra le regioni prevalentemente orientate ad incentivare la raccolta differenziata della frazione biodegradabile si citano, in particolare, il

Veneto, la Lombardia, la Toscana, il Piemonte, il Trentino Alto Adige e l'Emilia Romagna che nel loro complesso hanno raccolto, nel 2006, più di 4,4 milioni di tonnellate di rifiuti biodegradabili, pari a circa il 75% del totale di tale tipologia di rifiuti intercettata a livello nazionale. Gli alti valori di raccolta differenziata raggiunti dalle suddette regioni sono fortemente influenzati, come emerge dalla Figura 7, dagli alti tassi di raccolta della frazione biodegradabile.

1.5 Normativa europea

Questo paragrafo mira ad elencare ed esplicitare sommariamente i principali “driver legislativi” Europei, in materia di rifiuti e dei relativi trattamenti. Il Trattamento Meccanico Biologico, essendo un mix di tecnologie applicato al trattamento della frazione residua alla R.D. risente di numerosi provvedimenti, anche se è da sottolineare la carenza di una direttiva comunitaria “bio-waste”, che si occupi di definire aspetti tecnici e normativi sull'intera categoria dei bio-rifiuti. Nell'attesa della sua pubblicazione (prevista per il 2009), è uscito il Green Paper (libro verde) sul bio-rifiuto, che ne dovrebbe contenere le linee guida, anche se sono state sollevate diverse incompletezze.

▪ DIRETTIVA 1999/31/CE RELATIVA ALLE DISCARICHE DI RIFIUTI

La direttiva 1999/31/CE⁶ disciplina la messa in discarica dei rifiuti al fine di evitare o ridurre il più possibile gli effetti negativi di tale operazione sull'ambiente e sulla salute umana, tenendo conto anche dell'ambiente a livello mondiale. A tale scopo, la direttiva contiene disposizioni sui metodi di trattamento dei rifiuti accettabili o meno nelle discariche e stabilisce condizioni per l'autorizzazione, la fase operativa, la chiusura e la fase post-operativa delle discariche.

La direttiva, inoltre, sta fungendo da vero e proprio traino per la corretta gestione dei rifiuti, imponendo altresì la riduzione progressiva dei quantitativi di R.U.B.⁷

⁶ Pubblicata nella G.U. n. L 182 del 16.7.1999.

⁷ Rifiuti Urbani Biodegradabili.

collocati in discarica, ed è proprio in questo punto che acquista importanza fondamentale il T.M.B.

Preso come riferimento l'anno 1995, ogni stato membro deve ridurre i suddetti rifiuti secondo i seguenti step:

- 25 % entro il 2006
- 50 % entro il 2009
- 65 % entro il 2016

Volendo perseguire tale scopo, gli Stati membri hanno indicato in apposite relazioni le rispettive strategie.

Una prima analisi sui dati pervenuti nel 2003 riscontra che l'Austria, la Danimarca, le Fiandre, i Paesi Bassi e la Svezia hanno già conseguito l'obiettivo del 2016 (- 65%), la Francia e la Germania hanno già conseguito l'obiettivo del 2009 (- 50 %) mentre Finlandia e l'Italia avevano già raggiunto l'obiettivo del 2006.

Riguardo ai criteri di accettazione dei rifiuti, gli stati membri devono fare riferimento alla **Decisione del Consiglio del 19 dicembre 2002⁸** che stabilisce criteri e procedure per l'ammissione dei rifiuti nelle discariche ai sensi dell'articolo 16 e dell'allegato II della direttiva 1999/31/CE.

Il dibattito sulla nuova legislazione sui rifiuti ha nel 2002 l'anno chiave, con la decisione n.1600/2002/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 luglio 2002 relativa al Sesto Programma d'Azione a Favore dell'Ambiente che richiama la necessità di sviluppare e rivedere la legislazione europea sui rifiuti, con particolare riferimento alla necessità di chiarire la distinzione tra rifiuto e non-rifiuto, e tra le altre cose sviluppare misure riguardanti la prevenzione e il ciclo dei rifiuti prevedendo obiettivi specifici.

▪ **DECISIONE 2000/532/CE⁹**

Ha modificato l'elenco dei codici europei dei rifiuti, assegnando un codice autonomo (19 12 10) al combustibile da rifiuti C.D.R., distinguendolo integralmente dai rifiuti urbani che a sua volta hanno uno specifico codice.

⁸ Pubblicazione G.U.C.E. del 16.1.2003

⁹ Gazzetta Ufficiale C.E. n. L 226 del 6 settembre 2000

▪ **DIRETTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO¹⁰ RELATIVA AI RIFIUTI**

Il 17 giugno 2008 il Parlamento Europeo ha approvato una posizione comune, dopo un profondo dibattito con la Commissione Europea e il Consiglio, sulla nuova direttiva quadro per la gestione integrata dei rifiuti.

L'11 novembre il Consiglio ha approvato in via definitiva la direttiva, gli Stati Membri hanno due anni per recepirla, si tratta di 43 articoli per rinnovare una direttiva quadro sui rifiuti vecchia di 33 anni.

La posizione del Parlamento Europeo, concentra l'attenzione sugli impatti ambientali derivanti dalla produzione e dalla gestione dei rifiuti, tenendo conto del ciclo di vita dei prodotti/rifiuti e della disponibilità limitata delle risorse naturali.

Nell' *articolo 4* viene definita la seguente gerarchia, da applicare quale ordine di priorità della normativa e della politica in materia di prevenzione e gestione dei rifiuti:

1. prevenzione;
2. preparazione per il riutilizzo;
3. riciclaggio;
4. recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
5. smaltimento.

La nuova Direttiva Quadro, pone alla base dell'attuale politica di gestione dei rifiuti la prevenzione e la riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti, da perseguire anche attraverso incentivi al riutilizzo, al riciclaggio, al recupero e con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali negativi legati all'utilizzo delle risorse naturali. Viene prevista, tra l'altro, la predisposizione, da parte degli Stati membri, di programmi con specifici «obiettivi di prevenzione» e con la descrizione delle misure adottate per la loro attuazione. Lo scopo di tali obiettivi e misure è «dissociare la crescita economica dagli impatti ambientali connessi alla produzione dei rifiuti». Vengono inoltre affrontate in maniera articolata ed approfondita le varie definizioni del settore (*articolo 3*) e in particolare quella di

¹⁰ Pubblicazione G.U.C.E. del 22.11.2008

rifiuto e di sottoprodotto e viene introdotto il concetto di “ciclo di vita dei rifiuti”.

Nell’*articolo 22*, si considera la frazione biodegradabile dei rifiuti.

I biorifiuti sono l’unico flusso che non ha goduto di una vera politica attuativa a livello europeo, solo alcune regioni (Nord Italia, Catalogna) hanno implementato vere e proprie strategie sulla gestione dei rifiuti biodegradabili, con particolare riferimento agli scarti da cucina e dei giardini, dalla raccolta differenziata al compostaggio di qualità. Gli Stati membri adottano, se del caso e a norma degli articoli 4 e 13, misure volte a incoraggiare:

- a) la raccolta separata dei rifiuti organici ai fini del compostaggio e dello smaltimento dei rifiuti organici ;
- b) il trattamento dei rifiuti organici in modo da realizzare un livello elevato di protezione ambientale;
- c) l'utilizzo di materiali sicuri per l'ambiente ottenuti dai rifiuti organici.

La strategia complessiva della gestione dei rifiuti in Europa, si direziona così verso un maggiore recupero di materiali ed energia, riservando alla discarica l’ultimo posto nella specifica gerarchia.

Inoltre, si pongono obiettivi specifici nella riduzione del quantitativo di rifiuti biodegradabili in arrivo alle discariche.

In Austria e Germania, ad esempio, si impone che i rifiuti in arrivo alla discarica siano derivanti da pretrattamento meccanico biologico oppure da processi termici.

A tale proposito, si riportano alcuni limiti tedeschi:

Tabella 5: Rassegna di valori obiettivo per il conferimento in discarica dei rifiuti trattati con T.M.B. in Germania.

Parametro	Valore target
Attività Respiratoria ¹¹ (4 gg)	≤ 5 mg O ₂ /g massa secca
Potenziale di bio-metanazione ¹² (21 gg)	≤ 20 N ml/g massa secca
TOC ¹³ eluato	≤ 250 mg/l
TOC solido	≤ 18 % sul rifiuto secco
Potere calorifico	≤ 6600 kJ/kg di massa secca

¹¹AT₄: Riferita ai batteri, è un metodo indiretto per misurare la frazione biodegradabile ancora presente nel campione di rifiuto.

¹²GF 21 : gas formation potential.

¹³ Total Organic Compound.

1.6 Normativa italiana e regionale

- **DECRETO LEGISLATIVO 13 gennaio 2003, n. 36 “ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 1999/31/CE RELATIVA ALLE DISCARICHE DEI RIFIUTI”**

Fra le novità del decreto legislativo c'è il superamento delle “vecchie” classificazioni della Deliberazione del Comitato Interministeriale 27 luglio 1984, e la ri-definizione delle seguenti tre categorie:

1. discariche per rifiuti inerti.
2. discariche per rifiuti non pericolosi.
3. discariche per rifiuti pericolosi.

Il Decreto legislativo, si pone l'obiettivo di rispondere tecnicamente (in termini di adempimenti, procedure, requisiti progettuali e prestazionali, tecniche di controllo, ecc.) alla lunga serie dei “considerando” che costituiscono la premessa alla direttiva 1999/31/CE da cui esso stesso discende.

Tra questi emergono, quali concetti fondamentali ed inerenti al T.M.B. :

- La messa in discarica di rifiuti deve essere considerata l'opzione ultima nella gerarchia di gestione dei rifiuti (prevista la riduzione progressiva di collocamento in discarica di rifiuti organici biodegradabili, a favore di un progressivo aumento della raccolta differenziata);
- Devono essere favoriti i processi di pretrattamento per ridurre al minimo la tossicità dei rifiuti e garantire un interrimento compatibile con l'obiettivo di un alto livello di protezione dell'ambiente (i rifiuti potranno essere collocati in discarica solo dopo il trattamento e 14 tipologie di rifiuto non saranno più ammesse in discarica). Oltre agli aspetti sopra elencati, dal 1 gennaio 2007 sarebbe¹⁴ dovuto entrare in vigore anche il divieto¹⁵ che vieta il conferimento in discarica dei rifiuti con p.c.i.¹⁶>13.000 kJ/kg.

¹⁴ Prorogato al 31 dicembre 2009 dal D.L. 208/2008

¹⁵ Vedi art. 6, comma 1, lett p) del Decreto.

¹⁶ Potere calorifico inferiore.

L'esclusione di questa tipologia di rifiuti, seppur giustificata dalla necessità di potenziare il recupero energetico degli stessi rifiuti, non trova riscontro nella direttiva europea (99/31/CE) di pari oggetto.

Pur condividendo la finalità di tale divieto, non può venir meno la constatazione della mancanza, ad oggi, di strutture impiantistiche adeguate a gestire il convogliamento di tutti questi rifiuti al recupero energetico, considerando inoltre l'attuale indirizzo politico che punta a limitare l'incentivazione delle fonti rinnovabili (C.V.) alla sola quota biodegradabile dei rifiuti.

Questo decreto fissa obiettivi concreti di riduzione all'avvio in discarica dei R.U.B.¹⁷ con una progressione temporale ben precisa:

- meno di 173 kg R.U.B./ anno per abitante, entro il 2008;
- meno di 115 kg R.U.B./ anno per abitante, entro il 2011;
- meno di 81 kg R.U.B./ anno per abitante, entro il 2018;

Inoltre, il gruppo tecnico di lavoro al presente decreto, ha stabilito quali rifiuti rientrano nella definizione di R.U.B. : alimenti, rifiuti da giardino, carte e cartone, pannolini e assorbenti. In questo modo, è possibile ricavare il rifiuto urbano conferito in discarica, con una semplice operazione:

$$\mathbf{R.U.B.}_{dis} = \mathbf{R.U.B.}_{tot} - \mathbf{R.U.B.}_{diff} - \mathbf{R.U.B.}_{comb} - \mathbf{R.U.B.}_{tmb}$$

Se si vuole evincere una considerazione di carattere strategico, al T.M.B. si riconosce la possibilità di conseguire lo status di “non biodegradabilità” del rifiuto pretrattato, purchè il processo sia efficace. Tale previsione, è simile a quanto previsto nella regolamentazione tedesca con il concetto di Gleichwertigkeit (equivalenza) del T.M.B. all'incenerimento, posto che si raggiungano valori dell'indice I.R.D. accettabili.

¹⁷ Rifiuti Urbani Biodegradabili

- **DECRETO LEGISLATIVO 18 febbraio 2005, n. 59 “ATTUAZIONE INTEGRALE DELLA DIRETTIVA 96/61/CE RELATIVA ALL’IPPC¹⁸”**

Con questo decreto, che ha per oggetto la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento proveniente dalle attività in allegato I¹⁹; vengono previste misure intese ad evitare oppure, qualora non sia possibile, ridurre le emissioni ed impatti verso l’ambiente nel suo complesso. Inoltre si disciplinano le pratiche da seguire atte ad ottenere l’A.I.A.²⁰ per le attività menzionate sempre in allegato I .

- **D.M. AMBIENTE 29 gennaio 2007, “EMANAZIONE DELLE L.G. - M.T.D.²¹ PER LE ATTIVITA’ IN ALLEGATO I DEL D.lgs 59/05”**

Con questo provvedimento vengono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte al punto 5 dell'allegato I citato precedentemente. In particolare: 5.3. Impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi quali definiti nell'allegato II A della direttiva 75/442/CEE ai punti D 8, D 9 con capacità superiore a 50 tonnellate al giorno. In allegato a questo decreto ministeriale si trovano le linee guida, due in particolare rientrano nell’interesse della seguente trattazione:

- Impianti di selezione e produzione di C.D.R.;
- Impianti di trattamento meccanico biologico .

- **NORMA UNI 9903 – 1:2004, “COMBUSTIBILE DERIVATO DA RIFIUTI”**

Questa norma, elaborata dal C.T.I.²², si occupa di tracciare le caratteristiche chimico-fisiche del C.D.R.; in particolare, prevede due classi di qualità del combustibile a seconda del rispetto o meno di determinati valori soglia di umidità, P.C.I. , ceneri e contenuto di sostanze potenzialmente dannose:

¹⁸ Integrated Pollution Prevention and Control

¹⁹ Allegato I, punto 5 : Gestione dei rifiuti .

²⁰ Autorizzazione Integrata Ambientale.

²¹ Linee guida relative alle migliori tecnologie disponibili acronimo derivato dall’Inglese.

²² Comitato Termotecnico Italiano.

- Qualità normale;
- Qualità elevata.

▪ **LEGGE n. 179/2002 (c.d. “COLLEGATO AMBIENTALE”)**

Con questo provvedimento il C.D.R. è diventato rifiuto speciale a tutti gli effetti, questo ne ha comportato la definitiva uscita dal contesto della pianificazione regionale, consentendone l'utilizzo anche al di fuori del territorio regionale di produzione.

▪ **DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n. 152/2006 “TESTO UNICO AMBIENTALE”**

A livello nazionale la normativa ambientale europea è stata recepita, pur con una serie di differenze, dalla parte IV del D. Lgs. 152/2006, norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati. Nel 2008, con il D.Lgs. 4 (Correttivo Ambientale), è stata operata una notevole revisione del D.Lgs. 152/06 che si è resa necessaria per adeguare le disposizioni della norma nazionale al diritto comunitario, anche in relazione alle diverse procedure di infrazione aperte nei confronti dell'Italia. Infatti, con l'ultimo correttivo, si è ripristinata la priorità (già prevista nel decreto 22/97) del recupero di materia rispetto al recupero di energia, grazie alla riformulazione del secondo comma dell'art. 179, in base al quale:

“ le misure dirette al recupero dei rifiuti mediante riutilizzo, riciclo o ogni altra azione diretta ad ottenere da essi materia prima secondaria sono adottate con priorità rispetto all'uso dei rifiuti come fonte di energia”.

▪ **LEGGE 296/2006 (FINANZIARIA 2007)**

Le legge in questione fissa gli obiettivi per la raccolta differenziata a livello nazionale, l'inerenza con i T.M.B. consiste nella capacità di sottrarre flussi sempre più consistenti di rifiuti dagli stessi impianti, a favore di un recupero ed un riciclo preventivo.

I target prefissi sono:

- a) almeno il 40 % entro il 31 dicembre 2007;
- b) almeno il 50 % per cento entro il 31 dicembre 2009;
- c) almeno il 60 % per cento entro il 31 dicembre 2011.

Per quegli (A.T.O.) all'interno dei quali non siano conseguiti gli obiettivi sopra riportati, le regioni, previa diffida, provvedono tramite un commissario ad acta a garantire il governo della gestione dei rifiuti al fine di realizzare rilevanti risparmi di spesa ed una più efficace utilizzazione delle risorse.

Riguardo ai **criteri di assimilazione**, fondamentali per l'interpretazione della statistiche e la pianificazione della gestione dei rifiuti, la competenza dello Stato nella definizione dei criteri quali-quantitativi in oggetto non è stata di fatto esercitata, per cui si fa tuttora riferimento alla D.C.I. del 27/07/04.

Essendo affidata ai singoli Comuni la facoltà di stabilire i diversi criteri di assimilazione, si è registrata una situazione diversificata nei diversi contesti territoriali, che rende talvolta difficoltoso e relativamente significativo il confronto dei dati di produzione totale e pro-capite di rifiuti urbani.

Relativamente ai criteri di assimilazione, la situazione nelle province emiliano-romagnole è la seguente: la maggioranza delle Agenzie d'Ambito Territoriale Ottimale della regione, come l'ATO 1 (Piacenza), l'ATO 6 (Ferrara), l'ATO 7 (Ravenna) e l'ATO 8 (Forlì-Cesena) ha adottato criteri di assimilazione unici per tutti i comuni, definiti mediante Regolamenti specifici. Analoga situazione è attualmente in corso nell'ATO 4 (Modena)²³. L'ATO 5 (Bologna) ha invece mantenuto una differenziazione dei criteri di assimilazione tra i diversi sub-ambiti. Infine altri ATO (ATO 2-Parma, ATO 3-Reggio Emilia e ATO 9-Rimini) non sono intervenuti formalmente sui criteri di assimilazione all'interno dei Regolamenti d'ambito: nella provincia di Reggio Emilia e Rimini si è rilevata

²³ L'entrata in vigore del Titolo II Assimilazione di rifiuti speciali non pericolosi ai rifiuti urbani del "Regolamento per la disciplina del servizio di gestione dei rifiuti urbani e assimilati" approvato dall'Agenzia d'Ambito Territoriale Ottimale, è stata prorogata al 30/6/2009.

comunque una sostanziale omogeneità tra criteri adottati da comuni serviti dallo stesso gestore e anche tra comuni serviti da gestori diversi.

- **DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE n. 1996 del 29 dicembre 2006, “REGOLAMENTAZIONE DELL’UTILIZZO DEL BIO-STABILIZZATO OTTENUTO DALLA STABILIZZAZIONE AEROBICA DELLE MATRICI ORGANICHE DEI RIFIUTI”**

Questo provvedimento definisce le condizioni per l'utilizzazione, come materiale di ingegneria, del “bio-stabilizzato” rifiuto speciale non pericoloso (CER 19.05.03), ottenuto mediante bio-stabilizzazione aerobica della frazione prevalentemente umida dei rifiuti urbani indifferenziati separata meccanicamente, nonché della frazione umida dei rifiuti provenienti da raccolta separata.

Entrato in vigore l'1 marzo del 2007, caratterizza attraverso i suoi allegati i metodi, le caratteristiche merceologiche e gli utilizzi pratici del prodotto.

In particolare, le condizioni minime che deve rispettare il processo di produzione sono:

- la temperatura dei rifiuti nella fase accelerata deve essere mantenuta per almeno tre giorni oltre i 55 °C;
- la durata della stabilizzazione (costituita da bio-ossidazione e maturazione), intendendo come tale il periodo intercorso fra l'ingresso delle matrici organiche nel processo e l'uscita della biomassa stabilizzata al termine della fase di stabilizzazione, deve essere pari ad almeno 21 giorni. Non deve pertanto essere conteggiato, al fine del rispetto del predetto periodo di 21 giorni, il periodo di tempo in cui le matrici, prese in carico nell'impianto, vengono depositate in attesa di essere avviate a processo. Presso l'impianto di bio-stabilizzazione, deve essere tenuta idonea registrazione, dei tempi di avvio delle matrici a processo e delle relative quantità, per la verifica della durata del suddetto periodo di stabilizzazione;
- l'impianto di bio-stabilizzazione deve essere dotato di una sezione di vagliatura finale a 50 mm.

Capitolo 2

Tecnologia T.M.B.

In questo capitolo, si vuole approfondire il Trattamento Meccanico Biologico dal punto di vista tecnologico, elencandone ed esplicandone gli “step” e le varianti impiantistiche.

Dato il contesto ingegneristico- ambientale della trattazione, ci si soffermerà sui layout d’impianto dei diversi schemi produttivi e sugli impatti prodotti sulle matrici ambientali interessate, in modo da poter mettere a confronto il T.M.B. con le altre tecniche di trattamento dei rifiuti residui.

2.1 Trattamento dei rifiuti residui

Considerando quella parte di rifiuti definita residuale, ci si occupa di una frazione mista, naturalmente più difficile da trattare di quella raccolta in modo differenziato. Possono essere seguiti tre diversi tragitti:

- **Trattamenti a freddo:** ovvero separazione, parziale recupero di materiali, bio-stabilizzazione e conferimento in discarica;
- **Trattamenti a caldo:** ovvero incenerimento tal quale o a valle di separazione e produzione di C.D.R. e conferimento in discarica delle scorie residue;
- **Conferimento diretto in discarica.**

Spesso poi, i tre percorsi individuati si intrecciano, a seconda della metodologia utilizzata e della frazione di materiale coinvolto, in particolare i trattamenti a caldo e a freddo, in qualche misura, finiscono sempre con il recapitare gli scarti o alcuni prodotti, proprio in discarica.

2.1.1 Trattamento a freddo dei rifiuti

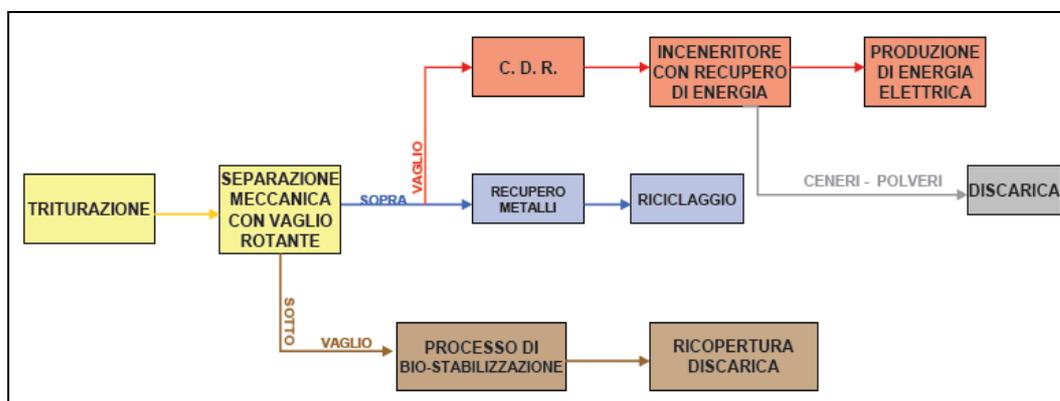
Scopo dei processi di trattamento a freddo dei rifiuti indifferenziati o residui è di recuperare un'ulteriore parte di materiali riciclabili, ridurre il volume del materiale in vista dello smaltimento finale e di stabilizzare i rifiuti in modo tale che venga minimizzata la formazione dei gas di decomposizione ed il percolato. Da questi processi, fra cui il compostaggio aerobico ed anaerobico, si recuperano in genere sia materiali riciclabili, sia il biogas.

Il principale tipo di trattamento a freddo è proprio il protagonista della trattazione: il Trattamento Meccanico Biologico (T.M.B.). Esso, separa la frazione organica ed i materiali riciclabili: permette quindi una ulteriore riduzione dell'uso delle discariche e degli inceneritori, il tutto con emissioni inquinanti nettamente inferiori rispetto a tali impianti. Si possono identificare due tipologie di trattamento meccanico biologico dei R.U.R.:

- Trattamento a differenziazione di flussi;
- Trattamento a flusso unico.

Inoltre, il T.M.B. può essere utilizzato anche per produrre C.D.R.²⁴, ed è questa l'applicazione principale che ufficialmente ne viene fatta in Italia, soprattutto nelle regioni del sud Italia.

Figura 8: T.M.B. finalizzato a produrre C.D.R.



²⁴ Combustibile Derivato dai Rifiuti, traduzione dell'acronimo inglese RDF (Refuse Derived Fuel).

In questo caso dovrebbe²⁵ essere rimosso solamente l'umido ed i materiali non combustibili (vetro, metalli) mentre carta e plastica sarebbero confezionati in "ecoballe" da incenerire: in questo modo il trattamento a freddo si può intrecciare con quello termico.

2.1.2 Trattamento termico dei rifiuti

Fra i processi di trattamento a caldo dei rifiuti, si distinguono tre processi di base:

1. Combustione (o Incenerimento)
2. Pirolisi
3. Gassificazione

Tutte queste tecnologie producono residui, a volte speciali, che richiedono smaltimento, generalmente in discarica. Sia in Italia che in Europa, gli impianti di trattamento termico di gran lunga più diffusi per i rifiuti urbani sono gli inceneritori.

Figura 9: Termovalorizzatore di Modena.



Per incenerimento si intende una tecnologia consolidata che permette di ottenere energia elettrica e termica sfruttando i rifiuti indifferenziati o il C.D.R.

²⁵ Il condizionale è d'obbligo in quanto vi sono inchieste giudiziarie in corso sui siti di stoccaggio delle "eco-balle" Campane.

Questi, vengono bruciati in forni inceneritori e l'energia termica dei fumi viene usata per produrre vapore acqueo che, tramite l'accoppiata turbina-alternatore, genera energia elettrica. La quantità di energia elettrica, recuperata e venduta a prezzi maggiorati²⁶, è piuttosto bassa (19-25%), mentre quella termica è molto maggiore. Tale energia, è tuttavia minima a confronto con l'energia che si può risparmiare mediante il riciclaggio, che resta sempre l'opzione da preferire e incentivare rispetto a tutte le altre. Il termovalorizzatore inoltre, attira a se numerose critiche dalle associazioni ambientaliste e da alcuni studiosi, in merito alle emissioni di nano-polveri, considerate pericolosissime per gli esseri viventi.

La pirolisi e la gassificazione invece, sono dei trattamenti termici dei rifiuti che implicano la trasformazione della materia organica tramite riscaldamento a temperature variabili (a seconda del processo da 400 a 1200 °C), rispettivamente in condizioni di assenza di ossigeno o in presenza di una limitata quantità di questo elemento. Gli impianti che sfruttano tali tecnologie in pratica, piuttosto che fondarsi sulla combustione, attuano la dissociazione molecolare ottenendo in tal modo molecole in forma gassosa (*Syngas*) assieme a scorie solide o liquide. In confronto agli odierni inceneritori i rendimenti energetici possono essere maggiori se il *Syngas* ottenuto viene bruciato in impianti ad alto rendimento e/o ciclo combinato (dopo opportuni trattamenti per eliminare eventuali vari residui, fra cui polveri, catrami e metalli pesanti a seconda del rifiuto trattato), mentre l'impatto delle emissioni gassose risulta sensibilmente ridotto. In particolare il rendimento in produzione elettrica può arrivare, a detta di alcuni produttori, a oltre il doppio del più moderno inceneritore. Nonostante la tipologia di rifiuti trattabili sia (per alcuni tipi di impianto) la stessa degli inceneritori, sono pochi gli impianti di questo genere che trattano rifiuti urbani tal quali: molto spesso infatti riguardano frazioni merceologiche ben definite quali plastiche, pneumatici, scarti di cartiera, scarti legnosi o agricoli oppure biomasse in genere. Ciò nonostante, vi è chi ritiene che gli impianti di pirolisi e di gassificazione siano destinati a sostituire in futuro gli attuali inceneritori anche per i rifiuti urbani, diffondendosi ulteriormente

²⁶ Grazie agli incentivi CIP 6 (circolare n° 6/1992 del Comitato Interministeriale Prezzi), chi gestisce l'inceneritore – per otto anni dalla sua costruzione – può vendere al G.S.E. la propria produzione elettrica a un costo circa triplo rispetto a quanto può fare chi produce elettricità usando metano, petrolio o carbone.

e divenendo i principali trattamenti termici di riferimento. C'è grande attesa per l'entrata in funzione²⁷ dell'impianto situato in adiacenza alla discarica di Malagrotta. Va anche osservato che in genere gli impianti di pirolisi e/o gassificazione sono più piccoli degli inceneritori, cioè ciascun impianto tratta un minor quantitativo di rifiuti. Questo comporta alcuni vantaggi: anzitutto si evita il trasporto dei rifiuti per lunghe tratte, responsabilizzando ciascuna comunità locale in merito ai propri rifiuti (smaltiti in loco e non "scaricati" a qualcun altro). In secondo luogo la flessibilità e le minor taglie degli impianti permette facilmente di aumentare la raccolta differenziata e ridurre il quantitativo di rifiuti totali, politiche difficilmente attuabili con inceneritori da centinaia di migliaia di tonnellate annue che necessitano di alimentazione continua. Infine anche i costi di realizzazione ed i tempi di ammortamento dovrebbero essere inferiori.

2.1.3 Conferimento in discarica controllata

La discarica è un metodo che prevede lo stoccaggio definitivo dei rifiuti per strati sovrapposti, allo scopo di facilitare la fermentazione della materia organica. I processi di decomposizione delle sostanze organiche che avvengono ad opera dei batteri anaerobici presenti nelle discariche portano alla produzione di percolato e biogas, la cui diffusione nell'ambiente circostante rappresenta una causa di inquinamento del suolo, delle acque (superficiali e sotterranee) e dell'aria. Quindi, i criteri di costruzione di una discarica controllata devono garantire tenuta rispetto al flusso degli inquinanti verso l'ambiente esterno (ad esempio tramite la realizzazione di barriere di impermeabilizzazione, di sistemi di drenaggio del percolato e di pozzi di captazione del biogas). Molto intuitivamente si può affermare che gli effetti negativi di tale soluzione si possono attenuare rimuovendo la frazione organica mediante raccolta differenziata o pre-trattando i rifiuti con il T.M.B. a freddo esposto in precedenza, riducendo fra l'altro anche i volumi da smaltire. La discarica può essere così usata per smaltire tutti i residui del sistema integrato di gestione dei rifiuti con un impatto ambientale minimo.

²⁷ Impianto che ha scatenato diverse polemiche ed è momentaneamente sotto sequestro.

Oggi tuttavia, vengono spesso avviati in discarica rifiuti indifferenziati o comunque contenenti materiali utili (vetro, carta, plastica ecc.) senza alcun pretrattamento; questa è apparentemente una soluzione di smaltimento diretta, ma insostenibile sotto ogni punto di vista, oltre che contraria alla normativa vigente.

2.2 Descrizione delle fasi del T.M.B.

Una caratteristica dei trattamenti meccanico-biologici applicati ai rifiuti residui è senza dubbio la flessibilità unita alla varianza impiantistica, vi sono infatti numerosi layout di impianto realizzabili, a seconda sia del tipo di macchinari o reattori che si utilizzano, che dell'ordine con il quale si susseguono.

Il mix degli step costituenti il processo consente alternativamente di perseguire i seguenti obiettivi:

- Massimizzare il recupero di risorse;
- Produrre compost di bassa qualità (C.L.O.²⁸) o ammendante per i suoli;
- Produrre materiale bio-stabilizzato per il riempimento delle discariche;
- Produrre biogas per generazione di calore o energia da utilizzare in loco o da immettere sul mercato;
- Produrre C.D.R. ed eventualmente di buona qualità²⁹.

Le attrattive legate ai diversi obiettivi, dipendono fortemente dal contesto in cui l'impianto si troverà ad operare, in primis: dai driver legislativi a cui deve sottostare, dal tipo di rifiuti in arrivo e dalla quotazione o dal costo di smaltimento che i prodotti generati dal trattamento in uscita possono avere. Pur nelle varietà impiantistiche esistenti ed in fase di sperimentazione, gli impianti T.M.B. sono costituiti da tre fasi:

- **Fase di pre-trattamento meccanico (selezione);**
- **Fase principale di trattamento biologico;**
- **Fase di post-trattamento meccanico.**

²⁸ Compost Like Output, utilizzabile solo in alcuni paesi.

²⁹ Anche denominato S.R.F.

I moderni impianti, sono progettati per operare in un sistema basato su un vasto ricorso alla R.D., anche della frazione verde e organica. Oggetto del trattamento, infatti, è la sola frazione residua del rifiuto (R.U.R.), la cui composizione varierà specialmente in funzione della tipologia di R.D. svolta. In particolare, le percentuali di umido nel rifiuto residuo possono variare dal 30 - 40% in peso (dove la raccolta della F.O.R.S.U. non è operata), fino al 10-15 % (nelle realtà più virtuose con raccolta intensiva porta a porta dell'umido).

2.2.1 Fase di pre-trattamento meccanico

Il rifiuto in arrivo, si presenta come una massa eterogenea costituita da materiali con proprietà fisiche e chimiche differenti che, a causa della loro commistione in fase di raccolta e trasporto, subiscono un reciproco “imbrattamento”.

Per quel che attiene alla definizione delle principali fasi che caratterizzano un sistema impiantistico di pre-trattamento dei rifiuti si pongono in evidenza:

Area di ricezione e apertura sacchi: Il flusso di rifiuti in ingresso, conferito attraverso gli automezzi di raccolta stradale, viene pesato elettronicamente e scaricato. Lo scarico può avvenire in fosse di accumulo chiuse e mantenute in depressione da cui vengono estratti tramite benna a polipo azionata idraulicamente e montata su carroponete, oppure su platee di ricezione da cui vengono alimentati all'impianto con benna o pala meccanica. Le prime consentono di minimizzare gli spazi richiesti, ma hanno molti inconvenienti (metodo “*Last In First Out*”). Questo fatto crea qualche problema nelle successive fasi di separazione in quanto il contatto tra sostanza secca e sostanza organica provoca un'umidificazione eccessiva della frazione secca e conseguente “incollamento” la cui separazione può diventare difficoltosa.

Le platee di ricezione invece, presentano vantaggi quali la possibilità di lavorare successivamente sempre rifiuti freschi e quindi con migliori rese di separazione (metodo “*First In First Out*”) oltre alla possibilità a fine turno di lavoro di sottoporre a pulizia la platea con conseguenti vantaggi di tipo igienico.

Per le successive operazioni di selezione e vagliatura è necessaria preliminarmente l'apertura dei sacchetti attraverso dispositivi **lacera-sacchi**, che svolgono anche una funzione di rottura di materiali come le scatole di cartone. Tra questi troviamo:

- Macchine a cilindri controrotanti dentati;
- Macchine a coltelli rotanti o fissi o a contrappesi;
- Macchine a piastre e catene;
- Nastri dilaceratori;
- Sistemi a filo rotante.

Riduzione dimensionale: operata mediante i trituratori, si propone di ridurre la pezzatura dei materiali posti in ingresso a questa, contenendola entro specifici range di tolleranza predefiniti, al fine di agevolare le successive operazioni di trattamento. La riduzione dimensionale è un'attività che viene svolta esclusivamente per via meccanica con l'ausilio di apparecchiature specifiche dette "trituratori", che agiscono sul materiale impiegando appositi utensili e comportando azioni di macinazione e taglio dei componenti del rifiuto medesimo. Dette apparecchiature si differenziano prevalentemente per via del diverso tipo di utensile di cui sono dotate, per il diverso numero degli stessi e per via della rispettiva velocità di movimento.

Di fatto, i più comuni trituratori possono essere dotati di differenti tipologie di utensili: martelli, cesoie o coltelli.

Separazione delle componenti: secondo differenti caratteristiche.

A seguito della riduzione dimensionale, i materiali presenti nel rifiuto vengono tra loro separati sfruttando le diverse proprietà fisiche da essi possedute, quali:

- dimensioni;
- densità;
- resistenza aerodinamica;
- inerzia;

- magnetismo;
- conduttività elettrica;
- proprietà ottiche.

Sottoponendo il rifiuto a successive selezioni tra loro in cascata, si tende ad isolare i suoi componenti al fine di ottenerne singoli flussi con accettabili gradi di purezza.

Omogeneizzazione: questo processo, necessario, varia nel caso si preveda un trattamento di compostaggio rispetto ad un trattamento di digestione anaerobica.

Nel primo caso, è funzionale a facilitare l'azione dei microorganismi responsabili della bio-stabilizzazione; la miscelazione può avvenire con l'impiego di pale meccaniche o su nastri convogliatori. L'impiego di tamburi miscelatori, con tempi di residenza di alcune ore, migliora la preparazione del materiale per la fase di compostaggio.

In un miscelatore possono essere aggiunti anche fanghi per accelerare la degradazione biologica del rifiuto, in genere tra il 10-35% della massa totale a seconda dell'umidità dei fanghi e del rifiuto solido. Un'alternativa è rappresentata dall'utilizzo di cilindri bio-stabilizzatori, denominati anche "cilindri DANO". Si tratta di apparecchiature costituite da un cilindro rotante orizzontale (velocità di rotazione di circa 5 r.p.m.) con l'asse inclinato nel senso di avanzamento dei rifiuti e munito internamente di setti che agiscono come lacera sacchi. La massa dei rifiuti introdotta permane nel cilindro per tempi variabili (da alcune ore a 3 giorni) durante i quali avviene una pre-fermentazione, che interessa la frazione organica dei rifiuti.

L'omogeneizzazione preliminare alla digestione anaerobica, invece, è possibile solo con l'aggiunta di acqua alla frazione organica del rifiuto. Nei processi di fermentazione "a secco" il contenuto solido deve mantenersi attorno al 30-40% e l'omogeneizzazione può richiedere la miscelazione con acque o fanghi di depurazione.

Nei processi "a umido" il contenuto solido è circa il 10-15%. Tutti i materiali degradabili sono sospesi in una soluzione acquosa.

Particolare attenzione va posta alla presenza ai materiali non degradabili (legno, plastiche, pietre, metalli e vetro), che possono recare grossi problemi alla successiva fase di digestione anaerobica; perciò si punta a farli ricadere sul fondo o a farli flottare per separati dalla sospensione.

2.2.2 Fase di trattamento biologico

La fase biologica, ha lo scopo di stabilizzare la frazione organica rimanente da impiegare in usi non agricoli³⁰, quale materiale tecnico per coperture giornaliere di discarica e/o come materiale per recupero paesaggistico di aree degradate e di ripristino ambientale in genere (es. recupero di ex cave). In ogni caso, lo scopo è quello di rendere inerte qualsiasi materiale organico attivo e stabilizzarne così il residuo il quale, una volta messo in discarica, avrà un impatto ridotto del 90% in termini di produzione di metano, CO₂, formazione di percolato, odori e incendi.

In sostanza i processi di trattamento biologico si dividono in due categorie principali, quelli aerobici e quelli anaerobici

Processi aerobici:

Nelle esperienze esistenti il metodo più frequentemente impiegato è quello della **Bio-stabilizzazione o Compostaggio**³¹. Attraverso il compostaggio il contenuto biologicamente degradabile viene convertito in CO₂, acqua e sostanze umiche. La produzione di gas e di eluato dal materiale stabilizzato, comparato a quello del rifiuto non trattato, è ridotta in maniera significativa. Nella fase di compostaggio intensivo, hanno luogo la parte principale delle reazioni biochimiche e si forma una certa quantità di gas fortemente odorigeno. Pertanto, questa fase viene condotta in edifici chiusi con captazione e trattamenti degli odori.

Dopo la fase di compostaggio intensivo (3 - 4 settimane), si ha una fase di maturazione di durata variabile con reazioni biochimiche meno significative e finalizzata alla stabilizzazione del prodotto. In questa fase non sono necessari edifici chiusi e vengono previste delle semplici coperture.

³⁰ Diversi dal *compost di qualità*.

³¹ Noto in letteratura anche come M.B.E. (Mechanical Biological and Composting).

I trattamenti di stabilizzazione aerobica sono concettualmente analoghi al compostaggio della F.O.R.S.U. , specialmente per quanto riguarda la tecnologia impiantistica. In entrambi i casi, il processo di conversione aerobica avviene sfruttando e accelerando l'azione di demolizione delle sostanze organiche da parte dei microorganismi. Tali microorganismi sono aerobi ed eterotrofi, richiedono cioè per accrescersi e riprodursi, ossigeno e carbonio già inglobato in sostanze organiche. Nella bio-stabilizzazione dovranno pertanto essere tenuti sotto controllo i seguenti fattori:

- La concentrazione di ossigeno e l'aerazione;
- La ricerca delle condizioni termometriche ottimali nelle diverse fasi del processo, infatti se per il conseguimento della pastorizzazione il materiale va mantenuto per un tempo relativamente prolungato sopra i 55°C, la massima attività microbica si consegue, in realtà, successivamente in condizioni mesofile (40-50°C);
- L'umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche, ma non eccessiva;

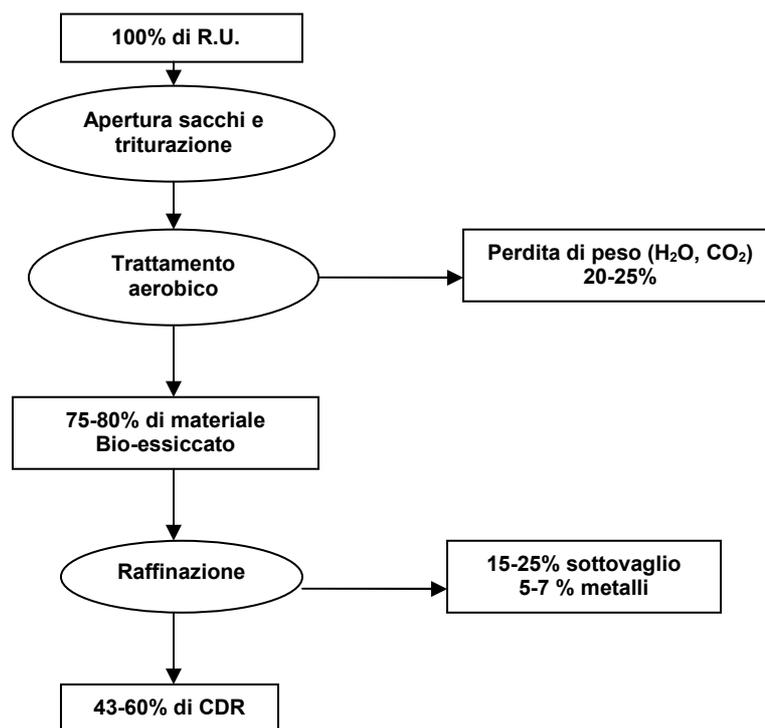
Le tecnologie del processo di stabilizzazione possono essere distinte in tre principali caratteristiche del processo:

- sistemi aperti o chiusi, a seconda che il processo avvenga all'aperto o in aree chiuse e confinate rispetto all'ambiente esterno (capannoni, tunnel, reattori a tamburo, box) con captazione e trattamento delle arie di processo;
- sistemi statici o dinamici: a seconda che la massa, almeno durante la fase intensiva (termofila), sia o meno soggetta a rivoltamento;
- sistemi aerati o non aerati, a seconda che il processo avvenga con o senza ventilazione forzata (per aspirazione o insufflazione).

Occupandoci sempre dei processi aerobici, si può citare anche una variante: il **Bio-essiccamento**. Anche noto in letteratura³² con la definizione di *Mechanical-Biological and Stabilate Method* (MBS), o *Bio-Drying*; tale processo ha lo scopo primario di ridurre l'umidità del rifiuto a seguito di una fase di bio-conversione della sostanza organica. In particolare:

- assicurare la stabilità biologica dei rifiuti per lo stoccaggio a lungo termine, in modo tale da ridurre od eventualmente annullare emissioni maleodoranti di gas e polveri, ed igienizzare il rifiuto;
- produrre un buon substrato per la termovalorizzazione (elevato p.c.i.) come C.D.R. o come bio-essiccato tal-qual.
-

Figura 10: Schema semplificato rappresentante il processo di Bio-essiccazione.



Il carbonio contenuto nei rifiuti rappresenta il potenziale energetico; è quindi auspicabile ridurre al massimo la decomposizione della sostanza organica al fine di mantenere elevato il potere calorifico. La stabilizzazione del rifiuto avviene

³² MBT: a guide for decision makers - processes, policies & markets. Annexe A, redatto da Juniper.

tramite la riduzione del contenuto percentuale di umidità fino a valori del 7-15 % (in funzione dell'umidità iniziale); in tali condizioni ogni attività biologica è soppressa e non si ha degradazione.

La durata della fase biologica, che si svolge con areazione forzata, va dagli 8 ai 14 giorni; mentre il post-trattamento è limitato a raffinare ciò che sarà avviato alla combustione (orientandosi prevalentemente alle richieste del mercato).

Processo anaerobico

La digestione anaerobica è un processo naturale di conversione in biogas della materia organica posta in soluzione acquosa, che ha luogo in un arco di tempo accelerato (10-25 giorni) in reattore chiuso, riscaldato e in assenza d'aria.

Dal processo di fermentazione si generano:

- biogas ad elevato contenuto di metano (40,65%), idoneo al recupero energetico oltre a CO₂, H₂S ed altre impurità ;
- residuo solido fangoso (digestato) con un significativo contenuto di sostanza organica e idonei al compostaggio;
- scarti solidi di processo non recuperabili;
- acqua di processo in eccesso.

Lo scopo del processo quindi, è quello di ottenere una stabilizzazione del rifiuto, intesa come riduzione almeno del 50% della frazione volatile, con conseguente riduzione del rapporto C/N e contemporaneamente un recupero energetico del biogas prodotto. Infatti, la degradazione biologica della sostanza organica in condizione di anaerobiosi (in assenza, cioè, di ossigeno molecolare, come O₂, o legato ad altri elementi, come nel caso dell'azoto nitrico, NO₃⁻), determina la formazione di diversi prodotti, i più abbondanti dei quali sono due gas: il metano e l'anidride carbonica.

La degradazione biologica coinvolge diversi gruppi microbici interagenti tra loro: i batteri idrolitici, i batteri acidificanti (acetogeni ed omoacetogeni) ed infine, i batteri metanogeni, quelli cioè che producono CH₄ e CO₂, con prevalenza del gas

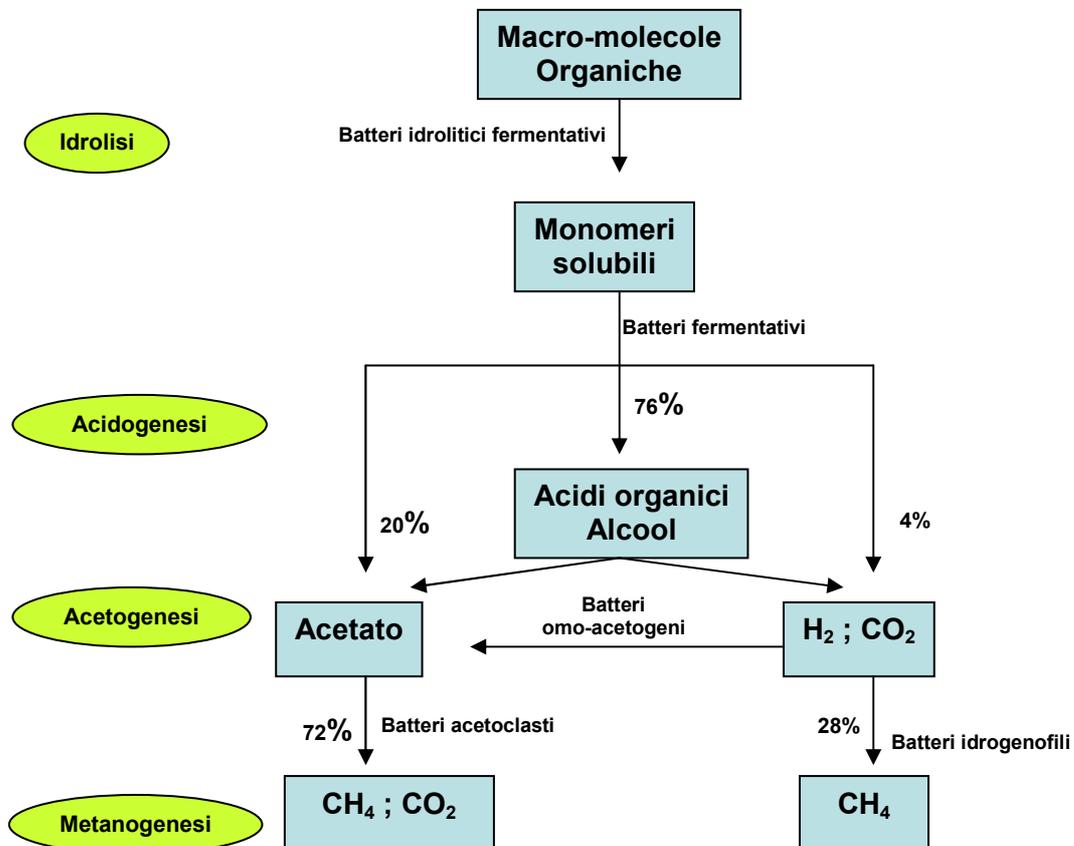
di interesse energetico, che rappresenta circa i 2/3 del biogas prodotto. I batteri metanogeni occupano, quindi, solo la posizione finale della catena trofica anaerobica. Il metano, poco solubile in acqua, passa praticamente nella fase gassosa, mentre la CO₂ si ripartisce nella fase gassosa e nella fase liquida.

I processi anaerobici controllati possono essere suddivisi secondo i seguenti criteri:

- **Regime termico**: Psicrofilia (20°C, poco utilizzato), Mesofilia (35-37°C), Termofilia(>55°C).
- **Contenuto di solidi nel reattore**: Umido (5-10% S.T.), Semisecco (10-20% S.T.), Secco (S.T. > 20%).
- **Fasi biologiche**: unica (l'intera catena microbica mantenuta in un singolo reattore), separate (fase idrolitica e fermentativa sono separate da quella metanogenica).

Il processo che porta alla trasformazione della sostanza organica può essere distinto in più fasi.

Figura 11: Fasi della digestione anaerobica.



Durante la prima fase il contenuto organico, che genericamente può essere considerato formato da macromolecole organiche, carboidrati, cellulosa, proteine e grassi, viene idrolizzato, trasformato cioè in sostanze dalla struttura chimica più semplice. Il processo di idrolisi avviene principalmente grazie alla capacità solvente dell'acqua (idrolisi chimica) ma anche per azione degli enzimi extracellulari secreti da alcuni ceppi batterici (batteri idrolizzatori di amido, di proteine, di cellulosa, di emicellulosa).

A questa prima fase di degradazione, fa seguito un processo di fermentazione acida che vede la trasformazione delle sostanze fin qui prodotte in acidi grassi volatili, alcoli, acido lattico, accompagnati da anidride carbonica e idrogeno molecolare.

Sempre per mezzo di agenti batterici fermentativi acidificanti si passa alla formazione di acido acetico che costituisce il principale reagente dal quale si ottiene metano. I batteri metanogeni trasformano infatti l'acido acetico in metano e anidride carbonica; i processi metanogenici vedono comunque coinvolti anche altri composti oltre all'acido acetico, quali ad esempio l'acido formico e il metanolo.

Gli impianti di digestione anaerobica per rifiuti solidi possono essere alimentati da diversi flussi di rifiuti, se necessario, opportunamente mixati: frazione organica derivante da raccolta differenziata; frazione organica derivante da selezione meccanica dei rifiuti indifferenziati; fanghi di depurazione miscelati con frazione organica.

2.2.3 Fase di post-trattamento meccanico

La fase di post-trattamento non è presente in tutti gli impianti di trattamento meccanico biologico ma solo in alcuni di essi, viene effettuata per preparare al meglio il rifiuto trattato agli impieghi successivi, e può coinvolgere più di un output. A seconda del tipo di trattamento biologico effettuato si hanno due diversi metodi di post-trattamento.

Post-trattamenti al trattamento aerobico

Tali operazioni si pongono gli obiettivi di:

- separare i corpi estranei o indecomposti eventualmente presenti:
 - a) raffinazione dimensionale;
 - b) vagliatura densimetrica;
 - c) vagliatura aeraulica;

- qualificare merceologicamente il prodotto:
 - a) essiccazione;
 - b) pellettizzazione;
 - c) granulazione.

Tabella 6: Principali operazioni di post-trattamento in uscita dalla fase aerobica.

Post trattamento	Finalità	Tecnologie disponibili
Vagliatura	Separazione del materiale trattato in flussi di massa caratterizzati da omogeneità dimensionale al fine di separare i prodotti dagli scarti di processo (es: Separazione frazione secca e frazione organica).	-Vagli rotanti -Vagli vibranti
Classificazione Densimetrica	Separazione del materiale trattato in due flussi di massa omogenei per densità al fine di separare i prodotti del processo dalle impurezze contenute	-Classificatore aeraulico -Tavola densimetrica
De-metallizzazione	Rimozione dei materiali ferrosi e non ferrosi	-Magneti permanenti o elettromagneti per il ferro -Cernitrici a correnti indotte per i metalli non ferrosi

La separazione densimetrico-aeraulica (tavola densimetrica, ciclone) consente la separazione di corpi di piccole dimensioni plastici o vetrosi e di sassi dal prodotto finale.

Tenendo conto della eventuale presenza di materiali plastici da shoppers o sacchi, soprattutto nel flusso di residui alimentari, può essere comunque valutata opportuna l'adozione di un sistema dedicato di separazione aerea degli inerti plastici stessi, eventualmente solo per "pulire" sistematicamente o periodicamente i sovralli della raffinazione dimensionale, che altrimenti concentrerebbero progressivamente (se riciclati in testa al processo) i materiali non decomponibili; il separatore divide tali materiali dagli scarti legnosi incomposti, riutilizzabili come agente strutturante.

In questa fase le apparecchiature che possono essere utilizzate sono i vagli a tamburo cilindrico inclinato rotante, i vagli vibranti, i vagli "a letto di stelle", i separatori balistici e quelli aereali.

Post-trattamenti: digestione anaerobica

Negli impianti che seguono la digestione anaerobica, tutte le tubazioni e le apparecchiature devono essere realizzate con opportuni materiali che tengano conto del carattere corrosivo di alcuni componenti, in particolar modo dell'idrogeno solforato. All'uscita del digestore deve essere prevista una filtrazione (<10 µm) per eliminare le particelle liquide o solide che potrebbero essere trascinate dal biogas. Questo semplice sistema permette di proteggere le soffianti o i compressori che verranno utilizzati per l'alimentazione del gas ai successivi utilizzi.

▪ Depurazione del biogas

Prima dell'utilizzo a fini energetici il biogas deve essere sottoposto ad opportuni trattamenti di depurazione. Infatti, la presenza di anidride carbonica, azoto ed acqua provoca l'abbassamento del potere calorifico della miscela, mentre sostanze come l'idrogeno solforato ed i composti organici alogenati, che possono essere presenti nel biogas, si comportano da agenti corrosivi, causando sensibili danni agli impianti di utilizzazione.

Tali trattamenti sono finalizzati ad ottenere un sensibile abbassamento dei costi di conduzione e manutenzione delle macchine, un funzionamento ottimale ed una

maggior affidabilità, oltre alla garanzia di rispetto dei limiti di emissione imposti dalla legge. Essi sono la deumidificazione, le desolforazione e i processi di rimozione della CO₂.

- **Torcia di sicurezza**

In tutti gli impianti con produzione di biogas è necessario prevedere la presenza di una torcia di emergenza che garantisca la combustione del biogas prodotto. Il dimensionamento della torcia deve essere fatto in modo tale da consentire non solo la combustione della portata normale del biogas, ma anche dei quantitativi provenienti dall'eventuale svuotamento rapido di tutti gli stoccaggi.

Al fine di conferire al sistema una maggiore affidabilità la torcia deve essere dotata di sistemi automatici di accensione e controllo della fiamma.

- **Disidratazione dei fanghi**

Durante la fase di digestione anaerobica la materia secca volatile si trasforma in biogas e quindi fuoriesce dal digestore, mentre nella massa rimane un fango, più liquido che all'ingresso, con valori di sostanza secca dell'ordine del 20-25% per i processi dry e del 5-10% per i processi wet, costituito dalla materia non digerita e dalla maggior parte dell'acqua.

Tale fango deve essere sottoposto ad un trattamento di disidratazione, al fine di ottenere un prodotto più concentrato (circa 45% di materia secca), avente caratteristiche fisiche compatibili con la successiva fase di stabilizzazione aerobica.

A seconda della qualità dei rifiuti trattati, del tipo di processo (secco, semi-secco o liquido) e del destino della materia stabilizzata, il sistema di disidratazione dei fanghi digeriti può essere realizzato mediante pressa a vite, centrifuga o nastro-pressa, oppure mediante una opportuna combinazione di queste apparecchiature.

La scelta deve essere fatta in funzione della granulometria delle particelle dure, del tenore in materia secca del materiale da inviare alla stabilizzazione aerobica e del tenore in materia secca dell'acqua di processo in relazione con il suo destino.

Tabella 7: Apparecchiature per ridurre l'umidità del fango.

Tipo di macchina	% M.S. frazione secca	%M.S. frazione umida
Pressa a vite	40-55%	10-20%
Centrifuga	25-35%	3-8%
Nastro-pressa	30-40%	1-3%

▪ **Stabilizzazione e raffinazione del fango digerito**

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

Generalmente il fango digerito viene sottoposto ad un trattamento di stabilizzazione che si sviluppa in due fasi:

1. bio-ossidazione accelerata;
2. post-maturazione.

Poiché il materiale organico ha già subito una parziale degradazione, i tempi di permanenza nel reparto di stabilizzazione aerobica potranno essere contenuti entro i 30-45 giorni. A seconda del destino finale del bio-stabilizzato può essere richiesta una raffinazione del materiale, da realizzare dopo la fase di bio-ossidazione accelerata o, in alternativa, dopo la post-maturazione.

2.3 Tipologie impiantistiche (layout impianti)

In questo paragrafo vengono illustrati alcuni layout impiantistici che, sfruttando processi biologici diversi e combinando tra loro i trattamenti meccanici, hanno lo scopo di trasformare il rifiuto residuo in diversi prodotti in uscita (Bio-stabilizzato C.D.R., Biogas).

Processi aerobici che producono bio-stabilizzato

I processi T.M.B. che sfruttano la bio-stabilizzazione aerobica del rifiuto, differiscono tra di loro, sia per la tipologia di trattamenti meccanici coinvolti, sia per il tipo di compostaggio che si mette in atto.

Il primo schema che viene proposto (figura 12) ha un elevato tasso di recupero di materiali riciclabili, grazie ad un intensivo uso di macchinari quali separatori magnetici, a correnti indotte, a NIR³³ (ottico per plastiche e carte) e area ulici. Destinando ciò che resta direttamente in discarica (se si parla del flusso grossolano e privo di componenti putrescibili), oppure bio-stabilizzandolo aerobicamente tramite compostaggio in tunnel.

Questa tipologia di T.M.B. è decisamente adatta per quelle realtà in cui nel rifiuto residuo (grey-bag waste) vi siano ancora molti materiali recuperabili e riciclabili, dove la raccolta differenziata non è ancora a livelli elevati, oppure se si vuole evitare un ricorso massivo all'incenerimento dei rifiuti.

Le macchine di selezione automatica possono essere anche sostituite da linee di selezione manuale, specialmente per plastiche e carta.

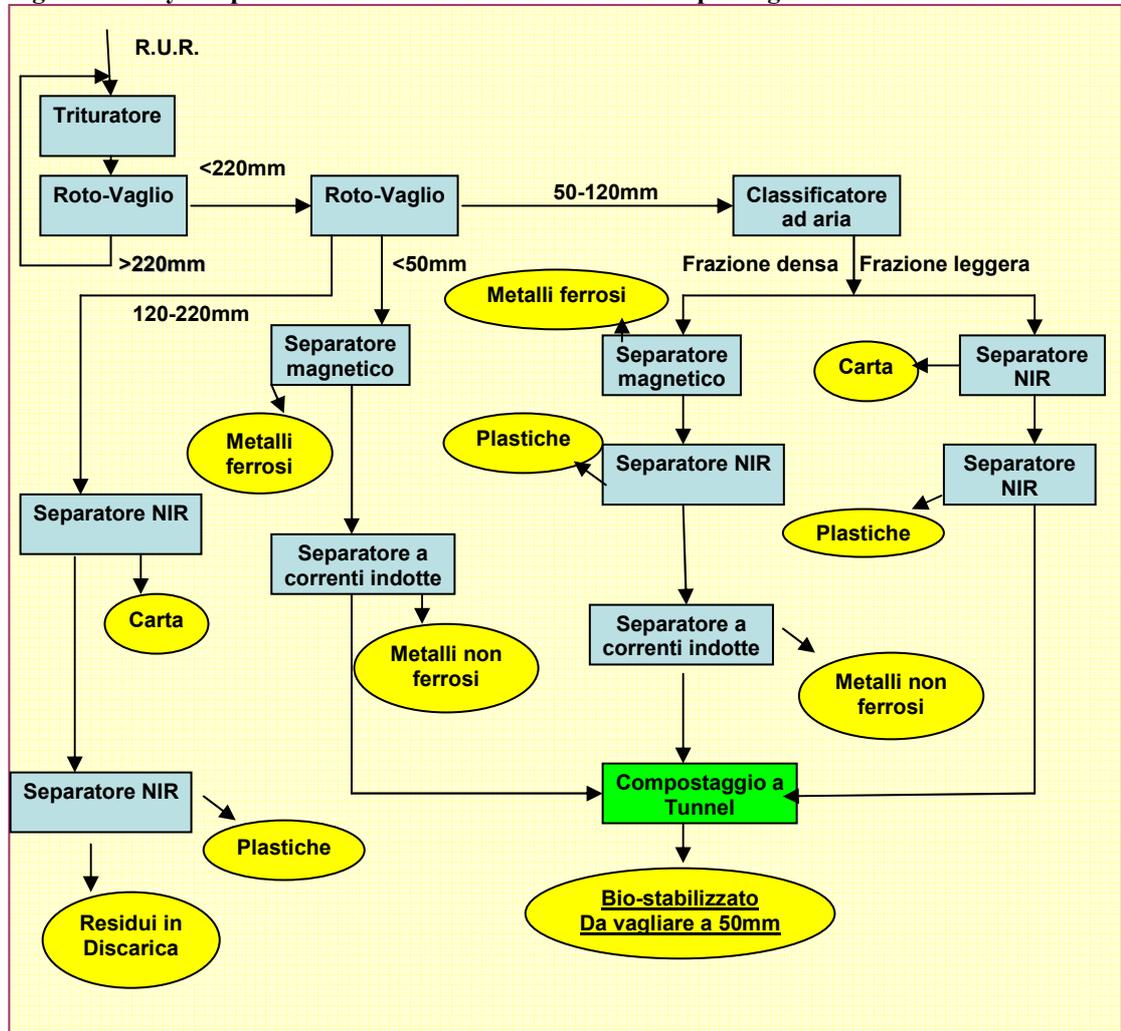
Il rifiuto in arrivo, dopo aver subito una riduzione dimensionale viene separato in tre flussi a diversa pezzatura: Grossolano (120-220mm), medio(50-120mm) e fine (<50mm).

Le due frazioni più fini subiscono diversi trattamenti a cascata, con l'obiettivo di separare i materiali recuperabili e preparare la componente putrescibile al compostaggio; esso avviene in un tunnel per la durata di 4-7 settimane, durante le quali il rifiuto viene rivoltato un paio di volte e le temperature raggiungono i 70°C

³³ Near Infrared

(completa igienizzazione). Il rifiuto in uscita dal tunnel viene poi raffinato (rimozione di inerti e materiali sopra taglia) e stoccato in attesa del suo utilizzo.

Figura 12: Layout processo Bio-stabilizzazione “tunnel composting”.



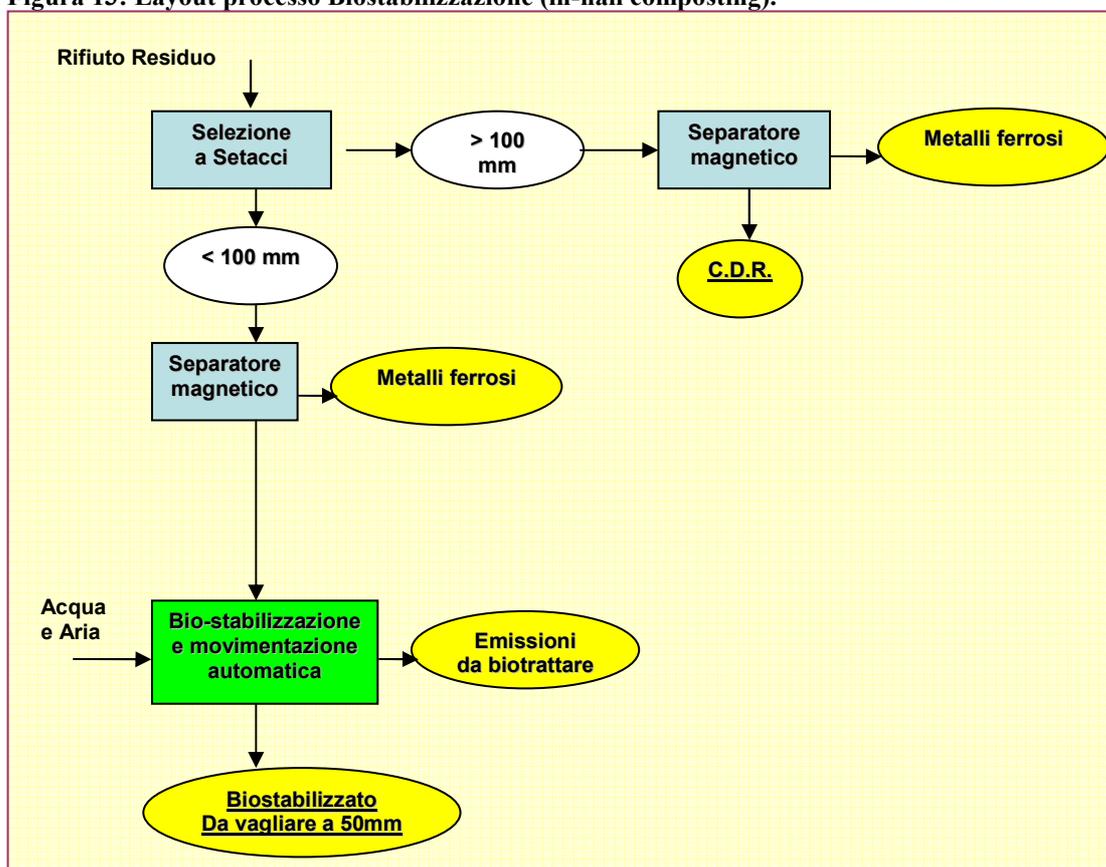
Questo layout di impianto è ad alta efficienza di separazione e recupero, come svantaggio riporta l'elevato ingombro della fase di compostaggio in tunnel e i costi (impiantistici e di esercizio) nettamente superiori ai ricavi (quasi nulli a meno della vendita dei materiali recuperati).

Un'altra tipologia di impianto ricorrente in Italia ed in Europa è quello semplice a separazione di flussi (figura 13), nel quale il rifiuto residuo, dopo la separazione dimensionale (con discriminare 100 mm), segue due strade separate. La frazione fine (ricca di composti bio-genici e putrescibili), depurata dai metalli tramite un

separatore magnetico ed eventualmente anche a correnti indotte, viene mandata alla fase di compostaggio; il processo aerobico si svolge in edifici chiusi e dura circa 5 settimane, alle quali succedono altre 2 settimane per completare la maturazione del compost.

Il rifiuto viene rivoltato automaticamente (1 volta a settimana) da uno specifico macchinario in movimento grazie ad un carro ponte, che ne garantisce anche l'areazione; simultaneamente viene aggiunta acqua per ripristinare l'umidità ottimale addizionandola con il percolato che si forma sul fondo (ricircolo del medesimo), mentre le emissioni trattate tramite i metodi più consoni.

Figura 13: Layout processo Biostabilizzazione (in-hall composting).



Il flusso di materiale grossolano viene invece depurato dei materiali metallici e smaltito in discarica, oppure viene preparato ed utilizzato come C.D.R. .

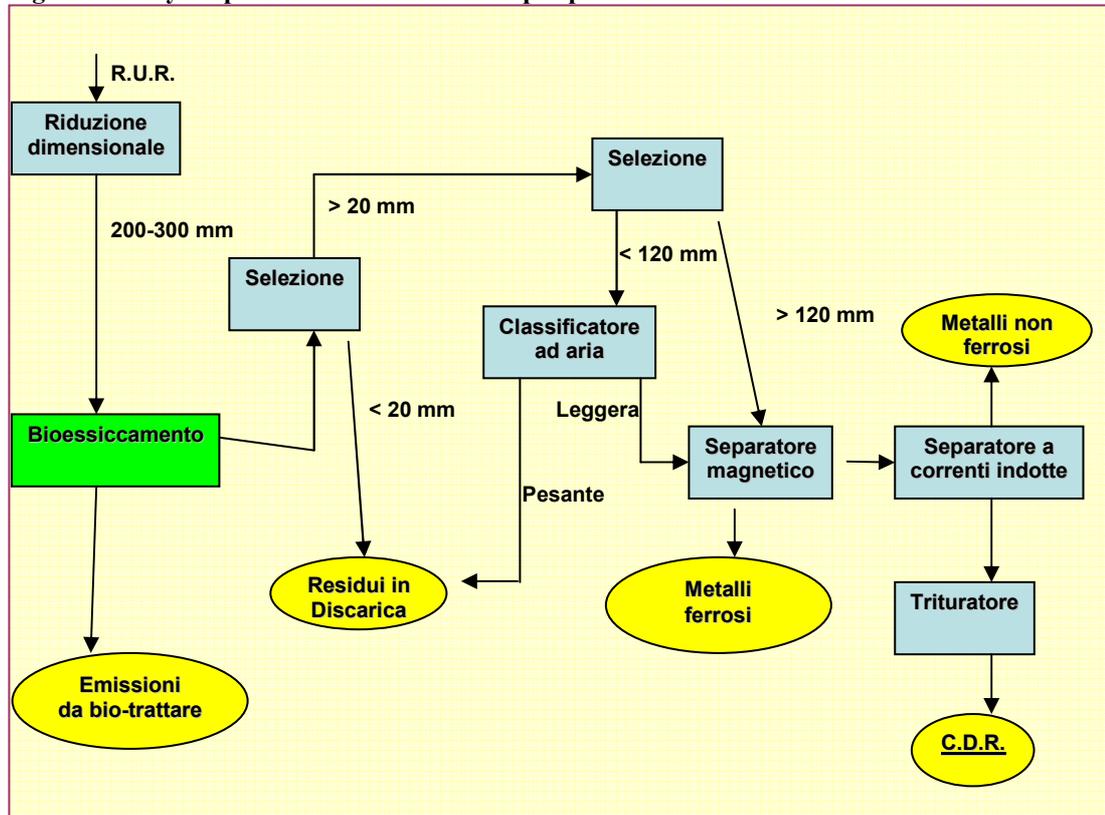
Il potenziale di sottrazione del rifiuto residuo dalla discarica, per questi impianti , è decisamente variabile a seconda dell'utilizzo della frazione grossolana, ma può raggiungere e superare il 50%.

Produzione C.D.R. con bio-essiccazione

Passiamo ora ad una categoria di impianti T.M.B. denominati a flusso unico, o bio-drying plant come precedentemente illustrato³⁴, il quale scopo principale è produrre C.D.R. di buona qualità, che mantenga alta la sua frazione carboniosa e quindi il suo potere calorifico.

L'azienda che più si è distinta in questa categoria di impianti è l'italiana Ecodeco con il processo Biocubi[®], avendo all'attivo la costruzione di una dozzina d'impianti, che in alcuni casi si trovano nelle vicinanze dell'utilizzatore termico del combustibile prodotto.

Figura 14: Layout processo Bioessiccamento per produrre C.D.R.



Il rifiuto residuo in ingresso all'impianto, subisce una blanda riduzione dimensionale (200-300 mm) per poi essere alimentato alla zona preposta alle operazioni biologiche, completamente sigillata e dotata di "under flow vents" in cui avverrà la bio-essiccazione.

Vi sono diversi canali sopra i quali si dispone il rifiuto in cumuli fino a 5 m di altezza, il sistema aspirante sottostante, protetto da una griglia, fa fluire l'aria

³⁴ Vedi paragrafo 2.2.2 .

dall'esterno del cumulo verso l'interno, che viene così captata dalla condotta sottostante ogni canale. Il sistema di ventilazione è separato e regolabile a seconda della temperatura che si instaura in ogni settore con il tempo. Il processo di essiccamento dura all'incirca 14 giorni, e per almeno tre di questi, si mantiene una temperatura di 55-70°C per igienizzare il rifiuto (secondo le attuali normative italiane); la perdita di peso si aggira attorno al 25 % e l'aria aspirata viene trattata con bio-filtro o con altri sistemi di abbattimento.

Dopo questa fase, il rifiuto bio-essiccato viene movimentato tramite un carro ponte ad una tramoggia che lo inserisce nella fase di post-trattamento meccanico (con lo scopo di raffinarlo). Come prima cosa, si eliminano i materiali ultra-fini (<20mm), contaminanti e contenenti spesso la maggior parte dei metalli pesanti, da smaltire in discarica, poi si separano tramite un classificatore ad aria le componenti pesanti nel flusso di materiali intermedi (< 120mm) , convogliando la frazione leggera al successivo step di de-metallizzazione insieme alla frazione grossolana (>120mm).

A questo punto si alimenta il tritratore che diminuisce la pezzatura del C.D.R. fino a 30-50mm, se il suo utilizzo previsto è come combustibile per cementifici, altrimenti fino a 70mm e con un alto tasso di omogeneità, se deve essere mandato a termovalorizzatori con letto fluido³⁵.

La quantità in peso di rifiuto che diventa C.D.R., rispetto a quella in input, rappresenta il 50 %, circa il 20 % finisce in discarica come residuo, mentre i metalli recuperati si aggirano tra il 3 e il 5 %; il potenziale di diversione dalla discarica è decisamente elevato. Come contro ho che l'output non è completamente bio-stabilizzato, quindi in caso di fermata o stoccaggio del combustibile, nel caso la massa riacquisti parte dell'acqua persa, vi possono essere problemi dovuti alla formazione di bio-aereosol.

Processi che ricavano Biogas

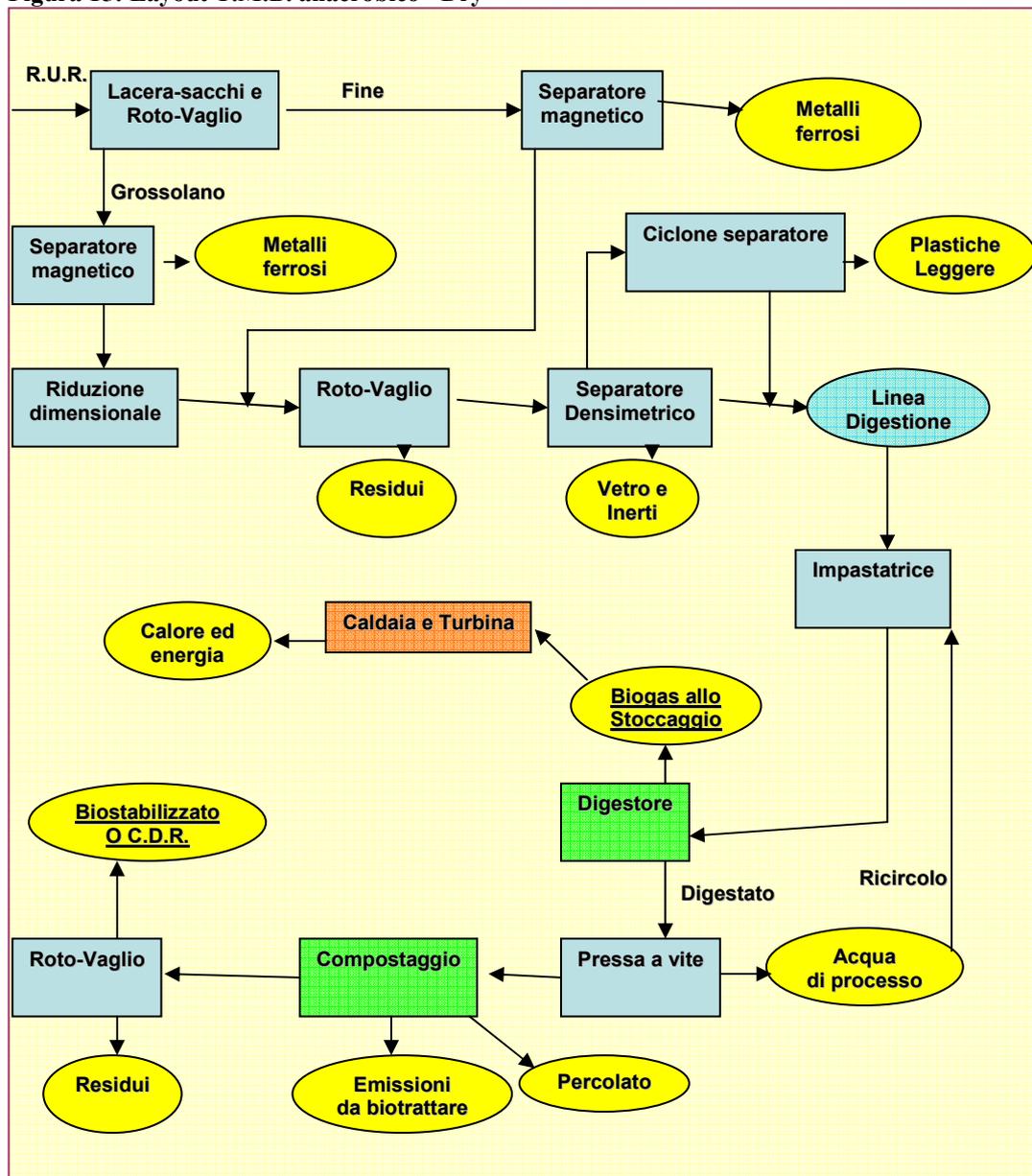
L'ultima categoria di impianti T.M.B. analizzata in questo paragrafo è quella che si avvale della fase biologica anaerobica; questa tipologia di impianti garantisce numerosi vantaggi, tra i quali la produzione di energia e calore dal rifiuto, anche

³⁵ Fluized Bed Combustion.

se vi sono numerose problematiche legate alla qualità dei materiali che vanno a digestione. La digestione anaerobica è un processo ormai consolidato e vantaggioso per l'ambiente, per non parlare poi dell'aspetto economico-gestionale, decisamente agevolato dall'utilizzo del Biogas prodotto, queste tipologie di T.M.B. sono molto diffuse in Europa, con alcuni impianti anche in Italia.

Il primo processo descritto prevede un reattore anaerobico a singolo stadio, operante in condizioni termofile con processo a secco (dry).

Figura 15: Layout T.M.B. anaerobico "Dry"



La prima parte del layout è esclusivamente meccanica e dipende dalla tipologia di raccolta differenziata operata alla fonte, questi impianti infatti, preferiscono avere una buona percentuale di bio-rifiuto in ingresso (adatti a situazioni in cui la R.D. dell'umido non è ancora stata pianificata). Il rifiuto residuo eventualmente addizionato con fanghi e umido da R.D., passa attraverso un trommel provvisto di lacera sacchi e, tramite i diversi separatori, depurato il più possibile dai metalli, dalle plastiche leggere e dagli inerti. A questo punto viene addizionata acqua (eventualmente ricircolata) fino a raggiungere il 25-40% di sostanza secca, viene così preparato il substrato da alimentare al digestore. La digestione è portata a termine in un minimo di 25 giorni e il biogas generato varia tra 110 e 150 Nm³/tonn di substrato immesso, questo verrà poi depurato e trattato in modo da essere pronto all'utilizzazione per gli scopi sopracitati.

Il digestato, invece, può subire diversi trattamenti a seconda dell'impiego voluto, sempre presente la fase di disidratazione, tramite presse a vite o centrifughe; inoltre se ne può ricavare , attraverso un compostaggio aerobico più o meno spinto, un ammendante o semplicemente un bio-stabilizzato da conferire in discarica.

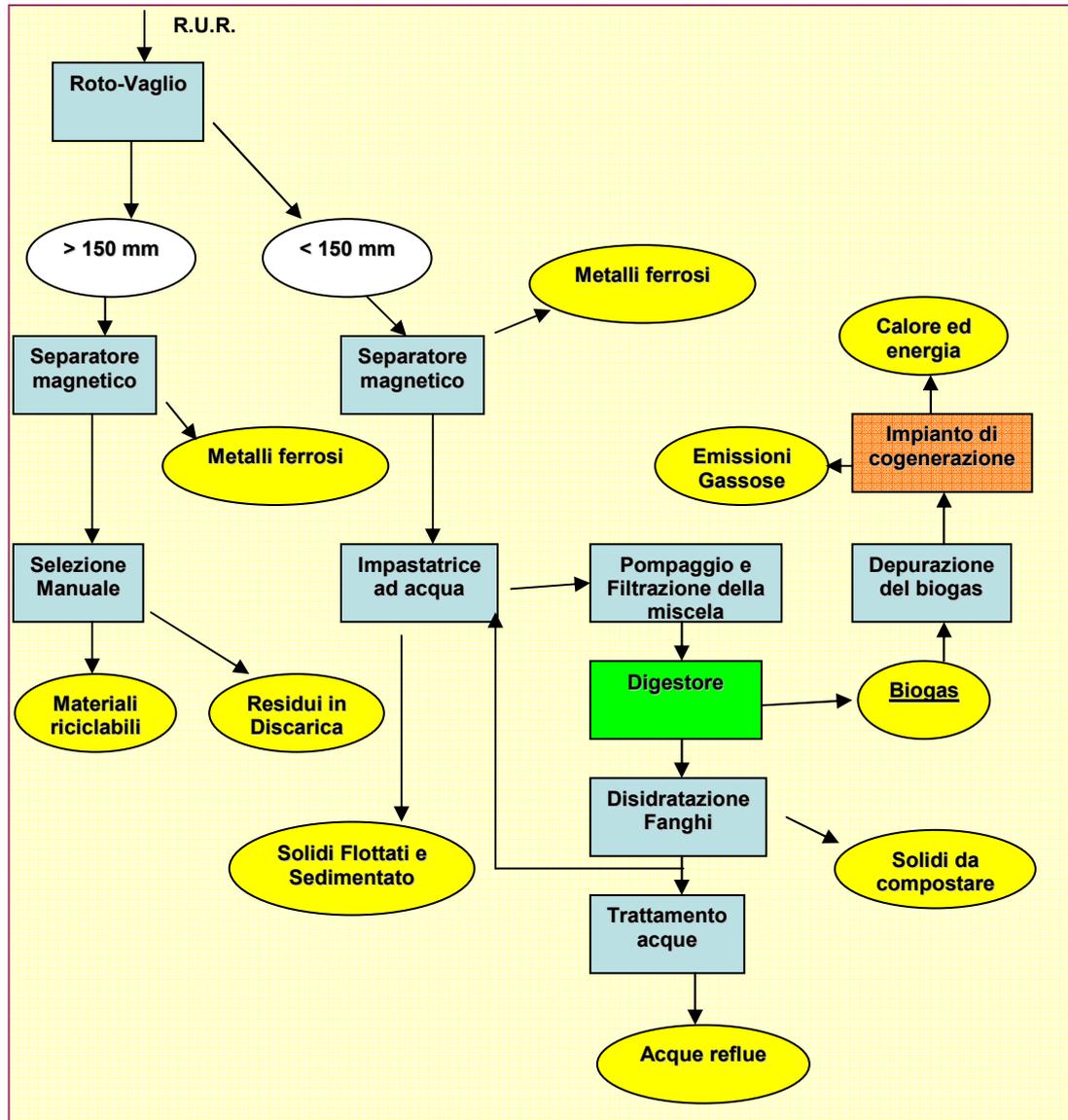
Le arie esauste dalla sezione di compostaggio, e le emissioni fuggitive provenienti dai pretrattamenti meccanici vengono opportunamente captate e inviate ad un sistema bio-filtrante prima del rilascio in atmosfera, le acque provenienti dalla disidratazione del digestato vengono spesso e volentieri ricircolate in testa al mixer, oppure opportunamente depurate e scaricate a norma di legge.

Questa configurazione di impianto permette di raggiungere elevati tassi di diversione dalla discarica, fino al 90% se i materiali recuperati sono utili all'industria del riciclo e il digestato viene trattato fino a qualificarlo come C.D.R. Altra configurazione d'impianto possibile (Figura 16) è quella che vede la separazione iniziale in due flussi del rifiuto residuo, con solo la frazione più fine (< 150 mm) preparata alla fase di digestione anaerobica, la quale si svolge in condizioni mesofile, con reattoristica a due stadi di tipo wet.

La frazione grossolana, separata inizialmente attraverso un trommel, viene trattata meccanicamente con il fine di recuperare il maggior numero di riciclabili possibili, eventualmente anche attraverso una fase di cernita manuale.

La frazione fine, dopo aver subito la de-metallizzazione viene inviata ad un Hydro Pulper³⁶ di tipo batch, che oltre a macerare, funge anche da separatore densimetrico, permettendo l'eliminazione delle frazioni sedimentabili e flottanti. L'aggiunta di acqua è tale da portare la sostanza secca a circa il 10% della massa totale.

Figura 16: Layout processo Digestione anaerobica "wet".



Il processo batch impiega circa un'ora dopo la quale la miscela viene pompata dal fondo del miscelatore e filtrata (per rimuovere i residui solidi > 10 mm) verso un

³⁶ Sminunzzatore fine, simile a quello usato nell'industria cartiera.

idro-ciclone. I solidi rimossi, generalmente non biogeni, vengono smaltiti in discarica, mentre la sospensione di materiale biodegradabile viene inviata al primo stadio del digestore, dove avviene l'Idrolisi ad una temperatura di 36-38 °C, successivamente, dalla miscela in uscita vengono separati i solidi (che finiscono al reparto disidratazione), per poi essere pompata nel reattore del secondo stadio anaerobico dove avviene la metanizzazione.

Il tempo di residenza dei reattori per la digestione a doppio stadio è di circa 8 giorni e la quantità di Biogas che si ottiene dal rifiuto in ingresso ai reattori è di circa 120-130 Nm³/tonn. L'acqua proveniente dalla sezione di disidratazione fanghi viene in parte ricircolata in testa all'Hydro-pulper e in parte depurata e scaricata.

Il Biogas ricavato dal processo viene depurato e utilizzato per generare elettricità e calore, questo aspetto dell'impianto ne esalta la competitività sul fronte costi e ricavi(più del 50% dell'elettricità viene venduta alla rete), a fronte di una maggiore complessità sul fronte dei pre-trattamenti meccanici.

Il layout T.M.B. appena illustrato si presta a trattare anche una buona percentuale di Fanghi da depurazione (circa 25%), e presenta un alto tasso di diversione del R.U.R. dalla discarica.

2.4 Prodotti e scarti in uscita

In questo paragrafo vengono descritti i diversi prodotti in uscita dagli impianti di trattamento meccanico biologico, generalmente variabili a seconda del layout impiantistico; inoltre, si elencano anche i sottoprodotti (o scarti) che possono tornare nel ciclo dei materiali o, come ultima ipotesi, essere smaltiti.

C.D.R.

Il combustibile da rifiuti è tipicamente incenerito in impianti dedicati o co-incenerito in impianti di produzione di energia o in cementifici. Ai sensi del D.lgs 152/2006, il C.D.R.³⁷ è il materiale ricavato dai R.U.R. oppure dai rifiuti non pericolosi mediante opportuno trattamento, può essere preparato in forma di fluff

³⁷ In Italia, fino al 1998, denominato R.D.F.

o addensato in pellets, cubi o mattoncini, con un potere calorifico generalmente variabile tra 10 e 30 MJ/kg .

Il controllo della qualità del prodotto è basato sulla verifica delle specifiche richieste³⁸, usualmente dall'impianto che lo utilizza, in particolare le principali caratteristiche chimico-fisiche sono:

- P.C.I. ;
- Contenuto in ceneri;
- Umidità;
- Materie volatili;
- Composizione chimica (C, H, O, N, S, Al, K, Na, P, Cl, F, etc.);
- Contenuto in inquinanti (metalli pesanti quali Cr (VI), Pb, Cd, PCB, S, Hg, etc.).

Se la produzione del C.D.R. avviene tramite T.M.B. , previa selezione secco-umido o bio-stabilizzazione della frazione organica, posso considerare diversi layout impiantistici, ad esempio:

- Stabilizzazione della frazione organica del R.U.R., dove oltre ai comuni pretrattamenti meccanici (riduzione dimensionale, estrazione materiali ferrosi, separazione materiale fine < 20 -30 mm), si separa la frazione organica putrescibile tramite un vaglio (sezione di passaggio > 80 mm) e la si invia alla bio-stabilizzazione, in questo modo rimane il sovravanzo secco che rappresenta il C.D.R. ;
- Effettuare un ampio pretrattamento costituito dalla separazione del biodegradabile (mandato a bio-stabilizzare), una fase di selezione e recupero di materiali, una seconda riduzione dimensionale e un post-trattamento(addensamento, pellettizzazione o riduzione in balle) del C.D.R. fluff ottenuto a seconda della destinazione finale;

³⁸ La norma che si occupa di definire tali specifiche è la UNI 9903-1:2004, citata nel paragrafo 1.6 della presente trattazione.

- Trattamento spinto fino ad ottenere un combustibile rispondente alle specifiche fissate dalla norma UNI , con separatore di metalli a correnti indotte, e separatori aeraulici.

Altrimenti, sempre come prodotto in uscita da un T.M.B. , ma processato tramite bio-essiccazione: che consiste nel produrre la reazione di fermentazione della frazione organica insieme agli altri rifiuti. Il riscaldamento della massa, e un'intensa aerazione, provocano una biostabilizzazione/essiccazione non solo della frazione umida, ma anche di altre frazioni come carta, legno, tessili e plastica.

Le perdite di massa dovuta all'ossidazione della frazione umida e all'essiccazione delle altre frazioni è circa del 25% , il P.C.I. che si ottiene dopo almeno 14 giorni di permanenza nel reattore³⁹ è intorno ai 15 Mj/kg.

Riguardo alla stabilità biologica, determinata con metodi respirometrici (indice di respirazione dinamico⁴⁰), il parametro di riferimento del materiale bio-essiccato non raffinato si assume non superiore a 700 mg O₂ x kg si S.V.⁻¹ ora⁻¹. Il bio-essiccato ottenuto, con umidità del 20% circa, può essere inviato direttamente a recupero energetico, o ulteriormente trattato allo scopo di ottenere un C.D.R. con caratteristiche conformi alla norma UNI, ad esempio:

- Vagliatura del fine;
- Deferrizzazione ;
- Triturazione secondaria;
- Deferrizzazione secondaria ed asportazione dei metalli non ferrosi;
- Separazione aeraulica degli inerti e altri materiali ad elevata densità;
- Addensamento o pellettizzazione a seconda del tipo di alimentazione del forno di destinazione.

Il C.D.R. così ottenuto contiene una parte di sostanza organica bio-essiccata e corrispondente a circa il 45% del rifiuto in input, con un P.C.I. superiore a 17

³⁹ Oppure in biotunnel o bicella con aerazione forzata.

⁴⁰ In letteratura presente come I.R.D. , misurato in condizioni di aereazione continua della biomassa.

Mj/kg e può essere bruciato in forni (es. a letto fluido, tamburo rotante o in forni a griglia).

All'estero viene denominato S.R.F. (solid recovered fuel) e si differenzia dall' R.D.F. per la sua qualità e le sue caratteristiche, che sono determinate dalla tipologia di utilizzo a cui è destinato (customer requirements).

Bio-stabilizzato

Produrre materiale bio-stabilizzato è uno degli obiettivi del T.M.B., che ricalca gli indirizzi europei sul pretrattamento del materiale da mandare in discarica.

Ad oggi, il materiale biostabilizzato ottenuto, risulta destinabile ad attività paesistiche o di ripristino ambientale, che possono richiedere anche impieghi massivi e per le quali viene richiesta la disponibilità di sostanza organica stabilizzata al fine di migliorare le caratteristiche dei materiali inerti impiegati.

Esso è principalmente destinato in discarica per la copertura giornaliera e/o la copertura finale (anche detto : capping) di discariche esaurite, nel rispetto di quanto previsto dal piano di gestione operativa e post-operativa di ciascuna discarica; mentre è da escludere per motivi qualitativi, l'ottenimento di C.L.O.⁴¹ (Compost like output).

Spesso è prevista solo una fase di stabilizzazione attiva senza fase di maturazione o eventuali post-trattamenti. Anche nei casi in cui sia prevista una vera e propria fase di maturazione, quest'ultima si configura come una fase di pretrattamento dei rifiuti prima del loro smaltimento in discarica, al fine di garantire l'abbattimento ulteriore delle componenti organiche fermentescibili.

Secondo un recente studio⁴², sarebbe conveniente utilizzare la F.O.S. in miscela al 20 % con inerti, per realizzare un terreno artificiale adatto a recuperi ambientali, in particolare: per la realizzazione di dune , riempimento di versanti erosi, recupero di cave esaurite.

⁴¹ Definizione data nel rapporto a cura di Juniper, per il prodotto ottenuto da alcuni layout impiantistici, che si pongono come obiettivo quello di realizzare un materiale simil-compost da utilizzare nei suoli. Questa soluzione è difficile da praticare, in quanto il C.L.O. è spesso contaminato con metalli pesanti e altri elementi, i quali lo rendono inadatto allo scopo.

⁴² "Il rifiuto organico Biostabilizzato per il recupero di aree degradate e non protette" a cura di M.R. Boni, G. De Casa, G. Rubrichi e S. Scaffoni.

Il grado di stabilità raggiungibile dal bio-stabilizzato dipende da numerosi fattori: quali la tipologia di trattamento aerobico adoperato, durata e condizioni tecniche del processo; il contenuto di materiali non organici è proporzionale all'intensità dei post-trattamenti meccanici messi in atto.

In Italia, grazie ad alcuni studi del Prof. Adani, è stato proposto un limite di stabilizzazione basato sull'indice respirometrico dinamico (IRD), il quale deve essere al di sotto di $1000 \text{ mg O}_2 \times \text{kg si S.V.}^{-1} \text{ ora}^{-1}$.

Biogas

Il biogas è una miscela di Metano, Anidride Carbonica e altri componenti in tracce; può essere prodotto solo dagli impianti T.M.B. con annessa fase di digestione anaerobica, e come scarto del processo produce il digestato.

Le rese del processo sono variabili a seconda del tipo di sistema adottato e dal regime termico in cui operano i batteri.

Il biogas prodotto viene usualmente ripulito dalla presenza di composti dello zolfo, deumidificato ed inviato ad un apposito motore per generare elettricità o calore.

Tabella 8: Composizione del Biogas.

Componenti	Percentuale⁴³
Metano	55 – 65 %
Anidride Carbonica	35 – 45 %
Acido solfidrico	0.02 – 0.2 %
Vapore acqueo	A saturazione
Idrogeno e ammoniaca	Tracce
Ossigeno e Azoto	Tracce

Inoltre, a seconda dell'intensità dei pretrattamenti meccanici, dipendente dalla vocazione dell'impianto T.M.B., si può realizzare un buon tasso di recupero di materiali (Dry Recyclables), come metalli, plastiche e inerti.

⁴³ Concentrazione su gas secco.

Plastiche

La separazione alla fonte, unita alla raccolta differenziata, sottraggono moltissima plastica dal rifiuto residuo, ma il rifiuto in input, può ancora contenere elevati livelli della stessa (le più frequenti sono PE, PVC, HDPE, PS, PET, LDPE).

Nella maggior parte degli impianti M.B.T. , PET, HDPE e altre plastiche dense, vengono recuperate tramite selezione manuale; eccezione rappresenta l'impianto tedesco di Münster, che presenta un sistema a NIR per il loro recupero.

Inoltre, negli impianti con fase biologica di tipo anaerobica, le plastiche flottanti all'interno del digestore ad umido, creano problemi alla resa e al corretto funzionamento dell'impianto, per questo vengono separati in ingresso e smaltite.

Metalli

Il contenuto dei metalli in ingresso ad un impianto T.M.B. varia a seconda della tipologia di raccolta messa in atto alla fonte, se si parla di rifiuto Black bag⁴⁴, i contenuti in metalli possono essere considerevoli, il destino dei medesimi è l'industria del riciclaggio.

In particolare, tali metalli si dividono in ferrosi e non ferrosi, proprio per il modo usato per separarli all'interno del T.M.B. ; se per i primi (ghisa e acciaio e acciaio inossidabile) è sufficiente una buona separazione magnetica, generalmente in testa all'impianto; per i secondi (Alluminio, Rame, Zinco, Ottone) è necessaria un separatore a correnti elettriche indotte, che devi il flusso di tali metalli da quello che prosegue verso i successivi trattamenti.

Numerosi processi M.B.T. presentano uno schema a “split” iniziale, ovvero a separazione di flussi tramite un vaglio, se in entrambe le linee si interviene con la separazione dei metalli, quelli estratti dalla linea del sottovaglio (generalmente ricca di inerti e frazione putrescibile) sono maggiormente contaminati e più difficili da trattare per il successivo riciclo.

I metalli recuperati dagli impianti possono essere valutati anche come un'entrata, dal momento che possono essere piazzati sul mercato, anche se si gioca generalmente contro il loro grado di contaminazione, il più remunerativo è

⁴⁴ Rifiuto indifferenziato contenente elevate quantità di riciclabili e di organico, si differenzia dal Grey bag waste.

L'Alluminio, per il quale il mercato è disposto a pagare molto: sempre sopra gli 800 € / tonn.

Concludendo, il recupero di metalli da questi impianti offre numerosi vantaggi:

- Recupero di una grande quantità di materia, altrimenti persa;
- Evitare il loro smaltimento in discarica;
- Potenziali ricavi;
- Aumentare il potere calorifico del C.D.R. in uscita dall'impianto;

Vetri e altri inerti

Siccome la raccolta differenziata del vetro è ampiamente diffusa, il vetro presente nel rifiuto residuo è poco e generalmente fratturato; il suo recupero è difficile in quanto costoso e poco efficiente, dato la ridotta pezzatura e le diverse caratteristiche (colore e miscela di partenza).

Digestato

Il digestato o digerito, è ciò che rimane nel fondo del reattore, ciò che non si trasforma in biogas attraverso il processo di digestione anaerobica; è composto da acqua (in maggioranza), sostanze minerali e un residuo organico. Il tenore della sostanza secca è del 20-25 % per i processi a secco e del 5-10 % per i processi a umido, attraverso processi di disidratazione si cerca di portare la sostanza secca al 45 %. Successivamente, il fango viene ulteriormente stabilizzato con una maturazione aerobica per poi essere smaltito.

2.5 Emissioni e impatto ambientale

L'attività di recupero di materiali ed energia dai rifiuti, in linea di principio, permette di diminuire estrazione e consumo di materia, il T.M.B. si appoggia ai principi considerati basilari per la corretta gestione dei rifiuti, oltre a rispettare linee di indirizzo comunitarie.

Detto questo, è comunque necessario valutare gli effetti sull'ambiente che la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di tali impianti determinano sulle matrici ambientali.

Gli **impatti del T.M.B.** possono essere elencati come:

- Emissioni odorigene generate dalle fasi di ricezione delle materie prime, stoccaggio, pretrattamento e dalle prime fasi di bio-conversione;
- Emissioni sonore, che possono essere importanti quando si usano macchine per la riduzione dimensionale (triturator, mulini, vagli);
- Produzione di polveri e particolato fine (polveri dotate di reattività biologica, bio-particolato);
- Consumo di acqua e gli scarichi liquidi, normalmente limitati;
- Produzione di rifiuti connessa a tali attività, che consiste piuttosto in una produzione di scarti dalle materie recuperate;
- Impatto visivo e paesaggistico.

Questa serie di impatti , generalmente, si manifestano solo in corrispondenza di una deficitaria progettazione o conduzione dell'impianto, pertanto gli stessi possono essere prevenuti o ridotti mediante l'adozione di particolari accorgimenti costruttivi, dispositivi di abbattimento degli inquinanti ed infine, tramite una corretta gestione di tutte le attività connesse all'impianto.

2.5.1 Emissioni in atmosfera

Trattamenti aerobici

Negli impianti con fase aerobica, il problema è riconducibile sia all'emissione dei composti inquinanti dai materiali in ingresso sia, prevalentemente, alla formazione di **composti odorigeni** nel corso del processo, quest'ultima associata a condizioni di anaerobiosi nel materiale in trattamento, condizioni che non dovrebbero verificarsi nel corso del processo di bio-stabilizzazione o di bio-essiccazione. La produzione di tali emissioni dipende dalla merceologia dei rifiuti in ingresso, dal meteo e dal tipo di gestione dell'impianto.

I più significativi gruppi di composti odorigeni identificati presso impianti T.M.B. includono ammoniaca e ammine, acidi grassi volatili, composti organici ed inorganici dello zolfo, composti aromatici, terpeni, acetone, fenoli e toluene.

Tabella 9: Tipologie e caratteristiche dei composti odorosi riscontrati negli impianti T.M.B.

Classe	Composto	Sensazione olfattiva	Soglia di percettibilità (mg m ⁻³)
Composti solforati	Idrogeno solforato	Uova marce	0,0001 - 0,03
	Metilmercaptano	Cavolo, aglio	0,0005 - 0,08
	Etilmercaptano	Cavolo marcio	0,0001 - 0,03
	Dimetilsolfuro	Legumi marci	0,0025 - 0,65
	Dietilsolfuro	Fetido, aglio	0,0045 - 0,3
	Dimetildisolfuro	Putrido	0,003 - 0,014
Composti azotati	Ammoniaca	Irritante	0,5 - 37
	Metilammina	Pesce marcio	0,02
	Dimetilammina	Pesce marcio	0,05 - 0,83
	Trimetilammina	Pesce marcio	0,05 - 0,16
	Indolo	Fecale, nauseabondo	0,0006
	Scatolo	Fecale, nauseabondo	0,0008 - 0,1
Acidi volatili	Acetico	Aceto	0,025 - 6,5
	Butirrico	Burro rancido	0,0004 - 3
	Valerianico	Sudore	0,0008 - 1,3
Aldeidi e chetoni	Formaldeide	Acre	0,03 - 12
	Acetaldeide	Frutta, mele	0,04 - 1,8
	Aldeide butirrica	Rancido	0,013 - 15
	Ald. isovalerica	Frutta, mele	0,07
	Acetone	Dolciastro	1,1 - 240

Le ammine possono derivare dalla decomposizione microbica degli amminoacidi e delle proteine ad opera dei batteri comuni (quali *E. coli*), le più sgradevoli sono la cadaverina e la putrescina.

L'ammoniaca è prodotta, sia in condizioni aerobiche che anaerobiche dalla degradazione delle proteine e degli amminoacidi; i composti aromatici, come anche i terpeni (con odore gradevole), possono derivare dalla decomposizione aerobica della lignina.

Tra i più comuni composti inorganici dello zolfo, riscontriamo H₂S, come sottoprodotto derivante dalla scissione di amminoacidi successivamente metabolizzati dai batteri *E.coli*, questo composto può formarsi in zone anossiche con materiale troppo umido o compattato.

I composti organici dello zolfo (mercaptani) sono maleodoranti già a basse concentrazioni⁴⁵, si formano sia in aerobiosi che in anaerobiosi, tra cui i metilmercaptani e i dimetilsolfuri.

⁴⁵ Dell'ordine delle parti per bilione (ppb).

Oltre alle suddette sostanze odorigine, durante il trattamento aerobico dei rifiuti, possono originarsi polveri dotate di reattività biologica, il cosiddetto **bio-particolato**, il quale si presenta come un aerosol di cellule microbiche, ovvero microorganismi associati a piccolissime particelle di materiali organici o inorganici. Tali microorganismi sono in grado di rimanere sospesi nell'aria per periodi di tempo anche lunghi, mantenendo vitalità ed eventuale infettività. Nelle polveri disperse si ritrovano cellule di batteri e attinomiceti, propaguli di muffe e spore fungine, nonché particelle virali. Un problema specifico può essere la presenza del fungo deuteromiceto *Aspergillus fumigatus* (associato tipicamente alla materia in decadimento), le cui spore se inalate o incluse nel corpo umano, possono causare affezioni polmonari (aspergillosi) nei soggetti predisposti.

Altro elemento di potenziale rischio rientrante nella categoria bio-particolato è rappresentato dall'esposizione alle endotossine, prodotte all'interno delle cellule di alcuni microorganismi e rilasciate a seguito della rottura degli involucri cellulari.

Presso gli impianti di bio-stabilizzazione inoltre, si possono liberare **composti organici volatili (V.O.C.s⁴⁶)**, potenzialmente pericolosi per gli operatori; si tratta di composti quali benzene cloroformio e trielina, normalmente contenuti in taluni solventi, vernici e smacchiatori ad uso domestico. Il rilascio dei V.O.C.s, favorito dalla ventilazione forzata, dal rivoltamento dei cumuli e dalle elevate temperature realizzate in fase termofila, è concentrato nelle prime 48 ore del processo. Quando la fase attiva del processo è confinata in ambienti chiusi, un appropriato ricambio d'aria è importante anche per evitare l'eccessiva esposizione degli addetti. Le tecnologie di abbattimento di tali composti possono coincidere con quelle messe in campo per la rimozione degli odori, anche se risulta difficile tenerli monitorati.

Per contenere le emissioni di composti volatili e odorigeni, oltre a numerosi accorgimenti da assumere in fase progettuale e gestionale, è possibile intervenire con sistemi tecnologici più o meno sofisticati. Condizione necessaria è che le emissioni vengano intercettate, in quest'ottica, le operazioni particolarmente

⁴⁶ Volatile Organic Compounds

odorigene, devono essere condotte in ambiente confinato, in modo che sia possibile aspirare e canalizzare le arie esauste verso un sistema di abbattimento.

Le principali tipologie di apparati per l'abbattimento delle emissioni, oggi adottate presso gli impianti di T.M.B. a più elevato contenuto tecnologico, sono rappresentate dai **bio-filtri** e dalle **torri di lavaggio** (scrubbers ad umido).

Figura 17: Sezione di Biofiltrazione dell'impianto Ecodeco di Lachiarella.



Da alcuni sono state proposte anche l'adsorbimento su carbone attivo, o la combustione⁴⁷ dei C.O.V.; questi ultimi due sistemi, benché con rese d'abbattimento intorno al 99%, non hanno trovato pratica applicazione causa i costi eccessivi.

Trattamento anaerobico

Le emissioni in atmosfera negli impianti di digestione anaerobica vengono prodotte in diversi sezioni, in particolare, oltre a quelle derivanti dalle prime fasi comuni ai trattamenti aerobici, si riscontrano emissioni volatili nella sezione di metanizzazione e durante il processo di post-stabilizzazione aerobica del digestato. Inoltre, nel caso di utilizzo in loco del biogas come combustibile per la generazione di energia e calore, possono prodursi due tipologie di emissioni:

- Correlate alla depurazione del biogas prima dell'utilizzo, allo scopo di ridurre le emissioni post-combustione;

⁴⁷ Convertitore termico di tipo rigenerativo per l'ossidazione, eventualmente con recupero termico (vedi tecnologia LARA®).

- Correlate all'abbattimento delle emissioni al termine della combustione del biogas.

E' consigliato pertanto, bruciare il biogas in modo che la temperatura di uscita del gas combusto non scenda sotto i 900 °C e il tempo di residenza in camera di combustione superi gli 0.3 sec.

Tre le procedure di abbattimento che possono essere applicate riscontriamo:

- ossidazione biologica dei solfati in solfuri o acido solforico;
- depurazione del gas mediante acqua o solventi organici;
- riduzione delle emissioni di solfuri di idrogeno depurando il biogas mediante Sali di ferro all'interno del digestore o mediante l'ossidazione biologica con l'aggiunta controllata di ossigeno.

2.5.2 Emissioni negli scarichi idrici

Negli impianti T.M.B. le acque reflue provengono direttamente dal processo di trasformazione dei rifiuti o indirettamente da attività correlate, in particolare:

- Percolati prodotti nelle aree adibite allo stoccaggio;
- Processi spontanei di rilascio dell'acqua costituzionale da parte della biomassa (fonte principale di generazione reflui nelle fasi al coperto);
- Acque meteoriche intercettate da pavimentazioni e dalle coperture;
- Parte di acque di percolazione eccedenti la capacità di assorbimento delle acque meteoriche o delle acque usate per l'inumidimento artificiale dei cumuli;
- Acque di lavaggio degli ambienti di lavoro e reflui di laboratorio;
- Soluzioni acquose provenienti dal trattamento emissioni gassose;
- Acque provenienti dalla disidratazione del fango digerito;
- Condense ottenute dal trattamento del biogas.

Trattamento aerobico

In linea generale, le acque reflue rilasciate dalla biomassa o comunque entrate in contatto con essa, attestano un contenuto elevato di B.O.D., composti minerali dell'azoto e microorganismi, mentre le acque meteoriche incidenti sui piazzali hanno tenori relativamente elevati di S.S. e composti organici ed inorganici disciolti; quelle pervenute in una fase successiva sono relativamente più pulite.

Tali caratteristiche rendono possibile la depurazione delle acque con successivo recapito al sistema fognario o al suolo o ad acque superficiali, riutilizzo sulla biomassa in corso di bio-conversione allo scopo, sia di risanare i livelli di umidità, sia di recuperare il valore fertilizzante dei composti azotati e le popolazioni microbiche preposte alla bio-conversione e presenti nel refluo.

Trattamento anaerobico

Nella linea di digestione anaerobica, generalmente, gli effluenti sono simili a quelli del trattamento aerobico, ma i volumi sono più elevati, in quanto il rifiuto ha bisogno di essere processato con un quantitativo alto di umidità.

I percolati di stoccaggio, generalmente presenti, contengono prodotti oleosi, detergenti oltre all'acqua di costituzione dei rifiuti. In genere i rifiuti sono in grado di assorbire il percolato eventualmente formatosi, ma in situazioni di conferimento anomalo, carico eccezionale di organico, condizioni di stoccaggio in fossa estremamente gravose (pressioni e compattazione rifiuti) è possibile che si verifichi un rilascio di percolato, che deve essere intercettato e trattato.

Inoltre, nei suddetti impianti, si creano anche ingenti quantità di acque provenienti dalla disidratazione dei fanghi digeriti, che in genere vengono parzialmente riciclate come diluenti nei digestori, oltre alle acque di condensa provenienti dalla fase di raffreddamento del biogas.

Se poi seguita una fase di stabilizzazione aerobica del digestato, si formano acque provenienti dai trattamenti ad umido delle emissioni gassose, costituite essenzialmente dalle acque di spurgo degli scrubber e dai percolati dei bio-filtri.

Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

Tali reflui devono essere stoccati in apposite vasche o serbatoi, se non depurate o recuperate all'interno del ciclo.

Infine, deve essere previsto il collettamento delle acque di lavaggio degli automezzi, le quali possono essere conferite ad un impianto di depurazione oppure riciclate (previa trattamento di disoleazione).

I parametri da tenere sotto controllo in ingresso ed in uscita dall'impianto sono N totale, P totale, Cl e T.O.C. , generalmente le acque provenienti dalla disidratazione del digestato vengono sottoposte ad un trattamento di denitrificazione, filtrazione e sedimentazione.

Capitolo 3

Case Study - Impianto T.M.B. Sito di Tremonti, Imola.

In questo capitolo della trattazione, si propone la descrizione e l'analisi di un impianto presente ed operante nel territorio Emiliano-Romagnolo, la configurazione T.M.B. presente è del tipo a separazione di flussi, con processo biologico di bio-stabilizzazione aerobica.

3.1 Overview dell'impianto

L'impianto di trattamento meccanico biologico è di proprietà della AKRON S.p.A., società del gruppo HERA che opera nel settore dei servizi ambientali con i seguenti ambiti di intervento:

- trattamento e smaltimento di numerose tipologie di rifiuti;
- bonifiche e messa in sicurezza dei siti contaminati;
- gestione di impianti di depurazione.

La società è nata nel 1993 da un accordo tra A.M.I. di Imola (Azienda Multiservizi Intercomunali) e CIR AMBIENTE S.p.A. , ha mosso i primi passi nel settore dello smaltimento dei rifiuti urbani e speciali, dal 2002 Akron è diventata una società controllata dal gruppo HERA (Holding Energia Risorse Ambiente), holding nata dall'aggregazione di 11 Aziende di servizi pubblici operanti in Emilia Romagna.

Le proprie attività, tra cui il sito di Tremonti, adottano criteri e procedure di qualità consolidate secondo le norme UNI EN ISO 9001-2000, UNI EN ISO 14001-2004.

L'impianto di Tremonti è stato costruito nel 2004, entrando in operatività nel novembre del 2005, è stato progettato con una potenzialità autorizzata di 150000 t/anno, e si sviluppa attraverso due linee di selezione gemelle con una potenzialità di 25 t/h , e con un bacino di compostaggio di circa 67000 t/anno.

Figura 18: Vista dell'impianto e del contesto ambientale in cui opera.



L'impianto è situato nella zona collinare denominata Tremonti, 7 km a sud della città di Imola, in via Pediano, e si trova in adiacenza all'omonima discarica autorizzata, operativa dagli anni '70. L'area occupata complessivamente dal T.M.B. è di 21000 m², di cui 7540 m² coperti; l'edificio principale è costituito da quattro sezioni interconnesse tra loro e aventi ognuna una funzione distinta.

3.2 Descrizione del processo

I rifiuti arrivano al sito di trattamento tramite trasporto su gomma, dopo essere passati dall'accettazione, gli autotrasportatori passano sulla pesa, dove viene registrato il quantitativo di rifiuto indifferenziato in ingresso; arrivati nel piazzale antistante l'impianto, gli automezzi procedono in retromarcia e scaricano il carico

di rifiuti all'interno delle fosse interrato, in grado di stoccare fino a 3000 m³ di materiale.

Nell'area fosse sono presenti due ragni che, azionati da due operatori situati in cabine sovrastanti, procedono ad eliminare le frazioni ingombranti⁴⁸ (es. materassi, elettrodomestici, rottami ferrosi di grandi dimensione), al fine di preservare l'usura o il fermo dei trituratori. I due ragni ,caricano poi rispettivamente le due tramogge, che dosano e conducono il rifiuto alla zona di trattamento meccanico dell'impianto, situata nel settore adiacente della struttura. In questo modo, si hanno due linee gemelle di trattamento, accorgimento utile in caso di fermo manutenzione per una delle due linee.

Figura 19: Immagine di una delle due fosse, di una delle tramogge e del ragno in azione.



Sempre in coppia, il rifiuto avanza nel processo e subisce la riduzione dimensionale ad opera di due trituratori a denti, dopodiché il rifiuto si dirige verso la fase di selezione dimensionale, e lo fa attraverso due nastri trasportatori che ospitano due deferrizzatori per il recupero del ferro primario.

Il rifiuto, sempre su due linee gemelle, si dirige verso i vagli di tipo trommel, che procedono nella selezione dimensionale attraverso fori circolari Φ 80 mm;

⁴⁸ Inoltre ne viene tenuta nota nelle registrazioni, in modo da quantificarne l'arrivo all'impianto, in un'ottica di miglioramento continuo del servizio di raccolta a monte.

a questo punto, i due sovvalli, tramite nastri, vengono convogliati verso un'unica linea diretta alla tramoggia di carico degli automezzi ad uso interno.

Figura 20: Parte terminale di uno dei vaglio tipo Trommel.



Tale flusso, generalmente ricco di frazione leggera (carta, cartone e plastiche) e povero di contenuto biologico, potrebbe essere destinato all'incenerimento, dato l'alto potere calorifico, ma per ora viene smaltito nella discarica adiacente con C.E.R. 19 12 12⁴⁹.

Figura 21: Sovvallo in arrivo alla tramoggia di carico automezzi.



⁴⁹ Corrispondente alla categoria: altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti da trattamenti meccanico dei rifiuti, diversi da quelli di categoria 19 12 11 (contenenti sostanze pericolose).

I due flussi di sottovaglio, movimentati attraverso un sistema a nastro coperto e mantenuto in depressione da un aspiratore (per evitare emissioni), convogliano la stragrande maggioranza dell'umido in arrivo all'impianto, costituente circa il 40%⁵⁰ sul totale del R.U.R. sopraggiunto.

In uscita dai trommel, le due linee di sottovaglio subiscono una deferrizzazione secondaria, prima di riunirsi e di essere coinvogliate, tramite un "tripper", verso la sezione dell'impianto adibita al trattamento biologico e situata nella porzione di capannone adiacente.

Figura 22: Nastro in gomma trasportante il sottovaglio in uscita dal trommel, in senso trasversale è visibile l'apparato di deferrizzazione secondaria.



La scelta progettuale alla base della fase biologica è basata sulla massima semplicità impiantistica⁵¹ e gestionale, la frazione biologica viene disposta in lunghe andane su una platea di calcestruzzo, recante numerosi fori di aereazione, e viene periodicamente movimentata da una macchina Grizzly® della Doppstadt applicata ad un trattore, con un movimento simile ad una fresatura.

Le file presenti nel fabbricato sono smistate in due platee, cinque settori per parte, il tripper lascia cadere il materiale sempre nelle due file di fondo.

⁵⁰ Il dato è variabile, come spiegato in precedenza, la quantità efferente di umido, dipende dalla tipologia di raccolta differenziata applicata nella zona di produzione del rifiuto, tipicamente c'è più rifiuto differenziabile nelle grandi città.

⁵¹ Assenza di elevata automazione.

Figura 23: Vista del locale adibito alla bio-stabilizzazione.



La massa biologica è disposta in cumuli di altezza fino a 3 m, areati tramite fori presenti puntualmente nella platea, e periodicamente fresati (in totale 5 volte) verso la sezione finale del fabbricato, in un ottica “plug-flow”.

All’interno del software di gestione dell’impianto, ogni cumulo è numerato e porta l’indicazione della data di inizio della propria fase di bio-stabilizzazione.

L’areazione in mandata è temporizzata tramite timer regolati sull’esperienza dello stabilimento; in totale, la frazione biologica ha un tempo di residenza all’interno di questa fase di circa 25 giorni⁵².

L’andamento della temperatura durante il periodo di permanenza in questa sezione è variabile, partendo dai 30-40 °C iniziali, per poi toccare un picco di 70°C⁵³ mantenuto per pochi giorni, tornando a scendere dolcemente verso i 40-45°C finali.

Mentre la temperatura subisce un andamento correlabile da cumulo a cumulo, l’umidità è un parametro molto meno regolare.

Nella fase biologica, il rifiuto perde mediamente il 28-30% del suo contenuto ponderale, principalmente sottoforma di H₂O e CO₂; a questo punto la frazione organica in uscita dalla sezione di bio-stabilizzazione, viene trasportata ,per

⁵² La deliberazione G.R. 1996/2006, stabilisce un minimo di 21 giorni come condizione necessaria al raggiungimento dello status di bio-stabilizzato.

⁵³ In questa fase si raggiunge l’igienizzazione della massa.

mezzo di una pala caricatrice, nel fabbricato adiacente, dove subisce la vagliatura (obbligatoria per legge) a $\Phi 50$ mm in un trommel mobile a funzionamento discontinuo⁵⁴.

Figura 24: Unità mobile di vagliatura finale a 50mm.



Da questa operazione fluisce un sovrvallo (6-7 %) smaltito in discarica con C.E.R. 19 12 12, mentre il sottovaglio acquisisce la denominazione di F.O.S. (frazione organica stabilizzata), utilizzata per la ricopertura giornaliera della discarica adiacente.

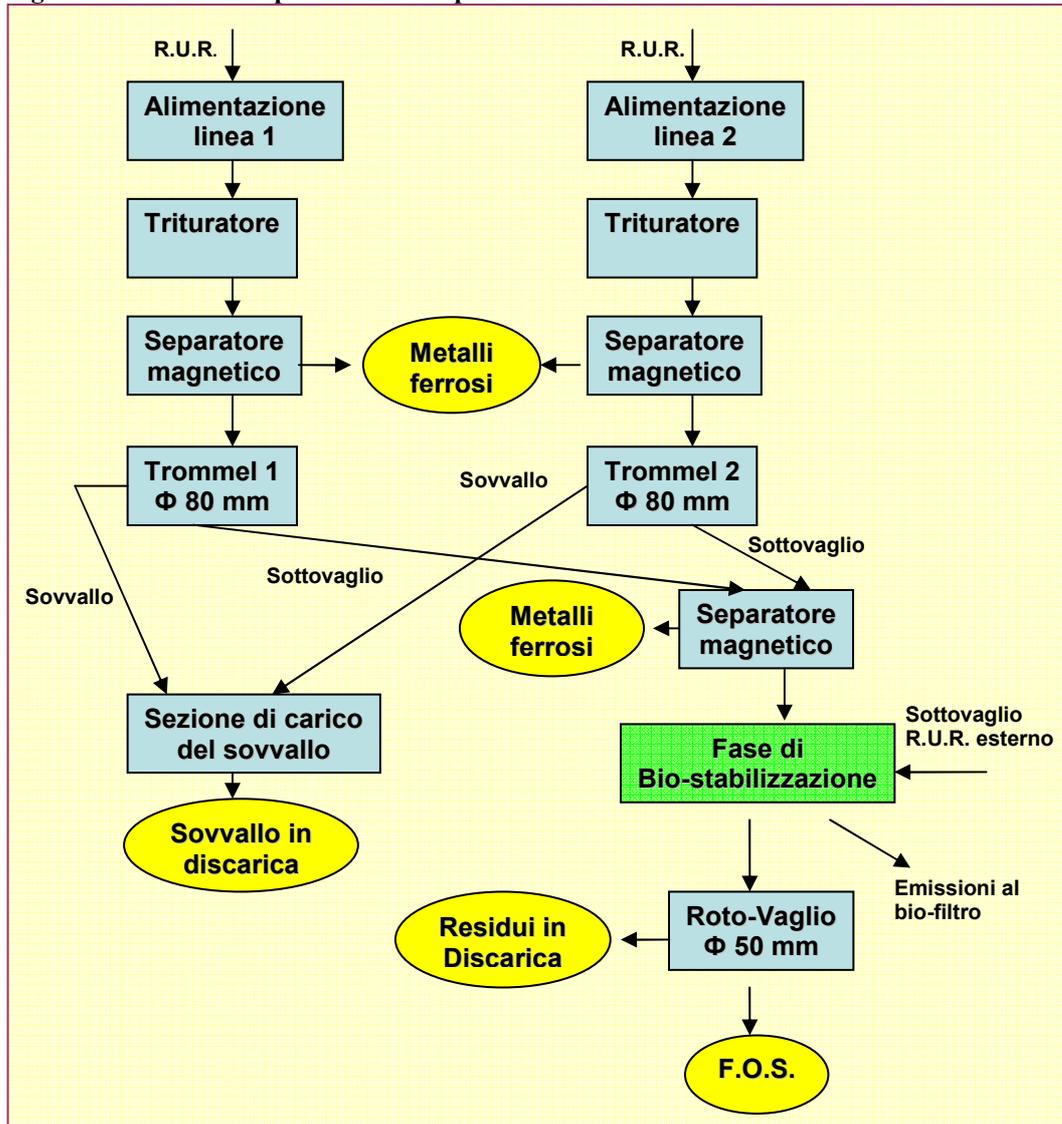
Figura 25: F.O.S. stoccata alla fine del processo.



⁵⁴ Come previsto dalla normativa regionale (vedi paragrafo 1.6).

Alla fase di bio-stabilizzazione aerobica afferiscono anche una decina di t/anno di frazione organica separata meccanicamente, proveniente da altri impianti di pretrattamento del R.U.R., a questo punto per sintesi, si propone lo schema a blocchi dell'impianto.

Figura 26: Schema semplificato dell'impianto di Tremonti



Il processo meccanico viene monitorato da una cabina di controllo, insieme ad altri parametri come l'areazione e i tempi di bio-stabilizzazione dei sottovagli, mentre il carico delle linee e il rivoltamento non è dotato di alcun tipo di automazione, e quindi segue gli orari di lavoro del personale dell'impianto.

3.3 Trattamento aria e acque di processo

Dal punto di vista della gestione delle emissioni e dei fabbisogni di aria di processo, l'impianto si avvale di un sistema di ventilatori con potenze differenti e seguenti uno schema ben definito.

La sezione di fabbricato dove avviene lo scarico degli automezzi, quella dove avvengono i trattamenti meccanici, e quella di raffinazione per ottenere F.O.S., vengono mantenute in depressione⁵⁵ da 3 ventilatori che, in fase aspirante, convogliano l'aria verso il processo di areazione forzata. Inoltre, sono mantenute in aspirazione puntuale anche alcuni macchinari che generano polveri, il flusso aspirato, in questo caso, subisce una depolverazione ad opera di un filtro a maniche ad aria pulsata, prima di unirsi a quello citato in precedenza.

Figura 27: Filtro a maniche con scuotimento ad aria pulsata.



⁵⁵ In modo da contenere il più possibile gli odori e la diffusione di polveri.

A questo punto, l'aria convogliata dai 4 ventilatori, viene inviata tramite i fori presenti nelle platee alla massa in fase di bio-stabilizzazione, la prevalenza necessaria viene data da 10 ventilatori da 5 kW ciascuno. In questo modo è possibile associare ad ogni soffiante un settore delle platee, in caso di manutenzione, si escluderà quindi solo la disposizione di materiale nel settore medesimo.

Figura 28: Particolare del locale contenente le soffianti da 5 kW.



L'aria soffiata dal fondo delle platee funge sia da controllo della temperatura, evacuando il calore sviluppatosi nel cumulo, sia per prevenire o limitare l'instaurarsi di condizioni anaerobiche⁵⁶ all'interno della massa.

La somministrazione d'aria in questa fase è temporizzata con cicli on-off, tarati sull'esperienza procedurale dell'impianto, approssimativamente il fabbisogno orario si aggira sui 100000 m³/ora, con una richiesta maggiore in inverno⁵⁷ rispetto all'estate, per via della minor capacità di rimozione dell'umidità dai cumuli.

L'aria esausta nel fabbricato adibito alla bio-stabilizzazione viene aspirata dall'alto tramite una condotta posta sul lato che ospita il portone di uscita, che rimanendo spesso aperto, presenta più rischi di fuga per le emissioni.

⁵⁶ Causa principale di emissioni odorigene.

⁵⁷ In presenza di aria fredda e umida in ingresso all'impianto.

Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

L'aspirazione avviene tramite due grossi ventilatori da 80 kW ciascuno, ubicati in un locale posto tra i due biofiltri a sud dell'impianto.

Figura 29: Locale soffianti in testa alla sezione di bio-filtrazione.



L'aria esausta, carica di umidità e di composti odorigeni, viene così spinta verso i due biofiltri, per subire la depurazione della maggior parte delle sue componenti impattanti.

Figura 30: Uno dei due biofiltri in azione.



I biofiltri sono del tipo aperto, economici e più semplici da gestire, il materiale filtrante è biologicamente attivo, ma poco putrescibile, con basso contenuto di frazioni dimensionali fini e basso odore residuo.

Per quanto riguarda la gestione delle acque formatesi o utilizzate nell'impianto, esse vengono suddivise in 4 categorie, in particolare: 2 percolati e 2 acque di pioggia e dilavamento piazzali.

All'interno della categoria dei percolati, si riscontrano il colaticcio proveniente dalle fosse di scarico (in testa all'impianto) e il colaticcio raccolto dalla fase di bio-stabilizzazione; tramite due pompe, questi due reflui vengono mandati ad una vasca di stoccaggio e periodicamente vengono smaltiti come percolati di processo (19 05 99⁵⁸). Il secondo percolato, invece, è quello proveniente dal biofiltro, il quale bisogna di un certo quantitativo di acqua per rimanere umido e quindi funzionare correttamente; quando vi è acqua in eccesso, viene rilasciato un percolato sul fondo, stoccato e periodicamente smaltito.

L'umidità del letto bio-filtrante è un parametro importante, che si deve mantenere tra il 40 e il 60 % in peso, in modo da evitare cali di prestazione e problemi operativi associati tanto a bagnatura eccessiva (elevate perdite di carico, sviluppo di zone anaerobiche per la riduzione dell'interfaccia gas/liquido, dilavamento dei nutrienti), che insufficiente (riduzione dell'attività batterica ed insorgenza di vie preferenziali del gas per eccessiva compattazione del materiale di supporto).

Per quanto riguarda invece la gestione delle acque di pioggia, esse vengono raccolte e convogliate verso 2 vasche di sedimentazione in serie, per poi essere pronte ad un eventuale consumo interno (ad esempio per il ripristino dell'umidità del biofiltro nelle stagioni più calde).

L'impatto ambientale complessivo dell'impianto di trattamento meccanico biologico, risulta piuttosto contenuto; l'ubicazione del sito, in adiacenza ad una discarica in un contesto collinare prevalentemente agricolo, e i presidi ambientali utilizzati insieme agli accorgimenti di processo, garantiscono un buon rispetto degli standard legislativi e l'assenza di contrasti con la popolazione circostante.

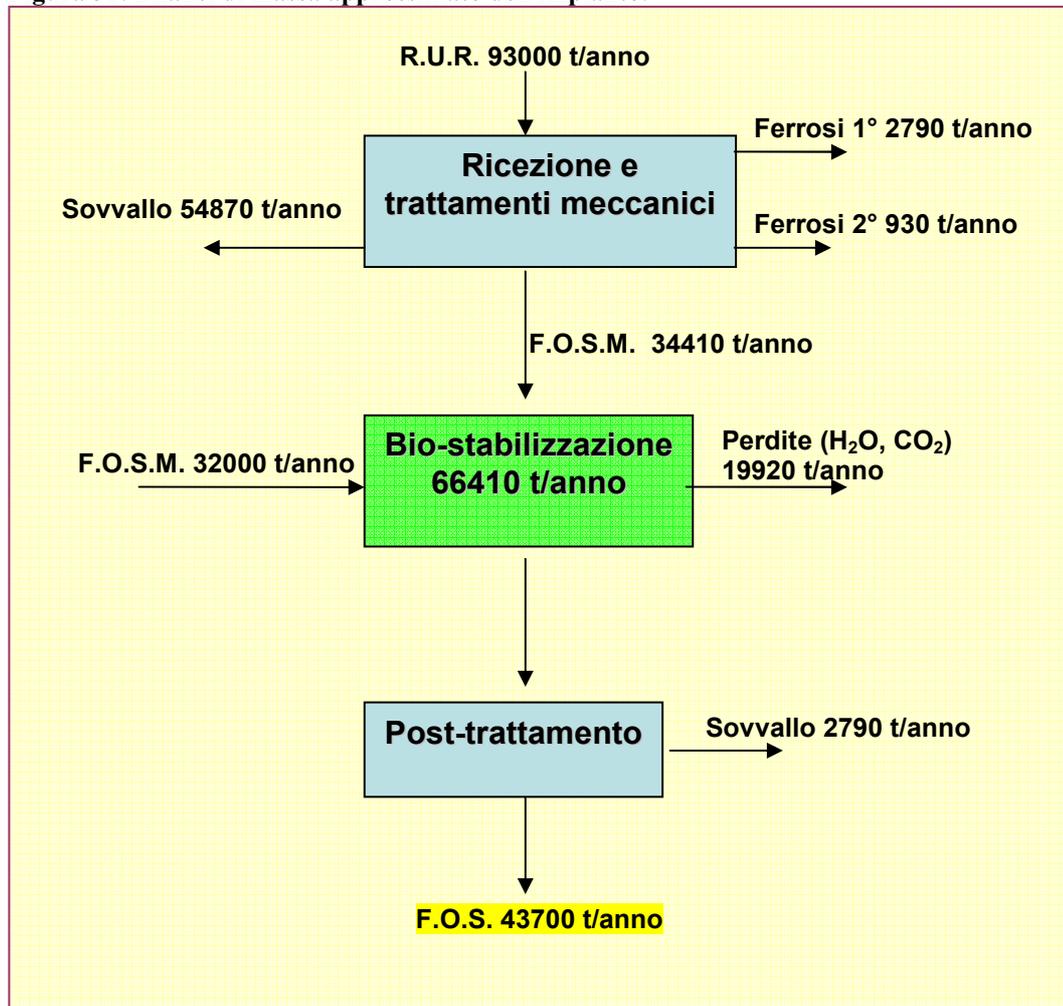
⁵⁸ Categoria: rifiuti prodotti dal trattamento aerobico di rifiuti solidi, non specificati altrimenti.

3.4 Considerazioni

A completamento della descrizione del processo, in questo paragrafo viene proposto un sintetico bilancio di materia dell'impianto, in relazione ai valori riscontrati in ingresso per l'anno 2008, posto che la capacità di trattamento autorizzata è di 150000 t/anno al trattamento meccanico, e 67500 t/anno per la fase di bio-stabilizzazione.

L'impianto accoglie, oltre ad un consistente flusso di R.U.R. dal bacino di Imola, anche un flusso di frazione organica da selezione meccanica (F.O.S.M.) proveniente da altri impianti di trito-vagliatura del gruppo AKRON.

Figura 31: Bilanci di massa approssimato dell'impianto.



Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

Da notare come sia rasentata la capacità di trattamento autorizzata alla sezione di bio-stabilizzazione, questo avviene perché quasi il 50% in ingresso a tale stadio arriva da altri impianti fuori bacino.

Entrambi i sovralli vengono smaltiti nella discarica adiacente con codice C.E.R. 19 12 12, mentre i metalli recuperati, ammontanti a 3720 t/anno vengono avviati ad impianti appositi per il recupero; la F.O.S. ricavata corrisponde a 43700 t/anno e viene utilizzata per la copertura giornaliera della discarica adiacente.

Per i sovralli, specialmente quelli derivanti dalla prima vagliatura (con fori circolari Φ 80 mm), potrebbe essere conveniente il recupero energetico, trattandosi principalmente di una miscela di plastiche, carta e povera di umido; le 54870 t/anno ne fanno un flusso consistente, inoltre questo sarebbe in linea con la gerarchia della gestione integrata dei rifiuti, che vede il conferimento in discarica esclusivamente come ultima ipotesi.

Tale scelta, che raddoppierebbe il rendimento di recupero dell'impianto, risulta per il momento accantonata, in quanto non vi sono impianti di termovalorizzazione nelle vicinanze; da segnalare anche la proroga del divieto di smaltimento per i rifiuti con p.c.i. > 13 MJ/kg, la quale agevola il protrarsi di questo smaltimento diretto in discarica di una frazione con alto potere calorifico.

Figura 32: La discarica adiacente all'impianto T.M.B.



Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

I consumi elettrici dell'impianto nell'arco di un anno ammontano a circa 2000 MWh, le principali voci a riguardo sono le due macchine per la riduzione dimensionale e i due ventilatori in testa ai biofiltri.

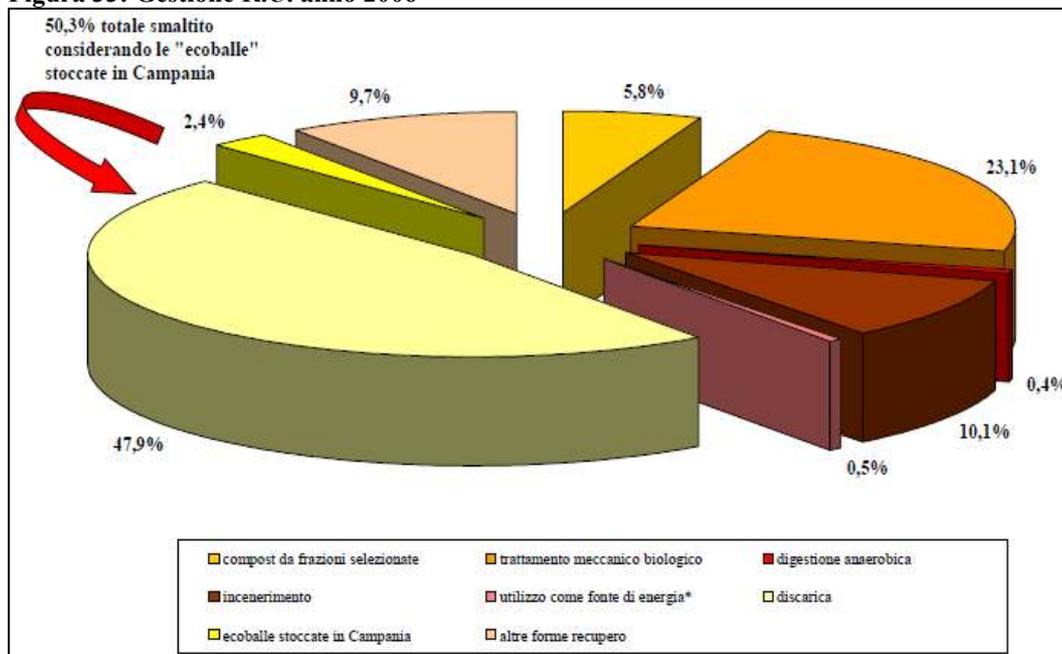
L'operatività di questo impianto vede il trattamento meccanico accettare e processare rifiuti per 8 ore al giorno dal lunedì al venerdì, e per altre 6 ore il sabato, salvo eventuali manutenzioni causanti il fermo di una delle due linee; mentre l'impiantistica nella sezione di bio-stabilizzazione, come ovvio, lavora in continuo.

Capitolo 4

Capacità di trattamento degli impianti esistenti, evoluzioni tecnologiche e prospettive

La gestione dei R.U.R. in Italia, nel 2006 vede ancora primeggiare la discarica, con più del 50% (se si considerano anche le “ecoballe” stoccate in Campania da diversi anni⁵⁹).

Figura 33: Gestione R.U. anno 2006

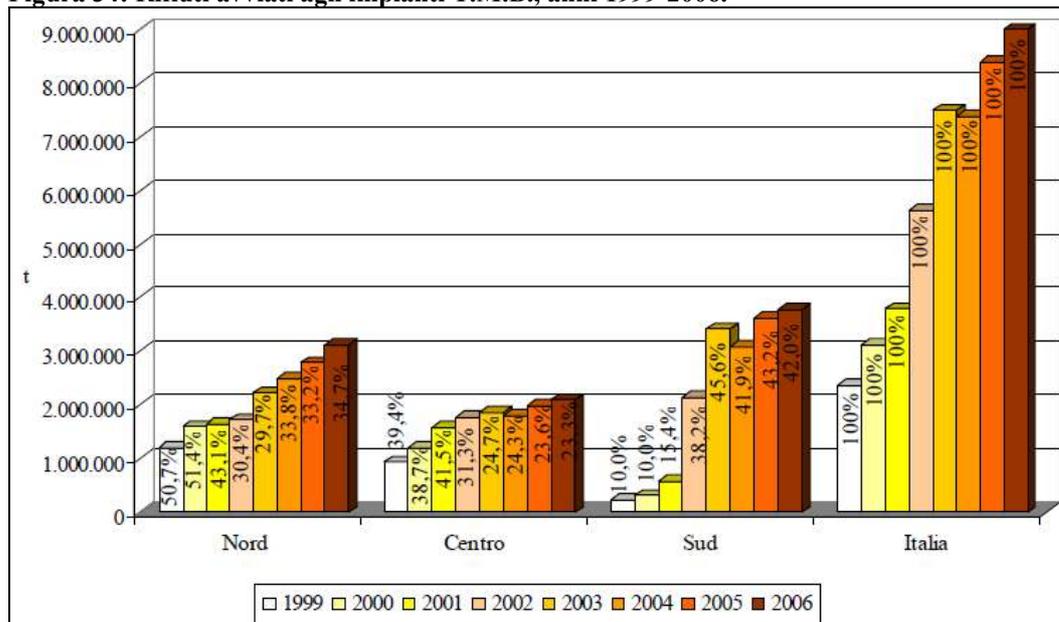


I rifiuti sottoposti a T.M.B. nel 2006, ammontano a 9 milioni di tonnellate rappresentando il 23% del totale, e facendo rilevare, rispetto al precedente anno, un incremento del 7%. Il numero di impianti censiti nello stesso periodo, pari a 128, rimane invariato rispetto all'anno 2005, mentre, il numero di impianti operativi passa da 109 a 114.

⁵⁹ La normativa europea stabilisce che i rifiuti sottoposti a forme di stoccaggio temporaneo debbano essere avviate alla successiva forma di gestione, al massimo, entro un anno. Il protrarsi dello stoccaggio in Campania delle cosiddette “ecoballe” dovrebbe, pertanto, indurre a considerare i quantitativi stoccati nel quadriennio 2002-2005, come smaltiti in discarica.

La figura seguente analizza i quantitativi di rifiuti in ingresso agli impianti di trattamento meccanico biologico, nel periodo 1999-2006, nelle tre macro aree geografiche. L'incremento registrato nell'ultimo anno è da attribuirsi, in maniera più rilevante, ai quantitativi di rifiuti gestiti negli impianti del Nord e del Centro che aumentano, rispettivamente, del 12% e del 6%. Inoltre, è possibile riscontrare una grossa crescita di tali impianti nel sud del paese nel biennio 2002-2003.

Figura 34: Rifiuti avviati agli impianti T.M.B., anni 1999-2006.



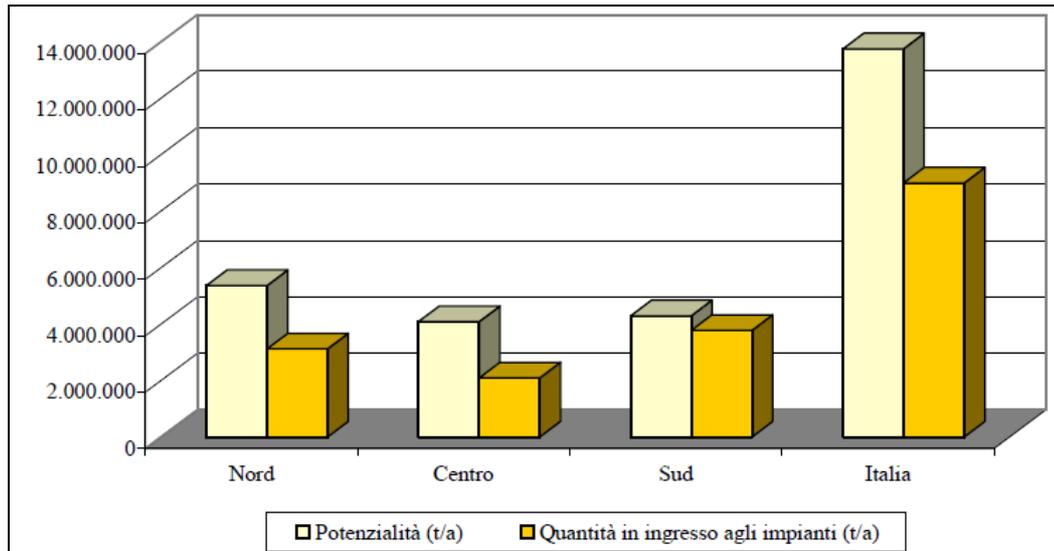
Il grafico successivo, analizza con riferimento all'anno 2006 e alle tre macro aree geografiche, le potenzialità ed i quantitativi dei rifiuti indifferenziati trattati. Questo, è di fondamentale importanza per prevedere un incremento notevole di rifiuti indirizzato a tali impianti, la capacità autorizzata a livello nazionale, infatti, sfiora i 14 milioni di t/anno, a fronte dei 9 milioni di t/anno attualmente conferiti, questi dati fanno dell'Italia il primo paese europeo per capacità di trattamento.

I quantitativi dei rifiuti indifferenziati avviati a T.M.B., nonché la distribuzione e la potenzialità dei relativi impianti mostrano, nelle tre macro aree geografiche, un andamento più uniforme. Infatti, nelle regioni del Sud, a fronte di un numero di impianti operativi pari a 32 unità e di una potenzialità complessiva di circa 4,3 milioni di tonnellate, il quantitativo di rifiuti indifferenziati in ingresso agli impianti ammonta a 3,8 milioni di tonnellate. Al Centro, dove sono 29 gli impianti in esercizio e la potenzialità risulta pari a 4,1 milioni di tonnellate, si registra un

Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

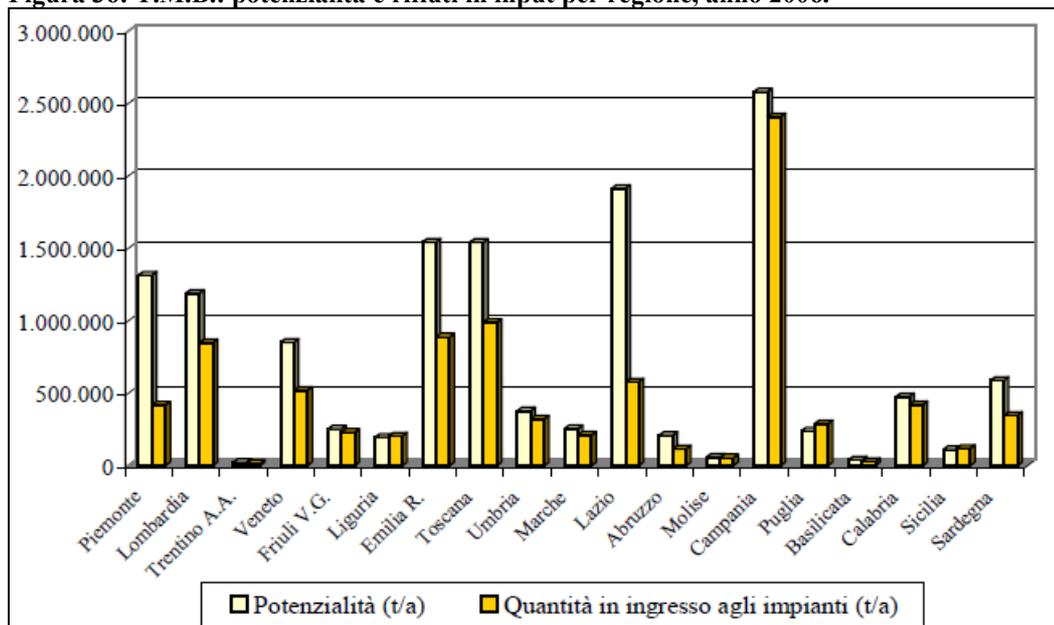
quantitativo di rifiuti trattati di circa 2,1 milioni di tonnellate. Al Nord, invece, dove gli impianti operativi sono 53, per una potenzialità totale di 5,4 milioni di tonnellate, nel corso dell'anno 2006 sono state trattate 3,1 milioni di tonnellate di rifiuti.

Figura 35: T.M.B. per macroaree geografiche, anno 2006.



Quanto sopra evidenziato è ulteriormente riscontrabile nel prossimo grafico, che analizza, nel dettaglio regionale, le potenzialità degli impianti ed i quantitativi di rifiuti indifferenziati gestiti.

Figura 36: T.M.B.: potenzialità e rifiuti in input per regione, anno 2006.



Nel Nord, i rifiuti in ingresso agli impianti coprono la potenzialità installata complessiva per il 58%. In tale area, l'Emilia-Romagna è la regione dotata del maggiore numero di impianti operativi, con una potenzialità di 1,5 milioni di tonnellate ed un quantitativo di rifiuti pari a circa 890.000 tonnellate (il 10% del totale a livello nazionale). L'incremento dei quantitativi gestiti in questa regione, nell'ultimo anno, è del 26,8%. In Lombardia, dove i rifiuti sottoposti a T.M.B. (circa 850.000 tonnellate) costituiscono una quota del 9,4% rispetto al totale dei rifiuti indifferenziati trattati in ambito nazionale, l'aumento è pari al 14%. Diverso è, invece, l'andamento relativo al Veneto dove, nel 2006, sono state trattate poco più di 520.000 tonnellate di rifiuti indifferenziati, con una flessione, rispetto alla gestione dell'anno 2005, del 12%.

Nel Centro del Paese, la Toscana è la regione in cui vengono gestiti i quantitativi più rilevanti di rifiuti indifferenziati (circa l'11% sul totale nazionale); nell'anno 2006, gli impianti T.M.B. presenti in questa regione, a fronte di una potenzialità di 1,5 milioni di tonnellate, hanno trattato circa 990.000 tonnellate di rifiuti.

Gli impianti localizzati nelle regioni del Sud, hanno, invece, operato all'88% della potenzialità complessiva. In tale area, emerge la Campania dove la gestione commissariale ha previsto il T.M.B. per gran parte dei rifiuti indifferenziati. In questa regione, dove la potenzialità è pari a circa 2,6 milioni di tonnellate, le quantità trattate (2,4 milioni di tonnellate), che rappresentano circa il 27% del totale dei rifiuti gestiti in ambito nazionale, fanno rilevare un decremento del 4,6%. Tale flessione è dovuta ai minori quantitativi di rifiuti indifferenziati trattati dall'impianto nel comune di Tufino, operativo fino al mese di luglio 2006.

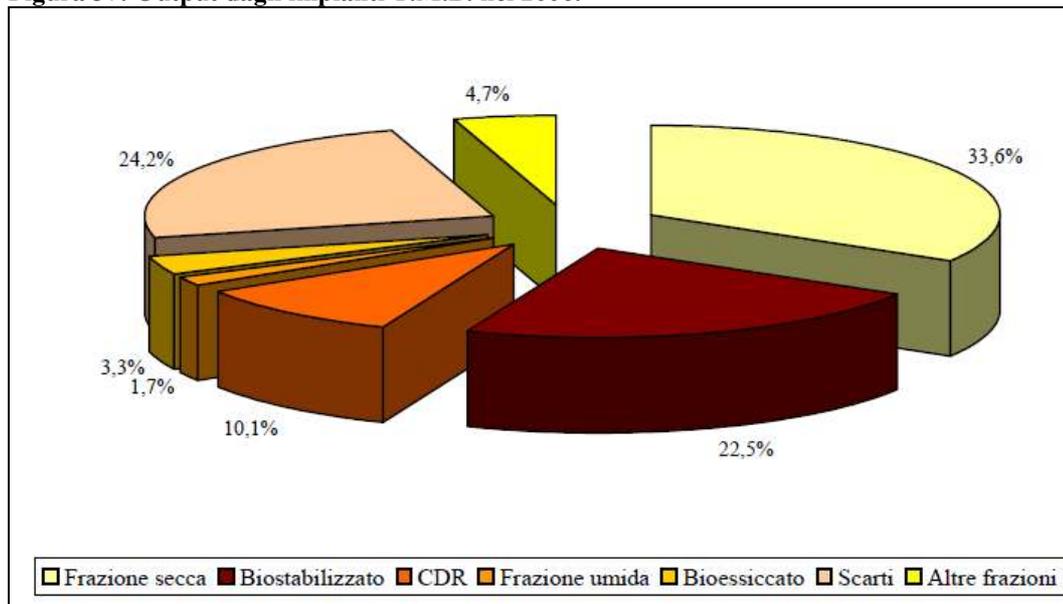
In altre regioni, quali la Puglia (289.000 tonnellate di rifiuti trattati), e la Sicilia (circa 119.000 tonnellate), gli impianti, nel 2006, operando al di sopra delle rispettive potenzialità, hanno incrementato i quantitativi di rifiuti in ingresso per una quota pari, rispettivamente, al 26% e al 19%.

Le diverse frazioni che costituiscono l'output degli impianti di trattamento meccanico biologico, ammontano, complessivamente, a 7,7 milioni di tonnellate.

Nel prossimo grafico, viene mostrato il dettaglio relativo ai materiali in uscita dagli impianti. La frazione secca, pari a 2,6 milioni di tonnellate, costituisce circa

il 34% dell'output complessivo, mentre la frazione bio-stabilizzata (1,7 milioni di tonn.) incide per una quota del 22,5%. Il C.D.R. prodotto (779.021 tonn.) costituisce il 10% e gli scarti il 24% del totale dei materiali in uscita. La frazione bio-essiccata e la frazione umida costituiscono, rispettivamente, il 3% e l'1,7% dell'output totale, mentre, altre frazioni quali, metalli, plastiche, legno, rappresentano, complessivamente, il 4,7% dei residui in uscita dagli impianti T.M.B. .

Figura 37: Output dagli impianti T.M.B. nel 2006.



Per quanto attiene alla situazione impiantistica relativa alla produzione di C.D.R., il numero degli impianti censiti nell'anno 2006 è pari a 61, di cui 25 localizzati nelle regioni del Nord, 25 al Centro e 11 al Sud. Gli impianti operativi con produzione di C.D.R. sono 39, mentre, quelli autorizzati, ma non attivi, ammontano a 16; sono, inoltre, in corso di realizzazione 6 ulteriori impianti.

La potenzialità complessiva degli impianti è pari, nel 2006, a 6,2 milioni di tonnellate.

Le tipologie di trattamento meccanico biologico aerobico dei rifiuti indifferenziati, attualmente, utilizzate in Italia sono, come già ricordato in altri paragrafi, il trattamento a "differenziazione di flussi" ed il trattamento a "flusso unico". Dei 114 impianti in esercizio, nell'anno 2006, sono 20 quelli che utilizzano quest'ultima tipologia di trattamento, mentre, gli impianti che utilizzano il trattamento a differenziazione di flussi sono 72.

4.1 Sviluppi futuri

Oltre alla quantità di rifiuti residui da trattare con i T.M.B., soggetta a oscillazioni di vario genere, è la qualità degli stessi che fa registrare bruschi mutamenti spazio-temporali. La tipologia della raccolta differenziata adottata e l'educazione dei cittadini nell'effettuarla giocano un grande ruolo; si è già accennato nei capitoli introduttivi ai driver legislativi che impongono di rispettare numerosi targets, anche se la situazione da nord a sud del paese cambia drasticamente.

L'applicazione di modelli intensivi di R.D.(comprensiva di raccolta intensiva dell'umido) comporterà una riduzione della produzione specifica di R.R., ed un aumento marcato del suo potere calorifico per sottrazione della frazione putrescibile.

Queste sono le motivazioni per pensare sempre di più alla flessibilità come requisito necessario da applicare ai sistemi di trattamento dei rifiuti urbani.

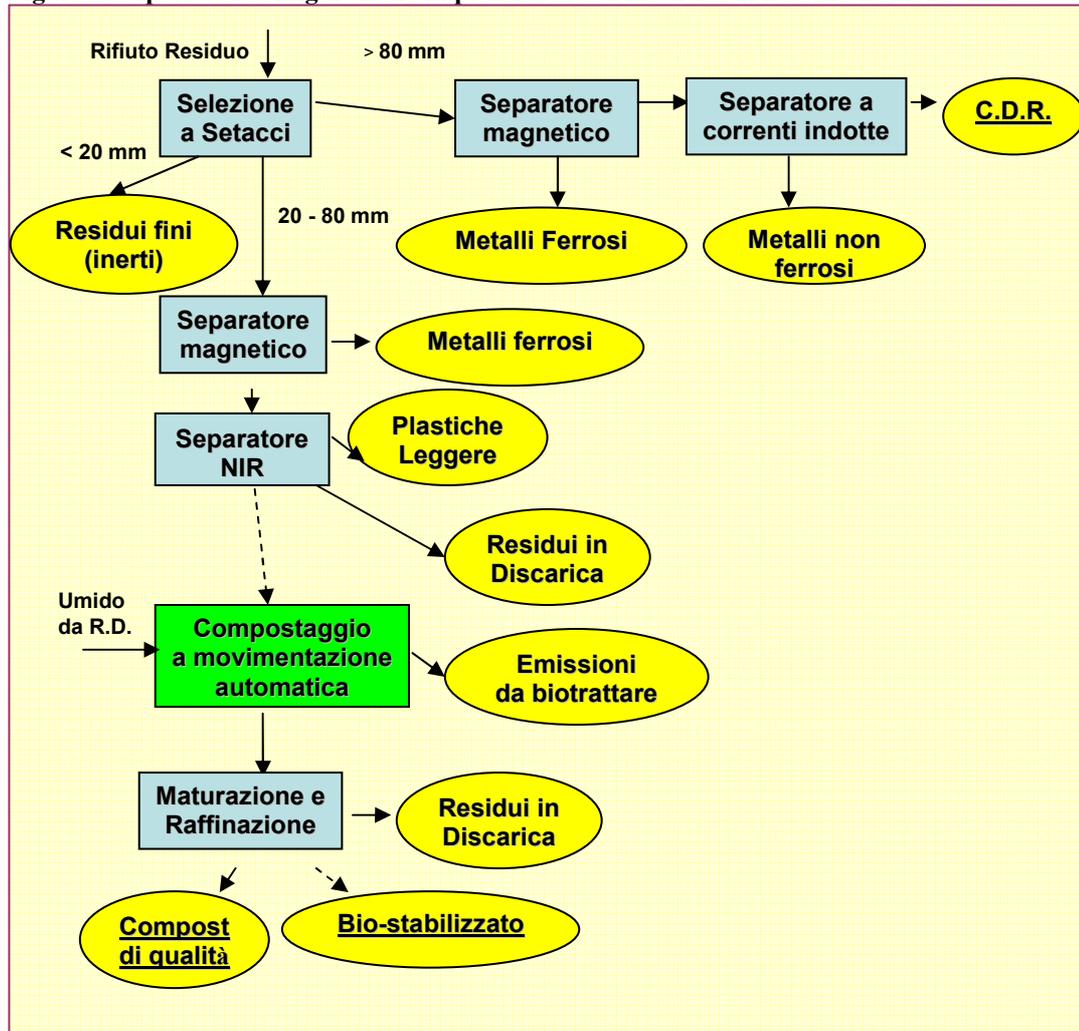
Proprio in quest'ottica i T.M.B. possono proporsi come utili elementi di flessibilità sistemica , da una parte infatti, possono velocemente adattarsi ad una progressiva quanto auspicata riduzione dei rifiuti (a differenza del termovalorizzatore); dall'altra , gli elementi di sovrapposizione tecnologica-gestionale (nel caso di processi biologici aerobici) rendono naturalmente vocati tali impianti ad una conversione al trattamento mediante compostaggio dei rifiuti organici selezionati all'origine.

In altre parole, un possibile futuro di questi impianti può essere, in un contesto di R.D. su percentuali "trevigiane", quello di occuparsi di raffinare e trattare in una linea il R.U.R. e nell'altra preparare compost di qualità : un impianto "T.M.B. a doppia vocazione". Già dalla sezione iniziale dell'impianto si terranno separati i due flussi , umido⁶⁰ da R.D. e Rifiuto residuo, adibendo il vaglio iniziale al flusso dei rifiuti indifferenziati, al fine di separare la frazione ultra fine (< 20 mm), e incanalando il sovrallo a tutta quella cascata di trattamenti meccanici che avrebbero lo scopo di recuperare riciclabili e di destinare il residuo ad incenerimento o allo smaltimento in discarica.

⁶⁰ Anche detta F.O.R.S.U.

Altrimenti, si potrebbe convogliare un range dimensionale 20 - 80 mm verso la linea di compostaggio, ipotizzando una preventiva separazione dei metalli e della plastica tramite separatore NIR, ma sarebbe impossibile ottenere un compost di qualità⁶¹.

Figura 38: Ipotesi di configurazione impiantistica con intensiva R.D. della frazione umida.



Ovviamente, risulterebbe conveniente evitare di trattare biologicamente il R.U.R., nel caso in cui questo non contenga, se non in tracce, quantitativi di materiale putrescibile, è per questo che nello schema sopra esposto si è scelto un tratteggio. Oppure, tenendo separate le andane, si potrebbe prevedere un passaggio preventivo del R.U.R. al biologico con una bioessiccazione accelerata (max. 10

⁶¹ Per utilizzi agricoli ed eventualmente certificabile C.I.C. .

giorni), per poi procedere con un raffinamento meccanico (privo di separatore NIR) con lo scopo di produrre bio-essiccato o C.D.R. con buon potere calorifico.

Da sottolineare come per queste due soluzioni, vi sia bisogno di uno spazio sufficientemente grande “in-situ” da adibire ad aia per il finissaggio della F.O.R.S.U. in uscita dalla fase di bio-ossidazione accelerata⁶².

Altra strada futura, per i trattamenti meccanici biologici, potrebbe essere rappresentata dal “revamping⁶³” di alcuni impianti, specialmente quelli a flussi separati⁶⁴, per produrre combustibili ricchi di frazione biogenica.

In sintesi, grazie alle incentivazioni di cui gode l’energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (Certificati Verdi su tutti), anche la frazione organica dei rifiuti urbani, rientrando nelle biomasse, se utilizzata come combustibile può seguire una strada indirizzata al recupero energetico.

A tale proposito, è stato proposto di modificare il tipico impianto a flussi separati, specialmente nel ramo biologico che si occupa del sottovaglio, convertendone il processo che tipicamente è di bio-stabilizzazione (3-5 settimane), in uno di bio-essiccazione; in questo modo, si ricaverebbe un C.D.R. ricchissimo di componente biogenica a bassa umidità ed alto potere calorifico, e in quanto tale, destinabile alla termovalorizzazione.

Questa proposta, potrebbe prendere piede specialmente nelle realtà dove le raccolte differenziate non sono ancora mature (< 30 %), dove le raccolte intensive dell’umido sono ancora un traguardo insperato, ed inoltre ove si possa avere richiesta di C.D.R. nelle vicinanze, evitando poi di dover smaltire il tutto in discarica per mancanza di impianti.

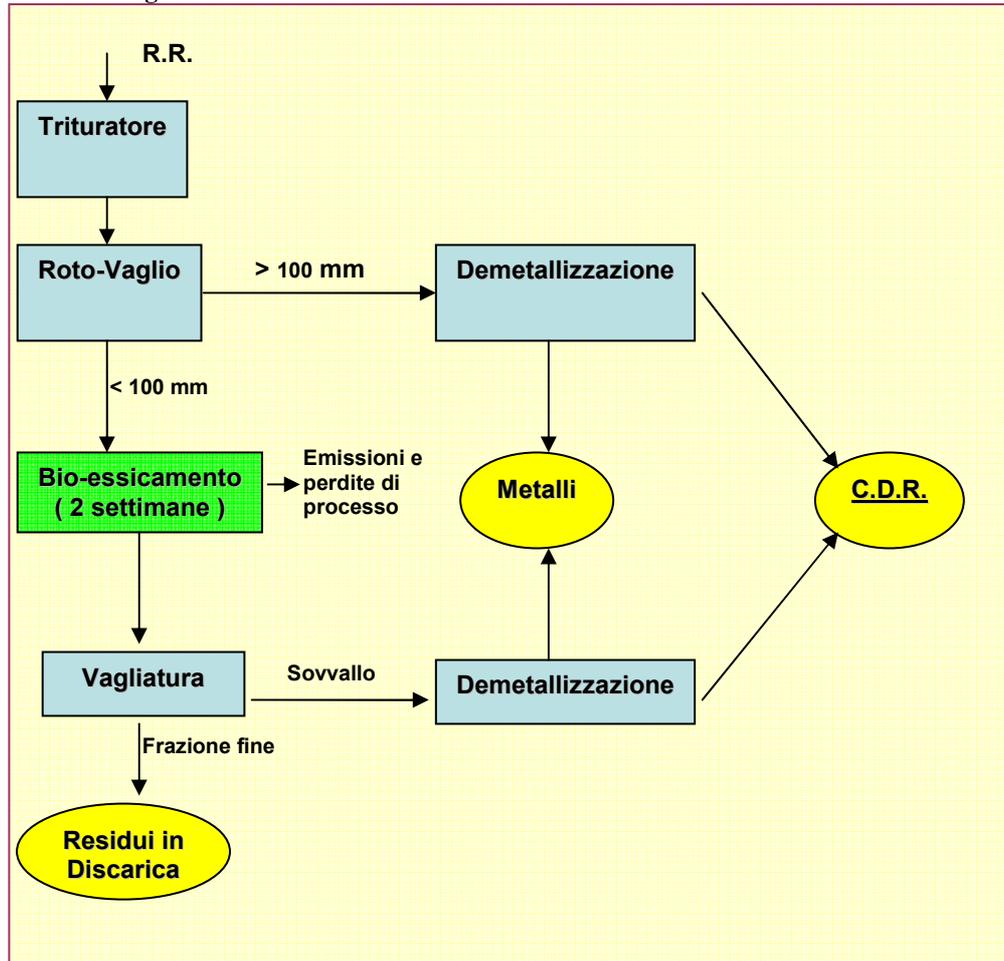
Entrando nel dettaglio: la separazione dei flussi avverrebbe grazie ad un vaglio che discrimina sulla base di fori da 100 mm, e non più di 60-80 mm come negli impianti classici M.B.F.S., il sovrallo che ne scaturirebbe, è in genere costituito da materiali molto combustibili, potrebbe così essere mandato ad un trattamento unicamente meccanico.

⁶² In gergo tecnico : A.C.T. .

⁶³ Termine che indica un ammodernamento ed un ricondizionamento dell’impianto stesso, spesso riutilizzandone le attrezzature già in uso.

⁶⁴ Per semplicità chiamati in letteratura: M.B.F.S.

Figura 39: Ipotesi di "revamping" di impianto a flussi separati, per ottenere C.D.R. ricco di frazione biogenica.



Il sottovaglio, il cui flusso sarà sensibilmente aumentato (causa allargamento dei fori del vaglio) , verrebbe inviato alla fase biologica che diverrebbe di bio-essiccazione della durata di due settimane circa, con lo scopo di ridurre umidità (minor putrescibilità) e mantenere alto il contenuto carbonioso relazionata al potere calorifico.

Il materiale bio-essiccato, verrebbe ulteriormente vagliato per eliminare la frazione fine (generalmente contenente inerti), dopo di che verrebbe alimentato alla fossa C.D.R. , in questo modo si otterrebbero due flussi di combustibile: uno proveniente dal solo trattamento meccanico ed uno proveniente da materiale secco con elevata concentrazione di materiale organico. La percentuale di frazione biogenica contenuta ed incentivabile, verrebbe determinata tramite campionamenti periodici e con dissoluzione chimica della biomassa.

I pregi del revamping proposto consisterebbero nel:

- Riutilizzare la gran parte delle apparecchiature già presenti nell'impianto T.M.B. ;
- Diminuire sensibilmente la quantità di materia che nel ciclo integrato di gestione dei rifiuti, finirebbe in discarica ;
- Ottenere un combustibile che, una volta utilizzato, usfruirebbe per una buona parte dei certificati verdi (CV), rendendolo interessante dal punto di vista economico.

Come aspetto parzialmente negativo, è d'uopo riscontrare il raddoppio della quantità di rifiuto destinato all'incenerimento, che in alcune aree del paese non troverebbe sufficiente disponibilità di impianti, date le ostilità espresse dalle comunità che li andrebbero ad ospitare.

Conclusioni

Lo scopo della presente trattazione, è stato quello di far luce sulla realtà del trattamento dei rifiuti urbani residui (R.U.R.) operata dai trattamenti meccanici biologici in Italia; partendo dai dati statistici sulla produzione di rifiuti, necessari per quantificare i numeri in gioco, si è dedicato ampio spazio all'inquadramento normativo.

Infatti, è stato proprio questo che ha dato lo “spin” necessario al settore della gestione dei rifiuti per migliorarsi e per rientrare progressivamente all'interno di standard ambientali sempre più rispettosi e sostenibili; capofila di tutta la normativa, è senz'altro la 1999/31/CE (cosiddetta “direttiva discariche”) seguita da numerosi altri provvedimenti, anche se si riscontra la mancanza di una direttiva integrata per il settore dei bio-rifiuti, attesa da anni, e le consuete proroghe dei criteri di accettabilità in discarica.

Specificato questo, sono stati passati in rassegna tutti gli aspetti micro e macro legati ai T.M.B., sia aerobici che anaerobici, le tecnologie utilizzate, i prodotti, gli scarti e la gestione degli impatti ambientali da essi derivati.

Nel terzo capitolo, è stato riportato il caso reale di un impianto situato nel territorio Emiliano-Romagnolo, del tipo a bio-stabilizzazione, una descrizione che ne ha rivelato l'estrema semplicità gestionale e il basso impatto ambientale.

Nell'ultimo capitolo, partendo sempre dai dati statistici sulle potenzialità impiantistiche e sui numeri legati ai T.M.B., si è cercato di delineare un percorso evolutivo per questa tipologia di impianti, facendo leva su due diversi aspetti impiantistico-gestionali, e correlati al successivo mutamento delle condizioni a contorno, per esempio, nei numeri e nelle modalità delle raccolte differenziate effettuate.

Sarà proprio questo il punto centrale su cui basare le future pianificazioni in materia di gestione degli R.S.U., una ricetta che non sarà unica, infatti, persiste l'estrema variabilità presente sul territorio italiano, dal Lombardo-Veneto alle

Regioni Meridionali (anche se non mancano gli esempi positivi, spesso incentivati come risposta a situazioni di crisi, *Salerno docet*).

Ne deriva un'identità del T.M.B. multiforme, in relazione al contesto ed alle opportunità locali, anche in prospettiva di un pieno sviluppo della gestione integrata dei rifiuti. Da notare, come si dovrà puntare sempre di più alla raccolta dell'umido (eventualmente con porta a porta), e ad una sua valorizzazione tramite compostaggio di qualità o tramite impianti T.M.B. con digestione anaerobica; questo per rispettare quell'obiettivo del 65 % di raccolta differenziata fissato per il 2012, che altrimenti risulterebbe di difficile raggiungibilità.

Difficile poi, considerare il T.M.B. come “bacchetta magica” per evitare termovalorizzatori e discariche come da alcuni auspicato, infatti il suo ruolo è più vicino ad una funzione di pre-trattamento, funzionale al recupero di materia, al recupero energetico e alla collocazione di materiale pre-trattato in discarica.

Grazie alla sua flessibilità, questa tecnologia risulta essenziale nelle situazioni di emergenza e nel breve termine, mettendo a disposizione in tempi relativamente brevi (circa un anno per un impianto “chiavi in mano”), capacità di trattamento ed abbattimento della fermentiscibilità, anticipando nel tempo gli effetti virtuosi della riduzione dei R.U.B. immessi in discarica.

Inoltre, i T.M.B. risultano convertibili progressivamente con il crescere delle raccolte differenziate, senza quindi crearvi ostacolo o pressione, essendo convertibili con poche varianti ad impianti di compostaggio di qualità.

Una classe di T.M.B. più difficile da realizzare è quella con digestione anaerobica, in quanto la delicatezza di alcuni apparati impiantistici, va a scontrarsi con il variegato flusso di materiali indesiderati, con numerosi problemi di fermo-impianto e di danneggiamento delle apparecchiature.

La digestione anaerobica sembra più vocata ad ospitare F.O.R.S.U., fanghi e ad altri flussi separati all'origine, rispetto al R.U.R., anche se non mancano le eccezioni.

Riassumendo, i trattamenti meccanici biologici possono assicurare:

- La sollecita attivazione dei sistemi di pre-trattamento dei rifiuti da conferire in discarica, con una diminuzione degli impatti;
- La produzione di flussi ad elevato potere calorifico, destinabili al recupero energetico in impianti dedicati o (nel caso di lavorazione a C.D.R.) in co-combustione;
- La flessibilità di sistema necessaria ad accompagnare la crescita delle raccolte differenziate, che trova presso gli impianti T.M.B. già capacità di trattamento biologico per la F.O.R.S.U. ;
- La possibilità di insediare sul territorio impiantistica capace di trattare in maniera conveniente, anche con bassa capacità operativa (vedi i distretti e i territori a bassa densità abitativa).

Bibliografia

Adani et al. - *Recupero per uso energetico della frazione biogenica dei rifiuti urbani in seguito al revamping di impianti di trattamento meccanico biologico a flussi separati* - tratto da Rifiuti Solidi RS. N.1 gennai-febbraio 2008.

Apat-O.N.R. - *Rapporto Rifiuti 2007*. 2008 ;

Arpa E.R. - *La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna Report 2008*. 2008 ;

Cavallo R. - *Politica Europea dei rifiuti: una gestione basata su una forte gerarchia*. 2008 ;

Centemero M., Grosso M., Vismara R. – *Compost ed energia da biorifiuti*. 2009
Ed. Dario Flaccovio

CESI. - *Metodi di classificazione e caratterizzazione dei combustibili derivati dai rifiuti* ;

Champel M., Efremenko B., Kallassy M. , Veolia - *Waste processing: the status of mechanical and biological treatment* ;

Citec - *Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani*. 2002 Ed. Hyper ;

Confalonieri A. - *Il T.M.B. : valutazione e coerenza con il sistema delle raccolte differenziate*. 2006 ;

ENEA - *Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia*. 2006 ;

ENEA , C.I.C. - *Tecnologie emergenti e gestione odori nel compostaggio*. 2001 ;

ENEA - *Una nuova filiera per la valorizzazione dei rifiuti: l'uso del combustibile derivato da rifiuti nella propulsione navale*. 2008 ;

European IPPC Bureau - *Best available techniques reference documents for the waste treatments industries*. 2005;

Favoino E., Piccinini S. , Legambiente - *Energia dai rifiuti senza CO₂ : la gestione sostenibile degli scarti organici* ;

Greenpeace Italia, Rete nazionale rifiuti zero - *Gestione a freddo dei rifiuti: lo stato dell'arte delle alternative all'incenerimento per la parte residua dei rifiuti municipali*. 2005 ;

Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D.: tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico.

Juniper - *Mechanical Biological Treatment: a guide for decision makers, processes, policies & markets.* 2005

Stegmann R. - *Mechanical biological pretreatment of municipal solid waste.* 2005
by Cisa.

Ubbiali C., Adani F. – La misura della stabilità biologica in impianti di trattamento per la produzione di compost e di biostabilizzato. In M. Centemero (ed). *La produzione di ammendante compostato in Italia.* C.I.C., Bologna. 2005.

Siti Web Consultati

<http://www.osservatorionazionale rifiuti.it>

<http://www.apat.gov.it>

<http://www.arpa.emr.it>

<http://www.regione.emilia-romagna.it>

<http://www.rifiutilab.it>

<http://www.ambientediritto.it>

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

<http://www.borsarifiuti.com>

<http://www.compost.it>

Ringraziamenti

Prima di tutto desidero ringraziare il mio relatore, la Professoressa Alessandra Bonoli, per avermi dato la possibilità di svolgere il presente lavoro di tesi nell'ambito della gestione dei rifiuti, e alla Akron S.p.A. per avermi mostrato la realtà applicativa in oggetto; ho sempre avuto una particolare curiosità in questo ambito e spero che questa tesi sia solo l'inizio di un lungo cammino nel settore.

Un ringraziamento sentito alla mia famiglia, per il sostegno economico, e la totale fiducia nel mio percorso accademico, ai genitori Tiziano e Patrizia, la nonna Giulia, lo zio Azio e la cugina Laura.

Un biennio specialistico diviso tra due Atenei: Modena e Bologna; quest'ultimo mi ha dato gli stimoli per proseguire e per pormi con maggior interesse verso il lato pratico delle cose, anche se a Modena ho lasciato i compagni di corso più cari: su tutti il "Nonno", Sassi e Pollo.

Grazie anche al formidabile gruppo di studio della biblioteca Estense con il quale ho sempre condiviso le piccole grandi sfide insite nella vita dello studente, e con cui spesso si discuteva di materie a me ignote (filosofia, medicina, psicologia... etc), ma nettamente interessanti.

Ai miei più cari amici: Alessandra, Duke, Albert, Bob, Gilles, Nando, Elisa, Vally, Togna, Eleo, Ceciona, Ciccio, "la miccia" e chi più ne ha, più ne metta!

E come dimenticare le mie principali attività extra-studio.. grazie agli amici musicisti A.R. e KKBB, e agli amici "Omini Verdi" della politica con cui ho investito moltissimo tempo e versato paioli di sudore, il motto non è casuale: mai muler, tin dur!

Come degna conclusione di questa pagina, desidero ringraziare Ilaria per avermi supportato e sopportato, la mia ragazza, la mia veterinaria, la numero 720 dell'albo, per intenderci...