

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA GESTIONALE**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E DEI  
MATERIALI**

**TESI DI LAUREA**

in

*Valorizzazione delle Risorse Primarie e Secondarie LS*

**ANALISI DEL CICLO DI VITA DELLA GESTIONE**

**INTEGRATA DEI RIFIUTI:**

**IL CASO DEL COMUNE DI OLIVETO CITRA**

**CANDIDATO**  
Michela Nigro

**RELATORE:**  
Chiar.ma Prof.ssa Alessandra Bonoli

**CORRELATORE**  
Dott.ssa Ing. Federica Pantaleoni  
Chiar.ma Prof.ssa Cristina Mora

Anno Accademico 2009/2010

Sessione I

---



# INDICE

INTRODUZIONE .....	1
Capitolo 1 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....	4
1.1 Produzione e gestione dei rifiuti in Italia.....	4
1.2 La nuova direttiva europea .....	7
1.3 La normativa nazionale.....	9
1.3.1 Competenze dello Stato .....	13
1.3.2 Competenze delle Regioni .....	18
1.3.3 Competenze delle Province .....	20
1.3.4 Competenze dei Comuni.....	21
1.4 Regione Campania: crisi dei rifiuti, leggi e ordinanze commissariali .....	22
1.4.1 Provincia di Salerno: attuazione dell'O.P.C.M. n.3812/2009 .....	33
Capitolo 2 SISTEMI DI RACCOLTA E DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI .....	35
2.1 Principali tipologie di sistemi di raccolta .....	35
2.1.1 La raccolta Porta A Porta (PAP).....	37
2.1.2 La raccolta stradale .....	38
2.1.3 Le Isole Ecologiche .....	40
2.1.4 Le Stazioni Ecologiche Attrezzate (SEA) .....	43
2.2 Principali tipologie di trattamento dei rifiuti .....	43
2.3 Trattamenti a caldo .....	46
2.3.1 L'incenerimento.....	47
2.3.2 Pirolisi .....	53
2.3.3 Gassificazione .....	55
2.4 Trattamento a freddo.....	58
2.4.1 Fase di pre-trattamento meccanico .....	62
2.4.2 Fase principale di trattamento biologico.....	65
2.4.3 Fase di post-trattamento meccanico.....	71
2.4.4 Prodotti e scarti in uscita.....	76
2.5 Messa in discarica .....	82
Capitolo 3 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI RIFIUTI TRAMITE LA METODOLOGIA LCA .....	83
3.1 L'analisi LCA .....	83
3.1.1 Definizione.....	83
3.1.2 Tipologie di analisi e approcci .....	87
3.2 Fasi dell'analisi LCA .....	89
3.2.1 Definizione degli scopi e degli obiettivi .....	90
3.2.2 Analisi di inventario del ciclo di vita (LCI).....	94
3.2.3 Valutazione degli impatti ambientali (LCIA).....	97
3.2.4 Interpretazione dei risultati e analisi di miglioramento .....	104
3.3 Strumenti software .....	105
3.3.1 Database per LCA.....	109
3.3.2 SimaPro 6.0.....	111

---

Capitolo 4 CASO STUDIO: IL COMUNE DI OLIVETO CITRA .....	125
4.1 La Provincia di Salerno .....	125
4.2 Il Comune di Oliveto Citra .....	128
4.2.1 La gestione dei rifiuti solidi urbani nel comune di Oliveto Citra.....	129
4.2.2 Piattaforme di conferimento convenzionate .....	137
4.3 Smaltimento dei rifiuti residuali .....	140
4.3.1 Gli impianti campani: da impianti TBM a impianti S.T.I.R.....	140
4.3.2 S.T.I.R. di Battipaglia: descrizione funzionale dell'impianto .....	143
Capitolo 5 REVISIONE DEL SISTEMA DI CONFERIMENTO DEI RIFIUTI RESIDUALI : VALUTAZIONE DEI COSTI LOGISTICI E ANALISI LCA ..	146
5.1 Descrizione scenario attuale .....	147
5.2 Descrizione scenario alternativo.....	148
5.3 Valutazione dei costi logistici e confronto tra i due scenari.....	148
5.3.1 Scenario attuale.....	149
5.3.2 Scenario alternativo .....	152
5.3.3 Confronto tra i due scenari .....	154
5.4 Applicazione della metodologia LCA per la valutazione dell'impatto ambientale.....	154
5.4.1 Definizione degli scopi e degli obiettivi.....	154
5.4.2 Analisi di inventario .....	156
5.4.3 Analisi degli impatti .....	159
5.4.4 Analisi dei risultati e valutazione dei miglioramenti.....	167
CONCLUSIONI.....	168
BIBLIOGRAFIA E SITI CONSULTATI .....	172
RINGRAZIAMENTI .....	173

## INTRODUZIONE

Negli ultimi venti anni, in seguito all'aumentare della produzione procapite di rifiuti, al fine di promuovere un uso sostenibile delle risorse, si è intervenuti rafforzando l'iter legislativo, aumentando e affinando le metodologie di trattamento per lo smaltimento finale.

Gli approcci moderni prevedono che per affrontare il problema dei rifiuti, è necessario ottimizzare l'intero ciclo di vita dei rifiuti, da monte a valle. La soluzione ideale al problema va cercata, innanzitutto, nei sistemi integrati di smaltimento incentivando la riduzione del quantitativo di rifiuti da smaltire, il riutilizzo, il riciclaggio, il recupero energetico e la minimizzazione dell'impatto ambientale.

La priorità va data senza alcun dubbio alla riduzione della produzione dei rifiuti, favorendo il riutilizzo, il recupero e il riciclaggio attraverso la raccolta differenziata; tuttavia, anche nel caso in cui il sistema di gestione utilizzato risulti efficiente in termini di percentuali di raccolta, è possibile intervenire su altri livelli del ciclo di vita al fine di ridurre l'impatto ambientale prodotto dal sistema integrato dei rifiuti, comprendente la raccolta, il trasporto e lo smaltimento finale.

In questo lavoro di tesi è stato analizzato il sistema di gestione dei rifiuti solidi urbani ed assimilati adottato nel Comune di Oliveto Citra (SA). In particolare, sulla base di tale analisi, è stata proposta un'alternativa di miglioramento al sistema attualmente utilizzato per il conferimento della frazione indifferenziata in grado di consentire un'organizzazione di tale servizio più conveniente in termini sia economici sia ambientali.

Il presente elaborato è stato sviluppato in cinque capitoli.

Nel Capitolo 1, dopo una breve panoramica sulla produzione dei rifiuti italiani, si è passato ad analizzare la normativa, europea ed italiana, che regola la gestione dei rifiuti in Italia; in particolare, è stata esposta la nuova direttiva europea e il D.Lgs 156/2006, approfondendo i compiti che spettano allo Stato, alle Regioni, alle Province e ai Comuni. Dal momento che nell'elaborato è stato analizzato il sistema di gestione dei rifiuti di un comune salernitano, si è ritenuto opportuno fare un breve excursus su quanto avvenuto durante l'emergenza rifiuti, sulle leggi e le ordinanze

emanate al fine di superarla, mettendo in evidenza che, al contrario di quanto avviene nel resto della Campania, ad oggi, ma anche in piena emergenza, la città di Salerno e i comuni salernitani perseguono sistemi “virtuosi” di raccolta differenziata. Proprio in questi giorni, infatti, Salerno si è aggiudicata il premio “Comuni Ricicloni” come miglior capoluogo di provincia dell’area sud; oltre alla città di Salerno, rientrano tra i comuni virtuosi 84 comuni salernitani, tra cui Oliveto Citra, con una percentuale di raccolta differenziata pari al 56,41%.

Nel Capitolo 2 sono state analizzate le diverse tipologie di sistemi di raccolta: PAP, stradale, isola ecologica, stazione ecologica attrezzata. Successivamente, sono stati analizzati i sistemi di trattamento dei rifiuti residuali: sistemi a caldo (incenerimento, pirolisi, gassificazione), sistemi a freddo e messa in discarica. L’idea di focalizzarsi solo sui trattamenti che possono subire i rifiuti residuali è scaturita dal fatto che tale frazione merceologica è stata oggetto d’analisi in questo lavoro. Per ciò che concerne i sistemi a freddo si è deciso di concentrarsi solo sui Trattamenti Meccanici Biologici, in quanto i rifiuti indifferenziati prodotti nel comune di Oliveto Citra subiscono un trattamento simile.

Nel Capitolo 3 sono state descritte le fasi da seguire per condurre un’analisi LCA. Dopo una breve panoramica sui possibili softwares da utilizzare per tale analisi, si è parlato nello specifico del SimaPro 6.0, il software utilizzato per il seguente studio, evidenziando tutte le sue caratteristiche e i metodi di valutazione d’impatto che sono stati utilizzati nell’analisi LCA effettuata.

Nel Capitolo 4 partendo dall’analisi del territorio provinciale e comunale, si è proseguito analizzando dettagliatamente la gestione dei rifiuti solidi urbani nel comune di Oliveto Citra, approfondendo per ogni frazione merceologica le modalità di raccolta, i mezzi utilizzati per la raccolta e il trasporto, il conferimento finale.

Da questa prima analisi è emerso che per la frazione indifferenziata e i rifiuti cartacei viene utilizzata una modalità di conferimento differente rispetto a quelle utilizzate per le altre tipologie di rifiuti. Nella parte finale del capitolo, dopo aver dato delle brevi informazioni sulle diverse piattaforme di conferimento convenzionate, si è parlato in maniera più approfondita dell’impianto S.T.I.R. di Battipaglia (SA) in cui vengono conferiti i R.U.R., oggetto dell’analisi che è stata effettuata.

Nel capitolo 5 è stata confrontata l'attuale modalità di conferimento della frazione secca presso la rispettiva piattaforma di conferimento, il Consorzio di Bacino SA3, con una alternativa di miglioramento, in modo tale da valutare la possibilità di ottimizzare gli attuali costi logistici e l'eventuale riduzione dell'impatto ambientale legato al trasporto di questa frazione merceologica presso l' impianto di smaltimento. Lo stesso tipo di analisi poteva essere effettuata per i rifiuti cartacei; tuttavia, per mancanza di dati si è deciso di concentrarsi solo sui rifiuti residuali.

## **Capitolo 1**

### **QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

#### **1.1 Produzione e gestione dei rifiuti in Italia**

Le problematiche connesse alla produzione di rifiuti hanno assunto, negli ultimi decenni, proporzioni sempre maggiori in relazione al miglioramento delle condizioni economiche, al veloce progredire dello sviluppo industriale e all'incremento della popolazione e delle aree urbane. La produzione dei rifiuti è, infatti, progressivamente aumentata, quale sintomo del progresso economico e dell'aumento dei consumi; inoltre, la diversificazione dei processi produttivi ha generato la moltiplicazione della tipologia dei rifiuti, con effetti sempre più nocivi per l'ambiente. La problematica rappresentata dall'aumento delle quantità di rifiuti non può, infatti, essere arginata solamente tramite una gestione più efficiente ed un maggiore tasso di riciclo; emerge, in maniera sempre più netta, l'esigenza di analizzare e gestire il problema rifiuti inserendolo all'interno di una strategia integrata di sviluppo sostenibile, che abbia come obiettivo principale, l'uso razionale e sostenibile delle risorse.

Secondo il rapporto ISPRA 2009 la produzione nazionale dei rifiuti urbani si attesta, nell'anno 2008, a poco meno di 32,5 milioni di tonnellate mostrando, rispetto al 2007, una leggera contrazione (-0,2%), che fa seguito alla sostanziale stabilità già riscontrata tra il 2006 ed il 2007 (+0,1%). Dopo un lungo periodo di crescita si assiste, dunque, ad un'inversione di tendenza nel dato di produzione (Tabella 1e Grafico 1).



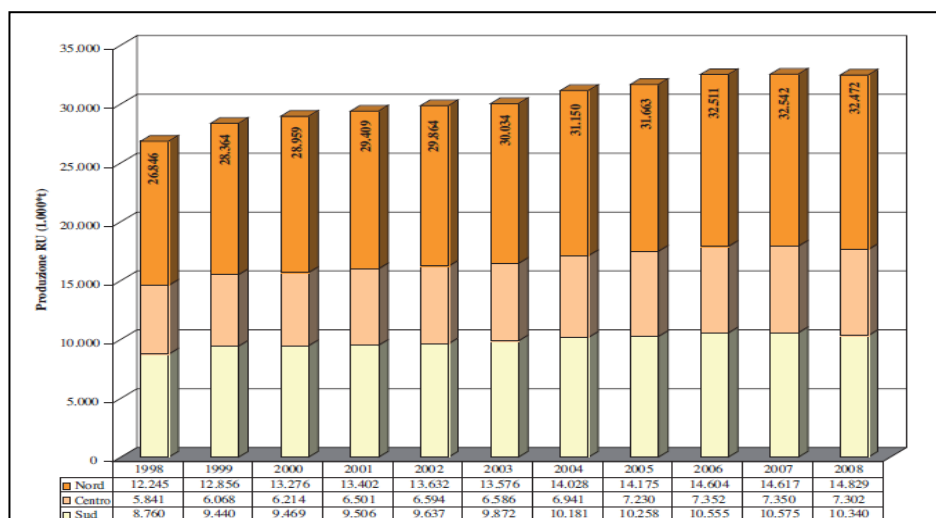


Gráfico 1: Andamento della produzione di rifiuti urbani, anni 1998 – 2008

Regione	2004	2005	2006	2007	2008
	(t)				
Piemonte	2.229.526	2.228.730	2.277.691	2.269.881	2.257.942
Valle d'Aosta	72.632	73.646	74.795	75.755	77.197
Lombardia	4.791.128	4.762.095	4.943.512	4.932.260	5.021.804
Trentino Alto Adige	477.588	477.883	492.253	490.022	505.741
Veneto	2.185.200	2.273.079	2.379.467	2.372.072	2.415.077
Friuli Venezia Giulia	590.302	603.087	598.628	618.592	611.915
Liguria	953.157	967.640	978.416	981.314	988.128
Emilia Romagna	2.728.640	2.788.635	2.858.942	2.876.778	2.951.475
<b>Nord</b>	<b>14.028.173</b>	<b>14.174.795</b>	<b>14.603.704</b>	<b>14.616.674</b>	<b>14.829.279</b>
Toscana	2.492.156	2.523.261	2.562.374	2.552.561	2.545.014
Umbria	477.133	556.528	565.120	565.033	548.219
Marche	824.157	875.571	868.455	875.192	865.465
Lazio	3.147.348	3.274.984	3.355.897	3.357.409	3.343.551
<b>Centro</b>	<b>6.940.794</b>	<b>7.230.344</b>	<b>7.351.846</b>	<b>7.350.195</b>	<b>7.302.249</b>
Abruzzo	678.017	694.088	699.797	697.122	699.265
Molise	122.979	133.365	129.497	129.568	134.712
Campania	2.784.999	2.806.113	2.865.168	2.852.735	2.723.326
Puglia	1.990.453	1.977.734	2.105.449	2.148.328	2.135.211
Basilicata	237.261	228.496	236.926	244.655	228.215
Calabria	944.409	935.620	939.208	943.205	922.259
Sicilia	2.544.316	2.607.788	2.717.967	2.695.198	2.650.411
Sardegna	878.183	875.206	860.966	864.068	846.664
<b>Sud</b>	<b>10.180.617</b>	<b>10.258.410</b>	<b>10.554.978</b>	<b>10.574.879</b>	<b>10.340.063</b>
<b>Italia</b>	<b>31.149.584</b>	<b>31.663.549</b>	<b>32.510.527</b>	<b>32.541.749</b>	<b>32.471.591</b>

Tabella 1: Produzione procapite di rifiuti urbani per regione, anni 2004 - 2008

Va rilevato, inoltre, che l'andamento della produzione dei rifiuti urbani può essere legato a diversi fattori; si osserva, ad esempio, una correlazione, più o meno evidente nei differenti anni, tra andamento della produzione degli RU e trend degli indicatori socio economici, quali prodotto interno lordo e spese delle famiglie residenti.

Un ulteriore fattore che può incidere, in maniera anche sostanziale, sul dato complessivo di produzione dei rifiuti urbani è la tendenza, più o meno marcata nei diversi contesti territoriali e a livello di singolo comune, ad assimilare, ai rifiuti urbani stessi, diverse tipologie di rifiuti speciali derivanti dai circuiti produttivi.

Questi rifiuti, in accordo con i regolamenti comunali, vengono in diversi casi raccolti nell'ambito dei sistemi di gestione dei rifiuti provenienti dal ciclo urbano e sono, dunque, computati tra gli RU, incidendo in maniera non trascurabile sul dato di produzione annuale di questi ultimi e sul loro andamento complessivo.

A livello nazionale, la raccolta differenziata raggiunge, nel 2008, una percentuale pari al 30,6% della produzione totale dei rifiuti urbani. Rispetto al 2007, anno in cui tale percentuale si assestava al 27,5% circa, si osserva, dunque, un'ulteriore crescita, sebbene non vengano ancora conseguiti né l'obiettivo fissato dalla normativa per il 31 dicembre 2008 (45%), né quelli previsti per il 2007 ed il 2006 (rispettivamente 40% e 35%).

I target di raccolta differenziata fissati dal D.Lgs 152/2006 e dalla legge 27 dicembre 2006, n. 296 sono, infatti, i seguenti:

- almeno il 35% entro il 31 dicembre 2006;
- almeno il 40% entro il 31 dicembre 2007;
- almeno il 45% entro il 31 dicembre 2008;
- almeno il 50% entro il 31 dicembre 2009;
- almeno il 60% entro il 31 dicembre 2011;
- almeno il 65% entro il 31 dicembre 2012.

La situazione appare, tuttavia, notevolmente diversificata nelle tre macroaree geografiche. Infatti, mentre il Nord, con una percentuale pari al 45,5%, supera l'obiettivo del 45% fissato dalla normativa, il Centro, con il 22,9% ed il Sud, con il 14,7%, risultano ancora decisamente lontani da tale target (Tabella 2, Grafico 2).

	2004		2005		2006		2007		2008	
	1000*t	%	1000*t	%	1000*t	%	1000*t	%	1000*t	%
Nord	4.974,0	35,5	5.378,0	37,9	5.827,1	39,9	6.204,4	42,4	6.747,1	45,5%
Centro	1.269,8	18,3	1.388,2	19,2	1.471,6	20,0	1.529,9	20,8	1.673,2	22,9%
Sud	823,0	8,1	905,8	8,8	1.077,2	10,2	1.225,7	11,6	1.516,9	14,7%
Italia	7.066,8	22,7	7.672,0	24,2	8.375,9	25,8	8.960,0	27,5	9.937,2	30,6%

Fonte: ISPRA

Tabella 2: Raccolta differenziata dei rifiuti urbani macroarea geografica, anno 2004 - 2008

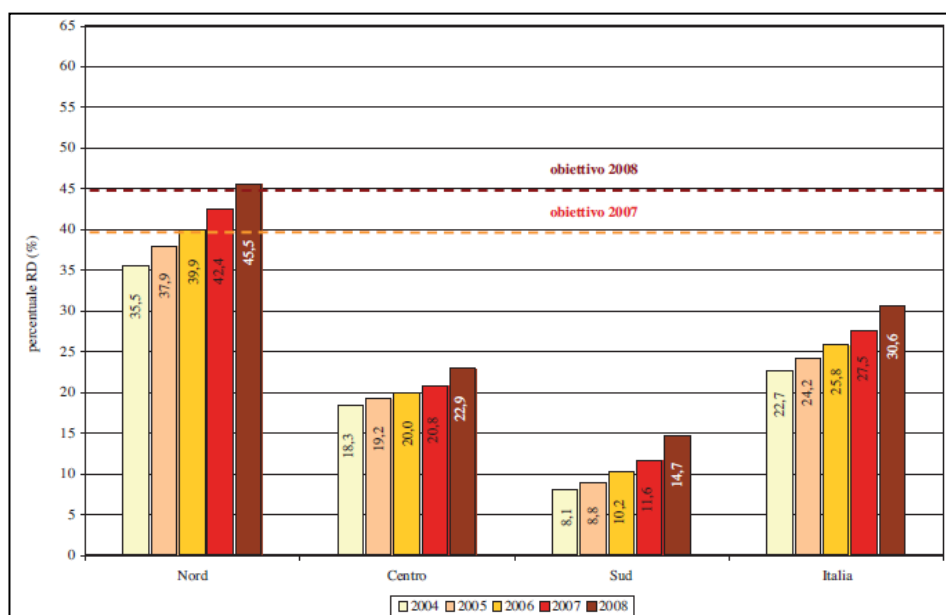


Grafico 2: Andamento della raccolta differenziata dei rifiuti urbani, anno 2004 – 2008

## 1.2 La nuova direttiva europea

La nuova direttiva europea fissa le norme per ridurre la produzione di rifiuti e impone il ricorso alla raccolta differenziata entro il 2015, al fine di aumentare ad almeno il 50% il riutilizzo e il riciclaggio.

Le misure previste si applicano a qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'obbligo di disfarsi secondo le disposizioni nazionali degli Stati membri. Esse non si applicano agli effluenti gassosi e neppure ai rifiuti radioattivi, ai rifiuti minerali, alle carogne di animali e ai rifiuti agricoli, alle acque di scarico e ai materiali esplosivi in disuso ove questi diversi tipi di rifiuti siano soggetti a specifiche regolamentazioni comunitarie.

La normativa, che ha come obiettivo quello di proteggere l'ambiente e la salute umana prevenendo o riducendo gli impatti negativi della produzione e della gestione dei rifiuti, prevede inoltre la definizione di programmi di gestione e prevenzione dei rifiuti e misure in materia di autorizzazioni, responsabilità, sanzioni e ispezione degli impianti.

La direttiva prevede una cooperazione tra Stati membri al fine di creare una rete integrata e adeguata di impianti di smaltimento (tenendo conto delle tecnologie più moderne) che consenta alla comunità di raggiungere l'autosufficienza nello smaltimento dei rifiuti e a ciascuno stato membro di tendere verso questo obiettivo. Questa rete deve permettere lo smaltimento dei rifiuti in uno degli impianti più vicini idonei a garantire un alto grado di protezione dell'ambiente.

Le norme ribadiscono che la politica in materia di rifiuti dovrebbe mirare anche a ridurre l'uso di risorse e, ricordando che la prevenzione dei rifiuti dovrebbe essere una priorità, ribadiscono che il riutilizzo e il riciclaggio dovrebbero preferirsi alla valorizzazione energetica dei rifiuti, in quanto rappresentano la migliore opzione ecologica.

È quindi stabilita una gerarchia di gestione dei rifiuti, con un ordine di priorità:

1. prevenzione: misure che riducono la quantità di rifiuti anche attraverso il riutilizzo dei prodotti o l'estensione del loro ciclo di vita;
2. preparazione per il riutilizzo: operazioni di controllo, pulizia e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento;
3. recupero e lo smaltimento.

La direttiva sottolinea che, nell'applicare questa gerarchia dei rifiuti, gli stati membri devono adottare misure volte a incoraggiare le azioni che danno il miglior risultato ambientale complessivo.

Gli stati membri devono garantire che ogni detentore di rifiuti li consegni ad un raccoglitore privato o pubblico o ad un'impresa di smaltimento oppure provveda egli stesso allo smaltimento, conformandosi alle disposizioni della direttiva.

Le imprese o gli stabilimenti che provvedono al trattamento, allo stoccaggio o al deposito di rifiuti per conto di terzi devono ottenere dall'autorità competente un'autorizzazione in cui siano indicati in particolare i tipi e i quantitativi di rifiuti da trattare, i requisiti tecnici generali e le misure precauzionali da adottare. Periodicamente le autorità competenti possono effettuare controlli sul rispetto delle condizioni di autorizzazione. Le imprese che provvedono al trasporto, alla raccolta,

allo stoccaggio, al deposito o al trattamento dei rifiuti, propri o altrui, sono soggette allo stesso tipo di sorveglianza.

I centri di recupero e le imprese che provvedono esse stesse allo smaltimento dei propri rifiuti devono ottenere anch'essi un'autorizzazione.

Inoltre , secondo il principio "chi inquina paga", i costi della gestione dei rifiuti devono essere sostenuti dal produttore iniziale o dai detentori del momento o dai detentori precedenti dei rifiuti. Gli stati, tuttavia, possono decidere che i costi della gestione dei rifiuti siano sostenuti parzialmente o interamente dal produttore del prodotto causa dei rifiuti e che i distributori di tale prodotto possano contribuire alla copertura di tali costi.

Tra le altre cose previste, anche l'obbligo per gli stati di adottare le misure necessarie per vietare l'abbandono, lo scarico e la gestione incontrollata dei rifiuti attraverso sanzioni efficaci, proporzionate e dissuasive.

Gli stati membri dovranno attuare le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla direttiva entro 24 mesi dalla sua entrata in vigore.

### **1.3 La normativa nazionale**

In Italia le direttive Europee, recepite con il D.L. 22/97 conosciuto come Decreto Ronchi (successivamente abrogato e sostituito con il D.L. 152/06 Parte IV), affrontano la questione dei rifiuti delineando le priorità di azione all'interno di una logica di gestione integrata del problema.

Le priorità da seguire, individuate dall'articolo 179, sono: lo sviluppo di tecnologie pulite, l'ideazione e la messa in commercio di prodotti che non contribuiscano alla produzione di rifiuti ed all'inquinamento, i miglioramenti tecnologici per eliminare la presenza di sostanze pericolose nei rifiuti, il ruolo attivo delle amministrazioni pubbliche nel riciclaggio dei rifiuti.

Il decreto introduce quindi il concetto di gestione integrata dei rifiuti. Lo smaltimento costituisce la fase residuale di tale gestione. Le autorità competenti vengono pertanto invitate a favorire la riduzione dei rifiuti da smaltire attraverso:

- prevenzione nella produzione e minimizzazione dei rifiuti;
- il riutilizzo, il reimpiego e il riciclaggio;
- le altre forme di recupero per ottenere materia prima dai rifiuti;
- misure economiche per favorire il mercato dei prodotti reimpiegati ;
- l'utilizzo dei rifiuti come combustibile per produrre energia.

Gli interventi preventivi per ridurre la quantità di rifiuti prodotti, possono essere attuati sia a livello nazionale che locale e devono essere finalizzati a promuovere:

- il design di nuovi prodotti ed imballaggi;
- la sensibilità e la responsabilità del consumatore sui rifiuti prodotti una volta terminato l'uso del prodotto (soprattutto nei paesi industrializzati);
- la raccolta differenziata;
- il compostaggio.

Il decreto affronta quindi in modo articolato il tema della gestione degli imballaggi post-consumo sostenendo la necessità di svolgere tale attività attraverso la riduzione a monte della produzione e dell'utilizzazione degli imballaggi, l'incentivazione del riciclaggio e del recupero di materia prima, la promozione di opportunità di mercato per l'utilizzazione degli imballaggi recuperati. Il tema è di importanza primaria in considerazione del fatto che gli imballaggi nei rifiuti costituiscono una presenza decisamente rilevante. Sul totale degli imballaggi immessi sul mercato solo il 45,5% viene recuperato attraverso i diversi circuiti dei produttori e distributori. La restante quota finisce di fatto nel monte rifiuti da smaltire.

Le disposizioni normative pongono i presupposti per il superamento di questa situazione. Viene infatti vietato lo smaltimento in discarica se non per ciò che resta dal recupero e dalla selezione e viene vietata l'immissione nel normale ciclo dei rifiuti degli imballaggi "terziari" (ossia quelli necessari per la movimentazione delle

merci). Gli imballaggi secondari (ossia quelli che raggruppano più confezioni di prodotto) non restituiti dal dettagliante all'utilizzatore, possono essere smaltiti solo in raccolta differenziata.

Il decreto ha poi il merito di introdurre alcune precisazioni importanti:

- "...la realizzazione e la gestione di nuovi impianti di incenerimento possono essere autorizzate solo se il relativo processo di combustione è accompagnato da recupero energetico con una quota minima...stabilita con apposite norme tecniche".
- "...è vietato smaltire i rifiuti urbani non pericolosi in regioni diverse da quelle dove gli stessi sono prodotti". La limitazione della possibilità di movimentare i rifiuti potrà sensibilizzare maggiormente le collettività locali in merito alla necessità di gestire nel modo migliore possibile i propri rifiuti negli impianti, vista la non esportabilità.

Nella normativa viene introdotto anche il concetto di ambito territoriale ottimale (ATO) coincidente dove possibile con le province. Tale cosa è fondamentale in quanto definisce il contesto entro il quale i comuni devono organizzare, secondo criteri di efficienza, efficacia ed economicità la gestione dei rifiuti urbani. Il fatto che gli ambiti coincidano con il territorio delle province è coerente con il fatto che il decreto assegna a quest'ultime importanti funzioni di verifica, controllo e vigilanza su tutte le attività di gestione dei rifiuti. La progressività degli obblighi di raccolta differenziata ha poi il compito di consentire ai soggetti incaricati di attrezzarsi in modo adeguato per il perseguimento degli obiettivi indicati.

In osservanza al principio del "chi inquina paga" e con l'intento di sviluppare processi di condivisione delle responsabilità, viene assegnata alla pubblica amministrazione il compito di organizzare la raccolta differenziata e ai produttori ed agli utilizzatori l'obbligo di sostenere il costo della raccolta, della valorizzazione e dello smaltimento degli imballaggi. Quest'ultimo obiettivo viene perseguito attraverso l'obbligo, per produttori ed utilizzatori, di iscrizione a consorzi nazionali.

Viene inoltre istituito il CONAI (Consorzio nazionale imballaggi) i cui compiti sono essenzialmente quelli di definire, in accordo con le pubbliche amministrazioni

interessate, gli ambiti territoriali nei quali rendere operativa la gestione, l'elaborazione di un programma generale per la prevenzione e la gestione, l'organizzazione di campagne informative, la ripartizione, tra produttori ed utilizzatori dei costi della raccolta differenziata, del riciclaggio e del recupero, la stipula di accordi di programma con l'Anci (associazione nazionale comuni italiani).

Infine, viene introdotto un nuovo meccanismo per il calcolo della tariffa sui rifiuti che risponde all'esigenza di redistribuire i costi di raccolta e smaltimento sulla base della quantità di rifiuti effettivamente prodotta.

La tariffa è dovuta da chi a qualsiasi titolo occupa o conduce locali, a qualunque uso adibiti, esistenti nel territorio comunale. Per occupazione si intende la disponibilità anche solo materiale dei locali e delle aree. Si considerano idonei a produrre rifiuti tutti i locali e aree allacciati alla rete di erogazione dell'energia elettrica. La nuova tariffa che sostituisce la TARSU prevede due grandi categorie di utenze: le utenze domestiche (appartamenti) e le utenze non domestiche (locali per uffici o attività commerciali e d'impresa).

E' composta da una parte fissa, legata ai costi sostenuti per l'erogazione del servizio (pulizia e lavaggio delle strade, attività d'igiene ambientale, compresa la gestione dei rifiuti di qualunque natura o provenienza), e una parte variabile legata alla quantità dei rifiuti prodotti, raccolti e smaltiti (raccolta e trasporto dei rifiuti, raccolta differenziata e avvio al recupero, gestione e attività degli impianti di trattamento e smaltimento).

Dunque, i 5 principi fondamentali della normativa :

1. prevenire la produzione di rifiuti;
2. riciclare il materiale organico (compostaggio);
3. riciclare carta, vetro, plastica il più possibile;
4. ricorrere all'incenerimento con recupero dell'energia
5. smaltire in discarica solo i rifiuti inerti e i residui delle attività produttive.



Si riportano di seguito le principali competenze, elencate nel capo II del D.L. del 3 aprile 2006, n. 152 e modificato dal D.L. n. 4/2008 che spettano allo stato, alle regioni, alle province ed ai comuni.

### **1.3.1 Competenze dello Stato**

Gli ambiti delle funzioni statali sono individuati, nel campo più vasto degli competenze posti dal Dlgs 152/2006, dall'art.195, il quale, al comma 1 e 2, attribuisce allo Stato:

- a) le funzioni di indirizzo e coordinamento necessarie all'attuazione della parte quarta del decreto, da esercitare ai sensi dell'articolo 8 della legge 15 marzo 1997, n. 59, nei limiti di quanto stabilito dall'articolo 8, comma 6, della legge 5 giugno 2003, n. 131;
- b) la definizione dei criteri generali e delle metodologie per la gestione integrata dei rifiuti, nonché l'individuazione dei fabbisogni per lo smaltimento dei rifiuti sanitari, anche al fine di ridurre la movimentazione;
- c) l'individuazione delle iniziative e delle misure per prevenire e limitare, anche mediante il ricorso a forme di deposito cauzionale sui beni immessi al consumo, la produzione dei rifiuti, nonché per ridurre la pericolosità;
- d) l'individuazione dei flussi omogenei di produzione dei rifiuti con più elevato impatto ambientale, che presentano le maggiori difficoltà di smaltimento o particolari possibilità di recupero sia per le sostanze impiegate nei prodotti base sia per la quantità complessiva dei rifiuti medesimi;
- e) l'adozione di criteri generali per la redazione di piani di settore per la riduzione, il riciclaggio, il recupero e l'ottimizzazione dei flussi di rifiuti;
- f) l'individuazione, nel rispetto delle attribuzioni costituzionali delle Regioni, degli impianti di recupero e di smaltimento di preminente

interesse nazionale da realizzare per la modernizzazione e lo sviluppo del paese. Nell'individuare le infrastrutture e gli insediamenti strategici di cui al presente comma il Governo procede secondo finalità di riequilibrio socio-economico fra le aree del territorio nazionale. Il Governo indica nel disegno di legge finanziaria ai sensi dell'articolo 11, comma 3, lettera i-ter), della legge 5 agosto 1978, n. 468, le risorse necessarie, anche ai fini dell'erogazione dei contributi compensativi a favore degli Enti locali, che integrano i finanziamenti pubblici, comunitari e privati allo scopo disponibili;

- g) la definizione, nel rispetto delle attribuzioni costituzionali delle Regioni, di un piano nazionale di comunicazione e di conoscenza ambientale;
- h) l'indicazione delle tipologie delle misure atte ad incoraggiare la razionalizzazione della raccolta, della cernita e del riciclaggio dei rifiuti;
- i) l'individuazione delle iniziative e delle azioni, anche economiche, per favorire il riciclaggio e il recupero di materia prima secondaria dai rifiuti, nonché per promuovere il mercato dei materiali recuperati dai rifiuti ed il loro impiego da parte delle Pubbliche amministrazioni e dei soggetti economici;
- l) l'individuazione di obiettivi di qualità dei servizi di gestione dei rifiuti;
- m) la determinazione delle linee guida per la individuazione degli Ambiti territoriali ottimali;
- n) la determinazione, relativamente all'assegnazione della concessione del servizio per la gestione integrata dei rifiuti, d'intesa con la Conferenza Stato-Regioni, delle linee guida per la definizione delle gare d'appalto, ed in particolare dei requisiti di ammissione delle imprese, e dei relativi capitolati, anche con riferimento agli elementi economici relativi agli impianti esistenti;
- o) la determinazione, d'intesa con la Conferenza Stato-Regioni, delle linee guida inerenti le forme ed i modi della cooperazione fra gli enti locali, anche con riferimento alla riscossione della tariffa sui rifiuti urbani

ricadenti nel medesimo ambito territoriale ottimale, secondo criteri di trasparenza, efficienza, efficacia ed economicità;

- p) l'indicazione dei criteri generali relativi alle caratteristiche delle aree non idonee alla localizzazione degli impianti di smaltimento dei rifiuti;
- q) l'indicazione dei criteri generali per l'organizzazione e l'attuazione della raccolta differenziata dei rifiuti urbani;
- r) la determinazione, d'intesa con la Conferenza Stato-Regioni, delle linee guida, dei criteri generali e degli standard di bonifica dei siti inquinati, nonché la determinazione dei criteri per individuare gli interventi di bonifica che, in relazione al rilievo dell'impatto sull'ambiente connesso all'estensione dell'area interessata, alla quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, rivestono interesse nazionale;
- s) la determinazione delle metodologie di calcolo e la definizione di materiale riciclato per l'attuazione dell'articolo 196, comma 1, lettera p);
- t) l'adeguamento della parte quarta del presente decreto alle direttive, alle decisioni ed ai regolamenti dell'Unione europea.

Sono inoltre di competenza dello Stato:

- a) l'indicazione dei criteri e delle modalità di adozione, secondo principi di unitarietà, compiutezza e coordinamento, delle norme tecniche per la gestione dei rifiuti, dei rifiuti pericolosi e di specifiche tipologie di rifiuti, con riferimento anche ai relativi sistemi di accreditamento e di certificazione;
- b) la determinazione dei limiti di accettabilità e delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche di talune sostanze contenute nei rifiuti in relazione a specifiche utilizzazioni degli stessi;
- c) la determinazione e la disciplina delle attività di recupero dei prodotti di amianto e dei beni e dei prodotti contenenti amianto, mediante decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro della salute e con il Ministro delle attività produttive;

- d) la determinazione dei criteri qualitativi e quali-quantitativi per l'assimilazione, ai fini della raccolta e dello smaltimento, dei rifiuti speciali e dei rifiuti urbani. Ai rifiuti assimilati, entro un anno, si applica esclusivamente una tariffazione per le quantità conferite al servizio di gestione dei rifiuti urbani. La tariffazione per le quantità conferite che deve includere, nel rispetto del principio della copertura integrale dei costi del servizio prestato, una parte fissa ed una variabile e una quota dei costi dello spazzamento stradale, è determinata dall'amministrazione comunale tenendo conto anche della natura dei rifiuti, del tipo, delle dimensioni economiche e operative delle attività che li producono. A tale tariffazione si applica una riduzione, fissata dall'amministrazione comunale, in proporzione alle quantità dei rifiuti assimilati che il produttore dimostri di aver avviato al recupero tramite soggetto diverso dal gestore dei rifiuti urbani. Non sono assimilabili ai rifiuti urbani i rifiuti che si formano nelle aree produttive, compresi i magazzini di materie prime e di prodotti finiti, salvo i rifiuti prodotti negli uffici, nelle mense, negli spacci, nei bar e nei locali al servizio dei lavoratori o comunque aperti al pubblico; allo stesso modo, non sono assimilabili ai rifiuti urbani i rifiuti che si formano nelle strutture di vendita con superficie due volte superiore ai limiti di cui all'articolo 4, comma 1, lettera d), del decreto legislativo n. 114 del 1998. Per gli imballaggi secondari e terziari per i quali risulti documentato il non conferimento al servizio di gestione dei rifiuti urbani e l'avvio a recupero e riciclo diretto tramite soggetti autorizzati, non si applica la predetta tariffazione. Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, d'intesa con il Ministro dello sviluppo economico, sono definiti, entro novanta giorni, i criteri per l'assimilabilità ai rifiuti urbani.
- e) l'adozione di un modello uniforme del certificato di avvenuto smaltimento rilasciato dal titolare dell'impianto che dovrà indicare per ogni carico e/o conferimento la quota smaltita in relazione alla capacità autorizzata annuale dello stesso impianto;

- f) la definizione dei metodi, delle procedure e degli standard per il campionamento e l'analisi dei rifiuti;
- g) la determinazione dei requisiti e delle capacità tecniche e finanziarie per l'esercizio delle attività di gestione dei rifiuti, ivi compresi i criteri generali per la determinazione delle garanzie finanziarie a favore delle Regioni;
- h) la riorganizzazione e la tenuta del Catasto nazionale dei rifiuti;
- i) la definizione del modello e dei contenuti del formulario di cui all'articolo 193 e la regolamentazione del trasporto dei rifiuti, ivi inclusa l'individuazione delle tipologie di rifiuti che per comprovate ragioni tecniche, ambientali ed economiche devono essere trasportati con modalità ferroviaria;
- j) l'individuazione delle tipologie di rifiuti che per comprovate ragioni tecniche, ambientali ed economiche possono essere smaltiti direttamente in discarica;
- k) l'adozione di un modello uniforme del registro di cui all'articolo 190 e la definizione delle modalità di tenuta dello stesso, nonché l'individuazione degli eventuali documenti sostitutivi del registro stesso;
- l) l'individuazione dei rifiuti elettrici ed elettronici;
- m) l'adozione delle norme tecniche, delle modalità e delle condizioni di utilizzo del prodotto ottenuto mediante compostaggio, con particolare riferimento all'utilizzo agronomico come fertilizzante, ai sensi della legge 19 ottobre 1984, n. 748, e del prodotto di qualità ottenuto mediante compostaggio da rifiuti organici selezionati alla fonte con raccolta differenziata;
- n) l'autorizzazione allo smaltimento di rifiuti nelle acque marine, in conformità alle disposizioni stabilite dalle norme comunitarie e dalle convenzioni internazionali vigenti in materia, rilasciata dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio su proposta dell'autorità marittima nella cui zona di competenza si trova il porto più vicino al

luogo dove deve essere effettuato lo smaltimento ovvero si trova il porto da cui parte la nave con il carico di rifiuti da smaltire;

- o) l'individuazione della misura delle sostanze assorbenti e neutralizzanti, previamente testate da università o istituti specializzati, di cui devono dotarsi gli impianti destinati allo stoccaggio, ricarica, manutenzione, deposito e sostituzione di accumulatori al fine di prevenire l'inquinamento del suolo, del sottosuolo e di evitare danni alla salute e all'ambiente derivanti dalla fuoriuscita di acido, tenuto conto della dimensione degli impianti, del numero degli accumulatori e del rischio di sversamento connesso alla tipologia dell'attività esercitata.

Dall'analisi delle competenze statali si evince come il legislatore abbia inteso limitare le attribuzioni dello Stato alla definizione dei principi, degli obiettivi generali, delle misure anche economiche necessarie per il raggiungimento degli obiettivi e per l'espansione dei mercati dei materiali recuperati, dei livelli di efficienza dei servizi, della normativa tecnica di applicazione della norma, lasciando alle Regioni ed agli altri Enti locali tutti i restanti compiti di pianificazione e programmazione degli interventi nonché i compiti amministrativi e gestionali.

### **1.3.2 Competenze delle Regioni**

Nel contesto legislativo descritto, le Regioni costituiscono il cardine per la realizzazione del sistema integrato di gestione dei rifiuti. Ad esse vengono attribuite competenze in merito a:

- a) la predisposizione, l'adozione e l'aggiornamento, sentiti le Province, i Comuni e le autorità d'ambito, dei piani regionali di gestione dei rifiuti;
- b) la regolamentazione delle attività di gestione dei rifiuti, ivi compresa la raccolta differenziata dei rifiuti urbani, anche pericolosi, secondo un criterio generale di separazione dei rifiuti di provenienza alimentare e

- degli scarti di prodotti vegetali e animali o comunque ad alto tasso di umidità dai restanti rifiuti;
- c) l'elaborazione, l'approvazione e l'aggiornamento dei piani per la bonifica di aree inquinate di propria competenza;
  - d) l'approvazione dei progetti di nuovi impianti per la gestione dei rifiuti, anche pericolosi, e l'autorizzazione alle modifiche degli impianti esistenti;
  - e) l'autorizzazione all'esercizio delle operazioni di smaltimento e di recupero dei rifiuti, anche pericolosi;
  - f) le attività in materia di spedizioni transfrontaliere dei rifiuti che il regolamento (Cee) n. 259/93 del 1° febbraio 1993 attribuisce alle autorità competenti di spedizione e di destinazione;
  - g) la delimitazione degli ambiti territoriali ottimali per la gestione dei rifiuti urbani e assimilati;
  - h) la redazione di linee guida ed i criteri per la predisposizione e l'approvazione dei progetti di bonifica e di messa in sicurezza, nonché l'individuazione delle tipologie di progetti non soggetti ad autorizzazione;
  - i) la promozione della gestione integrata dei rifiuti;
  - j) l'incentivazione alla riduzione della produzione dei rifiuti ed al recupero degli stessi;
  - k) la definizione di criteri per l'individuazione, da parte delle province, delle aree non idonee alla localizzazione degli impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti;
  - l) la definizione dei criteri per l'individuazione dei luoghi o impianti idonei allo smaltimento e la determinazione di disposizioni speciali per rifiuti di tipo particolare;
  - m) l'adozione delle disposizioni occorrenti affinché gli enti pubblici e le società a prevalente capitale pubblico, anche di gestione dei servizi, coprano il proprio fabbisogno annuale di manufatti e beni, indicati nel

medesimo decreto, con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato non inferiore al 30 per cento del fabbisogno medesimo.

- n) le regioni privilegiano la realizzazione di impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti in aree industriali, compatibilmente con le caratteristiche delle aree medesime, incentivando le iniziative di autosmaltimento. Tale disposizione non si applica alle discariche.

### **1.3.3 Competenze delle Province**

Alle Province competono in linea generale le funzioni amministrative concernenti la programmazione ed organizzazione del recupero e dello smaltimento dei rifiuti a livello provinciale, da esercitarsi con le risorse umane, strumentali e finanziarie disponibili a legislazione vigente, ed in particolare:

- a) il controllo e la verifica degli interventi di bonifica ed il monitoraggio ad essi conseguenti;
- b) il controllo periodico su tutte le attività di gestione, di intermediazione e di commercio dei rifiuti, ivi compreso l'accertamento delle violazioni delle disposizioni di cui alla parte quarta del decreto;
- c) la verifica ed il controllo dei requisiti previsti per l'applicazione delle procedure semplificate;
- d) l'individuazione delle zone idonee alla localizzazione degli impianti di smaltimento dei rifiuti, nonché delle zone non idonee alla localizzazione di impianti di recupero e di smaltimento dei rifiuti.

Ai fini dell'esercizio delle proprie funzioni le Province possono avvalersi, mediante apposite convenzioni, di organismi pubblici, ivi incluse le agenzie regionali per la protezione dell'ambiente (Arpa), con specifiche esperienze e competenze tecniche in materia.

Gli addetti al controllo sono autorizzati ad effettuare ispezioni, verifiche e prelievi di campioni all'interno di stabilimenti, impianti o imprese che producono o che



svolgono attività di gestione dei rifiuti. Il segreto industriale non può essere opposto agli addetti al controllo, che sono, a loro volta, tenuti all'obbligo della riservatezza ai sensi della normativa vigente.

Le province sottopongono ad adeguati controlli periodici gli stabilimenti e le imprese che smaltiscono o recuperano rifiuti, curando, in particolare, che vengano effettuati adeguati controlli periodici sulle attività sottoposte alle procedure semplificate di cui agli articoli 214, 215, e 216 e che i controlli concernenti la raccolta ed il trasporto di rifiuti pericolosi riguardino, in primo luogo, l'origine e la destinazione dei rifiuti.

### **1.3.4 Competenze dei Comuni**

I Comuni concorrono, nell'ambito delle attività svolte a livello degli ambiti territoriali ottimali, alla gestione dei rifiuti urbani ed assimilati.. I Comuni concorrono a disciplinare la gestione dei rifiuti urbani con appositi regolamenti che, nel rispetto dei principi di trasparenza, efficienza, efficacia ed economicità e in coerenza con i piani d'ambito adottati stabiliscono in particolare:

- a) le misure per assicurare la tutela igienico-sanitaria in tutte le fasi della gestione dei rifiuti urbani;
- b) le modalità del servizio di raccolta e trasporto dei rifiuti urbani;
- c) le modalità del conferimento, della raccolta differenziata e del trasporto dei rifiuti urbani ed assimilati al fine di garantire una distinta gestione delle diverse frazioni di rifiuti e promuovere il recupero degli stessi;
- d) le norme atte a garantire una distinta ed adeguata gestione dei rifiuti urbani pericolosi e dei rifiuti da esumazione ed estumulazione;
- e) le misure necessarie ad ottimizzare le forme di conferimento, raccolta e trasporto dei rifiuti primari di imballaggio in sinergia con altre frazioni merceologiche, fissando standard minimi da rispettare;
- f) le modalità di esecuzione della pesata dei rifiuti urbani prima di inviarli al recupero e allo smaltimento;

- g) l'assimilazione, per qualità e quantità, dei rifiuti speciali non pericolosi ai rifiuti urbani;
- h) sono tenuti a fornire alla regione, alla provincia ed alle autorità d'ambito tutte le informazioni sulla gestione dei rifiuti urbani da esse richieste;
- i) sono altresì tenuti ad esprimere il proprio parere in ordine all'approvazione dei progetti di bonifica dei siti inquinati rilasciata dalle Regioni.

#### **1.4 Regione Campania: crisi dei rifiuti, leggi e ordinanze commissariali**

La crisi dei rifiuti, iniziata nel 1994 con la dichiarazione dello stato di emergenza e la nomina del primo Commissario di Governo con poteri straordinari, ha caratterizzato la Regione Campania per ben quindici anni.

Passando per periodi di maggiore e minore criticità si è assistito ad una drammatica crisi nella gestione del ciclo di smaltimento dei rifiuti solidi urbani in Campania; in particolar modo negli anni duemila le immagini delle strade della regione, soprattutto delle province di Napoli e Caserta, colme di cumuli disordinati e malsani di rifiuti hanno fatto il giro del mondo.

Nel corso degli anni, è stato necessario regolamentare la politica dei rifiuti emanando leggi ad hoc e ordinanze commissariali; pertanto, si è ritenuto opportuno fare un breve excursus su quelle che sono state nel corso degli anni le “misure straordinarie”, adottate dal governo e dalla regione, e le ordinanze commissariali che hanno portato alla cessazione dello stato di emergenza nel campo dei rifiuti.

La prima normativa regionale che ha disciplinato le procedure per lo smaltimento dei rifiuti in Campania con la previsione di un apposito Piano di Smaltimento è stata la Legge Regionale n°10 del 10 febbraio 1993, in cui venivano fissati gli obiettivi, le

norme generali e le procedure per la redazione e l'attuazione del Piano di Smaltimento dei Rifiuti.

La L.R. 10/93 proponeva per il triennio 1993–1995 una riduzione dell'utilizzo delle discariche fino al 50%, mediante il riciclo e il riuso dei materiali, tecniche di compattazione dei rifiuti e, principalmente, attraverso la raccolta differenziata.

In particolare, obiettivi minimi da raggiungere nel triennio 1993–1995 erano:

- 1993: 10% raccolta differenziata - 5% riciclo e riuso- 5% compattazione;
- 1994: 20% raccolta differenziata - 10% riciclo e riuso - 10% compattazione;
- 1995: 25% raccolta differenziata - 15% riciclo e riuso - 10% compattazione.

ANNO	RD	RICICLO e RIUSO	COMPATTAZIONE
1993	10%	5%	5%
1994	20%	10%	10%
1995	25%	15%	10%

Tabella 3: Obiettivi previsti dalla L.R. 10/93

Ai fini dell'elaborazione del Piano, il territorio regionale veniva suddiviso in Bacini all'interno dei quali era assicurato lo smaltimento dei rifiuti prodotti; nello specifico furono individuati 18 Consorzi di Bacino, identificati insieme ai Comuni e alle Comunità Montane quali soggetti attuatori del Piano. Essi potevano costituire società miste, con la partecipazione di imprese singole o associate, per la realizzazione degli impianti di smaltimento previsti dal Piano; nel contempo, i Comuni erano obbligati, entro 6 mesi dall'entrata in vigore della legge, a dare luogo ai Consorzi di Bacino per la costruzione e la gestione associata degli impianti di smaltimento.

A seguito della situazione emergenziale, determinata dalla mancanza di un sistema impiantistico a supporto del trattamento dei rifiuti, della saturazione e chiusura delle discariche disponibili e alla mancata adozione da parte della Regione Campania del Piano per lo Smaltimento dei Rifiuti previsto dalla L.R. 10/93, con l'emanazione del

Decreto 11 febbraio 1994 dell'allora Presidente del Consiglio dei Ministri, Carlo Azeglio Ciampi, si prendeva atto dell'emergenza ambientale che si era venuta a creare, si dichiarava lo stato di emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e si nominava, per questa ragione, il Prefetto di Napoli, Umberto Improta, Commissario Delegato per l'espletamento delle funzioni relative agli interventi da effettuare per fronteggiare la crisi.

Inizialmente si dichiarava lo stato d'emergenza fino al 30 aprile 1994, poi fino al 31 dicembre 1995, quindi, si prorogava ulteriormente a tutto il 1996.

Nel triennio 1994-1996, lo stato d'emergenza fu affrontato temporaneamente attraverso l'ampliamento delle capacità di sversamento di diverse discariche, molte delle quali di tipo privato che furono requisite e affidate in gestione all'ENEA.

Successivamente, con Ordinanza n.2425 del 18 marzo 1996 del Presidente del Consiglio dei Ministri, venivano attribuiti al Prefetto di Napoli compiti specifici in merito alla gestione delle discariche; mentre si nominava Commissario di Governo Delegato il Presidente della Giunta Regionale della Campania, Antonio Rastrelli, al quale si affidava il compito di predisporre un Piano Regionale, nonché la competenza per gli interventi urgenti in tema di smaltimento.

L'ordinanza n. 2425/1996 prevedeva in particolare :

- la redazione di un Piano degli interventi di emergenza, secondo le specifiche indicazioni contenute nell'ordinanza medesima;
- l'attivazione della raccolta differenziata, nonché la selezione, la valorizzazione e la produzione di compost dai rifiuti;
- l'obbligo a carico dei Comuni, di conferimento dei rifiuti urbani nei siti di produzione del CDR;
- l'obbligo di stipulare, entro il 31 maggio 1999, a seguito di procedure di gara comunitaria, contratti per la durata massima decennale di conferimento dei RU, a valle della raccolta differenziata, con operatori industriali che si impegnassero a realizzare impianti per la produzione di CDR e ad utilizzare il combustibile prodotto in impianti esistenti, nonché a realizzare impianti

dedicati alla produzione di energia mediante l'impiego di CDR, da porre in esercizio entro il 31 dicembre 2000.

A seguito di tale disposizione, nel giugno 1997, il presidente in carica Antonio Rastrelli, pubblicò il “Piano Regionale per lo Smaltimento dei Rifiuti Solidi Urbani” che, allo scopo di risolvere l'emergenza, individuava l'esigenza e quindi la realizzazione di due termovalorizzatori e sette impianti C.D.R. Le determinazioni assunte con tale Piano dovevano riguardare sia la riorganizzazione delle competenze tra i vari enti territoriali coinvolti nella gestione del ciclo dei rifiuti sia la ridefinizione del fabbisogno impiantistico per il trasporto, il trattamento e il recupero.

Sotto il profilo organizzativo e gestionale con tale ordinanza furono delineati gli enti di gestione e coordinamento degli ATO (già individuati con il Piano del 1997) e i soggetti di cooperazione tra Comuni cui affidare l'esercizio, in forma associata, delle funzioni amministrative in materia di rifiuti. Gli ATO avrebbero rappresentato, perciò, la sede per le scelte amministrative, pur con la compartecipazione responsabile degli enti locali interessati.

Nelle intenzioni del Commissario Delegato, tale atto doveva “rappresentare un significativo passo verso il superamento dell'emergenza rifiuti, necessario a superare la frammentarietà che fin qui aveva caratterizzato le varie attività di gestione dei rifiuti, indicando definitivamente i soggetti che, superati i poteri commissariali,” avrebbero dovuto “garantire stabilità al sistema”.

Nel corso del 1998, lo stesso Presidente della Regione indisse una gara d'appalto per l'affidamento ad un soggetto privato dell'intera gestione del ciclo dei rifiuti. La gara si concluse nel 2000, anno in cui il commissario straordinario era il nuovo Governatore della Regione Campania Antonio Bassolino, e l'appalto venne aggiudicato ad un'Associazione Temporanea di Imprese, denominata FIBE, che aveva il compito di realizzare sette impianti di produzione di C.D.R., attraverso un trattamento meccanico biologico, due inceneritori e diverse discariche localizzate in varie zone della Campania.

La società si aggiudicò la gara soprattutto perché dichiarò tempi di consegna di impianti piuttosto brevi. Il contratto, però, non venne eseguito nei termini previsti da

FIBE, che non riuscì a consegnare allo scadere del 31 dicembre l'impianto di termovalorizzazione da esso stesso localizzato nel comune di Acerra.

Per tali motivi si è continuato per anni a produrre ecoballe (simil C.D.R.) che, in assenza in quel periodo di un termovalorizzatore attivo ed efficiente, determinarono l'accumulo di circa sette milioni di tonnellate complessive di rifiuti stoccati in diversi luoghi del territorio campano.

Nel corso del 1998, la Commissione Parlamentare d'inchiesta sul Ciclo dei Rifiuti, presieduta dall'On. Massimo Scalia, rilevò che dopo 4 anni di gestione commissariale, lo stato di crisi era ancora in atto, giudicando insufficienti gli impianti realizzati e quelli da realizzare. Giudicò, inoltre, inattivo e poco partecipative le amministrazioni locali nella risoluzione del problema.

In mancanza della piena attuazione del Piano Regionale e al mancato decollo della raccolta differenziata, all'inizio del 2001 si registra una nuova pesante crisi e il progressivo aggravarsi della situazione igienico-sanitaria a causa, soprattutto, delle emissioni di diossina sprigionate dai rifiuti che venivano bruciati per strada e alla presenza di discariche abusive .

In quegli anni è stato effettuato uno studio scientifico sulle conseguenze sanitarie della mancata gestione dei rifiuti ed è stato misurato un aumento del 9% della mortalità maschile e del 12% di quella femminile, nonché l'84% in più dei tumori del polmone e dello stomaco, linfomi e sarcomi, e malformazioni congenite.

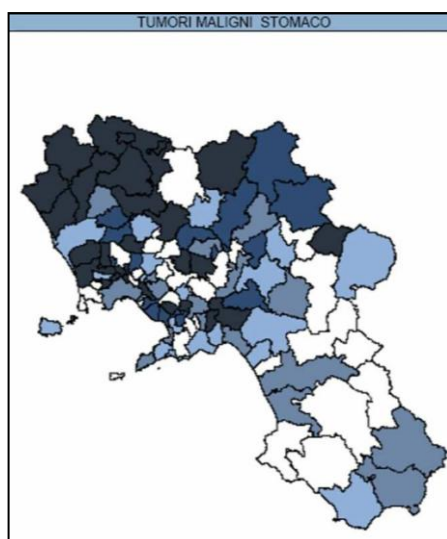


Figura 1: Mappa tumori maligni stomaco

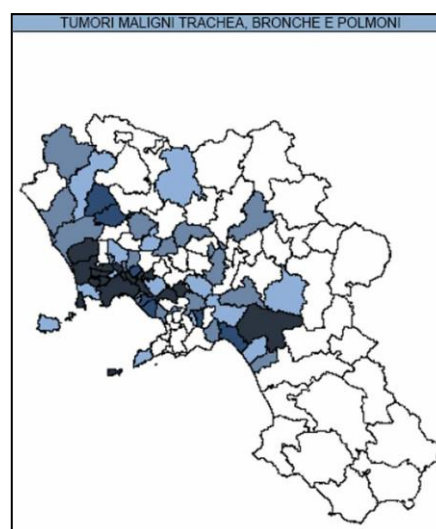


Figura 2: Mappa tumori maligni trachea, bronchi, polmoni

In quel periodo le discariche abusive e gli incendi di rifiuti, soprattutto nelle campagne del casertano, hanno creato problemi anche di natura economica: la vendita di prodotti agroalimentari, in particolar modo la vendita di prodotti caseari campani, è diminuita significativamente, e non solo in Italia, ma anche all'estero dove, per il timore che i prodotti campani fossero poco salubri, si preferiva non importare questi alimenti.

Un'ulteriore revisione del Piano Regionale veniva effettuata in seguito all'Ordinanza commissariale n.319 del 30 settembre 2002, che disponeva, tra l'altro, l'approvazione del Piano di Ridefinizione Gestionale del ciclo integrato dei rifiuti nella Regione Campania.

Per i motivi appena citati, con le Ordinanze n. 3100/2000 e 3111/2001, nel riconfermare i poteri conferiti al Commissario Delegato e al Prefetto di Napoli, si disponeva che i Prefetti delle Province della Campania attuassero quanto necessario per il completamento degli impianti di produzione ed utilizzo del combustibile derivato dai rifiuti e per la gestione delle discariche esistenti, anche provvedendo all'ampliamento dei relativi volumi; in particolare, i Prefetti, in deroga all'art. 13 del D.Lgs. n. 22/1997, dovevano individuare con urgenza siti idonei all'immediato conferimento e stoccaggio temporaneo dei RU.

Nel corso dell'anno 2004, si procedeva, su specifica richiesta dell'allora Presidente della Regione Campania, Antonio Bassolino, alla nomina di un nuovo Commissario Delegato per il superamento dell'emergenza nella persona di un funzionario di prefettura, al quale erano attribuiti tutti i poteri già previsti dalle precedenti ordinanze; in particolare doveva:

- assicurare, in via eccezionale, lo smaltimento dei rifiuti non ricevuti dagli impianti di produzione di CDR, avviandoli verso impianti ubicati in altre Regioni;
- definire un Piano Straordinario di Emergenza per lo smaltimento dei rifiuti non ancora conferiti nell'ambito regionale, recante indicazioni sulla quantità e sulla natura dei rifiuti da smaltire in altre Regioni;

- assicurare il trasporto dei rifiuti avvalendosi di soggetti già convenzionati o da convenzionare;
- emettere provvedimenti finalizzati a consentire il differimento del termine di deposito del CDR nei siti di stoccaggio e la proroga dell'esercizio delle discariche attive, autorizzando l'apertura di quelle non più in esercizio, utilizzando ed ampliando le volumetrie residue;
- definire un Piano Finanziario di Emergenza;
- assumere le iniziative più utili dirette all'individuazione, su base provinciale, di siti idonei allo stoccaggio dei rifiuti, assicurando, nell'individuazione di questi ultimi, la più ampia comunicazione delle iniziative intraprese e acquisendo l'avviso di un'apposita Consulta costituita dal Presidente della Provincia e dai Sindaci dei territori interessati;
- adottare uno specifico programma finalizzato ad incentivare la raccolta differenziata.

In seguito all'emanazione del Decreto Legge 245/2005, recante "Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dei rifiuti nella Regione Campania", si istituiva la Consulta Regionale per la Gestione dei Rifiuti nella Regione Campania, presieduta dal Presidente della Regione e composta dai Presidenti delle Province, con compiti consultivi in merito all'equilibrata localizzazione dei siti da destinare a discariche e per lo stoccaggio dei rifiuti trattati, nonché degli impianti per il trattamento e la combustione dei rifiuti.

Successivamente, con Ordinanza 14 dicembre 2005 n.3479, emanata a seguito del Decreto Legge n. 245/2005, si procedeva alla nomina di un soggetto attuatore con l'incarico di coordinare l'attività di gestione del servizio di smaltimento dei rifiuti provvedendo, in particolare, ad emanare le direttive necessarie ad assicurare il raggiungimento degli obiettivi indicati nell'ordinanza medesima, più dettagliatamente doveva:

- provvedere affinché presso i 7 impianti di produzione di CDR fosse assicurata la verifica qualitativa e quantitativa dei flussi di rifiuti in ingresso e in uscita;



- garantire il graduale ripristino del funzionamento ordinario di tutti gli impianti a condizioni compatibili con lo stato delle attrezzature;
- garantire l'ottimizzazione gestionale degli impianti;
- predisporre, entro 20 giorni dall'entrata in vigore dell'ordinanza, un programma di iniziative che consentissero il miglioramento della qualità dei flussi dei rifiuti in uscita dagli impianti, compatibile con le tecnologie a disposizione e con lo stato di conservazione e manutenzione degli impianti di produzione di CDR.

Al fine di porre in essere le iniziative di carattere straordinario ed urgente essenziali per il raggiungimento degli obiettivi fissati dal Decreto Legge sopra citato, veniva emanata l'Ordinanza n. 3481 del 29/12/2005 con la quale gli impianti di produzione di C.D.R. venivano autorizzati a svolgere attività di selezione di R.U.R. da raccolta differenziata, prevalentemente mediante tritovagliatura, compatibilmente alle loro limitate capacità tecniche.

Successivamente, con Ordinanza n. 77 del 10/3/2006 il Piano Regionale del 1997 veniva aggiornato, in ottemperanza dell'art. 1 comma 2 del Decreto Legge 245/2005, "al fine di incrementare i livelli della raccolta differenziata ed individuare soluzioni compatibili con le esigenze ambientali per i rifiuti trattati accumulati nei siti di stoccaggio provvisorio".

Tale adeguamento del Piano si rese necessario in quanto la frammentazione del servizio di raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani nei vari comuni della regione, e la mancata realizzazione degli impianti di trattamento dallo stesso previsti, non aveva consentito il raggiungimento degli obiettivi ivi indicati.

Con l'adeguamento del Piano venivano definiti gli Ambiti Territoriali Ottimali per il ciclo dei rifiuti, peraltro previsti già dal Piano Regionale del 1997. In ossequio a quanto previsto dalla vigente normativa: gli ATO coincidevano con il territorio provinciale, fatta eccezione per la provincia di Napoli (Figura 3). Per la provincia di Napoli, infatti, "visto il forte impatto antropico nonché le specifiche problematiche territoriali," erano definiti tre distinti SUB-ATO.

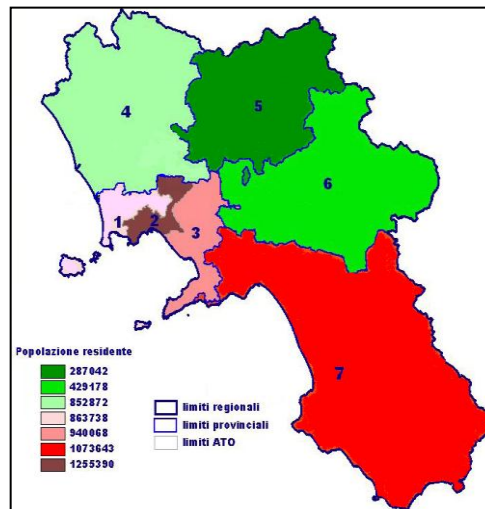


Figura 3: Popolazione residente e ripartizione ATO

Il Piano prevedeva che in ciascun ATO doveva essere raggiunta la percentuale del 35% di raccolta differenziata entro il 31 dicembre 2007 e doveva essere garantita l'autosufficienza nella gestione del ciclo integrato, secondo quanto disposto dalla normativa vigente, entro tre anni dalla costituzione .

In concomitanza dell'ulteriore acuirsi della situazione emergenziale il Commissario autorizzò la riapertura provvisoria delle discariche di Serre e Castelvolturmo; inoltre, tonnellate di rifiuti al giorno vennero inviate verso le regioni del nord, tra cui la Toscana, l'Emilia Romagna e l'Umbria, e in Germania. Con Ordinanza del Presidente del Consiglio del 30 giugno 2006, n. 3529, si autorizzava il Commissario Delegato ad utilizzare cave dismesse e a proporre modifiche al Piano delle Attività Estrattive.

La Legge Regionale n 4 del 28 marzo 2007, "Norme in materia di gestione, trasformazione, riutilizzo dei rifiuti e bonifica dei siti inquinati", abrogava la L.R. 10/1993 e dettava le procedure per la redazione di un nuovo Piano Regionale, con valenza triennale, che oltre al conseguimento degli obiettivi di raccolta differenziata prevedesse, in armonia con la legislazione comunitaria:

- azioni di prevenzione nella produzione dei rifiuti;
- il riutilizzo e il riciclaggio dei materiali;
- il recupero di energia;

- l'individuazione di siti idonei per la realizzazione di impianti di compostaggio;
- la messa a norma di almeno uno degli impianti esistenti di produzione di CDR ai fini della produzione di combustibile da rifiuti di qualità e di frazione organica stabilizzata di qualità.

Nel corso del 2007, con la progressiva saturazione delle discariche, si verifica una nuova e più grave crisi nella gestione dei rifiuti che induce il Governo Prodi ad intervenire individuando nuovi siti da destinare a discarica ed autorizzando la costruzione di tre nuovi inceneritori.

Per la gestione delle nuove criticità emerse, quindi, con Ordinanza n. 3639 dell'11/01/2008, il Presidente del Consiglio, Romano Prodi, nominava l'ex Capo della Polizia di Stato, Gianni De Gennaro, nuovo Commissario per l'emergenza rifiuti con l'obiettivo di risolvere la situazione entro quattro mesi; venivano individuate, inoltre, nuove aree da adibire a discarica si disponeva per il trasferimento dei rifiuti verso la Germania tramite ferrovia, con un costo nettamente inferiore rispetto a quanto il commissariamento per l'emergenza spendeva per smaltirli in Campania.

Le problematiche di natura igienico-sanitaria di ordine pubblico e di dissenso da parte delle popolazioni interessate dalla localizzazione dei nuovi impianti di smaltimento dei rifiuti, che avevano aggravato e reso ancora più drammatica l'emergenza, ebbero un forte risalto da parte dei principali media mondiali, determinando un impatto negativo sull'immagine, sul turismo e sull'economia della Regione Campania.

Il 21 maggio 2008 il nuovo governo appena insediato, presieduto da Silvio Berlusconi, indiceva il suo primo Consiglio dei Ministri a Napoli e, allo scopo di avviare definitivamente un ciclo integrato dei rifiuti, approvava il Decreto Legge n. 90 del 23 maggio 2008 con cui:

- si stabiliva la costruzione di quattro, anziché tre, nuovi inceneritori;
- si individuavano dieci siti in cui realizzare nuove discariche;

- si prevedevano sanzioni, fino al commissariamento, per i comuni che non dovessero portare a regime la raccolta differenziata;
- si prevedeva la cessazione dello stato d'emergenza per il 31 dicembre 2009;
- si nominava sottosegretario alla Presidenza del Consiglio con delega all'emergenza rifiuti in Campania il Capo della Protezione Civile Guido Bertolaso, già commissario nel biennio 2006/2007.

All'art.9 il decreto in questione, in deroga a tutte le norme vigenti in materia, comprese quelle comunitarie, autorizzava lo smaltimento nelle nuove discariche anche dei rifiuti pericolosi contraddistinti dai codici CER 19.01.11, 19.01.13, 19.02.05 e 19.12.11, fattore che rese ancora più ferma l'opposizione alla loro realizzazione da parte delle popolazioni locali; mentre l'art. 3, in deroga alle norme del codice di procedura penale e dell'ordinamento giudiziario, attribuiva alla Procura della Repubblica presso il Tribunale di Napoli la "competenza nei procedimenti penali relativi alla gestione dei rifiuti e ai reati in materia ambientale nella regione Campania". Inoltre, i Consorzi di Bacino delle province di Napoli e Caserta venivano sciolti e riuniti in un unico consorzio gestito dal Sottosegretario di Stato allo scopo di garantire un puntuale funzionamento del servizio di smaltimento e la riduzione dei suoi costi amministrativi per poter così incrementare il sistema della raccolta differenziata nelle due province.

Con Ordinanza del 16 luglio 2008, il presidente Berlusconi disponeva, poi, il commissariamento ad acta dei sette impianti per la produzione di CDR, nel frattempo convertiti in impianti per la semplice tritovagliatura e l'imballaggio dei rifiuti (S.T.I.R.). Il 18 luglio l'emergenza dovuta alla mancata raccolta degli RSU in Campania veniva dichiarata chiusa, anche se, in mancanza dell'entrata in funzione di tutti i termovalorizzatori previsti e di una soddisfacente raccolta differenziata, un ciclo industriale dei rifiuti non poteva dirsi stabilmente avviato e restavano ancora da smaltire cinque milioni di ecoballe in giacenza.

A conferma dell'effettiva difficoltà di uscire dallo stato di emergenza, il 6 novembre 2008 il Governo approvava il Decreto Legge n.172, contenente una serie di norme vavevoli per i territori in stato di emergenza per lo smaltimento dei rifiuti, tra cui la

previsione dello specifico reato di abbandono di rifiuti pericolosi, speciali ovvero ingombranti, punito con la reclusione fino a cinque anni.

Il 26 marzo 2009, dopo l'ultimazione dei lavori, veniva avviata la fase di collaudo del termovalorizzatore di Acerra, in cui le combustioni procedevano bruciando rifiuti "tal quale" anziché CDR, impedendo un collaudo pieno della struttura e dando luogo ad emissioni di PM10 oltre i limiti di legge del 30% dei giorni di attività.

Nonostante tutto, il 17 dicembre 2009 il Consiglio dei Ministri ha approvato il Decreto Legge 195/2009 con cui si è stabilito la cessazione dello stato di emergenza e del commissariamento straordinario a partire dal 31 dicembre 2009.

#### **1.4.1 Provincia di Salerno: attuazione dell'O.P.C.M. n.3812/2009**

Parallelamente alla crisi da un certo numero di anni si stanno affermando, anche a livello nazionale, diversi comuni campani come esempi di comuni modello, che al contrario di quanto avveniva nel resto della Campania, avendo perseguito da sempre dei sistemi virtuosi di raccolta differenziata, hanno raggiunto e, in alcuni casi, addirittura superato gli obiettivi di raccolta differenziata fissati dalla finanziaria 2007.

Anche se per la maggior parte si tratta di comuni con un numero di abitanti al di sotto dei 50.000 abitanti, Salerno e la provincia di Salerno, pur in presenza di una gestione commissariale, hanno contribuito alle scelte di programma e di individuazione di soluzioni tecniche, sia per fronteggiare l'emergenza sia per definire il fabbisogno impiantistico provinciale.

Proprio in questi giorni, infatti, la città di Salerno riceve un riconoscimento speciale come capoluogo meridionale più "riciclone", seguita da 84 "comuni ricicloni" salernitani sui 551 comuni delle cinque province campane premiati.

Con decorrenza dal primo gennaio 2010 sono attribuite ai Presidenti delle Province della Regione Campania le funzioni e i compiti di programmazione del servizio integrato dei rifiuti e del potere di nomina di soggetti liquidatori per l'accertamento

delle situazioni creditorie e debitorie pregresse, facenti capo ai Consorzi di Bacino e alle relative articolazioni societarie, ricadenti negli ambiti territoriali di competenza. In attuazione dell'O.P.C.M. n. 3812 del 22.09.2009, dunque, alla Provincia passa tutta la gestione del ciclo integrato dei rifiuti. La Provincia di Salerno ha già costituito una società per azioni, con capitale sociale di 150 mila euro che ha come socio unico la Provincia di Salerno, denominata EcoAmbiente Salerno s.p.a. .

Lo statuto della società prevede la costituzione di un comitato tecnico-scientifico di cinque componenti, presieduto dall'assessore all'ambiente della Provincia di Salerno che garantirà il raccordo tra l'azione di programmazione della stessa amministrazione provinciale e l'azione operativa della società.

La EcoAmbiente Salerno s.p.a. si occuperà della gestione dello S.T.I.R. di Battipaglia (di cui si parlerà nello specifico nel paragrafo 4.3.2), dei siti di stoccaggio provvisorio delle ecoballe, oltre che della discarica chiusa di Basso dell'Olmo, localizzata nel comune di Campagna (SA), che continua a produrre biogas. Mentre, la discarica di Macchia Soprana a Serre, di cui si è tanto sentito parlare nel corso dell'emergenza rifiuti, è in gestione del ministero dell'Ambiente.

L'idea è di creare all'interno dello S.T.I.R. un impianto di compostaggio per il trattamento dell'umido da 40mila tonnellate l'anno; Per ora non cambia proprio nulla nell'ambito dei servizi di spazzamento e raccolta dei rifiuti, invece si punta a dare linee guida per unificare il tipo di raccolta.

Inoltre, il presidente della Provincia avrà accesso a tutti gli atti del termovalorizzatore di Salerno, per verificarli, scegliere quali convalidare e avviare le procedure per costruire l'impianto.

## Capitolo 2

# SISTEMI DI RACCOLTA E DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI

### 2.1 Principali tipologie di sistemi di raccolta

La gestione integrata dei rifiuti rappresenta l'insieme delle politiche volte a gestire l'intero processo dei rifiuti, dalla loro produzione fino al loro smaltimento finale, al fine di ridurre la produzione nel tentativo di tutelare la salute umana, la natura e l'ambiente. Si parla, dunque, di gestione integrata dei rifiuti solidi urbani perché si fa riferimento a tutte le fasi relative ai rifiuti: la raccolta, il trasporto, il riciclaggio/smaltimento ed, eventualmente, il riutilizzo/reimpiego dei materiali di scarto.

La gestione e lo smaltimento dei rifiuti urbani è sempre più critica nelle società avanzate, a causa delle quantità sempre crescenti prodotte, del progressivo esaurimento delle risorse e dei costi di smaltimento.

Per fronteggiare questo problema diventa necessario promuovere attività indirizzate al contenimento della produzione di rifiuti e al recupero della maggior quantità possibile di materiali tramite il riciclaggio, con un duplice scopo:

- ridurre le frazioni destinate allo smaltimento tramite discarica ed incenerimento;
- cercare di limitare il problema dell'esaurimento delle risorse aumentando il riciclaggio.

I metodi di raccolta dei rifiuti, a seconda della modalità con cui tale servizio viene organizzato, sono generalmente classificati in due principali tipologie:

- sistemi che privilegiano la raccolta da effettuarsi direttamente presso l'utenza;

- sistemi organizzati con punti di raccolta presso cui gli utenti conferiscono il rifiuto.

Questa classificazione è da intendersi, più che come una rigida distinzione, come una definizione di quelle che sono le possibilità di organizzazione di un sistema di raccolta. Le due tipologie di organizzazione della raccolta rifiuti espresse in tale classificazione, infatti, rappresentano i due estremi di uno spettro nel quale sono comprese diverse opzioni attuabili nel gestire il sistema della raccolta, sostanzialmente dipendenti, secondo questa classificazione, dal grado di capillarità e concentrazione nella diffusione e distribuzione degli strumenti di raccolta e dei punti di conferimento sul territorio.

Peraltro, non è esclusa la possibilità di organizzare il sistema di raccolta rifiuti secondo diverse modalità, attuando cioè più di una opzione tra quelle espresse. Non sono rare, infatti, soluzioni che comprendono diverse possibilità di conferimento del rifiuto, attuato, ad esempio, affiancando la raccolta periodica presso le utenze, con la messa a disposizione di punti per il conferimento dei rifiuti da parte dell'utente. Tali soluzioni, benché magari più onerose da gestire, presentano un maggior grado di flessibilità rispetto all'impostazione di un servizio basato unicamente sull'utilizzo di una sola opzione, e permettono, in generale, un grado di intercettazione molto maggiore nella raccolta dei rifiuti, con effetti positivi sulla percezione del servizio da parte degli utenti.

In generale, è possibile distinguere tre diversi sistemi di raccolta differenziata:

1. Porta a Porta (pap);
2. Raccolta Stradale;
3. Isole Ecologiche;
4. Stazioni Ecologiche Attrezzate.



### 2.1.1 La raccolta Porta A Porta (PAP)

La raccolta porta a porta è un tipico sistema di raccolta differenziata ad utenza specifica, può essere applicato a tutti i materiali riciclabili e prevede il ritiro del rifiuto da parte dell'ente responsabile della raccolta nei giorni, negli orari e, soprattutto, nelle modalità definite dall'ente stesso.

L'elemento che accomuna i diversi sistemi di raccolta presso l'utenza è il fatto che si tratta di sistemi generalmente ad appuntamento personalizzati in funzione della specificità dell'utenza. L'elemento che, invece, diversifica tra loro i sistemi e ne caratterizza le modalità operative è la tipologia di contenitore in uso.

La raccolta PAP, infatti, può avvenire in tre diverse modalità:

1. conferimento in bidoni carrellati nel cortile o nelle adiacenze dello stabile interessato;
2. collocazione su strada di sacchetti e/o bidoncini, assegnati precedentemente ad ogni nucleo familiare;
3. l'unione di queste due tipologie, ovvero sacchetti e bidoncini piccoli per ogni nucleo familiare per il rifiuto organico, mentre grandi bidoni ruotati per le altre tipologie di rifiuto.



Figura 1: Tipologie di bidoni per la raccolta pap

La progettazione del servizio di raccolta presso l'utenza è più centrata sugli aspetti organizzativi che su quelli funzionali.

La quantità dei materiali che è possibile raccogliere è buona, anche se non si può escludere la necessità di una successiva selezione. Le quantità ottenibili dipendono dalla sensibilità della popolazione e possono essere di notevole entità perché la comodità e la responsabilizzazione degli utenti è maggiore. I sistemi di raccolta porta a porta si caratterizzano soprattutto per la capillarità del servizio offerto.

Per quanto concerne l'impatto ambientale non esistono problemi di localizzazione e limitati o nulli sono quelli di occupazione del suolo pubblico o di rumorosità. Più

consistenti possono essere, invece, i problemi estetici e soprattutto quelli legati al traffico dei veicoli che effettuano la raccolta.

### 2.1.2 La raccolta stradale

La raccolta stradale è un tipico sistema di raccolta differenziata ad utenza generica. L'ente responsabile della raccolta si occupa della distribuzione sul suolo urbano di un sufficiente numero di contenitori di opportuna forma e dimensioni (in genere campane, cassonetti, o bidoni carrellati) facilmente individuabili e riconoscibili da parte dell'utente. Quest'ultimo deve recarsi personalmente presso il contenitore e introdurre al suo interno il materiale raccolto e solo provvisoriamente stoccato presso di sé.

Per quanto riguarda le modalità operative, a caratterizzare i sistemi di raccolta stradale è la tipologia stessa del contenitore, che può essere:

- **CAMPANA:**

contenitori stradali a pianta circolare o quadrata e di capacità utile fino a 3,3 m<sup>3</sup>, realizzati in fibra di vetro o polietilene e dotati di fondo rigido e superiormente di 2-4 aperture idonee al conferimento del materiale da raccogliere.



Figura 2: Campane per la raccolta stradale

- **CASSONETTO:**

contenitori stradali di capacità utile tra 2,0 m<sup>3</sup> (cassonetti a quattro ruote) e 2,8 m<sup>3</sup> (cassonetti privi di ruote o “statici”). Sono realizzati in acciaio zincato, fibra di vetro o polietilene ed in genere si



Figura 3: Cassonetto per raccolta stradale



pubblico e per problemi estetici. Inoltre tale raccolta può causare problemi di traffico e rumorosità durante le operazioni di svuotamento.

### **2.1.3 Le Isole Ecologiche**

Le isole ecologiche sono spazi recintati attrezzati per la raccolta delle varie tipologie di rifiuto, possono essere in superficie o interrati.

Per quanto riguarda quelle di superficie il vantaggio è di raccogliere in uno spazio chiuso e controllato tutte le tipologie di rifiuto e di renderne quindi più agevole la gestione da parte dell'ente e la comprensione da parte dell'utenza: al cittadino basta recarsi in quest'area designata per gettare i diversi rifiuti nei contenitori di competenza senza doverli trovare sparsi separatamente per strada.

Le isole ecologiche interrati, invece, sono costituite da un sistema formato da una vasca di contenimento interrata munita nel lato superiore di un portello di chiusura posto nella parte centrale mentre la parte rimanente della vasca è completamente interrata. All'interno della vasca sono contenuti opportuni raccoglitori che vengono posizionati da un sistema oleodinamico posto sotto l'unica bocca di carico centrale alla vasca.



Figura 5: Isola Ecologica interrata

L'utente, selezionando tramite i pulsanti posti nella parte frontale della bocca di carico il tipo di rifiuto da gettare, ottiene l'apertura della bocca di carico e contemporaneamente lo spostamento del raccoglitore prescelto.



Figura 6: Scelta del rifiuto tramite sfioramento del monitor sul simbolo del rifiuto

La chiusura della bocca di carico può avvenire premendo il pulsante di chiusura o in via automatica, dopo un determinato periodo di tempo. Ogni qualvolta il raccoglitore si riposiziona nello spazio ad esso riservato una fotocellula ne rileva il grado di riempimento e blocca il funzionamento dell'impianto al superamento del livello prestabilito con segnalazione di "raccoglitore pieno".

Per lo scarico dei raccoglitori pieni è stato previsto un sistema con telecomando in modo che il conduttore del mezzo compattatore possa azionare il meccanismo che porta all'apertura del portello, allo spostamento del raccoglitore selezionato ed al sollevamento dello stesso fino al piano stradale.

E' possibile suddividere i vantaggi del sistema a isola in: vantaggi del sistema; vantaggi per l'amministrazione e vantaggi per l'utente.

Vantaggi per il sistema:

- Spazio: grande economia di spazio per un servizio equivalente a quello di circa 40 contenitori a 4 ruote esterni
- Estetica: l' isola è anche "arredo urbano", si inserisce bene in tutti gli ambienti, indispensabile per i centri città e per tutte le zone che richiedono eleganza e massimo rispetto dell'ambiente
- Rumore: nessun rumore è avvertibile all'esterno

- Costo di raccolta: il costo della raccolta si divide per 5, ogni cassonetto con rifiuto compattato pesa fino a kg 250 contro i 40/45 kg di un uguale cassonetto pieno non compattato
- Riempimento del cassonetto: il cassonetto si riempie tutto in modo uniforme, un particolare sistema elettronico fa in modo che il rifiuto venga depositato sempre nel punto più basso del cassonetto. In questo modo si ottiene il massimo rendimento della pressa senza alcuno stress della meccanica

Vantaggi per l'amministrazione:

- Disponibilità: la raccolta può essere svolta a qualsiasi ora, non serve stabilire ore precise come per il "porta a porta".
- Fruibilità: può funzionare anche per i turisti e i non residenti tramite moneta. Si possono così evitare cestini stracolmi o sacchi abbandonati
- Economia nella raccolta: si raccolgono solo cassonetti pieni, ISOLA avverte tramite modem quando un tipo di rifiuto ha raggiunto l'80% e poi il 100% dello spazio che aveva a disposizione
- Frequenza di raccolta: la raccolta diventa più economica: non si spreca tempo per vedere se un cassonetto è pieno, il dato è già conosciuto prima di recarsi sul luogo per effettuare la raccolta. Un' isola è sufficiente per ca. 250/300 utenze con raccolta differenziata ed indifferenziata
- Manutenzione: molto semplice, non c'è nessun sacco da cambiare, è sufficiente un controllo visivo dell'impianto come previsto dal libretto di uso e manutenzione e la pulizia al bisogno.

Vantaggi per l'utente:

- Disponibilità: il funzionamento è continuo durante le 24 ore
- Accessibilità: può funzionare anche per i turisti ed i non residenti tramite moneta o badge

- Odori: il rifiuto posizionato sotto terra si decompone più lentamente.
- Controllo: l'utente viene riconosciuto, il rifiuto viene pesato in modo omologato ai fini fiscali ed è possibile attribuirlo all'utente che l'ha conferito
- Costi: per lo svuotamento è sufficiente un solo addetto che in 12- 13 minuti può raccogliere circa 2000 Kg di rifiuto, pari al rifiuto prodotto da 300 utenti (0,800 Kg/giorno per persona) in una settimana

#### **2.1.4 Le Stazioni Ecologiche Attrezzate (SEA)**

La Stazione Ecologica Attrezzata è un'area pubblica nella quale i cittadini residenti o proprietari di immobili e le attività produttive ed i pubblici esercizi presenti nel territorio del comune, limitatamente ai rifiuti assimilati, possono conferire varie tipologie di rifiuti che per qualità e dimensioni non possono essere depositati nei normali cassonetti o nei contenitori per la raccolta differenziata dislocati sul territorio comunale.

## **2.2 Principali tipologie di trattamento dei rifiuti**

La raccolta differenziata nasce dall'esigenza di suddividere i materiali che possono essere riciclati da quelli che sono particolarmente inquinanti, o addirittura pericolosi, e che necessitano, pertanto, di un trattamento speciale per essere smaltiti.

Negli ultimi decenni sono state sviluppate numerose tecniche volte a recuperare risorse dai rifiuti, ridurre la produzione ed assicurare che, qualunque sia la loro sorte, abbiano il minimo impatto sull'ambiente.

Lo schema seguente riassume le modalità e le filiere per il trattamento dei rifiuti solidi urbani secondo le attuali politiche di gestione in Italia.

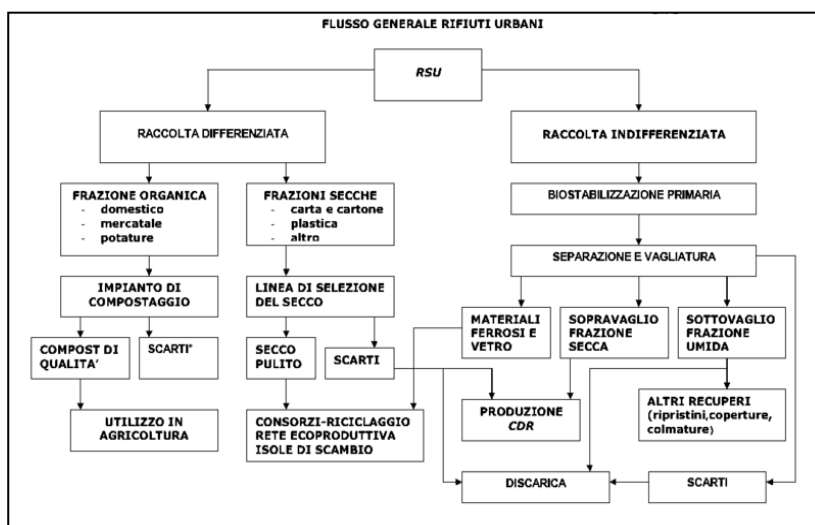


Figura 7: Filiere per la raccolta e il trattamento dei rifiuti solidi urbani

Naturalmente, si tratta di uno schema teorico che non sempre, non completamente e non dappertutto è attuato allo stesso modo e soprattutto è solo una delle possibili modalità di gestione dei rifiuti.

Tra le varie tipologie di rifiuti provenienti da raccolta differenziata, la frazione indifferenziata risulta molto più difficile da trattare rispetto alle altre frazioni merceologiche. I sistemi di gestione dei rifiuti residui sono molto complessi, in quanto si generano una gran varietà di frazioni di rifiuti per i quali sono disponibili molti metodi di trattamento.

Lo scopo della maggior parte dei processi di trattamento dei rifiuti residui è di ridurre il volume del materiale in vista dello smaltimento finale e di stabilizzare i rifiuti in modo tale che venga minimizzato il potenziale per la formazione dei gas o per il trasporto degli inquinanti attraverso il percolato, ossia un liquido che si origina prevalentemente dall'infiltrazione di acqua nella massa dei rifiuti, dalla decomposizione degli stessi o, in misura minore, dalla progressiva compattazione dei rifiuti.

Nella decade passata, sono state sviluppate molte nuove tecnologie di trattamento ed altrettante hanno fallito.



Le principali cause di fallimento comprendono:

- scarsa conoscenza delle proprietà dei materiali non omogenei forniti;
- progettazione non adeguata per flussi di rifiuti proiettati nel contesto di trend di riduzione dei rifiuti;
- mancanza di valutazione ambientale di vasta portata e di comprensione degli scambi di emissioni o dei trend nei regolamenti.

Principali tipi di trattamento che i rifiuti residuali possono subire sono:

1. *Trattamenti a caldo*, ovvero incenerimento tal quale o a valle di separazione e produzione di CDR e conferimento in discarica;
2. *Trattamenti a freddo*, ovvero separazione e parziale recupero di materiali, biostabilizzazione e conferimento in discarica;
3. *Conferimento diretto in discarica*.

Pertanto, se il primo livello di attenzione è rivolto alla necessità di prevenire la formazione dei rifiuti e di ridurre la pericolosità, il passaggio successivo riguarda l'esigenza di riutilizzare i prodotti e, se non è possibile il riuso, riciclare i materiali.

Infine, solo per quanto riguarda il materiale che non è stato possibile né riutilizzare né riciclare e il sottovaglio (ovvero la frazione in piccoli pezzi indistinguibili e quindi non riciclabili di rifiuti, che rappresenta circa il 15% del totale), si pongono le due soluzioni del recupero energetico tramite sistemi a freddo o a caldo oppure l'avvio allo smaltimento in discarica.

La carenza di efficaci politiche integrate di riduzione, riciclo e riuso fanno dello smaltimento in discarica ancora la prima soluzione applicata in Italia ed in altri paesi europei.

Tuttavia, anche in una situazione ideale di completo riciclo e recupero vi sarà una percentuale di rifiuti residui da smaltire in discarica o da ossidare per eliminarli e

recuperare energia, ma in ogni caso è evidente che gli inevitabili scarti di questi processi finiranno per forza di cose in discarica.

### **2.3 Trattamenti a caldo**

Le caratteristiche chimico-fisiche degli RSU impongono processi di conversione ad hoc, sia per problemi tecnologici quali l'elevato tenore di umidità e inerti o la corrosione, sia per problemi ambientali concernenti la generazione di prodotti estremamente tossici.

Tali processi possono seguire due filosofie: la trasformazione dei RSU in un combustibile intermedio, attraverso tecnologie di pirolisi e gassificazione, o il recupero di energia mediante combustione diretta.

Dunque, fra i processi di trattamento a caldo (o termico) dei rifiuti, si distinguono tre processi di base:

1. Combustione (incenerimento);
2. Pirolisi;
3. Gassificazione.

Tutte queste tecnologie producono residui, a volte speciali, che richiedono smaltimento, generalmente in discarica.

In Italia e in Europa gli impianti di trattamento termico di gran lunga più diffusi per i rifiuti urbani sono gli inceneritori.

### 2.3.1 L'incenerimento

Il processo d'incenerimento dei rifiuti urbani, chiamato anche termovalorizzazione dei rifiuti, è un processo di combustione controllata, che deve assicurare una sufficiente degradazione della sostanza organica presente nei rifiuti e, se possibile, di tutti i sottoprodotti di combustione più dannosi per la salute umana.

Il recupero di energia da combustione diretta sfrutta il calore prodotto dal processo di incenerimento del RSU, che può essere bruciato:

- come rifiuto tal quale;
- previa raccolta differenziata a monte;
- a seguito di processi di selezione a valle del rifiuto tal quale;
- come Combustibile Da Rifiuti (CDR), ottenuto dal rifiuto tal quale mediante una serie di processi fisici che isolano la frazione a più elevato potere calorifico. In seguito, il prodotto viene confezionato in varie modalità (bricchette, pellets, fluff) a seconda dello specifico risultato che si vuole ottenere, ma in genere le sue caratteristiche si discostano considerevolmente dal materiale iniziale.

La combustione dei rifiuti che residuano dalle operazioni di raccolta differenziata assolve i seguenti compiti:

- decomposizione termica e mineralizzazione delle molteplici sostanze organiche contenute nei rifiuti;
- trasformazione delle sostanze inorganiche in forme più facilmente separabili e recuperabili o smaltibili a discarica in modo sicuro;
- riduzione del peso e del volume dei rifiuti;
- utilizzazione dell'energia termica sviluppata nella combustione.

La componente combustibile dei rifiuti è costituita da sostanze organiche, contenenti carbonio, idrogeno e zolfo, che vengono ossidati a anidride carbonica, acqua ed anidride solforosa.

Questo processo nel caso dei rifiuti solidi urbani non è completo, essenzialmente a causa della loro eterogeneità, pertanto i fumi possono contenere ossido di carbonio ed idrocarburi leggeri e le scorie sostanze organiche fermentescibili e carbonio fisso (coke).

La combustione avviene in forni inceneritori, all'interno dei quali si generano tre flussi di materia (Figura 8):

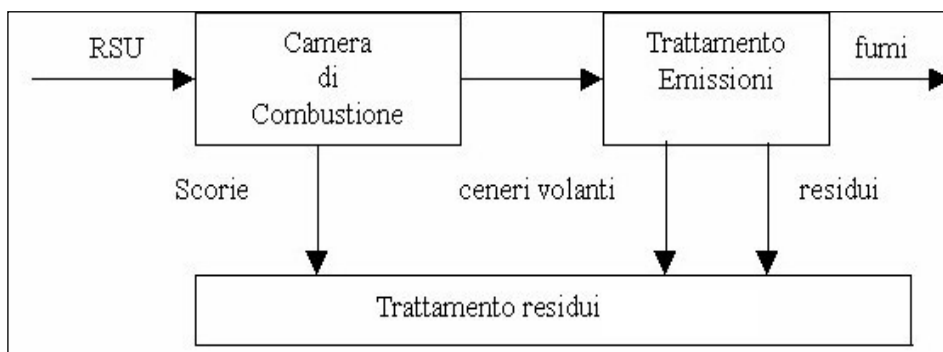


Figura 8:Schema dei flussi all'interno dell'inceneritore

Le categorie di *residui solidi* prodotte dal processo di combustione sono riportate nella tabella sottostante:

- Scorie: con questo termine si indicano i residui solidi della combustione, pari al 15-25% del RSU in ingresso

COMPOSIZIONE	% IN PESO DELLA SOSTANZA SECCA
Sostanza organica o coke	variabile dal 3,5 % fino al 10-15%
silicati (SiO <sub>2</sub> )	50-70 %
ferro e alluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10-30 %
ossidi di calcio e magnesio	10-13 %
Metalli pesanti	0,7-2,4 %
solforati, cloruri e fluoruri	0,005-0,2 %

Tabella 1: Scorie

- Ceneri e polveri volatili: costituiscono la componente più leggera delle scorie, vengono trasportate eolicamente dai fumi di combustione fino alle sezioni di abbattimento delle polveri, in cui questa parte dei residui solidi lascia il forno assieme ai fumi e viene abbattuta dagli impianti di depolverazione.

La quantità varia in funzione dei sistemi di combustione e dei dispositivi installati lungo il percorso dei fumi, solitamente è pari al 2-3 % del RSU in ingresso;

- Prodotti di reazione della depurazione dei gas di scarico:

	<b>KG / T DI RIFIUTI</b>	<b>TRATTAMENTO SUBITO</b>	<b>TIPOLOGIA DEL RIFIUTO SECONDO IL DECRETO RONCHI</b>
Scorie della griglia	circa 300	smaltiti in discarica	Speciale
Polveri di filtrazione	circa 30	smaltiti in discarica controllata, dopo adeguato pretrattamento	Speciale
Prodotti di reazione della depurazione dei gas di scarico	da 8 a 80	depurazione o evaporazione	Speciale

Tabella 2: Prodotti di reazione della depurazione dei gas di scarico

Nel *flusso gassoso* sono presenti gli inquinanti gassosi prodotti dalla combustione che sono ossidi di zolfo, ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti inorganici del cloro e del fluoro, composti organici volatili, PCDD e PCDF, metalli pesanti. L'energia termica dei fumi viene usata per produrre vapore acqueo che, tramite una turbina, genera energia elettrica.

Tuttavia, la quantità di energia elettrica recuperata è piuttosto bassa (19-25%) rispetto a quella termica prodotta.

Bisogna infine menzionare che alcune delle sostanze emesse, quando si diffondono in atmosfera al di là di certe concentrazioni, risultano particolarmente sgradevoli in quanto possono provocare odori molesti, accentuando l'impatto ambientale dell'insediamento.

La quantità d'inquinanti che complessivamente fuggono dagli impianti di abbattimento sono un aspetto fondamentale dell'impatto ambientale determinato da un termodistruttore.

Negli ultimi anni, grazie ad un notevole miglioramento della tecnologia, si è osservato una notevole riduzione delle emissioni, con riferimento sia alle tecniche di combustione sia a quelle di abbattimento dei fumi.

Gli impianti d'incenerimento si differenziano tra loro per i seguenti aspetti:

- la matrice e/o matrici combustibili;
- la tipologia del forno;
- i processi adottati nella depurazione dei fumi e con quale ordine vengono eseguiti.

In generale in un impianto d'incenerimento è possibile distinguere diverse sezioni:

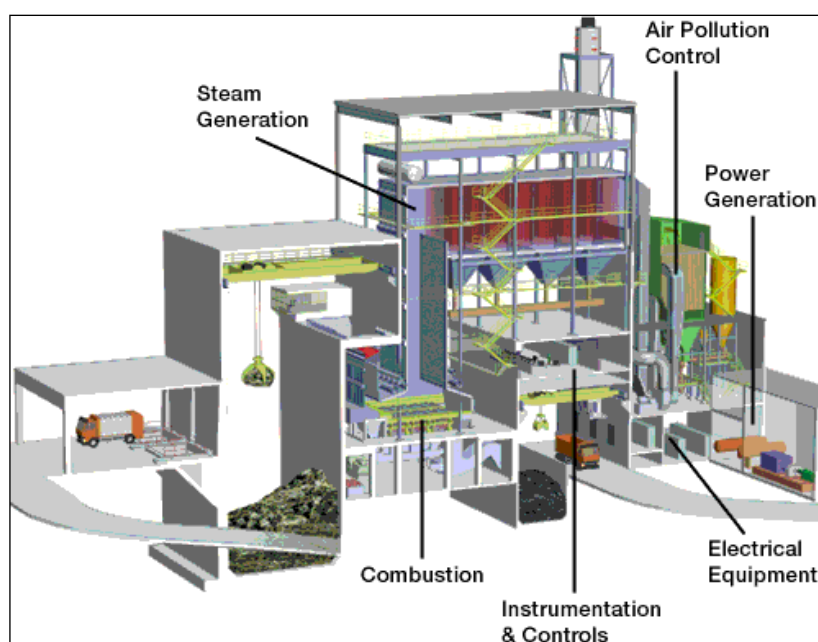


Figura 9: Vista di un impianto d'incenerimento nel suo insieme

- **STOCCAGGIO:**

I rifiuti conferiti all'impianto vengono stoccati in una fossa in cui il rifiuto è direttamente scaricato dai mezzi di raccolta attraverso apposite bocche di scarico. Le fosse devono essere sufficientemente ventilate per allontanare i gas e l'acqua di condensa. Inoltre, in alcuni impianti, al fine di garantire l'isolamento acustico davanti alle porte di scarico, sono stati realizzati dei box di sosta dei veicoli con dispositivi automatici di comando porte (chiusura del box e successivamente apertura della fossa).

- **CARICAMENTO DEI FORNI:**

Il materiale stoccato, tramite opportuni mezzi di sollevamento, viene miscelato, nel tentativo di omogeneizzare, per quanto possibile, le diverse componenti del rifiuto. Successivamente, i rifiuti vengono caricati nella parte alta dei forni e depositati entro una tramoggia. A questo punto i rifiuti scendono per gravità in un pozzo di carico verticale od obliquo, in fondo al quale c'è un dispositivo di dosaggio che distribuisce i rifiuti sulla griglia sottostante.

- **CAMERA DI COMBUSTIONE:**

La precedente normativa prevedeva la presenza di due camere di combustione disposte in serie una dopo l'altra.

Nella prima zona del forno avviene la fase di essiccamento del rifiuto, segue la fase di combustione e per ultimo il completamento della combustione delle scorie.

Le camere di combustione primarie sono di diverso tipo, le più comuni sono con griglia a gradini e a tamburo rotante

La camera di postcombustione è dotata di bruciatori ausiliari in grado di innalzare la temperatura al suo interno ogni qualvolta si renda necessario, e

della possibilità di introdurre aria comburente, detta secondaria, qualora la concentrazione dell'ossigeno sia inferiore ai limiti imposti.

Le tecnologie attualmente disponibili hanno permesso di superare l'imposizione della camera di postcombustione, consentendo la realizzazione di camere di combustione moderne a ridotto impatto ambientale.

- **ABBATTIMENTO DEI FUMI:**

La scelta degli strumenti più adatti per abbattere le emissioni di inquinanti in atmosfera dipende dal tipo di rifiuto bruciato e dalla tecnologia disponibile al momento della stesura del progetto dell'impianto abbattitore.

Per la riduzione dei carichi inquinanti dei fumi ai valori ammissibili si possono utilizzare "impianti a umido" o "impianti a secco" per l'abbattimento dei gas e la depolverazione elettrostatica per l'abbattimento delle polveri

- **CAMINO:**

Il camino deve essere munito di un analizzatore in continuo del carbonio organico e dei cloruri; inoltre, deve avere un'altezza tale da consentire che il flusso d'inquinanti residui sia rapidamente disperso in atmosfera in modo tale da evitare il "problema del pennacchio"

- **CONTROLLO DELLE DIOSSINE E DEI FURANI:**

Diossine e furani si generano quando la combustione non è completa.

Per ridurre al minimo la formazione, il processo di combustione deve essere reso ottimale mediante sufficiente presenza di ossigeno, temperatura alta e tempi di contatto lunghi.



- **TRATTAMENTO DELLE SCORIE:**

Il rottame ferroso contenuto nelle scorie viene separato e condotto al recupero in metallurgia; le scorie residue vengono sottoposte a vagliatura e separate in varie classi granulometriche, in funzione degli scopi di recupero; mentre, il residuo di vagliatura, superiore ad una certa dimensione, viene mandato a discarica.

- **RECUPERO DEL CALORE DI COMBUSTIONE:**

Il recupero di energia dalla combustione dei RSU può essere effettuato attraverso la produzione di calore, di energia elettrica o di una combinazione di entrambi, definita cogenerazione.

### **2.3.2 Pirolisi**

La pirolisi è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l'applicazione di calore e in completa assenza di un agente ossidante.

Le reazioni di pirolisi sono numerose e sono fortemente condizionate da numerosi fattori, tra i quali la temperatura, la concentrazione delle specie chimiche e le caratteristiche degli idrocarburi presenti. In generale, le reazioni di pirolisi sono favorite in presenza di elevate temperature ed ambienti riducenti.

La pirolisi è, dunque, un processo di conversione che, a partire da materiale a base organica, quale il rifiuto, genera sostanze solide, liquide (cosiddetto tar o olio di pirolisi) e/o gassose (syngas) in proporzioni che dipendono dai metodi di pirolisi (pirolisi veloce, lenta o convenzionale) e dai parametri di reazione. Tali prodotti possono essere utilizzati come combustibili o come materie prime destinate a successivi processi chimici.

I rifiuti sono riscaldati a temperature comprese tra 300 °C e 500 °C in presenza di quantità estremamente limitate di aria.

In tale processo il materiale gassifica, ossia la frazione organica viene distillata dando origine ad un gas che, non essendo ancora stato ossidato, possiede un potere calorifico piuttosto elevato, generalmente compreso tra le 2.000 kcal m<sup>-3</sup> e le 3.000 kcal m<sup>-3</sup>.

Il gas che si sviluppa rappresenta il 15-30% in peso del materiale organico originario, a seconda della temperatura del processo. Esso è formato essenzialmente da anidride carbonica, ossido di carbonio, idrogeno, metano e idrocarburi leggeri.

Il residuo liquido ottenuto per condensazione della fase vapore è assimilabile ad un olio combustibile, si aggira intorno al 50-60% in peso del materiale iniziale ed è costituito da acqua, catrame e composti organici.

Il residuo solido, di volume e peso notevolmente ridotto rispetto all'inizio, contiene componenti combustibili e incombustibili ed è costituito essenzialmente da carbonio, inerti e ceneri. Il suo PCI è compreso tra 5.000 kcal kg<sup>-1</sup> e 6.000 kcal kg<sup>-1</sup>. Il residuo carbonioso solido ottenuto può essere ulteriormente raffinato, fornendo prodotti quali ad esempio il carbone attivo.

La pirolisi diretta viene generalmente attuata in caldaie in cui avviene anche lo scambio di calore tra i gas di combustione ed i fluidi di processo.

Le caldaie a letto fluido rappresentano la tecnologia più utilizzata nonostante sia la più dispendiosa, in quanto essa permette la riduzione degli inquinanti e un elevato rendimento di combustione.

Esistono molte tecnologie particolari: il sistema Thermofuel, ad esempio, permette di ottenere, a partire dalla plastica, diesel sintetico attraverso pirolisi condotta a temperature più basse (370-420 °C). La pirolisi può essere anche utilizzata come parte integrante di altri processi, quali il trattamento meccanico-biologico e la digestione anaerobica.

Uno dei maggiori problemi legati alla produzione di energia basata sui prodotti della pirolisi è la qualità di detti prodotti, che non ha ancora raggiunto un livello sufficientemente adeguato con riferimento alle applicazioni, sia con turbine a gas sia con motori diesel. In prospettiva, anche con riferimento alle taglie degli impianti, i cicli combinati ad olio pirolitico appaiono i più promettenti, soprattutto in impianti di

grande taglia, mentre motori a ciclo diesel, utilizzando prodotti di pirolisi, sembrano più adatti ad impianti di piccola potenzialità.

### **2.3.3 Gassificazione**

La gassificazione è un processo che converte, attraverso una parziale ossidazione, un combustibile allo stato solido (carbone, biomasse, rifiuti) o liquido (ad esempio, oli combustibili pesanti) ad uno stato gassoso. In seguito alla trasformazione in fase gassosa, attraverso specifiche tecniche di depurazione, è possibile separare dal gas le sostanze indesiderate, quali lo zolfo e le ceneri. Si ottiene, così, un combustibile gassoso “pulito”, definito syngas o gas di sintesi, che è più agevole da trasportare e stoccare e, soprattutto, crea minori problemi in sede di combustione.

Un gassificatore si differenzia da un pirolizzatore in quanto quest'ultimo, lavorando in assenza di ossigeno, attua la pirolisi propriamente detta; mentre, un gassificatore, lavorando in presenza di piccole quantità di ossigeno, realizza anche una parziale ossidazione. Pertanto, si può affermare che il gassificatore come tecnologia rappresenta soluzione intermedia tra l'inceneritore e il pirolizzatore.

Le reazioni chimiche che avvengono in un gassificatore sono particolarmente complesse e non del tutto note. In generale, si può affermare che in un gassificatore avvengono reazioni sia esotermiche sia endotermiche e che il gas combustibile prodotto dal processo di gassificazione contiene di norma  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , tracce di idrocarburi di maggior peso molecolare e vari contaminanti, tra i quali spicca il tar. Proprio per le problematiche connesse alla presenza di tali sostanze nel gas, gli impianti per il recupero energetico richiedono pretrattamenti finalizzati al miglioramento della qualità del combustibile realizzato. In particolare, nei cicli combinati (turbina a gas – turbina a vapore) i rendimenti raggiungibili, limitati da questa necessità, si attestano su valori compresi tra il 33% e il 40%, in funzione della tecnologia e della dimensione dell'impianto. Per le comuni turbine a gas l'utilizzo del prodotto di gassificazione impone essenzialmente modifiche al bruciatore e al combustore.

Un ulteriore problema legato alla gassificazione è dato dalla necessità di impiegare un materiale abbastanza omogeneo nel reattore. Per tale ragione, nel caso dei RSU, tale tecnologia è generalmente applicata sul CDR, preferibilmente pellettizzato, anche se non mancano esperienze di gassificazioni condotte sui RSU tal quali.

Tuttavia, 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.

La maggior parte degli impianti esistenti, infatti, trattano 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 e divenendo i principali trattamenti termici di riferimento.

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:

- si può evitare 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);
- la flessibilità e la minor taglia 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);
- i costi di realizzazione ed i tempi di ammortamento dovrebbero essere inferiori.

Le migliori tecnologie in uso prevedono, in generale, l'applicazione di due tipi di gassificatori: gassificatore a letto fisso con griglia mobile e gassificatore a letto fluido.

Tra le tecnologie che in questo campo hanno destato il maggior interesse, si cita il processo Thermoselect. Esso è basato sulla combinazione di una pirolisi a bassa temperatura dei rifiuti con una gassificazione ad alta temperatura condotta con ossigeno quale agente gassificante.

Le diverse fasi possono essere così riassunte:

- pressatura del rifiuto in un canale orizzontale riscaldato dall'esterno, in assenza di aria, con conseguente essiccamento e trasformazione della frazione organica in un gas (gas di pirolisi) ed in un residuo carbonioso (coke di pirolisi);
- gassificazione ad alta temperatura (2000 °C) con ossigeno del residuo carbonioso in un reattore verticale, con produzione di un gas combustibile costituito da H<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>;
- depurazione del gas combustibile (gas di sintesi) consistente in un raffreddamento con acqua a meno di 90 °C, in un lavaggio acido, in un lavaggio basico ed in un trattamento finale di adsorbimento su carbone attivo. Il raffreddamento rapido da 1200 °C (uscita reattore) a circa 90 °C, in assenza di ossigeno, impedisce che si riformino composti organoclorurati quali diossine e furani;
- utilizzo del gas in un motore endotermico o in una turbina a gas in ciclo combinato per la produzione di energia elettrica.

L'alta temperatura a cui opera il reattore di gassificazione assicura la fusione dei metalli e delle scorie e la completa distruzione delle molecole organiche, in particolare di quelle organoclorurate (PCDD e PCDF). Le scorie sono ottenute in forma vetrosa e granulare mediante raffreddamento in un bagno d'acqua e, in quanto inerti, possono essere utilizzate come materiale di costruzione o di riempimento.

Il principale motivo che porta all'applicazione dei processi di pirolisi e gassificazione ai rifiuti solidi urbani e prodotti derivati è legato alla possibilità di trasformare materiali a base organica, disomogenei e difficili da stoccare, in prodotti con buone proprietà combustibili, caratteristiche qualitative costanti e maggior flessibilità di

utilizzo . Tali potenzialità si scontrano però, allo stato attuale, con la presenza nel gas di componenti minori quali gas acidi (HCl, H<sub>2</sub>S), ammoniaca e idrocarburi pesanti condensabili, che rendono necessari trattamenti preliminari di depurazione. Questi trattamenti, di norma anche complessi, hanno un impatto negativo sulla gestione del processo, diminuiscono il contenuto energetico del gas e in definitiva il suo interesse applicativo. Inoltre, la scarsità di impianti operanti su scala reale limita lo sviluppo e la diffusione di questa tecnologia, così come una valutazione completa su di essa.

## **2.4 Trattamento a freddo**

I processi di trattamento a freddo permettono di recuperare dai rifiuti residuali materiali riciclabili, ridurre il volume del materiale in vista dello smaltimento finale e di stabilizzare i rifiuti in modo tale da minimizzare la formazione dei gas di decomposizione ed il percolato.

Il principale tipo di trattamento a freddo è il Trattamento Meccanico-Biologico.

Il Trattamento Meccanico-Biologico (TMB) è una tecnologia di trattamento a freddo dei rifiuti indifferenziati (e/o avanzati dalla raccolta differenziata) che sfrutta l'abbinamento di processi meccanici a processi biologici, quali la digestione anaerobica e il compostaggio: appositi macchinari separano la frazione umida dalla frazione secca, che può essere in parte riciclata oppure usata per produrre combustibile derivato dai rifiuti (CDR).

Grande rilievo sta assumendo anche in Italia la produzione di biostabilizzato dai rifiuti solidi urbani mediante trattamento meccanico-biologico. Il biostabilizzato si distingue dal compost in quanto è prodotto a partire da rifiuti indifferenziati, mentre il compost viene prodotto esclusivamente a partire da materiale organico raccolto differenziatamente. Per tale motivo il biostabilizzato, a differenza del compost, non viene usato come concime in agricoltura ma, essendo caratterizzato da una fermentescibilità ridotta fino al 90%, è particolarmente adatto a varie applicazioni volte al recupero ambientale, paesaggistico e alla copertura giornaliera di discariche.

Molto spesso in Italia tali impianti sono progettati per alimentare inceneritori con combustibile derivato dai rifiuti; in taluni casi addirittura gli impianti sono usati semplicemente per tritare i rifiuti senza alcun reale beneficio né per il recupero né per l'incenerimento, come dimostrano le inchieste riguardanti la gestione dei rifiuti in Campania.

Lo sviluppo del TMB è basato su esperienze derivate dal trattamento biologico dei rifiuti. Negli anni '60 e '70, infatti, i rifiuti venivano già trattati meccanicamente e biologicamente nelle cosiddette, “discariche con compostaggio”. Alcuni di questi primi impianti sono ancora oggi funzionanti, anche se con il tempo si sono ottenuti dei progressi a riguardo.

Il TMB è costituito da due fasi ben differenziate:

1. Trattamento Meccanico:

in questa fase, attraverso dei sistemi meccanici automatizzati, il rifiuto viene sottoposto ad operazioni di separazione e classificazione dei vari componenti in riciclabili e non. In questo modo dalla massa dei rifiuti vengono rimossi i componenti riciclabili e altri componenti destinabili solamente a discarica.

Lo scopo della parte meccanica del processo è quello di ottimizzare il materiale per la successiva lavorazione mediante separazione (screening, cioè selezione) in un certo numero di flussi;

2. Trattamento Biologico:

in questa fase avviene un processo biologico volto a conseguire la stabilizzazione della sostanza organica (ossia la perdita di fermentescibilità) e l'igienizzazione della massa debellando i fitopatogeni presenti nei vegetali e i patogeni umani presenti nei materiali di scarto. In questo modo dalla parte umida del rifiuto residuale si riesce a produrre compost e biogas.

Gli impianti TMB differiscono:

- per il tipo di rifiuto da trattare;

- per lo scopo della preparazione e la collocazione dei prodotti risultanti (discarica, trattamento termico, recupero energetico);
- per la durata dell'autorizzazione all'attività (limitata nel tempo come soluzione temporanea, oppure non limitata, cioè nell'ambito di tempi di ammortamento regolari).

Attualmente in Italia e in Europa si possono identificare due tipologie di trattamento meccanico-biologico dei R.U.R.:

- Trattamento a differenziazione di flussi (Figura 10): in cui un pretrattamento meccanico del rifiuto in ingresso all'impianto permette di ottenere una frazione "organica" (frazione sottovaglio;  $\varnothing < 50-90$  mm), da destinarsi a trattamento biologico, e di una frazione secca (sovvallo;  $\varnothing > 50-90$  mm) da destinarsi alla valorizzazione energetica o in discarica;

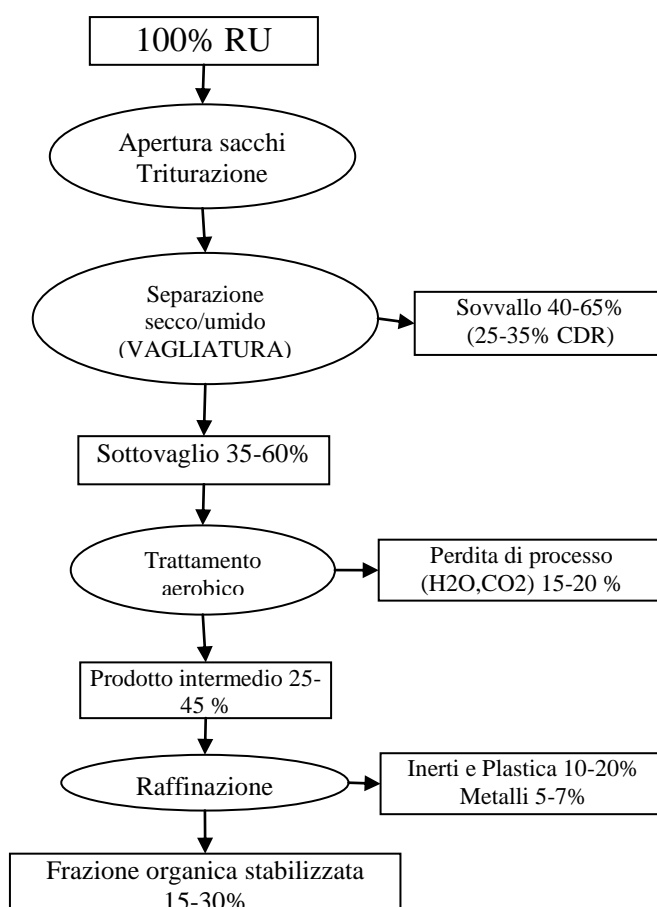


Figura 10: Schema di processo e bilancio di massa con metodo a separazione di flusso



- Trattamento a flusso unico (Figura 11): in cui tutto il rifiuto in ingresso all'impianto subisce un trattamento biologico, mentre il trattamento meccanico si limita ad una semplice frantumazione del rifiuto.

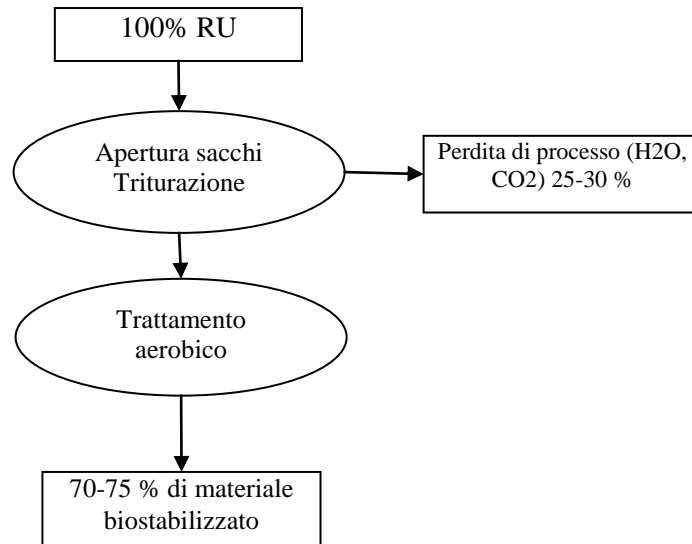


Figura 11: Schema di processo e bilancio di massa con metodo a flusso unico

Una caratteristica dei trattamenti-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, sia 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 qualità.

Le attrattive legate ai diversi obiettivi, dipendono fortemente dal contesto in cui l'impianto si troverà ad operare, 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.

Nonostante le varietà impiantistiche esistenti ed in fase di sperimentazione, generalmente 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.

#### **2.4.1 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 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 carroponte, oppure su platee di ricezione da cui vengono alimentati all'impianto con benna o pala meccanica.

Le fosse consentono di minimizzare gli spazi richiesti, ma hanno molti inconvenienti (metodo "Last In First Out") nelle successive fasi di separazione, in quanto il contatto tra sostanza secca e sostanza organica provoca un'umidificazione eccessiva

della frazione secca e il conseguente “incollamento” che rende più difficoltosa la successiva operazione di separazione.

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, ad esempio, le scatole di cartone. I dispositivi lacera-sacchi solitamente utilizzati sono :

- 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**

Scopo di questa fase è ridurre la pezzatura dei materiali in ingresso, 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 “tritatori”, che agiscono sul materiale macinandolo e tagliando i componenti del rifiuto medesimo.

Esistono diverse tipologie di tritatori, che si differenziano prevalentemente per il tipo (martelli, cesoie o coltelli) e il numero di utensili e la velocità di movimento.

### **Separazione delle componenti**

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 in cascata, si tende ad isolare i suoi componenti al fine di ottenerne singoli flussi con accettabili gradi di purezza.

### **Omogeneizzazione**

Questo processo varia a seconda che si preveda un trattamento di compostaggio o un trattamento di digestione anaerobica.

Nel primo caso l'omogeneizzazione è funzionale a facilitare l'azione dei microorganismi responsabili della biostabilizzazione. La miscelazione può avvenire con l'impiego di pale meccaniche o su nastri convogliatori; inoltre, l'impiego di tamburi miscelatori, con tempi di residenza di alcune ore, migliora la preparazione del materiale per la fase di compostaggio. Al fine di accelerare la degradazione biologica del rifiuto, in un miscelatore possono essere aggiunti anche fanghi, 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 biostabilizzatori, denominati anche "cilindri DANO". Si tratta di apparecchiature costituite da un cilindro rotante orizzontale 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 la prefermentazione della 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", invece, il contenuto solido è circa il 10-15%. Tutti i materiali degradabili sono sospesi in una soluzione acquosa, mentre si punta a far ricadere sul fondo i materiali non degradabili ( legno, plastiche, pietre, metalli e vetro), o a farli flottare, per separarli dalla sospensione, poichè possono recare grossi problemi alla successiva fase di digestione anaerobica.

#### **2.4.2 Fase principale di trattamento biologico**

In questa fase si provvede a stabilizzare la frazione organica rimanente da impiegare in usi non agricoli.

Lo scopo di questa fase è quello di rendere inerte qualsiasi materiale organico attivo e stabilizzarne così il residuo che, una volta messo in discarica, avrà un impatto ridotto del 90% in termini di produzione di metano, CO<sub>2</sub>, formazione di percolato, odori e incendi.

I processi di trattamento biologico si dividono in due categorie principali, quelli aerobici e quelli anaerobici.

##### **Processi aerobici:**

Nelle esperienze esistenti il metodo più utilizzato è quello della Biostabilizzazione o Compostaggio.

Attraverso il compostaggio il contenuto biologicamente degradabile viene convertito in CO<sub>2</sub>, 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 maggior parte

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.

Alla fase di compostaggio intensivo, che dura 3/4 settimane, segue una fase di maturazione, di durata variabile. Scopo di questa fase è la stabilizzazione del prodotto; non deve necessariamente essere condotta in edifici chiusi, bensì è sufficiente prevedere delle semplici coperture.

I trattamenti di stabilizzazione aerobica sono concettualmente analoghi al trattamento di compostaggio della F.O.R.S.U. (Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano, o frazione umida). In entrambi i casi, infatti, il processo di conversione aerobica avviene sfruttando e accelerando l'azione di demolizione delle sostanze organiche da parte dei microrganismi. Tali microrganismi sono aerobi ed eterotrofi, richiedono cioè per accrescersi e riprodursi ossigeno e carbonio già inglobato in sostanze organiche.

Nella biostabilizzazione dovranno pertanto essere tenuti sotto controllo i seguenti fattori:

- la concentrazione di ossigeno e l'areazione;
- 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;
- l'umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche, ma non eccessiva.

In base alle caratteristiche del processo è possibile distinguere:

- 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 *Bioessiccamento*, anche noto in letteratura con la definizione di Mechanical-Biological and Stabilate Method (MBS).

Tale processo ha lo scopo primario di ridurre l'umidità del rifiuto a seguito di una fase di bioossidazione della sostanza organica.

In particolare, questo processo ha due obiettivi fondamentali:

- 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 termoutilizzazione (elevato P.C.I.).

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.

Il bioessiccamento viene raggiunto attraverso due stadi principali (Figura 12):

- triturazione meccanica blanda del rifiuto tal quale, per aumentare la superficie di evaporazione e di scambio della massa, ottenendo così un'accelerazione dei processi di bioessiccamento;
- trattamento biologico della matrice precedentemente triturata. Questo stadio avviene a mezzo di aerazione forzata della biomassa, sfruttando il calore sviluppato dalle reazioni biologiche aerobiche.

Il prodotto finale bioessiccato, ottenuto a seguito di una fase di raffinazione, può essere utilizzato come CDR in un impianto di termovalorizzazione.

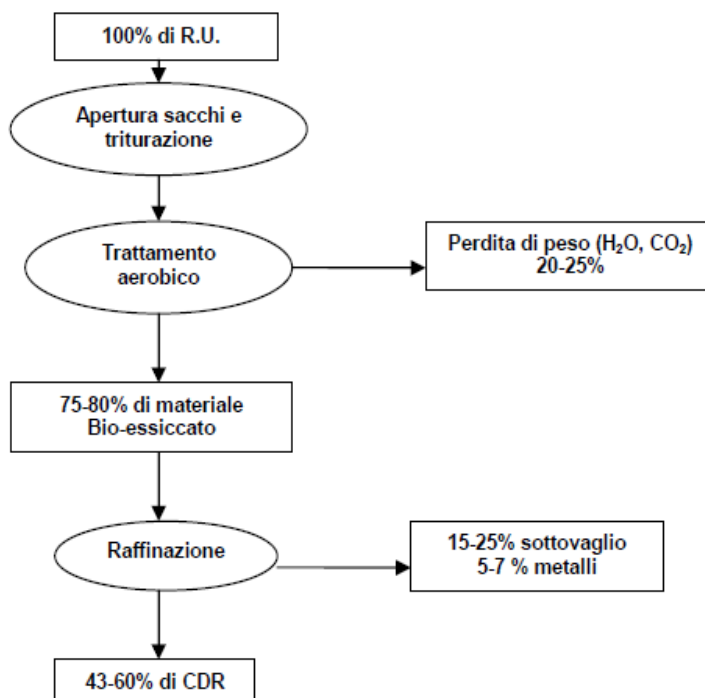


Figura 12: Schema semplificato rappresentante il processo di bioessiccazione

### **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 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 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 O<sub>2</sub>, o legato ad altri elementi, come nel caso dell'azoto nitrico, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 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 CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> si ripartisce nella fase gassosa e nella fase liquida.

I processi anaerobici controllati possono essere suddivisi secondo i criteri riportati nella tabella seguente (Tabella 3):

CRITERI	CARATTERISTICHE
<b>Regime termico</b>	Psicrofilia (20°C), poco utilizzato
	Mesofilia (35-37°C)
	Termofilia (>55°C ed oltre)
<b>Contenuto di solidi nel reattore</b>	Umido (5-10% TS)
	Semisecco (TS reattore=10-20%)
	Secco (TS reattore > 20%)
<b>Fasi biologiche</b>	Unica (l'intera catena microbica mantenuta in un singolo reattore)
	Separate (fase idrolitica e fermentativa sono separate da quella metanogenica)

Tabella 3: Criteri di classificazione

Il processo che porta alla trasformazione della sostanza organica può essere distinto in più fasi (Figura 13):

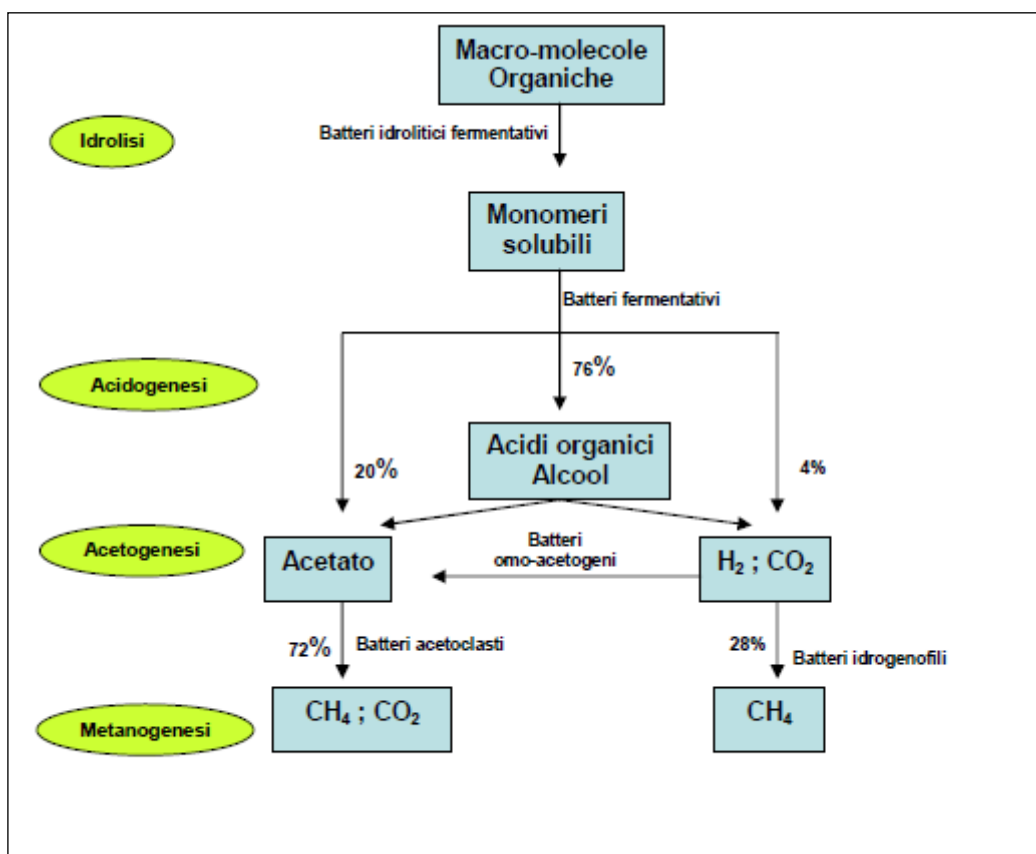


Figura 13: Fasi del processo di digestione anaerobica

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, segue 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.

### **2.3.3 Fase di post-trattamento meccanico**

La fase di post-trattamento è presente solo in alcuni impianti di trattamento meccanico biologico.

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 attraverso raffinazione dimensionale, vagliatura densimetrica o vagliatura aerea;
- qualificare merceologicamente il prodotto mediante essiccazione, pellettizzazione, granulazione.

Le principali operazioni di post-trattamento in uscita dalla fase aerobica sono riportate nella tabella sottostante:

<b>POST-TRATTAMENTO</b>	<b>FINALITÀ</b>	<b>TECNOLOGIE DISPONIBILI</b>
<b>VAGLIATURA</b>	Separazione del materiale trattato in flussi di massa caratterizzati da omogeneità dimensionale al fine di separare i prodotti dagli scarti di processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vagli rotanti;</li> <li>• Vagli vibranti.</li> </ul>
<b>CLASSIFICAZIONE DENSIMETRICA</b>	Separazione del materiale trattato in due flussi di massa omogenei per densità al fine di separare i prodotti del processo dalle impurezze contenute	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classificatore aeraulico;</li> <li>• Tavola densimetrica.</li> </ul>
<b>DE-METALLIZZAZIONE</b>	Rimozione dei materiali ferrosi e non ferrosi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magneti permanenti o elettromagneti per il ferro;</li> <li>• Cernitrici a correnti indotte per i metalli non ferrosi.</li> </ul>

Tabella 4: Principali operazioni di post-trattamento in uscita dalla fase aerobica

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 aeraulica degli inerti plastici stessi, eventualmente solo per "pulire" sistematicamente o periodicamente i sovvalli della raffinazione dimensionale, che altrimenti concentrerebbero progressivamente (se riciccolati in testa al processo) i materiali non decomponibili; il separatore divide tali materiali dagli scarti legnosi incomposti, riutilizzabili come agente strutturante.

L'operazione di vagliatura, nel caso in cui la matrice di partenza sia stata approntata con il ricorso ad agenti strutturanti con dimensione delle particelle grossolana, consente, da una parte di ottenere un prodotto finito più omogeneo e di granulometria idonea alle applicazioni più specialistiche, dall'altra di recuperare il substrato ligno-cellulosico solo parzialmente decomposto per nuove miscele con l'ingrediente primario. La vagliatura ha, infine, il compito di eliminare dal prodotto finito eventuali frazioni contaminanti, nei casi in cui queste siano presenti nel substrato umido di partenza.

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, poiché 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.

- **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 nastropressa, 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.

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%

Tabella 5: Apparecchiature per ridurre l'umidità del fango

- **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 biostabilizzato può essere richiesta una raffinazione del materiale, da realizzare dopo la fase di bioossidazione accelerata o, in alternativa, dopo la post-maturazione.

### **2.3.4 Prodotti e scarti in uscita**

Nel seguito si elencano i prodotti e i sottoprodotti (o scarti) uscita dagli impianti di trattamento meccanico biologico. Essi possono variare a seconda del layout impiantistico; inoltre, 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. è il materiale ricavato dai R.U.R. oppure dai rifiuti non pericolosi mediante opportuno trattamento, può essere preparato in forma di fluff 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 richieste, 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 biostabilizzazione della frazione organica, è possibile 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 biostabilizzazione, in questo modo rimane il sovrvallo secco che rappresenta il C.D.R. ;

- effettuare un ampio pretrattamento costituito dalla separazione del biodegradabile (mandato a biostabilizzare), una fase di selezione e recupero di materiali, una seconda riduzione dimensionale e un posttrattamento (addensamento, pellettizzazione o riduzione in balle) del C.D.R. fluff ottenuto a seconda della destinazione finale;
- trattamento spinto fino ad ottenere un combustibile rispondente alle specifiche fissate dalla norma UNI, con separatore di metalli a correnti indotte, e separatori aeraulici.

Il C.D.R. può essere ottenuto anche come prodotto del processo di bioessiccazione.

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 reattore è intorno ai 15 Mj/kg.

Riguardo alla stabilità biologica, determinata tramite l'indice di respirazione dinamico (IRD), il parametro di riferimento del materiale bioessiccato non raffinato si assume non superiore a 700 mg O<sub>2</sub> x Kg si S.V.-1 ora-1.

Il bioessiccato 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. 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 Mj/kg e può essere bruciato in forni.

### **Biostabilizzato**

Produrre materiale biostabilizzato 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. (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 studio, 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.

Il grado di stabilità raggiungibile dal biostabilizzato 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 (Tabella ); può essere prodotto solo dagli impianti T.M.B. con annessa fase di digestione anaerobica, e come scarto del processo produce il digestato.

<b>COMPONENTI</b>	<b>PERCENTUALE</b>
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

Tabella 6: Composizione del Biogas

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.

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), quali metalli, plastiche e inerti.

### **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 T.B.M., PET, HDPE e altre plastiche dense, vengono recuperate tramite selezione manuale.

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 bag, 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 T.B.M. 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 gioca generalmente contro il loro grado di contaminazione, il più remunerativo è 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; pertanto il suo recupero è difficile in quanto costoso e poco efficiente.

### **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.

Dunque, rispetto ad altri impianti il TMB presenta molteplici e notevoli vantaggi. Tra i più importanti sicuramente troviamo la capacità di ridurre il peso e il volume dei rifiuti e di poterne recuperare circa il 70% tra quelli entrati nell'impianto. E' per questo motivo, infatti, che gli impianti TBM sono considerati, almeno nel mondo degli ambientalisti, fondamentali sia per ridurre l'impatto ambientale del conferimento in discarica, come il percolato, sia il recupero.

Inoltre i tempi di realizzazione, costi e gestione sono altamente competitivi rispetto a qualsiasi altra tecnologia per il trattamento dei rifiuti.

## **2.5 Messa in discarica**

La messa in discarica 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).

La gestione delle discariche di costruzione moderna è migliorata significativamente nel corso dell'ultima decade.

Le due teorie emergenti, fra le migliori tecnologie nella costruzione di questi impianti, sono: discariche incapsulate o a tomba asciutta e discariche a bioreattore.

Inoltre, 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., riducendo fra l'altro anche i volumi da smaltire. Così facendo, la discarica può essere usata per smaltire tutti i residui del sistema integrato di gestione dei rifiuti con un impatto ambientale minimo.

## **Capitolo 3**

# **VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI RIFIUTI TRAMITE LA METODOLOGIA LCA**

### **3.1 L'analisi LCA**

La Valutazione del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment - LCA) è uno strumento utilizzato per valutare il potenziale impatto ambientale di un prodotto, di un processo o di un'attività durante tutto il suo ciclo di vita, tramite la quantificazione dell'utilizzo delle risorse ("immissioni" come energia, materie prime, acqua) e delle emissioni nell'ambiente ("emissioni" nell'aria, nell'acqua e nel suolo) associate al sistema oggetto della valutazione.

L'obiettivo generale di un LCA è, quindi, valutare gli impatti ambientali associati alle varie fasi del ciclo di vita di un prodotto/processo nella prospettiva di un miglioramento ambientale di processi e prodotti.

Più in particolare, l'LCA può essere utilizzato per stimare l'impatto ambientale complessivo di un prodotto, per confrontare due prodotti simili dal punto di vista dell'impatto ambientale, per individuare possibili miglioramenti all'interno di un ciclo produttivo.

#### **3.1.1 Definizione**

Secondo la SETAC “ l'LCA è un processo di valutazione dei carichi ambientali associati ad un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente, e l'identificazione e la valutazione delle opportunità per diminuire questi impatti. L'analisi riguarda l'intero ciclo di vita di un prodotto, processo o attività (“dalla culla

alla tomba”): dall'estrazione e trattamento delle materie prime, alla produzione, trasporto e distribuzione del prodotto, al suo uso, riuso e manutenzione, fino al riciclo e collocazione finale del prodotto dopo l'uso”.

Da questa definizione risulta evidente come il concetto di valutazione, che sta alla base del metodo, sia strettamente connesso con quello di confronto, perciò, come suggerisce l'Agenzia Federale per l'Ambiente della Germania, l'LCA dovrebbe essere inteso correttamente come una comparazione il più possibile completa tra due o più prodotti, gruppi di prodotti, sistemi, metodi o approcci alternativi, volta a rivelare i punti deboli, a migliorare le qualità ambientali, a promuovere prodotti e processi ecologici, a comparare approcci alternativi e dare fondamento alle azioni suggerite.

L'affermarsi dell'LCA è il risultato dell'effetto simultaneo di tre eventi, precisamente:

1. della crescente consapevolezza che i problemi ambientali non possono più essere affrontati per singoli comparti (aria, acqua, suolo), ma richiedono una valutazione e un intervento globale;
2. della nuova attenzione alle politiche di prodotto, quali componenti fondamentali delle politiche ambientali;
3. della presenza di un'opinione pubblica che richiede informazioni ambientali e di consumatori che scelgono, in base a criteri di qualità ambientale, merci e servizi loro offerti.

Il metodo offre numerose possibilità di utilizzo, tra le quali:

- la valutazione dell'impatto ambientale di prodotti differenti, aventi la medesima funzione;
- l'identificazione, all'interno del ciclo produttivo o del ciclo di vita del prodotto, dei momenti in cui si registrano gli impatti più significativi, a partire dai quali possono essere indicati i principali percorsi verso possibili miglioramenti, intervenendo sulla scelta dei materiali, delle tecnologie e degli imballaggi;
- il sostegno alla progettazione di nuovi prodotti;



- la segnalazione di direzioni strategiche per lo sviluppo, che consentano risparmi, sia per l'azienda sia per il consumatore;
- la dimostrazione di aver ottenuto un ridotto impatto ambientale ai fini dell'attribuzione del marchio ecologico comunitario (*Ecolabel*);
- il perseguimento di strategie di marketing in relazione al possesso del marchio Ecolabel;
- l'ottenimento di un risparmio energetico;
- il sostegno nella scelta degli investimenti in procedimenti per il disinquinamento;
- il supporto nella scelta delle soluzioni più efficaci e idonee per il trattamento dei rifiuti;
- la base oggettiva di informazioni e di lavoro per l'elaborazione dei regolamenti che riguardano l'ambiente.

L'LCA non è solo un mezzo volto alla salvaguardia dell'ambiente, può infatti, diventare anche un importante strumento per il rafforzamento delle dinamiche competitive nonché per la riduzione e il controllo dei costi. Inevitabilmente, nella stesura della metodologia, sarà necessario trovare un compromesso tra rigore scientifico e semplicità, per cui il tipo di informazione fornita sarà un indicatore di tipo semplificato, specialmente per quanto riguarda la valutazione dell'impatto ambientale. In altre parole, l'LCA non deve essere considerato un metodo in grado di fornire risultati completi e pienamente esaustivi, poiché fa uso di valutazioni di carattere soggettivo, soprattutto laddove si riscontra la mancanza di informazioni rigorose.

Mediante un LCA è possibile ottenere una comprensione adeguata circa l'impatto ambientale di un certo prodotto, purché tale strumento mantenga caratteristiche di flessibilità ed efficienza di costo: questo ne permette un diffuso utilizzo anche in presenza di realtà industriali di piccole e medie dimensioni.

Lo scopo, i confini ed il livello di dettaglio di un LCA dipendono dall'oggetto dello

studio e dall'uso per il quale è stato predisposto; tuttavia, sebbene la profondità e l'ampiezza dell'indagine possano variare molto a seconda dei casi, lo schema cui si fa riferimento rimane sempre il medesimo. D'altra parte ogni tecnica di valutazione presenta necessariamente delle limitazioni, che è indispensabile conoscere e tenere in adeguata considerazione durante il procedimento di analisi, in particolare:

- i modelli utilizzati per l'analisi inventariale o per valutare impatti ambientali sono limitati dalle assunzioni implicitamente contenute in esso: tali modelli potrebbero non essere disponibili per tutte le applicazioni;
- i risultati di uno studio LCA focalizzati su questioni globali o regionali potrebbero non essere adeguate per applicazioni maggiormente circoscritte;
- l'accuratezza di uno studio LCA può essere limitata dall'accessibilità o dalla disponibilità di informazioni rilevanti o di qualità elevata;
- la mancanza di una dimensione spaziale e temporale nell'inventario dei dati utilizzati per la valutazione dell'impatto introduce incertezza sui risultati dell'impatto;
- non è possibile un'assoluta e completa rappresentazione di ogni effetto sull'ambiente in quanto esso si basa su un modello scientifico che costituisce una semplificazione di un sistema fisico vero e proprio.

In generale, le informazioni ottenute attraverso uno studio LCA dovrebbero essere usate come parte di un processo decisionale molto più completo e utilizzate per comprendere gli scambi globali o generali. Confrontare i risultati di differenti studi di LCA, è possibile solamente se le assunzioni e il contesto di ciascuno studio sono i medesimi; inoltre, per ragioni di trasparenza queste assunzioni dovrebbero essere esplicitamente dichiarate.

### 3.1.2 Tipologie di analisi e approcci

Esistono diversi approcci caratteristici di uno studio LCA di cui il fondamentale e più completo è il sopra citato “from cradle to grave”, esso è una metodologia innovativa che è stata dettata principalmente da due ragioni. In primo luogo, una singola operazione industriale poteva apparentemente essere resa più efficiente e “più pulita” trasferendo l'inquinamento in altri comparti ambientali; così i benefici derivanti da queste azioni venivano controbilanciati da problemi generati altrove, senza conseguire nel complesso alcun reale miglioramento. In secondo luogo si passa da una tipologia di studio tipica dell'ingegneria tradizionale, focalizzata sull'efficienza dei singoli sistemi produttivi, ad una visione globale dell'intera catena produttiva che tiene collegate tra loro le singole operazioni.

Negli ultimi anni, si stanno diffondendo altri tipi di approcci che incentrano uno studio LCA su specifiche macrofasi di un sistema produttivo. In particolare:

- “*from cradle to gate*” (dalla culla al cancello): lo studio inizia con l'approvvigionamento delle materie prime e delle fonti di energia e si conclude con l'immissione del prodotto finito sul mercato, escludendo quindi la fase di utilizzo dello stesso;
- “*from gate to gate*” (dal cancello al cancello): lo studio analizza unicamente la realtà aziendale, ossia comprende le fasi di fabbricazione e assemblaggio del prodotto. “*from cradle to cradle*” (dalla culla alla culla): comprende anche la rivalorizzazione del prodotto a fine vita attraverso il recupero di energia e materiali, nell'ottica di diminuire progressivamente la quantità di rifiuti da inviare allo smaltimento in discarica. Conferire valore intrinseco a un qualsiasi prodotto a fine vita vuol dire promuovere ogni attività di recupero, reimpiego e riciclaggio, considerando lo smaltimento finale in discarica una fase residuale da attuare in condizioni di massima sicurezza senza arrecare alcun danno all'ambiente.

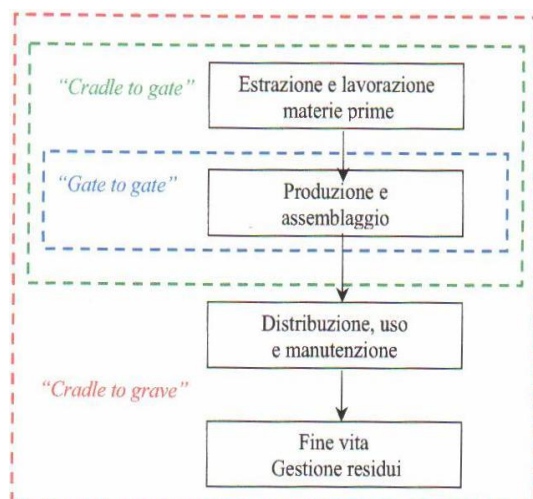


Figura 1: Schema di sintesi dei vari approcci di uno studio LCA

Negli ultimi anni, gli sforzi maggiori sono stati rivolti alla ricerca di specifiche metodologie LCA più affidabili e più dettagliate; in questa direzione si sono sviluppati differenti modelli di analisi del ciclo di vita, spesso anche superflui e ripetitivi.

La classificazione originaria sulle tipologie di LCA è quella offerta dalla CIT Ekologik, società svedese di consulenza in ecologia ambientale del prodotto e dell'amministrazione. La classificazione proposta dalla CIT Ekologik è la seguente:

- *Streamlined LCA* (LCA semplificato o parziale): utilizzato principalmente in sistemi poco complessi se si vogliono evidenziare la o le fasi di maggior rilevanza ambientale nel caso di comparazione di prodotti o nella decisione di nuove direzioni nello sviluppo di nuove attività o servizi;
- *Screening LCA* (LCA selettiva): utilizzato principalmente nel caso in cui si vogliono individuare e "selezionare" le fasi di vita di un prodotto che determinano gli impatti ambientali più consistenti. Si utilizzano per lo più dati standard senza approfondire la ricerca delle informazioni né dare loro effettiva valutazione;
- *Detailed LCA* (LCA dettagliato): è lo studio necessario nel caso di una valutazione completa, che presuppone a monte uno o più studi di tipo selettivo. Un LCA dettagliato prevede una elevata qualità di dati e comprende, dunque, la raccolta sistematica di valori specifici nel caso in

esame, inoltre include lo studio di piccoli flussi di energia e di materiali in modo da aumentare il livello di dettaglio. E' indispensabile in analisi finalizzate a comunicazioni pubbliche.

### 3.2 Fasi dell'analisi LCA

L'elaborazione di un LCA secondo la procedura indicata da SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) ripresa poi dagli standard ISO appositamente redatti, si articola sostanzialmente nelle seguenti quattro fasi:

1. Definizione degli obiettivi e dei confini del sistema (*Goal and scope definition*);
2. Redazione e analisi dell'inventario (*Inventory analysis*);
3. Valutazione degli impatti ambientali (*Life cycle impact assessment*);
4. Interpretazione dei risultati e analisi di miglioramento (*Interpretation and improvement analysis*).

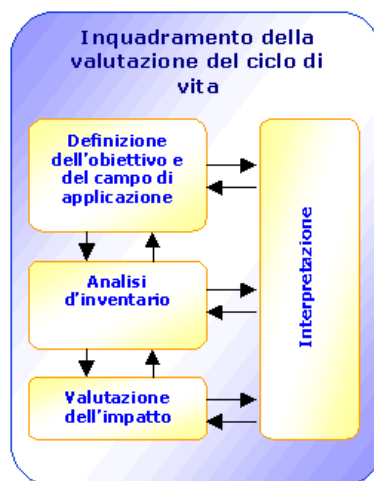


Figura 2: Fasi dell'analisi LCA

La descrizione della metodologia segue fedelmente l'iter proposto dalle norme europee ISO 14040 e 14044 senza peraltro trascurare ulteriori approcci trasversali provenienti da altre pubblicazioni e da altri studi.

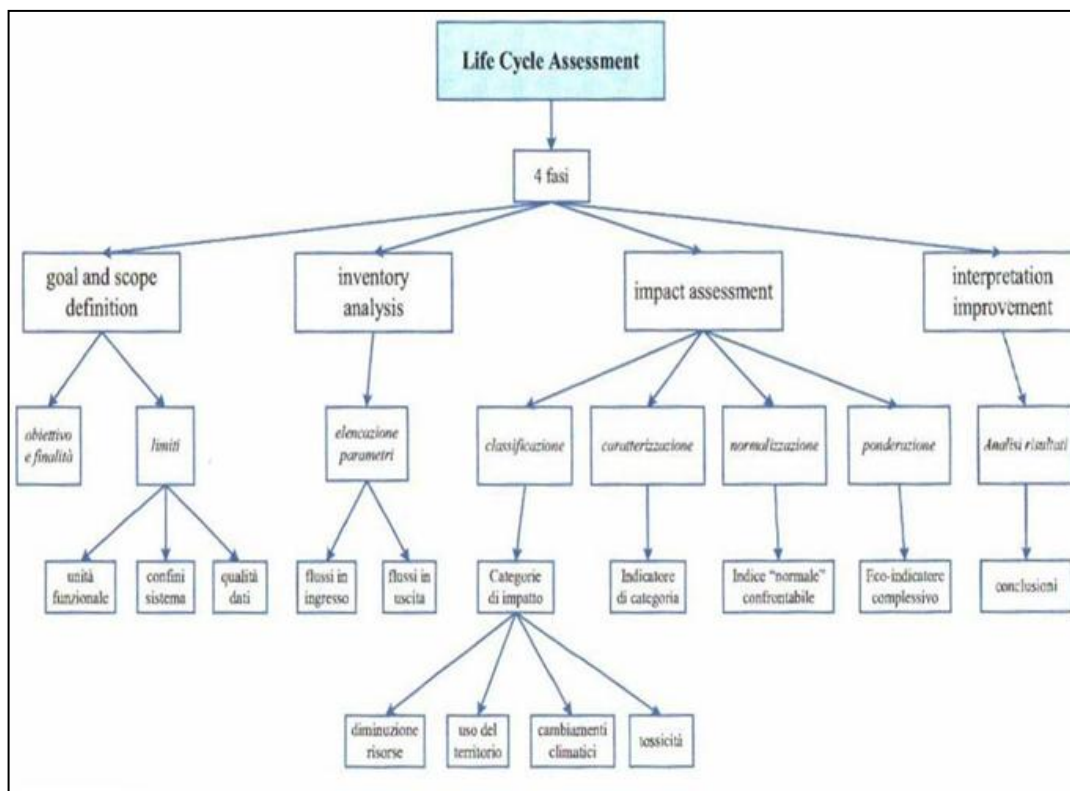


Figura 3: Schema sintetico della metodologia LCA

### 3.2.1 Definizione degli scopi e degli obiettivi

#### DEFINIZIONE DELL'OBIETTIVO E DELLE FINALITÀ

La definizione degli obiettivi è la prima fase di uno studio LCA e il suo scopo è un corretto svolgimento ed utilizzo dell'analisi. In questa prima fase si dichiara l'oggetto dello studio, l'insieme delle sue motivazioni, il sistema considerato e tutti i suoi confini; inoltre, si possono dichiarare gli utilizzatori ultimi dei risultati per anticipare il grado di approfondimento e di trasparenza/chiarzza dell'analisi.

La dichiarazione di specifici obiettivi dipende dall'ampiezza del ciclo di vita e dal livello di dettaglio che si vuole raggiungere nello studio. Alcuni tra i più importanti obiettivi di un LCA sono: il paragone di due o più prodotti aventi la stessa funzione, l'identificazione di possibilità di miglioramento in futuri sviluppi di prodotti esistenti, l'individuazione di criteri di ecolabelling e la progettazione di nuove strategie aziendali.

Le finalità devono esplicitare le ipotesi, le assunzioni e i metodi che verranno utilizzati, tutti elementi che saranno meglio descritti nei paragrafi successivi.

E' evidente che questa prima fase delinea notevolmente le linee di svolgimento dell'analisi e può portare a significativi cambiamenti dei risultati.

### **DEFINIZIONE DEI LIMITI DI UNA LCA**

Nella fase iniziale è essenziale stabilire i confini del sistema, cioè i limiti entro cui bisogna svolgere la valutazione del ciclo di vita.

Vengono di seguito approfonditi i punti più importanti della definizione di questi limiti:

#### Unità funzionale

E' l'unità di riferimento per quantificare il rendimento di un sistema produttivo. Assumere una determinata unità funzionale vuol dire normalizzare, in senso matematico, il sistema in esame ad una specifica funzione. Generalmente la sua definizione è molto diretta perché bisogna solamente individuare la funzione del sistema/prodotto e calcolare tutti i flussi su questa funzione (ad esempio chilometri percorsi da un treno, livello di luminosità di una lampadina in un determinato periodo di tempo, ecc.).

Nella definizione di tale unità si devono prendere in considerazione l'efficienza del prodotto, la durata del prodotto, la performance di qualità standard.

Occorre porre particolare attenzione ai sistemi multi-funzionali, dove accanto ai prodotti principali esistono dei sottoprodotti; ad esempio un sistema di trattamento

rifiuti i cui prodotti possono essere energia e fertilizzanti, o due sistemi di cui uno svolge una funzione non contemplata dall'unità funzionale.

Per esempio, un'analisi LCA condotta sui sistemi per asciugare le mani vuole rilevare quale tra: carta usa e getta, sistema elettrico ad aria calda e tessuto di cotone riutilizzabile, impatta meno l'ambiente. L'unità funzionale potrebbe essere il numero di paia di mani asciugate. Su questa base comune lo studio dovrà considerare a monte tutte le fasi per produrre quei tre sistemi (estrazione dei combustibili per la produzione di energia elettrica e vapore, produzione della cellulosa, produzione del tessuto) e a valle le fasi di uso e di manutenzione (lavaggio del tessuto riutilizzabile) e smaltimento finale.

### Confini del sistema

I confini della ricerca descrivono il sistema in esame, definendo i processi e le operazioni e individuando gli input e output da prendere in considerazione.

La loro definizione è indispensabile perché l'analisi, soprattutto quando si considerano flussi relativi ai sottoprocessi, potrebbe diventare infinita. Si tratta di un'operazione piuttosto soggettiva e molte volte si basa sulla disponibilità dei dati e/o sulla loro attendibilità e chiarezza.

Il miglior modo per evidenziare i limiti del sistema è quello di disegnare un diagramma di flusso del ciclo produttivo, in modo da delineare il campo d'azione; di solito questi diagrammi LCA sono molto estesi, motivo per il quale potrebbe essere conveniente dividerli in opportuni sotto-diagrammi.

La delimitazione dei confini deve essere effettuata con i seguenti criteri:

- limiti geografici;
- limiti tra le fasi del ciclo di vita;
- limiti tra tecnosfera (sfera tecnologica) e biosfera (sfera delle risorse naturali);
- limiti temporali.



Al fine di elaborare successive comparazioni tra studi LCA effettuati sugli stessi sistemi, occorre indicare i confini geografici, cioè almeno il paese d'appartenenza del sistema in esame. Questo perché da un paese all'altro cambiano le legislazioni, quindi i limiti di emissione degli inquinanti, e i sistemi elettrici nazionali.

Definire i confini tra le fasi del ciclo di vita significa indicare le fasi escluse e quelle non, cioè indicare il tipo di approccio: “dalla culla al cancello”, “dalla culla alla tomba”, ecc. Se si eliminano poi fasi salienti del ciclo di vita di un prodotto vuol dire che si sta effettuando uno studio LCA semplificato. E' quanto spesso accade a studi a livello aziendale in cui si escludono le fasi di uso e manutenzione del prodotto. Di solito, specie in studi LCA riguardanti il ciclo di un unico prodotto, vengono esclusi dall'analisi tutti i beni capitali e le macchine.

Un problema preliminare da risolvere è la definizione della “culla” e della “tomba”, cioè individuare i confini tra la tecnosfera e la biosfera. Questa valutazione si basa sull'influenza che alcune fasi (ad esempio la formazione di biogas nelle discariche o la crescita delle foreste) esercitano sugli impatti principali associati a quel sistema/prodotto.

Nella scelta dei confini dell'analisi, un vincolo è anche rappresentato dal periodo di riferimento (confini temporali – *temporal boundaries*): la raccolta dati deve svolgersi in un periodo di tempo ben definito.

Nel caso di uno studio LCA di tipo aziendale/industriale, i dati possono essere rappresentativi di una situazione media di funzionamento o della migliore tecnologia a disposizione.

### Qualità dei dati

La qualità dei dati raccolti ed usati nella fase di inventario è propedeutica alla qualità finale dello studio LCA. E' necessario descrivere dettagliatamente la qualità dei dati per poter successivamente operare confronti fra studi su sistemi analoghi.

Tale descrizione deve definire alcuni elementi, quali:

- l'area geografica;

- il periodo temporale di riferimento;
- la natura dei dati raccolti.

Durante la raccolta, infatti, è opportuno usare un consistente numero di fonti come altre analisi LCA, banche dati internazionali o disponibili in software, dati provenienti dalla letteratura, proceedings di convegni e congressi, informazioni disponibili in internet e dati raccolti sul campo presso aziende e industrie.

I dati misurati direttamente dall'autore presso siti industriali sono definiti dati primari (primary data), mentre quelli ricavabili da letteratura e da banche sono dati secondari (secondary data). Tuttavia, si tratta di una distinzione del tutto fittizia, l'unico accorgimento da adottare è quello di controllare la fonte e la data di pubblicazione dei dati secondari. Per assicurare l'attendibilità e la trasparenza dei dati, le norme ISO prevedono il rispetto di requisiti aggiuntivi quali la precisione, la completezza, la rappresentatività, la coerenza e la riproducibilità.

Allo stato attuale, il problema della qualità dei dati rappresenta ancora il punto critico della metodologia del ciclo di vita, poiché esistono sia troppi dati di natura confidenziale, sia differenze consistenti se si paragonano banche dati su uguali processi produttivi.

### **3.2.2 Analisi di inventario del ciclo di vita (LCI)**

La redazione dell'inventario (Life Cycle Inventory – LCI) è la fase più impegnativa di un'analisi LCA. In essa vengono riportati tutti i flussi di energia e di materia del sistema/prodotto in esame, normalizzati all'unità funzionale. Questi flussi sono espressi in unità fisiche (unità di massa e di energia) e comprendono l'utilizzo di risorse e di energia e tutti i rilasci in aria, in acqua e nel suolo associati al sistema.

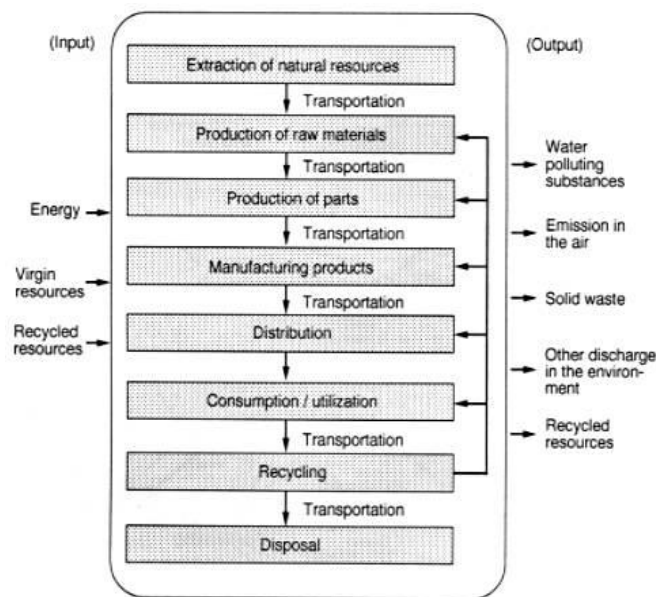


Figura 4: Schema analisi LCI

L'inventario è costituito da un cospicuo numero di voci poco interpretabili, per questo è necessaria la successiva fase di valutazione di impatto.

Nella realtà pochissimi processi industriali producono un singolo flusso in uscita o si basano su una linearità fra materie prime in ingresso ed entità in uscita.

Si possono verificare tre casi di sistemi che svolgono funzioni multiple:

1. sistemi "multi-output", cioè sistemi di produzione a merci congiunte;
2. sistemi "multi-input", è il caso ad esempio di un inceneritore che ha differenti flussi in ingresso (le varie frazioni merceologiche);
3. sistemi di riciclaggio a cascata, dove un rifiuto prodotto da un sistema è utilizzato come materia prima in un altro sistema.

Si presenta, quindi, il problema della ripartizione delle risorse impiegate e dei carichi inquinanti tra le diverse merci utili prodotte.

La ripartizione degli input e degli output nei sistemi multi-funzione è denominata "allocazione" (*allocation* o *partitioning*). L'operazione di allocazione consiste nell'associare i carichi materiali, energetici ed ambientali ai vari coprodotti e sottoprodotti di un processo. Ovunque è possibile si deve evitare l'allocazione

ricorrendo a due metodi, applicabili però solo se l'oggetto dello studio è un confronto tra due scenari alternativi:

1. *espansione del sistema*: uno studio vuole confrontare i carichi ambientali relativi alla produzione di A e C nel seguente scenario:

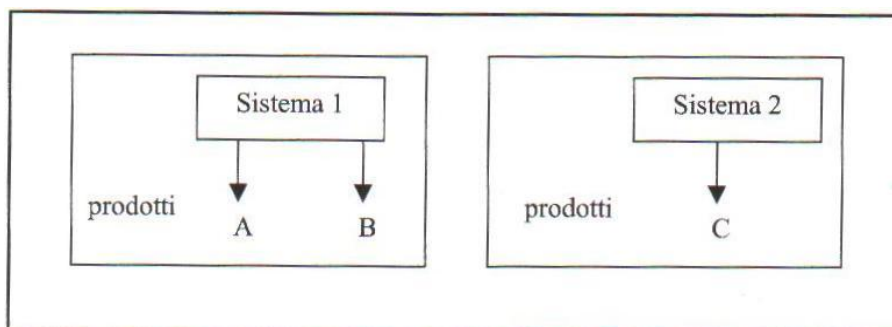


Figura 5: Esempio di problema risolvibile con l'espansione dei confini del sistema.

L'espansione consiste nell'introdurre un modo alternativo di produrre B al sistema 2, così è possibile paragonare i cicli produttivi di A+B e C+B.

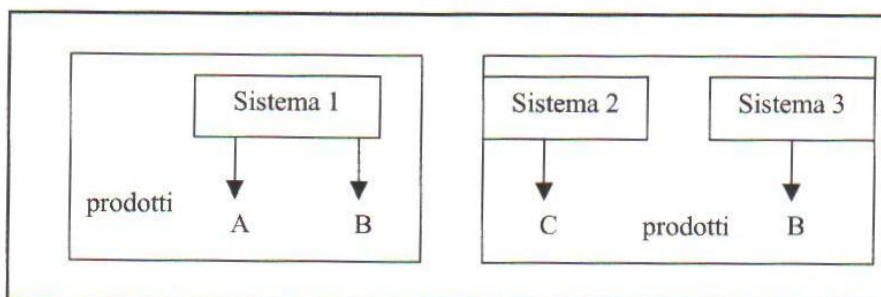


Figura 6: Espansione dei confini del sistema

2. *suddivisione del sistema in sottoprocessi*: si divide il processo in tutte le sue fasi in modo da individuare quale di esse è responsabile nel generare entrambi i prodotti e quale invece è relativa solo a uno. E' una sorta di disaggregazione che riduce la quantità di emissioni e di risorse da considerare, ma spesso non evita del tutto l'allocazione.

Un esempio è quello della produzione della farina, a cui è associata la co-produzione di crusca, pula e semola, usati principalmente come mangime per il bestiame. Il processo di macinazione è relativo quindi alla sola farina,

mentre i processi a monte sono relativi a tutti i prodotti e quindi devono essere allocati.

Dove il problema allocazione non può essere evitato o per lo meno minimizzato, le norme ISO 14040:2006 e 14044:2006 ne stabiliscono la risoluzione. Nelle procedure di risoluzione bisogna ripartire i consumi di materie prime, di energia e di acqua e le emissioni inquinanti rispetto o alle quantità dei prodotti fabbricati, o ai loro rapporti stechiometrici, o ai loro prezzi di mercato. L'allocazione su base economica, anche se priva di significato fisico, è utile quando un prodotto non desiderato, generato in quantità uguale al prodotto principale, diminuisce notevolmente il carico ambientale del principale.

### **3.2.3 Valutazione degli impatti ambientali (LCIA)**

#### **DEFINIZIONE E FINALITÀ**

La Life Cycle Impact Assessment (LCIA) è la fase più consistente della metodologia, la sua finalità è quella di identificare le tematiche ambientali rilevanti (risorse, impatti globali, regionali e locali), associate al ciclo di vita di un sistema/prodotto.

Questa valutazione possiede come matrice di base l'inventario dell'oggetto in esame; si passa da un elenco di dati per nulla leggibili e comprensibili, ad una serie di informazioni che iniziano ad essere maggiormente interpretabili e quindi più utili a colui che prende decisioni di carattere ambientale e legislativo. Questi risultati di più immediata comprensione permetteranno in seguito di definire i miglioramenti ambientali da apportare al sistema dello studio.

Nelle suddette norme ISO si legge: "Il fine della LCIA è valutare i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI) di un sistema di prodotto, per comprendere meglio la loro significatività ambientale". In via di principio le ISO

adottano la metodologia denominata “a fase multipla” già prevista dalla SETAC, per distinguerla da quella “a fase singola” che oggi riveste un'importanza minore.

Il metodo “a fase multipla” consiste nell'associare quantitativamente tutti i consumi delle risorse e i rilasci ambientali a determinate categorie d'impatto (eutrofizzazione delle acque, formazione di smog fotochimico, impoverimento dell'ozono stratosferico, ecc.) che saranno successivamente stimate assegnando loro un peso fino a giungere alla determinazione dell'indicatore ambientale finale, somma degli indicatori delle singole categorie d'impatto. Tale approccio si articola in quattro momenti principali:

1. classificazione,
2. caratterizzazione,
3. normalizzazione,
4. ponderazione.

Per la ISO i primi due momenti, cioè la raccolta dei risultati di indicatore per le diverse categorie d'impatto, sono obbligatori, mentre la normalizzazione e la ponderazione rappresentano elementi facoltativi da essere utilizzati in funzione dell'obiettivo e del campo di applicazione dello studio LCA

### 1. CLASSIFICAZIONE

Durante la classificazione si identificano le categorie d'impatto attribuendo le emissioni inquinanti e i consumi di materie prime, energia ed acqua alle specifiche categorie da essi provocati.

### 2. CARATTERIZZAZIONE

Nella fase di caratterizzazione si moltiplica la quantità di una certa sostanza (informazione presente nell'inventario) per la sua relativa attitudine o incidenza a provocare quella determinata categoria d'impatto. Generalmente questa incidenza riguarda una sostanza presa a riferimento, emblematica per quella categoria. Ad

esempio, per l'effetto serra, la sostanza di riferimento è l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), e si esprimono i contributi di tutti i gas serra in kg di CO<sub>2</sub> equivalente. Dire che il metano ha un potenziale effetto serra pari a 21 kg di CO<sub>2</sub> vuol dire che un kg di metano ha un'incidenza sull'effetto serra pari a 21 kg di CO<sub>2</sub>. L'impatto totale sull'effetto serra del prodotto analizzato sarà dato dalla somma di tutti i contributi dei gas serra espressi in kg di CO<sub>2</sub> equivalenti. Grazie alla classificazione e alla caratterizzazione si riduce notevolmente il numero di voci dell'inventario giungendo ad un numero limitato (in genere si considerano da otto a dieci effetti ambientali) che rappresenta il "profilo ambientale" (o "eco-profilo") dell'analisi.

Prima di passare al terzo momento vengono di seguito approfondite le categorie d'effetto ambientale maggiormente considerate negli studi LCA.

#### Categorie d'impatto

Si considerano principalmente le seguenti categorie d'impatto:

- diminuzione delle risorse (estrazione di risorse abiotiche e biotiche);
- cambiamenti climatici in riferimento al riscaldamento globale (effetto serra);
- impoverimento dell'ozono stratosferico;
- acidificazione del suolo;
- formazione di smog fotochimico;
- arricchimento in nutrienti (eutrofizzazione);
- tossicità umana;
- eco-tossicità;
- uso del territorio.

Queste categorie devono essere considerate soltanto effetti ambientali potenziali, essenzialmente per due motivi: in primo luogo lo strumento LCA non svolge una determinazione puntuale delle emissioni inquinanti in un preciso istante temporale e in un preciso sito; in secondo luogo esistono ancora incertezze nelle conoscenze scientifiche relative ai meccanismi causa-effetto dell'inquinamento globale.

Ciascun effetto ambientale è inoltre caratterizzato da una diversa e specifica sfera di influenza (globale, regionale o locale), come rappresentato in Tabella 1. In particolare, esistono alcuni effetti, come l'eutrofizzazione, la tossicità ecologica e umana, ecc. che presentano una forte dipendenza dalle condizioni del corpo ricevente. E' in questo senso che deve muoversi la ricerca della metodologia LCA, tentando di diminuire le incertezze dovute alla variabilità geografica degli ecosistemi.

SCALA	EFFETTO
<b>Globale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Effetto serra</li><li>• Impoverimento dell'ozono stratosferico</li><li>• Diminuzione delle risorse non rinnovabili</li></ul>
<b>Regionale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acidificazione del suolo</li><li>• Eutrofizzazione</li><li>• Formazione di smog fotochimica</li><li>• Tossicità cronica (ambientale e umana)</li></ul>
<b>Locale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tossicità acuta (ambientale e umana)</li><li>• Degradazione dell'area</li><li>• Disturbi di tipo fisico (traffico, rumori)</li></ul>

Tabella 1: *Principali effetti ambientali e scala d'influenza.*

- Effetto serra

Questo processo consiste in un riscaldamento del pianeta per effetto dell'azione dei cosiddetti gas serra, composti presenti nell'aria a concentrazioni relativamente basse (anidride carbonica, vapor acqueo, metano, ecc.). I gas serra permettono alle radiazioni solari di passare attraverso l'atmosfera mentre ostacolano il passaggio verso lo spazio di parte delle radiazioni infrarosse provenienti dalla superficie della Terra e dalla bassa atmosfera (il calore riemesso). Questo processo è sempre avvenuto



naturalmente e fa sì che la temperatura della Terra sia circa 33°C più calda di quanto lo sarebbe senza la presenza di questi gas.

- Impoverimento dell'ozono stratosferico

L'ozono (O<sub>3</sub>) è presente in atmosfera con una concentrazione notevolmente variabile che va dai 50 ppb al suolo a circa 5 ppm in stratosfera. Nonostante la sua bassa concentrazione, l'ozono stratosferico è un costituente di fondamentale importanza per la vita sulla Terra, in quanto è in grado di assorbire efficacemente la radiazione solare ultravioletta con lunghezza d'onda compresa fra 0,2 e 0,3 µm, letale per le forme di vita terrestri. L'esposizione eccessiva dell'uomo alla radiazione ultravioletta, infatti, aumenta il rischio di cancro alla pelle, di depressione del sistema immunitario, di danni alla vista e la frequenza di dolorosi casi di eritema negli individui di pelle bianca. Sugli ecosistemi, invece, l'assottigliamento della fascia di ozono minaccia l'equilibrio alimentare oceanico e marino, causa una riduzione dell'azoto atmosferico che influisce sui raccolti agricoli, aumenta la frequenza di piogge acide e smog ed arreca un rapido degrado a diversi materiali.

- Diminuzione delle risorse non rinnovabili

Le risorse naturali non rinnovabili hanno uno stock di quantità prefissata che non aumenta per via naturale. Anche le risorse naturali non rinnovabili seguono comunque un proprio processo di ricrescita. Si tratta però di un ciclo lunghissimo, di natura geologica, tale da superare la stessa concezione del tempo da parte dell'uomo. Ad esempio, il petrolio impiega milioni di anni per formarsi, lo stesso vale per le altre fonti di energia fossile (gas, carbone, ecc).

- Acidificazione del suolo

L'acidificazione è quel fenomeno che si genera in seguito all'emissione nel suolo di particolari composti che hanno la capacità di rilasciare protoni; ne

consegue l'abbassamento del pH di terreni agricoli, falde acquifere, laghi e foreste. Anche le costruzioni, i monumenti e i materiali in genere riportano danni rilevanti in seguito alle deposizioni acide.

- Eutrofizzazione

L'eutrofizzazione, detta anche fertilizzazione, è un processo di arricchimento di sostanze nutritive di un ambiente acquatico, per mutazione naturale o favorito da scarichi urbani, agricoli e industriali, che spesso determina uno sviluppo abnorme di alghe. Le sostanze di cui si parla sono in particolare fosforo e azoto e sono dette "biostimolanti". Questo fenomeno si verifica soprattutto nei laghi e nei fiumi a corso molto lento, dove queste sostanze tendono progressivamente a concentrarsi. Il graduale accumulo, che si sviluppa in modo naturale (tutte le acque che giungono al corpo d'acqua contengono sostanze nutritive derivanti dal dilavamento del terreno, dalla presenza di organismi, ecc.), è stato esasperato dall'uomo con l'immissione, in modo massiccio e concentrato nel tempo, di grandi quantità di sostanze contenute nelle acque di rifiuto, oltre che nei fertilizzanti utilizzati in agricoltura.

- Formazione di smog fotochimico

Lo smog fotochimico (*Photo smog*) costituisce una manifestazione dell'inquinamento atmosferico in ambiente urbano e suburbano. Il termine si riferisce ad un miscuglio di inquinanti, fra i quali predominano gli ossidi di azoto, l'ozono, l'ossido di carbonio, aldeidi e idrocarburi, che si forma nella bassa atmosfera per azione della luce solare sulle emissioni derivanti delle attività umane.

- Eco-tossicità

L'eco-tossicità interessa gli ecosistemi, acquatici e terrestri, esposti a sostanze chimiche e biologiche nocive.

- Tossicità umana

Per tossicità umana si intende un fenomeno fortemente complesso riguardante l'esposizione dell'uomo a composti chimici e biologici nocivi per le cellule del suo corpo.

- Uso del territorio

Il degrado del territorio, nel quale sono inclusi anche disturbi di tipo fisico quali il traffico, il rumore e gli odori, rappresenta una categoria d'impatto piuttosto vasta per la quale sono ancora in atto elaborazioni di standardizzazione. Questa categoria d'impatto può ricavare conoscenze e informazioni utili da un altro strumento metodologico, di tipo procedurale, denominato Valutazione di Impatto Ambientale (VIA). Gli effetti di un inopportuno uso del territorio consistono nel deterioramento del suolo (erosione, eventuali rischi di frane), nella lenta distruzione degli ecosistemi e nella perdita di qualità ambientale nel paesaggio.

### 3. NORMALIZZAZIONE

Le norme ISO la definiscono: "Calcolo dell'entità dei risultati di indicatore di categoria in rapporto all'informazione di riferimento." Infatti, una volta quantificati i differenti indicatori, risulta ancora complesso interpretare l'effettiva grandezza delle varie categorie d'impatto, essendo espresse in unità di misura diverse.

Normalizzare vuol dire allora dividere la quantità calcolata di una categoria d'impatto per la quantità totale della stessa categoria che si verifica in uno specifico arco temporale e in una determinata zona. Si ottengono così degli indici sintetici, grazie ai quali si può effettivamente comprendere a quale categoria d'impatto il sistema contribuisce maggiormente. I risultati normalizzati mostrano i problemi ambientali generati dal ciclo di vita di un prodotto secondo il loro "ordine di grandezza". Solo con la normalizzazione si iniziano a capire le fasi ambientalmente critiche del sistema in esame o si possono iniziare ad operare confronti tra prodotti che hanno a monte tecnologie produttive differenti. La suddetta norma ISO definisce

questa fase “opzionale” per le numerose incertezze legate all'individuazione della validità di un impatto circoscritto nel tempo e nello spazio; incertezze dovute essenzialmente alla carenza di dati statistici.

#### 4. PONDERAZIONE

La ponderazione o pesatura (*weighting across impact categories*) è definita dalle norme ISO come “ il processo di conversione dei risultati di indicatore delle diverse categorie d'impatto mediante fattori numerici basate sulle scelte dei valori. Essa può comprendere l'aggregazione dei risultati di indicatore ponderati.”

In questa fase si attribuisce un peso di importanza ai diversi effetti causati dal sistema, in modo che possano essere comparati tra loro per effettuare successivamente una ulteriore aggregazione dei dati. Con la pesatura si determina alla fine un indice assoluto, il cosiddetto eco-indicatore, che esprime in modo complessivo le prestazioni ambientali del sistema. Questo indice sarà ottenuto dalla seguente relazione:

$$I = \sum w_i * E_i$$

dove:

$E_i$  è l'effetto normalizzato della generica categoria d'impatto,  $w_i$  è il peso attribuito alla rispettiva categoria d'impatto.

#### **3.2.4 Interpretazione dei risultati e analisi di miglioramento**

L'interpretazione è la parte conclusiva di uno studio LCA, ha lo scopo di riassumere e discutere i risultati dell'inventario e della valutazione d'impatto.

Questa fase si prefigge di analizzare e riportare i risultati in modo trasparente, di giungere alle conclusioni e di spiegare le limitazioni del sistema/prodotto dello studio. Viene definita come “un procedimento sistematico volto all'identificazione, qualifica, verifica e valutazione delle informazioni contenute nei risultati del LCI e/o

LCIA di un sistema di prodotto, nonché alla loro presentazione in forma tale da soddisfare i requisiti dell'applicazione descritti nell'obiettivo e nel campo di applicazione dello studio.”

Nella suddetta ISO questa fase comprende i tre stadi seguenti:

1. identificazione dei fattori ambientali significativi, sulla base dei risultati dell'inventario e della valutazione d'impatto, al fine di proporre eventuali opzioni di miglioramento,
2. valutazioni, cioè verifica della completezza di inputs e outputs, della sensibilità e della coerenza dei risultati,
3. conclusioni, raccomandazioni e redazione di un rapporto finale.

Infine, la fase di miglioramento completa il ciclo di analisi e permette di indirizzare il sistema verso un reale obiettivo di eco-sostenibilità, nonché di eco-efficienza. A livello organizzativo e progettuale, il miglioramento della produzione, attuato sulla base di uno studio LCA, richiede uno sforzo notevole, infatti risulta complicato scegliere tra le varie alternative applicabili al sistema o scegliere l'alternativa che massimizza l'efficienza energetico-ambientale totale.

### **3.3 Strumenti software**

Nell'ultimo decennio la rapida divulgazione della metodologia LCA è stata accompagnata dallo sviluppo di numerosi strumenti software tali da agevolare l'utente nella costruzione del modello da studiare offrendo fogli di calcolo e visualizzazioni grafiche che, evidenziando i risultati, ne facilitano l'interpretazione e le conclusioni.

Anche se con caratteristiche e livelli di complessità differenti, qualsiasi software LCA ha la principale funzione di supportare l'utente nelle seguenti tre fasi di analisi:

- **Inventario:** essendo la fase più impegnativa, un software LCA ha il vantaggio di offrire una notevole quantità di dati disponibili pertinenti a svariati settori e con ottimi livelli di qualità. Si cerca così di limitare la soggettività nella scelta delle fonti informative.
- **Analisi degli impatti:** la valutazione degli impatti viene effettuata grazie ai differenti modelli di calcolo presenti in questi strumenti. L'utente può scegliere il metodo di valutazione più appropriato al suo studio realizzando anche comparazioni tra i diversi metodi. Inoltre c'è anche la possibilità di considerare soltanto alcune categorie d'impatto oppure solo alcuni specifici stadi del ciclo di vita.
- **Interpretazione:** la fase conclusiva viene agevolata grazie al supporto di svariate visualizzazioni grafiche; inoltre alcuni software consentono anche analisi di sensibilità, simulazione di scenari alternativi ed elaborazioni statistiche dei risultati.

Essendo il mercato del settore in continua espansione, attualmente sono disponibili numerosi software tools per analisi LCA, differenti tra loro in prestazioni e campi di applicazione.

Viene di seguito riportata una breve descrizione di alcuni tra i più conosciuti strumenti LCA; non compare il software **SimaPro** poiché, essendo il modello di calcolo per il seguente studio, sarà oggetto di una più dettagliata esposizione nei successivi paragrafi.

#### TEAM<sup>TM</sup>:

Acronimo di *Tools for Environmental Analysis and Management*, questo software è stato sviluppato dalla società Ecobilan e permette di effettuare la fase di inventario e il calcolo degli impatti ambientali associati. E' di facile impiego grazie all'interfaccia grafica che consente un agevole approccio specie nella costruzione del diagramma di flusso del sistema-prodotto in esame.

Per la fase di inventario il software si avvale di uno tra i database esistenti più completi, il DEAM <sup>TM</sup>, che offre un'enorme quantità di informazioni relative soprattutto alle più comuni attività industriali. In esso sono compresi una serie di processi (moduli) per i quali sono disponibili i relativi input e output. A loro volta i moduli vengono collegati attraverso i flussi di riferimento per realizzare il sistema completo, a questo punto il programma ne calcola l'ecobilancio.

La fase di valutazione degli impatti è personalizzabile in quanto è consentito scegliere sia i fattori sia i metodi di caratterizzazione da includere nello studio. Il software effettua anche analisi statistiche e di sensibilità, realizzando simulazioni grafiche con l'ausilio di *Team plus*.

#### WISARD:

Acronimo di *Waste Integrated Systems of Analysis of Recovery and Disposal*, è stato sviluppato dalla Ecobilan su richiesta dell'Agenzia per l'Ambiente Inglese (Environmental Agency of England and Wales). Tale software implementa la metodologia LCA applicata a sistemi di gestione integrata dei rifiuti. E' dotato di un'interfaccia di facile utilizzo attraverso la quale è possibile definire scenari di gestione dei rifiuti alternativi e quantificare gli impatti ambientali associati. Per la definizione del sistema in esame sono possibili due livelli di definizione:

1. descrizione dello scenario di gestione dei rifiuti: composizione del rifiuto (quantità, frazioni merceologiche), logistica di raccolta e scelta delle opzioni impiantistiche di trattamento e smaltimento;
2. modellazione delle infrastrutture (mezzi e strumenti di raccolta, impianti di riciclaggio, incenerimento, ecc.) e determinazione dei rispettivi consumi di risorse e delle emissioni nell'ambiente.

Nel primo caso, dopo che l'utente ha definito gli ambiti sopra riportati, il software provvede all'elaborazione dell'inventario (consumi, emissioni, ecc.) grazie a specifici database. Nel secondo caso, l'utente definisce ex novo questi elementi, sulla base di informazioni raccolte per la realtà in esame.

Per il calcolo dell'ecobilancio questo modello si avvale delle banche dati contenute nel TEAM.

Il WISARD è dotato inoltre di una specifica sezione che permette di effettuare, oltre ad analisi di carattere ambientale, anche valutazioni di tipo economico.

#### BOUSTEAD MODEL:

Realizzato dalla Boustead Consulting Ltd (Regno Unito), questo software contiene al suo interno una banca dati che consente la modellazione di qualunque tipo di processo. Il database all'interno è il più ampio e trasparente fra tutti quelli disponibili sul mercato, conferendo potenza e ricchezza al modello di calcolo.

La banca dati è suddivisa in due parti principali:

1. *Core Data*, contiene dati per 33.300 operazioni, inclusi i valori relativi alle industrie produttrici di vettori energetici e delle operazioni a queste collegate per ogni nazione del mondo, nonché oltre 6000 operazioni di produzione di materiali;
2. *Top Data* è la zona utente e possiede spazio per ulteriori 6000 operazioni unitarie e può essere espansa a piacere. Questa struttura elastica permette la costruzione di sistemi complessi, inclusi anche anelli di riciclo aperti e chiusi.

Il Boustead Model effettua analisi di sensibilità, ma è privo delle possibilità di sviluppare diagrammi di flusso dei processi.

#### PEMS 4:

Acronimo di *Pira Environmental management Software*, è stato sviluppato nel Regno Unito dalla Pira International. Il software lavora basandosi su diagrammi di flusso ed è caratterizzato da fogli di lavoro in cui è possibile aggiungere processi, sottosistemi e cicli di vita. Il database di cui è accessoriato riguarda materiali, energia, trasporti e smaltimento rifiuti; inoltre sono disponibili diversi ampliamenti per i vari settori industriali ed è possibile la costruzione di un proprio inventario.



Si possono importare e modificare i processi e i sistemi compilati, sebbene non possano essere editati i database standard.

Questo strumento di calcolo contiene vari metodi di Impact Assessment e, in aggiunta ad essi, gli utenti possono crearne dei propri: in entrambi i casi è possibile applicarli solo ad una frazione dell'intero sistema.

### **3.3.1 Database per LCA**

Uno studio LCA comporta, sin dall'inizio del lavoro, la gestione di un consistente set di informazioni quantitative riferite al ciclo di vita in esame; naturalmente l'attendibilità di questi dati è propedeutica alla validità dell'intera analisi.

I dati che costituiranno l'inventario possono essere distinti in tre categorie:

1. *dati primari*, provenienti da rilevazioni dirette,
2. *dati secondari*, ricavati da banche dati, studi di letteratura o da database presenti nel software,
3. *dati terziari*, provenienti da stime e da valori medi.

Per quanto possibile i dati dovrebbero essere raccolti da fonti dirette, solo così lo studio LCA potrà vantare un elevato grado di qualità. Nel caso si utilizzino informazioni ricavate da progetti simili o da fonti letterarie è necessario controllare la data di pubblicazione, operare dei confronti ed eventualmente effettuare rielaborazioni.

Agli inizi degli anni '90 il rapido sviluppo di numerosi strumenti software è stato accompagnato dal difficile scambio e confronto di dati tra soggetti differenti, poiché i vari database utilizzavano metodi e formati diversi sia per la raccolta che per la rappresentazione delle informazioni. Questo problema è stato rimediato con la creazione di un formato standard per i dati LCA.

Attualmente sono due i formati presenti:

1. formato SPINE (*Sustainable Product Information Network for the Environment*), sviluppato dalla CPM (Centre for Environmental Assessment of Product and Material System) dal 1993 al 1995;
2. formato SPOLD, sviluppato dalla omonima società SPOLD (Society for Promotion of Life cycle Development) dal 1994 al 1997.

Lo sviluppo di questi formati vuole standardizzare le caratteristiche dei dati per un'applicazione LCA mediante la definizione di una struttura comune che contiene, oltre all'informazione numerica del dato in sé, anche informazioni sulla fonte e sull'applicabilità ad altri studi.

Entrambi i formati rispecchiano i requisiti di qualità dei dati quali la precisione, la coerenza, la rappresentatività e l'identificazione di caratteri spaziali, temporali e tecnologici.

Il formato SPOLD si distingue però per una maggiore complessità e un più alto dettaglio delle informazioni richieste, risulta quindi fruibile soprattutto da esperti di LCA a causa di un linguaggio più tecnico del formato SPINE.

Si riporta di seguito un elenco di alcuni tra i principali database disponibili per un Life Cycle Inventory (fase di inventario).

NOME	ORGANIZZAZIONE	TIPOLOGIA DATI
<i>ECOINVENT</i>	Institute for Energy Technology ETH Zentrum, Zurich, Svizzera	Sistemi energetici Produzione di energia
<i>BUWAL 250</i>	Institute of Process Engineering and Cryogenics ETH Zentrum, Zurich, Svizzera	Produzione, distribuzione e smaltimento dei materiali da imballaggio
<i>IVAM</i>	IVAM Environmental Research, Amsterdam, Olanda	Settore delle costruzioni Attività estrattive
<i>FEFCO</i>	FEFCO, rue d'Amsterdam, Paris, Francia	Produzione di carta e cartone ondulato
<i>VITO</i>	VITO, Flemish Institute for Technological Research, Boeretabg 200, Belgio	Materiali (plastica, metalli, tessili) e processi (elettricità, trasporto materie prime)
<i>GaBi</i>	Institut für Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung, Universität Stuttgart, Germania	Processi industriali, trasporti, estrazione, manutenzione, usura, fonti energetiche, plastica, metalli, riciclaggio
<i>PEMS</i>	Packaging Industry Research Association (PIRA) Leatherhead, Surrey, Regno Unito	Diversi materiali e energia, trasporti e gestione dei rifiuti
<i>IDEMAT</i>	Delft University of Technology, Jaffalaan 9, Delft, Olanda	Diversi materiali, processi e componenti. Indicato per progettisti
<i>LCAIT</i>	CIT Chalmers Industriteknik Chalmers Teknikpark, Göteborg, Svezia	Svariati processi produttivi, trasporti, produzioni energetiche
<i>UMBERTO</i>	IFE Institut für Umwelthinformatik, Hamburg GmbH, Germania	Produzione vari materiali ed energia, trasporti e trattamento rifiuti
<i>TEAM/DEAM</i>	Ecobilan Ecobalance, Omega Drive, Suite 220 Rockville, Maryland, Regno Unito	Carta, plastica e materiali petrolchimici, composti chimici inorganici, acciaio, metalli, vetro, energia, trasporti, rifiuti
<i>LCAD</i>	Battelle Memorial Institute, King Avenue Columbus, Ohio	Produzione/distribuzione combustibili ed energia. Carta, metalli, cemento, plastica
<i>EUKLID</i>	Fraunhofer-Institute for Process Engineering and Packaging IVV System Analysis, Freising, Germania	Dall'estrazione delle materie prime fino alla gestione rifiuti, fabbisogni energetici, trasporti

Figura 7: Rassegna dei principali database per LCA

### 3.3.2 SimaPro 6.0

Il software SimaPro, distribuito dalla Pre' Product Ecology Consultants, è uno strumento molto affidabile perché, grazie ad una spiccata potenzialità interattiva, offre la possibilità di creare, modificare e adattare specifici processi a quelli già esistenti nel database. Rispettando fedelmente le quattro macrofasi della metodologia fornite dalle ISO 14040 e 14044, il software è stato costruito intrecciando in modo elementare e agevole i tre campi d'indagine alla base della LCA.

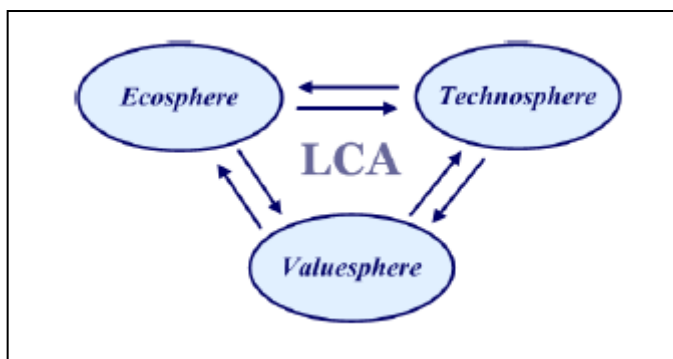


Figura 8: Campi d'indagine alla base della metodologia LCA

In generale, il software è organizzato in banche dati (libraries) di riferimento, le quali contengono il profilo energetico/ambientale di prodotti, processi e sistemi (energia, materiali, trasporti, metodi di smaltimento dei rifiuti ecc), e possono essere modificate dall'utente secondo necessità.

Definito il prodotto e costruiti i relativi processi il Simapro è in grado di calcolare gli impatti ambientali del ciclo di vita in ogni sua fase.

La schermata del programma, denominata Explorer, riporta sulla sinistra le quattro fasi della metodologia e sulla destra i numerosissimi processi tecnologici (prima fase dell'inventario) contenuti nel database, ognuno caratterizzato dalla propria libreria di appartenenza.

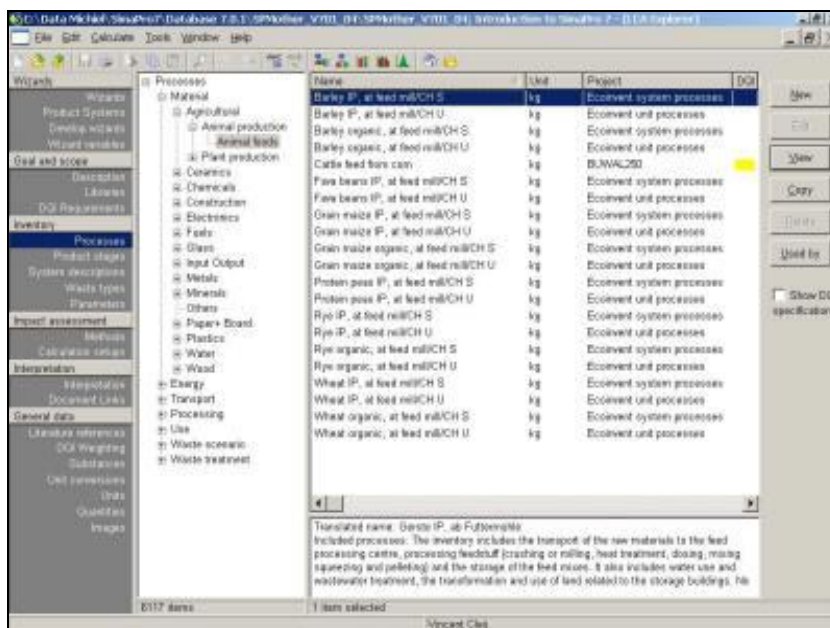


Figura 9: Interfaccia grafica di SimaPro Explorer

I processi sono separati in sette categorie, che a loro volta sono ulteriormente divise in sotto-categorie:

1. materiali;
2. energia;
3. trasporto;
4. processi in corso;
5. uso;
6. scenari rifiuto;
7. trattamento rifiuto.

In funzione dei confini del sistema (geografici, tecnologici, temporali), degli obiettivi e degli indici di rappresentatività definiti nella prima fase dell'analisi (zona in alto a sinistra intitolata "Obiettivo e Ambito"), ogni processo contenuto nel software mostra i suoi rispettivi indici di qualità dei dati rendendo la scelta più veloce da parte dell'utente. E' possibile sia utilizzare i processi presenti nelle librerie e adattarli alla specifica analisi, sia crearne immediatamente nuovi secondo il diagramma di flusso del sistema globale da sottoporre a LCA.

Creare un nuovo processo vuol dire introdurre:

- OUTPUT NOTI ALLA TECNOSFERA, ovvero i prodotti e i coprodotti che sono generati dal processo che si sta costruendo;
- OUTPUT EVITATI ALLA TECNOSFERA, ovvero i prodotti che vengono risparmiati durante lo specifico processo. E' il caso di operazioni di riciclo o di processi di trattamento di rifiuti;
- INPUT NOTI DA NATURA, sono le risorse naturali che occorrono per la realizzazione del processo;
- INPUT NOTI DA TECNOSFERA, ovvero i processi di materiali, combustibili, elettricità e calore indispensabili per la creazione del processo specifico;

- EMISSIONI, cioè tutti i rilasci che il processo genera, suddivisi in aria, acqua, terreno, ecc.

La seconda fase dell'inventario riguarda le fasi del prodotto e in essa è possibile effettuare operazioni di *assemblaggio*, andando a richiamare tutti i processi precedentemente creati, di *ciclo di vita*, inserendo anche gli scenari di smaltimento, o ancora scenari di *disassemblaggio*, *smontaggio* e *riuso*. E' immediata la creazione di diagrammi ad albero che, collegando tutti i determinati processi, visualizzano gli assemblaggi o i cicli di vita. Scelto il metodo di valutazione d'impatto, nel terzo riquadro sulla sinistra dell'Explorer, il profilo di valutazione calcola velocemente i risultati mostrando grafici di caratterizzazione, normalizzazione e pesatura e offrendo, così, un'immediata interpretazione visiva.

## **DATABASE**

Le librerie presenti nel database standard del SimaPro.

- [Ecoinvent v1](#)
- [Ecoinvent v2](#)
- [Japanese Input Output database](#)
- [US Input Output database](#)
- [Danish Input Output database](#)
- [Dutch Input Output database](#)
- [Industry data](#)
- [LCA food database](#)
- [ETH-ESU 96](#)
- [BUWAL 250](#)
- [IDEMAT 2001](#)
- [Franklin US LCI database](#)

- [Data archive](#)
- [IVAM database](#)

Il database usato che è stato utilizzato per realizzare questo studio LCA è l'ecoinvent. La versione usata è la 1.0.

La libreria contiene processi relativi a :

- Principi generali,
- Plastica,
- Vetro,
- Pasta di legno e cellulosa,
- Carta grafica,
- Cartone liscio e ondulato,
- Carta da imballaggio,
- Alluminio,
- Acciaio e lamine di latta,
- Discariche e inceneritori per rifiuti municipali (1995 e 2000),
- Trattamento di rifiuti in Svizzera,
- Generazione di elettricità,
- Produzione di energia termica.

### **METODI DI VALUTAZIONE**

In linea di massima, anche se esistono differenze tra i vari metodi, la valutazione degli impatti riflette le fasi definite dalle ISO 14040 e 14044.

E' doveroso precisare che, sebbene la normalizzazione è definita come un'operazione che divide il risultato per un fattore "normale", il SimaPro utilizza un valore moltiplicativo.

Vengono di seguito elencati i metodi di valutazione d'impatto presenti nel software.

- Eco-Indicator 99
- Eco-Indicator 95
- CML 92
- CML 2 (2000)
- EDIP/UMIP
- EPS 2000
- Ecopoints 97
- Impact 2002+
- TRACI
- EPD method
- Cumulative Energy Demand
- IPCC Greenhouse gas emissions

Di seguito vengono descritti i tre metodi di valutazione utilizzati in questo studio LCA.

#### *ECO-INDICATOR 99*

Il metodo Eco-Indicator 99 è un approccio *damage-oriented*, basato sul peso attribuito da un gruppo di esperti ai differenti tipi di danno causati dalle categorie di impatto ambientale; esse sono raggruppate in tre macro-classi di danno:

- Danni per la salute umana;
- Danni alla qualità degli ecosistemi;
- Danni alle risorse.



Per esprimere i danni sulla salute umana è utilizzato il DALY (*Disability Adjusted Life Years*), mentre quelli sulla qualità dell'ecosistema sono espressi come la percentuale di specie che si stima siano scomparse da un'area a causa delle mutate condizioni ambientali.

I danni sulle risorse comprendono la loro estrazione e l'utilizzo di risorse primarie e di combustibili; l'impatto su questa categoria viene quantificato come maggior costo energetico delle estrazioni future.

All'impatto ambientale provocato da ciascuna macrocategorie contribuiscono delle categorie d'impatto; in particolare:

1. *Categoria Human Health* (Salute umana): il concetto di salute umana comprende l'idea che ogni individuo, nel presente e nel futuro sarà esente da malattie, invalidità o morti premature causate dall'ambiente circostante. L'indicatore di danno (DALY) è definito come il numero di giorni persi da tutti i cittadini europei.
2. *Ecosystem Quality* (Qualità dell'ecosistema): l'indicatore di danno (PDFm2yr) esprime la variazione % di specie animali o vegetali esposte ad una concentrazione di emissioni superiore a quella consentita.
3. *Resources* (Sfruttamento delle risorse): La categoria reperimento di risorse racchiude il concetto che tali sostanze siano o meno disponibili anche per le generazioni future. L'indicatore del danno (MJ Surplus) è definito come differenza tra l'energia necessaria oggi per l'estrazione, e quella indispensabile in futuro.

Ogni categoria di danno è a sua volta suddivisa in categorie d'impatto.

La categoria di danno Human Health (Salute Umana) comprende le seguenti categorie di impatto:

- danni causati da sostanze cancerogene (*Carcinogens*);
- danni causati da sostanze organiche alle vie respiratorie (*Respiration organics*);
- danni causati da sostanze inorganiche alle vie respiratorie (*Respiration*).

*inorganics*);

- danni causati dai cambiamenti climatici (*Climate change*);
- danni causati dalle radiazioni ionizzanti (*Radiation*);
- danni causati dall'assottigliamento dello strato d'ozono (*Ozone layer*).

Per la categoria *Ecosystem Quality* vengono considerati due tipi di impatto:

- le emissioni tossiche (*Ecotoxicity*);
- le emissioni che modificano l'acidità e i livelli nutritivi (*Acidification e Eutrophication*);
- l'uso e la trasformazione del territorio (*Land use*).

Per la categoria *Resources* il metodo Eco-indicator 99 considera come categoria d'impatto:

- risorse minerali (*Minerals*.);
- combustibili fossili (*Fossil fuels*).

Di questo metodo di valutazione sono inoltre possibili tre diversi modelli di attribuzione di peso delle categorie, secondo l'importanza attribuita al danno sull'uomo, sull'ecosistema e sulle risorse. In particolare:

- modello ugualitario, con prospettiva temporale a lunghissimo termine,
- modello gerarchico, con prospettiva temporale a lungo termine,
- modello individualista, con prospettiva temporale a breve termine.

Le tre versioni dell'EcoIndicator riflettono l'incertezza dell'analisi LCA. Ciascuna di esse considera in maniera diversa il potenziale danno legato ad una particolare sostanza. La visione ugualitaria considera tutte le sostanze che possono provocare effetti dannosi, anche se su tali effetti non c'è consenso, e li considera sul lungo periodo. È un approccio basato sul presupposto che i problemi ambientali siano difficilmente risolvibili e possano portare a catastrofi.

La prospettiva gerarchica considera tutte le sostanze sui cui effetti dannosi c'è consenso, anche se non sono dimostrati, e si esplicano sul medio periodo; assume inoltre che i problemi ambientali possano essere risolti attraverso adeguate scelte politiche. Infine la visione individualista considera solo le sostanze i cui effetti dannosi, sul breve periodo (100 anni al massimo), sono dimostrati; assume inoltre che l'adozione di opportune tecnologie e lo sviluppo economico possano risolvere tutti i problemi ambientali. La differenza eclatante rispetto alle altre due prospettive è l'assunzione secondo cui i combustibili fossili non sono esauribili.

### EDIP/UMIP

Il metodo EDIP (*Environmental Design of Industrial Production*), in danese UMIP, è stato sviluppato in Danimarca nel 1996 dall'Institute for Product Development, Technical University of Denmark.

Tra le categorie d'impatto poco diffuse, questo metodo contiene i rifiuti pericolosi e radioattivi e una categoria specifica per scorie e ceneri. L'EDIP ha un approccio *mid-point* che prevede l'applicazione di fattori di peso sulla base di obiettivi ambientali politici fissati dal Governo Danese o da altri protocolli internazionali.

Le categorie d'impatto considerate in questo metodo sono le seguenti:

- Il *Global warming* (*GWP 100*) rappresenta il contributo all'incremento della temperatura media terrestre conseguente all'effetto serra ed è espresso in grammi di anidride carbonica emessa.
- L'*Ozone depletion* indica il contributo al deperimento dello strato di ozono stratosferico, ed è valutato in riferimento ai grammi di CFC11 emessi.
- L'*Acidification*, espressa in grammi di SO<sub>2</sub>, definisce il contributo all'emissione di solfati, responsabili, tra l'altro, delle piogge acide.
- L'*Eutrophication* esprime il contributo all'incremento di nutrienti nelle acque, e viene calcolata in riferimento ai grammi di NO<sub>3</sub>.
- Il *Photochemical smog* è espresso in grammi di ethene. Si produce nelle giornate caratterizzate da condizioni meteorologiche di stabilità e di forte

insolazione. Lo smog fotochimico si manifesta con una leggera foschia di colore giallo-marrone che può provocare irritazione agli occhi e disturbi respiratori; nonchè possibili danni alla vegetazione (riduzione della produttività di colture) e alle cose (rapido deterioramento delle superfici e dei materiali).

- L'*Ecotoxicity water chronic* è espressa in  $m^3$ . Rappresenta la tossicità a lungo termine dell'acqua in dosi piccole e ripetute; può richiedere alcuni anni prima di essere determinata.
- L'*Ecotoxicity water acute* è espressa in  $m^3$ . Rappresenta la tossicità a breve termine e in singola dose.
- L'*Ecotoxicity soil chronic*, rappresenta l'ecotossicità cronica nel suolo espressa in  $m^3$ .
- All'*Human toxicity air*, rappresenta la tossicità umana dovuta all'aria espressa in  $m^3$ .
- All'*Human toxicity water*, rappresenta la tossicità umana dovuta all'acqua e espressa in  $m^3$ .
- All'*Human toxicity soil*, rappresenta la tossicità umana dovuta al suolo espressa in  $m^3$ .
- *Resources (all)*, espresso in kg.

#### CUMULATIVE ENERGY DEMAND

Il metodo di caratterizzazione CED è focalizzato sul consumo di risorse energetiche ed ha come obiettivo quello di analizzare l'uso di energia attraverso l'intero ciclo di vita di un prodotto. Ciò significa che considera sia gli usi diretti di energia che quelli indiretti dovuti, ad esempio, all'uso di materiali da costruzione o di materie prime. Questo metodo è stato sviluppato subito dopo la crisi petrolifera dei primi anni '70 e permette di:

- Individuare nell'intero sistema analizzato le fasi più energivore;

- Fare da base per un bilancio ambientale;
- Fare dei confronti con analisi in cui si considera la sola energia diretta.

Il metodo CED, implementato nel software di LCA individua due categorie di impatto suddivise nelle cinque sottocategorie elencate nella Tabella 2 i cui fattori di caratterizzazione sono riportati nella Tabella 3. Nel calcolo di questi fattori di caratterizzazione sono stati tenuti in considerazione i seguenti aspetti:

- per le risorse non rinnovabili fossili come fattore di caratterizzazione viene utilizzato il potere calorifico superiore. La torba viene considerata una risorsa fossile anche se ha origine dalla biomassa, in quanto non è rinnovabile nel tempo;
- il fattore di caratterizzazione per l'uranio viene quantificato considerando il "contenuto energetico" dell'isotopo fissile nell'uranio naturale estratto dalle miniere;
- il fattore di caratterizzazione per le biomasse è basato sul potere calorifico superiore del prodotto biomassa nel punto di raccolta (non considerando i residui, come le radici, che rimangono nella foresta o nel campo). Nell'inventario il potere calorifico superiore dello specifico tipo di legno e prodotto agricolo è catalogato come *Energy, gross calorific value, in biomass*;
- per l'energia prodotta con l'utilizzo dell'acqua usata per la generazione di energia idroelettrica;
- per le altre fonti di energia rinnovabile il database include l'input di risorse energetiche come forme differenti di energia ambiente in aria, acqua e suolo. Per l'energia solare questo flusso è calcolato con l'energia solare di radiazione che colpisce l'impianto (collettore fotovoltaico o solare), prendendo in considerazione l'efficienza dell'impianto. L'efficienza di un impianto eolico è calcolata con l'energia cinetica del vento come energia geotermica si considera solo quella da impianti poco profondi in quanto quella da impianti profondi è discutibile che possa essere considerata rinnovabile perché un sito del genere dopo circa 30 anni non è più sfruttabile.

Il metodo CED non prevede una fase di normalizzazione e per ottenere un totale (*cumulative*) viene associato un fattore di peso pari a 1.

CATEGORIA	SOTTOCATEGORIA	RISORSE ENERGETICHE INCLUSE
Risorse non rinnovabili	Fossili	Carbone, lignite, petrolio, gas naturale, gas dalle miniere di carbone, torba
	Nucleari	Uranio
Risorse rinnovabili	Biomassa	Legno, prodotti alimentari, biomasse dall'agricoltura
	Vento, Sole, geotermia	Energia eolica, energia solare(calore ed elettricità), energia geotermica (impianti poco profondi: 100-300m)
	Acqua	Energia da acqua fluente, energia da serbatoi

Tabella 2: Metodo di caratterizzazione CED

CATEGORIA	FONTE DI ENERGIA	FATTORE DI CARATTERIZZAZIONE
Non rinnovabile, fossile	Carbone, 18 MJ per kg, nel suolo	18
	Carbone, 26,4 MJ per kg, nel suolo	26,4
	Carbone, 29,3 MJ per kg, nel suolo	29,3
	Carbone, lignite, 10 MJ per kg, nel suolo	10
	Carbone, lignite, 8 MJ per kg, nel suolo	8
	Carbone, lignite, nel suolo	9,9
	Carbone, feedstock, 26,4 MJ per kg, nel suolo	26,4
	Carbone, antracite, nel suolo	19,1
	Energia dal carbone	1
	Energia dal carbone, lignite	1
		MJ-Eq/kg
		MJ-Eq/MJ

Valutazione dell'impatto ambientale prodotto dai rifiuti tramite la metodologia LCA

Non rinnovabile, fossile	Energia dal gas naturale	1	
	Energia dall'olio combustibile	1	
	Energia dalla torba	1	
	Energia dallo zolfo	1	
	Gas, da giacimento, per kg	49,8	MJ-Eq/kg
	Gas, da giacimento, per m3	39,8	MJ-Eq/m3
	Gas naturale, 30,3 MJ per kg, nel suolo	30,3	MJ-Eq/kg
	Gas naturale, 35 MJ per m3, nel suolo	35	MJ-Eq/m3
	Gas naturale, 36,6 MJ per m3, nel suolo	36,6	
	Gas naturale, 46,8 MJ per kg, nel suolo	46,8	MJ-Eq/kg
	Gas naturale,feedstock, 35 MJ per m3, nel suolo	35	MJ-Eq/m3
	Gas naturale,feedstock, 46,8 MJ per kg, nel suolo	46,8	MJ-Eq/kg
	Gas naturale, nel suolo	38,3	MJ-Eq/m3
	Gas, da produzione olio, nel suolo	39,8	
	Gas, petrolifero, 35 MJ per m3, nel suolo	35	
	Metano	35,9	MJ-Eq/kg
	Petrolio, 38400 MJ per m3, nel suolo	38400	MJ-Eq/m3
	Petrolio, 41 MJ per kg, nel suolo	41	MJ-Eq/kg
	Petrolio, 42 MJ per kg, nel suolo	42	
	Petrolio, 42,6 MJ per kg, nel suolo	42,6	
	Petrolio, 42,7 MJ per kg, nel suolo	42,7	
	Petrolio,feedstock, 41 MJ per kg, nel suolo	41	
	Petrolio,feedstock, 42 MJ per kg, nel suolo	42	
Petrolio, nel suolo	45,8		
Torba, nel suolo	13		
Non rinnovabile, nucleare	Energia dall'uranio	1	MJ-Eq/MJ

	Uranio, minerale, 1,11 GJ per kg, nel suolo	1110	MJ-Eq/kg
	Uranio, 2291 GJ per kg, nel suolo	2E+06	
	Uranio, 451 GJ per kg, nel suolo	451000	
	Uranio, 560 GJ per kg, nel suolo	560000	
	Uranio, nel suolo	560000	
Rinnovabile, biomassa	Biomassa, feedstock	1	MJ-Eq/MJ
	Energia dalla biomassa	1	
	Energia dal legno	1	
	Energia, potere calorifico superiore, biomassa	1	
Rinnivabile, vento, sole, geotermica	Energia geotermica	1	
	energia eolica	1	
	Energia solare	1	
Rinnovabile, acqua	Energia idroelettrica	1	
	Energia potenziale, in acqua stoccata in serbatoi	1	
	Acqua, serbatoi	0,01	MJ-Eq/kg

Tabella 3: Fattori di caratterizzazione per le risorse energetiche considerate nel metodo CE



## Capitolo 4

### CASO STUDIO: IL COMUNE DI OLIVETO CITRA

#### 4.1 La Provincia di Salerno

Il territorio della provincia di Salerno, tra i più estesi d'Italia, occupa l'intera zona meridionale della regione Campania, ha una superficie di 4.918 km<sup>2</sup> e comprende 158 comuni, di cui il 69,6% sono individuati come zona altimetrica di collina, il 20,3% di montagna e il 10,1% di pianura.



Figura 1: Province della regione Campania

ZONA ALTIMETRICA	COMUNI (n°)	COMUNI (%)
MONTAGNA	32	20,3
COLLINA	110	69,6
PIANURA	16	10,1
<b>Totale</b>	<b>158</b>	<b>100</b>

Tabella 1: Zone altimetriche provincia Salerno secondo i dati ISTAT 200

La presenza di sistemi collinari di una certa importanza comporta difficoltà di comunicazione tra le diverse aree della provincia.

La conformazione orografica del territorio ha contribuito a rafforzare la tipologia urbanistica tipica: piccoli centri abitati dislocati un po' ovunque, con evidenti differenze da porre in relazione alla maggiore vicinanza alla fascia costiera e al flusso turistico.

I comuni della provincia di Salerno sono 158, con un numero complessivo di abitanti di 1.106.776 e una densità abitativa di 225 abitanti per km<sup>2</sup>.

In base alla densità abitativa è possibile raggruppare i comuni in classi demografiche: il 49% hanno una popolazione compresa tra i 1.000 e i 5.000 abitanti, il 22%, ossia 35 comuni su 158, hanno una popolazione compresa tra i 5.000 e i 15.000 abitanti, il 19% è rappresentato da piccole comunità in cui risiedono meno di 1.000 abitanti, superano i 25.000 abitanti appena 10 comuni (6%), mentre solo il 4% ha una popolazione compresa tra i 15000 e i 25000 abitanti.

Nella tabella che segue è riportata la ripartizione dei comuni della provincia in base alle classi demografiche secondo dati ISTAT 2009.

CLASSE DEMOGRAFICA	COMUNE (N°)	COMUNE (%)	ABITANTE (N°)	ABITANTE (%)
< 1000 ab	30	18,99	21482	1,94
1000 < ab < 5000	77	48,73	171212	15,47
5000 < ab < 15000	35	22,15	289756	26,18
15000 < ab < 25000	6	3,8	121500	10,98
ab > 25000	10	6,33	502826	45,43
<b>Totale</b>	158	100	1106776	100

Tabella 2: Ripartizione dei comuni della provincia di Salerno in classi demografiche

Dall'esame della tabella (Tabella 2) e del grafico (Grafico 1) sottostante si può notare come i comuni di dimensioni medio-piccola siano numericamente prevalenti.

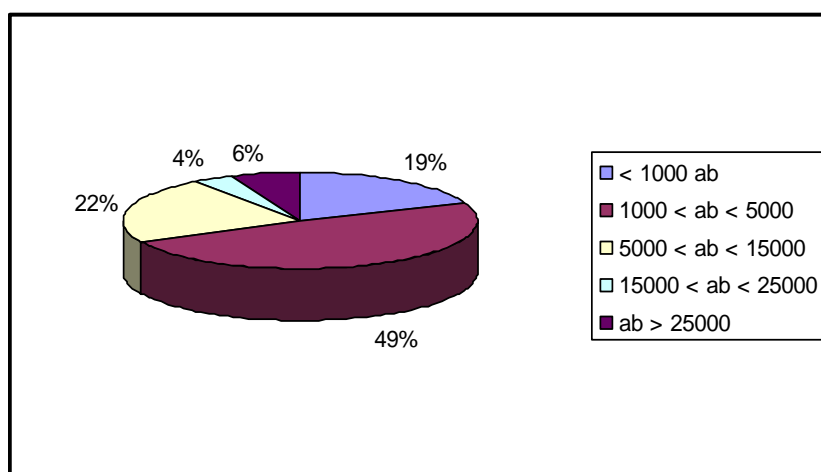


Grafico 1: Ripartizione dei comuni della Provincia di Salerno in classi demografiche

Le aree caratterizzate da bassi valori di consistenza demografica sono le zone della porzione meridionale della provincia, in cui sono presenti i comuni con il minor numero di abitanti, mentre quelle caratterizzate da elevata concentrazione demografica sono principalmente l'area urbana di Salerno e i comuni della costa settentrionale (Battipaglia, Eboli, Pontecagnano, ecc).

Il decreto Ronchi ha istituito gli Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) per la gestione dei rifiuti urbani. Tuttavia, in Campania la gestione del ciclo integrato dei rifiuti solidi urbani ed assimilati è affidata a Consorzi di Bacino. In particolare, i comuni della provincia di Salerno sono compresi in cinque Consorzi di Bacino.

La provincia di Salerno comprende quattro bacini, nei quali rientrano 154 comuni. I restanti quattro (Castelnuovo di Conza, Laviano, Santomena e Valva), localizzati nell'area nord-orientale del territorio provinciale, sono inseriti nel Consorzio Avellino 2.

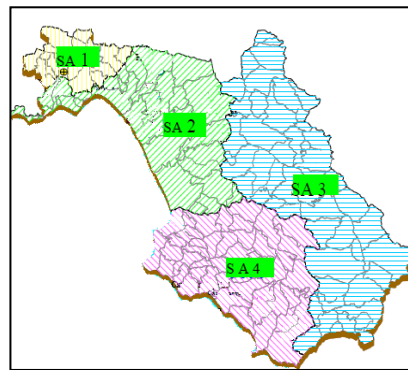


Figura 2: Consorzi di Bacino provincia di SA

Detti Consorzi sono stati previsti dall'art. 6 della legge regionale 10/93 concernente "Norme generali e procedure per la redazione e l'attuazione del Piano Regionale di Smaltimento dei Rifiuti". Il riferimento a tali Consorzi non si trova, però, nell'adeguamento del Piano Regionale del 2006 (Ordinanza del Commissario di Governo n. 77 del 10 marzo 2006) che, infatti, conformemente alla normativa nazionale (D.lgs. 152/2006, IV parte) si riferisce agli Ambiti Territoriali Ottimali, quali territori dove organizzare il servizio di gestione integrata di rifiuti urbani.

Il compito di occuparsi di tale organizzazione, in base al citato decreto legislativo e alla legge regionale 4/2007, spetta all'Autorità d'Ambito. In merito all'attuale gestione dei rifiuti urbani, va però precisato che i Consorzi di Bacino continuano ad

esistere nonostante l'abrogazione della citata legge regionale 10/93, dal momento che la legge 4/2007 ha specificato che l'art. 6 della legge 10/93, concernente i Consorzi di Bacino, è abrogato a decorrere dalla data di aggiudicazione del servizio di gestione integrata dei rifiuti da parte delle menzionate Autorità d'Ambito (art.32).

Considerato che a tutto oggi le Autorità d'Ambito non sono ancora state istituite, anche in provincia di Salerno continuano a lavorare i Consorzi di Bacino.

## 4.2 Il Comune di Oliveto Citra

Il Comune di Oliveto Citra appartiene al Consorzio Smaltimento Rifiuti Salerno3, di cui fanno parte 45 comuni. Presenta una popolazione di 3971 abitanti, l'estensione territoriale è pari a 31,46 km<sup>2</sup>, pertanto è caratterizzata da una densità abitativa pari a 126 ab/ km<sup>2</sup>.

COMUNE	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	POP. RESIDENTE 2009	DENSITÀ (ab/ km <sup>2</sup> )
Oliveto Citra	31,46	3971	126

Tabella 3: Dati popolazione Oliveto Citra secondo dati ISTAT 2009

La popolazione è concentrata prevalentemente nel centro principale, ma, com'è possibile notare dalla tabella e dal grafico riportati sotto, il territorio è caratterizzato anche dalla presenza di un considerevole numero di case sparse e di piccoli nuclei concentrati nella parte periferica del paese.

CENTRO URBANO	POP. RESIDENTE 2009	NUCLEI FAMILIARI
Capoluogo	71%	1002
Pop. Nei Nuclei	18%	254
Pop. Case sparse	11%	155
<b>Totale</b>	100%	1411

Tabella 4: Distribuzione della popolazione nei centri urbani

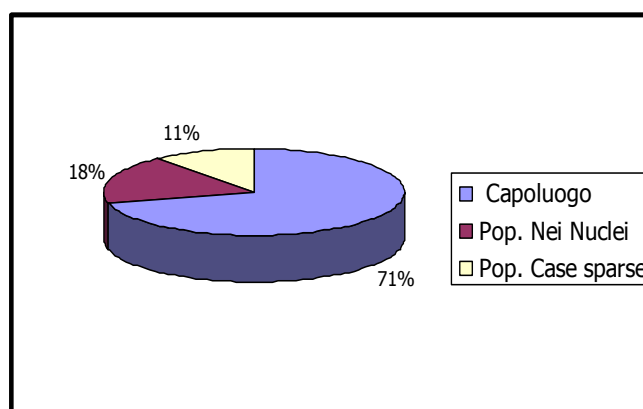


Grafico 2: Distribuzione della popolazione nei centri urbani

#### **4.2.1 La gestione dei rifiuti solidi urbani nel comune di Oliveto Citra**

Da Ottobre 2003, nel comune di Oliveto Citra il sistema di raccolta dei rifiuti urbani ed assimilati avviene in maniera differenziata attraverso un sistema porta a porta.

Al fine di informare i cittadini circa il nuovo metodo di raccolta, l'avvio del servizio è stato preceduto da una campagna informativa (incontri, manifesti) e la consegna a domicilio di bidoni carrellati, pattumiere sottolavello da 10 litri per la raccolta dell'organico, sacchi per le diverse tipologie di rifiuto ed un opuscolo riportante informazioni circa la modalità di separazione e il calendario di raccolta.

Inizialmente il sistema di raccolta porta a porta interessava l'organico, gli imballaggi in carta e cartone, gli imballaggi in plastica e la frazione indifferenziata; mentre la raccolta del vetro e degli imballaggi in metallo avveniva rispettivamente in campane e in cassonetti monomateriale dislocate sul territorio comunale.

A partire dal 2004 è attiva l'Isola Ecologica, in cui parte dei rifiuti provenienti dalla raccolta differenziata è temporaneamente conferita in cassoni dedicati, che periodicamente vengono trasportati presso i rispettivi centri di conferimento tramite un impianto scarrabile "multilift".

Attualmente il servizio di gestione dei rifiuti urbani e assimilati è affidato a LA.S.A.T. srl, una società unipersonale del comune di Oliveto Citra.

Le attività di recupero delle diverse frazioni sono state organizzate in maniera tale da consentire un utilizzo razionale delle risorse a disposizione.

In particolare, si è provveduto, innanzitutto, a suddividere il territorio comunale in tre zone:

1. CENTRO ABITATO;
2. ZONA A: zona periferica a nord rispetto al centro abitato;
3. ZONA B: zona periferica a sud rispetto al centro abitato.

Successivamente, sono state organizzate tre squadre che contemporaneamente eseguono le operazioni di raccolta nelle diverse aree:

1. SQUADRA 1:

- provvede alla raccolta nel centro abitato;
- utilizza un autocompattatore;
- è composta da un autista e due operatori.



Figura 3: Autocompattatore

2. SQUADRA 2:

- provvede alla raccolta nella zona A;
- utilizza un gasolone con vasca;
- è composta da un autista e un operatore.

3. SQUADRA 3:

- provvede alla raccolta nella zona B;
- utilizza un gasolone con vasca;
- è composta da un autista e un operatore.



Figura 4: Gasolone con vasca

I servizi di raccolta delle diverse frazioni, come è stato già detto in precedenza, sono stati organizzati in maniera tale da consentire un utilizzo razionale delle risorse a

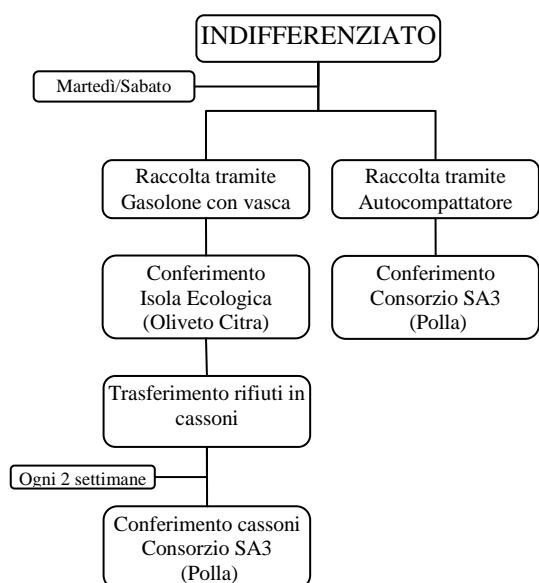
disposizione, ma anche tenendo conto delle esigenze delle utenze; in particolare, ciascuna frazione merceologica è raccolta dagli operatori de LA.S.A.T. srl in giorni prestabiliti, secondo un calendario fissato (Tabella 5):

FRAZIONE MERCEOLOGICA	GIORNO DEPOSITO	ORARIO DEPOSITO
UMIDO	lunedì/venerdì	prima delle 8:30
INDIFFERENZIATO	martedì/sabato	prima delle 8:30
IMB. CARTACEI e CARTA /CARTONE (UTENZE CIVILI)	mercoledì	prima delle 8:30
IMB. CARTACEI e CARTA /CARTONE (GRANDI UTENZE)	martedì	Dopo le 13
IMB. IN PLASTICA e PLASTICA	mercoledì	prima delle 8:30
RAEE, APPARECCHIATURE CONTENENTI CFC ROTTAMI DI MATERIALI MISTI INGOMBRANTI, PFU, BATTERIE PIOMBO	giovedì su richiesta	prima delle 8:30

Tabella 5: Calendario e orario di deposito dei rifiuti

La presenza dell' Isola Ecologica nel territorio comunale, l'esperienza acquisita negli anni e la collaborazione da parte dei cittadini ha consentito di perfezionare il sistema di differenziazione.

Attualmente il servizio di raccolta riguarda:



### RACCOLTA RIFIUTI RESIDUALI

Per questa tipologia di rifiuti è prevista la raccolta porta a porta, mediante sacco, con frequenza bisettimanale (2/7).

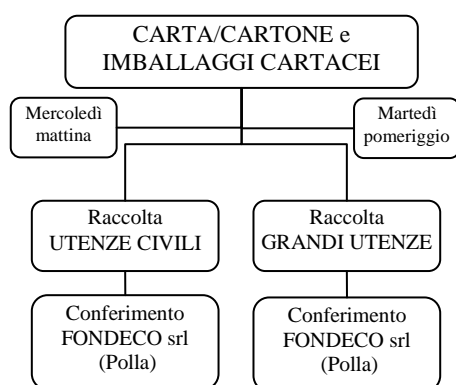
La raccolta è estesa all'intera popolazione residente e i sacchi sono a carico degli utenti.

Il recupero di questa frazione merceologica viene effettuato da tre squadre: una squadra composta da un autista e due operatori provvede alla

raccolta nel centro abitato con un autocompattatore di piccola portata, contemporaneamente due squadre, costituite rispettivamente da un autista e un operatore, provvedono al prelievo dei rifiuti nelle zone periferiche servendosi di automezzi satellite del tipo gasolone con vasca.

In seguito al recupero presso le utenze, la frazione indifferenziata raccolta per mezzo dell'autocompattatore è trasportata a Polla (SA) presso il CONSORZIO DI BACINO SA3; mentre la restante parte, raccolta tramite i due gasoloni con vasca, è trasferita presso l'isola ecologica in cassoni, svuotati con frequenza quindicinale.

### RACCOLTA IMBALLAGGI CARTACEI e CARTA /CARTONE



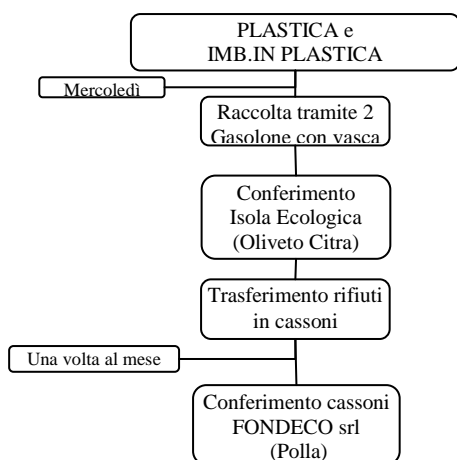
La raccolta è di tipo porta a porta. Attualmente l'operazione di recupero dei rifiuti cartacei avviene con frequenza bisettimanale (2/7) tramite un autocompattatore: il martedì pomeriggio si provvede al recupero presso le grandi utenze, il mercoledì mattina al recupero presso le utenze domestiche.

La scelta di organizzarsi in due turni settimanali è scaturita dal fatto che, date le grandi quantità di rifiuto prodotte, soprattutto dalle utenze commerciali, non si riesce a completare la raccolta in un solo giro.

Analogamente a quanto avviene per la frazione indifferenziata raccolta tramite l'autocompattatore, la carta e il cartone e gli imballaggi cartacei in seguito al recupero vengono trasferiti immediatamente presso la FON.DECO srl che ha sede nel comune di Polla (SA).



## RACCOLTA PLASTICA e IMBALLAGGI IN PLASTICA



La raccolta della plastica e degli imballaggi in plastica avviene con frequenza settimanale (1/7) tramite due automezzi gasolone con vasca.

In seguito alla raccolta i mezzi vengono svuotati presso l'isola ecologica in cassoni, per essere trasferiti, con frequenza più o meno mensile, presso la FONDECO srl.

## RACCOLTA VETRO e IMBALLAGGI IN METALLO

La raccolta del vetro e degli imballaggi in metallo è di tipo stradale.

Il servizio è effettuato mediante l'utilizzo di cassonetti monomateriale, posizionati tenendo conto della distribuzione della popolazione sul territorio, della baricentricità rispetto al bacino di utenza da servire e del minimo impatto ambientale visivo.

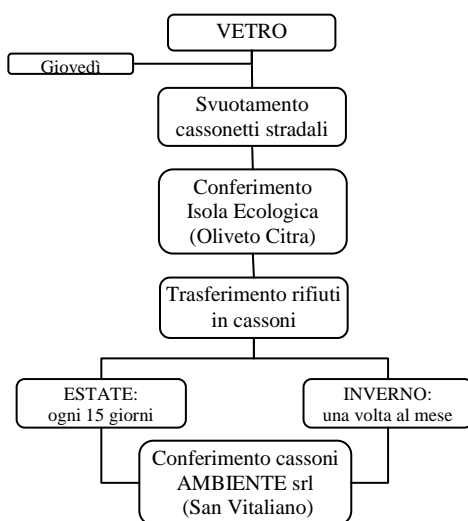


Figura 5: Cassonetti raccolta vetro e in metallo

### ➤ VETRO:

Lo svuotamento dei cassonetti utilizzati per la raccolta del vetro avviene con frequenza settimanale (1/7) attraverso l'utilizzo di un autocompattatore.

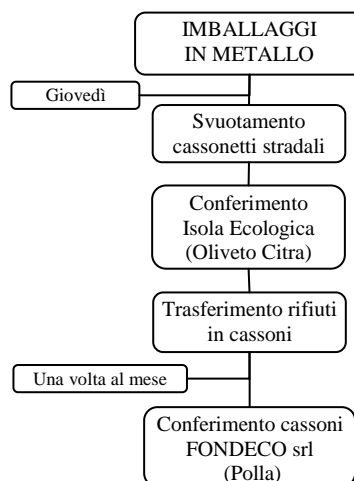
In seguito alla raccolta i rifiuti sono trasportati presso l'isola ecologica, dove vengono trasferiti in cassoni, a loro volta conferiti periodicamente presso AMBIENTE srl che ha sede nel comune



di San Vitaliano (NA). Nello specifico, il trasferimento presso Ambiente srl nei periodi invernali avviene con frequenza mensile, nel periodo estivo avviene con frequenza quindicinale.

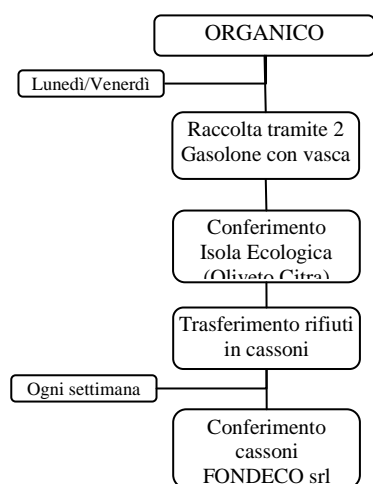
➤ **IMBALLAGGI IN METALLO:**

Lo svuotamento dei cassonetti utilizzati per la raccolta degli imballaggi in metallo viene effettuato settimanalmente tramite un gasolone con vasca. Successivamente, presso l'isola ecologica, il gasolone viene svuotato e i rifiuti trasferiti in cassoni, che con frequenza mensile vengono conferiti presso la FONDECO srl.



Principali criticità riguardo la differenziazione delle due tipologie di rifiuti appena analizzate sono legate alle dimensioni dell'oblò dei cassonetti, in quanto troppo piccoli, pertanto non adeguate al conferimento di materiale di dimensioni superiori a quelle standard, con conseguente abbandono del rifiuto fuori dal cassonetto (Figura5).

RACCOLTA UMIDO



La raccolta della frazione organica avviene con frequenza bisettimanale (2/7).

In seguito alla raccolta i mezzi vengono svuotati presso l'isola ecologica in cassoni, trasferiti settimanalmente presso la FONDECO srl.

Per questa tipologia di frazione merceologica le operazioni di raccolta sono estese principalmente alla popolazione residente nel centro abitato e alle grandi utenze, in quanto la maggior parte dei cittadini residenti nelle zone periferiche provvedono alla produzione di compost domestico o al reintegro del rifiuto come alimento per gli animali da corte.

Presso le utenze civili la raccolta avviene mediante sacchetti in materiale biodegradabile (tipo mater-bi) posti in contenitori di piccole dimensioni forniti dal gestore del servizio; mentre le grandi utenze (ospedale, mense, ristoranti,...) sono state munite di bidoni carrellati da 360 litri.



Figura 6: Pattumiera sottolavello

### INGOMBRANTI, RAEE e APPARECCHIATURE CONTENENTI CFC, PFU, ROTTAMI DI MATERIALI MISTI

Per questa tipologia di rifiuti la raccolta è di tipo porta a porta e avviene con frequenza settimanale (1/7) su richiesta da parte dell'utente.

In particolare, nel giorno stabilito (giovedì) una squadra composta da due operatori si reca presso l'utente che ne ha fatto richiesta e provvede al recupero del rifiuto.

A recupero avvenuto la squadra provvede al depositato del rifiuto presso l'isola ecologica in appositi cassoni.

Fanno eccezione i RAEE, questi, infatti, presso l'isola ecologica vengono depositati in ceste fornite dai gestori dei centri di conferimento che provvedono al ritiro a riempimento avvenuto. Il detentore dei RAEE, in questo caso LA.S.A.T. srl, è tenuto a compilare online, collegandosi al sito [www.cdcaee.it](http://www.cdcaee.it), un documento che riporta le "caratteristiche del centro di raccolta": i dati del centro di raccolta, i dati del detentore, le caratteristiche dell'area dedicata ai RAEE, le unità di carico posizionabili per raggruppamento e l'orario d'apertura del centro per la raccolta.

Dunque, nel comune di Oliveto Citra il recupero delle diverse tipologie di rifiuto avviene con la frequenza e le modalità riportate in Tabella 6:

TIPOLOGIA DI RIFIUTO	MODALITÀ	FREQUENZA RACCOLTA/SVUOTAMENTO	AUTOMEZZI
UMIDO	porta a porta	2/7	N°2 gasolone con vasca
INDIFFERENZIATO	porta a porta	2/7	N°2 gasolone con vasca + Autocompattatore
IMB. CARTACEI e CARTA /CARTONE (UTENZE CIVILI)	porta a porta	1/7	Autocompattatore
IMB. CARTACEI e CARTA/CARTONE (GRANDI UTENZE)	porta a porta	1/7	Autocompattatore
PLASTICA e IMB. IN PLASTICA	porta a porta	1/7	N°2 gasolone con vasca
RAEE e ALTRI	porta a porta su richiesta	1/7	Autocarro con pianale
VETRO	cassonetti monomateriali	1/7	Autocompattatore
IMBALLAGGI IN ALLUMINIO	cassonetti monomateriali	1/7	N°1 gasolone con vasca

Tabella 6: Modalità e frequenza di recupero di ciascuna frazione merceologica

Inoltre, con il sistema porta a porta nel 2009 si è riuscito ad ottenere percentuali di raccolta differenziata pari al 56,41 % (Tabella 7).

MESE	NON DIFFERENZIATO	UMIDO	IMB. CARTACEI	IMB. IN PLASTICA	IMB. IN METALLO	VETRO	CARTA/ CARTONE	RAEE e ALTRI
01/09	39850	14260	15680	3440	0	9420	5040	8290
02/09	44150	20040	8340	4560	3980	0	1360	2540
03/09	43130	22100	11840	2320	0	11920	0	5240
04/09	35420	17370	11460	4680	3240	17740	2040	8480
05/09	42160	23020	10740	5360	2740	10820	0	3880
06/09	52690	23310	11000	6560	2580	19290	3520	4620
07/09	46910	13660	12020	5040	2740	9610	0	4760
08/09	46660	21370	11940	9480	2680	0	1600	6020
09/09	35670	9380	12780	3460	2860	0	2320	9743
10/09	46560	18910	13960	6920	0	36250	0	1460
11/09	47750	8140	11900	5440	3440	11770	3180	5460
12/09	44910	33220	14380	5600	3080	2040	0	11020
<b>Kg/aa</b>	<b>525860</b>	<b>224780</b>	<b>146040</b>	<b>62860</b>	<b>27340</b>	<b>128860</b>	<b>19060</b>	<b>71513</b>
<b>%</b>	<b>43,59</b>	<b>18,63</b>	<b>12,11</b>	<b>5,21</b>	<b>2,27</b>	<b>10,68</b>	<b>1,58</b>	<b>5,93</b>

Tabella 7: Percentuali di raccolta per l'anno 2009

#### 4.2.2 Piattaforme di conferimento convenzionate

In base a quanto stabilito dall'accordo quadro ANCI-CONAI per il periodo 2009/2013, i Consorzi Comieco, Corepla e Rilegno, in collaborazione con CONAI, hanno creato una rete di piattaforme per il ricevimento e l'avvio a riciclo dei rifiuti di imballaggio in carta, plastica e legno.

I comuni, o le società che si occupano della gestione integrata dei rifiuti, conferiscono il materiale proveniente da raccolta differenziata alle piattaforme convenzionate. In esse, attraverso sistemi di vagliatura, separazione per densità, riconoscimento tramite raggi X, selezione manuale, ecc., si provvede a separare le frazioni realmente avviabili a riciclo/recupero dalle frazioni estranee. In seguito alle operazioni di selezione, il materiale ritenuto "riciclabile" viene inviato agli appositi impianti di filiera. Il costo economico delle operazioni di selezione e di smaltimento degli scarti è a carico del consorzio di filiera entro un certo valore della percentuale della frazione estranea, mentre è a carico del comune convenzionato se la percentuale supera tale valore limite. Inoltre, vi è la possibilità per l'impianto di selezione di siglare contratti direttamente con i comuni conferitori nel caso questi decidano di non aderire all'accordo ANCI-CONAI.

Sul territorio campano sono dislocate diverse piattaforme di conferimento (Figura 7):



Figura 7: Piattaforme di conferimento dislocate sul territorio campano

La società LA.S.A.T. srl, che gestisce le operazioni di raccolta dei rifiuti per conto del Comune di Oliveto Citra, in virtù di tale accordo ha stipulato convenzioni con diversi centri di raccolta (Figura 8):

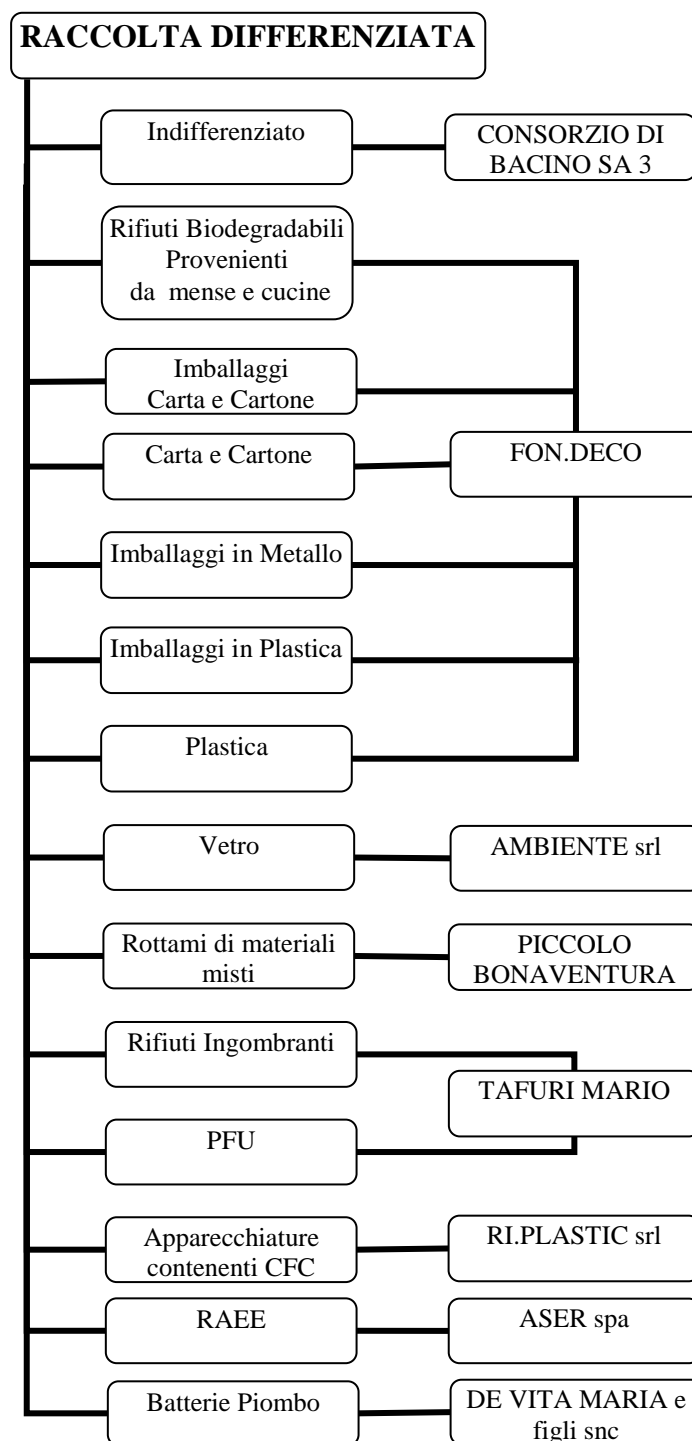


Figura 4: Piattaforme di conferimento convenzionate

In particolare, è stata stipulata una convenzione con la ditta Fond.eco srl per il conferimento della frazione umida, della plastica, della carta e il cartone e degli imballaggi cartacei, in metallo e in plastica provenienti da raccolta differenziata.

“Con suddetta convenzione la società LA.S.A.T. srl affida alla ditta Fond.eco srl il servizio di ulteriore separazione dei rifiuti conferiti, al fine di valorizzare ciascuna frazione merceologica. E’ previsto, inoltre, che la Fond.eco srl provveda all’operazione di pressatura post-lavorazione, allo stoccaggio e allo smistamento dei rifiuti presso i rispettivi Consorzi di filiera; nonché al trasporto e allo smaltimento dei sovvalli di lavorazione”.

Il vetro ad avvenuto riempimento dei cassoni viene conferito presso Ambiente srl , che ha sede nel comune di San Vitaliano (NA). Ambiente s.r.l. è un’azienda nata nel 1990 per gestire il trasporto e il conferimento presso impianti di smaltimento di rifiuti speciali. Ha successivamente ampliato la gamma dei propri servizi. Oggi è una modernissima piattaforma ecologica che collabora con tutti i consorzi di filiera.

Per le apparecchiature refrigeranti, le TV e i monitor è stata stipulata una convenzione con l’azienda ASER spa con sede nel comune di Pontecagnano Faiano (SA); mentre tutte le altre tipologie di Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) vengono conferite presso l’azienda Ri.Plastic srl con sede nel Comune di Balvano (PZ). Così come previsto dalla normativa vigente, in entrambe le piattaforme si provvede in primis all’eliminazione dei componenti pericolosi, poi i rifiuti vengono smontati al fine di separare le diverse tipologie di materiali di cui sono composti e se possibile si provvede al riciclo mirato per componenti.

Infine, come è possibile osservare dal diagramma sopra, per i rifiuti ingombranti , i rottami di materiali misti, gli pneumatici fuori uso e le batterie sono stati stipulati accordi con differenti gestori di piattaforme di conferimento.

Lo smaltimento della frazione indifferenziata verrà analizzato nel paragrafo successivo.

### **4.3 Smaltimento dei rifiuti residuali**

Come è possibile notare dal diagramma di flusso analizzato precedentemente la frazione indifferenziata è l'unica frazione merceologica che non è conferita presso piattaforme di separazione. La normativa regionale, infatti, prevede che i rifiuti residuali prodotti da ciascun comune debbano essere conferiti presso il Consorzio di Bacino di appartenenza. Successivamente i rifiuti indifferenziati accumulati presso i quattro Consorzi di Bacino della provincia vengono trasportati presso lo Stabilimento di Tritovagliatura e Imballaggio Rifiuti (STIR), che ha sede nel comune di Battipaglia (SA).

Dunque, presso l'impianto S.T.I.R. vengono conferiti tutti i rifiuti indifferenziati prodotti nei comuni salernitani. In esso, in seguito a lavorazioni, il rifiuto viene scomposto in due componenti: una componente secca destinata alla termovalorizzazione e una componente umida destinata a discarica.

Il trasporto presso l'impianto S.T.I.R. è di competenza dei Consorzi di Bacino e non dei Comuni, pertanto, quando precedentemente è stata analizzata la raccolta della frazione indifferenziata, si è ritenuto opportuno non introdurre quest'ultimo tratto nel relativo diagramma di flusso.

#### **4.3.1 Gli impianti campani: da impianti TBM a impianti S.T.I.R.**

Attualmente in Campania per il trattamento e lo smaltimento degli R.S.U. si utilizzano:

1. sette impianti di trattamento meccanico-biologico (TMB) localizzati in:

- S. Maria Capua Vetere (CE);
- Pianodardine (AV);
- Casalduni (BN);
- Giugliano (NA);



- Caivano (NA);
  - Tufino (NA);
  - Battipaglia (SA).
2. un certo numero di discariche;
  3. un inceneritore;
  4. un numero elevato di siti di stoccaggio delle ecoballe dislocati su tutto il territorio regionale;
  5. una serie di dotazioni impiantistiche minori, quali aree di trasferimento, siti di stoccaggio comunali e intercomunali. Si tratta soprattutto di siti di stoccaggio provvisori autorizzati negli anni dalla struttura commissariale per consentire il superamento delle diverse “fasi critiche”;
  6. gli impianti della filiera della raccolta differenziata (isole ecologiche, impianti di selezione, impianti di compostaggio).

Il sistema di gestione dei rifiuti può essere schematizzato come in Figura 9:

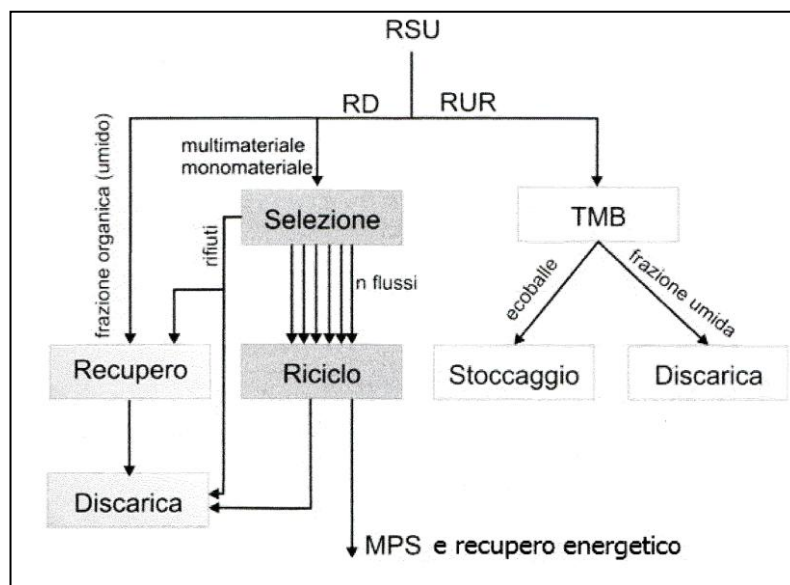


Figura 8: Schema della gestione dei rifiuti

Dalla schematizzazione del percorso dei diversi flussi dei rifiuti si deduce che il materiale proveniente da raccolta differenziata (RD) viene inviato agli impianti di

selezione, che provvedono a separare le frazioni realmente avviabili a riciclo/recupero dalle frazioni estranee. Tali impianti, all'interno dei quali la selezione viene effettuata attraverso sistemi di vagliatura, separazione per densità, riconoscimento tramite raggi X, selezione manuale, possono trattare sia il monomateriale sia il multimateriale.

In seguito alle operazioni di selezione, il materiale ritenuto "riciclabile" (alluminio, acciaio, plastica, legno, carta e vetro) viene riutilizzato come materia prima secondaria in appositi impianti per la rilavorazione; mentre, gli scarti delle operazioni di selezione e riciclo sono indirizzati a recupero energetico in termovalorizzatori o a smaltimento definitivo presso discariche. Essi non rientrano più nel computo dei rifiuti urbani perché sono classificati ora come rifiuti speciali.

La frazione residuale della raccolta differenziata (RUR) è inviata agli impianti di trattamento meccanico-biologico, di cui si è ampiamente parlato nel capitolo 2.

In realtà gli impianti campani non hanno ad oggi efficienze tali da poter essere considerati impianti TBM, a causa dell'inadeguatezza sia delle fasi di selezione sia di quella di stabilizzazione della frazione organica. Per questo motivo suddetti impianti sono stati declassati a impianti STIR (Stabilimenti di Tritovagliatura e Imballaggio dei Rifiuti).

La frazione umida proveniente dal sottovaglio delle operazioni di tritovagliatura (F.U.T.) operante nell'impianto di trattamento meccanico biologico avrebbe dovuto subire una stabilizzazione tramite un processo biologico aerobico per essere inviata a discarica come frazione organica stabilizzata (FOS) inerte. In realtà, a causa del tempo insufficiente di permanenza in vasca e di una gestione scorretta della vasca stessa, la frazione in uscita da questo impianto non è stabilizzata ed è stata pertanto declassata dal codice CER 19.05.03, identificativo della frazione organica stabilizzata o FOS, a quello CER 19.05.01, identificativo di una generica "parte di rifiuti urbani e simili non compostata".

La frazione combustibile separata dall'impianto è inviata al termovalorizzatore. Tuttavia, la presenza di un unico termovalorizzatore su tutto il territorio campano, nel comune di Acerra, ha portato ad una situazione paradossale in cui ecoballe di circa 1,9 metri cubi e 1,4 tonnellate ciascuna, costituite da CDR pressato e avvolto in

teli in polietilene, sono accumulati in siti di “stoccaggio provvisorio” in attesa di essere avviate a recupero energetico. Pertanto, questo materiale è stato declassato dal codice CER 19.12.10, identificativo del CDR, a quello CER 19.12.12 identificativo della frazione secca (“altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti”).

#### **4.3.2 S.T.I.R. di Battipaglia: descrizione funzionale dell’impianto**

Il processo di trattamento dei Rifiuti Urbani Indifferenziati (R.U.I.) all’interno dello S.T.I.R. (Stabilimento di Tritovagliatura ed Imballaggio dei Rifiuti) si attua attraverso le seguenti fasi:

1. STOCCAGGIO DEI R.U.I. nella fossa di ricezione, servita da carroponti con benna a polipo per il caricamento delle linee;
2. DILACERAZIONE E LIEVE TRITURAZIONE DEI SACCHI contenenti i R.U.I. in ingresso;
3. VAGLIATURA PRIMARIA dei rifiuti utilizzando vagli a tamburo rotante ( $\varnothing$  150 mm) dimensionati con un tempo di permanenza sufficiente a garantire la separazione del materiale in due flussi:
  - a) *Sopravaglio primario*: frazione superiore al diametro dei fori del vaglio. È composto da materiali leggeri a matrice combustibile quali ad esempio: carta, cartoni, plastica in film e tessili.  
  
Dopo aver subito il processo di deferrizzazione magnetica va a costituire la Frazione Secca Tritovagliata (F.S.T.) e viene convogliato alla sezione di pressatura e filmatura.
  - b) *Sottovaglio primario*: frazione passante attraverso i fori del vaglio
4. VAGLIATURA SECONDARIA (fori da 60 mm).

In seguito a questa operazione il sottovaglio primario viene suddiviso a sua volta in due flussi:

- c) *Sopravaglio secondario*, contenente una rilevante quantità di materiali ad elevato potere calorifico.

In seguito a un processo di deferrizzazione magnetica va a costituire la Frazione Secca Tritovagliata (F.S.T.) convogliata alla sezione di pressatura e filmatura.

- d) *Sottovaglio secondario* composto sostanzialmente da frazione organica residua altamente putrescibile.

Tale frazione va a costituire la Frazione Umida Tritovagliata (F.U.T.) che dopo il processo di deferrizzazione magnetica viene convogliata alla sezione di stabilizzazione.

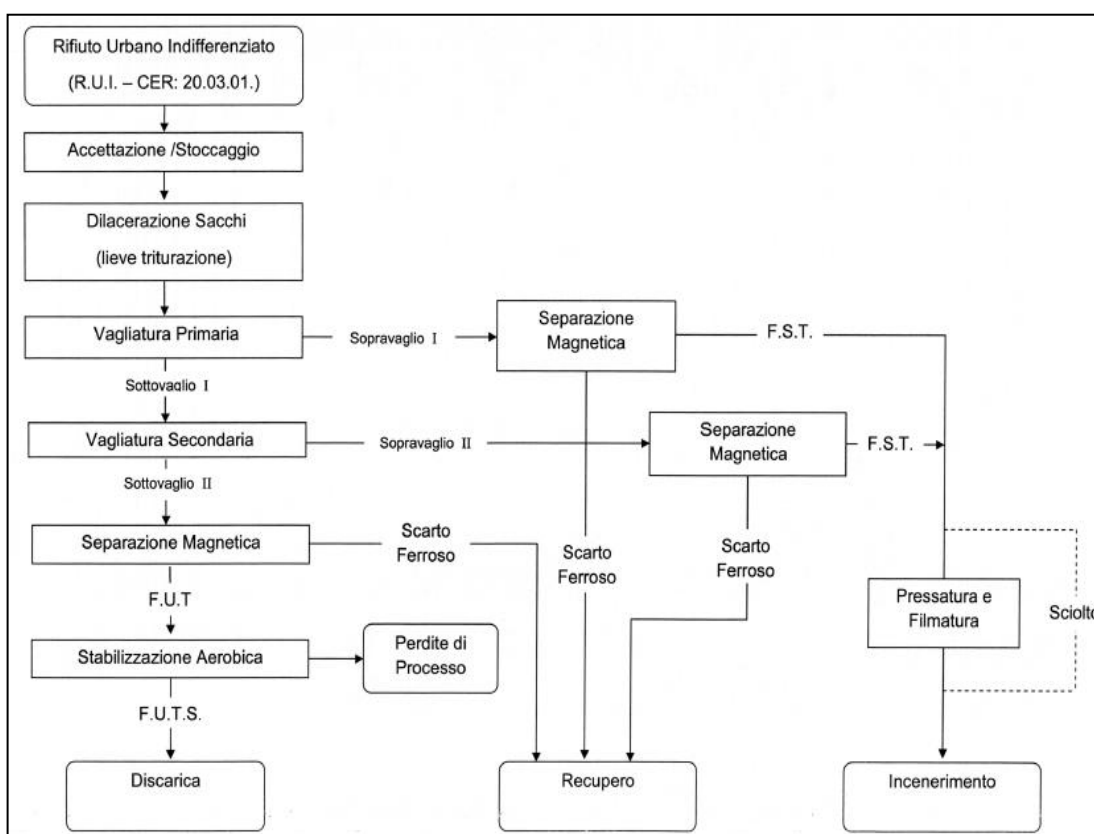


Figura 9: Diagramma di flusso del processo di funzionamento dello STIR di Battipaglia (SA)

Riassumendo, nell'impianto S.T.I.R. di Battipaglia vengono lavorate in media 750 tonnellate/giorno di Rifiuto Urbano Indifferenziato (CER 20.03.01), da cui si generano tre flussi di materiali:

1. Il flusso costituito dallo **Scarto Ferroso** catturato dai deferrizzatori che viene inviato a recupero, pari all'1% del flusso in ingresso.
2. Il flusso costituito dalla **F.S.T.** (sopravaglio primario e secondario) che dopo deferrizzazione viene indirizzato nel locale presse dove può essere imballato e filmato in attesa di essere inviato a termovalorizzazione oppure può essere caricato direttamente in forma sciolta sui mezzi che lo porteranno al termovalorizzatore. Tale flusso è pari al 54 % del flusso in ingresso
3. Il flusso costituito dal sottovaglio secondario che, dopo essere stato sottoposto a deferrizzazione, viene inviato alla fase di stabilizzazione organica (**F.U.T.**). La Frazione Umida Tritovagliata rappresenta il restante 45% del flusso in ingresso.

La stabilizzazione organica avviene entro un fabbricato chiuso, dove il materiale permane per circa 28 giorni consecutivi in condizioni controllate di ossigenazione, temperatura e umidità. L'ossidazione della frazione organica trasforma il materiale organico grezzo in un materiale stabilizzato, con basso contenuto di umidità, non putrescibile che potrà servire per bonifiche ambientali (ad esempio, recupero di cave). Prima di poter essere destinato a questo utilizzo, il materiale stabilizzato verrà sottoposto ad un trattamento di raffinazione, avente lo scopo di recuperare i materiali plastici e cellulósici ancora in esso presenti, destinandoli a recupero energetico (termovalorizzazione).

La raffinazione del materiale organico stabilizzato avviene attraverso una vagliatura (fori Ø 20 mm) , con separazione in due frazioni:

- *Sottovaglio di Raffinazione*: frazione fine che costituisce la Frazione Umida Tritovagliata Stabilizzata;
- *Sopravaglio di Raffinazione*: frazione più grossolana che costituisce lo Scarto di Raffinazione.

## **Capitolo 5**

# **REVISIONE DEL SISTEMA DI CONFERIMENTO DEI RIFIUTI RESIDUALI : VALUTAZIONE DEI COSTI LOGISTICI E ANALISI LCA**

Come è stato ampiamente spiegato nel capitolo precedente, per le operazioni di raccolta presso le utenze, la società LA.S.A.T. srl, che si occupa della gestione integrata dei rifiuti per conto del Comune di Oliveto Citra, utilizza:

- N°1 autocompattatore;
- N°2 gasoloni con vasca.

La maggior parte dei rifiuti in seguito alle operazioni di raccolta vengono trasportati presso l'isola ecologica che ha sede nel comune di Oliveto Citra.

Presso l'isola ecologica i rifiuti sono temporaneamente conferiti in cassoni dedicati, che periodicamente vengono caricati su un impianto scarrabile "multilift" e trasportati presso i rispettivi centri di conferimento.

Fanno eccezione i rifiuti residuali e i rifiuti cartacei. Infatti, i rifiuti cartacei e la parte di rifiuto indifferenziato raccolta tramite l'autocompattatore, in seguito al recupero presso le utenze vengono trasferiti immediatamente presso le rispettive piattaforme di conferimento, ubicate entrambe nel comune di Polla (SA).

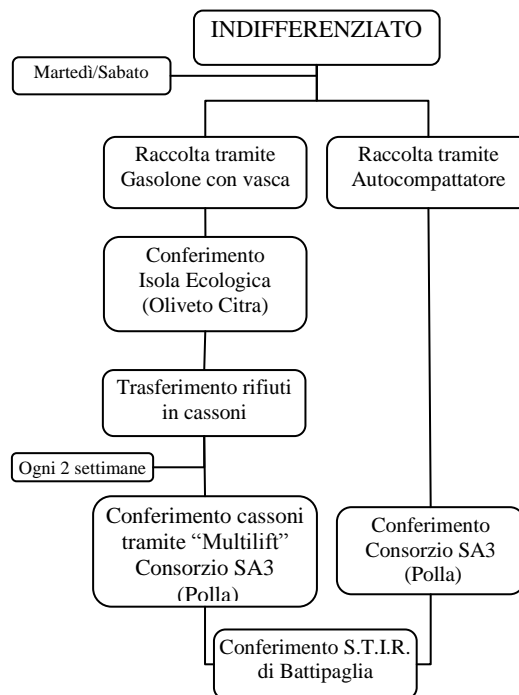
Obiettivo di questo lavoro è confrontare l'attuale modalità di conferimento della frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 con una alternativa di miglioramento, in modo tale da valutare la possibilità di ottimizzare gli attuali costi logistici e l'eventuale riduzione dell'impatto ambientale legato al trasporto di questa frazione merceologica presso l'impianto di smaltimento.

Lo stesso tipo di analisi potrebbe essere effettuato per i rifiuti cartacei; tuttavia, per mancanza di dati si è deciso di concentrarsi solo sui rifiuti residuali.

## 5.1 Descrizione scenario attuale

Attualmente per la raccolta del rifiuto indifferenziato vengono utilizzati tre mezzi. In seguito al recupero presso le utenze, la frazione indifferenziata raccolta per mezzo dell'autocompattatore è trasportata nel comune di Polla (SA) presso il Consorzio di Bacino SA3; mentre la restante parte, raccolta tramite i due automezzi gasolone con vasca, è trasferita presso l'isola ecologica in cassoni, svuotati, con frequenza quindicinale, presso il Consorzio di Bacino SA3.

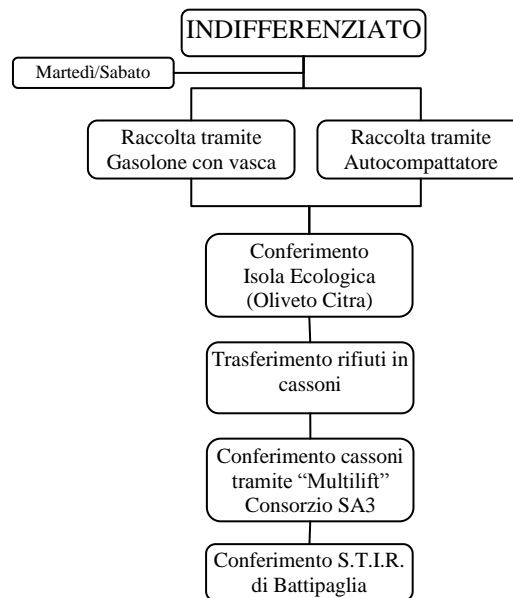
Successivamente, ciascun Consorzio di Bacino provvede al trasporto dei rifiuti indifferenziati, prodotti nei comuni consorziati, presso lo Stabilimento di Tritovagliatura e Imballaggio Rifiuti (STIR), che ha sede nel comune di Battipaglia.



## 5.2 Descrizione scenario alternativo

Nello scenario alternativo si ipotizza che la frazione indifferenziata raccolta tramite l'autocompattatore venga depositata in cassoni, presso l'isola ecologica, insieme alla restante parte raccolta tramite i due automezzi gasolone con vasca.

A riempimento avvenuto i cassoni, che in questo caso contengono il rifiuto indifferenziato raccolto con i tre mezzi a disposizione, vengono trasferiti presso il Consorzio di Bacino SA3 tramite il multilift.



## 5.3 Valutazione dei costi logistici e confronto tra i due scenari

Nel corso di quest'analisi non verranno considerati i costi da sostenere per il trasporto del rifiuto dal Consorzio di Bacino SA3 all'impianto S.T.I.R., in quanto non sono a carico del comune.



### 5.3.1 Scenario attuale

Attualmente per la raccolta presso le utenze e il trasporto presso il Consorzio di Bacino SA3 vengono utilizzati :

- N°1 autocompattatore;
- N°2 gasolone con vasca;
- N°1 scarrabile “multilift”.

Per maggiore comprensione dei calcoli si procede considerando ciascun mezzo:

#### AUTOCOMPATTATORE

Dai dati forniti risulta che l'autocompattatore effettua due giri di *raccolta* a settimana e che in media in un giro di raccolta percorre 60 km/giro, pertanto in una settimana percorre :

$$60*2 = 120 \text{ km/settimana} \quad (1)$$

Inoltre, l'autocompattatore, in seguito ai giri di raccolta effettua due viaggi settimanali per il *trasporto* della frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3, pertanto i km/viaggio percorsi, comprensivi di andata e ritorno, sono pari a :

$$40*1,7=68 \text{ km/viaggio}$$

$$\Rightarrow 68*2 =136 \text{ km/settimana}$$

Questo valore è stato ottenuto moltiplicando la distanza Oliveto Citra – Polla per 1,7 e non per 2, come verrebbe spontaneo fare, poiché si è tenuto conto del fatto che nel viaggio di ritorno il mezzo viaggia scarico, quindi consuma meno.

Dunque, in una settimana l'autocompattatore percorre:

$$120 + 136 = 256 \text{ km/settimana}$$

$$\Rightarrow 13312 \text{ km/anno}$$

(ottenuti moltiplicando i km/settimana per le 52 settimane del 2009)

Considerando che:

- l'autocompattatore per raggiungere Polla percorre l'A3 SA-RC che non è a pagamento;
- non sono previsti compensi aggiuntivi per l'autista, in quanto effettua le operazioni di raccolta e di trasporto durante le sue ore lavorative;
- il pagamento per lo smaltimento dei rifiuti residuali è, ovviamente, funzione delle tonnellate/anno conferite e non del numero di "visite" effettuate presso la piattaforma di conferimento.

Ne consegue che l'unica voce di costo che influenza il costo di trasporto della frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 è quella relativa al costo del carburante.

Dai dati raccolti risulta che con un pieno di carburante (90 €/pieno) l'autocompattatore in media riesce a percorrere 300 km/pieno.

Pertanto, per percorrere 13312 km/anno è stato necessario effettuare

$$13312/300 = 45 \text{ pieni carburante/anno}$$

⇒ COSTO CARBURANTE 2009 per AUTOCOMPATTATORE per il conferimento della frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 =

$$= 90 * 45 = 4050 \text{ €/anno} \quad (2)$$

#### GASOLONE CON VASCA e MULTILIFT

La parte di rifiuti raccolta tramite gli automezzi gasolone con vasca viene trasferita presso l'isola ecologica. Successivamente, con frequenza quindicinale, i cassoni vengono svuotati presso il Consorzio di Bacino SA3.

Si è ritenuto opportuno non valutare i costi annuali sostenuti per la raccolta dei rifiuti residuali e il trasporto presso l'isola ecologica tramite i due automezzi gasolone con vasca, in quanto al fine dell'analisi effettuata non generano costi differenziali.

Pertanto, si prosegue valutando solo i costi sostenuti per trasportare i cassoni dall'isola ecologica al Consorzio di Bacino tramite l'impianto scarrabile multilift.

Analogamente al caso dell'autocompattatore l'unica voce di costo influente è il costo del carburante.

Dai dati raccolti risulta che ogni  $T = 15$  giorni un impianto scarrabile multilift conferisce un cassone, contenente circa 60 quintali di rifiuti indifferenziati, presso il Consorzio di Bacino SA3

⇒ nel 2009 il multilift ha effettuato un viaggio ogni settimana,  
ossia  $52/2=26$  viaggi/anno

Ogni viaggio Oliveto Citra-Polla (A/R) = 68 km/viaggio

⇒ nel 2009 il multilift ha percorso  $68 * 26 = 1768$  km/anno

Dai dati raccolti risulta, inoltre, che con un pieno di carburante (100 € / pieno) in media l'automezzo multilift riesce a percorrere 400 km

⇒ 400 km/pieno

⇒ nel 2009 è stato necessario effettuare  $1768 / 400 = 5$  pieni/anno

⇒  $5 * 100 = 500$  €/anno

COSTO CARBURANTE 2009 per MULTILIFT = 500 €/anno (3)

**IL COSTO TOTALE** sostenuto nel **2009** per la raccolta presso le utenze e il conferimento di *tutta* la frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 è dato dalla somma della (2) e della (3) = **4550 €/anno**

### 5.3.2 Scenario alternativo

In questo caso si ipotizza che, in seguito a ciascun giro di raccolta, anche il compattatore venga svuotato nei cassoni ubicati presso l'isola ecologica.

Dai dati forniti risulta che il cassone riesce a contenere circa 60 quintali di rifiuto indifferenziato, tale valore varia in funzione del volume del rifiuto, che nello scenario attuale viene conferito non compattato.

Sono note, inoltre:

1. Dimensioni esterne del cassone = 2,5x1,7x5,8 m;
2. Volume interno cassone = 17 m<sup>3</sup>;
3. Capienza massima autocompattatore = 40 quintali (14 m<sup>3</sup>);
4. Rapporto di compattazione dell'autocompattatore 6:1.

Al fine di sfruttare al massimo la capienza del cassone, si ipotizza di trasferire, al termine di ogni giro di raccolta, i rifiuti contenuti in ciascun gasolone all'interno dell'autocompattatore, precedentemente svuotato. In seguito alla compattazione subita i rifiuti saranno, quindi, spostati nel cassone, che, in questo modo, al termine di ogni giro di raccolta conterrà solo rifiuto indifferenziato compattato.

Dal momento che l'autocompattatore ha un rapporto di compattazione 6:1, in seguito alla compattazione i rifiuti raccolti tramite ciascun gasolone avranno un volume pari circa a 1 m<sup>3</sup>. Dunque:

- ⇒ VOLUME CASSONE = 17 m<sup>3</sup>
- ⇒ VOLUME TOTALE RIFIUTI RACCOLTI AD OGNI GIRO = 14+1+1= 16 m<sup>3</sup>
- ⇒ Ad ogni giro di raccolta si riuscirebbe a raggiungere la capacità massima sopportabile dal cassone.

Dal momento che la raccolta della frazione indifferenziata avviene con frequenza bisettimanale, ne consegue che ogni settimana sarebbe necessario effettuare 2 viaggi verso il Consorzio di Bacino SA3 per il conferimento dei rifiuti indifferenziati:

- ⇒ 68 km/viaggio (comprensivi di A/R, calcolati come in precedenza);
- ⇒ 2 viaggi/settimana =  $2 \cdot 52 = 104$  viaggi/anno
- ⇒  $104 \cdot 68 = 7072$  km/anno

Dai dati raccolti risulta che con un pieno di carburante (100 €/pieno) il multilift riesce a percorrere circa 400 km/pieno.

Pertanto, per percorrere 7072 km/anno è necessario effettuare

$$7072/400 = 18 \text{ pieni carburante/anno}$$

Pertanto, nell'ipotesi di scenario alternativo:

$$\Rightarrow \text{COSTO RIFORNIMENTO CARBURANTE per multilift} = 18 \cdot 100 = 1800 \text{ €}$$

Nell'ipotesi di scenario alternativo, inoltre, l'autocompattatore viene utilizzato per la sola operazione di raccolta. Pertanto, in base a quanto è stato calcolato nella (1) l'autocompattatore percorre 120 km/settimana, ossia 6240 km/anno consumando 1890 € di carburante.

In questo caso il **COSTO TOTALE** per il conferimento di *tutta* la frazione indifferenziata presso il Consorzio di Bacino SA3 =

$$\begin{aligned} & \text{COSTO RIFORNIMENTO CARBURANTE per multilift} + \\ & \text{COSTO RIFORNIMENTO CARBURANTE per autocompattatore} = \\ & 1800 + 1890 = \mathbf{3690 \text{ €/anno}} \end{aligned}$$

### **5.3.3 Confronto tra i due scenari**

Dal confronto dei due scenari risulta che, dal punto di vista economico, lo scenario alternativo è più vantaggioso rispetto a quello reale, essendo

$$3690 \text{ €/anno} < 4550 \text{ €/anno.}$$

Dunque, trasferendo la frazione secca raccolta per mezzo dell'autocompattatore presso l'isola ecologica piuttosto che trasportarla immediatamente presso il Consorzio di Bacino SA3 si avrebbe un risparmio di  $4550 - 3690 = 860 \text{ €/anno}$ .

## **5.4 Applicazione della metodologia LCA per la valutazione dell'impatto ambientale**

Dall'analisi logistica è risultato che dal punto di vista economico lo scenario alternativo, anche se di poco, è più vantaggioso dello scenario attuale.

In questo capitolo, servendosi del software Sima Pro 6.0, si effettuerà un'analisi ambientale: confrontando i due scenari si valuterà quali dei due ha un impatto ambientale minore.

### **5.4.1 Definizione degli scopi e degli obiettivi**

Questo studio si propone di valutare, tramite la metodologia Life Cycle Assessment (LCA), l'impatto ambientale dei due sistemi di conferimento dei rifiuti indifferenziati presso il Consorzio di Bacino SA3 descritti nei paragrafi precedenti.

Si assume come ipotesi che il rifiuto non sia compattato, in modo da poter valutare lo scenario alternativo più impattante, perché prevede più viaggi.

L'analisi realizzata prende in considerazione il materiale dal momento in cui viene raccolto presso le utenze, fino a quando viene conferito presso il Consorzio di Bacino

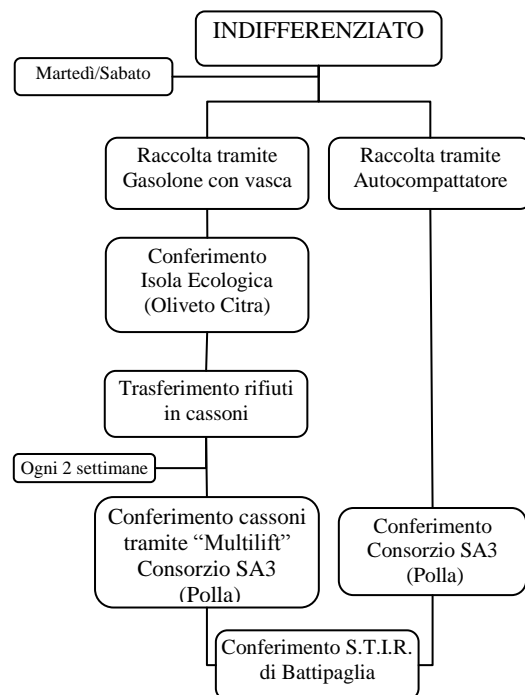
SA3. Il tratto relativo al conferimento presso l'impianto S.T.I.R. non è stato considerato, in quanto è comune ad entrambi gli scenari analizzati, pertanto dà lo stesso contributo all'analisi in termini di impatto ambientale.

L'**obiettivo** dello studio è migliorare il sistema logistico al fine di ottimizzare gli impatti ambientali derivati dalle emissioni dei mezzi utilizzati per le operazioni di raccolta e di trasporto del rifiuto indifferenziato.

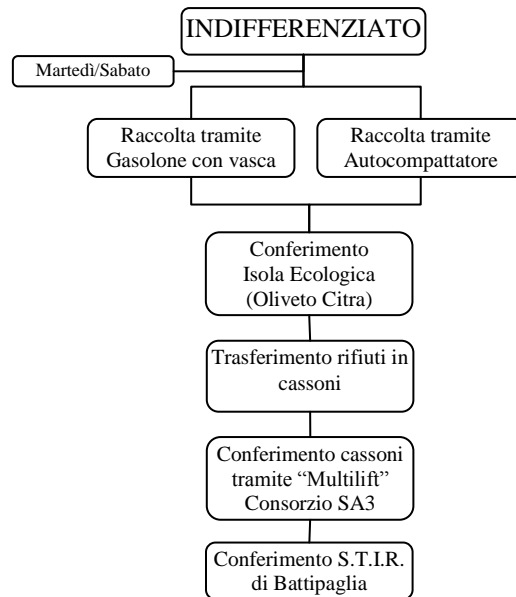
La normalizzazione di tutto il sistema in esame è stata effettuata considerando un'**unità funzionale** pari a una tonnellata di rifiuti annua (1000 kg).

E' importante, in questa prima fase dell'analisi LCA, definire i confini del sistema per individuare gli input e gli output da considerare. I due scenari oggetto dell'analisi rappresentano i **confini del sistema**.

- SCENARIO ATTUALE:



- **SCENARIO ALTERNATIVO:**



Per quanto riguarda, invece, la **Qualità dei dati**, per lo svolgimento dello studio è stato impiegato il codice di calcolo SimaPro 6.0, sono stati utilizzati, inoltre, “dati primari” forniti da L.A.S.A.T. srl riguardo la raccolta differenziata riferita al 2009.

#### 5.4.2 Analisi di inventario

La redazione dell’inventario, fase estremamente delicata dello studio, ha richiesto una fase iniziale di raccolta sul campo delle informazioni relative al sistema esaminato. L’intero sistema è stato suddiviso in due scenari: lo scenario attuale e lo scenario alternativo, di cui si vuole valutare la convenienza.

Lo scenario attuale, a sua volta, è stato suddiviso in due rami:

- **RAMO A:** riguarda la parte di rifiuto residuale raccolta tramite i due gasoloni con vasca;
- **RAMO B:** riguarda la parte di rifiuto residuale raccolta tramite l’autocompattatore.



Le informazioni raccolte a riguardo sono gli input del nostro sistema e sono riassunte nelle tre tabelle che seguono:

**SCENARIO ATTUALE RAMO A**

<b>GIORNO</b>	<b>MEZZO</b>	<b>km/giorno</b>	<b>CAPACITÀ MEZZO (q)</b>	<b>PERCORSO</b>
LUNEDÌ	Autocompattatore	40	40	Deposito + Conferimento frazione raccolta sabato presso Consorzio di Bacino (POLLA)
MARTEDÌ	Autocompattatore	60	40	Deposito + CENTRO ABITATO + Conferimento presso Consorzio di Bacino
SABATO	Autocompattatore	60	40	Deposito + Raccolta CENTRO ABITATO + ISOLA ECOLOGICA + Deposito

Tabella 1: Scenario attuale ramo A

**SCENARIO ATTUALE RAMO B**

<b>GIORNO</b>	<b>MEZZO</b>	<b>km/giorno</b>	<b>CAPACITÀ MEZZO (q)</b>	<b>PERCORSO</b>
MARTEDÌ	Gasolone con vasca 1	60	7	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
	Gasolone con vasca 2	60	7	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
SABATO	Gasolone con vasca 1	60	7	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
	Gasolone con vasca 2	60	7	Deposito + raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
OGNI 15 GIORNI	MULTILIFT	40	-	ISOLA ECOLOGICA + Conferimento frazione raccolta sabato presso Consorzio di Bacino (POLLA)

Tabella 2: Scenario attuale ramo B

***SCENARIO ALTERNATIVO***

<b>GIORNO</b>	<b>MEZZO</b>	<b>km/giorno</b>	<b>PERCORSO</b>
MARTEDÌ	Autocompattatore	60	Deposito + Raccolta CENTRO ABITATO + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
	Gasolone con vasca 1	60	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
	Gasolone con vasca 2	60	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
SABATO	Autocompattatore	60	Deposito + Raccolta CENTRO ABITATO + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
	Gasolone con vasca 1	60	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito
	Gasolone con vasca 2	60	Deposito + Raccolta ZONA B + ISOLA ECOLOGICA + Deposito

Tabella 3: Scenario alternativo

I dati in tabella relativi ai km/giorno percorsi per effettuare un giro di raccolta sono stati resi disponibili da L.A.S.A.T. srl, società che si occupa della gestione integrata dei rifiuti per conto del comune di Oliveto Citra.

La distanza Oliveto Citra – Polla è stata calcolata sul sito [www.viamichelin.it](http://www.viamichelin.it), mentre i km totali, comprensivi del viaggio di andata e del viaggio di ritorno, sono stati calcolati, come nel caso dell'analisi precedente, moltiplicando la distanza per 1,7 in modo tale da tener conto del fatto che a ritorno il mezzo viaggia scarico, pertanto consuma meno, ossia richiede meno carburante, quindi le emissioni sono inferiori e anche l'impatto ambientale è ridotto.

Al fine di poter ricavare dal software le emissioni di ciascun mezzo e quindi il relativo impatto ambientale, è stato necessario calcolare per ogni scenario:

- km/anno percorsi da ciascun mezzo per effettuare le operazioni di raccolta e trasporto;

- tonnellate/anno trasportate da ciascun mezzo.

I km/anno percorsi da ciascun mezzo sono stati calcolati elaborando in Excel i dati forniti. Le modalità di calcolo utilizzate e i risultati ottenuti sono gli stessi che sono stati esposti nel paragrafo precedente.

Le tonnellate/anno trasportate da ciascun mezzo, invece, sono state calcolate a partire dalle tonnellate/anno di rifiuto indifferenziato complessivamente prodotte nel 2009 nel comune di Oliveto Citra. Conoscendo la capacità massima dell'autocompattatore e di ciascun gasolone e il totale delle tonnellate/anno di rifiuto è stato possibile calcolare attraverso delle proporzioni le tonnellate che ciascun mezzo in media raccoglie/trasporta in un anno.

Le tonnellate/anno conferite tramite il multilift presso il Consorzio di Bacino SA3 nel caso di scenario attuale coincidono con quelle raccolte dai due gasoloni; nel caso di scenario alternativo coincidono con le tonnellate/anno complessivamente prodotte.

Si è proceduto, quindi, valutando per ciascun mezzo i km/tonnellata, questi valori rappresentano i dati di input inseriti nel software Sima Pro 6.0

### **5.4.3 Analisi degli impatti**

Questa fase è stata condotta utilizzando il software SimaPro versione 6.0, messo a disposizione dal “Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali” della Facoltà di Ingegneria dell’Università di Bologna.

Per la valutazione di ciascuno scenario è stato utilizzato il database Ecoinvent, versione H, e tre diversi metodi:

- Eco-indicator 99 (H) V2.1;
- EDIP/UMIP 96 V2.1;
- Cumulative Energy Demand V1.1

Nel seguito si analizzeranno i risultati di ciascun metodo di valutazione. In tutti i grafici il colore giallo indica lo scenario alternativo, mentre il colore verde indica lo scenario attuale.

### ECO-INDICATOR 99

Come è stato già detto nel Capitolo 3, il metodo utilizza fattori di normalizzazione calcolati a livello europeo e consente di valutare i danni ambientali di tre macrocategorie:

Human Health (Salute umana);

Ecosystem Quality (Qualità dell'ecosistema);

Resources (Sfruttamento delle risorse).

Si riportano i risultati ottenuti utilizzando il metodo Eco-indicator 99:

#### 1. CATEGORIE DI DANNO

DAMAGE CATEGORY	UNIT	SCENARIO ALTERNATIVO	SCENARIO ATTUALE
Human Health	DALY	0,01	0,0101
Ecosystem Quality	PDF*m2yr	593	727
Resources	MJ surplus	29100	47300

Tabella 4: Categorie di danno Eco-indicator

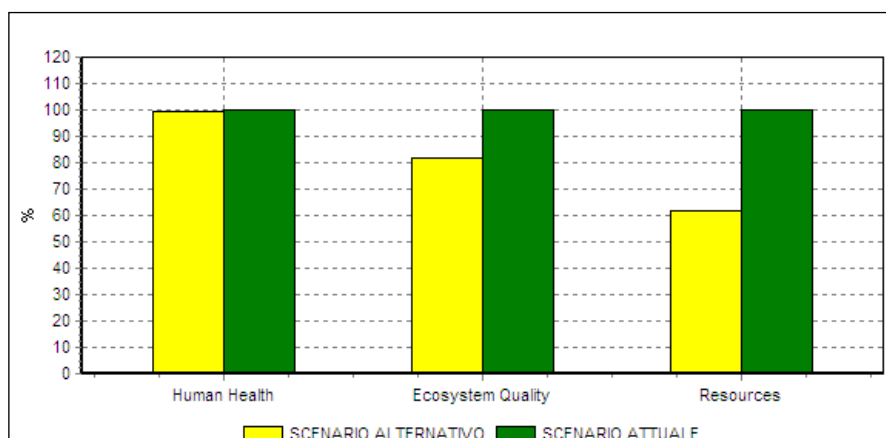


Grafico 1: Categorie di danno Eco-indicator

2. CATEGORIE D'IMPATTO

IMPACT CATEGORY	UNIT	SCENARIO ALTERNATIVO	SCENARIO ATTUALE
Carcinogens	DALY	0,000739	0,000897
Resp. Organics	DALY	7,26E-05	7,67E-05
Resp. Inorganics	DALY	0,007	0,00688
Climate change	DALY	0,00221	0,00223
Radiation	DALY	9,68E-06	1,56E-05
Ozone layer	DALY	7,35E-06	8,84E-06
Ecotoxicity	PDF*m2yr	200	274
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	284	253
Land use	PDF*m2yr	110	200
Minerals	MJ surplus	63,7	82,6
Fossil fuels	MJ surplus	29100	47200

Tabella 5: Categorie d'impatto Eco-indicator

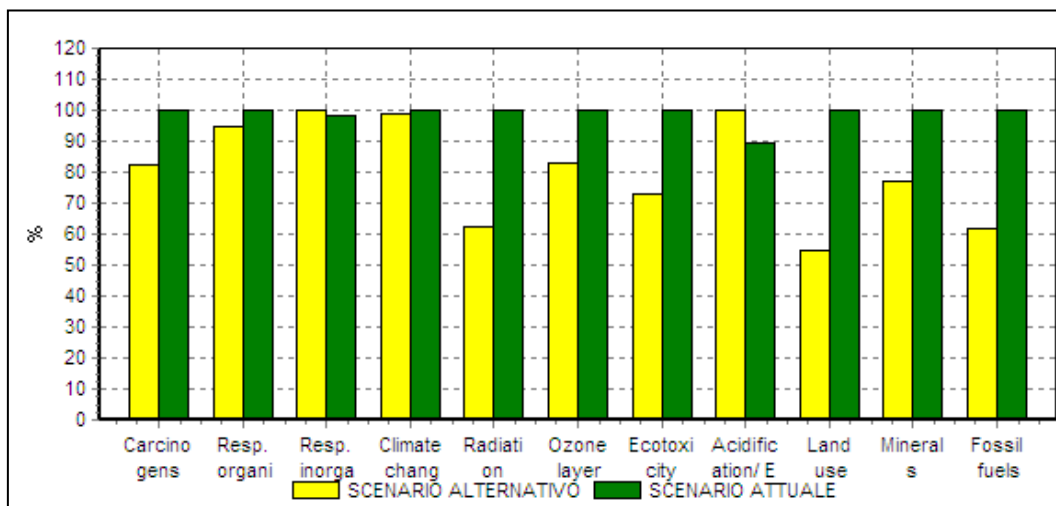


Grafico 2: Categorie d'impatto Eco-indicator

Dai grafici emerge che lo “scenario alternativo” ha un impatto superiore rispetto allo “scenario attuale” soprattutto sulla macrocategoria *Resources*.

Si prosegue analizzando nello specifico l'impatto ambientale provocato da ciascuna categoria di danno e dalle categorie d'impatto che contribuiscono ad ognuna di esse:

- Categoria *Human Health*: i due scenari hanno pressappoco lo stesso impatto provocando un impatto pari a 0,01 DALY contro lo 0,0101 DALY dello "scenario attuale":
  - *Carcinogens*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 0,000739 DALY contro lo 0,000897 DALY dello "scenario attuale";
  - *Respiration organics*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 0,0000726 DALY contro lo 0,0000765 DALY dello "scenario attuale";
  - *Respiration inorganics*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 0,007 DALY contro lo 0,00688 DALY dello "scenario attuale";
  - *Climate change*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 0,00221 DALY contro lo 0,00223 DALY dello "scenario attuale";
  - *Radiation*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 0,00000968 DALY contro lo 0,0000156 DALY dello "scenario attuale";
  - *Ozone layer*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 0,00000735 DALY contro lo 0,00000884 DALY dello "scenario attuale".
- Categoria *Ecosystem Quality*: provoca un impatto pari a 593 PDF\*m<sup>2</sup>yr contro i 727 PDF\*m<sup>2</sup>yr provocati dello "scenario attuale":
  - *Ecotoxicity*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 200 PDF\*m<sup>2</sup>yr contro i 274 PDF\*m<sup>2</sup>yr dello "scenario attuale";
  - *Acidification/ Eutrophication*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 284 PDF\*m<sup>2</sup>yr contro i 253 PDF\*m<sup>2</sup>yr dello "scenario attuale";
  - *Land use*: nel caso di "scenario alternativo" risulta pari a 110 PDF\*m<sup>2</sup>yr contro i 200 PDF\*m<sup>2</sup>yr dello "scenario attuale".

- Categoria *Resources*, il valore apportato è di 29100 MJsurplus contro i 47300 MJsurplus dello “scenario attuale” :
  - *Minerals*: nel caso di “scenario alternativo” risulta pari a 63,7 MJsurplus contro l’ 82,6 MJsurplus dello “scenario attuale”;
  - *Fossil fuels*: nel caso di “scenario alternativo” risulta pari a 29100 MJsurplus contro i 47200 MJsurplus dello “scenario attuale”.

EDIP/UMIP 96

I seguenti grafici rappresentano i risultati ottenuti con il metodo EDIP/UMIP 96.

IMPACT CATEGORY	UNIT	SCENARIO ALTERNATIVO	SCENARIO ATTUALE
Global warming (GWP 100)	g CO2	10800000	11000000
Ozone depletivo	g CFC11	4,09	4,92
Acidification	g SO2	50700	53100
Eutrophication	g NO3	66800	58100
Photochemical smog	g ethene	4860	5210
Ecotoxicity water chronic	m3	10400000	20400000
Ecotoxicity water acute	m3	939000	1910000
Ecotoxicity soil chronic	m3	26400	38500
Human toxicity air	m3	6,34E+09	6,7E+09
Human toxicity water	m3	196000	255000
Human toxicity soil	m3	31000	39400
Bulk waste	kg	x	X
Hazardous waste	kg	x	X
Radioactive waste	kg	x	X
Slags/ashes	kg	x	X
Resources (all)	kg	0,48	0,665

Tabella 6: Categorie d’impatto Edip/U mip 96

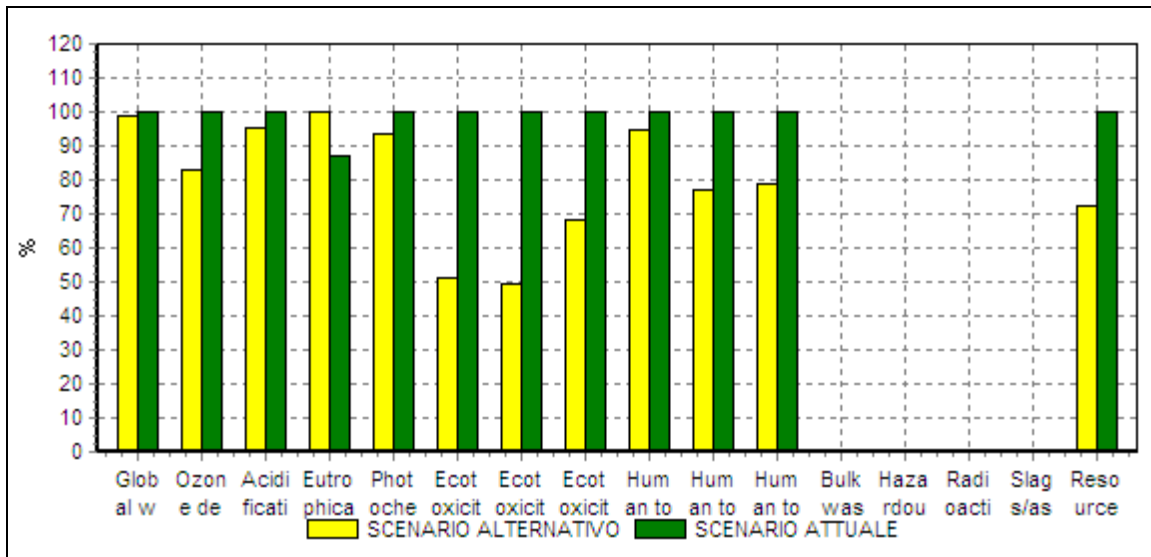


Grafico 3: Categorie d'impatto Edip/U mip 96

Le categorie d'impatto considerate in questo metodo sono le seguenti:

- Il *Global warming (GWP 100)* per lo “scenario alternativo” risulta pari a  $10,8 \times 10^6$  g CO<sub>2</sub> contro  $11 \times 10^6$  g CO<sub>2</sub> dello “scenario attuale”.
- L'*Ozone depletion* per lo “scenario alternativo” risulta pari a 4,09 g CFC11, contro i 4,92 g CFC11 dello “scenario attuale”.
- L'*Acidification*, espressa in grammi di SO<sub>2</sub>, risulta pari a 50700 g SO<sub>2</sub> per lo “scenario alternativo” e a 53100 g SO<sub>2</sub> per lo “scenario attuale”.
- L'*Eutrophication* per lo “scenario alternativo” risulta essere pari a 66800 g NO<sub>3</sub>; mentre per lo “scenario attuale” è pari a 58100 g NO<sub>3</sub>.
- Il *Photochemical smog* è espresso in grammi di ethene. Per lo “scenario alternativo” emerge un valore pari a 4860 g ethene contro i 5210 g ethene dello “scenario attuale”.
- L'*Ecotoxicity water chronic* è espressa in m<sup>3</sup>. Per lo “scenario alternativo” si è calcolato un valore pari a  $10,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup> contro i  $20,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup> dello “scenario attuale”.



- L'*Ecotoxicity water acute* è espressa in m<sup>3</sup>. Emerge per lo “scenario alternativo” un valore pari a 939000 m<sup>3</sup> contro i 1910000 m<sup>3</sup> dello “scenario attuale”;
- L'*Ecotoxicity soil chronic* è espresso in m<sup>3</sup>. Si è calcolato per lo “scenario alternativo” un valore pari a 26400 m<sup>3</sup> contro i 38500 m<sup>3</sup> dello “scenario attuale”;
- All'*Human toxicity air*, calcolata in m<sup>3</sup>. Emerge per lo “scenario alternativo” un valore pari a 63,4x10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> contro i 67x10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> dello “scenario attuale”;
- All'*Human toxicity water*, calcolata in m<sup>3</sup>. Per lo “scenario alternativo” ha un valore pari a 196000 m<sup>3</sup> contro i 255000 m<sup>3</sup> dello “scenario attuale”;
- All'*Human toxicity soil*, calcolata in m<sup>3</sup>. Emerge per lo “scenario alternativo” un valore pari a 31000 m<sup>3</sup> contro i 39400 m<sup>3</sup> dello scenario attuale;
- *Resources (all)*, espresso in kg. Emerge per lo “scenario alternativo” un valore pari a 0,48 Kg contro lo 0,665 Kg dello “scenario alternativo”.

### CUMULATIVE ENERGY DEMAND

Il metodo del *Cumulative Energy Demand* fornisce indicazioni sull'energia utilizzata nei vari processi di trasformazione e trasporto che compaiono nell'analisi del ciclo di vita di un prodotto. Tale metodo distingue l'energia sulla base della risorsa da cui proviene.

In particolare, sono individuate le seguenti fonti energetiche:

- *Non-renewable, fossil* (Combustibili fossili, non rinnovabile);
- *Non-renewable, nuclear* (Nucleare, non rinnovabile);
- *Renewable, biomass* (Biomassa, rinnovabile);
- *Renewable, wind, solar, geothermal* (Vento, Solare, Geotermica, rinnovabile);

- *Renewable, water* (Acqua, rinnovabile).

Sommando i valori delle singole energie, è stata ricavata l'energia totale. Il grafico che segue riporta l'energia totale consumata nei due scenari analizzati.

IMPACT CATEGORY	UNIT	SCENARIO ALTERNATIVO	SCENARIO ATTUALE
Non renewable, fossil	MJ-Eq	212000	347000
Non-renewable, nuclear	MJ-Eq	5830	8660
Renewable, biomass	MJ-Eq	77,8	123
Renewable, wind, solar, geothe	MJ-Eq	68,9	120
Renewable, water	MJ-Eq	1350	1970

Tabella 7: Categorie d'impatto Cumulative Energy Demand

	UNIT	SCENARIO ALTERNATIVO	SCENARIO ATTUALE
Energia	MJ-Eq	219326,7	357873

Tabella 8: Energia totale Cumulative Energy Demand

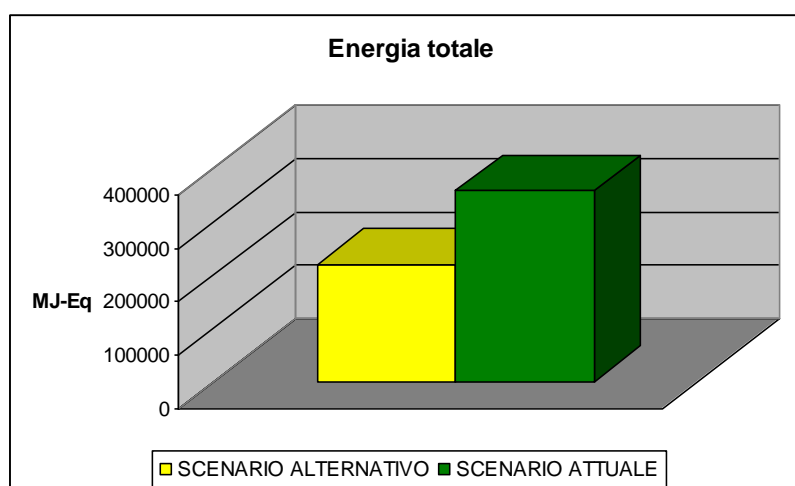


Grafico 4: Categorie d'impatto Cumulative Energy Demand

Dai grafici emerge che nel caso di "scenario alternativo" si avrebbe un consumo energetico inferiore rispetto allo "scenario attuale"; in particolare per lo "scenario

alternativo” si riscontra un consumo energetico totale pari a 219326,7 MJ-Eq contro i 357873 MJ-Eq dello “scenario attuale”.

#### **5.4.4 Analisi dei risultati e valutazione dei miglioramenti**

Dal confronto dei tre metodi è emerso che lo “scenario attuale” rappresenta, tra i due confrontati, la modalità di conferimento con i più alti impatti ambientali.

In particolare, considerando il metodo Ecoindicator 99 è emerso che “ lo scenario alternativo” provoca danni minori sulle macrocategorie Ecosystem quality, ovvero danni sulla qualità dell’ecosistema, e Resources intesa come sfruttamento delle risorse; mentre, per la macrocategoria *Human Health*, ovvero danni sulla salute umana, il danno varia di poco. Valori nettamente inferiori si hanno soprattutto per la categoria Resources, questo risultato era prevedibile dal momento che nello “scenario alternativo” il numero di km/giorno percorsi sono minori rispetto a quelli effettivamente percorsi attualmente, pertanto la categoria *Fossil fuels* provoca un impatto inferiore.

Anche dall’analisi con il metodo EDIP/UMIP 96 emerge che lo “scenario alternativo” provoca minori impatti ambientali, in particolare sulle seguenti categorie: *Ecotoxicity water chronic*, *Ecotoxicity water acute*, *Ecotoxicity soil chronic*, *Human toxicity air*, *Human toxicity water*, *Human toxicity soil*, *Resources (all)*.

Infine, dalla valutazione del ciclo di vita con il metodo Cumulative Energy Demand risulta che lo scenario alternativo è da preferire a quello attuale poiché si ha un risparmio energetico complessivo superiore.

## CONCLUSIONI

In questo lavoro è stato analizzato dettagliatamente il sistema di gestione dei rifiuti solidi urbani adottato nel comune di Oliveto Citra (SA).

E' stata, innanzitutto, effettuata, per ciascuna frazione merceologica, un'analisi approfondita sulle modalità di raccolta, sui mezzi utilizzati per la raccolta e il trasporto e sul conferimento finale.

Da questa prima analisi è emerso che la maggior parte dei rifiuti in seguito alle operazioni di raccolta vengono trasportati presso l'isola ecologica comunale, in cui sono temporaneamente conferiti in cassoni dedicati, svuotati periodicamente presso i rispettivi centri di conferimento.

Fanno eccezione parte dei rifiuti residuali e i rifiuti cartacei, che in seguito al recupero presso le utenze vengono trasferiti immediatamente presso le rispettive piattaforme di conferimento, ubicate entrambe nel comune di Polla (SA).

In seguito a queste valutazioni, si è deciso di confrontare l'attuale modalità di conferimento della frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 con una alternativa di miglioramento, in modo tale da valutare la possibilità di ottimizzare gli attuali costi logistici e l'eventuale riduzione dell'impatto ambientale legato al trasporto di questa frazione merceologica presso la piattaforma di conferimento. Lo stesso tipo di analisi poteva essere effettuato per i rifiuti cartacei; tuttavia, per mancanza di dati, si è deciso di concentrarsi solo sui rifiuti residuali.

Si vuole far notare che, non a caso, si parla di piattaforma di conferimento e non di impianto di separazione. La normativa regionale, infatti, prevede che i rifiuti residuali, prodotti in ciascun comune, debbano essere conferiti presso il Consorzio di Bacino di appartenenza, che è una piattaforma di conferimento temporanea. Successivamente i rifiuti indifferenziati, accumulati presso i quattro Consorzi di Bacino della provincia, vengono trasportati presso lo Stabilimento di Tritovagliatura e Imballaggio Rifiuti (STIR), che ha sede nel comune di Battipaglia (SA), in cui, prima di essere inviate allo smaltimento finale, subiscono delle lavorazioni.

Per le operazioni di raccolta e di trasporto dei R.U.R. vengono utilizzati 3 mezzi:

- N°1 autocompattatore: utilizzato per le operazioni di raccolta presso le utenze e per il successivo trasporto presso il Consorzio di Bacino SA3;
- N°2 gasoloni con vasca: utilizzati per le operazioni di raccolta e svuotati presso l'isola ecologica comunale;
- N°1 impianto scarrabile "multilift": utilizzato per il trasporto periodico dei cassoni presso il Consorzio di Bacino SA3.

Per entrambe le analisi effettuate sono stati utilizzati i dati forniti da LA.S.A.T. srl, la società che si occupa della gestione integrata dei rifiuti per conto del Comune di Oliveto Citra.

Per la valutazione logistica-economica è stato considerato che:

- i mezzi per raggiungere Polla percorrono l'A3 SA-RC che non è a pagamento;
- non sono previsti compensi aggiuntivi per l'autista, in quanto effettua le operazioni di raccolta e di trasporto durante le sue ore lavorative;
- il pagamento per lo smaltimento dei rifiuti residuali è, ovviamente, funzione delle tonnellate/anno conferite e non del numero di "visite"effettuate presso la piattaforma di conferimento.

Si è dedotto, quindi, che l'unica voce di costo relativa al trasporto della frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 è quella inerente il costo del carburante.

Il costo annuo complessivamente sostenuto per ciascuno scenario è stato calcolato come la somma del costo annuo unitario da sostenere per il rifornimento di carburante dei tre mezzi utilizzati.

Dall'analisi dei due scenari è emerso che :

- Il **COSTO TOTALE** sostenuto nel **2009** per la raccolta presso le utenze e il conferimento di tutta la frazione secca presso il Consorzio di Bacino SA3 è pari a **4550 €/anno**;

- Il **COSTO TOTALE** per il conferimento di tutta la frazione indifferenziata presso il Consorzio di Bacino SA3 nell'ipotesi di **scenario alternativo** è pari a **3690 €/anno**.

Dal confronto dei due scenari è risultato, quindi, che dal punto di vista economico lo scenario alternativo è più vantaggioso rispetto a quello reale, essendo  $3690\text{€} < 4550\text{€}$ ; in particolare si avrebbe un risparmio di  $4550 - 3690 = 860 \text{ €/anno}$ .

Per la valutazione ambientale è stata effettuata un'analisi LCA attraverso l'utilizzo del software Simapro 6.0.

Per tale analisi sono stati utilizzati tre metodi di valutazione:

- 1) Ecoindicator 99: da questo metodo è emerso che “lo scenario alternativo” provoca danni minori sulle macrocategorie Ecosystem quality, ovvero danni sulla qualità dell'ecosistema, e Resources intesa come sfruttamento delle risorse; mentre, per la macrocategoria *Human Health*, ovvero danni sulla salute umana, il danno varia di poco. Valori nettamente inferiori si hanno soprattutto per la categoria Resources, questo risultato era prevedibile dal momento che nello “scenario alternativo” il numero di km/giorno percorsi sono minori rispetto a quelli effettivamente percorsi attualmente, pertanto la categoria *Fossil fuels* provoca un impatto inferiore.
- 2) EDIP/UMIP 96: da questa analisi è emerso che lo “scenario alternativo” provoca minori impatti ambientali, in particolare sulle seguenti categorie: *Ecotoxicity water chronic*, *Ecotoxicity water acute*, *Ecotoxicity soil chronic*, *Human toxicity air*, *Human toxicity water*, *Human toxicity soil*, *Resources (all)*.
- 3) CUMULATIVE ENERGY DEMAND: da questo metodo è emerso che lo scenario alternativo è da preferire a quello attuale poiché si ha un risparmio energetico complessivo superiore

Dunque, per affrontare il problema dei rifiuti, la soluzione ideale al problema va cercata, senza alcun dubbio, nei sistemi integrati di smaltimento, incentivando la

riduzione del quantitativo di rifiuti da smaltire, il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero energetico.

Tuttavia, in un'ottica di ottimizzazione dell'intero ciclo di vita dei rifiuti, da monte a valle, va tenuto conto dell'impatto ambientale provocato da tutte le fasi, dalla produzione allo smaltimento finale. Pertanto, anche nel caso in cui il sistema di gestione utilizzato risulti efficiente, in termini di percentuali di raccolta, è possibile intervenire su altri livelli del ciclo di vita del rifiuto al fine di ridurre l'impatto ambientale.

Il caso del comune di Oliveto Citra conferma quanto appena affermato.

E' stato dimostrato, infatti, che pur utilizzando un sistema di raccolta efficiente, attraverso una modalità di conferimento come quella analizzata nello "scenario alternativo", si riuscirebbero ad avere duplici vantaggi: la riduzione dell'impatto ambientale e dei costi di trasporto.

## BIBLIOGRAFIA E SITI CONSULTATI

- [1] Adeguamento del piano regionale dei rifiuti della Campania (anno 2006)
- [2] Piano regionale rifiuti urbani della Regione Campania (anno 2007)
- [3] Rapporto sui rifiuti solidi urbani nella provincia di Salerno (anno 2006)
- [4] Rapporto sui rifiuti solidi urbani nella provincia di Salerno (anno 2007)
- [5] Piano provinciale di gestione dei rifiuti della provincia di Caserta (anno 2009)
- [6] “Sistemi energetici: impatto ambientale, vol.3” – M. Bianchi, A. De Pascale, A. Gambarotta, A. Peretto – Pitagora Editrice Bologna, 2008
- [7] Rapporto greenpeace Italia “Gestione a freddo dei rifiuti. Lo stato dell’arte delle tecniche alternative all’incenerimento per i residui dei rifiuti urbani”
- [8] Rapporto rifiuti urbani ISPRA (anno 2009)
- [9] Linee guida recanti i criteri per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, ex art.3, comma 2 del decreto legislativo 372/99
- [10] Rifiuti oggi (semestrale di Legambiente), speciale comuni ricicloni 2010
- [11] Accordo quadro ANCI-CONAI 2009/2013
- [12] <http://www.ambientesrl.biz/>
- [13] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [14] [www.borsarifiuti.it](http://www.borsarifiuti.it)
- [15] [www.istat.it](http://www.istat.it)
- [16] [www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)
- [17] <http://lca.jrc.ec.europa.eu>
- [18] [www.enea.it](http://www.enea.it)
- [19] [www.emergerifiuticampania.it](http://www.emergerifiuticampania.it)
- [20] [www.provincia.salerno.it](http://www.provincia.salerno.it)



## **RINGRAZIAMENTI**

È mia intenzione ringraziare tutti coloro che hanno collaborato alla stesura di questo elaborato.

Ringrazio, innanzitutto, la Prof.ssa Alessandra Bonoli, l'Ing. Federica Pantaleoni e la Prof.ssa Cristina Mora per la professionalità, la cortesia e la gentilezza con cui mi hanno seguito in questo lavoro di tesi.

Ringrazio il sindaco di Oliveto Citra, Italo Lullo, l'amministrazione comunale e tutti i dipendenti de LA.S.A.T. srl per aver contribuito con il loro aiuto alla realizzazione di questo studio. Un ringraziamento particolare va ad Antonio Rufolo per la disponibilità e la pazienza che ha avuto in questi mesi, ma soprattutto mi complimento con lui per l'entusiasmo e la passione che mette nel suo lavoro, a mio parere esempio da seguire e motivo d'orgoglio per Oliveto.

Ringrazio ancora il Dr. Angelo Garofalo, l'Arch. Maria Rosaria Belmonte e Felice Giannini per aver reso possibile il reperimento dei dati dell'impianto S.T.I.R. di Battipaglia.