
PARTE PRIMA

LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI ESPERIENZE NAZIONALI ED EUROPEE

La sostenibilità nella gestione dei rifiuti

Luciano Morselli

(Università di Bologna)

La ricerca della sostenibilità non deve essere ricercata solo nella fase di gestione di un rifiuto, proponendo quindi soluzioni end-of-pipe, ma lo sguardo sugli impatti ambientali deve essere posto sull'intero ciclo di vita di un prodotto: dalla fase di ideazione e progettazione, adottando misure e soluzioni orientate all'ambiente, alla produzione, distribuzione, utilizzo dello stesso fino alla gestione del fine vita come rifiuto.

La possibilità di recuperare materiali ed energia durante la fase di gestione dei rifiuti è, infatti, profondamente influenzata dalle scelte in fase di progettazione ed ideazione dei beni.

Un esempio significativo (Nature Mater.2004,3,287): la fabbricazione di un Pc richiede circa 1700 kg di materiale, di cui 240 kg di petrolio: fino all'80%

dell'energia consumata durante tutto il ciclo di vita del Pc è impiegata prima che questo sia acceso. Inoltre, sebbene un Pc contenga materiali preziosi e risorse secondarie, solo il 71% dei materiali è riciclato, determinando potenzialità di miglioramento nella fase di recupero per una chiusura effettiva dei cicli di materia ed energia.

Che cosa significa? Che quando noi abbiamo un prodotto dismesso dovremmo cercare di recuperare la stessa energia che è servita per produrlo e gli stessi materiali utilizzati per quel bene di consumo. Un Pc si può riciclare al 71% con il recupero di materiali preziosi, ebbene questo è il tipico esempio di un rifiuto come risorsa.

L'adozione delle BAT - migliori tecnologie

Fig. 1. riciclo componenti di un Pc

Per fabbricare un PC occorrono **1700 kg** di materiali vari, di cui **240 kg** di petrolio (energia).

Esso consuma **3/4 dell'energia** del suo ciclo di vita **prima ancora di essere acceso.**

(Nature Mater. 2004, 3, 287,)

<http://www.nature.com/nmat/journal/v3/n5/full/nmat1126.html>

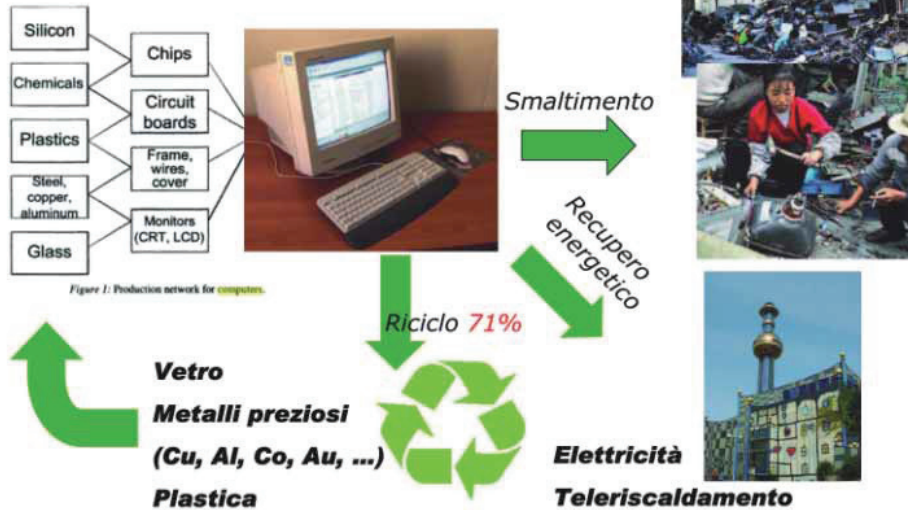
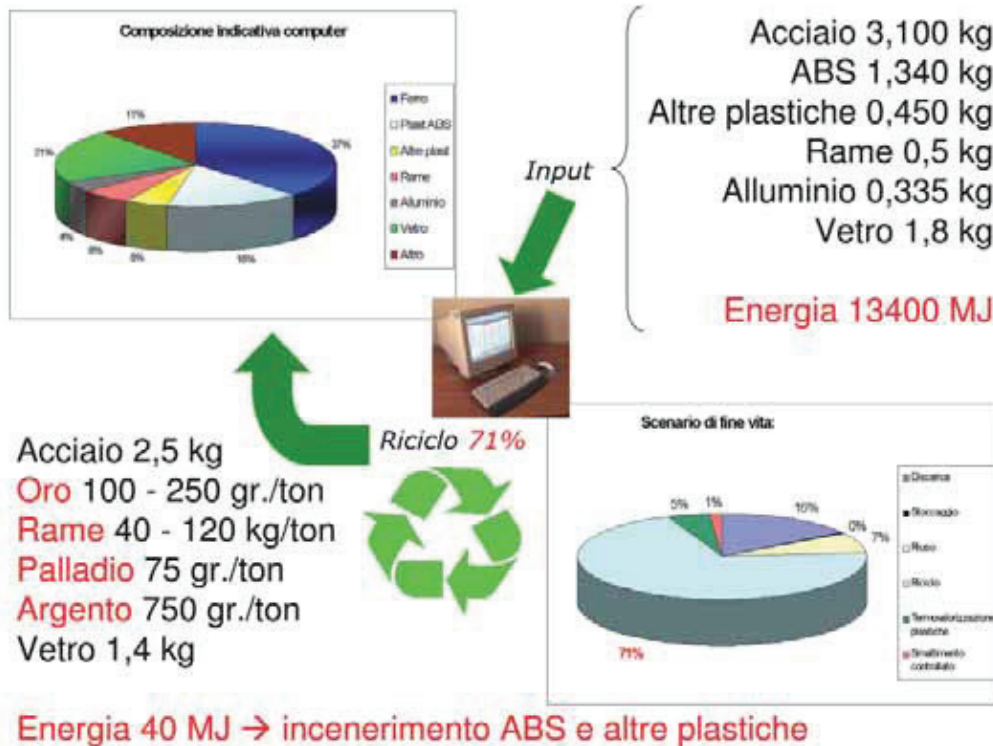


Fig. 2 Recupero materiali componenti di un Pc



disponibili, non è quindi sufficiente se non si intraprende un cambiamento radicale nel mercato e nei consumi, con riferimento a modelli virtuosi, che hanno nel binomio rifiuto-risorsa un punto di partenza fondamentale.

Nonostante una crescita volta alla sostenibilità ambientale sia proposta mediante diverse declinazioni e la stessa normativa europea indichi quale sia il percorso da intraprendere, ad un livello pratico si denota un ritardo nell'adozione di misure effettive ed efficaci.

Un esempio è rappresentato dalla gestione dei rifiuti urbani: la Direttiva 2008/98/CE propone una gerarchia di gestione dei rifiuti urbani esortando gli Stati Membri a preferire prevenzione e riciclo allo smaltimento in discarica.

La gerarchia è simbolicamente rappresentata come una piramide rovesciata in cui al primo posto è la prevenzione, quindi le attività di preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio di materia, recupero di altro tipo (energetico) ed infine il corretto smaltimento dei residui non più valorizzabili.

Va annotato che nella sequenza gerarchica non sono state citate espressamente voci come Incenerimento e Discarica il che significa che ad ogni fase va riconosciuto un recupero e

valorizzazione delle diverse merceologie dei rifiuti. Sebbene la gerarchia sia la strada da intraprendere verso una gestione virtuosa dei rifiuti e mirata al recupero di materia ed energia quanto più possibile, confrontando la gestione dei rifiuti urbani in Europa nel 2010 si evince come questa sia estremamente frammentata, andando dai paesi più virtuosi come Germania, Paesi Bassi e Austria, dove è sostanzialmente nullo il rifiuto indifferenziato smaltito direttamente in discarica a fronte di un incenerimento con recupero di energia al 30-40% ed il resto riciclaggio al 30-40% e 10-20% compostaggio, ai paesi in cui la discarica costituisce la prima ed unica forma di trattamento dei rifiuti urbani come Lettonia e Grecia, Bulgaria, Romania.

L'evoluzione storica evidenzia un lento progresso verso un sistema integrato di gestione dei rifiuti, che costituisce l'obiettivo più realizzabile di modello virtuoso per il trattamento dei rifiuti.

Un modello in cui i flussi delle varie tipologie dei rifiuti siano considerati in maniera organica e alla luce delle loro caratteristiche merceologiche e chimico-fisiche, i metodi e le tecnologie di raccolta, i trattamenti di riuso, riciclo e recupero, unitamente al controllo dei processi e dell'ambiente, siano integrati, orientati al mercato, flessibili e socialmente accettabili.

SIGR - Sistema integrato di gestione dei rifiuti

Considera i flussi delle varie tipologie dei rifiuti, le loro caratteristiche merceologiche e chimico-fisiche, i metodi e le tecnologie di raccolta, le tecnologie di trattamento e di recupero, il controllo dei processi e ambientale.

Realizzare benefici ambientali in un sistema pratico della gestione per ogni bacino specifico di utenza.

Sostenibilità Ambientali, Economica ed Accettabilità Sociale

Caratteristiche generali:

- approccio globale;
- utilizzo di vari sistemi di trattamento e smaltimento BAT;
- valorizzazione di tutti i materiali presenti nei flussi;
- sostenibilità ambientale;
- sostenibilità economica;
- accettabilità sociale.

Strumenti disponibili:

- leggi e regolamenti;
- procedure di caratterizzazione dei rifiuti;
- SIMA sistema integrato di monitoraggio ambientale;
- LCA / LCI, AR analisi di rischio, Ecodesign;
- casi studio di riferimento.

Fig. 3: Schema del SIGR

Gestire in modo integrato i rifiuti significa portare avanti un programma, che non si realizza in poco tempo, ma che richiede anche più di un decennio per realizzare un modello via via più sostenibile.

Tra gli esempi più citati come SIGR-Sistema Integrato Gestione Rifiuti in modo Sostenibile sono, ad oggi, le realtà di Manchester (Inghilterra), e Vienna (Austria). La municipalità di Manchester ha intrapreso un percorso verso un SIGR che ha tra gli obiettivi "Rifiuti Zero" smaltiti direttamente in discarica, una produzione di rifiuti pro capite di circa 400 kg per abitante entro il 2025 (a fronte dei 540 kg/ab attuali) nel rispetto dei target per riciclo e recupero richiesti dalla Comunità Europea.

Tale percorso si avvale di 21 centri di riciclo, 5 impianti di trattamento

meccanico-biologico, di cui 4 integranti un processo di digestione aerobica, 1 impianto di incenerimento con recupero di energia elettrica e termica e 1 discarica controllata. Nonostante l'obiettivo sia una società a rifiuti zero, la discarica è prevista per lo smaltimento del rifiuto residuo non utilizzabile diversamente.

Generalmente, i processi e le attività antropiche hanno, infatti, rifiuti che possono subire una serie di trattamenti, ma alla fine è necessario un deposito permanente per quella parte di residuo inutilizzabile che sia sicuro in termini ambientali e sanitari.

Il TMB-Trattamento Meccanico Biologico, ad esempio, è un processo che permette la separazione di frazioni diverse da sottoporre a successivi trattamenti di valorizzazione e non costituisce pertanto

Fig.4 Schema riassuntivo della gestione rifiuti nella città di Manchester.

Esempio 1: Manchester

Sistema Integrato di Gestione dei Rifiuti "Greater Manchester"

•Circa 2,2 M abitanti e 540 kg RSU/ab.

Obiettivi

- "Zero Waste"
- 400 kg/ab. RSU entro il 2025
- Raggiungimento Target EU per riciclo e recupero



SIGR

•n. 21 centri di riciclo

•n. 5 impianti TMB, di cui 4 (digestione aerobica)

•n. 1 impianto di incenerimento (85000 t RSU/a) con recupero di energia elettrica e termica (7,4 MWh generati di cui 6,6 MWh distribuiti a circa 5000 abitazioni)

•n. 1 discarica

Trattamento Meccanico-Biologico (TMB) e Digestione Anaerobica (AD)

Frazione	Materiali	Trattamento	Destino
Particolato fine	Organico	Aggiunta di acqua; Selezione granulometrica per rimuovere impurità	Digestione Anaerobica (AD)
Leggera	Plastiche non riciclabili; carta e cartone; tessili	Produzione di una frazione combustibile ad alto potere calorifico (HCV-SRF)	Recupero energetico
Metallica	Metalli ferromagnetici	Selezione	Riciclo
Residuo	Sabbie e pietre	Selezione	Recupero di materia come aggregato

un deposito permanente. Esempi delle frazioni ottenibili sono quella dei metalli, da inviare a riciclo, un concentrato leggero contenente plastiche non riciclabili, carta e cartone e tessili che può essere impiegato come combustibile per il recupero di energia, una parte più organica di particolato fine da sottoporre a digestione anaerobica e un residuo di sabbie e pietre che può trovare applicazione come materiale di recupero in aggregati cementizi. Va messo in rilievo, in questo contesto, che il TMB, non rappresenta di per sé un recupero, ma bensì un pre-trattamento che necessita successivamente varie altre tecnologie di separazione, trattamenti di valorizzazioni e riciclo. Nel caso di Vienna, invece, lo smaltimento in discarica avviene solo per

le ceneri in uscita dagli impianti di incenerimento, opportunamente trattate e inertizzate.

Il sistema integrato di gestione si avvale, infatti, di 19 centri di riciclo, più di 80 punti di raccolta per rifiuti pericolosi, 1 impianto di compostaggio e 1 di digestione anaerobica, 4 impianti di incenerimento con i quali la municipalità è in grado di soddisfare la gestione di circa 618 kg per abitante di rifiuti urbani. La città possiede un sistema di raccolta e distribuzione avanzato, che si avvale di più di 425.000 cassonetti e stazioni di raccolta, e di un sistema di trasporto dei rifiuti tra gli impianti ottimizzato, anche su rotaia, che permette una gestione dei flussi integrata e flessibile.

Esempio 2: Vienna

TMB "Rinterzell"

Nell'impianto TMB è conferito il RSU indifferenziato: 400'000 t/anno

Il Rinterzell integra:

- Linea di selezione plastiche
- Linea di selezione e recupero metalli da RSU e scorie di incenerimento
- Linea di selezione materia organica per compost (distribuito gratuitamente)
- Impianto AD con recupero di energia (per organico di bassa qualità)



•Gli output sono inviati al secondo stadio di trattamenti mediante trasporto su ruota e rotaia



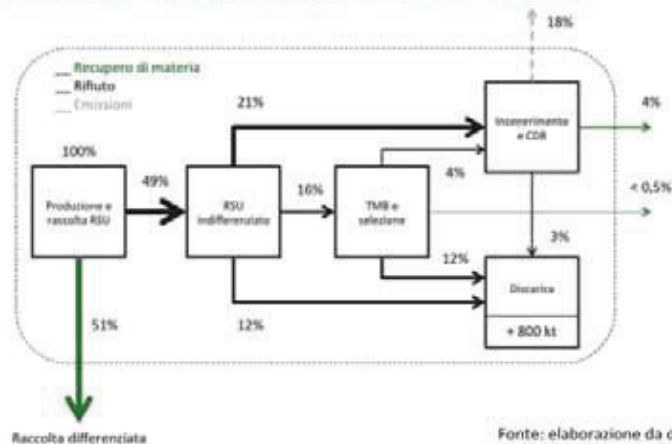
Fig.5: trattamento meccanico-biologico dei rifiuti a Vienna

Esempio 3: Emilia-Romagna

Sistema di Gestione dei RSU in regione

Circa 4,4 M abitanti e 698 kg RSU/ab.

- n. 10 impianti TMB
- n. 20 impianti di compostaggio
- n. 8 impianti di incenerimento con recupero di energia, di cui 1 dedicato a CDR
- n. 15 discariche non pericolosi
- n. 87 centri di valorizzazione rifiuti da imballaggio (per l'invio a consorzi di filiera)



Fonte: elaborazione da dati ARPA 2012

Fig. 6. Schema della gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna

Confrontando i due esempi citati con l'attuale situazione in Emilia Romagna emerge da una parte la capacità di trattamento della regione e dall'altra la possibilità di migliorarne efficienza e potenzialità di riciclo e recupero. L'Emilia Romagna possiede 10 impianti di TMB, 20 impianti di compostaggio, 8 impianti di incenerimento, 8 discariche. Sebbene il sistema ad oggi non presenta emergenze di sorta, l'analisi dei flussi evidenzia che il 25-30% del rifiuto indifferenziato finisce direttamente in discarica con conseguente perdita di materia ed energia.

Gli impianti TMB non sembrano sempre in grado di recuperare quantitativamente frazioni valorizzabili quali plastiche e metalli non ferrosi. Alcune criticità riguardano le sfere di pianificazione ed esecuzione come il rispetto del principio di prossimità di gestione dei rifiuti (un esempio significativo è, in questo senso, la gestione dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, per le quali una buona parte è esportata nonostante a capacità impiantistica regionale) e la mancanza di misure standardizzate nel

sistema di raccolta multi-materiale adottati dalle province con forti differenze che ricade sull'efficienza di gestione.

In questo senso, è interessante citare "italiadecide Rapporto 2012/2013 "Ciclo dei rifiuti: governare insieme ambiente, economia e territorio"- (il Mulino), in cui sono discusse le barriere da superare a livello nazionale per il raggiungimento di un sistema virtuoso per le tre finalità ritenute strategiche per il paese: ridurre il differenziale di efficienza verso i paesi paragonabili, orientare la domanda pubblica ad obiettivi di sviluppo, innovazione, formazione e ricerca, costruire nuove basi attraverso un'ipotesi di sviluppo sostenibile e socialmente accettabile. La politica dei rifiuti è al centro delle tematiche europee che avrebbero dovuto caratterizzare la fase di sviluppo dei paesi membri, tuttavia l'Italia si evidenzia in negativo per il fallimento ad oggi di una politica nazionale sui rifiuti adeguata. Un efficace modello per il paese "non può limitarsi alla sola raccolta differenziata senza un'adeguata

Esempio 3: Emilia-Romagna

Sistema Integrato

La capacità impiantistica attuale degli impianti TMB ed incenerimento è in grado di trattare l'intera produzione di RSU indifferenziato, tuttavia:

- Circa il 25-30% di RSU indifferenziato è smaltito direttamente in discarica
- Solo il 30% è avviato a impianti TMB e selezione
- Il recupero di materia in impianti TMB da avviare a riciclo (es. plastiche o metalli) è circa il 3% dell'input
- Metà delle ceneri pesanti da incenerimento è inviata a recupero fuori regione; l'altra metà è smaltita in discariche regionali
- Ogni anno, circa 800'000 tonnellate complessive di rifiuti e residui sono smaltiti in discarica

Fig. 7 Sistema integrato dei rifiuti in Emilia Romagna e sue criticità

pianificazione delle fasi a valle della raccolta e senza un'adeguata impostazione dei temi complessi e differenziati del riciclo e del recupero".

La transizione verso un modello sostenibile deve avvalersi di strumenti di supporto che ne consentano una piena realizzazione. L'Industrial Ecology (Jiménez-González, Constable, Green Chemistry and Engineering, Wiley, 2011), esprime un concetto di approccio umano all'esigenza di sostenibilità, senza compromettere il progresso economico, culturale e tecnologico. Il concetto richiede che un sistema industriale sia visto come un ecosistema naturale, in cui materia ed energia ritenute scarto per un organismo (o un'industria) divenga risorsa per un altro organismo (o un'altra industria).

È pertanto un campo di studi oggettivo, fondato sulle discipline scientifiche e tecnologiche e con l'obiettivo di ottimizzare l'impiego di risorse materiali, energetiche ed economiche. Tra gli strumenti inclusi vi sono: l'analisi dei flussi di materia, MFA (Material Flow Analysis), l'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment), una progettazione orientata all'ambiente (Design for Environment), attività di simbiosi industriale, misure di monitoraggio ambientale, politiche e normative specifiche. Questi strumenti devono essere intesi quale fondamento per la scelta delle tecnologie da applicare, o meglio per la valutazione delle migliori tecnologie disponibili. La Direttiva 96/61/CE definisce le BAT-Best Available Techniques, come: "la più efficiente e avanzata fase di sviluppo di attività e relative metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche

a costituire, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare o, a ridurre le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso".

Più in dettaglio, MFA, tra gli strumenti più innovativi in riferimento alla sostenibilità, è oggi applicata per la stima di flussi e riserve antropogenici all'interno di regioni e paesi con l'intento di individuarne potenzialità di recupero e riciclo, o di scongiurare accumuli pericolosi nel caso di sostanze inquinanti. Come risorsa, l'alluminio è, ad esempio, tra i metalli più impiegati nell'economia attuale e una quantificazione temporale e geografica di risorse secondarie è di importanza strategica per la scelta di misure a supporto dell'industria del riciclo.

La misura della ripartizione dei flussi di inquinanti, invece, necessita di un sistema integrato di monitoraggio ambientale, in cui cioè le ripercussioni associate all'emissione di specie chimiche pericolose siano considerate alla luce degli scambi di materia tra i diversi comparti ambientali, come atmosfera e suolo, (Ciacci, L., Chen, W., Passarini, F., Eckelman, M., Vassura, I., Morselli, L., Historical evolution of anthropogenic aluminum stocks and flows in Italy, Res Cons & Recyc (2013) 72:1-8).

L'analisi del ciclo di vita studia gli aspetti ambientali e gli impatti potenziali lungo tutta la vita del prodotto, processo o servizio, dall'estrazione delle materie prime, attraverso la produzione e l'uso, fino al destino finale. Tra le applicazioni sono l'analisi del profilo ambientale di un prodotto, l'individuazione di punti critici del sistema, il design di nuovi prodotti, il confronto tra opzioni alternative e l'impiego per dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD), che ne rendono uno

SIMA Sistema Integrato di Monitoraggio Ambientale di un inceneritore

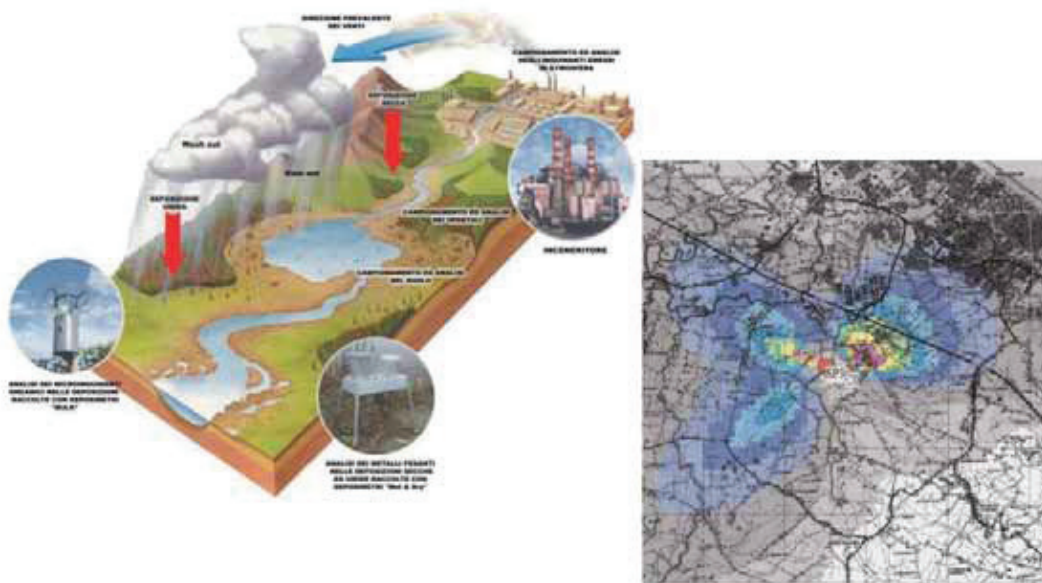


Fig.8 Studio del monitoraggio ambientale in presenza di un impianto di incenerimento dei rifiuti

strumento di supporto in fase politico decisionale e industriale. In uno studio precedente, sono stati confrontati mediante LCA tutti gli impianti di incenerimento dell'Emilia Romagna in termini di generazione di sostanze cancerogene, contributo al cambiamento climatico, sfruttamento di suolo o la riduzione del consumo di combustibili fossili grazie al recupero energetico dalla combustione dei rifiuti : L. Morselli, J. Luzi, C. De Robertis, I. Vassura, V. Carrillo, F. Passarini: Assessment and comparison of the environmental performances of a regional incinerator network, Waste Management 27 (2007) S85–S91.

In particolare, la possibilità di comparare prodotti e processi diversi esprime la potenzialità dell'analisi LCA nella scelta di quale sia la soluzione con minore impatto

ambientale, ad esempio tra inceneritore e discarica in termini di effetto per diverse categorie di impatto o di come siano mutati gli impatti ambientali in seguito ai miglioramenti tecnologici conseguiti.(L. Morselli, C. De Robertis, J. Luzi, F. Passarini, I. Vassura: Environmental impacts of waste incineration in a regional system (Emilia Romagna, Italy) evaluated from a life cycle perspective, Journal of Hazardous Materials 159 (2008) 505–511.). Quindi, la valutazione del rischio per la salute umana attraverso una procedura che mette in relazione l'emissione di sostanze pericolose con il percorso di esposizione ad un recettore, ad esempio attraverso l'inalazione o l'alimentazione. Per le potenziali problematiche connesse ai processi di combustione da incenerimento, l'analisi di rischio

preventivo può aiutare scelte impiantistiche prima dell'effettivo rilascio di sostanze nocive per l'ambiente e per tutto ciò che vi è in esso.

Per simbiosi industriale si intende, invece, il passaggio da un sistema industriale aperto, in cui le risorse passano attraverso il sistema per diventare rifiuti ad un sistema chiuso in cui i rifiuti diventano input per altri processi. Un esempio tipico è il sistema di Kalundborg in Danimarca, in cui le aziende collaborano per condividere le risorse e minimizzare la generazione di rifiuti attraverso un riuso dei sottoprodotti. Tra le politiche e le procedure normative, rientrano la politica integrata di prodotto, la dichiarazione ambientale, l'adozione di regole standard per le etichette di conformità ecologica, l'acquisto di prodotti verdi, la certificazione volontaria e simili.

Come affermato in precedenza, l'attenzione sui problemi ambientali non può e non deve limitarsi alla sola fase di gestione di un rifiuto, sebbene questa sia quella in cui le maggiori criticità siano affrontate. Proprio per adottare strategie finalizzate all'ambiente, al recupero e al riciclo di materiali ed energia, risulta quanto mai necessario il rispetto di principi ispiratori per una progettazione ecologica o ecodesign, che minimizzi la presenza di sostanze tossiche, il numero e la quantità di materiali impiegati, procedure ottimizzate di confezionamento, imballaggio e distribuzione, misure per un aumento dell'efficienza energetica e il disegno di un assemblaggio che faciliti le operazioni di recupero e riciclo dei componenti. In questo percorso l'adozione dei principi dell'Industrial Ecology, rappresenta un approccio con finalità a valutare e certificare la Sostenibilità del sistema adottato.

In conclusione, il passaggio verso una Cultura della Responsabilità, che corona in modo esemplare il percorso sin qui tracciato, già prevista nella nostra legislazione (Introduzione del nuovo Art. 178 bis al D.Lgs. n. 152/2006), richiede il connubio della sfera ambientale con quelle tecnica ed etica al fine di stimolare un ripensamento generale delle prassi di ordine sociale, giuridico, politico ed economico che eviti, o limiti al minimo, le implicazioni ambientali connesse all'attività umana nel rispetto della resilienza del pianeta per un uso sostenibile delle risorse.

Luciano Morselli

Ringrazio Luca Ciacci PhD in Chimica Industriale per la fattiva collaborazione.

Luciano Morselli: Professore Ordinario di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali presso l'Università di Bologna. E' esperto del Ministero dell'Ambiente a Roma (settore: gestione dei rifiuti). È stato membro della Commissione E.U. al D.G. XI (Priority waste streams) a Bruxelles e Berlino come esperto del Governo Italiano. Dal 1998 al 2000 è stato Presidente della Divisione di Chimica dell'Ambiente della Società Chimica Italiana. Dal 1997 sino ad oggi è Coordinatore del Comitato Scientifico ed Editore degli Atti di RICICLA/ECOMONDO, la più importante Fiera annuale Italiana su tecnologie ambientali, energia sostenibile, riciclo dei rifiuti e recupero energetico. Coordinatore del Progetto di Laboratorio a Rete LITCAR ("Laboratorio Integrato di Tecnologie e Controllo Ambientale nel Ciclo di Vita dei Rifiuti"), della Rete Alta Tecnologia, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, autore di circa 180 pubblicazioni nel settore.