

**La valutazione  
dell'impatto ambientale  
di prodotti e processi  
nell'interezza  
del loro ciclo di vita**

# **Life Cycle Assessment**

**di Antonio Scipioni,  
Monia Niero, Sara Toniolo  
e Alessandro Manzardo**

La metodologia Life Cycle Assessment (LCA), inizialmente sviluppatasi in ambito industriale per la valutazione dei potenziali impatti ambientali legati ai prodotti, è stata applicata nel corso degli anni anche all'analisi di servizi, di sistemi e processi sempre più complessi e articolati.

Partendo da una descrizione delle norme della serie ISO 14040, che rappresentano il riferimento a livello internazionale per la conduzione di studi LCA, vengono presentati due casi studio riguardanti rispettivamente un prodotto e un processo, a dimostrazione della versatilità della metodologia e delle potenzialità che la stessa offre come strumento a supporto delle decisioni, in ambito non solo industriale ma anche progettuale.

## La nascita e lo sviluppo della LCA

L'origine della metodologia *Life Cycle Assessment* (LCA), analisi del ciclo di vita, può essere fatta risalire agli inizi degli anni

Sessanta, con la pubblicazione di studi relativi ai carichi energetici associati ad alcune produzioni di tipo industriale. Nel decennio successivo la crisi petrolifera, insieme a vari studi di previsione degli effetti legati ad un rapido esaurimento dei combustibili fossili e degli inevitabili cambiamenti climatici, incoraggiò studi più dettagliati, principalmente focalizzati sull'ottimizzazione della gestione delle risorse energetiche.

Un punto di riferimento nello sviluppo della metodologia fu lo studio avviato nel 1969 da parte della Coca-Cola®, commissionato dall'EPA, l'*Environmental Protection Agency* (l'agenzia statunitense per la protezione ambientale) al *Midwest Research Institute*. L'obiettivo era quello di determinare il contenitore per bevande con le minori richieste in termini di materie prime ed energia e con le emissioni più contenute in ambiente. Con tale ricerca si è iniziato a parlare, soprattutto negli Stati Uniti, di "analisi del profilo ambientale e delle risorse", iniziando così a seguire la catena produttiva dall'estrazione delle materie prime utilizzate sino allo smaltimento, secondo l'approccio "from cradle to grave" (dalla culla alla tomba), quantificando l'uso delle risorse e il rilascio di inquinanti in ambiente lungo tutto il ciclo di vita del manufatto. Con l'obiettivo di sviluppare la metodologia e i criteri per la valutazione LCA, viene fondata nel 1979 la SETAC, *Society*

*for Environmental Toxicology and Chemistry*, un'organizzazione multidisciplinare di professionisti e rappresentanti del settore industriale, pubblico e scientifico. Negli anni Ottanta l'interesse crebbe ulteriormente, e gli studi di LCA divennero in questo modo sempre più trasparenti e disponibili al pubblico.

Il "lancio" a livello internazionale avvenne nel 1990, con una serie di conferenze sia negli Usa che in Europa. La necessità di una standardizzazione si rese ben presto evidente per svariati motivi, tra cui la situazione di confusione dettata dal gran numero di diverse metodologie e la scarsa uniformità delle valutazioni che portava spesso a risultati disomogenei e non confrontabili sugli stessi prodotti.

Nel giugno 1993, l'ISO, l'Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione, ha istituito il Comitato Tecnico 207 con lo scopo di sviluppare norme e regole internazionali per la gestione ambientale. Ne fanno parte sei sottocommissioni, la quinta è dedicata alla standardizzazione dell'LCA per evitare la presentazione di risultati parziali e per assicurare l'attendibilità dei dati. Le prime norme ISO, pubblicate nel 1997, sono state oggetto di successivi aggiornamenti, l'ultimo nel 2006. L'ISO 14040 "*Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*" e la 14044 "*Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*" rappresentano il frutto di questo complesso lavoro.

Tra le varie iniziative che si sono sviluppate negli ultimi anni a livello internazionale ed europeo per la diffusione della LCA merita particolare attenzione la Piattaforma Europea sulla Valutazione del Ciclo di Vita, istituita nel 2005, coordinata e supportata dall'*Institute for Environment and Sustainability* del *Joint Research Centre* (JRC) della Ce, in stretta collaborazione

con il Dipartimento generale *Ambiente* della Commissione. Grazie a questa iniziativa nel marzo 2010 è stato pubblicato l'*ILCD Handbook (International Reference Life Cycle Data System)*, che consiste in una serie di manuali che approfondiscono alcuni aspetti della metodologia LCA, facilitando l'applicazione delle suddette norme ISO.

Di seguito vengono elencati i principi, da considerare durante la pianificazione e conduzione di uno studio, secondo la norma ISO 14040:2006

1. Prospettiva del ciclo di vita: una LCA deve abbracciare l'intero ciclo di vita dei prodotti, evitando lo spostamento dei carichi ambientali da una fase all'altra del ciclo.
2. Attenzione focalizzata sull'ambiente: una LCA deve focalizzare l'attenzione sugli aspetti ambientali e sugli impatti associati al ciclo di vita di un prodotto.
3. Approccio relativo e unità funzionale: una LCA consiste in un approccio relativo strutturato su una unità funzionale.
4. Trasparenza: una LCA deve assicurare la corretta interpretazione dei risultati.
5. Completezza: una LCA deve considerare tutti gli aspetti dell'ambiente naturale, della salute umana e delle risorse.
6. Priorità dell'approccio scientifico: le assunzioni e le decisioni di una LCA devono basarsi su considerazioni scientifiche.

## LCA, ECONOMIA E SOCIETÀ

Accanto alla metodologia LCA, ne sono state sviluppate altre nel corso degli anni per implementare l'approccio olistico in relazione agli altri due pilastri della sostenibilità, ovvero la dimensione economica e sociale, pervenendo infine alla definizione della LCSA (*Life Cycle Sustainability Analysis*), risultante dalla somma di tre fattori di natura ambientale, economica e sociale:  $LCSA = LCA + E-LCC + SLCA$

Per *Environmental Life Cycle Costing (E-LCC)* s'intende una valutazione di tutti i costi associati al ciclo vitale del prodotto, coperti per esempio da fornitori, costruttori, consumatori, o da coloro che sono coinvolti nella gestione di fine-vita del prodotto. Recentemente è stato pubblicato il libro *Environmental life cycle costing: a code of practice. Society of Environmental Chemistry and Toxicology (2011)* edito dalla SETAC con lo scopo di fornire ai lettori una solida base per comprendere come applicare l'E-LCC parallelamente all'LCA, con il fine ultimo di creare il consenso per avviare il processo di standardizzazione che si affianchi alle norme della famiglia ISO 14040 per l'LCA.

Per *Social-LCA (S-LCA)* si intende la metodologia di valutazione degli impatti sociali positivi e negativi, generati da un prodotto nel suo intero ciclo di vita relativamente ai diversi soggetti coinvolti. Il suo scopo principale è, come si può desumere dalla definizione, quello di promuovere il miglioramento delle prestazioni socio-economiche del prodotto lungo il suo ciclo di vita.

Essendo una procedura ancora agli albori, la maggior parte degli autori concorda nell'affermare che sono ancora necessari sviluppi metodologici, che terranno occupati i ricercatori per molti anni a venire. Tuttavia, è importante riconoscere che esiste già un quadro di riferimento rappresentato dalla recente pubblicazione della *UNEP/SETAC Life Cycle Initiative "Guidelines for social life cycle assessment of products"* (2009).

## La Rete Italiana LCA

A livello italiano, a partire dal 2006, è presente la Rete Italiana LCA, promossa dall'ENEA, l'Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente, e dalle principali università italiane operanti nel settore: Bari, Chieti-Pescara, Padova, Palermo, Politecnico di Milano. Si vuole così favorire la diffusione dell'LCA attraverso la creazione di un network per lo scambio di informazioni, metodologie e buone pratiche, al fine di definire lo stato dell'arte e le prospettive della sua applicazione nel nostro Paese.

La Rete italiana LCA raccoglie tutti i soggetti interessati ed è organizzata in gruppi di lavoro a seconda dei settori tematici d'interesse:

- alimentare e agroindustriale;
- automotive ed elettrico/elettronico;
- edilizia e climatizzazione;
- energia e tecnologie sostenibili;
- gestione e trattamento dei rifiuti;
- legno arredo;
- prodotti e processi chimici;
- servizi turistici.

Con essi si intende sistematizzare e consolidare le conoscenze settoriali in modo da coordinare ed indirizzare i lavori di ricerca e applicazione, per meglio rispondere alle esigenze specifiche del contesto produttivo nazionale.

A partire dal novembre 2010 si è costituito un ulteriore gruppo di lavoro, il DIRE (*Development and Improvement of LCA methodology: Research and Exchange of experiences*), che ha la finalità di promuovere lo scambio e il confronto scientifico sullo sviluppo metodologico della LCA in Italia, coinvolgendo tutti coloro che vi lavorano a vario titolo.

## Fasi dell'applicazione dell'LCA

Uno studio di LCA vista la sua complessità viene solitamente eseguito con l'ausilio di software specifici (SimaPro, GaBi e altri) e si compone, secondo la norma 14040:2006, di quattro fasi:

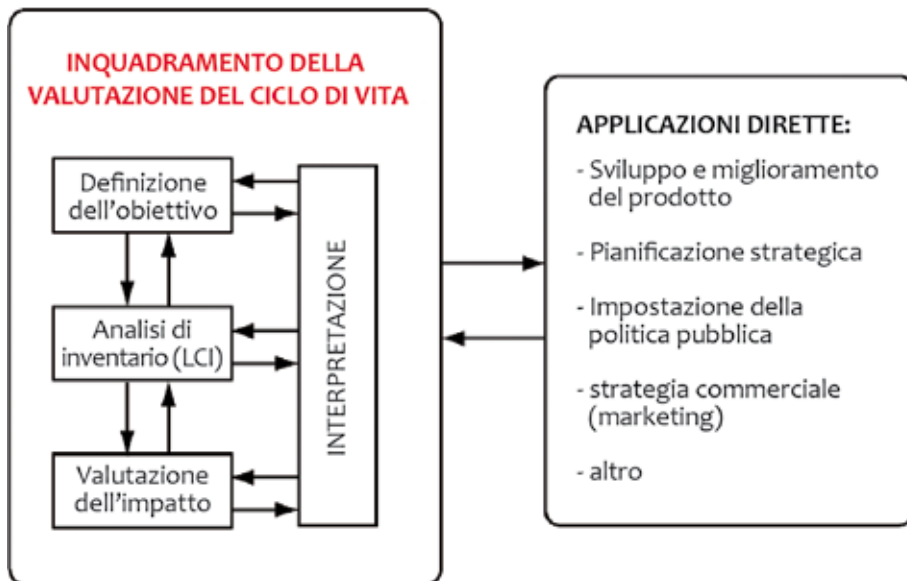
1. definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione,
2. analisi di inventario,
3. valutazione dell'impatto,
4. interpretazione del ciclo di vita.

Nella prima fase vengono scelti gli scopi e le finalità dello studio, da cui dipenderanno il risultato finale, il tempo impiegato e le risorse utilizzate.

L'obiettivo deve indicare senza ambiguità quali siano l'applicazione prevista, le motivazioni dello studio e il tipo di pubblico a cui è destinato. Inoltre, in questa prima fase è necessario stabilire il campo di applicazione, definendo il sistema di prodotto da studiare, che identifica un insieme di unità di processo, le quali svolgono uno o più ruoli e individuano il ciclo di vita del prodotto. È necessario quindi scegliere le variabili del sistema di prodotto, ovvero le caratteristiche prestazionali e l'unità funzionale che quantifica le funzioni e deve fornire un riferimento cui relazionare i flussi in ingresso e in uscita dal sistema.

Inoltre, vengono definiti i confini del sistema, i quali identificano le unità di processo; le procedure di allocazione che garantiscono la ripartizione dei flussi in ingresso e in uscita tra il sistema oggetto di studio e gli altri; le categorie di impatto, nonché i requisiti di qualità dei dati da utilizzarsi per l'analisi.

Segue poi l'analisi di inventario che consiste nella raccolta dei dati e comprende le procedure di calcolo per la quantificazione dei flussi in ingresso e in uscita dai confini del sistema. Durante questa fase si produce una lista che contiene le quantità di sostanze consumate e rilasciate nell'ambiente e quelle della materia e dell'energia utilizzate. Ciò viene realizzato attraverso diversi stadi: la definizione del diagramma di processo, lo sviluppo di un piano di raccolta dei dati e la raccolta dei dati stessa. Il primo consiste nello schematizzare le unità di processo e i flussi in ingresso ed in uscita, in modo da ottenere una visione completa del ciclo di vita del prodotto, dei consumi e dei rilasci nell'ambiente associati. Lo sviluppo del piano di raccolta dei dati serve ad assicurare che le caratteristiche di questi ultimi incontrino le aspettative dei decisori. Essi devono rispettare alcuni requisiti di qualità, essere sito-specifici, coprire un definito arco temporale e fare riferimento alla tecnologia richiesta dallo studio. È necessario inoltre definire le fonti, tra cui si possono annoverare: dati di attività, database, risultati di laboratorio, documenti governativi, riviste specializzate, ricerche scientifiche, libri referenziati. Va definito poi il metodo di raccolta dei dati che può consistere in misurazioni, campionamenti o modellazioni al computer. Si possono anche usare questionari, ricerche, visite in azienda, contatti diretti con esperti. In alternativa, si può far riferimento ai database



contenuti nei software utilizzati per l'applicazione della LCA.

Il passo successivo, cioè la valutazione dell'impatto, consiste nella valutazione dei danni potenziali sulla salute umana e sull'ambiente associati ai consumi di risorse e energia e ai rilasci documentati nello stadio di analisi dell'inventario. L'obiettivo principale è quello di trovare una correlazione tra il sistema di prodotto e l'impatto sull'ambiente.

Secondo le norme della serie ISO 14040, i fattori da considerare in questa fase sono: selezione e definizione delle categorie di impatto, classificazione, caratterizzazione (fasi obbligatorie), normalizzazione, aggregazione, ponderazione (fasi opzionali). La classificazione consiste nell'assegnazione dei risultati dell'inventario alle categorie di impatto, mentre la caratterizzazione consiste nel combinare e convertire i risultati dell'inventario in indicatori applicando dei fattori di conversione su base scientifica. La normalizzazione è uno strumento usato per esprimere gli indicatori di impatto in modo che possano essere confrontati tra le diverse classi, l'aggregazione assegna le categorie di impatto a particolari aree di interesse, mentre la ponderazione aiuta ad assegnare i pesi o i valori ad esse relativi in base a principi di importanza e rilevanza. Esempi di categorie di impatto, comunemente utilizzate, sono: cambiamento climatico, riduzione dello strato di ozono, acidificazione, eutrofizzazione, smog fotochimico, tossicità del suolo, tossicità dell'acqua, salute umana, perdita di risorse, utilizzo del suolo, utilizzo dell'acqua.

L'ultima fase, l'interpretazione del ciclo di vita, è realizzata attraverso una meto-

*Le quattro fasi principali e le principali applicazioni dirette dell'LCA secondo la norma ISO 14040:2006.*

dologia sistematica volta a identificare, quantificare, controllare e valutare le informazioni e i risultati relativi all'analisi di inventario e alla valutazione degli impatti. Si verifica che i risultati siano coerenti con lo scopo ed il campo di applicazione attraverso tre tipologie di controlli - analisi di completezza, analisi di sensibilità e analisi di consistenza - al fine ultimo di trarre conclusioni e raccomandazioni.

## *Due casi studio*

La metodologia LCA si può porre a diversi livelli di intervento nelle scelte di un'organizzazione: nell'attività di sviluppo e miglioramento del prodotto, spesso ai fini del confronto tra due o più alternative, o nella pianificazione strategica, come nel caso di cambiamenti globali all'interno dell'impresa, nuove linee o metodi di produzione e politiche di gestione. Sebbene tale metodologia si sia inizialmente sviluppata in ambito industriale, occorre sottolineare come nel corso degli anni sia aumentata la complessità delle applicazioni e degli oggetti degli studi: si è passati dall'analisi dei prodotti, all'analisi dei servizi prima e processi poi.

A dimostrazione della versatilità della metodologia, si presentano di seguito due casi studio: una LCA comparativa su prodotti alternativi per il packaging alimentare e una applicata alla valutazione degli impatti ambientali del processo di incenerimento del termovalorizzatore di Padova, gestito dalla società multi servizi Acegas-Aps.

### *Applicazione della metodologia LCA al confronto fra due imballaggi per il contenimento del latte*

Molti sono gli studi a livello internazionale che si occupano di LCA applicata al settore degli imballaggi: tra di essi troviamo esempi di valutazione degli impatti associati ai vasetti di omogeneizzati, contenitori per uova e yogurt. Quella qui descritta riguarda due confezionamenti alternativi per latte a lunga conservazione: il primo in materiale poliaccoppiato - realizzato con strati di carta, alluminio, polietilene, inchiostro - e il secondo in HDPE, *High-Density PolyEthylene*. L'applicazione della metodologia è stata sviluppata seguendo i requisiti previsti dalle norme della serie ISO 14040 e secondo le quattro fasi già descritte. L'obiettivo dello studio consiste nel confronto in termini di potenziali impatti am-

bientali tra due contenitori, allo scopo di individuare quale presenti le migliori performance ambientali, in un'ottica di utilizzo da parte dei consumatori finali.

L'unità funzionale dello studio di LCA comparativo corrisponde ad un contenitore per latte con capacità di un litro, è a questo valore che sono stati riferiti tutti i dati e tutte le informazioni e che costituisce la base per il confronto.

I confini del sistema comprendono l'estrazione e la lavorazione delle materie prime e secondarie, il trasporto, la produzione del contenitore, le fasi di riempimento e confezionamento, la distribuzione e il trattamento dei rifiuti e degli scarti, nonché la gestione del fine vita post-consumo (smaltimento in discarica, riciclo o incenerimento).

Nella fase di analisi di inventario si sono raccolti dati relativi alle materie prime del contenitore in poliaccoppiato (carta, alluminio, polietilene, inchiostro) e della bottiglia in HDPE (polietilene, *black carbon*, biossido di titanio) e dati relativi alle materie secondarie (anime in cartone, film termoretraibili, interfalde, tappi, etichette, sigilli). Si sono poi raccolti dati riguardanti i trasporti - quali la distanza percorsa e la tipologia e capacità di carico del mezzo - e tutti i dati relativi a consumi ed emissioni delle fasi di produzione dei contenitori, riempimento e confezionamento. Inoltre è stato delineato e identificato lo scenario di fine vita, ossia la quantità di materiale che viene riciclato, inviato a trattamento termico o smaltito in discarica.

Generalmente non è possibile includere proprio tutte le unità di processo coinvolte nel ciclo di vita di un prodotto, a causa della mancanza di informazioni o della scarsa attendibilità delle fonti; anche in questo caso è stato necessario escludere alcuni stadi di processo dai confini dell'analisi, tra cui il trasporto del prodotto finito ai consumatori fi-



nali. Inoltre sono state escluse le unità di processo associate alla pastorizzazione del latte, ma in questo caso la motivazione risiede nel fatto che i carichi ambientali ed energetici sono definiti a priori come comparabili ai fini del confronto dell'analisi del ciclo di vita dei due prodotti.

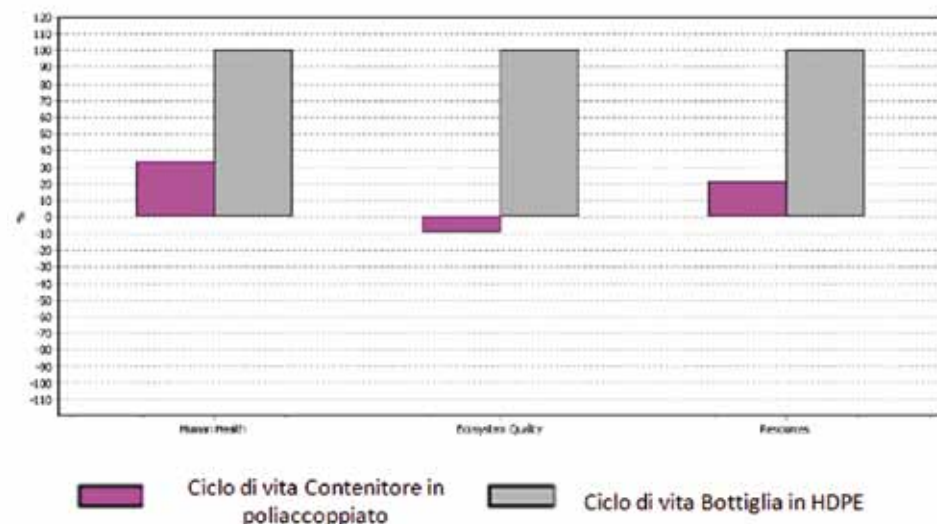
Il metodo di valutazione degli impatti scelto per la fase di valutazione degli impatti è il metodo EcoIndicator 99 che parte da undici categorie d'impatto e le raggruppa in tre classi di danno:

- Salute umana (Human Health): danno espresso come Disability Adjusted Life Years [DALY], parametro che esprime la diminuzione nelle aspettative di vita a causa di morte prematura o di disabilità permanenti o temporanee;
- Qualità dell'ecosistema (Ecosystem Quality): danno espresso come Potentially Disappeared Fraction [PDF] ovvero la percentuale di specie a rischio di estinzione o estinte per una determinata area in un intervallo di tempo (solitamente misurata come PDF per metro quadro per anno);
- Sfruttamento delle risorse (Resources): espresso in termini di surplus energetico in megajoule [MJ surplus, dove  $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$ ] richiesto per l'estrazione futura delle risorse consumate.

L'applicazione comparativa dell'LCA ha consentito di identificare il contenitore in poliaccoppiato come il miglior packaging per il latte dal punto di vista ambientale, per tutte e tre le categorie di danno analizzate. Confrontando i risultati ottenuti dalla valutazione di danno, presentati nella figura a lato, emerge che l'imballaggio in poliaccoppiato presenta valori inferiori per tutte e tre le categorie. Gli impatti sulla salute umana sono legati soprattutto alle materie prime e alla gestione del fine vita, mentre quelli connessi allo sfruttamento delle risorse derivano principalmente dal consumo di combustibili fossili. Quelli relativi alla qualità dell'ecosistema, sono attribuibili soprattutto all'utilizzo del suolo, per il contenitore in poliaccoppiato essi presentano valori negativi o, come si dice in gergo tecnico, sono "impatti evitati".

**Applicazione della metodologia LCA all'impianto di termovalorizzazione di San Lazzaro (Padova)**

La politica europea in materia di gestione dei rifiuti pone il Life Cycle Thinking (Direttiva 2008/98/CE) come approccio alla base della gestione integrata dei rifiuti, superando le logiche precedenti, in cui l'at-



tenzione era rivolta a singole fasi del ciclo di vita del rifiuto e della sua gestione.

La metodologia LCA è infatti in grado di guidare la valutazione di diversi scenari di trattamento dei rifiuti, evidenziando le criticità e le performance ambientali di soluzioni alternative come lo smaltimento in discarica, il compostaggio e la termovalorizzazione, in un'ottica di ciclo di vita. Gli studi di LCA possono essere applicati alla gestione dei rifiuti anche per valutare in modo puntuale l'eco-sostenibilità di singoli processi di trattamento, sia in termini assoluti sia mettendo a confronto diverse soluzioni impiantistiche, al fine di conoscere la performance di installazioni esistenti o fare previsioni per quelle in fase di progettazione.

L'applicazione della metodologia è stata sviluppata seguendo i requisiti previsti dalle norme della serie ISO 14040; l'obiettivo dello studio LCA consisteva nella valutazione dei potenziali impatti ambientali associati al processo di smaltimento dei rifiuti mediante incenerimento con recupero energetico, attraverso il confronto delle prestazioni ambientali associate alle due linee che erano in esercizio al momento della conduzione dello studio, con la proposta di processo da utilizzarsi per la terza linea, in fase di realizzazione. In quest'ultimo caso è stato confrontato il sistema di incenerimento a umido inizialmente previsto dal progetto di ampliamento dell'impianto, con quello a secco che è stato poi effettivamente realizzato.

In relazione alla definizione del campo di applicazione, la funzione del sistema consiste nello smaltimento dei rifiuti, pertanto l'unità funzionale scelta è lo smaltimento di una tonnellata di rifiuto in ingresso all'impianto, in riferimento all'anno 2006 per le due linee esistenti e sulla previsione della capacità di smaltimento annua per la terza in progettazione.

I confini del sistema vanno dal conferimen-

*Valutazione degli impatti per i due contenitori per il latte, poliaccoppiato e HDPE.*

to dei rifiuti nell'impianto di incenerimento sino alla valutazione delle emissioni dovute ai fumi di combustione che raggiungono i vari comparti ambientali: atmosfera, acqua e suolo. Non sono state prese in considerazione le ripercussioni a livello ambientale associate alla raccolta dei rifiuti nei diversi Comuni e al loro trasporto all'impianto da parte dei mezzi preposti. Sono stati invece inclusi tutti gli impatti, compreso il trasporto e lo smaltimento dei residui del processo di incenerimento (scorie e ceneri), il consumo di risorse per il funzionamento dell'impianto, l'utilizzo di macchinari e delle apparecchiature elettromeccaniche, la produzione di energia elettrica derivante dallo sfruttamento del calore dei gas in uscita dal forno all'interno della caldaia.

In riferimento alla fase di analisi di inventario, i dati e le informazioni per la corretta implementazione della metodologia LCA sono stati ricavati direttamente all'interno dell'impianto di incenerimento, grazie all'analisi di documenti forniti dall'azienda e al confronto con i tecnici della stessa, integrando le informazioni mancanti con dati reperibili in letteratura e riferiti ad impianti con tecnologia similare.

L'analisi di inventario ha riguardato la raccolta di dati per ciascuna delle tre linee, di cui si riassumono brevemente le caratteristiche essenziali:

- linea 1, con sistema di abbattimento degli NO<sub>x</sub> non catalitico (SNCR) ad iniezione di urea, scrubber per l'abbattimento a secco dei gas acidi mediante iniezione di bicarbonato di sodio e carboni attivi, filtro a maniche per la captazione dei composti polverosi, torre di lavaggio a doppio stadio (uno

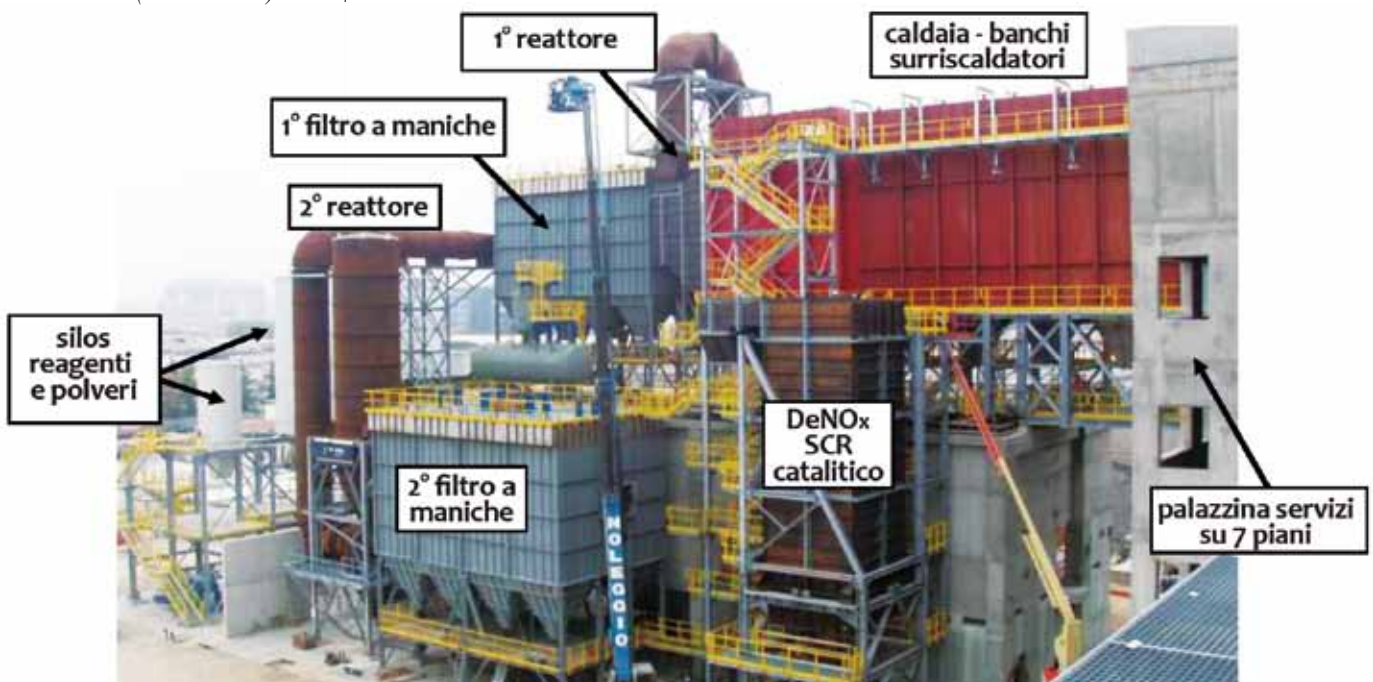
inferiore acido e uno superiore basico) per la riduzione dei gas acidi residui e dei metalli pesanti;

- linea 2, sistema di abbattimento degli NO<sub>x</sub> non catalitico SNCR (*Selective Non-Catalytic Reduction*) a iniezione di urea, depolverizzazione (elettrofiltro), torre di raffreddamento, scrubber con abbattimento a secco dei gas acidi con reattore Venturi, filtro a maniche;
- linea 3, filiera di depurazione dei fumi "a secco", comprendente un reattore in linea con iniezione di idrossido di calcio e filtro a maniche; reattore Venturi con iniezione di bicarbonato di sodio e filtro a maniche, sistema di preriscaldamento dei fumi mediante scambiatore fumi-vapore, sistema deNO<sub>x</sub> catalitico SCR (*Selective Catalytic Reduction*), sistema di recupero energetico finale con scambiatore fumi-condense.

Una volta completata l'analisi di inventario, la valutazione degli impatti con il metodo Ecoindicator 99 ha permesso di tradurre i dati raccolti in potenziali impatti ambientali e trarre le conclusioni in accordo con gli obiettivi e il campo di applicazione dello studio, secondo quanto previsto dalla fase di interpretazione dei risultati.

La prima parte dello studio di LCA ha interessato il confronto tra le due linee dell'impianto in esercizio (linea 1 e linea 2), consentendo di concludere che le performance ambientali associate alle due linee in esercizio sono del tutto paragonabili. Infatti, sebbene la linea 2 sia caratterizzata da una maggiore potenzialità - e, quindi, da una conseguente maggiore produzione di

Foto della linea 3 del termovalorizzatore di Padova in fase di costruzione (Ottobre 2008).



residui di processo e di fumi - allo stesso tempo è dotata di tecnologie più moderne e di accorgimenti in grado di limitarne gli impatti ambientali.

Dall'analisi delle due linee in esercizio (1 e 2) è emerso come per la categoria di danno "Salute umana" i vantaggi derivanti dalla produzione di energia elettrica dall'incenerimento dei rifiuti non sono sufficienti a compensare il danno derivante dalle emissioni di fumi dal camino, mentre per le categorie "Qualità dell'ecosistema" e "Risorse", la produzione di energia elettrica derivante dallo sfruttamento del calore contenuto nei fumi di combustione evita di produrre la medesima quantità di energia sfruttando il mix energetico italiano, determinando nel complesso un vantaggio dal punto di vista ambientale (impatto evitato). La seconda fase dello studio di LCA all'impianto di incenerimento di Acegas-Aps Padova ha voluto mettere a confronto il sistema di incenerimento a secco realizzato nella linea 3 con il sistema di incenerimento ad umido inizialmente previsto dal progetto di ampliamento.

Dall'analisi dei risultati è emerso come il sistema di trattamento fumi a secco sia in grado di garantire una serie di vantaggi tra i quali:

- I. il notevole miglioramento delle emissioni di ossidi di azoto, grazie alla sostituzione del sistema DeNO<sub>x</sub> SNCR ad iniezione di urea con il sistema SCR alimentato con ammoniaca;
- II. la riduzione delle emissioni di polveri, ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), anidride carbonica e ammoniaca a causa della maggiore efficienza di abbattimento;
- III. la riduzione dei consumi di acqua e della quantità di reflui da trattare, a cui segue una diminuzione nella produzione di fanghi nel depuratore.

Traducendo tali considerazioni in termini di categorie di danno, si è visto come il sistema a secco, utilizzato per realizzare la terza linea dell'impianto entrata in funzione il 28 maggio 2010, consente di avere minori impatti ambientali per la categoria "Salute umana" e maggiori impatti evitati per le categorie "Qualità dell'ecosistema" e "Risorse".

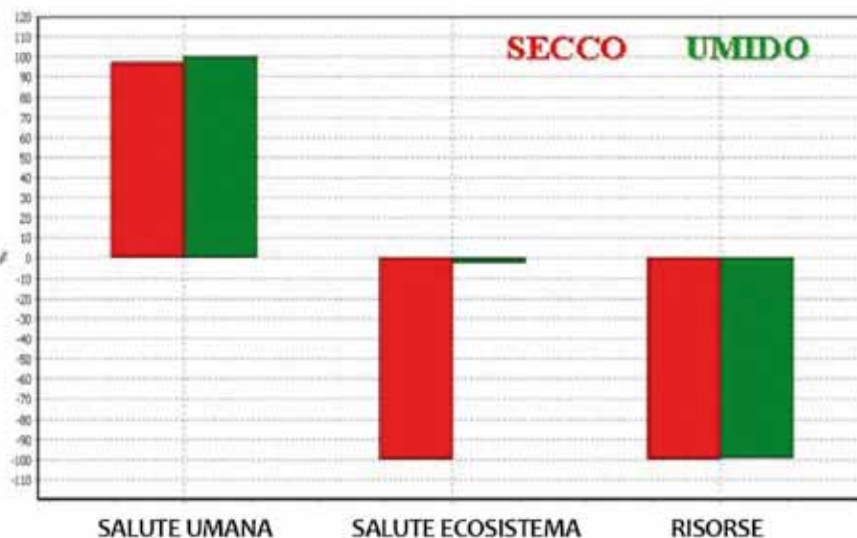
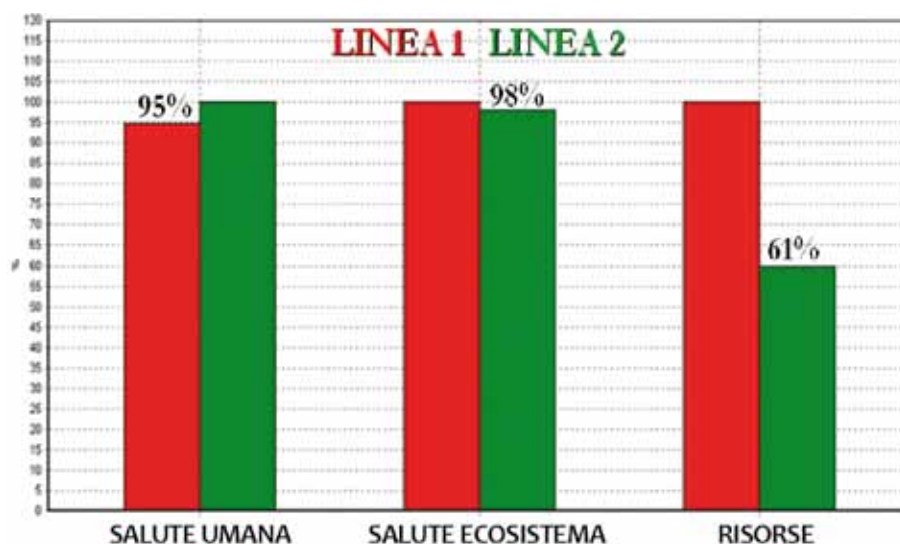
### *In conclusione*

In questo articolo è stata presentata la metodologia *Life Cycle Assessment*, descrivendo la sua evoluzione storica, a partire dalle prime applicazioni della fine degli anni Sessanta. A seguito della standardizzazione da parte dell'ISO, cominciata poco

più di vent'anni dopo, sono nate nel tempo diverse iniziative a livello internazionale, europeo (per esempio la Piattaforma Europea sulla Valutazione del Ciclo di Vita) e nazionale (Rete Italiana LCA).

L'approccio del ciclo di vita può essere efficacemente applicato anche agli aspetti sociali ed economici, tuttavia se questa pratica risulta già ben definita in ambito ambientale, grazie alle norme della serie ISO 14040, negli altri due ambiti si è ancora in una fase preliminare; il fine ultimo della comunità scientifica è quello di arrivare a standardizzare il cosiddetto "Life Cycle Sustainability Assessment" che permetterà di valutare la sostenibilità globale di un processo o di un prodotto.

*Valutazione degli impatti per le linee 1 e 2 dell'inceneritore San Lazzaro di Padova.*



**Antonio Scipioni, Monia Niero, Sara Toniolo e Alessandro Manzardo**  
 Dipartimento Processi Chimici  
 dell'Ingegneria  
 CESQA - Centro Studi Qualità Ambiente  
 Università di Padova

*Valutazione degli impatti per le due diverse soluzioni progettuali per la terza linea dell'inceneritore di Padova.*