

■ Fabio Iraldo, Adriana Del Borghi, Andrea Favilli

F. Iraldo, A. Del Borghi, A. Favilli - Cesisp, Centro per lo Sviluppo della Sostenibilità dei Prodotti - Università degli Studi di Genova.

CICLO



L'ANALISI DEL CICLO DI VITA VALORIZZA IL CONTRIBUTO CHE LE ENERGIE RINNOVABILI POSSONO OFFRIRE AD UNO SVILUPPO INDUSTRIALE PIÙ CONSAPEVOLE. VI SONO PERÒ LIMITI DI NATURA METODOLOGICA E DI NATURA OPERATIVA, FRENANO LA DIFFUSIONE DELLA LCA COME STRUMENTO DI SUPPORTO ALLE DECISIONI. UN SALTO DI QUALITÀ POTREBBE ESSERE LO SVILUPPO DI BANCHE DATI IN GRADO DI RENDERE FACILMENTE FRUIBILI I RISULTATI DELLE LCA.

DI VITA & rinnovabili



In Italia meno del 6% dell'energia elettrica prodotta deriva da fonti energetiche rinnovabili, quali la geotermia, l'energia solare ed eolica, i biocombustibili e la valorizzazione energetica dei rifiuti. È opinione comune che questa percentuale vada notevolmente aumentata, ma è necessario altresì comprendere le implicazioni ambientali e socio-economiche dei nuovi scenari di sviluppo. Allo scopo di indirizzare i futuri investimenti verso una produzione di energia sostenibile, deve essere valutato l'impatto dell'intera filiera dell'energia ("dalla culla alla tomba"), includendo nell'analisi anche i processi non solitamente contemplati nelle valutazioni di investimento e nelle procedure autorizzative (quali ad esempio la Via). La produzione di energia da fonti rinnovabili, infatti, è caratterizzata da impatti ambientali che spesso si generano lontano dall'impianto di produzione. Una tecnica per quantificare tali impatti è la valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment - Lca) regolata dalle norme Iso 14040-14043. La spinta verso l'adozione di un approccio che consideri l'intero ciclo di vita, e non più soltanto la fase produttiva come rilevante per la valutazione degli impatti

ambientali, deriva in modo preponderante dall'azione normativa della Commissione Europea. Questo approccio è innanzitutto esplicitato nel Libro Verde sulla Integrated Product Policy (Ipp), finalizzato ad armonizzare l'azione dei diversi strumenti di politica ambientale orientati al prodotto già esistenti. Lo stesso approccio è stato successivamente recepito ed enfatizzato nell'ambito della più ampia strategia europea EU Sds ("European Sustainable Development Strategy"), fino a costituire un asse portante del "Sustainable Consumption and Production Action Plan (Scp)", recentemente adottato dalla Commissione al fine di individuare e attuare iniziative concrete per lo sviluppo di una produzione e un consumo sostenibili, e degli strumenti che ne compongono il quadro attuativo (Emas, Ecolabel, Gpp, Direttiva EuP ecc.).

In estrema sintesi, l'Lca è una tecnica per valutare gli aspetti e i connessi potenziali impatti ambientali associati ad un prodotto o ad un servizio, mediante:

- la compilazione di un inventario di ciò che di rilevante entra ed esce da un sistema di prodotto (flussi di materia - in forma solida, liquida e gassosa - e di energia);

- la valutazione dei potenziali impatti ambientali associati a ciò che entra ed a ciò che esce;
- l'interpretazione dei risultati riguardanti le fasi di analisi dell'inventario e di stima degli impatti in relazione agli obiettivi dello studio.

Energia, in particolare

Quello energetico rappresenta uno dei settori principali in cui la Lca ha trovato ampia diffusione, permettendo di valutare i carichi ambientali associati ad un mix energetico, ad una certa fonte, ad un certo impianto o ad uno specifico combustibile o tecnologia. Dati e indicatori derivati da uno studio Lca sono, ad esempio, alla base delle analisi di scenario e dei sistemi di supporto alle decisioni per il sistema elettrico nazionale. La Lca è utilizzata inoltre come efficace supporto alla comunicazione ambientale (uno studio di Lca è alla base di Iso environmental label di tipo III quali Epd - Environmental Product Declaration, e di tipo I, quali l'Ecolabel europeo). Particolarmente interessante risulta l'effettuazione di studi Lca comparativi, capaci di rilevare le migliori soluzioni dal punto di vista ambientale in un determinato contesto (aziendale, di filiera, settoriale o territoriale). Importante per la comparazione è l'individuazione di una metodologia standardizzata, che permetta di compiere studi paragonabili grazie all'identificazione di una stessa unità di misura (unità funzionale) e delle stesse assunzioni (confini del sistema). In questo contesto, un valido supporto scientifico alla definizione di regole comuni che garantiscano la confrontabilità di studi Lca applicati allo stesso gruppo di prodotti è fornito dai cosiddetti Pcr (Product Category Rules) definiti all'interno dell'International Epd System. Nel settore della produzione di elettricità, il riferimento è rappresentato dal Pcr 2007:08 "Electricity, Steam, and Hot and Cold Water Generation and Distribution".

Lca nella produzione di energia

Al fine di descrivere le specificità metodologiche e operative legate all'applicazione della Lca nel settore energetico, consideriamo i punti chiave della sua applicazione, a partire dalla scelta dell'unità funzionale che rappresenta la quantità a cui i risultati di uno studio di Lca vengono riferiti. In base al Pcr 2007:08, l'unità funzionale è rappresentata da 1kWh di elettricità generata - al netto dell'autoconsumo dell'impianto - e successivamente distribuita. Altra fase essenziale di una Lca è la definizione dei confini del sistema indagato, che consiste nel selezionare quali processi/operazioni (per esempio, produzione di materiali, trasporto,

Fonti	Media (g CO ₂ eq/kWh)	Min (g CO ₂ eq/kWh)	Max (g CO ₂ eq/kWh)
Fotovoltaico	90	15	560
Eolico	25	7	130
Idroelettrico	41	1	200
Geotermico	170	150	1.000
Carbone	1.004	980	1.200
Gas naturale	543	510	760

Tabella 1 -Potenziale di riscaldamento globale di alcune fonti energetiche.



produzione di energia ecc.) e flussi (emissioni, rifiuti ecc.) devono essere tenuti in considerazione nell'analisi. I processi da tenere in considerazione sono:

- estrazione e raffinazione del combustibile;
- costruzione dell'impianto e sostituzione di apparecchiature;
- fase operativa e manutenzione dell'impianto;
- trasmissione dell'elettricità all'utente finale;
- dismissione dell'impianto (e smaltimento/riciclaggio dei materiali).

I confini del sistema sono rappresentati in Figura.

Una volta definite le regole dello studio, avviene la raccolta dati che costituisce il "cuore" di una Lca. A causa della gran mole di dati, per l'elaborazione degli stessi si ricorre spesso a strumenti di tipo informatico. Le informazioni ottenute costituiscono la base

di partenza per le valutazioni di tipo ambientale cui è dedicata la fase di "valutazione di impatto". Questa ha lo scopo di quantificare le modificazioni ambientali che si generano a seguito delle emissioni e del consumo di risorse provocati durante l'intero ciclo di vita di un impianto. Le categorie di impatto significative per la caratterizzazione di un kWh elettrico sono le seguenti:

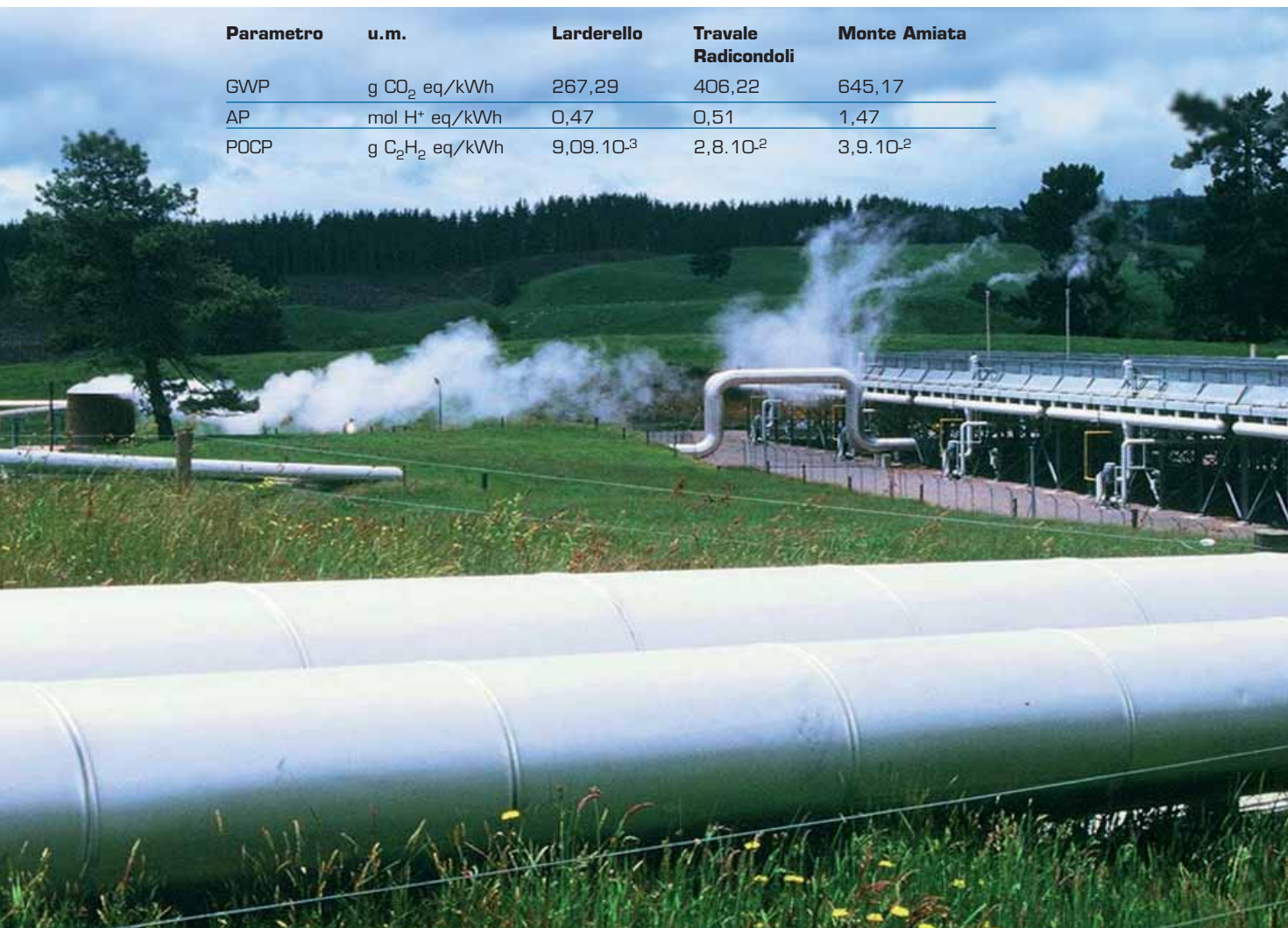
- riscaldamento globale (Gwp, Global Warming Potential);
- acidificazione (AP, Acidification Potential);
- danno alla fascia di ozono (Odp, Ozone Depletion Potential);
- eutrofizzazione (EP, Eutrophication Potential);
- smog fotochimico (Pocp, Photochemical Ozone Creation Potential);
- risorse energetiche e materie prime utilizzate;
- produzione di rifiuti.

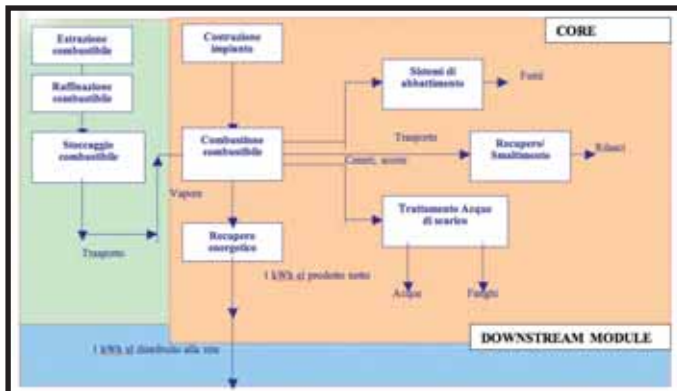
Fra questi parametri, l'emissione di gas serra è sicuramente un parametro chiave per la definizione della sostenibilità delle fonti energetiche. L'analisi tradizionale è incentrata sulla quantità di CO₂ emessa dalle centrali, ma per alcune fonti rinnovabili, quali il solare e l'eolico, le emissioni principali si verificano distante dall'impianto, nella fase di costruzione e/o di smaltimento dei materiali dell'impianto stesso. Nella Tabella 1 sono mostrati i range di variabilità e la media delle emissioni di gas serra (misurate in grammi di CO₂ equivalente) durante l'intero ciclo di vita di alcune fonti energetiche, sia fossili sia rinnovabili.

Come si può notare dai dati riportati, le emissioni delle fonti rinnovabili presentano un range di variabilità notevole per ogni tecnologia: in particolare per le rinnovabili, i risultati di ogni singolo

Tabella 2 – Principali impatti ambientali dei principali campi geotermici italiani.

Parametro	u.m.	Larderello	Travale Radicondoli	Monte Amiata
GWP	g CO ₂ eq/kWh	267,29	406,22	645,17
AP	mol H ⁺ eq/kWh	0,47	0,51	1,47
POCP	g C ₂ H ₂ eq/kWh	9,09.10 ⁻³	2,8.10 ⁻²	3,9.10 ⁻²





*Figura
Confini del sistema oggetto
dello studio.*

*Tabella 3
Valutazione
dell'impatto della
generazione di 1 kWh
di energia elettrica.*

studio Lca sono infatti riferibili esclusivamente alla realtà analizzata. Fattori di variabilità sono infatti legati alle differenze ambientali (per esempio, insolazione e ventosità del luogo di impianto), del combustibile (per esempio, diversa composizione del fluido geotermico), della potenza e della tecnologia di impianto. Proprio in virtù della possibilità di cogliere queste differenze, l'Lca e la sua applicazione alle fonti rinnovabili rappre-

sentano uno strumento fondamentale su cui fondare scelte tecnologiche e strategiche. Ne sono esempi i numerosi studi Lca condotti in Italia, che hanno portato ad una "certificazione" delle informazioni dichiarate attraverso la convalida della Epd. Nonostante gli studi facciano riferimento a specifiche situazioni, i risultati possono essere considerati una buona approssimazione degli impatti in generale riconducibili alle diverse fonti primarie di energia e, in aggiunta a ciò, sono tutti confrontabili in quanto la regole utilizzate sono le stesse per tutti gli studi. Nei paragrafi seguenti sono riportati i risultati ottenuti per impianti di tipo eolico, geotermico, biomasse e rifiuti.

Eolico

Gli impatti ambientali generalmente attribuiti e valutati per gli impianti eolici (per esempio, danno al paesaggio, all'avifauna e rumore) sono di carattere locale

e difficilmente si prestano ad essere rilevati e quantificati tramite metodologia Lca. Altri impatti ambientali, collegati alla costruzione delle turbine ed alla messa in posa dell'impianto, possono invece essere efficacemente valutati.

Per tutte le categorie di impatto comunemente analizzate, la fase di costruzione dei generatori risulta quella più impattante.

Nella sua valutazione si includono tutti i consumi e le emissioni associati all'estrazione delle materie prime, in primo luogo acciaio e alluminio per la turbina, fibra di vetro per le pale e rame per i cavi elettrici. Tutti questi materiali sono lavorati in cicli produttivi particolarmente "energivori". Di regola, i generatori più potenti presentano impatti unitari più bassi, ma anche le condizioni di ventosità del campo eolico possono far variare sensibilmente le performance ambientali del ciclo di vita. Un esempio interessante che riporta i risultati otte-

Categoria d'Impatto	Eolico	Geotermico	Biomasse (Cpo)	Rifiuti (Cdr)	Mix energetico nazionale	u.m./kWh
Gwp 100	17	380	447	627	640	g CO ₂ eq
AP	1,0.10 ⁻³	3,74.10 ⁻²	2,23.10 ⁻³	3,39.10 ⁻¹	1,51.10 ⁻¹	mol H ⁺
Pocp	1,2.10 ⁻³	1,27.10 ⁻⁸	1,2.10 ⁻³	7,59.10 ⁻¹	3,56.10 ⁻²	g C ₂ H ₄
EP	0,239	0,013	0,042	31,344	1,60	g O ²
Odp	4,31.10 ⁻⁶	2,58.10 ⁻¹¹	2,24.10 ⁻⁸	1,23.10 ⁻⁶	5,10.10 ⁻⁵	g Cfc11





nuti per un caso specifico è l'Epd elaborata per l'impianto eolico Enel di Sclafani Bagni (PA).

Geotermico

I principali impatti ambientali relativi allo sfruttamento dell'energia geotermica sono collegati al rilascio in atmosfera dei gas e alla gestione delle salamoie. Le centrali geotermiche in Italia praticano la reiniezione dei fluidi, dunque non presentano alcuna emissione liquida, mentre le emissioni in atmosfera possono variare notevolmente a seconda della natura del fluido geotermico. Data la notevole quantità di energia che una centrale può generare nell'arco della sua vita, gli impatti ambientali unitari associati alla costruzione della centrale stessa sono trascurabili, mentre sono le emissioni durante la fase operativa a dare il maggior contributo alle diverse categorie d'impatto. I fluidi geotermici sono ricchi di gas serra (CO_2 e CH_4) e acidificanti (H_2S , H_3BO_3 e NH_3), per quanto in misura inferiore rispetto ai combustibili fossili. Gli impatti dipendono quindi molto dalla chimica del fluido geotermico, come si può riscontrare chiara-

mente dalla Tabella 2 che riporta gli impatti medi delle centrali dei tre principali campi geotermici italiani. Riportiamo inoltre nella Tabella 3 i dati relativi all'impianto di Bagnore 3 (GR), desunti dalla Dichiarazione Ambientale di Prodotto elaborata da Enel.

Biomasse

I principali impatti ambientali della produzione di elettricità da biomasse sono da attribuirsi a fasi del ciclo di vita diverse dalla combustione. In particolare, in riferimento ad una centrale ad olio di palma per la quale è in fase di realizzazione uno studio Lca condotto per ottenere la convalida della Epd, le seguenti fasi del



ciclo di vita sono causa di circa l'80% delle emissioni totali di gas serra:

- coltivazione della palma da olio e conversione del land use;
- produzione di Ffb (Fresh Fruit Bunches);
- estrazione del Cpo (Crude Palm Oil) dai palm fruit bunches;
- trasporto del Cpo in Europa agli impianti di produzione di elettricità.

In base a calcoli preliminari effettuati su un impianto in Nord Italia, il valore relativo alle emissioni di Gas Serra associate alla coltivazione, lavorazione e trasporto del palm oil, risulta il seguente:

Gwp(100) = 1,83kg CO₂-eq/1kg Crude Palm Oil

Il dato non include la quantità di CO₂ sequestrata durante la crescita dei frutti di palma, ma include le emissioni di CO₂ legate al cambio di uso di suolo. In base ai dati di progetto forniti, risulta un consumo di combustibile sugli impianti pari a circa 0,2kg/kWh.

Questo corrisponde a:

Gwp(100) = 0,36 kg CO₂-eq/kWh

per le fasi di coltivazione, produzione del Cpo, trasporto fino alla centrale.

Rifiuti

Il settore dei rifiuti rappresenta, insieme a quello dell'energia, l'ambito in cui l'Lca ha maggiori potenzialità di applicazione e può fornire informazioni più utili alla definizione di strategie di trattamento e recupero nell'ottica della cosiddetta "waste hierarchy". Ne sono un esempio i 6 impianti italiani che hanno ottenuto la convalida della propria Epd. Considerando come esempio l'Epd di un sistema integrato di trattamento rifiuti con produzione di elettricità nell'impianto di Falascaia (Pietrasanta, LU) dalla combustione del Cdr (Combustibile da Rifiuto) prodotto nell'impianto di selezione del rifiuto e compostaggio dell'organico, sito a Pioppogatto (Massarosa, LU), sono state considerate le seguenti fasi del ciclo di vita:

- trattamento del rifiuto secco e produzione di Cdr;
- trasporto Cdr all'inceneritore;

- gestione del termovalorizzatore (inclusi combustione del Cdr; trattamento acque di scarico,

- trasporto/trattamento ceneri/scorie);
- operazioni di costruzione dell'inceneritore.

Il contributo predominante (superiore all'80%) a tutte le categorie d'impatto considerate è dato dalla gestione vera e propria dell'impianto, di cui fanno parte la combustione del Cdr e il trasporto e trattamento delle scorie e ceneri in impianti esterni. In particolare quest'ultimo influisce in maniera significativa in tutte le categorie d'impatto: circa il 20% di AP (Acidification Potential) ed EP (Eutrophication Potential), e il 40% del Gwp (Global Warming Potential) potenzialmente causato dalla gestione è da imputare al trasporto/trattamento di Scorie/Ceneri. Relativamente al Gwp, circa il 5% è da attribuirsi alla produzione del Cdr e il 10% alla costruzione dell'inceneritore.

Confronto tra le varie fonti

Nella Tabella 3 sono rappresentati gli impatti ambientali delle varie fonti analizzate. I dati riportati sono tutti desunti dalle Epd convalidate relative agli impianti descritti in precedenza. Il dato più interessante è quello relativo alle emissioni di gas serra, che mostra come la fonte eolica rappresenti quella per cui tale impatto è inferiore di un ordine di grandezza rispetto agli altri e rispetto al mix nazionale italiano.

Conclusioni

La realizzazione di uno studio Lca applicato al settore energetico permette di comprendere a fondo i possibili impatti sull'ambiente valutati lungo tutto il ciclo di vita, consentendo così l'acquisizione di dati utili alla definizione delle strategie di pianificazione sia a livello aziendale sia di politica pubblica. La descrizione delle peculiarità relative all'applicazione della metodologia Lca alle diverse fonti energetiche ha evidenziato come questo strumento sia in grado di identificare e valorizzare il contributo che le energie rinnovabili possono offrire ad uno sviluppo indu-

striale più consapevole. La breve rassegna, tuttavia, è stata sufficiente per evidenziare anche alcuni limiti dell'applicazione della Lca, che sono sia di natura metodologica (per esempio, la scarsa capacità di cogliere e misurare gli impatti su scala locale, determinanti nell'influenzare il consenso sociale alla localizzazione degli impianti), sia di natura operativa (per esempio, la limitata disponibilità di dataset in grado di offrire dati e indicatori specifici rispetto al contesto territoriale o alle tecnologie in uso). Questi limiti hanno fino ad oggi contribuito a frenare la diffusione della Lca come strumento di supporto alle decisioni, anche in relazione ai costi che possono derivare dalla complessità della metodologia e dalle difficoltà di leggere i risultati da parte dei "non addetti ai lavori". A questo proposito, un salto di qualità, auspicato da molti, potrebbe essere lo sviluppo di banche dati in grado di raccogliere, armonizzare e rendere facilmente fruibili i risultati delle Lca. Su questo fronte si può segnalare, in chiusura, l'impegno del Jrc - Joint Research Center della Commissione Europea che sta sviluppando (con il supporto del Cesisp) e promuovendo un sistema per il riconoscimento e la certificazione delle banche dati connesse alle applicazioni settoriali della Lca, fra le quali il settore della produzione di energia occuperà una posizione prioritaria.

Per approfondimento

- www.environdec.com
- www.cesisp.it
- www.cegl.it

