

ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA) APPLICATA ALLA TERMOVALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI

Massimo Marino

Life Cycle Engineering – Torino – www.life-cycle-engineering.it

SOMMARIO

Nel ultimi tempi si sta assistendo ad un crescente interesse nei confronti della conversione energetica da fonti di tipo rinnovabile sia in virtù della presunta migliore compatibilità ambientale, sia con lo scopo di ridurre la dipendenza di un sistema energetico dalle tradizionali fonti fossili quali il petrolio, il gas ed il carbone. Per queste ragioni, gli studi relativi alle fonti rinnovabili sono proliferati sia per quanto riguarda le valutazioni economiche legate alla produzione sia per approfondire al meglio le considerazioni ambientali legate alle varie attività.

Dopo una breve introduzione relativa alle statistiche di produzione in Italia, in questo lavoro si esamina come una fonte energetica rinnovabile debba essere sempre analizzata in un ottica di sistema al fine di valutarne appieno i benefici o i carichi energetici ed ambientali: in pratica si osserva come, affrontando una analisi secondo la metodologia *dell'analisi del ciclo di vita* (LCA) [1,2], gli aspetti globali delle attività portino a risultati a volte contraddittori. L'esempio oggetto di questo caso studio è quello della conversione energetica dei rifiuti.

1. LA PRODUZIONE DI ENERGIA RINNOVABILE IN ITALIA

La produzione dell'energia elettrica è uno degli aspetti più interessanti, ma anche più complessi, che si deve affrontare quando si voglia approfondire lo studio dei sistemi energetici a causa delle molteplici interazioni che si hanno nel sistema interessato alla produzione. In Italia, ad esempio, la produzione di energia elettrica avviene con differenti tecnologie: l'idroelettrica, la geotermoelettrica e la termoelettrica sono certamente le più importanti. Inoltre, per quanto riguarda l'energia termoelettrica, è da osservare come il mix sia composto da impianti funzionanti a gas naturale, a olio combustibile oppure a carbone fossile.

Oltre alla produzione interna, per l'energia elettrica è anche da considerare una cospicua quota derivante dagli scambi commerciali con i paesi stranieri confinanti; poiché tali scambi avvengono su tutto il territorio europeo, si comprende come la produzione di energia in Italia (o in un altro qualsiasi paese europeo) debba essere analizzata sia considerando gli aspetti tecnologici propri del paese, sia il cosiddetto *network europeo* in cui è inserita¹.

¹ A tal proposito è importante evidenziare come anche nella valutazione degli impatti ambientali associati all'uso dell'energia si debba tenere conto di questi scambi: per questo non ci si deve stupire se in analisi approfondite dell'energia consumata in Italia esistano anche impatti causati dalle centrali nucleari francesi.

Tutte le considerazioni esposte, quindi le tecnologie utilizzate, la quantità e la provenienza delle importazioni e le perdite di distribuzione, vanno a contribuire alla definizione dei cosiddetti *mix energetici* e sono caratteristiche tipiche di un paese.

Lo studio del mix energetico italiano può essere basato sul “*Bilancio dell’energia elettrica in Italia*” dal quale si possono evincere tra l’altro, la quantità di energia importata dall’estero oltre che l’ammontare dei consumi ausiliari e delle perdite di distribuzione [3,4]: da queste informazioni è possibile rappresentare graficamente l’importanza delle varie fonti di produzione dell’energia elettrica in Italia (Figura 1).

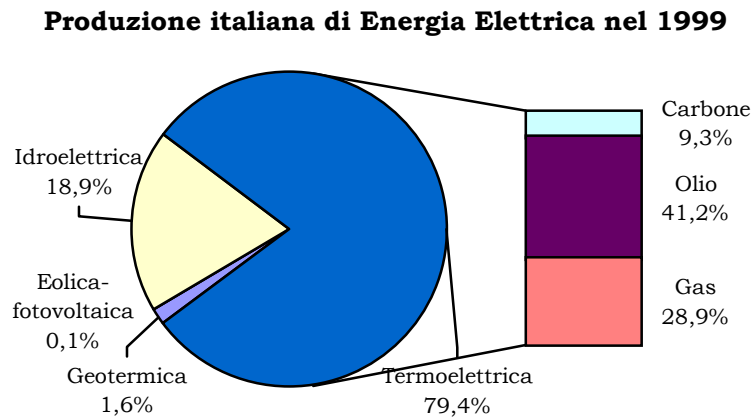


Figura 1 – La composizione del mix energetico relativo alla produzione interna (senza quindi tenere conto delle importazioni) di energia elettrica in Italia nel 1999 [3].

In questo contesto risulta piuttosto interessante il contributo dell’energia da fonte rinnovabile la cui produzione nel corso dell’ultimo decennio è passata dai circa 37 TWh del 1989, ai circa 47 del 1998, con un aumento di poco inferiore al 30% (Figura 2). Tra le varie fonti quella più importante è certamente l’idroelettrica che in Italia costituisce praticamente la totalità dell’energia prodotta da fonte rinnovabile (Tabella 1).

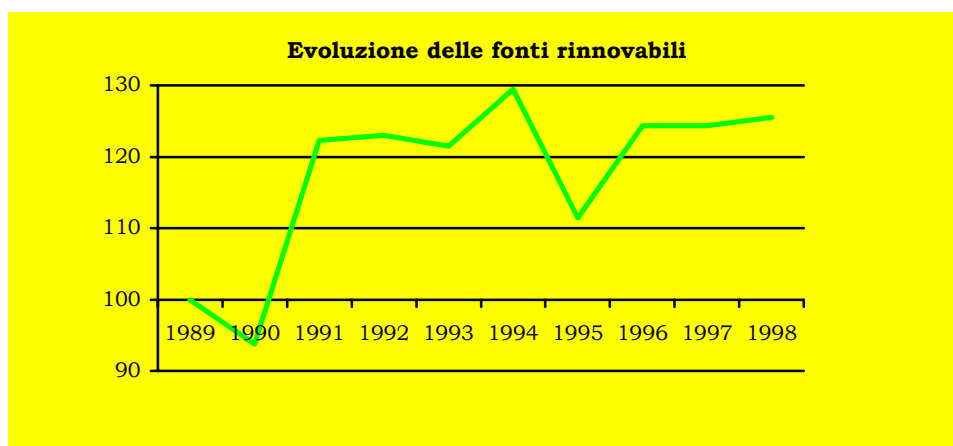


Figura 2 – Evoluzione della produzione di energia da fonte rinnovabile. Gli indici sono a base fissa 1989 [5].

Tabella 1 – Energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Italia nel periodo 1989-1998. Dati in GWh/y [5]

Fonte primaria	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Idroelettrica	34.057	31.626	42.239	42.213	41.431	44.658	37.781	42.036	41.600	41.214
Eolica	2	2	3	2	4	6	10	33	118	232
Solare	2	4	5	9	11	11	13	14	15	15
Geotermica	3.155	3.222	3.182	3.459	3.667	3.417	3.436	3.762	3.905	4.214
RSU	85	94	190	190	210	189	205	240	293	464
legna e derivati	22	28	28	25	30	60	116	157	195	271
Biogas	35	44	44	40	40	36	66	207	332	494
TOTALE	37.359	35.020	45.692	45.937	45.392	48.377	41.627	46.449	46.458	46.903

Questo quadro, unitamente alle considerazioni di tipo economico ed ambientale, permette di comprendere come la produzione di energia da fonte rinnovabile sia in crescente sviluppo e debba sempre essere tenuta in considerazione nella pianificazione e nelle ricerche a tema energetico. L'esempio che segue, mostra quali possano essere i risultati della valutazione di una di queste fonti: i rifiuti solidi urbani.

2. LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA RIFIUTI

L'integrazione tra la produzione energetica ed il ciclo dei rifiuti spinge la possibilità di considerare i materiali di scarto come potenziali combustibili da sfruttare nella produzione di vettori energetici "nobili" quale è ad esempio l'energia elettrica. Tuttavia la termovalorizzazione dei rifiuti provoca una spiccata attenzione a causa dei potenziali impatti ambientali che è in grado di generare.

Tralasciando gli importanti effetti ambientali locali tradizionalmente studiati, in questo lavoro si vogliono proporre indicazioni di tipo sistemico affrontando l'analisi in una ottica di respiro più ampio rispetto a quanto fatto normalmente, ovvero seguendo lo spirito proprio della metodologia LCA. Mediante questo studio, è in pratica possibile osservare come il confronto tra le fonti energetiche tradizionali e la fonte rinnovabile "rifiuto" porti a risultati contrastanti da un punto di vista energetico ed ambientale, e come le cose si complichino aggiungendo considerazioni relative al contesto geografico in cui ci si trova.

In pratica, l'esempio è stato impostato mediante un confronto tra la produzione di energia elettrica da fonte tradizionale (mix energetico) e da rifiuti considerando, per entrambi i casi, sistemi che portano alla generazione di 1 MJ di energia elettrica. Inoltre, al fine di rendere più significativi i confronti, sono stati esaminati sistemi energetici molto diversi quali quello italiano, norvegese e cinese.

I risultati ottenibili da uno studio LCA sono generalmente suddivisi in considerazioni di tipo energetico e considerazioni di tipo ambientale.

Per quanto riguarda l'aspetto energetico, si può subito osservare come da un punto di vista strettamente energetico un impianto di termovalorizzazione non sia vincente rispetto alla

produzione di energia elettrica da fonti tradizionali² che, generalmente, garantiscono migliori rendimenti di conversione. In Figura 3, è inoltre possibile osservare quali siano le variazioni tra i risultati energetici relativi ai vari mix energetici presi in esame.

Il vantaggio che si ha nella combustione dei rifiuti risiede quindi di risparmiare parte del combustibile tradizionale, esauribile, a discapito di un materiale di cui ci si intende disfare e che genera non pochi problemi in fase di smaltimento. Tali considerazioni sono possibili osservando, tra i risultati ambientali, ad esempio i consumi di petrolio o di carbone rispettivamente nelle Figure 4 e 5³. Analogo ragionamento a quello fatto per il petrolio, si potrebbe fare per i consumi di gas naturale.

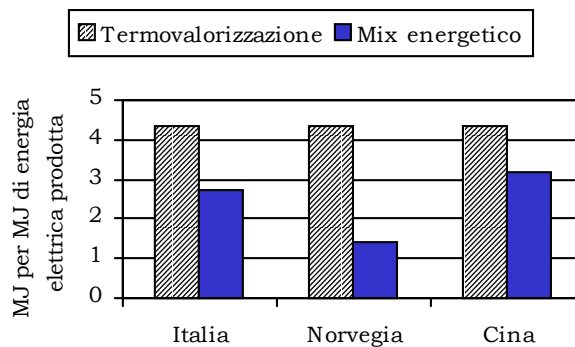


Figura 3 – Energia complessivamente necessaria (GER) per la produzione di 1 MJ di energia elettrica nei diversi paesi: il confronto tra il mix energetico tradizionale e la termovalorizzazione dei rifiuti porta a ritenere quest’ultimo processo svantaggioso da un punto di vista strettamente energetico.

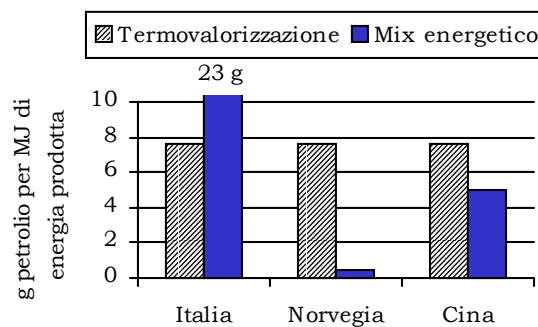


Figura 4 – Consumo di petrolio: solo in Italia la termovalorizzazione permettere un risparmio di petrolio (i consumi si ridurrebbero a circa il 30% del totale).

² Per questo caso, per semplicità è stato ipotizzato un impianto di termovalorizzazione caratterizzato da un recupero energetico basato sulla sola produzione di energia elettrica. In realtà, è comunque da ricordare che per migliorare il rendimento di recupero energetico, normalmente viene attuata la cogenerazione assicurando dei rendimenti che possono giungere sino all’80%.

³ Si tenga presente che l’attività di smaltimento dei rifiuti in inceneritore comporta operazioni ausiliarie che provocano un consumo di combustibili fossili.

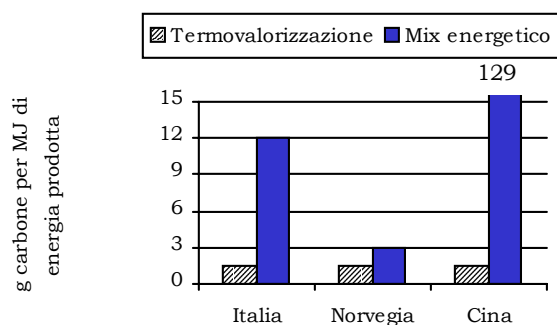


Figura 5 – Consumo di carbone: in tutti i casi la termovalorizzazione permette un cospicuo risparmio di carbone

Altri aspetti ambientali importanti sono quelli relativi al rilascio di inquinanti in atmosfera: a tal riguardo in questo studio vengono considerate le emissioni di CO₂, di NO_x e di SO_x: la limitazione a queste uniche emissioni è dettata in primo luogo dalla brevità di questa relazione, ed in secondo luogo al fatto che la metodologia LCA e le relative banche dati sono significative soltanto per studi a grande scala e non possono essere utilizzati per la valutazione della tossicità delle emissioni a livello locale.

Relativamente alle emissioni di CO₂ è evidente come queste siano in tutti i casi maggiori nel caso della termovalorizzazione a causa della spiccata emissione dall'impianto stesso per kg di rifiuti trattati (Figura 6). A tal proposito è però da osservare che nel caso della termovalorizzazione la maggior parte di queste emissioni provengono da fonte rinnovabile (rifiuti organici, carta) motivo per cui alcuni studiosi ritengono che queste non debbano essere prese in considerazione per quanto riguarda il contributo all'effetto serra. Pur potendo muovere delle critiche a tale ipotesi, che dovrebbe sempre tenere in considerazione le cinetiche dei fenomeni che regolano il ciclo del carbonio, sembra comunque opportuno che una analisi porti a risultati in cui i diversi contributi siano messi in evidenza per eventuali successive valutazioni.

Per quanto riguarda le emissioni di NO_x, mostrate in Figura 7, risulta evidente come il confronto dipenda molto dalla presenza di combustione nel mix e dalla qualità dei combustibili utilizzati: in particolare in Italia, dove la combustione avviene prevalentemente con olio e gas, le emissioni specifiche di ossidi di azoto sono più basse rispetto a cosa succede in Cina dove il combustibile più usato è solido (carbone).

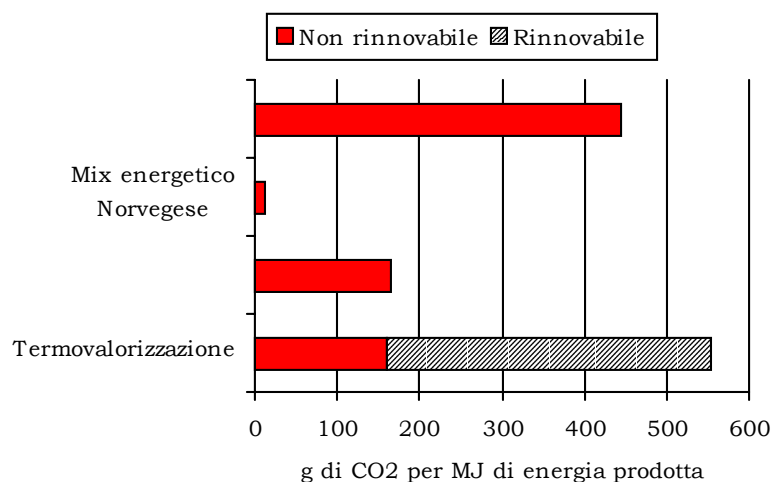


Figura 6 – Emissioni di CO₂ derivanti dai sistemi considerati suddivise tra quelle provenienti da fonte naturale e rinnovabile e quelle provenienti da fonte fossile. Il fatto di considerare o meno le emissioni da fonte rinnovabile è decisivo nella valutazione globale.

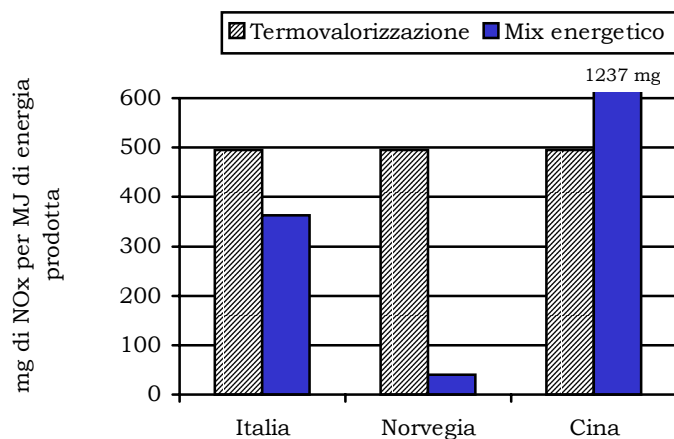


Figura 7 – Emissioni di NO_x dai sistemi considerati: il confronto dipende dal tipo di combustione coinvolto nel mix energetico di riferimento

Nel caso delle emissioni di SO_x, invece, il confronto risulta sempre vincente per la termovalorizzazione (tranne che per la produzione di energia elettrica in Norvegia); tale risultato è dovuto principalmente al fatto che l'utilizzo di combustibili "sporchi", prevalentemente carbone e oli contenenti zolfo, in centrali a volte obsolete portano ad un livello di controllo delle emissioni non sempre ottimale (Figura 8).

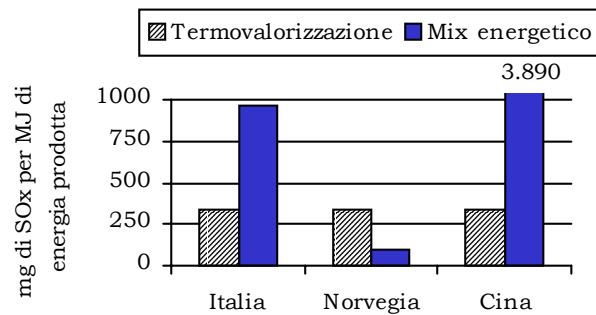


Figura 8 – Emissioni di SO_x dai sistemi considerati.

Da questo si osserva come l'applicazione di uno studio di tipo LCA ad un problema come quello trattato, porti ad ottenere risultati complessi ed a volte contraddittori proprio a causa della visione sistemica che lo caratterizza. In altre parole l'opportunità dell'utilizzo dei rifiuti come fonte rinnovabile per la produzione di energia, non può essere valutata senza considerare i molteplici aspetti che contraddistinguono il sistema completo: bilanci energetici, emissioni nell'ambiente e consumo di risorse naturali dovrebbero essere valutate in modo parallelo e oggettivo.

Come intuito dai risultati evidenziati, un'analisi di questo tipo difficilmente porta a definire uno scenario migliore ed uno peggiore ma i diversi scenari analizzati possono essere migliori o peggiori a seconda delle variabili che si considerano e dei contesti cui ci si riferisce.

Per queste ragioni è bene osservare che le scelte strategiche di pianificazione, come in questo caso quelle relative alla produzione di energia, dovrebbero essere effettuate basandosi oltre che su considerazioni di tipo economico, politico e sociale, anche affrontando il problema tecnico sia da un punto di vista locale, come tradizionalmente si fa, sia da un punto di vista sistemico globale come illustrato in questo lavoro.

3. CONCLUSIONI E ATTIVITÀ DELLA FONDAZIONE PER L'AMBIENTE DI TORINO

Tornando sul generico tema delle fonti rinnovabili, si osserva come queste siano tipicamente caratterizzate da un maggior costo economico rispetto alle tradizionali fonti fossili ragion per cui il loro sviluppo deve in qualche maniera essere agevolato dall'intervento istituzionale: questo può essere fatto sia intervenendo economicamente sui costi (finanziamenti a condizioni particolari, acquisto dell'energia, ecc.) sia dando un valore economico ai minori impatti ambientali che le fonti rinnovabili garantiscono.

Mentre il secondo aspetto è piuttosto complesso in quanto si tratta di entrare nel difficile terreno della monetizzazione delle esternalità ambientali, l'intervento predisposto dal Governo italiano è quello dei cosiddetti "*certificati verdi*": in pratica ai sensi del "*Decreto Bersani*" (D. Lgs. 7/99) ogni produttore di energia elettrica è obbligato a produrne una certa quantità da fonte rinnovabile oppure ad acquistare dei certificati da chi produce essenzialmente da questa fonte. In questo modo si tende a far proliferare una borsa dei certificati verdi che andranno a modificare il loro prezzo in funzione dei tradizionali meccanismi della domanda e dell'offerta.

È in quest'ambito che la *Fondazione per l'Ambiente Teobaldo Fenoglio* ha attivato per il biennio 2000-2001 un progetto di ricerca che ha lo scopo di valutare, prima dal punto di vista teorico e poi con dei casi di studio, le ricadute di questo meccanismo sul mercato dell'energia elettrica in Italia [6].

Conclusa la parte di inquadramento generale ed approfondimento teorico delle tematiche, argomento del secondo anno di lavoro sarà quello di affrontare l'analisi di alcuni casi di studio avendo come obiettivo quello di definire una sorta di "linee guida" utili alla ripetizione dell'analisi.

La metodologia utilizzata sarà quella della *progettazione simulata*: definiti cioè gli impianti oggetto dell'analisi, il gruppo di lavoro condurrà la ricerca ipotizzando di doverli realmente realizzare e valutando quali siano le implicazioni per le diverse aree di interesse secondo un approccio *trasversale e multidisciplinare*. In particolare saranno trattati gli aspetti:

- *tecnologici*; mediante l'analisi dello schema impiantistico e di processo in modo da identificare le apparecchiature oltre che i bilanci di materia ed energia che regolano le attività;
- *giuridici ed amministrativi*; con lo studio delle procedure autorizzative nell'esperienza amministrativa della regione Piemonte al fine di identificarne le criticità e quantificarne i tempi. La concreta identificazione e quantificazione dei vincoli amministrativi in termini di tempi e criticità si aggiungerebbe al resto dell'analisi come ulteriore profilo di valutazione conclusiva tentando di fornire ulteriori elementi all'analisi dei costi economici;
- *ambientali*; con lo scopo di identificare quali siano gli impatti ambientali associati alla produzione dell'energia. Partendo dall'analisi dello schema impiantistico e dei flussi individuati nella prima parte del lavoro devono quindi essere definite le emissioni, il rumore, l'impatto visivo, ecc. associati alla produzione di energia elettrica. Queste valutazioni costituiscono la base per il "tentativo" di internalizzazione economica degli impatti mediante la metodologia ExterneE messa a punto dalla Comunità Europea;
- *economici*; con l'individuazione, per ogni data tecnologia di produzione, dei costi e dei ricavi attesi onde valutare, sulla base del calcolo dei diversi indici di rendimento (VAN, TIR), le condizioni di profittabilità dell'investimento stesso. Oltre a questo sarà valutata la possibilità di affiancare ai tradizionali costi industriali i *costi esterni* associati alla generazione degli impatti ambientali.

BIBLIOGRAFIA

1. Baldo G. L.; 2000; "*Life Cycle Assessment – Uno strumento di analisi energetica ed ambientale*"; Ipaservizi; Milano;
2. www.life-cycle-engineering.it;
3. ENEL; 1999; "*Dati sulla produzione dell'energia elettrica nel 1998*";
4. www.enel.it
5. Rubbia 2000; "*Rapporto 1999 sulla situazione energetico-ambientale del Paese*"; Energia Ambiente e Innovazione 1/2000; p. 22
6. www.fondazioneambiente.org
7. Genon, Marino; "*Caso studio della metodologia LCA: la gestione dei rifiuti solidi urbani*"; Giornata Scientifica "*Il ciclo di vita dei sistemi integrati di gestione dei rifiuti solidi*"; Università di Urbino, 12 marzo 1999;
8. Pipatti; "*Energy from waste*"; VTT Energy: Highlights 1998; Power from science