



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Tesi di Laurea Magistrale (Tesi Sperimentale)

**OTTIMIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI
ENERGETICO/AMBIENTALI TRAMITE ANALISI DI
SENSIBILITA' PARAMETRICA DEL CICLO DI VITA
(LCA) DELL'IMPIANTO "BIOWALK 4 BIOFUELS"
(PROGETTO FP7)**

Sessione di Laurea: Marzo 2015

Candidato

Davide Fiorini

Matricola 1048336

E-mail: davide_fiorini@hotmail.com

Relatore

Prof. Ing. Andrea Cappelli

SSD: GEO/09

Correlatore

Ing. Emanuele Gigli

Anno Accademico 2014/2015

L'obiettivo di questo studio è valutare, tramite lo strumento dell'analisi del ciclo di vita, l'impatto ambientale dell'impianto B4B e, identificando le condizioni operative vantaggiose/svantaggiose, fornire delle linee guida per la gestione nonché per la progettazione di impianti analoghi a quello esaminato, in ottica dell'ottimizzazione delle sue prestazioni energetico/ambientali.

L'impianto B4B, situato nel porto di Augusta (SR), è stato realizzato nell'ambito del progetto "Biowalk4Biofuels", che rientra nel Settimo Programma Quadro (Seventh Framework Programme, FP7), presentato e sviluppato dal DICMA (Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente) dell'Università La Sapienza di Roma.

Il processo relativo a questo impianto è quello della digestione anaerobica cui viene sottoposto il mix di biomasse in alimentazione composto da biomassa algale, pollina (reflugo zootecnico), pastazzo di agrumi, acque di vegetazione, scarti di mense scolastiche, scarti di macello (sottoprodotti dell'industria agroalimentare) e fanghi di depurazione, per la produzione di biogas; l'impiego nell'impianto di queste biomasse come substrato per produrre biogas, consente di creare una valida alternativa al loro usuale smaltimento, che spesso è accompagnato da ricadute sul piano ambientale e presenta delle caratteristiche altamente inquinanti.

In alimentazione all'impianto, nel presente studio, è stato considerato il mix ottimale delle biomasse, determinato in studi precedenti. Tale mix ottimale è quello che minimizza gli impatti ambientali dell'intero processo e si ottiene massimizzando la produzione di biogas dall'impianto. Poiché tale mix massimizza anche la produzione di commodities energetiche, principale fonte di guadagno dell'impianto, è possibile affermare che tale scenario massimizza anche la resa economica dell'impianto.

Sono stati, perciò, valutati gli input (risorse naturali impiegate, energia consumata) ed output (prodotti ed emissioni) di tutti i processi in riferimento a questo scenario di alimentazione lungo l'intero ciclo di vita dell'impianto a cominciare dalla fase di trasporto dei materiali e di successivo assemblaggio di tutte le unità impiantistiche, dal trasporto delle biomasse con le relative fasi di stoccaggio, passando per la fase di uso con tutti i processi che esplicano le funzioni primarie ed addizionali dell'impianto (produzione di energia elettrica e termica, produzione di compost rispettivamente); fino ad arrivare alla fase di fine vita dell'impianto con la definizione dello scenario di riciclaggio (percorso di smaltimento scelto per i materiali della componentistica del B4B).

Fase cruciale dello studio è stata il calcolo dell'unità funzionale, definita come la produzione energetica elettrica e termica e di compost riferita al flusso di riferimento (1 m^3 di biogas), indice delle prestazioni dell'impianto.

Nel calcolo sono stati detratti dalle produzioni elettriche e termiche rispettivamente gli autoconsumi elettrici degli ausiliari (pompe e soffianti) e i fabbisogni termici necessari allo svolgimento dei processi nelle varie unità impiantistiche ottenendo, quindi, delle quantità di output nette.

Una volta calcolati, raccolti ed elaborati tutti i dati, tramite la metodologia dell'analisi del ciclo di vita sono stati valutati, dunque, gli impatti ascrivibili all'impianto (fase LCIA) lungo l'intero ciclo di vita in riferimento alla sua unità funzionale.

Il metodo di calcolo usato è IMPACT 2002+ e gli impatti sono associati alle sue 4 macrocategorie di danno: *Salute Umana*, *Cambiamento Climatico*, *Qualità Ecosistema*, *Risorse* e al Punteggio Singolo, somma degli impatti che gravano sulle stesse categorie ed indice globale delle prestazioni energetiche - ambientali dell'impianto.

L'entità di tali impatti è legata anche ai prodotti evitati che figurano nelle varie unità di processo: *l'impianto B4B, fornendo determinati output, risparmia (evita) al sistema "ambiente esterno" la produzione della stessa quantità di servizi erogati* permettendo la sostituzione dei sistemi tradizionali e ciò, inevitabilmente, comporta dei benefici ambientali.

In particolare in questo studio sono stati considerati gli impatti evitati relativi:

- al mancato smaltimento (e quindi consumi ed emissioni connesse a tali processi) delle biomasse utilizzate nell'impianto con le modalità convenzionali
- alla mancata produzione energetica (elettrica e termica) e produzione di compost grazie ai servizi forniti dall'impianto
- al riciclaggio dei materiali di assemblaggio a fine vita come ferro, rame, acciaio, plastica che ne sostituiscono la produzione primaria.

Infine è stata effettuata una analisi di sensibilità parametrica dell'impatto globale, inducendo delle variazioni nei parametri di processo più significativi e studiando la risposta complessiva del sistema, ed in particolare degli indici delle prestazioni ambientale ed energetica; tale analisi ha consentito di *identificare le condizioni operative vantaggiose e svantaggiose per una corretta gestione dell'impianto in ottica dell'ottimizzazione delle sue prestazioni energetico/ambientali*.

I parametri ritenuti significativi del processo sono: Distanza media di trasporto delle biomasse, Emissioni di NH₃, Resa in biogas media delle biomasse, Autoconsumi elettrici ausiliari, Autoconsumi termici vasche, Rendimento elettrico del cogeneratore, Rendimento termico del cogeneratore.

Dall'analisi dei risultati dell'analisi di sensibilità è evidente come il rendimento elettrico del cogeneratore risulta essere *il principale driver della qualità dei risultati ottenuti dall'impianto*. In ordine di priorità sulla buona riuscita del progetto, subito dopo il rendimento elettrico giocano un ruolo chiave gli autoconsumi elettrici, l'efficienza termica e la resa media di biogas.

Le soluzioni proposte in ottica dell'ottimizzazione delle prestazioni energetico/ambientali sono: *usare un cogeneratore dai rendimenti elettrico e termico maggiori* (gli attuali rendimenti, elettrico e termico, sono pari rispettivamente al 28,5% e 55%), *verificare che sia possibile alimentare il cogeneratore direttamente col biogas, eliminando in tal modo la fase di upgrading* (il cui consumo elettrico è molto alto), *verificare il reale tempo necessario (ore giornaliere) di funzionamento di pompe e soffianti* rispetto a quello ipotizzato sulla base di schede tecniche fornite dai produttori, *ottimizzare i processi di digestione anaerobica* (adeguati fabbisogni termici alle vasche, perfezionamento dell'uso di pompe e soffianti inerenti questa unità di processo, assicurare un'alimentazione omogenea al processo di digestione anaerobica garantendo i giusti tempi di stoccaggio alle biomasse.), *operare un filtraggio delle emissioni gassose durante gli stoccaggi delle biomasse*, in modo da mitigarne gli effetti (principalmente sulla Salute Umana).

Il presente studio, dunque, fornisce uno strumento importante per la gestione operativa dell'impianto ed anche una griglia di valutazione delle scelte progettuali che fornirà una base di partenza per successivi impianti, anche in altri contesti, che prenderanno le mosse dai risultati di questo progetto europeo.

Le fasi di valutazione dell'impatto ambientale (LCIA) e l'analisi di sensibilità parametrica sono state effettuate tramite l'utilizzo del software SimaPro 7.1