

Agroenergie

La valutazione degli impianti di digestione anaerobica

Jacopo Bacenetti
Marco Fiala

Nell'ambito del progetto Biogesteca, la *software for economic energetic and environmental analysis* è stato implementato per analizzare anche la fase conclusiva della filiera biogas.

La filiera della digestione anaerobica (Da) attraverso la quale biomasse fermentescibili (dedicate o residuali) vengono trasformate, in biogas prima, e, in elettricità e calore poi, è sicuramente tra le filiere agro-energetiche maggiormente diffuse.

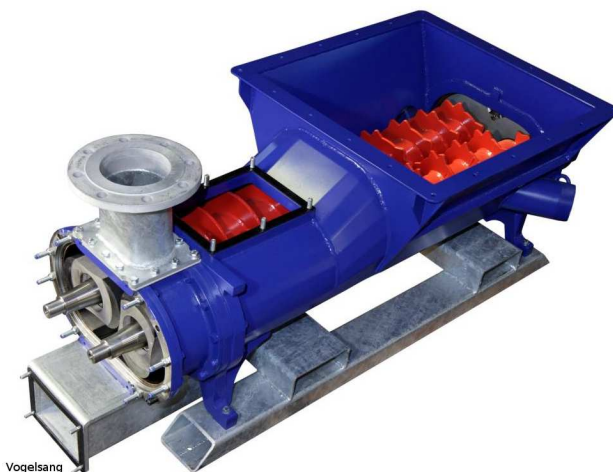
Alla produzione di elettricità (Ee) attraverso la filiera della Da sono riconosciuti sostanziosi incentivi pubblici e in alcune provincie italiane, per esempio Cremona e Lodi, il numero di impianti di Da è cresciuto notevolmente. Il diffondersi di questi impianti ha sicuramente importanti aspetti positivi quali la possibilità di consentire agli operatori agricoli di ottenere redditività altrimenti difficili da raggiungere con le colture tradizionali ma, al contempo, pone anche alcuni problemi e sotto l'aspetto logistico e sotto quello energetico-ambientale. Da un punto di vista logistico, la realizzazione di numerosi impianti di biogas nello stesso areale comporta una competizione per quanto riguarda l'approvvigionamento delle biomasse, l'aumento delle distanze di trasporto e, spesso, l'approvvigionamento al di fuori dell'areale stesso. La necessità di "alimentare" i digestori in modo da produrre un volume di biogas tale da permettere al motore di funzionare costantemente a pieno carico rende conveniente utilizzare biomasse con

un'elevata produzione specifica (insilati di cereali) a discapito di biomassa residuale (reflui zootecnici) localmente disponibile.

Da un punto di vista energetico-ambientale quanto detto comporta il peggioramento dell'efficienza dell'impianto. Negli ultimi mesi, sia per la revisione degli incentivi previsti sia per le preoccupazioni espresse dalle comunità locali, la sostenibilità energetico-ambientale della filiera ha acquisito sempre più importanza.

Al fine di supportare sia il decisore pubblico, sia i progettisti e gli imprenditori che si occupano della realizzazione di impianti di biogas, presso il Dipartimento di Scienze agrarie e ambientali dell'Università degli Studi di Milano, grazie a un finanziamento ricevuto da Regione Lombardia

(Progetto Biogesteca – www.biogesteca.unimi.it) è stato sviluppato un software per la valutazione energetico-ambientale delle filiere agroenergetiche. Il software chiamato SE³A (*Software for economic, energetic and environmental analysis*) è stato recentemente implementato ed è in grado di analizzare anche la fase conclusiva della filiera della Da, ossia quella in cui si ha la digestione delle biomasse e la trasformazione del biogas in energia. Sulla base di informazioni dettagliate ri-



Vogelsang

guardanti l'intero ciclo produttivo, SE³A permette di definirne le prestazioni energetiche e ambientali rispetto a un sistema di riferimento.

La stima delle emissioni dei gas serra (Ghg) e del bilancio energetico della filiera della Da sono confrontate con quelle del sistema di riferimento ed è calcolato se, rispetto a questo, la produzione di elettricità da biogas permette di risparmiare energia e di ridurre le emissioni di Ghg.

Metodi

L'analisi della conversione delle biomasse in energia prevede la dettagliata definizione dei flussi di massa ed energia che avvengono nel corso del processo.

Per quanto riguarda la fase di trasformazione delle biomasse in energia, il software è suddiviso in 5 sezioni ognuna delle quali è dedicata a uno specifico segmento dell'impianto di Da:

- alimentazione, si analizzano tutte le operazioni che permettono l'introduzione delle matrici (solide e liquide) nei digestori: movimentazione dai luoghi di accumulo/stoccaggio, eventuali pretrattamenti, dispositivi per l'introduzione vera e propria (es. coclee, pompe, ecc.). Per questo segmento le informazioni richieste dal modello riguardano le matrici utilizzate (quantità in t/giorno, produzione specifica di biogas in m³N/tSv, massa volumica apparente in t/m³, contenuto in metano in percentuale) e le caratteristiche dei dispositivi utilizzati (potenza in kW) e il loro tempo di funzionamento. Vengono calcolati gli autoconsumi giornalieri (kWh_e), il carico organico volumetrico (Cov, kgSv/giorno·m³) e il livello di solidi totali (%St);
- digestione, riguarda il processo di Da vero e proprio con annessi tutti i dispositivi che ne permettono l'ottimale funzionamento come quelli per la miscelazione (agitatori, mixers, pompe per il ricircolo, pompe per la movimentazione dei fluidi termovettori, pompe per lo scarico del digestato, ecc.). L'utente deve inserire il tempo di ritenzione idraulico, la temperatura di processo e le caratteristiche dei dispositivi utilizzati (potenza in kW) e il loro tempo di funzionamento (ore/giorno). SE³A, anche sulla base dei parametri precedentemente inseriti calcola, su base giornaliera, la portata di biogas (m³N/giorno), gli autoconsumi elettrici (kWh_e) e termici (kWht) e la massa di digestato (t/giorno);

- trattamento del digestato, si analizzano le operazioni di gestione del digestato (movimentazione verso la vasca di stoccaggio, separazione solido-liquido, nitrigeno, ecc.) e sulla base di parametri come l'efficienza di separazione della sostanza secca e dell'azoto calcola la massa giornaliera di separato solido e di separato liquido e le rispettive caratteristiche (%St, percentuale dei solidi totali; %N, percentuale di azoto);
- trattamento biogas, il processo comprende tutte le operazioni (filtrazione, deumidificazione) che permettono l'utilizzazione del biogas prodotto nel motore endotermico in assetto cogenerativo (Chp). I parametri richiesti riguardano le caratteristiche dei dispositivi utilizzati (potenza in kW e tempi di funzionamento in ore/giorno) e le perdite di biogas (in percentuale);
- conversione, si analizzano la trasformazione del biogas nel Chp in energia elettrica (E_e) e in energia termica (E_t). Sulla base dei rendimenti elettrici (ηE_t in percentuale) e termici (ηE_t in percentuale) e del Potere calorifico inferiore (P_{ci}) del biogas (kWh/m³N) calcola l'E_e e l'E_t (calore) cogenerate.



Ciat Italia Srl

Bilancio energetico ambientale

Definiti i flussi di massa ed energia necessari per la produzione del biogas e la sua trasformazione in E_e, il software calcola il costo energetico (MJ/kWh_e) e quello ambientale (gCO₂eq/kWh_e) dell'E_e immessa in rete. Il calcolo del bilancio energetico e ambientale è eseguito, come detto, confrontando le prestazioni della filiera della Da con il sistema di riferimento.

In questa fase, l'utente deve scegliere il sistema di riferimento e indicare alcuni parametri come, per esempio, la quota di Et valorizzata, quella auto consumata per il riscaldamento dei digestori e la quantità di concimi minerali sostituita dall'utilizzo del digestato. Il sistema di riferimento deve essere selezionato dall'utente. I sistemi di riferimento presenti nel modello sono il sistema elettrico italiano, caratterizzato da un'emissione media di 541 gCO₂eq/kWh_e, quello indicato dalla Direttiva Res (*Renewable energy sources directive*) con emissioni pari a 714 gCO₂eq/kWh_e e la produzione di elettricità da carbone (1000 gCO₂eq/kWh_e).

Le voci che concorrono alla definizione del costo Ea dell'elettricità sono la produzione delle matrici (es. insilati) e/o il loro recupero (es. sottoprodotti e reflui), il consumo di materiali che si verifica nell'impianto (es. additivi per il controllo della digestione, olio motore, gasolio per movimentazione biomasse, ecc.) e, ma solo per quanto riguarda le prestazioni ambientali, le perdite di biogas.

Ai costi Ea si contrappongono i crediti legati al processo, ossia i benefici che la produzione di Ee attraverso la filiera della Da comporta rispetto al sistema di riferimento. Oltre ai crediti dovuti alla produzione di Ee da fonte rinnovabile il bilancio energetico e ambientale SE³A considera anche altri possibili crediti quali, a titolo esemplificativo, la possibilità di rimpiazzare concimi minerali valorizzando il digestato come fertilizzante organico, la sostituzione di energia termica prodotta da fonte fossile sfruttando il calore cogenerato e l'abbattimento delle emissioni di metano attraverso la Da di reflui zootecnici che altrimenti sarebbero stoccati in vasche aperte per lunghi periodi.

Tre esempi pratici dell'applicazione del software SE³A sono illustrati brevemente nella prima tabella.

Impianto di biogas		A	B	C
Caratteristiche motore				
Potenza elettrica	kW _e	999	520	250
Efficienza elettrica	%	40,7	37,0	35,7
Efficienza termica	%	44,0	47,1	51,0
Alimentazione				
Insilato di mais	% massa	54,5	100	0
Liquame suino	% massa	45,5	0	100

Per gli impianti A e B, che utilizzano l'insilato di mais, è stato calcolato il costo Ea della biomassa considerando tutte le operazioni di campo, dalla concimazione di pre-semina fino all'insilamento in trincee localizzate in prossimità dell'impianto di Da mentre per gli impianti che impiegano il refluo zootecnico (A e C) è stata consi-

derata la sua movimentazione fino alle vasche di accumulo nei pressi dei digestori. Le caratteristiche delle biomasse utilizzate per l'alimentazione dei digestori sono riportate nella seconda tabella.

Matrice	Solidi totali (Ts)	Solidi volatile (Sv)	Produzione di biogas	Contenuto in metano
	%tq	%St	m ³ MVS	% in volume
Liquame suino	3,5	85	450	60
Insilato di mais	35	90	650	53

Nell'ultima tabella il sistema di riferimento è quello elettrico italiano e la sua corrispondente emissione unitaria media (541 gCO₂eq/kWh_e).

Come si può osservare, da un punto di vista energetico, i tre impianti permettono un risparmio sensibile di energia fossile (5,7 MJ/kWh_e impianto A; 5,6 MJ/kWh_e impianto B; 3,9 MJ/kWh_e impianto C) mentre, da un punto di vista del bilancio ambientale, consentono una notevole riduzione delle emissioni di Ghg. In particolare, le differenze per quanto riguarda la riduzione delle emissioni di Ghg sono da imputarsi alla digestione di reflui zootecnici e quindi all'attribuzione di crediti per la mancata emissione di metano e di altri gas serra nel corso dello stoccaggio in vasche aperte.

Conclusioni

La necessità di valutare le prestazioni energetiche e ambientali degli impianti di Da, soprattutto per quelli di nuova realizzazione, è un'esigenza sempre più pressante. Questa valutazione è frequentemente richiesta anche in fase di autorizzazione dell'impianto. Il software SE³A, conformemente alle linee guida internazionalmente riconosciute (Direttiva europea Res, Com 22 novembre 2010, n. 11), è in grado di calcolare le prestazioni energetiche e ambientali degli impianti, già realizzati o in via di approvazione, e si presenta quindi come un utile strumento in quanto permette:

- alle aziende costruttrici di valutare la sostenibilità energetica e ambientale del loro "prodotto";
- agli operatori interessati alla filiera di valutare la razionalità delle diverse soluzioni disponibili sul mercato e di scegliere quella che più si adatta alla propria situazione specifica;
- al decisore pubblico di analizzare oggettivamente la razionalità tecnico operativa e l'impatto ambientale degli impianti di Da.

	Unità di misura	A	B	C
Ced	MJ _{fossile} /kWh _e	-5,7	-5,6	-4,0
Gwp	kgCO ₂ eq/kWh _e	-0,29	-0,23	-0,91

Riferimenti bibliografici

Bacenetti J., Lovarelli D., Fiala M., 2012. La digestione anaerobica per refrigerare il latte. *Terra e Vita*, 47, 24-26.

Bacenetti J., Mena A., Fiala M., 2012. La sostenibilità delle filiera biogas. *Intersezioni*, 13, 4 aprile 2012.

Bacenetti J., Mena A., Negri M., Cantarella P., Bocchi S., Fiala M., 2012. Energetic and environmental balance of a biogas plant in northern Italy. *Proceedings Cigr-AgEng International conference on agricultural engineering Valencia*, Cigr-AgEng.

Bachmaier J., Effenberger M., Gronauer A., 2010. Greenhouse gas balance and resource demand of biogas plants in agriculture, *Engineering in life sciences*, 10, 560-569.

Capponi S., Fazio S., Lorenzo Barbanti L., 2012. CO₂ savings affect the break-even distance of feedstock supply and digestate placement in biogas production. *Renewable energy*, 37, 45-52.

Fabbi C., Shams-Eddin S., Bondi F., Piccinini S., 2011. Efficiency and management of an anaerobic digestion plant fed with energy crop. *Ingegneria ambientale*, 1, 29-40.

Fiala M., Bacenetti J., 2012. Model for the economic, energetic and environmental evaluation in biomass productions. *Journal of agricultural engineering*, 42, 26-35.

González-García S., Bacenetti J., Negri M., Fiala M., Arroja L., 2012. Comparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in northern Italy. *Journal of cleaner production*, 43: 71-83.

Lansche J., Müller J., 2012. Life cycle assessment of energy generation of biogas fed combined heat and power plants: Environmental impact of different agricultural substrates. *Engineering in life sciences*, 12: 313-320.

Poschl M., Ward S., 2010. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. *Applied energy*, 87: 3305-3321.



Jacopo Bacenetti è assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Scienze agrarie e ambientali dell'Università degli Studi di Milano.

Marco Fiala è professore associato presso il Dipartimento di Scienze agrarie e ambientali dell'Università degli Studi di Milano.

www.intersezioni.eu



Regione Lombardia

Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
PSR 2007-2013 – Direzione Generale Agricoltura