

**Agroenergie****Biogas tra tecnica ed economia**

Jacopo Bacenetti  
Marco Negri

Una gestione oculata e analisi continue sono indispensabili per mantenere elevata l'efficienza degli impianti.

Per la filiera del biogas, soprattutto dopo la revisione dei meccanismi di incentivazione attuata con il decreto del 6 luglio 2012, la realizzazione di risultati economici soddisfacenti da un impianto è legata non solo all'abbattimento dei costi di produzione ma anche all'ottenimento di adeguati ricavi. Per gli impianti entrati in funzione dopo il 31 dicembre 2012, questo secondo aspetto può essere perseguito con la costruzione di impianti in grado di beneficiare dei diversi bonus previsti dal meccanismo di incentivazione (bonus per la Car – Cogenerazione ad alto rendimento, per la riduzione della quota di azoto, ecc.); in ogni caso, tuttavia, non si può prescindere dalla produzione energia elettrica (EE) in quantitativi sufficienti. Occorre, in sintesi, operare per il maggiore numero di ore possibile alla massima potenza. Perché questo avvenga sono necessarie un'attenta gestione e manutenzione tecnica al fine di evitare fermi, rotture e malfunzionamenti di tutti i dispositivi presenti (pompe, miscelatori, apparecchi per il trattamento del biogas, ecc.) ma anche un monitoraggio costante del processo di digestione anaerobica (DA). La DA di matrici fermentescibili – siano queste dedicate (per esempio insilati di cereali, farine, ecc.) o residuali (reflui zootecnici e residui dell'industria agroalimentare come sanse, scarti di macellazione, ecc.) – è un processo biologico la cui stabilità è il presupposto fondamentale per l'ottenimento dei volumi di biogas necessari per permettere il funzionamento in continuo e alla massima potenza del motore (CHP).

La scelta delle analisi per il monitoraggio biologico e della frequenza con cui eseguirle è influenzata da molti fattori di carattere economico, tecnico-pratico e biologico. In linea generale, per impianti di elevata potenza, frequenza e numerosità delle analisi sono maggiori rispetto a quelle di un impianto più piccolo. Anche la ti-

pologia di processo e l'alimentazione influenzano il monitoraggio biologico: per esempio, impianti alimentati con razioni costanti nel corso dell'anno possono richiedere un numero inferiore di analisi rispetto a impianti la cui "dieta" è fortemente variabile stagionalmente e/o sulla base dei prezzi di mercato delle diverse matrici. Relativamente alla tipologia di processo, invece, impianti monostadio con digestori completamente miscelati richiedono meno analisi rispetto a impianti bistadio.

In questo contributo vengono presentate e discusse le analisi necessarie per un corretto monitoraggio biologico dei digestori, valutando anche la loro incidenza in termini di costi sull'economia dell'intero processo.

**Le analisi**

La descrizione delle analisi necessarie per un corretto monitoraggio dell'impianto di DA è riportata nella tabella. In linea generale, l'obiettivo nella gestione degli impianti di biogas è la stabilità del processo di DA, in altre parole, bisogna cercare di garantirne l'omeostasi una volta raggiunte le condizioni ideali.

È importante sottolineare che i risultati dell'analisi di singoli parametri raramente riescono a essere indicativi, infatti, per avere un'indicazione precisa dell'andamento del processo, è necessario il "set completo di indicatori". Oltre a questo, più che il risultato della singola analisi è fondamentale verificare l'andamento della stessa nel corso del tempo. Da quanto appena detto emerge l'importanza della frequenza con cui si eseguono le analisi discusse. Se le analisi sono saltuarie o l'intervallo tra due rilievi è eccessivamente lungo non è possibile capire l'evoluzione del problema e si rischia di intervenire in modo sbagliato, intempestivo o, paradossalmente, quando il problema è in fase di risoluzione.

**Tabella – Principali parametri di processo da monitorare.**

Analisi	Motivazione	Frequenza	Note
Solidi Totali (ST, espressi sul tal quale)	L'analisi del contenuto in sostanza secca dà indicazioni relativamente all'alimentazione dell'impianto nel lungo periodo oltre che sullo stress cui sono sottoposti dispositivi come pompe e mixer.	Mensile	La soglia ottimale dipende dalle caratteristiche costruttive (es. per gli schmack nel primo digestore è più alta rispetto ai digestori a valle o ai comuni digestori CSRT). Senza l'analisi è difficile identificare sovraccarichi e si possono verificare guasti meccanici (es. pompe), inefficienze nell'agitazione del substrato e del trasferimento del calore.
pH	Indice della stabilità biologica del processo, range di ottimo per l'attività metanogena 7-7,8. Se aumenta indica accumulo di NH <sub>3</sub> e/o basificazione, se cala indica invece accumulo di acidi a catena corta (acetico e formico).	In continuo / giornaliera (insieme al Fos/Tac)	Non è un indice particolarmente sensibile: quando varia il processo di DA è già stato alterato e il danno può essere solo limitato. Correzioni di valori anomali possono essere ottenuti variando l'alimentazione e, nei casi più gravi, con aggiunte di cloruro ferroso o ferrico e ossido ferroso.
Azoto totale (N <sub>TOT</sub> ) e azoto ammoniacale (N <sub>AMM</sub> )	Dipendono dalle matrici di alimentazione. N <sub>TOT</sub> indica la quantità di materiale proteico dell'ingestato. Il rapporto N <sub>AMM</sub> /N <sub>TOT</sub> è indice del grado di degradazione della matrice.	Mensile	In assenza dell'analisi è molto più complicato individuare eccessi di NH <sub>3</sub> e, in generale, si hanno meno informazioni sull'efficienza del processo di DA. Indicativamente il rapporto tra N <sub>AMM</sub> e N <sub>TOT</sub> deve variare tra il 30 e il 60%.
Solidi volatili (SV) e ceneri (espressi sul secco)	Indica il contenuto in sostanza organica dei ST e permette di valutare quando la degradazione di questa sia spinta. Maggiore è la riduzione dei SV maggiore è la degradazione delle matrici.	Mensile	Generalmente un corretto valore dei solidi volatili si attesta tra il 70 e l'80% (quindi le ceneri tra il 20 e il 30%). Negli impianti multistadio cala passando dai digestori primari a quelli a valle (secondario e, eventualmente, terziario)
Fos Tac	Da un'indicazione immediata dello stato dell'impianto soprattutto per quanto riguarda l'alimentazione (sovra/sottoalimentazione)	Giornaliera (insieme al Fos/Tac)	I valori di riferimento dipendono dalla metodica d'analisi e dal sistema analizzato per la stessa.
Microelementi	Presenti in tracce sono importanti coadiuvanti per la sintesi di enzimi e/o macromolecole biogeniche necessarie ai metano geni	3-6 mesi	Carenze di microelementi possono ridurre l'efficienza della fermentazione. I più importanti microelementi sono Mn, B, Co, Ni, S, Zn, Ca, Mg, S, Fe.
Qualità del biogas (% di CH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> S)	Calo della % di CH <sub>4</sub> può indicare accumulo di acidi grassi volatili (AGV) a seguito di carenza di microelementi e/o sovralimentazione. L'O <sub>2</sub> >2% indica fori nella cupola gascometrica e/o perdite nei sistemi di trasporto o trattamento del gas. L'H <sub>2</sub> S è dannoso per il motore, a livelli molto elevati è tossico per la microflora batterica.	In continuo / giornalmente	La mancata rilevazione dell'O <sub>2</sub> comporta la perdita di gas e/o la riduzione dell'efficienza del processo a causa di una anaerobiosi meno spinta. Le soglie limite per quanto riguarda l'idrogeno solforato dipendono dalle case costruttrici del motore CHP, tuttavia, in linea generale, con livelli inferiori alle 50 ppm i problemi vengono minimizzati. Bassa livelli di H <sub>2</sub> S minimizzano il consumo di metano da parte dei batteri idrogenotrofi.
Volume del biogas	Indicatore dell'efficienza del processo e, in particolare, del grado di sfruttamento dei potenziali metanigeno delle matrici utilizzate.	In continuo / giornalmente	Permette di individuare problemi legati alla sovralimentazione dei digestori
Concentrazioni di idrogeno	Aumenti della concentrazione dell'H <sub>2</sub> abbinati a cali del CH <sub>4</sub> sono indici di accumulo degli AGV e di probabile "crisi" dei batteri metanogeni.		Permette di avere indicazioni sull'andamento del processo di DA e, in particolare, dell'attività dei metanogeni. Incrementi dell'H <sub>2</sub> favoriscono la formazione dell'H <sub>2</sub> S.

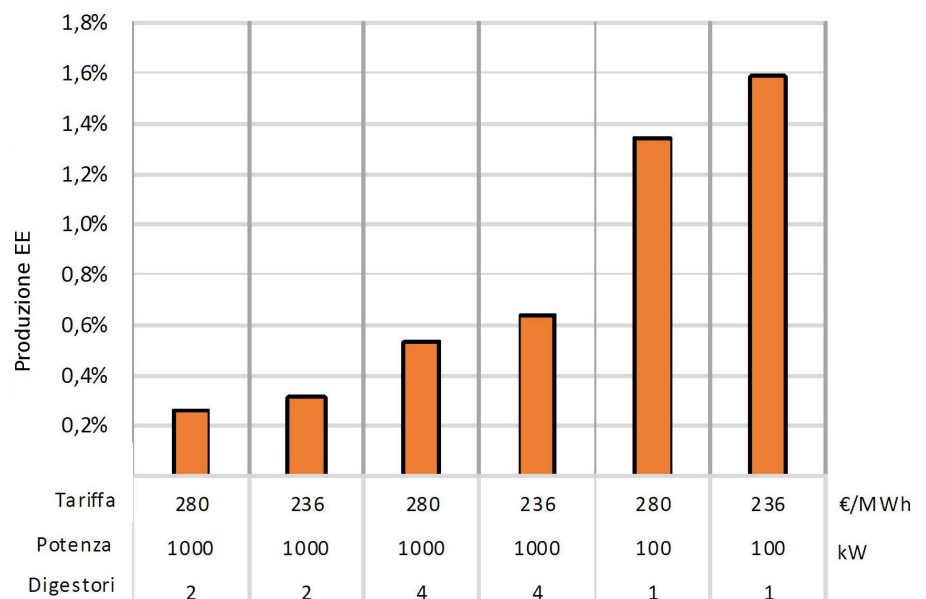
Una tipologia di analisi non riportata in tabella, perché non abituale negli impianti di biogas, è quella relativa alle matrici. La valutazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle matrici è importante soprattutto quando si cambia l'alimentazione dell'impianto e qualora si ricorre a matrici particolari (per esempio residui dell'industria agroalimentare).

In tutti i casi, pena l'ottenimento di risultati fuorvianti, la conservazione del campione e soprattutto la tempistica sono molto importanti. Una scorretta conservazione del campione così come il trascorrere di tempi eccessivi tra il campionamento e l'analisi falsano i risultati. In linea generale, soprattutto per analisi come il Fos/Tac, e Agv, l'analisi andrebbe eseguita il più tempestivamente possibile.

### Costi e benefici

Le spese sostenute per il monitoraggio biologico dell'impianto

devono essere intese come un investimento per individuare e risolvere i problemi e le eventuali anomalie prima che questi possano incidere sulla produzione di biogas e/o prima che si possano verificare rotture dei dispositivi utilizzati per la miscelazione, la movimentazione dell'ingestato e del digestato e/o del motore.



Certamente le analisi rappresentano un costo che talvolta si può esser tentati di ridurre. Questa scelta tuttavia non è razionale. L'intero set di analisi ha un costo indicativo di 250 euro (iva compresa); quindi, per un impianto da 1 MW di potenza elettrica con due digestori questo equivale a 6.000 euro/anno.

Nel grafico è riportata la percentuale dell'EE prodotta il cui valore corrisponde al costo del monitoraggio in funzione della potenza dell'impianto, del numero di digestori e delle differenti tariffe di incentivazione.

Nell'ipotesi che l'elettricità prodotta sia valorizzata con la tariffa omnicomprensiva (280 euro/MWh), in un impianto con 2 digestori il costo delle analisi corrisponde al valore dell'EE prodotta in 21 ore di funzionamento dell'CHP. In altri termini, il monitoraggio ha un costo equivalente a una riduzione dello 0,27% della produzione annua di elettricità. Anche nel caso di impianti più piccoli (per esempio 100 kW) entrati in funzione dopo il 31 dicembre 2012 (tariffa base 236 euro/MWh) i 3.000 euro/anno necessari per il monitoraggio dell'unico digestore corrispondono al 1,59% dell'EE prodotta. Il monitoraggio è quindi un investimento che diventa redditizio non appena riesce a fornire indicazioni per mezzo delle quali prevenire anche minime riduzioni della produzione.

### Riferimenti bibliografici

Bacenetti J., Negri M., Cantore A., Cantarella P., Fiala M., 2013. A detailed monitoring of a anaerobic digestion plant in Northern Italy. *Environmental engineering and management journal*, 12 (9): 109-112.

Bacenetti J., Negri M., Cantarella P., Fiala M., 2014. Monitoraggio costante alla base dell'efficienza. *Terra e vita*, 4: 34-37.

Fiala M., 2012. *Energia da biomasse agricole*. Maggioli Editore.

Martillotti F., Antongiovanni M., Rizzi I., Santi E., Bitante G., 1987. *Metodi e analisi per la valutazione degli alimenti d'impiego zootecnico*. Cnr (progetto finalizzato all'incremento produttività risorse agricole, Ipra) Roma.

Negri M., Bacenetti J., Brambilla M., Manfredini A., Cantore C., Bocchi S., 2014. *Biomethane production*

*from different crop systems of cereals in Northern Italy. Biomass and bioenergy*, 63, 321-329.

Negri M., Bacenetti J., Manfredini A., Lovarelli D., Maggiore T., Fiala M., Bocchi S., 2014. Evaluation of methane production from maize silage by harvest of different plant portions. *Biomass and bioenergy*, 67, 339-346.



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

Marco Negri è collaboratore del Dipartimento di Scienze agrarie e ambientali dell'Università degli Studi di Milano.

[www.intersezioni.eu](http://www.intersezioni.eu)

