

K
EY
THE ENERGY TRANSITION EXPO

**DRIVING
THE ENERGY
TRANSITION.**



22-24
MARZO
2023



RIMINI
EXPO CENTRE
ITALIA

#CLIMATEFRIENDS

organizzato da

ITALIAN EXHIBITION GROUP

Providing the future

BIOMASSE & BIOGAS

BIOMASSA - BIOGAS - BIOMETANO - COGENERAZIONE

L'avviamento veloce dell'impianto di biogas

MENO SPESE E PIU' PRODUTTIVITA'

La pianificazione in base a prove di laboratorio consente un notevole risparmio sui costi.

Due i possibili metodi per determinare il carico organico del digestore durante la fase di riscaldamento

Nell'industria del biogas esiste la credenza generalizzata che l'avviamento (o riavviamento in seguito a manutenzione) dei digestori sia un'operazione che richiede la supervisione di un tecnico specializzato per diversi mesi. I metodi più diffusi derivano dalla letteratura sulla digestione dei fanghi, che non si può estrapolare alla digestione di forsu o di biomasse residue agricole. L'idea che non si possa alimentare il digestore con un carico organico sufficiente a produrre quantità rilevanti di metano si basa sul pre-

supposto che ciò potrebbe abbassare il pH fino ad inibire il processo. In tempi più recenti, i tecnici del settore hanno tentato di superare tale paura applicando il metodo FOS/TAC, metodo che si basa però su tre ipotesi false, ovvero si suppone che:

- tutti gli acidi grassi volatili presenti nel digerente siano esclusivamente acido acetico;
- l'unico fattore che possa inibire il processo sia l'abbassamento del pH;
- la massima attività metanogenica si raggiunge quando il quo-

ziente fra la concentrazione di acido acetico e l'alcalinità totale ha un valore predefinito, valido per tutte le situazioni, sia in regime stazionario che transitorio.

Alcuni operatori e una fetta del mondo accademico sostengono l'assoluta necessità di aggiungere "ceppi selezionati di batteri liofilizzati" e "oligoelementi", giustificando tale scelta sul fatto che tali prodotti migliorino sempre e comunque la stabilità del processo biologico.

Tali scelte possono essere opinabili. Innanzitutto, è stato dimo-

strato che l'aggiunta "a forfait" di oligoelementi, senza una verifica in laboratorio del dosaggio che incide sulla SMA (Specific Methanogenic Activity), può ridurre la produzione di metano anziché aumentarla. Inoltre, i batteri che sopravvivono alla liofilizzazione sono in genere fermentativi (acidificanti!). La produzione metanigena dipende invece dalle Archea, le quali in genere non reggono la liofilizzazione.

Se consideriamo che i digestori vengono scaldati con una caldaia ausiliaria a gasolio fino al momento in cui la produzione di gas diventa sufficientemente stabile per l'avviamento del cogeneratore, risulta evidente la necessità di minimizzare il tempo di avviamento. Con i prezzi attuali del gasolio (circa 1.635 €/ton), il costo orario di funzionamento di una caldaia da 300 kW (consumo 27 l/ora) è pari a 36,86 €/ora. L'avviamento di un digestore con i metodi tradizionali può richiedere oltre 30 giorni, durante i





quali la produzione dell'impianto è pressoché nulla. Il costo del solo gasolio è dunque pari a quasi 28.000 €, ai quali si sommano il costo di trasferta del tecnico e l'eventuale costo dei "booster" ed altri prodotti che formano parte dei pacchetti di servizi offerti.

MODELLI E METODI DI CALCOLO

Il metodo razionale per l'avviamento del digestore richiede solo la corretta selezione dell'inoculo mediante semplici ed economiche prove in laboratorio, la conoscenza delle condizioni al contorno per i calcoli termotecnici ed una adeguata programmazione logistica. Il successo dipende dall'accuratezza dei dati di progetto dell'impianto e dal tempismo: bisogna iniziare a pianificare l'avviamento almeno due mesi prima, per avere sufficiente tempo per le prove di laboratorio ed il trasporto dell'inoculo. Il metodo si basa su due modelli matematici semplificati, ma sufficientemente accurati agli effetti pratici, appartenenti ad ambiti industriali diversi: la teoria dei circuiti lineari e la variazione con la temperatura dell'attività metanogenica specifica (SMA - Specific Methanogenic Activity). Il primo modello, molto utilizzato per le simulazioni numeriche in edilizia bioclimatica con il metodo delle differenze finite, è noto come "similitudine matematica". Le equazioni che descrivono l'andamento delle temperature ed i flussi di calore



in un fabbricato qualsiasi hanno la stessa forma matematica di quelle che descrivono correnti e tensioni elettriche in un circuito passivo. Ciò rende facile l'applicazione ai problemi termotecnici di teoremi e metodi di calcolo della teoria dei circuiti elettrici passivi. Il secondo modello è semplicemente l'assunzione (semplificativa, ma abbastanza realistica) che la SMA di un inoculo anaerobico sia pressoché nulla a 10 °C, e che cresca linearmente con la temperatura nell'intervallo 10-40 °C. Basta dunque misurare in laboratorio la SMA dei digestati candidati ad inoculare il nuovo impianto, selezionare quello o quelli con la massima SMA, e organizzare la logistica di trasporto.

La curva di riscaldamento del digestore (in genere quasi una retta nell'intervallo d'interesse pratico) si calcola a partire dal modello elettrico equivalente, il quale in definitiva corrisponde alla carica di un condensatore. È facile intuire che l'enorme massa d'acqua contenuta in un digestore rappresenta una grossa capacità di accumulo del calore, da qui che la formula matematica che descrive l'andamento della temperatura coincida con quella del voltaggio ai morsetti di un condensatore.

Una volta nota la curva di riscaldamento del digestore, è possibile determinare una tabella di alimentazione che consenta di produrre quantità di metano crescenti, in modo che il cogeneratore sia in grado di funzionare durante alcune ore al giorno, risparmiando dunque sui costi del gasolio per la caldaia ausiliaria e producendo una frazione del guadagno a regime anziché un mancato guadagno. Esistono due modi di determinare in laboratorio il carico organico ammissibile durante la fase di riscaldamento:

- Simulazione dinamica, che si basa sull'uso di uno o più reattori continui (solitamente fra 2 e 10 litri di capacità nominale) abbinati ad uno strumento per la misurazione di microportate di gas. L'approccio è puramente pragmatico: si riscaldano i reattori seguendo la curva di temperatura precedentemente calcolata e si provano diverse strategie di alimentazione giornaliera, utilizzando le matrici di alimentazione previste dal progetto e l'inoculo prescelto dopo le prove di SMA

preliminari.

- Prova batch, ossia si realizza una prova di BMP (Biochemical Methane Potential) della biomassa o miscela di alimentazione prevista per l'impianto, utilizzando l'inoculo selezionato durante le prove di SMA. Si ipotizza un carico iniziale di biomassa assieme all'inoculo, il quale produrrà quantità crescenti di metano, direttamente proporzionali alla temperatura raggiunta dall'inoculo durante la fase di riscaldamento. Nota la portata media di metano all'ora dall'inizio, misurata alla temperatura di riferimento che solitamente è 40 °C, si può calcolare per proporzione diretta la portata alla temperatura nello stesso istante, assumendo che l'attività metanogenica sia nulla fino a 10 °C e aumenti in modo direttamente proporzionale alla temperatura. Ai fini pratici, questo approccio semplificato è sufficientemente accurato, quindi risulta quello preferito perché le prove batch costano molto di meno delle prove continue. La norma di riferimento consigliata per la prova batch è la UNI 11703:2018, ma alcuni gestori e costruttori di impianti preferiscono la norma tedesca VDI 4630 malgrado le svariate contraddizioni ed inconsistenze che contiene.

RISULTATI SUL CAMPO

Ai sensi della UNI 10458:2011, un digestore si intende "avviato" quando raggiunge e mantiene stabilmente almeno il 75% della sua produzione attesa. I tempi di avviamento riscontrati con l'applicazione del metodo descritto vanno da 24 ore, nel caso di digestato caldo prelevato da un impianto vicino e con operazioni condotte in estate, fino ad 8 giorni, con avviamento in inverno utilizzando separato liquido freddo. Poiché tutto il lavoro qualificato viene



svolto in anticipo, con questo metodo non è necessaria la presenza di un professionista per la supervisione dell'operazione: basta che il personale dell'impianto osservi scrupolosamente la tabella di carico e tenga monitorata la curva di riscaldamento. Il costo delle prove in laboratorio si ripaga ampiamente con i risparmi di gasolio, costi di trasferta del personale esterno, ecc.

Nonostante la qualità dell'inoculo possa essere ottima, esistono sempre possibili problemi in fase d'avviamento, generalmente di natura meccanica o logistica: perdite di gas o entrata di aria; mancate consegne del digestato nei tempi prestabiliti; utilizzo di digestato con minore SMA di quello testato in laboratorio; errori progettuali nel dimensionamento degli scambiatori di calore e quindi minore potenza termica utile del previsto; problemi con la partenza del cogeneratore; matrici di alimentazione più "ricche" di quelle testate in laboratorio, con la conseguente sovrapproduzione di biogas e la necessità di sprecarlo in torcia, e particolarità costruttive del digestore che ne impedivano l'inizio del suo riscaldamento e alimentazione fino a quando non fosse completamente pieno di digestato. etamente pieno di digestato.

di Mario A. Rosato

