





IL SISTEMA DI DIGESTIONE ANAEROBICA “BASD HYBRID” PER IL TRATTAMENTO DELLA FRAZIONE ORGANICA (F.O.R.S.U.) PROVENIENTE DA RACCOLTA DIFFERENZIATA FINALIZZATA ALLA PRODUZIONE DI BIOMETANO

PLUS

L'utilizzo del sistema di digestione anaerobica ibrido di tipo “Basd-Hybrid” è idoneo al trattamento di matrici in ingresso sia solide che liquide.

La logica di progettazione “modulare” permette di minimizzare gli interventi manutentivi e di isolare facilmente le eventuali criticità di processo correlate alla qualità dei materiali in ingresso.

L'affidabilità del processo mesofilo, abbinata alla robustezza del sistema, consente di sopportare la presenza di eventuali materiali indesiderati senza ripercussioni negative sull'efficienza dello stesso.

Il processo prevede il ricircolo intensivo della fase liquida prodotta, allo scopo di instaurare condizioni metanigene stabili e massimizzare il recupero di biogas.

L'impianto è da considerarsi a scarico “near zero”, grazie al ricircolo intensivo della fase liquida propria del processo ibrido.

Il consumo energetico dell'impianto di digestione anaerobica “Basd-Hybrid” si attesta su valori minimi grazie alla presenza di un numero limitato di macchine operatrici energivore.

Il digestato solido proveniente dal comparto di digestione anaerobica viene sottoposto ad un trattamento aerobico di igienizzazione e biostabilizzazione, che prevede il totale ricircolo dei percolati, allo scopo di garantire la necessaria umidificazione della biomassa, riservando in tal modo questa preziosa risorsa ad altri utilizzi più compatibili con lo sviluppo sostenibile.

La piattaforma che ospita il trattamento è concepita per poter accogliere un impianto fotovoltaico e/o solare-termico per la produzione di energia destinata all'autoconsumo, e di un impianto per la gestione e depurazione delle acque.

REFERENTI TECNICI DI PROGETTO

Ing. Massimo Di Nicola (techman@genhub.eu)
Arch. Giuseppe Perfetto (archis@genhub.eu)

INTRODUZIONE GENERALE SUL PROCESSO DI DIGESTIONE ANAEROBICA

Nel processo rinnovabile di formazione del biogas la biomassa primaria e/o eventuali residui organici idrosolubili subiscono un processo di fermentazione in un ambiente di reazione privo di ossigeno.

La fermentazione è un processo metabolico energetico, nel quale avviene un processo di ossidazione del substrato in assenza di un accettore esterno di elettroni. Pertanto si tratta di una degradazione anaerobica.

In questa condizione di reazione i componenti organici del substrato sono convertiti dai microrganismi in una miscela gassosa. Questa miscela gassosa si chiama “Biogas”.

Lo scopo principale della fermentazione anaerobica è quello di ottenere un biogas con un contenuto massimizzato di metano.

La degradazione anaerobica della biomassa in biogas può essere suddivisa in quattro fasi.

Nella prima fase denominata “Idrolisi” i composti organici a catena molecolare lunga (polisaccaridi, grassi, proteine) vengono decomposti in monomeri fermentabili in presenza di alcuni batteri.

Per questo scopo, i batteri coinvolti producono enzimi che idrolizzano il materiale.

I prodotti risultanti dalla idrolisi si dissolvono nel liquido e sono decomposti in una seconda fase, la fase acidogenica, in acidi carbossilici (acetico, lattico propionico, butirrico e valerianico) e alcoli.

Questo processo viene promosso dai batteri acidogenici che portano anche alla formazione di anidride carbonica e idrogeno.

Maggiore è la concentrazione di idrogeno minore è la percentuale di acido acetico formatasi. I monomeri che si formano a seguito dell'idrolisi e gli acidi che si formano a seguito della fase di acetogenesi combinati insieme danno origine alla fase comunemente definita fermentazione primaria.

A seguito della fermentazione primaria avverrà la fermentazione secondaria. In questa fase i prodotti dalla fase acidogenica vengono metabolizzati in acetati (sali dell'acido acetico), idrogeno e anidride carbonica. In conseguenza di una alta concentrazione di idrogeno i batteri protagonisti della fase di acetogenesi vengono inibiti. Per via di questa situazione i batteri possono solo aumentare il loro potenziale energetico al di fuori della reazione. Questo è appunto possibile se la concentrazione parziale di idrogeno è ad un basso livello.

Questa è la ragione per cui questi microrganismi normalmente coesistono in un ambiente sintropico con batteri archea che consumano idrogeno.

In questo stretto circolo di vincolo l'idrogeno, generato dai microrganismi artefici della acetogenesi, viene direttamente trasferito al metano formando così batteri Archea.

Possiamo chiamare questo processo «trasferimento di idrogeno tra interspecie». Grazie alla conversione diretta di idrogeno in metano, la concentrazione parziale di idrogeno resta ad un basso livello.

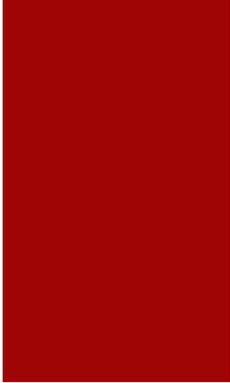
Questo garantisce un non problematico ed indisturbato processo di acetogenesi.

Il processo di formazione di metano, precedentemente citato, viene chiamato «metanogenesi» ed è il quarto passaggio del processo di formazione del biogas.

Come conseguenza di questa respirazione microbatterica anaerobica, i prodotti delle precedenti fasi (acido acetico, idrogeno e anidride carbonica) sono metabolizzati e convertiti in metano, acqua e anidride carbonica.

Questa conversione viene effettuata dai microrganismi metanogenici.

Va considerato che il 30% del metano è prodotto senza idrogeno e anidride carbonica e il 70% del metano si forma senza acido acetico.



Per la formazione di metano dall'acido acetico ci sono due differenti tipi di metabolismo.

Esiste il processo di produzione del metano a uno step e a due step.

Per quanto riguarda il processo a uno step l'acido acetico viene ridotto a metano e anidride carbonica.

In questo caso i batteri acetotrophic riducono il gruppo metilico dell'acido acetico a metano e ossidano il gruppo carbossilico dell'acido acetico ad anidride carbonica.

Per quanto riguarda invece il processo a due step la formazione del metano dall'acido acetico avviene prima per ossidazione di quest'ultimo in idrogeno e anidride carbonica.

Nel secondo step l'idrogeno viene ossidato e l'anidride carbonica ridotta.

I prodotti di questo processo sono metano e acqua.

Requisito di base per il processo di formazione del metano a due step è una co-coltura sintropica tra i batteri ossidanti dell'acido acetico e quelli ossidanti dell'idrogeno.

I diversi microrganismi hanno esigenze diverse per il loro sviluppo.

I microrganismi della fermentazione primaria preferiscono un ambiente leggermente acido con un pH compreso tra pH 5,0 e 6,3.

Batteri acetici hanno il loro ambiente ottimale con un valore di pH compreso tra pH 5,5 e 6,7, mentre i batteri metanogeni necessitano di un ambiente neutro per assicurare la formazione di metano libero.

Il pH ottimale è nell'intervallo di pH 6,8 e 8,0; una variazione al di sopra o al di sotto di questi livelli di pH provoca uno sconvolgimento nello sviluppo dei corrispondenti microrganismi; in ogni caso, i batteri della fermentazione primaria sono più tolleranti ai mutamenti del valore di pH e la loro attività è influenzata solo marginalmente da tali variazioni.

A causa del lungo tempo di generazione e della loro elevata sensibilità, l'obiettivo principale del sistema è quello di mantenere le corrette condizioni per garantire lo sviluppo e la sopravvivenza dei batteri metanogeni; infatti per assicurare una efficace formazione di metano, il livello di pH deve essere regolato in modo da creare l'ambiente ottimale per le culture dei batteri metanogenici.

Il controllo frequente o costante del pH è un modo semplice ed efficace per controllare la stabilità del processo.

IL SISTEMA “BASD-HYBRID” – DESCRIZIONE GENERALE

I vantaggi della tecnologia Hybrid o semi dry sono molteplici. G_EN Engineering propone il sistema “BASD HYBRID”, sviluppato con proprio know how.

Nella fermentazione wet (umida), la preparazione della matrice prevede molti interventi complessi e costosi per presentare il substrato adatto per il pompaggio e per la successiva agitazione. Occorre dunque un grande investimento economico in macchinari necessari alla preparazione del materiale. L’operatività, oltre alla spesa iniziale dei macchinari, comporta anche elevati costi energetici nella conduzione dell’impianto. In aggiunta a questo aspetto, le impurità presenti nel rifiuto come sabbia, tessili, vetro, etc. devono essere separate prima del processo di fermentazione per evitare processi di intasamento e sedimentazione con rischi di inibizione del processo. Inoltre, non potendo garantire una completa separazione della sabbia o delle altre impurità presenti saremo sempre in presenza di sedimentazione e, conseguentemente, avremo una riduzione del volume della frazione organica idrosolubile attiva nel processo in lavorazione. Se la quantità di materiale in ingresso viene mantenuto costante, il tasso di carico organico aumenta e i microrganismi possono essere sottoposti a stress eccessivi che provocano anomalie nella resa del processo.

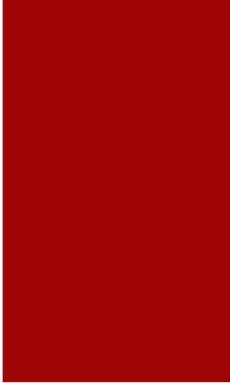
Il processo semi dry BASD HYBRID, invece, permette di inserire con un semplice caricatore direttamente l’intera matrice nei digestori senza alcun pretrattamento, annullando totalmente le operazioni di fresatura, triturazione e miscelazione del materiale

Il sistema BASD HYBRID offre eccezionali vantaggi rispetto ad altri sistemi per quanto riguarda: l’autoconsumo di energia elettrica, il carico di lavoro sopportabile, la robustezza, flessibilità ed efficienza impiantistica. Dopo la fermentazione il tenore di sostanza secca del materiale ha ancora un valore che rende il materiale adatto per l’impilamento, per questo motivo non c’è bisogno di macchinari e di energia dedicati alla separazione/essiccamento a valle del processo di fermentazione; grazie al TSS elevato, la quantità di acque reflue non è rilevante: infatti i liquidi persi dalla matrice vengono conservati nel sistema ed utilizzati per la ricircolazione intensiva del percolato e, teoricamente non è prevista formazione di acque reflue, anche se in pratica è prevista una minima quantità di acque reflue prelevate periodicamente ed inviate al trattamento per “rinnovare” una parte del percolato, evitando così rischi di concentrazioni anomale con formazioni di Sali MAP (Magnesio Ammonio Fosforo). Nel sistema BASD HYBRID non sono necessari mixer complessi e delicati escludendo così possibili guasti meccanici, inoltre il sistema di controllo o PLC è posto lontano dalle fonti che ne possano minacciare il corretto funzionamento.

Il consumo di energia elettrica di un impianto di biogas BASD HYBRID si attesta intorno al 3÷5% della autoproduzione elettrica ove presente, un valore molto basso se confrontato con un impianto di Digestione Anaerobica ad umido.

Il sistema BASD HYBRID, rispetto ad altri sistemi, presenta dei significativi vantaggi che possiamo così riassumere:

- ✓ una impiantistica robusta ed essenziale;
- ✓ un minore autoconsumo di energia;
- ✓ bassi interventi manutentivi;
- ✓ usura quasi nulla di componenti meccanici;
- ✓ come processo “ibrido” combina i vantaggi del processo a umido e di quello a secco.



Nella digestione anaerobica semi-dry BASD HYBRID, il substrato viene fatto fermentare e, da tale processo, viene prodotto il biogas.

L'impianto è costituito da reattori in cemento di forma parallelepipedica simili a tunnel facilmente accessibili con una semplice caricatore a pala gommata.

I fermentatori sono dimensionati per assicurare il loro riempimento con una corretta frequenza al fine di garantire una produzione di biogas stabile e costante.

Prima che il substrato venga caricato nel fermentatore, i diversi tipi di substrato (FORSU e Rifiuto verde) vengono miscelati insieme; successivamente, la miscela così preparata, viene immessa nel fermentatore sino al suo completo riempimento, rispettando i limiti di progetto, e si procede alla chiusura a tenuta del reattore

Subito dopo la chiusura la biomassa viene irrigata con percolato prelevato dal tank dei percolati (un liquido già ricco di batteri metanigeni), e la fermentazione inizia in totale assenza di ossigeno (processo anaerobico)

La qualità del calcestruzzo utilizzato e le porte a totale tenuta sono la garanzia atta ad evitare per la fuoriuscita di biogas e che l'ossigeno possa entrare nei fermentatori. Questa condizione operativa è tassativa per lo sviluppo dei microrganismi necessari alla produzione del biogas. L'irrigazione della biomassa viene eseguita con percolato riscaldato a $38\div 40$ ° C; questo processo favorisce la riproduzione dei batteri dal substrato fornendoli di sostanze nutritive, calore e liquido, indispensabili per la vita dei microrganismi. In questo ambiente umido e caldo il materiale rimane per ~ 30 giorni. Il ricircolo sistematico e controllato di percolato porta conseguentemente ad un alto tempo di ritenzione.

Il biogas prodotto defluisce attraverso le tubazioni sino al serbatoio del percolato dove viene stoccato. La pressione del gas in impianto è al massimo di 3,5 mbar.

Il biogas (raggiunte le ottimali percentuali di metano), dal serbatoio del percolato viene inviato alla successiva sezione di trattamento che nel presente progetto sarà quella di UPGRADING per la purificazione del biogas e la produzione di biometano.

Una torcia di sicurezza ad alta efficienza interviene automaticamente nel caso di sovrapproduzione di biogas o in caso di una qualsiasi interruzione sulla rete del gas.

L'impianto di biogas BASD HYBRID produce un biogas di alta qualità (elevata quantità di metano, a basso contenuto di anidride carbonica e di idrogeno solforato).

La composizione generale del biogas è la seguente: ~ 55% di CH₄ (metano), 44% CO₂ (Anidride Carbonica), e 1% O₂ (ossigeno).

Il valore per il contenuto atteso di H₂S (Acido Solfidrico) è ≤ 200 ppm.

Per abbattere la formazione di H₂S, che può raggiungere valori anche ≥ 3000 ppm, viene iniettato O₂ stechiometricamente attraverso invio di aria (21% O₂) pressurizzata, direttamente nei fermentatori e nel serbatoio del percolato.

In presenza di aria, i batteri sulfurei si ossidano con l'ossigeno producendo particelle di zolfo elementare e acqua. La quantità di aria iniettata viene calcolato e regolato in modo che non sia mai superiore al 3% del biogas prodotto in modo da impedire formazioni di miscele esplosive. Questo tipo di desolfurazione è denominato desolfurazione biologica; inoltre, prima del suo utilizzo, il biogas viene "pulito" e asciugato con una specifica unità di trattamento del gas dotata di filtri a carboni attivi.

La qualità del biogas viene analizzata e controllata in continuo; i valori misurati vengono inviati al quadro principale centrale e costantemente visualizzati.

Con l'eccezione del riempimento e svuotamento dei fermentatori eseguito con una pala gommata, il processo BASD HYBRID di produzione biogas è completamente automatizzato, controllato e regolato da PLC.