

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio



Abstract

**Rimozione dell'H₂S da una corrente di biogas: confronto tra
l'applicazione di un processo chimico ed uno biologico presso un
impianto di digestione anaerobica.**

Relatore

Ch.mo Prof. Massimiliano Fabbricino

Candidato

Daniele Bernardo Panaro

Matricola

M67/000277

ANNO ACCADEMICO 2015/2016

Introduzione

Il lavoro di tesi ha avuto come obiettivo l'analisi del processo di rimozione dell'acido solfidrico (H_2S) da biogas mediante assorbimento chimico in una colonna a riempimento e mediante un processo di tipo biologico, condotto in un impianto di biogas da 999 kWe nominali situato nel comune di Santa Maria La Fossa (CE). Sono state monitorate diverse modalità di conduzione del processo:

1. desolfurazione biologica;
2. desolfurazione biologica e chimica (I);
3. desolfurazione biologica e chimica (II).

In particolare sono state analizzate le differenze in termini di tenore di metano e concentrazione di ossigeno residuo nel biogas. Sono stati valutati i differenti consumi energetici dell'impianto a seguito dell'applicazione delle diverse modalità indagate ed i valori del rendimento relativi all'intero processo di conversione delle biomasse in energia che ha luogo all'impianto. Tutto questo tenendo conto delle relative efficienze di rimozione dell'acido solfidrico dal biogas.

Il processo di desolfurazione biologica consiste nell'attività di ossidazione dell'acido solfidrico a zolfo elementare attraverso la sua combinazione con l' O_2 , contenuto nell'aria immessa in piccole quantità all'interno del digestore, ad opera di microrganismi sulfurei. Nella desolfurazione chimica, invece, il biogas viene messo a contatto in una colonna a spruzzo, attraverso un flusso solitamente in controcorrente, con la soluzione di lavaggio, mediante un supporto ad elevata superficie specifica. Il componente da eliminare è trasferito nella corrente liquida e trasformato in un altro composto in seguito alla reazione con l'agente chimico utilizzato.

Attrezzature e metodologie

Ai fini della conduzione del processo di desolfurazione biologica sono state utilizzate delle soffianti per l'aggiunta del 4-6 % di aria in relazione alla composizione del biogas (*Figura 1*).



Figura 1 - Soffianti per l'aggiunta di aria.

Il gruppo di lavaggio chimico, invece, è costituito da una colonna di desolfurazione ($h = 6.5 \text{ m}$, $D = 1.5 \text{ m}$) e da una vasca di rigenerazione dell'agente chimico, costituito da soda caustica (Figura 2).



Figura 2 - Gruppo di lavaggio chimico.

La composizione del biogas è stata monitorata per mezzo dell'ausilio di un analizzatore in continuo, in grado di fornire in ogni istante la concentrazione di CH_4 , O_2 ed H_2S .

I costi di gestione sono stati valutati considerando i consumi energetici della apparecchiature coinvolte nelle diverse modalità di desolfurazione. Essendo tali consumi energetici soddisfatti grazie all'energia elettrica prodotta dal cogeneratore dell'impianto, essi rappresentano un mancato guadagno, poiché consistono essenzialmente in una mancata immissione in rete esterna e quindi un mancato incentivo ricevuto su tale aliquota di energia. Inoltre, nel caso della desolfurazione chimica si ha il costo di approvvigionamento del reagente chimico.

Il rendimento del processo è stato valutato dal rapporto tra l'energia prodotta dal cogeneratore, in un determinato periodo di riferimento, e l'energia producibile dall'impianto, valutata in base al materiale fresco caricato:

$$\eta = \frac{\text{kWh prodotti dal cogeneratore}}{\text{Energia primaria potenziale}}$$

Analisi effettuate

- Valutazione della qualità del biogas, in termini di tenore di metano, residuo di ossigeno ed idrogeno solforato in seguito all'applicazione delle diverse modalità di desolfurazione;
- valutazione dei costi di gestione del processo di desolfurazione, nei tre casi analizzati;
- valutazione del rendimento del processo di conversione delle biomasse in energia, durante i tre periodi in cui sono state condotte le diverse modalità di desolfurazione.

Risultati

La composizione di biogas ha mostrato maggior tenore di metano nella corrente destinata al cogeneratore nel caso di intervento del processo chimico in aggiunta a quello biologico (Figura 3).

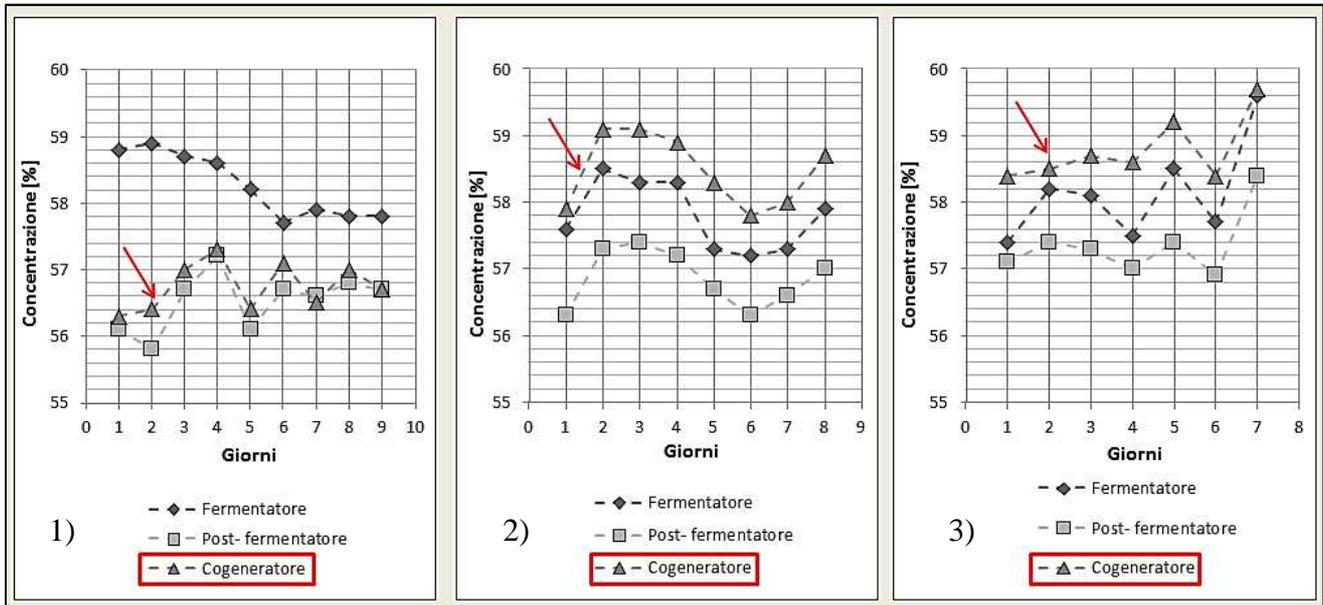


Figura 3 - Concentrazione di metano nella corrente di biogas nelle tre condizioni di desolforazione 1) biologica, 2) biologica + chimica (I) e 3) biologica + chimica (II).

Il processo di desolforazione biologica è stato condotto con quantitativi di aria decrescenti, per questo l'ossigeno residuo nella corrente destinata al cogeneratore presenta valori mediamente più bassi tra le modalità 1, 2 e 3 (Figura 4). Con un quantitativo di ossigeno contenuto, la desolforazione biologica sembra avere una efficienza maggiore, infatti la concentrazione media di H_2S nei digestori risulta minore nei casi di desolforazione 2 e 3. Inoltre la corrente destinata al cogeneratore vede un abbattimento quasi totale dell'idrogeno solforato in seguito all'applicazione del processo chimico (Figura 5).

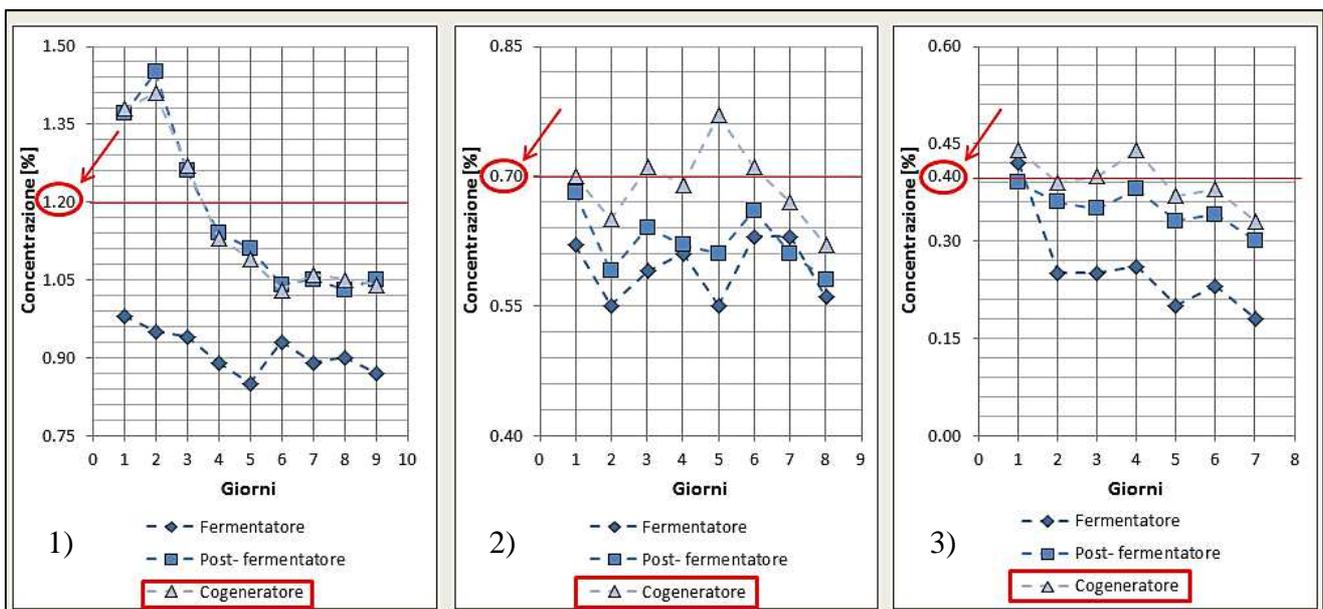


Figura 4 - Concentrazione di ossigeno nelle tre condizioni di desolforazione 1) biologica, 2) biologica + chimica (I) e 3) biologica + chimica (II) e valore medio al cogeneratore.

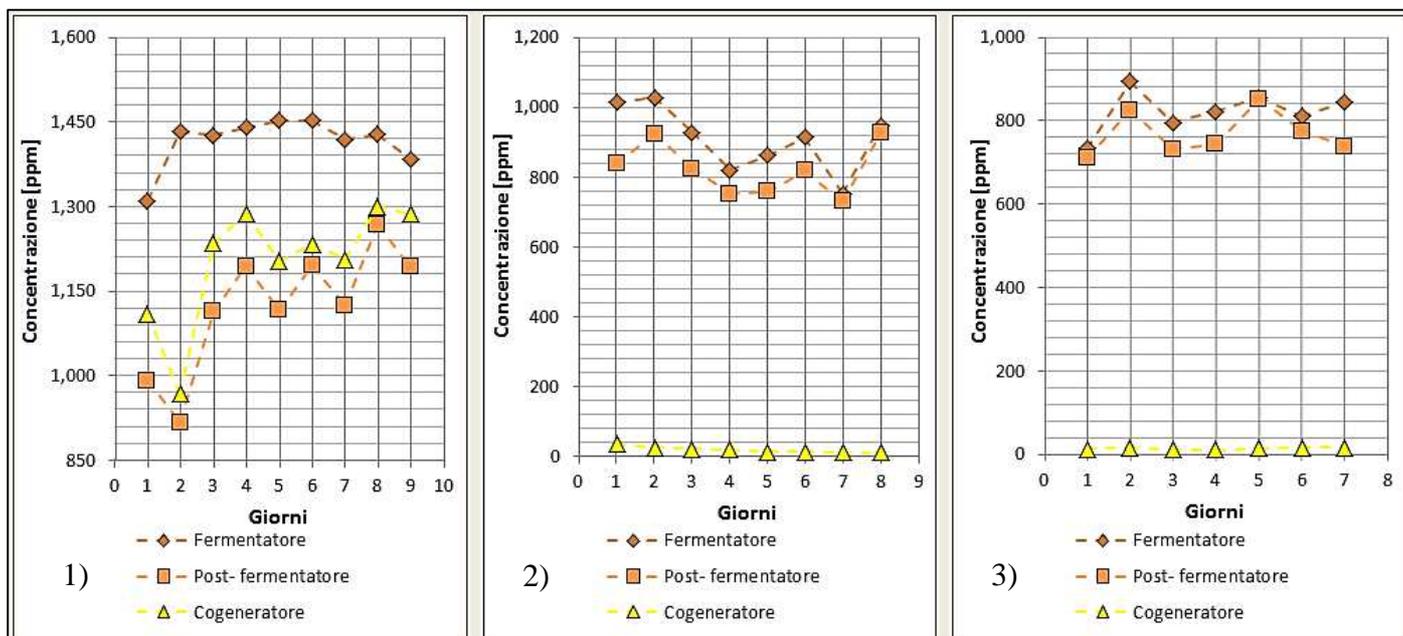


Figura 5 - Concentrazione di H₂S nelle tre condizioni di desolfurazione 1) biologica, 2) biologica + chimica (I) e 3) biologica + chimica (II).

I consumi energetici nel caso della sola desolfurazione biologica sono dovuti essenzialmente alle soffianti per l'aggiunta di aria. Nel caso della desolfurazione chimica bisogna considerare i consumi del gruppo di lavaggio che risultano superiori. Si è riscontrata una differenza di costo di € 25.509,00 (Tabella 1), considerando solo i consumi energetici, tra il processo che vede l'accoppiamento di desolfurazione biologica e chimica e quello di desolfurazione esclusivamente biologica.

Δ EE [kWh/anno]	Δ Costo [€/anno]
91104	€ 25,509

Tabella 1 - Differenza dei consumi energetici e di costo tra le modalità di desolfurazione.

Il rendimento del processo di conversione delle biomasse in energia ha subito un incremento con il migliorare della qualità del biogas, quindi nel caso delle modalità 2 e 3 (Tabella 2).

η_1 [%]	24.9%
η_2 [%]	26.1%
η_3 [%]	32.8%

Tabella 2 - Rendimento del processo di conversione delle biomasse in energia nelle tre condizioni di desolfurazione 1) biologica, 2) biologica + chimica (I) e 3) biologica + chimica (II).

Conclusioni

La presenza del trattamento chimico è fondamentale per ottenere una migliore qualità del biogas in termini di minor contenuto di una sostanza nociva quale l'acido solfidrico ed in termini di potenzialità energetica. L'efficienza di rimozione dell'H₂S del trattamento chimico ha raggiunto valori molto elevati, fino al 98.3%. I costi di gestione del processo di desolfurazione ne risultano inevitabilmente accresciuti. Infatti il solo costo del reagente chimico è paragonabile ai costi totali della desolfurazione biologica. Tale aumento trova la sua

giustificazione in un allungamento della vita utile del gruppo cogenerativo, oltre che delle diverse apparecchiature che possono essere intaccate dall'attività corrosiva dell'acido solfidrico, e nei minori costi di gestione che ne derivano.

Condurre la desolforazione biologica con un quantitativo di ossigeno contenuto favorisce l'efficienza di rimozione dell'acido solfidrico di tale processo. Tuttavia questa è un'ipotesi da confermare in uno studio successivo, come sviluppo futuro di questo lavoro di tesi. Un minor contenuto di ossigeno residuo ed una efficienza di rimozione dell'acido solfidrico più elevata del processo biologico, garantiscono un maggior tenore di metano nel biogas, anche a causa del fatto che l'ambiente di reazione risulta meno tossico per i microrganismi.

Il rendimento dell'intero processo di conversione della biomassa in energia elettrica subisce un'ottimizzazione col miglioramento della qualità del biogas in ingresso al cogeneratore. Tuttavia, i valori riscontrati di tale rendimento sono relativamente bassi. Ciò è giustificabile col fatto che, durante il periodo di svolgimento delle attività di tesi, l'impianto risultava essere ancora nella fase di messa a regime.