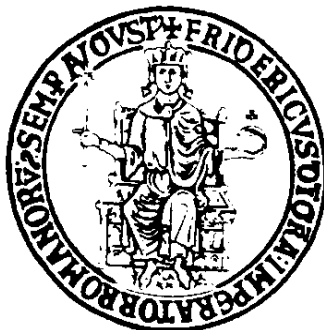


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



**CORSO DI LAUREA IN:
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

TESI DI LAUREA

**INFLUENZA DEL CONTENUTO DI UMIDITÀ
NEI PROCESSI DI DIGESTIONE ANAEROBICA
DI SUBSTRATI ORGANICI COMPLESSI**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Candidato

Stefano Chiantese
matricola M67/048

Correlatore

Ing. Luigi Frunzo
Ing. Flavia Liotta

Anno Accademico 2012 – 2013

1. Introduzione

La digestione anaerobica è un processo biochimico che, in assenza di ossigeno molecolare, consente la degradazione di substrati organici, con conseguente formazione di biogas. La digestione è un processo di sicuro interesse dal punto di vista applicativo. Esso, infatti, abbina alla degradazione della sostanza organica, la produzione di metano, garantendo la valorizzazione energetica della biomassa in ingresso. Questo spiega la notevole crescita del numero di digestori anaerobici, destinati al trattamento di biomasse, registrata in Europa e in Italia negli ultimi decenni. Tenendo conto delle linee guide promosse dall'Europa, che incentivano la ricerca e l'utilizzo di processi di trattamento di biomasse che siano il più possibile rispettosi dell'ambiente, risulta avere particolare interesse l'accostamento della digestione anaerobica al trattamento della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU), in quanto costituisce una valida alternativa alla discarica. Nei primi anni, sono stati utilizzati i digestori wet (con concentrazioni di solidi totali inferiori al 10%), in quanto rappresentavano la tecnologia più diffusa, con ottime rese di produzione di metano. Avendo la FORSU valori di ST superiori a quelli previsti dai processi wet, risulta necessario pre-trattare il substrato in ingresso, tramite diluizione. Tale diluizione provoca la necessità di realizzare reattori con volumetrie consistenti, nonché la produzione di quantità considerevoli di digestato in uscita dal digestore, con il conseguente aumento dei costi di trattamento. A causa di tali svantaggi, si è pensato di utilizzare la tecnologia dei processi dry ($ST > 20\%$), che, con il passare degli anni, ha avuto la prevalenza su quella wet. Infatti, i processi dry, non prevedono diluizioni del substrato in ingresso; con il volume dei digestori e quantità di digestato, notevolmente inferiori rispetto ai processi wet. A dispetto di tali vantaggi, bisogna tener conto di produzioni di metano nettamente inferiori rispetto alle condizioni wet, determinate da forti fenomeni inibenti che intervengono durante la digestione.

Considerando le problematiche esposte, si è voluto comprendere nello specifico, tramite attività sperimentale svolta nel laboratorio, come il processo di digestione anaerobica vari al cambiare dell'umidità. Per fare ciò, sono state ricreate le condizioni operative di digestione anaerobica wet, semi-dry e dry valutando::

- il potenziale di produzione di metano delle miscele organiche inserite nei reattori;
- monitoraggio degli intermedi di reazione, per effettuare un'indagine approfondita delle fasi che caratterizzano la digestione anaerobica, allo scopo di individuare e valutare i fenomeni di inibizione
- valutazione del grado di abbattimento dei solidi totali e volatili (ST e SV), nonché del COD.

2. Attività sperimentale

Si è scelto di sottoporre al processo di digestione, due miscele organiche, accumulate dallo stesso inoculo, ma differenti per il substrato organico utilizzato:

- miscela 1: inoculo e paglia di riso, lentamente biodegradabile per la presenza di elementi insolubili, come la lignina;
- miscela 2: inoculo e FORSU.

Una volta caratterizzati l'inoculo e i substrati, valutando le concentrazioni di ST e SV, si è proceduto con la preparazione delle miscele organiche a differente contenuto di umidità, immettendo in ogni reattore 500 grammi di inoculo e fissando a 2 il rapporto tra i solidi volatili dell'inoculo e quelli del substrato, valore riscontrato in letteratura per prevenire le inibizioni all'interno del processo.

	U [%]	ST [%]	SV [%]	SV/ST
FORSU	75.79	24.21	23.33	0.96
Paglia di riso	8.82	91.18	78.61	0.86
Inoculo dry	82.18	17.82	12.98	0.72
Inoculo semidry	89.12	10.88	8.19	0.75
Inoculo wet	96.55	3.45	2.54	0.73

Tabella 1-Caratterizzazione inoculo e substrati

Le miscele presentano i seguenti valori di ST e SV:

SV (%)	3,75	11,68	17,98
ST (%)	4,85	14,86	23,41

Tabella 2-miscela inoculo/paglia di riso

SV (%)	3,62	10,45	15,23
ST (%)	4,52	12,87	19,21

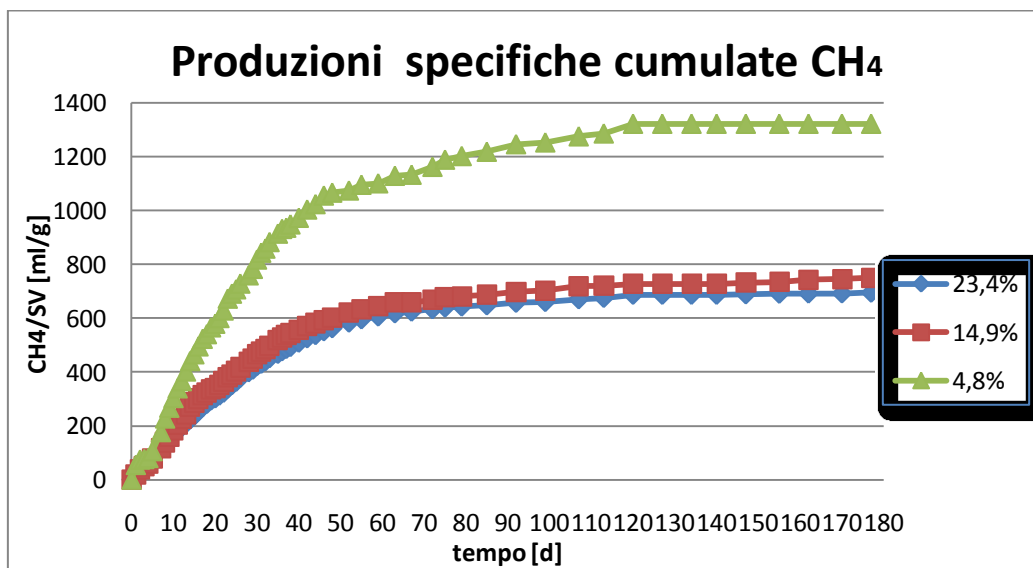
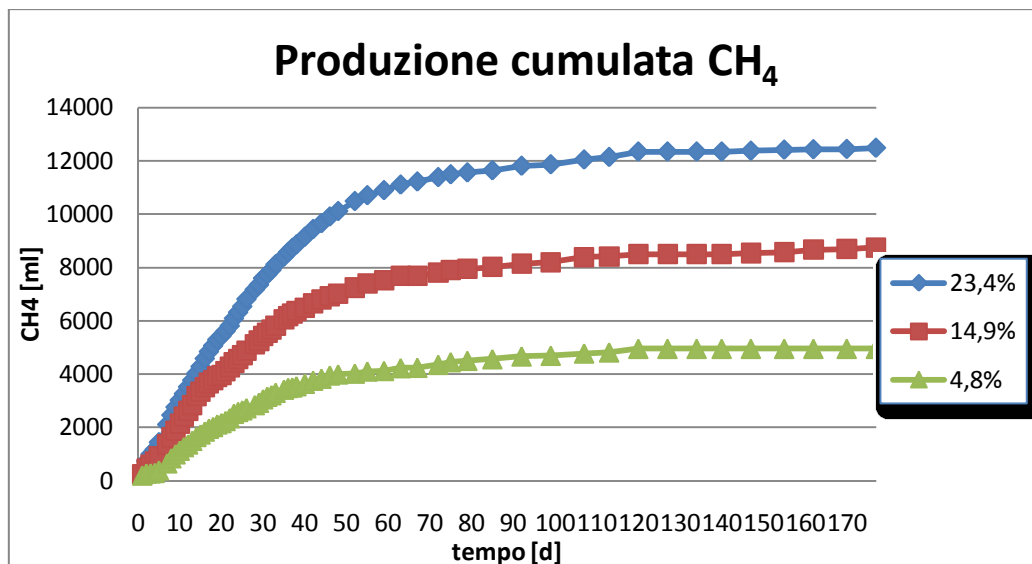
Tabella 3-miscela inoculo/FORSU

Le prove sono state condotte in doppio. I reattori sono stati immessi all'interno di bagni termostatici alla temperatura di 32 °C. I reattori sono stati appositamente configurati per consentire le misure di produzione del metano e realizzare il campionamento, necessario per effettuare le analisi degli intermedi di reazione.

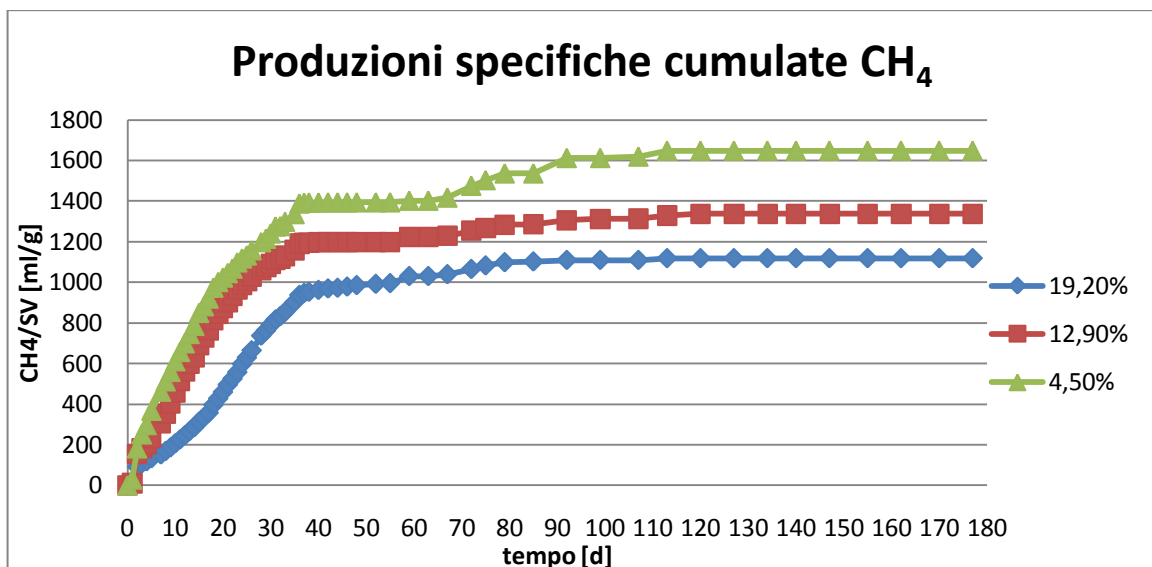
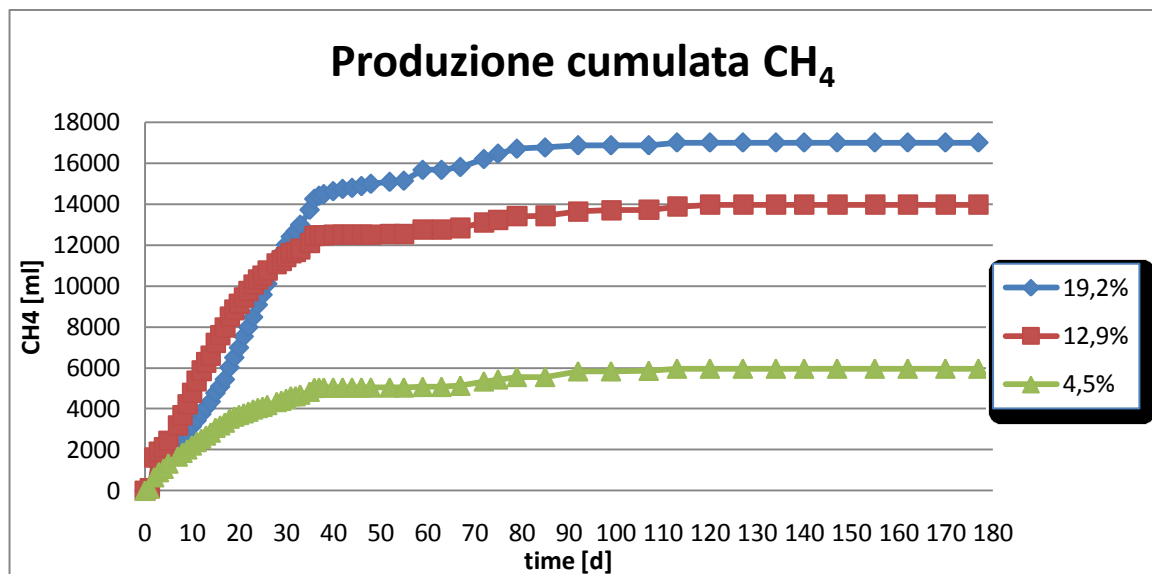
3. Risultati

Si riportano le curve relative alle produzioni cumulate e alle produzioni specifiche cumulate (rapportate al contenuto di SV) dei reattori a differente contenuto di ST:

- miscela inoculo/paglia di riso



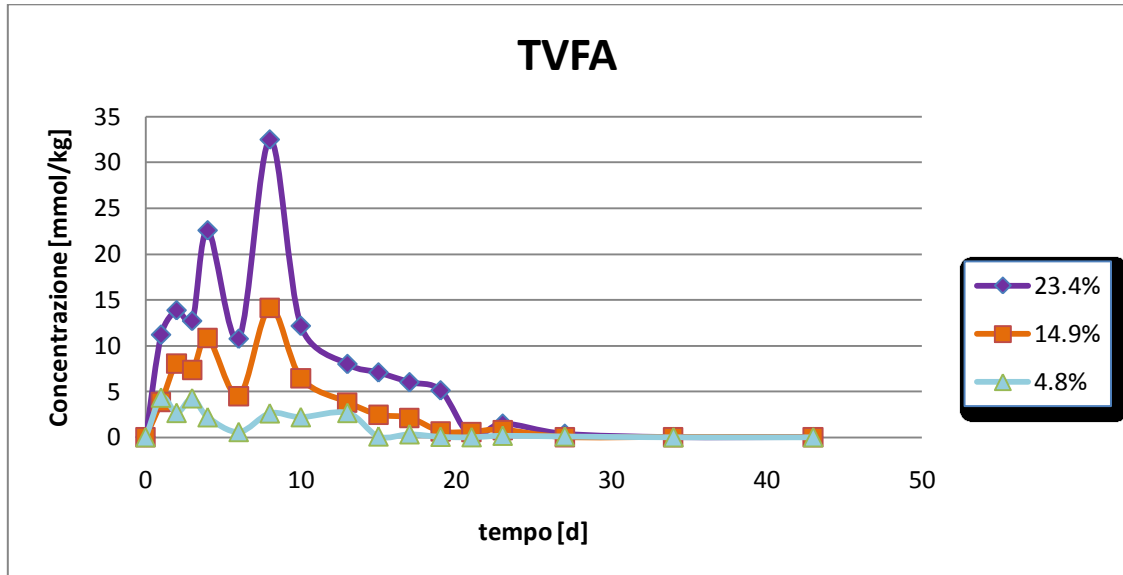
- miscela inoculo/FORSU:



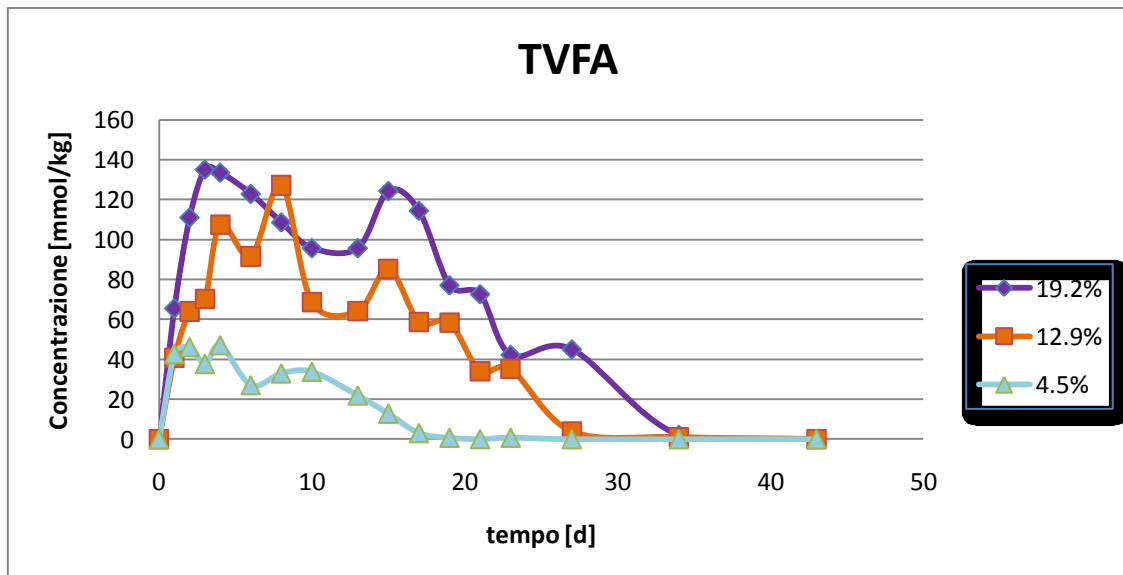
Considerazioni: si nota che la maggior produzione cumulata di metano è stata registrata dai reattori in condizione dry, con a seguire i reattori semi-dry e i reattori wet. Tali risultati rispettano le previsioni, in quanto i reattori con maggior concentrazione di SV hanno registrato una produzione maggiore. I risultati mostrati dalle produzioni specifiche, concordano con altri studi presenti in letteratura, i quali hanno riscontrato che, miscele organiche contenenti basse concentrazioni di solidi volatili, portano a produzioni cumulate specifiche maggiori. Secondo tali studi, tale comportamento è causato dall' influenza negativa che il basso contenuto di acqua, nel caso di miscele con alti valori di ST, ha sull' attività biologica dei batteri metanigeni.

Si riporta ora la variazione nel tempo della concentrazione dei TVFA (acidi volatili totali), utile per la comprensione degli intermedi di reazione:

- Miscela inoculo/paglia di riso:



- Miscela inoculo/FORSU:



Si nota, che la concentrazione dei TVFA va di pari passo con il contenuto di ST, abbinando i valori più alti ad alte concentrazioni di ST. Si può ipotizzare che le produzioni cumulate specifiche dei reattori dry siano inferiori, proprio a causa dell' eccessivo accumulo di acidi.

Infine, si è valutata la degradazione della sostanza organica a termine della prova per poter definire l'efficienza di tutte le tipologie di reattore. Si riporta l' abbattimento del COD e delle concentrazioni di ST e SV.

	23,4%	14,9%	4,8%
Abbattimento ST (%)	23	29	26
Abbattimento SV (%)	29	29	41
Abbattimento COD (%)	74	79	76

Tabella 4-miscela inoculo/paglia di riso

	19,2%	12,9%	4,5%
Abbattimento ST (%)	44	36	44
Abbattimento SV (%)	55	53	59
Abbattimento COD (%)	67	62	54

Tabella 5-miscela inoculo/FORSU

4. Conclusioni

Le prove BMP hanno restituito indicazioni simili per entrambe le miscele organiche. Infatti, le produzioni cumulate finali di metano maggiori, appartengono ai reattori dry, mentre per i reattori wet sono stati registrati i valori più bassi.

Rapportando le produzioni cumulate di CH₄ al contenuto di SV dei reattori, si nota come le condizioni wet presentino performance migliori rispetto alle condizioni dry. Le condizioni semi-dry, come valori di produzione specifica, presentano sempre valori intermedi. Nella miscela inoculo/paglia di riso, hanno un andamento pressoché identico alle condizioni dry.

L'analisi dei VFA ha mostrato come la concentrazione degli acidi volatili vada di pari passo con il contenuto dei ST, abbinando i valori più alti ad alte concentrazioni di ST. Si può ipotizzare che le produzioni cumulate specifiche dei reattori dry siano inferiori, proprio a causa dell'eccessivo accumulo di acidi.

L'accumulo dei TVFA avviene nel periodo di start-up del processo; si ipotizza, dunque, che il processo limitante nella fase iniziale della digestione anaerobica, sia la metanogenesi. Successivamente, con il consumo degli acidi volatili, l'idrolisi diventa il processo limitante.

Per quanto riguarda il grado di efficienza del processo, sono stati riscontrati simili percentuali di abbattimento dei SV, ST e COD in ogni reattore contenente la stessa miscela.