

Task 3.3: Nuovo prototipo di digestore a due stadi

3.3.1 Breve stato dell'arte e riferimenti alla valenza di innovazione scientifica, economica e sociale dell'azione (max 1 pagina)

Separando il processo della Digestione Anaerobia (DA) in due stadi distinti (2 digestori) e calibrando diversamente per ciascun digestore alcuni parametri operativi, quali il tempo di ritenzione idraulico ed il pH, è possibile ottimizzare i processi metabolici produttori di acidi grassi volatili e idrogeno in un primo reattore, e produrre metano in un secondo reattore, il tutto con l'aumento delle rese in biogas e della stabilità di processo (Liu et al. 2006, Ueno et al. 2007). La suddetta prima fase del processo, già conosciuta come *dark fermentation*, è considerata particolarmente interessante per la sua relativa semplicità ed i costi impiantistici ridotti se confrontati con altri processi biologici di produzione di idrogeno, quali la "foto-lisi" e la "foto-fermentazione" (Benemann 1996, Levin et al. 2004, K-Y Show et al 2011). Inoltre l'abbinamento della *dark fermentation* e della metanogenesi permette la produzione di una miscela di biogas contenente H₂ e CH₄ utilizzabile come carburante per motori a combustione interna di maggior valore rispetto al solo CH₄ prodotto in DA (Porpatham 2007).

Lo studio in laboratorio dei fattori influenzanti il processo di produzione dell'idrogeno ha permesso la produzione di modelli pilota per questa reazione, necessari per il passaggio alla scala industriale, alcuni dei quali in Italia (La Licata et al. 2008, Cavinato et al 2001, Oberti et al. 2013) rivolti alla co-digestione di frazioni organiche dei rifiuti solidi urbani o scarti orto frutticoli con fanghi di depuratori o con effluenti zootecnici.

Nell'ambito del progetto MiPAAF SOS-ZOOT, scheda MAREA, cui hanno partecipato CREA-ING e CREA-PCM, è stato progettato in collaborazione con l'ENEA, realizzato, e quindi installato presso l'azienda del CREA-PCM, un impianto pilota di digestione anaerobica a doppio stadio per la produzione separata di idrogeno e metano a partire da liquami bovini/bufalini e scarti agroindustriali (scotta e glicerolo). Tale sistema sembra poter valorizzare meglio siero e scotta il cui elevato tenore di molecole fermentescibili ad alto contenuto energetico nella DA tradizionale può portare all'aumento di concentrazione degli acidi grassi volatili con conseguente blocco della metanogenesi, infatti nei digestori anaerobici monostadio siero e scotta sono utilizzati in co-digestione in percentuali molto basse; inoltre, aumentando le resa complessiva di biogas, valorizza ancor di più l'effluente zootecnico, che pur essendo un ottimo substrato per la DA, ha un minore potenziale metanigeno rispetto a quello di colture dedicate (mais e cereali).

L'attuale quadro normativo relativo agli incentivi per gli Impianti di produzione di energia alimentati da fonti rinnovabili (IAFR), nel caso del biogas favorisce quelli che utilizzano effluenti zootecnici e scarti agroindustriali rispetto a quelli che utilizzano colture dedicate. La disponibilità di impianti bi-stadio per la produzione di H₂ e CH₄, con rese in biogas più elevate di biogas rispetto ai tradizionali ed incentivi economici maggiori dovuti all'impiego di effluenti e sottoprodotti, potrebbe aiutare allevamenti, allevamenti con caseifici aziendali e perfino caseifici ad aumentare il loro reddito e contribuire parzialmente a mitigare l'impatto ambientale di tali attività.

3.3.2 Profilo ed esperienza dei proponenti e partecipanti in relazione all'attività (riportare anche max 5 pubblicazioni in totale) (max 1 pagina)

Task leader:

Serafino Concetti - UO CREA-PCM, Tecnologo, Laureato in Sc. Agrarie. Esperienza professionale: Responsabile per il CREA-PCM del progetto finanziato dal MiPAAF "SOS-ZOOT Sviluppo di modelli zootecnici ecocompatibili ai fini della sostenibilità. Sottoprogetto MAREA "Idrogeno e metano da effluenti zootecnici".

Partecipanti:

Francesco Gallucci - UO CREA-ING, (vedi Paragrafo 1.8, pag. 22).

Pubblicazioni

- Concetti S., Chiariotti A., Patriarca C., Marone A., Varrone C., Contò G., Cali M., Signorini A. 2013. Biohydrogen production from buffalo wastewater codigested with agroindustrial by-products in an anaerobic reactor. Buffalo Bull. Jour.32 (special issue).

3.3.3 Obiettivi della task

Nell'ambito del progetto MiPAAF SOS-ZOOT, scheda MAREA, cui hanno partecipato CREA-ING e CREA-PCM è stato progettato, realizzato, quindi installato presso l'azienda del CREA-PCM, un impianto pilota di digestione anaerobica a doppio stadio nel quale avviene una produzione separata di idrogeno e metano a partire da liquami e scarti caseari. Il processo è stato testato in laboratorio e l'impianto, per il quale è in corso una domanda di brevetto ("procedimento ed impianto per la produzione di idrogeno e metano da effluenti zootecnici" n. TO2013A000227), ha dato risultati incoraggianti anche in termini di interesse da parte dell'industria. Tuttavia il reattore nella sua attuale conformazione può essere alimentato solo con substrati a basso tenore di Solidi Totali (< 5%), in cui le particelle e gli aggregati della frazione in sospensione abbiano dimensioni inferiori a 2-3 mm, limiti che mal si conciliano con le caratteristiche degli effluenti zootecnici, in particolare del refluo delle stalle di bovine e di bufale da latte. Il task si pone l'obiettivo di rivedere il prototipo e superare le criticità emerse migliorandone sostanzialmente le performances intese come ampliamento della gamma di substrati (biomasse) impiegabili, e di aumentarne la flessibilità ampliando della possibilità di variare i parametri di processo.

Obiettivi specifici

Gli obiettivi specifici della task saranno i seguenti

1) L'allestimento e la messa in funzione, attraverso l'ammodernamento (*revamping*) del prototipo realizzato col progetto SOSZOOT – MAREA, un impianto prototipale costituito da due reattori continui a serbatoio agitato (CSTR ovvero Continuous-flow Stirred-Tank Reactor) posti in serie, con ampia flessibilità dei parametri chimico-fisici di processo, quali tempo di ritenzione idrica (HRT), tasso di carico organico (OLR), temperatura, pH, in grado di produrre sia biogas contenente elevate concentrazioni di H₂, sia biogas contenente CH₄, grazie alla co-digestione di una miscela di e scarti caseari (scotta) e reflui zootecnici.

In questa fase sarà determinante poter collaborare, sulla base di apposite convenzioni, con industrie interessate e motivate ad affrontare il tema e competenti per loro precedenti esperienze nel settore.

In particolare la ditta COMECO srl di Rieti, ha già maturato per proprio conto esperienza ingegneristica e realizzativa per impianti di DA bi-stadio, mentre la ditta Polineo sas di Patumi Andrea & C. di Terni ha già maturato esperienza nella parte di controllo automatico di gestione di questo tipo di impianti. Altra ditta in possesso di competenze specifiche e che potrebbe essere coinvolta in una collaborazione per la costruzione del prototipo è la ditta Biogas Eiroa Srl di Faenza.

2) La definizione delle ottimali condizioni operative, anche al fine di produrre dati certi e affidabili per analisi di fattibilità di impianti operativi, nell'ambito dei diversi schemi funzionali :

a. Fermentazione in doppio o singolo stadio con fasi idrolitica, acidogenica ed acetogenica in un reattore e fase metanigena in un secondo reattore, ovvero in unico reattore; in condizioni di mesofilia (opzione preferenziale) o di termofilia (parziale e/o totale);

b. Co-digestione o meno di liquame proveniente da stalla per bovine/bufale da latte e scotta proveniente trasformazione casearia di latte, ed eventualmente di altri scarti d'allevamento e dell'agro-industria;

c. Produzione e raccolta separata di biogas contenente H₂ e di biogas contenente CH₄, ovvero miscela dei due tipi di biogas; produzione di solo biogas contenente CH₄.

3) La verifica su scala pilota dei risultati di laboratorio ottenuti dal task 3.A.1), in particolare delle ottimali concentrazioni dei substrati in co-digestione ed il miglioramento indotto dall'impiego di inoculi selezionati.

4) La valutazione degli effettivi vantaggi del processo bi-stadio su quello mono-stadio, quali maggiore resa energetica, riduzione dei tempi di ritenzione idrica, più elevati tenori di scorta (scarti caseari) nella miscela di substrati in co-digestione.

5) La messa a punto delle condizioni di processo, in stretta relazione allo svolgimento della task 6.C.1, che danno origine alla miscela di biogas con il miglior rapporto H₂/CH₄/CO₂.

3.3.4 Descrizione delle attività che saranno sviluppate nella task

Al fine di perseguire gli obiettivi prima descritti le attività della task, saranno articolate in 2 linee di seguito specificate:

1. Realizzazione di un prototipo di digestore bi-stadio e bi-fase ad elevato grado di automazione nella regolazione dei parametri di processo. Trattandosi di un prototipo complesso sia dal punto di vista idraulico che per i sistemi di controllo automatico necessari, andranno affrontati problemi di ingegnerizzazione e costruttivi che richiedono competenze molto particolari. Si ritiene perciò necessario attivare collaborazioni regolate da apposite convenzioni con le ditte COMECO S.r.l. di Rieti, che ha già maturato per proprio conto esperienza ingegneristica e realizzativa per impianti pilota di DA bi-stadio e Polineo sas di Terni, che ha già maturato esperienza nella parte di controllo automatico di gestione di questo tipo di impianti. Altra ditta in possesso di competenze specifiche e che potrebbe essere coinvolta in una collaborazione per la ricostruzione del prototipo è la ditta Biogas Eiroa Srl di Faenza (RA). In particolare si procederà a:

a. Revisione critica dell'attuale impianto, definizione delle modifiche da apportare per renderlo più preciso nelle misurazioni e più flessibile nella gestione, individuazione delle tecnologie, scelta delle apparecchiature, delle componenti e dei materiali da impiegare, stesura di uno schema di massima (lay-out) del prototipo;

b. Ricostruzione dell'impianto, ampliamento dell'automazione dei processi e inserimento della possibilità di controllo remoto, tramite acquisto diretto delle componenti aggiuntive e dei materiali necessari ed assemblaggio affidato a ditte convenzionate.

2. Ottimizzazione del processo di Digestione Anaerobica, mediante verifica delle indicazioni provenienti dalle attività previste nella task 3.A.1 (effettuate in laboratorio) e valutazione dei prodotti ottenibili dal funzionamento a regime dell'impianto:

a. Messa in funzione e conduzione testando i diversi substrati (reflugo zootecnico, scorta ecc.);

b. Monitoraggio delle condizioni di processo (T°, pH, Pressione, tempi di ritenzione idraulica, carico organico), degli input (quantità e qualità dei substrati) e degli output (biogas prodotto, digestato); messa a punto dell'impianto, variando la tipologia di alimentazione, anche a seconda dei risultati ottenuti in laboratorio, e i parametri operativi;

c. Caratterizzazione chimico-fisica dell'input e dei prodotti intermedi, con particolare riguardo al contenuto di Acidi Grassi Volatili (AGV), da determinare con cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC), nel digestato del primo reattore (substrato del secondo), in quanto indicativo dell'andamento del processo di *dark fermentation* e fondamentale per la produzione di metano nel secondo;

d. Caratterizzazione qualitativa dei biogas prodotti, attraverso analizzatore in continuo con celle ad InfraRossi ed elettrochimiche ovvero con GasCromatografo (GC), e del digestato attraverso

la determinazione dei Solidi Volatili (SV) ovvero della Domanda Chimica di ossigeno (COD) e degli AGV residui;

e. Valutazione del “biopotenzialeH₂” e del residuo biopotenzialeCH₄ di effluenti zootecnici e scarti agroindustriali impiegati in co-digestione nel prototipo;

f. Trattamento ed accumulo dei biogas prodotti, in stretta connessione con la task 6.C.1 per l'utilizzo in motorizzazioni sperimentali.

3.3.5 Descrizione degli output della task (deliverable)

D.3.3.1: Output dell'attività sulla linea 1:

- Relazione analitica delle scelte tecniche e specifiche per la revisione e ricostruzione dell'impianto pilota;
- schema di massima (*lay-out*) del prototipo;
- ISTALLAZIONE e messa in funzione di impianto pilota bi-stadio per la produzione di idrogeno e metano.

D.3.3.2 Output dell'attività sulla linea 2:

- Manuale descrittivo delle funzionalità dell'impianto;
- Relazione tecnica relativa alle performance dell'impianto pilota;
- Upgrading dei risultati di laboratorio a scala di impianto pilota (Task 3.1)
- produzioni di biogas e digestato da utilizzare in altre task;

D.3.3.3 Output di tutta la task:

- Analisi della fattibilità economica della realizzazione dell'impianto su scala industriale attraverso l'elaborazione dei risultati ottenuti con il pilota; l'analisi prenderà in considerazione le apparecchiature, le soluzioni tecniche principali e i costi di impianti industriali di varie taglie in grado di trattare i substrati analizzati. Saranno inoltre considerati i possibili ricavi sia derivanti da vendita di energia prodotta, sia da incentivi, sia da risparmi su spese dovute;
- relazione finale che riassumerà tutto il lavoro svolto.

3.3.6 Articolazione temporale delle attività e dei deliverable previsti nella task (Gantt)

	Linea Attività	Attività		Deliverable	
		sigla	Descrizione		
Quadrimestri	1	1	1-a	Revisione impianto attuale	D.3.3.1
	2	1	1-a	Revisione impianto attuale e definizione modifiche	D.3.3.1
	3	1	1-a	Definizione modifiche	D.3.3.1
	4	1	1-a	Scelta apparecchiature, componenti e materiali	D.3.3.1
	5	1	1-b	Ricostruzione impianto (meccanica)	D.3.3.1
	6	1	1-b	Ricostruzione impianto (meccanica)	D.3.3.1
	7	1	1-b	Completamento automazione e controllo remoto	D.3.3.1
	8	1	1-b	Settaggio strumenti di controllo dei parametri di funzionamento	D.3.3.1
	9	2	2-a, 2-b, 2-c, 2-d	Messa in funzione e conduzione dell'impianto con diversi substrati, Monitoraggio, caratterizzazione chimico-fisica input e prodotti intermedi, analisi qualitativa output	D.3.3.1

10	2	2-a, 2-b, 2-c, 2-d	Conduzione e Monitoraggio impianto, caratterizzazione chimico-fisica input e prodotti intermedi, analisi qualitativa output	D.3.3.2
11	2	2-a, 2-b, 2-c, 2-d, 2-e	Conduzione e Monitoraggio impianto, caratterizzazione chimico-fisica input e prodotti intermedi, analisi qualitativa output, valutazione biopotenziale H ₂ -CH ₄	D.3.3.2
12	2	2-a, 2-b, 2-d, 2-e, 2-f	Conduzione e Monitoraggio impianto, analisi qualitativa output, valutazione biopotenziale H ₂ -CH ₄ , trattamento ed accumulo biogas per utilizzo in task 6.C.1	D.3.3.2
13	2	2-f	Trattamento ed accumulo biogas per utilizzo in task 6.C.1	D.3.3.2
14	2		Valutazione biopotenziale metanigeno ed idrogenogenico dei substrati testati	D.3.3.2
15			Relazione di fine progetto	D.3.3.3

3.3.7 Risultati attesi, ricadute e benefici, ostacoli prevedibili ed azioni correttive

I risultati attesi dalla realizzazione del prototipo sperimentale sono la conferma in scala pilota delle evidenze di laboratorio, la definizione dell'operatività in scala reale per la gestione di impianti bi-stadio per la produzione di idrogeno e metano, il contributo all'individuazione delle soluzioni impiantistiche adottabili su scala industriale, in ultimo la verifica, avendo simulato in modo inequivocabile le dinamiche degli impianti a scala reale, della fattibilità tecnico/economica della valorizzazione energetica di effluenti zootecnici e sottoprodotti agroindustriali tramite *dark fermentation* abbinata a digestione anaerobica.

La realizzazione del prototipo darà quindi indicazione degli effettivi costi per il passaggio alla produzione su scala industriale di reattori bi-stadio e bi-fase.

Rischi possibili: difficoltà di tipo ingegneristico nell'ottimizzazione dell'impianto per il funzionamento in continuo dell'impianto. Azione correttiva: progettazione "iterativa" nel senso della continua verifica della funzionalità delle singole componenti.

Un altro rischio possibile potrebbe essere dovuto alla necessità di adottare soluzioni impiantistiche diverse da quelle utilizzabili su scala reale, a causa delle limitate dimensioni dell'impianto pilota, con conseguenti condizioni operative non perfettamente comparabili; azione correttiva: attenta analisi delle soluzioni tecnologiche disponibili e scelta di quelle che possono essere riprodotte in scala reale ovvero di quelle in cui le differenze tra le condizioni operative in scala pilota e reale siano valutabili e misurabili.

3.3.8 piano di sfruttamento e divulgazione dei risultati

Modalità di diffusione dei risultati;

I risultati saranno divulgati mediante:

- pubblicazioni sulle principali riviste nazionali ed internazionali;
- presentazione dei risultati a congressi nazionali ed internazionali;
- organizzazione di almeno 1 giornata dimostrativa agli stakeholders;

3.3.9 Tabelle delle richieste finanziarie per singola azione

Tabella 3.3.9.1: Attrezzature tecnico-scientifiche di cui si richiede il finanziamento.

Tabella 3.3.9.2: Richiesta complessiva di finanziamento per la task.