

**Al Direttore del CIABC**

**Al RAD del CIABC**

Con la presente, il sottoscritto prof. Mauro Majone, in qualità di responsabile scientifico della borsa di studio dal titolo "Purificazione di biogas mediante sistemi bioelettrochimici" (Profit. 25 del 28/10/2015 Repertorio 1/2015), propone il rinnovo per ulteriori 6 mesi della borsa di studio del dott. Marco Zeppilli per il proseguimento dell'attività sperimentale sul progetto.

Come la precedente, il rinnovo della borsa di studio "Purificazione di biogas mediante sistemi bioelettrochimici" sarà finanziato mediante i fondi Italferr di cui il sottoscritto è titolare.

Si allega alla presente richiesta la relazione scientifica dei primi 6 mesi di attività sperimentale.

**Roma, 13/06/2016**

**In fede**

**Prof. Mauro Majone**



**Relazione scientifica primo semestre progetto "Purificazione di biogas mediante sistemi bioelettrochimici" (Profit. 25 del 28/10/2015 Repertorio 1/2015)**

Il biogas è il prodotto principale del processo di digestione anaerobica ed è una miscela costituita principalmente da anidride carbonica e metano (20-40% - 80-60 %). Mediante i processi di purificazione ed upgrading il biogas può essere trasformato in biometano, un analogo del gas naturale compresso (CNG). Nonostante esistano numerose soluzioni tecnologiche in commercio, l'upgrading del biogas risulta economicamente vantaggioso solo per grandi impianti o per impianti centralizzati. Un potenziale processo innovativo per l'upgrading del biogas è l'utilizzo di una cella di elettrolisi microbica (MEC) indirizzata al processo di bioelettrometanogenesi. Mediante l'utilizzo di colture microbiche capaci di interagire con elettrodi polarizzati, anche denominate colture elettroattive, nella MEC oggetto della ricerca, la rimozione di sostanza organica di scarto nel comparto anodico è accoppiata alla riduzione della  $CO_2$  a  $CH_4$  nel comparto catodico. Nell'ambito dell'attività sperimentale, una MEC in scala laboratorio del volume di circa 2 litri è stata utilizzata per esplorare diverse condizioni operative del processo di bioelettrometanogenesi. La MEC, veniva alimentata in continuo con substrati sintetici all'anodo (peptone, estratto di lievito, glucosio, acetato) a simulare una composizione media della frazione solubile del COD contenuto in una acqua reflua civile, e con una miscela di  $CO_2/N_2$  (70-30 % v/v) al catodo a simulare un biogas influente. L'anodo e il catodo erano separati da membrane a scambio protonico (PEM) o anionico (AEM), le quali assicuravano il trasporto di protoni/cationi e anioni, rispettivamente, per il mantenimento dell'elettro-neutralità della MEC. Le prestazioni della MEC sono state valutate considerando la rimozione del COD influente all'anodo, la rimozione della  $CO_2$  e la produzione di  $CH_4$  al catodo, nonché l'efficienza delle reazioni elettrochimiche di ossidazione (efficienza coulombica, CE) e di riduzione (efficienza di cattura catodica, CCE); infine, mediante il bilancio energetico sono stati elaborati i dati relativi ai consumi energetici per le singole operazioni del processo, nonché l'efficienza energetica del processo (energia recuperata sotto forma di metano vs energia spesa sotto forma di potenziale elettrico).

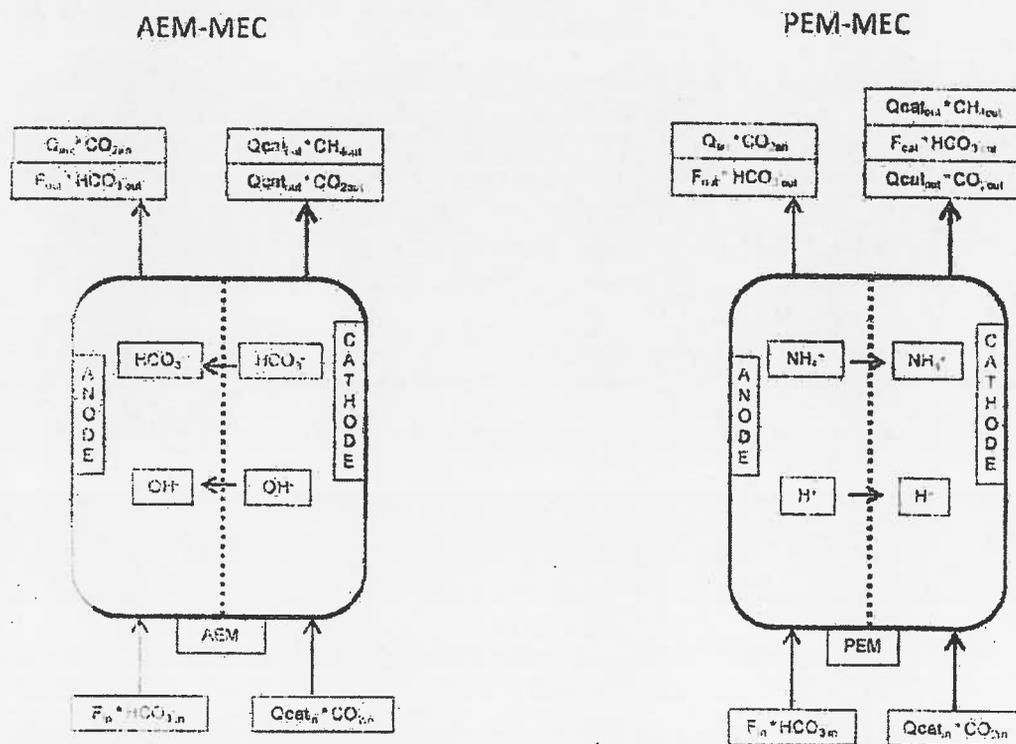


Figura1: rappresentazione schematica dei flussi di carbonio inorganico nella AEM-MEC e nella PEM MEC

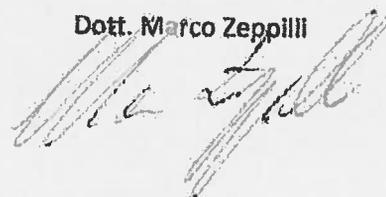
Particolare attenzione è stata rivolta allo studio del comparto catodico, nel quale sono concentrati i meccanismi di rimozione della  $CO_2$  necessari ad effettuare l'upgrading del biogas. Nel comparto catodico è stato possibile individuare due meccanismi principali che consentono di rimuovere la  $CO_2$  influente; oltre alla riduzione di  $CO_2$  a  $CH_4$  infatti, il meccanismo principale di rimozione risultava l'assorbimento della  $CO_2$  sotto forma di ione  $HCO_3^-$  dovuto alla generazione di alcalinità netta nella camera catodica, quest'ultima a sua volta generata da fenomeni legati al trasporto ionico di altre specie oltre i protoni e gli ossidrili per il mantenimento dell'elettroneutralità. Mediante l'utilizzo di due configurazioni di MEC dotate di membrane a scambio protonico (PEM-MEC) e anionico (AEM-MEC), è stato possibile caratterizzare e quantificare i meccanismi coinvolti nella rimozione della  $CO_2$ ; mentre la AEM-MEC ha dato prestazioni maggiori sia in termini di rimozione della  $CO_2$  (grazie al doppio meccanismo di diffusione molecolare e trasporto attivo dello ione bicarbonato) sia in termini di consumo energetico inferiore (dovuto alla minor resistenza offerta dalla membrana AEM), la PEM-MEC permetteva produzioni di metano superiori. Per rafforzare i dati ottenuti riguardanti i fenomeni di diffusione, mediante test in batch condotti in cellette ad H, sono stati determinati i coefficienti di diffusione molecolare attraverso le membrane PEM ed AEM per la specie  $HCO_3^-$  in presenza ed in assenza di passaggio di corrente; i coefficienti ottenuti permettevano a loro volta di rafforzare la descrizione dei meccanismi legati all' $HCO_3^-$  osservati. L'elaborazione dei dati relativi alla rimozione della  $CO_2$  nella PEM-MEC vs AEM-MEC sono stati oggetto di pubblicazione su rivista ISI Zeppilli et al 2016.

Zeppilli M, Lai A, Villano M, Majone M Anion vs Cation exchange membrane strongly affect mechanisms and yield of  $CO_2$  fixation in a microbial electrolysis cell. Chemical Engineering Journal. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.06.020>

Data

10/06/2016

Dott. Marco Zeppilli



Con la presente si approva il contenuto della relazione scientifica.

Data

10/06/2016

Prof. Mauro Majone

