

Roma – 13 dicembre 2011

**Sistemi a celle a combustibile ad alta
temperatura alimentati a biogas**



M. Scagliotti e C. Valli

Schema della presentazione

- Progetto Biomasse di RSE (2009-12)
- Biogas e celle a combustibile: criticità
- Laboratorio mobile di RSE per prove in campo
- Primi risultati di laboratorio
- Sviluppi futuri

Progetto Biomasse di RSE (2009-12)

PROGETTO 7 - STUDI SULLA PRODUZIONE LOCALE DA BIOMASSE E SCARTI

L'obiettivo generale del progetto è fornire supporto allo sviluppo della generazione elettrica a partire da biomasse, indagando le principali problematiche impiantistiche, promuovendo lo sviluppo di tecnologie innovative e garantendone nel contempo la compatibilità ambientale.

Progetto Biomasse di RSE (2009-12)

Linea di attività 1: Sviluppo di tecnologie e impianti pilota

- Studio delle problematiche di corrosione, monitoraggio on-line in impianti di co-combustione carbone - biomasse/CSS (Combustibili Solidi Secondari).
- Studio di fattibilità di un ciclo integrato ORC (Organic Rankine Cycles) – microturbina.



- Cicli che sfruttano biomasse legnose con sistemi integrati ORC – microturbine a gas.

Progetto Biomasse di RSE (2009-12)

Linea di attività 1: Sviluppo di tecnologie e impianti pilota

- Sperimentazione di monocelle MCFC.
- Pulizia del biogas da digestore anaerobico per l'accoppiamento a celle a combustibile.
- Sperimentazione in campo presso digestore.
- Partecipazione ad attività di standardizzazione su celle a combustibile.



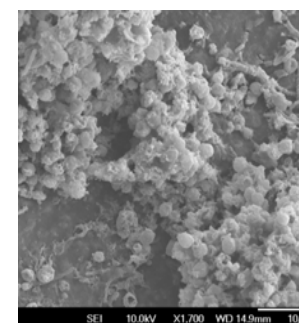
COMITATO
ELETTROTECNICO
ITALIANO



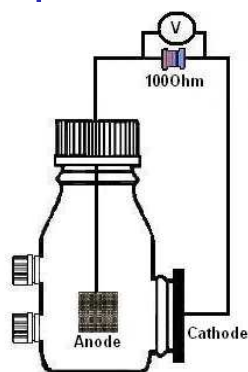
Progetto Biomasse di RSE (2009-12)

Linea di attività 2: Compatibilità ambientale dell'utilizzo delle biomasse

- Studi sulla compatibilità ambientale delle biomasse, impatto ambientale, linee guida per la valutazione della sostenibilità.
- Celle a combustibile microbiche, studio multidisciplinare sulla possibilità di utilizzare batteri per la produzione di potenza elettrica.



Biocatodo



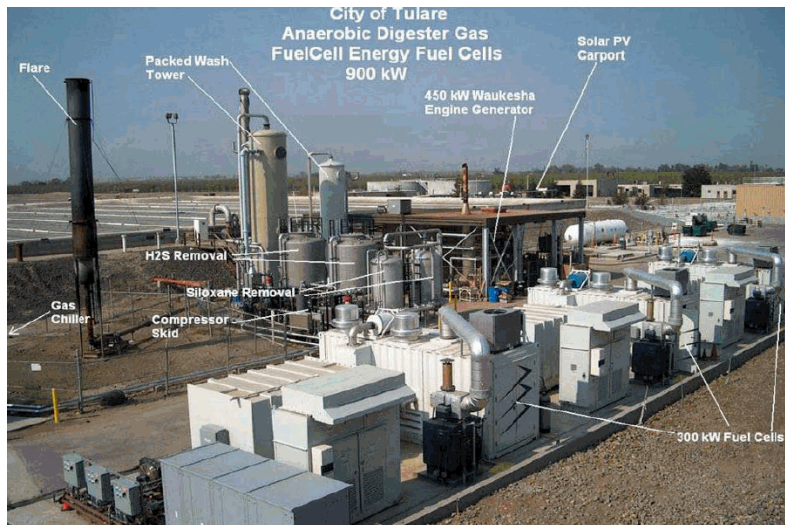
Biocatodo esposto all'aria (catodo con uno strato di grafite microporosa senza platino, con caratteristiche che facilitano l'insediamento batterico)



Biogas e celle a combustibile

Prime sperimentazioni negli anni novanta con unità PAFC da 200 kWe.

Numerose campagne sperimentali con sistemi di potenza a celle a carbonati fusi MCFC negli ultimi dieci anni.



MCFC da 900 kWe (FCE) a Tulare



PAFC UTC a Portland

Circa 10% della potenza installata da Fuel Cell Energy (MCFC) utilizza biogas o gas da trattamento acque reflue.

Biogas e celle a combustibile: criticità

- Basso potere calorifico (alte concentrazioni di anidride carbonica).
- Presenza di contaminanti, ad es. H_2S , che possono danneggiare catalizzatori, cella e componenti di impianto.
- Variabilità nel tempo (infrasettimanale, stagionale, ...) della composizione del biogas e del contenuto di impurezze.

Necessità di sperimentazioni in campo su biogas reale.

Progetto di Laboratorio mobile celle a biogas di RSE

- Ricerca di un impianto di trattamento rifiuti (digestore)
- Esame principali caratteristiche del biogas disponibile.
- Scelta del sistema a cella a combustibile
- Scelta del sistema di desolfurazione
- Prove di laboratorio sul sistema di desolfurazione e sulla cella con biogas simulato e successivo scale-up.
- Progetto dell'impianto ed acquisto dei componenti ausiliari.
- Valutazione rischi e classificazione aree.
- Realizzazione del Laboratorio mobile (in corso).
- Collaudi (gennaio 2012).
- Sperimentazione in campo (febbraio 2012 - ...).

Laboratorio mobile di RSE per prove in campo

Centro Biotrattamenti di ETRA a Camposampiero (Padova)

Rifiuti trattati: umido di origine domestica, fanghi biologici, liquami zootecnici, ...



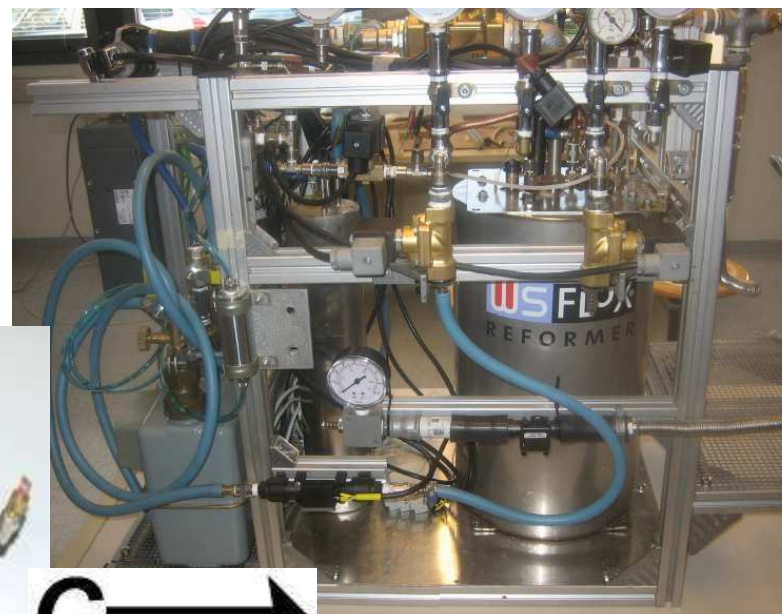
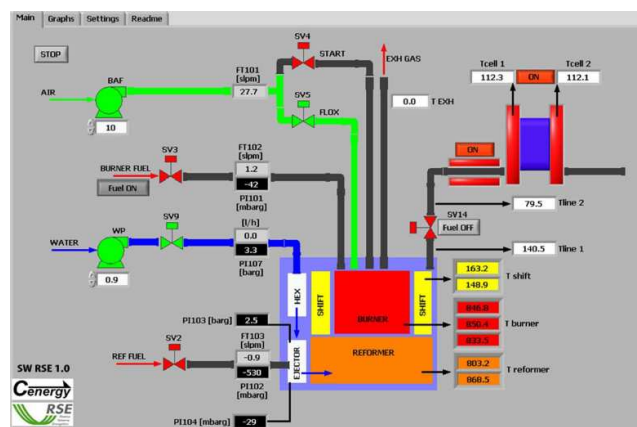
Vista aerea Centro Biotrattamenti di ETRA

- Digestore “wet” in regime termofilico (processo Linde).
- Circa 3 M.ni di Nm³ di biogas/anno.
- Resa di circa 170 Nm³ di biogas/t rifiuti trattati.
- Biogas: 60% CH₄, 40% CO₂, 0.4% O₂
- Biogas desolfurato per uso in motore a combustione interna (H₂S residuo tra 200 e 500 ppmv). Silossani assenti.

Disponibilità massima di biogas per Laboratorio mobile RSE di circa 40 Nm³/giorno.

Sistema a cella a combustibile

- Fornitore: Cenergy (spin off Università di Trieste)
- Stack: HTPEM (membrana PBI BASF; T=170 °C)
- Reformer: steam reformer (WSFloX; per LPG, NG, Biogas)
- Potenza: 500 We
- Q_{\max} gas: 2.5 Nm³/h
- Raffreddamento: aria
- Max H₂S: 1 ppmv



Cenergy

Biofiltro a percolazione

- Fornitore: Profactor (Steyr, Austria)
- Batterio: *Thiobacillus ferrooxidans*
- Max H₂S in: 500 ppm
- H₂S out: <1 ppm
- P_{max}: 200 mbar
- Temperatura: 20-35 °C
- Q_{max} gas : 2 Nm³/h
- Potenza: 450 W
- pH: 1.4 (min 1.2)



Circa 60 L di soluzione percolata contenente H₂SO₄, FeSO₄·7H₂O, additivi.

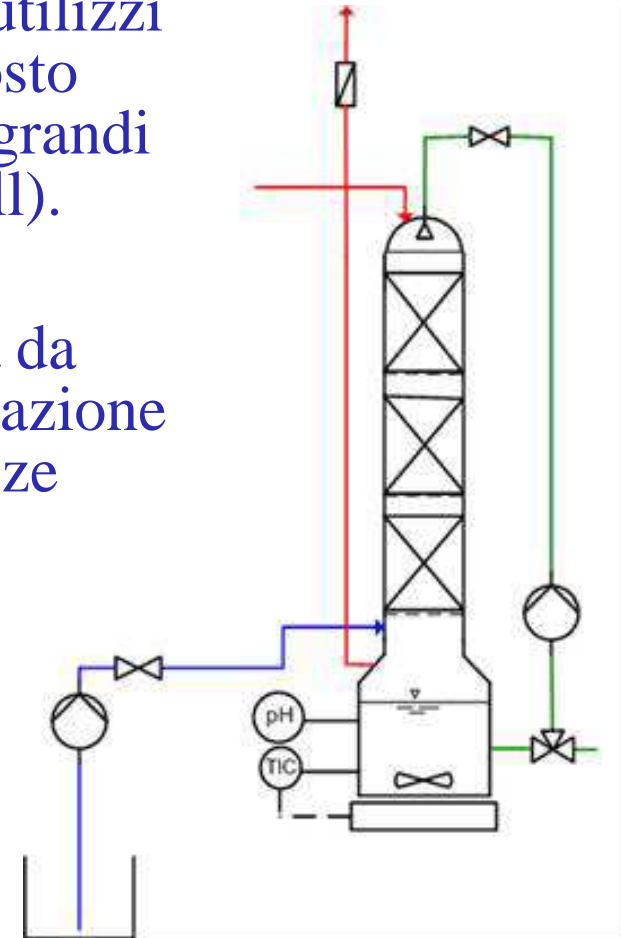


 **PROFACTOR**[®]

Processi biologici per la rimozione di H₂S da biogas

- Vantaggi: bassi consumi energetici, minimi utilizzi di prodotti chimici (nutrienti), nessun composto pericoloso, costo contenuto, possibili anche grandi impianti in pressione (es. THIOPAQ[®] – Shell).
- Criticità: efficienza abbattimento influenzata da pH, colonia batteri richiede continua alimentazione (biogas, nutrienti, ambiente umido), impurezze nocive.

Sistema Shell-Paques ad alta pressione per gas naturale (1 t di zolfo/ giorno).



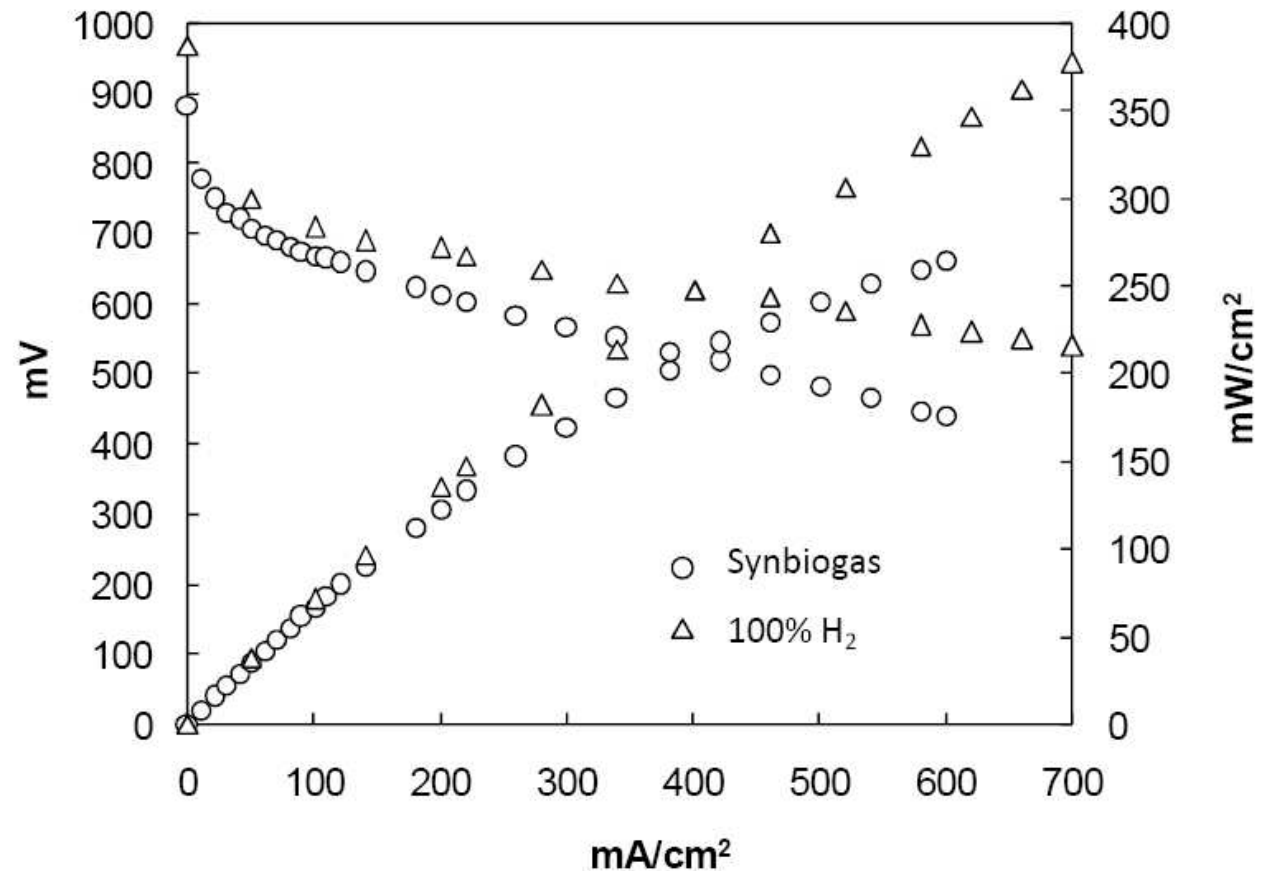
Biofiltro a percolazione

Risultati di laboratorio su monocella e piccoli stack

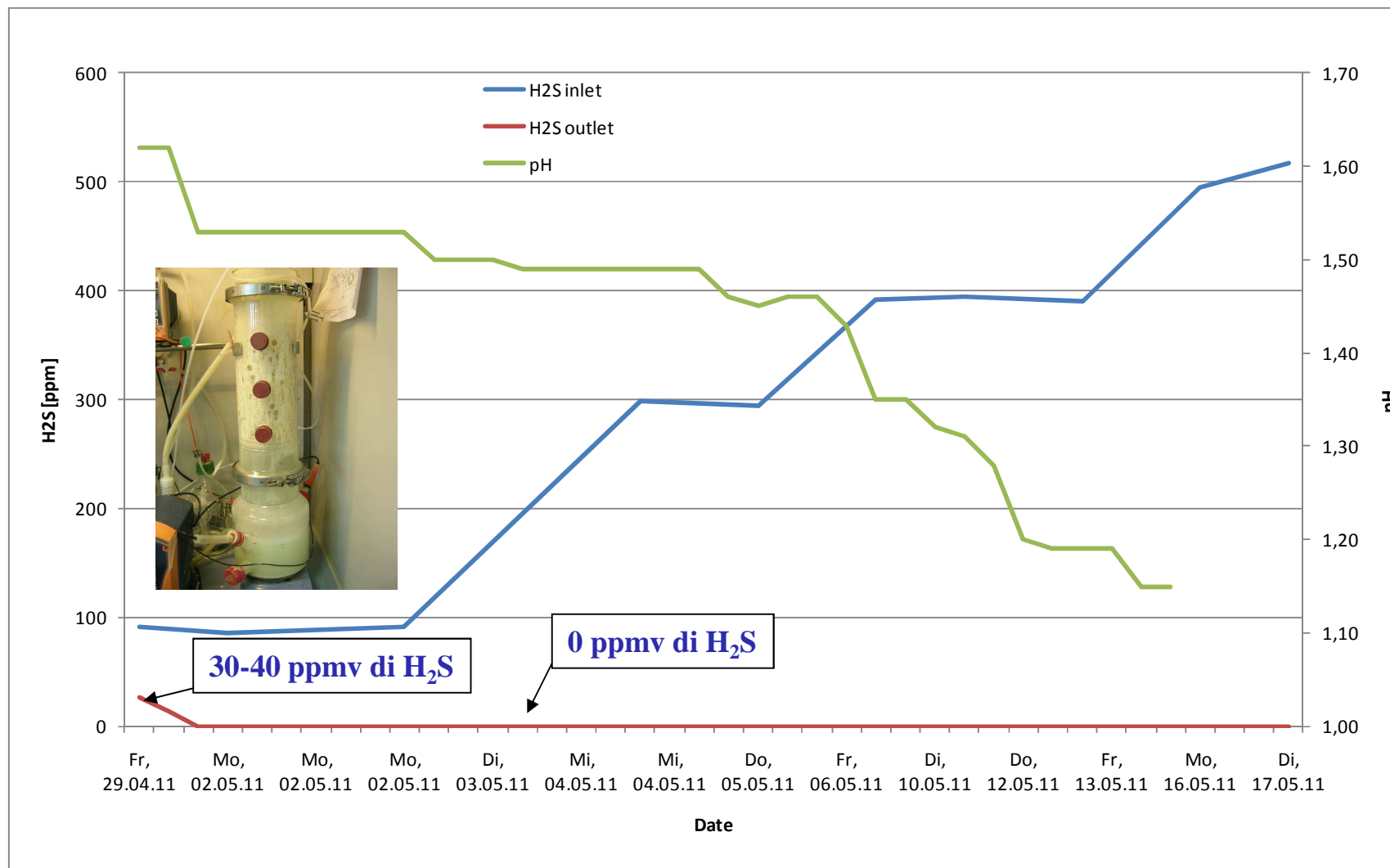
Cella HT-PEM (160°C).

Curve di polarizzazione con idrogeno puro e biogas simulato (CO: >1% nel riformato).

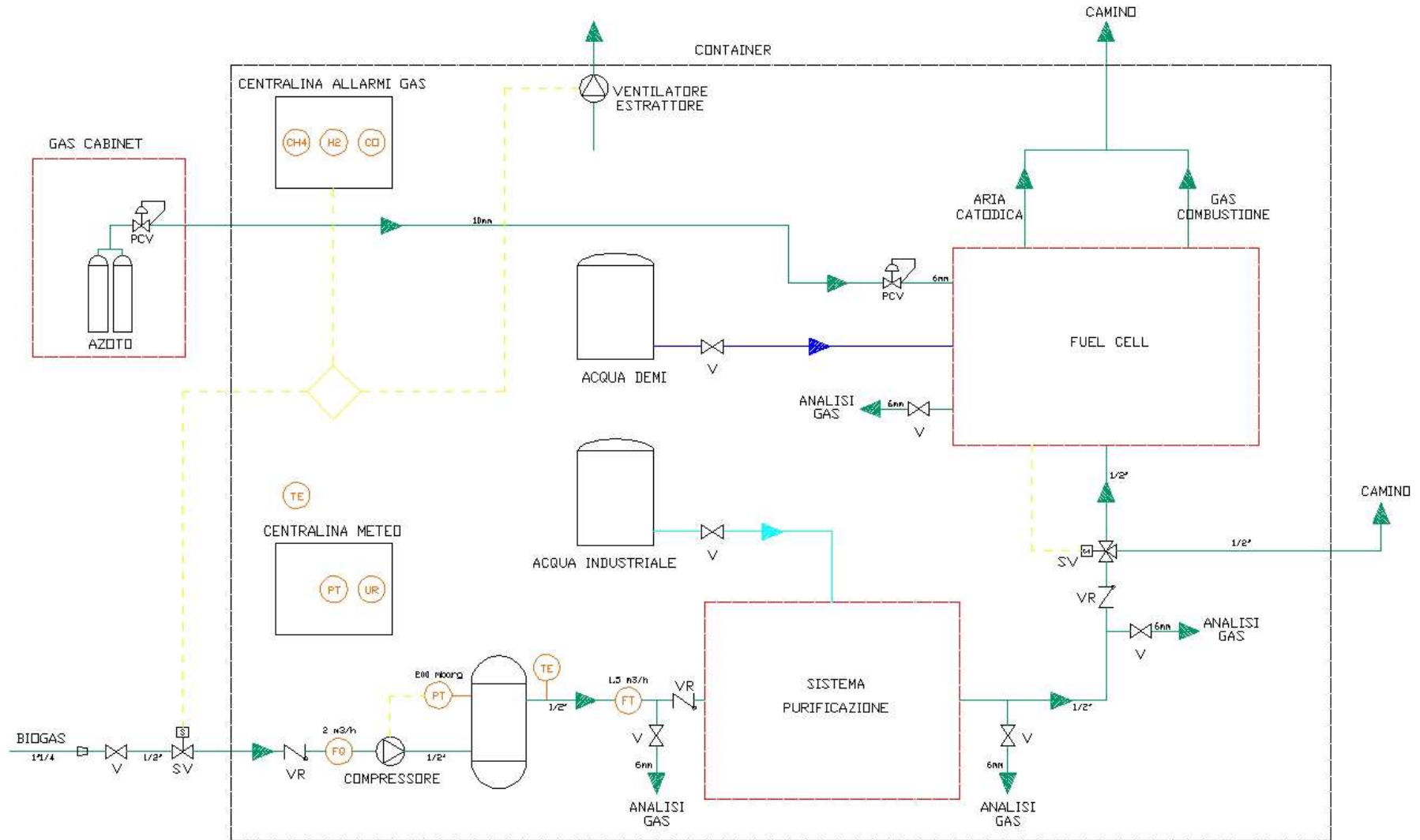
Massima densità di potenza di 265 mW/cm² a 441 mV.



Risultati di laboratorio su biofiltro in scala 1:40



Progettazione e realizzazione del Laboratorio



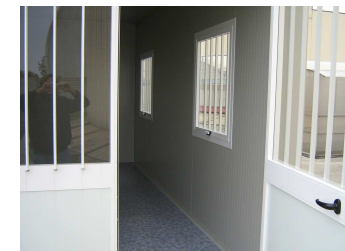
Valutazione rischi e classificazione delle aree

Principali agenti di rischio analizzati:

- Fisico (fluidi in pressione: bombole gas inerti)
- Chimico (sostanze nocive: acidi e gas tossici)
- Biologico (batteri patogeni: batteri gruppo 1)
- Infortunistico-meccanico (rischio elettrico)
- Incendio (gas infiammabili/esplosioni: biogas)

Principali misure di prevenzione:

- Sensori (CH_4 , H_2 e CO) e intercettazione linea biogas a 20% LFL
- Ventilatore in estrazione (ATEX) sempre attivo (+ 10 ricambi/ora, minimo richiesto +5 ricambi/ora)
- DPI per acidi e kit per emergenza sversamenti.
- UPS, controllo remoto e allarmi con reperibilità



Sviluppi futuri

Programma dei lavori sul Laboratorio mobile celle a biogas:

- Allestimento del container e installazione ausiliari: impianto elettrico e idraulico (in corso), sensori e sicurezza, gas inerte per lavaggio cella, ecc. (entro fine dicembre 2011).
- Installazione e collaudo biofiltro e cella a combustibile (gennaio 2012).
- Campagna di prova (febbraio 2012 - ?).
- Valutazione risultati.
- Possibilità di ricollocare e/o modificare Laboratorio mobile per prove su altri siti e/o su altre tecnologie di desolforazione e di cella a combustibile.

Grazie per l'attenzione!

Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico nell'ambito dell'Accordo di programma tra RSE ed il Ministero dello Sviluppo Economico – D. G. Nucleare, Energie rinnovabili ed efficienza energetica – stipulato in data 29 luglio 2009 in ottemperanza del DM, 19 marzo 2009.