

# **Sull'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia e integrazione con impianti industriali**

Marco Carati, Marco Pellegrini, Cesare Sacconi

DIEM, Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna

## **Abstract**

Questa nota vuole mettere in evidenza alcune delle attività che il Dipartimento DIEM dell'Università di Bologna, sezione impianti, in collaborazione con aziende del settore, sta svolgendo nel campo delle energie rinnovabili.

Di rilievo è l'attività di progettazione e realizzazione di un laboratorio Fossil Fuel Free denominato "Hera Lab", nato dalla collaborazione col gruppo HERA (Holding Energia Risorse Ambiente) per acquisire conoscenze nel campo delle fonti di energia rinnovabili, testare direttamente nuove tecnologie e sviluppare soluzioni innovative.

Saranno inoltre illustrati gli studi condotti sulla generazione ed utilizzo di idrometano (ovvero miscela di metano, idrogeno e vapor d'acqua) prodotto mediante fonte energetica CSP (Concentrating Solar Power) in una centrale termoelettrica, l'integrazione tra impianti CSP e impianti per la desalinizzazione dell'acqua e, infine, lo studio e la sperimentazione di una soluzione innovativa per il filtraggio del particolato presente nei fumi a valle dei processi di combustione o gassificazione.

## Laboratorio Fossil Fuel Free

Il laboratorio Fossil Fuel Free “HERA Lab” è stato pensato come laboratorio di ricerca e sviluppo sulle energie rinnovabili [1]. Il laboratorio consentirà uno studio dettagliato del comportamento dei sistemi energetici da fonte rinnovabile con particolare riferimento al sistema di gestione, alle esigenze di manutenzione e alla reale efficienza al variare delle soluzioni impiantistiche e progettuali, oltre che dell’impatto ambientale in esercizio e durante l’intero ciclo di vita dell’oggetto.



Figura1: Rendering di Hera Lab

Il primo filone impiantistico di ricerca individuato è quello relativo alle biomasse. Avendo a disposizione una caldaia a biomassa da 300 kW termici, si studierà il processo di combustione di biomassa in prevalenza di tipo ligneo – cellulosico al fine di caratterizzarne rendimenti ed emissioni. Inoltre, si approfondirà la gestione dell’approvvigionamento e stoccaggio della biomassa nell’ottica di sviluppo di una filiera corta. Infine, si valuterà l’impatto dei costi di manutenzione ordinaria e straordinaria e si stilerà un protocollo di azioni finalizzate all’ottimizzazione delle operazioni di verifica della caldaia.

Il secondo filone impiantistico di studio è quello relativo alla generazione di idrogeno con cella elettrolitica (1.000 lt/h di H<sub>2</sub> prodotto) ed impiego dello stesso con fuel cell di tipo PEM (3 da 1 kW ciascuna) per ottenere energia elettrica. L’impianto prevede anche una sezione di compressione e

stoccaggio intermedio dell'idrogeno prodotto dall'elettrolizzatore. Le attività di ricerca si concentreranno sull'analisi dei dati di funzionamento dei singoli dispositivi in condizioni di carico differenti, al fine di valutare il rendimento complessivo della filiera dell'idrogeno (generazione, stoccaggio e produzione di energia elettrica con fuel cell) ed approfondire le tematiche legate alla gestione e manutenzione dell'impianto, oltre che alle problematiche connesse alla sicurezza.

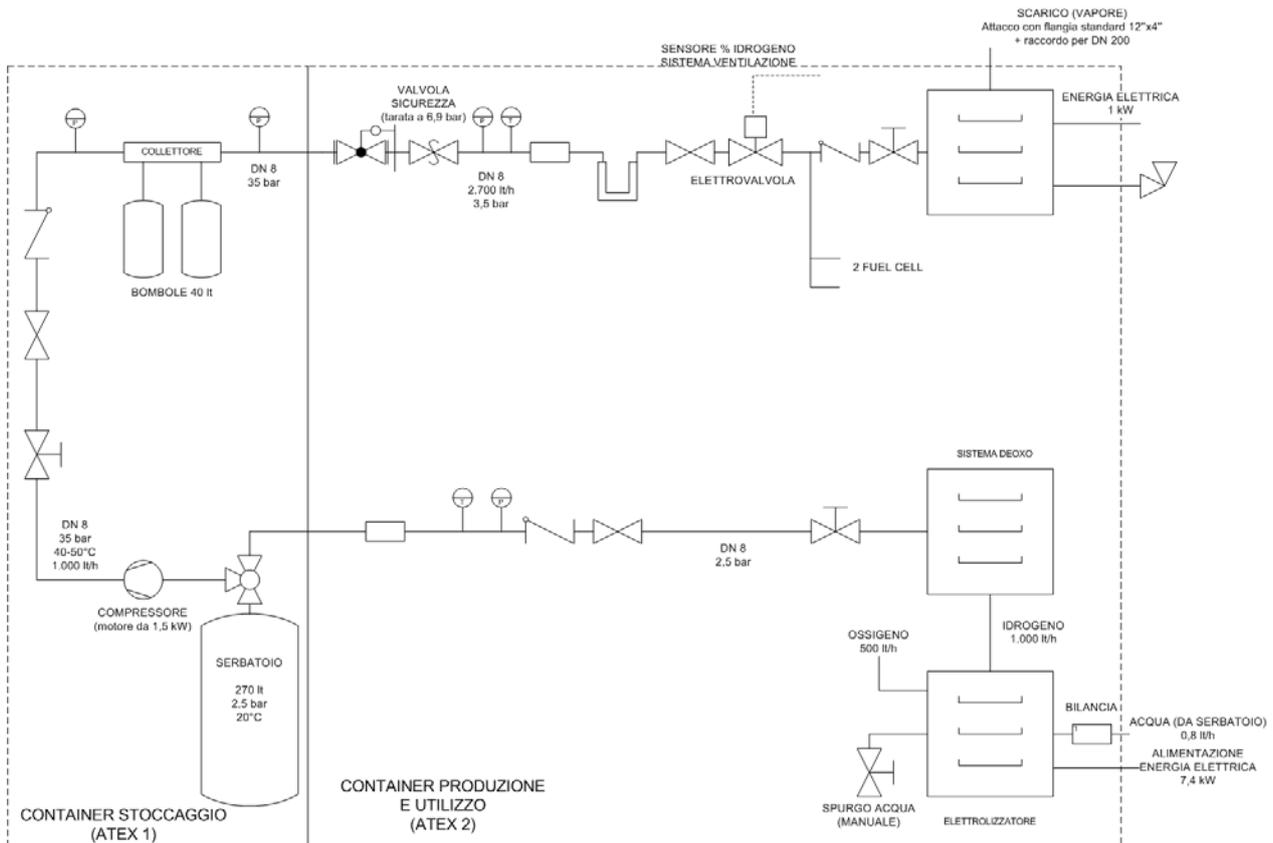


Figura 2: P&I impianto sperimentale idrogeno

Il terzo filone impiantistico concerne le tecnologie fotovoltaiche (12 kWp complessivi). In particolare verranno testati alcuni impianti di piccola taglia per ogni tecnologia disponibile sul mercato con l'intento di valutare le prestazioni del singolo dispositivo nelle medesime condizioni ambientali, cioè a parità di radiazione solare, condizioni atmosferiche (nuvolosità, pioggia, radiazione diretta, ecc...) e vento. Inoltre si studieranno le caratteristiche di prototipi o pannelli sviluppati, per il momento, solo in laboratorio. In particolare, si farà riferimento a quelle tecnologie cosiddette "organiche" che sono ancora in una fase di pre-industrializzazione o che sono prossime ad arrivare sul mercato.

Il quarto filone di studio è relativo alle applicazioni impiantistiche di celle termovoltatiche. Tali dispositivi convertono energia termica in energia elettrica sfruttando l'effetto Seebeck. L'attività di ricerca consiste nella progettazione di diverse modalità di integrazione di questi dispositivi (ad esempio, in prossimità della camera di combustione come in figura 3 o al camino) di una caldaia alimentata a biomassa [2]. Lo scopo è produrre l'energia elettrica sufficiente ad alimentare i dispositivi che consentono il funzionamento della caldaia in condizioni di sicurezza, anche in caso di black-out (caldaia stand-alone).

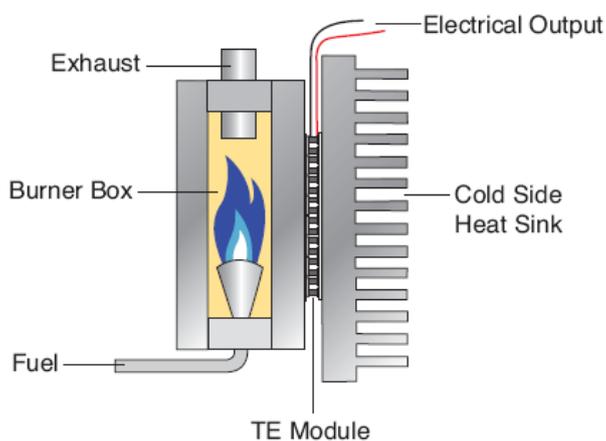


Figura 3: Il generatore termoelettrico.

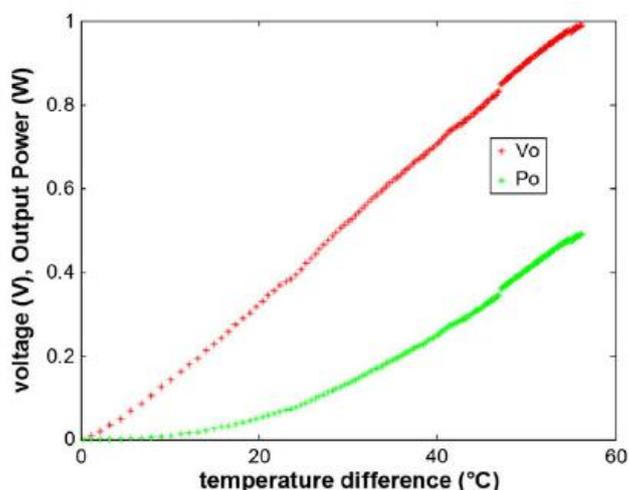


Figura 4: Potenza e tensione in funzione del  $\Delta T$  per una cella termovoltatica.

Infine, si svilupperà un prototipo di impianto trigenerativo solare che, grazie all'abbinamento di un concentratore fotovoltaico a disco raffreddato ad acqua con un gruppo frigorifero ad adsorbimento consentiranno di produrre energia elettrica e, a seconda della richiesta da parte delle utenze, calore e/o potenza frigorifera [3, 4].

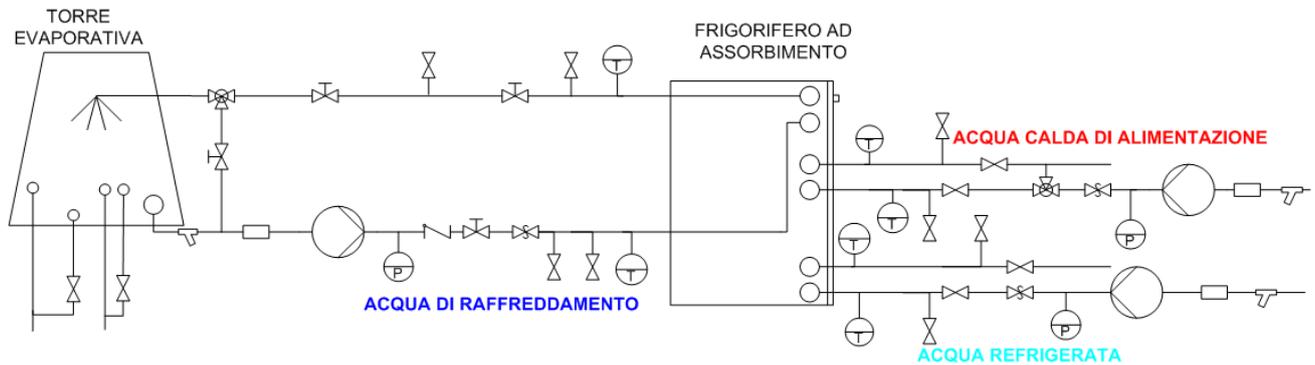


Figura 5: Particolare impianto trigenerativo

### **Integrazione di impianti convenzionali di produzione di energia con tecnologie da fonti rinnovabili**

Dall'analisi dello stato dell'arte emerge la possibilità di progettare un impianto in cui vi sia la presenza di un processo di steam reforming catalitico e di shift (parziale o completo) in cui il calore necessario al reforming catalitico venga fornito da un impianto solare termico a concentrazione. Ai fini dell'applicazione proposta e visti i contenuti innovativi della stessa, si ritiene opportuno valutare una soluzione tecnica che non rappresenti semplicemente la somma di due impianti (steam reforming e CSP), ma, piuttosto, che cerchi di integrarne i processi.

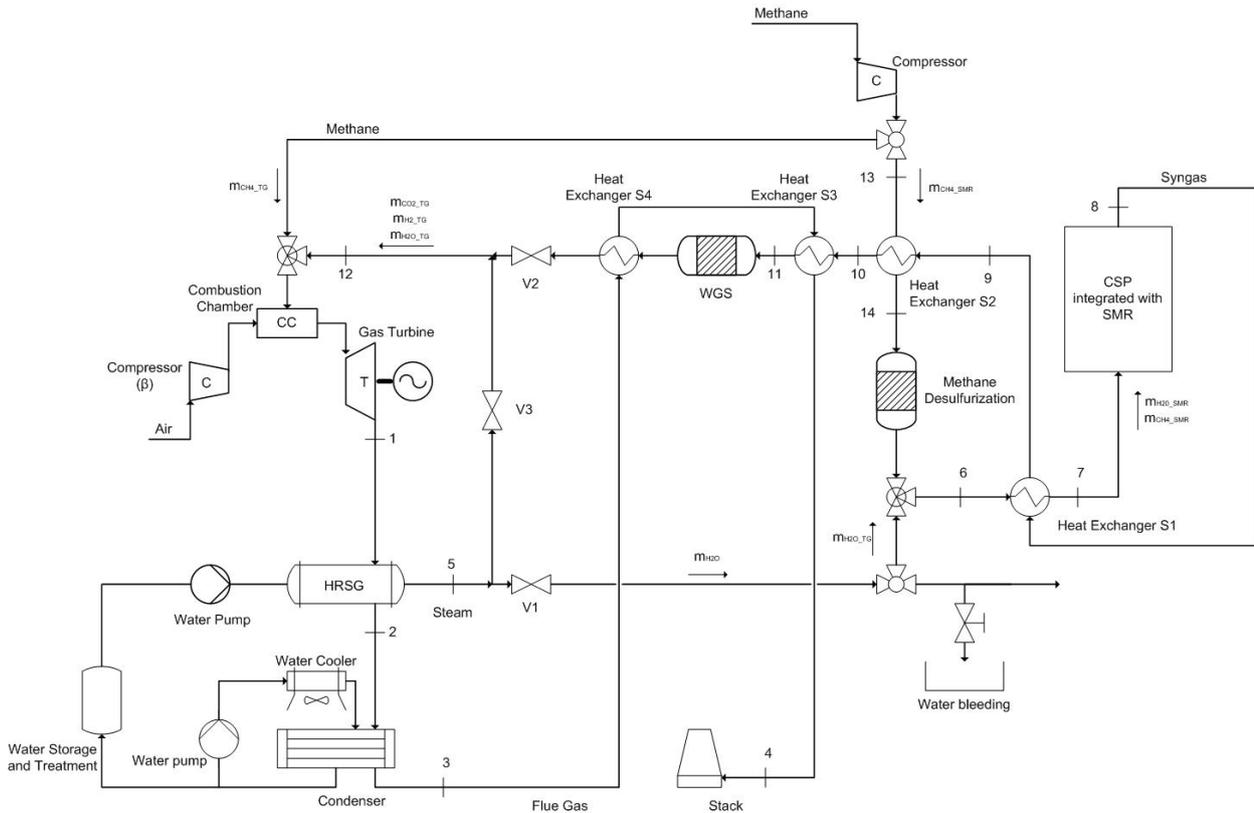


Figura 6: Lay-out d’impianto con steam reforming catalitico del metano senza membrana integrato con un impianto solare termodinamico abbinato ad un gruppo turbogas con caldaia a recupero e condensatore.

A tale scopo si propone di impiegare come fluido termovettore non più i sali fusi, o altri fluidi impiegati usualmente, ma la corrente di metano, integrando nella struttura ricettiva che realizza lo scambio tra potenza termica ceduta dal Sole e fluido termovettore il reattore di steam reforming. A tale scopo, si ritiene ottimale una integrazione con la tipologia parabolic trough o solar tower in cui l’elemento irradiato venga sostituito con il reformer. Ora, se si considera un impianto turbogas esistente, esso è caratterizzato da una certa geometria della camera di combustione. Sostituire l’alimentazione a gas naturale con una ad idrometano pone il problema di valutare la possibilità di gestire un gas combustibile con una energia per unità di volume (a parità di condizioni di pressione e temperatura) superiore a quella di design. Possibili soluzioni a questo inconveniente possono essere sia di tipo strutturale (modificare la geometria della camera di combustione) che di gestione dell’impianto (variazione dell’eccesso d’aria). Vanno poi attentamente valutate le condizioni di accensione della fiamma e l’influenza degli inerti presenti nella miscela di idrometano. Entrambi gli impianti proposti

presentano però due vantaggi rispetto all'impianto turbogas tradizionale, cioè l'iniezione di vapore in camera di combustione e l'innalzamento del potere calorifico del combustibile impiegato. Gli effetti positivi dati dall'adduzione di vapore all'interno della camera di combustione della centrale termoelettrica sono un incremento dell'efficienza del ciclo ed un incremento della potenza resa (circa il 50-70%), oltre ad un rilevante abbattimento nella produzione di  $\text{NO}_x$ , mentre l'innalzamento del potere calorifico della miscela di idrometano dato dalla conversione dell'energia solare in energia chimica consente un risparmio di combustibile (ovvero minori emissioni di  $\text{CO}_2$ ) fino al 20%.

Un'ulteriore attività di ricerca riguarda l'integrazione tra impianti di desalinizzazione e sistemi CSP [5]. La radiazione solare viene convertita in energia termica (sotto forma di accumulo in sali fusi o altri fluidi termo vettori) e utilizzata in processi di desalinizzazione ad osmosi inversa. Da uno studio preliminare i costi di produzione dell'acqua sembrano in linea con quelli attuali, il vantaggio di questa applicazione risiede nel significativo risparmio di energia da fonte fossile.

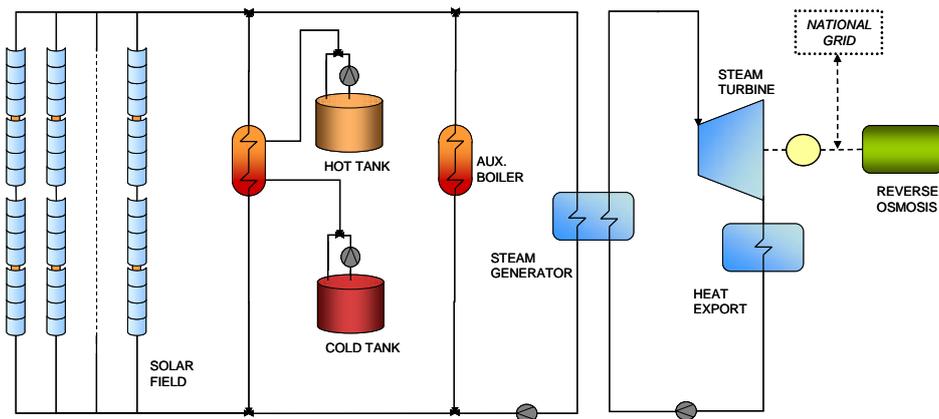


Figura 7: Schema dell'impianto di desalinizzazione integrato a impianto CSP.

### Ingegneria dei flussi multifase per i sistemi energetici

Si propone un'attività di ricerca su un prototipo industriale di filtro coalescente a cartuccia in bagno d'olio, sviluppato sin'ora a livello di laboratorio presso le strutture del DIEM e da implementare in collaborazione con un'azienda nel settore della produzione di caldaie a biomassa.

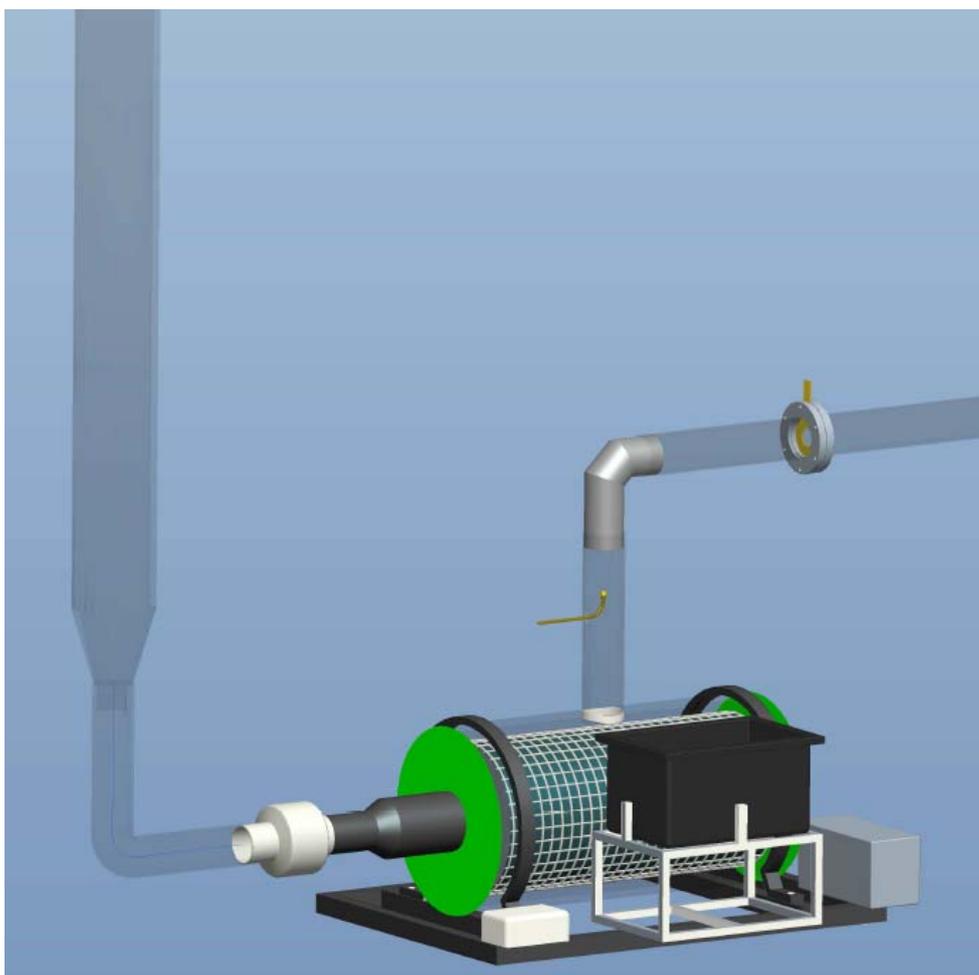


Figura 8: Schema dell'impianto di filtraggio realizzato presso il Laboratorio DIEM.

Il filtro coalescente a cartuccia a bagno d'olio rappresenta una soluzione innovativa per il filtraggio del particolato presente nei fumi a valle dei processi di combustione o gassificazione. Grazie all'integrazione di due diverse modalità di filtraggio, quali il filtro a cartuccia (a tessuto) e il filtro coalescente, è possibile incrementare l'efficienza complessiva e, contemporaneamente, ridurre i costi di esercizio, grazie alla semplicità del sistema proposto, rispetto agli usuali filtri impiegati al medesimo scopo. L'obiettivo finale è quello di raggiungere un ottimo grado di separazione perseguendo l'obiettivo di "particolato zero" presente nei fumi di scarico, cioè una quantità di particolato inferiore o, al più, uguale e a quella presente nel gas aspirante.

Se l'obiettivo fosse raggiunto, si potrebbe allora pensare al filtro come ad un filtro attivo per l'intero ambiente, in quanto il fumo di scarico presenterebbe una percentuale di particolato inferiore a quella presente nell'aria in ingresso.

Si è pensato di organizzare la campagna sperimentale in tre fasi, prevedendo per ciascuna la filtrazione di aria ambiente: la prima fase prevede prove in bianco, sfruttando solo il fenomeno della filtrazione a tessuto, la seconda prevede l'utilizzo di acqua mentre la terza prevede l'utilizzo di olio.

Le tre fasi di sperimentazione descritte verranno condotte in parte presso il laboratorio DIEM ed in parte presso il laboratorio di un'azienda che collabora al progetto. Successivamente alla validazione delle "prove in bianco", che prevedranno come già anticipato la filtrazione di aria ambiente, il filtro verrà collocato a valle di una caldaia a biomassa e pertanto si procederà con la valutazione degli indici caratteristici e dell'efficienza a seguito di filtrazione di fumi di scarico. Il congiunto utilizzo di caldaie che usano fonti rinnovabili e filtri per i fumi di scarico, come quello progettato, possono rappresentare una possibile strada per raggiungere un impatto ambientale praticamente nullo ovvero impatto negativo (particolato emesso inferiore a quello immesso).

## **Conclusioni**

Si sono illustrate alcune delle attività di ricerca in cui è impegnato il Dipartimento DIEM, sezione impianti, della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, con particolare riferimento alle fonti di energia rinnovabili.

Nel laboratorio Fossil Fuel Free "Hera Lab" di prossima realizzazione sono previste una serie di attività sperimentali volte a migliorare le prestazioni dei singoli dispositivi presenti in termini di efficienza energetica ed impatto ambientale oltre che acquisire conoscenze sulla gestione e manutenzione degli impianti.

Lo sviluppo di un filtro in grado di limitare la concentrazione di particolato emesso dagli impianti di combustione fino ad un livello pari a quello dell'aria ambiente si propone come una possibile soluzione innovativa ad un problema, quello delle emissioni da impianti di conversione energetica da, su cui si sta orientando il dibattito dei tecnici e degli amministratori.

Un'ulteriore filone di ricerca riguarda l'integrazione di un processo di steam methane reforming con impianti termodinamici a concentrazione per la produzione di idrometano e l'utilizzo come combustibile in centrali turbogas, che è promettente sia dal punto di vista del miglioramento di efficienza dell'impianto turbogas che di diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Infine, viene studiato l'utilizzo di energia solare al servizio di impianti di desalinizzazione dell'acqua di mare.

## **Bibliografia**

- [1] Anzalone C., Bianchini A., Giunchi D., Pellegrini M., Saccani C., *Laboratorio di ricerca e sviluppo sulle energie rinnovabili*, Impiantistica italiana, Anno XXIII, n°1, pag. 45-52, 2010.
- [2] D. Champier, J.P. Bedecarrats, M. Rivaletto, F. Strub *Thermoelectric power generation from biomass cook stoves* Energy, Volume 35, Issue 2, 2010, Pag. 935-942.
- [3] Pablo Bermejo, Francisco Javier Pino, Felipe Rosa, *Solar absorption cooling plant in Seville* Solar Energy, Volume 84, Issue 8, 2010, Pag. 1503-1512.
- [4] Anja Royne, Christopher J. Dey, David R. Mills, *Cooling of photovoltaic cells under concentrated illumination: a critical review*, Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 86, Issue 4, 2005, Pag. 451-483.
- [5] Amin Ghobeity, Alexander Mitsos, *Optimal Operation of a Concentrated Solar Thermal Cogeneration Plant*, Computer Aided Chemical Engineering, Volume 29, 2011, Pag. 1974-1978.