



Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Piano Annuale della Ricerca CNR PAR 2013-2014

---

III Accordo di Programma MSE/CNR

CONSUNTIVO DELLE ATTIVITÀ CNR

Dipartimento di Ingegneria,  
ICT e Tecnologie per  
l'Energia e i Trasporti

1 Aprile 2014  
28 febbraio 2016

Il presente documento è stato creato dall'Unità di coordinamento del Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti con il contributo dei Coordinatori Scientifici di Progetto e dei Responsabili Amministrativi delle unità operative degli Istituti CNR e delle Università.

Si ringraziano tutti coloro che hanno attivamente e pazientemente collaborato . Un particolare ringraziamento va ai colleghi che operano negli uffici amministrativi degli Istituti CNR e delle Università.

Ideazione, realizzazione grafica e impaginazione a cura della sig.ra Silvia Presello.  
La costruzione del documento in PDF è a cura della sig.ra Silvia Presello  
Redazione finale delle tabelle amministrative riassuntive a cura della dott.ssa Valentina Cozza

## Sintesi delle attività del PAR 2013-2014 dell'affidatario CNR

---

Al fine di contribuire a conseguire l'allineamento delle attività di ricerca affidate al CNR rispetto a quelle svolte dagli altri Affidatari di ADP, è stata accolta dal MISE (con lettera Prot. 0006257 del 23/3/2015) la richiesta dell'Ente di poter accorpare i due piani annuali di ricerca 2013 e 2014, tenuto conto che sono stati già definiti i relativi stanziamenti a favore del CNR pari a 2,8 milioni di euro per ciascuna annualità. Infine si osserva che, al fine di conseguire il citato allineamento, si è concordato che l'inizio delle attività sia dal 1/4/2014 e che le stesse dovessero avere termine il 28/2/2016.

Nel seguito sono illustrate le principali attività svolte dal DIITET-CNR

In particolare i progetti proposti sono:

**Progetto 1: Miglioramento dell'efficienza energetica dei sistemi di conversione locale di energia;**

**Progetto 2: Bioenergia efficiente;**

**Progetto 3: Sistemi elettrochimici per l'accumulo di energia;**

**Progetto 4: Climatizzazione solare ad adsorbimento;**

**Progetto 5: Materiali abilitanti per la ricerca di sistema elettrico: materiali e componenti;**

**Progetto 6: Sviluppo di architetture innovative per stazioni di ricarica rapida e loro integrazione efficiente con la rete elettrica.**

### **Progetto 1: EFFICIENZA ENERGETICA**

#### **Miglioramento dell'efficienza energetica dei sistemi di conversione locale di energia**

---

Le attività di ricerca sperimentale e di modellazione del progetto rientrano nell'ambito delle aree prioritarie d'intervento del Piano Triennale 2012-2014 della Ricerca di Sistema Elettrico nazionale: B1.1 Energia elettrica da biomasse e C.1 Risparmio dell'energia elettrica, e hanno come obiettivi:

- la messa a punto di diagnostiche degli indicatori di efficienza del processo di conversione energetica ai fini del controllo del funzionamento di sistemi per la conversione locale di energia e del monitoraggio dell'impatto ambientale;
- la messa a punto di diagnostiche degli inquinanti specifici dei biocombustibili prodotti da biomasse;
- lo studio di fattibilità e definizione delle potenzialità, configurazioni e modalità di processo ottimali per la realizzazione di un sistema di cogenerazione CHP ad alta efficienza energetica.

Il progetto è stato articolato in tre linee progettuali:

#### **Linea progettuale 1**

Diagnostiche di controllo e monitoraggio dell'efficienza energetica di sistemi di conversione locale di energia;

#### **Linea progettuale 2**

Diagnostiche di controllo e monitoraggio dell'impatto ambientale dei sistemi di conversione locale di energia che utilizzano biomasse/rifiuti;

#### **Linea progettuale 3**

Componenti e processi per la generazione CHP ad alta efficienza energetica basati su sistemi di combustione MILD;

La prima linea e la terza linea, valorizzate rispettivamente 450 k€ e 300 k€ si collocano nell'Area Tematica C "*Uso razionale dell'energia e risparmio energetico negli usi finali elettrici*", sottotema C1: "*Uso efficiente dell'energia elettrica nei settori residenziale, terziario (incluso settore pubblico); industriale*"; la seconda linea, valorizzata 500 k€, invece afferisce s nell'Area Tematica B - *Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente*; sottotema B.1.1 - *Energia elettrica da biomasse*.

Le strutture partecipanti sono state:

- CNR -Istituto di Ricerche sulla Combustione (CNR-IRC)
- CNR-Istituto per l'Energetica e le Interfasi (CNR IENI)
- Università di Napoli "Federico II", Dip. Ing. Chimica, Materiali e Produzione Industriale (DICMAPI-UNINA).

Relativamente ai principali risultati ottenuti gli stessi sono:

#### **Linea progettuale 1:**

- Lo sviluppo e l'applicazione di tecniche avanzate quali le tecniche di chemiluminescenza e di LIBS (laser induced breakdown) in condizioni di fiamma premiscelate e a diffusione che riproducono le diverse condizioni di miscelazione e di eccesso d'aria che caratterizzano i sistemi reali di conversione energetica. In linea con gli obiettivi ed i risultati previsti dal programma, l'attività ha portato alla realizzazione di una procedura per la determinazione locale e istantanea all'interno dei combustori del livello di reazione e di miscelazione, in termini di rapporto di equivalenza locale (rapporto tra la miscela di combustibile e di comburente locale e la miscela combustibile/comburente stechiometrica) che determinano l'efficienza dei sistemi di conversione locale di energia.

- Lo Studio dell'effetto dei parametri di combustione (velocità dei flussi e rapporto di alimentazione combustibile/comburente) sul livello di miscelazione e sull'efficienza di conversione previsto nell'attività 1.2, sono state messe a punto tecniche di diagnostica di laser induced emission (LIE) che includono fluorescenza e incandescenza applicate dapprima in sistemi da laboratorio laminari, successivamente in sistemi turbolenti e infine su bruciatori domestici. Oltre alle tecniche di LIE sono state sviluppate e implementate tecniche di assorbimento UV-Vis in grado di realizzare un monitoraggio/controllo di massima del rapporto di equivalenza della fiamma valutando l'assorbimento UV-Visibile in campi ristretti di lunghezze d'onda caratteristici della CO<sub>2</sub> e di composti di combustione incompleta.

- I dati ottenuti nelle attività sperimentali precedenti sono stati utilizzati come database per la modellazione per la simulazione della struttura di fiamma e dell'efficienza di conversione di fiamme da laboratorio in regime laminare e turbolento. Lo schema cinetico è utilizzato in un codice di calcolo CFD sviluppato in-house per determinare i regimi di miscelamento e le mappe di stabilità di fiamma e di conversione energetica in un ampio intervallo di condizioni operative.

#### **Linea progettuale 2:**

- Messa a punto delle tecniche più opportune per la caratterizzazione dettagliata degli inquinanti prodotti nell'utilizzo di componenti tipici dei biocombustibili. L'attività di ricerca relativa allo sviluppo di tecniche di analisi off-line delle fasi gassose e condensate prodotte nella combustione ha riguardato tecniche avanzate di stretta pertinenza della chimica analitica (cromatografia in fase gassosa e liquida, termogravimetria, spettrometria di massa) nonché tecniche quantitative di spettroscopia Raman, FT-IR, UV-Visibile, infrarosso, e fluorescenza specifiche per determinare l'aromaticità e le funzionalità idrocarburiche e ossigenate (aldeidi, chetoni, ecc.) che possono caratterizzare le fasi condensate prodotte dalla combustione dei biocombustibili.

- Sono stati sviluppati sensori per la misura del particolato che possono essere utilizzati sia per il controllo veloce del processo che per la misura delle emissioni allo scarico. Il primo sensore è basato sulla misura risolta nel tempo, mediante termocoppia veloce, della temperatura di una corrente gassosa contenente un aerosol. Per effetto della differenza di temperatura tra le particelle e la termocoppia, il particolato è sottoposto ad una forza termoforetica che ne provoca la deposizione sul giunto di misura e la conseguente

diminuzione del segnale di temperatura nel tempo legata ad un aumento dell'emissività e della dimensione del giunto della termocoppia per l'accumulo di materiale. Utilizzando questi due effetti è stato messo a punto un sensore in grado di misurare l'emissività e la concentrazione del particolato. Il sensore è stato calibrato in fiamme premiscelate e provato in fiamme a diffusione ed è in grado di misurare frazioni di volume di particelle fino a qualche ppb. Il secondo sensore è basato sulla misurazione della conducibilità elettrica di film di particelle depositate per termoforesi su supporto. Sono state determinate le conducibilità elettriche tipiche delle classi dimensionali di particolato ed è stato calibrato un prototipo di sensore conduttometrico per definire la quantità di materiale depositato al variare del numero di inserzioni in fiamma. Per sfruttare la diversa conducibilità elettrica in funzione delle diverse dimensioni e caratteristiche chimico/fisiche delle particelle è stato progettato un sistema di separazione delle particelle - Cross-type Optical Particle Separator System (COPS) - per pre-separare le particelle in differenti classi dimensionali.

- In linea con quanto previsto a preventivo, allo schema cinetico di ossidazione e pirolisi degli idrocarburi è stato accoppiato uno schema cinetico di crescita molecolare che considera le reazioni che portano alla formazione di composti aromatici di alta massa molecolare ed infine al particolato. La formazione del particolato è modellata seguendo la crescita del peso molecolare specie per specie, ma in modo discreto, ovvero suddividendo il campo di interesse in sezioni (approccio sezionale). Lo schema cinetico dettagliato utilizzato con il metodo sezionale è stato testato su una fiamma a diffusione a getti coassiali di etilene studiata sperimentalmente misurando la temperatura, il rapporto di equivalenza locale (Linea 1.1) e la frazione di volume di particolato (Linea 2.1). Il modello sviluppato ha dimostrato buone capacità predittive sia in termini di struttura di fiamma che in termini di formazione/ossidazione di particolato fuliginoso e particolato sub-10nm al variare della quantità di biocombustibile utilizzato e della sua struttura chimica.

### Linea progettuale 3:

Le attività di questa linea hanno riguardato il lavoro di definizione di un bruciatore MILD, l'ottimizzazione dei modelli cinetici per la descrizione del processo di combustione, la valutazione critica e la scelta di un sistema di conversione ad energia elettrica e, infine, lo studio delle geometrie ottimali di disegno del sistema di scambio termico a valle del sistema di conversione.

Le attività hanno riguardato specificamente i tre punti critici per la determinazione delle prestazioni e dell'efficienza generale del sistema CHP:

- Il bruciatore da utilizzare per la generazione di energia termica.
- Il sistema di conversione dell'energia termica ad energia elettrica.
- Il sistema di scambio per il recupero del calore dalle correnti in uscita dal sistema di conversione.

Il primo risultato raggiunto è stato la realizzazione di un prototipo di un bruciatore con potenzialità termica di 2-5 kW funzionante in condizioni MILD con alimentazione di combustibili gassosi fossili (metano e/o propano) e con miscele surroganti la composizione di gas a basso potere calorifico provenienti da discariche o processi di fermentazione/pirolisi. Il bruciatore MILD realizzato è capace di sostenere una combustione stabile anche in presenza di una alimentazione non diluita e senza preriscaldamento. Questo aspetto rappresenta un risultato di assoluto rilievo nel panorama dei bruciatori funzionanti in condizioni MILD o flameless e costituisce un importante avanzamento tecnologico realizzato.

E' stato altresì ottenuto l'altro risultato atteso, ovvero l'identificazione, la valutazione e la scelta di un sistema di conversione da energia termica ad energia elettrica funzionante su piccola scala in uscita dal bruciatore MILD. A valle di una prima fase di valutazione delle possibili alternative è stata individuata quale tecnologia più adatta per la taglia del sistema che si voleva realizzare e per la significativa indipendenza garantita dal fatto di avere un sistema di combustione esterno. Questa caratteristica permette di rimuovere le limitazioni sui combustibili utilizzabili che era uno degli obiettivi generali di tutta la linea di ricerca.

Nella seconda attività prevista in questa sottolinea l'attenzione è stata concentrata sullo studio sperimentale e modellistico dell'accoppiamento tra il bruciatore ed un motore Stirling. L'oggetto di questa

attività è stata l'analisi critica, basata su dati sperimentali e risultati della simulazione numerica, delle potenzialità e delle criticità di funzionamento del sistema a valle di un bruciatore MILD così come previsto dal programma di ricerca.

Sebbene i risultati attesi siano stati ottenuti va segnalato che nello svolgimento delle attività ci si è scontrati con la difficoltà di individuare un fornitore che potesse affrontare con costi e tempi ragionevoli lo sviluppo di un motore Stirling adattato in maniera ottimale con il sistema di combustione che era stato disegnato nell'ambito della sottolinea precedente.

Queste problematiche sono dovute in larga parte al fatto che i motori Stirling sono prodotti in maniera sostanzialmente artigianale con economie di scala praticamente nulle e senza una vera logica di prodotto che permetta una standardizzazione di componentistica e prestazioni. Questo è un problema che riduce in maniera sensibile le prestazioni reali ottenibili rispetto a quelle teoriche ed incide sensibilmente sui costi. D'altra parte la peculiare geometria di uscita del bruciatore ciclonico e la ottima uniformità della temperatura dei fumi caldi possono potenzialmente permettere di disegnare un sistema di scambio molto efficiente. Tale lavoro è stato già, sulla base di quello svolto finora, avviato e potrà rappresentare un ulteriore passo avanti nella realizzazione di sistemi CHP basati su combustori MILD ed unità Stirling con prestazioni e costi molto più convenienti rispetto a quelli attualmente disponibili con, in più, il vantaggio della notevole flessibilità rispetto ai combustibili del bruciatore.

## **Progetto 2: BIOENERGIA**

### **Bioenergia Efficiente**

---

Il progetto ha affrontato alcuni aspetti significativi per lo sviluppo di sistemi energetici flessibili ed efficienti basati su biomasse. Da una parte, lo sfruttamento ottimale di biomasse per la generazione di energia, attraverso lo sviluppo di tecnologie non convenzionali, la valorizzazione delle biomasse in combustibili di più elevata qualità e l'utilizzo efficiente degli stessi in sistemi termici e meccanici di conversione. Dall'altra, l'efficientamento di impianti energetici basati su fonti primarie diversificate attraverso la gestione integrata dell'energia e lo sviluppo di tecnologie innovative di produzione/conversione.

Il progetto, valorizzato in totale per 1250 k€ di cui 260 k€ a partner universitari, è stato organizzato nelle seguenti due Linee di attività :

#### **Linea Progettuale 1:**

Energia rinnovabile da biomasse per la generazione efficiente di energia elettrica e calore;

#### **Linea progettuale 2 :**

Risparmio di energia elettrica attraverso l'ottimizzazione di schemi energetici e lo sviluppo di tecnologie di conversione innovative.

La prima Linea è stata rivolta all'utilizzo ottimale di biomasse per la generazione di energia, attraverso la loro valorizzazione in combustibili di più elevata qualità ed all'utilizzo efficiente degli stessi in sistemi termo meccanici di conversione. Tale Linea, per un valore complessivo di 900 k€, si colloca nell'Area Tematica *B - Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente*; sotto-tema *B.1.1 - Energia elettrica da biomasse*.

La seconda Linea è stata dedicata al risparmio di energia, attraverso l'ottimizzazione del governo di sistemi energetici complessi basati su fonti primarie diversificate e differenti tecnologie di produzione/conversione, e lo sviluppo di tecnologie di conversione innovative. Tale Linea, per un valore complessivo di 350 k€, si colloca nell' Area tematica *C " Uso razionale dell' energia e risparmio energetico negli usi finali elettrici"* sotto-tema *C1 "Uso efficiente dell'energia elettrica nei settori residenziale, terziario (incluso settore*

*pubblico), industriale”.*

Le strutture di ricerca partecipanti al progetto sono state:

- Istituto per l'Energetica e le Interfasi (IENI-CNR)
- Istituto Motori (IM-CNR)
- Istituto Ricerche sulla Combustione (IRC-CNR)
- Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia (ITAE-CNR)
- Università di Bologna, polo di Ravenna – Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali -- (CIRSA - UNIBO)
- Università di Ferrara – Dipartimento di Ingegneria (ENDIF - UNIFE)
- Università di Napoli “Federico II” – Dipartimento Ing. Chimica dei Materiali e della Produzione Industriale (DICMAPI - UNINA).

In linea generale il progetto ha conseguito complessivamente i risultati attesi.

Tra questi i principali sono:

- **Per quanto riguarda la linea progettuale 1** sono stati ottenute e caratterizzate cinque diverse tipologie di alghe. Per ogni alga/catalizzatore, sono stati ottenuti quantitativi sufficienti di bio-olio per le analisi. Quantità di bio-olio sufficienti per i test di micro-combustione sono state ottenute dalla pirolisi catalitica *multibatch* di *A.platensis* con zeolite HZSM5. Sono state inoltre ottenute tre biomasse algali e corrispondenti biochar, che potranno essere utilizzati nella preparazione di slurry testabili in combustione.

- E' stato sviluppato un processo innovativo di produzione di biodiesel in catalisi eterogenea, a partire da oli vegetali contenenti anche quantità discrete di acidi grassi liberi, mettendo a punto un reattore chimico a ricircolo assistito da una membrana.

- Attraverso il processo di sintesi mediante transesterificazione catalitica sono state prodotte quantità di biocombustibili sufficienti per i test in combustione.

- Sono stati sviluppati diversi catalizzatori solidi attivi nella conversione di oli di varia natura in biodiesel. Si è pertanto ottenuta una diminuzione costi fissi (minor numero unità di processo rispetto a processi non catalitici convenzionali) e di esercizio (condizioni operative meno drastiche rispetto a processi non catalitici in condizioni supercritiche).

- Sulla base dei risultati precedenti sono state effettuate la determinazione quantitativa dei rate di combustione di olio di pirolisi e bioslurry da biomassa algale, nonché la determinazione quantitativa delle emissioni da combustione di olio di pirolisi e bioslurry da biomassa algale.

- Si è proceduto alla classificazione e caratterizzazione di materiali di scarto di processi agroindustriali tipici del territorio di riferimento in riferimento alla loro potenzialità di impiego in processi di recupero materico ed energetico.

- Si è inoltre effettuata la valutazione delle potenzialità e delle problematiche legate all'utilizzo come combustibile delle frazioni solida, liquida e gassosa dei prodotti del processo di pirolisi, nonché la determinazione degli effetti in termini di rese e proprietà morfologiche del residuo solido della presenza di contaminanti inorganici nei feedstock.

Si è valutata possibilità di sfruttamento dell'energia termica proveniente dalla combustione di biomasse attraverso l'utilizzo di cicli Rankine a fluido organico, denominati ORC (Organic Rankine Cycle) mediante:

- Lo sviluppo e messa a punto di un modello termodinamico a parametri concentrati per il calcolo delle prestazioni globali del sistema, dei singoli componenti e il calcolo delle portate e delle proprietà termodinamiche nelle sezioni caratterizzanti.

- Lo sviluppo e messa a punto di due metodi matematici generali per la generazione delle curve delle pale di macchine scroll basati su equazioni parametriche.
- Lo sviluppo di un modello geometrico tridimensionale di un espansore di tipo scroll partendo da un compressore di tipo commerciale.
- L'analisi 2D dell'espansore scroll di tipo commerciale ottenuto con simulazioni CFD transitorie.
- Analisi 3D dell'espansore scroll di tipo commerciale ottenuto con simulazioni CFD transitorie.
- Progetto concettuale di una metodologia di co-simulazione per la messa a punto di un modello OD/CFD.

Si è proceduto quindi allo sviluppo di un micro impianto ORC innovativo (operante ad una temperatura prossima a quella critica), ad alta flessibilità di utilizzo e migliorato rendimento termodinamico mediante:

- La progettazione e costruzione di una macchina motrice volumetrica alternativa ad elevato rapporto geometrico di espansione completa di una pompa volumetrica a palette in asse;
- La costruzione di un impianto completo ORC capace di operare in condizioni vicine alla pressione critica del fluido adottato, completo di un sistema di scambiatori a piastre per la trasmissione dei flussi energetici e di un apparato di dosaggio massico e controllo del fluido evolvente
- La progettazione, realizzazione e test di un generatore elettrico asincrono monofase a basso costo, interfacciabile in modo semplificato (senza inverter) con la rete elettrica locale.

Sono proseguiti gli studi sui sistemi di generazione/cogenerazione di taglia media e piccola basati su MGT alimentate a biogas mirati ad ottenere un utilizzo efficiente di combustibili derivati da digestione anaerobica di biomasse (biogas) in applicazioni di mini generazione distribuita di energia. I risultati conseguiti sono:

- La realizzazione della mappa di funzionamento della micro turbina a gas alimentata con biogas al variare della tipologia di biocombustibile gassoso e del carico elettrico richiesto.
- L'individuazione delle criticità legate all'adozione di combustibili a basso potere calorifico attraverso modellazione CFD 3D del combustore della micro turbina a gas Turbec T100.
- La valutazione tecnico-economica e progettazione di una stazione tecnologica di decompressione, regolazione e miscelamento di gas combustibili (GN, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>) per l'alimentazione della microturbina con gas modello di biogas.
- La progettazione di una gestione innovativa delle strategie di alimentazione del combustibile (biogas) e della combustione al fine di un ampliamento effettivo della concentrazione di CO<sub>2</sub> ammissibile nel biogas.

**La linea progettuale 2** (Risparmio di energia elettrica attraverso l'ottimizzazione di schemi energetici e lo sviluppo di tecnologie di conversione innovative) è stata dedicata al risparmio di energia, attraverso l'ottimizzazione del governo di sistemi energetici complessi basati su fonti primarie diversificate e differenti tecnologie di produzione/conversione, e lo sviluppo di tecnologie di conversione innovative.

Le attività hanno riguardato lo sviluppo di strategie di gestione e controllo di una smart grid energetica in grado di compensare, attraverso un uso efficiente dell'energia rinnovabile accumulata e della produzione da motori endotermici, le variazioni di energia prodotta da fonti rinnovabili non programmabili. Inoltre si è affrontato sullo studio dell'accoppiamento di tecnologie di combustione catalitica e generazione termoelettrica allo scopo di massimizzare l'efficienza energetica ed ambientale di sistemi di co-generazione distribuita di piccola taglia o portatili.

I principali risultati ottenuti sono stati:

- Definizione, implementazione e validazione numerica di un modello di gestione dei flussi energetici di una smart grid;



- Analisi delle performance del sistema di controllo ad inseguire richieste di carico tempo-varianti indipendentemente dalla variabilità delle fonti energetiche rinnovabili.

Inoltre nell'ambito dello sviluppo di combustori catalitici strutturati per sistemi integrati CHP ad alta efficienza sono stati:

- Raccolti i dati sperimentali di attività catalitica nella combustione del metanolo necessari alla ottimizzazione della procedura di preparazione e della formulazione dei catalizzatori in termini di attività specifica (per grammo di fase attiva Pt; per cm<sup>3</sup> di volume del reattore) e di stabilità/durabilità in condizioni di processo;
- Preparati e caratterizzati sia da un punto di vista chimico-fisico che funzionale nuovi catalizzatori ad alta stabilità termica (fino a 1300 °C) a base di esaalluminati sostituiti con La e Mn per la combustione di metanolo di alta temperatura;
- Selezionati ed acquisiti sul mercato di elementi termoelettrici di bassa e di alta temperatura per l'accoppiamento con bruciatore catalitico alimentato a metanolo e la realizzazione di un sistema integrato prototipale di piccola scala ad alta efficienza energetica .

### Progetto 3: ACCUMULO

#### Sistemi elettrochimici per l'accumulo di energia

---

In linea con il Piano Triennale 2012-2014, il programma di ricerca è stato focalizzato sullo sviluppo di sistemi elettrochimici di generazione e accumulo elettrico.

Per il PAR 2013-2014, delle tre linee di ricerca programmate sono state svolte attività unicamente sulla Linea Progettuale 2 poiché sono state **portate** a conclusione le attività delle altre linee progettuali inizialmente programmate.

La Linea Progettuale dedicata allo **Sviluppo di generatori elettrochimici**, è stata svolta nell'Area Tematica A, Sottotema A4 (**Generazione Distribuita, Reti Attive e Sistemi di Accumulo**) ed è stata valorizzata complessivamente con 1600 k€ di cui 320 k€ a Partner Universitari.

I diversi partecipanti del Progetto sono stati:

- CNR- Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano" (CNR-ITAE)
- CNR- Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali (CNR-ISTEC)
- Università di Reggio Calabria – Dipartimento di Ingegneria Civile, Energia, Ambiente e Materiali (UNIRC) – prof. P. Antonucci
- Università di Palermo- Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'informazione e modelli matematici (UNIPA)- Prof. M. Cellura
- Università di Bologna- Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni Meccaniche, Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia (UNIBO)- prof. A. De Pascale.

#### Linea Progettuale 2: Sviluppo di Accumulatori Elettrochimici

L'obiettivo generale della linea 2 è stato mirato allo sviluppo di dispositivi elettrochimici di generazione e accumulo secondario di energia elettrica per applicazioni stazionarie, dove la potenza elettrica viene prodotta ed accumulata in forme dirette o indirette e pronta ad essere utilizzata a richiesta.

Nello specifico, i principali obiettivi della ricerca sono stati indirizzati verso lo sviluppo di materiali e componenti per dispositivi di accumulo di nuova generazione con attività volte a sviluppare:

- componentistica avanzata per Batterie **sodio-nickel cloruro** a geometria planare (incluso proof-

of-concept di una cella singola a scala significativa con caratteristiche evolute per applicazioni in accoppiamento con fonti energetiche rinnovabili, es. elevata ciclabilità). L'attività è volta a sviluppare, oltre al prototipo, anche il chimismo della materia catodica tramite l'utilizzo di più coppie redox per migliorare sia la capacità che la cinetica di reazione ovvero la potenza del dispositivo. Il vantaggio di questo approccio sta nella capacità di operare in condizioni che corrispondono a una variazione significativa rispetto alle caratteristiche nominali e per tempi prolungati;

- componentistica innovativa per **Flow Redox Batteries**, dai materiali elettrodici e membrane fino alla componentistica di stack, incluso proof-of-concept di una batteria a scala significativa;
- procedure di prova e metodologie di diagnostica per lo studio della degradazione di **batterie a Litio ione** aventi un diverso chimismo, al fine di definire insieme ad RSE ed ENEA un database delle prestazioni di tale tecnologia;
- un innovativo processo di **metanazione della CO<sub>2</sub>** attraverso l'utilizzo di SOE (Solid Oxide Electrolyzer) per l'accumulo in SNG (Substitute Natural Gas) attraverso lo studio dettagliato dei vari stadi di processo (endotermico elettrochimico e esotermico catalitico) al fine di individuare le condizioni migliori di temperatura e di rapporto vapore/CO<sub>2</sub> nello stream di ingresso e lo studio dettagliato dei vari stadi in relazione alle caratteristiche termodinamiche e cinetiche;
- materiali compositi e fibrosi con elevata area superficiale e appropriata conducibilità per **batterie metallo-aria** (ad alta e bassa temperatura) ottimizzate per applicazione di storage di energia elettrica da rinnovabili.

I principali risultati ottenuti (sostanzialmente in linea con quelli attesi) sono, relativamente a :

#### ***Sviluppo di componenti innovativi per batterie ad alta temperatura:***

- La realizzazione n° 3 prototipi batteria zebra planare ;
- 19.5 mAh/g potenziale medio registrato in scarica di 2.37 V (46.2Wh/g) riferito alla materia catodica ;
- Lo scale up del processo di produzione di membrane ceramiche planari a base di Na-β"-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> per batterie ad alta temperatura e l'ottenimento di diverse membrane di spessore 1.5 mm e diametro 20 e 50 mm (rispettivamente 10 e 6 campioni). Sono state inoltre prodotte membrane contenenti una fase rinforzante con implementata resistenza meccanica .

#### ***Sviluppo di componenti innovativi per batterie redox :***

- La sintesi di elettrodi altamente reversibili le cui prestazioni aggregate hanno superato i target previsti dall'attività: EE=80% e VE=87% nonché elevati valori di SOC e DoD, pari a circa 81% e 73% @ 80mA cm<sup>-2</sup> e densità di potenza di circa 106 mW cm<sup>-2</sup> @ 80mA cm<sup>-2</sup> ;
- Lo sviluppo di membrane composite bassa permeabilità agli ioni vanadio (SPSf/PAN/rGO 3.7\* 10<sup>-8</sup>) ;
- La realizzazione prototipo Stack VRFB da 1kW. Performance raggiunta: La massima corrente di lavoro è stata 30 A (100 mA/cm<sup>2</sup>). In particolare, è stata raggiunta la potenza di circa 1270 W ad inizio scarica e di 1150 W al 50% della fase di scarica;

#### ***Sviluppo di componenti innovativi per batterie a Litio-ione***

- L'individuazione di parametri caratteristici delle batterie al litio-ioni investigate in diverse condizioni operative ;
- La definizione delle criticità della tecnologia a seguito di cicli di lavoro tipici di bilanciamento della

rete elettrica e per l'accoppiamento con le rinnovabili ;

- L'analisi di sensibilità e analisi degli scenari applicata nella valutazione delle prestazioni energetico – ambientali delle batterie Litio ione utilizzanti LTO o grafene come anodo .

***Sviluppo di un innovativo processo di accumulo di energia elettrica attraverso per la riduzione di CO<sub>2</sub> a combustibili organici attraverso l'utilizzo di SOEC (Solide Oxide Electrolyzer Cell)***

- I valori di conversione della CO<sub>2</sub> maggiori dell'80% senza formazione di prodotti secondari per campioni con carico metallico 1:1, velocità spaziale 30.000 h<sup>-1</sup> (a T=400°C) ;
- Un Dispositivo SOEC con corrente di 4 A cm<sup>-2</sup> a 1.8 V di potenziale di cella, con elevata conversione faradica. Tali prestazioni sono state ottenute con cella SOEC in configurazione convenzionale (senza pre-layer) ed alimentata con il 70% di CO<sub>2</sub> ;
- Il modello numerico ha fornito valori del rendimento electric-to-fuel del sistema integrato SOEC-Reattore Sabatier, nel punto di design, variabili tra il 70% e il 85% .

***Sviluppo di componenti innovativi e nuove configurazioni di cella per batterie metallo-aria***

- Un dispositivo di batteria Fe-aria con elettrolita anionico a base di ceria-gadolinia. Capacità: 0.66 Ah/gFe+CGO e di densità di energia 0.8 Wh/gFe+CGO ;
- Le Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/C con struttura ematite mostrano capacità fino a 520 mAh/g Fe. Le Pd/Vulcan, LSF<sub>2</sub>CO/C, CoO/CNF registrano correnti fino a 400 mA cm<sup>-2</sup> in evoluzione, e fino a 750 mA cm<sup>-2</sup> in riduzione. Inoltre, LSF<sub>2</sub>CO/C sostiene 200 cicli a correnti di riduzione di -80 e -125 mA cm<sup>-2</sup>, e 20 mA cm<sup>-2</sup> in evoluzione. CoO/CNF, sostiene 50 cicli a correnti di riduzione e evoluzione di + - 80 mA cm<sup>-2</sup>. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/C con struttura maghemite sostiene 100 cicli ma con perdita della capacità (da 520 mAh gFe scende fino a 360 mAhg Fe) 0.66 Ah/gFe+CGO e di densità di energia 0.8 Wh/gFe+CGO ;
- La valutazione delle prestazioni energetico-ambientali sono state eseguite e riportate all'interno della specifica deliverable prodotta. In termini di energia primaria si stimano consumi pari a 2,16E+06 MJ per lo Scenario A, 1,97E+06 MJ per lo scenario B. Per entrambi gli scenari il 91,8% dell'energia consumata è proveniente da fonti non rinnovabili .

## Progetto 4: SOLAR

### Climatizzazione solare ad adsorbimento

Il progetto si colloca nell'Area Tematica C\_ "Uso razionale dell'energia e risparmio energetico negli usi finali elettrici", sottotema C3 "Utilizzo del calore solare ed ambientale per la climatizzazione" è stato valorizzato per 400 k€ complessivi di cui 80 k€ a partner universitari. Obiettivo generale del presente progetto è stato lo studio e lo sviluppo sperimentale di un sistema di solar cooling per utenze di piccole dimensioni collocate in un clima mediterraneo. Il raggiungimento di tale obiettivo è stato perseguito principalmente attraverso lo sviluppo di un climatizzatore ad adsorbimento di nuova generazione ad elevate prestazioni. Le unità partecipanti al progetto sono:

- CNR ITAE - Istituto Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano"
- Università di Messina – Dipartimento di Ingegneria

Il progetto è stato svolto suddividendolo in due linee progettuali:

- Linea progettuale 1: Impianto di solar cooling con macchina ad adsorbimento;
- Linea progettuale 2: Sviluppo di un climatizzatore ad adsorbimento per l'uso in sistemi di solar cooling.

Nel seguito si riportano i principali risultati conseguiti.

**Linea progettuale 1: Impianto di solar cooling con macchina ad adsorbimento;**

- L'installazione di un PLC avanzato ha consentito l'armonizzazione delle logiche di gestione dei vari componenti dell'impianto solar cooling poichè la presenza di tante unità di controllo separate aveva comportato in passato una difficoltà di gestione dell'intero sistema secondo quanto atteso. È stato evidenziato come una corretta logica di gestione consenta un significativo incremento delle prestazioni stagionali dei sistemi solar cooling.

-I valori di efficienza della macchina ad adsorbimento misurati si sono rivelati inferiori a quelli misurati in stazioni di prova ed attesi per il funzionamento in condizioni reali. Tale comportamento è essenzialmente dovuto alle condizioni climatiche di esercizio molto gravose, che hanno caratterizzato l'estate 2015, ed al ridotto fabbisogno di raffrescamento richiesto dal piccolo ufficio/dimostratore, rispetto alla capacità nominale del chiller. Tale concomitanza di fattori ha comportato un funzionamento della macchina ad adsorbimento in condizioni "off-design", costringendola in taluni casi a dei cicli di ON-OFF, con conseguenze rilevanti sui valori di efficienza complessiva.

-E' stato realizzato il progetto esecutivo di un serbatoio per l'accumulo con PCM con densità di energia superiore a  $100 \text{ MJ/m}^3$ . Il progetto è stato appoggiato da modellazione matematica e il modello agli elementi finiti sviluppati al fine di dimensionare un innovativo serbatoio con tecnologia a calore latente.

- E' stato infine realizzato testato sperimentalmente delle performance il prototipo di serbatoio di accumulo termico a tecnologia PCM. I primi test funzionali hanno evidenziato il raggiungimento di una capacità di accumulo di  $40 \text{ MJ/m}^3$ , inferiore rispetto al target di progetto, ma comunque superiore del 30% rispetto al sistema sensibile a base di acqua. Il valore ottenuto sperimentalmente,  $40 \text{ MJ/m}^3$ , risulta inferiore rispetto al previsto, a causa dell'incompleta solidificazione ottenibile dal materiale in esame nel range di funzionamento, l'estensione dei valori di salto termico fra temperatura di scarica e temperatura di accumulo possono comunque garantire un maggiore avvicinamento al target di progetto fissato a  $100 \text{ MJ/m}^3$ .

La scelta conservativa di un PCM stabile, con ridotto sottoraffreddamento e capacità corrosiva ha probabilmente influito, più di quanto atteso, sul mancato raggiungimento del target di capacità volumetrica di accumulo.

**Linea progettuale 2: Sviluppo di un climatizzatore ad adsorbimento per l'uso in sistemi di solar cooling;**

-È stato realizzato un prototipo innovativo, il cui concept è stato presentato nel precedente PAR, composto da uno "stack" di piatti di grafite, in modo da garantire la modularità del sistema. I test effettuati hanno evidenziato alcuni problemi di tenuta idraulica che richiede ulteriori approfondimenti nella definizione della tecnica di serraggio/incollaggio dei piatti di grafite. Inoltre, durante il funzionamento si è verificata la rottura di un piatto, mediante formazione di una cricca in corrispondenza dei bordi dei semi-piatti incollati, ad indicare che è altresì necessario porre particolare attenzione nella fase di lavorazione delle piastre grafitiche e, probabilmente, riprogettare i piatti per eliminare punti di criticità. I risultati ottenuti durante i test hanno evidenziato la necessità di uno studio e una riprogettazione anche del "lato zeolite" dell'adsorbitore, al fine di incrementare il carico di adsorbente per unità di superficie, ed aumentare così ulteriormente la potenza disponibile, che si è comunque dimostrata in linea con i risultati attesi.

Sulla base del concetto di modificare zeoliti commerciali a basso costo per ottenere una modifica delle proprietà di adsorbimento, sono state sintetizzate delle zeoliti alumino-silicatiche, in modo da renderle utilizzabili nel campo delle macchine per la climatizzazione solare ad adsorbimento. I risultati indicano come, sebbene non ancora perfettamente equivalenti, le zeoliti alluminio-silicatiche modificate si avvicinino nel comportamento all'adsorbimento di vapore d'acqua al materiale di riferimento, la zeolite SAPO-34. I risultati indicano, quindi, che la strada intrapresa è corretta e che i materiali preparati necessitano di ulteriori studi per l'ottimizzazione delle proprietà adsorbenti secondo quanto desiderato e per la verifica di durabilità nel tempo di tali proprietà.

**Progetto 5: MATERIALI****Tecnologie abilitanti per la ricerca di sistema elettrico: materiali e componentistica**

L'attività di questo progetto si è sviluppata su 4 linee progettuali per un valore complessivo di 800 k€ di cui 160 K€ per attività di partner universitari. Le linee progettuali sono:

**-Linea progettuale 1:** Studio e sviluppo di membrane ceramiche a conduzione mista per la valorizzazione di gas da biomasse ( separazione di CO<sub>2</sub>), afferente all' Area Tematica B sottotema B1.1: " *Energia elettrica da biomasse*" con valore economico complessivo di 230 K€.

**-Linea progettuale 2:** Nanofluidi per la lubrificazione afferente all' Area Tematica C " *Uso razionale dell'energia e risparmio energetico negli usi finali elettrici* sottotema C1 " *Uso efficiente dell'energia elettrica nei settori residenziale, terziario (incluso settore pubblico), industriale*", con valore economico complessivo di 190K€.

**-Linea progettuale 3:** Materiali termoelettrici afferente a all' Area Tematica C " *Uso razionale dell'energia e risparmio energetico negli usi finali elettrici* sottotema C1 " *Uso efficiente dell'energia elettrica nei settori residenziale, terziario (incluso settore pubblico), industriale*", con valore economico complessivo di 120K€.

**-Linea progettuale 4:** Rivestimenti per la protezione da corrosione ed usura di materiali strutturali afferente all' Area Tematica B " *Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente*" sottotema B1.1 " *Energia elettrica da biomasse*", con un valore economico complessivo di 260 K€.

Le unità partecipanti al progetto sono:

CNR IENI – Istituto per l'Energetica e le Interfasi
CNR ISTEC – Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici
CNR ITC – Istituto per le Tecnologie della Costruzione
CNR IM - Istituto Motori
CNR ITM – Istituto di Tecnologia delle Membrane
Politecnico di Torino – Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia
Università Roma Tre – Dipartimento di Ingegneria

Nel seguito si elencheranno i principali risultati conseguiti per linea progettuale.

**Linea progettuale 1: Studio e sviluppo di membrane ceramiche a conduzione mista per la valorizzazione di gas da biomasse.**

-Sono state messe a punto membrane dense che mostrano permeabilità all'idrogeno al di sopra dello stato dell'arte. Sono infatti stati ottenuti valori di permeabilità compresi tra  $2 \times 10^{-7}$  mol cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (750°C) e  $1.5 \times 10^{-6}$  mol cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (1000°C) in flusso di 50% H<sub>2</sub>.

-Sono stati ottenuti tapes integri ed omogenei di BCZY di spessori di circa 600 µm per la realizzazione del supporto poroso. L'ottimizzazione della composizione della sospensione per colaggio su nastro e dei trattamenti termici hanno permesso l'ottenimento di substrati con porosità superiore al 40 vol%; tapes sottili integri e flessibili a base di un composito ceramico (BCZY + fase a conduzione elettronica) di spessori di circa 30 µm per la realizzazione dello strato denso; membrane asimmetriche poroso-denso integre e planari con microstruttura adeguata all'applicazione.

-È stata messa a punto una procedura per la misura sperimentale delle proprietà di trasporto in funzione delle variabili di maggiore interesse operativo quali temperatura, pressione di alimentazione e di permeato, utilizzo di sweep gas (lato permeato), portate e composizioni delle correnti di alimentazione e di sweep.

### Linea progettuale 2: Nanofluidi per la lubrificazione.

- Sono stati preparati e caratterizzati due nanolubrificanti a base di olio commerciale monogrado SAE40 (Pegasus 1005) utilizzato nei motori CI per cogenerazione. Il primo è stato ottenuto per dispersione di nanoparticelle di rame sintetizzate direttamente nei laboratori CNR, il secondo per dispersione di single walled C nanohorn (SWCN). Entrambi i nanolubrificanti si sono dimostrati stabili, con variazioni trascurabili della viscosità ma riduzioni molto importanti di attrito e usura, in particolare per concentrazioni attorno a 0.01%<sub>vol</sub> (riduzione di attrito > 10% e di usura dal 30 al 50%).

-È stato preparato un nanolubrificante a base PAG (poli-alchilene-glicole), denominato BREOX RFL-46-EP, adatto per sistemi di refrigerazione alimentati a CO<sub>2</sub> di cui è iniziata la caratterizzazione (buona stabilità, bassa viscosità, positivi i primi test ad usura).

-È stato realizzato un sistema di test per lubrificanti in condizioni dinamiche prossime a quelle di un motore reale disaccoppiando gli effetti di combustione, migliorativo dello stato dell'arte. Durante il test relativo a lubrificanti di tipo non convenzionale il sistema ha consentito di evidenziare il diverso comportamento dinamico del nanolubrificante rispetto all'olio base, confermando quanto già evidenziato in dai test tribologici standard.

### Linea progettuale 3: Materiali Termoelettrici.

-Sono stati individuati i materiali per i connettori metallici, per i piatti ceramici e per le leghe da utilizzare per le diverse brasature.

Attraverso un approfondito studio degli aspetti progettuali, sono state definite le geometrie di modulo più efficaci ai fini di un aumento dell'efficienza.

-È stata progettata e messa in opera la stazione di testing dei moduli per alte temperature e la strumentazione necessaria alla misura delle resistenze di contatto.

-Si è eseguito uno studio di fattibilità dell'accoppiamento di un TEG con una microturbina a gas per la realizzazione di un sistema integrato. L'idea alla base dello studio è quella di sfruttare il calore inutilizzato all'uscita della macchina per la generazione di potenza elettrica tramite il TEG, possibilmente inserito in un sistema di cogenerazione per la produzione di acqua calda.

### Linea 4: Rivestimenti per la protezione da corrosione ed usura di materiali strutturali

Sono state preparate tre diverse serie di campioni AlTiN a diverso rapporto Ti/Al su dischi di acciai strutturali, leghe TiAl e superlega Nimonic90<sup>®</sup> variando le condizioni dell'interfaccia film/substrato mediante trattamento al plasma e l'apposizione di *glue layer* ed è stato studiato l'effetto della modifica dell'interfaccia sulle proprietà dei film e sul loro comportamento funzionale.

Sono state preparate due serie di campioni AlTiNlr su dischi di lega TiAl e su dischi di superlega Nimonic90<sup>®</sup> a diversa concentrazione di Ir, valutandone l'effetto sulle caratteristiche funzionali dei film e valutando l'influenza del tipo di substrato sulle proprietà dei film e sul loro comportamento funzionale.

Sono state effettuate con successo prove di deposizione su campioni con superfici complesse (provini di trazione normali e con intaglio).

-È stata verificata su un banco prova, in grado di simulare le condizioni operative nelle parti calde delle turbine a gas, la resistenza all'ossidazione ed allo shock termico dei compounds costituiti da rivestimenti di TiAlN depositati sulla superficie di una lega intermetallica TiAl. Tutti i campioni hanno superato test severi di ciclaggio termico prolungato (fino a 200 cicli) fino a temperature massime di 850°C e 950°C: non sono mai stati riscontrati fenomeni di perdita di adesione tra rivestimento e substrato ed è stata osservata la crescita di strati di ossido di spessore molto contenuto (fino a poche centinaia di nanometri). I risultati conseguiti dimostrano l'efficacia del rivestimento e la sua buona compatibilità con substrati di TiAl suggerendo l'adozione di tale tipo di rivestimenti in abbinamento con leghe TiAl di ultima generazione ed in

fase di sviluppo, progettate per operare nelle turbine a gas nelle condizioni maggiormente critiche e quindi potenzialmente idonee a sostituire per tale applicazione le superleghe a base di nichel.

-Le analisi degli stress residui e delle proprietà elastiche hanno mostrato che il trattamento in burner-rig al quale sono stati sottoposti i campioni porta alla formazione di uno strato di ossido superficiale che aumenta di spessore con l'incremento di temperatura e di numero di cicli al quale il provino è sottoposto.

## **Progetto 6: MOBILITA'**

### **Sviluppo di architetture innovative per stazioni di ricarica rapida, integrazione efficiente con la rete elettrica, logiche di controllo e comunicazione in contesto smart grid**

Il progetto, si colloca nell'ambito dell'Area Tematica C "*Uso razionale dell'energia e risparmio energetico negli usi finali elettrici*", sottotema C.4 "*Mobilità elettrica*" e le sue attività saranno valorizzate (a seguito del taglio effettuato in sede di valutazione del PAR) con 272.500 k€ di cui 30 k€ a partner universitari.

Il progetto stesso è strutturato in due linee di ricerca:

**Linea progettuale 1:** Sviluppo e miglioramento delle prestazioni di convertitori active front-end per applicazioni V2G e smart-grid.

**Linea progettuale 2 :** Sviluppo di architetture di ricarica rapida di veicoli elettrici ed ibridi plug-in, basate su microgrid in corrente continua di tipo buffer, a supporto di una integrazione efficiente dei sistemi di generazione distribuita con la rete elettrica.

Le unità partecipanti al progetto sono state:

- CNR Istituto Motori (CNR IM)
- CNR Istituto di Informatica e Telematica (CNR-IIT)
- Università di Bologna - Dipartimento d'Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione (UNIBO-DEI)

I principali risultati ottenuti nell'ambito di ciascuna linea progettuale sono:

**Linea progettuale 1 : Sviluppo e miglioramento delle prestazioni di convertitori active front-end per applicazioni V2G e smart-grid.**

-E' stato realizzato un dimostratore sperimentale che rappresenta una soluzione aperta a test e verifiche di varie soluzioni di convertitori di potenza ed architetture di tipo distribuito, ed alla valutazione di diverse strategie di gestione dei flussi energetici tra rete, sistema buffer, e veicoli in ricarica, nelle principali condizioni operative, tra cui la ricarica rapida e islanding. Il dimostratore ed i dati sperimentali forniti come output di questa attività rappresentano un reale supporto per la valutazione, la scelta e l'implementazione di sistemi di comunicazione bidirezionali per smart grid e servizi web per la gestione della ricarica elettrica che sono sviluppati negli altri WP del questo progetto sulla mobilità elettrica.

- Si è proceduto alla definizione dei modelli matematici e dimensionamento di un sistema completo di ricarica con stadio PFC e dc-dc interleaved per applicazioni da 22 kW, e implementazione in ambiente MATLAB Simulink-PLECS.

- Si è studiata la riduzione delle perdite di commutazione e della riduzione del ripple di corrente ottenibile mediante ottimizzazione della tecnica di modulazione.

- E' stato definito il modello per la simulazione in ambiente MATLAB Simulink/Power System Blockset del sistema di controllo di un convertitore di interfaccia nelle configurazioni "raddrizzatore PWM" e "filtro attivo" con specifica attenzione al miglioramento della qualità delle armoniche di rete (abbattimento sino alla 19a armonica).

- Sono state definite alcune tecniche per *islanding detection*, e la loro implementazione all'interno degli schemi di controllo.
- E' stato dimensionato e realizzato un prototipo di convertitore *active-front end* da utilizzare come filtro attivo o raddrizzatore controllato bidirezionale PWM per la verifica sperimentale delle tecniche di controllo proposte.
- Si sono effettuate le prove sperimentali per le verifiche di fattibilità e delle prestazioni degli algoritmi di controllo.

**Linea progettuale 2 : Sviluppo di architetture di ricarica rapida di veicoli elettrici ed ibridi plug-in, basate su microgrid in corrente continua di tipo buffer, a supporto di una integrazione efficiente dei sistemi di generazione distribuita con la rete elettrica.**

- Si è sviluppato di un prototipo software del protocollo Open Charge Point Protocol (OCPP) - versione 1.6, che permette di gestire in modo centralizzato una infrastruttura di stazioni di ricarica interconnesse in rete. Il prototipo OCPP sviluppato in questa attività è stato realizzato adottando una framework software altamente scalabile, basata su WebSockets, servizi HTTP di tipo RESTful, tecnologie di programmazione open-source.

-E' stato realizzato un prototipo hardware di una centralina di comunicazione per l'interconnessione di stazioni di ricarica in reti eterogenee, utilizzando protocolli di rete TCP/IP e tecnologie radio. Si è utilizzato, allo scopo, un computer single-board che offre molteplici slot di espansione ed interfacce di Input/Output. Inoltre la centralina di comunicazione è stata interconnessa ad un analizzatore di rete tramite un driver che utilizza il protocollo di comunicazione seriale Modbus/TCP.

Sono stati definiti:

- possibili stati di funzionamento del convertitore di interfaccia alla rete;
- le variabili per il controllo e la rappresentazione dello stato del convertitore di interfaccia;
- le modalità di interfacciamento alla rete secondo la norma CEI 0-21, che definisce la regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti BT.

Infine, relativamente alle attività svolte dall'unità di management dell'accordo di programma del dipartimento DIITET-CNR hanno riguardato:

- Il controllo ed elaborazione finale di tutti i documenti e il caricamento sul portale RdS messo a disposizione dalla CSEA.
- La gestione dei contatti con i Responsabili delle Unità Universitarie partecipanti alle attività di Ricerca nei vari Progetti, sia per la stipula dei singoli Accordi di collaborazione che per un monitoraggio della rendicontazione.

Una nota particolare va fatta, per questo PAR, in cui si sono utilizzati per la prima volta, i format di rendicontazione forniti dalla CSEA. All'Unità di Management è stato richiesto un lavoro di "accorpamento" finale di tutti i rendiconti provenienti dalle singole unità operative elaborando un unico file per ogni progetto, permettendo così alla commissione di valutazione di avere un quadro univoco di tutti i costi sostenuti nell'ambito di ogni progetto suddivisi secondo le voci di spesa indicate nelle linee guida di rendicontazione.

Relativamente alle attività di diffusione, oltre le numerose pubblicazioni, partecipazioni a convegni nazionali e internazionali ben descritte nelle relazioni dei Responsabili di Progetto, il DIITET ha organizzato e partecipato a vari eventi divulgativi presso varie sedi CNR, mondo industriale interessato nazionale ed europeo.



Tra le altre iniziative si è curato lo share delle informazioni e dei risultati con i colleghi Enea ed RSE attraverso la partecipazione nel 2015, tra le altre iniziative, alle attività di **EERA (alleanza europea per la Ricerca energetica)**. In tal caso si è operato mediante la partecipazione comune ai Joint Programme , diversificati a seconda delle tematiche affrontate (Geothermal, Smart Grids, Solar Photovoltaic, Wind Energy, Bioenergy/Biofuel, Carbon Capture, Materials of Nuclear, Fuel Cell, Concentrated Solar Power, Energy Storage, AMPEA, Smart Cities, Marine Energy).

E' anche con queste attività che il CNR mira a rafforzare la presenza della ricerca energetica italiana nelle varie tipologie del Programma Horizon 2020.

Il Responsabile Scientifico del Progetto

Claudio Bertoli

# Schema del III Accordo di Programma MSE-CNR

“Attività di RS di interesse generale del sistema elettrico nazionale”

## Piano Annuale di Realizzazione 2013-14

### Gruppo tematico “Efficienza Energetica”

Responsabile **Anna Ciajolo (IRC)**

UNITA' OPERATIVA CNR

- Istituto Ricerche sulla Combustione
- Istituto per l'Energetica e le Interfasi

UNITA' OPERATIVE UNIVERSITA'

- Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e Produzione Industriale - UNINA

### Gruppo tematico “Solar Cooling”

Responsabile **Giovanni Restuccia (ITAE)**

UNITA' OPERATIVA CNR

- Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia

UNITA' OPERATIVE UNIVERSITA'

- Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Chimica e Ingegneria Industriale - UNIME

### Gruppo tematico “Accumulo Energia”

Responsabile **Vincenzo Antonucci (ITAE)**

UNITA' OPERATIVA CNR

- Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia
- Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici

UNITA' OPERATIVE UNIVERSITA'

- Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'informazione e modelli matematici - UNIPA
- Dipartimento di Ingegneria Civile, Energia, Ambiente e Materiali - UNIRC
- Dipartimento di Ingegneria Industriale - UNIBO

### Gruppo tematico “Mobilità Elettrica”

Responsabile **Ottorino Veneri (IM)**

UNITA' OPERATIVA CNR

- Istituto Motori
- Istituto di Informatica e Telematica

UNITA' OPERATIVE UNIVERSITA'

- Dipartimento d'Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione - UNIBO

### Gruppo tematico “Materiali”

Responsabile **Monica Fabrizio (IENI)**

UNITA' OPERATIVA CNR

- Istituto per l'Energetica e le Interfasi
- Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici
- Istituto Tecnologie della Costruzione
- Istituto per la Tecnologia delle Membrane
- Istituto Motori

UNITA' OPERATIVE UNIVERSITA'

- Dipartimento di Ingegneria - UNIROMA3
- Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia - POLITO

### Gruppo tematico “Bioenergia”

Responsabile **Patrizio Massoli (IM)**

UNITA' OPERATIVA CNR

- Istituto Ricerche sulla Combustione
- Istituto per l'Energetica e le Interfasi
- Istituto Motori
- Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia

UNITA' OPERATIVE UNIVERSITA'

- Dipartimento Ingegneria - UNIFE
- Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e Produzione Industriale - UNINA
- Centro Interdip. di Ricerca per le Scienze Ambientali - UNIBO

**Unità tecnica** c/o Dipartimento Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti

*Responsabile incaricato Claudio Bertoli*

- Marco Conti
- Valentina Cozza
- Ilaria Bencini
- Silvia Presello
- Paola Giugni
- Simone Iannotti



**Dichiarazione di Responsabilità e di conformità alla normativa vigente relativamente alle attività di Ricerca di Sistema affidate al CNR DIITET – PAR 2013-2014**

Il sottoscritto Dott. Marco Conti, nato a Seravezza (LU), il 16 Dicembre 1962, residente in Calci (PI), in via Santa Maria n. 17, codice fiscale CNTMRC62T16I622B, Direttore del Dip.to Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti del CNR in qualità di procuratore generale, repertorio n. 75143/15049 del 4 Marzo 2016, in virtù dei poteri necessari conferitigli dal legale rappresentante del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Prof. Massimo Inguscio, con sede legale in Roma, P.le Aldo Moro 7 00185, codice fiscale 80054330586 e partita IVA: 02118311006, consapevole delle responsabilità anche penali derivanti dal rilascio di dichiarazioni mendaci e della conseguente decadenza dei benefici concessi sulla base di una dichiarazione non veritiera ai sensi dell'art. 76 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445, con riferimento alla partecipazione ai progetti affidati al CNR e relativi al III Accordo di Programma tra Ministero dello Sviluppo Economico e CNR - PAR 2013-2014.

**DICHIARA SOTTO LA PROPRIA RESPONSABILITA'**

Che ha acquisito tutte le DSAN di conformità e regolarità delle U.O. coinvolte da cui risulta che le spese relative all'iniziativa sopra indicata:

- Sono state sostenute dal 01/04/2014 al 28/02/2016 (23 mesi), e ammontano complessivamente a Euro 5.752.264,08, per lo svolgimento delle attività di ricerca affidate al CNR e relative al Piano Annuale di Realizzazione 2013-2014;
- Sono distribuite secondo le voci riportate nelle tabelle (allegate alla presente su supporto informatico), relative alla rendicontazione di ogni Progetto di cui sopra;
- Sono state effettivamente sostenute e corrispondono a pagamenti effettuati, giustificati da fatture quietanzate o da documenti contabili aventi forza probante equivalente, conservate in originale presso la sede di svolgimento delle attività;
- Sono ammissibili, pertinenti e congrue, sono state effettuate all'interno del periodo di ammissibilità delle stesse e sono in linea con il documento "Modalità di rendicontazione e criteri per la determinazione delle spese ammissibili" del Ministero dello Sviluppo Economico;
- Sono state adempiute tutte le prescrizioni di legge e in particolare fiscali;
- Non sono e non verranno poste a carico di altri finanziamenti pubblici comunitari e/o nazionali;
- Che i costi afferenti le diverse tipologie di spesa devono considerarsi comprensivi dell'IVA in quanto tale imposta non è trasferibile.

In fede

Marco Conti

ALLEGATO: CARTA DI IDENTITÀ



*Marco*

Cognome **CONTI**

Nome **MARCO**

nato il **16/12/1962**

(atto n. **110** P. **1** S. **A 1962**.)

a **SERAVEZZA** ( **LU** )

Cittadinanza **ITALIANA**

Residenza **CALCI**

Via **VIA S. MARIA 17/B**

Stato civile **---**

Professione **DIRIGENTE**

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura **1.79**

Capelli **CASTANI CHIARI**

Occhi **VERDI**

Segni particolari **NESSUNO**

Firma del titolare *Marco Conti*

**Calci li 23/06/2015**

IL SINDACO

Impronta del dito indice sinistro

IL FUNZIONARIO INCARICATO  
(Grazia Chini)