



## Bando MIUR Progetti Premiali 2012

### Linea 1

Ambito di intervento: ENERGIA SICURA, PULITA ED EFFICIENTE

Proponente: Dipartimento Scienze Fisiche e Tecnologie della Materia, DSFTM CNR

Responsabile del progetto: Maurizio Peruzzini (ICCOM CNR)

Responsabile scientifico: Gaetano Cacciola (ITAE CNR)

1. Titolo	2
2. Ambito di intervento del bando	2
3. Riferimenti	2
4. Istituti coinvolti	2
5. Parole chiave	2
6. Descrizione del progetto ed obiettivi progettuali	3
7. Collaborazioni con Istituzioni esterne	5
8. Articolazione del progetto e risultati attesi	5
9. <i>Governance</i> del progetto	25
10. Durata e costi del progetto	26

#### *Allegati*

*Allegato 1: Principali pubblicazioni scientifiche e brevetti delle unità operative partecipanti*

*Allegato 2: CV del Responsabile di Progetto e del Responsabile Scientifico*

*Allegato 3: Progettualità CNR in tema "Energia"*

*Lettere di "endorsement" (tre)*

## 1. Titolo

**Tecnologie integrate ed ecosostenibili per la produzione, l'accumulo e l'utilizzo dell'energia**

## 2. Ambito di intervento del bando

ENERGIA SICURA, PULITA ED EFFICIENTE

## 3. Riferimenti

Maurizio Peruzzini (ICCOM) – Gaetano Cacciola (ITAE)

Dipartimenti partecipanti:

Dipartimento Scienze Fisiche e Tecnologie della Materia, DSFTM

Dipartimento Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali, DSCTM

Dipartimento Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti, DIITET

## 4. Istituti coinvolti

CERIS - Istituto di ricerca sull'impresa e lo sviluppo	moduli WP4
IC - Istituto di Cristallografia	WP1
ICB - Istituto di Chimica Biomolecolare;	WP1
ICCOM - Istituto di Chimica dei Composti Organometallici	WP1 WP2 WP3
ICIS - Istituto di Chimica Inorganica e delle Superfici	WP1
ICTP - Istituto di Chimica e Tecnologia dei Polimeri	WP1 WP3
ENI - Istituto per l'Energetica e le Interfasi	WP1 WP2 WP3 WP4 WP5
IIT - Istituto di Informatica e Telematica	WP5
IM - Istituto Motori	WP2 WP4
IMC - Istituto Metodologie Chimiche	WP4
IMCB - Istituto per i Materiali Compositi e Biomedici	WP1
IMAMOTER – Istituto per le macchine agricole e movimento terra	WP3
IMEM - Istituto dei materiali per l'elettronica ed il magnetismo	WP3
INO - Istituto Nazionale di Ottica	WP3
IOM - Istituto Officina dei Materiali	WP3
IMM - Istituto per la Microelettronica e Microsistemi	WP3
IPCF - Istituto per i Processi Chimico-Fisici	WP1, WP3
IRC - Istituto di Ricerche sulla Combustione	WP1
ISC - Istituto dei Sistemi Complessi	WP1 WP4
ISE – Istituto Sistemi Ecologici	WP1
ISM - Istituto di struttura della materia	WP3
ISMAC - Istituto per lo studio delle macromolecole	WP3
ISMN - Istituto per lo studio dei Materiali Nanostrutturati	WP1 WP3
ISOF - Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività	WP3
ISTEC - Istituto di Scienza e Tecnologie dei Materiali Ceramici	WP1 WP2 WP4 WP5
ISTM - Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari	WP1
ITAE - Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia	WP1 WP2 WP3 WP4 WP5
ITC - Istituto per le Tecnologie della costruzione	WP5
ITM - Istituto Tecnologia delle Membrane	WP1
NANO - Istituto per le Nanoscienze	WP3
SPIN - Istituto Superconduttori, Materiali Innovativi e Dispositivi	WP2 WP3 WP4

## 5. Parole Chiave

Idrogeno	Materiali per l'energia	Energia solare	Smart Grid
Biossido di carbonio	Efficientamento energetico	Energie rinnovabili	Sistemi di Accumulo
Celle a combustibile	Catalisi	Elettrochimica	Tecnologia delle Membrane

## 6. Descrizione ed obiettivi progettuali

Il progetto integrato tra i Dipartimenti DSCTM, DSFTM e DIITET del CNR si pone l'obiettivo di **promuovere l'efficienza energetica** mediante lo sviluppo di tecnologie efficienti ed ecologiche per la produzione, l'immagazzinamento, la distribuzione e l'uso dell'energia prodotta sia da fonti rinnovabili che fonti fossili

Il CNR, tramite gli istituti afferenti ai tre dipartimenti proponenti, svolge attività di ricerca di avanguardia, in linea con le strategie europee e nazionali ed è presente con importanti competenze nell'ambito dei **nuovi processi energetici**, dei **materiali avanzati per l'energia** e, soprattutto, dello **sviluppo tecnologico di componenti e sistemi**. Quindi, con una struttura di ricerca integrata e flessibile, il CNR è perfettamente **organizzato per affrontare le grandi sfide in ambito energetico** che stanno di fronte alla comunità scientifica ed alla società civile e che sono strategiche per il paese. Gli istituti coinvolti sono pienamente inseriti nelle tematiche di ricerca che fanno capo alle energie rinnovabili ed all'efficienza della distribuzione e dell'utilizzazione delle risorse energetiche.

Risultati di eccellenza sono stati ottenuti dagli istituti coinvolti nel progetto in ambiti di ricerca riconducibili ai nuovi materiali ed alle nuove tecnologie per l'energia. Una lista, solo esemplificativa, di alcuni tra i più significativi **articoli scientifici** pubblicati sull'argomento dai ricercatori partecipanti al progetto è consultabile come **allegato 1**, mentre l'ampio portfolio di **progetti coordinati o partecipati** da ricercatori CNR per il settore energia è disponibile come **allegato 2**. Spiccano tra i molti risultati degni di nota quelli ottenuti nell'area delle **tecnologie per la produzione di idrogeno** tra cui lo sviluppo di celle a combustibile alimentate con (bio)alcoli, la realizzazione di elettrolizzatori alimentati con elettricità prodotta da fonti rinnovabili (o autoalimentate) e la conversione da biomasse algali (bioidrogeno) o convenzionali (*steam reforming*, *photoreforming*). Altrettanto importanti i risultati ottenuti nell'ambito della **conversione dell'energia solare** in idrogeno (splitting fotochimico dell'acqua o foto-elettro catalisi da alcoli) oppure in energia elettrica tramite dispositivi PV di terza generazione basati sulla tecnologia DSSC e sul fotovoltaico organico. Competenze di rilievo esistono lungo tutta la **filiera del solare fotovoltaico** non basato su moduli al silicio, dalla progettazione e realizzazione di tutti i componenti della cella solare alla deposizione di film sottili (DSSC, CIGS, calcogenuri ternari e quaternari del tipo delle kesteriti) su substrati rigidi e flessibili. Importanti sono le competenze nell'ambito del **solare termico**, soprattutto nei nuovi materiali, nella nanofluidica (a base di ossidi metallici) per generare energia elettrica da solare termico ad alta temperatura (550 °C), nella progettazione di campi di eliostati per concentrare la luce solare e nello studio e caratterizzazione di nuovi materiali ceramici da impiegare nelle fornaci solari ad alta temperatura.

Nell'ambito della produzione da rinnovabili sono inoltre presenti competenze ben documentate e di assoluta eccellenza nei settori della utilizzazione in chiave energetica delle **biomasse**, dell'**eolico**, della **geotermia** e dello sfruttamento delle **risorse marine** (monitoraggio e mappatura, sviluppo e test di tecnologie di conversione di piccola potenza: microeolico, *etc.*) e, comuni a tutti questi, attività di ricerca e sviluppo di sistemi di gestione e controllo delle tecnologie per la conversione dell'energia.

Sono altresì strategici per il paese e ben coperti da competenze di eccellenza presenti nei tre dipartimenti proponenti il progetto, la realizzazione di sistemi tesi a migliorare l'efficienza e a ridurre il costo energetico delle tecniche di cattura e sequestrazione del biossido di carbonio (**CCS**) non disgiunti dalla ancor più importante valorizzazione chimica (**CCU / C1-chemistry**) di questo importante *feedstock* nell'ottica di considerarlo una risorsa di ampia disponibilità e basso costo piuttosto che un materiale di scarto ed un problema per l'ambiente.

Per il raggiungimento di questi obiettivi sono patrimonio sostanziale dell'ente le competenze disponibili in alcune **tecnologie abilitanti** di natura pervasiva individuate dalla Commissione Europea tra le KETs capaci di fornire quei "mattoni" della conoscenza e della tecnologia con cui sviluppare aree prioritarie di sviluppo ed intervento nel settore dell'efficientamento energetico e dello sviluppo di un sistema energetico a bassa dissipazione di carbonio (*low carbon energy*). Tra esse le nanoscienze, le tecniche avanzate di progettazione molecolare, sintesi, funzionalizzazione e manipolazione di nuove molecole, e nuovi materiali (materiali porosi, materiali magnetici, membrane, materiali ibridi, catalizzatori, *etc.*), la fotonica e l'optoelettronica, le biotecnologie, la modellizzazione *in silico* non disgiunte dall'utilizzazione dei più moderni metodi e tecnologie ICT.

Nel settore dell'efficienza energetica per gli usi finali, sono rilevanti le competenze su tecnologie che favoriscono l'uso dell'energia solare a bassa temperatura per la climatizzazione nell'edilizia residenziale e pubblica (**solar cooling**), così come quelle relative a materiali e componenti per l'efficientamento del **sistema edilizio** (materiali isolanti, componenti trasparenti, domotica, integrazione edificio-impianto, *etc.*)

Notevoli sono le competenze esistenti nell'ambito della progettazione e realizzazione di **smart grids**, le reti di distribuzione intelligenti, in cui la rete elettrica interagisce sempre più strettamente con una rete informatica che gestisce in modo coordinato svariate unità di generazione elettrica (eolico, fotovoltaico, impianti di cogenerazione *etc.*) mediante algoritmi di ottimizzazione ricorsiva. Strettamente collegato all'ottimizzazione delle reti di distribuzione in cui si ha una massiccia e distribuita produzione da fonti rinnovabili (solare PV, eolico, *etc.*) è lo sviluppo di efficienti sistemi di accumulo dell'energia elettrica. Parallelamente lo studio di sistemi innovativi di accumulo dell'idrogeno, quale vettore energetico, costituisce un elemento chiave anche per trasferire efficientemente l'energia in esubero da rinnovabili, verso il settore trasporti. Nell'ambito dell'**accumulo di energia**

esistono competenze di eccellenza su batterie di nuova generazione per le quali sono attivi progetti di ricerca di rilevanza nazionale (PON) e internazionale (EC). e nell'ambito dei materiali in genere e in particolare di quelli superconduttori (ad es. tecnologie SMES basate sul MgB<sub>2</sub>). Rilevanti esperienze ed attività sono anche presenti nell'ambito dello **storage fisico** (MOFs, materiali porosi, grafene e materiali ibridi) e **chimico** (acido formico, metanolo) dell'**idrogeno**.

## OBIETTIVI

**Obiettivo strategico** del progetto è quello di fornire strategie, strumenti e tecnologie innovative per dare ulteriore slancio al mercato delle fonti energetiche rinnovabili in Italia declinate in tutte le possibili articolazioni. E' importante sottolineare che le fonti rinnovabili, ampiamente diffuse sul territorio nazionale, hanno ampi margini di crescita e possono ulteriormente contribuire al bilancio energetico del Paese e alla riduzione della dipendenza dalle fonti fossili.

Gli **obiettivi realizzativi** specifici riguardano:

- Sviluppo di tecnologie innovative per l'**utilizzo dell'energia solare** (solare di II e III generazione; DSSC sia da colorante artificiale che da pigmenti naturali; solare a concentrazione). Nell'ambito del solare fotovoltaico restano da superare una serie di problematiche legate all'aumento delle efficienze di conversione della luce solare, al miglioramento del tempo di vita e alla riduzione dei fenomeni di degrado; resta da valutare e ridurre l'impatto ambientale e migliorare la deposizione dei materiali fotosensibili su substrati flessibili e occorre stimolare una maggiore integrazione funzionale dei dispositivi PV in realtà architettoniche e produttive esistenti

- Studio di nuove tecnologie di conversione per lo sfruttamento di **risorse energetiche rinnovabili** di origine **geotermica** (bassa e media entalpia) e di origine **marina** (correnti marine, onde, etc.)

- Superamento delle strettoie tecnologiche che ancora ostacolano la transizione verso un diffuso utilizzo dell'**idrogeno come vettore energetico** soprattutto per applicazioni di tipo portatile, stazionario e per autotrazione (*H-generation and storage*). Le sfide da affrontare riguardano la produzione sostenibile di idrogeno tramite processi microbici di digestione di biomasse o sviluppo di catalizzatori che producono idrogeno per splitting fotocatalitico dell'acqua (WGS), per *reforming* efficiente di materie prime seconde (bioetanolo, bioglicerolo etc.), per elettrolisi, fotoelettrolisi e fotocatalisi di soluzioni di (bio)alcoli o sostanze zuccherine. Sono inoltre fondamentali per una produzione a breve termine di idrogeno da rinnovabili, lo sviluppo di elettrolizzatori di nuova generazione con membrane polimeriche e non, operanti ad alte temperature e alta pressione.

- lo studio e la realizzazione di nuovi materiali per l'**immagazzinamento efficiente di idrogeno** sia orientando la ricerca sui nuovi materiali ad elevata porosità come MOFs, polimeri di coordinazione, polimeri funzionalizzati, nanotubi di carbonio, grafene, etc. che verificando la possibilità di decomporre reversibilmente composti ad alto contenuto di idrogeno inorganici (amminoborani, idroborati ed alanati alcalini) ed organici (metanolo, acido formico). Lo sviluppo di questa ultima area tecnologica richiede un attento investimento in ricerca fondamentale per realizzare catalizzatori omogenei od eterogenei capaci di idrogenare reversibilmente il biossido di carbonio e si salda alla realizzazione di tecnologie efficienti di sequestrazione della CO<sub>2</sub>.

- lo sviluppo di **celle a combustibile** alimentate ad idrogeno o con combustibili differenti da risorse rinnovabili (biometano, bioalcoli, ...) che coniughino elevata efficienza, basso costo e lunga durata di esercizio. Sforzi di ricerca, sviluppo e prototipizzazione dovranno essere rivolti sia alle *Fuel Cells* funzionanti a bassa temperatura (PEFCs: *Polymer Electrolyte Fuel Cells* e *Direct Alcohol Fuel Cell*; DMFC, DEFC, DGEFC, etc) che alle SOFCs (*Solid Oxide Fuel Cells*) che operano in applicazioni stazionarie ad alta temperatura. Un obiettivo di primaria importanza delle ricerche nel campo delle celle a combustibile polimeriche rimane ancora lo sviluppo di nuovi ed efficienti elettrocatalizzatori, sia a **basso contenuto di platino** (<0,1 mg/cm<sup>2</sup>) o altri metalli nobili, sia a base di metalli non-nobili e con impatto ambientale ridotto, oltre allo sviluppo di membrane capaci di operare a più alte temperature (> 100°C).

- Sviluppo di tecnologie per la riduzione delle emissioni antropiche di gas serra in atmosfera e del conseguente paventato riscaldamento globale del pianeta. Questa sfida straordinaria richiede di migliorare la nostra conoscenza della **chimica del biossido di carbonio**, ottimizzando altresì le tecnologie di *Carbon Capture and Sequestration (CCS)* e sviluppando compiutamente una chimica, ancora in embrione (**C1-Chemistry**), basata sull'impiego efficiente della CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Utilization (CCU)*) come risorsa da affiancare alle biomasse (algali e da vegetali) per produrre prodotti chimici (bioraffineria) e nuove fonti energetiche (biocombustibili).

- Sviluppo di una **rete di distribuzione intelligente** dell'energia elettrica (**smart grid**) in cui si integrino impianti alimentati con risorse rinnovabili comprendenti batterie, pannelli fotovoltaici, concentratori solari e generatori eolici e geotermici, al fine di realizzare una rete di distribuzione intelligente che sfrutti anche le potenzialità della superconduttività nel trasporto e nell'accumulo dell'energia (**smart grid**).

- Sviluppo di tecnologie finalizzate all'**efficienza energetica negli usi finali**. In particolare, tecnologie che favoriscono l'uso dell'energia solare a bassa temperatura per la climatizzazione nell'edilizia residenziale e pubblica (**solar cooling**), così come quelle relative a materiali e componenti per l'efficientamento del sistema edilizio (materiali isolanti, componenti trasparenti, domotica, integrazione edificio-impianto, etc.)

## 7. Collaborazioni con Istituzioni esterne

Il progetto appare strettamente interconnesso ad una vasta serie di iniziative che vedono il CNR al centro di un esteso network di collaborazioni con soggetti pubblici e privati sia del nostro paese che esteri.

L'alta reputazione dei ricercatori coinvolti è ben testimoniata dalla partecipazione ad un gran numero di **progetti di ricerca internazionali**, soprattutto nell'ambito del RFP-7, e di network sovranazionali in cui i ricercatori CNR hanno **ruoli spesso di coordinamento o di leadership** (*Eurochemistry, IUPAC, EERA JP Advanced Materials and Processes for Energy Applications, EERA JP Carbon Capture and Sequestration, EuCheMS Chemistry and Energy, EERA JP CSP Concentration Solar Power, EERA JP AMPEA Advanced Materials and Processes for Energy Applications, EERA JP on Energy Storage, JPES, JTI Hydrogen and Fuel Cell etc.*). A livello internazionale il progetto si confronta positivamente con alcune delle più cogenti strategie identificate nel programma *Horizon 2020* dalla Commissione Europea affrontando temi che stanno al centro dell'agenda europea e che sono codificate recentemente come prioritarie dallo *High-Level Expert Group on KETs*.

A livello nazionale le unità CNR che si occupano di energia sono al centro di una rete estesa di **collaborazioni** scientifiche e tecnologiche con **Università**, altri **Enti di Ricerca** ed **industrie** di differente dimensione e ben articolate nel territorio nazionale. Una lista non esaustiva di tali collaborazioni è inserita nella descrizione di ogni WP. Sono altresì importanti le collaborazioni e le commesse di ricerca radicate sul territorio con enti locali come **Regioni** e loro **Distretti** e **Poli Tecnologici** che operano in ambito energetico. In accordo con ciò, larga parte dei fondi a disposizione dei ricercatori che operano in questo settore proviene dal successo avuto in risposta a bandi ministeriali MIUR (FISR, FIRB, PRIN), MISE (PON), MATTM, MAE e MIPAAF nonché da progetti locali (POR). Altrettanto importante è la collaborazione coi **Consorzi Interuniversitari** e con differenti organizzazioni industriali tra cui AIRI (Associazione Italiana Ricerca Industriale) e varie Associazioni di Impresa.

Le competenze apportate dal CNR si inquadrano nel documento presentato dall'Ente al comitato di coordinamento del **Cluster tecnologico nazionale energia** (CTNE) per lo sviluppo del piano di sviluppo strategico proposto da alcuni tra i più importanti soggetti industriali che operano in Italia nel settore "Energia" (tra cui ENI, ENEL, Therna, Ansaldo, Nuovo Pignone GE, Fimeccanica, etc.).

## 8. Articolazione del progetto e risultati attesi

Il progetto che presentiamo si articola in **cinque moduli o pacchetti di lavoro** che coprono aspetti complementari di aree tecnologiche avanzate sviluppate da gruppi di ricerca CNR attivi nel settore "energia".

- WP1  $H_2 \leftrightarrow CO_2$  *valuable chain*
- WP2 Tecnologie avanzate per la produzione di energia e la cogenerazione
- WP3 *Solar Energy Technologies*
- WP4 Accumulo di Energia e *Smart Grids*
- WP 5 Sviluppo di tecnologie finalizzate all'efficienza energetica negli usi finali

Nei cinque WPs sono incluse quelle competenze a forte complementarità ed interdisciplinarietà (fisici, chimici, ingegneri, biologi ed anche informatici ed economisti) che meglio rispondono alle richieste del bando MIUR sui "progetti premiali" in termini di **efficientamento energetico** realizzato attraverso lo sviluppo di **tecnologie a bassa emissione di CO<sub>2</sub>** e di sistemi di **accumulo di energia** integrati in un piano di distribuzione intelligente dei vettori energetici (**smart grid**).

### WP1 / $H_2 \leftrightarrow CO_2$ *valuable chain*

## Task 1.1 – Tecnologie di produzione sostenibile di idrogeno

### Task 1.1.1 – Elettrolisi da risorse rinnovabili (bio-alcoli)

L'impiego di risorse rinnovabili come etanolo, glicole etilenico e glicerolo (risorse rinnovabili), per la produzione di idrogeno in apparati elettrolitici di nuova generazione può rappresentare una valida alternativa alla elettrolisi dell'acqua perché questi sistemi prevedono un costo energetico largamente inferiore agli elettrolizzatori noti allo stato dell'arte. La produzione di H<sub>2</sub> si combina con la sintesi di un prodotto chimico a più alto valore aggiunto, derivato dall'ossidazione parziale degli alcoli. In questo ambito risulta di particolare interesse l'ossidazione catalitica parziale a breve tempo di contatto. Le attività saranno quindi concentrate allo *screening* e ottimizzazione di catalizzatori e processi.

### Task1.1.2 – Elettrolisi ad alta temperatura mediante celle SOEC

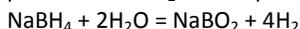
Le *Solid Oxide Electrolysis Cell* (SOEC) sono essenzialmente celle a combustibile ad ossido solido che lavorano in *reverse mode* per realizzare l'elettrolisi dell'acqua ad alta temperatura. L'alta temperatura di esercizio permette una migliorata cinetica agli elettrodi e contemporaneamente una riduzione della resistenza ohmica dell'elettrolita. Conseguentemente questi dispositivi necessitano di minor energia per il processo di elettrolisi e pertanto producono idrogeno potenzialmente ad un minor costo. Scopo dell'attività sarà lo sviluppo di una cella SOEC con migliorate caratteristiche di durata e resistenza agendo sia sui materiali che la compongono sia su migliorati tecnologie di produzione.

### Task1.1.3 – Processi fotochimici e foto-elettrochimici

La produzione di idrogeno tramite processi fotochimici e fotoelettrochimici rappresenta una valida alternativa ai comuni processi elettrolitici così come il *foto-reforming* di composti alcolici. Le attività verteranno quindi sullo sviluppo di fotocatalizzatori ad elevata attività in luce solare e fotostabilità tramite tecnologie di *doping*, *band-gap engineering*, funzionalizzazione con nanoparticelle ad effetto plasmonico, compositi (*red-ox cascade*), etc. Sarà un target di questa sezione progettuale l'ingegnerizzazione di fotoelettrodi compositi (anodi e catodi) per lo *splitting* fotoelettrochimico dell'acqua, di alcoli e polioli.

### Task1.1.4 – Decomposizione di metallo idruri

La produzione di idrogeno da idrolisi di boroiduri di metalli alcalini (NaBH<sub>4</sub>) ed alcalino terrosi [*i.e.* (MgBH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] suscita interesse per l'alto contenuto in peso di idrogeno (*ca.* 10.8 % in NaBH<sub>4</sub>), la non infiammabilità ed il controllo del flusso di produzione di H<sub>2</sub> ad alta purezza. La reazione di idrolisi (nel caso del sale sodico)



è catalizzata da differenti metalli e produce idealmente 0.21 g di H<sub>2</sub> per ogni grammo di NaBH<sub>4</sub> decomposto. L'utilizzo di catalizzatori a base di metalli non nobili, stabili nel tempo e capaci di controllare la generazione di H<sub>2</sub> è il *target* di questa task e può portare alla realizzazione di generatori di corrente elettrica portatili e per autotrazione. Per il Mg(BH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> sarà prioritario sviluppare nuovi sistemi basati su Mg-idruri ottenibili dalla reazione di  $\text{MgH}_2$  con altri idroborati per ottenere fasi meno stabili che facilitino le limitazioni termodinamiche e cinetiche dei processi di assorbimento e rilascio di H<sub>2</sub>.

### Task1.1.5 – Reforming di rinnovabili

Metano e anidride carbonica, gas entrambi ad elevatissimo effetto serra, sono prodotti di partenza per la reazione di *dry reforming* che produce gas di sintesi (*syngas*). Questo *building block* della moderna industria chimica trova applicazione per la sintesi di composti ossigenati e per l'ottenimento di miscele di paraffine/olefine tramite la reazione di *Fischer-Tropsch*. Le attività di questa task saranno rivolte alla sintesi, caratterizzazione e studio dell'attività di catalizzatori eterogenei a basso contenuto di metalli nobili e stabili nelle condizioni di reazione per la produzione di *syngas* da biogas. Parallelamente verranno presi in considerazione e studiati processi di *reforming* di componenti complessi sviluppando catalizzatori eterogenei a basso contenuto di metalli nobili. I sistemi catalitici saranno studiati al fine di ottimizzare il tempo di vita, la resistenza al *coking*, la versatilità di impiego verso *feedstock* complessi (bioalcoli, polioli, oli di pirolisi, residui acidi, materiali ligno-cellulosici, etc.) e la loro attività e selettività verso miscele H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>/CO a seconda degli usi finali.

### Task1.1.6 – Bioidrogeno

L'idrogeno è il prodotto di processi metabolici in alcuni organismi unicellulari specializzati. Esistono tre diversi processi biologici fondamentali che portano alla produzione del gas. Due di questi richiedono fermentazioni di substrati organici al buio (*dark fermentation*) o alla luce (*light fermentation*), mentre il terzo processo implica la scissione diretta dell'acqua utilizzando luce solare quale fonte di energia (biofotolisi). L'obiettivo di questo task è dimostrare le potenzialità pratiche per la produzione di idrogeno da acqua o substrati naturali utilizzando organismi biologici (ad esempio come i batteri *Thermotoga neapolitana* e *Rhodospseudomonas palustris*, o la microalga verde *Chlamydomonas reinhardtii*) o sistemi in vitro. Le attività prevedono studi sul meccanismo metabolico connesso alla produzione di idrogeno con focus sulla comprensione dei meccanismi di regolazione enzimatica (es. idrogenasi e nitrogenasi) e biosintetica coinvolti nell'evoluzione del gas. Da un punto di vista applicativo, particolare attenzione sarà riservata allo sviluppo di idrogeli

polimerici a base di polisaccaridi in grado di fungere da matrici di immobilizzazione favorendola crescita di colture cellulari capaci di produrre H<sub>2</sub>, per ottenere alti tassi di produzione in reattori in continuo (fotobioreattori) e sistemi integrati con biomasse di terza generazione per aumentare efficienza e sostenibilità del processo.

## **Task1.2 – Tecnologie di separazione e stoccaggio di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>**

### **Task1.2.1 – Processi di separazione di CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>**

L'utilizzo di membrane per la separazione di biossido di carbonio da flussi gassosi che ne permetta la successiva cattura e l'eventuale utilizzo è al centro dell'attenzione di molte realtà scientifiche e industriali per il suo potenziale minor costo, maggior robustezza ed alta efficienza. Parimenti, la separazione di idrogeno da fluidi gassosi complessi può rappresentare un'indubbia complicazione tecnologica. Il task si occuperà di sviluppare membrane ceramiche, polimeriche o metalliche che coniughino un elevato grado di selettività con una buona durata.

### **Task1.2.2 – Processi di CO<sub>2</sub> storage (CCS)**

L'ottimizzazione dei processi di cattura di CO<sub>2</sub> implica sia lo studio di metodi in soluzione alternativi all'impiego di soluzioni acquose di alconolamine (MEA) sia lo sviluppo di sistemi che migliorino i processi di assorbimento su materiali solidi e le tecnologie di *chemical looping*. I materiali convenzionali utilizzati per il sequestro di CO<sub>2</sub> includono sorbenti fisici, efficaci a bassa temperatura (< 400 °C) come le zeoliti, e sorbenti chimici come il calcare (carbonato di calcio naturale), efficace nell'intervallo di temperatura 700-850 °C. Tuttavia materiali in grado di assorbire CO<sub>2</sub> alla reale temperatura di processo consentirebbero di ottimizzare complessivamente la combustione/gassificazione e la cattura di CO<sub>2</sub> limitando le perdite di energia dovute al raffreddamento delle correnti calde. Ad oggi non sono disponibili sorbenti chimici per alta temperatura (> 900 °C). Nell'ambito del progetto il CNR svilupperà sorbenti solidi di nuova generazione alternativi al calcare per assorbimento chimico ed adsorbimento di CO<sub>2</sub> ed indagherà, sviluppando una tecnologia proprietaria del CNR, nuovi sistemi omogenei in solventi non acquosi capaci di ridurre sensibilmente i costi di esercizio rispetto allo standard industriale oggi adottato (metanolamina in acqua).

### **Task 1.2.3 – Processi e materiali per lo storage fisico e chimico di idrogeno**

Per lo sviluppo di un'economia dell'idrogeno sono necessari studi approfonditi sui migliori sistemi che ne permettano lo stoccaggio. A questo scopo verranno sviluppati nuovi materiali carbonacei (nanotubi, nano fibre, grafene etc.) ad alta area superficiale funzionalizzati con nano particelle metalliche; materiali a base di grafene e composti eteroaromatici con particelle di metalli nobili; sistemi porosi a base di MOFs; clatrati idrati e catalizzatori per la deidrogenazione di ammoniaca borano e derivati.

## **Task1.3 – Tecnologie integrate di conversione della CO<sub>2</sub> (catena H<sub>2</sub> ↔ CO<sub>2</sub>)**

### **Task1.3.1 – Conversione chimica: ciclo H<sub>2</sub> ↔ CO<sub>2</sub> ↔ HCOOH**

La conversione di CO<sub>2</sub> in acido formico può essere considerata sia una mezzo per fissare la CO<sub>2</sub> in modo efficiente, sia un processo di accumulo liquido per l'idrogeno particolarmente adatto per applicazioni veicolari e di mobilità terrestre e marina. A questo scopo verranno sviluppati nuovi catalizzatori omogenei ed eterogenei per processi sostenibili di idrogenazione della CO<sub>2</sub> ad acido formico, HCOOH, (*hydrogen storage*) e, reversibilmente, per la deidrogenazione di HCOOH a idrogeno (*hydrogen delivery*).

### **Task 1.3.2 – Elettroluzione della CO<sub>2</sub>**

La riduzione elettro-catalitica della CO<sub>2</sub> a composti ossigenati e combustibili è possibile mediante la realizzazione di opportune celle elettrolitiche e può essere condotta sia a bassa che alta temperatura. Nel primo caso, l'ottimizzazione della cella elettrochimica nelle sue singole componenti (elettrodi, membrana, collettori di corrente, comparto a tenuta di pressione, etc.) accanto allo studio *in situ* del materiale catodico ideato, costituirà parte integrante del progetto. Nel secondo caso, a ponte ideale tra economia dell'idrogeno e riduzione di CO<sub>2</sub>, verrà realizzata una cella SOEC in grado di realizzare la co-elettrolisi di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> a dare *syngas*. In entrambi i casi sarà obiettivo fondamentale lo sviluppo di un dispositivo funzionante con efficienza migliorata rispetto allo stato dell'arte. La riduzione diretta fotocatalitica della CO<sub>2</sub> utilizzando semiconduttori, è di grande interesse energetico ed ambientale. Il biossido di titanio è in grado di fotoreducere la CO<sub>2</sub> in presenza di appropriati co-catalizzatori pertanto l'attività di ricerca che si propone di sviluppare riguarda lo studio di foto-catalizzatori a base di Me-TiO<sub>2</sub> con l'obiettivo di individuare un sistema efficiente per convertire la CO<sub>2</sub> in combustibili liquidi (metanolo) con rese elevate.

### **Task 1.3.3 – CO<sub>2</sub> as a feedstock**

L'utilizzo della CO<sub>2</sub> come *building block* nelle sintesi chimiche rappresenta un' importante possibilità non solo di produzione di prodotti ad alto valore aggiunto, ma anche, se utilizzata soprattutto per la produzione di materiali plastici,

per il suo fissaggio permanente o almeno per periodi lunghi. In questo task verranno studiate e implementate le reazioni necessarie a convertire CO<sub>2</sub> in urea e *building block* per la chimica fine, con lo scopo di aumentarne la resa e utilizzare condizioni più blande di quanto generalmente considerato con i processi tradizionali. Saranno sviluppati metodi catalitici, omogenei ed eterogenei, e sfruttati approcci biotecnologici utilizzando CO<sub>2</sub> mediante batteri specializzati. Con queste specifiche finalità, verrà studiata la capacità di microorganismi di assimilare e fissare la CO<sub>2</sub> in acidi organici, in particolare acido lattico, attraverso reazioni di accoppiamento diretto con substrati organici. Verranno approfondite le caratteristiche chimiche e biochimiche delle reazioni coinvolte, prestando particolare attenzione alla regolazione del processo, alle caratteristiche degli acidi organici prodotti ed alla potenziale variabilità dei substrati organici che funzionano da accettori nella reazione di carbossilazione riduttiva. L'utilizzo di CO<sub>2</sub> come "*carbon-source*" per ottenere combustibili liquidi è un ulteriore target progettuale; in questo caso ci proponiamo di sviluppare sistemi catalitici bifunzionali che consentano di ottenere, in una singola fase, etere dimetilico e metanolo (combustibili utilizzabili nei trasporti) impiegando miscele di CO<sub>2</sub> e idrogeno.

WP1 / H <sub>2</sub> ↔ CO <sub>2</sub> valuable chain					
Elenco tasks	Istituto guida (responsabile della task)	Altri istituti	Risultati attesi	Tempi di realizzazione (mesi/uomo)	Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti
WP1 T1					
T1.1.1	ISTEC (A. Sanson)	ICCOM IENI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sviluppo di celle prototipali SOEC SOEC e loro caratterizzazione chimico-fisica ed elettrochimica per la produzione di idrogeno ad alta temperatura a incrementata stabilità ed alta area.</li> <li>Sviluppo di sistemi di produzione di celle a ridotto impatto ambientale ed economicamente vantaggiosi.</li> </ul>	42	Realizzazione di prototipi <i>Report</i> tecnici semestrali pubblicazioni contenenti i risultati raggiunti. Deposito di brevetti.
T1.1.2	ICCOM (F. Vizza)	ISTEC IENI IC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuovi elettrocatalizzatori anodici a base di Pd o sue leghe, supportati su nanotubi di TiO<sub>2</sub> cresciuti su Ti <i>web</i>.</li> <li>Realizzazione di celle elettrochimiche di tipo EM (Elettrolizzatori con Membrana) a scambio anionico operanti in ambiente basico.</li> <li>Realizzazione di un apparato elettrolitico privo di membrana, operante ad alta pressione e temperatura su soluzioni idroalcoliche di alcoli rinnovabili, che generi H<sub>2</sub> al catodo (riduzione dell'acqua) e carbossilati all'anodo.</li> <li>Nuovi sistemi 3D, basati su film porosi elettrodepositati o schiume metalliche modificate con nano-particelle di metalli nobili, atti a funzionare come catalizzatori di processi ad alta temperatura in fase gas (ossidazione catalitica totale o parziale di idrocarburi) o come elettrocatalizzatori (ossidazione di alcoli)</li> <li>Caratterizzazione dei catalizzatori in forma di polvere, cristallo singolo o film sottile, con ordinamento a lungo o corto range, raccogliendo pattern di diffrazione ad alto range dinamico, alta frequenza di acquisizione e bassa PSF.</li> </ul>	54	Verifica dei risultati mediante progress report; pubblicazioni; prototipi; brevetti; dimostrato interesse di aziende private e trasferimento tecnologico
T1.1.3	ISTM (V. Dal Santo)	ICCOM IRC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fotocatalizzatori ad elevata attività in luce solare e fotostabilità.</li> <li>Fotoelettrodi (anodi e catodi) composti per lo <i>splitting</i> fotoelettrochimico dell'acqua</li> </ul>	36	Verifiche periodiche dei risultati (progress report); pubblicazioni scientifiche su riviste ISI ad alto IF; Comunicazioni a congressi internazionali, verifica della brevettabilità del trovato;
T1.1.4	ICCOM (A. Marchionni)	ICIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Progettazione e costruzione di generatori di idrogeno capaci di rilasciare flussi costanti da 200 a 800 mL/min a pressioni utili a garantire il funzionamento di <i>stack</i> PEMFC con potenza fino a 200 W di potenza</li> <li>Ottimizzazione di metodologie di sintesi di sistemi composti di boridruuri di Mg e altri metalli e loro nanostrutturazione.</li> </ul>	36	Brevetti; trasferimento tecnologico; prototipizzazione e commercializzazione del generatore di idrogeno; Verifica della capacità gravimetrica e volumetrica di stoccaggio di H <sub>2</sub> dei composti ottenuti
T1.1.5	ISTM	ICCOM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuove formulazioni di catalizzatori</li> </ul>	54	Verifiche periodiche dei risultati

	(V. Dal Santo)	IMC ISMN	eterogenei a basso contenuto di metalli nobili per il <i>reforming</i> e la gassificazione di sostanze rinnovabili/scarti <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuove formulazioni di catalizzatori eterogenei a base di metalli non nobili</li> <li>• Ottimizzazione della performance dei catalizzatori: tempo di vita, resistenza al <i>coking</i>, versatilità verso <i>feedstock</i> complessi (bioalcoli, polioli, oli di pirolisi, residui acidi, etc.), attività e selettività verso miscele H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>/CO.</li> </ul>		( <i>progress report</i> ); pubblicazioni scientifiche su riviste ISI ad alto IF; Comunicazioni a congressi internazionali; deposito di brevetti; disseminazione verso soggetti industriali del cluster lombardo energia; etc. Ottimizzazione termica del processo catalitico di gassificazione.
T1.1.6	ICB (A. Fontana)	ICCOM ISE ICTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione biologica di idrogeno da biomasse della terza generazione;</li> <li>• Caratterizzazione dei processi chimici e biochimici connessi al metabolismo dell'idrogeno in organismi unicellulari;</li> <li>• Sviluppo di un processo integrato a più componenti per la conversione ad alta efficienza di substrati organici in H<sub>2</sub>;</li> <li>• Ottimizzazione dell'assorbimento della radiazione luminosa nella produzione di idrogeno mediante foto-biolisi e foto-fermentazione.</li> </ul>	42	Pubblicazioni scientifiche; deposito di brevetti; report tecnici; prototipi; trasferimento tecnologico e valorizzazione di brevetti CNR in essere
WP1 T2					
T1.2.1	ITM (G. Barbieri)	ISTEC IENI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione e caratterizzazione di membrane ceramiche, metalliche e polimeriche bilayer asimmetriche per la separazione selettiva di CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> da flussi gassosi</li> <li>• Produzione di membrane per la cattura di CO<sub>2</sub> da correnti contenenti N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, etc. anche ad alto contenuto di umidità, di interesse per l'industria chimica, del cemento, della produzione di energia elettrica e del gas naturale</li> </ul>	36	Realizzazione di prototipi; pubblicazione di risultati in riviste specializzate e report tecnici di attività. Membrane con proprietà di trasporto di materia (flussi e selettività) di interesse applicativo
T1.2.2	IRC (A. Cjajolo)	ISTEC ICCOM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione e caratterizzazione di sorbenti solidi innovativi operanti a temperature superiori a 900 °C ed adatti al <i>retrofitting</i> di impianti</li> <li>• Sviluppo e <i>testing</i> su microimpianto di assorbenti omogenei in mezzo non acquoso con efficienza migliore dello standard attuale (MEA in acqua)</li> </ul>	30	Realizzazione di prototipi; pubblicazione di risultati in riviste specializzate e report tecnici di attività. Deposito di brevetti e trasferimento tecnologico
T1.2.3	IMCB (G. Carotenuto)	ICCOM ISTM ISC IENI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppo di nuovi sistemi metallici e ibridi per lo stoccaggio di idrogeno</li> <li>• Protocolli di caratterizzazione di sistemi ibridi tramite DSC ad alta pressione</li> <li>• Sintesi di MOF e test per lo <i>storage</i> di H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>; sintesi e test di catalizzatori per la deidrogenazione di amminoborani.</li> </ul>	36	Pubblicazioni scientifiche; report tecnici; preparazione di materiali sviluppati con densità gravimetrica di <i>storage</i> non inferiore al 3 wt% Individuazione di catalizzatori per la decomposizione di AB
WP1 T3					
T1.3.1	ICCOM (L. Gonsalvi)	ICB ISTM IPCF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuovi catalizzatori omogenei ed eterogenei per processi sostenibili di idrogenazione di CO<sub>2</sub> (<i>hydrogen storage</i>) e deidrogenazione di HCOOH e alcoli (<i>hydrogen delivery</i>)</li> <li>• Modellizzazione del processo</li> <li>• Nuove formulazioni di catalizzatori eterogenei a base di metalli non nobili e supportati su ossidi inorganici</li> <li>• Massimizzazione dell'attività catalitica dei materiali eterogenei grazie all'ottimizzazione della strutturazione della fase metallica e all'individuazione del supporto più adatto</li> </ul>	54	Verifica semestrale dei risultati ( <i>progress report</i> ); pubblicazioni scientifiche su giornali ad elevato IF; deposito di brevetti; valutazione di possibili spin-off industriali; produzione di un dimostratore di processo.
T1.3.2	ICCOM (A. Lavacchi)	ISTEC ITAE IENI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintesi e caratterizzazione di elettrocatalizzatori e ottimizzazione di un dispositivo completo per la elettroirriduzione della CO<sub>2</sub>, operante in ambiente alcalino e basato sull'utilizzo di catalizzatori Pt-free.</li> <li>• Produzione e caratterizzazione di celle SOEC per la co-elettrolisi di H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> per la produzione di <i>syngas</i> ad alta temperatura</li> <li>• Sviluppo di nuovi sistemi foto-catalitici a base di Me-TiO<sub>2</sub> e di nuovi fotoreattori</li> </ul>	36	Realizzazione di prototipi; brevetti; dimostrato interesse di aziende private e trasferimento tecnologico

T1.3.3	ICCOM (L. Ferrari)	ICB ITAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuovi processi catalitici ed enzimatici per la valorizzazione del biossido di carbonio (urea, uretani, carbonati organici, acido lattico, polimeri <i>etc.</i>)</li> <li>Caratterizzazione di nuovi processi biologici per la mitigazione e valorizzazione della CO<sub>2</sub> attraverso la carbossilazione riduttiva di substrati organici</li> <li>Sintesi di catalizzatori bifunzionali per la conversione selettiva della CO<sub>2</sub> a DME e studio del meccanismo di reazione finalizzato alla ottimizzazione del sistema catalitico</li> </ul>	54	<p>Publicazioni scientifiche; brevetazione; prototipi; trasferimento tecnologico e valorizzazione di brevetti CNR in essere</p>
--------	-----------------------	-------------	---	----	---

WP1	H <sub>2</sub> ↔ CO <sub>2</sub> Valuable Chain
<b>Altri organismi e soggetti coinvolti:</b>	<p>Università di Firenze, Sassari, Teramo, Milano, Milano-Bicocca, Padova, Torino, Trieste, Worgas Bruciatori Srl (Modena), Statoil (N), BP Exploration Operating Company Ltd (UK), ENEL SpA, M2M Srl, Russian Academy of Sciences (INEOS), NIIST (IND), CSIC (E), Imperial College (UK), KAUST (KSA), CNRS (F), Leibnitz Institut für Katalise (LIKAT), Rostock (D), University of Bochum (D), ENEA, Casaccia (RM), University of Twente (NL), università of Costa Rica (CRC), Academy of Sciences (CZ), Lubiana (SLO), Tech Un Eindhoven (NL), Aachen (D), Uppsala (S), Sevilla (E); EPFL (CH), ETHZ (CH); Ansaldo Energia Genova (I) , Contento Trade Srl (UD)</p>
<b>Interesse dei risultati per l'avanzamento della conoscenza e eventuali potenzialità applicative</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lo sviluppo di fotocatalizzatori e foto-elettrocatalizzatori per la conversione diretta dell'energia solare in H<sub>2</sub> rappresenta una delle soluzioni ideali (basso impatto ambientale, materie prime e fonti energetiche interamente rinnovabili, <i>etc.</i>) per la produzione sostenibile di idrogeno. In particolare, mentre la realizzazione di elettrolizzatori alimentati con alcoli rinnovabili può portare alla produzione di 1Kg di H<sub>2</sub> al costo di 2 € poco sopra quanto fissato recentemente dal DOE (1.5 €/Kg), gli elettrolizzatori SOEC possono beneficiare dell'alta temperatura per realizzare una più alta produzione di idrogeno a migliorate efficienze.</li> <li>La realizzazione e lo studio all'interno di uno stesso progetto di elettrolizzatori di diversa natura può rappresentare un <i>benchmarking</i> importante per un confronto realistico tra le varie tecnologie di produzione di idrogeno in condizioni operative.</li> <li>Lo studio dei processi di accumulo di idrogeno può portare all'identificazione di nuovi protocolli per la caratterizzazione dei materiali capaci di accumulare idrogeno nonché ad un migliorato <i>design</i> di serbatoi la qual cosa ha particolare significato in vista di possibili applicazioni di mobilità veicolare.</li> <li>Realizzazione di generatori di potenza portatili (fino a 200 W) per uso camperistico, nautica ed elettronica portatile (richiesta di migliaia di pezzi all'anno) e dispositivi di sicurezza.</li> <li>I processi di <i>reforming</i> di materie prime rinnovabili e/o di sottoprodotti industriali (gassificazione di residui lignocellulosici) sono una delle alternative tecnologicamente applicabili nel breve medio periodo per la produzione di idrogeno integrata nella bioraffineria e/o per la produzione di energia elettrica.</li> <li>La CO<sub>2</sub>, oltre che come C1-<i>building block</i> (carbonati, carbammati, polilattati, policarbonati, poliuretani, fertilizzanti <i>etc.</i>), può essere impiegata come <i>hydrogen storage material</i> (idrogenazione ad acido formico od alcoli quali metanolo), da cui l'idrogeno può essere riottenuto, laddove e quando necessario, in condizione blande in presenza di opportuni catalizzatori omogenei od eterogenei (<i>hydrogen release</i>)</li> <li>La realizzazione di una cella elettrochimica per produrre combustibili da CO<sub>2</sub> conduce alla piena realizzazione di una filiera di sviluppo sostenibile prossima alla <i>carbon neutrality</i>, producendo al contempo effluenti ricchi di ossigeno indispensabili per i processi di ossicombustione e quindi di interesse per il <i>retrofitting</i> di impianti ad alta emissione di CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
<b>Attività già svolte propedeutiche alla realizzazione dell'attività</b>	<p>Gli istituti CNR esecutori delle differenti task del WP1 hanno una profonda e documentata esperienza che si è consolidata recentemente con l'attivazione di linee di ricerca istituzionali e su fondi esterni. Ciò è facilmente verificabile dalle numerose pubblicazioni ad alto indice di impatto e dal portafoglio brevettuale che è ampio e documentato (allegato 1).</p> <p>ISTEC possiede una esperienza pluridecennale su celle SOFC di dimensioni precompetitive, nonché sui processi di formatura necessari alla produzione di celle SOEC e membrane ceramiche per la separazione di gas e sui processi di sintesi e caratterizzazione ceramica specialmente in ambito energetico. ITM è leader mondiale nel settore delle membrane e delle loro applicazioni alla separazione di miscele gassose.</p> <p>ICCOM vanta notevole esperienza nella produzione di H<sub>2</sub> da <i>reforming</i> termico e foto assistito, da ossidazione parziale e autotermica. Presso ISTM è in corso da anni un'attività relativa allo sviluppo di fotocatalizzatori per la produzione di idrogeno (<i>black TiO<sub>2</sub></i>, compositi con nanoparticelle mono- e bimetalliche, <i>etc.</i>) attivi anche per esposizione a luce solare e visibile. Tale attività pregressa è testimoniata da progetti già in corso e domande di finanziamento di attività similari (FIRB, Accordi quadro RL-INSTM, RL-CNR). Sono inoltre ben sviluppate le conoscenze sui catalizzatori per la conversione di rinnovabili in idrogeno (a base di Ru, attivi con bioalcoli, polioli, <i>etc.</i>). Sono in corso o sono stati proposti progetti per il finanziamento di queste attività (Accordi quadro Reg Lombardia-INSTM, Bilaterali con RAS e BAS, contratti industriali, <i>etc.</i>), Presso lo IENI sono in corso da circa un decennio studi sulla sintesi e la caratterizzazione di materiali (ossidi, e metalli) per la conversione di energia chimica e calore in energia elettrica finanziati da progetti nazionali di ricerca industriale pubblici (FISR, INDUSTRIA 2015, Accordo triennale MISE-CNR per la ricerca di sistema elettrico) e privati.</p> <p>Ampia è la conoscenza sviluppata sugli aerogeli a base di grafene (IMCP, ICTP) preparati attraverso metodologie innovative (sonochimica) e in generale sui materiali nanostrutturati per impieghi in catalisi eterogenea. Peculiarità sono anche le conoscenze nel settore dei supporti inerti e dei relativi sistemi caricati con aggregati metallici a livello della nanoscala.</p> <p>Presso ICCOM sono già stati studiati MOF per lo <i>storage</i> fisico di H<sub>2</sub> basati su <i>scaffold</i> molecolari eterociclici e sono stati studiati catalizzatori omogenei a base di metalli del gruppo 3d per lo sviluppo di idrogeno da ammoniaca-borano. ICIS è</p>

	<p>portatore di documentate competenze sulla sintesi/decomposizione del boroidruro di magnesio e della sua trasformazione in MgB<sub>2</sub>.</p> <p>ICCOM, ISMN, IMC, ICB e ISTM hanno competenze di sintesi e <i>testing</i> di catalizzatori omogenei ed eterogenei attivi in ognuno dei processi descritti. Interessanti risultati sono stati ottenuti recentemente sulla gassificazione a letto fluido dinamico (IMC) e per la deidrogenazione di acido formico e metanolo in presenza di catalizzatori omogenei di Ru, anche in fase acquosa (ICCOM), mentre catalizzatori eterogenei a base di metalli non nobili si sono rivelati molto attivi in reazioni di deidrogenazione (in particolare degli alcoli) (ICB).</p> <p>IRC possiede riconosciuta esperienza nello studio dei processi di cattura della CO<sub>2</sub> (dal <i>chemical looping</i> ai sorbenti solidi) e nei processi di combustione e splitting fotocchimico di acqua e alcoli. Altrettanto importanti sono le competenze acquisite negli ultimi anni da ICCOM nel settore della cattura di CO<sub>2</sub> ad opera di sistemi innovativi rispetto alle soluzioni acquose di ammine ed amminoalcoli (stato dell'arte) attualmente in corso di implementazione su impianti pilota di scala semi-industriale (ENEL, impianto di Brindisi).</p> <p>Rilevanti sono gli studi sulla decomposizione delle alcaonolammine nelle condizioni di utilizzo per le tecnologie CCS che hanno sollevato possibili dubbi sulla sicurezza del loro impiego (ICCOM). Altrettanto notevoli sono gli studi (ICB, ICCOM, ISTM) sulla valorizzazione chimica di CO<sub>2</sub> sia per via enzimatica (produzione di acido lattico) che catalitica (produzione di carbammati ed urea). ICB ed ISE hanno una pluridecennale esperienza nello studio della chimica di processi biologici. Il gruppo ICB è stato tra i primi ad avviare in Italia studi sul bioidrogeno (FISR "Metodologie Innovative per la produzione di idrogeno da processi biologici" 2005-2009) ed attualmente ha in corso diversi progetti industriali per la produzione e sfruttamento di biomasse di terza generazione (microalghe marine), realizzazione di sistemi sostenibili di produzione di idrogeno da fonti biologiche, mitigazione e valorizzazione dell'anidride carbonica. ITAE vanta già una notevole esperienza nel settore della produzione di combustibili liquidi alternativi utilizzando sistemi catalitici eterogenei e foto catalitici. Catalizzatori poli- funzionali e nano strutturati, e reattori innovativi sono di interesse specifico per le attività proposte.</p>
<p><b>Criteri di valutazione</b> <b>1) Sviluppo delle competenze</b></p>	<p>Le competenze già sviluppate singolarmente dai singoli istituti saranno sinergicamente integrate a costruire una filiera completa che vada dalla preparazione del materiale al dispositivo finale. Questo permetterà di creare un circolo virtuoso di implementazione di tecnologia e scienza che partendo dallo sviluppo di un materiale con caratteristiche migliorate arrivi alla definizione di sistemi di produzione economicamente sostenibili ed alla realizzazione di dispositivi ad alta efficienza. In particolare sono già attive collaborazioni tra gli istituti coinvolti per lo sviluppo di fotocatalizzatori, per lo sviluppo integrato di materiali e processi per la conversione di rinnovabili in idrogeno e per l'integrazione delle competenze al fine di realizzare un processo per l'utilizzo di CO<sub>2</sub> e metanolo come materiali per l'immagazzinamento di idrogeno.</p> <p>Lo studio di nuovi materiali per l'accumulo di idrogeno, previsto nel WP1, porterà allo sviluppo di nuovi protocolli per la preparazione di catalizzatori omogenei ed eterogenei, e di nuovi materiali nanostrutturati, e condurrà alla loro utilizzazione in dispositivi di <i>storage</i> anche in prospettiva di un utilizzo veicolare.</p> <p>Nell'ambito della produzione di energia da fonti rinnovabili, l'integrazione delle competenze di diversi istituti sarà propedeutica per la realizzazione di un prototipo di processo pre-industriale per la produzione di combustibili o vettori energetici con concomitante sequestro e valorizzazione dell'anidride carbonica.</p>
<p><b>Criteri di valutazione</b> <b>2) Grado di coinvolgimento di soggetti pubblici e privati</b></p>	<p>Lo sviluppo di prototipi da laboratorio, dimostratori <i>proof of concept</i> e prototipi pre-commerciali saranno valutati secondo le esigenze di potenziali utenti industriali che hanno già evidenziato interessi nelle tematiche trattate e che attivamente collaborano con gli istituti CNR esecutori del WP. Eventuali dimostratori potranno essere utilizzati per sensibilizzare enti pubblici e privati sul risparmio energetico e sulla necessità di sviluppare una politica energetica sostenibile.</p> <p>Sono attive numerosissime collaborazioni (all'interno di progetti già finanziati od in corso di valutazione) con soggetti pubblici (Università, EPR nazionali e internazionali), ISTM è membro del "Cluster per l'efficienza e sostenibilità energetica di Regione Lombardia", ed è sede del laboratorio "materiali catalitici per l'idrogeno" di ERIC a cui partecipa anche ICCOM.</p> <p>Lo sviluppo di prototipi e dimostratori di processo con partner industriali, sarà valutato per il possibile deposito di brevetti. Altresì l'industrializzazione di prodotti o processi relativi a <i>know-how</i> o brevetti già esistenti saranno valutati, anche in funzione della sostenibilità economica, con partner industriali.</p> <p>Per tutte le attività proposte sono già attive collaborazioni (all'interno di progetti finanziati/proposte) con soggetti pubblici (Università, EPR nazionali e internazionali), e contatti per contratti di ricerca e progetti EU con soggetti privati, Cluster e ERIC. Le attività di ricerca di diversi istituti si inquadrano nell'agenda strategica di Distretti Tecnologici di regioni attente alle problematiche legate allo sviluppo di nuovi sistemi energetici basati sull'impiego di fonti rinnovabili (Lombardia, Toscana, Emilia, etc.).</p>
<p><b>Criteri di valutazione</b> <b>3) Attrazione degli investimenti, impatto socio-economico e sostenibilità economico finanziaria</b></p>	<p>Possibili investimenti sul settore produzione di idrogeno da elettrolisi, idrolisi controllata di metallo boroidruro e conversione elettrochimica della CO<sub>2</sub> in combustibili possono essere previsti innanzitutto da aziende operanti nel settore o in via di riconversione industriale. La riduzione dell'utilizzo di combustibili tradizionali, il potenziamento delle rinnovabili di concerto con lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno ancora allo stato embrionale, è di fondamentale importanza per la costruzione di un'economia socialmente e economicamente sostenibile. Le attività risultano in piena coerenza con quanto dichiarato dalla IEA e dalla comunità europea in tema energetico e sono quindi sicuramente utilizzabili come volano per l'accesso a fondi comunitari.</p> <p>Sono già in corso azioni per reperire fondi a livello regionale (Lombardia, Emilia, Toscana, Liguria, Sicilia, etc.), nazionale, internazionale e da partner industriali. Le tecnologie dell'idrogeno e quelle che fanno capo alla cattura, purificazione ed utilizzo di CO<sub>2</sub>, hanno un elevato potenziale di sviluppo e di incremento dell'occupazione. La tecnologia CCS (2 brevetti CNR) hanno grandi potenzialità di sviluppo industriale. Sono attive molte aziende operanti nei settori della produzione (<i>gas suppliers, on-site, etc.</i>), <i>storage</i>, utilizzo in prodotti per applicazioni mobili (<i>automotive, elettronica portatile, etc.</i>) e stazionarie (<i>power storage/back-up, etc.</i>). E' in corso la partecipazione a bandi PRIN e FIRB, Accordo Quadro CNR-RLombardia, FCH-JU su tematiche affini. ICCOM parteciperà all'imminente bando della Regione Toscana sulle energie rinnovabili in collaborazione con UniFI e UniSI e consorzi di SME (Pontech).</p>
<p><b>4) Potenziali ulteriori coperture finanziarie:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progetto industriale: "Realizzazione di generatori di idrogeno portatili " (2011-2013). <i>Worgas Bruciatori Srl</i> SME di Modena, finanzia interamente il progetto (importo 250 k€ ICCOM)</li> <li>• Progetto Industriale: "Generazione di idrogeno per autotrazione". (2012-2013). Il progetto prevede lo sviluppo di un apparato per la generazione di idrogeno da metallo boroidruri (150 L m<sup>-1</sup>) per autotrazione. L'azienda Svizzera</li> </ul>

	<p><i>Belenos Clean Power Holding Ltd.</i> finanzia il progetto (importo 125 k€, ICCOM)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FIRB "FUTURO IN RICERCA" Anno 2010 – Codice RBFR10J4H7_002 dal Titolo: "Un approccio innovativo, mediante spettroscopia laser e caratterizzazione su scala atomica, al design di materiali catalitici per la sintesi di vettori energetici" (importo 350 k€ UdR ICCOM (2012-2015))</li> <li>• L'attività svolta sarà oggetto di presentazione di progetti di filiera alla comunità europea (bandi 2013 di RFP7 e primi bandi di Horizon-2020) sia in termini di <i>Carbon Capture and Utilization</i> che di elettrolizzatori.</li> <li>• FIRB-MIUR, UdR ISTM-CNR 300 k€ (2012-2015)</li> <li>• Bilaterale CNR-BAS (2013-2015), FIRB-MIUR, UdR ISTM-CNR 300k€ (2012-2015)</li> <li>• EC-FRP-7; progetto "AUTOSUPERCAP" (2011 – 2014); Coordinamento IMCB-CNR; 250 k€</li> <li>• EFOR-CNR Energia da Fonti Rinnovabili; (WP2 Enotria: Energia da biomasse e fonti rinnovabili) (2011-2014); .</li> <li>• Progetto PON02_00451__3362376 BIO4BIO; "Valorizzazione Biomolecolare ed Energetica di biomasse residuali del settore Agroindustriale ed Ittico", approvato con decreto ministeriale Prot. No. 628/Ric. del giorno 8/10/2012. - OR 2 Attività 2.1.14 "Sintesi e screening della attività catalitica di catalizzatori per la sintesi di Fisher Tropsch. Valorizzazione Syngas"</li> <li>• Joint-educated PhD Program tra ISMN-CNR e Department of Applied Physics, School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, CHINA.</li> <li>• Ottobre 2012-Settembre 2013, durata 1 anno. Titolo del progetto: Sviluppo di nuovi catalizzatori bimetallici per il dry-reforming del metano.</li> <li>• Joint-educated PhD Program tra ISMN-CNR e Laboratoire de Physico-chimie des Matériaux et Catalyse, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, Maroc (Aprile-giugno 2013).</li> <li>• Progetto bilaterale CNR/CSIR 2010-2011 "Novel dispersed, exfoliated and metal incorporated VPO phases as catalysts for oxidation and sulfur removal processes" (Indian Institute of Petroleum, Dehra Dun, India).</li> <li>• Progetto bilaterale CNR/CSIR 2012-2014 "Catalytic partial oxidation of methane to syngas over Ni based nanocatalysts" (Indian Institute of Petroleum, Dehra Dun, India).</li> <li>• Progetto Bilaterale CNR/MTA 2010/2012 "Development of bimetallic catalysts for CO2 reforming of methane" (Institute of Isotopes, HAS, Budapest).</li> <li>• Progetto Bilaterale CNR/MTA 2013/2015 "CeO2, CeO2-ZrO2 and TiO2 bimetallic catalysts for CO2 reforming of methane" (Institute of Isotopes, HAS, Budapest).</li> <li>• Project NATO CLG 2010/2012 "Catalytic Processes for Environmental Protection from Nitrogen Oxides" (Bulgaria, Turchia, Egitto, Italia).</li> <li>• Progetto WG 2 della COST Action CM0903 "Utilisation of Biomass for Sustainable Fuels and Chemicals (UBIOCHEM) (2010-2014) (Italia, Svezia, Bulgaria)</li> <li>• CyanoFactory FP7-ENERGY-2012-308518 <i>Design, construction and demonstration of solar biofuel production using novel(photo)synthetic cell factories</i> (2012 – 2014)</li> <li>• PROSEV ( Regione Toscana, Misura 124), Coproduzione sostenibile di energie verdi (bioH2 e biodiesel) da sottoprodotti della filiera olivoleica)</li> <li>• Progetto Industriale, "Sfruttamento Integrato di Biomasse Algali in Filiera Energetica di Qualità (SIBAFEQ) (PON01_02740) nell'ambito del Programma Operativo Nazionale (PON) Ricerca e Competitività, 2007-2013 (1995 KEuro), 2011-2014;</li> <li>• Progetto Industriale "Anfiarao: an integrated process for biotechnological production of energy from marine microalgae". (150 KEuro), 2009-2011;</li> <li>• Accordo di collaborazione ICCOM - ENEL; Sequestro di CO<sub>2</sub> mediante soluzioni non acquose di ammine, (40 kEuro) 2013;</li> <li>• Accordo di collaborazione ISE - ENEL; Assistenza prove di coltivazione bioalghe, (38 kEuro) 2013</li> <li>• MARIE CURIE INITIAL TRAINING NETWORK "European Research Network on Energy Storage Materials for Hydrogen Economy" (ERNEST-H2) (submitted FP7-PEOPLE-2013-ITN) (7<sup>th</sup> RFP)</li> <li>• PIRODE ("Hydrogen production from renewables and its release on demand through chemical storage") (2010 – 2013), MATTM (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Roma)</li> <li>• Progetto "FIRENZE HYDROLAB": "Advanced Research Programme for the production, storage and utilization of hydrogen as energy carrier" (3.000 k€, progetto motu proprio ECRF in corso)</li> <li>• Piano triennale 2012-2014 MiSE-Ricerca Sistema elettrico - Utilizzo pulito dei combustibili per il risparmio energetico- 300 k€</li> <li>• Progetto "ZEOTEX" Filas ( 2010- 2013), Regione Lazio, "Sviluppo di materiali ibridi a base di alluminio silicati naturali e polimeri, ca. 20 k€</li> <li>• Progetto "Rielco-Sema" Filas ( 2013- 2015), Regione Lazio, "Alte energie per la demolizione molecolare di composti organici volatili", circa 20 k€</li> <li>• Progetto ENERBIOCHEM (2007–2013), PON MIUR, ca. 150 k€</li> <li>• Progetto BE&amp;SAVE (2017-2013), PON MIUR, ca. 150 k€</li> </ul>
<p><b>5) Team</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Francesco VIZZA (ICCOM), R2, competenza in catalisi ed elettrocatalisi</li> <li>• Alessandro LAVACCHI (ICCOM), R3, competenza in scienza delle superfici ed elettrochimica;</li> <li>• Manuela BEVILACQUA (ICCOM), R3, fotoelettrocatalisi, elettroriduzione CO<sub>2</sub> e misure elettrochimiche.</li> <li>• Paolo FORNASIERO (ICCOM) – Associato CNR – catalisi eterogenea e fotocatalisi Luca GONSALVI (ICCOM), R3, catalisi omogenea, idrogenazione reversibile di CO<sub>2</sub></li> <li>• Elena LANDI, R2 (ISTEC), produzione e caratterizzazione i materiali ceramici porosi per l'accumulo di CO<sub>2</sub></li> <li>• Alessandra SANSON (ISTEC), R3, processi di produzione di membrane ceramiche per separazione di gas</li> <li>• Elisa MERCADELLI (ISTEC), R3, processi ceramici di deposizione di film per applicazioni energetiche</li> <li>• Goffredo DE PORTU (ISTEC), R1, proprietà meccaniche di multilaminati ceramici e compositi</li> <li>• Paola PINASCO (ISTEC), CTER, produzione multilaminati ceramici, caratterizzazione strutturale e morfologica</li> <li>• Andreana PIANCASTELLI (ISTEC), CTER, analisi morfologica materiali ceramici porosi</li> <li>• Fabrizio MANI (ICCOM) Associato CNR - tecnologie CCS e CCU</li> <li>• Lorenzo FERRARI (ICCOM), R3, tecnologie di abbattimento della CO<sub>2</sub></li> </ul>

- Angelo NACCI (ICCOM), Ass Uni Bari, analisi dei prodotti di degradazione di ammine nei processi di CCS
- Andrea ROSSIN (ICCOM) R3, MOF e deidrogenazione amminoborani
- Maria CAPORALI (ICCOM), R3, sintesi e caratterizzazione di nano particelle
- Cristiana GIORDANO (ICCOM), R3, microscopia elettronica
- Roberto DE PHILIPPIS (ICCOM), Ass Uni Firenze, produzione di biodrogeno
- Alessandro FORTUNELLI (IPCF), R2, modellizzazione teorica
- Vladimiro DAL SANTO (ISTM), R3, fotocatalizzatori e catalizzatori eterogenei per la produzione e storage di H2
- Claudio EVANGELISTI (ISTM), R3, caratterizzazione fotocatalizzatori e catalizzatori per la produzione di H2
- Federica ZACCHERIA (ISTM), R3, catalizzatori eterogeni a base di metalli non nobili per l'idrogenazione
- Matteo GUIDOTTI (ISTM), R3, catalizzatori eterogeni a base di metalli non nobili per trasformazioni catalitiche
- Gianfranco CAROTENUTO (IMCB) R2, Sintesi di materiali nanostrutturati
- Angela LONGO (IMCB), R3, Nanostructured Material Synthesis
- Elisabetta ALBERICO (ICB), R3, catalisi omogenea, deidrogenazione di metanolo
- Giuseppe TORZILLO (ISE), R2, Produzione di idrogeno da alghe
- Pierfrancesco CERRUTI (ICTP), R3, responsabile UO, preparazione e caratterizzazione di idrogeli
- Giovanna GOMEZ D'AYALA (ICTP), R3, sintesi e caratterizzazione di materiali polimerici
- Mario MALINCONICO (ICTP), R1, design degli esperimenti
- Lorena AFFATATO (ICTP), T2, trasferimento tecnologico
- Vincenzo DI LIELLO (ICTP), CTER, caratterizzazione meccanica
- Angelo FONTANA (ICB), R1, Chimica Bio-organica
- Giuliana D'IPPOLITO (ICB) R3, Chimica Bio-organica
- Laura DIPASQUALE (ICB), RTD, Microbiologa e biochimica.
- Lorenzo ULIVI (ISC), R2, H-storage in clatrati idrati
- Michela ALFÈ (IRC), R3, cattura CO2 su materiali carboniosi
- Paola AMMENDOLA (IRC), R3 - cattura CO2 su materiali carboniosi
- Riccardo CHIRONE (IRC), R1, cattura CO2 –chemical looping
- Anna CIAJOLO (IRC), R1, cattura CO2 su materiali carboniosi
- Mara DE JOANNON (IRC), R3, abbattimento inquinanti- cattura CO2
- Luciana LISI (IRC), R2, Produzione idrogeno attraverso reforming autotermico
- Francesco MICCIO (IRC), R2, cattura CO2-gasificazione
- Patrizia MINUTOLO (IRC), R2, cattura CO2 su materiali carboniosi
- Raffaele RAGUCCI (IRC), R2, abbattimento inquinanti cattura CO2
- Giovanna RUOPPOLO (IRC), R3, cattura CO2- gassificazione
- Pino SABIA (IRC), R3, abbattimento inquinanti cattura CO2
- Massimo URCIUOLO (IRC), R3, cattura CO2-gasificazione
- Milva CELLI, (ISC) Ricercatore, (Scattering Raman e di Neutroni)
- Daniele COLOGNESI, (ISC) Ricercatore, (Scattering di neutroni, idruri complessi)
- Ornella URSINI (IMC), R2, spettrometria MS, materiali ibridi- grafting termico e indotto da radiazioni
- Francesca D'ACUNZO (IMC), R3, sintesi inorganica, polimeri, materiali ibridi.
- Donatella CAPITANI (IMC), R2, NMR ad alta risoluzione e allo stato solido.
- Laura LILLA (IMC), CTER, cromatografia GC e HPLC, FT-IR, GC-MS.
- Simona BOCCUTI (IMC), CTER, indagini di superfici mediante AFM e microscopia ottica
- Laura CROCIANI (ICIS) R3, sintesi e caratterizzazione molecolare
- Alessandro GALENDA (ICIS) R3, Sintesi e caratterizzazione e verifiche funzionali
- Rosalba GERBASI (ICIS) R2, caratterizzazione strutturale delle polveri ottenute
- Leonarda LIOTTA (ISMN),R2, sintesi di catalizzatori
- Giuseppe PANTALEO (ISMN), R3, test catalitici
- Valeria LA PAROLA (ISMN), R3, caratterizzazione strutturale
- Anna Maria VENEZIA (ISMN), R1, analisi di superficie, analisi XPS
- Lorenzo SPADARO (ITAE), R3, Fotoriduzione CO2
- Giuseppe BONURA (ITAE), R3, Idrogenazione CO2
- Cecilia MORTALÒ (IENI) R3, processi air spray e sol-gel di deposizione di membraneceramici
- Simona BARISON (IENI) R3, processi RF magnetron sputtering di deposizione di membrane conduttrici sottili
- Stefano BOLDRINI (IENI) R3, Caratterizzazione elettrica ed elettrochimica di SOFC e loro componenti
- Monica FABRIZIO (IENI) R2, Materiali conduttori
- Marco MUSIANI (IENI) R1, Sistemi 3D, basati su film porosi elettrodepositati o schiume metalliche modificate
- Lourdes VÁZQUEZ-GÓMEZ (IENI) R3, Nuovi sistemi 3D, basati su film porosi elettrodepositati
- Enrico VERLATO (IENI) R3, Nuovi sistemi 3D, basati su schiume metalliche modificate
- Nicola COMISSO (IENI) R3, Sistemi metallici per lo stoccaggio di idrogeno
- Gianmichele ARRIGHETTI (IC), R3, raccolta e analisi dati cristallografici
- Luisa BARBA (IC) R3, raccolta e analisi dati cristallografici

## WP2 / Tecnologie avanzate per la produzione di energia e la cogenerazione

Le celle a combustibile vengono viste come una delle più importanti tra le tecnologie capaci di dare un forte contributo alla costruzione di un futuro più sostenibile. In conseguenza di ciò la tecnologia delle *fuel cell* ha ricevuto negli ultimi anni un'attenzione crescente per il contributo che la loro diffusione nel sistema energetico può dare, in prospettiva, alla riduzione delle emissioni, a livello sia locale che globale, e alla diversificazione delle fonti di energia. Il progetto che

presentiamo sullo sviluppo di tecnologie integrate ed ecosostenibili per la produzione, l'accumulo e l'utilizzo dell'energia non può quindi fare a meno di un pacchetto di lavoro, articolato in quattro *task*, che affronti lo sviluppo e la realizzazione di celle a combustibile sempre più efficienti.

#### Task 2.1.1. – Tecnologie avanzate per lo sviluppo di celle a combustibile di tipo PEMFC

Le PEMFC, *Proton exchange membrane fuel cells*, vengono principalmente sviluppate per applicazioni che richiedono rapidi e frequenti *start-up* e *shut-down* e ancora necessitano di ulteriori ottimizzazioni della tecnologia. Gli obiettivi sono quelli di diminuire il contenuto di metallo prezioso nel catalizzatore, aumentare la durata e diminuire i costi dell'assemblato membrana/elettrodi (MEA), sviluppare membrane in grado di funzionare a temperature superiori ai 120°C, migliorare il trasporto di acqua, migliorare le prestazioni e la durata e diminuire i costi di produzione dei piatti bipolari dello *stack*.

#### Task 2.1.2 – Tecnologie avanzate per lo sviluppo di celle a combustibile di tipo DAFC

Le DAFCs, *Direct Alcohol Fuel Cells*, sono principalmente utilizzate per applicazioni portatili in dispositivi elettronici. I principali problemi di questa tecnologia, rispetto alle PEMFC, sono l'avvelenamento del catalizzatore e la bassa efficienza. Le attività in questa *task* si pongono l'obiettivo di sviluppare membrane ottimizzate adatte a ridurre il *cross-over* del combustibile liquido e di catalizzatori maggiormente resistenti all'avvelenamento per aumentarne sia le prestazioni che la durata. In particolare, le DAFC munite di membrana a scambio anionico, a differenza delle altre tipologie di celle a combustibile, presentano la duplice peculiarità di poter convertire l'energia libera di un alcol rinnovabile (etanolo, glicole etilenico, glicerolo, 1-3 propano, etc.) in energia elettrica formando al tempo stesso prodotti di ossidazione (acido acetico, glicerico, ossalico, tartronico e lattico). Questo approccio, fondamentale per la realizzazione di una chimica sostenibile, ha già portato ad importanti risultati scientifici ma, al momento, a nessuna applicazione industriale, poiché servono delle MEA che, permettendo la selettiva conversione di alcoli a carbossilati siano al contempo in grado di rilasciare elevate densità di potenza.

#### Task 2.1.3 – Tecnologie avanzate per lo sviluppo di celle a combustibile di tipo SOFC

Le celle a combustibile ad alta temperatura (SOFC: *Solide Oxide Fuel Cells*) vengono utilizzate in sistemi stazionari che devono funzionare per lunghi periodi con pochi *start-up* e *shut-down*. I principali obiettivi di questa attività sono finalizzati all'aumento della resistenza e durata degli *stack*, soggetti a ripetuti cicli termici. Tale obiettivo può essere raggiunto sia intervenendo sui materiali dello *stack* che su quelli dei componenti per aumentare la compatibilità meccanica e chimica ad elevata temperatura. In tale ambito l'attenzione sarà rivolta allo sviluppo di elettroliti ionici e protonici operanti a temperature intermedie (600-800 °C), di catalizzatori anodici per l'ossidazione diretta di combustibili (metano, propano, GPL, alcoli, biocombustibili in genere) e di catodi a conducibilità mista (ionica-elettronica).

WP2 / Tecnologie avanzate per la produzione di energia e la cogenerazione					
Elenco tasks	Istituto guida (responsabile della task)	Altri istituti	Risultati attesi	Tempi di realizzazione (mesi/uomo)	Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti
WP2 T1					
T2.1.1	ITAE (I. Gatto)	IM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membrane, MEA e stack con elevata efficienza e migliorata resistenza alla degradazione.</li> </ul>	42	Realizzazione di prototipi con specifiche come da risultati attesi, pubblicazione risultati in riviste e convegni internazionali
T2.1.2	ICCOM (F. Vizza)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sviluppo di celle monoplanari DAFC e relativo assemblaggio in <i>stack</i> (max 15 W)</li> <li>Sviluppo di <i>micro fuel cell</i> ad etanolo; volume totale: 1 cm<sup>3</sup>, capacità energetica 0.5 Wh una carica etanolo, Perdita capacità energetica max 0.1 Wh/mese. Tempo di vita 1 anno</li> </ul>	36	Realizzazione di prototipi con specifiche come da risultati attesi; brevetti; acquisizione di interesse di aziende private e trasferimento tecnologico
T2.1.3	ISTEC (A. Sanson)	ITAE SPIN IENI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sviluppo di SOFC con migliorata resistenza alla degradazione e con l'utilizzo di materiali più ecocompatibili</li> <li>Sviluppo e caratterizzazione di SOFC funzionanti a temperature intermedie</li> <li>Sviluppo di micro SOFC operanti a temperature intermedie</li> </ul>	54	Realizzazione di prototipi, pubblicazione dei risultati ottenuti in riviste ad alto IF e reports di attività

WP2	Tecnologie avanzate per la produzione di energia e la cogenerazione
<b>Altri organismi e soggetti coinvolti:</b>	Università di Firenze; Università di Palermo; Università di Messina, Sun Yat Sen University (Guangzhou, PRC), Belenos Clean Power Holding Ltd (CH),
<b>Interesse dei risultati per l'avanzamento della conoscenza e eventuali potenzialità applicative</b>	Lo sviluppo di componenti e <i>stack</i> PEMFC ad elevata efficienza e resistenza e a basso costo rendono interessante la tecnologia per applicazioni residenziali e per applicazioni di nicchia (generatori di emergenza da qualche kW per utenze isolate e generatori ausiliari per camper e veicoli speciali, sistemi di movimentazione merci in luoghi chiusi – pallet) La realizzazione di <i>stack</i> DAFC (fino a 15 W) può portare alla realizzazione di generatori di corrente per alimentare batterie di telefoni cellulari e piccoli dispositivi di elettronica portatile. Le <i>micro fuel cell</i> (DEFC) serviranno per la realizzazione di dispositivi biomedicali ed impiego in elettronica Lo sviluppo di celle più robuste e meccanicamente stabili con materiali più economici e tecniche di produzione affidabili è uno dei parametri fondamentali per la commercializzazione di dispositivi SOFC
<b>Attività già svolte propedeutiche alla realizzazione dell'attività</b>	L'ITAE, nell'ambito di progetti nazionali ed europei, ha disegnato, realizzato e caratterizzato diversi <i>stack</i> PEMFC fino a 7000 W per applicazioni stazionarie e da 1kW per applicazioni spaziali. Inoltre, ha sviluppato e realizzato componenti (elettrodi e membrane) per <i>High Temperature</i> PEFC. Le tematiche attengono strettamente alle linee di ricerca condotte all' ICCOM e sono testimoniate dalle numerose pubblicazioni ad alto IF, prototipi, brevetti, contratti con aziende private e progetti europei. I ricercatori di SPIN sono da alcuni anni attivi nello studio di etero strutture di ossidi elettrolitici operanti a temperature intermedie. Sono già stati effettuati i primi passi per la miniaturizzazione delle celle in vista di applicazioni "portable". I risultati sono stati raggiunti nell'ambito di progetti PRIN e pubblicati su riviste ad alto IF. Lo IENI, nell'ambito di progetti nazionali di medio termine (FISR, Accordo di Programma 2006-2009 MiSE-CNR per la ricerca di sistema elettrico) ha studiato e realizzato componentistica (anodi ed elettroliti) SOFC a conduzione anionica e protonica con particolare focus all'integrazione nel dispositivo finale dei processi di fabbricazione.
<b>Criteri di valutazione 1) Sviluppo delle competenze</b>	La produzione e ottimizzazione di singole celle e <i>stack</i> è di primaria importanza per una più rapida diffusione delle tecnologie già commercializzate o di quelle in via di sviluppo. Lo sviluppo di una filiera integrata materiali-celle- <i>stack</i> può portare a un più rapido ed efficiente sviluppo delle competenze sviluppate.
<b>Criteri di valutazione 2) Grado di coinvolgimento di soggetti pubblici e privati</b>	Le attività proposte per lo sviluppo delle PEMFC hanno potenziale interesse per soggetti pubblici e privati dell'intera filiera, dal materiale al sistema completo. La realizzazione di DAFC per piccole potenze e per micro potenze in forma di prototipi pre-commerciali saranno valutati in associazione con utenti industriali, oltre a quelli che già cofinanziano il progetto. L'ottenimento di celle SOFC di maggior robustezza e efficienza permette di coinvolgere partner pubblici e privati alla costruzione di sistemi proprietari di produzione energetica efficiente.
<b>Criteri di valutazione 3) Attrazione degli investimenti, impatto socio-economico e sostenibilità economica finanziaria</b>	Possibili investimenti nel campo della produzione di energia elettrica mediante tecnologie ad alta efficienza possono essere previsti da Enti Regionali, Nazionali e partner industriali. Distribuzione di piccole potenze per elettronica e sistemi ausiliari in località remote dove l'energia distribuita non arriva. Capacità di formare personale specializzato da trasferire in aziende del settore. Riconversione di sistemi produttivi tradizionali in aziende ad alto valore aggiunto energetico.
<b>4) Potenziali ulteriori coperture finanziarie:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progetto Europeo DECORE FP7.NMP -2012 SMALL- 6 ElectroChemical Oxidation Reaction of Ethanol: optimization of the catalyst/support assembly for high temperature operation (DECORE). (UDR ICCOM 300.000 €) (2013-2016); Progetto Industriale: Sviluppo di micro fuel cells. L'azienda svizzera Belenos Clean Power Holding Ltd. finanzia il progetto (Udr ICCOM 125.000 €) (2013)</li> <li>• Progetto Europeo EVOLVE "Evolved materials and innovative design for high performance, durable and reliable SOFC cell and stack "(2012-2016) (Udr ISTE 200000€)</li> <li>• L'attività svolta sarà oggetto di presentazione di progetti di filiera alla comunità europea</li> <li>• PON II – Tecnologie ad alta Efficienza per la Sostenibilità Energetica ed ambientale On-board</li> </ul>
<b>5) Team</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irene GATTO (ITAE), R3, materiali e processi per celle a combustibile ad elettrolita polimerico</li> <li>• Alessandro CARBONE (ITAE),R3, polimeri e membrane per celle a combustibile</li> <li>• Francesco VIZZA (ICCOM), R2, catalisi ed elettrocatalisi</li> <li>• Andrea MARCHIONNI (ICCOM), R3, assemblaggio celle e sintesi elettrocatalizzatori, ICCOM</li> <li>• Hamish MILLER (ICCOM) R3, micro fuel cell</li> <li>• Simonetta MONETI (ICCOM), R2, catalizzatori eterogenei</li> <li>• Jonathan FILIPPI (ICCOM), RTD, misure elettrochimiche in semicella e celle complete, analisi esausti;</li> <li>• Alessandra SANSON (ISTEC) R3, processi di produzione di celle a combustibile ed elettrolizzatori ad ossido solido e membrane per separazione di gas</li> <li>• Elisa MERCADELLI (ISTEC), R3, processi ceramici di deposizione di film per applicazioni energetiche</li> <li>• Leonarda LIOTTA (ISMN), R2, Elettrocatalizzatori per celle SOFC</li> <li>• Giuseppe BALESTRINO (SPIN), Associato UNIROMA2, deposizione di etero strutture con alta conducibilità ionica e protonica</li> <li>• Carmela ARUTA (SPIN), R3, deposizione e caratterizzazione etero strutture ad alta conducibilità ionica e protonica</li> <li>• Antonino S. ARICÒ (ITAE), R1, materiali e processi per celle a combustibile SOFC</li> <li>• M. LO FARO (ITAE), R3, materiali e componenti per SOFC</li> <li>• Cecilia MORTALÒ (IENI) R3 processi air spray e sol-gel di deposizione di film ceramici e cermet conduttori spessi e sottili</li> <li>• Simona BARISON (IENI) R3 processi RF magnetron sputtering di deposizione di film elettrolitici sottili</li> <li>• Stefano BOLDRINI (IENI) R3 Caratterizzazione elettrica ed elettrochimica di SOFC e loro componenti</li> <li>• Fortunato MIGLIARDINI (IM), R3, Sistemi a celle a combustibile PEMFC</li> </ul>

## WP3 / Solar Energy Technologies

### Task 3.1 – Fotovoltaico di terza generazione

#### Task 3.1.1 – Ottimizzazione di dispositivi OPV di tipo BHJ e scale-up del processo di fabbricazione su media-larga area.

L'obiettivo principale di questo Task sarà quello di fabbricare in modo semplice ed economico dei moduli OPV di tipo BHJ (ca. 10 cm x 10 cm, su substrati anche flessibili) con efficienza > del 6%, in cui i materiali attivi e funzionali possono essere processati da soluzione o più in generale mediante tecniche di stampa compatibili con ampie superfici e facilmente trasferibili a sistemi di produzione continui d'interesse industriale (e.g. tecniche *R2R*, *Roll-to-Roll*). Questo sarà possibile attraverso uno studio e sviluppo graduale, i cui obiettivi sono:

- **Ottimizzazione del dispositivo: processo e architettura.** La realizzazione di celle fotovoltaiche ad elevata efficienza richiede lo sviluppo simultaneo di alcuni aspetti fondamentali fortemente correlati tra di loro. Oltre all'ottimizzazione del design molecolare dei materiali attivi e della morfologia del film D:A, l'ingegneria del dispositivo e la sua architettura rappresenta un'importante opportunità per il miglioramento delle efficienze fotovoltaiche. In questo Task saranno esplorate nuove e differenti architetture in termini di funzione, efficienza e fattibilità. Oltre ai dispositivi a giunzione singola (struttura standard, inversa, con diversi e/o aggiuntivi IFLs...) saranno realizzate celle solari OPV-BHJ di tipo TANDEM processabili da soluzione attraverso le quali è possibile ampliare l'intero spettro di assorbimento della cella solare minimizzando la perdita dei fotoni incidenti. A questo scopo verranno sintetizzati nuove molecole coloranti macrocicliche (del tipo ftalocianine) con adatta solubilità e idonee proprietà elettroniche e di assorbimento.

- **Sviluppo tecniche di deposizione e/o stampa compatibili con ampie superfici:** Oltre agli sforzi necessari per aumentare l'efficienza dei moduli OPV, sforzi significativi saranno indirizzati allo *scale-up* dei processi attraverso l'impiego di nuove tecnologie di stampa (e.g. *Blade-coating*, *Slot-die coating*) compatibili con ampie superfici e in grado di fornire un elevato volume di produzione. Il processo di trasferimento dalla scala di laboratorio ad una tecnologia di stampa su larga area implica una notevole sfida scientifica e tecnologica: ciò è particolarmente vero quando si segue un approccio diverso da quello tradizionale ad esempio utilizzando architetture innovative e /o multistrato (e.g., celle *tandem*).

#### Task 3.1.2 – Tecniche per l'incapsulamento e test di stabilità di dispositivi OPV

L'ottimizzazione delle prestazioni fotovoltaiche e la preparazione di dispositivi su larga area (condizione necessaria ma non sufficiente allo sviluppo della tecnologia OPV), non rappresenta l'unica sfida che verrà affrontata nel corso di questo progetto. Un grande sforzo, infatti, è necessario per la messa a punto di tecniche e soluzioni per l'isolamento di dispositivi OPV (anche flessibili) dalle aggressioni esterne (e.g., H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, UV, ...) e garantire quindi il *target* relativo al tempo di vita e alla stabilità.

Sulla base di questi obiettivi, il task sarà focalizzato su:

- **Materiali e tecniche per l'incapsulamento.** Materiali innovativi per l'incapsulamento basati ad esempio su robusti substrati polimerici, barriere passive, "getters attivi" e materiali sigillanti, saranno impiegati e perfezionati nel corso del progetto. In particolare, l'incapsulamento di dispositivi OPV flessibili, a basso costo ed altamente efficienti, richiede lo sviluppo di nuovi materiali/barriere che siano economici, compatibili con le tecniche di stampa impiegate e che offrano ottime performance nel tempo, in termini di ermeticità, proprietà di barriera e trasparenza.

- **Test di resistenza a processi d'invecchiamento accelerato.** Test d'invecchiamento accelerato su dispositivi OPV e moduli prodotti verranno eseguiti secondo i principali protocolli sviluppati per la stima del tempo di vita di celle solari organiche. I Test potranno essere effettuati in condizioni diverse (su dispositivi incapsulati e non); alcuni esempi sono: 1) stoccaggio in camere a temperatura ed umidità controllata (85°C e 100% umidità) sia in atmosfera inerte che in aria, 2) esposizione prolungata in ambienti quasi inerti (bassa concentrazione di ossigeno e umidità), 3) esposizione prolungata all'aperto, 4) "light soaking" con diverse intensità di luce e diverse temperature, 5) studio dei meccanismi di degradazione tramite l'uso congiunto di tecniche non convenzionali di raggi-x in dispersione d'energia ed AFM risolte temporalmente. I processi di invecchiamento in condizioni di lavoro simulate verranno correlati ai meccanismi di riorganizzazione strutturale e alla analisi dei processi di interfaccia.

Durante tali processi saranno eseguite misure elettriche ripetute nel tempo (caratteristiche curve J-V in condizioni standard d'illuminazione) per il monitoraggio delle performance in funzione delle condizioni di stoccaggio e del tipo d'incapsulamento.

#### Task 3.1.3 – Materiali ibridi per fotovoltaico molecolare

L'introduzione di materiali innovativi, es, polimeri fotoattivi e nanocristalli colloidali, è fondamentale in termini di costo e prestazioni del dispositivo, ma per poter essere fabbricati con tecniche di deposizione a basso costo e su substrati

flessibili. Nel caso dei nanocristalli colloidali (NCs), la tecnologia è ancora ad una fase iniziale, tuttavia la sintesi di questi sistemi è estremamente semplice ed assicura rese elevate e campioni monodispersi. La possibilità inoltre di ottenere NCs con ottime proprietà optoelettroniche e con spettro di assorbimento nello IR ha aperto nuove prospettive nel campo dei dispositivi fotovoltaici. L'attività prevede la fabbricazione e la caratterizzazione di celle fotovoltaiche basate su NCs di semiconduttore e polimeri e celle solari completamente basate su NCs. Combinando nuovi materiali attivi con metodologie di processo efficaci e compatibili con le applicazioni, l'obiettivo è quello di trovare un'architettura adatta del dispositivo che sfrutti tutte le potenzialità dei materiali impiegati nello stack, per ottimizzare efficienza, tempo di vita, costi. Si prevede lo studio dei processi fondamentali che guidano la separazione alle differenti interfacce: polimero/polimero, NCs /NCs e polimero/NCs e la realizzazione di film sottili con tecniche alternative e più convenienti per grandi superfici, come ad esempio le tecniche di inject printing e roll to roll.

### **Task 3.2 Embedded Photovoltaics**

Uno dei principali vantaggi delle celle fotovoltaiche a film sottile è la possibilità di incorporare la funzione fotovoltaica in un oggetto, quale ad esempio una componente architettonica, depositando direttamente le celle su una superficie destinata ad essere esposta al Sole. In questo modo è possibile semplificare il processo di produzione di moduli fotovoltaici destinati all'integrazione negli edifici e ridurre sensibilmente il costo. Celle di efficienza superiore al 15% sono state ottenute mediante tecniche di deposizione a basso costo e a bassa temperatura, come la PED (*pulsed electron deposition*) a partire da substrati rigidi o flessibili di varie forme e dimensioni.

#### **Task 3.2.1 – Substrati non convenzionali per moduli fotovoltaici totalmente integrati in componenti architettoniche o apparecchiature alimentate ad energia elettrica**

Lo scopo di questa task è di selezionare e preparare substrati di materiali plastici, ceramici o di altri materiali comunemente utilizzati in edilizia per verificarne la compatibilità con il processo di deposizione di celle a film sottile. I materiali verranno studiati dal punto di vista della morfologia delle superfici, delle caratteristiche di adesione dei film depositati, delle proprietà termiche e chimiche e dell'invecchiamento.

#### **Task 3.2.2 – Celle fotovoltaiche a film sottile di forma e dimensione non convenzionale ottenute mediante deposizione diretta su substrati adatti all'integrazione totale con tecniche a basso costo**

A partire dai substrati selezionati ed ottimizzati nella task precedente, verranno realizzati dimostratori di moduli fotovoltaici a film sottile a base di CIGS di forma e dimensione non convenzionali. L'obiettivo principale è di verificare l'utilizzabilità e l'affidabilità del processo di deposizione in funzione della sua possibile implementazione su scala industriale.

Un ulteriore obiettivo di questa task è riuscire a depositare celle fotovoltaiche basate su tecnologia a film sottile (CIGS, CIS e similari) su substrati convenzionali e innovativi tramite tecnica ink-jet. Tale tecnica è estremamente conveniente perché presenta un basso costo di deposizione, elimina sostanzialmente lo spreco di materiali e non richiede procedure fotolitografiche per determinare la geometria della cella. Inoltre è compatibile con processi industriali di deposizione su larga area.

#### **Task 3.2.3 – Energy harvesting for Embedded PV**

Verranno studiati e sperimentati *micro energy-harvester* pensati per essere integrati a singoli moduli fotovoltaici a film sottile di cui alla task precedente e a gestirne in modo efficiente la potenza elettrica generata in presenza di condizioni non ideali e non uniformi di illuminazione tipiche dei sistemi ad alta integrazione architettonica. Verranno studiate anche soluzioni adatte all'autoconsumo efficiente di energia elettrica in un edificio.

#### **Task 3.2.4 – Celle fotovoltaiche ad alta tensione e metodi innovative per la loro nanofabbricazione.**

Saranno sviluppate celle fotovoltaiche organiche basate su uno schema di integrazione innovativo a "nano moduli" collegati in serie. Le prove di principio hanno consentito di dimostrare che questo tipo di celle sono in grado di erogare tensioni di KV su aree attive di  $1\text{ cm}^2$ . L'obiettivo del Task è quello di ottimizzare sperimentalmente questa architettura, per raggiungere tensioni di decine di kV su superfici di  $1\text{ cm}^2$  e ad efficienze superiori all'1%. Nel medio termine, alcuni ulteriori punti di forza previsti per l'architettura proposta consentiranno di aumentare significativamente l'efficienza di conversione energetica, allineandosi alle prestazioni di celle organiche con architettura a "*bulk heterojunction*" di tipo standard. Celle fotovoltaiche ad alta tensione potrebbero aprire nuove opportunità per l'alimentazione di apparecchiature portatili.

### **Task 3.3 Solare termico**

Progettazione di sistemi ottici per la concentrazione della luce solare su celle fotovoltaiche, fibre ottiche e sistemi termodinamici. Metrologia ottica, test ottici e realizzazione di dispositivi per la misura delle caratteristiche di concentratori solari e di altri componenti ottici. Progetto e messa a punto di tecniche per il test di sorgenti luminose

### Task 3.4 Light trapping per celle solari a film sottile

Le tecniche per l'intrappolamento della radiazione luminosa nella regione attiva delle celle solari, soprattutto nel rosso e vicino infrarosso, sono cruciali per tutte le tecnologie a film sottile, consentendo in generale la possibilità di ridurre lo spessore di materiale semiconduttore utilizzato e quindi il costo. Tali tecniche sono particolarmente importanti nel caso della tecnologia basata su silicio amorfo e microcristallino, essendo il primo con una gap piuttosto alta, che non copre una parte rilevante dello spettro solare, e il secondo con una gap indiretta, e quindi con un coefficiente di assorbimento molto basso che implica spessori di semiconduttore elevati. Le tecniche di *light trapping* mirano a trasformare la radiazione incidente non assorbita in un insieme di modi guidati che si propagano lateralmente entro il semiconduttore e per avere reale interesse devono essere a basso costo. Nel campo della tecnologia fotovoltaica a film sottile l'industria nazionale è in buona posizione grazie alla presenza di una JV tra Sharp, Enel, ed STMicroelectronics, la 3SUN, che commercializza una tecnologia multi-giunzione a base di silicio amorfo che è allo stato dell'arte sia dal punto di vista tecnologico che dal punto di vista della produzione industriale. Proponiamo di investigare alcune tecnologie di *light trapping* basate o sulla tessurizzazione dei TCO (*transparent conductive oxide*) su cui sono depositate le celle o su plasmonica, o polaritoni di superficie che si propagano lateralmente o localizzati che re-scatterano la radiazione entro la cella in condizioni di riflessione totale interna. Per quanto concerne il tipo di celle su cui studiare le tecniche di *light trapping*, tale attività verrà svolta in collaborazione con 3SUN, mentre la parte di *modeling, design*, caratterizzazione, e sintesi di nuovi materiali, verrà effettuata presso IMM.

WP3 / Solar Energy Technologies					
Elenco tasks	Istituto guida (responsabile della task)	Altri istituti	Risultati attesi	Tempi di realizzazione (mesi/uomo)	Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti
WP3 T1					
T3.1.1	ISMN (M. Muccini)	ISOF ICCOM ISM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficienza di conversione della luce solare &gt;9% per dispositivi su scala di laboratorio, e &gt; 6% per moduli (~ 10 cm x 10 cm)</li> <li>Nuovi coloranti per una migliore raccolta della radiazione solare</li> </ul>	54	Certificazione dell'efficienza; report tecnici e scientifici; pubblicazioni e comunicazioni, deposito di brevetti
T3.1.2	ISMN (M. Muccini)	ISOF ICCOM ISMAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stima tempo di vita: &gt;5 anni</li> </ul>	54	Test di stabilità all'esterno; report tecnici e scientifici; pubblicazioni e comunicazioni, deposito di brevetti
T3.1.3	NANO (G.Gigli)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficienza di conversione &gt;5% con materiali alternativi</li> </ul>	24	Risultati di test e caratterizzazioni che dimostrino il raggiungimento delle specifiche
WP3 T2					
T3.2.1	IMEM (E. Gilioli)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Campioni di substrati con le necessarie specifiche</li> </ul>	24	Risultati di test che dimostrino il raggiungimento delle specifiche
T3.2.2	IMEM (M. Mazzer)	IMAMOTER	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimostratori celle PV</li> </ul>	24	Celle di efficienza >10%
T3.2.3	IMAMOTER (M. Ruggeri)	IMEM SPIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimostratore <i>energy harvester</i></li> </ul>	42	Risultati di test che dimostrino il raggiungimento delle specifiche
T3.2.4	IOM (M. Tormen)	ISMN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Celle fotovoltaiche organiche ad alta tensione</li> <li>Misure di processi elettronici alle interfacce.</li> </ul>	30	Celle fotovoltaiche organiche con tensione >10 kV ed efficienza >1%.
WP3 T3					
T3.3	INO (F. Francini)	IENI IPCF	<ul style="list-style-type: none"> <li>Progettazione di componenti ottici per la concentrazione solare e loro caratterizzazione tramite l'impiego di test specialistici.</li> <li>Progettazione di campi di eliostati .</li> <li>Caratterizzazione di materiali per assorbitori solari, anche ad alta temperatura fino a 1000 C°</li> <li>Nanofluidi assorbitori per collettori solari</li> <li>Sviluppo di sensori per il "<i>solar tracking</i>"</li> </ul>	54	Risultati sperimentali , progettazione, test e misure
T3.4	IMM (S. Lombardo)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Design di TCO e di Risonatori Plasmonici</li> <li>Realizzazione dei materiali su celle solari di silicio amorfo e micromorfe</li> <li>Caratterizzazione dei dispositivi, inclusi test di light soaking</li> </ul>	24	Risultati sperimentali , progettazione, test e misure

WP3	Solar Energy Technologies
<b>Altri organismi e soggetti coinvolti:</b>	Università di Bologna; INAF Bologna; Università di Firenze, Università di Milano, Università di Milano-Bicocca; Università di Bari; Università di Genova; Università di Siena; LENS Firenze; 3 Sun Srl
<b>Interesse dei risultati per l'avanzamento della conoscenza e eventuali potenzialità applicative</b>	Funzionalizzazione fotovoltaica diretta di materiali, utilizzati ad esempio in componenti architettoniche, e integrazione della microelettronica di <i>energy-harvesting</i> in soluzioni che vadano nella direzione del "fotovoltaico <i>embedded</i> " di facile installazione e fruizione.
<b>Attività già svolte propedeutiche alla realizzazione dell'attività</b>	Il team IMEM lavora già da alcuni anni alla deposizione di celle a film sottile a base di CIGS (progetto PED4PV di "Industria 2015") sia su substrati convenzionali (vetro) che innovativi (ceramica, metallo flessibile e plastica). Il processo di produzione è <i>low-cost</i> e adatto alla funzionalizzazione di superfici di varie forme anche non piane. Anche il team SPIN lavora da alcuni anni sulla tematica della deposizione di celle fotovoltaiche a film sottile con tecniche a basso costo e su larga scala. Il team NANO lavora da anni su celle solari fotovoltaiche ibride di terza generazione, ed ha sviluppato architetture di dispositivo e materiali alternativi a basso costo di produzione. Il team IMAMOTER ha già sviluppato soluzioni per l' <i>energy harvesting</i> da fonti rinnovabili su diverse dimensioni di scala. Il team ISM lavora da molti anni nella sintesi e caratterizzazione di coloranti macrociclici in particolare partecipa al progetto EFOR-CNR per il fotovoltaico organico di terza generazione. Il team IOM lavora da anni sui materiali innovativi per il fotovoltaico organico e sviluppa nuovi metodi a basso costo per la nano fabbricazione di celle fotovoltaiche. Ha brevettato sistemi di light trapping che accoppiate a fotovoltaiche organiche, hanno dimostrato di aumentarne l'efficienza. Lo IENI in collaborazione con INO ha già sviluppato nanofluidi per l'assorbimento ottico nell'ambito di progetti nazionali di ricerca industriale (INDUSTRIA 2015)
<b>Criteri di valutazione 1) Sviluppo delle competenze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studio e preparativa delle superfici da funzionalizzare</li> <li>• Sviluppo del processo <i>low-cost</i> di deposizione delle celle "<i>embedded</i>"</li> <li>• Sviluppo "<i>Micro energy-harvesting</i>"</li> <li>• Sviluppo di nuovi metodi per la fabbricazione di celle nanostrutturate, ad alta tensione ed efficienza.</li> </ul>
<b>Criteri di valutazione 2) Grado di coinvolgimento di soggetti pubblici e privati</b>	Interesse in questo settore è già stato espresso da diversi partner industriali e di ricerca il cui obiettivo è realizzare nuovi modelli di prodotti già esistenti mediante l'aggiunta della funzione fotovoltaica integrata. Fra i partner di ricerca da segnalare l'INAF di Bologna impegnato nel progetto SKA ( <a href="http://www.skatelescope.org/">http://www.skatelescope.org/</a> )
<b>Criteri di valutazione 3) Attrazione degli investimenti, impatto socio-economico e sostenibilità economico finanziaria</b>	Il fotovoltaico è già oggi la fonte di energia elettrica più conveniente per gli utenti domestici di paesi come l'Italia, la Germania e l'Australia <sup>1</sup> . Il fotovoltaico " <i>embedded</i> " e " <i>plug&amp;play</i> " porterà ulteriori vantaggi economici per gli utenti e svilupperà una nuova filiera produttiva in grado di rilanciare sia l'industria fotovoltaica che il settore edilizio in crisi.
<b>4) Potenziali ulteriori coperture finanziarie:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progetto FIT: "CIGS Solar Modules" (2013-2015), Coordin. Scientifico IMEM, Budget IMEM 1350k€/3 anni</li> <li>• Progetto "SUNFLOWER" (2011 – 2015, Grant number 287594, web site: <a href="http://sunflower-fp7.eu/">http://sunflower-fp7.eu/</a>), Budget ISMN: euro 967.000</li> <li>• Progetto FOTOSENSORG (2011 – 2014), Regione Toscana, ca. 250.000 Euro</li> <li>• Progetto , NEMESI (2013-2014), Regione Liguria, budget SPIN ca. 200.000 Euro</li> <li>• Accordo di Programma (2012-2014) MiSE-CNR per la ricerca di sistema elettrico</li> <li>• Progetto ENERGETIC (2012-2015), PON 02, IMM, budget sul tema ca. 200 kEuro</li> <li>• DAMASCO (2011 2014), E.U. Marie Curie Reintegration grant FP7-PEOPLE-2010-RG-268229, 45 kEuro</li> <li>• PARYLENS (2010 2013), E.U. FP7-NMP-2009-SMALL-3-246362, ca. 257.000 Euro</li> <li>• SOLCO (2011 2013), Fondazione Cariplo, 66.000 Euro</li> <li>• EDONHIST (2013 2015), Fondazione Cariplo, c.a 90.000 Euro</li> <li>• PLENOS (2012 2014), Fondazione Cariplo, 71.000 Euro</li> <li>• POLISOLAR (2012 2015), ENI s.p.a, 210.000 Euro</li> <li>• PRIN (2011 2013) , MIUR, 39.000 Euro</li> <li>• Accordo Quadro Progetto IV(2008 2013): Nano scienze per materiali ed applicazioni biomediche, Regione, 400.000 Euro</li> <li>• Accordo Quadro Progetto IV (2008 2013): Nuove tecnologie per efficienza energetica e utilizzo delle fonti rinnovabili negli usi civili, Regione, 200.000 Euro</li> </ul>
<b>5) Team</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massimo MAZZER (IMEM), R1, Progettazione dispositivi PV e caratterizzazione</li> <li>• Massimiliano RUGGERI (IMAMOTER), R3, Elettronica per energy harvesting</li> <li>• Edmondo GILIOLI (IMEM), R3, Deposizione film sottili</li> <li>• Stefano RAMPINO (IMEM), R3, Sviluppo processi di deposizione</li> <li>• Roberto MOSCA (IMEM), R3, Preparativa dispositivi e test</li> <li>• Andrea ZAPPETTINI (IMEM), R3, Sintesi materiali</li> <li>• Carlo FERRARESI (IMAMOTER), R3, Energy Har vesting</li> <li>• Alessandro MORDINI (ICCOM), R2, progettazione e sintesi nuovi DSSC</li> <li>• Gianna REGINATO (ICCOM), R2, caratterizzazione DSSC e dispositivi</li> <li>• Lorenzo ZANI (ISOF), R3, nuovi dispositivi DSSC</li> <li>• Caterina FUSCO (ICCOM), R3, Sintesi organica</li> <li>• Omar HASSAN OMAR (ICCOM), R3, funzionalizzazione di scaffold molecolari</li> </ul>

1 Baziliana, Morgan, Michael Liebreich IjeomaOnyejia, Ian MacGilld, Jennifer Chasesc, Jigar Shahe, Dolf Gielenf, Doug Arentg, Doug Landfearh, and Shi Zhengrongi. "Re-considering the Economics of Photovoltaic Power." Blomberg NEF: New York, USA (2012).

- Stefania CICCIO (ICCOM), R3, Sintesi organica
- Antonio CARDONE (ICCOM), R3, precursori per celle solari polimeriche
- Franco FRANCONI (INO), Associato CNR, progettazione concentratori solari
- Daniela FONTANI (INO), R1, Progettazione e collaudo di sistemi ottici
- Paola SANSONI (INO), R1, concentrazione di energia solare
- Simona BARISON (IENI), R3, Nanofluidi assorbitori solari
- Gianna PENNESI (ISM), R2, Sintesi di nuovi coloranti metallo-macro ciclici per celle fotovoltaiche DSSC
- Barbara PACI (ISM), R3, Meccanismi di degradazione mediante raggi-x in dispersione d'energia ed AFM risolte temporalmente
- Amanda GENEROSI (ISM), R3, caratterizzazione con tecniche di raggi-X in dispersione d'energia
- Paola ALIPPI (ISM), R3, modellistica teorica
- Silvia LUZZATI (ISMAC), R2, celle solari OPV: caratterizzazioni fotofisiche dei materiali attivi e realizzazione, processing, e caratterizzazione fotovoltaica dei dispositivi
- Antonio SIRI (SPIN) associato UNIGE, progettazione e deposizione celle a film sottile tramite ink-jet
- Luca PELLEGRINO (SPIN), R3, deposizione e caratterizzazione celle a film sottile tramite ink-jet
- Daniele MARRÉ (SPIN) associato UNIGE, deposizione film sottili
- Massimo TORMEN (IOM), R3, Nanofabbricazione di celle fotovoltaiche basate su materiali organici.
- Alberto MORGANTE (IOM), R1, Tecniche di sincrotrone
- Michele MUCCINI (ISMN), R1, Fabbricazione e caratterizzazione dispositivi e moduli OPV
- Giampiero RUANI (ISMN), R1, caratterizzazione spettroscopica dispositivi OPV
- Stefano TOFFANIN (ISMN), R3, Fabbricazione e caratterizzazione dispositivi OPV
- Mirko SERI (ISOF), R3, Fabbricazione e caratterizzazione dispositivi OPV
- Salvatore LOMBARDO (IMM), R3, light trapping per celle micromorfe
- Antonino LA MAGNA (IMM), R3, light trapping per celle micromorfe
- Marinella CATELLANI, ISMAC, R2, sviluppo di semiconduttori e coloranti organici per celle solari
- William PORZIO, ISMAC, R2, studio della struttura, orientazione, morfologia in films sottili
- Silvia DESTRI, ISMAC, R2, sviluppo di materiali semiconduttori organici o ibridi
- Silvia LUZZATI, ISMAC, R2, sviluppo di celle solari organiche a film sottile
- Chiara BOTTA, ISMAC, R2, proprietà optoelettroniche di nanostrutture organiche ed ibride
- Guido SCAVIA, ISMAC, R3, morfologia, proprietà elettroniche locali, struttura di film sottili
- Umberto GIOVANELLA, ISMAC, R3, sviluppo di dispositivi optoelettronici a base organica ed ibrida
- Mariacecilia PASINI, ISMAC, R3, sviluppo di materiali organici coniugati per elettronica e fotonica
- Francesco GALEOTTI, ISMAC, R3, sviluppo di materiali organici per interfacce e patterning
- Giuseppe LOMBARDO (IPCF), R3 sviluppo di nanomaterial coating
- Giusepope CALOGERO (IPCF), R3, celle organiche solari con pigmenti naturali
- Marinella STRICCIOLI (IPCF), R3, solar concentrator parabolic system using thin aluminium nanofilm
- Aurora RIZZO (NANO) R3, Preparazione e caratterizzazione di celle solari ibride
- Giuseppe GIGLI (NANO) Ass CNR, Preparazione e caratterizzazione di celle solari ibride

#### WP 4 - Accumulo di Energia e Smart Grids

L'evoluzione verso una nuova struttura e gestione del sistema elettrico rappresenta ormai un traguardo necessario ed indispensabile ed in questo contesto lo sviluppo di reti intelligenti (*Smart Grid*), che vedono le fonti rinnovabili, le tecnologie di comunicazione per l'acquisizione capillare di informazioni relative allo stato della rete di distribuzione elettrica e dei carichi ad essa collegati, e sistemi automatici e decentralizzati per il controllo e l'ottimizzazione del funzionamento del sistema energetico come loro principali driver, è ritenuto un passaggio chiave e prioritario. L'integrazione delle fonti rinnovabili nella generazione distribuita e nelle SG, la loro natura intermittente, sia su base giornaliera che annuale, richiede, inoltre, la ricerca e lo sviluppo di sistemi di accumulo di energia stazionari in dimensioni variabili.

##### Task 4.1 Batterie, Supercondensatori ed altri sistemi di accumulo

Le attività in questo ambito saranno principalmente rivolte alla produzione e caratterizzazione di materiali avanzati per batterie e supercondensatori innovativi: batterie con soluzioni innovative per materiali anodici, catodici ed elettroliti, ed il design con particolare riguardo alle batterie zebra con soluzioni innovative per l'elettrolita ed il design, e supercondensatori elettrochimici con nuovi elettroliti (solidi ed a base di liquidi ionici) e nuovi materiali elettrodi (polimerici, carboni attivi, ossidi metallici), e condensatori ceramici ad alta costante dielettrica. L'obiettivo è di aumentare le caratteristiche di densità di energia e di potenza per promuovere la diffusione di queste tipologie di batterie nel settore *automotive* e delle energie rinnovabili. Per quanto riguarda i supercapacitori elettrochimici, l'obiettivo è sviluppare dispositivi di accumulo elettrochimico di alta potenza e energia per applicazioni portatili, in *automotive* e per impianti stazionari. L'attività sarà anche concentrata nell'accumulo magnetico in sistemi superconduttori (i cosiddetti SMES). La disponibilità di materiali superconduttori che possano essere raffreddati con criogeneratori, invece che con la costosa tecnologia dell'elio liquido, rende attrattiva questa tecnologia. Per questo verranno studiati e sviluppati cavi di  $MgB_2$  (il materiale più interessante per questa applicazione) con particolare attenzione a processi innovativi per la preparazione dei precursori. Verranno inoltre studiati i nuovi materiali a base di Fe e superconduttori HTS a base di Bi: gli uni per stabilire se le loro prestazioni siano adatte per l'utilizzo, gli altri per le loro interessanti prestazioni in alto campo.

#### Task 4.2 Smart Grid

L'obiettivo principale è la creazione di un sistema hardware/software in grado di sovrintendere alla gestione dei flussi di energia necessari ad una data comunità. A tale scopo è necessario rendere osservabile l'intera rete, i carichi collegati e le diverse tecnologie di produzione; controllare il funzionamento delle tecnologie di produzione programmabili; prevedere con sufficiente precisione la producibilità delle tecnologie di produzione non programmabili, sia nel tempo reale esteso che nel breve termine. Il raggiungimento di questi obiettivi richiede lo sviluppo di una piattaforma di comunicazione che possa soddisfare i requisiti dell'ambiente SG in termini di scalabilità, capillarità, affidabilità nel trasporto delle informazioni con bassi ritardi, garantendo al contempo la bidirezionalità dei flussi informativi. Le soluzioni sviluppate dovranno essere ottimizzate per il loro utilizzo su dispositivi con limitate risorse di calcolo e di memorizzazione, quali semplici micro-controllori. Inoltre tale piattaforma di comunicazione dovrà permettere l'integrazione trasparente dei dispositivi e dei sistemi che costituiscono la SG nella rete Internet globale al fine di permettere a tali elementi di avere accesso ai servizi Internet che sono rilevanti per lo scenario SG (ad esempio, i servizi *cloud*). Al tempo stesso il sistema di controllo della SG dovrà essere in grado di processare ed analizzare enormi volumi di dati fra loro eterogenei. Lo sviluppo di soluzioni innovative, che operino in modalità distribuita e decentralizzate, per filtrare, aggregare, e memorizzare queste informazioni e distribuirle solo dove necessario è uno degli obiettivi principali di questa attività. Sviluppo di protocolli per la sicurezza di un sistema ad intelligenza dispersa e a controllo remoto.

WP 4 - Accumulo di Energia e Smart Grids					
Elenco tasks	Istituto guida (responsabile della task)	Altri istituti	Risultati attesi	Tempi di realizzazione (mesi/uomo)	Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti
WP4 T1					
T4.1	SPIN (V. Braccini)	ITAE IENI ISTEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sviluppo di cavi superconduttori innovativi adatti per le applicazioni SMES</li> <li>Materiali e metodologie innovative di sintesi di membrane elettrolitiche a conduzione cationica</li> <li>Studio di materiali per batterie Zebra per l'applicazione nel range di temperatura 270°-350°C.</li> <li>Sviluppo di materiali elettrodi, elettroliti solidi polimerici; elettrodi a larga area e design e sviluppo di prototipi di supercapacitori elettrochimici e loro caratterizzazione elettrochimica</li> </ul>	54	<p>Comparazione con le prestazioni dei cavi esistenti.</p> <p>Data-set relativi alla caratterizzazione chimico-fisica ed elettrochimica di componenti per batterie Zebra.</p> <p>Verifica dei risultati mediante pubblicazioni su riviste ad alto IF; progress report; prototipi, verifica della brevettabilità dei materiali e tecnologie sviluppate</p>
T4.2	IIT (R. Bruno)	ITAE ISC CERIS IM	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sviluppo e testing di sistemi pervasivi di "smart metering per la raccolta di dati sui consumi energetici e lo stato dei dispositivi elettrici.</li> <li>Sviluppo e testing di sistemi più efficienti per la gestione distribuita dei dati (aggregazione, filtraggio, memorizzazione) in Smart Grid</li> <li>Sviluppo e testing di protocolli interattivi per la negoziazione/controllo automatico dei carichi elettrici in ambito residenziale.</li> <li>Aspetti regolatori di policy e sicurezza in materia di <i>smart grids</i></li> </ul>	66	<p>Verifiche periodiche dei risultati (progress report); pubblicazioni scientifiche su riviste ISI ad alto IF; comunicazioni a congressi internazionali, prodotti software; disseminazione verso soggetti industriali e consorzi operanti nel mercato di prodotti per la domotica (e.g., Energy@Home)</p>

WP4 ACCUMULO DI ENERGIA E SMART GRIDS	
<b>Altri organismi e soggetti coinvolti:</b>	Università di Genova , Università di Salerno, CSIC- Instituto Nacional del Carbon (INCAR) Oviedo ( Spagna) e CSIC ICMM of Madrid e altri membri del Cost Action MP 1004 "Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications, ENEL Energia & innovazione Spa, Pisa, PSE Warsaw (PL)
<b>Interesse dei risultati per l'avanzamento della conoscenza e eventuali potenzialità applicative</b>	Aumentare le prestazioni dei cavi superconduttori di nuovi materiali permetterebbe un loro vasto impiego in energetica in sistemi SMES ma anche per il trasporto di energia e per la realizzazione di <i>Fault Current Limiter</i> . Favorire la diffusione di sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili attraverso l'utilizzo di tecnologie di accumulo innovative e materiali a basso costo. Miglioramento significativo delle prestazioni e della stabilità; scelta di una nuova architettura per alcuni dispositivi. Lo sviluppo di protocolli e sistemi più efficienti per la gestione dei flussi informativi in Smart Grid rappresenta una tecnologia abilitante per implementare sistemi più efficienti e decentralizzati per la gestione della produzione, distribuzione e gestione dell'energia elettrica.
<b>Attività già svolte propedeutiche alla realizzazione dell'attività</b>	ITAE ha una profonda e documentata esperienza nel settore delle batterie Zebra (collaborazione con il gruppo FIAMM e linee di ricerca istituzionali). ITAE ha recentemente partecipato con FIAMM Spa ad un progetto FIRB denominato RINNOVA Tecnologie elettrochimiche innovative per l'accumulo di energia da fonti rinnovabili. ITAE possiede una esperienza decennale in sviluppo di tecnologie per accumulo elettrochimico dell'energia e cioè di batterie e supercapacitori elettrochimici, nonché sulla sintesi di carboni mesoporosi, di ossidi metallici e polimeri

	<p>elettroliti e la preparazione di elettrodi anche ad alta area. Design e sviluppo di prototipi di supercapacitori elettrochimici. ISTEK possiede esperienza nella produzione e ottimizzazione di elettroliti solidi per celle zebra sia convenzionali che di nuova geometria con tecniche tradizionali e innovative. IIT possiede una consolidata esperienza, nella progettazione, implementazione e sviluppo di piattaforme pervasive di comunicazione e raccolta dati basate su tecnologie auto-organizzanti (ad esempio reti di sensori). Tali piattaforme hanno il loro naturale impiego in diversi ambiti applicativi emergenti e le Smart Grid sono decisamente uno dei più importanti. Inoltre IIT, tramite il dipartimento DIITET, è membro di EIT ICT Labs è uno dei primi tre Knowledge and Innovation Communities (KICs) selezionati dall'European Institute of Innovation &amp; Technology (EIT) con l'obiettivo di accelerare l'innovazione in Europa e costruire una nuova partnership tra aziende, università e centri di ricerca. All'interno di EIT ICT Labs, IIT partecipa alle attività relative a "Smart Energy Systems", in cui Smart Grid è una delle tematiche prioritarie. Lo IENI ha sviluppato nell'ambito di Progetti FIRS e dell'Accordo di Programma (2009-2011) MiSE-CNR per la ricerca di sistema elettrico competenze e metodologie per la preparazione di elettroliti ceramici a conduzione ionica e mista in film sottile e spesso per la preparazione di celle a elettrolita o a elettrodo-supportante</p> <p>Il Team SPIN (GE e SA) è all'avanguardia a livello internazionale in questo campo è ha creato lo SPIN OFF <i>Columbus Superconductors</i>, partecipata dal CNR, che è l'azienda leader a livello internazionale nella commercializzazione di questi cavi.</p>
<p><b>Criteri di valutazione</b> <b>1) Sviluppo delle competenze</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizzazione di B amorfo e nano strutturato eventualmente drogato</li> <li>• Studio dei parametri critici dei sc a base di Fe e sviluppo di nuovi sistemi di sintesi</li> <li>• Ottimizzazione della preparazione di cavi di Bi2212</li> <li>• Sviluppo di nuovi protocolli per la preparazione di componenti ed housing al miglioramento delle caratteristiche dei materiali. Preparazione di componenti elettrodici di dispositivi di accumulo elettrico e anche in prospettiva di un applicazione nel settore automotive e impianti di accumulo stazionario.</li> <li>• Lo studio di sistemi di comunicazione e gestione dei flussi informativi in Smart Grid porterà alla definizione di nuovi protocolli ed algoritmi che potranno essere inclusi negli standard emergenti per le comunicazioni in Smart Grid (e.g., IETF RPL) o portare alla proposizioni di possibili brevetti.</li> </ul>
<p><b>Criteri di valutazione</b> <b>2) Grado di coinvolgimento di soggetti pubblici e privati</b></p>	<p>In questo campo sono molto interessate alle ricerche di SPIN (anche attraverso contratti) numerose industrie: Columbus Superconductors, ASG superconductors, Paramed.</p> <p>Collaborazioni con varie Università (Genova, Salerno, Bologna), moltissime università e Centri di Ricerca internazionali, INFN, CERN.</p> <p>Nell'ambito della produzione di energia da fonti rinnovabili e relativo accumulo, l'integrazione delle competenze tra Istituti CNR e Industria potrà risultare importante per la realizzazione di prototipi di nuova generazione. Lo sviluppo di prototipi di supercapacitori da laboratorio, dimostratori <i>proof of concept</i> e prototipi pre-commerciali saranno valutati secondo le esigenze di potenziali utenti industriali che hanno dimostrato interesse nelle tematiche trattate. Sono attive numerosissime collaborazioni (all'interno di progetti già finanziati od in corso di valutazione) con soggetti pubblici (Università, EPR nazionali e internazionali), ITAE ed ISTEK partecipano al Accordo di Programma CNR MiSE per la tematica "Sistemi elettrochimici per l'accumulo dell'energia". È membro del Management Committee di un network Europeo - COST Action MP 1004 "Hybrid Energy Storage Devices and Systems for Mobile and Stationary Applications", e di "The European Energy Research Alliance" (EERA) Joint Programme "Energy storage".</p>
<p><b>Criteri di valutazione</b> <b>3) Attrazione degli investimenti, impatto socio-economico e sostenibilità economico finanziaria</b></p>	<p>La superconduttività è una tecnologia che può diventare estremamente importante in Energetica: cavi per il trasporto di energia, SMES, Fault Current Limiter, generatori per eolico di grosse taglie. L'Italia gode in questo settore di un'industria estremamente competitiva e di un vastissimo network di ricerca. SPIN organizzerà quest'anno il congresso Biennale di Superconduttività applicata EUCAS.</p> <p>Possibili investimenti nel settore delle fonti rinnovabili con particolare riferimento all'accumulo di energia, partecipazione a progetti comunitari, diffusione dei risultati attraverso riviste scientifiche e divulgative.</p> <p>Coinvolgimento di studenti per l'esecuzione di stage e tesi di laurea e dottorato in questo settore. Sono già in corso azioni per reperire fondi a livello regionale (Sicilia, etc), nazionale, internazionale e da partner industriali ed è stata presentata una proposta nell'ambito della call FP7-ENERGY- IRP.2013.10.1.9 "Integrated research programme on the Electrochemical Storage" con 29 partner Europei.</p> <p>Le attività proposte risultano in piena coerenza con gli obiettivi principali dell'Action Line "Smart Energy Systems" di EIT ICT Labs. È importante sottolineare che EIT ICT Labs ha come obiettivo di favorire l'innovazione dei singoli partner attraverso l'erogazione di fondi a complemento di attività progettuali attive (dette "carrier") e che facilitino l'exploitation dei risultati del progetto. Se finanziato, questo progetto massimizzerà le possibilità dello IIT di acquisire nuovi fondi. Infine, le attività proposte sono allineate con gli obiettivi principali che sono descritti nel Work Programme della Comunità Europea per il tema ICT, ed in particolare la Challenge 6 su "ICT for a low carbon economy" e sono quindi sicuramente utilizzabili come volano per l'accesso a fondi comunitari.</p>
<p><b>4) Potenziali ulteriori coperture finanziarie:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• progetto Europeo (in collaborazione con Giappone) SUPERIRON</li> <li>• Progetto EU MAGDRIVE</li> <li>• Contratti di ricerca con: ASG, Columbus, CERN</li> <li>• PON NAFASSY</li> <li>• Adp MiSE – CNR Ricerca di sistema elettrico; Progetto Sistemi elettrochimici per l'accumulo dell'Energia</li> <li>• Accordo di Programma CNR MiSE. ITAE e IENI-CNR (2012-2014).</li> <li>• Progetto CNR per il Mezzogiorno - Pon 01_01366 "Nuovo processo a basso impatto ambientale ed a ridotto rischio operativo per il recupero ed il riciclo dei materiali costituenti le batterie al piombo" 2015);ITAE-CNR 5600k€, (2011-2015).</li> <li>• Inoltre, l'attività svolta sarà oggetto di presentazione di progetti di filiera alla comunità europea: bandi 2013 di RFP7 e primi bandi di Horizon-2020; EIT ICT Labs Europeo nella call 2013/2014.</li> <li>• IIT sta considerando la sua partecipazione all'associazione Energy@Home come possibile volano per accedere a fondi per progetti industriali</li> </ul>
<p><b>5) Team</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeria BRACCINI (SPIN) R3, caratterizzazione elettromagnetica</li> <li>• Gaia GRIMALDI (SPIN) R3 caratterizzazione funzionale</li> <li>• Maurizio VIGNOLO (SPIN) CTER, sintesi del MgB<sub>2</sub></li> <li>• Andrea MALAGOLI (SPIN) R3, sviluppo di cavi</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carlo FERDEGHINI (SPIN), R1, materiali innovativi e applicazioni della sc</li> <li>• Antonio SIRI (SPIN) associato UNIGE, nuove sintesi e applicazioni della sc</li> <li>• Sandro PACE (SPIN) associato UNISA, cavi superconduttori e applicazioni della sc</li> <li>• Antonino Salvatore ARICO' (ITAE), R1, Batterie Zebra</li> <li>• Vincenzo BAGLIO (ITAE), R3, materiali e componenti per batterie zebra</li> <li>• Francesco LUFRAÑO (ITAE), R2, Sintesi di materiali, caratterizzazioni chimico-fisiche ed elettrochimiche,</li> <li>• Pietro STAITI (ITAE), R2, Sintesi di materiali, studio e caratterizzazioni chimico-fisiche ed elettrochimiche.</li> <li>• Raffaele BRUNO, (IIT) R3, architetture di comunicazioni pervasive per Smart Grid; rappresentante CNR per la Action Line "Smart Energy Systems" nel nodo italiano di EIT ICT Labs.</li> <li>• Emilio ANCILLOTTI (IIT) – R3 TD, architetture di comunicazioni pervasive per Smart Grid</li> <li>• Stefano FASOLIN (IENI), R3, Metodologie di preparazione microwave-assisted di membrane elettrolitiche</li> <li>• Monica FABRIZIO (IENI) R2, Materiali conduttori per le temperature medio-alte</li> <li>• Luciano PIETRONERO (ISC), PO e Direttore ISC, Resp. Progetto CRISIS-LAB</li> <li>• Luca PITOLLI (ISC), CTER ISC, co-resp. sottoprogetto CRIRIS-Lab, Mobilità e Smart-Grids</li> <li>• Antonio SCALA (ISC), R3, Modelli per gestione Smart-Grids</li> <li>• Elena RAGAZZI (CERIS), R3, Aspetti regolatori di policy e sicurezza in materia di <i>smart grids</i></li> <li>• Ugo FINARDI (CERIS), R3, Valutazioni dell'impatto economico e potenzialità di trasferimento tecnologico</li> <li>• Ottorino VENERI (IM), R3, Smart Grids</li> <li>• Alessandra SANSON (ISTEC), R3, tecnologie di produzione di elettroliti per alta temperatura</li> <li>• Elisa MERCADELLI (ISTEC), R3, produzione e caratterizzazione di materiali elettrolitici per alta temperatura</li> <li>• Claudio CAPIANI (ISTEC), CTER, processi di produzione materiali ceramici densi</li> </ul>
--	---

## WP 5 / Sviluppo di tecnologie finalizzate all'efficienza energetica negli usi finali

Una delle caratteristiche fondamentali degli edifici sostenibili è la loro elevata efficienza energetica che può essere ottenuta attraverso l'uso di tecnologie avanzate ed impianti di nuova generazione che permettano uno sfruttamento efficace di fonti energetiche rinnovabili con particolare riferimento al solare termico. Analogamente l'efficientamento energetico degli edifici nel settore terziario non può prescindere dalla diffusione della generazione distribuita ma con un riutilizzo dei calori di scarto per realizzare sistemi co/trigenerativi.

### Task 5.1 Tecnologie per la climatizzazione e l'accumulo termico

Il task ha come obiettivo lo studio di un sistema termico efficiente per la climatizzazione degli edifici a partire dall'utilizzo dell'energia solare termica mediante l'impiego di pompe di calore/climatizzatori alimentati direttamente da energia termica (macchine ad adsorbimento/assorbimento). Saranno pertanto investigati nuovi materiali e componenti per il miglioramento delle prestazioni di macchine ad adsorbimento. Per l'efficientamento del sistema termico dell'edificio e l'incremento della frazione solare, saranno studiati anche i sistemi di accumulo più idonei (con materiali a cambio di fase PCM, etc.) all'accoppiamento fra captatori solari e macchine frigorifere. Sarà inoltre studiato l'impiego di tali macchine frigorifere per il recupero dei calori di scarto e l'utilizzo di sistemi di generazione distribuita (cogenerazione e trigenerazione).

### Task 5.2 Efficientamento energetico degli edifici

L'efficientamento energetico del sistema edilizio sarà perseguito attraverso una riduzione passiva dei disperdimenti dell'involucro, sia attraverso lo sviluppo di componenti che migliorino l'efficienza dell'impiantistica. L'attività prevede lo studio di materiali, e componenti e sistemi per con particolare riferimento ai materiali isolanti, componenti trasparenti, sistemi di involucro attivi, domotica, integrazione edificio-impianto, sistemi di termoregolazione e controllo degli impianti, etc, modelli di previsione e verifica del comportamento energetico-ambientale degli edifici.

WP 5 / Sviluppo di tecnologie finalizzate all'efficienza energetica negli usi finali					
Elenco tasks	Istituto guida (responsabile della task)	Altri istituti	Risultati attesi	Tempi di realizzazione (mesi/uomo)	Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti
WP5					
T5.1	ITAE (A. Freni)	ITC IENI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppo di sistemi di accumulo termico efficaci per l'uso in sistemi di <i>solar cooling</i>.</li> <li>• Sviluppo di nuovi materiali e componenti per pompe di calore ad adsorbimento</li> <li>• Sviluppo di soluzioni per il controllo e l'ottimizzazione della gestione di impianti solari termici</li> <li>• Sviluppo di nanofluidi vettori termici</li> </ul>	42	Pubblicazioni scientifiche; report tecnici; preparazione di materiali sviluppati con efficace capacità di adsorbimento ed elevata stabilità; adsorbitori ad elevata efficienza termica. sistemi di controllo per impianti solari

T5.2	ITC (I. Meroni)	ISTEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soluzioni innovative per componenti dell'involucro edilizio</li> <li>Soluzioni innovative per il controllo di impianti di climatizzazione</li> <li>Materiali alleggeriti (pannelli, aggregati leggeri, intonaci, etc) anche a partire da residui industriali.</li> </ul>	30	Pubblicazioni scientifiche; report tecnici; sperimentazioni su applicazione di componenti di involucro attivo; sperimentazioni su tecnologie di controllo di impianto innovative; prototipi di materiali innovativi alleggeriti

WP5		SVILUPPO DI TECNOLOGIE FINALIZZATE ALL'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI USI FINALI	
<b>Altri organismi e soggetti coinvolti:</b>	Università di Messina, università di Catania		
<b>Interesse dei risultati per l'avanzamento della conoscenza e eventuali potenzialità applicative</b>	<p>La realizzazione di scambiatori di calore compatti con materiale adsorbente depositato sulla superficie, che sono il componente principale delle macchine ad adsorbimento, permette di realizzare macchine ad adsorbimento avanzate determinandone un significativo avanzamento tecnologico accelerando una ampia applicabilità per esempio in sistemi di solar cooling. Una offerta di climatizzatori ad adsorbimento di piccola taglia, essendo macchine thermally driven, consentirebbe una diffusione dei sistemi di solar cooling per applicazioni domestiche.</p> <p>Lo sviluppo di nuove soluzioni per un involucro e per impianti ad alta efficienza energetica consente di disporre di prodotti e componenti da impiegare prioritariamente nel recupero dell'esistente per ridurre consumi ed emissioni negli usi finali. I nuovi concetti di progettazione per edifici "low energy" a climatizzazione spontanea, adattabili a diversi contesti climatici, e i modelli di previsione, le procedure di verifica del comportamento energetico ed ambientale degli edifici e la valutazione della sostenibilità hanno un vasto campo di applicabilità in tutto il settore delle costruzioni.</p>		
<b>Attività già svolte propedeutiche alla realizzazione dell'attività</b>	<p>IENT ha sviluppato nell'ambito di progetti nazionali di ricerca industriale (INDUSTRIA 2015, Progetti a bando MISE per la ricerca di sistema elettrico) nuovi fluidi vettori termici nell'intervallo di temperatura 0-90 °C. ITAE ha una consolidata esperienza sullo sviluppo di pompe di calore/climatizzatori ad adsorbimento ed un ruolo di riferimento internazionale sullo sviluppo e caratterizzazione di materiali adsorbenti e componenti. Ha inoltre competenze rilevanti ed attrezzature idonee per la progettazione, realizzazione e prova di prototipi di macchine frigorifere ad adsorbimento fino ad una potenza di 15 kWf.</p> <p>ITAE possiede inoltre una consolidata esperienza sullo sviluppo di appropriate miscele di sali idrati per accumulo termico unita ad una appropriata modellistica sia a livello di materiali che dell'intero dispositivo e del suo funzionamento in un impianto completo. La realizzazione e prova di accumulatori utilizzando PCM sia in dimensioni da <i>proof of concept</i> da laboratorio sia in dimensioni <i>full scale</i> per applicazioni domestiche costituiscono una valida esperienza per procedere ad un ulteriore e più efficace sviluppo di tale tecnologia.</p> <p>ITC costituisce una concreta testimonianza dell'impegno istituzionale del CNR per la ricerca e la sperimentazione nel settore delle costruzioni. Nell'Istituto si svolgono programmi di ricerca sui temi in cui gli operatori delle costruzioni e gli utenti si imbattono ogni giorno: l'affidabilità, la sicurezza, la qualità ambientale, la durabilità, l'idoneità tecnica all'impiego e tutte le altre prerogative dei materiali, dei componenti e dei sistemi utilizzati per la costruzione, la manutenzione, la gestione ed il recupero. Il team coinvolto nel progetto svolge attività finalizzate alla messa a punto di metodologie di verifica del comportamento fisico-tecnico dell'edificio e dei suoi sistemi e componenti e all'ottenimento, attraverso sperimentazioni originali, di informazioni sul livello prestazionale degli aspetti analizzati. Tale finalità è perseguita attraverso sperimentazioni condotte sia in opera che in laboratorio nelle varie aree della fisica delle costruzioni anche grazie alla dotazione di strumentazione e apparati sperimentali all'avanguardia.</p> <p>Particolare attenzione è rivolta alle problematiche ambientali e a tal fine numerose sono le iniziative intraprese tra le quali lo studio e la sperimentazione di tecnologie a sfruttamento delle risorse naturali, metodi di valutazione della qualità energetica degli edifici, definizione e applicazione di criteri di valutazione e certificazione energetica e della sostenibilità ambientale. ISTEC ha esperienza nella progettazione e realizzazione di materiali ceramici e compositi alleggeriti (anche utilizzando scarti industriali) specificatamente proposti per l'efficientamento energetico e la sostenibilità dell'industria delle costruzioni.</p>		
<b>Criteri di valutazione 1) Sviluppo delle competenze</b>	Sviluppo di materiali adsorbenti ad elevata variazione della capacità di adsorbimento in un ristretto intervallo di temperatura. Sviluppo di soluzioni di involucro ed impianto innovative per il contenimento del consumo energetico per la climatizzazione. Brevetti su componenti di involucro dinamici.		
<b>Criteri di valutazione 2) Grado di coinvolgimento di soggetti pubblici e privati</b>	Interesse in questo settore è già stato espresso da diversi partner industriali e di ricerca il cui obiettivo è realizzare nuovi modelli di prodotti. Nel settore delle componenti di involucro sono molte le manifestazioni di interesse da parte di aziende del settore e le collaborazioni per l'ottimizzazione di prototipi.		
<b>Criteri di valutazione 3) Attrazione degli investimenti, impatto socio-economico e sostenibilità economico finanziaria</b>	<p>Il diffondersi dei climatizzatori ad adsorbimento di piccola taglia e conseguentemente dei sistemi di climatizzazione "solar cooling" porterebbe ad una sostanziale riduzione dei climatizzatori elettrici e quindi dei picchi di carico estivo sulla rete elettrica nazionale e ad un beneficio ambientale connesso all'utilizzo dell'energia solare in sostituzione dell'elettricità. Tale beneficio sarà tanto maggiore per quei paesi, come l'Italia, in cui la gran parte della produzione di elettricità avviene a partire da combustibili fossili.</p> <p>Le tecnologie di involucro innovative e lo sviluppo di sistemi di gestione impiantistica ad elevata efficienza consentono la riduzione dei consumi energetici e delle emissioni, con notevoli benefici ambientali soprattutto nelle aree urbane.</p> <p>Lo sviluppo di sistemi di monitoraggio e controllo di impianti alimentati da fonti rinnovabili consente di potenziare la verifica delle prestazioni degli impianti e monitorare il funzionamento lungo il loro ciclo di vita. La produzione di</p>		

	materiali più leggeri soprattutto utilizzando scarti industriali può portare a notevoli benefici in termini di efficientamento e sostenibilità nell'ambito delle costruzioni residenziali e pubbliche.
<b>4) Potenziali ulteriori coperture finanziarie:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PO FESR Sicilia 2007/2013 Linea di intervento 4.1.1.2 - FRESCO – FREddo dal Solare a Concentrazione</li> <li>• Accordo MiSE – CNR Ricerca di sistema elettrico; Progetto Condizionamento estivo</li> <li>• PON II – Tecnologie ad alta Efficienza per la Sostenibilità Energetica ed ambientale On-board</li> <li>• ITC-CNR: Fondi interni derivanti da attività di servizio.</li> </ul>
<b>5) Team</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angelo FRENI (ITAE), R3, sviluppo e caratterizzazione materiali adsorbenti</li> <li>• Salvatore VASTA (ITAE), R3, progettazione e prova di prototipi di pompe di calore ad adsorbimento</li> <li>• Gaetano MAGGIO (ITAE), R3, modellistica di processi di adsorbimento e di pompe di calore ad adsorbimento</li> <li>• Italo MERONI (ITC), R1, sviluppo di soluzioni di involucro innovative</li> <li>• Stefano GALLI (ITC), R3, sviluppo e modellazione di soluzioni di impianto innovative</li> <li>• Matteo MARIOTTO (ITC), R3, Soluzioni di impianto innovative alimentate da fonti rinnovabili</li> <li>• Ludovico DANZA (ITC), R3, sviluppo e modellazione di soluzioni di involucro attive</li> <li>• Lorenzo BELUSSI (ITC), R3, sviluppo di soluzioni di involucro innovative</li> <li>• Filippo AGRESTI (IENI) R3, Nanofluidi vettori termici</li> <li>• Monica FABRIZIO (IENI) R2, Nanofluidi</li> <li>• Mariarosa RAIMONDO (ISTEC), R3, materiali da costruzione alleggeriti per efficientamento edilizio</li> <li>• Michele DONDI (ISTEC), R2, design e ottimizzazione di nuovi materiali per edilizia</li> </ul>

### 9. Governance del progetto

La *governance* del progetto (figura 1) sarà assicurata da un **“gruppo di gestione del progetto”** di cui faranno parte il responsabile di progetto (**Maurizio Peruzzini**, ICCOM-Firenze), il responsabile scientifico (**Gaetano Cacciola**, ITAE-Messina) ed i tre Direttori dei Dipartimenti CNR proponenti (**Massimo Inguscio**, DSFTM; **Luigi Ambrosio**, DSCTM; **Marco Conti**, DIITET). Il Gruppo avrà il compito di recepire gli indirizzi strategici del MIUR nel corso del triennio e metterli in pratica al meglio, in modo da realizzare le attività progettuali secondo la tempistica preventivata ed alimentare l'integrazione del CNR con gli altri attori della ricerca in ambito pubblico e privato (*Cluster tecnologico Energia in primis*.)

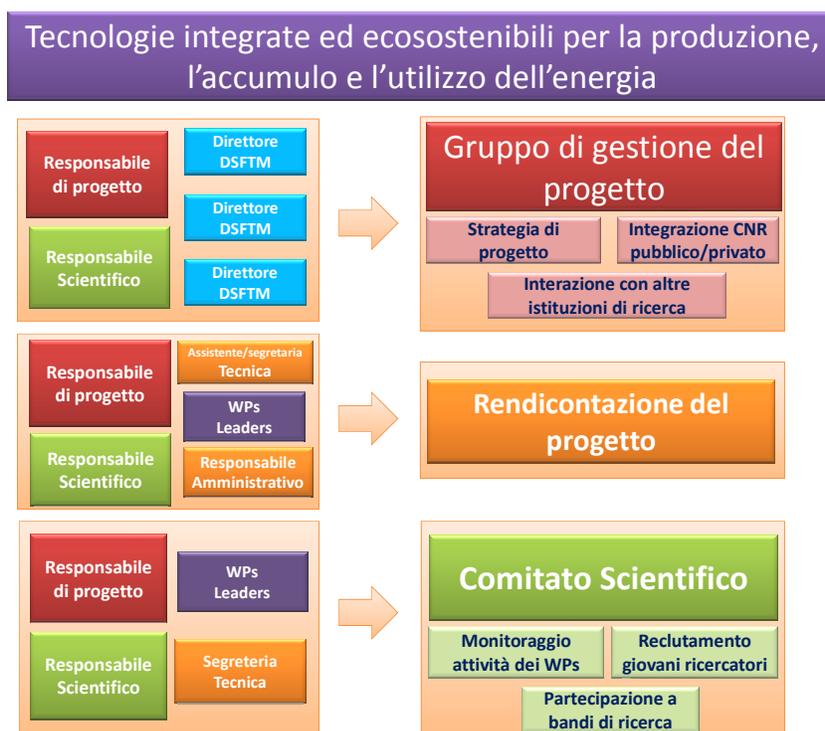


Figura 1: Governance del progetto

Il Responsabile di progetto e quello scientifico, insieme con i ricercatori responsabili dei moduli progettuali (WPs) ed alla Segreteria Tecnica costituiranno il **“Comitato Scientifico del progetto”** e verificheranno puntualmente la congruenza tra le attività indicate nei WPs e quelle effettivamente realizzate, proponendo, quando necessario, azioni per correggere eventuali carenze nello sviluppo scientifico del progetto e

stimolando il reclutamento di **giovani ricercatori** da inserire nei nodi chiave della filiera progettuale curando anche che venga rispettato un sano **bilanciamento di genere**. I CV del responsabile di progetto e del responsabile scientifico sono forniti come allegati (allegato 2Il **supporto amministrativo** assicurato dal personale dei singoli istituti e poi, centralmente dal personale del DSFTM e della Direzione Generale del CNR, avrà il compito di gestire le attività di rendicontazione in stretta collaborazione con i Responsabili del Progetto.

## 10. Durata e costi del progetto

Il progetto avrà **durata triennale** ed un **costo complessivo stimato dell'ordine di 32 M€**. La tabella 1 mostra il *break down* dei costi sulle tre annualità e la ripartizione nel triennio del *budget* tra le diverse categorie di spesa. La tabella 2 mostra invece il finanziamento richiesto a coprire la prima annualità e la sua ripartizione dettagliata nelle singole voci di spesa con l'indicazione stimata dei fondi necessari a coprire la progettualità non assicurata dal finanziamento FOE 7%.

Come richiesto dal bando ciascuno dei cinque diversi moduli (WPs) in cui è strutturato il progetto "*Tecnologie integrate ed ecosostenibili per la produzione, l'accumulo e l'utilizzo dell'energia*" rappresenta la **continuazione di progettualità ben avviata** nei laboratori degli istituti CNR proponenti e finanziata sia attraverso finanziamenti pubblici, comunitari e nazionali/locali, che mediante contratti di ricerca e sviluppo siglati con numerosissime piccole, medie e grandi industrie italiane e straniere. Alcuni tra i più **significativi progetti che assicureranno una larga parte del cofinanziamento** richiesto per coprire la seconda e terza annualità del progetto sono inseriti nelle schede che descrivono i singoli WPs (punto 4: *potenziali ulteriori coperture finanziarie*) mentre una lista più ampia dei progetti a cui partecipa il CNR negli ambiti legati alle tematiche dell'energia è allegata al presente progetto (allegato 3). La lista dei progetti attivi negli ultimi cinque anni o di prossima attivazione comprende oltre 140 progetti di ricerca e sviluppo su committenza esterna al CNR, di cui oltre la metà in esecuzione o di imminente inizio. Il database in allegato 3, da cui si evincono queste cifre, si limita a considerare solo quei progetti di ricerca che coprono l'ultimo triennio e che sono di interesse per il settore "Energia" e raccoglie solo i progetti di taglia media od alta con un budget allocato superiore a 200 k€. Spiccano per numero ed importo dei finanziamenti i progetti che si inseriscono nel settore del **Solare fotovoltaico e a concentrazione** (tra cui. PIACE, PHOEBUS, SCOOP), delle **tecnologie dell'idrogeno** (es. CAMERE, PIRODE, HYDROLAB), delle **tecnologie CCS** (es. NANOGLOWA, GRACE) e dei **biocombustibili / bioenergia** (es. SIBAFEQ, VELICA, ENERBIOCHEM, BIO4BIO) e quelli che sostengono la realizzazione delle **Smart Grids** (es. SUPERIRON, MATEC).

Tabella 1: Risorse finanziarie necessarie				
Voci di spesa (k€)	I Anno	II Anno	III Anno	Totale
Personale (strutturato)	6000	7200	6000	19200
Personale (non strutturato)	500	600	500	1700
Prestazioni di terzi	0	0	0	0
Materiali	700	500	700	2000
Attrezzature	200	1000	200	1400
Infrastrutture	0	0	0	0
Spese Generali	2000	2400	2000	6400
Altre tipologie	600	300	600	1300
<b>TOTALE</b>				
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>10000</b>	<b>12000</b>	<b>10000</b>	<b>32000</b>

<b>Tabella 2: Finanziamento richiesto</b>				
<b>Macro voci di spesa (k€)</b>	<b>Ammontare previsto</b>	<b>Fonte FOE 7% (limitata al 1° anno)</b>	<b>Cofinanziamento altre fonti di copertura</b>	<b>Incidenza percentuale</b>
<b>Personale</b>				
<i>Strutturato (ricercatori, tecnologi, tecnici, amministrativi)</i>	19.200	2.400	16.800	60,0%
<b>Personale</b>				
<i>Non strutturato (assegnisti, borsisti, PhD)</i>	1700	200	1.500	5,3%
<b>Prestazione di terzi</b>	0	0	0	0%
<b>Materiali</b>	2.000	167	1.833	6,2%
<b>Attrezzature</b>	1.400	333	1.067	4,4%
<b>Infrastrutture</b>	0	0	0	0%
<b>Spese generali</b>	6.400	800	5.600	20,0%
<b>Altre tipologie</b>				
<i>Missioni, pubblicazioni, brevetti</i>	1.300	100	1.200	4,1%
<b>Totale (k€)</b>	<b>32.000</b>	<b>4.000</b>	<b>28.000</b>	<b>100%</b>

\* Spese generali calcolate al 20% delle spese del progetto. La somma delle spese generali e di quelle per il personale è pari all' 80% del costo del progetto.