

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Progettazione stack AEL ad alte prestazioni

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.2 Sviluppo elettrolizzatori alcalini ad alte prestazioni

Rif. Nr. Procedura: 1.1.2

Responsabile Accordo: Giuseppe Nigliaccio

Responsabile LA: Giuseppe Nigliaccio

Importo: 90.000,00 €

Durata: 28 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La tecnologia dell'elettrolisi alcalina (AEL) è abbastanza consolidata e rispetto agli elettrolizzatori PEM, tuttavia alcuni vantaggi come: la possibilità l'utilizzo di acqua demineralizzata, e non deionizzata, e per costi al kW installato ridotti legati al non utilizzo di catalizzatori costosi determinano un interesse nello sviluppo di questa tecnologia nei prossimi anni.

Gli aspetti che vogliono sviluppare nella linea di attività LA1.1.2, e che si ritiene potrebbero portare allo sviluppo di ulteriori applicazioni di questa categoria di elettrolizzatori, sono: l'aumento della pressione di esercizio e l'aumento delle prestazioni energetiche.

L'Accordo di collaborazione prevede:

- un'analisi preliminare delle criticità legate alla produzione di idrogeno in pressione con elettrolizzatori AEL, sia per quanto riguarda i materiali, sia relativamente al passaggio di un gas da un comparto all'altro, fenomeno che determina problematiche relative alla sicurezza ed alla purezza del gas prodotto.

- l'individuazione di soluzioni che permettano di raggiungere pressioni di esercizio superiori al benchmark di riferimento, costituito dai prodotti dall'industria nazionale attiva nella produzione di elettrolizzatori di tipo alcalino.
- Sviluppo di un modello tipo termomeccanico, fluidodinamico ed energetico della cella elettrolitica che mediante l'utilizzo di un codice di calcolo che permetta di stimare la produzione di idrogeno al variare dei parametri operativi.
- Validazione con stack benchmark.
- Mediante codici di calcolo di tipo termomeccanico e fluidodinamico una riprogettazione della singola cella al fine di migliorare le prestazioni energetiche e raggiungere un incremento della pressione di esercizio.
- Progettazione della cella ad alte prestazioni
- Supporto alla progettazione dello stack ad alte prestazioni

I modelli forniti saranno sviluppati con software commerciali e saranno correlati da manuale descrittivo per l'utilizzo degli stessi.

Output

- Rapporto tecnico: "Analisi criticità sistema AEL per l'elettrolisi dell'acqua in pressione" [M6]
- Modello energetico di uno stack AEL convenzionale e report di validazione [M12]
- Modello per la simulazione termomeccanica di uno stack AEL e report di validazione [M12]
- Modello per la simulazione fluidodinamica di uno stack AEL e report di validazione [M12]
- Rapporto tecnico: "Progettazione monocella AEL di prova ad alte prestazioni" [M18]
- Rapporto tecnico: "Progettazione di un sistema completo AEL alte prestazioni" [M28]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

***Testing catalizzatori ed ottimizzazione dei metodi di deposizione per la preparazione di elettrodi
nell'ambito del***

PNRR POR H2

***WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre
tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni***

***LA1.1.3 Sviluppo di catalizzatori e metodi di produzione di elettrodi catalizzati per elettrolizzatori
alcalini e a membrana***

Rif. Nr. Procedura: 1.1.3

Responsabile Accordo: Rosanna Viscardi

Responsabile LA: Rosanna Viscardi

Importo: 75.000 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della linea di attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate al testing e all'ottimizzazione di catalizzatori e di metodi di loro deposizione su una matrice conduttiva per la produzione di elettrodi ad elevata area superficiale per elettrolizzatori alcalini con elettrolita liquido e a membrana anionica. L'attuale pratica commerciale prevede diverse possibili metodologie di preparazione degli elettrodi catalizzati (deposizione per plasma spray, elettrosintesi per deposizione galvanica o elettroforetica, deposizione per coating, cold rolling, PVD, etc).

L'Accordo si focalizzerà sia sulle tecniche ottimali di testing che sull'analisi dei diversi metodi di produzione con l'obiettivo di garantire le migliori performance dal punto di vista tecnologico economico ed ambientale per la produzione degli elettrodi per elettrolizzatori alcalini di varie tipologie.

La caratterizzazione chimica, strutturale e morfologica dei catalizzatori prodotti dovrà essere verificata attraverso le tecniche più opportune tra cui: XRD, SEM-EDS, FTIR determinazione dell'area superficiale specifica. L'Accordo prevederà inoltre la caratterizzazione elettrochimica (voltammetria ciclica (CV) e misure con elettrodo a disco rotante (RDE)) di catalizzatori anodici e

catodici ottenuti mediante diverse tecniche di produzione e la loro comparazione con prodotti commerciali (catalizzatori/elettrodi) allo scopo di valutare i metodi di produzione ottimali per le diverse tipologie di catalizzatori. Eventualmente verranno predisposti test di accelerazione degradata (ATDs), allo scopo di valutare la loro stabilità.

Output

- Rapporto tecnico: "Testing chimico fisico ed elettrochimico catalizzatori ed elettrodi" [M24]
- Rapporto tecnico: "Testing chimico fisico ed elettrochimico catalizzatori ed elettrodi " [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Formulazioni di ionomeri e membrane anioniche innovative

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.4 Sviluppo di processi di preparazione di membrane a scambio anionico e relativi ionomeri a basso costo

Rif. Nr. Procedura: 1.1.4

Responsabile Accordo: Alfonso Pozio

Responsabile LA: Alfonso Pozio

Importo: 70.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito dell'attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate alle formulazioni di ionomeri e membrane anioniche innovative. La collaborazione è rivolta a soggetti con rilevante esperienza nella sintesi di polimeri funzionali inclusi polimeri conduttori e polielettroliti. Tale esperienza dovrà essere in particolare sulla preparazione di ionomeri polistirenici e loro copolimeri comprendenti in catena laterale gruppi ammonio quaternari utilizzati per la preparazione di membrane anioniche per celle a combustibile e per celle elettrolitiche per la produzione di idrogeno ed ossigeno mediante elettrolisi dell'acqua. Si richiede inoltre la capacità di sviluppare ionomeri e membrane a conducibilità anionica per celle elettrolitiche sulla base di matrici di polichetone a diverso peso molecolare. I materiali prodotti dovranno garantire la sufficiente reticolazione per sostenere gli stress meccanici durante il funzionamento della membrana.

L'attività di collaborazione prevederà dunque la preparazione e fornitura di membrane anioniche e relativi ionomeri con gruppi carichi positivamente per la necessaria conducibilità anionica.

In particolare, la collaborazione dovrà indirizzarsi allo studio dei seguenti sistemi polimerici ionomerici e alla messa a punto delle corrispondenti membrane anioniche per la caratterizzazione elettrochimica e la valutazione delle prestazioni in celle elettrolitiche anioniche (AEM) prototipali.

1. Ionomeri: saranno oggetto dello studio ionomeri a base di polichetone a basso peso molecolare funzionalizzato con derivati imidazolici e le loro prestazioni saranno confrontate con ionomeri realizzati con agenti funzionalizzanti differenti a base cioè di ammine alifatiche lineari e cicliche.
2. Membrane: saranno inoltre oggetto dell'Accordo la realizzazione di membrane a scambio anionico a partire da polichetoni ad alto peso molecolare allo scopo di garantire le necessarie proprietà meccaniche e di durabilità. I polichetoni disponibili commercialmente saranno selezionati sulla base del peso molecolare e delle proprietà termomeccaniche e saranno funzionalizzati con derivati imidazolici, ammine alifatiche lineari e cicliche. La quaternizzazione sarà realizzata mediante l'uso di iododerivati con lo scopo di introdurre i gruppi carichi positivamente e garantire la più alta conducibilità anionica.

Output

- Rapporto tecnico: "Sintesi di ionomeri a base di polichetone funzionalizzato" [M12]
- Fornitura di ionomeri ottenuti da sintesi a base di polichetone funzionalizzato in soluzioni di vari solventi [M12]
- Rapporto tecnico: "Sintesi di membrane anioniche a partire dai corrispondenti ionomeri" [M24]
- Fornitura di membrane anioniche a partire dai corrispondenti ionomeri ottenuti al punto precedente [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Progettazione stack AEM ad alta pressione

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP 1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA 1.1.5 Sviluppo di elettrolizzatori in pressione a membrana anionici (con differenziale)

Rif. Nr. Procedura: 1.1.5

Responsabile Accordo: Giuseppe Nigliaccio

Responsabile LA: Giuseppe Nigliaccio

Importo: 70.000,00 €

Durata: 28 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La tecnologia AEM (anion exchange membrane) si caratterizza come una tecnologia che unisce alcuni vantaggi della tecnologia AEL, come ad esempio il basso costo e l'utilizzo di acqua demineralizzata e non deionizzata, ed i vantaggi della tecnologia PEM, come ad esempio la compattezza, i rendimenti più alti e la possibilità di poter avere una produzione in di idrogeno in pressione mantenendo la produzione di ossigeno a pressione atmosferica. Questi elementi portano indubbi vantaggi e avvicinano la tecnologia alcalina a quella PEM relativamente alla modalità di funzionamento ed alle possibili applicazioni. Tuttavia il funzionamento in pressione genera delle problematiche relative alla stabilità della membrana e all'attraversamento dei gas prodotti attraverso la stessa (fenomeno del crossover) al variare delle condizioni operative.

Si prevede quindi una prima fase di test con dispositivo commerciale dove saranno valutate le criticità relative all'utilizzo dei sistemi con membrana anionica con differenziale di pressione, le performance ed i limiti operativi. Successivamente si procederà alla progettazione di una cella prova che riesca a migliorare le performance relativamente al funzionamento in pressione ed energetiche. La tecnologia AEM non è considerata matura, pertanto alcuni aspetti relativi alla componentistica, e sono oggetto di ricerca in altre linee di attività, possono essere integrati nel prototipo finale al fine di migliorare ulteriormente le prestazioni.

L'Accordo di collaborazione prevede:

- Analisi preliminare delle criticità legate alla produzione di idrogeno in pressione con elettrolizzatori AEM, sia per quanto riguarda i materiali, sia relativamente al passaggio di un gas da un comparto all'altro, crossover, fenomeno che determina problematiche relative alla sicurezza ed alla purezza del gas prodotto.
- Individuazione di soluzioni che permettano di raggiungere pressioni di esercizio superiori al benchmark di riferimento, costituito dai prodotti dall'industria nazionale attiva nella produzione di elettrolizzatori di tipo AEM.
- Sviluppo di un modello tipo termomeccanico, fluidodinamico ed energetico della cella elettrolitica che mediante l'utilizzo di un codice di calcolo che permetta di stimare la produzione di idrogeno al variare dei parametri operativi.
- Progettazione, mediante codici di calcolo di tipo termomeccanico e fluidodinamico, della singola cella al fine di migliorare le prestazioni energetiche e raggiungere un incremento della pressione di esercizio.
- Supporto alla progettazione dello stack ad alte prestazioni.

I modelli forniti saranno sviluppati con software commerciali e saranno correlati da manuale descrittivo per l'utilizzo degli stessi.

Output

- Rapporto tecnico: "Analisi criticità sistema AEM ed individuazione delle soluzioni per incrementare le prestazioni rispetto al benchmark di riferimento" [M6]
- Modello energetico di uno stack AEM convenzionale e report di validazione [M12]
- Modello per la simulazione termomeccanica di uno stack AEM e report di validazione [M12]
- Modello per la simulazione fluidodinamica di uno stack AEM e report di validazione [M12]
- Rapporto tecnico: "Progettazione monocella AEM ad alta pressione" [M18]
- Rapporto tecnico "Progettazione di uno stack AEM ad alta pressione" [M28]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di un modello di performance di sistemi a ossidi solidi in modalità elettrolisi (SOEC), co-elettrolisi (co-SOEC) ed elettrolisi assistita (SOFEC)

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.8 Sviluppo, caratterizzazione e ottimizzazione dei processi di elettrolisi convenzionale e alternativa in sistemi ad ossidi solidi per la produzione di idrogeno e syngas

Rif. Nr. Procedura: 1.1.8

Responsabile Accordo: Davide Pumiglia

Responsabile LA: Davide Pumiglia

Importo: 75.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'Accordo di collaborazione prevede di sviluppare un modello di performance di celle/sistemi a ossidi solidi operanti in modalità elettrolisi (SOEC), co-elettrolisi (co-SOEC) ed elettrolisi assistita (SOFEC).

In una prima fase sarà sviluppato un modello di performance 0-D con approccio semi-empirico per valutare la risposta input/output della cella/sistema in condizioni stazionarie sotto diverse condizioni di operazione (densità di corrente, temperatura, pressione, composizioni gas in ingresso, fattori di utilizzo reagenti, etc.). Gli output generati dal modello dovranno includere il voltaggio della cella/sistema (potenziale all'equilibrio e componenti delle sovratensioni di attivazione, ohmiche e concentrazione nelle condizioni operative specifiche) oltre che la composizione dei gas all'uscita della cella/sistema (conversione del gas per via chimica ed elettrochimica). Il modello dovrà essere predisposto per valutare le tre condizioni di operazione (SOEC, co-SOEC, SOFEC – in questo ordine di priorità) e diverse tipologie di celle (e.g. anodo o elettrolita supportate) mediante l'adattamento di alcuni parametri. Il modello 0-D sarà validato e/o ricalibrato con i risultati di campagne sperimentali specifiche (una per ciascuna modalità operativa SOEC, co-SOEC, SOFEC).

Successivamente il modello 0-D sarà ampliato a un campo 2-D semplificato in condizioni stazionarie mediante tecniche di discretizzazione (e.g. analisi agli elementi finiti o similari) per permettere l'analisi dettagliata della distribuzione delle stesse grandezze analizzate con il modello 0-D sulla superficie di una cella planare. La modellazione sarà complementata dai risultati di campagne sperimentali specifiche (in almeno una delle modalità operativa SOEC, co-SOEC, SOFEC) con l'utilizzo del prototipo di setup sperimentale *multi-campionamento localizzato* presso il laboratorio ABI. L'obiettivo della modellazione 2-D consiste principalmente nell'identificazione di criticità e opportunità di ottimizzazione del processo e/o setup per migliorare le performance di tali sistemi operanti nelle diverse modalità operative.

Come attività complementare allo sviluppo del modello di performance 0-D sarà prevista l'analisi preliminare della compatibilità del syngas prodotto (H_2/CO) in modalità co-SOEC come reattivo in processi per la sintesi di combustibili sintetici secondari (metanazione, Fischer Tropsch, etc.) comparando il rapporto H/C ottenuto nelle diverse condizioni operative con i requisiti delle principali reazioni di sintesi.

Output

- Modello di performance semi-empirico 0-D per la valutazione della risposta elettrochimica (potenziale di operazione) e di conversione gas (composizione gas all'uscita) di celle/sistemi a ossidi solidi sotto diverse condizioni di operazione in modalità elettrolisi (SOEC), co-elettrolisi (co-SOEC) ed elettrolisi assistita (SOFEC) [M15]
- Modello di performance discretizzato 2-D per la valutazione delle distribuzioni /gradienti delle stesse grandezze analizzate dal modello 0-D di celle/sistemi a ossidi solidi sotto diverse condizioni di operazione in almeno una delle tre modalità: elettrolisi (SOEC), co-elettrolisi (co-SOEC) ed elettrolisi assistita (SOFEC) [M30]
- Analisi preliminare della compatibilità del syngas prodotto (H_2/CO) in modalità co-SOEC per la sintesi di combustibili secondari [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Analisi modellistica basata sulla meccanica quantistica multi-scala mirata a definire energie di attivazione, conduttività ionica e resistenza alla diffusione per materiali e componenti allo stato

dell'arte delle MCEC

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.10 Studio parametrico dei principali fenomeni chimico-fisici di elettrolizzatori a carbonati fusi alimentati da RES

Rif. Nr. Procedura: 1.1.10

Responsabile Accordo: Massimiliano Della Pietra

Responsabile LA: Massimiliano Della Pietra

Importo: 75.000,00 €

Durata: 22 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Lo svolgimento della seguente attività prevede un approccio ibrido modellistico-sperimentale. Tale approccio comporta la definizione di una campagna sperimentale tarata "ad-hoc" sulle potenzialità di diverse stazioni di prova, ovvero: (i) celle a bottone da 3 cm² con elettrodi di riferimento in grado di fornire dati elettrochimici sia su tutta la cella, sia sui singoli componenti; (ii) celle singole da 100 cm² sulle quali è possibile effettuare un'analisi gas sia in ingresso, sia in uscita dei compartimenti anodici e catodici. I dati raccolti saranno utilizzati per svolgere un'analisi modellistica basata sulla meccanica quantistica multi-scala mirata a definire energie di attivazione, conduttività ionica e resistenza alla diffusione per materiali e componenti.

La costruzione di un simile modello necessita di particolari competenze da acquisire, preferibilmente da parte di un gruppo universitario scelto ad hoc, in grado di sviluppare modelli multi-scala basati sulla meccanica quantistica e applicati a elettrolizzatori a carbonati fusi.

Questo permetterà da un lato di individuare con maggiore precisione la migliore finestra operativa per questa tecnologia, dall'altro di teorizzare formulazioni innovative per materiali e struttura dei componenti di una MCEC.

Output

- Realizzazione di un modello multi-scala basato sulla meccanica quantistica in grado di quantificare i principali fenomeni di degrado dei materiali costituenti le MCEC e teorizzare nuovi e più performanti materiali per andare oltre lo stato dell'arte [M18]
- Rapporto Tecnico sullo sviluppo del modello multi-scala [M22]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Analisi di Microscopia a Scansione Elettronica (SEM) per imaging semi-quantitativo

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.12 Valutazione delle prestazioni elettrochimiche di celle ad ossidi solidi operanti in modalità reversibile: quantificazione dei fenomeni di degrado e sviluppo strategie di mitigazione

Rif. Nr. Procedura: 1.1.12

Responsabile Accordo: Davide Pumiglia

Responsabile LA: Davide Pumiglia

Importo: 75.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La seguente attività riguarda un'accurata quantificazione dell'impatto dei fenomeni di degrado che inficiano sulle prestazioni di celle ad ossidi solidi operanti in modalità reversibile; tale attività è di fondamentale importanza per correlare le prestazioni elettrochimiche a modifiche strutturali dei materiali costituenti, al fine di valutare possibili strategie di mitigazione. In particolare, la linea di attività si propone di sviluppare un modello di calcolo numerico che realizzi un'analisi semi-quantitativa di immagini SEM provenienti da campioni SOC pre/post-operazione per la valutazione di parametri quali porosità, dimensione media delle particelle e superficie attiva, che risultano di difficile quantificazione tramite le normali tecniche di caratterizzazione non distruttive.

A tal fine, è indispensabile avere immagini SEM di partenza le cui caratteristiche siano adatte ad un post-processing che escluda ambiguità nel riconoscimento delle fasi, soprattutto nelle zone di coesistenza bi/trifasica. Tali immagini sono ottenibili attraverso un detector specifico, un pretrattamento del campione ad-hoc, e la selezione di parametri di immagine opportuni per lo scopo, che prescindono dai normali requisiti per analisi SEM convenzionali.

Il beneficiario dovrà pertanto possedere idonei strumenti tecnici e competenze specifiche approfondite sull'analisi d'immagine di componenti per SOC.

Output

- Set di immagini SEM con le caratteristiche sopracitate, raccolte in un report tecnico contenente tutte le procedure sperimentali, i dettagli della strumentazione e i parametri di immagine utilizzati per ottenerle [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

***Caratterizzazione analitiche di materiali catalitici per la riduzione del carico di contaminanti
nella corrente di gas da gassificazione biomasse e frazioni biogeniche***

nell'ambito del

PNRR POR H2

***WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre
tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni***

***LA1.1.14_A Studio e sviluppo di gassificazione O₂/vapore in reattore a letto fluidizzato
internamente ricircolante***

Rif. Nr. Procedura: 1.1.14_A

Responsabile Accordo: Donatella Barisano

Responsabile LA: Donatella Barisano

Importo: 25.000,00 €

Durata: 34 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito di attività legate allo sviluppo di un processo di gassificazione di biomasse e frazioni biogeniche si intende individuare un partner accademico con esperienza nel campo della caratterizzazione e preparazione di materiali catalitici per impiego in processi di gassificazione e condizionamento della corrente di gas prodotta (syngas), da coinvolgere in attività finalizzate allo sviluppo di processi per la produzione di idrogeno di origine rinnovabile. I catalizzatori considerati nell'attività saranno utilizzati per la riduzione del carico di contaminazione organica, degli idrocarburi leggeri presenti nella corrente di syngas e per il condizionamento della sua composizione. Nell'ambito delle finalità dello studio si intende investigarne l'effetto sia in modalità *in-bed* (catalizzatori primari, inclusi nel letto di gassificazione) e sia in modalità *downstream* (catalizzatori secondari, in reattore a valle del gassificatore) sulla qualità del syngas prodotto. Partendo da un letto fluidizzato di solo materiale sabbioso, verranno testate miscele ottenute per aggiunta di materiali cataliticamente attivi, di basso valore commerciale e modificati, a diverso rapporto relativo per individuare i più efficaci. Per il trattamento secondario del syngas verranno utilizzati catalizzatori commerciali e di sintesi.

Per una valutazione comprensiva delle performance di processo, i materiali utilizzati verranno sottoposti a caratterizzazioni pre- e post-test (raccolti al termine della prova) al fine di verificarne eventuali modifiche occorse sotto l'azione delle condizioni operative di processo e individuazione di possibili fattori di disattivazione e avvelenamento. Allo scopo campioni rappresentativi dei materiali di interesse verranno inviati presso i laboratori della controparte per essere sottoposti ad analisi chimiche e morfologiche quali porosimetria, Diffrazione a Raggi X (XRD), Microscopia Elettronica a Scansione accoppiata ad analisi Raggi X a Dispersione di Energia (SEM/EDAX), Spettroscopia Raman accoppiata a microscopia ottica, Spettroscopia Infrarossa in Trasformata di Fourier (FTIR), Riduzione/Desorbimento/Ossidazione in Temperatura Programmata (TPRDO).

Per ciascun campione esaminato verrà prodotto e fornito ad ENEA il report dei risultati e discussione comparativa tra i materiali tal quale e i materiali raccolti a fine processo. Per i materiali di formulazione sperimentale, avvalendosi della propria comprovata esperienza sull'argomento, la controparte supporterà ENEA nell'individuazione di possibili formulazioni migliorative. Si prevede di sottoporre a caratterizzazioni una selezione di campioni di materiali pre- e post-test, in numero complessivo di circa venti, scelti tra quelli che risulteranno di maggior interesse rispetto alla qualificazione di processo. Tra i campioni da caratterizzare sarà incluso anche il materiale di riempimento del letto del gassificatore (campione tal quale e a valle di esercizio prolungato). La consegna dei campioni da caratterizzare avverrà con cadenza semestrale.

Output

- Rapporto dei risultati di analisi e caratterizzazione dei materiali catalitici [M10, M16, M22, M28, M34]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Progettazione di impianto prototipale per la gassificazione in reattore a letto fluidizzato a camere interconnesse completo di sezioni di condizionamento a valle

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.14_B Studio e sviluppo di gassificazione O₂/vapore in reattore a letto fluidizzato internamente ricircolante

Rif. Nr. Procedura: 1.1.14_B

Responsabile Accordo: Donatella Barisano

Responsabile LA: Donatella Barisano

Importo: 30.000,00 €

Durata: 32 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il presente accordo è relativo ad attività per il supporto della progettazione e realizzazione di un prototipo avanzato di reattore di gassificazione basato sulla tecnologia del letto fluidizzato, ricircolante internamente, scala banco (taglia di riferimento 10 kWt, alimentazione: 1-3 kg/h di matrice). Sulla base di campagne di gassificazione condotte su matrici di diversa tipologia e in presenza di fasi attive, verranno valutate le prestazioni di un processo condotto in un reattore prototipale ENEA di specifica configurazione. Nell'ambito del presente Accordo di collaborazione, ENEA verrà supportata nell'individuazione dei parametri di processo e progettuali sui quali intervenire al fine di migliorare le prestazioni complessive, sia di conversione delle matrici in prodotto gassoso e sia della tecnologia. Partendo da dati sperimentali raccolti all'impianto preesistente e da dati sperimentali di impianti analoghi (gassificazione a letto fluidizzato ricircolante internamente) a disposizione del contraente, verrà sviluppato un modello di processo in grado di prevedere le prestazioni del sistema e la qualità del gas, sia in composizione sia in contaminanti (organici ed inorganici), al variare dei parametri di processo. Preliminarmente alla progettazione del reattore avanzato il contraente svolgerà uno studio di modellazione CFD per meglio individuare

soluzioni migliorative da implementare. Tali soluzioni riguarderanno la revisione del set up sperimentale del gassificatore prototipale, in termini di geometrie e configurazione interna. Saranno oggetto dello studio della revisione e ottimizzazione della configurazione reattoristica elementi geometrici quali: a) l'altezza del *freeboard*, b) l'alimentazione degli agenti gassificanti, c) la geometria interna delle camere di reazione, d) il posizionamento di addotti per l'immissione di agenti gassificanti secondari, e) il posizionamento e la modalità di alimentazione delle matrici.

La progettazione del reattore dovrà inoltre prevedere l'implementazione di un sistema di filtrazione gas ad alta temperatura direttamente nel *freeboard* del reattore. Al fine di realizzare una postazione di R&S flessibile e versatile, il lavoro di progettazione includerà l'accoppiamento del reattore di gassificazione ad un reattore ausiliario di pre-condizionamento e rigenerazione fasi attive solide (es. sorbenti, *gas-carrier* e catalizzatori) e relativa progettazione. Questo secondo reattore potrà essere operato sia in modalità batch sia in continuo per ricircolazione con il reattore di gassificazione. Per entrambi i reattori si farà riferimento ad esercizio ad alta temperatura (il reattore sarà progettato per resistere a gradiente di temperatura da ambiente fino a 1100 °C) e alla possibilità di alimentazione separata di vapore e di correnti gassose (es. O₂, N₂, CO₂, Ar). Entrambi i reattori dovranno poter essere eserciti anche in modalità allotermica tramite riscaldamento elettrico esterno. La potenza elettrica del sistema di riscaldamento esterno deve consentire l'esercizio anche per il sostentamento termico di processi endotermici.

Per rendere la postazione adatta a testare equipaggiamenti per il condizionamento del syngas prodotto, la progettazione includerà sezioni di purificazione gas (valutando differenti soluzioni per la depolverizzazione e la purificazione) e di condizionamento catalitico con possibilità di immissione di correnti ausiliarie (es. vapore, H₂, O₂, N₂, CO₂, CH₄).

Al fine di poter caratterizzare le prestazioni di processo e di impianto, si dovrà prevedere: a) punti di campionamento on-line della corrente gassosa prodotta (uscita reattori e ingresso/uscita unità di impianto a valle), b) sensori per la misura in continuo di temperatura e pressione sia all'interno dei reattori e sia lungo il *piping*, c) punti di campionamento *off line* per il prelievo di materiale del letto dei reattori.

Dallo studio e valutazioni progettuali verrà definito il progetto preliminare e quindi il progetto esecutivo per la realizzazione del reattore con l'emissione degli elaborati grafici, delle sezioni a valle, e definite le caratteristiche dei componenti di misura e controllo, dei componenti ausiliari della coibentazione, sulla base dei quali verrà poi espletata l'indagine di mercato per l'affidamento della realizzazione, che sarà supervisionata dai progettisti.

La progettazione deve includere la definizione delle caratteristiche del sistema di alimentazione al reattore delle matrici solide da processare (biomasse e frazioni biogeniche) con possibilità di variazione della portata e predisposizione con duplice punto di immissione delle matrici al reattore: all'interno del letto o sulla superficie dello stesso. Si dovrà considerare la possibilità di alimentare matrici con dimensioni nell'intervallo compreso tra alcune centinaia di μm e qualche cm.

Il reattore deve essere realizzato per quanto possibili con parti assemblate e non fisse, tutti i componenti impiantistici esterni al reattore devono essere realizzati separatamente e connessi in modo da consentire un facile accesso ad ognuno per manutenzioni e future sostituzioni.

L'attività di collaborazione sarà estesa anche alle fasi di realizzazione e collaudo dell'impianto prototipale e alla discussione con ENEA dei risultati sperimentali preliminari.

Output

- Rapporto tecnico su modellazione di processo e CFD [M10];
- Definizione di un progetto preliminare [M14];
- Relazione tecnica dettagliata per la definizione del progetto esecutivo [M18];
- Ampliamento dell'ingegneria di base e definizione dell'ingegneria esecutiva [M20];
 - Disegni esecutivi dei componenti progettati;
 - Diagramma di processo e strumentazione (P&ID);
 - Specifiche tecniche di componenti ed apparecchiature
 - Elenco strumentazione e segnali.

I disegni e gli elaborati devono essere prodotti in formato cartaceo ed elettronico (PDF e DWG), così come ogni altra specifica tecnica che dovesse rendersi necessaria per l'espletamento della procedura di affidamento della realizzazione.

- Rapporto tecnico di revisione del modello di processo a valle di esercizio impianto e risultati preliminare [M32]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Caratterizzazione analitiche di materiali sorbenti per il condizionamento della composizione di gas da gassificazione biomasse e frazioni biogeniche

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.14_C Studio e sviluppo di gassificazione O₂/vapore in reattore a letto fluidizzato internamente ricircolante

Rif. Nr. Procedura: 1.1.14_C

Responsabile Accordo: Donatella Barisano

Responsabile LA: Donatella Barisano

Importo: 25.000,00 €

Durata: 34 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il presente accordo è relativo ad attività nel campo della preparazione e caratterizzazione di materiali sorbenti da coinvolgere in attività finalizzate allo sviluppo di processi per la produzione di idrogeno a partire da gassificazione biomasse e frazioni biogeniche. I sorbenti di interesse saranno utilizzati per il condizionamento delle correnti gassose prodotte.

Nel corso delle attività sperimentali si intende investigare l'azione di materiali per la cattura di anidride carbonica e promozione della reazione di *water gas shift* (WGS) sull'arricchimento in idrogeno della corrente di syngas prodotta. Allo scopo correnti reali verranno trattate con materiali contenenti CaO (es. dolomite calcinata), idrotalciti commerciali e materiali sperimentali e di questi se ne valuteranno le prestazioni in campagne di condizionamento syngas/rigenerazione sorbente.

Le valutazioni di prestazioni sui materiali verranno affiancate da caratterizzazioni chimiche e morfologiche finalizzate a delineare eventuali cambiamenti occorsi a valle del loro impiego e utili ad interpretare perdite di prestazioni. Allo scopo campioni rappresentativi dei materiali pre- e post-test verranno inviati presso i laboratori della controparte per essere sottoposti ad analisi

granulometrica, porosimetria, *Diffrazione a Raggi X* (XRD), *Microscopia Elettronica a Scansione* accoppiata a Raggi X a *Dispersione di Energia* (SEM/EDX), *Spettroscopia Infrarossa in Trasformata di Fourier* (FTIR).

Per ciascun campione esaminato verrà prodotto e fornito ad ENEA il report dei risultati e discussione comparativa tra i materiali tal quale e i materiali raccolti a fine processo. Per i materiali di formulazione sperimentale, avvalendosi della propria esperienza sul tema, la controparte supporterà ENEA nell'individuazione di possibili formulazioni migliorative.

Si prevede di sottoporre a caratterizzazioni una selezione di trenta campioni di materiali pre- e post-test scelti tra quelli che risulteranno di maggior interesse rispetto alla qualificazione di processo. Tra i campioni da caratterizzare sarà incluso anche il materiale di riempimento del letto del gassificatore. La consegna dei campioni avverrà con cadenza semestrale.

Output

- Rapporto dei risultati di analisi e caratterizzazione chimiche e morfologiche [M10, M16, M22, M28, M34]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sintesi e caratterizzazione di catalizzatori per il cracking di tar da gasificazione di biomasse

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA 1.1.15: Studio e sviluppo di sistemi di gassificazione delle biomasse ad alta efficienza

Rif. Nr. Procedura: 1.1.15

Responsabile Accordo: Nadia Cerone

Responsabile LA: Nadia Cerone

Importo: 60.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La seguente attività riguarda lo sviluppo di catalizzatori innovativi, non disponibili commercialmente, da utilizzare per il condizionamento del syngas proveniente dalla gasificazione a letto fisso delle biomasse. Presso il centro di ricerche della Trisaia, ENEA dispone di un impianto a cui è annessa una sezione catalitica operante con flussi di syngas di circa 1 Nm³/h e a cui sarà destinato il materiale prodotto. La composizione tipica del syngas ottenuto da prove di gassificazione di biomasse è: H₂ (24% -37%); CO (24% - 28%), CO₂ (20% - 27%) CH₄ (1%-2%); inoltre, nel syngas è presente il tar da 1 a 100 g/m³ e 10-300 g/m³ di vapor d'acqua.

La collaborazione consisterà nella sintesi, caratterizzazione e sperimentazione di catalizzatori non commerciali per la conversione del tar in gas incondensabili, in particolare H₂. Il catalizzatore dovrà essere attivo a pressione ambiente e temperature tipiche dei processi di gasificazione, circa 400-800 °C. Sarà richiesto di effettuare un confronto tra le prestazioni raggiungibili utilizzando diverse concentrazioni di metalli attivi, supporti e topologie e uno studio sulla durata del catalizzatore.

Output

- Rapporto tecnico "Sintesi e caratterizzazione dei catalizzatori provati con molecole modello del tar" [M12]

- Rapporto tecnico “Risultati preliminari delle prove di cracking del tar reale fornito dal committente” [M18]
- Fornitura di 10 dm³ di catalizzatore ottimizzato [M24]
- Rapporto tecnico finale [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

**Messa a punto di un processo elettrochimico per il trattamento dei reflui organici della
gasificazione delle biomasse con produzione di idrogeno.**

nell'ambito del

PNRR POR H2

***WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre
tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni***

**LA 1.1.16: Sviluppo di metodi elettrochimici per il trattamento dei reflui solidi e liquidi della
gasificazione con produzione di idrogeno**

Rif. Nr. Procedura: 1.1.16

Responsabile Accordo: Nadia Cerone

Responsabile LA: Nadia Cerone

Importo: 60.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La seguente attività riguarda lo sviluppo di tecnologie elettrochimiche atte a degradare i tar di un gasificatore a letto fisso, che sarà fornito da ENEA, con produzione di idrogeno gassoso e di molecole organiche a basso peso molecolare. In particolare, viene richiesto un supporto alla messa a punto di un prototipo del processo su scala banco operante in continuo, con una valutazione dell'efficienza energetica e delle rese.

Le attività comprenderanno la conduzione di test sperimentali finalizzati alla progettazione e l'assistenza alla messa a punto di un impianto in scala di laboratorio per realizzare un processo di elettrolisi per la rimozione del carico organico da residui di gassificazione delle biomasse e contemporanea produzione di idrogeno.

Il processo potrà essere realizzato con diverse configurazioni di impianto e tipologia di celle.

Dovranno essere valutate almeno le seguenti opzioni dal contraente:

- sistema costituito da uno o più stack di celle, in serie e/o in parallelo,
- celle divise o indivise
- sistemi a singolo passaggio o in ricircolo con riserve.

La configurazione finale sarà determinata in base ai risultati delle evidenze sperimentali e alle stime teoriche.

L'attività comprenderà una valutazione sperimentale dei parametri di processo (densità di corrente, alcalinità, idrodinamica); di impianto (configurazione delle singole celle e del sistema), dei catalizzatori e dei materiali (commerciali) da utilizzare.

Per determinare la configurazione ottimale dell'impianto, le singole unità saranno caratterizzate per determinare l'idrodinamica e il trasferimento di materia tramite tecniche stimolo - risposta e misure di corrente limite.

Le prestazioni in termini di abbattimento delle sostanze saranno valutate tramite prove di elettrolisi in diverse condizioni operative, utilizzando sia soluzioni sintetiche sia reflui forniti dalla committente. Tutte le diverse opzioni previste dovranno essere valutate sperimentalmente. Per misurare l'efficacia di abbattimento sarà utilizzato il parametro carico organico totale (come Total Organic Carbon, TOC) nelle diverse condizioni e lo sviluppo di idrogeno gassoso. Dall'analisi delle soluzioni trattate si dovrà valutare la formazione di molecole organiche a basso peso molecolare.

Dovranno essere valutati gli effetti della composizione del refluo sulle prestazioni del processo, con particolare riferimento a:

- contenuto di organico in ingresso
- presenza di solidi sospesi al variare dell'alcalinità
- presenza di metalli, in particolare con basso potenziale di riduzione

L'alcalinità nel sistema dovrà essere tale da massimizzare la solubilità dei Tar, il condizionamento degli elettroliti dovrà però essere garantito dai processi elettrochimici, minimizzando l'uso di reagenti esterni.

Le condizioni nel comparto o nella zona anodica dovranno essere ottimizzate in modo da evitare la formazione di polimeri e solidi, e/o la loro separazione dalla soluzione con formazione di precipitati e/o depositi polimerici.

Il sistema dovrà essere ottimizzato per ottenere idrogeno che non necessiti di purificazione all'uscita dal processo. Dovranno però essere valutate anche soluzioni differenti che compensino la necessità di unità di purificazione con considerevoli riduzioni della tensione di cella.

Sarà inoltre sviluppato un modello matematico agli elementi finiti del processo, che consentirà di valutare le performance del sistema al variare delle condizioni operative. Il modello integrerà le equazioni di bilancio di materia, di flusso e di conservazione della carica. La soluzione numerica

fornirà i profili spazio/temporali di concentrazione delle diverse specie coinvolte, di densità di corrente e di potenziale nelle celle.

Output

- Rapporto tecnico sulla caratterizzazione delle celle [M12]
- Rapporto tecnico sui risultati preliminari delle prove di elettrolisi [M15]
- Rapporto tecnico sui risultati finali prove di elettrolisi [M18]
- Rapporto tecnico sulle specifiche di apparecchiature e materiali principali (celle, elettrodi, separatori, pompe, generatori di tensione/corrente) [M18]
- Rapporto tecnico sul layout finale del sistema [M21]
- Rapporto tecnico e fornitura del modello matematico [M21]
- Report finale [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Simulazione e modellazione di un reattore di gassificazione di biomasse residuali per la produzione di idrogeno verde intensificata mediante cattura di CO₂ con sorbenti solidi nell'ambito della linea di attività

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.17_A Sviluppo di materiali e processi per la produzione termochimica d'idrogeno da biomasse intensificata dalla separazione di CO₂ mediante sorbenti solidi

Rif. Nr. Procedura: 1.1.17_A

Responsabile Accordo: Stefano Stendardo

Responsabile LA: Stefano Stendardo

Importo: 30.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La presente attività prevede la simulazione e modellazione di un reattore di gassificazione di biomasse residuali per la produzione di idrogeno verde intensificata mediante cattura di CO₂ con sorbenti solidi (SEG, *Sorption Enhanced Gasification*). Il reattore dovrà operare ad una temperatura di circa 650 °C, in regime di letto fluido batch con una portata di biomassa non superiore a 1 kg/h ed una pressione assoluta di 10 bar. Il gas prodotto ricco di H₂ (fino a 90% in vol. secco) verrà poi pulito e condizionato ad alta temperatura per mezzo di candele filtranti ceramiche catalitiche con il fine di rimuovere il particolato e convertire i tar presenti nel gas. Il gas pulito e ricco di idrogeno potrà quindi essere trattato con una unità di Pressure Swing Adsorption (PSA) o con un'unità a membrane (Pd ad esempio) così da ottenere una corrente di idrogeno puro.

Ogni modello numerico ha bisogno di validazione sperimentale prima di poter essere utilizzato come strumento per la progettazione. A tal proposito, e parallelamente alle attività numeriche, verranno richieste attività sperimentali su “modelli freddi” da condurre nei propri laboratori.

Output

- Rapporto tecnico sulla modellazione e simulazione di un processo SEG ad alta pressione [M24]
- Concept design di un prototipo SEG ad alta pressione [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Integrazione ottimale del processo di cattura (commerciale e/o avanzato) per la decarbonizzazione di impianti industriali (ad es., acciaierie e cementifici) su larga scala

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.17_B Sviluppo di materiali e processi per la produzione termochimica d'idrogeno da biomasse intensificata dalla separazione di CO2 mediante sorbenti solidi

Rif. Nr. Procedura: 1.1.17_B

Responsabile Accordo: Stefano Stendardo

Responsabile LA: Stefano Stendardo

Importo: 30.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il presente Accordo di collaborazione mira a identificare l'integrazione ottimale del processo di cattura (commerciale e/o avanzato) per la decarbonizzazione di impianti industriali (ad es., acciaierie e cementifici) su larga scala estremamente energivori ed emissivi, e la produzione flessibile di energia a basse emissioni di carbonio. Sarà affrontata una prima selezione degli impianti e relativi processi di riferimento (*baseline plant configurations*) con e senza cattura di CO₂, da utilizzare come termini di confronto (*benchmark*) per le prestazioni tecniche ed economiche degli schemi di processo innovativi. Saranno definiti diversi processi e, per ogni configurazione, saranno valutati i bilanci di materia ed energia con particolare attenzione all'integrazione termica tra il processo di cattura di CO₂, l'industria energivora e la produzione di energia, ai fini di massimizzare il recupero energetico. Questa linea di attività utilizzerà i risultati ottenuti durante la prima annualità come dati di input per i modelli che verranno formulati.

Inoltre, si richiede la selezione di tecnologie di riferimento per i processi di decarbonizzazione sia nel settore industriale che in quello energetico con e senza cattura di CO₂, per confrontarli con i processi produttivi innovativi. La selezione dei casi di riferimento dovrà essere effettuata al fine di

stabilire una valutazione economica delle soluzioni proposte. Dovrà essere eseguita una descrizione termodinamica dettagliata degli impianti operativi. Le fonti di calore del sistema (e.g. impianti solari a concentrazione, forni, altoforni), così come gli utilizzi in funzione del livello termico (teleriscaldamento, generazione di vapore, ecc.) saranno identificati e quantificati. Verranno definiti gli indicatori tecno-economici (*key performance indicators*, KPI) utili ad un confronto tra le diverse opzioni tecnologiche. Ove necessario, all'interno di questa attività saranno modellate anche le configurazioni di riferimento per assicurare che lo stesso insieme di ipotesi venga utilizzato per valutare sia le configurazioni di impianto di riferimento sia quelle nuove.

Output

- Rapporto tecnico sulla modellazione e simulazione di processi industriali ed energetici integrati con tecnologie di cattura e riuso di carbonio [M24]
- Rapporto tecnico sulla valutazione economica degli impianti individuati nel primo rapporto tecnico [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Funzionalizzazione e caratterizzazione di biomassa e biochar per usi energetici

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA.1.1.18 Valorizzazione di materiali carboniosi prodotti da processi termochimici di lignine e plastiche

Rif. Nr. Procedura: 1.1.18

Responsabile Accordo: Elisabetta Borsella

Responsabile LA: Elisabetta Borsella

Importo: € 20.000,00

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Attività diretta alla caratterizzazione e funzionalizzazione di lignine e scarti plastici, e loro successiva derivatizzazione, per la formazione di biochar da utilizzare come materiale per elettrodi in celle elettrolitiche per la produzione di idrogeno e come materiale di supporto per catalizzatori impiegati in processi di gassificazione. Tale attività prevede:

- 1) Analisi fisico-chimiche dettagliate di polimeri strutturali isolati da biomasse, frazioni di componenti polifenoliche di biomasse, nonché selezionati polimeri sintetici destinati all'upcycling in forma di co-pirolisi con componenti di biomassa.
- 2) Descrizione dettagliata dei parametri strutturali in termini di i) composizioni di monomeri; ii) collegamenti tra tipi di monomeri; iii) pesi molecolari; iv) visualizzazione dei gruppi funzionali; v) reattività chimica; e iv) stabilità termica. L'acquisizione di tali parametri dovrà essere eseguita secondo lo stato dell'arte utilizzando ^{31}P NMR quantitativo, ^{13}C NMR quantitativo, misurazioni ^1H - ^{13}C HSQC quantitativo, analisi ATR-IR, analisi XPS, analisi ICP-EAS, misurazioni GPC e analisi pirolitica. I dati acquisiti dovranno essere interpretati in modo olistico e convertiti in un quadro strutturale dettagliato che consentirà la previsione delle caratteristiche del materiale prodotto.

- 3) Modifica chimica e biochimica dei biopolimeri secondo protocolli ben stabiliti, con attacco dei residui organici, eventualmente contenenti eteroatomi del gruppo 5. Esecuzione della derivatizzazione alternativa mediante incorporazione di sali contenenti metalli di transizione, metalli alcalini e metalli alcalino terrosi per mezzo di gruppi complessanti nei biopolimeri prima del processo di carbonizzazione. Caratterizzazione dei nuovi derivati, sia polimerici che oligomerici, utilizzando le tecniche di analisi descritte al punto 2).
- 4) Caratterizzazione dei biochar prodotti mediante l'utilizzo delle tecniche elencate già al punto 2) con l'aggiunta, dove richiesto, di MAS-NMR allo stato solido, analisi a raggi X e analisi BET.
- 5) Ulteriori modifiche dei biochar prodotti per conferire loro proprietà aggiuntive per il loro uso come materiali anodici nell'elettrolisi dell'acqua.
- 6) Eventuale conversione dei polimeri derivati dalla lignina in nanomateriali, e/o composizioni di nanomateriali, comprendenti i) nanoparticelle, ii) nanocapsule, iii) nanofibre e iv) loro combinazioni al fine di ottenere materiali complessi utilizzati in esperimenti di grafitizzazione per l'ottenimento del materiale di carbonio utilizzabile nel campo energetico.

Output

- Rapporto tecnico su dettagliate caratterizzazioni fisico-chimica e strutturale di componenti isolati di lignina [M18]
- Rapporto tecnico sulla modifica chimica mirata dei componenti della lignina e delle miscele lignina/plastica per la formazione di biochar con determinate caratteristiche [M30]
- Rapporto tecnico sulla mappatura iniziale delle caratteristiche dei biochar in funzione di: i) componenti della biomassa di partenza; ii) biopolimeri modificati; e iii) miscela di componenti della biomassa con polimeri sintetici [M30]
- Rapporto tecnico sulla caratterizzazione fisico-chimica dei biochar realizzati [M30]
- Fornitura di materiali nanostrutturati sulla base di componenti di biomassa e componenti di biomassa funzionalizzate [M36].

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo, sintesi e fornitura di catalizzatori specifici per reattori di reforming elettrico e idrogassificazione di biomasse

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.19-20 Sviluppo di un processo di Steam Reforming elettrico & Produzione d'idrogeno mediante reforming e idrogassificazione di biomasse

Rif. Nr. Procedura: 1.1.19-20

Responsabile Accordo: Alberto Giaconia

Responsabile LA: Alberto Giaconia

Importo LA1.1.19: 80.000,00 €

Importo LA1.1.20: 80.000,00 €

Importo totale: 160.000,00 €

Durata: 18 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito delle suddette linee di attività l'ENEA dovrà realizzare e testare in laboratorio diversi prototipi di reattori per la produzione di idrogeno verde mediante reforming elettrificato e processi di idrogassificazione di biomasse. La specificità di tali processi richiede lo sviluppo e la fornitura di idonei catalizzatori in grado di operare efficacemente nelle condizioni previste dai processi. Sarà pertanto necessario affidare un incarico per l'approvvigionamento di idonei sistemi catalitici da integrare nei reattori prototipali da testare presso ENEA-Casaccia.

I catalizzatori di reforming dovranno essere depositati su supporti strutturati che permettano di massimizzare le prestazioni dei reattori, sia a bassa a bassa temperatura (<600°C) che ad alta temperatura (>700°C). Nel caso dello steam reforming elettrificato a bassa temperatura (eSR-LT, <600°C) dovranno essere applicati i risultati ottenuti in progetti precedenti coordinati dall'ENEA (progetti CoMETHy, RdS PTR 2019-21) in relazione alle caratteristiche dei sistemi catalitici e dell'integrazione con membrane. Nel caso dello steam reforming elettrificato ad alta temperatura

(eSR-HT, >700°C) verrà inoltre richiesto un sistema catalitico con riscaldamento elettrificato di tipo resistivo in diretto contatto con la matrice del catalizzatore strutturato, combinando così le funzioni di catalizzatore con quella superficie di scambio termico, senza la necessità di interposizione di materiali di accumulo termico (> 700°C, solidi refrattari, materiali a cambiamento di fase, ecc.). Il riscaldamento elettrificato sarà di tipo ohmico, e così come il volume catalitico e la sua geometria, sarà dimensionato per essere compatibili con le dimensioni dei reformer prototipali da realizzare in ENEA-Casaccia (200 Nlitri/ora d'idrogeno prodotto, con geometria mono-tubolare o a piastre piane).

I catalizzatori per il reattore di idrogassificazione dovranno essere tali da convertire in modo efficace materiali carboniosi di vario genere (da materiali omogenei "modello" a composizione nota fino al trattamento di campioni di biomasse residuali e frazioni biogeniche di rifiuti forniti da operatori nel settore) in metano mediante reazione con idrogeno. I catalizzatori dovranno permettere di massimizzare le rese in metano e al tempo stesso limitare o azzerare la formazione di potenziali co-prodotti nocivi, nelle condizioni operative di 250-550°C e 1-6bar. I catalizzatori così forniti verranno introdotti all'interno di un reattore di idrogassificazione con capacità di almeno 1 kg/giorno di materiale trattato, che verrà testato presso i laboratori di ENEA-Casaccia. Occorre inoltre che, durante la fase di design, il fornitore del catalizzatore fornisca indicazioni circa l'ottimale integrazione del sistema catalitico nell'idrogassificatore al fine di massimizzare la stabilità e la durata, e al tempo stesso favorire la separazione del catalizzatore stesso dal materiale solido residuo al termine della gassificazione.

Output LA1.1.19

- Report sulla definizione del sistema catalitico da integrare nei prototipi di idrogassificatore comprensivo di indicazioni riguardanti l'integrazione del reattore [M9]
- Report sulla definizione del sistema catalitico da integrare nei prototipi di reformer elettrificato (eSR-LT ed eSR-HT) comprensivo di caratterizzazione dell'attività catalitica [M9]
- Fornitura dei catalizzatori per reformer elettrificato eSR-LT da 200 NLitri/ora [M18]
- Fornitura dei catalizzatori per reformer elettrificato eSR-HT da 200 NLitri/ora [M18]

Output LA1.1.20

- Fornitura dei catalizzatori per reattore di idrogassificazione da 1 kg/giorno di solido trattato
[M6]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Valutazione di sostenibilità ambientale, tecnica ed economica del processo di idrogassificazione per la conversione di biomasse

nell'ambito del

PNRR POR H2

***WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre
tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni***

LA1.1.20 Produzione d'idrogeno mediante reforming e idrogassificazione di biomasse

Rif. Nr. Procedura: 1.1.20

Responsabile Accordo: Alberto Giaconia

Responsabile LA: Alberto Giaconia

Importo: 70.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della suddetta linea di Attività ENEA dovrà sviluppare un innovativo processo di produzione d'idrogeno basato sull'integrazione di una unità di idrogassificazione con sistemi di reforming alimentati con fonti rinnovabili. I risultati ottenuti in laboratorio su reattori prototipali verranno analizzati dal punto di vista tecno-economico (valutazione dei costi di produzione dell'idrogeno) e di sostenibilità di processo considerando un impianto di conversione di circa 10 ton/giorno di biomassa da rifiuto in uno scenario applicativo reale.

A tal fine occorrerà avvalersi della collaborazione con un gruppo di ricerca esperto in analisi di sostenibilità di processo e ciclo dei rifiuti, che utilizzi metodologie e strumenti avanzati a supporto dell'ottimizzazione del processo in prospettiva della sua applicazione in contesti Nazionali.

Output

- Rapporto tecnico sull'analisi preliminare del processo, basata bilanci di materia ed energia, a supporto della progettazione del prototipo [M18]
- Rapporto tecnico sull'analisi dei risultati sperimentali, scale-up e analisi tecno-economica e di sostenibilità (ciclo di vita) del processo integrato su scala commerciale per la

conversione di circa 10 ton/giorno di biomassa da rifiuto in uno scenario applicativo reale
[M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Produzione di H₂ da CO con WGS a bassa temperatura

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.21 Produzione plasmo-chimica di Idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 1.1.21

Responsabile Accordo: Nicola Lisi

Responsabile LA: Nicola Lisi

Importo: 80.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Sviluppo di un reattore catalitico di water gas shift (WGS) per la reazione di un flusso di monossido di carbonio (CO) con vapori di acqua (H₂O) e la sua conversione in idrogeno (H₂) e anidride carbonica (CO₂). Il reattore dovrà operare con un singolo stadio, con alta efficienza energetica (>85%), a bassa temperatura in ingresso (<200°C) e sarà ingegnerizzato per operare in uscita rispetto ad un sistema di dissociazione della CO₂ basato sull'impiego di plasmi e al sistema di separazione dei gas a valle dello stesso. La specificità di tale processo richiede lo sviluppo e la fornitura di idonei catalizzatori in grado di operare efficacemente nelle condizioni operative previste. Sarà pertanto necessario affidare un incarico per l'approvvigionamento di idonei sistemi catalitici da integrare nei reattori prototipali da testare presso ENEA-Casaccia.

I catalizzatori per la reazione di WGS dovranno essere depositati su supporti strutturati ad elevata conducibilità termica, che permettano di ottimizzare il "thermal management" del calore di reazione, massimizzando le prestazioni del reattore in termini di conversione di CO. Il reattore dovrà operare con un flusso di CO puro in ingresso e produrrà in uscita un flusso di H₂ e CO₂. Dovrà operare senza perdite di efficienza con flussi di CO a 1 l/minuto ma dovrà essere sviluppato in base ad una tecnologia scalabile a flussi maggiori e di interesse industriale.

Output

- Rapporto tecnico “Validazione del processo di conversione” [M30]
- Prototipo di reattore WGS per la generazione di H₂ operativo presso Casaccia [M30]
- Rapporto tecnico “Valutazione dell’efficienza complessiva del processo di conversione del CO in H₂” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di processi bioelettrochimici avanzati per la produzione di combustibili gassosi dal trattamento e la valorizzazione di matrici organiche di scarto

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.27 Sviluppo di processi di produzione biologica di idrogeno tramite fermentazione (dark fermentation) da reflui agro-industriali, inclusa l'applicazione delle scienze ohmiche per l'ottimizzazione del processo

LA 1.1.28 Sviluppo di tecnologie di celle elettrolitiche microbiologiche per la produzione di idrogeno dalla conversione dei sottoprodotti della fermentazione in un processo a cascata

WP2.1: Ricerca e sviluppo di sistemi e processi P2G e e-fuel liquidi derivati dall'idrogeno di natura organica

LA2.1.8 Sviluppo di processi biologici "Power to Gas" per l'utilizzo dell'idrogeno verde per la conversione della CO2 contenuta nel biogas in CH4

Rif. Nr. Procedura: 1.1.27

Responsabile Accordo: Antonella Marone

Responsabile LA 1.1.27: Silvia Rosa

Responsabile LA 1.1.28: Antonella Marone

Responsabile LA 2.1.8: Antonella Signorini

Importo LA1.1.27: 50.000,00 €

Importo LA1.1.28: 90.000,00 €

Importo LA2.1.8: 90.000,00 €

Importo totale: 230.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'Accordo di collaborazione sarà indirizzato a quei laboratori di ricerca che abbiano comprovata esperienza nello studio di processi bioelettrochimici (BES), e che risultino in possesso di conoscenze e know how riguardanti attività di ricerca nell'ambito del trattamento di acque reflue e rifiuti

organici con simultanea valorizzazione in composti ad alto valore aggiunto, impiegando principi e metodologie propri dell'ingegneria chimica e delle biotecnologie industriali ed ambientali.

Il contraente dovrà possedere gli strumenti e le attrezzature necessari per svolgere la collaborazione in oggetto, ovvero laboratori attrezzati per lo studio e la conduzione di processi chimici e biologici mediante differenti configurazioni reattoristiche (PFR, CSTR, SBR, colonne impaccate, etc.) e volumetria, con comprovata esperienza nel passaggio tecnologico di scala (dalla scala di laboratorio alla scala micro-pilota o pilota), nonché di un appropriato comparto analitico per il monitoraggio e la caratterizzazione dei principali parametri di processo. Il contraente dovrà possedere una documentata attività di ricerca nell'ambito dello studio e dello sviluppo dei BES, ovvero processi innovativi e altamente versatili che sfruttano l'interazione tra microrganismi "elettricamente attivi" ed elettrodi polarizzati per l'ottenimento di reazioni di interesse. Il contraente dovrà, quindi, possedere anche una documentata conoscenza relativa agli aspetti metabolici e microbiologici che governano i processi BES.

Il gruppo di ricerca dovrà quindi comprovare la pregressa esperienza nell'ambito delle linee di attività oggetto della collaborazione documentandola mediante pubblicazioni scientifiche, partecipazione a progetti di ricerca nazionali ed internazionali, attività di formazione e didattica specifica sulle tematiche di interesse.

L'Accordo di collaborazione prevederà da parte del contraente la conduzione di test specifici nell'ambito delle linee tematiche indicate di seguito, nonché il supporto alle attività di ricerca condotte da ENEA nell'ambito della produzione di biocarburanti gassosi da scarti organici. Le attività di ricerca indicate nell'Accordo di collaborazione saranno distinte in tre sotto attività specificatamente indirizzate a:

Attività 1.1.27 - Supporto allo sviluppo della tecnologia innovativa di fermentazione elettrochimicamente assistita (EF), finalizzata a massimizzare la produttività di bioH_2 nel processo di Dark Fermentation di scarti organici. In tale ambito, la collaborazione prevederà il supporto diretto alle attività specifiche relative al punto LA1.1.27 mediante la conduzione di test in scala di laboratorio in diverse configurazioni reattoristiche e condizioni sperimentali, per identificare i principali parametri operativi (es. tipologia di elettrodi, potenziale applicato, tipo di inoculo) che consentono di selezionare ceppi microbici altamente efficienti nella produzione di bioH_2 . La collaborazione sarà anche indirizzata ad individuare i meccanismi coinvolti nel processo di EF al fine di identificare i parametri che consentono di effettuare un passaggio di scala della tecnologia. Nello

specifico, la collaborazione prevederà il supporto diretto alla realizzazione del piano sperimentale delle prove in oggetto, che includono la progettazione e conduzione dei test sperimentali, nonché la scelta delle migliori soluzioni impiantistiche e di controllo delle condizioni bioelettrochimiche.

Attività 1.1.28 - Sviluppo di tecnologie BES per la produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi microbica. L'attività di collaborazione sarà focalizzata nel supporto allo sviluppo di celle di elettrolisi microbiche (MEC) per la produzione di H_2 dal trattamento di reflui contenenti carbonio organico di scarto. Il processo di elettrolisi microbica consente di recuperare parte dell'energia contenuta nelle acque reflue convertendola in idrogeno mediante l'ausilio di un circuito elettrochimico e l'applicazione di un potenziale esterno. L'attività di collaborazione, in particolare, prevederà il supporto diretto alle attività LA1.1.28 nelle diverse fasi di progettazione, realizzazione e ottimizzazione per la messa a punto di un processo continuo per la conversione bioelettrochimica della sostanza organica di scarto in $bioH_2$. La collaborazione prevederà una prima fase preliminare di affiancamento del personale di ricerca ENEA nella messa in opera delle apparecchiature necessarie alla conduzione dei diversi test. Dopo aver allestito le necessarie apparecchiature la collaborazione prevedrà l'attività di supporto alla fase di inizializzazione dei test presso le sedi ENEA con supporto diretto nei laboratori ENEA designati. L'attività di collaborazione si articolerà dunque nel supporto alla conduzione dei test in modalità continua e nell'analisi delle prestazioni ottenute dal processo elaborando i principali bilanci di materia e di energia.

Attività 2.1.8 - Supporto alle attività di sviluppo di processi BES finalizzati alla biometanazione della CO_2 , nell'ambito dell'attività LA2.1.8. La collaborazione prevista in questa attività prevederà il supporto alle attività svolte da ENEA nell'ambito della tematica "Power to Gas" ovvero nella metanazione della CO_2 di scarto derivante da processi produttivi e/o contenuta nel biogas. Mediante l'ausilio di un sistema BES è infatti possibile indirizzare la conversione di CO_2 in CH_4 da parte di microorganismi metanogeni stimolando la reazione di bioelettrometanogenesi. Tale processo costituisce un approccio innovativo per il riciclo della CO_2 e lo stoccaggio del surplus energetico derivante da fonti rinnovabili. Nell'ambito dell'attività di collaborazione, il soggetto contraente dovrà fornire assistenza durante le fasi di progettazione preliminare, reperimento e allestimento delle apparecchiature necessarie nonché nell'avvio e nella conduzione di prove di bioelettrometanogenesi in reattori continui. In particolare, l'attività di collaborazione potrà essere condotta su impianti e reattori già esistenti nei laboratori ENEA i quali saranno opportunamente

ricondizionati e riconfigurati per attuare lo studio sull'elettrometanazione biologica della CO₂. L'attività di collaborazione prevederà il supporto diretto alle attività di ENEA includendo l'affiancamento diretto del personale ENEA presso le proprie sedi durante le fasi di realizzazione avviamento e conduzione degli esperimenti in modalità continua.

Output LA1.1.27

- Rapporto Tecnico "Controllo della fermentazione attraverso strategie di *eco-engineering* ed elettrofermentazione" [M30]
- Rapporto Tecnico "Selezione di MMC tramite EF in funzione del potenziale applicato all'elettrodo, che varia le condizioni ossido-riduttive del mezzo di reazione (ORP)" [M36]

Output LA1.1.28

- Allestimento della piattaforma sperimentale [M6]
- Realizzazione su scala banco di un prototipo MEC [M6]
- Rapporto Tecnico "Produzione di bioH₂ nel corso dell'ottimizzazione dei parametri sperimentali della MEC" [M30]
- Rapporto Tecnico "Valorizzazione dei sottoprodotti della DF tramite MEC in relazione alla composizione degli effluenti" [M36]

Output LA2.1.8

- Prototipo per la configurazione BES [M6]
- Rapporto Tecnico "Test di biometanazione in situ con l'utilizzo di BES" [M18]
- Rapporto Tecnico "Processo di elettrometanazione in situ" [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Screening e coltivazione di specie microalgali di potenziale interesse per la produzione di idrogeno in bioreattori

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA 1.1.29 Produzione di idrogeno da microalghe: ingegneria genetica per aumentare la produzione di idrogeno nelle microalghe

Rif. Nr. Procedura: 1.1.29

Responsabile Accordo: Carlo Fasano

Responsabile LA: Carlo Fasano

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La seguente attività riguarderà lo studio di microalghe come fonte di produzione d'idrogeno. In particolare, si prevede di utilizzare le diatomee, un gruppo di microalghe per cui si stima esistano 100.000 diverse specie, responsabili della produzione del 20% dell'ossigeno che respiriamo. Le diatomee hanno una distribuzione ubiquitaria, le si ritrova infatti in tutti gli ambienti acquatici.

Negli ultimi anni molti progressi sono stati fatti al fine di caratterizzare la biologia di queste microalghe in grado di adattarsi a diverse e variabili condizioni ambientali.

Ad oggi numerose risorse genetiche e genomiche sono disponibili e recentemente sono stati messi a punto protocolli di ingegneria genetica per alcune specie. Questi strumenti permettono di regolare l'espressione di specifici geni e sono utilizzati sia per la caratterizzazione della funzione genica sia per il miglioramento di tratti specifici, ad esempio per la produzione di composti di interesse biotecnologico.

L'Accordo di collaborazione dovrà essere affidato ad un gruppo di ricerca con specifiche competenze nel sequenziamento ed analisi di genomi e trascrittomi, genomica funzionale, e ingegneria genetica di diatomee, presente in un istituto di ricerca internazionale con comprovata

esperienza in questo settore. Inoltre, Il centro di ricerca dovrà disporre di strumenti necessari all'ingegnerizzazione delle diatomee, ad esempio di un apparecchio per la trasformazione biolistica, e della possibilità di isolare e mantenere in coltura specie diverse di diatomea e microalghe in generale. In particolare, sarà necessaria la presenza di cappe batteriologiche, di celle ed incubatori adatti alla coltivazione di microalghe, di laboratori attrezzati per la biologia molecolare, di *facilities* per la microscopia ottica e confocale e possibilmente di supporto alle analisi bioinformatiche. Sarà considerato titolo preferenziale la possibilità di accesso a siti di campionamento in ambiente marino.

Descrizione dell'attività proposta per la collaborazione:

1. Screening di diverse specie di diatomee per individuazione dei ceppi più efficienti per la produzione di idrogeno. [M12]
2. Messa a punto delle condizioni ottimali di crescita, modificando nutrienti, luce e temperatura, su scala di laboratorio e, se opportuno, successive colture massive. [M18]
3. Identificazione degli enzimi chiave coinvolti nella biosintesi di idrogeno (idrogenasi, uptake-idrogenasi e nitrogenasi) in specie selezionate di diatomee e cianobatteri: analisi dei genomi e trascrittomi disponibili. [M18]
4. Miglioramento di diatomee per la produzione di idrogeno. Sovra-espressione, inattivazione o espressione eterologa dei geni coinvolti nel pathway della produzione di idrogeno. [M30]
5. Caratterizzazione molecolare e fenotipica delle linee ottenute per verificarne l'aumentata capacità di produzione di idrogeno. [M36]

Inoltre, il gruppo dovrebbe possedere le conoscenze per estendere lo screening per la produzione di idrogeno ai cianobatteri nel caso in cui le diatomee non diano risultati incoraggianti. È precisato anche che il valore aggiunto di questo progetto non è soltanto di natura tecnologica, ma anche di aumento della conoscenza della biologia di base di questi microrganismi. I risultati che si prevede di ottenere avranno ricadute importanti sia in termini di conoscenze scientifiche sia in termini di possibilità applicative in diversi settori della bioeconomia.

Output

- Rapporto Tecnico "Lista di specie/ceppi di microalghe e cianobatteri selezionati per la produzione di idrogeno" [M12]

- Rapporto Tecnico “Quantificazione della produzione di idrogeno dei microrganismi ingegnerizzati su scala di laboratorio” [M36]
- Rapporto Tecnico “Quantificazione della produzione di biomassa ed eventuali bio-prodotti ad alto valore aggiunto dei microrganismi ingegnerizzati su scala di laboratorio” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Progettazione di un prototipo di reattore a membrana operante ad alta temperatura

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.32 Splitting Termochimico dell'acqua

Rif. Nr. Procedura: 1.1.32

Responsabile Accordo: Silvano Tosti

Responsabile LA: Silvano Tosti

Importo: 50.000 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Le attività riguarderanno la progettazione di un prototipo di reattore a membrana operante ad alta temperatura (1800-2000 °C) con riscaldamento realizzato elettricamente. Il reattore a membrana è descritto in dettaglio nel brevetto ENEA (S. Tosti, A. Pozio, L. Farina, A. Santucci, "Processo a membrana per la produzione di idrogeno e ossigeno mediante idrolisi dell'acqua e relativo apparato", Domanda di brevetto per invenzione industriale in Italia n. 102020000023470 depositata il 06.10.2020). La portata di acqua di alimentazione è di 1 kg/h.

In particolare, verranno eseguite le verifiche termo-fluidodinamiche, i bilanci di materia ed energia ed il dimensionamento delle membrane con riferimento ai processi di trasporto di materia relativi alla permeazione selettiva dell'idrogeno e dell'ossigeno.

Tali verifiche verranno effettuate mediante modelli di simulazione numerica avanzata, sia per quanto riguarda lo studio dello scambio termico, che per l'analisi dei flussi di massa delle diverse specie coinvolte, al variare dei principali parametri operativi e di progetto del reattore. Saranno utilizzati strumenti di simulazione avanzata ed eventualmente sviluppati moduli specifici per la rappresentazione di aspetti caratteristici del processo in studio. L'analisi dovrà tenere conto delle particolari caratteristiche geometriche del sistema. A tal fine si valuterà l'esperienza maturata nella rappresentazione di sistemi con caratteristiche analoghe.

Output

- Rapporto tecnico relativo agli studi di modello dello scambio termico e dell'analisi dei flussi di massa delle diverse specie coinvolte al variare dei parametri operativi e di progetto [M18]
- Supporto alle attività di progettazione esecutiva del prototipo di reattore a membrana ed assistenza nella fase di costruzione e collaudo dello stesso [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di catalizzatori senza cobalto

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.1 Ricerca e sviluppo di elettrolizzatori avanzati (bassa e alta temperatura), o altre tecnologie innovative, per la produzione di idrogeno verde e a basse emissioni

LA1.1.36 Sviluppo di materiali e nanomateriali per idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 1.1.36

Responsabile Accordo: Nicola Lisi

Responsabile LA: Nicola Lisi

Importo: 75.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito dell'attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate alla sintesi di materiali inorganici da impiegare come catalizzatori in elettrolizzatori alcalini che siano privi di cobalto (Co-free), e non impieghino metalli del gruppo del platino (PGM-free). I catalizzatori andranno sviluppati in forma di polvere o altra struttura idonea ad essere deposta su supporti, o integrata con elettrodi (elettro-conduttivi) adatti all'utilizzo come anodi e catodi nell'ambiente alcalino. L'obiettivo è di fornire uno studio chimico-fisico che fornisca indicazioni fondamentali rispetto ai materiali da depositare con le tecniche della pirolisi assistita da plasma o da fiamma, oltre a mettere a confronto materiali prodotti con approcci e tecniche diverse.

Output

- Rapporto tecnico "Catalizzatori PGM-free Co-free caratterizzazioni strutturali e funzionali 1" [M24]
- Rapporto tecnico "Catalizzatori PGM-free Co-free caratterizzazioni strutturali e funzionali 2" [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Definizione di una matrice di casi studio per l'integrazione di sistemi reversibili (rSOC e/o rMCC) accoppiati con fonti rinnovabili, i quali saranno analizzati nel dettaglio mediante simulazioni dinamiche e successiva simulazione nell'ambito del

WP1.2 Ricerca, sviluppo e modellazione di tecnologie, componenti e sistemi di nuova generazione per applicazioni specifiche: feedstock per l'industria, trasporti, calore ed energia

LA1.2.2 Studio dell'integrazione di sistemi reversibili ad Ossidi Solidi o Carbonati Fusi con fonti rinnovabili

Rif. Nr. Procedura: 1.2.2

Responsabile Accordo: Massimiliano Della Pietra

Responsabile LA: Massimiliano Della Pietra

Importo: 60.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività di collaborazione si articolerà su due principali attività:

- 1) Definizione di una matrice di casi studio per l'integrazione di sistemi reversibili (rSOC e/o rMCC) accoppiati con fonti rinnovabili, i quali saranno successivamente analizzati nel dettaglio mediante simulazioni dinamiche. Ciascun caso studio dovrà essere definito sia lato produzione (sulla base di disponibilità di risorse FER) di energia rinnovabile, sia lato domanda di idrogeno / energia (sulla base dei profili di domanda di energia elettrica e/o termica, o delle caratteristiche d'impianto). Sulla base di una pre-analisi energetica (stimando i bilanci di massa ed energia con modelli di sistema black-box ad efficienza costante) verrà quindi definita una matrice di casi studio per diversi settori target e per diverse scale per i sistemi rSOC ed una matrice equivalente per i sistemi rMCC.
- 2) Simulazione dell'integrazione dei componenti rSOC e/o rMCC negli impianti integrati. Una volta definiti i dati di input dei casi studio (ottenuti dalla fase di scenario definition e dell'analisi dei casi studio) e i modelli di performance 0-D per il componente rSOC e/o rMCC sviluppato e calibrato da ENEA, alcuni dei casi studio identificati verranno implementati in un modello

globale di sistema in cui si andrà a simulare l'accoppiamento dei singoli componenti in relazione agli input/output. La simulazione di sistema – a seconda del caso studio – sarà analizzata in regime stazionario o dinamico, mediante l'uso di software di simulazione energetica rilevanti. A termine delle simulazioni saranno predisposti degli indici di performance (KPIs) idonei per andare a confrontare quantitativamente lo scenario proposto rispetto allo scenario ex-ante.

Per le attività sopracitate sarà necessario acquisire competenze in materia di integrazione di componenti e tecnologie idrogeno in sistemi complessi e competenze specifiche nel campo della modellazione di sistemi energetici con software rilevanti, oltre che il possesso di licenza accademica per software di rilevanza per la Linea di Attività quali ad esempio MATLAB, ASPEN HYSYS, etc. Sarà inoltre necessaria esperienza di integrazione di sistema con componenti ad idrogeno (elettrolizzatori/celle a combustibile).

Output

- Rapporto Tecnico: "Identificazione della matrice dei casi studio e selezione dei casi studio strategici per l'implementazione di sistemi elettrochimici reversibili ad alta temperatura (rSOC, rMCC)" [M6]
- Rapporto tecnico: "Realizzazione di un modello di performance zero-dimensionale a parametri concentrati per entrambi i sistemi rSOC e rMCC" [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Analisi e ottimizzazione dei costi di produzione dell'idrogeno, per diverse tecnologie ed in diverse configurazioni impiantistiche

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP1.3 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per la produzione di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA1.3.3 Analisi e ottimizzazione dei costi di produzione dell'idrogeno, per diverse tecnologie ed in diverse configurazioni che prevedono l'integrazione con fonte solare

Rif. Nr. Procedura: 1.3.3

Responsabile Accordo: Claudia Bassano

Responsabile LA: Claudia Bassano

Importo: 30.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività sarà rivolta allo sviluppo di un apposito strumento informatico per l'analisi costi/benefici (costi/prestazioni) che porterà allo sviluppo di un modello di calcolo. Il modello sarà in un primo tempo arricchito con i dati, presenti ed attesi, per i diversi sistemi di produzione, con diverse tecnologie (e.g., elettrolisi, fotolisi, cicli termo-chimici), diversi lay-out progettuali e diversa potenzialità produttiva (economie di scala). Particolare attenzione sarà posta nella definizione di costi e benefici esterni al sistema analizzato.

Lo strumento informatico elaborato consentirà l'integrazione di tecnologie solari (i.e., fotovoltaico, solare a concentrazione, etc.) per la produzione di energia primaria, nonché la possibilità di studiare configurazioni on-grid (per il contesto italiano) e off-grid, con l'obiettivo di valutare anche gli effetti dell'applicazione del "principio di addizionalità" (per le fonti rinnovabili adottate) e dei criteri di "correlazione geografica e temporale" (tra la fonte rinnovabile ed il sistema di produzione dell'idrogeno) attualmente in discussione in ambito europeo.

Poiché l'ottimizzazione del costo di produzione può dipendere in misura significativa anche dalla presenza di sistemi di accumulo e dall'uso finale del vettore, lo strumento informatico terrà conto, in termini economici, anche della loro eventuale presenza. Il modello, inoltre, consentirà la valutazione delle prestazioni tecniche e dei costi di investimento e di esercizio specifici di tutti i componenti e sistemi.

Durante le analisi di ottimizzazione il modello verrà applicato ad almeno cinque tecnologie rappresentative tra quelle maggiormente emergenti in diversi ambiti di uso finale e potenziale produttivo. Ciascuna di queste tecnologie sarà anche studiata ed analizzata con uno o più sistemi di accumulo per individuare la configurazione che minimizza il costo di produzione dell'idrogeno, attraverso l'incremento del load factor degli elettrolizzatori.

Output

I risultati attesi consistono in indicazioni quantitative e tendenziali sull'ottimizzazione dei costi di produzione dell'idrogeno per le maggiori tecnologie emergenti (e.g., elettrolisi, fotolisi, cicli termochimici, ecc.), con diversi lay-out progettuali e diversa potenzialità produttiva (economie di scala).

- Rapporto Tecnico "Ottimizzazione delle configurazioni base per le principali tecnologie di produzione dell'idrogeno" [M12]
- Rapporto Tecnico "Ottimizzazione di configurazioni diverse da quella base per le principali tecnologie di produzione dell'idrogeno. Integrazione con sistemi di accumulo" [M30]
- Selezione e caratterizzazione di casi studio di utilizzo del vettore idrogeno di particolare rilevanza nel contesto italiano [M30]
- Rapporto Tecnico "Selezione delle migliori tecnologie e configurazioni per diversi profili di utilizzo del vettore idrogeno prodotto, nel contesto italiano [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Idrogeno nei modelli di ottimizzazione del sistema energetico italiano dell'ENEA

nell'ambito del

WP1.3 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per la produzione di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA1.3.4 Analisi di sostenibilità ed elaborazione di scenari energetici relativi a processi di produzione di idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 1.3.4

Responsabile Accordo: Alessandro Agostini

Responsabile LA: Alessandro Agostini

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Realizzazione di un database tecno-economico per l'intera catena dell'idrogeno (produzione, distribuzione e stoccaggio fino all'utilizzo nella generazione di potenza e nei settori di uso finale), direttamente utilizzabile nel modello di ottimizzazione del sistema energetico italiano TIMES-Italia dell'ENEA e utile anche per modellare le tecnologie dell'idrogeno in un modello del sistema elettrico (basato sulla piattaforma PLEXOS) sviluppato in combinazione con il TIMES-Italia. Lo step di produzione dovrà includere le diverse alternative per la produzione di idrogeno grigio, blu, verde e prodotto sulla base di tecnologie elettrolitiche. Verranno inclusi gli stoccaggi di tipo sotterraneo e in serbatoio, e diversi step di trasporto e distribuzione prima del consumo. Il database dovrà considerare l'utilizzo diretto di idrogeno per la produzione di elettricità e nei settori 1) residenziale (micro-impianti di cogenerazione); 2) industriale per la produzione di acciaio, ammoniaca e metanolo; e 3) trasporto per l'utilizzo sia in mezzi di trasporto terrestri che per navigazione, aviazione e treni, oltre a consentire di indagare il potenziale di *sector coupling* dell'idrogeno. La modellazione dovrà includere l'iniezione di idrogeno nell'infrastruttura di trasporto e distribuzione di gas metano, e la produzione di carburanti sintetici a partire da idrogeno e da CO₂ catturata.

Output

Il prodotto finale dell'attività consisterà in moduli aggiuntivi del modello TIMES-Italia e nella caratterizzazione delle tecnologie dell'idrogeno secondo la logica PLEXOS, al fine di produrre analisi dettagliate del ruolo dell'idrogeno nel sistema energetico italiano sul lungo termine fino al 2050, valutandone le potenzialità tramite analisi di scenario. I moduli aggiuntivi saranno aggiornati, consegnati e testati annualmente [M12, 24, 36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Attività di formazione sulle tecnologie per la produzione di idrogeno

nell'ambito del

WP1.3 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per la produzione di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA1.3.5 Utilizzo della H2 Valley e dei laboratori presenti nei Centri di Casaccia, Portici, Bologna per promuovere formazione sulle diverse tecnologie di produzione idrogeno. Organizzazione di Summer School tematiche

Rif. Nr. Procedura: 1.3.5

Responsabile Accordo: Paola Gislon

Responsabile LA: Paola Gislon

Importo: 60.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La transizione energetica richiede indubbiamente investimenti, oltre che nello sviluppo tecnologico, anche in azioni di crescita culturale rivolte ai cittadini, cui dev'essere fornita l'opportunità di aggiornare e riqualificare le proprie conoscenze sugli argomenti più innovativi.

Di assoluto rilievo è favorire la divulgazione, l'istruzione e la formazione a tutti i livelli per sviluppare un'ampia base di conoscenze sulle potenzialità dell'utilizzo dell'idrogeno e di competenze specifiche sulle tecnologie e usi finali ad esso collegati. Per la diffusione e l'utilizzo dell'idrogeno su larga scala è necessario supportare la crescita e formazione di figure professionali. Gli obiettivi principali sono:

- fornire accesso a conoscenze professionali e abilità pratiche di alta qualità nell'area delle tecnologie della produzione di idrogeno;
- formare una forza lavoro adeguata e capace per costruire e mantenere una catena del valore competitiva dell'idrogeno pulito e far crescere l'industria emergente della produzione di idrogeno.

Per tali ragioni è richiesta una collaborazione con un istituto universitario, con provata esperienza nei processi elettrochimici e termochimici, che dovrà provvedere a organizzare corsi, eventi, sessioni di apprendimento pratico e materiali didattici relativi alla tecnologia della produzione di idrogeno.

Nello specifico l'università dovrà occuparsi di:

- sessioni tematiche all'interno di master universitari;
- corsi specifici sul tema delle tecnologie di produzione idrogeno, basandosi su un'esperienza consolidata sulla tematica in oggetto;
- realizzazione di pacchetti di formazione con prodotti audio-visivi sulla tematica specifica;
- individuare modalità interattive di approccio alla tematica della produzione di idrogeno con intento di formazione di studenti e operatori del settore.

In particolare, i risultati attesi sono:

- Definizione programmi di formazione
- Organizzazione di sessioni tematiche di master universitari dedicati alla tematica idrogeno e tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels;
- Organizzazione di eventi, corsi e piattaforme di diffusione di prodotti di formazione scolastica e professionale.
- Organizzazione di eventi, corsi e piattaforme di diffusione di prodotti di formazione universitaria e postuniversitaria.

Output

- Rapporto tecnico "Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie per la produzione di idrogeno 1° anno" [M6]
- Rapporto tecnico "Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie per la produzione di idrogeno 2° anno" [M18]
- Rapporto tecnico "Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie per la produzione di idrogeno 3° anno" [M30]
- Rapporto tecnico "Impatti derivanti dalle azioni di formazione/divulgazione sul tema della produzione di idrogeno" [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Attività sperimentale di sintesi catalitica selettiva di e-cherosene

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.1 Ricerca e sviluppo di sistemi e processi P2G e e-fuel liquidi derivati dall'idrogeno di natura organica

LA2.1.1 Attività sperimentale di sintesi catalitica selettiva di e-cherosene e sviluppo di modelli per la produzione di e-jetfuel nel contesto nazionale

Rif. Nr. Procedura: 2.1.1

Responsabile Accordo: Claudia Bassano

Responsabile LA: Claudia Bassano

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'Accordo consiste nella fornitura di un servizio volto allo sviluppo di un innovativo processo catalitico eterogeneo a singolo stadio in grado di convertire miscele CO₂ e idrogeno verde (prodotto da elettrolisi di acqua) in combustibili liquidi per applicazioni aeronautiche (e-jetfuel/e-cherosene). Allo scopo, dovranno essere sviluppati catalizzatori bifunzionali, in grado di catalizzare sia reazioni di crescita della catena carboniosa a partire da miscele di H₂/CO₂ (sintesi di *Fischer-Tropsch* modificata), che reazioni di *hydrocracking* della frazione idrocarburica pesante (le cd. cere) formatasi a seguito delle reazioni di crescita di catena. Obiettivo del processo da sviluppare sarà infatti quello di produrre, in un singolo stadio reattivo, una miscela di idrocarburi liquidi direttamente utilizzabile come combustibile per applicazioni aeronautiche senza la necessità di trattamenti con ulteriori stadi reattivi.

Il contraente sarà incaricato della parte sperimentale del progetto, e dovrà fornire ad ENEA tutti i dati necessari alle attività di simulazione di processo, fondamentali per la messa a punto del processo. Più nel dettaglio, al contraente verrà richiesto:

1. di partecipare al design ed al *commissioning* di un impianto prototipale di laboratorio (in grado di operare 24/7, anche in assenza di operatori, con una quantità di catalizzatore

dell'ordine dei grammi) adatto alla realizzazione delle attività oggetto della ricerca, contribuendo alla definizione dei requisiti di layout all'identificazione dei possibili fornitori e alla stesura del bando di gara;

2. della sintesi e della caratterizzazione chimico fisica di catalizzatori adatti al processo;
3. di effettuare, presso la propria sede, il collaudo dell'impianto prototipale di cui al precedente punto 1;
4. di effettuare test catalitici, impiegando l'impianto di laboratorio di cui ai precedenti punti 1 e 3 e i catalizzatori di cui al precedente punto 2, che dimostrino la fattibilità del processo di produzione di un e-combustibile per aviazione.

Il collaboratore dovrà dunque essere in grado di effettuare test catalitici e misure della composizione dei prodotti:

- a) della reazione di *Fischer-Tropsch modificata* per la conversione di miscele H_2/CO_2 a miscele idrocarburiche ad alto peso molecolare, utilizzando catalizzatori (da sintetizzare a cura del contraente) a base di ferro e/o cobalto;
- b) della reazione di *hydrocracking*, in cui lunghe catene idrocarburiche vengono scisse in componenti più leggeri sfruttando catalizzatori (commerciali o da sintetizzare a cura del contraente) di tipo zeolitico;
- c) della reazione derivante dalla "somma" della sintesi di *Fischer-Tropsch modificata* e di *hydrocracking*. Per quest'ultimo punto, le funzionalità catalitiche dovranno essere introdotte nel reattore sia come miscela meccanica di due catalizzatori distinti (catalizzatore *Fischer-Tropsch* modificato e catalizzatore di *hydrocracking*), sia sotto forma di catalizzatore ibrido bifunzionale. Tutti questi catalizzatori dovranno essere sintetizzati a cura del contraente.

Impiegando i dati sperimentali ottenuti sulla migliore formulazione ibrida, il contraente dovrà altresì sviluppare un modello cinetico semplificato, in grado di descrivere sia la velocità di scomparsa dei reagenti, che la distribuzione dei prodotti di reazione al variare delle condizioni operative. Tale modello dovrà essere adatto all'implementazione, da parte di ENEA, in un simulatore di processo commerciale.

Da ultimo, il collaboratore affiancherà ENEA nel design preliminare di un reattore appropriato per la conversione catalitica di miscele H_2/CO_2 a e-cherosene a TRL maggiore o uguale a 5.

Affinché quanto sopra possa essere realizzato con successo, il contraente dovrà quindi avere una documentata esperienza nei seguenti campi:

- Design di impianti alla scala di laboratorio per la conversione catalitica di miscele concentrate di H_2/CO_x a pressioni fino a 30 barg;
- Preparazione e caratterizzazione di catalizzatori eterogenei per la conversione di CO_x a e-fuels, possibilmente a base di Cobalto e/o Ferro;
- Conduzione di test catalitici di conversione di miscele concentrate di H_2/CO_x a miscele idrocarburiche nel range di pressione 0-30 barg. Tali test dovranno essere eserciti in continuo, e avranno durate dell'ordine delle centinaia di ore;
- Analisi mediante gas cromatografia on-line e off-line di miscele idrocarburiche complesse;
- Modellazione cinetica dei dati sperimentali ottenuti;
- Simulazione di reattori catalitici, così da descrivere il comportamento materiale e termico degli stessi.

Output

- Rapporto tecnico sul design di un impianto prototipale di laboratorio per la produzione di e-jetfuels da miscele concentrate di H_2/CO_2 [M6]
- Installazione e collaudo di un impianto prototipale di laboratorio presso la propria sede operativa [M6]
- Rapporto tecnico sulla produzione di cherosene da miscele H_2/CO_2 utilizzando miscele meccaniche di catalizzatori per la sintesi di *Fischer-Tropsch* modificata e di *hydrocracking* [M18]
- Rapporto tecnico sulla produzione di e-cherosene da miscele H_2/CO_2 utilizzando catalizzatori innovativi bifunzionali [M30]
- Rapporto tecnico sul modello cinetico sviluppato e sul design preliminare di un reattore alla scala pilota per la produzione di e-cherosene da miscele di CO_2 e idrogeno verde [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di metodologie sintetiche per la sintesi e caratterizzazione di catalizzatori bifunzionali per l'idrogenazione di CO₂ a DME

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.1 Ricerca e sviluppo di sistemi e processi P2G e e-fuel liquidi derivati dall'idrogeno di natura organica

LA2.1.2 Processi innovativi di produzione di DME mediante la conversione catalitica della CO₂ e idrogeno elettrolitico

Rif. Nr. Procedura: 2.1.2

Responsabile Accordo: Rosanna Viscardi

Responsabile LA: Rosanna Viscardi

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della linea di attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per lo sviluppo di nuove metodologie sintetiche per la preparazione e caratterizzazione di materiali bifunzionali innovativi per l'idrogenazione di CO₂ a DME. L'attività della prima fase riguarderà l'assemblaggio di un piccolo impianto su scala laboratorio, capace di operare a pressioni moderate (fino a circa 10 bar) per la produzione di DME a partire da metanolo e/o direttamente da CO₂ e H₂, necessario per lo screening iniziale dei materiali preparati. La reazione sarà promossa in presenza di uno dei catalizzatori eterogenei supportati su una matrice acida solfonica. Parallelamente si inizierà lo studio per permettere lo "scale up" del processo di preparazione del catalizzatore acido per il sistema catalitico eterogeneo fino a diverse decine di grammi.

Le attività della seconda parte del progetto riguarderanno gli aspetti sintetici di preparazione dei materiali prodotti, in particolare circa la messa a punto della tecnica migliore per la preparazione del letto catalitico nel caso della reazione condotta in un singolo reattore. Inoltre, saranno sviluppati due strategie complementari dal punto di vista impiantistico per poter sviluppare un processo in grado di effettuare in sequenza i due distinti passaggi per la conversione del gas di sintesi a DME. La

prima prevede l'utilizzo di due (micro)reattori in serie, di cui il primo impaccato con il catalizzatore che promuove la sintesi del metanolo da syngas mentre il secondo riempito con il materiale che promuove la disidratazione del metanolo a DME. Il secondo approccio prevede di sviluppare un metodo che permetta invece l'utilizzo di un unico reattore, in cui l'impaccamento dello stesso sia stato effettuato con entrambi i catalizzatori. Questa parte delle attività può permettere di ottenere delle condizioni di processo più semplici da controllare, avendo un corrispondente schema di impianto più semplificato, ma presenta al contempo un numero maggiore di punti da tenere sotto controllo per garantire la riuscita delle due reazioni.

La terza parte del progetto è basata sull'utilizzo di un unico materiale disegnato in modo che si comporti come un catalizzatore bifunzionale. Sulla base dei risultati ottenuti studiando i catalizzatori utilizzati singolarmente nei due step reattivi, è possibile prevedere di preparare un catalizzatore eterogeneo decorato con due distinti tipi di siti catalitici. I materiali ibridi polifunzionali possono essere ottenuti attraverso diverse strategie per la loro preparazione, quali la preparazione di ossidi metallici mesoporosi, sia utilizzando templanti hard o soft, e la sua funzionalizzazione tramite derivatizzazione dei silanoli superficiali. Una strategia complementare riguarda la possibilità di usare resine solfoniche, anche perfluorurate alle quali legare atomi metallici quali rame o zinco per ottenere i corrispondenti sali metallici immobilizzati. Una volta individuato il candidato più promettente, tale sistema catalitico bifunzionale sarà testato per accertarne la stabilità nel tempo e il suo riutilizzo per poter permettere un elevato numero di cicli catalitici.

L'ultima parte del progetto riguarda la preparazione di materiali eterogenei attraverso la più moderna sintesi meccano-chimica. L'opportuna ottimizzazione dei parametri del processo meccano-chimico può conferire ai materiali così preparati delle caratteristiche particolari quali la nanocristallinità, arrivando a controllare la precisa dimensione media delle particelle ottenute, e la presenza di alte concentrazioni di "defects", che sono spesso fondamentali per i processi catalitici. Lo studio dell'effetto di queste particolari morfologie verrà approfondito per riuscire ad individuare un materiale catalitico di seconda generazione che sia in grado di migliorare ancora le performance del processo. Verranno quindi valutate sia diverse taglie medie delle particelle sia la riduzione della quantità di fase attiva. Questi punti permetteranno di disperdere le fasi attive in matrici resistenti e a minor costo, riducendo il consumo di specie preziose a tutto vantaggio della sostenibilità economica ed ambientale del processo stesso.

Output

- Rapporto Tecnico "Scale-up del processo di sintesi di catalizzatori acidi per la sintesi diretta del DME" [M12]
- Rapporto Tecnico "Studi delle metodologie sintetiche con controllo dei relativi parametri per la sintesi di catalizzatori bifunzionali per l'idrogenazione di CO₂ a DME" [M24]
- Rapporto Tecnico "Sviluppo di catalizzatori bifunzionali per la sintesi diretta del DME" [M30]
- Rapporto Tecnico "Studi preliminari di materiali catalitici innovativi preparati con la sintesi meccano-chimica" [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sintesi e caratterizzazione di zeoliti semipermeabili all'acqua

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.1 Ricerca e sviluppo di sistemi e processi P2G e e-fuel liquidi derivati dall'idrogeno di natura organica

LA 2.1.3 Sviluppo di reattori a membrana per la sintesi di metanolo e altri e-fuel

Rif. Nr. Procedura: 2.1.3

Responsabile Accordo: Nadia Cerone

Responsabile LA: Nadia Cerone

Importo: 90.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Si chiede una collaborazione scientifica per lo sviluppo di materiali innovativi, non disponibili commercialmente, da utilizzare per la costruzione di membrane come parte di un reattore per la sintesi di metanolo e altri fuel da miscele di syngas, H₂ /CO /CO₂. La scala della sperimentazione sarà di circa 0.1-0.2 Nm³/h di syngas. La progettazione e la realizzazione delle membrane supportate sarà concordata ed approvata dal committente per assicurare la compatibilità del manufatto.

La collaborazione consisterà nella sintesi, caratterizzazione e sperimentazione di zeoliti operanti alle temperature e pressioni tipiche delle sintesi Fisher Tropsch che sono circa 180-220°C, 30-40 bar. Dovranno essere selezionate e sintetizzate membrane zeolitiche, stabili nelle condizioni di reazione e selettive alla permeazione di acqua e/o altri prodotti di reazione. Tali materiali potranno essere supportati su un inerte poroso, per esempio tubi di allumina.

In particolare, sarà richiesto di effettuare un confronto tra le prestazioni raggiungibili utilizzando diverse geometrie e diverse composizioni della miscela reattiva.

Output

- Rapporto tecnico "Sintesi e caratterizzazione delle zeoliti semipermeabili" [M12]
- Rapporto tecnico "Risultati preliminari prove di permeabilità" [M18]

- Rapporto tecnico “Test di permeabilità su supporti inerti in condizioni di reazioni prossime a quelle di esercizio di un impianto sperimentale da 0.1-0.2 Nm³/h” [M18]
- Fornitura di membrane realizzate per essere allocate nel reattore del committente [M24]
- Report finale [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Messa a punto, sviluppo e realizzazione di sensori chimici per il controllo ed il monitoraggio distribuito della rete.

PNRR POR H2

WP2.2 Ricerca e sviluppo di soluzioni per il trasporto, distribuzione e usi finali dell'idrogeno nelle reti del gas naturale

LA 2.2.1 Messa a punto, sviluppo e realizzazione di sensori chimici per il controllo ed il monitoraggio distribuito della rete

Rif. Nr. Procedura: 2.2.1

Responsabile Accordo: Tiziana Polichetti

Responsabile LA: Tiziana Polichetti

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La collaborazione ricercherà nuove soluzioni tecnologiche a basso consumo energetico per la rilevazione di idrogeno, in grado di limitare la temperatura operativa del circuito e la produzione di archi elettrici, possibili cause di innesco di incendi.

In particolare, sarà progettato e simulato un circuito passivo, privo di batteria, in grado di rilevare la presenza di idrogeno a temperatura ambiente e di trasmettere l'informazione desiderata tramite un sistema wireless, evitando l'introduzione di cablaggi e dispositivi attivi nell'ambiente di misura.

Le attività coinvolgeranno un organismo di ricerca che opera nel dominio applicativo ICT e progetta e realizza servizi/prodotti con caratteristiche innovative, nella ricerca e sviluppo di un sistema RFID in banda UHF in grado di fornire informazioni sulla presenza di gas. La rilevazione dell'idrogeno avverrà utilizzando materiali sensibili sviluppati dall'ENEA, integrati nel circuito dell'etichetta RFID (tag) opportunamente reingegnerizzata per comunicare la presenza del gas ad un interrogatore isolato dall'ambiente di misura. Lo scenario di monitoraggio sarà disseminato di sensori totalmente passivi, letti con una cadenza temporale prefissata e/o alla generazione di un evento/allerta da parte del sistema centralizzato di controllo.

Attività prevista:

1.1) Progettazione e realizzazione di un circuito su PCB idoneo alla misurazione di impedenza del materiale sensibile depositato tra 2 piazzole (in banda UHF tramite analizzatore vettoriale): l'attività prevede la progettazione e la realizzazione di un circuito di test per la misura di impedenza in banda UHF, dotato di due piazzole per la deposizione di una quantità predefinita del materiale sensibile; tale misura deve consentire di rilevare la presenza di idrogeno, validando il principio di funzionamento del sensore.

1.2) Test di impedenza in banda UHF, in camera climatica a temperatura e umidità controllate, dei materiali sensibili sviluppati da Enea: l'attività sarà articolata in diverse letture in condizioni di umidità e temperatura controllate, consentendo di valutare l'affidabilità e la sensibilità dei dispositivi.

1.3) Progettazione e simulazione in ambiente full-wave di un tag passivo, funzionante in banda UHF e realizzabile con tecnologie a basso costo: si progetterà una etichetta ("tag") passiva operante in banda UHF prestando particolare attenzione a limitarne i costi. Il circuito viene validato mediante un software per la simulazione full wave, che consente di misurare le performance del dispositivo in ambiente simulato.

1.4) Progettazione e simulazione del carico collegato all'antenna del tag comprendente il materiale sensibile e relativa riottimizzazione del design dell'intero transponder tramite software per analisi degli elementi finiti (COMSOL multiphysics): tale attività integra il punto 1.3 con un modello simulato del carico, includendo il materiale sensibile all'idrogeno. L'aggiunta di una nuova impedenza richiede un'ottimizzazione del circuito per assicurarne la funzionalità e limitare la degradazione delle performance causate dalla presenza del nuovo elemento.

1.5) Generazione dei CAD di progetto e prototipazione del tag: tale punto prevede l'esportazione e la consegna dei files di progetto in formato CAD, necessari per la produzione. In questa fase verranno anche sviluppati dei prototipi di tag secondo i CAD generati.

2.1) Sviluppo del software e del firmware per il setup di lettura RFID UHF in grado di gestire l'acquisizione dei parametri di interesse: il tag prodotto, in quanto dispositivo prototipale, non potrà essere testato con un semplice lettore RFID. Sarà necessario dunque un setup di misura progettato e realizzato ad hoc, opportunamente programmato e settato per fornire informazioni relative alle concentrazioni d'idrogeno rilevate attraverso una misura di scattering in banda UHF. Ci si occuperà della scrittura del firmware e delle modifiche software degli strumenti di laboratorio, predisponendo il setup di misura dopo un attento studio dei fenomeni fisici coinvolti.

Le attività preliminari verteranno sulla configurazione della strumentazione (lettore rfid, generatore di segnale in banda UHF, analizzatore di spettro, ecc), il posizionamento delle antenne e dei dispositivi sotto test utilizzando supporti per i tag con caratteristiche elettromagnetiche idonee a non inficiare la misura, salvataggio dei dati su dispositivi di storage.

2.2) Test di lettura RFID in banda UHF del tag sviluppato e sua caratterizzazione in ambiente controllato e in assenza di gas: le attività riguarderanno diversi prototipi disposti in diverse posizioni e con diversi segnali di interrogazione, registrando contemporaneamente i parametri atmosferici di interesse. Per una migliore comprensione del comportamento del sensore in scenari reali, si procederà a test del tag in camera climatica con rampe in temperatura e umidità programmabili.

2.3) Caratterizzazione del tag per diverse concentrazioni di idrogeno, nei laboratori ENEA: in questa fase si procederà ai test all'idrogeno con un setup di misura opportunamente modificato e riadattato ai laboratori ENEA. Il tag sarà sottoposto a diverse concentrazioni di idrogeno e saranno registrati i dati della camera ad ambiente e concentrazione di gas controllato insieme ai dati provenienti dal tag sperimentale sotto test.

2.4) Analisi dei dati e reportistica finale: tutti i dati ottenuti saranno oggetto di studio e analisi, dalla loro interpretazione scaturirà una caratterizzazione del sensore e una serie di sviluppi e ottimizzazioni futuribili.

Output

- Rapporto Tecnico “Progettazione del sensore di idrogeno [M12]
- Rapporto tecnico “Progettazione del sistema per il reading dei dati dal sensore” [M12]
- Realizzazione del prototipo del sensore [M24]
- Rapporto Tecnico “Validazione funzionale e prestazionale” [M36]
- Rapporto Tecnico “Identificazione delle criticità e dei criteri di ottimizzazione” [M36]
- Rapporto Tecnico “Ottimizzazione del sistema” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

***Analisi del ciclo di produzione dell'ammoniaca verde e del suo utilizzo come carrier dell'idrogeno
nell'ambito del***

PNRR POR H2

***WP2.3 Ricerca e sviluppo di tecnologie innovative per l'accumulo di idrogeno: liquido, materiali
solidi, soluzioni ibride, carriers liquidi di natura non organica***

***LA2.3.1 Stoccaggio dell'idrogeno sotto forma di ammoniaca con integrazione di vettori termici
ed elettrici rinnovabili***

Rif. Nr. Procedura: 2.3.1

Responsabile Accordo: Alberto Giaconia

Responsabile LA: Alberto Giaconia

Importo: 30.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della Linea di Attività LA2.3.1 l'ENEA dovrà studiare il ciclo integrato di produzione di ammoniaca verde quale mezzo di stoccaggio e trasporto dell'idrogeno. Tale studio comprende l'analisi di diversi aspetti: (i) il riadattamento del processo di sintesi dell'ammoniaca per essere alimentata da idrogeno prodotto con impianti di elettrolisi da fonti spesso intermittenti e non programmabili; (ii) applicazione di opportuni sistemi di generazione di azoto; (iii) il trasporto dell'ammoniaca su media e lunga distanza; (iv) il processo di rigenerazione dell'idrogeno dalla decomposizione dell'ammoniaca in idonei reattori; (v) l'intensificazione del processo, con efficaci recuperi termici ed elettrici che permettano di massimizzare l'efficienza dell'intero ciclo.

A tal fine l'ENEA intende avvalersi della collaborazione con un gruppo di ricerca avente consolidata esperienza nei processi di cui sopra. La collaborazione prevede, in particolare, i seguenti obiettivi:

- 1) Definizione di processi produttivi per ammoniaca "verde" che utilizzano idrogeno, sia elettrolitico sia di altra origine, ma prodotto interamente da fonti rinnovabili.
- 2) Collaborazione alla costruzione di modelli sulla piattaforma software Aspen+ con integrazione di tutti i processi necessari alla produzione di idrogeno e azoto nelle proporzioni richieste e con una particolare attenzione a tutte le possibili integrazioni energetiche e di flussi di massa

al fine di ottimizzare l'efficienza termica ed elettrica dell'intero processo produttivo in condizioni nominali di funzionamento.

- 3) Sviluppo di metodi per il calcolo off-design e di transitorio energetico dei processi prescelti nella fase 2) e definizione dei limiti operativi degli impianti al fine di evidenziare la compatibilità con fonti energetiche rinnovabili intermittenti al fine di valutare la flessibilità di uso e i componenti critici per il raggiungimento degli obiettivi di adattamento a profili energetici derivati da impianti rinnovabili esistenti.
- 4) Collaborazione alla definizione e al dimensionamento di sistemi di stoccaggio intermedi (idrogeno e azoto) e finali (ammoniaca) con valutazione preliminare degli aspetti legati alla sicurezza e alla logistica dei trasferimenti tra stoccaggi di tipo diverso.
- 5) Sviluppo di indicatori da analisi LCA dei processi con particolare attenzione alle carbon e water footprint e agli aspetti legati alla tossicità e all'eco-compatibilità in confronto con i processi di produzione di ammoniaca tradizionali.

Il gruppo con cui s'intende avviare la collaborazione dovrà possedere esperienza specifica nei seguenti settori: (i) usi dell'ammoniaca; (ii) problematiche di interfacciamento e utilizzo di fonti rinnovabili intermittenti nella produzione di ammoniaca "verde"; (iii) tecnologie "Power-to-fuel"; processi di liquefazione (iv); integrazione e ottimizzazione di sistemi energetici e di componenti per sistemi energetici; (v) uso di Aspen+.

Output

- Schemi di processo (flow sheet) e modelli di calcolo per impianti di sintesi dell'ammoniaca da idrogeno verde prodotto da elettrolisi alimentata da fonti rinnovabili [M6]
- Rapporto tecnico sull'analisi e ottimizzazione degli schemi di processo di cui sopra per la produzione, stoccaggio e trasporto dell'idrogeno [M18]
- Rapporto tecnico sull'analisi del ciclo di vita (LCA) [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio sistemi di accumulo per applicazioni stazionarie e di mobilità

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.3 Ricerca e sviluppo di tecnologie innovative per l'accumulo di idrogeno: liquido, materiali solidi, soluzioni ibride, carriers liquidi di natura non organica

LA2.3.8_A Sviluppo di soluzioni innovative per serbatoi di accumulo di idrogeno basati su idruri metallici

Rif. Nr. Procedura: 2.3.8_A

Responsabile Accordo: Viviana Cigolotti

Responsabile LA: Viviana Cigolotti

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività in oggetto riguarderà la progettazione e la validazione di sistemi di accumulo di idrogeno all'interno di idruri metallici. In particolare, dovranno essere condotte due linee di ricerca connesse tra loro: la prima, sarà inerente lo sviluppo di un sistema di accumulo per applicazioni stazionarie, mentre la seconda riguarderà lo sviluppo di un sistema di accumulo di energia ibrido, costituito da batterie e idruri metallici, per implementazione a bordo di veicoli ibridi a celle a combustibile.

L'attività di ricerca dovrà essere incentrata sulla determinazione di configurazioni ottimali di sistema che, insieme ad avanzati sistemi di gestione termica, rappresentino delle soluzioni tecniche efficienti, economiche e sicure. A tal fine, verrà adottata una metodologia di progettazione basata sui principi di modularità e scalabilità, per consentire l'implementazione e l'integrazione delle nuove soluzioni di stoccaggio dell'idrogeno sia in ambito automotive, per mezzi di trasporto stradale di diverso tipo, che più in generale nelle stazioni di rifornimento.

A tal fine, l'attività si dovrà avvalere di metodologie sia numeriche che sperimentali. In particolare, il sistema di accumulo stazionario verrà studiato attraverso lo sviluppo di modelli numerici, che consentiranno di valutare la scalabilità del sistema proposto a taglie anche molto elevate (capacità di idrogeno comparabile con quella dei sistemi stazionari a gas compresso). Il sistema di accumulo

avrà struttura modulare, in cui ogni modulo sarà costituito da serbatoi di forma cilindrica, alla stregua di quelli più comuni a gas compresso. Grande attenzione dovrà essere data alla caratterizzazione delle prestazioni termiche e cinetiche dei serbatoi e alla progettazione di un sistema di gestione termica ottimale, in grado sia di fornire adeguatamente calore durante le fasi di desorbimento dell'idrogeno dagli idruri metallici, sia di favorire tempi brevi di rifornimento, sottraendo calore durante l'assorbimento.

Per quanto riguarda le applicazioni di mobilità, l'attività dovrà portare alla realizzazione di un prototipo di serbatoio ibrido idruri metallici/batterie per veicoli light-duty ibridi a celle a combustibile. La fase progettuale partirà dalla definizione dei requisiti di energia e idrogeno attesi per selezionati veicoli di riferimento, e sulla base di profili di missione realistici. In tale fase, verranno pertanto implementati modelli dinamici per la simulazione di powertrain ibridi batterie/celle a combustibile e individuate le architetture ottimali dei powertrain considerati. Quindi, sulla base dei requisiti energetici e di gestione termica dei componenti principali del gruppo propulsore, e tenendo conto dei requisiti tecnici a bordo del veicolo selezionato, dovrà essere progettato un sistema di stoccaggio ibrido di energia, modulare, che preveda l'integrazione termica di serbatoi ad idruri metallici con il pacco batteria. La fase di progettazione sarà supportata da attività di modellazione solida 3D e simulazione numerica. Infine, un prototipo costituito da un modulo di sistema ibrido verrà realizzato e testato in ambiente controllato, in modo da convalidare la tecnologia proposta. Saranno dunque valutati per via sperimentale gli effetti legati al layout del sistema, in termini di capacità di trasferimento del calore, distribuzione della temperatura all'interno sia degli idruri che delle batterie, e pressione operativa. Le prestazioni di tale sistema dovranno essere esaustivamente caratterizzate considerando diverse condizioni operative del powertrain del veicolo.

Output:

- Rapporto Tecnico "Requisiti dei sistemi di stoccaggio idrogeno" [M6]
- Rapporto Tecnico "Validazione numerica del sistema di accumulo ibrido per applicazioni automotive" [M18]
- Rapporto Tecnico "Design del serbatoio ad idruri metallici per applicazioni stazionarie" [M30]
- Rapporto Tecnico "Validazione sperimentale del sistema di accumulo ibrido per applicazioni automotive" [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio sistemi di accumulo integrati idruri metallici (MH) -PCM

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.3 Ricerca e sviluppo di tecnologie innovative per l'accumulo di idrogeno: liquido, materiali solidi, soluzioni ibride, carriers liquidi di natura non organica

LA2.3.8_B Sviluppo di soluzioni innovative per serbatoi di accumulo di idrogeno basati su idruri metallici

Rif. Nr. Procedura: 2.3.8_B

Responsabile Accordo: Viviana Cigolotti

Responsabile LA: Viviana Cigolotti

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

I sistemi di accumulo allo stato solido basati sulla tecnologia degli idruri metallici hanno dimostrato un notevole potenziale per applicazioni terrestri, essendo basati su un processo reversibile che garantisce elevata densità volumetrica, sicurezza di utilizzo, e maggiore efficienza rispetto ai sistemi criogenici o all'accumulo ad alta pressione. Ciononostante, gli attuali sistemi basati sugli idruri metallici non sono competitivi dal punto di vista tecnico economico a causa della cinetica lenta e della notevole difficoltà nel controllo delle temperature (e quindi della pressione di equilibrio) del serbatoio. Pertanto, lo sviluppo di sistemi avanzati di controllo termico è fondamentale per migliorare le performance degli idruri metallici. Attualmente vengono utilizzati sistemi attivi di controllo termico che consumano energia (riducendo l'efficienza del sistema), richiedono un sistema di attuazione dedicato, ed aumentano la massa ed il volume del serbatoio. Si richiede quindi la progettazione e lo sviluppo di un sistema completamente passivo di gestione termica di un serbatoio di accumulo di idrogeno basato su idruri metallici che sia in grado di controllarne con precisione la temperatura e che ne incrementi significativamente la densità di potenza. In particolare, l'attività dovrà:

- dimostrare la scalabilità della tecnologia dai kWh fino ai MWh di taglia;

- accumulare o utilizzare il calore di reazione dell'idruro al fine di incrementare l'efficienza del sistema;
- non causare un incremento significativo della massa del sistema;
- considerare adeguatamente tutti gli aspetti legati alla trasmissione del calore tra il serbatoio ed il sistema di controllo ed all'interno del serbatoio stesso, alla scelta dei materiali (idruro metallico e mezzi di scambio/accumulo termico) ed all'integrazione di sistema;
- dimostrare che il sistema complessivo può essere competitivo con lo stato dell'arte dell'accumulo dell'energia elettrica (e.g. batterie).

Output:

- Rapporto Tecnico "Requisiti dei sistemi di stoccaggio idrogeno" [M6]
- Rapporto Tecnico "Validazione numerica del sistema completamente passivo di gestione termica di un serbatoio di accumulo di idrogeno basato su idruri metallici" [M18]
- Rapporto Tecnico "Validazione sperimentale del sistema completamente passivo di gestione termica di un serbatoio di accumulo di idrogeno basato su idruri metallici" [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio sistemi di accumulo per applicazioni navali

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.3 Ricerca e sviluppo di tecnologie innovative per l'accumulo di idrogeno: liquido, materiali solidi, soluzioni ibride, carriers liquidi di natura non organica

LA2.3.8_C Sviluppo di soluzioni innovative per serbatoi di accumulo di idrogeno basati su idruri metallici

Rif. Nr. Procedura: 2.3.8_C

Responsabile Accordo: Viviana Cigolotti

Responsabile LA: Viviana Cigolotti

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Al fine di studiare il dimensionamento ottimale e l'integrazione/accoppiamento di sistemi di accumulo di idrogeno basati su Idruri Metallici (MH) e sistemi Fuel Cell (FC) da installare a bordo nave (per fornire potenza ai servizi di bordo o alla propulsione – a seconda della natura/scopo della nave), sarà importante sviluppare modelli in grado di analizzare il sistema integrato MH+FC su due livelli:

- 1) Una valutazione tecnico-economica delle tecnologie FCH disponibili per applicazioni marittime (a livello di generazione di energia e stoccaggio di idrogeno MH) anche per ottimizzare il dimensionamento di entrambe le tecnologie (stoccaggio MH e PEMFC) attraverso un'analisi multicriterio (considerando volumi/pesi a bordo, emissioni evitate e CAPEX/OPEX) e valutare la soluzione più adatta per il natante e lo scenario operativo in analisi (e.g. solo servizi hoteling, APU...). L'obiettivo di questa analisi è poter creare delle correlazioni tra il dimensionamento dello stoccaggio MH e la capacità della PEMFC allo scopo di dimensionare i sistemi da installare a bordo in base al tipo di nave, allo scopo della generazione di energia ecc.
- 2) Un'analisi dinamica per studiare come scaricare correttamente i MH (anche per ottimizzare la loro gestione termica grazie alle soluzioni TES proposte) in base alle esigenze di viaggio/operazione

del natante. Per fare ciò sarà importante realizzare un modello dinamico (in MATLAB Simulink o ambiente di modellazione simile) di una nave di riferimento per sviluppare un modello dinamico di MH+PEMFC+TES che possa facilitare lo sviluppo della strategia di controllo dei sistemi in analisi. Entrambe le attività di modellazione dovranno essere validate a TRL4 tramite un test bench composto da una PEMFC e un sistema di accumulo di idrogeno MH da 30 kWh (~ 2 kg H₂) (da realizzare come prototipo selezionando materiali MH sul mercato con composizione idonea alle temperature e pressioni di assorbimento e desorbimento individuate dal sistema integrato PEMFC+TES+MH) sviluppato per l'emulazione di diverse condizioni operative di una nave di riferimento (es. manovra, navigazione in porto, hoteling, propulsione ausiliaria ecc.).

Output:

- Rapporto Tecnico “Requisiti dei sistemi di stoccaggio idrogeno” [M6]
- Rapporto Tecnico “Validazione numerica del sistema di accumulo ibrido per applicazioni navali” [M18]
- Rapporto Tecnico “Rapporto Tecnico “Design del serbatoio ad idruri metallici per applicazioni a bordo di navi” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio e ottimizzazione tecnico-economica del dimensionamento e dell'esercizio dei principali componenti di stazioni di rifornimento a idrogeno

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.4 Sviluppo ed ottimizzazione di componenti e sistemi per le stazioni di rifornimento ad idrogeno per migliorarne efficienza e ridurre occupazione del suolo

LA2.4.1_A Studio e ottimizzazione tecnico-economica del dimensionamento e dell'esercizio dei principali componenti di stazioni di rifornimento a idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 2.4.1_A

Responsabile Accordo: Massimiliano Della Pietra

Responsabile LA: Massimiliano Della Pietra

Importo: 60.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La presente attività ha lo scopo di sviluppare un tool per lo studio dei principali componenti di stazioni di rifornimento di idrogeno. Si analizzeranno le potenziali configurazioni ed i possibili layout di strutture di rifornimento di idrogeno, atte a servire flotte di veicoli operanti con serbatoi a 350 e 700 bar.

Il tool che sarà sviluppato, si concentrerà sul dimensionamento dei principali componenti di stazioni di rifornimento di idrogeno, attraverso considerazioni tecnico-economiche, basandosi su diverse taglie dell'infrastruttura e sul tipo servizio offerto (e.g. HRS aperte al pubblico, HRS asservite a trasporto pubblico locale, HRS inserite in contesti industriali per movimentazione merci, flotte aziendali di autovetture, HRS asservite al trasporto ferroviario o portuale), tenendo al contempo presente diversi profili di domanda di rifornimento di idrogeno, i quali definiranno i requisiti funzionali della HRS quali: quantità di idrogeno rifornito (kg/giorno di idrogeno erogato per veicolo e totale), pressione nominale di rifornimento dei mezzi, frequenza dei rifornimenti, fattore di carico rispetto alla capacità nominale della HRS. Il modello sarà risolto secondo la definizione di una o più funzioni obiettivo in relazione a indicatori di performance della HRS (e.g. minimizzazione del LCOH all'erogatore,

minimizzazione degli OPEX, massimizzazione del numero di rifornimenti per unità di tempo, massimizzazione del fattore di carico della HRS). I risultati tecnico-economici e quindi anche gli indicatori di performance della HRS verranno calcolati mediante la risoluzione di un modello tecnico-economico semplificato del sistema HRS integrato nella configurazione selezionata.

Vista la complessità delle attività descritte, e la necessità di mantenere il tool come strumento flessibile ed eventualmente integrabile con il divenire delle tecnologie analizzate, la modellazione, per entrambe le fasi, avverrà in ambiente di calcolo dedicato per applicazioni ingegneristiche complesse, quale ad esempio Matlab/Simulink, in cui verranno implementati e generati ad hoc i vari blocchi dei componenti considerati. Tali blocchi saranno quindi integrati e messi in comunicazione tra loro secondo gli scenari ed i layout previsti per la stazione di rifornimento di idrogeno.

Si auspica, inoltre, la validazione del modello sviluppato, attraverso dati sperimentali ottenuti tramite prove tecniche condotte in collaborazione con ENEA o con Enti di Ricerca Internazionali.

Si richiede esperienza comprovata nelle tematiche sopramenzionate, al fine di approfondire ed accelerare le attività di ricerca verso lo sviluppo di un tool flessibile e fruibile.

Output:

- Rapporto Tecnico: “Messa a punto e sviluppo del software/tool di dimensionamento ottimale dei componenti della HRS” [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di modelli di ottimizzazione dell'esercizio dei principali componenti costituenti di stazioni di rifornimento a idrogeno (HRS)

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.4 Sviluppo ed ottimizzazione di componenti e sistemi per le stazioni di rifornimento ad idrogeno per migliorarne efficienza e ridurre occupazione del suolo

LA2.4.1_B Studio e ottimizzazione tecnico-economica del dimensionamento e dell'esercizio dei principali componenti di stazioni di rifornimento a idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 2.4.1_B

Responsabile Accordo: Massimiliano Della Pietra

Responsabile LA: Massimiliano Della Pietra

Importo: 60.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività prevede lo sviluppo di un modello numerico in grado di ottimizzare l'esercizio di una stazione di rifornimento a idrogeno una volta individuati diversi profili di domanda di rifornimento di idrogeno, i quali definiranno i requisiti funzionali della HRS quali: quantità di idrogeno rifornito (kg/giorno di idrogeno erogato per veicolo e totale), pressione nominale di rifornimento dei mezzi, frequenza dei rifornimenti, fattore di carico rispetto alla capacità nominale della HRS.

Nello specifico la messa a punto e lo sviluppo del modello di ottimizzazione dell'esercizio dei vari componenti della stazione di rifornimento dovrà tenere conto delle fasi transitorie di operazione (fase di ricarica dei veicoli, fase di compressione, etc.) secondo la simulazione con una risoluzione temporale di dettaglio (dell'ordine del secondo/minuto) dei flussi coinvolti nei vari componenti in termini di portate, temperature, pressioni, etc. Compatibilmente con la disponibilità di dati on field anche provenienti da progetti europei il modello di ottimizzazione di esercizio verrà affinato e validato, al fine di ottenere il grado di affidabilità più elevato possibile dall'attività.

Una volta che il modello sarà stato validato si esplorerà, inoltre, l'opportunità di integrare il modello di ottimizzazione dell'esercizio con il modello di ottimizzazione del dimensionamento, messo a punto nella linea di attività in questione, per la risoluzione di un problema integrato di optimal design-operation

rispetto a due problemi separati di optimal design e optimal operation, che potrebbero seguire logiche diverse in termini di parametri da ottimizzare.

Output:

- Rapporto Tecnico: “Messa a punto e sviluppo del software/tool per l’ottimizzazione della fase di esercizio della HRS” [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio e sviluppo di modelli di ottimizzazione di stazioni di rifornimento a idrogeno (HRS) alimentate da fonti rinnovabili on-grid e off-grid o da feedstock alternativi (biofuel, e-fuel)

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.4 Sviluppo ed ottimizzazione di componenti e sistemi per le stazioni di rifornimento ad idrogeno per migliorarne efficienza e ridurre occupazione del suolo

LA2.4.2 Studio e sviluppo di modelli di ottimizzazione di stazioni di rifornimento a idrogeno (HRS) alimentate da fonti rinnovabili on-grid e off-grid o da feedstock alternativi (biofuel, e-fuel)

Rif. Nr. Procedura: 2.4.2

Responsabile Accordo: Viviana Cigolotti

Responsabile LA: Viviana Cigolotti

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Obiettivo principale delle attività di ricerca dovrà riguardare la definizione e l'analisi tecnico-economica di diverse configurazioni impiantistiche per stazioni di rifornimento a idrogeno verde (Green Hydrogen Refueling Stations) basate sull'impiego di energia rinnovabile non programmabile (solare e/o eolica) o feedstock alternativi (biofuel e e-fuel). Le configurazioni proposte dovranno inoltre prevedere soluzioni on-grid e off-grid.

Lo studio di fattibilità tecnico-economica delle diverse configurazioni impiantistiche e l'individuazione delle soluzioni ottimali dovrà essere condotto mediante lo sviluppo di modelli di ottimizzazione multi-obiettivo che tengano conto sia degli aspetti strettamente legati alla specifiche progettuali del sistema (caratteristiche della fonte rinnovabile o del feedstock alternativo, profili di rifornimento giornalieri, gestione dei flussi energetici, etc), sia delle tecnologie disponibili in termini di caratteristiche di funzionamento, affidabilità e costi.

Nello specifico le attività di ricerca dovranno essere focalizzate su: i) definizione dei possibili layouts d'impianto sulla base della fonte rinnovabile e delle tecnologie per la produzione (via elettrolisi o via termochimica), compressione e accumulo, con riferimento alla modalità on-grid o off-grid; ii)

sviluppo di modelli numerici di ottimizzazione per il dimensionamento delle stazioni di rifornimento e per la definizione delle condizioni operative in base al tipo di fonte rinnovabile (o al tipo di feedstock alternativo), ai possibili profili di rifornimento e alla modalità di alimentazione on-grid (per diverse % di integrazione della rete) e off-grid; iii) valutazioni tecnico-economiche sulle HRSs e analisi di sensitività sul costo livellizzato dell'idrogeno (LCOH) al variare delle configurazioni individuate e dei diversi parametri operativi della stazione; iv) sostenibilità economica ed ambientale delle HRSs valutata attraverso analisi LCC (Life Cycle Cost), WTW (Well-To-Wheel) e LCSA (Life Cycle Sustainable Assessment).

Output:

- Rapporto Tecnico “Selezione dei componenti per la produzione, la compressione e lo stoccaggio d'idrogeno” [M6]
- Rapporto Tecnico “Definizione delle diverse configurazioni impiantistiche con le quali realizzare stazioni di rifornimento, in base alla fonte rinnovabile (o ai feedstock alternativi), alla capacità della stazione e al tipo di collegamento con la rete” [M18]
- Rapporto Tecnico “Sviluppo dei modelli numerici e sui risultati ottenuti in termini prestazioni energetiche” [M30]
- Rapporto Tecnico “Risultati dell'analisi tecnico-economica ed ambientale per le configurazioni ottimali individuate” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Modellazione matematica e numerica di misuratori per miscele di gas naturale ed idrogeno

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.5 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per P2G, e-fuel e accumulo di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA2.5.1 Modellazione matematica e numerica di misuratori per miscele di gas naturale ed idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 2.5.1

Responsabile Accordo: Paola Gislon

Responsabile LA: Paola Gislon

Importo: 75.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività di ricerca prevista consisterà nello sviluppo e validazione di un modello matematico e numerico tridimensionale, in grado di descrivere il comportamento e le prestazioni metrologiche di una tipologia selezionata di misuratori di volume di gas utilizzati nelle reti di distribuzione e trasporto del gas naturale in presenza di miscele di idrogeno e gas naturale con contenuto di idrogeno via via crescente fino al 100%. Il modello matematico sarà implementato e risolto numericamente utilizzando un codice di calcolo non commerciale di tipo open source basato sul metodo dei volumi finiti. Il modello potrà essere utilizzato per: i) investigare differenti condizioni operative (e.g. portata volumetrica, temperatura e pressione); ii) effettuare un'analisi parametrica difficile da ottenere mediante una campagna di misure sperimentali; iii) ottenere informazioni dettagliate circa i campi termofluidodinamici (e.g. densità e viscosità del fluido); iv) analizzare gli effetti di deriva della curva caratteristica del misuratore valutando gli stress termici dei materiali in funzione delle condizioni operative. Particolare attenzione sarà posta alla definizione dei modelli utilizzati per la descrizione delle proprietà termodinamiche del gas in misura ed alle prestazioni di diversi modelli di turbolenza. Sarà fornito supporto alla progettazione di un banco prova per

effettuare test di validazione del modello sviluppato in condizioni operative significative per le reti di trasporto e distribuzione gas.

Output

- Rapporto tecnico “Sviluppo di un modello matematico e numerico per la determinazione delle proprietà delle miscele di gas naturale ed idrogeno” [M6]
- Rapporto tecnico “Modellazione matematica e numerica di misuratori utilizzati nelle reti di trasporto e distribuzione del gas” [M12]
- Rapporto tecnico “Progettazione di prove di laboratorio finalizzate alla validazione del modello matematico e numerico” [M18]
- Rapporto tecnico “Ottimizzazione numerica delle condizioni di funzionamento di un misuratore del gas” [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Definizione di norme e metodiche per la definizione delle caratteristiche di qualità e di prestazione degli e-fuels

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.5 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per P2G, e-fuel e accumulo di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA2.5.3 Definizione di procedure sperimentali per la qualifica delle caratteristiche e prestazioni di e-fuels

Rif. Nr. Procedura: 2.5.3

Responsabile Accordo: Giuseppina Vanga

Responsabile LA: Giuseppina Vanga

Importo: 50.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività richiesta ha come scopo principale la definizione di procedure sperimentali per la qualifica di caratteristiche e prestazioni degli e-fuels, combustibili green che possono essere utilizzati in sostituzione del combustibile fossile tradizionale oppure miscelati con esso. Focalizzando l'attenzione su jet fuels con il processo Fischer Tropsch. La caratterizzazione dei nuovi combustibili risulta essenziale per individuare il campo di applicazione e prevederne l'impatto, in termini di performance e di emissioni del loro utilizzo su scala reale. In quest'ambito, dopo avere selezionato i principali e-fuels di riferimento, saranno sviluppate metodologie finalizzate alla caratterizzazione dei combustibili sintetici in modo da confermarne la corrispondenza con gli standard qualitativi degli omologhi fossili, tra cui proprietà chimico-fisiche, specifiche tecniche e composizione chimica.

L'individuazione dei protocolli di analisi e dei test dovrà considerare la natura innovativa dei combustibili e la possibilità di analizzare campioni in piccole quantità, mantenendo la rappresentatività dell'analisi, in considerazione della scala ancora non commerciale degli impianti

di produzione. In tale elaborazione si farà riferimento sia ai metodi normati, previsti ad esempio dalle specifiche ASTM, ISO CEN, che ai metodi non normati. La definizione di procedure sperimentali, oltre ad individuare le caratteristiche del nuovo combustibile nel suo complesso, si pone l'obiettivo di ottenere informazioni utili alla definizione dei test prestazionali degli e-fuels ad esempio su banchi prova o su prototipi. Per poter definire il combustibile prodotto nelle varie fasi del progetto come jet fuel si rende necessario caratterizzarlo analiticamente. Ci si propone di utilizzare sia metodi normati, previsti dalle specifiche ASTM D1655 e DEF STAN 91-091 che non normati. Per i primi le caratteristiche che verranno prese in considerazione sono (almeno) la densità, la viscosità, l'acidità totale, il contenuto di aromatici, il potere calorifico, il punto di infiammabilità, il punto di congelamento, le caratteristiche di distillazione e di corrosività, il contenuto di gomme. In merito ai secondi, data la specificità del progetto, si ritiene utile una caratterizzazione di dettaglio degli idrocarburi prodotti mediante DHA (detailed hydrocarbon analysis) che si propone di sviluppare mediante GC-VUV (Gas Chromatography – Vacuum Ultraviolet Spectroscopy). L'utilizzo di ulteriori tecniche di caratterizzazione dovrà essere altresì previsto al fine di consentire una più appropriata speciazione dei componenti costituenti l'efuels.

Output

- Rapporto tecnico “Principali caratteristiche e performance degli e-fuels” [M6]
- Rapporto tecnico “Norme e metodiche per la definizione delle caratteristiche di qualità e di prestazione degli e-fuels” [M18]
- Rapporto tecnico “Protocolli di analisi e procedure di test per la valutazione di qualità degli e-fuels in particolare jet fuels” [M30]
- Rapporto tecnico “Caratteristiche e specifiche tecniche degli e-fuels, con maggiore attenzione ai jet fuels, necessarie per implementare modelli di emulazione dell'utilizzo dei combustibili green su scala reale” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio degli impatti ambientali di sistemi integrati per l'immagazzinamento di idrogeno

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.5 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per P2G, e-fuel e accumulo di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA2.5.5 Analisi degli impatti ambientali ed economici relativi a sistemi integrati per l'immagazzinamento dell'idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 2.5.5

Responsabile Accordo: Claudio Carbone

Responsabile LA: Claudio Carbone

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La presente attività riguarda il supporto scientifico e tecnico sul ruolo strategico che la filiera italiana dell'idrogeno può avere per la decarbonizzazione dei settori di uso finale dell'energia, concentrandosi sulla valutazione dei vari impatti ambientali e climatici, oltre al potenziale di diffusione nel mercato. A tal fine saranno realizzati inventari dettagliati 'bills of materials' e bilanci di massa ed energia, nonché dei relativi costi, di tecnologie, applicazioni e intere filiere di tecnologie dell'idrogeno che includano tutte le fasi di filiera: produzione, trasporto e stoccaggio, ed utilizzo finale. Un focus particolare sarà dedicato alle fasi di distribuzione e stoccaggio e verranno inclusi gli stoccaggi di tipo sotterraneo e in serbatoio, e diversi step di trasporto e distribuzione prima del consumo. Le filiere e tecnologie da modellare sono principalmente quelle sviluppate nell'ambito delle attività di ricerca del POR; filiere e tecnologie alternative saranno

descritte con informazioni da letteratura. I dati di inventario saranno quindi utilizzati per la valutazione degli impatti ambientali e sociali con metodologia LCA e LCA sociale.

Output

Il prodotto finale dell'attività consisterà in un report tecnico, aggiornato ed ampliato annualmente, che descriva i risultati dell'analisi di inventario ed i risultati dell'analisi degli impatti ambientali, climatici e sociali, del rapporto costi-benefici e del rapporto costo-efficacia delle diverse soluzioni proposte [M12, 24, 36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Attività di formazione sulle tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP2.5 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e processi innovativi per P2G, e-fuel e accumulo di idrogeno, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA2.5.6 Utilizzo della H2 Valley e dei laboratori presenti nei Centri di Casaccia, Portici, Bologna per promuovere formazione sulle diverse tecnologie per il trasporto e l'accumulo di idrogeno.

Rif. Nr. Procedura: 2.5.6

Responsabile Accordo: Claudia Bassano

Responsabile LA: Claudia Bassano

Importo: 60.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La transizione energetica richiede indubbiamente investimenti, oltre che nello sviluppo tecnologico, anche in azioni di crescita culturale rivolte ai cittadini, cui dev'essere fornita l'opportunità di aggiornare e riqualificare le proprie conoscenze sugli argomenti più innovativi.

Di assoluto rilievo è favorire la divulgazione, l'istruzione e la formazione a tutti i livelli per sviluppare un'ampia base di conoscenze sulle potenzialità dell'utilizzo dell'idrogeno e di competenze specifiche sulle tecnologie e usi finali ad esso collegati. Per la diffusione e l'utilizzo dell'idrogeno su larga scala è necessario supportare la crescita e formazione di figure professionali.

Gli obiettivi principali sono:

- fornire accesso a conoscenze professionali e abilità pratiche di alta qualità nell'area delle tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels;
- formare una forza lavoro adeguata e capace per costruire e mantenere una catena del valore competitiva dell'idrogeno pulito e far crescere l'industria emergente delle sulle tecnologie

innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels.

Per tali ragioni è richiesta una collaborazione con un istituto universitario, con provata esperienza nei processi chimici per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels, che dovrà provvedere a organizzare corsi, eventi, sessioni di apprendimento pratico e materiali didattici relativi alla tecnologia delle tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels.

Nello specifico l'università dovrà occuparsi di:

- sessioni tematiche all'interno di master universitari;
- corsi specifici sul tema delle tecnologie, basandosi su un'esperienza consolidata sulla tematica in oggetto;
- realizzazione di pacchetti di formazione con prodotti audio-visivi sulla tematica specifica;
- individuare modalità interattive di approccio alla tematica della produzione di idrogeno con intento di formazione di studenti e operatori del settore.

In particolare, i risultati attesi sono:

- Definizione programmi di formazione
- Organizzazione di sessioni tematiche di master universitari dedicati alla tematica idrogeno e tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels ;
- Organizzazione di eventi, corsi e piattaforme di diffusione di prodotti di formazione scolastica e professionale.
- Organizzazione di eventi, corsi e piattaforme di diffusione di prodotti di formazione universitaria e postuniversitaria.

Output

- Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels 1° anno" [M6]
- Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels 2° anno" [M18]
- Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels 3° anno" [M30]

- Rapporto tecnico “Impatti derivanti dalle azioni di formazione/divulgazione sul tema delle tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell'idrogeno e la sua trasformazione in derivati ed e-fuels” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di metodi e processi per la preparazione e la caratterizzazione di membrane funzionanti ad alta T

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.1_A Sviluppo di processi per la produzione di membrane a conduzione protonica ad alta temperatura

Rif. Nr. Procedura: 3.1.1_A

Responsabile Accordo: Alfonso Pozio

Responsabile LA: Alfonso Pozio

Importo: 70.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito dell'attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate alle formulazioni di ionomeri e membrane a conducibilità protonica per alte temperature stabili e performanti. La collaborazione è rivolta a soggetti con rilevante esperienza nella sintesi di polimeri funzionali inclusi polimeri conduttori e polielettroliti. Tale esperienza dovrà essere in particolare sulla preparazione di materiali polimerici a conducibilità protonica capaci di sopperire alle problematiche del Nafion, ovvero l'alto costo e la bassa conducibilità protonica a alta temperatura in condizioni di scarsa idratazione, l'eccessivo crossover di combustibile.

L'attività di collaborazione prevederà dunque:

1. Ottimizzazione di miscele per elettrospinning, con riferimento in particolare alla valutazione del sistema solvente più idoneo, studio della concentrazione, ottimizzazione delle condizioni operative in termini di pH, T, eventuale induzione di cristallizzazione, etc.
2. Messa a punto di miscele composite mediante la sperimentazione di additivi sia di natura organica che inorganica, al fine di migliorare: proprietà meccaniche (flessibilità, resistenza delle fibre, etc...); conduzione protonica (mediante aggiunta di molecole che possono

essere funzionalizzate o coadiuvare la funzionalizzazione); miglioramento della conducibilità in condizioni di ridotta quantità di acqua.

3. Testing di altri polimeri che si possono prestare ad applicazioni ad alta temperatura, per opportuna funzionalizzazione (PS, PPO, copolimeri, ...) sviluppo di blend per successiva elettrofilatura.
4. Caratterizzazione dei provini di film polimerici prodotti mediante tecniche di analisi chimica, strutturale, termica, e morfologica.
5. Caratterizzazione delle fibre prodotte prevalentemente mediante analisi termica (TGA-DSC), meccanica (DMTA), strutturale (diffrazione raggi X) e morfologica (OM, SEM, TEM, AFM).

Output

- Rapporto tecnico: “Metodi e processi per la preparazione e la caratterizzazione di membrane funzionanti ad alta temperatura” [M12]
- Rapporto tecnico “Individuazione e caratterizzazione di sistemi polimerici per applicazioni ad alta temperatura” [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Formulazioni di ionomeri e membrane cationiche per alte temperature

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.1_B Sviluppo di processi per la produzione di membrane a conduzione protonica ad alta temperatura

Rif. Nr. Procedura: 3.1.1_B

Responsabile Accordo: Alfonso Pozio

Responsabile LA: Alfonso Pozio

Importo: 75.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito dell'attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate alle formulazioni di ionomeri e membrane a conducibilità protonica per alte temperature stabili e performanti. La collaborazione è rivolta a soggetti con rilevante esperienza nella sintesi di polimeri funzionali inclusi polimeri conduttori e polielettroliti. Tale esperienza dovrà essere in particolare sulla preparazione di materiali polimerici a conducibilità protonica capaci di sopperire alle problematiche del Nafion, ovvero l'alto costo e la bassa conducibilità protonica a alta temperatura in condizioni di scarsa idratazione, l'eccessivo crossover di combustibile. A tale scopo ionomeri polistirenici, di polimeri a base di etilenossido e arileteresulfone e loro copolimeri, funzionalizzati da unità solfoniche come gruppi laterali alla catena macromolecolare saranno preparati per l'ottenimento di membrane a conducibilità protonica per celle a combustibile. I materiali prodotti dovranno garantire sufficienti proprietà meccaniche per sostenere gli stress meccanici durante il funzionamento della membrana.

L'attività di collaborazione prevederà dunque la preparazione e fornitura dei precursori necessari alla sintesi mediante elettrofilatura ed alle successive tecniche di solfonazione delle membrane sviluppate. Inoltre, l'attività prevederà la caratterizzazione dei materiali sviluppati membrane

cationiche e relativi ionomeri con gruppi carichi negativamente per la necessaria conducibilità ionica. In particolare, la collaborazione dovrà indirizzarsi allo studio dei seguenti sistemi polimerici ionomerici e alla messa a punto delle corrispondenti membrane cationiche per la caratterizzazione elettrochimica e la valutazione delle prestazioni in celle elettrolitiche protonica (PEM) prototipali.

1. Ionomeri: saranno oggetto dello studio ionomeri a base di composti perfluorurati a basso peso molecolare come, ad esempio, i liquidi ionici caratterizzati da eccellente stabilità termica e conducibilità protonica nell'intervallo di temperatura di lavoro della cella e caratterizzati da bassa volatilità. Derivati di alchil-imidazolo trifluorometansulfonato saranno presi in considerazione e le loro prestazioni studiate in funzione della lunghezza del raggruppamento alchilico.
2. Membrane: saranno inoltre oggetto della collaborazione la realizzazione di membrane a scambio protonico a partire da polistireni funzionalizzati con gruppi solfonici e da copolimeri stirenici contenenti unità ripetenti di butadiene (idrogenato e non) allo scopo di modulare le proprietà meccaniche nell'intervallo di temperatura di funzionamento della membrana. Membrane PEM alternative saranno ottenute a partire da polimeri a base di etilenossido e arileteresulfone e loro copolimeri, funzionalizzati da unità solfoniche come gruppi laterali alla catena macromolecolare, con lo scopo di incrementare la resistenza termica e chimica nel tempo.

Output

- Rapporto tecnico: "Sintesi di ionomeri a base di polichetone funzionalizzato" [M12]
- Fornitura di ionomeri ottenuti da sintesi a base di polichetone funzionalizzato in soluzioni di vari solventi [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sintesi e caratterizzazione di catalizzatori alternativi a basso costo per celle a combustibile a bassa temperatura

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.3_A Sviluppo di elettrocatalizzatori basati su metalli e leghe di metalli M/C ad elevata area superficiale

Rif. Nr. Procedura: 3.1.3_A

Responsabile Accordo: Alfonso Pozio

Responsabile LA: Alfonso Pozio

Importo: 48.000,00 €

Durata: 34 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito dell'attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate alla sintesi e caratterizzazione di catalizzatori alternativi a basso costo per celle a combustibile a bassa temperatura. Le celle a combustibile ad elettrolita polimerico (PEMFC) rappresentano la tecnologia chiave per l'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico. Tuttavia, una riduzione del costo di produzione di questi dispositivi è indispensabile per permettere una loro maggiore commercializzazione. In questo contesto, la durata e il costo dei catalizzatori utilizzati per i processi redox, comunemente a base di Pt supportato su carbone, sono due problemi fondamentali che devono essere risolti per raggiungere una efficace commercializzazione delle PEMFCs. Inoltre, la maggior parte della perdita di efficienza della cella è dovuta alla lenta cinetica della reazione catodica di riduzione dell'ossigeno (ORR), di conseguenza un alto contenuto di Pt è necessario per favorirne la catalisi.

Al fine di superare queste limitazioni, l'attuale ricerca scientifica persegue più strategie: (i) sviluppo di leghe Pt-metallo; (ii) riduzione delle dimensioni delle particelle di catalizzatore e il miglioramento della loro dispersione; (iii) sviluppo di catalizzatori Pt-free a base di metalli non nobili e sviluppo di

catalizzatori low-Pt loading; (iv) sviluppo di supporti alternativi al carbone; (v) sviluppo di co-catalizzatori a base di ossidi inorganici. La collaborazione richiesta riguarda la sintesi e la caratterizzazione di catalizzatori alternativi a basso costo, più efficienti e durevoli per la reazione di riduzione dell'ossigeno (ORR).

In questa collaborazione viene richiesta la sintesi e la caratterizzazione di catalizzatori low-Pt e Pt-free per il processo ORR, basati su metalli non nobili supportati su carboni modificati da eteroatomi (N,S) oppure su carboni nanostrutturati ad elevata area superficiale e porosi da permettere una veloce diffusione dei gas. Viene richiesto lo sviluppo di ossidi inorganici sub-stechiometrici da utilizzare come co-catalizzatori per il Pt nella catalisi di ORR, con l'obiettivo di minimizzare il contenuto di platino e ad aumentare l'efficienza del processo. E' richiesta un'ottimizzazione di tali ossidi al fine di permettere al Pt di essere disperso in modo uniforme per prevenire l'aggregazione delle particelle, per assicurare la loro stabilità termica, prevenendo la dissoluzione nell'ambiente acquoso di reazione.

La caratterizzazione chimica, strutturale e morfologica dei catalizzatori prodotti dovrà essere verificata attraverso le tecniche più opportune tra cui: XRD, SEM-EDS, FTIR determinazione dell'area superficiale specifica. L'Accordo prevederà inoltre la caratterizzazione elettrochimica dei catalizzatori prodotti mediante voltammetria ciclica (CV) e misure con elettrodo a disco rotante (RDE). Eventualmente verranno predisposti test di accelerazione degradata (ATDs), allo scopo di valutare la loro stabilità.

I migliori catalizzatori prodotti saranno studiati in assemblati elettrodi/membrana elettrolitica (MEA) e caratterizzati in celle singole H₂/aria tramite lo studio delle prestazioni in termini di curve di polarizzazione (E vs I) e di durata.

Output

- Rapporto tecnico: "Produzione di catalizzatori PGM-free per celle a combustibile ad elettrolita polimerico" [M24]
- Rapporto tecnico: "Testing chimico fisico ed elettrochimico catalizzatori ed elettrodi" [M34]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio di metodiche di deposizione laser per deposizioni catalizzatori per celle a combustibile a bassa temperatura

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.3_B Sviluppo di elettrocatalizzatori basati su metalli e leghe di metalli M/C ad elevata area superficiale

Rif. Nr. Procedura: 3.1.3_B

Responsabile Accordo: Alfonso Pozio

Responsabile LA: Alfonso Pozio

Importo: 36.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della linea di attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate allo studio di metodiche di deposizione laser per deposizioni catalizzatori per celle a combustibile a bassa temperatura. La voce di costo maggiore relativo alla produzione delle celle a combustibile (FC) è legata al platino, che svolge la funzione di catalizzatore delle reazioni di ossidazione dell'idrogeno e di riduzione dell'ossigeno, depositato su un supporto conduttivo a contatto con la membrana selettiva a scambio protonico (PEM). Gli sforzi diretti a migliorare l'efficienza di utilizzo del catalizzatore a base di platino, si sono concentrati sulla ricerca di configurazioni ottimali del materiale che riducano al minimo il carico di Pt soddisfacendo allo stesso tempo i requisiti di accesso al gas, e della conduzione di protoni e di elettroni.

Al fine di incrementare la reattività del catalizzatore, è importante che il rapporto tra superficie esposta e il volume sia elevato, per cui risulterebbe auspicabile che il platino venga depositato in forma nanoparticellare. In questo modo si potrebbe realizzare un deposito di catalizzatore con un contenuto di platino molto inferiore a quello realizzato con le attuali tecniche di deposizione (brush coating, spray coating, etc).

L'Accordo di collaborazione in questione riguarda lo sviluppo di una tecnica di deposizione a laser impulsato (PLD), che permetta di ottenere coating di alta qualità, in forma di nanoparticelle, senza intaccare lo stato di ossidazione del materiale da depositare.

La deposizione PLD dovrà ottimizzare la quantità e le dimensioni particellari del catalizzatore stabilendo il controllo dei parametri che caratterizzano il laser (lunghezza d'onda, durata dell'impulso, flukenza) e le condizioni di deposizione (preparazione del target, distanza target-substrato, irraggiamento selettivo del target, temperatura substrato, ecc.) in modo da poter ottenere risultati riproducibili. La collaborazione riguarderà risultati ottenuti con diversi tipi di deposizione: 1) deposizione PLD classica con l'utilizzo di impulsi laser ripetuti, della durata di qualche nanosecondo, 2) PLD con impulsi laser ultrabrevi (della durata di qualche centinaio di femtosecondi anziché nanosecondi), denominata PLD ultrabreve (uPLD), 3) l'evaporazione mediante laser impulsato assistita da matrice (MAPLE) che permette un processo di ablazione laser più delicato. Lo scopo finale sarà quello di individuare la tecnica migliore per la generazione di nanoparticelle di differente natura. La tecnica risultata più efficace verrà utilizzata per il deposito di materiali catalizzatori opportunamente selezionati.

Output

- Rapporto tecnico: "Produzione di catalizzatori per fuel cell via laser deposition" [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Ottimizzazione dei metodi di deposizione del platino su una matrice conduttiva

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.3_C Sviluppo di elettrocatalizzatori basati su metalli e leghe di metalli M/C ad elevata area superficiale

Rif. Nr. Procedura: 3.1.3_C

Responsabile Accordo: Alfonso Pozio

Responsabile LA: Alfonso Pozio

Importo: 36.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della linea di attività di ricerca ci si intende avvalere della collaborazione per attività mirate all'ottimizzazione dei metodi di deposizione del platino su una matrice conduttiva, che è un aspetto fondamentale per lo sviluppo delle fuel cells. L'attuale pratica commerciale prevede, generalmente, l'introduzione della polvere di catalizzatore in un inchiostro a base di grafite (carbon ink) con un rapporto ottimale Pt/C, al fine di ottenere un carico di catalizzatore di circa 0.2 mg/cm². La miscela Pt/C viene aggiunta ad una soluzione in Nafion al 5% in peso (precedentemente disciolto in una miscela acqua/alcol) e depositata sulla membrana attraverso diverse tecniche di coating come, ad esempio lo spennellamento su rulli e successiva evaporazione del solvente.

L'Accordo si focalizzerà sulla formulazione ed ottimizzazione del sistema Pt/C, utilizzando differenti tipologie di carbon ink, e sperimentando miscele di metalli ad elevata attività catalitica con rapporti stechiometrici noti, in funzione dei diversi tipi di deposizione che saranno implementati attraverso metodi sviluppati allo scopo basati su tecnologie laser (PLD) con l'obiettivo di garantire le migliori performance dal punto di vista tecnologico economico ed ambientale per la produzione degli elettrodi per FC. In particolare, saranno sviluppate matrici da depositare sia in forma metallica, che sotto forma di inchiostro partendo da materiali meno pregiati e costosi rispetto al metallo puro,

quali l'acido esacloroplatinico. Tale reattivo sarà opportunamente ridotto usando strategie a basso impatto ambientale ed economiche, al fine di produrre agglomerati nanoparticellari, utili per la deposizione laser.

L'esecuzione dell'Accordo prevede la caratterizzazione dei depositi ottenuti mediante tecniche di microscopia a scansione elettronica (SEM) al fine di valutare e ottimizzare la uniformità della morfologia, parametro che impatta direttamente sulle caratteristiche funzionali del rivestimento catalitico. Prevede inoltre di effettuare analisi di diffrazione ai raggi X (XRD) dei domini cristallini depositati e del supporto utilizzato, ed inoltre analisi di stabilità termica tramite termogravimetria (TGA). Infine, prevede l'analisi del rendimento elettrico delle celle a combustibile prodotte (MEA) attraverso analisi impedenziometrica e comparazione con prodotti commerciali.

Output

- Rapporto tecnico: "Testing elettrochimico completo di catalizzatori ed elettrodi" [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

***Supporto alla progettazione di stack per celle a combustibile polimeriche ad alte prestazioni
tramite analisi numerica***

nell'ambito del

PNRR POR H2

***WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le
prestazioni e ridurre i costi***

***LA3.1.4 Gestione/Validazione ingegneria di stack mediante studi di modellistica per garantire
umidificazione/gestione temperatura***

Rif. Nr. Procedura: 3.1.4

Responsabile Accordo: Filippo Donato

Responsabile LA: Filippo Donato

Importo: 90.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Lo scopo dell'attività consiste nello sviluppare e validare modelli per la simulazione termica e fluidodinamica di stack al fine di poter progettare un flow field che ottimizzi gli aspetti critici per i sistemi Fuel Cell ad alte prestazioni. Si prenderanno a riferimento dei piatti per celle a combustibile con area attiva del MEA di 100 cm² e 400 cm². In particolare, si porteranno avanti le seguenti tematiche:

- Simulazione 3D fluidodinamica di una cella completa, tenendo conto di tutti i fenomeni coinvolti – fluidodinamica nei canali anodici e catodici, influenza del flow-field, scambio termico, flussi reagenti multicomponente e multifase, flusso protonico locale, flusso elettrico locale, flusso di massa, flusso elettrico in GDL tenendo conto del water management catodico.
- Progettazione fluidodinamica del flow-field, tenendo in considerazione tipologia e geometria dei canali lato catodo e anodo, al variare delle principali condizioni operative lungo la curva di polarizzazione. Saranno prese in considerazione condizioni dead-end ovvero a flusso passante con ricircolo, identificando il migliore compromesso tra densità di potenza ed efficienza globale della cella e dello stack.

- Valutazione dell'efficacia dello scambio termico tra MEA e canali di raffreddamento dello stack. Si valuterà l'effetto del materiale considerato e del dimensionamento dei piatti bipolari sull'efficacia del trasporto di calore, in modo da impattare il meno possibile sul consumo energetico dovuto alla movimentazione del refrigerante. Sarà inoltre possibile valutare la differenza di temperatura tra MEA e refrigerante, in modo da poter valutare l'impatto sull'efficienza di conversione.

Riguardo le geometrie del piatto, saranno valutate diverse soluzioni per la gestione della temperatura con sistemi di raffreddamento a liquido.

Dopo una prima progettazione prototipale di stack, la geometria prodotta verrà realizzata sia con piatti metallici (LA3.1.2) che con piatti in grafite e testata in modo da raccogliere dati utili alla verifica dei codici di calcolo. La validazione potrà contare di dati sia in termini di prestazioni elettrochimiche che di gestione di umidità e calore.

A valle della validazione si provvederà a utilizzare gli strumenti numerici validati nel tentativo di migliorare ulteriormente le prestazioni ottenute

I modelli dovranno essere sviluppati utilizzando il codice di calcolo commerciale ANSYS.

Output

Gli output dell'attività saranno costituiti dai seguenti rapporti tecnici:

- Definizione delle specifiche per stack di PEMFC ad alte prestazioni e validazione dell'approccio modellistico su geometria generale (zero-gradient) [M7]
- Progettazione geometria base di stack PEMFC e dei relativi sistemi di gestione della temperatura e dell'umidità con caratterizzazione elettrochimica, meccanica e termo-fluidodinamica [M18]
- Caratterizzazione sperimentale di stack PEMFC realizzati con piatto metallico e piatto in grafite e validazione della modellazione numerica di progetto [M33]
- Ottimizzazione mediante simulazione numerica di stack PEMFC a valle della sperimentazione su geometria prototipale [M36]

Faranno inoltre parte degli output tutti i file necessari a definire e lanciare le simulazioni effettuate con il citato codice ANSYS che il contraente si impegna a mettere a disposizione dell'ENEA, così come i file CAD che definiranno le geometrie utilizzate nell'attività.

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di modelli per celle a combustibile polimeriche e coprogettazione BoP

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.5_A Sviluppo del Balance of Plant per sistemi basati su celle a combustibile a membrana polimerica

Rif. Nr. Procedura: 3.1.5_A

Responsabile Accordo: Giuseppe Nigliaccio

Responsabile LA: Giuseppe Nigliaccio

Importo: 60.000,00 €

Durata: 34 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il Balance Of Plant (BoP), cioè l'insieme di sottosistemi funzionali allo stack a fuel cells, ha assunto negli ultimi anni notevole importanza relativamente agli aspetti economici, ma anche a quelli pratici legati alla gestione del funzionamento del sistema completo.

Nel 2016 il Department of Energy (DOE) statunitense stimava l'incidenza dello stack sul costo totale del sistema al 52%, un aggiornamento di questa stima, effettuato nel 2020 all'interno del Hydrogen and Fuel Cells Program finanziato dal DOE, riporta un valore del 41%.

Da un punto di vista operativo, la possibile immissione nello stack di contaminanti ne può compromettere l'efficienza o il funzionamento.

La progettazione e la scelta dei materiali per il BOP ed un corretto sistema di monitoraggio e controllo risultano quindi di importanza chiave nella realizzazione di un sistema a fuel cells.

Le attività previste all'interno dell'Accordo di collaborazione riguardano la progettazione del BoP su specifiche date dal committente. Per questo motivo saranno anche sviluppati dei modelli matematici di ciascun componente ed utilizzati per la simulazione di un sistema completo.

Nello specifico, l'attività prevede:

- Analisi preliminare del BoP per stack fuel cells polimerico (a bassa temperatura e ad alta temperatura).
- Sviluppo di database con prodotti commerciali del BoP.
- Modello OD sistema completo commerciale (stack + BoP).
- Definizione dei requisiti per il sistema di controllo e delle procedure di test di risposta dinamica.
- Progettazione BoP ottimizzato su caratteristiche stack fornite dal committente.
- Validazione del modello OD del sistema completo

I modelli forniti saranno sviluppati con software commerciali e saranno correlati da manuale descrittivo per l'utilizzo degli stessi.

Output

- Rapporto tecnico: "Analisi BoP per sistemi fuel cells polimerici a bassa ed alta temperatura e database prodotti commerciali [M12]"
- Modello OD del sistema [M16]
- Rapporto tecnico: "Progettazione BoP, sulle caratteristiche dello stack fornite dal committente, e delle procedure di test di risposta dinamica [M20]
- Rapporto tecnico: "Validazione modello OD su dati sperimentali" [M34]

Faranno inoltre parte degli output tutti i file necessari a definire e lanciare le simulazioni effettuate.

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Progettazione e realizzazione sistema controllo sistemi a celle a combustibile con membrana polimerica

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.1 Ricerca e sviluppo di tecnologie di stack, componenti e processi, per migliorarne le prestazioni e ridurre i costi

LA3.1.5 _B Sviluppo del Balance of Plant per sistemi basati su celle a combustibile a membrana polimerica

Rif. Nr. Procedura: 3.1.5_B

Responsabile Accordo: Giuseppe Nigliaccio

Responsabile LA: Giuseppe Nigliaccio

Importo: 60.000,00 €

Durata: 34 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'Accordo di collaborazione riguarda la progettazione, e l'implementazione prototipale su board di sviluppo di sistemi elettronici per l'ottimizzazione ed il controllo del Balance of Plant e dello stack di celle a combustibile.

La progettazione del sistema di controllo deve prendere in considerazione la flessibilità e modularità nei confronti della diversa componentistica da poter integrare nel sistema e della modularità che caratterizza la tecnologia delle celle a combustibile.

Deve essere previsto un sistema di misura e controllo della tensione sulle singole celle e la possibilità di variare i punti di funzionamento del BoP in funzione dei parametri operativi, al fine di migliorare le performance.

Si prevede inoltre un'attività di supporto alla realizzazione di 2 prototipi di cui uno applicato per il controllo di un sistema completo a fuel cells e un altro da utilizzare per il monitoraggio e la caratterizzazione della componentistica. Il software per la gestione deve essere trasferito con relativo manuale.

Output

- Rapporto tecnico “Analisi caratteristiche BoP e stack polimerici su specifiche fornite dal committente ed implementazione dell’architettura di gestione del singolo componente” [M16]
- Rapporto tecnico “Supporto all’integrazione prototipale e validazione del sistema” [M30]
- Rapporto tecnico “Analisi ed ottimizzazione della gestione dello stack” [M34]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Definizione caratteristiche di una rete di interfacciamento per una griglia di FC

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP 3.3 Sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile per applicazioni nel trasporto pesante (stradale, ferroviario, marittimo) e nell'aviazione

LA1. 3.3.1 Sviluppo di soluzioni modulari per sistemi basati su celle a combustibile per applicazioni nel trasporto pesante

Rif. Nr. Procedura: 3.3.1

Responsabile Accordo: Manlio Pasquali

Responsabile LA: Manlio Pasquali

Importo: 90.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

In questa attività ci si propone di realizzare, a parità di prestazioni rispetto ad un carico esterno, tre diversi sistemi di FC, assemblati con modalità diverse, per poi confrontarne le prestazioni in termini di efficienza, ed affidabilità.

La prima soluzione è quella classica, ovvero l'accoppiamento di un singolo stack con un BOP, dove il tutto è dimensionato per soddisfare le specifiche richieste dall'applicazione considerata.

La seconda soluzione consiste nell'accoppiare, tramite una elettronica dedicata, in serie/parallelo dei sistemi cella 'standardizzati', la terza infine consiste nell'accoppiare in serie/parallelo i soli stack, per poi alimentarli a loro volta con dei BOP 'standard' che ne permettano l'esercizio.

L'applicazione considerata come riferimento per questo studio sarà di tipo trasportistico, in cui il sistema cella potrà eventualmente essere a sua volta accoppiato a delle batterie o supercondensatori.

Nell'ambito dell'attività sopra descritta il lavoro richiesto consiste nella definizione delle caratteristiche dell'elettronica di interfacciamento che consenta di realizzare la 'griglia' di stack, inoltre per le tre soluzioni considerate, oltre alle caratteristiche dell'elettronica che mette in

collegamento i vari stack andranno considerate anche quelle del Sistema di interfacciamento verso il carico esterno.

Il lavoro dovrà essere corredato da uno strumento di modellazione delle prestazioni dell'elettronica, preferibilmente realizzato in ambiente Matlab/Simulink e da un dimostrativo in scala ridotta di una rete serie/parallelo costituita da almeno quattro sorgenti di corrente (come si può considerare una cella a combustibile dal punto di vista elettrico), le sorgenti non dovranno necessariamente essere delle celle, ma solo un sistema di emulazione che permetta di apprezzare le prestazioni dell'elettronica che realizza la griglia di accoppiamento.

Elenco degli output

- Rapporto tecnico "Sistema di accoppiamento di una rete di fuel cell, studio delle problematiche associate e proposta di una elettronica di gestione" [M8]
- Rapporto tecnico "Sistema di accoppiamento di una rete di fuel cell, struttura, analisi di un caso di riferimento tramite simulazione numerica" [M14]
- Rapporto tecnico "Sistema di accoppiamento di una rete di fuel cell, realizzazione di un dimostrativo in scala ridotta" [M24]
- Software di simulazione del sistema realizzato in ambiente Matlab/Simulink [M14]
- Rete dimostrativa [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Identificazione di applicazioni heavy duty per sistemi di movimentazione a celle a combustibile

PNRR POR H2

WP 3.3 Sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile per applicazioni nel trasporto pesante (stradale, ferroviario, marittimo) e nell'aviazione

LA.3.3.2 Sviluppo di soluzioni ibride basate su celle a combustibile per applicazioni heavy-duty di trasporto e logistica

Rif. Nr. Procedura: 3.3.2

Responsabile Accordo: Manlio Pasquali

Responsabile LA: Manlio Pasquali

Importo: 90.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

L'attività prevede di individuare dei veicoli heavy-duty di riferimento per applicazioni di movimentazione materiali e trasporto di merci o passeggeri quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, macchine operatrici, autocarri, treni, o trattori per la logistica portuale, e di dimensionare un sistema di trazione ibrido composto da celle a combustibile e batterie e/o supercondensatori (scelta da effettuare in relazione all'applicazione considerata) per istituire un confronto sulle prestazioni tra questo sistema ed uno di tipo convenzionale.

Il sistema di tipo convenzionale potrà essere, ad esempio, quello di un corrispondente veicolo alimentato da batterie (al piombo o al Litio), oppure da un veicolo con motore a combustione interna.

Laddove la soluzione tradizionale consista in un veicolo alimentato a batterie il confronto potrà considerare fattori quali il tempo di ricarica (fondamentale in alcune applicazioni), la durata di vita ed i costi (in prospettiva) dei due sistemi, l'efficienza, la possibilità di lavorare in ambienti ostili (ad esempio, temperature estreme).

Nell'ambito dell'attività proposta si richiede di individuare diverse applicazioni di riferimento ed i mezzi che le realizzano con la determinazione dei relativi cicli di lavoro.

Si richiede inoltre di sviluppare un modello dinamico in ambiente Matlab/Simulink del sistema di trasporto/movimentazione per varie tipologie di veicoli che consenta, sulla base dei cicli di lavoro individuati, l'analisi delle prestazioni del veicolo alimentato a idrogeno (es. potenze medie e di picco, consumo di idrogeno, recupero di energia, ecc.) e la comparazione di diverse soluzioni tecniche di drive train (ibrido batterie/fuel cell, elettrico, con motore a combustione interna).

Output:

- Relazione tecnica "Identificazione di applicazioni heavy duty e definizione dei requisiti tecnici per il dimensionamento di power unit alimentate a idrogeno" [M12]
- Modello Matlab per la simulazione delle prestazioni di veicoli heavy duty e per il dimensionamento e la caratterizzazione di power unit ibride composte da batterie e celle a combustibile" [M18]
- Relazione tecnica "Caratterizzazione delle prestazioni di veicoli heavy duty alimentati a idrogeno" [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Modellistica di sistemi cella a combustibile PEM con attenzione ai fenomeni di invecchiamento

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP 3.3 Sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile per applicazioni nel trasporto pesante (stradale, ferroviario, marittimo) e nell'aviazione

LA 3.3.3 Sviluppo di modelli e della diagnostica per la valutazione delle performance di celle a combustibile

Rif. Nr. Procedura: 3.3.3

Responsabile Accordo: Manlio Pasquali

Responsabile LA: Manlio Pasquali

Importo: 90.000,00 €

Durata: 24 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Uno stack di celle a combustibile di tipo PEM è generalmente composto da una serie di celle elementari, le quali durante un esercizio a carico costante possono mostrare delle oscillazioni di tensioni, che derivano dalla variazione di umidità della membrana che separa i due piatti in cui circolano i gas (idrogeno e aria).

Durante il funzionamento la miscela aria/idrogeno forma dell'acqua, che va ad umidificare la membrana permeabile, che funziona in un punto di ottimo ad una determinata umidità, mentre se troppo secca o, al contrario 'affogata', perde di prestazioni, all'aumentare del tempo di esercizio aumenta l'umidità della membrana. Il sistema di controllo della cella cerca di quantificare l'umidità della membrana e di effettuare, tramite apporto di idrogeno ad 'alta' pressione, una operazione di espulsione dell'acqua dai canali e dalla membrana stessa quando l'umidità è troppo alta (spurgo).

In condizioni di invecchiamento le prestazioni della membrana si deteriorano, in particolare la resistenza non risulta più essere omogenea in tutta la sua superficie, determinando quindi una disomogeneità della distribuzione della corrente che la attraversa: questa disomogeneità contribuisce a sua volta ad invecchiare la membrana. Quindi con l'invecchiamento alla normale

dinamica della variazione di tensione della cella si va a sommare l'effetto del deterioramento delle prestazioni della membrana.

Se si vuole effettuare una valutazione dello stato di salute della cella occorre quindi distinguere tra le normali oscillazioni delle tensioni parziali causate dalla dinamica dello stack e quelle legate ai fenomeni di invecchiamento.

A supporto di questo studio si richiede una indagine preliminare sui fenomeni di invecchiamento associate all'utilizzo di celle a combustibile di tipo PEM e lo sviluppo di un modello dinamico di un sistema cella (stack e balance of plant), il modello dovrebbe essere focalizzato allo studio dei fenomeni legati all'invecchiamento.

Si richiede di fornire una versione del modello realizzata in ambiente Matlab/Simulink.

Output

- Rapporto tecnico "Indagine sui fenomeni di invecchiamento associati alle celle a combustibile di tipo PEM" [M12]
- Rapporto tecnico "Modello dinamico di un sistema Fuel Cell di tipo PEM" [M24]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio e ottimizzazione di configurazioni di sistemi basati su celle a combustibile ad alta temperatura alimentate da carrier di idrogeno alternativi (NH₃, LOHC) per applicazioni nel settore marittimo

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP 3.3 Sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile per applicazioni nel trasporto pesante (stradale, ferroviario, marittimo) e nell'aviazione

LA3.3.4 Studio e ottimizzazione di configurazioni di sistemi basati su celle a combustibile ad alta temperatura alimentate da carrier di idrogeno alternativi (NH₃, LOHC) per applicazioni nel settore marittimo

Rif. Nr. Procedura: 3.3.4

Responsabile Accordo: Viviana Cigolotti

Responsabile LA: Viviana Cigolotti

Importo: 75.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Le attività di ricerca sui sistemi energetici con celle a combustibile ad alta temperatura, alimentate da carrier di idrogeno alternativi (NH₃, LOHC), dovranno essere incentrate sullo studio ed analisi delle configurazioni impiantistiche ottimali che consentono di raggiungere elevata efficienza e adeguata applicabilità nel settore marittimo. Tale studio dovrà essere condotto mediante lo sviluppo di modelli system-level in grado di simulare sistemi complessi che integrano diversi componenti, da quelli strettamente termochimici ed elettrochimici a quelli meccanici. Importante sarà fornire una caratterizzazione puntuale del BOP in base al tipo di carrier di idrogeno (es. ammoniacale e metanolo) e in base ai vincoli legati alla gestione del calore, alla regolazione della pressione, alle portate massiche ed alla composizione dei flussi di alimentazione allo stack.

Il design dei sistemi integrati innovativi "SOFC-based", da installarsi a bordo nave in sostituzione delle attuali tecnologie basate sui motori a combustione interna, dovrà essere sviluppato partendo da dettagliate valutazioni sul comportamento delle celle a ossidi solidi in un ampio range di

funzionamento considerando l'alimentazione diretta con gli hydrogen carriers. L'analisi tecnica dovrà essere affiancata da valutazioni economiche volte a definire la fattibilità delle soluzioni ottimali individuate. Tutte le valutazioni dovranno essere rivolte ai diversi segmenti del settore marittimo, che possono andare dai piccoli traghetti (ferry boats) alle navi container.

Nello specifico le attività di ricerca dovranno essere focalizzate su: i) individuazione dei profili di missione (in porto ed in navigazione) in base al tipo di nave; ii) selezione dei componenti da integrarsi per realizzare i nuovi sistemi propulsivi tenendo conto delle problematiche relative alla sicurezza, al peso e al volume; iii) definizione di diverse configurazioni impiantistiche in base alla tipologia di nave e al profilo di missione; iv) analisi delle prestazioni in termini di efficienza, densità di potenza ed emissioni; v) analisi di fattibilità economica.

Output:

- Rapporto tecnico “Selezione dei componenti e dei dispositivi necessari per assicurare il corretto funzionamento del sistema energetico innovativo basato su tecnologia SOFC ed alimentato con carrier di idrogeno” [M6]
- Rapporto tecnico “Definizione delle configurazioni impiantistiche in base alla tipologia di nave, al profilo di missione e al carrier di idrogeno” [M18]
- Rapporto tecnico “Report tecnico sui risultati delle attività di modellazione relative ai componenti e al sistema integrato per le configurazioni ottimali individuate” [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio e ottimizzazione di configurazioni di sistemi basati su celle a combustibile a bassa temperatura alimentate a idrogeno puro o carrier alternativi (NH₃, LOHC) per applicazioni nel trasporto marittimo

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP 3.3 Sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile per applicazioni nel trasporto pesante (stradale, ferroviario, marittimo) e nell'aviazione

LA3.3.5 Studio e ottimizzazione di configurazioni di sistemi basati su celle a combustibile a bassa temperatura alimentate a idrogeno puro o carrier alternativi (NH₃, LOHC) per applicazioni nel trasporto marittimo, ferroviario e aeronautico

Rif. Nr. Procedura: 3.3.5

Responsabile Accordo: Viviana Cigolotti

Responsabile LA: Viviana Cigolotti

Importo: 60.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Le attività di ricerca sui sistemi energetici con celle a combustibile a bassa temperatura alimentate direttamente con idrogeno o indirettamente con hydrogen carriers dovranno essere incentrate sullo studio ed analisi delle configurazioni impiantistiche ottimali che consentono di raggiungere elevata efficienza e adeguata applicabilità nel settore marittimo.

Lo studio dovrà essere condotto avvalendosi della modellazione numerica sia del tipo component-level che system-level così da ottenere una caratterizzazione sia dei singoli componenti che delle configurazioni impiantistiche complesse specificatamente progettate per la propulsione marittima. Nel caso di alimentazione indiretta delle celle PEM con hydrogen carriers sarà necessario studiare e analizzare le tecnologie di produzione e purificazione di idrogeno in modo da valutare le più idonee dal punto di vista energetico-ambientale.

Nel design delle configurazioni impiantistiche dei nuovi sistemi propulsivi studiati sarà necessario analizzare e caratterizzare il BOP sia sulla base del tipo di combustibile (H₂ o hydrogen carrier) che

sulla scorta dei vincoli legati alla gestione termica degli stack e dei componenti necessari alla produzione/purificazione dell'idrogeno. Le strategie di ottimizzazione dovranno essere sviluppate in riferimento alle prestazioni energetiche-ambientali e ai vincoli di massa e volume a bordo nave. Nello specifico le attività di ricerca dovranno essere focalizzate su: i) definizione e analisi dei profili di missione in ambito mobilità marittima; ii) selezione dei componenti e dei dispositivi necessari (scambiatori, sistemi di accumulo, cracker/reformer, etc) per assicurare il funzionamento ottimale dei sistemi con celle PEMFC tenendo conto delle criticità relative al peso, al volume e alla sicurezza a bordo; iii) definizione delle possibili configurazioni impiantistiche per il settore navale con riferimento al diverso tipo di fuel; iv) modellazione numerica dei componenti e dei sistemi integrati; v) valutazione delle configurazioni ottimali e analisi delle prestazioni in relazione agli specifici profili di missione; vi) analisi di fattibilità economica.

Output:

- Rapporto tecnico “Selezione dei componenti e dei dispositivi necessari per assicurare il corretto funzionamento del sistema energetico basato su tecnologia PEMFC e definizione delle configurazioni impiantistiche in base al profilo di missione e al carrier di idrogeno per applicazioni navali” [M18]
- Rapporto tecnico “Sviluppo dei modelli numerici, caratterizzazione delle configurazioni ottimali e analisi delle prestazioni del sistema PEMFC per applicazioni navali” [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio sui contaminanti provenienti dalle diverse tecnologie di produzione di biogas

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.4 Studio e sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile, alimentati con idrogeno puro, miscele idrogeno-metano e feedstock non convenzionale, per applicazioni stazionarie e per comunità energetiche locali

LA3.4.1_A Studio parametrico dei principali meccanismi di degrado legati all'utilizzo di miscele di gas non convenzionali in sistemi SOFC

Rif. Nr. Procedura: 3.4.1_A

Responsabile Accordo: Davide Pumiglia

Responsabile LA: Davide Pumiglia

Importo: 60.000,00 €

Durata: 18 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Nell'ambito della LA 3.4.1 si prevede di sviluppare metodologie sperimentali in grado di determinare con precisione la natura dei fenomeni di degrado relativi a celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC) alimentate con miscele di gas non convenzionali in cui la presenza di specie contaminanti può risultare dannosa per l'operazione di cella. Per ciascun tipo di contaminante, l'obiettivo è di individuare le interazioni dei singoli contaminanti con i processi fisico-chimici che avvengono in cella e le mutue interazioni nella compresenza di contaminanti, e definire limiti di tolleranza per le principali specie chimiche nocive.

Al fine di definire un *Design of Experiment (DoE)* delle campagne sperimentali che sia quanto più accurato possibile, è necessario identificare, a monte, le principali specie chimiche considerate nocive per le SOFC e prodotte da: a) processi di gassificazione di biomasse, b) processi di digestione anaerobica dei rifiuti organici, c) miscele idrogeno-gas naturale (qualità gas di rete, odorizzato). Per ciascuna sorgente, è necessario che tipologia e quantità relative di ciascun gas contaminante siano accuratamente definite sulla base di dati provenienti da impianti di produzione reali.

Output

- Report tecnico su studio sistematico sull'analisi dei contaminanti contenuti nei gas prodotti dalle diverse sorgenti [M18]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Modellazione matematica e numerica di celle a combustibile ad alta temperatura di tipo SOFC

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.4 Studio e sviluppo di componenti e sistemi di celle a combustibile, alimentati con idrogeno puro, miscele idrogeno-metano e feedstock non convenzionale, per applicazioni stazionarie e per comunità energetiche locali

LA3.4.1_B Studio parametrico dei principali meccanismi di degrado legati all'utilizzo di miscele di gas non convenzionali in sistemi SOFC

Rif. Nr. Procedura: 3.4.1_B

Responsabile Accordo: Davide Pumiglia

Responsabile LA: Davide Pumiglia

Importo: 75.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Il presente Accordo di collaborazione ha come obbiettivo lo sviluppo e validazione di un modello matematico tridimensionale, reattivo, non isoterma e tempo-variante in grado di descrivere la distribuzione di pressione, velocità, temperatura e concentrazione di prodotti e reagenti all'interno di una cella a combustibile ad alta temperatura di tipo SOFC, schematizzata come un dominio fluido e parzialmente poroso. Il modello matematico dovrà essere implementato e risolto numericamente utilizzando un codice di calcolo non commerciale di tipo open source (ad es. openFoam®) e dovrà essere basato sul metodo dei volumi finiti. Il modello potrà essere utilizzato per analizzare gli effetti di invecchiamento (Aging) di una singola cella valutando sia gli stress termici dei materiali che l'eventuale deposizione di particelle carboniose nei siti di reazione in funzione delle condizioni operative.

Output

- Report tecnico sulla modellazione matematica selezionata per strutturare il modello [M12]
- Report tecnico sulla validazione del modello a partire da dati sperimentali [M20]

- Report tecnico sull'applicazione del modello per l'analisi di effetti di degrado e ottimizzazione delle prestazioni [M30]
- Modello matematico completo e validato in un codice di calcolo di tipo open source [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Attività di formazione sulle diverse tecnologie per l'uso dell'idrogeno in applicazioni con celle a combustibile

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP3.5 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie e sistemi innovativi di celle a combustibile, analisi tecnico economiche, SLCA, LCA, e formazione di figure professionali

LA3.5.5 Utilizzo della H2 Valley e dei laboratori presenti nei Centri di Casaccia, Portici, Bologna per promuovere formazione sulle diverse tecnologie per l'uso dell'idrogeno in applicazioni con celle a combustibile. Organizzazione di Summer School tematiche

Rif. Nr. Procedura: 3.5.5

Responsabile Accordo: Carla Menale

Responsabile LA: Carla Menale

Importo: 60.000,00 €

Durata: 36 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

La transizione energetica richiede indubbiamente investimenti, oltre che nello sviluppo tecnologico, anche in azioni di crescita culturale rivolte ai cittadini, cui dev'essere fornita l'opportunità di aggiornare e riqualificare le proprie conoscenze sugli argomenti più innovativi.

Di assoluto rilievo è favorire la divulgazione, l'istruzione e la formazione a tutti i livelli per sviluppare un'ampia base di conoscenze sulle potenzialità dell'utilizzo dell'idrogeno e di competenze specifiche sulle tecnologie e usi finali ad esso collegati. Per la diffusione e l'utilizzo dell'idrogeno su larga scala è necessario supportare la crescita e formazione di figure professionali. Gli obiettivi principali sono:

- fornire accesso a conoscenze professionali e abilità pratiche di alta qualità nell'area delle tecnologie delle celle a combustibile;
- formare una forza lavoro adeguata e capace per costruire e mantenere una catena del valore competitiva dell'idrogeno pulito e far crescere l'industria emergente delle celle a combustibile.

Per tali ragioni è richiesta una collaborazione con un istituto universitario, con provata esperienza nei processi elettrochimici, che dovrà provvedere a organizzare corsi, eventi, sessioni di apprendimento pratico e materiali didattici relativi alla tecnologia delle celle a combustibile.

Nello specifico l'università dovrà occuparsi di:

- sessioni tematiche all'interno di master universitari;
- corsi specifici sul tema delle tecnologie, basandosi su un'esperienza consolidata sulla tematica in oggetto;
- realizzazione di pacchetti di formazione con prodotti audio-visivi sulla tematica specifica;
- individuare modalità interattive di approccio alla tematica della produzione di idrogeno con intento di formazione di studenti e operatori del settore.

In particolare, i risultati attesi sono:

- Definizione programmi di formazione;
- Organizzazione di sessioni tematiche di master universitari dedicati alla tematica idrogeno e celle a combustibile;
- Organizzazione di eventi, corsi e piattaforme di diffusione di prodotti di formazione scolastica e professionale.
- Organizzazione di eventi, corsi e piattaforme di diffusione di prodotti di formazione universitaria e postuniversitaria.

Output

- Rapporto tecnico "Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie per le celle a combustibile 1° anno" [M6]
- Rapporto tecnico "Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie per le celle a combustibile 2° anno" [M18]
- Rapporto tecnico "Rapporto tecnico "Attività di formazione su tecnologie per le celle a combustibile 3° anno" [M30]
- Rapporto tecnico "Impatti derivanti dalle azioni di formazione/divulgazione sul tema delle celle a combustibile" [M36]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio e definizione di logiche di controllo dei convertitori di interfaccia per elettrolizzatori e celle a combustibile utilizzati in reti intelligenti caratterizzate da avanzata penetrazione del vettore idrogeno

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP4.1 Ricerca, sviluppo e implementazione di algoritmi di smart management per infrastrutture basate sull'idrogeno, per l'erogazione di servizi ancillari e l'interoperabilità con altri sistemi e reti. Test e applicazioni

LA4.1.1 Progettazione e test di dispositivi e apparati per l'interfacciamento, la gestione e la protezione di sistemi basati su idrogeno con capacità di erogazione di servizi ancillari alle reti energetiche

Rif. Nr. Procedura: 4.1.1

Responsabile Accordo: Giovanna Adinolfi

Responsabile LA: Giovanna Adinolfi

Importo: 33.000,00 €

Durata: 23 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Obiettivo principale delle attività di ricerca sarà la definizione delle logiche e degli algoritmi di controllo dei convertitori switching che vengono utilizzati per l'interfacciamento di elettrolizzatori e celle a combustibile con la rete elettrica.

Partendo dalla letteratura di settore saranno analizzate le soluzioni topologiche e le strategie di controllo adottate nei sistemi di accumulo di idrogeno per il trasporto e la distribuzione, per le applicazioni stazionarie (come le comunità energetiche) e per i contesti di produzione di idrogeno verde da fonte solare e/o eolica.

Laddove non presenti in letteratura, dovranno essere proposti algoritmi coerenti con le caratteristiche e necessità degli ambiti applicativi.

Per ogni logica di controllo dei convertitori proposta e/o tratta dalla letteratura specialistica dovranno essere forniti le specifiche, il diagramma di flusso e lo pseudocodice. Sulla base delle

analisi dei diversi contesti applicativi, sarà richiesto lo sviluppo pre-implementativo delle logiche più significative (una strategia di controllo per il controllore a bordo dell'elettrolizzatore e una strategia di controllo per il controllore a bordo della cella a combustibile).

Nello specifico, le attività di ricerca dovranno essere focalizzate su:

- i) Identificazione e/o definizione di strategie di controllo da implementare a bordo di convertitori di interfaccia di elettrolizzatori utilizzati negli ambiti del trasporto e della distribuzione dell'idrogeno;
- ii) Identificazione e/o definizione di strategie di controllo da implementare a bordo di convertitori di interfaccia di celle a combustibile utilizzate in applicazioni stazionarie (comunità energetiche) e nel trasporto stradale, ferroviario e marittimo;
- iii) Identificazione e/o definizione di strategie di controllo da implementare a bordo di convertitori di interfaccia di elettrolizzatori e celle a combustibile utilizzate in contesti di produzione di idrogeno verde da fonte solare e/o eolica con conseguente accumulo e generazione di energia elettrica;
- iv) Identificazione e/o definizione di strategie di controllo da implementare a bordo di convertitori di interfaccia di elettrolizzatori e celle a combustibile utilizzati per la fornitura di servizi ancillari di rete, anche in collaborazione o supporto ad altri apparati di rete.

Tali logiche di controllo dovranno prevedere azioni di coordinamento con quelle implementate nei controllori degli elettrolizzatori e delle celle a combustibile della LA4.1.2. Esse dovranno, inoltre, consentire l'attuazione di procedure attuabili da remoto.

Output:

- Rapporto tecnico: "Logiche di controllo da implementare a bordo di convertitori di interfaccia di elettrolizzatori e celle a combustibile in diversi ambiti applicativi" [M15]
- Rapporto tecnico: "Sviluppo pre-implementativo delle logiche più significative (una strategia di controllo per il controllore a bordo dell'elettrolizzatore e una strategia di controllo per il controllore a bordo della cella a combustibile) per gli ambiti applicativi di interesse" [M23]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Studio e sviluppo di casi d'uso, architettura e flussi logici di controllo per reti energetiche avanzate caratterizzate da avanzata penetrazione del vettore idrogeno

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP4.2 Sperimentazione e validazione di una infrastruttura basata sull'idrogeno in scala microgrid

LA4.2.1 Infrastrutture basate sull'idrogeno: studio sperimentale in emulazione dell'integrazione nei diversi ambiti applicativi su scala micrete

Rif. Nr. Procedura: 4.2.1

Responsabile Accordo: Maria Valenti

Responsabile LA: Maria Valenti

Importo: 45.000,00 €

Durata: 30 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Obiettivo principale delle attività di ricerca sarà la definizione di architetture di reti energetiche multisettoriali, basate sull'utilizzo di vettori energetici multipli, con particolare riguardo al vettore idrogeno. Le architetture di rete devono essere coerenti a casi d'uso specifici, definiti sulla base di differenti strategie energetiche. I casi d'uso si baseranno su una elevata penetrazione dell'idrogeno all'interno del framework energetico, contemplando pertanto differenti ambiti di produzione di H₂, così come diverse soluzioni di utilizzo. Il quadro complessivo dei casi d'uso definiti, e delle architetture di rete proposte, deve essere tale da permettere di applicare diversi casi d'uso ad ogni architettura di rete, e di associare diverse architetture di rete per ogni caso d'uso. Per ogni architettura di rete energetica proposta dovrà essere fornito il flusso logico di controllo per la gestione delle risorse energetiche coinvolte: tale logica sarà alla base della definizione degli algoritmi di alto e basso livello da applicare all'interno delle architetture di rete.

Nello specifico, le attività di ricerca dovranno essere focalizzate su:

- i) Definizione di casi d'uso di reti energetiche, caratterizzate sull'utilizzo del vettore idrogeno, basati sulla condivisione di risorse (produzione, consumo) o infrastrutture energetiche. I casi

d'uso dovranno essere riconducibili a diversi ambiti applicativi, e coinvolgere attivamente le infrastrutture energetiche basate sul vettore idrogeno;

- ii) Modellazione delle configurazioni strutturali di reti energetiche (microgrid) caratterizzate da una elevata penetrazione del vettore idrogeno. La microgrid deve contemplare differenti soluzioni di produzione, stoccaggio ed utilizzo di idrogeno, come ad esempio l'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico decarbonizzato all'interno delle reti gas, o come carburante per l'autotrazione. Le reti energetiche devono risultare compatibili con almeno due casi d'uso definiti al punto i);
- iii) Definizione dei flussi logici di controllo delle reti energetiche, finalizzato alla gestione delle risorse energetiche coinvolte nelle differenti condizioni d'uso.

Output:

- Rapporto tecnico: "Produzione dei casi d'uso connessi a diversi ambiti applicativi e modellazione delle configurazioni architetture delle reti energetiche" [M20]
- Rapporto tecnico: "Produzione dei flussi logici di controllo per la gestione delle reti energetiche" [M30]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

Sviluppo di metodi avanzati di analisi spaziale per la valutazione del potenziale tecnico dell'idrogeno in relazione alle reti di trasporto e distribuzione e ai nodi di produzione e utilizzo dislocati in siti ottimali

nell'ambito del

PNRR POR H2

WP4.3 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di tecnologie emergenti, componenti e sistemi di gestione e controllo per infrastrutture basate sull'idrogeno e formazione di figure professionali

LA4.3.3 Metodologie e strumenti GIS per la identificazione di siti ottimali e la valutazione del potenziale di idrogeno

Rif. Nr. Procedura: 4.3.3

Responsabile Accordo: Grazia Fattoruso

Responsabile LA: Grazia Fattoruso

Importo: € 55.000,00

Durata: 12 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Obiettivo principale delle attività di ricerca sarà la definizione di metodologie spazialmente basate per l'identificazione di siti idonei per l'installazione di *facility* di produzione dell'idrogeno verde e dei punti di prelievo/distribuzione, e per la valutazione del potenziale tecnico dell'idrogeno in relazione al sistema di reti dell'idrogeno. Allo scopo sarà necessario definire modelli digitali del sistema di reti di idrogeno nelle componenti di trasporto e distribuzione nonché individuare criteri specifici di *site suitability* per i nodi di produzione ed utilizzo dell'idrogeno. I criteri selezionati, implementati come variabili geografiche, sono alla base del processo di elaborazione di mappe di *site suitability* per l'idrogeno, visualizzabili e interrogabili tramite *map viewer*. I modelli digitali delle reti di idrogeno unitamente a parametri, opportunamente identificati, sono alla base della valutazione del potenziale tecnico dell'idrogeno in relazione sia alle reti di trasporto e distribuzione che ai nodi di produzione e utilizzo dislocati nei siti ottimali.

Nello specifico, le attività di ricerca dovranno essere focalizzate su:

- Definizione e sviluppo di modelli digitali del sistema di reti di idrogeno in riferimento a casi d'uso opportunamente individuati
- Definizione di criteri di *site suitability* per la dislocazione ottimale di componenti di produzione, stoccaggio, distribuzione delle reti di idrogeno e di valutazione del potenziale di idrogeno.

Output:

- Rapporto tecnico: “Definizione e sviluppo dei modelli digitali delle reti di idrogeno” [M8]
- Rapporto tecnico: “Definizione di criteri di *site suitability* e di valutazione del potenziale tecnico dell'idrogeno” [M12]

ACCORDO DI COLLABORAZIONE

**Supporto allo sviluppo di componentistica per gemello digitale delle reti di trasporto e
distribuzione idrogeno**

nell'ambito del

PNRR POR H2

***WP4.3 Definizione di standard, metodologie e linee guida per il test e la validazione di
tecnologie emergenti, componenti e sistemi di gestione e controllo per infrastrutture basate
sull'idrogeno e formazione di figure professionali***

***LA4.3.4 DIGITAL TWIN: MODELLISTICA DELLA RETE DI TRASPORTO E DI DISTRIBUZIONE
DELL'IDROGENO***

Rif. Nr. Procedura: 4.3.4

Responsabile Accordo: Saverio De Vito

Responsabile LA: Saverio De Vito

Importo: € 55.000,00

Durata: 12 mesi

Oggetto dell'Accordo di collaborazione

Obiettivo principale delle attività di ricerca sarà il supporto allo sviluppo dell'architettura di un sistema digital twin per infrastrutture di trasporto/distribuzione idrogeno mediante lo sviluppo di componentistica SW per gemelli digitali di reti ad-hoc o che ne supportino l'utilizzo.

L'attività include

- a) Definizione di modelli fisico/chimici di trasporto di fluidi, incluse miscele, in pressione.
- b) Definizione di codici numerici di simulazione temporale di componenti specifiche di tali reti quali ad esempio nodi di prelievo ed immissione/compressione, segmenti di trasporto e componenti di storage.

Le componenti dovranno essere implementate mediante linguaggi di scripting o con linguaggi alternativi interfacciabili con essi. Dovranno essere inoltre pienamente configurabili nei parametri fondamentali e componibili al fine di realizzare modelli globali interattivi della rete stessa con l'obiettivo di simulare il completo funzionamento e la generazione dati da reti sensoriali distribuite in condizioni operative:

1. Nominali,
2. sottoposte a variazione parametrica,
3. guasto.

Output:

- Rapporto tecnico: “Modelli fisico-chimici e componenti per la simulazione di nodi e segmenti significativi di reti di trasporto e distribuzione del vettore Idrogeno” [M6]
- Componenti SW: “Componenti di simulazione fisico-chimica di nodi e segmenti significativi di reti di trasporto e distribuzione del vettore Idrogeno” [M12]