Convegno

Progetto H_2 Filiera Idrogeno
Risultati e Prospettive

29 giugno 2011

Firenze – Palazzo Strozzi Sacrati

Coordinamento
c/o Presidenza Facoltà di Ingegneria
Largo Lazzarino - 56122 Pisa
tel. 050-2217027 - fax 050-2217036
email: presidenza@ing.unipi.it

Segreteria Tecnica
c/o Dipart. Sistemi Elettrici e Automazione
Largo Lazzarino - 56122 Pisa
tel. 050-2217339 - fax 050-2217333
email: paolo.bolognesi@ing.unipi.it

Segreteria Amministrativa
c/o Unità Gestione Progetti Speciali
Lungarno Pacinotti 43/44 - 56126 Pisa
tel. 050-2212389 - fax 050-2212182
email: c.barghini@adm.unipi.it

Il Progetto H2 Filiera Idrogeno[1]

La Regione Toscana, considerando la sostenibilità ambientale un "fattore fondamentale per lo sviluppo", attraverso un finanziamento del CIPE, ha promosso attività di ricerca volte ad una mobilità pulita e sostenibile, incentrate sull'uso dell'idrogeno come vettore energetico.
È così nato il "Progetto H_2 Filiera Idrogeno" che si prefigge di sviluppare l'attività di ricerca nel settore delle tecnologie di produzione, distribuzione, stoccaggio dell'idrogeno e nel suo uso per propulsione in veicoli (con motori endotermici a idrogeno o veicoli a celle a combustibile).
L'intervento della Regione Toscana, in modo lungimirante, ha anche posto l'accento sulla opportunità di sfruttare i punti di forza del proprio territorio (la presenza di vaste competenze nella ricerca tecnologica del settore, grandi aziende del settore chimico, potenziali produttrici di idrogeno, la presenza di importanti realtà industriali legate alla produzione di veicoli e alla realizzazione di sistemi per produzione e distribuzione di idrogeno ed infine la disponibilità degli Enti locali a collaborare alla sperimentazione su flotte di veicoli e sistemi di distribuzione) per avviare appunto una sperimentazione di "filiera", cioè l'attivazione in scala locale di tutte le componenti di un sistema di mobilità basato sull'idrogeno.
Il Progetto "Filiera Idrogeno" ha, quindi, l'ambizione di trasformare questo insieme territoriale di *assets* di grande pregio in un sistema coordinato ed efficiente, in movimento accelerato verso le tecnologie sulle quali si fonderà la mobilità del futuro.
Alla base del progetto sono sia ricerche di base sulla produzione e sulla combustione dell'idrogeno, sia ricerche tecnologiche su sistemi e componentistica, arrivando alla sperimentazione di veicoli a idrogeno con diverse concezioni.
Le principali linee di attività della "squadra" dei partners, che coinvolge vari Dipartimenti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa e la Scuola Superiore S.Anna, sono due.
La prima riguarda la messa a punto di veicoli con motori endotermici trasformati per poter funzionare efficientemente utilizzando idrogeno (eventualmente miscelato con altri gas) come combustibile. In questo campo si sono fatti notevoli miglioramenti rispetto alle tecnologie presenti, in particolare per quanto riguarda i sistemi di iniezione e controllo dei motori.
La seconda linea di attività riguarda i veicoli elettrici alimentati con celle a combustibile che utilizzano idrogeno per produrre energia elettrica in modo assolutamente pulito. Qui le sfide riguardano il miglioramento del rendimento e dell'affidabilità delle celle, nonché l'abbattimento dei costi.
Il Progetto è poi caratterizzato da attività trasversali a tali linee di ricerca, che riguardano: l'elaborazione di proposte per la produzione sul territorio di idrogeno "pulito", i sistemi di accumulo dell'idrogeno a bordo dei veicoli, la sensoristica necessaria per controllare gli apparati e renderli sicuri, la sperimentazione di prototipi, lo studio dell'impatto economico ed ambientale per il territorio, il contributo alla messa a punto di normative per l'omologazione di componenti e sistemi.
Insomma, tutto ciò che serve per portare i risultati delle ricerche dai laboratori all'utilizzazione stradale.

Le Fasi del progetto

Il "Progetto H_2 Filiera idrogeno" si sta sviluppando attraverso le seguenti fasi:

1. Attività di ricerca e innovazione sulle modalità di produzione, purificazione, stoccaggio e distribuzione di H_2;

[1] Responsabile Prof. Pierangelo TERRENI, Preside della Facoltà di Ingegneria, Università di Pisa

2. Attività di ricerca e innovazione sulla realizzazione di motori endotermici per veicoli da trasporto leggero e veicoli per trasporto persone;
3. Attività di ricerca e innovazione sulla realizzazione di dimostratori di veicoli e della relativa componentistica e sviluppo di aree comuni (design, elettronica, impiantistica di bordo);
4. Test e verifiche delle soluzioni proposte;
5. Analisi di impatto economico ed ambientale;
6. Analisi, controllo e contributo allo sviluppo della normativa;
7. Attività di networking e disseminazione.

WP previsti nel progetto

Attività	*Responsabili*
Coordinamento	Prof. P. Terreni
WP 2: Survey sulle Tecnologie di Produzione e Studio dei Materiali	Prof. L. Tognotti
WP 3: Sistemi di Produzione, Compressione, Stoccaggio e Distribuzione di Idrogeno	Prof. L. Tognotti Prof. L. Bertini
WP 4: Linea Idrogeno per Motori Endotermici: Sviluppo, Prototipazione e Prove	Prof. R. Gentili Prof. L.Martorano Prof. P. Terreni Prof. M. Beghini
WP 5: Linea Idrogeno per Sistemi a Celle a Combustibile	Prof. M. Ceraolo
WP 6: Sviluppo di Sensori per Idrogeno	Prof. P. Dario
WP 7: Sperimentazione e Test dei Veicoli e dei Sistemi di Distribuzione	Prof. P. Terreni
WP 8: Studi di Impatto Economico e Ambientale	Prof. M. Frey Prof. L. Tognotti
WP 9: Monitoraggio della Normativa e Sicurezza dell'Idrogeno	Prof. M. Carcassi
WP 10: Disseminazione e Comunicazione	Prof. P. Terreni

Convegno: Progetto H_2 Filiera Idrogeno. Risultati e Prospettive

La mobilità basata sull'idrogeno richiederà però cambiamenti epocali, non solo nella tecnologia motoristica, ma anche nelle complesse infrastrutture di produzione e distribuzione del carburante. Tutto ciò non può avvenire in modo improvviso in quanto sono necessari mutamenti profondi del sistema industriale, mutamenti che non riguarda solo i prodotti, ma investono anche le professionalità necessarie, le normative di riferimento, i sistemi produttivi.
Proprio per questo i programmi degli stati più avanzati, e della stessa Unione Europea, prevedono al riguardo non solo il sostegno alla ricerca tecnologica sui "motori" a idrogeno, ma

anche la sperimentazione di sistemi di mobilità basati sull'idrogeno, su scala locale e regionale. Tali esperienze sono ritenute, infatti, strumenti fondamentali per anticipare il cambiamento, sia per l'ovvia necessità di sperimentare in scala ridotta le diverse soluzioni proponibili, che, ed anzi soprattutto, per mettere in moto fin da ora i necessari processi di riconversione.
Perciò, il convegno di Firenze il prossimo 29 giugno in Piazza Duomo presso Palazzo Strozzi Sacrati intende fare il punto, e ne discuteranno esperti e operatori del settore insieme a politici, a più di quattro anni dall'avvio del progetto, una riflessione sulle possibili strade per lo sviluppo futuro di una mobilità basata sull'uso dell'idrogeno come vettore di energia attraverso veicoli ZEV (*Zero Emission Vehicles*, veicoli a emissioni nulle) economici ed efficienti.
Il Progetto, oltre ad una notevolissima rilevanza sul piano locale, ha una valenza anche nazionale ed europea ed è soprattutto in tali ambiti che ne vanno valutati motivazioni e obiettivi, ecco perché a discuterne saranno esperti e operatori del settore insieme a politici.

Il motore ad idrogeno con iniezione diretta[2]

Uno tra i principali ostacoli all'utilizzazione dell'idrogeno come vettore energetico negli autoveicoli è la difficoltà d'immagazzinarne a bordo una quantità sufficiente per una ragionevole autonomia di marcia. La densità energetica dell'idrogeno è infatti molto bassa: meno di un terzo di quella, già modesta, del metano, a parità di volume e pressione, come mostra la figura 1. Il problema è aggravato dalle norme italiane che non consentono di superare la pressione di stoccaggio di 200 bar nei veicoli alimentati con combustibili gassosi.

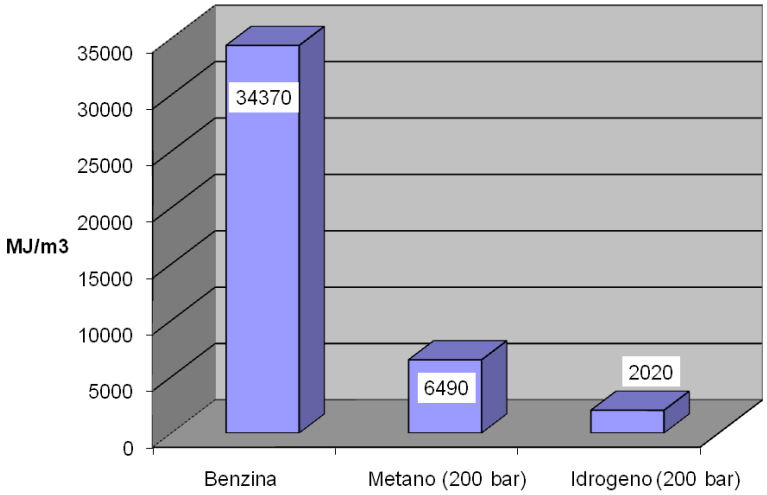


Fig. 1 - Confronto dell'energia per unità di volume tra benzina, metano ed idrogeno

È pertanto basilare sfruttare al meglio l'idrogeno immagazzinato a bordo e per questo occorre sia poterlo utilizzare anche quando la pressione residua di stoccaggio sia scesa a valori modesti, sia convertire la sua energia potenziale in energia meccanica con elevato rendimento. I sistemi basati su celle a combustibile consentono entrambe le cose. Sono però per adesso penalizzati da costi proibitivi, da ingombri considerevoli, nonché dalla necessità di un'elevata purezza dell'idrogeno, che invece non è richiesta quando più convenientemente lo si utilizzi in motori a combustione interna.

Ovviamente il maggior pregio di un motore a combustione interna alimentato con idrogeno consiste nel non emettere né anidride carbonica, né inquinanti, salvo ossidi di azoto, che però possono essere ridotti a valori molto modesti. Il rendimento, nell'insieme assai più alto che con la benzina, si avvicina a quello dei motori Diesel, perché, grazie all'elevato campo di infiammabilità dell'idrogeno, si possono utilizzare miscele anche molto povere, proprio come nei Diesel.

La sola soluzione finora disponibile per utilizzare l'idrogeno fino a pressioni residue modeste consiste nell'alimentare il motore con iniezione indiretta, che consente basse pressioni d'iniezione, ma limita la potenza specifica in conseguenza dell'ingente volume specifico dell'idrogeno ed inoltre, a causa della bassa energia di accensione, può condurre a preaccensioni e soprattutto a ritorni di fiamma nel sistema di aspirazione. L'iniezione diretta consente viceversa di raggiungere potenze anche superiori a quelle ottenibili alimentando il motore con benzina, evita i ritorni di fiamma ed allontana il pericolo di preaccensioni, perché l'idrogeno viene immesso nel cilindro una volta completata la fase d'aspirazione dell'aria. Però,

[2] Responsabile Prof. Roberto GENTILI, Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi - Dese, Università di Pisa

nei motori prestazionali ad alta velocità di rotazione, a causa del brevissimo tempo disponibile per l'iniezione, delle modeste sezioni di passaggio degli iniettori disponibili e dell'elevato volume specifico dell'idrogeno, richiede una pressione d'iniezione elevata, nell'ordine di 100 bar. Non potendo ovviamente scendere al di sotto di tale valore la pressione residua nel serbatoio, risulta utilizzabile solo una parte dell'idrogeno stoccato a bordo del veicolo. Si verificano inoltre problemi di tenuta ed affidabilità degli iniettori, dato che alta pressione ed alta temperatura di esercizio si associano all'assenza di proprietà lubrificanti dell'idrogeno ed al fatto che esso infragilisce i materiali con cui viene in contatto.

Allo scopo di combinare i menzionati vantaggi dell'iniezione diretta con la bassa pressione e l'affidabilità proprie dell'iniezione indiretta, si è ideato un innovativo sistema d'iniezione diretta, che può operare a soli 12 bar a due stadi. Peculiarità del sistema, che è stato brevettato, è la suddivisione dell'iniezione in due stadi, come mostra la figura 2. Nel primo l'idrogeno viene immesso all'interno di un piccolo serbatoio d'accumulo nella quantità voluta grazie ad un elettroiniettore convenzionale usato nei motori alimentati a metano; la portata dell'elettroiniettore è sufficiente perché esso può essere tenuto aperto anche per l'intero ciclo motore. Nel secondo stadio l'idrogeno accumulato nel serbatoio viene iniettato all'interno del cilindro per mezzo di una valvola a fungo comandata meccanicamente, la quale, grazie all'elevata sezione, consente di far passare il relativamente alto volume in un tempo molto breve. In tal modo la dosatura dell'idrogeno, che avviene variando la durata d'apertura dell'elettroiniettore, è svincolata dalla temporizzazione dell'iniezione nel cilindro, che dipende dalla fasatura della valvola a fungo.

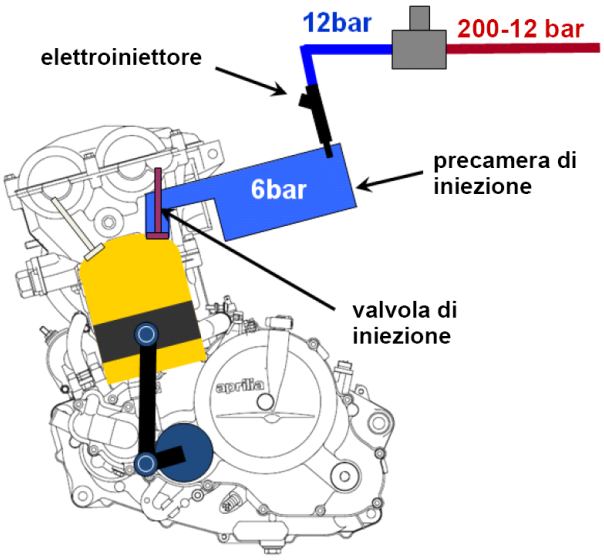


Fig. 2 – Schema del sistema di iniezione di idrogeno a due stadi

Per sperimentare il sistema, dopo approfondite simulazioni numeriche, è stato derivato da un motore motociclistico di serie monocilindrico di 650 cm^3 un prototipo, che ha dimostrato di funzionare in modo del tutto corretto. La potenza massima è stata superiore a quella ottenuta con alimentazione a benzina ed il rendimento, in condizioni di miscela povera, ha raggiunto valori di assoluto rilievo.
Sulla base dei risultati conseguiti, è adesso in corso lo studio di un nuovo motore a quattro cilindri, sempre con iniezione diretta d'idrogeno a due stadi, destinato ad un veicolo da trasporto urbano.

Parallelamente è stato studiato e sperimentato anche un sistema d'iniezione diretta a bassa pressione ad un solo stadio, soluzione resa possibile dai progressi degli elettroiniettori. In particolare sono stati utilizzati iniettori finalizzati all'iniezione diretta di benzina assistita da aria, i quali sono caratterizzati da una grande superficie di passaggio, che consente di iniettare combustibili allo stato gassoso direttamente nei cilindri.
Il prototipo è stato sviluppato a partire da un motore monocilindrico di 500 cm^3 di cilindrata, che da un lato fornisce risultati significativi in vista di motori ad idrogeno a quattro cilindri da 1600-2000 cm^3 e dall'altro rappresenta la soluzione motoristica per un piccolo veicolo a propulsione ibrida, in grado di funzionare come puramente elettrico nei centri storici, pur mantenendo una buona autonomia quando si utilizzi il motore ad idrogeno per ricaricare le batterie.
Il prototipo è stato equipaggiato con un sistema di ricircolo di gas combusti raffreddati, come mostra la figura 3, il quale ha consentito una riduzione fino al 98% della produzione di ossidi di azoto, confermando che un motore a combustione interna ad idrogeno può dar luogo ad emissioni inquinanti prossime allo zero.

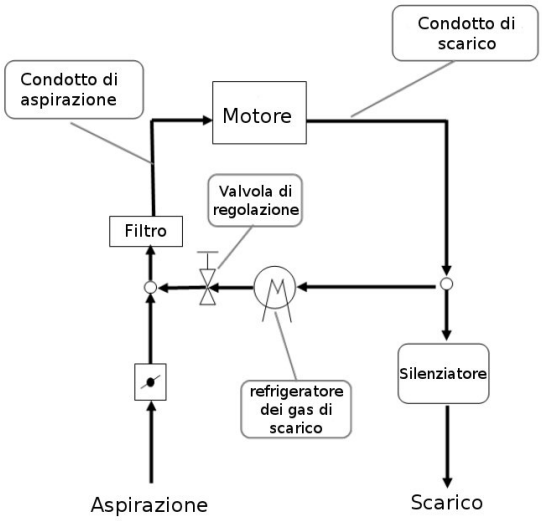


Fig. 3 – Schema dell'apparato di ricircolo dei gas combusti

Linea idrogeno per sistemi a celle a combustibile[3]

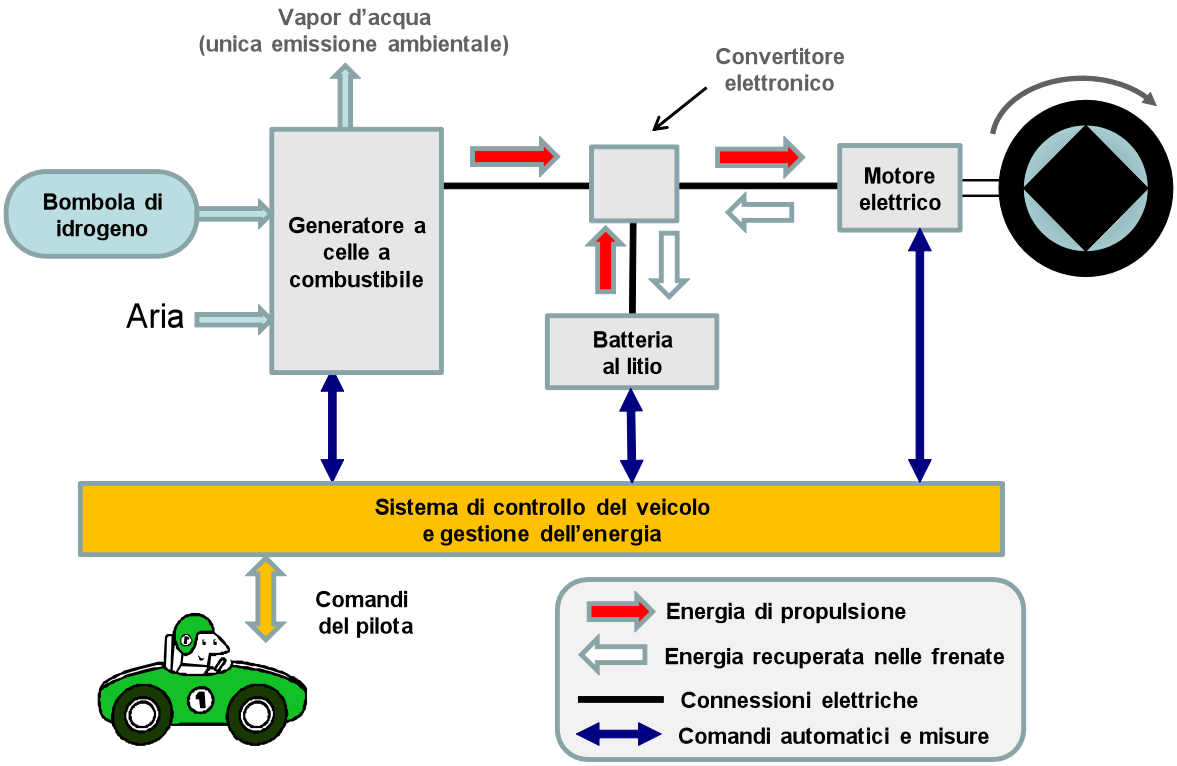
Realizzazione di un veicolo a celle a combustibile

Verrà realizzato un nuovo apparato propulsivo, con schema di tipo ibrida serie e generazione elettrica a fuel cells a idrogeno. di un piccolo veicolo commerciale di produzione nazionale (Piaggio Porter).

I veicoli per trasporto merci di piccole dimensioni sono infatti un candidato particolarmente interessante per la realizzazione di sistemi di propulsione a zero emissioni in quanto di ampissimo utilizzo in ambito urbano (corrieri merci, distribuzione medicine, posta, ecc.).

Un punto molto importante è che il veicolo risultante non avrà alcuna penalizzazione, in termini di spazio utile e di portata, rispetto ad un Piaggio Porter esistente oggi commercializzato, ed alimentato da batterie al piombo.

Lo schema dell'apparato propulsivo veicolo è il seguente:



Come si vede le uniche emissioni in ambito urbano sono costituite da vapor d'acqua.

L'impatto ambientale di questo sistema va però valutato tenendo conto anche delle emissioni immesse durante la produzione dell'idrogeno, la quale è studiata in dettaglio in altri WP del progetto.

Per la realizzazione di questo veicolo si è provveduto a:

[3] Responsabile Prof. Massimo CERAOLO, Dipartimento di Ingegneria dell'Energia e dei Sistemi - Dese, Università di Pisa

- progettare ex novo il motore elettrico ad alte prestazioni ed alta efficienza
- co-progettare assieme ai fornitori la batteria al litio, il generatore a celle a combustibile, il sistema di convertitori
- progettare e realizzare completamente il sistema di controllo del veicolo e gestione dell'energia
- co-progettare assieme ad uno dei fornitori la disposizione degli componenti a bordo del veicolo al fine di ottimizzare gli spazi utili.

Tutti i componenti del sistema propulsivo da realizzare sono pronti e in prova. Alla fine delle prove verranno assemblati al veicolo (che è stato già predisposto) che verrà provato a partire da Settembre.

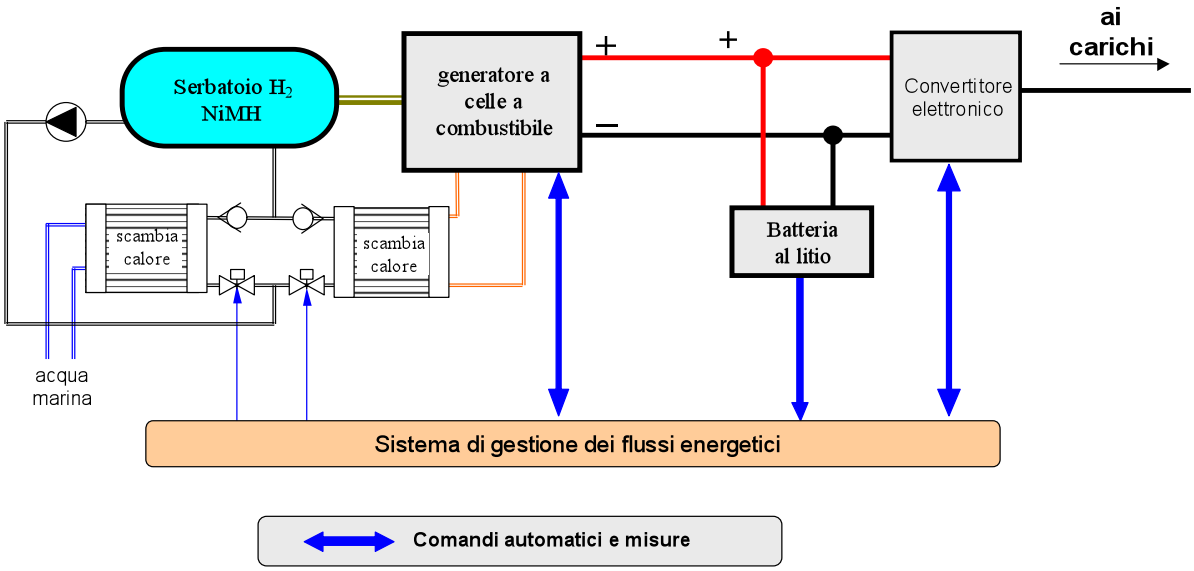
Alimentazione di carichi ausiliari a bordo di imbarcazioni

Per carichi ausiliari intendiamo i carichi elettrici di bordo diverse dagli eventuali motori di propulsione (motore dell'elica od elle eliche) che in talune navi sono elettrici.

Le imbarcazioni da diporto di alta gamma possono beneficiare grandemente di alimentazione ad emissioni zero dei carichi ausiliaria, nei casi in cui la nave si trovi alla fonda o in porto. Infatti in queste condizioni l'alimentazione è oggi effettuata utilizzando gruppi diesel, che spesso risultano inaccettabili per rumore ed emissioni.

Pertanto il WP5b ha come obiettivo la realizzazione di un sistema di alimentazione dei carichi ausiliari di un'imbarcazione da diporto, basata sull'uso di idrogeno stoccato in idruri metallici e pile a combustibile.

Lo schema fondamentale del sistema sviluppato e in fase di realizzazione è quello mostrato qui sotto:



Il sistema è in grado di fornire a emissioni zero e rumore ridottissimo alimentazione ausiliaria a navi (utile se se alla fonda o in porto)

L'idrogeno è stoccato all'interno di un serbatoio basato su composti Idruri Metallici. Esso viene utilizzato per alimentare un sistema di generazione a celle a combustibile, che alimenta i carichi della nave, previa interposizione di un convertitore elettronico (inverter)

E' presente un sistema di accumulo, che ha lo scopo di evitare che aumenti bruschi del carico siano trasferiti direttamente al sistema a Fuel cell. La ripartizione delle potenze tra le due sorgenti è coordinata da un sistema di gestione dei flussi energetici.

Particolarmente importante è la gestione termica del serbatoio di idruri. Essi devono infatti essere scaldati durante l'erogazione, ed a questo provvede il calore prodotto dal sistema di generazione a fuel-cell stesso, prelevato attraverso uno scambiatore di calore.

Per la ricarica degli idruri, invece, essi devono essere raffreddati, ed a questo si provvede attraverso scambio termico con l'acqua di mare.

Il sistema è stato studiato a fondo, simulato, e sono in ordine i vari sottosistemi. A settembre inizieranno le sperimentazioni sui componenti.

Sviluppo sensori per idrogeno[4]

Obiettivi.

L'attività ha come obiettivo lo studio, l'implementazione e l'integrazione di sistemi per il monitoraggio di idrogeno gassoso.
L'utilizzo dell'idrogeno per la propulsione di autoveicoli introduce alcune problematiche di sicurezza, a causa delle caratteristiche chimico-fisiche della sostanza (quali diffusività e incendiabilità). Per questo motivo è necessario prevedere l'utilizzo di sistemi di rilevazione e di monitoraggio dell'idrogeno nel vano passeggeri e nel vano serbatoio. In particolare, la messa in sicurezza dell'impianto a idrogeno implicherà l'effettuazione di misure delle perdite di gas e azioni di intercettazione, prevenzione degli accumuli di gas a bordo e controllo dei rilasci e spurghi del gas. Tali sensori saranno fondamentali per la salvaguardia della sicurezza dei passeggeri all'interno dell'abitacolo (per evitare possibili esplosioni derivate da fughe di idrogeno) o al di fuori del veicolo (per segnalare possibili fughe durante il rifornimento).

Dettaglio attività.

Il workpackage 6, dedicato allo studio, l'implementazione e l'integrazione di sistemi per il monitoraggio di idrogeno gassoso è suddiviso in due task principali:
Task6.1 - **Sviluppo di un sistema di monitoraggio per idrogeno** (ed altri parametri ambientali), che utilizzi sensori commerciali e che possa essere utilizzato sia all'interno del veicolo (integrato con la centralina dell'auto), che *stand alone* (ad esempio per l'installazione nelle stazioni di rifornimento oppure in ambienti confinati).
Task6.2 - **Studio e sviluppo di tecnologie di *sensing* di idrogeno** per l'implementazione di sensori di stato solido con caratteristiche superiori a quelli disponibili in commercio.
In generale i sensori di idrogeno utilizzati per l'implementazione del sistema di monitoraggio dovranno rispettare standard specifici del settore automobilistico e presentare le seguenti caratteristiche: basso costo, ampio *range* di funzionamento, lungo tempo di vita ed elevata selettività verso l'idrogeno.

Risultati.

Il lavoro del WP6 ha portato alla realizzazione di un primo prototipo di sistema di monitoraggio, integrabile nel veicolo sperimentale. Il sistema è basato su una tecnologia che permette di rendere "intelligenti" i sensori tradizionali, tramite un'opportuna interfaccia chiamata "*Universal Intelligent Sensor Interface*". Il sistema completo include diversi tipologie di sensori di idrogeno. Infatti l'utilizzo di tipi diversi di sensore permette, tramite opportuni algoritmi di analisi, di effettuare misure più accurate ed affidabili, evitando il problema dell'effetto della temperatura sulla misura e di eventuali gas interferenti.
Per quanto riguarda le tecnologie di base per la rilevazione dell'idrogeno, il WP6 ha studiato una soluzione innovativa che permette di rilevare alte concentrazioni di idrogeno (nel *range* di esplosività) in maniera veloce, affidabile ed economica. I sensori sviluppati sono basati su un film di palladio microstrutturato, depositato direttamente su un supporto plastico.

[4] Responsabile Prof. Paolo DARIO - Scuola Superiore Sant'Anna, Laboratorio CRIM

I-BM^{2}S: Intelligent Battery Monitoring & Management System[5]

Scenario e sfide tecnologiche

I veicoli ibridi che utilizzano celle a combustibile (Fuel Cells) alimentate a idrogeno e batterie al litio rappresentano una concreta prospettiva verso il conseguimento di una mobilità sostenibile, a causa della fortissima riduzione delle emissioni inquinanti che tali veicoli consentono. Tuttavia, uno degli elementi chiave per migliorare la sicurezza e le prestazioni di questi veicoli è costituito dal sistema di monitoraggio e gestione della batteria che, insieme alla Fuel Cell, fornisce la potenza elettrica per la trazione a emissioni zero.
Infatti, se le batterie con chimica al litio [ioni di litio (Li++) e litio-polimeri (LiPo)] forniscono indubbi vantaggi in termini di densità di energia e potenza, riducendo ingombri e pesi a parità di autonomia e prestazioni del veicolo, allo stesso tempo queste batterie pongono grosse sfide per la loro gestione in quanto devono essere mantenute in intervalli di temperatura molto stringenti e non devono essere portate a lavorare in condizioni di sovra-carica e sotto-scarica, pericolose per l'integrità della batteria stessa. Inoltre, poiché la batteria per la trazione elettrica è costituita dalla serie di un numero elevato di celle elementari che per le inevitabili dissimmetrie tendono a scaricarsi in modo non uniforme, si deve tenere conto anche di questo fenomeno, che degrada la capacità totale utilizzabile della batteria e quindi l'autonomia del veicolo. In definitiva, l'uso efficiente di queste batterie dipende in modo decisivo dalla realizzazione di un'efficace elettronica di controllo delle stesse.

Risultati

Per rispondere a queste sfide tecnologiche, nell'ambito del WP7 del progetto Filiera Idrogeno è stato progettato I-BM^{2}S (Intelligent Battery Managing and Monitoring System), un sistema elettronico di controllo e gestione di batterie per trazione elettrica fortemente innovativo. Da un lato I-BM^{2}S garantisce una gestione sicura delle batterie monitorando costantemente la tensione e la temperatura di ogni singola cella e prevenendo condizioni che possono danneggiare la batteria o risultare addirittura pericolose per gli occupanti del veicolo. Dall'altro implementa tecniche avanzate per la stima dello stato di carica, essenziale per il calcolo dell'autonomia residua del veicolo, e un sistema per il bilanciamento attivo, senza spreco di energia, (mostrato in figura 1) della carica presente in ogni cella, che aumenta l'efficienza e il tempo di vita della batteria
I-BM^{2}S sarà impiegato per la gestione della batteria per il veicolo ibrido H_2-LiPo "Filiera Idrogeno"e le sue funzionalità sono già state verificate con successo su un prototipo in scala ridotta. La batteria del veicolo è costituita da 44 celle, come quella mostrata in figura 2, nella quale si nota l'elettronica di monitoraggio della tensione e temperatura. Le 44 celle, capaci di fornire una tensione nominale di batteria pari a 163 V e di immagazzinare un'energia pari a 5 kWh (per una erogazione di potenza oltre i 25 kW), saranno assemblate nel package in figura 3, che include un innovativo sistema di raffreddamento a liquido.
Risultato essenziale della ricerca è che la modularità e flessibilità dell'architettura I-BM^{2}S consentono il suo utilizzo in veicoli ibridi e elettrici di qualunque tipo, per una mobilità sicura e sostenibile.

[5] Responsabile Prof. Pierangelo TERRENI, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione - Università di Pisa

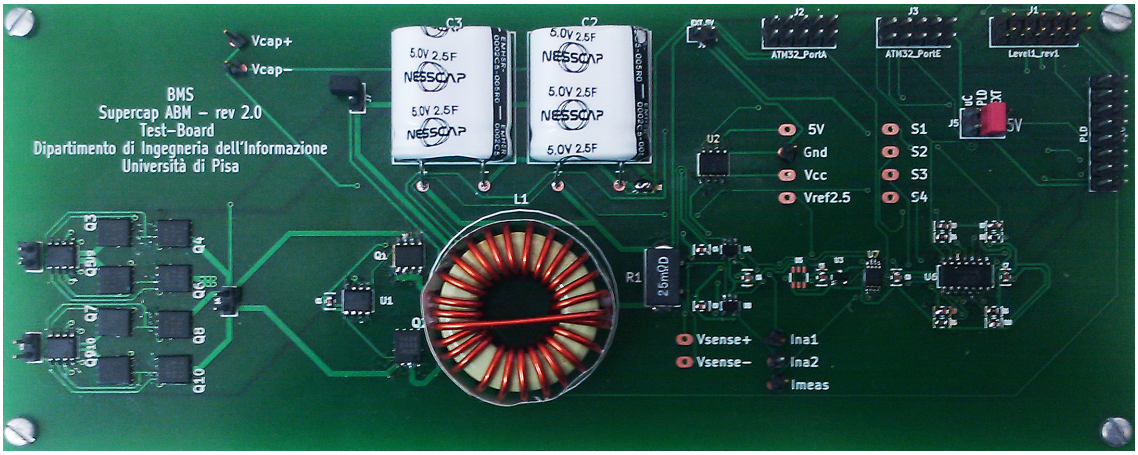


Figura 1: Scheda elettronica del sistema di bilanciamento attivo; si riconoscono i supercondensatori (in bianco) per il trasferimento di carica tra celle

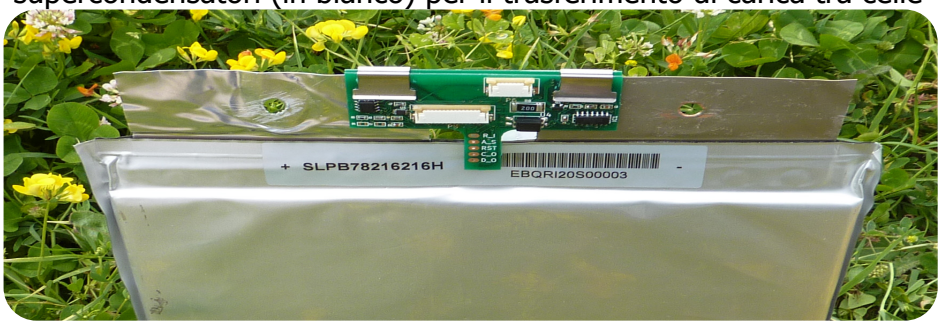


Figura 2: Cella al Litio con elettronica di monitoraggio per batterie intelligenti

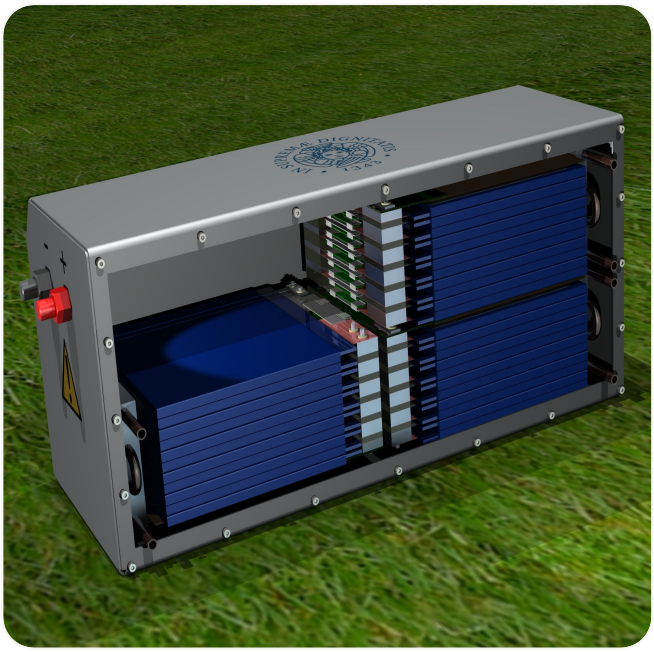


Figura 3: Architettura della batteria a 44 celle, 5kWh, 25 kW per veicolo ibrido H2-LIPO "Filiera Idrogeno"

Studi di Impatto Economico e Ambientale[6]

Le attività di ricerca del progetto idrogeno hanno previsto, a completamento degli approfondimenti tecnico-ingegneristici condotti nelle precedenti fasi, la valutazione delle ricadute economiche e ambientali attese sul territorio di sperimentazione dalla possibile industrializzazione delle soluzioni proposte. Questi studi, condotti dalla Scuola Superiore Sant'Anna e dal Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali dell'Università di Pisa, intendono identificare i contributi specifici che l'economia dell'idrogeno potrà portare al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo di una "green economy" regionale.

Con ciò, gli studi ambientali si sono incentrati sull'analisi della sostenibilità delle alternative tecnologiche per il trasporto leggero delle merci in aree urbane dalla prospettiva del ciclo di vita delle risorse e, in particolare, in un'ottica di integrazione con le filiere delle energie rinnovabili presenti nella regione. Gli studi socio-economici, invece, hanno analizzato le determinanti delle dinamiche evolutive del sistema innovativo regionale, ovvero di quel complesso di attori e relazioni nelle quali l'economia dell'idrogeno potrà trovare la propria affermazione.

Da questi studi sono emerse luci e ombre di un settore che, seppur caratterizzato da una tradizionale concentrazione di eccellenze tecniche nel comparto della produzione di apparecchiature per la produzione e trasformazione dell'idrogeno, è rimasto confinato ad un mercato di applicazioni di nicchia spesso giustificate più da benefici ambientali relativi (es. displacement delle emissioni) che assoluti (es. efficientamento delle reti energetiche).

In un quadro in cui tutti i principali player internazionali (es. grandi gruppi automobilistici) sembrano investire in maniera controllata sul settore, presidiando così il proprio posizionamento su un mercato dalla redditività ancora incerta, i potenziali attori della locale filiera idrogeno sono rappresentati prevalentemente da piccole e medie imprese sempre più indipendenti dal tradizionale indotto Piaggio. Queste, oggi, competono su nicchie di mercato internazionali attraverso un'offerta di servizi taylor-made capaci di innovazioni incrementali al di fuori della portata delle produzioni di serie. Non a caso, proprio nel settore dello stoccaggio e del trasporto d'idrogeno si registrano le maggiori carenze di competenze endogene.

Se, dunque, la flessibilità produttiva è assunta quale chiave competitiva delle aziende regionali, per contro, alcune opportunità latenti di impattare sul mercato appaiono sacrificate a favore di una meno rischiosa tendenza a non integrarsi in un'ottica di filiera e, quindi, a non coordinare le azioni sul lato dell'offerta. Tale orientamento strategico al breve periodo è peraltro riflesso anche nella limitata maturazione dei rapporti con il mondo universitario tanto con riferimento allo scambio di capitale umano quanto alla promozione di iniziative di co-sviluppo e trasferimento tecnologico.

Similmente, margini per una riorganizzazione in chiave sistemica delle competenze locali emergono anche dalla presenza sul territorio di quelle risorse naturali (es. fonti energetiche rinnovabili) alle quali è dedicata una sempre maggiore quota di mercato del proprio export, fattore questo che potrà favorire il coordinamento di iniziative coerenti con la natura delle imprese coinvolte.

Assunto che la competitività della filiera regionale non potrà prescindere dalla domanda internazionale di ricerca applicata, la comprensione delle direttrici che caratterizzeranno lo sviluppo delle tecnologie nel settore idrogeno sarà di particolare importanza. A tal fine, un'analisi sulle dinamiche di produzione dei brevetti a livello mondiale basta sui dataset

[6] Responsabile Marco FREY, Scuola Siperore Sant'Anna

europei, statunitensi e giapponesi ha mostrato chiaramente come, a fianco di un mai ridimensionato interesse verso il settore delle fuel cell (recentemente alimentato anche dal settore ICT), seppure con valori assoluti differenti (soprattutto per ciò che riguarda lo sviluppo di specifici motori a combustione interna), la ricerca scientifica stia alimentando una molteplicità di alternative tecnolgiche senza specifici segnali di flessione. In un simile contesto, per le proprie caratteristiche, il consolidamento della rete imprenditoriale regionale potrà trarre vantaggio dalla polverizzazione dei volumi di prototipazione e produzione attesi, limitando così la tanto la concorrenza dei grandi gruppi industriali che delle tecnologie rivali (in primis, le batterie elettriche).

Monitoraggio della Normativa e Sicurezza dell'Idrogeno[7]

Nello specifico del progetto le attività del WP9 hanno riguardato principalmente tre aspetti:

1. Seguire e partecipare ai Gruppi di Lavoro sia nazionali che internazionali che trattano gli aspetti di sicurezza di interesse del Progetto Filera Idrogeno
2. Analisi di sicurezza del Porter in relazione alla rispondenza del prototipo alla predetta normativa
3. Simulazione e prove sperimentali di perdite di idrogeno.

Per quanto riguarda il punto 1) l'Università di Pisa partecipa ufficialmente, a livello internazionale, al TC 197 "Hydrogen Technologies" dell'International Standard Organization (ISO) e al Task 19 "Hydrogen Safety" dell' International Energy Agency (IEA). In queste sedi internazionali si stanno mettendo a punto le principali norme tecniche per un uso sicuro dell'Idrogeno come media energetico.

A livello nazionale, oltre ad altri gruppi di lavoro, l'Università di Pisa fa parte del Gruppo di Lavoro "Idrogeno"del Ministero degli Interni per lo sviluppo di regole tecniche riguardanti la sicurezza, ai fini antincendio, nell'uso dell'Idrogeno. Tale gruppo produce le regole tecniche che, una volta approvate, diventano Decreti Ministeriali.

Per quanto riguarda il punto 2), le conoscenze aggiornate, acquisite con le attività del punto precedente, hanno permesso una efficacie collaborazione con gli altri WP. In particolare l'attiva collaborazione con il WP5 (quello che ha progettato e realizzato la modifica del Porter elettrico a Porter alimentato da una Fuel Cell con Idrogeno), ha permesso di considerare la "sicurezza" già dalla fase di progettazione della modifica del Porter e non dopo come spesso, purtroppo, accade.

Le modifiche proposte dal WP9 hanno quindi permesso di modificare il layout della parte idrogeno del Porter, rendendolo conferme alle normative nazionali e Regolamenti europei. E' stato quindi realizzato un prototipo pienamente rispondente agli attuali standard tecnici di sicurezza previsti per questa tecnologia.

Le attività relative al punto 3) riguardano quelle analisi di rischio relative a studi delle situazioni che, pur bassamente possibili, comporterebbero un rischio durante l'uso del Porter. In particolare un evento incidentale che potrebbe provocare una fuoriuscita di idrogeno all'esterno o all'interno del Porter stesso è da studiare onde verificare misure che eliminano/minimizzano le conseguenze di tale evento.

Per tale motivo sono state inizialmente simulate, con appositi codici di simulazione, e poi realizzate, presso un laboratorio universitario, prove sperimentali di perdite di idrogeno sia all'esterno che all'interno del Porter.

Le 24 prove sperimentali hanno permesso di acquisire dati fondamentali su tali eventi – rilasci accidentali di idrogeno. Una delle conclusioni di tale campagna sperimentale è stata "*L'ingresso di idrogeno risucchiato nell'abitacolo dal sistema di ventilazione può comportare un rischio per gli occupanti del veicolo solo per portate dell'ordine di grandezza o superiori a quelle necessarie al funzionamento della Fuel cell alla massima potenza*". In altre parole anche se l'idrogeno invece di alimentare la Fuel Cell per un guasto, che ripetiamo è difficilmente immaginabile, venisse riversato nell'abitacolo, tale guasto non comporterebbe rischi agli occupanti.

[7] Responsabile Prof. Marco CARCASSI, Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, Università di Pisa