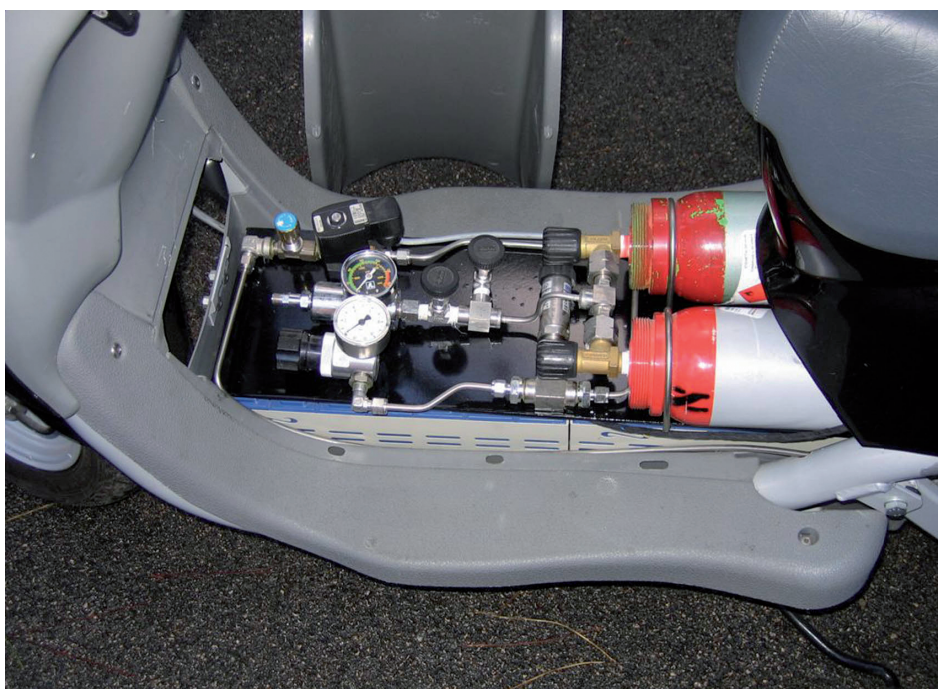


# Un pieno di idrogeno per l'eco-scooter

FORTUNATO MIGLIARDINI

Uno scooter attento all'ambiente è stato sviluppato dal CNR di Napoli.

La propulsione avviene tramite un sistema ibrido con celle combustibile alimentate a idrogeno. I risultati sono decisamente interessanti sia in termini di prestazioni sia per le basse emissioni ed efficienza energetica



L'Istituto Motori del Consiglio Nazionale delle Ricerche, con sede a Napoli, è impegnato sin dalla sua fondazione (1940) nel settore dei sistemi di propulsione a combustione interna, con particolare attenzione rivolta alla riduzione degli inquinanti e al miglioramento dell'efficienza. Ha inoltre attivato da oltre un decennio una linea di ricerca orientata allo studio sperimentale di propulsori ibridi a celle a combustibile alimentate ad idrogeno. In tale contesto è stato progettato e realizzato un sistema di propulsione a celle a combustibile per ap-

plicazione su uno scooter, il cui comportamento è stato studiato nelle condizioni reali di utilizzo su strada.

## Le celle a combustibile nell'autotrazione

Le celle a combustibile idonee per la trazione stradale utilizzano una membrana polimerica come elettrolita. Esse sono alimentate a idrogeno mediante la reazione di ossidazione elettrochimica del combustibile con l'ossigeno dell'aria e trasformano l'energia chimica dell'idrogeno direttamente in energia elettrica, che viene

poi ulteriormente convertita in energia meccanica mediante un azionamento elettrico. I vantaggi di tale tecnologia sono quindi i seguenti: emissioni inquinanti nulle, in quanto l'unico prodotto della reazione è l'acqua; silenziosità; elevata efficienza energetica.

La tecnologia delle celle a combustibile, combinata con l'utilizzo dell'idrogeno, consente di superare i principali inconvenienti connessi all'utilizzo dei veicoli puramente elettrici, consistenti in una limitata autonomia e lunghi tempi di ricari-



ca delle batterie. Lo sviluppo della propulsione basata sulle celle a combustibile potrebbe trovare applicazione su diverse tipologie di veicolo, quali scooter, autovetture ed autobus, nonché al trasporto su rotaia. La potenzialità di penetrazione sul mercato di tali tipologie di veicolo è tuttavia fortemente dipendente dallo sviluppo e dalla commercializzazione dei sistemi di celle a combustibile e dalla creazione delle infrastrutture necessarie alla distribuzione del combustibile idrogeno.

## Il CNR in breve

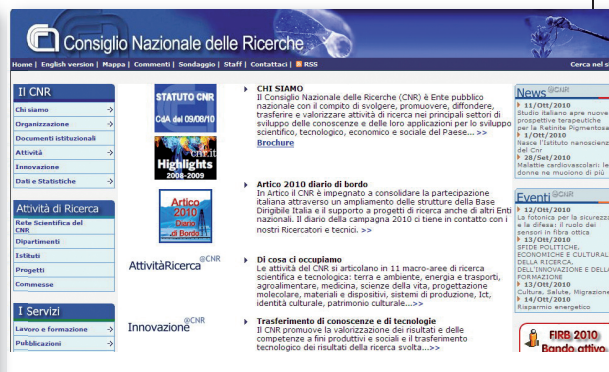
Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) è Ente pubblico nazionale con il compito di svolgere, promuovere, diffondere, trasferire e valorizzare attività di ricerca nei principali settori di sviluppo delle conoscenze e delle loro applicazioni per lo sviluppo scientifico, tecnologico, economico e sociale del Paese. Un obiettivo che l'Ente vuole perseguire, dopo la riforma attuata con il decreto legislativo N.127 del 4 giugno 2003, alla luce di una missione ambiziosa: rappresentare una risorsa da valorizzare per lo sviluppo socio-economico del Paese. Alla base, il convincimento che l'attività di ricerca e sviluppo, determinante per la competitività del sistema economico nazionale, possa generare nuova occupazione, maggior benessere e maggiore coesione sociale. Nel nuovo modello progettato per il CNR, la necessità di contemperare la salvaguardia di spazi per la ricerca spontanea a tema libero, si incontra con l'esigenza di definire obiettivi concordati e credibili, e di perseguirli in modo strutturato, come avviene da tempo nei principali paesi industrializzati, 'cucendo' fra loro gli apporti delle varie unità di ricerca e limitando i dan-



### Progettare un powertrain con celle a combustibile

Un powertrain elettrico, equipaggiato con celle a combustibile a idrogeno per la generazione a bordo dell'energia elettrica, può operare in linea di principio secondo la cosiddetta configurazione full power, per la quale la potenza elettrica richiesta dall'azionamento è interamente soddisfatta dal generatore a fuel cell. Una batteria di dimensioni limitate sarebbe utilizzata solo per la fase di start-up del veicolo. In tal caso il generatore deve essere dimensionato sulla base della potenza della macchina elettrica di trazione, più precisamente do-

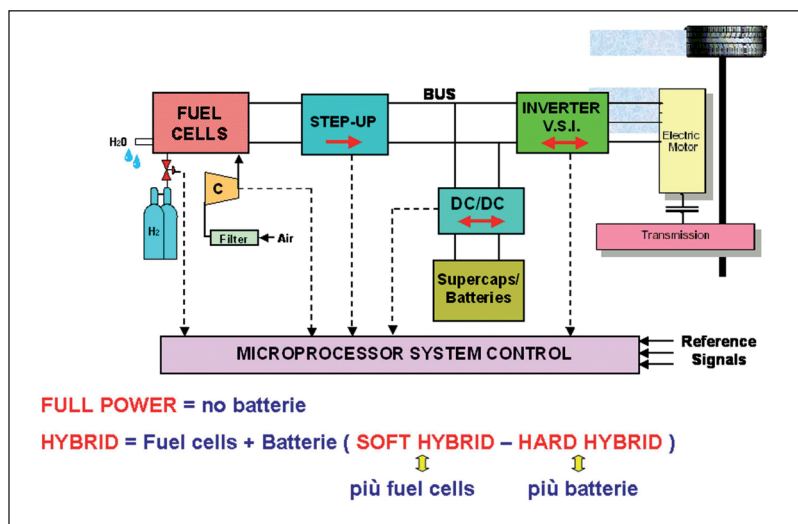
vrebbe essere utilizzata una pila a combustibile (stack di fuel cell) di potenza nominale almeno pari al valore di potenza massima dell'azionamento elettrico. A fronte del vantaggio di una riduzione di pesi ed ingombri associati all'utilizzo di pacchi batterie, le possibili limitazioni di tale configurazione sono essenzialmente due: l'impatto dei costi del si-



ni della dispersione territoriale. Il CNR fu costituito il 18 novembre 1928 e trasformato nel 1945 in organo dello Stato. [www.cnr.it](http://www.cnr.it). Le attività di ricerca relative ai sistemi di propulsione a fuel cell sono iniziate in Istituto Motori nel

2000, e sono tuttora in corso, sia per applicazioni a ciclomotori che a veicoli di taglia superiore. L'eco-scooter di cui si parla nell'articolo è stato presentato, nello stand CNR, all'Expo 2005 a Tokio, e ad altre mostre di divulgazione scientifica in Italia. Le attività sono condotte dal Gruppo di Ricerca Propulsione a Fuel Cells, di cui fanno parte quattro ricercatori e due tecnici.

stema di generazione sul costo complessivo del veicolo, nonché la sua difficoltà ad operare in modo affidabile in condizioni di elevata dinamica tipiche di applicazioni automotive. L'ibridizzazione del sistema di propulsione mediante l'utilizzo di un sistema di accumulo dell'energia elettrica (batterie e/o supercapacitori) in aggiunta al generatore a fuel cell, per-



Schema di principio di un propulsore ibrido a fuel cell.

mette di minimizzare tali svantaggi. In particolare, a parità di veicolo e per analoghe missioni di guida, il dimensionamento del generatore può essere calibrato su una taglia di potenza decisamente inferiore a quella richiesta dalla configurazione full power.

In tal caso le fasi dinamiche di funzionamento del propulsore ibrido sono parzialmente (configurazione soft hybrid) o interamente (hard hybrid) gestite dalle batterie di trazione. Oltre al generatore a fuel cell e al sistema di accumulo dell'energia elettrica, un propulsore a fuel cell comprende anche un convertitore DC/DC e l'azionamento elettrico. Il convertitore DC/DC adegua la tensione di stack ai valori richiesti dal bus di collegamento tra batterie ed azionamento elettrico e gestisce i flussi di energia all'interno del sistema di propulsione.

L'azionamento elettrico è costituito dalla macchina elettrica e da un inverter, che deve essere di tipo bi-direzionale in quanto la macchina elettrica deve poter funzionare anche come generatore durante le fasi di frenata rigenerativa (recupero di energia in batteria).

### Eco-scooter a fuel cell: la realizzazione

Il primo passo per la realizzazione di uno scooter elettrico con celle a combustibile è la realizzazione dell'impianto che comprende tutti i componenti ausiliari necessari alla corretta gestione dello stack.

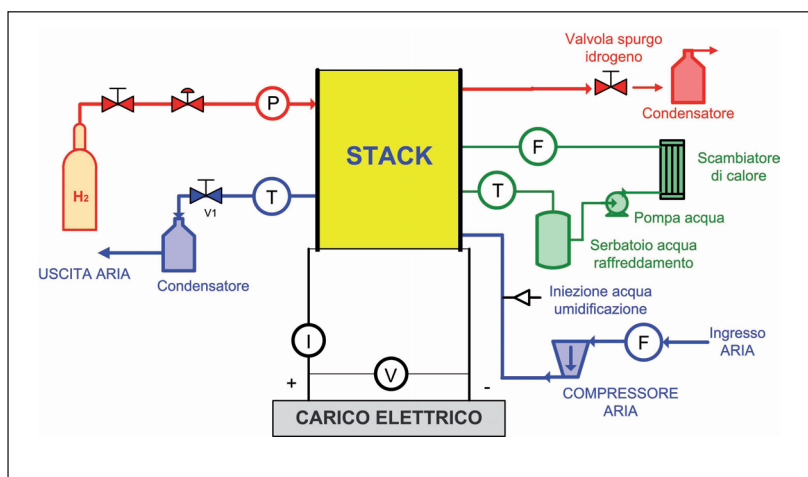
Per quanto riguarda la linea di adduzione del combustibile è stata adottata una configurazione del tipo dead-end, che richiede l'utilizzo di un sistema di regolazione della pressione e di una valvola ad attuazione elettronica per lo spurgo periodico della linea anodica.

Viene evitato in tal modo il ricorso a dispositivi aggiuntivi del tipo eietto-re o pompe di ricircolo di idrogeno, che incrementerebbe i costi e la complessità di realizzazione e gestione dell'impianto.

È stata poi selezionata una pressione di lavoro del sistema inferiore a 0,5 bar relativi, in modo da poter utilizzare esclusivamente un compressore a canali laterali a basso consumo energetico per l'alimentazione dell'ossidante.

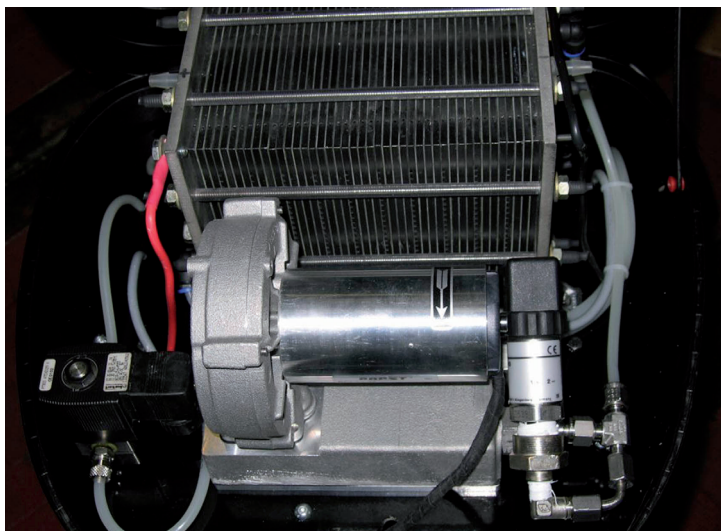
La necessità di garantire una adeguata umidificazione delle membrane polimeriche in tutte le condizioni di funzionamento ha imposto l'utilizzo di uno specifico dispositivo per l'umidificazione esterna delle correnti di alimentazione dello stack. In particolare è stata utilizzata la tecnica dell'iniezione controllata di acqua nella corrente di aria in ingresso.

La pompa di ricircolo dell'acqua e il sistema radiatore-ventola costituiscono infine i componenti principali del circuito di raffreddamento. Il dimensionamento di tale circuito (in particolare la portata d'acqua circolante) deve consentire una variazione di temperatura dell'acqua tra ingresso e uscita stack inferiore a 5 °C al massimo carico richiesto.



Schema dell'impianto per la gestione dello stack.





Assemblaggio del compressore d'aria con lo stack.

Per un azionamento elettrico di tipo brushless da circa 3 kW è stato scelto uno stack di potenza nominale pari a circa 2 kW, che ha consentito l'analisi delle strategie di gestione sia in configurazione soft che hard hybrid. Il convertitore DC/DC è stato selezionato per adeguare la tensione di stack

(20-30 V) ai valori richiesti dal bus di collegamento tra batterie ed azionamento elettrico (48 V), mentre come sistema di accumulo dell'energia elettrica è stato adottato un pacco batterie ad elevata densità energetica a base di litio ione con elettrolita polimerico (capacità 20 Ah).

### Le prestazioni

Con le scelte di progettazione sopra indicate, è stato possibile ottenere un sistema di propulsione a fuel cell in grado di assicurare le stesse prestazioni dell'analogo veicolo alimentato con solo batterie, con un'efficienza complessiva, calcolata su un ciclo di guida previsto dalla normativa europea, pari a circa il 30%, corrispondente a un consumo energetico per chilometro circa 2,5 volte inferiore a quello caratteristico di un ciclomotore equipaggiato con un motore a combustione interna.

Inoltre, grazie alla presenza del combustibile idrogeno a bordo del veicolo (60 g di idrogeno compresso a 200 bar) l'autonomia dello scooter risulta incrementata di circa l'80% rispetto al veicolo a batterie.

*F. Migliardini - ricercatore Istituto Motori CNR, laboratorio propulsione a fuel cell.*