

IDROGENO E FONTI RINNOVABILI: UNA POSSIBILE SOLUZIONE AI PROBLEMI ENERGETICI

di Gaetano Cacciola¹

Secondo il World Energy Outlook (WEO) 2007, dell' Agenzia Internazionale dell' Energia, l' aumento dei consumi energetici provocherà un aumento delle emissioni globali di CO₂ di circa il 57% rispetto al livello attuale. Cresce quindi la preoccupazione sulla disponibilità delle risorse energetiche tradizionali e aumenta l' attenzione verso i risvolti ambientali derivanti dal loro utilizzo. La ricerca è chiamata a fornire il suo contributo ed a partecipare allo sviluppo di nuove tecnologie che, nel breve termine, rendano quanto più compatibile ed efficiente l' uso dei combustibili fossili oggi disponibili, e nel medio - lungo termine, l' uso di fonti alternative rinnovabili, sia nel settore della produzione di energia che nel settore dei trasporti. In questo articolo viene illustrata la strategia di accoppiamento di tecnologie per l' idrogeno con fonti rinnovabili, che rappresenta una delle risposte di breve-medio termine ai problemi economici e ambientali connessi dalla produzione e dall' uso dell' energia.

Introduzione

La domanda energetica mondiale si presenta da sempre in costante crescita e secondo il World Energy Outlook (WEO) 2007, dell' Agenzia Internazionale dell' Energia (IEA), tra il 2005 e il 2030 dovrebbe aumentare del 55%. Questo incremento, dovuto per il 74% alle economie emergenti di Cina, India, Brasile, Messico, Indonesia, Sudafrica, dovrebbe essere soddisfatto per l' 84% da combustibili fossili. Di conseguenza, l' aumento dei consumi energetici è destinato a provocare una crescita delle emissioni globali di CO₂ di circa il 57% rispetto al livello attuale. Cresce quindi la preoccupazione sulla disponibilità, nel lungo termine, delle risorse energetiche tradizionali e, parallelamente, aumenta il livello di attenzione verso i risvolti ambientali derivanti dalla produzione e dall' utilizzo dell' energia.

Le uniche vie percorribili per governare un processo di evoluzione complesso, che sia capace di coniugare le esigenze di sviluppo dei singoli paesi con la tutela dell' ambiente, sono l' adozione generalizzata di tecnologie energetiche ad elevata efficienza, la riduzione dell' impatto ambientale e lo sfruttamento di risorse energetiche alternative. Le principali nazioni industrializzate hanno in corso intensi programmi di R&D per identificare fonti energetiche, infra-

strutture, tecnologie, processi e prodotti che saranno alla base del sistema energetico del futuro. Questo sistema, basato sulla diversificazione delle fonti energetiche, deve essere privo di effetti ambientali negativi ed essere accessibile a tutte le nazioni, per garantire uno sviluppo sostenibile e globale, minimizzando i rischi di conflittualità. In questo contesto l' Unione Europea, ad aprile 2007, ha individuato una strada: bisogna produrre energia da fonti rinnovabili in quantità almeno pari al 20% entro il 2020.

Per quanto riguarda il "sistema Italia", dal punto di vista energetico - ambientale, esso è caratterizzato da:

- elevata dipendenza (85%) della produzione energetica da combustibili fossili, quasi tutti d' importazione;
- volatilità e non prevedibilità delle risorse convenzionali disponibili e dei loro prezzi;
- problemi di inquinamento nelle città, principalmente a causa del traffico veicolare²;
- problemi di elevate emissioni di CO₂ dipendenti dall' uso di combustibili fossili;
- necessità di tecnologie innovative da adattare al nuovo mercato (libero) dell' energia (potenze unitarie più basse, ma con rendimenti elevati);
- fenomeni di "convergenza" nei settori di distribuzione e fornitura di gas, elettricità e servizi;

¹ Direttore dell' Istituto di Tecnologie Avanzate per l' Energia "Nicola Giordano" (CNR-ITAE) di Messina.

² È quanto mai significativo il fatto che "L' Italia si colloca al primo posto, a livello mondiale, per il più ampio utilizzo di autovetture, raggiungendo nel 2004 oltre 581 automobili per 1000 abitanti" (da "L' ultimo barile. Una grande sfida per il settore trasporti", a cura dell' ACI - Fondazione Filippo Caracciolo, febbraio 2007).

- scarsa diffusione di tecnologie per lo sfruttamento delle energie rinnovabili (solare, eolico, ecc.);
- disponibilità di biofuel nel settore agricolo e di scarti industriali.

Questi fattori economici ed ambientali stanno dando origine ad un cambiamento dinamico nel settore della produzione e distribuzione di energia che punta ad un decentramento cioè ad un modello di produzione "on-site" di energia, con la conseguente localizzazione di generatori di piccola potenza nelle vicinanze del carico e con l'ulteriore vantaggio di poter soddisfare con un solo impianto la richiesta di diverse forme di energia. Si creano così le opportunità per società di servizi, in grado di fornire un "full optional" (gas, elettricità, calore, freddo), che porta ad una riduzione dei costi per l'utente e crea una forte relazione con il cliente, in termini di gestione e manutenzione.

Domanda di ricerca nel settore

La transizione dall'attuale sistema energetico, basato sui combustibili fossili, ed il futuro, presumibilmente centrato su rinnovabili e nucleare sarà certamente lenta e graduale e probabilmente non omogenea a livello mondiale. Infatti, se da un lato la necessità di assolvere agli obiettivi richiesti dagli accordi internazionali sulle emissioni di CO₂, successivi a Kyoto, costringerà ogni nazione a ricorrere sempre più a risorse rinnovabili coerenti con le disponibilità del territorio, dall'altro lato l'incremento dei costi dei combustibili fossili, determinato dalla diminuzione del rapporto tra disponibilità e domanda, porterà ad accordi internazionali che ne assicurino la fornitura senza compromettere la sicurezza del paese, garantendo quindi una ampia varietà di combustibili fossili di diversa origine, con il metano principale protagonista in Italia.

La ricerca è chiamata a fornire il suo contributo ed a partecipare allo sviluppo di nuove tecnologie che, nel breve termine, rendano quanto più compatibile ed efficiente l'uso dei combustibili fossili oggi disponibili, e nel medio - lungo termine, l'uso di fonti alternative rinnovabili, sia nel settore della produzione di energia che nel settore dei trasporti.

In questo contesto alla ricerca si chiede, quindi, il miglioramento delle tecnologie tradi-

zionali ma soprattutto lo sviluppo di tecnologie innovative.

Un importante esempio di tali tecnologie sono le celle a combustibile che grazie alle caratteristiche di efficienza, modularità, basso impatto ambientale e all'opportunità di utilizzare direttamente il metano, riescono ad armonizzarsi con tutte le emergenze e le tendenze del nuovo mercato energetico. Inoltre, il modello di generazione decentrata è sinonimo anche di poligenerazione. La ricerca deve essere rivolta alla realizzazione di impianti in cui si integrano tecnologie allo scopo di ottenere da una sola sorgente (ad esempio, metano) diverse forme di energia (elettricità, caldo, freddo).

A tal riguardo, una valida soluzione è rappresentata dagli impianti trigenerativi di produzione di energia, come le celle a combustibile abbinate a pompe di calore.

Un'ulteriore priorità a cui la ricerca deve dare risposte concrete è la produzione di combustibili puliti, ottenuti da risorse energetiche disponibili sul territorio come biomasse, rifiuti agricoli e industriali, o comunque da energie rinnovabili, da destinare sia alla generazione di elettricità che alla mobilità. Combustibili utilizzati quindi come vettori energetici, e fra questi certamente l'idrogeno è quello da cui si attende il maggiore contributo, date le importanti caratteristiche di basso impatto ambientale, di elevato contenuto energetico e di utilizzo in tecnologie ad elevata efficienza come le celle a combustibile.

Affinché le nuove tecnologie energetiche costituiscano, oltre che una importante risposta alla soluzione dei problemi energetici ed ambientali, anche una opportunità di sviluppo economico per paesi come l'Italia, è necessario che il mondo della ricerca dia un contributo anche favorendo l'inserimento delle nuove tecnologie e, lì dove è possibile, creando le opportunità affinché possano nascere nuove imprese.

Il ruolo dell'ITAE

In considerazione del contesto nazionale ed internazionale descritto, il compito strategico dell'Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano" (ITAE) appartenente al Dipartimento Energia e Trasporti del CNR è quello di sviluppare tecnologie e processi energetici innovativi caratterizzati da elevata efficienza e basso impatto ambientale, compatibili

sia con l'uso dei combustibili fossili oggi ancora disponibili sia con l'uso delle energie rinnovabili che saranno sempre più competitive.

Le competenze scientifiche presenti presso l'ITAE, sono maturate all'interno dell'Istituto sui Metodi e Processi Chimici per la Trasformazione e l'Accumulo dell'Energia (precedente denominazione dell'ITAE) e quindi sono legate a fenomeni e processi chimici, grazie ai quali è possibile sviluppare energia elettrica e/o termica e nuovi combustibili con specifico riferimento all'idrogeno. Più in particolare le competenze sono legate alla preparativa e alla caratterizzazione di catalizzatori, supporti, elettrodi, membrane, letti adsorbenti, ecc.; componenti essenziali dei dispositivi per la realizzazione del processo di generazione, trasformazione o accumulo dell'energia. A tali competenze, appartenenti all'"anima" chimica dell'ITAE, si affiancano competenze di progettazione, realizzazione e test su dispositivi completi, proprie della componente ingegneristica dell'istituto che si occupa anche della progettazione e test di sistemi e di impianti dimostrativi, nelle diverse applicazioni fisse e mobili. Ulteriori competenze nella modellistica sono di

notevole supporto sia alla ottimizzazione dei sistemi che alla progettazione dei componenti e dei dispositivi.

Infine, sono presenti competenze per lo sviluppo di metodologie per analisi energetiche di sistemi complessi quali edifici, piccoli territori (comuni) o grandi territori (regioni).

L'attività di ricerca, partendo dallo studio delle procedure di sintesi e delle proprietà dei materiali, si concretizza con la realizzazione di dispositivi, con la loro applicazione in sistemi fissi o mobili e la dimostrazione sul campo della loro elevata efficienza e basso impatto ambientale.

Le linee di attività sviluppate all'ITAE comprendono settori, in cui prevale la ricerca e lo sviluppo di componenti e/o materiali con obiettivi di medio-lungo termine per nuove generazioni di dispositivi e accanto a questi, altri settori, più "ingegneristici", relativi all'applicazione e all'ottimizzazione di dispositivi e sistemi prototipali. Le due tipologie di attività interagiscono in modo da fornire dati utili ed efficaci che possano accelerare il raggiungimento degli obiettivi.

In particolare, le linee di ricerca attualmente sviluppate sono riassunte nella Tabella 1.

Tabella 1

Linea di ricerca	Settori
CELLE A COMBUSTIBILE	Sviluppo di materiali, componenti e stack per: Celle a combustibile polimeriche (PEFC) Celle a combustibile ad alcool diretto (DAFC) Celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC) Ingegneria di sistema, test e dimostrazione su campo per tutte le tecnologie di celle a combustibile.
IDROGENO E COMBUSTIBILI ECOCOMPATIBILI	Sistemi per la produzione dell'idrogeno da combustibili fossili Sistemi per la produzione di idrogeno da energie rinnovabili Sistemi per la produzione di eco-combustibili da rifiuti e scarti Sistemi per la produzione di combustibili alternativi
ACCUMULO ed uso razionale dell'energia	Accumulo di idrogeno Accumulo elettrico Pompe di calore ad assorbimento
Integrazione di nuove tecnologie con Energie rinnovabili	Accoppiamento energie rinnovabili con celle a combustibile reversibili Accoppiamento solare termico con sistemi ad adsorbimento (solar cooling)
Attività di Supporto: Normativa Impatto socio - economico Consulenza e trasferimento tecnologico	

Ogni linea è articolata in settori tecnologici multidisciplinari, caratterizzati da specifici obiettivi e strategie di sviluppo, che tengono conto anche di interazioni tra i diversi settori per la realizzazione di sistemi combinati il cui obiettivo rimane la riduzione dei consumi, l'utilizzo efficace di risorse e la compatibilità ambientale. Per ogni linea strategica è prevalente l'obiettivo della riduzione dei costi e della durata ed affidabilità dei dispositivi finali, ma gli obiettivi intermedi e le strategie sono ovviamente caratteristiche di ogni linea.

Non volendo, in questo contesto, entrare nello specifico delle singole attività, di seguito viene illustrata la strategia di accoppiamento di tecnologie per l'idrogeno con energie rinnovabili che rappresenta una delle risposte di breve-medio termine, in contesti particolari come piccole isole o aree ecologiche da preservare.

Accoppiamento energie rinnovabili - idrogeno

Il crescente utilizzo di energie rinnovabili ci aiuterà certamente a ridurre la produzione di elettricità da fossili, ma con quali combustibili alimenteremo le nostre auto in modo ecologico? E come si accumulerà l'energia che le rinnovabili, divenute percentualmente rilevanti, produrranno nei momenti in cui la rete non lo richiede? A queste domande può rispondere l'IDROGENO. Infatti, l'idrogeno – come già accennato – non è una sorgente energetica ma un vettore che, se prodotto dalle energie rinnovabili, può portare ad una mobilità ad emissioni zero (senza produzione di CO₂). Inoltre, l'idrogeno può essere accumulato e potrà servire a produrre energia elettrica mediante celle a combustibile, in modo da poter gestire la rete elettrica anche in presenza di una sorgente fluttuante come quella del sole o del vento.

Esaminiamo in dettaglio quali tecnologie per l'idrogeno possono aiutare a rendere le energie rinnovabili più efficaci ed anche più competitive.

In una rete isolata, come quella di una piccola isola, la possibilità di utilizzare l'energia rinnovabile per produrre ed accumulare idrogeno elettrolitico rappresenta una soluzione che potrebbe aumentare la potenzialità e la flessibilità delle fonti energetiche rinnovabili, superando limitazioni legate alla non continuità e non controllabilità dell'input energetico. In questo contesto, l'idrogeno costituisce una soluzione all'accu-

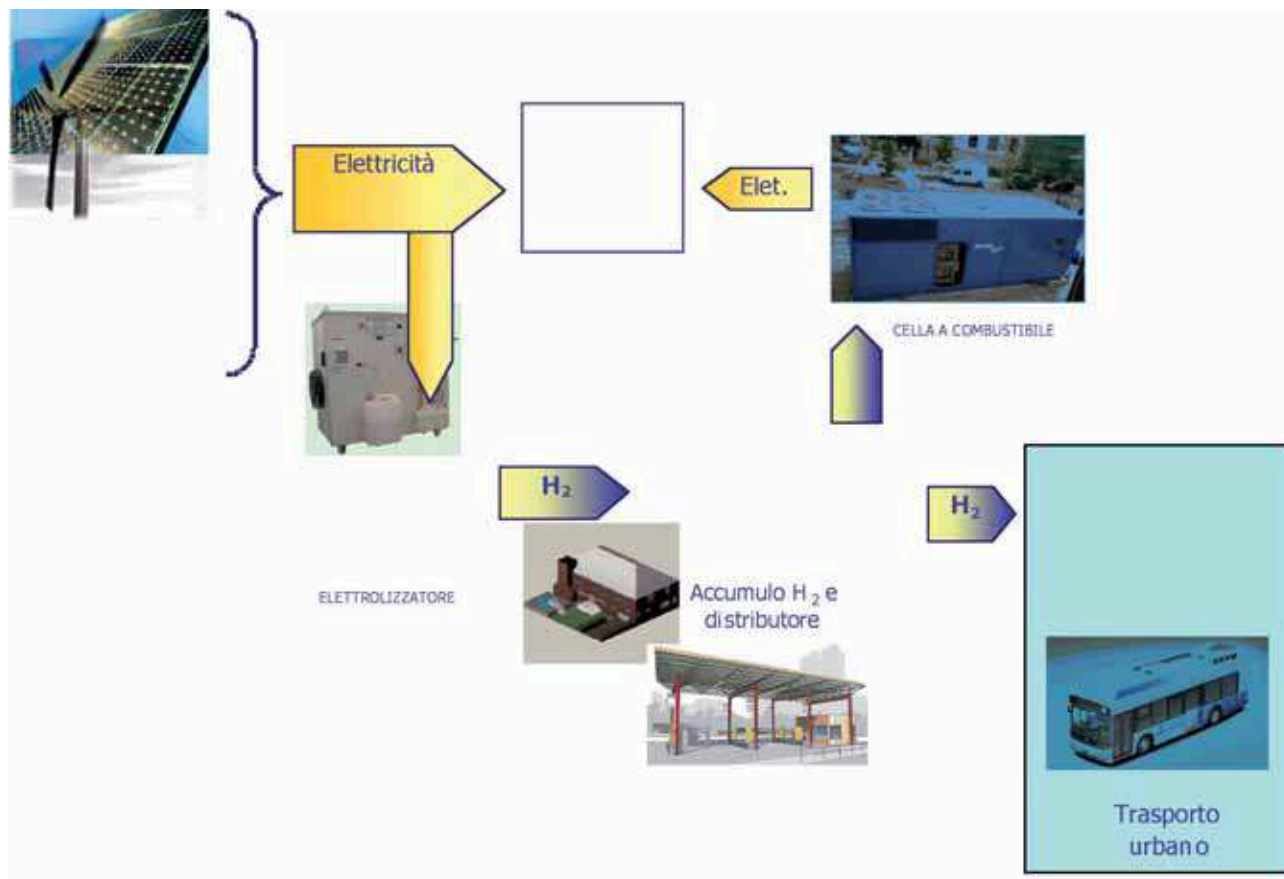
mulo dell'energia prodotta da fonti rinnovabili in ambiti isolati dalla rete elettrica e può permettere un miglioramento qualitativo nella gestione dell'energia prodotta da rinnovabili in sistemi remoti.

Un possibile schema di funzionamento del sistema è presentato in Figura 1: l'energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici e dalle turbine eoliche è in parte utilizzata per l'alimentazione di sistemi stazionari, mentre la parte eccedente le necessità istantanee dell'utenza viene trasformata, tramite elettrolizzatori, in energia chimica sotto forma di idrogeno ed accumulata in appositi serbatoi che servono anche a fornire il vettore energetico per una mobilità sostenibile limitatamente al trasporto pubblico dell'isola. Tale mobilità può essere rappresentata da minibus e/o quadricicli leggeri (mobilità turistica nei periodi estivi). Durante i periodi in cui le risorse rinnovabili non sono in grado di soddisfare i carichi (ad esempio durante la notte o in assenza di vento), l'energia chimica dell'idrogeno viene ritrasformata in elettricità tramite celle a combustibile ed inviata a soddisfare le esigenze dei consumi stazionari. La possibilità di immagazzinare energia rinnovabile per lunghi periodi e di usarla in tempo differito al momento della richiesta consente di garantire la continuità temporale dell'alimentazione dell'utenza.

Il sistema proposto ha l'indubbio vantaggio di avere un basso impatto ambientale in termini di emissioni inquinanti in atmosfera, sia rispetto alla generazione di energia elettrica da combustibili fossili, che rispetto ai sistemi tradizionali di trasporto pubblico, garantendo nel contempo – come già accennato – la continuità della fornitura di energia elettrica e dimostrando la possibile indipendenza dagli idrocarburi. In particolare, il sistema ha una forte valenza ambientale in quanto dimostra che è possibile realizzare una mobilità a reale emissione zero con efficienze accettabili. Ciò si realizza se l'idrogeno prodotto secondo lo schema citato viene utilizzato in un mezzo di trasporto dotato di un sistema a celle a combustibile con motore di trazione elettrico.

Nel caso di una rete a maglia regionale o nazionale, nel momento in cui la produzione di energie rinnovabili (eolico, solare, idroelettrico non programmabile) diventerà percentualmente importante (>30%), la gestione della rete sarà molto complessa ed il gestore potrebbe dare uno stop all'immissione di un'ulteriore quota di energia non programmata.

Figura 1 - Schema di funzionamento di un sistema basato sullo sfruttamento di fonti rinnovabili: l'energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici e dalle turbine eoliche (in alto, a sinistra) è in parte utilizzata per l'alimentazione di sistemi stazionari (in alto, al centro) e in parte trasformata, tramite elettrolizzatori, in energia chimica sotto forma di idrogeno ed accumulata in appositi serbatoi (in basso, al centro) che servono a fornire il vettore energetico per una mobilità sostenibile (in basso, a destra). Quando le risorse rinnovabili non sono in grado di soddisfare i carichi, l'energia chimica dell'idrogeno viene ritrasformata in elettricità tramite celle a combustibile (in alto, a destra) ed inviata a soddisfare le esigenze dei consumi stazionari. Il sistema proposto ha il vantaggio di avere un basso impatto ambientale e di garantire la continuità della fornitura di energia elettrica.



Piuttosto che “sprecare” l’energia elettrica prodotta durante i periodi di non-conneSSIONE sarebbe opportuno produrre idrogeno gassoso dall’elettrolisi dell’acqua, rimonetizzando l’energia elettrica contrariamente perduta.

Infatti l’idrogeno così prodotto può fungere da stoccaggio di energia ed utilizzato in una seconda fase per:

- produrre energia elettrica da rivendere sul mercato libero (certificati verdi);
- produrre combustibile da vendere presso una stazione di rifornimento per automezzi.

Ovviamente l’investimento iniziale sarà superiore al precedente, ma se tale operazione si inserisce in uno scenario più ampio in cui si ali-

menta ed incentiva una micro-economia dell’idrogeno, con l’integrazione di domanda ed offerta, i benefici supereranno nettamente gli oneri.

In conclusione le tecnologie dell’idrogeno: elettrolizzatori, celle a combustibile, celle reversibili (celle che possono agire sia da elettrolizzatori e da celle a combustibile), sistemi di accumulo, potranno contribuire ad una maggiore diffusione delle energie rinnovabili, a patto che i loro rendimenti, ma soprattutto i loro costi, siano compatibili con gli standard presenti e futuri del sistema energetico.

L’attività di ricerca e sviluppo in questo settore è fondamentale e costituisce una via indispen-

sabile per poter passare da un sistema energetico basato sull'utilizzo della sorgente fossile a qua-

lunque altro sistema energetico, soprattutto se basato su energie rinnovabili.

GAETANO CACCIOLA

Direttore dell'Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano" (ITAE) del CNR di Messina. Da trent'anni si occupa di tecnologie energetiche innovative ad alta efficienza e a basso impatto ambientale. Nell'ambito dell'attività scientifica è stato responsabile e coordinatore di programmi di ricerca nazionali ed internazionali afferenti a progetti nazionali e della Comunità Europea. È autore di circa 150 lavori a stampa ed è referente di alcune fra le più importanti riviste internazionali del settore. Dal 1999 al 2006 è stato Professore a contratto del corso di "Macchine" della Facoltà di Ingegneria dei Materiali dell'Università di Messina. È stato membro di numerose commissioni tecniche per l'organizzazione di progetti, programmi e strutture di ricerca a carattere nazionale nel settore dell'energia, fra le quali è stato componente del "Comitato Ordinatore Energia e Trasporti", incaricato dell'attivazione dei Dipartimenti del CNR, componente del gruppo di lavoro per la formazione della Piattaforma Tecnologica Nazionale Idrogeno, ed ha partecipato al gruppo di lavoro Energia che ha predisposto il Programma Nazionale per la Ricerca 2004 - 2006.

Contatti:

Director CNR – ITAE

Salita Santa Lucia Sopra Contesse, 5 - 98126

Messina

Tel. +39 090 624246 Fax. +39 090 624247

Email: cacciola@itae.cnr.it www.itae.cnr.it