# Quale futuro con l'idrogeno?

A cura di Gianluca Salerio - Responsabile Area Normazione UNI

L'idrogeno è uno degli elementi più diffusi sulla terra ed è il gas più leggero del nostro pianeta.
È presente nell'acqua e in tutti i composti organici e organismi viventi. Incolore e inodore, non è fonte di energia, ma un vettore energetico che potrebbe trasformare il futuro di molti settori e attività umane e potrebbe contribuire a rivoluzionare il sistema energetico mondiale, oggi ancora fortemente dipendente dai combustibili fossili.
Del resto questa opportunità di cambiamento sta diventando una vera e propria necessità, poiché si sta mettendo a serio rischio l'ecosistema terreste, con conseguenze disastrose anche sulla vita umana. Infatti, il cambiamento demografico globale sta già trasformando la società e l'economia. La crescita della popolazione e alcuni fenomeni migratori verso le città stanno prefigurando un futuro ormai non troppo lontano, dove si prevede che il 90% circa della crescita dei consumi sarà generato dalle popolazioni che vivranno nelle grandi città di diversi Paesi nel mondo. Con che qualità di vita, in termini di aria e ambiente?
La continua crescita della popolazione mondiale e la naturale aspirazione dei Paesi in via di sviluppo a raggiungere standard economici e di qualità della vita vicini a quelli dei Paesi industrializzati, determinano un'inarrestabile domanda di energia con conseguenze pesanti sulle emissioni di gas serra, prima fra tutte l'anidride carbonica.
Gestire tale domanda, tenendo sotto controllo questi gas a livelli accettabili per l'ambiente, anche per ridurre le conseguenze di repentini cambiamenti climatici nel medio termine, rappresenta la sfida tecnologica del XXI secolo.
Una sfida che può essere vinta con l'aumento dell'efficienza dei sistemi e una riduzione dei consumi di combustibili fossili, ma soprattutto con l'espansione dell'impiego di fonti a basso o nullo contenuto di carbonio, come l'idrogeno. Diverse iniziative hanno avviato una politica legislativa volta a favorire e diffondere l'uso dell'idrogeno, affermando che tra i fattori chiave per l'indipendenza energetica spicca la messa a punto di una tecnologia a celle combustibili a idrogeno, per immagazzinare energie rinnovabili e per creare griglie di energia intelligente per distribuire l'energia stessa. A livello europeo sono stati proposti ambiziosi obiettivi: entro il 2020 il 30% dell'elettricità e il 25% dell'energia globale dovranno essere prodotti mediante l'uso di fonti di energia rinnovabile, associandoli allo sviluppo di una tecnologia di immagazzinamento di energia tramite celle combustibili a idrogeno.
L'idrogeno - quindi - offrirebbe soluzioni in campo energetico con le quali si può ridurre o eliminare l'impatto inquinante. Basti pensare al fatto che nei processi in cui si impiega idrogeno come vettore di energia, il principale prodotto di reazione è l'acqua! L'idrogeno potrebbe pertanto svolgere un ruolo importante per il raggiungimento di quelli che devono essere gli obiettivi del prossimo futuro. Gli impieghi principali per l'idrogeno potrebbero essere quelli di fungere da combustibile per la generazione di energia elettrica e per il trasporto. Deve tuttavia essere ulteriormente migliorato il rendimento e abbassati i costi; per questo sono in corso di sperimentazione materiali e soluzioni innovative che potrebbero essere pronte nel giro di pochi anni. Ma lo strumento principale il cui sviluppo condizionerà pesantemente la reale affermazione dell'idrogeno come vettore energetico pulito è senza dubbio la cella a combustibile.
Tuttavia i problemi maggiori che hanno frenato fino a oggi un utilizzo in campo energetico dell'idrogeno sono di carattere economico; infatti, da un confronto con le altre fonti fossili, l'idrogeno ha costi più elevati, e ciò ha determinato un ritardo nella sua diffusione. Inoltre, l'idrogeno è altamente esplosivo e pertanto necessita di specifiche e appropriate attrezzature e impianti per la sua produzione, distribuzione e uso. Un grande aiuto alla futura diffusione e uso dell'idrogeno arriverà certamente dalla normativa tecnica ISO e IEC, nonché da una nuova iniziativa di standardizzazione lanciata a livello europeo, con la costituzione del Comitato tecnico CEN/CENELEC TC/6 "Idrogeno".
Il nuovo Comitato avrà il compito di sviluppare linee di standardizzazione inerenti i sistemi, i dispositivi e le connessioni per la produzione, lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione, la misurazione e l'uso dell'idrogeno da fonti di energia rinnovabili e da altre fonti. Lo scopo include tematiche trasversali come: la terminologia, la garanzia di origine, le interfacce, la gestione operativa, i problemi di sicurezza dell'idrogeno, la formazione e l'educazione. Inoltre, si occuperà di studiare norme tecniche di sicurezza (riguardanti perdite di gas e rischi associati, aree/zone di pericolo, competenze professionali e formazione) in collegamento con altri Comitati tecnici CEN; tratterà i criteri di valutazione per classificare l'origine "green" dell'idrogeno prodotto, nonché di reti di distribuzione, incluse quelle per la distribuzione di idrogeno come carburante per veicoli. Questi sono alcuni dei temi che il dossier intende affrontare, per allargare l'orizzonte futuro della normativa che deve essere sempre più uno strumento tecnico/scientifico a supporto della società.
Il dossier dedicato all'idrogeno vuole iniziare ad affrontare una tematica molto vasta e complessa e per diversi aspetti ancora sconosciuta; pertanto, non tratta in modo esaustivo il tema e per alcune questioni vi è l'impossibilità di fornire delle risposte o di fare chiarezza, ma certamente vuole contribuire a porre una giusta attenzione a questo settore molto promettente, che avrà una forte ricaduta nel campo della normativa tecnica nazionale e internazionale.
Buona lettura.

## Idrogeno, vettore di energia per il futuro

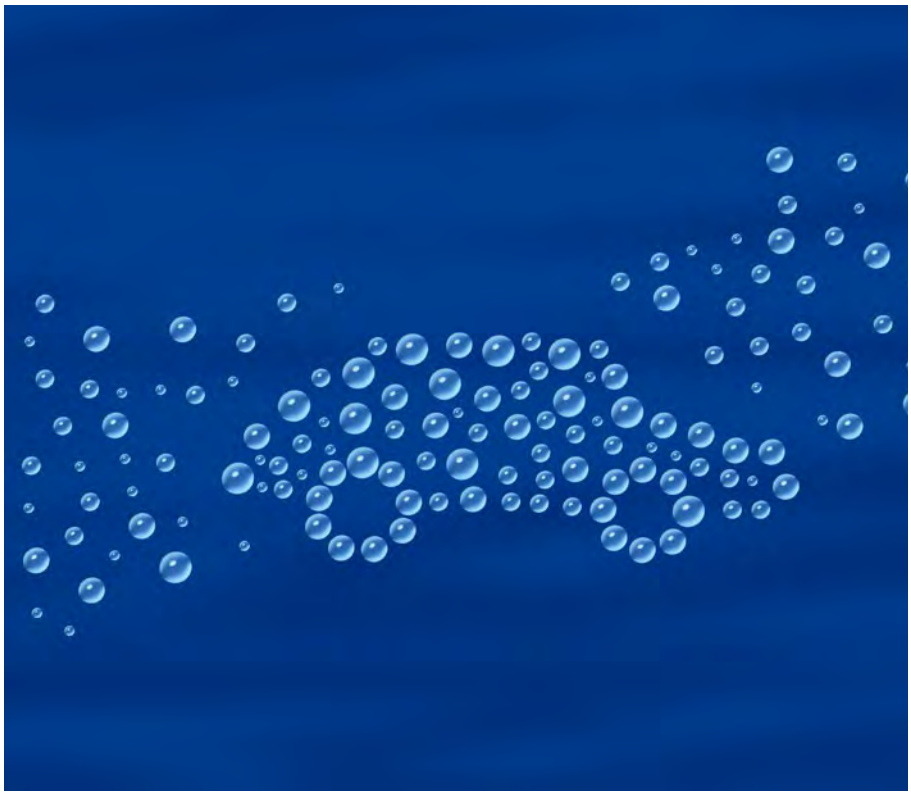
L'idrogeno (dal greco ὕδωρ, hýdor, «acqua»; la radice γεν-, ghen-, «generare», quindi «generatore d'acqua») è il primo elemento chimico della tavola periodica, il più leggero e l'elemento più abbondante presente nell'universo.

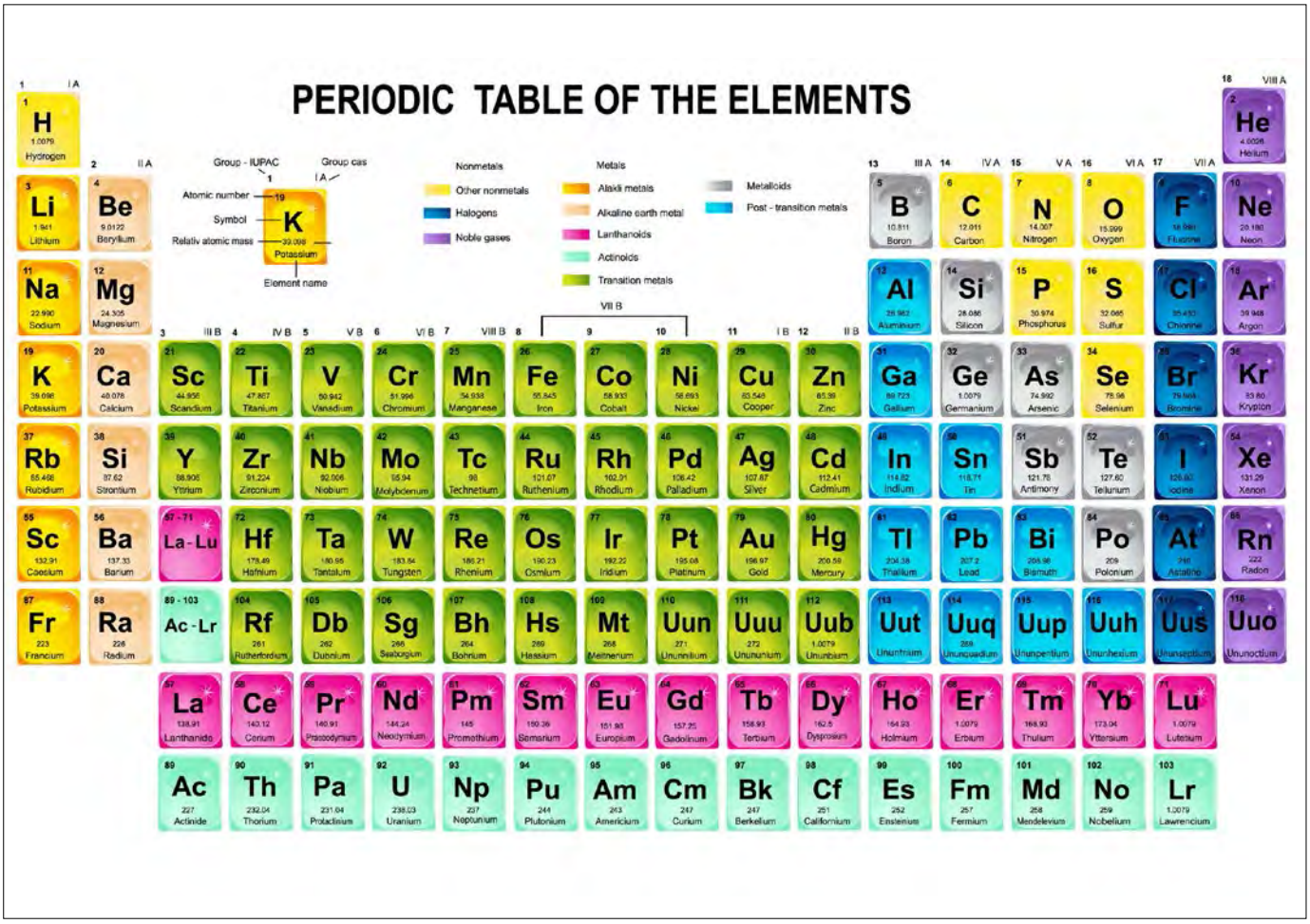
Trova impiego come base e materia prima in numerosi processi per la fabbricazione di svariati prodotti, ma il suo valore come fonte d'energia e combustibile nel trasporto aerospaziale e automobilistico fu riscontrato soltanto dopo la prima crisi petrolifera del 1973.

Fu, tuttavia, dagli anni novanta che l'utilità dell'idrogeno salì alla ribalta a seguito della pubblicazione di allarmanti studi e rapporti sugli effetti, in termini di riscaldamento del clima terrestre, delle crescenti emissioni di $CO_2$ nell'atmosfera, dovute al massiccio ricorso ai combustibili fossili, con la conseguente minaccia per l'intera biosfera terrestre. Un sempre maggior numero di scienziati cominciò a ventilare l'ipotesi che la transizione dagli idrocarburi all'idrogeno fosse un modo per risolvere il problema del surriscaldamento atmosferico. Quasi tutte le case automobilistiche mondiali hanno, infatti, prodotto negli ultimi anni almeno un modello di veicolo alimentato a idrogeno.

Con la crescente consapevolezza dell'importanza della salvaguardia ambientale, sia a livello individuale che governativo, la rivoluzione è già in corso e i vecchi combustibili fossili, inquinanti e maleodoranti, hanno ancora, secondo gli esperti vita abbastanza breve. Nei prossimi anni il futuro sarà verso una società dell'idrogeno. Infatti, in Europa, come nel resto del mondo, i veicoli a motore, ma anche gli impianti di riscaldamento, i telefoni cellulari, i computer e gli elettrodomestici, saranno alimentati da batterie e celle a combustibile a idrogeno.

L'importanza di tale settore ha portato alla costituzione a livello nazionale della Commissione tecnica Mista UNI/CT 056 "UNI-CEI Idrogeno", con lo scopo di redigere e adottare norme relative all'idrogeno e alle sue applicazioni. Nel mese di settembre Paola Comotti è stata nominata Presidente della Commissione per il triennio 2017-2020. Uno dei primi obiettivi della Commissione è estendere la propria rappresentanza cercando di coinvolgere altri attori protagonisti del settore in modo da monitorare attivamente l'attività normativa internazionale e magari promuovere nuovi progetti a livello nazionale.





A livello CEN l'attività normativa è svolta dal CEN/CLC/TC 6 *Hydrogen in energy systems*, il cui obiettivo è sviluppare norme nel campo dei sistemi, dei dispositivi e delle connessioni per la produzione, lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione, la misurazione e l'uso dell'idrogeno da fonti di energia rinnovabili e da altre fonti, nel quadro di una strategia europea per lo sviluppo e l'accettazione del mercato dell'idrogeno. Lo scopo include tematiche trasversali come: la terminologia, la garanzia di origine, le interfacce, la gestione operativa, i problemi rilevanti di sicurezza dell'idrogeno, la formazione e l'educazione.

**TABELLA 1 - ISO/TC 197 PROGRAMMA DI LAVORO**

| Responsible Body | Standard reference | Title |
|---|---|---|
| ISO/TC 197 | ISO 13984:1999 | Liquid hydrogen - Land vehicle fuelling system interface |
| ISO/TC 197 | ISO 13985:2006 | Liquid hydrogen - Land vehicle fuel tanks |
| ISO/TC 197 | ISO 14687-1:1999/Cor 2:2008 | Hydrogen fuel - Product specification - Part 1: All applications except proton exchange membrane (PEM) fuel cell for road vehicles -Technical Corrigendum 2 |
| ISO/TC 197 | ISO 14687-2:2012 | Hydrogen fuel - Product specification - Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles |
| ISO/TC 197 | ISO 14687-3:2014 | Hydrogen fuel - Product specification - Part 3: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for stationary appliances |
| ISO/TC 197 | ISO 16110-1:2007 | Hydrogen generators using fuel processing technologies - Part 1: Safety |
| ISO/TC 197 | ISO 16110-2:2010 | Hydrogen generators using fuel processing technologies - Part 2: Test methods for performance |
| ISO/TC 197 | ISO 16111:2008 | Transportable gas storage devices - Hydrogen absorbed in reversible metal hydride |
| ISO/TC 197/WG 5 | ISO 17268:2012 | Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices |
| ISO/TC 197 | ISO 22734-1:2008 | Hydrogen generators using water electrolysis process - Part 1: Industrial and commercial applications |
| ISO/TC 197 | ISO 22734-2:2011 | Hydrogen generators using water electrolysis process - Part 2: Residential applications |
| ISO/TC 197 | ISO 26142:2010 | Hydrogen detection apparatus - Stationary applications |
| ISO/TC 197 | ISO/TR 15916:2015 | Basic considerations for the safety of hydrogen systems |
| ISO/TC 197 | ISO/TS 15869:2009 | Gaseous hydrogen and hydrogen blends - Land vehicle fuel tanks |
| ISO/TC 197/WG 24 | ISO/TS 19880-1:2016 | Gaseous hydrogen - Fuelling stations - Part 1: General requirements |
| ISO/TC 197/WG 17 | ISO/TS 19883:2017 | Safety of pressure swing adsorption systems for hydrogen separation and purification |

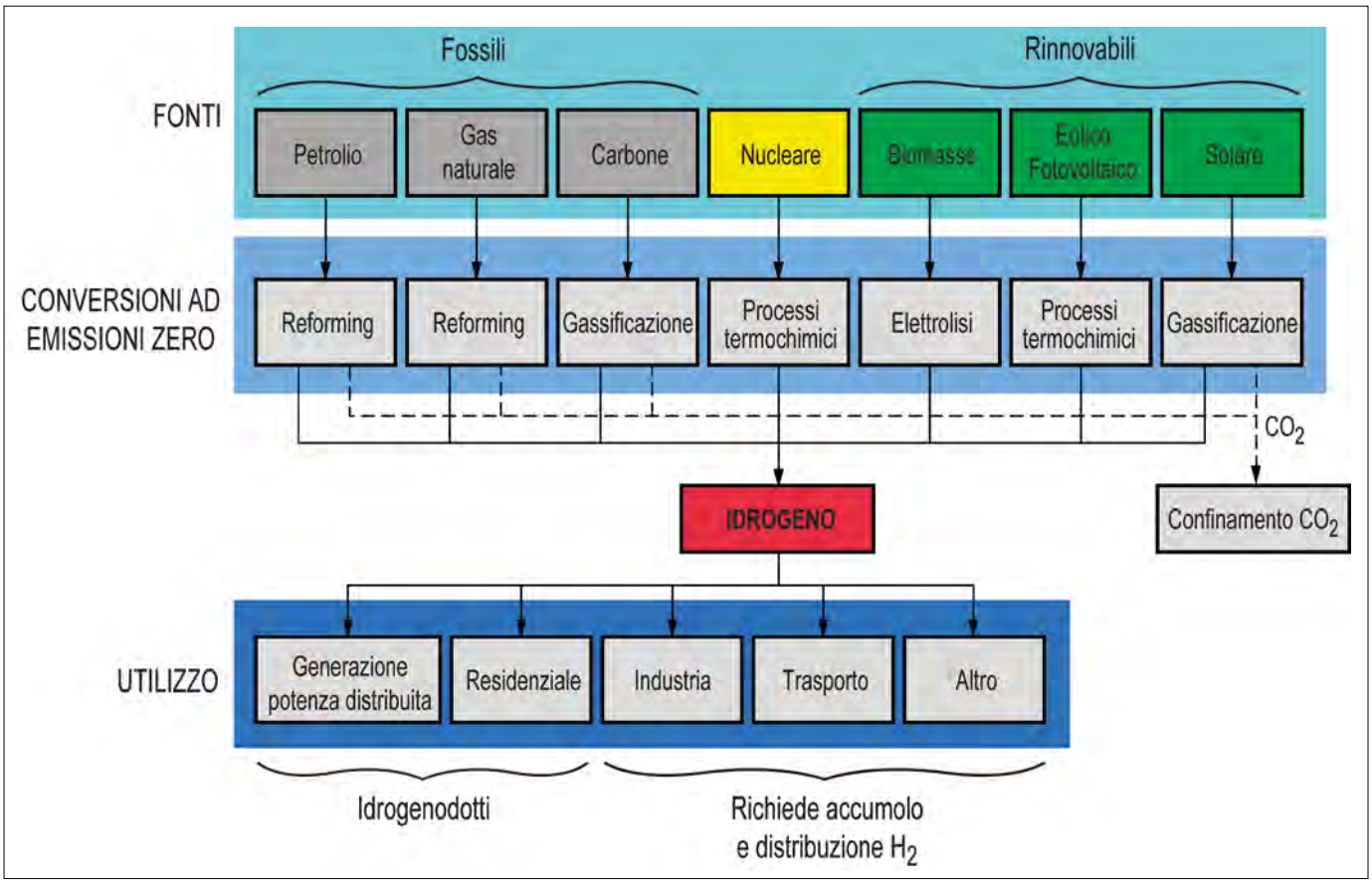
A livello ISO invece il principale interlocutore della Commissione è rappresentato dall'ISO/TC 197 *Hydrogen technologies* che si occupa principalmente dell'elaborazione di norme (vedere tabella 1) nel campo di sistemi e dispositivi per la produzione, lo stoccaggio, il trasporto, la misurazione e l'uso dell'idrogeno.
Inoltre la Commissione UNI/CT 056 segue anche i lavori dell'IEC/TC 105 *Fuel cell technologies* che ha l'obiettivo di preparare norme internazionali (vedere tabella 2) riguardanti le tecnologie delle celle a combustibile e le varie applicazioni associate, quali i sistemi per i trasporti, come i sistemi di propulsione, gli amplificatori, le unità ausiliarie, i sistemi portatili, i sistemi di alimentazione a corrente inversa e i sistemi di flusso elettrochimici generali.

**Paolo Santato**
*Funzionario Tecnico Area Normazione UNI*

**TABELLA 2 - ISO/TC 105 PROGRAMMA DI LAVORO**

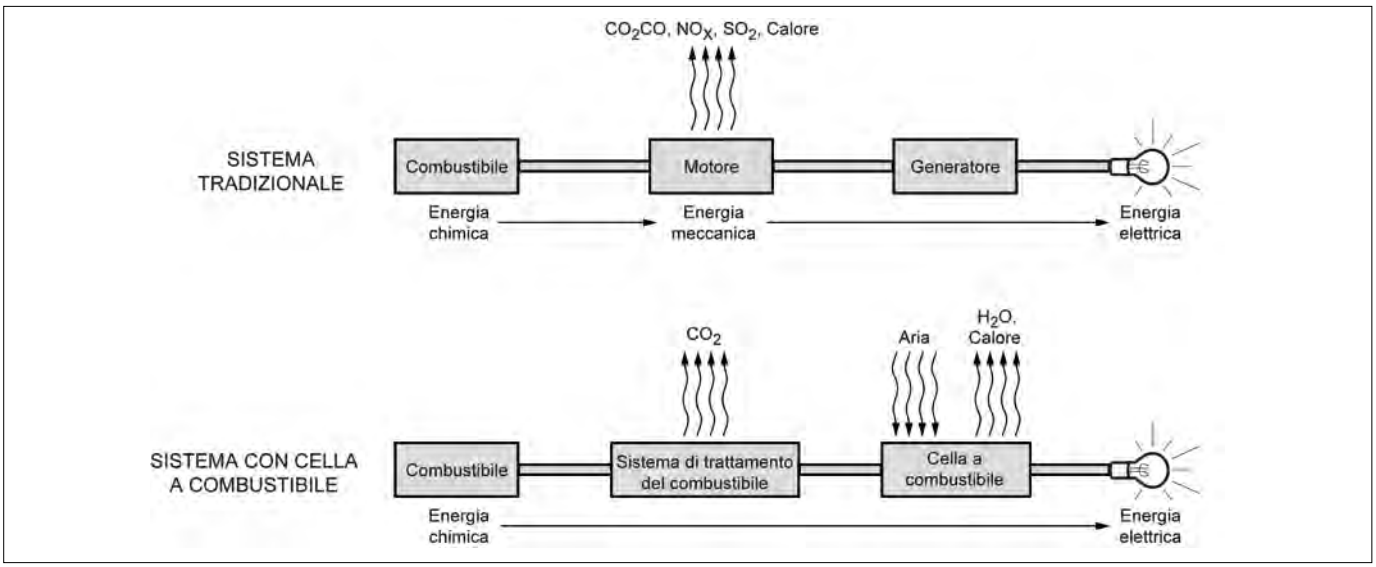
| Responsible Body | Standard reference | Title |
|---|---|---|
| WG 1 | IEC 60050-485 ED1 | International Electro technical Vocabulary - Part 485: Fuel cell technologies |
| WG 2 | IEC 62282-2-100 ED1 | Fuel cell technologies - Part 2-100: Fuel cell modules - Safety |
| WG 2 | IEC 62282-2-201 ED1 | Fuel cell technologies - Part 2-201: Fuel cell modules - Performance (PEFC) |
| WG 3 | IEC 62282-3-100 ED2 | Fuel cell technologies - Part 3-100: Stationary fuel cell power systems - Safety |
| WG 7 | IEC 62282-5-100 ED1 | Fuel cell technologies - Part 5-100: Portable fuel cell power systems - Safety |
| WG 8 | IEC 62282-6-101 ED1 | Fuel cell technologies - Part 6-101: Micro fuel cell power systems - Safety - General requirements |
| WG 10 | IEC 62282-6-400 ED1 | Fuel cell technologies - Part 6-400: Micro fuel cell power systems - Power and data interchangeability |
| WG 13 | IEC 62282-8-101 ED1 | Fuel cell technologies - Part 8-101: Energy storage systems using fuel cell modules in reverse mode - Test procedures for solid oxide single cell and stack performance including reversing operation |
| WG 13 | IEC 62282-8-102 ED1 | Fuel cell technologies - Part 8-102: Energy storage systems using fuel cell modules in reverse mode - PEM single cell and stack performance including reversing operation |
| WG 13 | IEC 62282-8-201 ED1 | Fuel cell technologies - Part 8-201: Energy storage systems using fuel cell modules in reverse mode - Power-to-power systems performance |
| WG 14 | IEC TS 62282-9-101 ED1 | Fuel cell technologies - Part 101: Evaluationmethodology for the environmental performance of fuel cell power systems based on life cycle thinking - Streamlined life-cycle considered environmental performance characterization of stationary fuel cell power systems for residential applications |

**Perché l'idrogeno**
L'idrogeno è un vettore di energia, un gas che brucia nell'aria producendo acqua e calore, con conseguente beneficio per l'ambiente poiché il prodotto di reazione è l'acqua. Può essere prodotto da fonti fossili, dall'energia nucleare e da fonti rinnovabili. La sua distribuzione può avvenire in forma gassosa o liquida oppure adsorbito su speciali materiali. Ogni forma ha vantaggi e svantaggi e tutte le soluzioni individuate richiedono studi e ricerche per uno sviluppo e impiego sicuro e affidabile su larga scala ed economicamente competitivo. A seconda delle quantità e del suo impiego, l'idrogeno può essere trasportato mediante pipelines di idrogenodotti o autocisterne, oppure deve essere immagazzinato mediante specifici sistemi (per esempio celle combustibili).




**Cos'è la cella a combustibile**
Si tratta di un dispositivo elettrochimico che ha la funzione di convertire direttamente l'energia di un qualsivolglia combustibile in elettricità e calore, senza il passaggio di specifici cicli termici. È simile a una batteria, cioè produce energia tramite un processo elettrochimico, ma si alimenta da sostanze provenienti dall'esterno (della cella) e quindi il suo funzionamento è ininterrotto (a differenza della batteria che produce energia fino al suo esaurimento).

**I vantaggi energetici e ambientali con l'uso dell'idrogeno**
L'uso esteso dell'idrogeno nei sistemi elettrochimici denominati "celle a combustibile" che convertono l'energia chimica contenuta nel gas in energia elettrica, senza la produzione di emissioni nocive per l'ambiente, potrebbe contribuire in futuro a favorire un sistema energetico sostenibile. Se nei sistemi tradizionali di produzione di energia l'impatto ambientale determina l'emissione di vari gas dannosi per l'uomo e l'ambiente, i sistemi con cella combustibile avrebbero il vantaggio di produrre energia con effetti sull'ambiente totalmente compatibili, in quanto il risultato sarebbe esclusivamente calore e acqua.



## Presentazione del CEN/CLC/TC 6 "Hydrogen in Energy Systems"

L'Unione europea sta attuando una trasformazione dei propri sistemi di trasporto e di energia in sistemi a basso tenore di carbonio *"Low Carbon Systems"* con l'obiettivo di ridurre, da qui al 2050, le emissioni del 80-95% rispetto al 1990: l'idrogeno può giocare un ruolo importante nel raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità, sicurezza e competitività dell'energia in relazione alla rilevanza che potrebbe assumere nel processo europeo di decarbonizzazione.

L'idrogeno, può essere utilizzato direttamente come combustibile/carburante (tal quale o miscelato a gas naturale) oppure attraverso celle a combustibile per essere poi utilizzato in una vasta gamma di applicazioni (esempio: automobili, telefonini, utenze remote prive di elettricità).

Gli sviluppi europei in atto stanno portando ad applicazioni in cui l'idrogeno inizia a entrare in contatto in modo sempre più diffuso e capillare con gli utenti finali venendo così a crearsi la necessità di disporre di una più numerosa e articolata serie di standard tecnici, infatti la standardizzazione rappresenta uno dei passi fondamentali per lo sviluppo dell'utilizzo dell'idrogeno in campo energetico quale modo efficace per affrontare e, a volte, prevenire le criticità che potrebbero sorgere.

Gli aspetti da tenere in considerazione contemporaneamente sono molteplici e in Europa non esisteva un Comitato tecnico univoco tale da coprire tutta l'ampia gamma di argomenti che riguardano il "tema-idrogeno" e che stanno alla base del processo di trasformazione energetico.

Alla luce di questo contesto generale è stato recentemente costituito il Comitato tecnico europeo CEN/CLC/TC 6 *"Hydrogen in Energy Systems"* (prima riunione giugno 2016) a seguito dell'input dato a CEN e a CENELEC dai lavori del SFEM/WG *"Hydrogen"* che aveva identificato le esigenze di standardizzazione prioritarie riguardanti l'idrogeno.

Fino a oggi CEN e CENELEC hanno pubblicato standard che includono in parte come argomento l'idrogeno. Ora l'obiettivo, sia di CEN che di CENELEC, è quello di sviluppare in sinergia a livello europeo le norme tecniche in materia di idrogeno e fornire ai sistemi-idrogeno gli standard necessari per un'evoluzione armonica e in sicurezza.

Molteplici saranno le sfide normative da affrontare, sia in campo elettrico sia in quello strettamente legato al gas, e la ricaduta attesa è l'armonizzazione dei processi di standardizzazione per favorire l'eliminazione delle barriere tecniche nella produzione, stoccaggio, trasporto e utilizzo di idrogeno nei sistemi energetici, consentendo l'apertura dei mercati mediante l'applicazione di requisiti tecnici comuni individuati attraverso lo sviluppo di norme tecniche. In questo modo verrà garantita l'integrazione intereuropea dei requisiti legati a tecnologia e sicurezza, verrà utilizzata la cooperazione con ISO e IEC per garantire il rispetto delle filosofie e degli approcci tecnici europei, non solo negli standard EN, ma anche nei recepimenti di standard come EN ISO e EN IEC.

Il nuovo CEN/CLC/TC 6 *"Hydrogen in Energy Systems"*, la cui segreteria è affidata a NEN, si propone quindi come Comitato tecnico di riferimento per le attività di standardizzazione che riguardano l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili o da altre fonti, per quegli aspetti che risultano comuni e trasversali ai settori "elettrotecnici" e "non elettrotecnici", affinché si completino a vicenda anziché dare luogo a duplicazione di lavori e a sovrapposizioni normative in un contesto europeo di sviluppo e accettazione dell'utilizzo dell'idrogeno nei sistemi energetici, individuando i livelli di affidabilità e interoperabilità tecnica e il livello desiderato di sicurezza tecnica dei sistemi, oltre che degli utenti, facilitando così l'accettabilità sociale.

Da queste premesse è evidente che il CEN/CLC/TC 6 (vedi box) tratta direttamente gli argomenti trasversali ai vari sistemi riguardanti l'idrogeno, come per esempio, la terminologia, la garanzia d'origine, le interfacce (interfaccia gas e interfaccia elettrica), la gestione operativa, le tematiche riguardanti la

**Scopo del Comitato tecnico Europeo CEN/CLC/TC 6 "Hydrogen in Energy Systems"**

Standardization in the field of systems, devices and connections for the production, storage, transport and distribution, measurement and use of hydrogen from renewable energy sources and other sources, in the context of the European strategy for the development and acceptance of the hydrogen market.

The scope includes cross cutting items such as: terminology, Guarantee of Origin, interfaces, operational management, relevant hydrogen safety issues, training and education.

Excluded are:

- Storage and transport of liquid hydrogen which is covered in the scope of CEN/TC 268.
- Storage and transport of compressed hydrogen which is covered in the scope of CEN/TC 23.
- Vehicle refueling stations and associated equipment and procedures as related to the standardization Request M/533.
- The injection of hydrogen and the mixture of hydrogen with natural gas (H2NG) in the gas infrastructure, which is covered in the scope of CEN/TC 234.
- The use of mixtures of natural gas with hydrogen (H2NG).

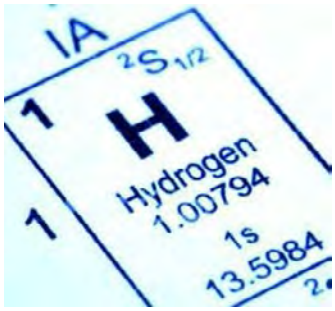
sicurezza, la formazione e l'istruzione in quanto tali materie non sono ancora coperte da una standardizzazione europea comune.
Gli ambiti a cui si rivolge (vedi box) sono quelli dei sistemi, dei dispositivi e delle connessioni utilizzate per la produzione, lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione, la misura e l'utilizzo di idrogeno prodotto sia da fonti energetiche rinnovabili sia da altre fonti, mentre sono espressamente esclusi lo stoccaggio e il trasporto di idrogeno sia liquido che compresso e l'iniezione di idrogeno e miscela di idrogeno con gas naturale (H2NG) nella già esistente infrastruttura europea del gas naturale, in quanto rientrano nel campo di applicazione di altri Comitati tecnici del CEN. Sono, inoltre, esclusi dal campo di applicazione, sia gli utilizzi di miscele di gas naturale con idrogeno (H2NG) sia le stazioni di rifornimento dei veicoli e le relative attrezzature e procedure, in quanto queste ultime attualmente vengono sviluppate secondo quanto richiesto dal Mandato UE M533.
Essendo molto vasto l'ambito delle tematiche da affrontare, quelle che al momento della costituzione del CEN/CLC/TC 6 fanno già riferimento a Comitati tecnici specifici di CEN, CENELEC, ISO, IEC continuano a essere sviluppate in tali ambiti: per ottimizzare e velocizzare i lavori di standardizzazione il CEN/CLC/TC 6 si prefigge di collegarsi efficacemente con i Comitati tecnici di CEN, CENELEC, ISO e IEC che già in parte trattano le tematiche dell'idrogeno proponendo o di stabilire *liaison* con i singoli Comitati tecnici o di perseguire altre modalità di cooperazione in accordo con i regolamenti europei e internazionali riguardanti la standardizzazione, al fine di monitorare e avere una visione di insieme della standardizzazione dell'idrogeno riguardante il sistema energetico.
È evidente che sarà necessario un notevole lavoro di pianificazione per la gestione dei collegamenti, ma la cooperazione che dovrebbe arrivare a stabilirsi tra CEN, ISO, IEC e CENELEC faciliterà, oltre che la produzione degli standard, anche lo scambio di informazioni riguardanti l'idrogeno a livello europeo e mondiale.
Un aspetto importante sarà rappresentato dall'applicazione del Vienna Agreement quale strumento che permette di ottimizzare l'utilizzo delle competenze e delle risorse disponibili a beneficio delle parti interessate, quando gli obiettivi di utilizzo dell'idrogeno nei sistemi energetici sono uguali a livello internazionale ed europeo.
Per quanto riguarda le norme ISO e IEC già pubblicate e sviluppate, per esempio da ISO/TC 197 o IEC/TC 105, verrà valutato quali siano di interesse per il mercato europeo in modo tale che possano essere direttamente recepite come standard europei; ovviamente, sulla base dello scopo, non verranno presi, al momento, in considerazione per la valutazione quegli standard connessi agli aspetti trattati dal mandato UE M/533.
Inoltre il CEN/CLC/TC 6 dovrà elaborare nuovi standard europei che possano coprire gli ambiti non ancora trattati da altri Comitati tecnici ma che sono necessari all'attuazione di quanto richiesto dalle direttive comunitarie che attribuiscono

all'idrogeno un ruolo importante non solo nel campo delle energie rinnovabili ma soprattutto per il futuro sistema energetico.
Oltre che con i Comitati tecnici di standardizzazione il CEN/CLC/TC 6 si interfaccerà con le organizzazioni e le associazioni europee rilevanti che, pur non avendo rapporti diretti con le attività di standardizzazione, rappresentano importanti settori tecnici dell'idrogeno con i quali è necessaria una stretta collaborazione in quanto per una serie di requisiti funzionali e tecnici andranno individuanti i livelli di sicurezza, affidabilità tecnica e interoperabilità.
Il CEN/CLC/TC 6 ha iniziato i suoi lavori partendo dalle esigenze di standardizzazione prioritarie e cioè individuare e definire i termini che saranno alla base di un linguaggio comune a tutti i sistemi-idrogeno e le modalità per ottenere la "Garanzia di Origine" in modo da poter distinguere e dare evidenza all'idrogeno prodotto da fonte rinnovabile e/o a bassa emissione di carbonio, da quello proveniente da altre fonti: per questi temi sono già attivi due gruppi di lavoro rispettivamente CEN/CLC/TC 6 /WG 1 *Terms and Definitions* e CEN/CLC/TC 6/WG 2 *Guarantees of Origin.* È inoltre in corso di attivazione il CEN/CLC/TC 6/WG 3 *Hydrogen Safety* riguardante le tematiche di sicurezza trasversali.
Gli altri argomenti generali prioritari comuni ai vari tipi di sistemi-idrogeno in prima battuta possono essere suddivisi in "tecnici" e "non tecnici"; al primo gruppo appartengono l'accettabilità sociale, gli aspetti giuridici, la formazione e l'istruzione; molto più articolato è l'insieme dei temi generali comuni trasversali di tipo tecnico, in quanto ne fa parte la certificazione, la competenza del personale oltre che le norme relative alla sicurezza dove gli aspetti di sicurezza riguardano sia la sicurezza dell'idrogeno in generale nei sistemi, sia gli aspetti correlati direttamente alle caratteristiche chimico-fisiche dell'idrogeno e/o alla sua compatibilità con i materiali quali dispersioni, esplosione, rilevazione del gas.

Per quanto riguarda le questioni di standardizzazione relative ai punti di interconnessione (interfaccia-gas e interfaccia-elettrica) particolarmente importanti saranno le interazioni che andranno a stabilirsi con i Comitati tecnici CEN/TC 234 *"Gas Infrastructure"*, ISO/TC 197 *Hydrogen Technology* e IEC/TC 105 *Fuel Cells.*
Il nuovo CEN/CLC/TC 6 contribuirà a raggiungere gli obiettivi energetici dell'Europa anche in termini di sostenibilità, sicurezza e competitività attraverso lo sviluppo e la promozione di norme in tema di l'idrogeno in quanto norme aggiornate allo stato dell'arte permettono di operare al massimo della sicurezza e dell'affidabilità tecnica; va inoltre rilevato che le riunioni per la stesura e la valutazione di norme permettono di "mettere a sistema" conoscenze e esperienza di esperti in idrogeno favorendo uno scambio di *know-how* tecnico che favorirà nei prossimi anni lo sviluppo di nuove tecnologie e applicazioni per l'idrogeno nei sistemi energetici contribuendo così a ridurre le emissioni e ad affrontare i temi legati al cambiamento climatico nella misura in cui ciò sia pertinente con lo scopo del Comitato.

Fonte: https://standards.cen.eu/

**Paola Comotti**
*Presidente Commissione UNI CEI Idrogeno*



**Il Comitato ISO/TC 197**

L'ISO/TC 197 "Idrogeno" è l'organo tecnico internazionale, con segreteria canadese, che si occupa della normazione di settore. È necessariamente l'interlocutore primario del CEN/CLC TC 6 recentemente costituito come punto di riferimento normativo per il vecchio continente e la collaborazione tra i due è stata attivata fin dalle prime battute.

L'interfaccia nazionale all'ISO/TC 197 è stata storicamente gestita dalla UNI/CT 286 "Idrogeno" del Comitato Termotecnico Italiano. D'ora in avanti però quest'ultima agirà come gruppo di lavoro, con le medesime competenze sul TC 197, alla luce della recente costituzione della Commissione tecnica mista UNI CEI CT 56, a segreteria UNI, a cui è stata affidata una valenza più ampia e trasversale.

Il TC ISO è caratterizzato da una struttura "importante". È infatti articolato nei numerosi Working Group elencati di seguito:

- TAB 1 Technical Advisory Board;
- WG 5 Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices;
- WG 15 Gaseous hydrogen - Cylinders and tubes for stationary storage;
- WG 17 Pressure swing adsorption system for hydrogen separation and purification;
- WG 18 Gaseous hydrogen land vehicle fuel tanks and TPRDs;
- WG 19 Gaseous hydrogen fueling station dispensers;
- WG 20 Gaseous hydrogen fueling station valves;
- WG 21 Gaseous hydrogen fueling station compressors;
- WG 22 Gaseous hydrogen fueling station hoses;
- WG 23 Gaseous hydrogen fueling station fittings;
- WG 24 Gaseous hydrogen fueling stations - General requirements;
- WG 25 Hydrogen absorbed in reversible metal hydride;
- WG 26 Hydrogen generators using water electrolysis;
- WG 27 Hydrogen fuel quality;
- WG 28 Hydrogen quality control;

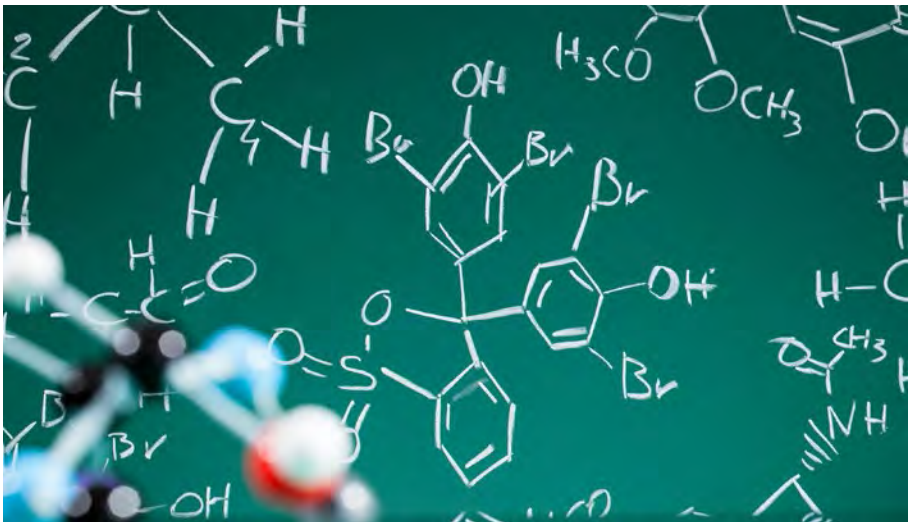
La normazione tecnica internazionale si occupa di idrogeno da più di un decennio ed è significativo ricordare che circa 12 anni fa sui tavoli della normazione si diceva: "Hydrogen has the potential to become a key component of a renewable, sustainable energy system of the future".

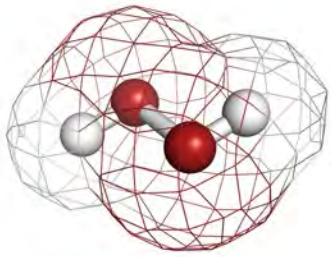
Ora, tra alti e bassi, l'idrogeno è diventato una realtà, in alcuni settori, e per l'immediato domani, in altri ambiti, ma il lavoro normativo non si è mai fermato e ha prodotto un'ampia lista di norme tecniche di riferimento.

Negli ultimi tempi l'ISO/TC 197 si è concentrato sulla serie ISO 19880 che si occupa di stazioni di rifornimento. In particolare sono stati oggetto di attenzione tutti gli aspetti riguardanti la progettazione, l'installazione, la messa in servizio, il funzionamento, l'ispezione e la manutenzione per la sicurezza per le stazioni di rifornimento per veicoli da terra, come per esempio quelli elettrici a celle combustibili. Allo stesso modo ora si sta lavorando sia alla "Fuel specification" con la revisione della ISO 14687 sia alle tematiche anche in termini di sicurezza, connesse con il trasporto dell'idrogeno adsorbito (revisione della ISO 16111) e con lo stoccaggio. Infine, non banale, è l'avvio dei lavori sulle modalità di generazione mediante processi elettrolitici dell'acqua.

In sintesi l'attività è stata, ed è tuttora, notevole. Questo è un bene, considerato anche l'approccio adottato nell'impostazione dei lavori del nuovo CEN/CLC JTC 6: sembra infatti che l'Europa stia partendo con il piede giusto senza duplicare lavori, risorse e sforzi, ma sfruttando quanto già disponibile. Le aspettative del mercato sono infatti elevate e, nell'ottica di dover supportare il legislatore europeo nella creazione delle future regole del mercato, è opportuno che il CEN e il CENELEC operino in stretta sinergia con chi è da tempo sul pezzo. Questo pur riservandosi sempre e comunque un adeguato grado di libertà per soddisfare le eventuali esigenze di chi gioca sui tavoli internazionali non sono compatibili con gli scenari futuri del vecchio continente.

**Antonio Panvini**
*Direttore Generale CTI*





## A LIVELLO EUROPEO E A LIVELLO NAZIONALE ESISTONO GIÀ DA MOLTI ANNI RIFERIMENTI LEGISLATIVI IN MATERIA DI IDROGENO

### EUROPA

Stabilisce riferimenti tecnici in merito alla realizzazione dell'infrastruttura per i combustibili alternativi dell'Unione europea (ossia stazioni di ricarica di automobili elettriche o punti di rifornimento di gas naturale).

Stabilisce requisiti minimi per la costruzione di tale infrastruttura, da attuarsi come parte del quadro strategico nazionale di ogni Paese dell'UE.

I Paesi dell'UE devono adottare strategie nazionali che mirino a sviluppare il mercato per quanto concerne i combustibili alternativi per il trasporto e l'infrastruttura necessaria a sostenerli. Nella definizione di tali strategie, i Paesi dell'UE devono:

- effettuare una valutazione dello stato attuale del mercato e delle prospettive di sviluppo futuro;
- definire obiettivi nazionali per lo sviluppo dell'infrastruttura e le misure necessarie per conseguirli;
- designare reti per tale infrastruttura.

Direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi.

Regolamento (CE) 79/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 gennaio 2009, relativo all'omologazione di veicoli a motore alimentati a idrogeno e che modifica la Direttiva 2007/46/CE.

### ITALIA

Decreto Ministeriale del 16 febbraio 1982 concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi.

Decreto Ministeriale del 24 novembre 1984 concernente le norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8.

Decreto Ministeriale del 31 agosto 2006, concernente l'approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione.

## Attività del TC 105 "Fuel Cell Technologies" e del Comitato mirror CT 105 del CEI

Differenti tecnologie di celle a combustibile si stanno sviluppando e affacciando sul mercato: nuove tecnologie, componenti e materiali emergono costantemente su base globale. Le tecnologie di celle a combustibile sono classificate a partire dalla scelta dell'elettrolita, scelta che determina tra l'altro la temperatura di esercizio delle celle. Sono state sviluppate sia celle in grado di operare a temperature prossime a quella ambiente, con elettrolita a membrana polimerica, sia celle ad alta temperatura (diverse centinaia di gradi) a carbonati fusi e a ossidi solidi. Le tecnologie delle celle a combustibile rappresentano una soluzione ideale per la realizzazione dei sistemi propulsivi elettrici di nuova generazione per sistemi di trasporto (veicoli terrestri, navi e aerei), ma possono anche essere impiegati per prolungare il periodo di funzionamento delle batterie (*range extender*). La crescente necessità di generatori distaccati dalla rete elettrica e (co)generatori di piccole dimensioni che rispettino requisiti ambientali sempre più rigorosi può essere soddisfatta dai sistemi a celle a combustibile. Le celle possono operare a supporto delle fonti rinnovabili non programmabili, come eolico e fotovoltaico, fornendo potenza ed energia quando la risorsa rinnovabile non è disponibile o non è sufficiente per alimentare il carico o l'accoppiamento al sistema di energia elettrica. Possono infine svolgere la funzione di accumulo energetico, convertendo la potenza in eccesso prodotta dai generatori di energia rinnovabile in idrogeno o combustibili sintetici, attraverso il funzionamento inverso del modulo a cella a combustibile dove consentito dalla tecnologia di cella. La commercializzazione delle celle a combustibile per applicazioni stazionarie, di trasporto o portatili è già iniziata. Basti pensare che a oggi in Giappone risultano installate circa 100 000 piccole unità cogenerative domestiche per la produzione di elettricità (0,75 kWe) e acqua calda per usi sanitari. In questa fase di avvio del mercato è importante elaborare norme internazionali per facilitare la commercializzazione a livello globale, armonizzare e agevolare le procedure di approvazione dei dispositivi a celle combustibile ed evitare la proliferazione di normative su scala locale. D'altra parte, c'è una forte necessità di non limitare l'ulteriore sviluppo di una tecnologia relativamente giovane.

Il Comitato tecnico TC 105 *Fuel Cell Technologies* è stato fondato *dall'International Electrotechnical Commission* (IEC) nell'ottobre 1999 con il compito di sviluppare norme sulla sicurezza e prestazioni di dispositivi e sistemi a celle a combustibile. A livello nazionale il TC 105 IEC è seguito dal comitato *mirror* (corrispondente) CT 105 "Celle a Combustibile" del CEI, mentre non esiste un corrispettivo CENELEC CLC/TC 105, ma soltanto una Segreteria Relatrice CLC/SR 105 che, come tale, si è perlopiù limitata finora a recepire i documenti IEC così come elaborati dal TC 105 IEC. Lo *Strategic Business Plan* del Comitato tecnico TC 105 IEC è costantemente aggiornato per soddisfare la domanda del mercato e dell'industria. Le norme preparate dal TC 105 IEC si prefiggono di rispondere alle esigenze dei fornitori di componentistica, dei costruttori e degli installatori di sistemi a celle a combustibile, degli enti di prova e certificazione, degli enti normatori e delle autorità di controllo e vigilanza. Le norme del TC 105 riguardano tutte le tecnologie di celle a combustibile e differenti applicazioni, dai sistemi di generazione di potenza stazionaria, inclusi i piccoli sistemi per generazione distribuita e cogenerazione (CHP), ai sistemi a micro celle che possono trovare impiego nell'alimentazione dell'elettronica di consumo. In tempi più recenti sono stati avviati all'interno del TC 105 IEC progetti normativi sui sistemi reversibili, in cui le celle operano come elettrolizzatori per produrre idrogeno e ossigeno e come celle a combustibile per ricombinare i reagenti e produrre energia elettrica, e sulle batterie a circolazione di elettrolita. Quest'ultima tecnologia ricade a tutti gli effetti nelle competenze del TC 21 *Secondary cells and batteries*, ma condivide con il settore delle celle a combustibile diverse soluzioni tecnologiche riguardanti la componentistica di celle, stack e moduli. Per questo motivo è stato creato un apposito gruppo di lavoro congiunto (JWG7) tra i due Comitati tecnici TC 21 e TC 105, formalmente gestito dal TC 21. Nel settore dei trasporti, a seguito di accordi con ISO, il TC 105 IEC si era finora limitato a normare sui sistemi di propulsione a celle a combustibile per i veicoli non destinati a viaggiare su strada, come i carrelli elevatori di uso industriale, sui sistemi di estensione dell'autonomia di veicoli elettrici *(range extender)* e su altri sistemi ausiliari. Nella riunione plenaria del comitato di quest'anno, a Seul, tuttavia, è stata messa all'ordine del giorno la proposta di estendere il campo di applicazione del TC 105 IEC anche ai sistemi a celle a combustibile per la propulsione dei veicoli stradali. Queste attività andranno coordinate con l'ISO TC 22 e i suoi sottocomitati competenti in materia secondo le modalità definite dalle vigenti Direttive ISO/IEC. Il TC 105 IEC è diretto dal presidente Laurent Antoni, del CEA di Grenoble, recentemente subentrato a Fumio Ueno di Toshiba, con il supporto di un segretario, il Professor Wolfgang Winkler, e di un assistente segretario, Gerhardt Imgrund del VDE di Francoforte. Il TC 105 IEC è strutturato in quattordici gruppi di lavoro (WG) interni e in due gruppi di lavoro congiunti (JWG), rispettivamente con il TC 5 IEC sui sistemi cogenerativi e con il TC 21 IEC sulle batterie a flusso di elettrolita. Gruppi *ad hoc* (AHG) possono inoltre essere specificamente creati e mantenuti per un periodo limitato, allo scopo di formulare nuovi progetti normativi o sviluppare strategie. Alcuni esperti sono inoltre designati a seguire i lavori normativi di altri gruppi IEC ed ISO con i quali sono state stabilite le cosiddette *liaison*. Si tratta di una struttura molto flessibile che permette di far fronte rapidamente alle esigenze di un mercato in rapida evoluzione.

La struttura del TC 105 e i documenti normativi fin qui pubblicati dai singoli gruppi di lavoro sono illustrati in figura 1. Tutti i documenti normativi finora pubblicati sono disponibili su CEI Webstore (accessibile da https://www.ceinorme.it/it/). Numerose sono anche le *liaison* attive tra TC/105 IEC e altri TC sia di IEC sia di ISO. Tra queste ultime si citano in particolare quelle con i Comitati tecnici ISO TC/22 *Road vehicles* e TC/ 197 *Hydrogen technologies*. I gruppi di lavoro del TC/ 105 IEC fanno in particolare riferimento al ISO/TC 197 per tutto ciò che riguarda le specifiche di qualità dell'idrogeno, combustibile di riferimento per il settore delle applicazioni veicolari (carrelli elevatori, *range extender*, ...) trattate dal WG 6, e per i sistemi reversibili trattati dal WG 13.

La partecipazione al Comitato tecnico TC 105 IEC è stabile da alcuni anni, sia come numero di Paesi coinvolti, una trentina, sia come numero complessivo di esperti, circa centocinquanta. I Paesi membri con diritto di voto sono oggi diciassette, mentre sono quindici quelli con lo status di osservatori. Il maggior numero di esperti proviene dai Paesi asiatici Giappone, Corea del Sud e Cina, sessantasei in tutto secondo le ultime statistiche ufficiali di fine 2016, incluse dieci presidenze di gruppi di lavoro. L'Europa contribuisce complessivamente con cinquantasette esperti, con una positiva e costante crescita negli ultimi sei anni. Per contro, appare evidente, un certo disimpegno da parte di Stati Uniti e Canada che nello stesso arco temporale hanno ridotto sia il numero di esperti coinvolti, da trentasei a diciannove, sia le presidenze dei gruppi di lavoro, da quattro a due. In questo contesto l'Italia risulta in linea con i principali Paesi europei. La partecipazione del nostro Paese è costantemente cresciuta in questi anni. Esperti italiani sono inseriti in sette dei quattordici gruppi di lavoro e in un gruppo congiunto e in particolare sono presenti in tutti i gruppi di più recente costituzione: WG 11, WG 12, WG 13, WG 14 e JWG 7 (figura 1). Due esperti italiani sono stati anche già insigniti, rispettivamente nel 2010 e nel 2017, del prestigioso *1906 Award della International Electrotechnical Commission*, assegnato ogni anno a due esperti di ciascun comitato tecnico che si siano distinti per il loro contributo allo sviluppo di norme internazionali. Il CT 105 italiano si è candidato a organizzare nell'autunno 2018 la prossima riunione plenaria del TC 105 IEC a Milano. L'invito del CT 105 italiano è stato formalizzato ed accettato nella riunione plenaria del TC 105 IEC di Seul.

**Mauro Scagliotti**
*Segretario CT 105 CEI*

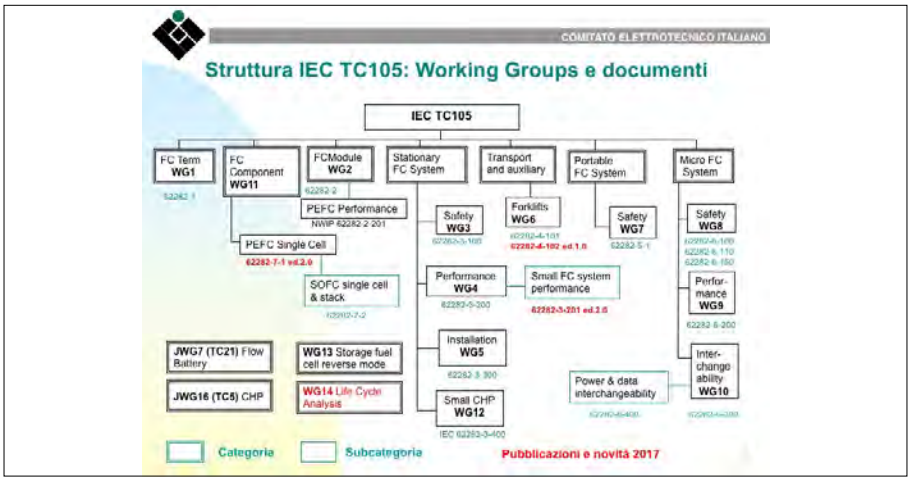



*Figura 1 - Struttura del TC 105 IEC e documenti normativi predisposti dai singoli WG. (In rosso sono evidenziate le novità del 2017).*

## Attività normative del WG 13 del TC 105 IEC

La crescente domanda di generazione di potenza distribuita (locale o remota, residenziale o commerciale) richiede sistemi in grado di ottimizzare l'efficienza elettrica su piccola scala e le celle a combustibile sono tra i principali candidati a soddisfare questa esigenza. Infatti, al 60% di efficienza elettrica netta comprovata per generatori con una potenza di uscita di almeno 1 kWe, i sistemi a celle a combustibile si collocano ben al di sopra di qualsiasi altra tecnologia di conversione. In questo contesto, è chiaro che per una loro ampia diffusione, le celle a combustibile per applicazioni stazionarie, dovrebbero essere in grado di utilizzare qualsiasi combustibile disponibile localmente. Se e quando i volumi di produzione riusciranno a coprire la crescente necessità di generazione di piccole e medie dimensioni, anche grazie alle riduzioni di costo previste, non vi è poi motivo per cui non debbano trovare applicazione anche nella produzione di energia elettrica su più larga scala.

Con riferimento alla distribuzione delle responsabilità e delle capacità, risulta cruciale rendere più efficiente e completo l'utilizzo delle energie rinnovabili, liberamente disponibili a tutte le latitudini e società. La crescente penetrazione dei campi eolici e fotovoltaici è una conseguenza positiva degli incentivi governativi e dei processi industriali, che operando congiuntamente a livello internazionale, hanno ridotto fortemente il costo delle tecnologie e aumentato drasticamente il loro impiego. Tuttavia, l'immissione di grandi quantità di elettricità da fonti non programmabili nelle strutture convenzionali di rete può risultare problematica ed essere deliberatamente limitata dall'esigenza di garantire la stabilità della rete medesima. Le Smart Grid possono solo parzialmente adattare la domanda di energia elettrica all'erraticità dell'offerta da fonti rinnovabili non programmabili e, per evitare che la capacità installata e l'energia pulita primaria disponibile non siano completamente utilizzate, è fondamentale poter accumulare l'energia elettrica così prodotta. L'elettrolisi dell'acqua per produrre idrogeno è un metodo efficiente in termini di peso, rispetto alle batterie, e flessibile come dislocazione, rispetto al ripompaggio nei bacini idroelettrici, per convertire e accumulare l'elettricità in eccedenza. L'idrogeno può essere riconvertito efficacemente in potenza elettrica in celle a combustibile commerciali a bassa temperatura di esercizio, e a questo proposito risulta particolarmente adatto per le applicazioni mobili (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle), dove l'idrogeno prodotto dall'elettricità eccedente delle rinnovabili può dare un maggior valore aggiunto. L'idrogeno è inoltre un prezioso elemento primario per l'industria chimica, che trova impiego in numerosi processi industriali come quelli per la produzione di ammoniaca, cloro e acciaio, nella raffinazione dei combustibili fossili e nell'industria alimentare.

*Figura 2 - Sistema Re-SOC di Sunfire che produce idrogeno per la stazione di rifornimento di Karlsruhe.*

La produzione dell'idrogeno per via elettrochimica ha pertanto un interessante potenziale nel coniugare in maniera redditizia grandi impianti ad energie rinnovabili e sviluppo economico. Tra le infrastrutture necessarie per la gestione dell'idrogeno, i sistemi reversibili a celle a combustibile che permettono, all'interno di un unico limite di sistema, alternativamente l'accumulo e la produzione di energia elettrica, sono una soluzione ingegneristica facilmente disponibile per affrontare le attuali problematiche di gestione dell'energia distribuita. Interessanti sono anche le prospettive di utilizzo di celle a ossidi solidi ad alta temperatura di esercizio, che possono essere gestite direttamente come generatori di potenza e dispositivi di accumulo, semplicemente invertendo la polarità della cella.

Le prime applicazioni di queste tecnologie sono in corso. In Giappone, presso l'Università Yamanashi, si sta sperimentando un sistema di Toshiba costituito da un elettrolizzatore PEM, un accumulo di idrogeno e una cella a combustibile PEM per lo stoccaggio di energia elettrica prodotta da un campo fotovoltaico, con portate di 1-2,5 m3/h di idrogeno, mentre in Germania le attività previste dal progetto SUNFIRE includono lo sviluppo di sistemi SOFC reversibili con potenze comprese tra 10 kWe e 500 kWe (figura 1 e 2. Le immagini sono pubblicate per gentile concessione di Sunfire GmbH). Va inoltre sottolineato come *Fuel Cell Energy* stia ampliando negli Stati Uniti le installazioni SOFC/SOEC per l'accumulo di energia e *ElectroPower Systems* in Italia stia sviluppando sistemi ibridi PEM - fotovoltaici per l'alimentazione continua di sistemi per la telefonia, remoti e non collegati alla rete elettrica.

Ciò ha indotto il Comitato Tecnico 105 IEC sulle tecnologie delle celle a combustibile ad approfondire la necessità di normare in questo specifico settore. Le attività normative finora svolte in ambito IEC e ISO si sono infatti concentrate separatamente sul funzionamento delle celle come generatori di potenza e come elettrolizzatori, mentre non sono mai stati presi in considerazione né sistemi a celle a combustibile reversibili (figura 3), né sistemi che svolgano la funzione di accumulo e generazione in

*Figura 1 - Stazione di rifornimento multifuel a Karlsruhe con distributore di idrogeno.*

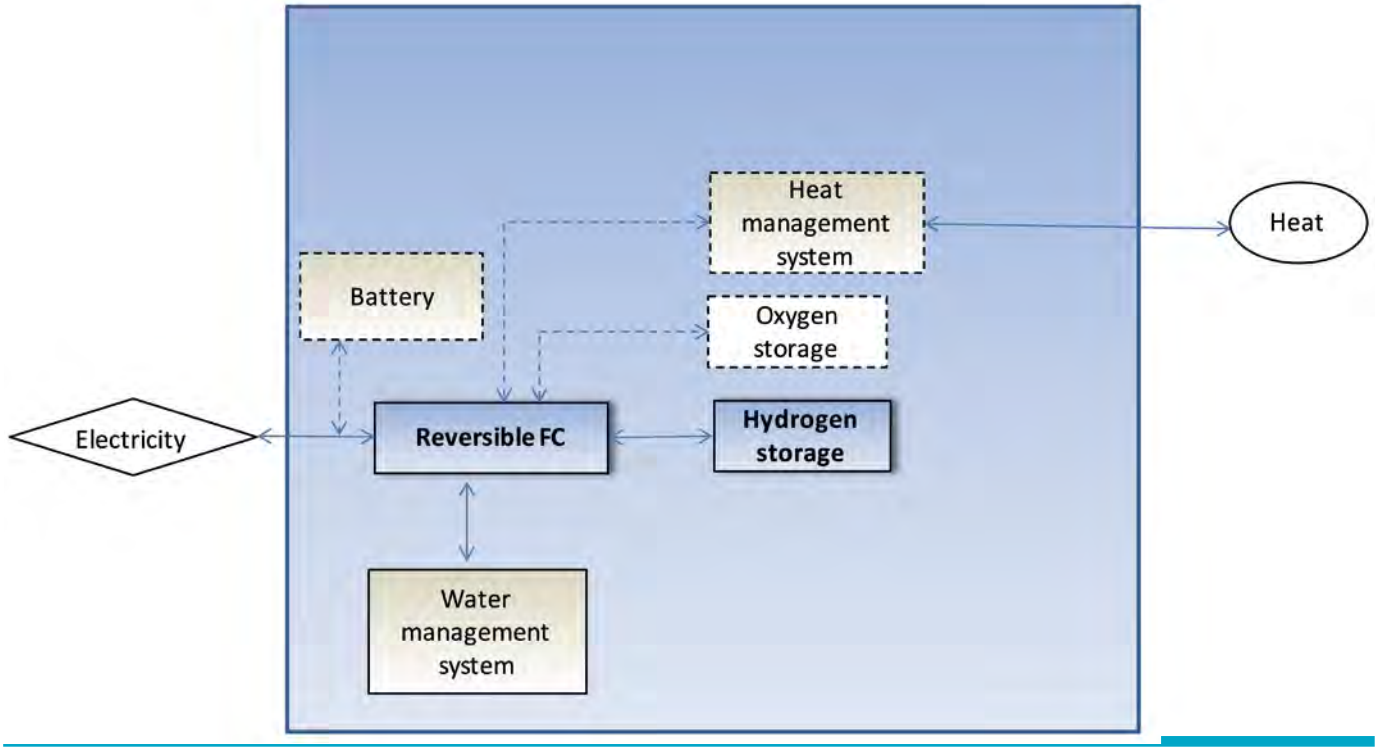



*Figura 3 - Sistema con cella reversibile in grado di operare sia come elettrolizzatore sia come cella a combustibile.*

due moduli separati, ma tra loro integrati, elettrolizzatore e cella a combustibile (figura 4). Si tratta di una carenza a livello normativo che deve essere rapidamente colmata, possibilmente con un approccio di sistema (potenza in ingresso e in uscita, calore e connessione alla rete) per impieghi di carattere industriale. Va ricordato in proposito che questi sistemi *power-to-gas-to-power* potrebbero impiegare anche differenti tecnologie di cella per la produzione di idrogeno e la generazione di potenza.

Per questo motivo il nuovo WG 13 *Energy storage systems using fuel cell modules in reverse mode* del TC 105 IEC punta a sviluppare metodi di prova prestazionali per sistemi di accumulo di potenza basati su moduli elettrochimici, combinando elettrolisi e generazione di potenza, in particolare con celle a combustibile rigenerative / reversibili, e tenendo conto di entrambe le opzioni di ri - produzione elettrica e di sintesi di prodotti chimici (con cogenerazione di calore) per l'integrazione sostenibile delle fonti rinnovabili. Le norme preparate dal WG 13 del TC 105 IEC saranno classificate nella nuova serie IEC 62282-8 e saranno costituite dalle seguenti parti, sotto il titolo generale: Tecnologie delle celle a combustibile - Parte 8: Sistemi di accumulo di energia con moduli a celle a combustibile in modalità reversibile:

- IEC 62282-8-101: Prestazioni di monocelle e stack a ossidi solidi, incluso il funzionamento rigenerativo;
- IEC 62282-8-102: Prestazioni di monocelle e stack PEM, incluso il funzionamento rigenerativo;
- IEC 62282-8-201: Sistemi di accumulo energetico che utilizzano mduli a celle a combustibile in modalità reversibile - Prestazioni di sistemi power-to-power.

Si prevede che le prime norme della serie IEC 62282-8, relative alle procedure di prova prestazionali, possano essere pubblicate entro fine 2018.

**Stephen McPhail**
*Co-convenor del WG 13 TC 105 IEC*

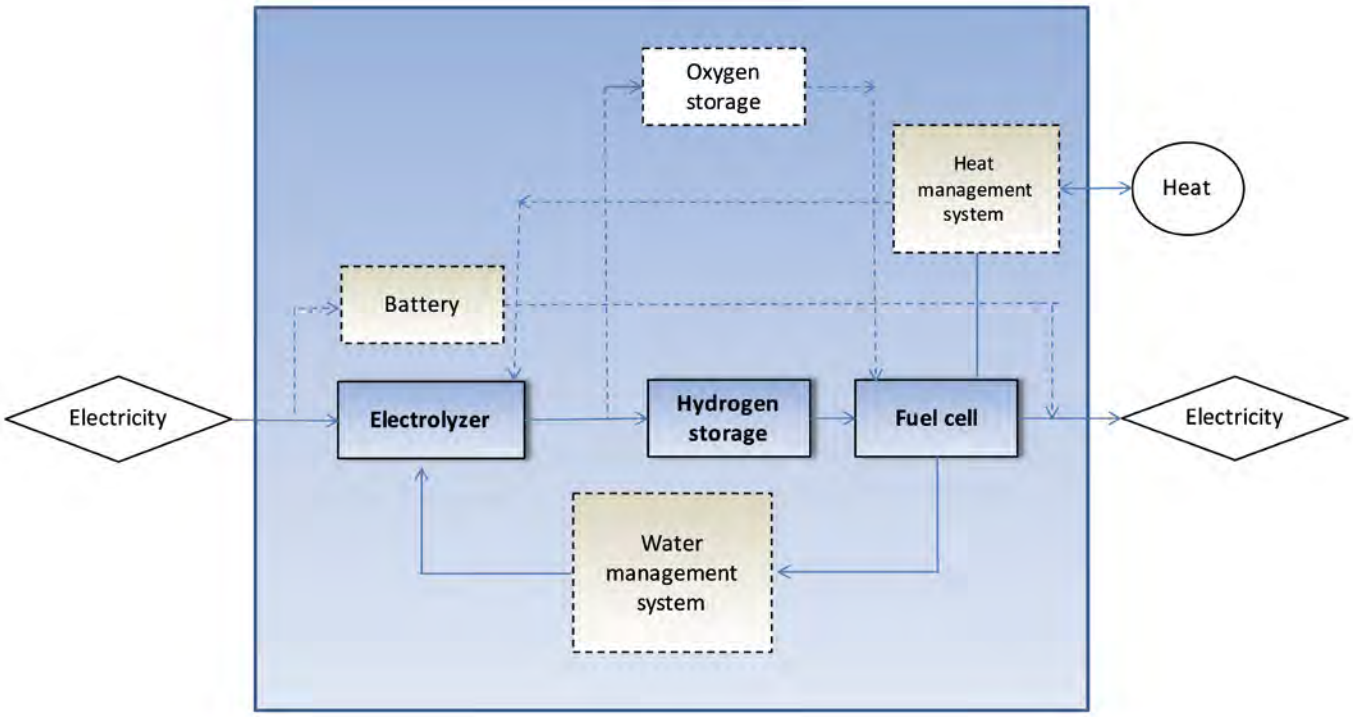



*Figura 4 - Sistema integrato con elettrolizzatore e cella a combustibile separati.*