**HYDROGEN**

**Che cos’è:**

L’Idrogeno è il primo elemento della tavola periodica, posto in alto a sinistra col simbolo “H”, è il più leggero con numero atomico di 1.

Allo stato elementare esiste sotto forma di molecola biatomica, H2, che a pressione atmosferica e a temperatura ambiente (298 K) è un gas incolore, inodore, altamente infiammabile. L'idrogeno è l'elemento più leggero e più abbondante di tutto l'universo osservabile. È presente nell'acqua (11,19%) e in tutti i composti organici e organismi viventi.

L’Idrogeno è l’elemento più comune nell’universo osservabile, infatti, circa il 75% ne è composto, inoltre la maggior parte dell'idrogeno sulla Terra esiste in forme molecolari come acqua o composti organici (a base carbonica), oltre ad essere l’elemento principale di molte stelle in forma plasmatica.

È un elemento molto importante non solo per la sua enorme presenza nell’universo, ma anche per molte sue proprietà fisiche e chimiche: infatti, crea composti con quasi tutti gli elementi della tavola periodica ed è essenziale per la produzione di energia nucleare, ma anche per la produzione di energia alternativa, come per esempio le centrali a idrogeno che sfruttano a pieno la sua infiammabilità.

Sulla Terra solo l'1 % dei gas è idrogeno. La fonte più comune di questo elemento è l'acqua, che è composta da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno. Altre fonti sono: la materia organica (tutte le forme di vita conosciute), i combustibili fossili e il gas naturale. Il metano è un sottoprodotto della decomposizione organica che sta diventando una fonte di idrogeno sempre più importante.

L’elemento ha 3 isotopi:

-Prozio (1H): è il più comune dell’universo, il suo nucleo è costituito da un solo protone (uno dei suoi composti è l’acqua).

-Deuterio (2H o D): è molto meno comune del Prozio, il suo nucleo è costituito da un protone e un neutrone.

-Trizio (3H o T): è l’unico isotopo radioattivo dell’idrogeno, il suo nucleo è formato da un protone e due neutroni.

**Prozio**

Il Prozio è l’isotopo più comune dell’Idrogeno con il nucleo composto da solo un singolo protone, è considerabile stabile, ovvero non radioattivo, anche se alcuni studi teorizzano un decadimento nel tempo (10 31 e 10 36 anni), ma non è stato mai stato verificato. È l’isotopo più comune tra tutti nell’universo, con un’abbondanza del 99.98%, anche sulla terra essendo componente dell’acqua forma l’idrosfera terrestre.

**Deuterio**

Il Deuterio è il secondo isotopo stabile dell’idrogeno, molto meno comune del Prozio, ha un’abbondanza dello 0,02% negli oceani anche se la percentuale può cambiare leggermente in base al tipo di acqua. È spesso rappresentato col simbolo 2H ma in alcuni casi anche con D.

Il Deuterio ha una massa atomica di circa il doppio di quella del Prozio, questo conferisce delle proprietà e differenze importanti negli elementi che lo contengono, come per esempio una viscosità e densità maggiore.

L’elemento che più rispecchia questa differenza è l’acqua pesante, che a differenza dell’acqua normale (composta da prozio) è più densa e questo offre dei vantaggi fisici, come la possibilità di produrre un ghiaccio che affonda o raffreddare più facilmente il nucleo di un reattore, infatti, grazie alle sue ottime capacità refrigeranti è fondamentale per il rallentamento dei neutroni, onde evitare un surriscaldamento elevato del nocciolo per la produzione di energia nucleare.

**Trizio**

Il Trizio è l’Isotopo più raro dell’idrogeno nonché l’unico radioattivo, con il simbolo di T o 3H, possiede un nucleo contenente un protone e due neutroni. L’isotopo è quasi inesistente in natura, sulla terra ci sono solo poche tracce nell’atmosfera formate dall'interazione dei suoi gas con i raggi cosmici.

Benché sia molto raro in natura, può essere prodotto artificialmente irradiando litio metallico o ciottoli ceramici al litio in un reattore nucleare. Il trizio è anche prodotto in reattori moderati ad acqua pesante, ogni volta che un nucleo di deuterio cattura un neutrone, anche se in piccole quantità. L’isotopo è importante anche per gli studi sulla fusione nucleare.

Il Trizio, essendo radioattivo, comporta dei rischi per la salute, non è pericoloso esternamente (le radiazioni non penetrano la pelle), ma può essere un rischio di radiazione se inalato, ingerito tramite cibo o acqua o assorbito attraverso la pelle.

**Proprietà fisiche:**

L'atomo di idrogeno si presenta con il suo isotopo più comune costituito da un solo protone e un elettrone. Gli atomi di idrogeno formano prontamente molecole di dimensioni inferiori rispetto alla maggior parte delle altre molecole. La forma molecolare, chiamata semplicemente idrogeno, è circa 14 volte più leggera dell'aria e si diffonde più velocemente di qualsiasi altro gas. L'idrogeno ordinario ha una densità di 0,09 kg / m3.

È la sostanza più leggera conosciuta, con una galleggiabilità in aria di 1,2 kg / m3. L'idrogeno metallico solido ha una conduttività elettrica maggiore rispetto a qualsiasi altro elemento solido. Inoltre, l'idrogeno gassoso ha una delle più alte capacità di calore (14,4 kJ / kg K).

Questo elemento è uno dei principali costituenti dell'acqua e di tutte le materie organiche ed è ampiamente distribuito non solo sulla terra ma anche in tutto l'Universo.

**Proprietà chimiche:**

L'atomo di idrogeno è chimicamente molto reattivo ed è per questo che non si trova chimicamente libero in natura. In effetti, sono necessarie temperature molto elevate per dissociare l'idrogeno molecolare in idrogeno atomico.

In natura, è principalmente legato all'ossigeno o agli atomi di carbonio. Quindi, per ottenere idrogeno dai composti naturali, è necessario dispendio di energia. Pertanto, l'idrogeno deve essere considerato un vettore di energia, un mezzo per immagazzinare e trasmettere energia derivata da una fonte di energia primaria.

L'idrogeno atomico è un potente agente riducente, anche a temperatura ambiente. Riduce alcuni sali, come nitrati, nitriti e cianuri di sodio e potassio, allo stato metallico. Reagisce con un numero di elementi, sia metalli che non metalli, per produrre idruri come NH3, NaH, KH e PH3.

Con i composti organici, l'idrogeno atomico reagisce per produrre una complessa miscela di prodotti. L'idrogeno reagisce violentemente con ossidanti come protossido di azoto, alogeni (specialmente con fluoro e cloro) e idrocarburi insaturi (ad esempio acetilene) con intenso calore esotermico.

Quando l'idrogeno reagisce con l'ossigeno in un processo di conversione elettrochimica o di combustione per generare energia, il prodotto di reazione risultante è vapore acqueo. A temperatura ambiente questa reazione è incommensurabilmente lenta, ma può essere accelerata da catalizzatori, come il platino o da una scintilla elettrica.

L'idrogeno si diffonde nell'aria molto più rapidamente rispetto ad altri combustibili gassosi. Con un coefficiente di diffusione nell'aria di 61 cm2/s, il rapido tasso di dispersione dell'idrogeno è la sua più grande risorsa di sicurezza.

**Proprietà combustibile:**

L'idrogeno brucia con una fiamma a bassa visibilità. I limiti di infiammabilità di miscele di idrogeno con aria, ossigeno o altri ossidanti dipendono dall'energia di accensione, dalla temperatura, dalla pressione, dalla presenza di diluenti, dalle dimensioni e dalla configurazione dell'apparecchiatura, della struttura o dell'apparato. Tale miscela può essere diluita con uno dei suoi componenti fino a quando la sua concentrazione non si sposta al di sotto del limite inferiore di infiammabilità (LFL) o al di sopra del limite superiore di infiammabilità (UFL).

Il limite di infiammabilità dell'idrogeno nell'aria a condizioni ambientali è del 4-75%, il metano nell'aria è del 4,3–15% in volume e la benzina nell'aria è dell'1,4-7,6%.

Quando la sua concentrazione è nell'intervallo di infiammabilità, l'idrogeno può essere innescato da una quantità molto piccola di energia a causa della sua bassa energia di accensione di 0,02 mJ rispetto a 0,24 mJ per benzina e 0,28 mJ per metano.

L'idrogeno è un elemento esplosivo su una vasta gamma di concentrazioni quando è confinato. Tuttavia, è difficile far esplodere se non confinato, simile ad altri carburanti convenzionali. Ha una velocità della fiamma più rapida (1,85 m / s) rispetto ad altri combustibili (vapore di benzina — 0,42 m/s; metano— 0,38 m/s). Temperatura della fiamma idrogeno-aria è più calda della fiamma aria-metano e più fredda della benzina in condizioni stechiometriche (2207 ° C rispetto ai 1917 ° C per il metano e 2307 ° C per la benzina).

L'idrogeno è altamente infiammabile in un'ampia gamma di temperature e concentrazioni. Sebbene la sua efficienza di combustione sia davvero eccezionale e accolta come un combustibile di scelta per il futuro, inevitabilmente pone diverse sfide tecnologiche non banali, come la sicurezza nella produzione, lo stoccaggio e il trasporto. Quando reagisce con l'ossigeno, l'idrogeno rilascia energia in modo esplosivo nei motori a combustione o silenziosamente nelle celle a combustibile per produrre acqua come unico sottoprodotto. A differenza del carbone pronto all'uso o degli idrocarburi, l'idrogeno non è disponibile sulla terra. È tuttavia disponibile come composti chimici di ossigeno e carbonio. L'idrogeno ha sia somiglianze che differenze rispetto ai combustibili convenzionali come metano (gas naturale), gas di petrolio liquefatto (GPL) e combustibili liquidi come la benzina. Le sfide tecniche ed economiche legate all'attuazione di una "economia dell'idrogeno" richiedono una soluzione al problema fondamentale della produzione di energia rinnovabile.

L'idrogeno ha il più alto contenuto di energia per unità di massa di qualsiasi combustibile. Ad esempio, in base al peso, l'idrogeno ha un contenuto energetico quasi tre volte superiore a quello della benzina (140,4 MJ/kg contro 48,6 MJ/kg). Tuttavia, a volume la situazione è invertita: 8.491 MJ/m3 per l'idrogeno liquido contro 31.150 MJ/m3 per la benzina. La bassa densità volumetrica dell'idrogeno provoca problemi di stoccaggio, soprattutto per le applicazioni automobilistiche. È necessario un contenitore di grandi dimensioni per immagazzinare idrogeno sufficiente per un campo pratica adeguato. La densità energetica dell'idrogeno è anche influenzata dalla natura fisica del combustibile, sia che il combustibile sia immagazzinato come liquido che come gas. Una delle caratteristiche importanti e interessanti dell'idrogeno è la sua proprietà elettrochimica, che può essere utilizzata in una cella a combustibile. Al momento, sono disponibili celle a combustibile H2/O2 che funzionano con un'efficienza del 50–60% con una durata fino a 3000 h. La corrente di uscita varia da 440 a 1720 A/m2 della superficie dell'elettrodo, che può fornire una potenza compresa tra 50 e 2500 W.

**Economia dell’idrogeno**

Un'economia basata sull'idrogeno è un tipo di sistema economico ipotizzato per il futuro, anche se già parzialmente utilizzato. L’energia viene immagazzinata sotto forma di idrogeno (H2, gassoso, liquido o in composti come gli idruri metallici) da utilizzare poi sia in applicazioni di movimento che per fornire ulteriore energia alla rete elettrica nazionale e mondiale.

L'idrogeno puro non è disponibile nel nostro pianeta. La maggior parte dell'idrogeno "conveniente" può essere estratto da altre sostanze con procedure chimiche ed elettrolitiche oppure può essere prodotto da altri combustibili utilizzando sostanze ad elevato contenuto energetico, come i combustibili fossili (reforming del metano e carbone). Questi metodi, oltre ad esaurire risorse non rinnovabili, generano grandi quantità di CO2 (quantità maggiori rispetto persino ai motori convenzionali), aggravando l'effetto serra. Gli attuali processi di produzione, tra l’altro, garantirebbero un guadagno energetico non certo.

**Produzione**

L'idrogeno, quindi, non si trova in natura e per questo motivo va prodotto. La produzione di idrogeno ammonta a nove milioni di tonnellate all'anno, secondo il dipartimento dell’energia americano (DOE). Il tasso di crescita stimato per la produzione d'idrogeno è del 10% annuo.

Dal momento che lo stoccaggio dell'idrogeno e il suo trasporto sono molto onerosi, la maggior parte viene prodotto e utilizzato localmente (immediatamente) per il consumo interno dalle stesse industrie che lo producono: raffinerie di petrolio oppure fabbriche appartenenti all'industria pesante.

La produzione dell'idrogeno avviene per il 48% da gas naturale, per il 30% dal petrolio (sottoprodotto della distillazione e reforming del gasolio), per il 18% dal carbone. L'elettrolisi dell'acqua viene impiegata per produrre soltanto il 4%.

L’elettrolisi è conveniente dove si ha un eccesso di potenza elettrica non immagazzinabile (ad esempio innalzandola tramite condotte forzate da un bacino idrico inferiore a uno superiore) o dove non sia fattibile trasportare la corrente elettrica prodotta.

Il potenziale per un grande mercato e l'aumento dei prezzi del petrolio hanno incoraggiato l'interesse per mezzi alternativi e più economici per produrre idrogeno.

Tra questi il governo degli USA finanzia lo studio per l'elettrolisi termochimica ad alta temperatura dell'acqua. Si pensa anche di consumare la spazzatura urbana per produrre calore per riscaldare l’acqua.

Attualmente esistono anche altri progetti finanziati dal DOE che studiano anche la possibilità di separare l'idrogeno dall'ossigeno o alcuni basati sulla coltivazione e produzione diretta di microscopiche alghe azzurre modificate geneticamente, altre sull'azione di enzimi sulla spazzatura urbana, appunto, o la stessa acqua semplicemente esposta alla luce solare concentrata con specchi (ad alte temperature e con catalizzatori).

**Produzione in Italia: Mantova**

Il Gruppo Sapio è il maggiore produttore di "idrogeno merchant" (destinato alla vendita ad altre industrie, enti o privati) in Italia. L’idrogeno prodotto, quindi, non destinato all'immediata produzione di ammoniaca (usata come fertilizzante in agricoltura intensiva) oppure alla raffinazione del petrolio. La sua raffineria di Mantova produce 450.000 metri cubi di H2 giorno.

**Stoccaggio**

Per poter immagazzinare l’idrogeno una volta prodotto si possono utilizzare numerosi metodi e tecnologie differenti. Molto importanti sono i materiali in cui l’idrogeno viene stoccato, infatti lo studio su di essi è molto sviluppato.

Ovviamente gli obbiettivi che i ricercatori si sono posti sono quelli di ridurre sempre più i volumi di stoccaggio per poter sfruttare a pieno le potenzialità di questo gas. Più i volumi si riducono più sarà semplice e comodo utilizzare l’idrogeno come combustibile per i trasporti che diventerebbero così molto più efficienti ed ecologici.

Un problema che persiste è però la trasformazione da idrogeno a energia e viceversa. Questo processo rimane molto complicato e molto costoso.

**PROBLEMI E SOLUZIONI:**

A differenza degli idrocarburi, l’idrogeno ha una densità di energia molto alta, ma al tempo stesso una scarsa densità energetica volumetrica. Questo si traduce in una necessità di serbatoi più spaziosi per poter stoccare il gas. Ciò comporta serbatoi molto pesanti. Una soluzione sarebbe comprimere l’idrogeno, si otterrebbe così un diminuimento dello spazio richiesto, ma il peso aumenterebbe considerevolmente. Comprimere il gas comporta una grossa perdita di energia

Una soluzione possibile potrebbe essere quella di stoccare l’idrogeno in forma liquida, con più alta densità volumetrica di energia. Nello Space Shuttle si utilizzò questo metodo. Il maggiore problema riguardante questa soluzione è la temperatura a cui si deve portare l’idrogeno per poter essere stoccato in forma liquida: deve essere portata a 252,882 °C.

La perdita di energia per rendere liquido l’idrogeno è notevole e tutti i serbatoi devono essere isolati termicamente e il materiale per isolare i serbatoi è tutt’ora molto costoso. L’idrogeno liquido però ha una densità bassissima, a parità in un litro di benzina c’è il 64% di idrogeno in più che in un litro di idrogeno puro. Lo stoccaggio sotto forma liquida viene detto immagazzinamento criogenico

Un altro modo per stoccare questo gas è il metodo di stoccaggio sotto forma di ammoniaca. Questo metodo di stoccaggio porta ad una densità maggiore e temperature di liquefazione molto più accettabili (-35°C). Se poi viene miscelato anche con dell’acqua può essere conservato a temperatura ambiente. Un altro punto a favore di questa soluzione è la conoscenza che abbiamo dell’ammoniaca e sono presenti impianti enormi che la lavorano. Inoltre, la conversione dall’ ammoniaca per produrre idrogeno non produce gas di scarto tossici.

I contro però sono vari: l’ammoniaca per bruciare deve essere portata ad una pressione maggiore di quella normale e i costi sotto forma di energia per produrla sono molto alti. Quindi, le infrastrutture già esistenti dovrebbero essere ingrandite e migliorate per poter reggere le necessità energetiche del sistema dei trasporti a idrogeno stoccato sotto forma di ammoniaca. Non si deve dimenticare che l’ammoniaca in sé è un gas tossico.

L’idrogeno si può anche stoccare attraverso gli idruri metallici, questo con diversi gradi di efficienza. Si possono trovare sia idruri liquidi a temperatura ambiente mentre altri sono solidi e possono essere trasformati in piccole sfere. Per l’immagazzinamento si usano idruri di magnesio, metalli di transizione e idruri metallici complessi che contengono sodio, litio, calcio, alluminio o boro. Si utilizzano questi metalli perché hanno una buona densità di energia per unità. Nonostante sia buona è comunque peggiore di quella dei comuni idrocarburi, in più per rilasciare idrogeno servono temperature elevate.

Questo metodo può essere utilizzato per lo stoccaggio automobilistico, ma un serbatoio a idruri solidi è più capiente ma molto più pesante di uno a benzina (per produrre la stessa quantità di energia). Il litio sembra essere il migliore materiale per lo stoccaggio automobilistico.

Un problema che si è riscontrato è la combustione violenta che hanno gli idruri quando esposti all’aria umida. Essi sono anche tossici a contatto con la pelle e molto difficili da manipolare. Questi sono i motivi (insieme al peso e al costo) per cui l’industria dei trasporti non ha ancora investito molto su questa tecnica.

Gli idruri che risolvono parzialmente questi problemi derivano da sodio, litio e ammonio anche se i costi di lavorazione per poterli adattare alla produzione di energia con l’idrogeno sono molto elevati. Anche i costi per riciclarli sono molto elevati, tuttavia si stanno studiando nuovi metodi e sistemi di riciclaggio che però tutt’ora sono ancora da sperimentare.

Gli idrocarburi possono essere utilizzati come portatori di idrogeno che poi viene estratto da essi da uno strumento apposito. Questa estrazione è però molto lenta e le perdite di energia sono molto comuni.

Per poter produrre energia si utilizza una pila a combustibile, cioè un dispositivo che crea energia elettrica a partire da un combustibile. Anche i costi per le pile sono molto alti. La pila a metanolo ha un più semplice utilizzo, ma molta meno efficienza e potenza.

Nel 2007 venne presentata la miscela Hythane o idrometano. Questa miscela è composta da metano e idrogeno gassoso sottoposti ad alta pressione e a temperatura ambiente. Questa miscela, che contiene dal 5% al 30% di idrogeno, non può essere usata nelle pile a combustibile, ma può essere bruciata nei motori a combustione interna a bassa compressione. Questa miscela è molto più ecologica rispetto al metano puro e molto efficiente.

L’idrogeno può essere immagazzinato anche con metodi chimici, per esempio con NaAlH4 dove il biossido di titanio libera idrogeno per riscaldamento e può essere rigenerato addizionando idrogeno a pressione. La reazione chimica:

2 NaAlH4 (solido) —> 2 NaH + 2 Al (solido) + 3 H2 (si liberano così sei idrogeni gassosi).

Con i nuovi studi sulle nanotecnologie si stanno studiando nuovi metodi basati su di esse, come nanotubi. Già dal 200 infatti è stata presentata l’idea di utilizzare nanotubi di silicio per trasportare idrogeno negli autoveicoli. Studi recenti e simulazioni hanno dimostrato che i tubi in silicio possono trasportare maggiori quantità di idrogeno rispetto ai tubi in carbonio.

Nel 2011 è stata presentata una nuova tecnologia pratica ed economica basata sulle micro-fibre intrecciate a formare micro-granuli finissimi che hanno lo scopo di immagazzinare idrogeno. Questa soluzione permetterebbe di servire l’idrogeno ai distributori come per gli altri carburanti. Questa tecnica è tuttavia ancora in fase di sviluppo.

L’Islanda, per esempio, è un Paese che ha investito molto nell’idrogeno e nelle sue applicazioni. Infatti, esso viene prodotto e immagazzinato nelle centrali geotermiche e poi servito agli automobilisti nelle stazioni di servizio.

L’Italia si sta pian piano attrezzando per poter utilizzare l’idrogeno come fonte energetica rinnovabile e le stime dicono che nei prossimi anni si potrà arrivare fino al 95% dell’energia derivata dall’idrogeno.

**Trasporto**

L’economia dell’idrogeno necessita di nuove infrastrutture di produzione, stoccaggio e trasporto del nuovo combustibile. L’idrogeno allo stadio base in natura non si presenta allo stato liquido come i combustibili fossili, ma allo stato gassoso. Molti problemi energetici e tecnologici associati necessitano di essere risolti:

* Problema del ciclo di produzione e dell’utilizzo dell'idrogeno, noto anche come il problema della convenienza termodinamica.
* Problema dell'immagazzinamento o stoccaggio.
* Problema del trasporto.

Ad oggi l'unico sistema di produzione di idrogeno economicamente sostenibile è il reforming di materie prime fossili.

Sembra che il trasporto dell’idrogeno non sia conveniente per lunghe distanze. I progressi nella tecnologia dell'elettrolisi e delle pile a combustibile non hanno ancora risolto i vari problemi di trasferimento. Ci sono vari metodi per trasportare idrogeno, non sempre del tutto convenienti:

* Condotte di gas naturale: le condotte di gas naturale e le navi con serbatoi di gas liquefatto sono molto costose e richiedono un mercato stabile con anche estese tubazioni di gas.
* Linee elettriche: le linee elettriche muovono l'energia a costi anche maggiori rispetto a quelli dei gasdotti.
* Condotte dell'idrogeno ad alta pressione: le condotte dell'idrogeno sono anche più costose rispetto alle linee elettriche a lunga distanza. L'idrogeno a temperatura ambiente ha un volume tre volte maggiore rispetto al gas naturale a parità di energia trasportata, inoltre lo H2 accelera la comparsa di crepe nell'acciaio aumentando i costi di manutenzione, le perdite ed i costi materiali.
* Condotte miste idrogeno criogenico e ceramiche superconduttive: nel 2006 sono state proposte condotte miste interrate in profondità, con un nucleo contenente idrogeno in pressione (liquefatto alla temperatura dell'azoto liquido), che dovrebbe circolare all'interno di una tubazione o di lunghe strisce avvolgenti in ceramica superconduttiva dell'elettricità (corrente continua), a sua volta foderate da plastiche isolanti e da una protezione esterna estremamente resistente (tubi in acciaio o kevlar).

**Utilizzo attuale dell'idrogeno**

Attualmente esistono due utilizzi principali per l'idrogeno:

* Circa la metà viene utilizzato (combinandolo con l'azoto, componente dell'80% dell'atmosfera) per produrre ammoniaca (NH3), primariamente usatoa direttamente o indirettamente come fertilizzante in agricoltura.
* L'altra metà dell'idrogeno viene usata per convertire le fonti pesanti di petrolio in frazioni più leggere ed adatte per essere impiegate come carburante (questo processo è noto come hydrocracking).

**Auto**

Il progetto per la costruzione di un’auto ad idrogeno si è rapidamente diffuso e sono già state ipotizzate diverse forme di motore che sfrutti l’energia dell’H2.

Quando si parla di auto ad idrogeno si intende un veicolo che converte l’energia chimica in energia meccanica. L’idrogeno può bruciare in un motore a combustione interno, in questo caso si parla di auto a idrogeno HICEV (Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicle). Si può anche provocare una reazione con l’ossigeno in una pila a combustibile, producendo elettricità. In questo caso di parla di auto a idrogeno FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle).

Quest’ultimo è il modello di motore a idrogeno sul quale si sono concentrati maggiormente gli studi dei vari costruttori. Le celle a combustibile ricevono due flussi in entrata: dal polo negativo l’idrogeno e dal polo positivo l’ossigeno. Il catalizzatore contenuto nel motore a idrogeno provoca la separazione degli elettroni dal nucleo e questa reazione a sua volta sprigiona energia elettrica.

Gli elettroni si spostano verso il polo positivo e si uniscono agli atomi di ossigeno, che ricevono una carica negativa. L’unione dell’idrogeno con l’ossigeno dà vita ad una reazione chimica il cui prodotto finale è acqua ed è proprio vapore acqueo quello che viene immesso nell’atmosfera dalle auto a idrogeno.

Il principale vantaggio dell’auto a idrogeno è proprio quello di non produrre alcun gas serra dato che dallo scarico della vettura fuoriesce unicamente vapore acqueo assolutamente non inquinante.

Numerose case costruttrici, come Ford e Renault, si sono cimentate nel realizzare auto a idrogeno anche se hanno poi preferito orientare le proprie risorse verso i veicoli elettrici, mentre altri, come la Toyota, hanno proseguito nello sviluppo di questa tecnologia sino a realizzare e commercializzare questa tipologia di veicoli.

La Toyota Mirai è la prima macchina a idrogeno regolarmente in vendita presso i concessionari del marchio giapponese anche se non in tutti i Paesi, il suo nome significa infatti “Futuro”.

Il Toyota Full Cell System ha un’efficienza energetica maggiore rispetto al motore a combustione interna e non emette anidride carbonica o sostanze potenzialmente pericolose durante l’uso.

A differenza di una vettura 100% elettrica, per il rifornimento della Miriai sono sufficienti dai 3 ai 5 minuti.

Dalla metà del 2019 le auto a idrogeno potranno essere vendute anche nel nostro Paese grazie all’intervento del Governo che ha deciso di far rientrare l’idrogeno nel piano per le infrastrutture dei carburanti alternativi. Il Dafi, decreto legislativo di attuazione della direttiva 2014/94/UE, prevede 25 stazioni di rifornimento e la legge è stata modificata per consentire un impiego più efficiente dell’idrogeno.

Con la nuova normativa si è anche ampliata la pressione di stoccaggio dell’idrogeno, portata dai precedenti 350 bar a 700.

L’intervento legislativo ha così consentito alla Toyota Mirai di diventare la prima auto a idrogeno in commercio in Italia.

La Toyota Mirai non è comunque l’unica auto a idrogeno in commercio a livello globale: la Hyundai ha posto in vendita il suo SUV fuel cell, la Hyundai NEXO, un’altra auto a idrogeno presente in commercio è anche la Honda Clarity Fuel Cell.

Ad eccezione della Toyota Mirai, che sarà posta ufficialmente in vendita in Italia a metà del 2019, le altre auto a idrogeno indicate sopra non sono disponibili nel nostro Paese a causa della ancora scarsa presenza di stazioni di servizio dedicate a questo tipo di carburante alternativo.

**Auto a idrogeno: prezzo**

Uno dei tasti dolenti quando si parla di auto a idrogeno è senza dubbio il prezzo. La tecnologia utilizzata su questa tipologia di vetture, infatti, oltre ad essere ancora agli albori, incide notevolmente sul cartellino di acquisto.

Un veicolo come la Toyota Mirai dovrebbe avere un prezzo di partenza superiore ai 70.000 euro dato che in Germania il costo è di 78.600 euro, mentre 70.000 euro è la cifra richiesta per poter acquistare la Hyundai NEXO. Sulla stessa fascia di prezzo si posiziona poi la Honda Clarity Fuel Cell, mentre la Mercedes GLC F-Cell sarà proposta con la formula del noleggio agli automobilisti tedeschi e giapponesi con un canone mensile pari a 799 euro.

**Auto a idrogeno: pro e contro**

Nell’analizzare le peculiarità delle auto a idrogeno si devono valutare sia i vantaggi che, inevitabilmente, gli svantaggi connessi a questa tipologia di vetture.

Da un lato queste auto consentono di abbattere del 100% le emissioni nocive dato che dal tubo di scarico fuoriesce unicamente vapore acqueo. Inoltre, grazie all’energia elettrica proveniente dalle celle a combustibile, si possono ricaricare le batterie del motore elettrico in maniera più rapida rispetto ad una vettura totalmente elettrica. Infine, altro elemento da non sottovalutare è quello relativo al tempo necessario per effettuare un rifornimento che oscilla dai 3 ai 5 minuti.

**Auto a idrogeno: consumi**

Per quel che riguarda l’argomento consumi dell’auto a idrogeno, si può affermare come queste vetture in media consumino 1 Kg di carburante per percorrere 100 Km. Considerando un prezzo medio dell’idrogeno di 10 euro al Kg, si può ritenere che un pieno possa costare sui 50 euro, mentre la percorrenza media si può paragonare a quella di una vettura benzina.

Tra gli aspetti negativi delle auto a idrogeno si segnala, in primo luogo, il prezzo di acquisto, al momento non propriamente popolare, in secondo luogo la quasi totale assenza sul nostro territorio di stazioni di rifornimento dedicate, ed infine il peso notevole di queste vetture dovuto alle bombole dove immagazzinare l’idrogeno.

Il bilancio energetico dell'idrogeno applicato all'autotrazione, anche con la miglior tecnologia ovvero le celle a combustibile, lo rende però ancora svantaggioso rispetto ad altre tecnologie energetiche già esistenti. Con le tecnologie attuali la generazione più efficiente dell'idrogeno mediante reforming ha infatti una efficienza del 75-80%. Molta energia viene persa per comprimerlo e trasportarlo. Il sistema di produzione e distribuzione più efficiente dell'energia sembra essere invece quello elettrico, che può arrivare al 95% di efficienza. I veicoli totalmente elettrici possono essere 3-4 volte più efficienti di un veicolo ad idrogeno.

**TRENI A IDROGENO**

Oltre che a progetti per auto a idrogeno, è già stato ipotizzato e realizzato il primo treno a idrogeno, ormai in funzione dal settembre 2018. Il convoglio si chiama Alstom Coradia iLint e può ospitare fino a 300 passeggeri e circola sui binari della Bassa Sassonia, nel Nord della Germania.

È un treno alimentato da celle a combustibile a idrogeno che ha superato tutti i test di certificazione per l’esercizio ferroviario e svolge un servizio di linea sulla tratta Cuxhaven-Bremerhaven-Bremervörde-Buxtehude (160 chilometri circa) al pari dei convogli mossi da motori a gasolio finora utilizzati. Il treno Coradia iLint ha un’autonomia dell’ordine di 1000 chilometri, emette soltanto vapore e acqua di condensa, un risultato a “emissioni zero” che ne annulla l’impatto ambientale.

È un mezzo molto utile in zone in cui non esiste un’elettrificazione ferroviaria e, quindi, al posto di usare treni inquinanti si è optato per quelli a idrogeno.

Per costruirlo sono partiti da un convoglio standard della diffusa e collaudata serie Coradia (quasi 3000 treni già circolanti). Gli ingegneri di Alstom si sono guadagnati il Green Tech Award 2018 sistemando sul tetto dell’automotrice composta da due vetture (in posizione di massima sicurezza) sia i serbatoi di idrogeno sia la cella a combustibile che combina il gas con l’ossigeno dell’aria ambiente producendo elettricità e, come prodotto secondario, vapore acqueo.

La corrente prodotta è poi immagazzinata in un due batterie agli ioni di litio inserite sotto il pavimento dei vagoni. Un apposito inverter provvede a fornire ai motori di trazione la potenza elettrica più opportuna nelle fasi di accelerazione e di marcia, provvedendo al recupero dell’energia cinetica in fase di rallentamento e frenata. La velocità massima dell’iLint è di 140 km/h come per i Coradia a gasolio e anche le prestazioni in accelerazione e frenata sono di fatto identiche ai diesel a trazione multipla, così da poter garantire frequenze e numero di fermate paragonabile a quelle dei convogli tradizionali.

In Germania sono già disponibili una trentina di stazioni di servizio per i veicoli a idrogeno; a breve Linde Group aprirà proprio a Bremervörde la prima stazione di rifornimento ferroviaria di idrogeno al mondo, così da alimentare il parco convogli iLint della Bassa Sassonia.

Anche in Italia, specialmente in Piemonte, come in altri paesi europei, si sta cercando di riprodurre questi treni così ecologici.

Esistono anche progetti per aerei e imbarcazioni a idrogeno, che rimane una fonte di energia applicabile a qualsiasi mezzo, ancora però non concretamente sviluppati, ma che in futuro incontreranno sicuramente molto successo.

**LE AZIENDE**

Diverse aziende stanno investendo su questa tecnologia.

Nella creazione e fornitura di servizi relativi all’idrogeno, le principali aziende sono Hydrogenics, ITM Power, Ballard Power, Toshiba, PLUG Power.

Dal punto di vista di un investimento in questa tecnologia troviamo 3M, AirBus, AirLiquide, Air Products, Alstom, Audi, Toyota, BMW, Bosh, Honda, Michelin, Ferrari, e molte altre case produttrici.

In particolare, è evidenziabile come Hydrogenics, azienda canadese con filiali in Germania, Belgio e USA, sia il leader mondiale nella progettazione, produzione, costruzione e installazione di pile a combustibile basate sull’idrogeno in ambito industriale e su grande scala.

Quello che l’azienda offre sono: generatori basti sull’idrogeno per sistemi industriali e stazioni per il carburante, pile a combustibile per veicoli elettrici, installazione di pile a combustibile per sistemi di raccolta di energia, sistemi di energia ininterrotta e il sistema “power-to-gas” per il trasporto dell’energia sottoforma di idrogeno. Anche in Italia abbiamo eccellenze analoghe.  
H2Planet, è un’azienda italiana, che, nata con il supporto del politecnico di Milano, si focalizza sulla diffusione delle tecnologie idrogeno e pile a combustibile, come anche delle relative tematiche come la produzione, la progettazione, l’installazione, la formazione e l’informazione.

Le varie aziende invece che investono su questa tecnologia per utilizzarla e non per produrla lo fanno tutte per un motivo comune: le opportunità che una tale tecnologia offre possono essere sfruttate al massimo con il giusto investimento iniziale, che porterà previdentemente ad un futuro guadagno significativo, anche visto la crescente crescita dei problemi ambientali.  
In particolare si trovano infatti aziende industriali, e aziende automobilistiche, le quali avrebbero per i motivi sopra citati ottime ragioni per investire in questo settore.

TOYOTA

Toyota è un’azienda leader nel campo dell’innovazione tecnologica. Nonostante i numerosi anni passati dalla loro più grande rivoluzione, in questo caso ideologica e filosofica, ovvero il TQM, l’azienda anche oggi non si smentisce e riesce a sbalordire portando sul mercato soluzioni sempre più nuove e rivoluzionarie, usando una nuova forma di energia: l’idrogeno.

Anche se non è stata la prima a usarla, Hyundai detentrice del record, l’azienda nipponica per eccellenza è stata la prima a portare sul mercato prodotti affidabili e di qualità eccellente.

Ora è alle prese con un nuovo obbiettivo: convertire la luce solare e l’umidità nell’aria in idrogeno. Anche se questo obbiettivo sembra molto ambizioso, quasi impossibile, l’azienda ha rassicurato la clientela, affermando che la ricerca è già ad un ottimo punto.

**Ma perché tutto questo?**

Se da un lato c’è l’esigenza dell’azienda che vuole fatturare, dall’altro la filosofia del TQM, che se pure recondita, è ancora presente nella mente di tutti i Giapponesi; infatti, il secondo motivo è strettamente legato all’economia dello stato. Il Giappone è il più grande importatore di gas naturale allo stato liquido, che rappresenta il 30% dell’energia usata nel paese, dopo il disastro di Fukushima, che ha portato lo stato a mettere fuori uso la maggior parte dei reattori. Questo motivo ha spinto l’azienda a puntare maggiormente su questa nuova fonte di energia.

**“Japan will take a leadership in this field based on our experience in promoting hydrogen. Also, we are going to collaborate with other countries to realize a hydrogen-based society.”**

**Eiji Ohira**

**DIRECTOR, NEW ENERGY AND INDUSTRIAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT ORGANIZATION**

**L’obbiettivo futuro dell’azienda?**

La futura visione aziendale punta a diminuire del 90% le emissioni di C02 nell’atmosfera rispetto all’emissioni del 2010. Tutto questo sarà possibile anche grazie alle loro alternative automobilistiche nel mercato, ad esempio il veicolo Mirai.

Il beneficio sarà l’utilizzo dei loro veicoli rispetto a quelli della concorrenza.

Tuttavia, per adesso l’azienda vende l’auto Mirai ad un prezzo esorbitante, $60.000 (prezzo di uscita di Mirai nel 2014), il che peggiora tutta la situazione, anche se è da dire che il prezzo è rapportato non solo alla tecnologia ma anche alla rivoluzione che apporta al mercato.

Per mantenere la promessa di diminuire il 90% delle emissioni, di cui si parlava prima, l’azienda ha bisogno di un utilizzo massiccio di celle per la conservazione di idrogeno, ciò vuol dire che le altre aziende devono essere pronte a compiere questo passo.

La diffusione di questa tecnologia e innovazione, quindi è totalmente lontana dalla concezione generale che ha la maggior parte della gente, ovvero il singolo cambia il mondo, ma invece è più frutto di un lavoro cooperativo tra diverse realtà.

**Cosa ci potrebbe aspettare?**

Il Giappone al momento detiene il 60% delle celle usate nel mondo, il che significa che il 60% dell’idrogeno usato è stato proprio usufruito dal Giappone. Inoltre, come se non bastasse il Giappone ha già investito 16 Miliardi di euro in energie rinnovabili, come l’idrogeno, dal 1974 al 2015.

**Parola ai concorrenti**

Elon Musk, co-fondatore e CEO di Tesla, ha affermato più volte che l’idea che vedrebbe l’idrogeno usato nelle macchine, non lo entusiasma, anzi secondo lui l’idea è completamente inutile e priva di fondamenta.

La notizia che ha fatto scalpore non è stata la dichiarazione di Elon Musk, che per quanto si possa essere oggettivi rimane comunque un concorrente di Toyota, ma l’inaspettata dichiarazione del capo ingegnere in carica di Mirai, il quale diede ragione a Elon Musk.

Tutto questo generò un grosso polverone, poi bloccato dal CEO di Toyota il quale con diverse dichiarazioni cercò di alleggerire la situazione. Il dibattito continua ad essere dirompente ed estenuante, tuttavia non sembrano esserci segni di passi indietro da parte di Toyota. Anzi, alla sfida di creare qualcosa di straordinario con l’idrogeno si è aggiunta anche Honda. Così aumentando il numero di competitor per Toyota, da 2, Toyota e Honda, a tre

**“Mind-bogglingly stupid.”**

**Elon Musk**

**SIGNIFICATO: STRABILIANTEMENTE STUPIDA**

**Hydrogen council**

Parlando di idrogeno, non si può non nominare l’Hydrogen Council.

Hydrogen Council, dal sito web, è un’iniziativa globale per guidare l’energia, il trasporto e le industrie in una visione unita e con ambizioni a lungo termine per quanto riguarda l’uso e gli investimenti nel campo dell’idrogeno per l’energia.

Partita con il World Economic Forum del 2017 a Davos, la crescente coalizione di amministratori delegati hanno il desiderio di accelerare i loro significativi investimenti nello sviluppo e commercializzazione dell’idrogeno, oltre che sviluppare la produzione di pile a combustibile e di incoraggiare le aziende interessate ad aumentare il loro sostegno per un futuro con politiche aziendali appropriate per quanto riguarda l’idrogeno.

Hydrogen Council vuole infatti invitare investitori, ma come anche i vari membri della società civile, alla conoscente dell’importanza di un contributo all’idrogeno in quanto potenziale elemento fondamentale per un sistema di trasporto di energia efficiente.

Con questa iniziativa si vuole definire ed implementare un definito piano d’azione con gli appropriati strumenti di supporto che aiuteranno ad accelerare gli investimenti sulla commercializzazione su larga scala di soluzioni basate sulla tecnologia dell’idrogeno per industrie di tutto il mondo.

**Cosa dicono i dati**

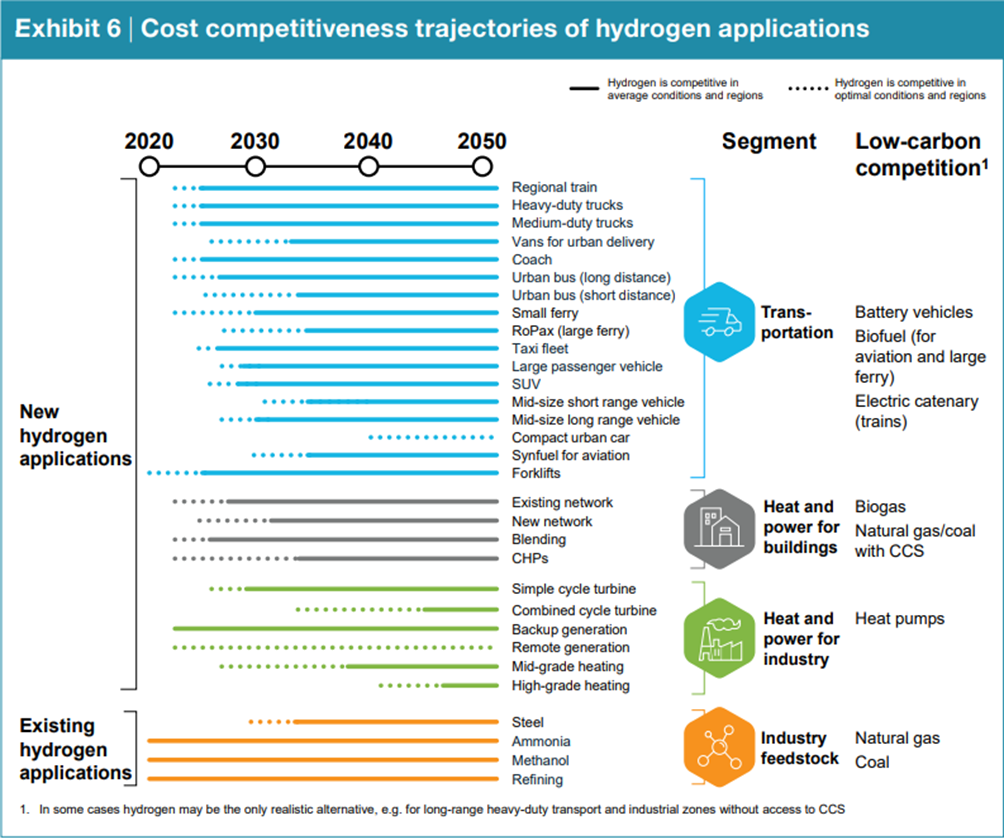
Il 20 Gennaio 2020, Hydrogen Council, ha pubblicato un nuovo report, dove afferma che il costo dell’idrogeno sta scendendo notevolmente. Ha dichiarato anche che entro il 2030, il prezzo dell’idrogeno scenderà quasi al 50% del valore attuale.

Questa riduzione di prezzi sarà causata da diminuzioni di costi di produzione, trasporto e all’aumento di domanda da parte di nuovi clienti. Anche nuove creazioni tecnologie influiranno sul prezzo.

I dati si basano su uno studio che comprende 25.000 dati di varia natura, provenienti da 30 industrie diverse, riguardanti diverse aree geografiche.

In dettaglio, Hydrogen Council ha stimato che:

* Tra il 2020 e il 2025: l’idrogeno diventerà estremamente competitivo nel settore del trasporto, perfetta soluzione soprattutto per grandi veicoli che percorrono corti tratti di strada.
* Entro il 2030: l’idrogeno diverrà appetibile anche nel settore industriale, grazie alle sue proprietà di combustibile.
* Nel lungo termine: l’idrogeno potrà diffondersi dappertutto, tutto dipenderà dall’iniziative di ciascun paese. Nonostante ciò, l’Idrogeno anche se diventerà competitivo sul mercato, avrà comunque dei numerosi concorrenti, come ad esempio l’energia solare o quella eolica, delle quali in alcuni paesi si fa già grande utilizzo.



Sebbene la situazione si presenta molto interessante, lo stesso studio condotto da Hydrogen Council, afferma che la quantità di idrogeno prodotto nel 2030, molto probabilmente, non sarà sufficiente a soddisfare la domanda d’energia mondiale.

È anche bene precisare che Hydrogen Council per questa ricerca ha effettuato diverse ipotesi, talvolta estremamente positive, per esempio un futuro aumento di distributori a idrogeno, previsione non coerente con l’andamento reale. Per non parlare di una regolamentazione governativa, che aiuti la diffusione di questo nuova fonte energetica, abrogando leggi che pongono un muro tra questa fonte e l’industria.

Per quanto queste ipotesi siano azzardate e alquanto positive, è altrettanto vero che il problema climatico sta mettendo a dura prova i governi e le aziende, tanto da portarle ad accettare questa rivoluzione. La strada è lunga e tortuosa, ma viste le vicissitudini odierne per quanto poco probabile, sembra prendere forma questo progetto. Bisognerà ancora attendere per constatare la veridicità di queste supposizioni.

**Analisi: il mercato dell’idrogeno**

Il mercato della conservazione dell’idrogeno si sta largamente espandendo.

In particolare, a dominare il mercato, c’è la tecnica di conservazione dell’idrogeno basata sulla compressione del gas. Infatti, è la soluzione migliore sotto diversi punti di vista, i quali rendono questa soluzione molto richiesta dal mercato in generale: in primo luogo è semplice da applicare, e d’altra parte anche i costi sono più vantaggiosi, particolarmente se si compara alla tecnica di conversazione sottoforma di liquido.

A livello mondiale in particolare si hanno richieste dal Nord America, ma soprattutto dall’Europa, dove l’uso di pile a combustibile per veicoli elettrici, e la creazione di infrastrutture per la conservazione dell’idrogeno sono in continuo aumento, nonostante la ancora minima presenza rispetto a sistemi meno puliti e rinnovabili, ma intorno ai quali gira una grossa parte di mercato.

Le dinamiche di mercato sono poi di seguito spiegate:

Il tutto parte da un aumento di richiesta di idrogeno nell’industria chimica da una parte, e un parallelo aumento di richiesta dello stesso per utilizzi energetici sia fissi che mobili.  
Nonostante ciò, non mancano i vincoli. Il principale è il costo. Infatti, per quanto sia in diminuzione, con l’avanzare della tecnologia e soprattutto con la sua diffusione, è prevedibile un abbassamento dei prezzi, i costi in termini di capitali per la conservazione dell’energia sottoforma di idrogeno, sono ancora alti rispetto ad altre alternative meno pulite.

Ma i vincoli possono essere superati, se le opportunità sono vantaggiose: in questo l’idrogeno potrebbe avere il suo punto di forza.  
Infatti in primo luogo il sistema di Power-to-Gas, che consiste nell’uso di gas come forma di energia, sta subendo una crescente commercializzazione, soprattutto per via del minor inquinamento, che, al giorno d’oggi è un problema sempre crescente. D’altra parte, l’idrogeno, se si abbassassero i costi, sarebbe un ottimo carburante per i veicoli elettrici, intorno ai quali il mercato si sta ingrandendo costantemente.

Di conseguenza il principale fattore contro l’idrogeno sono i costi, ma, con un giusto investimento iniziale, potrebbero presto essere abbattuti, per una conseguente crescita significativa futura.

**Benefici che comporterebbero lo sviluppo dell'economia all'idrogeno:**

In primo luogo, la sostituzione delle fonti energetiche non rinnovabili, come i combustibili fossili, darebbe una soluzione al problema energetico mondiale. Alcuni governi, aziende produttrici e industrie, oltre che la comunità scientifica hanno riconosciuto l'idrogeno come possibile sostituto dell'economia a carburanti fossili. Questo perché l’idrogeno durante la fase di utilizzo (uguale ad altre fonti di energia pulita come quella solare, eolica e idroelettrica) è un combustile pulito, non emette sostanze di scarto inquinanti ma solamente vapore acqueo.

La futura economia dell'idrogeno, però, sarebbe condizionata dal requisito di partenza della sua stessa produzione in maniera termodinamicamente conveniente, ovvero con un guadagno netto di energia nel suo ciclo di produzione-utilizzo ed allo stesso tempo anche con processi non più inquinanti. Tutto condurrebbe a utilizzare fonti non-fossili per la produzione, ovvero energie alternative (le energie rinnovabili, l'energia nucleare). Molti dubbi e perplessità rimangono comunque sulla condizione di convenienza termodinamica sulla produzione di idrogeno.

Attualmente l'unico sistema di produzione di idrogeno economicamente sostenibile è il reforming di materie prime fossili, anche se non è tra i meno inquinanti.

**Ostacoli e nodi cruciali per lo sviluppo dell'economia ad idrogeno:**

L'economia ad idrogeno ha molti ostacoli e punti cruciali da sormontare, anche se viene ampiamente vista come il modello più probabile di sostituzione dell’economia a combustibili fossili:

* La convenienza termodinamica nella sua produzione, ovvero che ci sia un guadagno netto di energia nel produrre e utilizzare idrogeno.
* La convenienza economica, l'insieme delle tecnologie e infrastrutture che possano utilizzare l'idrogeno e che siano complessivamente meno costose di quelle convenzionali che utilizzano i combustibili fossili. Il suo utilizzo richiederà molte trasformazioni dell'industria e dei trasporti in vastissima scala.
* L'emergere di soluzioni alternative come i biocarburanti (etanolo, biodiesel, biometano) che richiedono minori costi di cambiamento dell'economia e sono più vicini al loro sviluppo. Queste risorse hanno alcuni aspetti negativi come una bassa erogazione di energia finale in rapporto all'energia investita, la sottrazione di terre da coltivare all'agricoltura da alimentazione e costi elevati di produzione, nonché un discreto consumo di combustibili fossili per trattori, fertilizzanti, ecc.
* L'impiego diretto dell'energia solare e relativi accumulatori a batteria, sono visti come le alternative all'idrogeno più praticabili, in virtù anche di uno stadio di sviluppo tecnico simile. I pannelli fotovoltaici hanno una bassa densità di potenza relativa all'area che occupano, rendendo complicato il loro uso nei trasporti. D'altra parte, le batterie sono state utilizzate in automobili ibride ed in prototipi completamente a batteria. Forse una combinazione tra energia fornita da batterie e quella fornita da idrogeno potrebbe essere usata nell'economia del futuro.

Ad ogni modo, molti fattori rendono possibile l’ipotesi di un’economia di questo genere: incentivi economici, il previsto incremento dei prezzi del petrolio per l'inevitabile aumento dei suoi costi di produzione, alternative carenti e l'offerta di migliori tecnologie sono viste come un mezzo per rendere la transizione economicamente valida in futuro.

**Problemi ambientali:**

Al giorno d’oggi, circa il 48% dell'idrogeno gassoso viene creato grazie al reforming del gas naturale tramite il metodo della reazione di spiazzamento dell'acqua (natural gas/water gas shift). Questo processo crea come sottoprodotto l'anidride carbonica (CO2), un gas serra. Questa viene abitualmente liberata nell'atmosfera. Anche la produzione di vapore acqueo dall'ossidazione dell'idrogeno a rigore non sarebbe pienamente ecocompatibile, perché è anch'esso un potente gas serra (più potente della Co2) sia pure con un tempo di residenza in atmosfera di soli 8 giorni.

Recentemente, sono stati posti alcuni interrogativi su problemi relativi a fuoriuscite accidentali di idrogeno. L'idrogeno molecolare tende a fuoriuscire lentamente da ogni tipo di suo mezzo di contenimento. In tal caso, anche per l'azione della radiazione ultravioletta, si potrebbero formare radicali liberi nella stratosfera. Questi radicali liberi potrebbero in seguito agire come catalizzatori del danno alla fascia dell'ozono. Un aumento sufficientemente grande della quantità di idrogeno stratosferico da perdite di H2 potrebbe esacerbare il cosiddetto "buco nell'ozono". Comunque, gli effetti di questo processo potrebbero non essere significativi: la quantità di idrogeno che oggi si perde è molto minore (di 10-100 volte) rispetto alla stima del 10%-20% posta come ipotesi da alcuni ricercatori. In Germania, ad esempio, il tasso di perdita è dello 0,1% (minore a quello del gas naturale, che è del 0,7%). Si calcola che al massimo, le perdite ammonterebbero al 1-2% dell'idrogeno contenuto nei serbatoi, anche con un ampio uso da parte di privati non particolarmente sensibilizzati, utilizzando le odierne tecnologie. Inoltre, le stime attuali indicano che ci vorranno almeno 50 anni per instaurare un'economia ad idrogeno matura e che le nuove tecnologie sviluppate nei prossimi anni potrebbero ridurre ulteriormente il tasso di perdita da serbatoi e condotte.

L'idrogeno può essere ottenuto dal metano (componente principale del gas naturale, procedura con un'efficienza energetica di circa l'80%) oppure da altri idrocarburi con un diverso grado di efficienza. Il metodo di conversione a idrocarburi dà luogo a gas serra, ma dal momento che la loro produzione si concentra in un unico luogo e non viene quindi dispersa da milioni di veicoli, si ipotizza che si possano separare i gas e che sia possibile eliminarli in modo appropriato, ad esempio iniettandoli tramite il pozzo estrattivo in depositi geologici di petrolio oppure gas. Una stazione di pompaggio e re-iniezione sotterranea della CO2 viene attualmente sperimentata dalla compagnia norvegese Statoil nel mar del Nord, nel campo di Sleipner.

**Problemi attualmente irrisolvibili:**

Il modo più comune per immagazzinare l'idrogeno (ed in effetti l'unico modo di farlo efficientemente) è quello di comprimerlo a circa 70 MPa di pressione (~10,000 PSI). Attualmente l'energia necessaria per comprimere il gas è uno dei problemi maggiori.

Inoltre, è stato prospettato che le automobili alimentate da batterie al litio-ione oppure litio-polimero (come quelle dei telefoni cellulari) siano dei trasportatori energetici più efficienti rispetto a quanto le automobili all'idrogeno potranno mai diventare e che per le batterie litio-ione resti necessario soltanto il loro passaggio alla produzione industriale di massa per renderle competitive nei costi.

Esistono altre perplessità riguardo al processo di produzione dell'idrogeno, un processo che può richiedere una fonte d'idrogeno come l'acqua o il combustibile fossile. Il secondo consuma idrocarburi e produce CO2, mentre l'elettrolisi dell'acqua richiede molta elettricità, che attualmente nel mondo (indubbiamente oggi, ma forse non in futuro) viene per lo più generata con combustibili fossili come il gas naturale o l'olio combustibile oppure con l'energia nucleare.