

Fuel Cells

Il Progetto Hychain

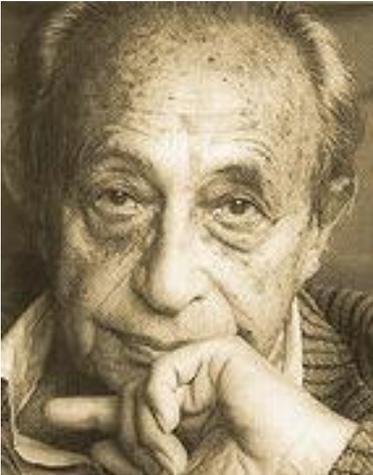
Federico Nava

FUEL CELLS IL PROGETTO HYCHAIN

Indice

Hans Jonas : il principio di responsabilità.....	pag 3
Stephan Barron : Ozone	pag 7
Italo Calvino : La nuvola di smog.....	pag 9
Progetto Hychain.....	pag 12
Protocollo di Kyoto	pag 14
Funzionamento delle Fuel Cells.....	pag 16
Storia delle Fuel Cells	pag 18
Applicazioni delle Fuel Cells	pag 20
Confronto con altri sistemi.....	pag 24
Metodi di produzione dell'idrogeno.....	pag 27
Immagazzinamento dell'idrogeno.....	pag 29
Bibliografia.....	pag 32

Hans Jonas : Il principio di responsabilità



Tra i filosofi contemporanei che hanno tentato di elaborare una nuova etica globale della civiltà tecnologica spicca Hans Jonas.

Nato nel 1903 a Mönchengladbach, in Germania, Jonas si è formato alla scuola di Husserl, Bultmann e Heidegger e ha avuto come compagni di studio Hannah Arendt e Giin-ther Anders (pseudonimo di Giinther Stern). Ebreo di nascita, dopo l'avvento del nazismo è emigrato prima in Inghilterra e poi in Palestina. Combattente volontario nell'esercito inglese, nel dopoguerra ha insegnato in diverse università americane, sia canadesi, sia statunitensi. Docente dal 1955 al 1976 alla New School for Social Research di New York, è morto nel 1993.

Jonas ha studiato storia delle religioni, in particolare lo gnosticismo, di cui è divenuto uno tra i massimi esperti a livello mondiale, grazie alla sua opera, *Gnosi e spirito tardo-antico*, pubblicata in due parti: *La gnosi mitologica* (1934) e *Dalla mitologia alla filosofia mistica* (1954), a cui ha fatto seguito *La religione gnostica* (1958).

Sviluppando una lettura "esistenzialistica" della gnosi, Jonas ha scorto, nel motivo della «vita straniera» (ossia del trovarsi gettati a vivere in un mondo nel quale ci si sente estraniati), un'emblematica espressione del nichilismo, ovvero della spaccatura uomo-natura e uomo-Dio.

Il capolavoro di Jonas è *Il principio di responsabilità: Ricerca di un'etica per la civiltà tecnologica*. Jonas è persuaso che di fronte al «Prometeo scatenato» costituito dall'odierna civiltà tecnologica, che sta minacciando la sopravvivenza stessa del globo («*viviamo in una situazione apocalittica [...] nell'imminenza di una catastrofe universale*»), sia indispensabile procedere all'elaborazione di una nuova etica della responsabilità profondamente diversa dalle morali tradizionali. Mentre queste ultime si soffermavano esclusivamente sull'uomo, cioè erano di tipo antropocentrico e avevano a che fare soltanto con «il qui e l'ora», ossia con coloro che vivevano nello stesso periodo, la nuova etica, meditando sugli effetti a lungo termine dell'agire dell'uomo, deve tener conto anche del mondo extraumano e delle generazioni future (ripudiando «lo spietato antropocentrismo» e la «strutturale miopia» che contraddistinguono l'etica tradizionale di matrice ellenistica ed ebraico-cristiana).

In altri termini, di fronte agli scenari inquietanti della civiltà odierna non possiamo più richiamarci alle consuete etiche della coscienza o dell'intenzione, ignorando le conseguenze dei nostri atti. Oggi non basta più essere a posto con la propria coscienza o accontentarsi di regole formali di tipo evangelico o kantiano: occorre saper prevedere gli influssi che le nostre azioni potranno avere sulle sorti future dell'umanità e del pianeta, ad esempio ponendoci la domanda:

se continuiamo a consumare energia e a inquinare il pianeta con gli attuali ritmi, che destino riserveremo ai nostri figli e nipoti?

Infatti, se nel passato la presenza dell'uomo nel mondo rappresentava un «*dato originario indiscutibile*», ora non è più così, in quanto «*essa stessa è diventata un oggetto dell'obbligazione*».

Al vecchio imperativo categorico kantiano, Jonas contrappone quindi il nuovo imperativo morale dell'età tecnologica:

Agisci in modo che le conseguenze della tua azione siano compatibili con la permanenza di un'autentica vita umana sulla terra.

Oppure, tradotto in negativo:

Agisci in modo che le conseguenze della tua azione non distruggano la possibilità futura di tale vita.

Oppure ancora, semplicemente:

Non mettere in pericolo le condizioni della sopravvivenza indefinita dell'umanità sulla terra.

O ancora, tradotto nuovamente in positivo:

Includi nella tua scelta attuale l'integrità futura dell'uomo come oggetto della tua volontà.

IL NUOVO IMPERATIVO MORALE DI JONAS

Le formule del nuovo imperativo ecologico	Agisci in modo che le conseguenze della tua azione siano compatibili con la permanenza di un'autentica vita umana sulla terra	Gli atteggiamenti prometeici di dominio della natura, invece di produrre un mondo felice, hanno finito per minacciare la sopravvivenza stessa della specie umana e di tutto il pianeta
	«Agisci in modo che le conseguenze della tua azione non distruggano la possibilità futura di tale vita»	
	Non mettere in pericolo le condizioni della sopravvivenza indefinita dell'umanità sulla terra	Invece di continuare a non occuparci delle conseguenze concrete dei nostri atti, dobbiamo saper prevedere gli influssi che le nostre azioni avranno sul futuro dell'umanità
	Includi nella tua scelta attuale l'integrità futura dell'uomo come oggetto della tua volontà»	
Al posto delle tradizionali etiche della coscienza e dell'intenzione subentra una nuova e coinvolgente etica della responsabilità		

Ma perché sacrificarci per le generazioni future? Ovvero, spostando la questione sul terreno filosofico, su quale principio si basa l'incondizionato dovere di far sì che la vita continui indefinitamente?

Ancorando l'etica alla metafisica e rifiutando la cosiddetta "legge di Hume", cioè il divieto moderno di passare dall'essere al dover essere - e quindi dalla constatazione dei fatti alla prescrizione dei valori - Jonas dichiara il primato dello scopo (cioè dell'essere) sull'assenza di scopi (cioè sul non essere), affermando neoristotelicamente che vi è un dover essere intrinseco all'essere, cioè un finalismo interno all'ordine delle cose, il quale fa sì che la vita esiga la conservazione della vita. Nella fattispecie, se «il bene o ciò che vale» è «concettualmente definibile come quella cosa la cui possibilità include l'esigenza della sua realtà, diventando così un dover essere», ne segue che il dover essere dell'umanità risulta deducibile dall'idea dell'uomo.

Prima di essere responsabili verso gli uomini, noi siamo dunque responsabili «verso *Videa dell'uomo, che è tale da esigere la presenza delle sue incarnazioni nel mondo*». In altri termini, poiché l'esistenza dell'umanità futura risulta implicita nell'essenza ideale dell'uomo, cioè nell'idea di un'«autentica umanità» (di un'umanità «degnata di esistere»), è l'idea dell'uomo che va salvata, prima ancora dei singoli individui.

Da questi presupposti deriva un imperativo categorico ontologicamente fondato:

il primo imperativo categorico è che ci sia un'umanità.

Per me, lo confesso, questo imperativo è l'unico per il quale valga veramente la determinazione kantiana del categorico, ossia dell'assoluto.

Ma poiché il suo principio non è, come per quello kantiano, l'autocoerenza della ragione che si dà leggi di condotta, cioè un'idea di azione [...] bensì l'idea [...] di possibili attori, e in quanto tale è un'idea ontologica, un'idea dell'essere, ne consegue che il primo principio di un'"etica del futuro" non è insito nell'etica stessa in quanto dottrina dell'azione [...], ma nella metafisica in quanto dottrina dell'essere (di cui l'idea dell'uomo costituisce una parte).

La manifestazione concreta dell'imperativo categorico e quindi della disponibilità a favorire, mediante l'azione, il "sì" alla vita è il senso di responsabilità, che trova il suo archetipo originario nelle cure dei genitori verso i figli. Infatti, è proprio il neonato, nella sua nuda e indifesa esistenza, che funge da attestazione evidente e da inconfutabile «paradigma ontico» della coincidenza ontologica tra essere e dover essere, ossia tra la vita e l'appello a far sì che la vita continui. Infatti, come risposta all'esortazione:

Mostrateci un unico caso [...] in cui abbia luogo tale coincidenza, si potrà indicare la cosa più familiare a tutti: il neonato, il cui solo respiro rivolge inconfutabilmente un "devi" all'ambiente circostante affinché si prenda cura di lui. Guarda e saprai!

Poste queste premesse, Jonas si fa banditore di un minimalismo programmatico che individua nella sopravvivenza, anziché nella perfezione, il suo obiettivo primario:

Per il momento, ogni sforzo in vista dell'uomo "autentico" passa in seconda linea rispetto al puro e semplice salvataggio del suo presupposto, l'esistenza dell'umanità in un ambiente naturale sufficiente.

Questa etica dell'emergenza, che all'ambizioso sforzo verso un paradiso terrestre contrappone il più modesto imperativo della sopravvivenza, si accompagna al rifiuto dell'utopismo prometeico dell'Occidente. Tale utopismo, secondo Jonas, avrebbe assunto due forme principali: la prima di

tipo baconiano («sapere è potere»); la seconda di tipo marxista (che unifica escatologia e tecnica, prassi rivoluzionaria e asservimento della natura, ideale utopico e idea di progresso).

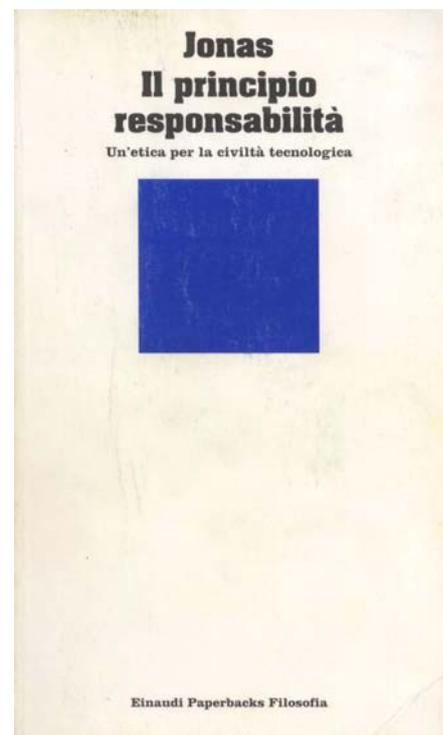
Alla pericolosa euforia delle utopie, che da innocui esercizi letterari o filosofici si sono trasformate in temibili programmi di stravolgimento del mondo, Jonas, prendendo le distanze sia dal capitalismo, sia dal marxismo, oppone l'elogio della cautela, concepita come «il lato migliore del coraggio», e afferma che la responsabilità si nutre sia della speranza, sia della paura.

Al principio speranza contrapponiamo il principio responsabilità e non il principio paura. Ma la paura, ancorché caduta in un certo discredito morale e psicologico, fa parte della responsabilità altrettanto quanto la speranza, e noi dobbiamo [...] perorarne ancora la causa, poiché la paura è oggi più necessaria che in qualsiasi altra epoca in cui, animati dalla fiducia nel buon andamento delle cose umane, si poteva considerarla con sufficienza una debolezza dei pusillanimi e dei nevrotici.

Quando parliamo della paura che per natura fa parte della responsabilità, non intendiamo la paura che dissuade dall'azione, ma quella che esorta a compierla; intendiamo la paura per l'oggetto della responsabilità. A proposito di quest'ultimo abbiamo già dimostrato che è sostanzialmente vulnerabile e che c'è quindi da temere per esso.

Questa valorizzazione della paura porta Jonas a parlare di un'«euristica della paura», cioè di una ricerca stimolata da tale stato d'animo, a cui il filosofo affida la scoperta dei nuovi (e ancora sconosciuti) principi etici che devono ispirare i nuovi doveri concreti dell'"individuo tecnologico", al fine di tutelare l'uomo e il mondo da scelte irresponsabili.

Il timore di una possibile catastrofe ecologica, che porta Jonas a criticare anche la Chiesa cattolica e il magistero «dissennato» del papa a proposito della natalità, non conduce il nostro autore verso esiti pessimistici. Contrariamente ad altri scrittori e filosofi del nostro tempo, Jonas conserva una moderata fiducia nella ragione e nella libertà dell'uomo:



Malgrado tutto la mia speranza poggia in ultima analisi sulla ragione umana, quella ragione che si è già dimostrata così straordinaria nell'ottenere il nostro potere e che ora deve assumere la guida circoscrivendolo. Dubitare di essa sarebbe irresponsabile.

Il «principio responsabilità» di Jonas si mantiene quindi nel solco del razionalismo occidentale e si propone come una sorta di "terza via" tra l'eccesso di speranza, simboleggiato dal principio speranza di Bloch, e l'eccesso di disperazione presente in alcune opere di Anders.

Stephan Barron : Ozone



Ozone (1996) : è una delle prime opere in cui Barron utilizza internet. È un'installazione sonora che traduce in musica la quantità di ozono rilevata in Australia e quella prodotta dalla circolazione veicolare a Lille.

“Considero quest’opera una forte esperienza fisica. Nel 1994, abitavo in un HLM al centro di Lille. Nel mio quartiere tutta la vita sociale, l’ecologia urbana, erano perturbate dall’incessante passaggio delle automobili dei clienti delle prostitute. Dieci volte, venti volte, giorno e notte, le automobili e i camion passavano facendo vibrare i muri. Il rumore provocato da quel passaggio e la percezione dello smog mi divennero assolutamente insopportabili.”



Stephan Barron : Ozone

L’idea iniziale era quella di inserire un pianoforte programmato nei luoghi destinati all’esposizione. Questi strumenti che all’apparenza dovevano sembrare comuni, in realtà dovevano produrre una musica realizzata attraverso l’interazione di fenomeni umani e naturali. L’installazione finale doveva essere composta da un pianoforte inagibile, azionato a distanza da fenomeni planetari immateriali. Il progetto iniziale prevedeva l’uso di una macchina singola, azionata da una pompa ad ozono che metaforicamente ne regolasse l’eccesso presente nella città per compensare quello che mancava dalla stratosfera. I suoni acquisiti dalla circolazione veicolare di Lille e dalla rottura

della calotta d’ozono in Australia, furono diffusi simultaneamente nel giardino di un fabbricato storico di Adelaide, e in una strada ad Roubaix. La “musica era nata senza intervento umano, ma come prodotto dell’attività planetaria dell’uomo (ozono sprigionato dallo smog urbano) e dall’interazione con la natura (la naturale calotta d’ozono e il sole). L’opera durante la fase della sua realizzazione subì numerose variazioni;all’inizio Barron pensava di costruire delle macchine specifiche integranti dei rilevatori d’ozono a Lille e dei rilevatori di UVB, che avrebbero permesso una misurazione diretta della calotta d’ozono in Australia. Tuttavia questi rilevatori erano molto costosi e molto difficili da installare. Apparve così immediatamente preferibile riutilizzare dei dati collettivi offerti dagli istituti di ricerca. Nonostante le difficoltà, Barron riuscì ad ottenere i dati relativi all’inquinamento di Lille dall’istituto AREMA e dal CSIRO (Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation) che lo mise in contatto con la Skin Cancer Foundation di Adelaide (Fondazione per la lotta al cancro della pelle) i dati relativi all’Australia. La fondazione australiana gli inviò molti grafici sulla misurazione degli ultravioletti B lasciandogli libero accesso a tutte le misurazioni prese sullo studio della calotta d’ozono e dell’inquinamento. Ozone passò così da un’installazione autonoma di due luoghi legati tra essi, ad un progetto collegato ad un reticolo di misure e dati. Il progetto ottenne la possibilità di ricevere un aiuto dalla Villa Médicis Hors-les-Mures e di essere selezionato dal festival Internazionale di Adelaide. L’installazione fu infine mostrata al Festival Internazionale di Adelaide, nel marzo del 1996, nel giardino di un fabbricato storico, l’ “Old Treasury Building. Gli altoparlanti vennero nascosti tra le rose e gli alberi del

giardino. Il progetto di inserire due pianoforti fu alla fine modificato, poiché l'installazione doveva avere luogo all'esterno: in un giardino ad Adelaide, e nelle strade di Roubaix. La scelta finale prevede l'uso di suoni sintetici di pianoforte e di voci numerate, diffuse da altoparlanti. Per Barron Ozone divenne espressione di inquietudine e di meraviglia. L'inquietudine come presa di posizione di fronte al pericolo virtuale, la meraviglia come forma di presenza, di partecipazione alla totalità e alla globalità del pianeta poichè i fenomeni ai quali siamo rapportati sono complessi, immateriali, informativi, interdipendenti. Ozone diventerà così "un sogno dentro una menzogna. L'ozono è impalpabile, immateriale, "numerico e mediatico. La nostra sola possibilità per acquisire delle informazioni è ascoltare esperti e scienziati non senza rimanere perplessi dalle loro affermazioni e successivamente prendere posizioni legate alla nostra storia personale, fisica, intellettuale e sociale. Ozone esprime quindi questa perplessità, questa complessità di fenomeni informativi coi quali siamo costretti a confrontarci. Questa installazione ci invita a coltivare i nostri pensieri e le nostre percezioni, e senza dubbio ad agire con precauzione e dolcezza nei confronti della Terra. Abbiamo coscienza dell'interdipendenza tra gli obiettivi locali dell'ecologia urbana e gli obiettivi planetari. L'inquinamento locale, soggettivo e oppressivo, è inscindibile da quello globale. Il buco dell'ozono non è che uno dei pericoli che minacciano la sopravvivenza della specie umana sulla faccia della terra. Ma l'ozono presenta degli aspetti simbolici importanti: per la prima volta, le tecno-scienze ci informano degli effetti nefasti del progresso, permettendoci di avvertire un pericolo immateriale in scala globale, per la prima volta, gli esseri umani prenderanno una decisione comune per la salvaguardia della specie. Il progetto Ozone esprime quindi l'interdipendenza dei fenomeni planetari. Ci suggerisce di arrivare ad una presa di coscienza individuale e farla sfociare in un'azione personale, demoltiplicata, di frattura, sia nell'ambiente locale che nel planetario. Le nostre azioni, i nostri gesti, il nostro destino, da un lato all'altro della terra, sono uniti. A questo riguardo. Oggi le nazioni del mondo capitalista e consumista non limitano i loro consumi e non evolvono il loro modello di vita, verso uno meno dominante e distruttivo. Se gli Australiani (ma anche gli Inuiti, i Finlandesi e i Patagoni) sono le principali vittime della scomparsa dell'ozono, i principali responsabili sono i consumatori europei e gli Americani. La presa di coscienza, e le misure adottate sul problema dell'ozono cominciano ad avere un effetto benefico, giacché la diminuzione del buco dell'ozono è possibile, e la prospettiva di un ritorno alla normalità è probabile per i decenni a venire.



Installazione di Ozone mostrata al Festival Internazionale di Adelaide, nel marzo del 1996, nel giardino dell' "Old Treasury Building"



Italo Calvino : La nuvola di smog

Trama

L'eroe di questa novella è un giornalista che, schiacciato da un'esistenza qualsiasi, parte alla volta di una grande metropoli alla ricerca di un destino che lo faccia sentire vivo. La metropoli rappresenta l'offensiva della polvere soffocante — la nuvola di smog — che comprime in modo ossessivo la personalità dell'uomo, conducendola alla miseria e al degrado. L'unica speranza — smentita dai fatti — che emerge è quella di un futuro vissuto in spazi verdi, sani e puliti.

Arrivato nella grande città, egli affitta una stanza nella pensione tenuta da una certa signorina Margariti, un'anziana sorda e ridotta a un'esistenza monotona, chiusa tra le mura della propria abitazione. Il giornalista viene assunto come redattore in un'importante testata dal nome simbolico: «La Purificazione». Questo giornale, di proprietà dell'ingegnere-imprenditore Cordà, è l'organo di un'intera società, ma di una società ammalata. Il direttore infatti è anche presidente dell'impresa che, più di tutte, inquina la città... Il direttore responsabile del giornale è Avandero, un maniaco della pulizia, a tal punto che nel suo ufficio non si trova mai nulla.



L'atmosfera è dunque letteralmente e figurativamente inquinata: ovunque la nuvola di smog fa sentire la sua presenza pesante. Gli abitanti si adattano perfettamente al paesaggio assurdo, ripetitivo, burbero; e il giornalista, giuntovi per trovare la vita, il palpabile, trova invece un'esistenza divisa tra la redazione, la birreria Urbano Ratazzi — altro nome significativo (Presidente del Consiglio nel 1862 e nel 1867, gestì i rapporti del Regno Sabauda con Garibaldi, NsR) — e la sua stanza. Niente di più.

Ogni tanto egli riceve le telefonate della sua fidanzata, la quale abita in un'altra città. Claudia è una donna bella e di successo, ma solo agli occhi degli altri, poiché lui ha cessato di vederla così, la percepisce ora velata da una... nuvola di smog. La visita che lei gli fa è un pretesto per discutere della bellezza dei tempi passati, della morale, che appartiene anch'essa al passato. La coppia si trova in un delizioso ristorante e osserva un acquario pieno di pesci che trasmette loro allegria, ma anche questo momento di gioia viene interrotto in modo brutale da una famiglia, visibilmente ricca,

che indica col dito il pesce che desidera mangiare come secondo. Un ritorno brusco e doloroso al prosaico, alla nuvola di smog che governa non solo la vita della gente, ma anche l'anima, i cervelli. «Tutto è solo crudeltà» è la conclusione di questi due giovani che credevano che la bellezza nascesse da un contatto tra diverse civiltà. Ma quale contatto può esserci se le civiltà sono ugualmente una peggiore dell'altra?

L'editore del giornale possiede varie imprese sparse in tutto il mondo, ma la presidenza — semplicemente onorifica — dell' E.P.A.U.C.I. (Ente per la Purificazione dell'Atmosfera Urbana dei Centri Industriali) è quella che lo gratifica di più, perché, secondo lui, rappresenta una battaglia per un fine ideale. Grottesco il fatto che proprio la sua impresa sia la più grande generatrice di smog dell'intera città!, ma «I santi non cambierebbero il loro modo di vivere se sapessero che il Paradiso non esiste?»

Il giornalista fa la conoscenza di un giovane operaio, Omar Basaluzzi, il quale, resosi conto dell'impalpabile pericolo incombente sulla città, organizza dei meeting di protesta contro questa quotidiana condanna a morte. Un giorno egli viene licenziato ed entra a far parte di un sindacato — cioè del circolo vizioso dal quale si sforzava di uscire. Propone allora la costituzione di una nuova società: "saremo uomini prima dentro e poi fuori".

A questo punto — siccome il male ha vita lunga — si manifesta un pericolo ben più grande e più importante: la radioattività. La nuvola di smog, che uccide le belle mattine di primavera, diventa così uno scherzo di fronte all'atmosfera da fine del mondo che pervade la città.

La natura non ha mai prodotto catastrofi così grandi come quelle create dall'indifferenza dell'uomo, la quale gli si ritorce contro nel modo più grave possibile.

Ora la gente si vergogna di discutere sul tempo, come se volesse mettere sotto silenzio una responsabilità personale.

Il finale della novella è un misto tra la speranza — il giornalista va in campagna ad assistere a un'attività che lo rende sereno: il bucato — e l'incubo — il pensiero di un mondo senza possibilità di salvezza, simbolicamente rappresentato dalla ricerca di immagini belle che rimangano indelebili nel ricordo.

Speranza o disastro? Rimane a noi il compito di dirlo e, soprattutto, di agire

Commento

Siamo in autunno, in una città di cui non si dice il nome come non si dice mai il nome del protagonista. Il nostro anonimo ama il grigio, e trova una camera d'affitto grigia e misera appartenente ad una signorina grigia e misera. La sede de "La Purificazione", il giornale contro l'inquinamento dove egli è stato assunto come redattore, si trova invece in una zona residenziale elegante della città e in un bell'ufficio dove tutti sembrano efficientissimi, cioè in grande contrasto con il suo stato d'animo.

Il procedimento narrativo ha caratteri di staticità in quanto poverissimo di fatti. Il nostro protagonista va in ufficio, frequenta un ristorante toscano, una birreria, riceve la visita della sua ragazza, fa con lei una passeggiata in collina da dove vede una nuvola di smog gravare sulla città, visita la fabbrica del suo direttore, discute con un sindacalista e alla fine fa una passeggiata in campagna dove la biancheria sporca della città viene lavata e stesa ad asciugare, quindi ritorna indietro.

E' tutto? Fino dall'inizio ci rendiamo conto che esiste un motivo narrativo sempre presente fino a divenire ossessionante perché ripetuto più e più volte, cioè la polvere e tutti i vocaboli legati al campo semantico della polvere. Essa diventa dunque un segno fortemente indicativo di senso reale e metaforico. Nell'ufficio de "La Purificazione", la conversazione è euforica, ma il luogo è pieno di

polvere e polvere troviamo dappertutto, nella strada, nella camera, perfino il momento di amore del protagonista con la sua ragazza si configura come un disperato impegno da parte di lui per proteggere, per salvare la bellezza e la freschezza di lei, prendendo su di sé tutti i granelli grigi di polvere che cadono su di loro.

La scena è sicuramente più disperata che erotica. La polvere arriva addirittura a solidificarsi assumendo l'aspetto di una grossa massa bituminosa che grava sulla città e si trasforma progressivamente in una pesante nube atomica, minacciante tutto il pianeta, quasi un simbolo del male. Ognuno dei personaggi reagisce al pericolo della polvere in maniera diversa. C'è chi fa finta di combatterla, ma in realtà contribuisce a peggiorare la situazione come il direttore del giornale che è anche dirigente industriale, chi l'ignora come la bella ragazza che vede tutto color di rosa, chi isola dei valori-feticcio da contemplare e continua a vivere nello sporco quotidiano come l'affittacamere, chi fa della lotta il proprio lavoro come il sindacalista, aspirante funzionario, il quale ama illudersi che esistano modelli di vita non inquinati lontani dal nostro mondo occidentale, chi se ne lava le mani e va in vacanza appena può, come il capoufficio.

Il nostro narratore, sempre in cerca di segni chiarificatori e di immagini da salvare, è ansioso di conoscere la realtà che lo circonda. Nel racconto infatti sono frequenti gli enunciati che indicano un processo di attenzione e di conoscenza. Vedere, guardare, osservare, pensare, meditare, riflettere, sapere. Guardare da lontano e dall'alto per capire meglio. Come quando guarda la nuvola dall'alto della collina insieme a Claudia che non capisce la sua angoscia e trova tutto sempre entusiasmante.



***“Lo smog! _ gridai a Claudia _
Vedi quella? E' una nuvola di
smog! Ma lei, senza ascoltarmi,
era presa da qualcosa che
aveva visto volare, uno stormo
di uccelli, e io restavo lì
affacciato a guardare per la
prima volta dal di fuori la
nuvola che mi circondava in
ogni ora, la nuvola che abitavo
e che mi abitava, e sapevo che
di tutto il mondo variegato che
m'era intorno solo quella mi
importava.”***

Nelle ultime pagine troviamo il narratore in campagna, nella cooperativa di lavandai di Barca Bertulla l'unico luogo che abbia un nome: un sapore di fiaba, quasi di ninnananna. E' primavera, è una festa di colori, di sole, di verde, di risate, di candida biancheria tesa ad asciugare, mentre nel canale scorre l'acqua gonfia di bolle azzurrine. Il nostro protagonista guarda e poi torna verso la città. E' solo come era solo anche al principio della storia, ma il suo stato d'animo non è identico a quello dell'inizio. Qualcosa è avvenuto dentro di lui, a testimoniare che pur senza avvenimenti risolutivi, qualche spiraglio di speranza si è aperto. Infatti egli conclude, guardando la campagna piena di colori: Non era molto, ma a me che non cercavo altro che immagini da tenere negli occhi, forse bastava. La fine dell'apologo ci suggerisce, senza alcuna pesantezza moralistica e con il sorriso che nasce dalla malinconia, una via da seguire: tornare ad affrontare il labirinto della città, ma con il cuore caldo di immagini da conservare.

Fuel Cells : il progetto Hychain

Ecco un progetto concreto contro lo smog: Hychain che propone l'utilizzo dell'idrogeno come fonte d'energia. Obiettivo, far crescere il numero di veicoli con motore alimentato da elettricità fornita da una pila a combustibile: oggi ce ne sono alcune centinaia di prototipi in tutto il mondo.

Nonostante ogni anno nel mondo siano prodotti 500 miliardi di metri cubi di idrogeno, il loro utilizzo e la loro distribuzione è principalmente riservato all'industria: utilizzato dagli industriali della chimica e della raffinazione, l'idrogeno viene fornito attraverso canalizzazioni o trasportato da camion cisterna. Il progetto Hychain propone la messa in opera simultanea sia di flotte di veicoli urbani alimentati da pile a combustibile sia di un'infrastruttura originale di distribuzione di idrogeno. Il progetto punta a favorire lo sviluppo di una vera filiera industriale, assicurando nuovi posti di lavoro e crescita in Europa.

Hychain risponde a una duplice sfida.

1) Lottare contro l'inquinamento causato dai trasporti nelle città. Il trasporto in Europa è responsabile per il 25% delle emissioni totali di biossido di carbonio (gas a effetto serra); il costo dell'inquinamento legato ai trasporti è stimato all' 1,7% del Pnl europeo, pari a circa 360 € annui per ogni cittadino. Oggi, in Europa, i veicoli che circolano nelle nostre città sono responsabili del 40% delle emissioni di biossido di carbonio legati al trasporto. Il biossido di carbonio è riconosciuto oggi da tutti gli esperti come uno dei principali gas a effetto serra, responsabile degli sbalzi climatici. L'Unione europea si è impegnata, nell'ambito del protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici, a ridurre le emissioni di gas a effetto serra dell'8% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2008-2012. I veicoli emettono ossidi di azoto e particelle (polveri fini sospese nell'aria) che hanno un effetto nocivo sulla salute dei cittadini. Gli ossidi di azoto (conosciuti anche con il nome di Nox) provocano problemi respiratori che colpiscono in particolar modo la popolazione più debole: bambini, anziani, persone debilitate. Sono inoltre responsabili dei "picchi d'ozono".

2) Ridurre la nostra dipendenza nei confronti dell'energia fossile. Il trasporto urbano dipende oggi per il 95% dalle energie di origine fossile (petrolio, gas naturale, carbone) con riserve limitate, e per le quali gravano le incertezze legate al loro approvvigionamento, in un contesto dove il costo dell'energia è cresciuto notevolmente.

La crescita della popolazione mondiale e l'industrializzazione dei Paesi emergenti portano inevitabilmente a un aumento dei bisogni energetici. A titolo d'esempio, l'ibridazione (utilizzo simultaneo di una batteria e di una produzione in sito di elettricità grazie a una pila a combustibile alimentata a idrogeno) di una piccola city car elettrica permetterà di ridurre il suo peso del 25%, in quanto la quantità di batteria (la gran parte del peso del veicolo) che verrà installata sarà dimezzata. L'idrogeno e la pila a combustibile le permetteranno di percorrere un numero di chilometri fino a tre volte superiore, senza dover ricaricare. La sua autonomia sarà quindi aumentata fino a 300 km. Fare "rifornimento di idrogeno", utilizzando la tecnologia sviluppata in questo progetto, sarà un processo istantaneo. Così 158 pile a combustibile, di pesi differenti, forniti da diverse fabbriche europee (Masterflex, Axane, Mes-Dea, Paxitech e Hydrogenics), verranno sviluppate, fabbricate e integrate in 158 piccole auto urbane elettriche.

L'infrastruttura sarà realizzata per l'utilizzo dell'idrogeno nelle quattro regioni partner europee: Emilia Romagna; Castiglia e León in Spagna; Renania/Nord Westfalia in Germania; Rhône-Alpes in Francia. Ci si baserà sul concetto della sostituzione di bombole vuote con quelle piene. Per utilizzare al massimo l'idrogeno, i veicoli saranno dotati di più serbatoi.

L'idrogeno verrà consumato sequenzialmente a partire da ciascuno di questi serbatoi. Una volta esaurito il primo, il conducente lo sostituirà con una bombola piena recandosi nei "punti idrogeno" previsti. In un primo tempo, questi punti avranno le sembianze di distributori automatici che verranno sviluppati nel corso del progetto. Il conducente potrà ripartire immediatamente con il suo veicolo. L'alimentazione dei 158 veicoli sarà assicurata dalla realizzazione di oltre 2000 bombole fabbricate da Air Liquide: 900 bombole da 20 litri riempite a 300 bar d'idrogeno; 1.120 bombole da 2 litri riempite a 700 bar d'idrogeno. Le bombole entreranno a far parte di una nuova tecnologia sviluppata e creata da Air Liquide nei suoi centri di ricerca, chiamata "Clip on". Questa grande innovazione integra, con le bombole, tutta la meccanica di messa in opera dell'idrogeno (erogatori, sicurezza e industria dei connettori elettrici) e permette all'utilizzatore di ritirare e sostituire la bombola in tutta semplicità e sicurezza.

Protocollo di Kyoto

Il Protocollo di Kyoto è un trattato internazionale in materia di ambiente sottoscritto nella città giapponese l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) ed il riscaldamento globale.

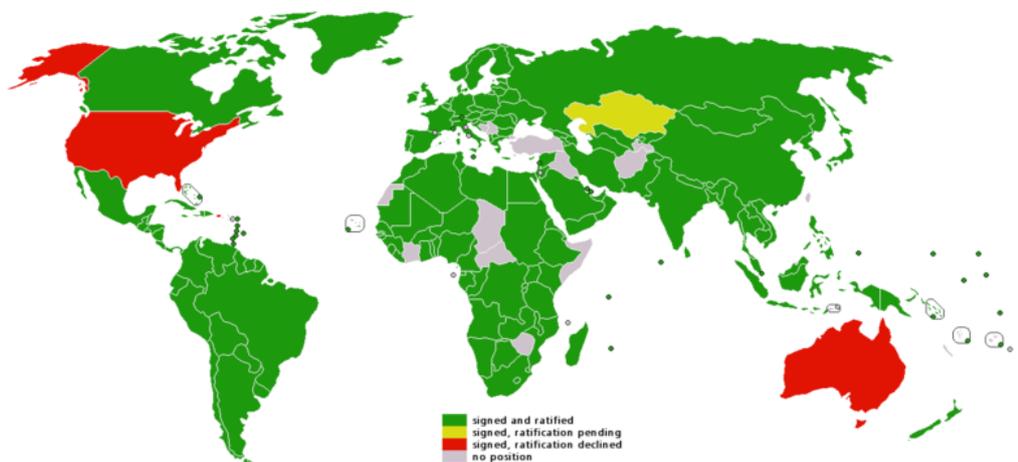
È entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica da parte della Russia. Il 16 febbraio 2007 si è celebrato l'anniversario del 2° anno di adesione al Protocollo di Kyoto, e lo stesso anno ricorre il decennale dalla sua stesura.

Il trattato prevede l'obbligo in capo ai paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio e altri cinque gas serra, precisamente metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoro di zolfo) in una misura non inferiore al 5,2% rispetto alle emissioni registrate nel 1990 (considerato come anno base), nel periodo 2008-2012.

Il Protocollo di Kyoto prevede il ricorso a meccanismi di mercato, i cosiddetti Meccanismi Flessibili. Il principale meccanismo è il Meccanismo di Sviluppo Pulito o Clean Development Mechanism (o "CDM"). L'obiettivo dei Meccanismi Flessibili è di ridurre le emissioni al costo minimo possibile, in altre parole a massimizzare le riduzioni ottenibili a parità di investimento.

Perché il trattato potesse entrare nella pienezza di vigore si richiedeva che fosse ratificato da non meno di 55 nazioni firmatarie, e che le nazioni che lo avessero ratificato producessero almeno il 55% delle emissioni inquinanti; quest'ultima condizione è stata raggiunta solo nel novembre del 2004, quando anche la Russia ha perfezionato la sua adesione.

Premesso che l'atmosfera contiene 3 milioni di megatonnellate (Mt) di CO₂, il protocollo prevede che i Paesi industrializzati riducano del 5% le proprie emissioni di quel gas. Il mondo immette 6.000 Mt di CO₂, 3.000 dai Paesi industrializzati e 3.000 da quelli in via di sviluppo. Per cui con Kyoto dovrebbe immetterne 5.850 anziché 6.000, sul totale di 3 milioni: dato l'elevatissimo costo della riduzione è facile capire perché il protocollo non abbia raggiunto grandi adesioni.



Mappa mondiale dei paesi aderenti al protocollo di Kyoto

Paesi aderenti

Adesione al Protocollo di Kyoto nel 2005. In verde gli stati che hanno firmato e ratificato il trattato, in giallo gli stati che lo hanno firmato ma non ancora ratificato. Australia e Stati Uniti hanno firmato ma hanno poi rifiutato di ratificare il trattato. Nel novembre 2001 si tenne la Conferenza di Marrakech, settima sessione della Conferenza delle Parti. In questa sede 40 Paesi sottoscrissero il trattato. Due anni dopo più di 120 paesi avevano aderito, sino appunto alla detta adesione e ratifica della Russia, considerata importante poiché questo paese produce da solo il 17,6% delle emissioni.

I paesi in via di sviluppo, al fine di non ostacolare la loro crescita economica frapponendovi oneri per essi particolarmente gravosi, non sono stati invitati a ridurre le loro emissioni.

Nel dicembre 2006 gli stati aderenti erano 169

Paesi non aderenti

Tra i paesi non aderenti figurano gli Stati Uniti, responsabili del 36,1% del totale delle emissioni (annuncio fatto nel marzo 2001).

In principio, il presidente Clinton aveva firmato il Protocollo durante gli ultimi mesi del suo mandato, ma George W. Bush, poco tempo dopo il suo insediamento alla Casa Bianca, ritirò l'adesione inizialmente sottoscritta dagli USA.

Alcuni stati e grandi municipalità americane, come Chicago e Los Angeles, stanno studiando la possibilità di emettere provvedimenti che permettano a livello locale di applicare il trattato, il che comunque non sarebbe un successo indifferente: basti pensare che gli stati del New England, da soli, producono tanto biossido di carbonio quanto un grande paese industrializzato europeo come la Germania.

Anche l'Australia ha annunciato che non intende aderire all'accordo, per non danneggiare il proprio sistema industriale. Non hanno aderito neanche Croazia, Kazakistan e Monaco.

Fuel Cells

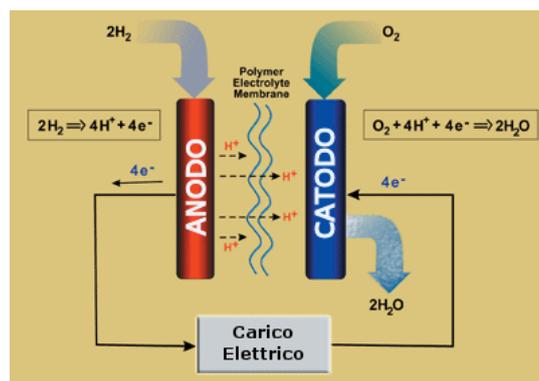
Funzionamento

La cella a combustibile è un dispositivo elettrochimico che, come una normale batteria, trasforma energia chimica in energia elettrica in corrente continua, utilizzabile direttamente per alimentare un carico elettrico (ad esempio un motore elettrico).

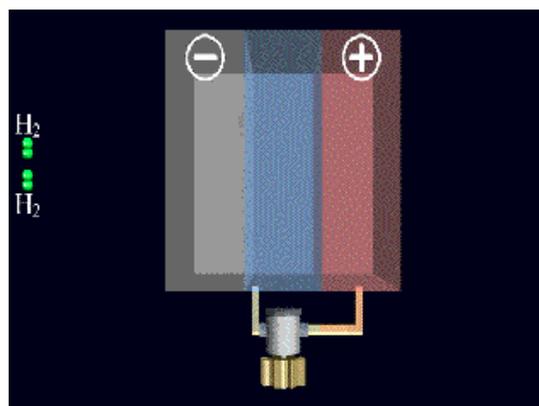
La differenza principale, rispetto ad un normale accumulatore è che, mentre in questo l'elettrodo stesso viene consumato durante la scarica e va quindi rigenerato durante la ricarica, nella fuel cell la "pila" continua a funzionare finchè viene fornito reagente agli elettrodi, che in questo caso non si consumano, ma costituiscono solo il supporto sul quale avvengono le reazioni chimiche.

Più precisamente la fuel cell (in questo caso parliamo di una fuel cell cosiddetta "PEM") è costituita da due elettrodi, un anodo e un catodo, separati da un elettrolita, che invece di essere liquido, è solido e costituito da una sottile membrana polimerica, la quale consente il passaggio solo dei protoni H^+ dall'anodo al catodo ("PEM" significa appunto "Proton Exchange Membrane").

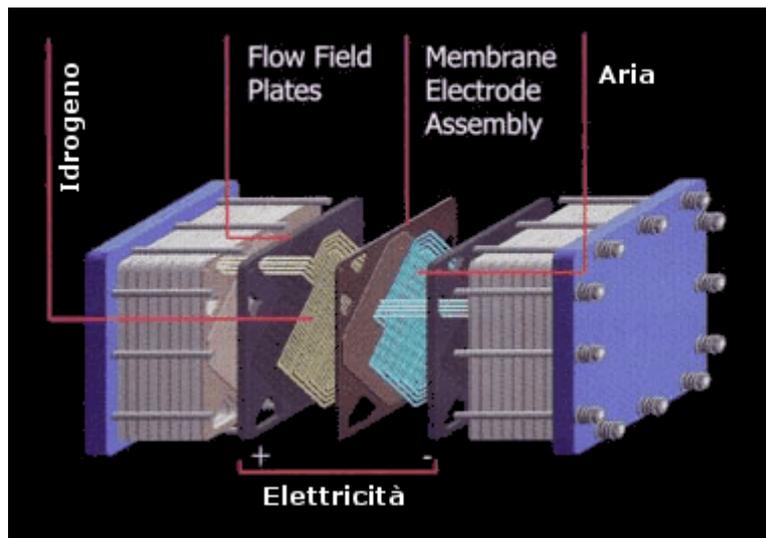
All'anodo viene fornito idrogeno gassoso (puro) e qui, per mezzo di un catalizzatore (platino), viene separato in protoni ed elettroni secondo la reazione riportata in figura.



A questo punto, mentre i protoni migrano verso il catodo attraverso la membrana polimerica, gli elettroni, non potendo attraversare la membrana, arrivano al catodo passando attraverso un circuito esterno, generando una corrente elettrica. Al catodo, contemporaneamente, arriva ossigeno (che può essere quello contenuto nell'aria) e qui si ricombina, sempre con l'aiuto di un catalizzatore (platino anche qui), con i protoni provenienti dalla membrana e con gli elettroni provenienti dal circuito esterno, formando acqua secondo la reazione riportata in figura



Poichè una singola cella fornisce ai morsetti una tensione di circa 0,6 V, è necessario collegare più celle in serie, fino ad ottenere la tensione desiderata. Naturalmente ad ogni cella andrà fornito idrogeno all'anodo e ossigeno, o aria, al catodo. Una struttura di questo tipo viene definita "Stack". Oggi esistono stack di celle PEM costituiti anche da 200 celle collegate in serie. L'energia elettrica da questo apparato può essere convertita in meccanica tramite un motore elettrico. Per motore elettrico si definisce una macchina elettrica in cui la potenza di ingresso sia di tipo elettrico e quella di uscita sia di tipo meccanico. Grazie a ciò le celle a combustibile possono essere utilizzati in svariati campi, per esempio in quello automobilistico, telefonico oppure nel settore industriale.



Riassumendo

Fase 1 - I due gas ossigeno ed idrogeno, tenuti separati in due circuiti, migrano dal serbatoio al catalizzatore.

Fase 2 - Le molecole d'idrogeno (H_2) vengono decomposti, dal catalizzatore, in due atomi H^+ (protoni) e, in questo processo, ciascuno degli atomi d'idrogeno cede il suo elettrone.

Fase 3 - I protoni attraversano l'elettrolita (membrana) e raggiungono la parte del catodo.

Fase 4 - Gli elettroni entrano nella parte dell'anodo e generano una corrente elettrica che alimenta una utenza.

Fase 5 - A contatto con il catodo, sempre quattro elettroni si ricombinano con una molecola di ossigeno.

Fase 6 - Gli ioni che si sono formati hanno una carica negativa e migrano verso i protoni con carica positiva

Fase 7 - Gli ioni di ossigeno cedono le loro due cariche negative a due protoni e reagendo con questi si forma acqua.

Storia delle Fuel Cells



I primi esperimenti vennero fatti da Sir William Robert Grove nel 1839 sulla base del lavoro teorico sviluppato da Christian Friedrich Schönbein, con elettrodi porosi di platino ed acido solforico come bagno elettrolita. La miscela di idrogeno ed ossigeno in presenza di un elettrolita produceva elettricità e, come unico scarto d'emissione, acqua. Sfortunatamente non producevano abbastanza elettricità da essere utili all'epoca.

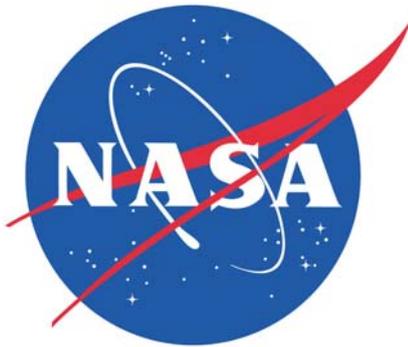
William White Jacques usò invece come bagno elettrolita acido fosforico al posto dell'acido solforico, ma i risultati furono scarsi.

La svolta avviene nel 1932 con il Dr. Francis T. Bacon. Invece di utilizzare elettrodi porosi in platino, molto costoso, ed acido solforico, assai corrosivo, come bagno elettrolita, il Dr. Bacon decise di utilizzare un elettrodo poco costoso, in nickel, ed un elettrolita alcalino meno corrosivo. Perfezionò il suo progetto fino al 1959, dimostrandone l'efficacia con una saldatrice alimentata da una pila da 5 Kilowatt. Francis T. Bacon, un discendente diretto dell'altro famoso Francis Bacon chiamò così la sua famosa pila la "Cella Bacon" (in inglese Bacon Cell).



Già nell'ottobre del 1959, Harry Ihrig, un ingegnere della Allis-Chambers, mostrò un trattore da 20 cavalli alimentato da pile a Combustibile. Questo fu il primo veicolo alimentato con questa fonte energetica.





Pochi anni dopo, nella prima metà degli anni '60, un'industria Statunitense, la General Electric, produsse un sistema che aveva il fine di generare energia elettrica basato sulle celle a combustibile, destinato alle navicelle spaziali Gemini ed Apollo della NASA. I principi della "cella Bacon" furono la base per questo suo progetto.

Oggi l'elettricità per lo Shuttle è fornita da celle a combustibile, ed alcune di queste celle provvedono anche alla creazione d'acqua per l'equipaggio.

Il Dr. Lawrence DuBois del Dipartimento di Difesa e dell'Agenzia per Progetti di Ricerca Avanzata (DARPA) ideò una cella a combustibile che poteva essere alimentata da diversi idrocarburi sotto forma liquida (metano, etanolo, ecc.). Chiamò così il Dr. Prakash, un celebre esperto di acidi ed il Dr. Olah, entrambi dell'Istituto di Idrocarburi Loker dell'Università del Sud della California (USC) per sviluppare questa cella a combustibile. La USC, in collaborazione con il Jet Propulsion Laboratory (JPL)/Istituto Tecnologico della California (Cal Tech) inventarono così l'ossidazione diretta di idrocarburi liquidi, seguentemente conosciuta DMFC o Cella a Combustibile con alimentazione diretta al metanolo.



La DTI ha acquistato in esclusiva mondiale i diritti di licensing per l'Ossidazione Diretta di Idrocarburi Liquidi, la tecnologia DMFC. Il Presidente della CEO e della DTI, Todd Marsh prevedendo il futuro impatto di questa nuova e pulita alternativa ai combustibili fossili, si offrì di aiutare a commercializzare questa tecnologia. Oggi la tecnologia DMFC è largamente considerata come una tecnologia utile e conveniente in molte applicazioni.



Applicazioni fisse

La più importante applicazione fissa di idrogeno e di celle a combustibile è la produzione contemporanea di energia elettrica e calore in una centrale di cogenerazione. Il vantaggio è l'alto rendimento del sistema e lo sfruttamento ottimale dell'energia primaria.

Nel sistema può essere anche integrata l'energia solare. Con un impianto fotovoltaico si produce, durante il giorno, energia elettrica che alimenta un elettrolizzatore che, da parte sua, produce idrogeno il quale, durante la notte e con l'aiusilio di una cella a combustibile, viene trasformato in corrente elettrica e in calore. L'idrogeno accumula quindi l'energia solare per quei periodi in cui non c'è sole.



Le centrali termoelettriche producono calore che solo in pochi casi viene utilizzato e gli edifici vengono riscaldati in inverno con il consumo di gasolio o gas metano senza peraltro produrre elettricità. Persino una cella a combustibile alimentata con energia fossile (gas naturale) consente notevoli risparmi energetici e quindi contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas serra.



Applicazioni mobili

Tutti i veicoli oggi usati potrebbero essere alimentati con idrogeno. Ci sono due tecniche che si possono applicare: (1) la combustione di idrogeno in normali motori in sostituzione della benzina, e (2) l'uso di una cella a combustibile che genera energia elettrica che a sua volta alimenta un motore elettrico. L'uso di celle a combustibile ha innegabilmente dei vantaggi: il prodotto della combustione è solo acqua, il funzionamento è silenzioso e il rendimento è maggiore rispetto a quello di un motore convenzionale a combustione interna. Si risparmia quindi energia. Quando l'automobile si ferma al semaforo, il motore si spegne automaticamente e quando si riavvia il veicolo la rumorosità è notevolmente minore. Le nostre città potrebbero essere molto meno rumorose di quanto non siano.

Automobili con celle a combustibile



Quasi tutte le grandi industrie automobilistiche del mondo stanno attualmente progettando e sperimentando veicoli che usano l'idrogeno, sia in motori normali, sia in celle a combustibile. In Germania, la DaimlerChrysler, la Opel e la Ford sono le aziende leader in questo campo. La BMW è stata una delle prime a presentare automobili con motori a scoppio alimentati da idrogeno. Le automobili della serie 700 possiedono già una cella a combustibile che però alimenta solo i sistemi elettrici.

Bus ad idrogeno

Per i bus vi sono due concetti differenti: motori normali alimentati con idrogeno o celle a combustibile. Ambedue i concetti hanno il vantaggio di emettere meno gas inquinanti rispetto a quelli dei motori diesel. Dal 1999, nell'aeroporto di Monaco di Baviera, circolano tre bus con motori alimentati con idrogeno.



Camion, tram, treni e navi

Non c'è quasi nessun mezzo di trasporto per il quale non è stato sviluppato un concetto per l'applicazione di celle a combustibile. Il loro impiego viene ipotizzato anche in locomotrici in servizio sulle tratte ferroviarie non elettrificate. Il problema: i costi delle locomotrici attrezzate con celle a combustibile non dovrebbero superare quelli dell'elettrificazione delle linee.

Per i camion non si prevede l'impiego di motori ad idrogeno o di celle a combustibile, perché, nelle lunghe distanze, i motori diesel sono ancora i più efficienti.

Le celle a combustibile sono invece molto più interessanti per quanto riguarda i trasporti in città. I bus e i furgoni percorrono normalmente solo distanze limitate e tornano ogni sera al deposito dove possono essere riforniti con idrogeno.

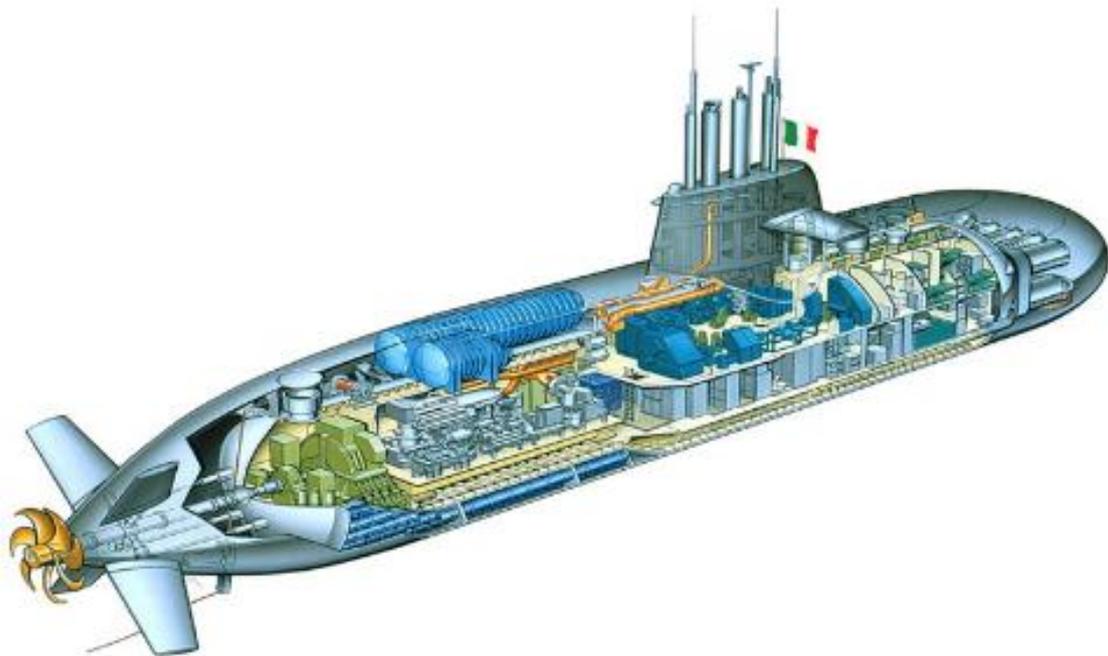
Un altro campo di applicazione potrebbe essere quello dei traghetti che trasportano passeggeri su fiumi e laghi. Le motonavi attrezzate con celle a combustibile causerebbero meno inquinamenti e sarebbero meno rumorose. Sulle grandi navi la tecnologia all'idrogeno potrebbe servire per alimentare i sistemi elettrici, così i motori possono essere spenti quando le navi sostano nei porti.

Aeroplani ad idrogeno



Fin dall'inizio degli anni Ottanta, il produttore russo Tupolev lavora a un tipo di aereo con alimentazione "criotecnica". Nel 1988, la Tupolev ha presentato un aereo (TU 154) in cui uno dei tre motori è stato modificato per poter essere alimentato con idrogeno liquido. Questo sistema di propulsione ha funzionato con successo per circa 100 ore di volo.

Marina militare, il varo del sommergibile Scirè



Il sommergibile Scirè eredita il nome del sommergibile protagonista dell'impresa di Alessandria, il cui stendardo è stato decorato di medaglia d'oro al valor militare per la lunga e gloriosa attività effettuata nel periodo bellico 1940-42.

Il nuovo battello fa parte del programma italo-tedesco che prevede la costruzione di quattro unità per la Germania e due per la Marina militare italiana.

I sommergibili Todaro e Scirè, consegnati alla Marina militare Italiana, hanno un dislocamento di 1450 tonnellate, una lunghezza di circa 56 metri, un'altezza di 12, e possono imbarcare fino a 27 persone di equipaggio.

Sono particolarmente efficaci per l'elevato livello tecnologico dei sistemi imbarcati e possiedono spiccate caratteristiche di autonomia in immersione, grazie all'impianto di propulsione a idrogeno indipendente dall'aria (AIP, Air Independent Propulsion).

Fonte: Stato Maggiore della Marina, Roma

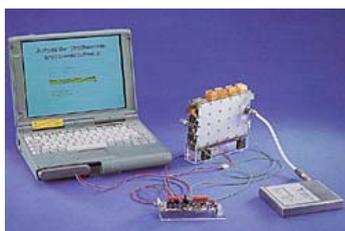
Applicazioni portatili

Un campo molto vasto di applicazione di celle a combustibile e di idrogeno è l'alimentazione di apparecchi portatili: telefoni cellulari, computer, walkman, camera video, ecc. Molti altri apparecchi potrebbero essere alimentati con questa tecnologia.

La durata di una carica di idrogeno è maggiore di quella delle convenzionali batterie e, quando si esaurisce si deve solo sostituire una cartuccia. Le cartucce vuote possono essere nuovamente riempite.

Celle a combustibile ancora più piccole potrebbero essere installate nei telefoni cellulari. Esistono già dei prototipi con una durata di 50 ore.

Sono in fase di studio anche applicazioni con una maggiore capacità. Negli Stati Uniti sono già in uso sistemi d'illuminazione per cantieri isolati non forniti dalla rete elettrica. Con un serbatoio di adeguata dimensione questi sistemi possono funzionare per settimane e sono meno costosi delle batterie della stessa capacità.



Notebook con cella a combustibile al posto dell'accumulatore



Telefono cellulare alimentato da una cella a combustibile; il "refill" è contenuto in piccole cartucce



Segnaletica stradale alimentata da una cella a combustibile

Confronto con altri sistemi

Rispetto ad altri sistemi di conversione di energia le fuel cells presentano vantaggi e svantaggi.

Vantaggi

Zero Emissioni: un veicolo alimentato con Fuel cells ha come unica emissione acqua, se operato con idrogeno puro, mentre se si utilizza un reformer a bordo bisogna tenere conto delle sue emissioni. Il funzionamento è perfettamente silenzioso, se si eccettua il rumore generato dagli ausiliari necessari per il suo funzionamento;

Alta efficienza: una fuel cell ha un'efficienza molto più alta di un normale motore a combustione interna. Il calore generato dalla combustione non può essere completamente convertito in elettricità a causa dei limiti imposti dal teorema di Carnot, che consegue dal secondo principio della termodinamica: in base a esso, la massima efficienza η_{max} di una macchina termica che opera tra una temperatura T_a e una temperatura più bassa T_b (per esempio l'ambiente) è:

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_b}{T_a}$$

L'efficienza delle celle a combustibile indica il rapporto tra l'energia prodotta dalla cella e l'energia fornita alla pila stessa. Questo rapporto è spesso calcolato come il lavoro W ottenuto diviso l'entalpia di reazione:

$$\eta_I = \frac{W}{\Delta H_r^0}$$

L'entalpia è scelta perché rappresenta il calore generato dalla reazione nel caso di combustione. Tale definizione, sebbene permette un confronto diretto con i motori termici, può generare dei problemi di interpretazione. Nel caso di una cella a combustibile ideale, infatti, il lavoro prodotto, coincide con la variazione dell'energia libera di Gibbs. Il rendimento di una cella a combustibile reversibile vale dunque:

$$\eta_{I,rev} = \frac{\Delta G_r^0}{\Delta H_r^0}$$

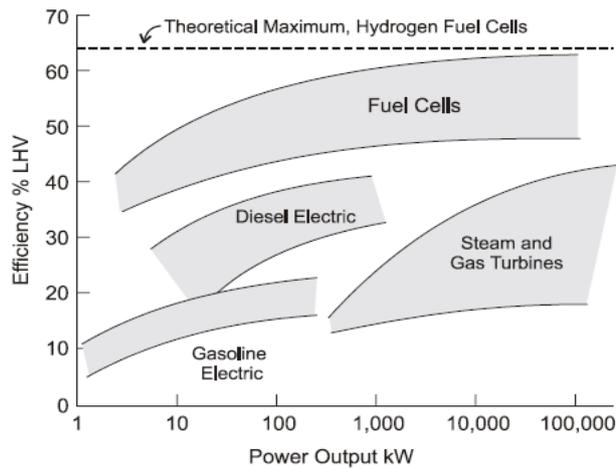
ma essendo:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

il rendimento ideale può essere scritto come:

$$\eta_{I,rev} = 1 - T \frac{\Delta S_r^0}{\Delta H_r^0}$$

Tale valore si attesta a circa il 70%.



Possibili problemi di interpretazione del significato fisico di tale parametro nascono quando altri combustibili vengono considerati. Esistono dei combustibili per i quali la variazione di entalpia risulta essere negativa e la variazione di entropia positiva, generando valori superiori ad 1, in apparente contraddizione con il primo principio della termodinamica. Nel caso del carbone utilizzato in modo diretto come combustibile (Direct Carbon Fuel Cell, da non confondere con le Direct Carbonate Fuel Cell), la variazione di entropia risulta essere quasi

nulla, ottenendo un valore unitario del rendimento ideale. Per risolvere l'apparente contraddizione con il primo principio della termodinamica, basta notare che il denominatore dell'espressione fornita non tiene conto di tutta l'energia fornita alla fuel cell. Se la variazione di entalpia è negativa, infatti, il processo risulta essere endotermico, cioè ha bisogno di calore dall'esterno per poter avvenire. In tal caso il denominatore dell'espressione fornita per il rendimento non rappresenta tutta l'energia fornita alla cella a combustibile, ma soltanto una parte. Ne consegue che una corretta definizione di rendimento dovrebbe integrare anche eventuali fonti di energia aggiuntive.

In ogni modo, questo approccio è però qualitativamente scorretto perché il massimo lavoro ottenibile è sempre dato dall'energia libera di Gibbs della reazione, che ha un valore che diminuisce con la temperatura; una definizione più corretta è pertanto:

$$\eta_{II} = \frac{W}{-\Delta G_r^*}$$

Dove lo stato * indica lo stato in cui i reagenti sono disponibili (idrogeno in pressione nei cilindri, ossigeno atmosferico alla pressione parziale di 20 chilo pascal).

La prima definizione usa l'entalpia, che rappresenta il calore prodotto dalla reazione a pressione costante; l'efficienza η_I rappresenta pertanto la frazione di calore trasformata in elettricità. La seconda definizione usa l'energia libera di Gibbs, la cui definizione implica l'uso dell'entropia S:

$$G = H - T S$$

Si parla quindi di η_I come l'efficienza secondo il primo principio (della termodinamica), e di η_{II} come l'efficienza secondo il secondo principio. Sebbene la prima sia usata più spesso nelle pubblicazioni scientifiche, la seconda ha un valore teorico meglio fondato.

Rapida risposta al carico: una fuel cell ha una risposta rapidissima alle variazioni del carico proprie di un veicolo stradale; inoltre è in grado di autoregolarsi al variare delle richieste di carico, mantenendo sempre la massima efficienza;

Bassa temperatura operativa: le fuel cells di tipo PEM operano a temperature intorno ai 70°C, molto più basse delle temperature operative dei motori a combustione interna. Questo rende l'impianto e il loro utilizzo sul veicolo molto più semplice;

Trasformazioni energetiche ridotte: una fuel cell opera lo stesso numero di trasformazioni energetiche di un motore a combustione interna, ma con efficienza maggiore, per cui non c'è un decremento di rendimento complessivo dovuto a trasformazioni energetiche aggiuntive;

Tempo di rifornimento: un veicolo equipaggiato con una fuel cell, contrariamente ai normali veicoli elettrici, ha tempi di rifornimento ("ricarica") del tutto confrontabili con quelli dei veicoli endotermici tradizionali; inoltre l'autonomia operativa non è limitata dalle dimensioni del pacco batterie, ma solo dalle dimensioni del serbatoio, esattamente come i veicoli tradizionali.

Svantaggi

Idrogeno: uno degli svantaggi maggiori è nel fatto che l'idrogeno è un gas ancora molto costoso da acquistare, anche se è facile trovare soluzioni economiche di auto-produzione o produzione da fonti rinnovabili. Una grande parte del costo delle pile a combustibile è dovuta al processo di produzione attualmente seguito, fondamentalmente artigianale e su ordinazione. I clienti sono spesso istituti di ricerca, e non automobilisti. È quindi ampiamente fondata la voce secondo cui, il giorno in cui le pile a combustibile fossero adottate su larga scala, i prezzi precipiterebbero, così come è recentemente avvenuto per i computer. Inoltre è un gas potenzialmente pericoloso e necessita di particolari accorgimenti per lo stoccaggio a bordo;

Impurezze: allo stato attuale le fuel cells risentono molto di eventuali impurezze presenti nel combustibile (per la presenza del catalizzatore), per cui è necessario utilizzare idrogeno sufficientemente puro; questo obbliga ad utilizzare idrogeno prodotto da elettrolisi dell'acqua o a depurarlo se prodotto tramite reforming;

Catalizzatore costoso: Il costo del platino necessario alle pile a bassa temperatura è in realtà una piccola parte del costo di fabbricazione, grazie alle moderne tecniche di dispersione del catalizzatore. Però, va sottolineato come, anche con queste tecniche che permettono di usare meno catalizzatore, la sostituzione di tutto il parco veicoli mondiale con veicoli a pile a combustibile necessiterebbe una quantità di platino ampiamente superiore (si stima un fattore di circa 4) alle riserve planetarie. Al momento, una ampia parte del costo è assorbita dalle piastre bipolari, che sono contemporaneamente il lato catodico di una cella e quello anodico della successiva, che fanno passare attraverso canali tortuosi (per aumentare la turbolenza e accelerare la diffusione) l'aria da un lato e il combustibile dall'altro, e contengono spesso dei canali per il liquido di raffreddamento. Il materiale non è in sé costoso, ma il processo di lavorazione è lungo e laborioso;

Ghiaccio: per l'umidificazione delle membrane (che resta ancora uno dei punti più critici per il buon funzionamento delle fuel cells) si utilizza acqua pura, eventualmente sfruttando anche quella prodotta al catodo; questo significa che a basse temperature c'è il rischio che si formi del ghiaccio all'interno della cella, danneggiandola;

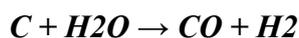
Tecnologia nuova: la tecnologia delle fuel cells è stata approfondita soltanto da pochi anni, pertanto, pur avendo di fronte senza dubbio notevoli passi avanti da compiere, è ancora allo stato iniziale, e perciò risulta essere (anche a causa della totale assenza di economie di scala) ancora molto costosa;

Assenza di infrastrutture: un altro problema che frena lo sviluppo di veicoli ad idrogeno è l'assenza di un'infrastruttura per l'approvvigionamento, che oggi risulta ancora difficile da realizzare a costi competitivi.

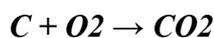
Metodi di produzione dell'idrogeno

Il fatto che l'idrogeno sia l'elemento più abbondante dell'universo potrebbe far pensare che sia estremamente facile produrlo, ad esempio estraendolo dall'acqua. Se questo è vero in linea teorica, nella pratica attualmente il modo più economico per produrre questo elemento consiste nell'utilizzo di petrolio o di altri combustibili fossili. Infatti, circa il 97% dell'idrogeno prodotto è ottenuto dai combustibili fossili, mentre soltanto un 3% si ottiene tramite l'elettrolisi dell'acqua.

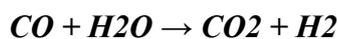
- ❖ La via industriale più comune per produrlo è quella della gassificazione del carbone, che prevede il trattamento del carbone con vapore acqueo (processo del gas d'acqua):



la reazione è endotermica, ossia richiede calore per compiersi; il calore viene fornito miscelando al vapore acqueo una frazione di ossigeno in modo che avvenga contestualmente anche la reazione esotermica (che genera calore)

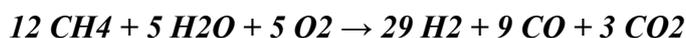


L'ossido di carbonio prodotto nel primo stadio viene successivamente trattato con altro vapore acqueo a 500°C su catalizzatore a basi di ossidi di ferro e di cromo



La miscela gassosa ottenuta viene quindi purificata per distillazione frazionata.

- ❖ In maniera analoga l'idrogeno può essere prodotto partendo dal metano



Per produrre idrogeno è quindi necessaria energia: per estrarlo dall'acqua tramite elettrolisi, ad esempio, si deve disporre di energia elettrica. Per questo l'idrogeno non è una fonte di energia, ma piuttosto un mezzo per trasportare e immagazzinare l'energia disponibile (ovvero un vettore).

Qualora giungessero a buon fine le ricerche per ottenere energia attraverso la fusione nucleare controllata, la grande densità di energia prodotta potrebbe rendere trascurabile il problema della disponibilità e della produzione industriale dell'idrogeno.

- ❖ Una via alternativa, particolarmente promettente a livello di ricerca universitaria, è la produzione biologica di idrogeno da biomasse residuali per fermentazione.

La fermentazione biologica è uno stadio della digestione anaerobica (uno stadio iniziale) e può essere fotobiologica (in presenza di luce) o no (dark fermentation). Soprattutto quest'ultima tecnologia si sta rivelando promettente perché da un lato consente di produrre elevate quantità di idrogeno, il cui utilizzo come combustibile non determina la produzione di NOx, solfuri, particolati, ecc.. e dall'altro consente lo smaltimento di alcune tipologie di rifiuti organici (compresi i rifiuti urbani) che altrimenti andrebbero a finire in discarica.

- ❖ Un sistema amatoriale per produrre una mediocre quantità di idrogeno utilizzando dei prodotti di facile recupero è quello che sfrutta la reazione della soda caustica NaOH sciolta nell'acqua con l'alluminio.

Maggiore è la superficie del metallo esposta alla soluzione, maggiore sarà la velocità del processo; nel caso l'alluminio sia polverizzato, la reazione assumerà un carattere violento e quasi esplosivo. Il processo si svolge secondo la seguente equazione chimica:



Essendo esotermica, comporta una notevole produzione di calore, ne consegue quindi una produzione non indifferente di vapore acqueo, che il più delle volte deve essere eliminato utilizzando un elemento igroscopico come il cloruro di calcio, o per mezzo della semplice condensazione. Oltre all'idrogeno, viene prodotto anche un secondo composto, l'alluminato di sodio. In pratica, circa 80 g di NaOH si combineranno con 54 g di alluminio per dar luogo a 67,2 L in Condizioni normali.

- ❖ Un'altra reazione impiegabile è la seguente:



Il boroidruro di sodio NaBH₄ è un idruro irreversibile, che reagisce lentamente con l'acqua per liberare 4 moli di idrogeno per mole di composto a temperatura ambiente. In condizioni appropriate vengono liberati 0,213 g di idrogeno per 1 g di NaBH₄, ovvero 2,37 litri (gas STP) per mole di composto. A temperature ordinarie, una volta messi a contatto NaBH₄ e acqua, viene liberato dalla reazione solo un piccolo quantitativo dell'ammontare teorico d'idrogeno ricavabile dalla reazione. La diminuzione nella velocità iniziale di evoluzione dell'idrogeno è dovuta alla crescita del pH della soluzione che è causata dalla formazione degli anioni basici metaborato. A 298 K la variazione di entalpia (condizioni standard) della reazione d'idrolisi è pari a -217 kJ quindi la reazione è esotermica. Quando si utilizza il NaBH₄ per produrre idrogeno è auspicabile che la reazione sia sufficientemente veloce da soddisfare i bisogni del sistema nel quale il gas viene impiegato. L'idrolisi viene quindi accelerata impiegando dei catalizzatori.



Il 3 novembre 2006, la rivista Science ha pubblicato lo studio di un gruppo di ricerca internazionale guidato dal Lawrence Livermore Lab di Berkeley. Gli scienziati hanno messo a punto una tecnica di spettrografia ai raggi X e cristallografia per fotografare la fotosintesi dell'acqua, premessa per lo sviluppo di tecnologie che usano la luce solare per la divisione dell'acqua e la produzione di idrogeno (da fonti rinnovabili). La tecnica ha permesso di osservare i passaggi della reazione di ossidazione dell'acqua, legami atomici e molecolari, gli scambi tra catalizzatore e proteina. Il catalizzatore scoperto è stato chiamato "Photosynthesis 2" ed è una molecola di 4 atomi di manganese e uno di calcio.

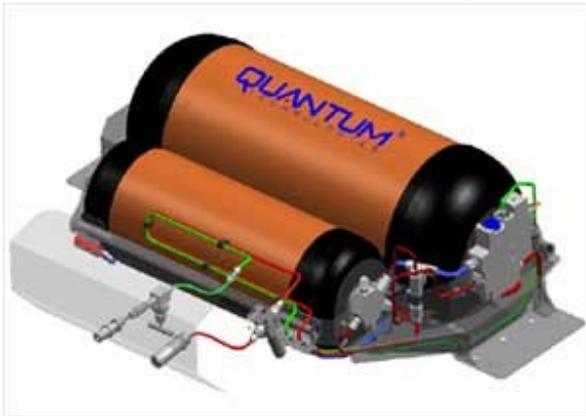
Immagazzinamento dell'idrogeno

Compressione dell'idrogeno

È il metodo sicuramente più diffuso, anche perché si effettua con tecnologie molto simili a quelle usate per la compressione del gas naturale in bombole. Il lavoro teorico di compressione per un processo isotermico è:

$$L_t = R_{H_2} T Z \ln(p_2/p_1)$$

dove R_{H_2} è la costante del gas, T la temperatura assoluta, Z il fattore di comprimibilità, p_2 e p_1 , la pressione finale e iniziale rispettivamente. La relazione logaritmica suggerisce come sia necessario lo stesso lavoro per portare il gas da 0.1 a 1 MPa e da 1 a 10 MPa; quindi è il livello iniziale di pressione che influisce pesantemente sull'energia necessaria (e quindi sui costi di compressione). Poiché il processo richiede solitamente più stadi di compressione, è ovvio che usando sistemi di produzione come l'elettrolisi ad alta pressione si risparmiano notevoli risorse.

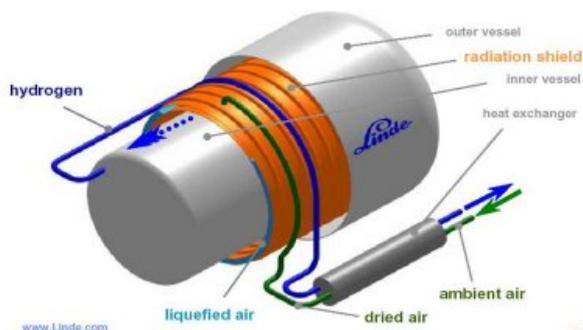


I compressori utilizzati sono tipicamente quelli alternativi a pistoni (per i salti di pressione maggiori), le turbomacchine (centrifughe e assiali) e quelli rotativi, la cui tecnologia è ormai matura e simile a quella del metano, anche se con le peculiarità dell'idrogeno (come a esempio la necessità di pressioni maggiori di compressione a causa della minore densità energetica volumetrica dell'idrogeno, oppure l'uso di anelli di Teflon nei cilindri per evitare trafiletti).

I serbatoi usati per lo stoccaggio sono normalmente in alluminio con fibra di vetro (volume specifico 12 kg/m³ e peso specifico del 2%) o in polimerici con fibra di carbonio - (rispettivamente 15 kg/m³ e 5%); la pressione dell'idrogeno immagazzinato è dell'ordine dei 24.8 MPa. I costi dello stoccaggio (con tempo di giacenza di un solo giorno) sono compresi tra 1.5 e 4.2 \$/GJ, mentre i costi d'investimento dell'accumulo dipendono ovviamente dal periodo di giacenza dell'idrogeno [19]. Lo svantaggio principale di questo sistema di immagazzinamento è quello della bassa densità volumica e peso specifico, ben lontani dagli obiettivi fissati dal DoE. In figura 2.20 viene riportata un'immagine e alcune caratteristiche del sistema realizzato da uno dei leader mondiali del settore, MAN Technologie, per lo stoccaggio di idrogeno in un autobus.

I serbatoi usati per lo stoccaggio sono normalmente in alluminio con fibra di vetro (volume specifico 12

Liquefazione dell'idrogeno



Tale processo ridurrebbe il problema della bassa densità energetica dell'idrogeno compresso (circa 50 kg/m³ con un peso specifico del 20%); tuttavia, la bassissima temperatura di liquefazione (20 K) e conseguentemente di stoccaggio del liquido comporta problemi notevoli, soprattutto per quel che riguarda le perdite: è chiaro infatti che, essendo l'idrogeno conservato a temperatura di ebollizione, anche un minimo scambio di energia con l'esterno

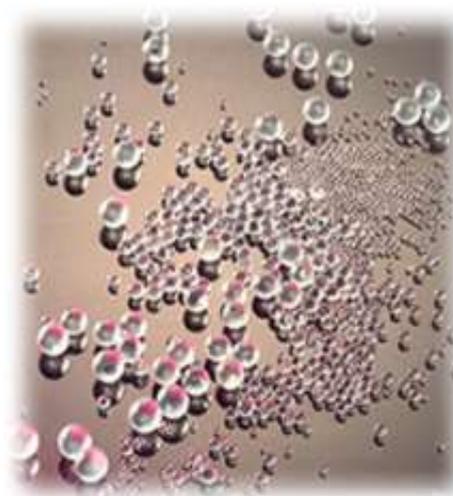
(temperatura ambiente) produce evaporazione e quindi emissione di idrogeno gassoso.

Il fenomeno è particolarmente evidente nei serbatoi cilindrici di piccola dimensione (100 litri) per autoveicoli, in cui il tasso di evaporazione è del 2-3% al giorno, mentre incide ovviamente meno nei serbatoi sferici di migliaia di m³ dove le perdite si riducono a frazioni percentuali al giorno (il più grande serbatoio al mondo, della NASA, da 3800 m³, presenta un tasso di evaporazione dello 0.03%). Usualmente i serbatoi sono in materiale composito e presentano un'intercapedine in cui è fatto il vuoto in modo da ridurre al minimo gli scambi per conduzione e convezione (per ridurre l'irraggiamento si posizionano, tra parete interna ed esterna, dei pannelli a bassa emissività di plastica e alluminio).

Il problema dell'evaporazione, oltre a questioni di sicurezza, comporta ovviamente problemi di autonomia del veicolo e in generale dell'accumulo: nei prototipi di autoveicoli finora realizzati si è cercato di limitare il problema mediante un sistema di refrigerazione continua tramite gas freddo, che consente di ridurre il tasso di evaporazione allo 0.4% al giorno anche in serbatoi di così modeste dimensioni.

Alcuni ricercatori americani hanno condotto dei test su serbatoi isolati ad alta pressione (24 MPa) in fibra di alluminio e altri materiali compositi: i test hanno dimostrato l'adeguatezza di questi serbatoi all'accumulo sia di idrogeno compresso che liquido. Tuttavia questa tecnica di stoccaggio presenta un ulteriore svantaggio: richiede un'elevata quantità di energia (circa il 30% di quella contenuta nell'idrogeno liquido deve venire utilizzata per liquefarlo, contro un 4% nella compressione) ed è perciò fonte di notevole impatto ambientale. Il processo di liquefazione viene ottenuto con i tradizionali cicli Linde o Claude costituiti da stadi di compressione seguiti da scambiatori di calore, valvole di laminazione e motori di espansione, ma deve tener conto di due particolarità dell'idrogeno: la temperatura massima di inversione piuttosto bassa (204 K), che obbliga a un primo raffreddamento del gas tramite azoto liquido per poter permettere le successive espansioni, e la transizione orto-para idrogeno. I principali costruttori mondiali di impianti di idrogeno liquido sono la Air Liquide e la Linde, che realizzano impianti di piccole-medie dimensioni (2000 - 8000 /h) ma anche di grandi (15000 - 35000/h). I costi sono molto elevati, sia quelli di impianto che di esercizio (potenze elettriche necessarie dell'ordine di 0.9 kW per litro di idrogeno prodotto): si va dai 5 agli 8 \$/GJ (per un periodo di giacenza giornaliero o mensile) per i grossi serbatoi, mentre serbatoi più piccoli (fino a 4000 GJ, 470 m³ circa) hanno costi molto superiori, dai 17 ai 23 \$/GJ, per periodi di giacenza analoghi. I serbatoi progettati per essere montati su autoveicoli hanno attualmente costi proibitivi (dai 1280 ai 2550 \$/GJ).

Microsfere di vetro



La tecnologia è da tempo oggetto di studi; sfrutta la permeabilità all'idrogeno del vetro alle alte temperature. In sostanza le microsfere (che hanno diametri compresi fra 25 e 500 micron), scaldate a temperature di 200 - 400°C, vengono riempite di idrogeno in pressione, dell'ordine delle decine di MPa (il limite è dato dal limite di rottura delle micro-sfere, normalmente di 340 MPa circa). Per riottenere l'idrogeno si procede a un ulteriore riscaldamento del vetro o alla rottura delle microsfere (in tal caso ovviamente il sistema di accumulo può essere usato una sola volta). Questo sistema viene considerato come possibile tecnologia adatta alla costruzione di un serbatoio di idrogeno per autoveicoli, soprattutto in relazione alla intrinseca sicurezza contro eventuali perdite di combustibile.

Idruri metallici



Alcune leghe metalliche hanno la capacità di immagazzinare, all'interno del loro reticolo cristallino, gli atomi di idrogeno, a formare un idruro. Il sistema è vantaggioso perché consente di mantenere il gas a temperatura e pressione ambiente.

Il processo di idrogenazione, ovvero il caricamento dell'idruro, è esotermico (occorre raffreddare il dispositivo durante la carica) e avviene a pressioni dell'ordine dei 3 MPa. Il processo inverso richiede invece calore (a temperature che dipendono dal tipo di lega utilizzata) e avviene inizialmente ad alta pressione, che si abbassa man mano che l'idruro s'impoverisce di idrogeno.

Gli idruri si dividono in base alla loro temperatura di deidrogenazione. È ovvio che quelli a temperatura maggiore ($>300^{\circ}\text{C}$, leghe di magnesio) consentono risultati migliori in termini di stoccaggio (35 kg/m^3 con peso specifico del 7%).

La ricerca sta spingendo verso l'individuazione di idruri a temperature più basse ($<100^{\circ}\text{C}$), in modo che possano essere accoppiati alle celle a combustibile PEM (che funzionano proprio in quel range di temperatura) nelle applicazioni veicolari. Attualmente i risultati raggiunti per questi ultimi non sono ancora soddisfacenti: leghe di ferro-titanio o nichel-lantanio non superano un peso specifico del 2%, mentre l'obiettivo è di arrivare al 5%.

Uno dei punti a favore di questa tecnologia, oltre all'elevata densità volumica, è senz'altro la sicurezza, in quanto il rischio di perdite indesiderate, anche in caso di impatto dovuto a incidente nel caso di applicazioni veicolari, è realmente minimo.

In questa tipologia di stoccaggio sono decisamente prevalenti i costi d'investimento. Per gli idruri a bassa temperatura (FeTi) i costi sono proibitivi per tempi di giacenza lunghi: 200 \$/GJ (più di dieci volte il costo di produzione!). Per tempi di un solo giorno il costo si abbassa molto: 2.9-7.5 \$/GJ.

Idruri chimici

Si tratta di un sistema estremamente valido soprattutto per tempi di stoccaggio molto lunghi (>100 giorni), in quanto sfrutta una reazione reversibile di idrogenazione usando composti liquidi a temperatura e pressione ambiente e quindi facilmente trasportabili e immagazzinabili (costituiscono dei veri e propri vettori energetici); tipicamente si usano metanolo, ammoniaca e meticcicloesano, ottenuto quest'ultimo dal toluene. I rischi connessi con l'uso di questi vettori non sono molto diversi da quelli dei normali carburanti come la benzina o il metano.



Le Powerballs sono palline di NaH ricoperte di polietilene con un diametro di 3,8 cm

Esse vengono immagazzinate direttamente in un serbatoio pieno d'acqua. In figura è mostrato il serbatoio ideato dalla Powerball chiamato *ThunderVolt* da 19 litri.



Bibliografia

- “Celle a combustibile : tecnologia e possibilità applicative” di Marco Noro
- “Il principio di responsabilità” di Hans Jonas
- “La nuvola di smog” di Italo Calvino
- “Il nuovo protagonisti e testi della filosofia : dal dibattito politico novecentesco alla bioetica” di Giovanni Fornero
- Enciclopedia Encarta 2007
- www.miniwatt.it
- www.wikipedia.it
- www.marina.difesa.it sito della Marina Militare Italiana