

VGR 2002
Pisa, 15 – 17 Ottobre 2002

TITOLO MEMORIA:

**L'IMPIEGO DI IDROGENO IN APPLICAZIONI CIVILI ED INDUSTRIALI
PROBLEMATICHE DI PREVENZIONE INCENDI**

Autori:

Dott. Ing. Fabrizio CECCHERINI – Comandante Provinciale VV.F. di Torino

Dott. Ing. Alessandro CARRARESI – Comandante Provinciale VV.F. di Livorno

Dott. Ing. Nicola CIANNELLI – Funzionario Tecnico del Comando Prov. VV.F. di Livorno

*C/O Comando Provinciale VV.F di Livorno
Via Campania, 25 57100 LIVORNO
Tel. 0586/868119 Fax 0586/852222
e-mail: nicola.ciannelli@tiscalinet.it*

SOMMARIO

Partendo dall'illustrazione di esperienze locali, visto il crescente sviluppo delle tecnologie connesse all'uso di idrogeno, l'articolo, dopo aver caratterizzato i modelli impiantistici che ragionevolmente potranno avere una maggiore diffusione in relazione all'attuale sviluppo tecnologico in ambito civile ed industriale (Produzioni, stoccaggi, reti di distribuzione, stazioni di rifornimento, ecc.), ne affronta le problematiche antincendio attraverso specifiche valutazioni di rischio.

L'approccio avviene su due livelli:

- I. Verifica in termini di attualità ed efficacia per i nuovi impianti dei vigenti riferimenti normativi anche in relazione a quelli che sono gli altri standard internazionali;
- II. Studio comparato per le installazioni più comuni con impiego di gas naturale e idrogeno.

La memoria si pone l'obiettivo, con particolare riguardo alle stazioni di rifornimento stradale, di fornire una base di lavoro per la definizione di standard di sicurezza adeguati per i nuovi impianti che l'impiego di idrogeno come combustibile del futuro andrà via via diffondendo.

L'IDROGENO PROPRIETA E DIFFUSIONE

L'Idrogeno è un elemento chimico scoperto per la prima volta nel 1766 dal chimico britannico Henry Cavendish come prodotto dell'azione dell'acido solforico sui metalli e come costituente dell'acqua.

Il nome dell'idrogeno trae origine dal greco *hydor* e *geno* cioè "generatore d'acqua", è un elemento chimico che si distingue per l'elevata reattività ed in forma libera è assolutamente inodore, insapore e privo di colore.

A temperatura di 0° C ed alla pressione atmosferica si presenta in forma gassosa ed è diatomico (molecola formata da due atomi). Ha punti di ebollizione e di fusione, ad eccezione dell'elio, più bassi di ogni altra sostanza: solidifica a - 259,2 ° C e liquefa a - 252, 77° C.

Il peso atomico è 1,007, allo stato gassoso la sua densità è pari a 0,089 g/l ed allo stato liquido la densità relativa è 0,071.

Esistono tre isotopi dell'idrogeno: quello ordinario il cui nucleo è costituito da un solo protone ; il deuterio con nucleo costituito da un protone ed un neutrone (massa atomica 2); il trizio con nucleo costituito da un protone e due neutroni (massa atomica 3, radioattivi e instabile).

E' presente sulla terra in elevatissime quantità, anche se non in forma libera, in diversi composti tra i quali il più diffuso è l'acqua.

In tabella 1 si riportano alcune caratteristiche chimico fisiche comparate ad altri idrocarburi.

PROPRIETÀ	BENZINA	GAS NATURALE	IDROGENO
Stato fisico a 20° C	Liquido	Gassoso	Gassoso
Densità (g/cm ³)	0,73	0,78 10 ⁻³	0,89 10 ⁻⁴ (gas) 0,71 10 ⁻¹ (Liq. a -253°)
Potere calorifico inf. • Gravimetrico(kj/kg) • Volumetrico(KJ/m ³)	4,45 10 ⁴ 32,0 10 ⁶	4,80 10 ⁴ 37,3 10 ³	12,5 10 ⁴ 10,4 10 ³ (gas) 8,52 10 ⁶ (liq.)
Composizione di combustione in aria (% Vol)	1,76	9,43	29,3
Campo di infiammabilità in aria (% Vol.)	1 – 7,6	5 – 16	4 – 75
Campo di detonabilità in aria (% Vol)	1,1 – 3,3	6,3 – 13,5	18,3 – 59,0
Energia minima di ignizione in aria (mJ)	0,24	0,29	0,02
Velocità di diffusione in aria (m/s)	0,17	0,51	2,0
Velocità di galleggiamento in aria (m/s)	-----	0,8 – 6,0	1,2 – 9,0
Tasso di fuga nell'aria da una falla (relativo al gas naturale)	(vapori) 1,7 – 3,6	1	2,8
Velocità di fiamma (m/s)	0,40	0,41	3, 45
Temperatura di fiamma (°C)	2197	1875	2045
Temperatura di ignizione (°C)	257	540	585
Luminosità di fiamma	Alta	Media	Bassa
Prodotti di combustione	CO, CO ₂ , H ₂ O	CO, CO ₂ , H ₂ O	H ₂ O
CO ₂ emessa (kg per kg di combustibile bruciato)	3,0 – 3,3	2,7	0

Tabella 1 – Caratteristiche chimico fisiche dell'idrogeno e di alcuni idrocarburi

Gli impieghi dell'idrogeno

L'idrogeno è un gas industriale di primaria importanza è infatti impiegato per un gran numero di operazioni chimiche tra le quali si ricordano:

- La sintesi dell'ammoniaca;

- Idrogenazione di oli di pesce e nafte;
- La desolforazione di gasoli e benzine;
- La produzione di metanolo;
- La sintesi di carburanti sintetici.

L'impiego come combustibile è avvenuto nell'ambito dei programmi spaziali NASA, sia come propellente per i vettori spaziali che come materia di base per la produzione di energia elettrica.

Il sempre crescente impiego di tecnologie legate all'uso di idrogeno è direttamente connesso agli enormi vantaggi in termini di impatto ambientale che il gas è in grado di garantire come fonte energetica.

LA PRODUZIONE DI IDROGENO

L'idrogeno è presente allo stato libero in atmosfera in quantità assai modeste è pertanto necessario ricorrere alla sua produzione.

Le produzioni più sviluppate impiegano idrocarburi per avere idrogeno e solo negli ultimi anni si stanno affermando quelle che impiegano acqua per ottenere idrogeno.

Non pochi sono i problemi che caratterizzano la produzione di idrogeno soprattutto in relazione agli elevati costi e alla difficoltà di individuare i migliori processi produttivi.

Nel seguito si forniscono brevi cenni sui principali processi produttivi.

Trasformazione degli idrocarburi

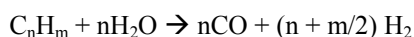
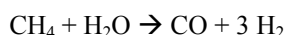
Nel caso in questione la produzione di idrogeno, in particolare per gli usi civili, è poco vantaggiosa dal punto di vista energetico, ambientale e soprattutto economico.

Il processo più diffuso è lo Steam Reforming (SR) del metano dal quale si produce il 50 % dell'idrogeno mondiale.

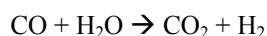
Il processo è utilizzabile anche con altri idrocarburi quali l'etano o la nafta. Idrocarburi più pesanti non sono impiegabili per il loro elevato tasso di impurità.

Lo SR consiste nel far reagire il metano con vapore d'acqua in presenza di catalizzatori opportuni.

Il processo, largamente diffuso a livello industriale, si svolge a temperature di 800 – 1000 ° C ed a una pressione di 2,5 MPa. In una prima fase si decompone il metano (o altro idrocarburo) in idrogeno e monossidi di carbonio secondo la formula:



Nel secondo stadio denominato "Shift reaction", il monossido di carbonio combinato con l'acqua produce ancora idrogeno ed anidride carbonica:



L'alimentazione idrocarburica è generalmente desolforata prima di entrare nel reforming.

Nel processo tradizionale gli idrocarburi sono utilizzati sia per la produzione di energia chimica che per la produzione di energia termica; circa il 45 % del consumo di idrocarburi è destinato alla produzione di calore.

A queste condizioni di impiego si determina che il prodotto idrogeno è molto più costoso del prodotto iniziale ed è quindi utilizzato in tecnologie che non hanno alternative.

Ne consegue che l'impiego di idrogeno proveniente da un impianto SR è generalmente diretto verso processi industriali e non verso l'impiego come combustibile.

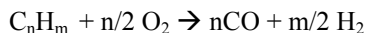
L'ottimizzazione del processo si è recentemente avuta con l'introduzione di sistemi di purificazione con setacci molecolari (PSA Pressare Swing Adsorbition) e processi di rimozione selettiva dell'anidride carbonica prodotta durante la fase di reforming.

Ossidazione parziale e gassificazione del carbone

Esistono due processi commerciali per la produzione di idrogeno tramite ossidazione parziale di idrocarburi (Texeco e Shell) che consistono fondamentalmente nella parziale combustione di idrocarburi con

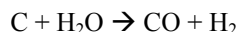
ossigeno o aria arricchita di ossigeno a temperature dell'ordine di 1300° - 1500° C con pressioni che possono arrivare a 60 bar.

La reazione globale che avviene in un contenitore in pressione è:

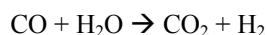


Tramite la gassificazione del carbone e, di recente, di biomasse si ottiene la conversione, parziale o totale, in idrogeno, idrocarburi leggeri e materiali grezzi per processi chimici o produzione di fertilizzanti.

Il processo prevede l'ossidazione del carbonio di base con le seguenti reazioni:



Con vapore a 500° C e un catalizzatore a base di ossidi di ferro, si può avere idrogeno dall'ossido di carbonio:



Complessivamente il processo di gassificazione del carbone si basa sulla formula chimica:



Le tecnologie in questione trovano ampia diffusione nei paesi dove la disponibilità di idrocarburi leggeri è modesta e quindi gli impianti SR hanno elevatissimi costi di produzione.

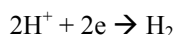
Decomposizione elettrolitica – elettrolisi.

La dissociazione della molecola dell'acqua per ottenere idrogeno non ricorrendo ad idrocarburi è la più sicura via d'uscita per il problema ambientale.

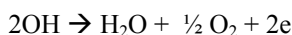
L'elettrolisi è il processo più comune per la produzione di idrogeno limitato dai bassi livelli di produzione ottenibili e dai costi, ancora elevati, dovuti all'impiego di energia elettrica

La produzione mondiale di idrogeno per via elettrolitica si attesta intorno al 5 – 6 % principalmente dove la disponibilità di energia idroelettrica è rilevante.

L'idrogeno deriva dalla dissociazione dell'acqua mediante passaggio di corrente elettrica. Gli ioni idrogeno, per effetto del potenziale elettrico, si trasferiscono al catodo dove si sviluppa idrogeno secondo la reazione:



Al catodo per contro si sviluppa ossigeno secondo la reazione:



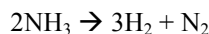
In linea teorica per ottenere un metro cubo di idrogeno a 15 ° C alla pressione atmosferica sono necessari 3,79 KWh, in realtà a causa della resistenza interna delle celle e alla polarizzazione degli elettrodi, sono necessari 4,53 KWh.

Negli ultimi anni sono state introdotte celle bipolari funzionanti a pressione di 30 atm e a temperature di 90 ° C che portano i consumi energetici a 3,9 – 4,2 KWh per mc di idrogeno prodotto.

Si prevede inoltre l'applicazione dell'elettrolisi con vapore da alta temperatura (900° - 1000° C). L'alta temperatura accelera la reazione e riduce le perdite energetiche anche del 30 – 35 % che, insieme all'elevata efficienza stimata, potrebbero portare questa tecnologia ad essere competitiva a livello economico con lo SR

Decomposizione dell'ammoniaca

La generazione di idrogeno per decomposizione dell'ammoniaca avviene per effetto della reazione :



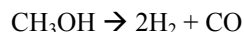
Essa è largamente diffusa per modesti consumi di tipo industriale dove è accettabile una diluizione di idrogeno con azoto fino ad un tenore del 25 % di azoto.

L'ammoniaca allo stato liquido viene vaporizzata con il calore contenuto nel prodotto della decomposizione e viene trasferita in tubi catalitici al nichel di un forno cracking. A 800 ° C avviene la decomposizione con pressioni che vanno da 10 atm a 1 atm in funzione degli impianti di utilizzazione dell'idrogeno.

Decomposizione del metanolo

La tecnologia in questione è economicamente conveniente quando il costo del metanolo è inferiore a quello del gas naturale e quando le necessità di idrogeno sono modeste.

Il metanolo liquido viene miscelato con acqua demineralizzata e vaporizzato a spese di calore fornito da olio diatermico. La miscela reagente alimenta un reattore verticale dove avviene la reazione di decomposizione:



Su un catalizzatore a base di ossido di rame e zinco ed ad una temperatura di 300° C

Altre tecnologie innovative

La ricerca è attiva in diversi settori riguardanti la produzione di idrogeno secondo due principali direzioni

- Ottimizzazione delle tecnologie esistenti;
- Sperimentazione di nuovi metodi.

In primo luogo si cerca di abbassare i costi delle tecnologie esistenti migliorandone il più possibile i rendimenti e l'efficienza.

I nuovi sistemi di produzione su cui oggi si punta maggiormente, sono quelli che consentono la produzione di idrogeno dall'acqua con impiego di energia solare in sostituzione dell'energia elettrica con metodi biologici e chimici.

STOCCAGGIO DELL'IDROGENO

Un limite alla diffusione dell'idrogeno come combustibile è stata sicuramente la difficoltà del trasporto e dello stoccaggio in vasta scala per via della bassa densità energetica e dei rischi notevoli associati alla movimentazione.

Tra l'altro gli aspetti del rischio di esplosione ed incendio di idrogeno nelle applicazioni pratiche non sono stati del tutto identificati.

Le tecnologie di immagazzinamento attualmente più in voga sono:

- Compressione dell'Idrogeno;
- Liquefazione dell'idrogeno;
- Impiego di idruri di metallo o chimici;

Depositi di idrogeno compresso

L'idrogeno in forma compressa può essere immagazzinato in appositi contenitori a pressioni anche molto elevate dell'ordine di 20 – 25 Mpa attraverso adeguati compressori.

Per il contenimento del gas possono essere utilizzate, oltre alle normali bombole in metallo, bombole in fibra/grafite di carbonio ad alta pressione. Esse presentano il difetto di essere piuttosto voluminose anche se di peso modesto.

Dal punto di vista dei rischi di esplosione ed incendio, gli apprestamenti di sicurezza degli stoccaggi in bombole di idrogeno, con gli opportuni accorgimenti, possono ritenersi confrontabili con gli stoccaggi di metano in bombole.

L'idrogeno già a contatto con l'aria forma una miscela esplosiva ma, a differenza del metano, la velocità con cui si disperde in aria è assai più elevata.

Stoccaggi più consistenti di gas compresso potrebbero essere, oltre che in normali serbatoi fuori terra per medie quantità, previsti in cavità sotterranee pozzi, miniere, gallerie, ecc. La convenienza economica del sistema è legata alla preesistenza di cavità di questo genere.

Depositi di idrogeno liquefatto

I processi di liquefazione dell'idrogeno usano una combinazione di compressori, scambiatori di calore, motori e valvole a farfalla per ottenere il ciclo di raffreddamento desiderato.

Il processo più semplice e diffuso è il ciclo di espansione di Joule-Thompson. Il gas è compresso a pressione ambiente e quindi raffreddato in uno scambiatore di calore prima di passare in una valvola di espansione Joule-Thompson producendo liquido. Una volta rimosso il liquido il gas ritorna al compressore mediante uno scambiatore di calore.

Allo stato liquido è immagazzinato ad una temperatura di -253°C (temperatura di ebollizione) per cui qualsiasi passaggio di calore attraverso il liquido causa evaporazione e quindi perdite di prodotto con pregiudizi per l'efficienza e la sicurezza del sistema.

La provenienza del calore può essere sia di tipo endogeno (passaggio dalla configurazione molecolare orto a para, energia di pompaggio) sia di tipo esogeno per convezione, conduzione e irraggiamento.

Per la protezione dal calore esterno si impiegano contenitori criogeni isolati costituito da un doppio rivestimento con isolanti interni.

L'impiego dei suddetti serbatoi per gli autoveicoli comporta rischi notevoli legati alla perdita di carburante, all'efficienza del sistema di isolamento termico e alla possibilità di urti eventuali.

Il sistema di stoccaggio in fase liquida, pur offrendo grandi risultati in termini di concentrazione energetica, presenta il difetto di essere economicamente poco redditizio per i costi di liquefazione e di mantenimento allo stato liquido in scala medio piccola.

Non sono trascurabili i problemi di sicurezza connessi con i quantitativi più consistenti stoccati e l'elevata instabilità dello stato della materia.

Idrogenazione di metalli e composti chimici

Gli idruri di metallo sono composti che trattengono l'idrogeno nello spazio interatomico di un metallo.

L'assorbimento dell'idrogeno nello spazio interatomico (idrogenazione) è un processo esotermico (richiede raffreddamento) mentre il processo inverso (deidrogenazione) è di natura endotermica (richiede calore).

Il contenitore dell'idruro deve avere un'ampia superficie di scambio termico per le fasi di idrogenazione e deidrogenazione.

Il sistema chimico è legato al trasferimento di idrogeno mediante processi chimici di dissociazione che portano a diversi prodotti tra cui l'idrogeno quali ad esempio il toluene con formazione di metilcicloesano.

IL TRASPORTO DELL'IDROGENO

Al trasporto dell'idrogeno possono adottarsi, con opportuni accorgimenti, le modalità del metano per cui le scelte sono legate alle distanze da percorrere, alle quantità da trasferire ai metodi di stoccaggio e al tipo di impiego.

Trasporto del gas su vettori

Come gas compresso può essere trasportato su cilindri a media pressione (autocisterne e ferrocisterne), ma gli elevati rischi connessi ad eventuali incidenti fanno sì che la maggior parte dei trasferimenti avvenga su gomma a bordo di carri bombolai che consentono di migliorare la concentrazione energetica incrementando le pressioni di stoccaggio.

Inoltre il trasporto su ferro è di modesta entità per i notevoli costi di impianto che l'allestimento di vagoni ad hoc implicherebbe.

In vasta scala e soprattutto su nave sulle rotte del Nord America e del Pacifico, sono in uso cisterne adibite a trasporto in fase liquida di idrogeno. Tale circostanza fa ritenere che la convenienza alla liquefazione del gas avvenga solo su vasta scala e con necessità di percorrere grandi distanze.

Trasporto tramite gasdotti

Come base di partenza si può ritenere che, con opportune precauzioni, un impianto di rete di distribuzione per il metano possa essere utilizzabile per l'idrogeno.

Particolare attenzione va però riposta sui seguenti aspetti:

1. Il contatto dell'idrogeno con alcuni acciai speciali e i materiali delle guarnizioni può provocare infragilimento degli stessi;
2. Particolare attenzione va posta alla possibilità di inneschi che per l'idrogeno necessitano di energie assai modeste (0.02 mJ rispetto a 0.3 mJ del metano);
3. eventuali rilasci in spazi confinati non sono avvertibili per via dell'assoluta assenza di odore del gas.

Rispetto agli impianti a metano appare quanto mai opportuno potenziare le attività di controllo periodico dello stato di integrità delle tubazioni soprattutto nei nodi (raccordi, flangie, valvole, ecc.). E' altrettanto opportuno prevedere in ambienti confinati strumenti di rilevazione gas anche attraverso l'odorizzazione dello stesso.

Attualmente le reti di distribuzione non sono molto diffuse e si limitano a piccoli collegamenti tra utilizzazione e produzione.

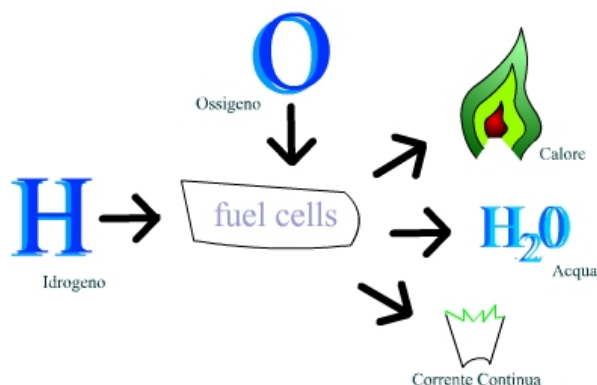
La suddetta circostanza è anche conseguenza del fatto che le attuali tecnologie presentano maggiori convenienze su scale medio-piccole.

LE CELLE A COMBUSTIBILE

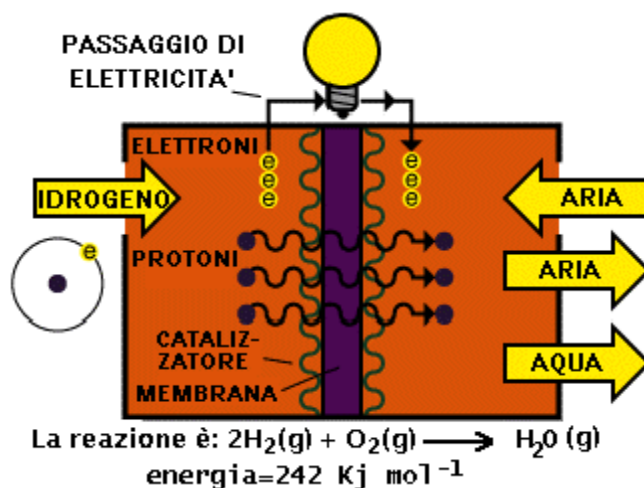
In campo civile l'attuazione e la diffusione di questa tecnologia abbinata a motori elettrici produrrà una sempre maggiore diffusione dell'idrogeno come fonte energetica del futuro prossimo.

Nel 2004 è prevista in Germania e negli Stati Uniti la commercializzazione delle prime vetture equipaggiate con motore elettrico alimentato da fuel cell.

La cella a combustibile è un generatore elettrico a funzionamento chimico dove in generale un combustibile (idrogeno) e un agente ossidante (ossigeno o aria) danno luogo ad energia elettrica, calore e acqua.



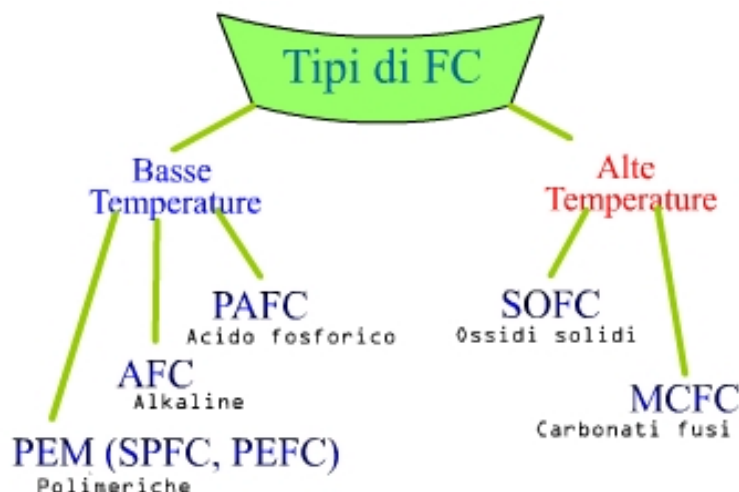
Sostanzialmente si tratta del processo inverso a quello dell'elettrolisi precedentemente descritto.



Immettendo ossigeno o aria in prossimità del catodo e idrogeno all'anodo in una soluzione elettrolitica, si attiva una migrazione di ioni per alimentare le reazioni di ossidazione del combustibile e di riduzione dell'ossidante con conseguente produzione di corrente continua agli elettrodi.

Generalmente un impianto a celle di combustibile è composto, oltre che dal modulo di potenza (contenete la sezione elettrochimica) anche da un convertitore di corrente (inverter) e di un trasformatore che convertono la corrente continua generata dalla pila in corrente alternata alla tensione e frequenza desiderata.

Le fuel cell si dividono in funzione delle temperature di esercizio che raggiungono.



Le Fuel Cell a bassa temperatura (AFC, PEM, PAFC) non sono complesse dal punto di vista tecnologico e consentono l'uso di materiali strutturali non particolarmente pregiati.

Le celle a combustibile ad alta temperatura presentano maggiore difficoltà dal punto di vista tecnologico, hanno il vantaggio di una maggiore flessibilità del combustibile e di un miglior livello di rendimento.

	PEM-SOFC-PEFC	AFC	PAFC-SAFC	SOFC	MCFC
Anodo	Nickel	Nickel Poroso	Oro, Titanio, Carbone	Nickel + Ossido di Zirconio	Nickel + low% Cromo
Catodo	Nickel	Nickel Poroso	Oro, Titanio, Carbone	Manganati di Lantanio	Ossido di Nickel Litiato
Elettrolita	Polimerica	Alkalina	Acido Fosforico	Ossido di Zirconio stab. ossido di Ittiro	Mix di carbonati di Potassio e Litio
Catalizzatore	Platino	Nickel	Platino	NO	Nickel
Reforming	SI	SI	SI	NO	NO
Raffreddamento	SI	NO	NO	NO	NO
Temperatura (°C)	60-120	60-100	180-200	800-1000	600-700
Efficienza (%)	40	70	40-45	50-60	50-60
Calore	NO	Basso	Basso	Alto	Alto
Residui	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O + CO ₂	H ₂ O
Applicazioni	Piccole, medie	Piccole, spaziali	Stazioni da 50-200KW	Stazioni da KW a MW	Stazioni da MW

Tabella 2 - Principali caratteristiche e diversità delle varie celle

NORMATIVA DI PREVENZIONE INCENDI SULL'ACCUMULO DISTRIBUZIONE E UTILIZZAZIONE DELL'IDROGENO

Al momento non esistono riferimenti normativi italiani di prevenzione incendi che regolano in maniera completa l'accumulo, la distribuzione e l'utilizzazione dell'idrogeno.

Le regole tecniche di prevenzione incendi utilizzabili per gli insediamenti in questione possono essere:

- Circolare del M.I. n° 106 del 05.11.1964;
- Decreto Ministeriale 24.11.1984.

Circolare M.I. n° 106 del 05.11.1964

La norma in essere ha come campo di applicazione gli impianti di stoccaggio di gas combustibile sotto pressione o di sola distribuzione in serbatoi fuori terra aventi volume geometrico superiore a 150 mc per usi industriali e commerciali a prescindere dalla densità del gas stesso.

Dall'anno 1984 non è stata più utilizzata come riferimento normativo per gli accumuli di gas naturale stante l'entrata in vigore del D.M. 24.11.1984, infatti la norma è stata principalmente applicata per il gas metano, combustibile gassoso più diffuso insieme al GPL.

Non è da considerarsi decaduta in quanto si applica ai depositi di gas combustibili a prescindere dalla loro densità relativa, non è applicabile per il metano in quanto l'art 1 comma 2 del citato D.M. ne abroga gli effetti sui depositi di metano.

La norma, senza dubbio risente della sua età, in particolare:

- Nella sua enunciazione fa riferimento a termini e definizioni non contemplati nel successivo D.M. 30.11.1983, questo rende macchinosa l'interpretazione del testo normativo e richiede uno sforzo aggiuntivo di correlazione tra il testo e le definizioni di distanze di protezione, interna ed esterne.
- Gli accessori dei serbatoi previsti dalla norma non sono perfettamente in linea con quelli previsti dalle odierne tecnologie per gli stoccaggi di idrogeno.

Del resto il campo normativo presenta ancora una valenza per la definizione dei progetti e in attesa di valutazione del rischio basata sulla definizione di ratei di guasto riportati nelle banche dati o sulla costruzione di altri di guasto, ne dimostra ancora la validità generale.

Certamente il campo di applicazione è assai ristretto e non copre tutta le possibilità di stoccaggio e impiego di idrogeno attualmente in uso o suscettibili di sviluppo futuro.

- D.M. 24.11.1984:

La norma fissa le regole per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di impianti di distribuzione, accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8.

Senza dubbio è il riferimento normativo più utile e completo per l'impostazione progettuale di un'attività con di utilizzazione e accumulo di idrogeno.

Capitolo a parte merita la trattazione degli impianti di distribuzione carburante in quanto ragionevolmente gli elementi contributivi che la comporranno potranno essere assai diversi da quelli costituenti un evento di distribuzione di metano la progettazione di depositi e reti di distribuzione di idrogeno in pressione non può limitarsi alla sola verifica della rispondenza al disposto normativo ma deve essere seguita da un'attenta valutazione del rischio residuo in quanto:

1. L'idrogeno attualmente prodotto non è odorizzato, quindi eventuali rilasci possono non essere percepiti con tempestività;
2. Il campo d'inflammabilità è assai più ampio di quello del metano e l'energia d'innescò è molto più modesta è quindi ragionevole pensare che un rilascio di gas possa essere innescato con più facilità rispetto al metano;
3. I fenomeni di invecchiamento dei materiali a contatto con l'idrogeno non sono del tutto conosciuti.

Esperienze locali del Comando VV.F. di Livorno su depositi esistenti hanno portato all'attuazione delle seguenti ulteriori misure di sicurezza:

1. Adozione di impianti di raffreddamento ad acqua del mantello di serbatoi fuori terra;
2. Frapposizione di muri tra serbatoi fuori terra posti a distanza di sicurezza conformi al riferimento normativo;
3. Adozione di impianti di rilevazione e allarme nei punti critici dell'impianto.

L'attuale presenza di serbatoi e reti di distribuzione sul territorio italiano è principalmente limitata agli insediamenti industriali medio-piccoli con quantità relativamente modeste e reti contenute per sviluppo lineare e per portate trasportate per cui è ancora accettabile l'assenza di una regola tecnica di Prevenzione incendi specifica per settore.

DISTRIBUTORI STRADALI

Una trattazione particolare meritano gli impianti di distribuzione stradale di idrogeno.

Il crescente sviluppo delle tecnologie che impiegano idrogeno per la movimentazione di autovetture dotate sia di motori tradizionali bi-power, sia di motori elettrici alimentati da fuel cell impone un'analisi dei possibili sviluppi che questi apprestamenti potranno avere a breve termine soprattutto a ridosso dei grandi centri urbani.

La trattazione fin qui svolta consente di fare una serie di considerazioni utili alla definizione della composizione di un impianto stradale di distribuzione idrogeno.

- I. Le attuali tecnologie sono tuttora svantaggiose da punto di vista energetico soprattutto su vasta scala. Gli impianti Steam Reforming inducono un costo aggiuntivo sul combustibile per cui l'idrogeno prodotto non è economicamente conveniente per l'impiego in autotrazione,
- II. Gli impianti elettrolitici sono onerosi per la necessità di energia elettrica tra l'altro in Italia di provenienza prevalentemente idrocarburica quindi poco interessante dal punto di vista ambientale. Lo sviluppo delle produzioni di energia elettrica di tipo fotovoltaico li rende però particolarmente competitivi a livello economico eventualmente associati a produzioni di energia elettrica di tipo tradizionale. La valenza ambientale di questo tipo di produzione è indubbia.
- III. C'è inoltre da considerare che le produzioni elettrolitiche su scala medio piccola sono tecnologicamente ormai affermate, diffuse in diversi settori produttivi e non eccessivamente onerose per l'impiego di materiali di base. Si può senz'altro ritenere che a questo livello la diffusione potrà essere consistente.
- IV. Gli stoccaggi di idrogeno in grosse quantità possono avvenire con idrogeno liquido, ma i costi di impianto e gestione sono ancora elevati. Inoltre l'idrogeno liquido presenta un'elevata dispersione per l'evaporazione e rischi sensibili di rilascio incontrollato.
- V. Gli stoccaggi di idrogeno in pressione per quantità medio piccole possono sfruttare le tecnologie del metano soprattutto nei contenitori più piccoli (bombole);
- VI. L'attuale metodo di trasporto di idrogeno più attuato è quello su carri bombolai.
- VII. E' improponibile una distribuzione di idrogeno su reti di grandi dimensioni visti gli elevati costi di I impianto o di riconversione delle reti metano;
- VIII. Le pressioni di stoccaggio di idrogeno all'interno dei contenitori installati sui prototipi di vetture fin ora realizzati non eccedono i valori di pressione delle bombole.

Le suddette considerazioni fanno ritenere plausibile l'adozione di gruppi di generazione dell'idrogeno in ogni distributore con aree di deposito bombole e/o box di carri bombolai per l'alimentazione in continuo del distributore.

E' possibile quindi definire un impianto di distribuzione stradale come costituito dai seguenti elementi:

- A. Locale compressori;
- B. Unità di generazione idrogeno per via elettrolitica associate ad adeguati sistemi di purificazione;
- C. Uno o più box per carri bombolai;
- D. Un'area di stoccaggio in bombole;
- E. Box per rifornimento vetture;
- F. Area servizi annessi.

CONCLUSIONI

Le tecnologie con impiego di idrogeno sono in crescente diffusione non solo in ambito industriale ma soprattutto in ambito civile con particolare rilievo nel settore automobilistico. Le ragioni del crescente sviluppo possono sintetizzarsi:

1. Impatto ambientale: Sicuramente il punto di maggiore interesse, le emissioni sono prossime allo zero (nel caso di utilizzo di motori endotermici) o completamente nulli (nel caso di utilizzo di fuel cell);
2. Sviluppo di impianti elettrolitici: l'ottimizzazione degli impianti di generazione elettrolitica dell'idrogeno è in grado di garantire sempre maggiori rendimenti in termini energetici soprattutto se associati a impianti di produzione di energia elettrica di tipo fotovoltaico;
3. Sviluppo delle fuel cell: l'affinamento tecnologico delle celle a combustibile garantisce sempre migliori rendimenti, flessibilità e continuità di impiego.

D'altro canto la maggiore diffusione di idrogeno pone nuove problematiche di prevenzione incendi che conviene cominciare ad affrontare per non rimanere impreparati di fronte alla velocissima evoluzione del settore.

L'approccio più razionale è quello di cominciare ad affrontare i problemi delle installazioni che verosimilmente nei prossimi anni troveranno sempre maggiori applicazioni nel campo pratico e che possono individuarsi nei:

- Depositi in pressione;
- Distributori stradali.

Nel primo caso le conoscenze teoriche sulla valutazione e gestione, associate alle esperienze operative maturate nel campo dei gas combustibili ed in particolare del metano consentono il raggiungimento di adeguati standard sicurezza.

Solo una consistente diffusione di depositi anche di piccole dimensioni dovrà, così come avvenuto per il metano e il GPL, imporre la definizione, che comunque al momento non appare prioritaria, di un riferimento normativo puntuale in grado di coprire tutte le possibilità realizzative che il progresso tecnologico vorrà porre.

Nel caso delle stazioni di rifornimento è ragionevolmente ipotizzabile uno sviluppo consistente per cui appare importante approfondire alcune tematiche legate alla produzione e all'impiego di idrogeno.

Tali approfondimenti hanno portato alla definizione di una tipologia realizzativa degli impianti di distribuzione che costituisce la base per uno studio teso alla definizione di un riferimento normativo in grado di consentire realizzazioni sicure senza costituire intralci per lo sviluppo e la diffusione di tali impianti.