

Il ruolo della chimica nel futuro del trasporto urbano

Sul futuro del trasporto urbano, diverse sono le previsioni ed una parte della classe politica sembra avere già dato le sue indicazioni, come lo aveva fatto nel passato per la nazionalizzazione dell'energia elettrica e per la fuoriuscita dal nucleare: l'utilizzo dell'idrogeno. I diversi articoli, presenti in questo numero della rivista, dovrebbero aiutare il lettore a districarsi meglio fra le molte ipotesi sul futuro a breve e medio termine, ossia nei prossimi vent'anni. Non c'è dubbio che i fattori più importanti che condizioneranno il futuro del trasporto saranno la disponibilità di combustibili a basso prezzo e gli aspetti ambientali connessi sia con l'inquinamento delle città (in fase acuta), sia con quello planetario (l'effetto serra).

La disponibilità di combustibili liquidi e gassosi, come è emerso in un convegno organizzato recentemente a Roma da Enitecnologie sui "Futuri scenari energetici" non dovrebbe dare sorprese per i prossimi vent'anni (ed anche dopo). Le riserve sono sufficienti, anche con provenienza da zone diverse dal medio oriente. Questo non sulla base delle solite previsioni, che spostano d'anno in anno l'ascissa temporale delle curve delle riserve (alle quali qualcuno potrebbe non credere), ma alla luce di nuovi successi industriali e di innovazioni tecnologiche. Inoltre, non ci saranno problemi per la disponibilità di idrogeno, prodotto sempre a partire da combustibili fossili, preferibilmente il metano: basta accontentarsi dell'alto prezzo.

Per i prossimi vent'anni non sembra ci sia alternativa alle fonti fossili: in seguito forse si sfrutterà l'acqua con il fotovoltaico, la dissociazione fotocatalitica o l'energia nucleare.

Se da un lato la disponibilità di fonti fossili rende meno oscuro lo sviluppo futuro, dall'altro lato rende più imminente l'effetto serra. Comunque è bene ricordare che l'effetto serra è causato da diverse attività umane e che il trasporto è solo uno dei responsabili, che in media incide per circa il 30%. Ma se si vuole scegliere l'idrogeno come combustibile, per rispettare gli accordi di Kyoto, è necessario sequestrare nella massima sicurezza la CO₂, formata nei processi di ossidazione e di reforming con acqua, in apposite caverne o laghi salini sotterranei o in fondo agli oceani; a queste soluzioni non sembra che ci siano alternative realistiche.

I vincoli ambientali saranno il secondo fattore che condizionerà il trasporto perché l'inquinamento dei centri urbani è ormai in una fase acuta: l'abbattimento dei livelli di CO, NOx, particolato (PM10), HC ecc. richiede misure immediate. Tali vincoli saranno rispettati con interventi sulle infrastrutture, sui comportamenti individuali e sul mezzo di trasporto. Noi ci soffermeremo solo su quest'ultimo, perché è quello in cui è coinvolta la chimica.

L'impatto ambientale del trasporto potrà essere diminuito con la messa a punto di motori più efficienti, che consumino meno carburante e quindi emettano meno CO₂ (da qui il maggiore uso diesel nei prossimi anni); la messa a punto di carburanti più puliti e l'aumento dell'efficienza del sistema di abbattimento potranno diminuire le emissioni di sostanze tossiche. L'uso, per esempio, di combustibili di origine vegetale o animale (biodiesel) potrà contribuire alla riduzione della CO₂ (sono rinnovabili), ma non a quella dell'inquinamento urbano. La riduzione definitiva dell'inquinamento da traffico sarà però collegata al cambiamento del tipo di motore e di combustibile. Già per il 2005 (Euro 4) le emissioni dei diesel dovranno essere sotto il limite di 0,03 g/km per il particolato e di 0,3 g/km per la somma HC+NOx; lo zolfo nel diesel dovrà passare dagli attuali ~350 ppm, a 50 ppm. Per il 2008 si arriverà, grazie alla messa a punto di motori a benzina "lean burn", ad un aumento dell'efficienza del motore e ad una riduzione del consumo di carburante del 20%, con la corrispettiva diminuzione dell'emissione di CO₂. Dal 2010 è prevista un'ulteriore diminuzione del contenuto di zolfo nella benzina e nel diesel a 10 ppm e la riduzione, nella benzina, del benzene sotto 1 ppm e degli aromatici a 35 ppm. Per i motori diesel sarà necessario, inoltre, mettere a punto additivi più o meno catalitici, introdurre modifiche del motore e pensare a nuovi sistemi catalitici nella marmitta per ridurre PM10, CO e HC+NOx. Dopo si potrà pensare ad una riduzione a zero.

L'utilizzo dell'idrogeno nelle "fuel cell" è la soluzione che potrà garantire una riduzione a zero di tutte le emissioni. Si prevede, comunque che queste auto copriranno, nel 2020 in Europa, solo il 5% del mercato.

Il "bridging fuel" fra carburanti liquidi e idrogeno è considerato dalla Fiat il metano che, con un'opportuna marmitta catalitica, non dà emissioni nocive. La Fiat ha già in commercio macchine bipower (benzina e metano) e prevede di applicare questa tecnologia ai veicoli commerciali

e di servizio. Si prevede inoltre un maggiore utilizzo di motori ibridi termici ed elettrici già messi a punto sia dalla Toyota sia dalla Honda.

La soluzione idrogeno vede i costruttori di auto divisi sulle tecnologie da impiegare.

La Fiat propone una *city car*, l'Elettra, con celle a combustibile e l'idrogeno compresso in bombole. La Daimler Benz (con la Necar) spinge sulle fuel cell, ma con metanolo e reformer a bordo. La Bmw è l'unica che ha scelto l'idrogeno per un'auto a combustione interna (la 750 hl, 12 cilindri, 5.400 cc di cilindrata). La Bmw, con un pieno di 10 kg (140 litri) d'idrogeno liquido (~20 K), ha un'autonomia di 350 km.

Numerosi altri costruttori (Ford, Toyota, Mitsubishi, Mazda ecc.) stanno sperimentando auto con celle a combustibile.

Questo accordo dei costruttori sul sistema "fuel-cell - motore elettrico" non stupisce perché offre i vantaggi dei motori elettrici (alta efficienza, basso rumore, manutenzione ridotta) e quelli dell'alta efficienza delle celle a combustibile, che non si basano sul ciclo di Carnot.

Le auto con celle a combustibile ad idrogeno sono attualmente penalizzate dalla gestione, dal trasporto e dallo stoccaggio di questo combustibile. Per quanto riguarda la produzione ed il trasporto dell'idrogeno, la soluzione economicamente più praticabile appare oggi quella dello *steam reforming* del gas naturale presso le stazioni di servizio (CO_2 in aria), rispetto alla produzione centralizzata che richiede il trasporto d'idrogeno ai distributori.

Lo stoccaggio dell'idrogeno è invece una tecnologia abbastanza complessa ed è articolata su diversi fronti. Il Dipartimento dell'Energia statunitense (Doe) ha fissato un obiettivo che non penalizzi dimensioni, masse e consumi delle auto: l'idrogeno deve raggiungere il 6,5% rispetto alla massa del serbatoio che deve occupare un volume di circa 70 litri. Assumendo un valore ragionevole per l'autonomia di una vettura media (500 km), si devono mettere a bordo circa 5 kg d'idrogeno. Le attuali bombole di acciaio appaiono distanti dall'obiettivo del Doe: infatti, per 5 kg d'idrogeno ci vogliono 400 kg di bombole (1,25%) con un volume di 400 litri.

La situazione non è molto diversa per le altre tecniche di stoccaggio. Perciò l'argomento è oggetto di un'intensa attività di R&D. I progressi sulle bombole sembrano interessanti: alluminio rinforzato da compositi polimerici e fibre speciali. Si studiano recipienti sia di forma cilindrica sia squadrata fino a pressioni di esercizio di 70 MPa. Il problema è la resistenza alla fatica (numero di cicli di carica e scarica). Non sono attesi, invece, miglioramenti per i serbatoi criogenici superisolati, dato che la tecnologia è già al *top* essendo stata sviluppata e collaudata sui veicoli spaziali (*Space Shuttle* ed *Ariane*). Tali serbatoi, pur essendo abbastanza vicini all'obiettivo del Doe, hanno costi alti e sono dei sistemi "aperti all'aria". Devono infatti permettere l'ebollizione continua dell'idrogeno che ne provoca una perdita di circa l'1% al giorno per evaporazione.

Per quanto riguarda gli idruri, l'introduzione dei materiali a grani nanocristallini (MgH_2) sembra aver aperto qualche spiraglio di miglioramento sia per la capacità di stoccaggio sia per le velocità di rilascio e di ricarica.

Per quelli più noti (Mg_2NiH_4 , LaNi_5H_6 , FeTiH_2) rimane il problema della loro massa: per 5 kg di idrogeno servono 400 kg. Ancora da risolvere: tempo di ricarica e vita media.

I materiali carboniosi offrono prospettive di gran lunga più vivaci anche per le possibilità che le nanofibre ed i nanotubi di carbonio offrono in questa ed in altre applicazioni, ma sono ancora in uno stadio di ricerca esplorativa. Valori alti della capacità di stoccaggio non sopravvivono alla verifica di altri sperimentatori; tuttavia cominciano ad apparire dati consolidati (2-3% in massa) rispetto all'obiettivo del Doe (6,5%). In alternativa allo stoccaggio diretto dell'idrogeno rimane sempre la soluzione di ripiego dell'uso del reformer a bordo, per trasformare carburanti liquidi (nafta, etanolo o metanolo) o gassosi in idrogeno.

In conclusione, i prossimi vent'anni saranno caratterizzati da un aumento dell'utilizzo di combustibili puliti, del diesel a sfavore della benzina, da un aumento dell'utilizzo dei motori a metano e Gpl e dalla prima commercializzazione dei motori a "fuel cell". Non è ancora chiaro dove sarà localizzato il reformer per produrre idrogeno da combustibili fossili: a bocca di pozzo per reiniettare la CO_2 formata, o dove esistono caverne o laghi salini sotterranei adatti a sequestrare la CO_2 . La scelta della localizzazione del reformer, presso i distributori di carburante o all'interno della macchina, sarà comunque benvenuta per attenuare gli effetti del traffico nei centri urbani, contando anche sull'efficienza delle celle a combustibile e dei motori elettrici per attenuare l'impatto della CO_2 , che comunque viene emessa. La scelta finale dipenderà dalla soluzione dei problemi di sicurezza connessi con l'idrogeno e la sequestrazione della CO_2 , dalle emissioni consentite di questo gas per singola nazione e dalle scelte che saranno effettuate per la produzione di energia nelle stazioni fisse.

Ferruccio Trifirò