



Istituto Ricerche Economico Sociali del Piemonte

# AUTO MIA

Autoveicoli a minor impatto ambientale

Una indagine esplorativa



Febbraio 2004

*Promossa dalla Regione Piemonte, Direzione Industria, Osservatorio Settori Produttivi Industriali*

*Realizzata da Giampiero Brusaglino, Giuseppe Giulio Calabrese, Renato Gaudio,  
Giuseppe Gianolio, Renato Lanzetti*



## Indice

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA RICERCA, p. 7

### Capitolo 1 LA MOBILITÀ SOSTENIBILE: LE COORDINATE DI UN NODO STRATEGICO, p. 11

- 1.1 Lo sviluppo sostenibile, p. 11
- 1.2 Il fabbisogno energetico e la sicurezza dell'approvvigionamento, p.12
- 1.3 I requisiti della mobilità sostenibile, p. 14
- 1.4 Mobilità, consumi energetici e inquinamento del trasporto su strada, p. 14

### Capitolo 2 GLI SCENARI EVOLUTIVI DI BASE, p. 19

- 2.1 L'evoluzione dei carburanti/combustibili, p. 19
  - 2.1.1 *Combustibili convenzionali e combustibili alternativi*, p. 19
  - 2.1.2 *L'evoluzione dei carburanti "tradizionali"*, p. 21
- 2.2 L'evoluzione dei veicoli, p. 23
- 2.3 L'evoluzione dei motori, p. 24
- 2.4 Strategie per i livelli di emissione EURO 4 ed EURO 5 dei motori tradizionali, p. 27
- 2.5 I combustibili alternativi, p. 29
  - 2.5.1 *Le miscele acqua-gasolio*, p. 30
  - 2.5.2 *I biocarburanti*, p. 30
  - 2.5.3 *Metano*, p. 31
  - 2.5.4 *GPL*, p. 31
  - 2.5.5 *Idrogeno*, p. 31
  - 2.5.6 *Infrastrutture*, p. 33
  - 2.5.7 *Tabella riassuntiva di confronto dei carburanti per autotrazione*, p. 33
- 2.6 Le trazioni alternative, p. 34
  - 2.6.1 *Elettrico puro*, p. 34
  - 2.6.2 *Veicoli ibridi*, p. 37
  - 2.6.3 *Veicoli a celle a combustibile*, p. 40
  - 2.6.4 *Tabella riassuntiva di confronto delle tecnologie di trazione*, p. 44
- 2.7 Uno studio del MIT: per i prossimi 20 anni la soluzione più conveniente è l'ibrido-diesel?, p. 44
- 2.8 L'evoluzione/evoluzione informatica: linee di sviluppo, p. 45
  - 2.8.1 *Azionamenti by-wire*, p. 46
  - 2.8.2 *Ausili al conducente, localizzazione e trasmissione dati, connettività*, p. 48

### Capitolo 3 L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA, p. 53

- 3.1 La normativa vigente per i veicoli stradali "tradizionali", p. 53
- 3.2 Le emissioni allo scarico dei motori e la normativa CE, p. 54
- 3.3 Cenni sulla normativa relativa all'evoluzione dei carburanti (nuova benzina e gasolio, carburanti gassosi), p. 56
- 3.4 Normativa specifica per i veicoli ibridi ed elettrici, p. 57

#### **Capitolo 4** LE STRATEGIE DELLE CASE AUTOMOBILISTICHE, p. 63

- 4.1 BMW, p. 64
- 4.2 Daimler Chrysler, p. 66
- 4.3 FIAT, p. 70
- 4.4 Ford, p. 75
- 4.5 General Motors, p. 78
- 4.6 Honda, p. 82
- 4.7 Nissan, p. 83
- 4.8 PSA-Peugeot Citroën, p. 86
- 4.9 Renault, p. 88
- 4.10 Toyota, p. 89
- 4.11 Volkswagen, p. 91
- 4.12 Volvo, p. 92
- 4.13 Schede sinottiche, p. 93
- 4.14 Conclusioni, p. 99

#### **Capitolo 5** I PROGETTI PIÙ SIGNIFICATIVI, p. 103

- 5.1 Veicoli a metano FIAT, p. 104
- 5.2 Toyota Prius, p. 106
- 5.3 Veicoli elettrici Microvett (Porter-Ducato), p. 108
- 5.4 Veicoli elettrici PSA, p. 109
- 5.5 Bus fuel cell-Irisbus, p. 111
- 5.6 Vettura fuel cell Necar-Daimler Chrysler, p. 113
- 5.7 Consorzio Suva, p. 115
- 5.8 Consorzio Fuero Fueva, p. 116
- 5.9 Fiat Seicento H2 fuel cell, p. 118
- 5.10 Fiat Multipla ibrida a metano (Gasdriver), p. 120
- 5.11 Auto da 3 litri per 100 km, p. 121
- 5.12 Conclusioni, p. 122

#### **Capitolo 6** LE ATTIVITÀ DI RICERCA IN MERITO ALLE AUTOVETTURE A MINORE IMPATTO AMBIENTALE, p. 125

- 6.1 Argonne National Laboratori (Illinois, USA), p. 126
- 6.2 Japan Automobile Research Institute (Giappone), p. 127
- 6.3 Institut für Kraftfahrwesen Aachen (Germania), p. 127
- 6.4 Inrets (Francia), p. 128
- 6.5 University of Sheffield (Gran Bretagna), p. 129
- 6.6 TNO (Olanda), p. 130
- 6.7 La ricerca e sviluppo in Italia, p. 131
  - 6.7.1 *Il Centro Ricerche Fiat*, p. 133
  - 6.7.2 *L'ENEA*, p. 134
  - 6.7.3 *Il Consiglio Nazionale delle Ricerche*, p. 136
    - 6.7.3.1 *L'Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano"*, p. 136
    - 6.7.3.2 *L'Istituto Motori*, p. 137

**Capitolo 7** LE POLITICHE PUBBLICHE A FAVORE DELLE AUTOVETTURE A MINORE IMPATTO AMBIENTALE, p. 139

- 7.1 Le politiche di regolamentazione delle emissioni inquinanti, p. 141
  - 7.1.1 *Gli Stati Uniti*, p. 142
  - 7.1.2 *Il Giappone*, p. 144
  - 7.1.3 *L'Unione Europea*, p. 145
- 7.2 Il sostegno della domanda, p. 147
  - 7.2.1 *La tassazione differenziata dei carburanti*, p. 148
  - 7.2.2 *Gli incentivi per l'acquisto di autovetture a minor impatto ambientale*, p. 150
    - 7.2.2.1 *Gli Stati Uniti*, p. 150
    - 7.2.2.2 *Il Giappone*, p. 151
    - 7.2.2.3 *L'Unione Europea*, p. 151
      - 7.2.2.3.1 *Germania*, p. 152
      - 7.2.2.3.2 *Francia*, p. 152
      - 7.2.2.3.3 *Gran Bretagna*, p. 152
      - 7.2.2.3.4 *Italia*, p. 153
      - 7.2.2.3.5 *Leggi Regionali Italiane*, p. 154
- 7.3 Gli interventi a favore della ricerca e sviluppo, p. 155
  - 7.3.1 *Gli Stati Uniti*, p. 157
  - 7.3.2 *Il Giappone*, p. 158
  - 7.3.3 *L'Unione Europea*, p. 159
    - 7.3.3.1 *Il V° Programma quadro (1998-2002)*, p. 159
    - 7.3.3.2 *Il VI° Programma quadro (2003-2006)*, p. 160
  - 7.3.4 *L'Italia*, p. 162
    - 7.3.4.1 *Progetti finanziati dal Miur*, p. 162
    - 7.3.4.2 *Lombardia*, p. 163
    - 7.3.4.3 *Piemonte*, p. 164

**Capitolo 8** CONSIDERAZIONI DI SINTESI, p. 167

*La ricerca è stata ultimata a Dicembre 2003.*



## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA RICERCA

Nell'ambito del dibattito finalizzato ad analizzare le prospettive di sviluppo dell'industria automobilistica e a definire progetti di intervento pubblico per valorizzarne competenze e attività produttive, capaci di contemperare urgenze congiunturali e programmi strutturali, da più parti si indica come orizzonte obbligato quello costituito dalle potenzialità di trasformazione del settore verso una configurazione fondata su sperimentazioni, progetti e produzioni che abbiano come obiettivo l'introduzione progressiva di veicoli innovativi a minor impatto ambientale.

Le nuove propulsioni per gli autoveicoli sono infatti oggetto di intenso dibattito in ragione dell'acuirsi dei problemi della mobilità e della congestione del traffico, dei limiti alla crescita dei consumi energetici rappresentati dalla disponibilità fisica e geo-strategica della fonti primarie di energia, con particolare riferimento al petrolio, dell'inquinamento, specie, ma non solo, nei centri urbani delle città.

In particolare, il vertice mondiale ONU sullo sviluppo sostenibile, svoltosi a Johannesburg nel 2002, ha evidenziato con forza la pesantezza della pressione antropica sulla biosfera e l'urgenza di intervenire per operare una drastica riduzione dei gas serra, ai quali viene imputato il riscaldamento climatico che potrebbe avere effetti dirompenti, quantomeno nel medio-lungo periodo, sull'ambiente e sull'economia globale.

In questo contesto l'industria autoveicolistica mondiale è chiamata, più di altri settori in considerazione del consistente impatto che il sistema dei trasporti determina sulla situazione ambientale, a raccogliere positivamente l'allarme dell'ONU, innovando i processi produttivi e innalzando il livello qualitativo dei veicoli, delle loro prestazioni energetiche e ambientali e dei servizi da esse prestati.

Questa frontiera dello sviluppo tecnologico è divenuta un tema saliente per l'opinione pubblica e conseguentemente per i governi locali e nazionali, dibattito che si intensifica proprio in un momento di incertezza, se non di crisi in alcune realtà come quella italiana, del settore.

Il settore dell'auto entra così in un ulteriore fase di trasformazione, come dimostrano le iniziative dei car makers, dei costruttori di fuel cells, delle oil companies e dei governi.

La diffusione di massa di nuovi modelli a emissione zero rappresenta infatti un'opportunità per i costruttori, oltre che per i cittadini: lo sviluppo di nuove tecnologie per una mobilità sostenibile può svolgere infatti, con la realizzazione di motorizzazioni alternative, se non di mezzi di trasporto di nuova concezione, un ruolo centrale di ulteriore rilancio del settore autoveicolistico.

Tutti i costruttori sono impegnati sui veicoli elettrici, a gas naturale, ibridi e a fuel cell, mentre l'attenzione mediatica evidenzia con particolare intensità l'obiettivo strategico di realizzare auto alimentate totalmente a idrogeno

Nel campo delle trazioni vengono proposti scenari evolutivi che contemplano ad un tempo decisi miglioramenti nelle trazioni tradizionali, l'impiego di combustibili alternativi,

soluzioni tecniche “ibride” e in un orizzonte più esteso l’eventualità di un ruolo centrale per le fuel cell e l’idrogeno.

La gradualità della realizzazione delle diverse traiettorie ipotizzabili dipende dallo stato dell’arte delle tecnologie provate e disponibili, oltre che naturalmente dei relativi costi, mentre l’introduzione delle tecnologie più radicalmente innovative presenta una serie di ostacoli non secondari, come ad esempio la riconversione delle reti di distribuzione e la definizione di standard produttivi e operativi.

La questione è di rilievo non solo per il fatto che lo scenario della mobilità sostenibile è possibile solo attraverso investimenti consistenti ma anche perché la scelta delle soluzioni sulle quali puntare, e in quali tempi, non è definita e le diverse opzioni hanno costi e opportunità differenti.

In questa ottica, numerose esperienze internazionali indicano che l’attore pubblico ha un ruolo non secondario sia rispetto alla selezione delle opzioni sia rispetto ai tempi degli interventi.

Da queste considerazioni di scenario, è nata l’esigenza della presente ricerca che, passando in rassegna le varie dimensioni del problema e le esperienze che si stanno sviluppando in questa prospettiva, intende analizzare lo stato dell’arte ed evidenziare i possibili scenari di sviluppo, nell’obiettivo di fornire quelle conoscenze, sia pur preliminari, necessarie per un adeguato intervento pubblico, a partire da alcune domande.

Quali le possibilità di miglioramento dei combustibili e delle trazioni oggi in uso?  
Quali le combustioni e le trazioni alternative ? Quali i loro pregi e difetti, la loro affidabilità tecnologica, la loro efficacia di utilizzo, l’orizzonte temporale delle loro applicazioni?

Quali le normative e gli standard ai quali le diverse soluzioni devono ottemperare?

Quali le strategie attuate dalle case automobilistiche? Quali i loro progetti già sperimentati o in corso di sperimentazione, a livello prototipale o di studio, e quali insegnamenti si possono trarre da questi progetti?

Qual è il posizionamento scientifico e innovativo in questo campo del nostro Paese, in comparazione con gli impegni e le strutture di ricerca operanti in altre realtà nazionali, a fronte della dotazione di conoscenze necessarie?

Quale è e quale può essere il possibile ruolo del decisore pubblico ai diversi livelli di governo, comunitario, nazionale e regionale, in termini di regolazione, di predisposizione di infrastrutture, di incentivazione e promozione della domanda, di progetti di ricerca e di investimenti produttivi?

Il lavoro, che si è basato su una rassegna compilativa delle fonti informative economiche e scientifiche disponibili in letteratura e in rete, intende presentare una prima e preliminare panoramica dell’evoluzione in corso: la presentazione del materiale raccolto è stata articolata nel modo seguente.

Nel primo capitolo vengono proposti in modo sintetico alcuni elementi conoscitivi in materia di mobilità sostenibile per comporre un quadro di contesto, ovvero delle ragioni economiche e ambientali che spingono verso le propulsioni innovative o alternative.

Nel capitolo successivo è presentata una rassegna analitica dei carburanti e delle trazioni alternative, per evidenziare le differenti opzioni tecnologiche disponibili, sia quelle già sperimentate o in corso di sperimentazione su strada, sia quelle per ora allo stadio di prototipo o di studio di fattibilità.

Il terzo capitolo riporta elementi conoscitivi in merito alla evoluzione degli standard e della normativa tecnica ai quali si deve commisurare l'evoluzione tecnologica dei veicoli.

Una rassegna delle strategie delle case automobilistiche in termini di orizzonte e portafoglio tecnologico e di prodotto viene proposta nel quarto capitolo, mentre in quello successivo si prospetta un esame più dettagliato di alcuni progetti in corso di sperimentazione.

Infine, negli ultimi due capitoli, si evidenziano le attività svolte e le potenzialità detenute dai principali Istituti di ricerca italiani operanti nel campo delle propulsioni alternative, con alcuni riferimenti comparativi alle più significative realtà mondiali, e le politiche pubbliche adottate nei principali paesi produttori di autoveicoli a sostegno di questo processo innovativo.

Occorre sottolineare che, seppure il quadro presentato può risultare ragionevolmente sistematico, i risultati conseguiti – per il carattere indiretto delle fonti, che non consentono di rispondere in modo esauriente a tutti gli interrogativi sollevati – devono essere ritenuti preliminari e suscettibili di ulteriori e necessari approfondimenti, la cui direzione dovrà essere definite, in continuo aggiornamento con l'evoluzione dei processi indagati, a partire da una ricognizione diretta presso tutti gli attori, case produttrici, imprese energetiche, centri di ricerca e amministrazioni pubbliche, a vario titolo impegnati in questo ambito.

In questa prospettiva non potrà che risultare centrale l'attenzione sulle possibili ripercussioni dello sviluppo delle propulsioni alternative sul sistema produttivo nazionale e regionale.



## Capitolo 1

### LA MOBILITÀ SOSTENIBILE: LE COORDINATE DI UN NODO STRATEGICO

#### 1.1 *Lo sviluppo sostenibile*

La definizione di sviluppo sostenibile più comunemente accettata è quella proposta nel 1987 dal cosiddetto Rapporto Brundtland, o “Our Common Future”, realizzato dalla Commissione Mondiale per l’Ambiente e lo Sviluppo dell’ONU [ONU 1987]: “*sviluppo che permette di soddisfare i bisogni della generazione attuale senza compromettere la possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri*”.

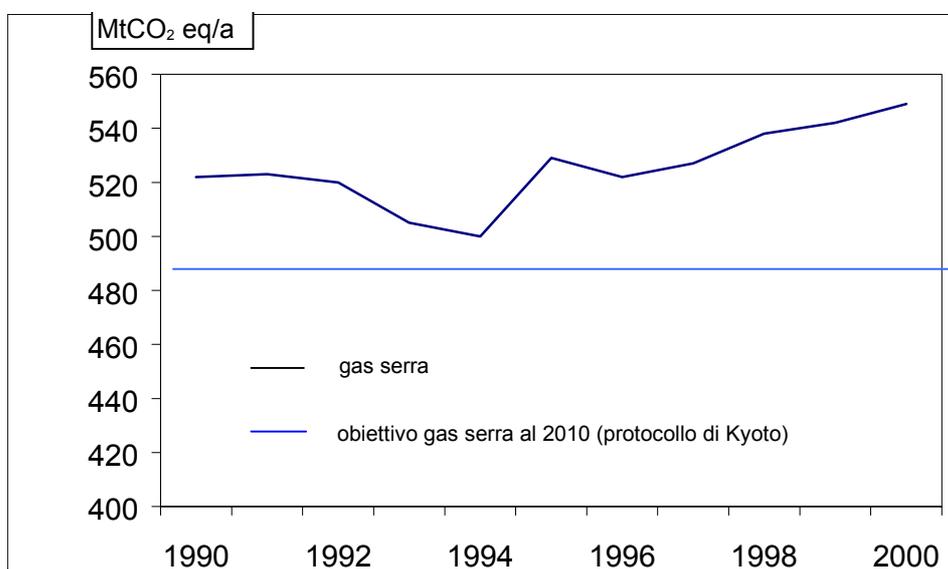
Lo sviluppo sostenibile, assunto come parola d’ordine di riferimento per le politiche globali da almeno dieci anni nella Conferenza di Rio del 1992, ha dimensioni economiche, sociali e ambientali: al fine di assicurare un elevato livello di qualità della vita, la sfida strategica da esso implicata è quella di svincolare la crescita economica dalla riduzione delle risorse, materiali ed energetiche, rinnovabili e non rinnovabili, e dal degrado del capitale naturale, locale e globale, irreversibile o recuperabile, senza compromettere il benessere generale.

Nel 2002 sono stati approvati importanti documenti politici a livello internazionale in cui vengono definiti indirizzi e obiettivi impegnativi in tema di sviluppo sostenibile che dovranno essere applicati anche a livello locale. Si possono citare in particolare la dichiarazione finale del Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile di Johannesburg; il VI Programma comunitario di azione in materia ambientale (Decisione del Parlamento e del Consiglio del 22 luglio 2002); il report dell’ECOFIN di Barcellona “Strategia per integrare ambiente e sviluppo nelle politiche economiche (ECOFIN 101, ENVI 148 – Barcellona 7 marzo 2002)”; la ratifica del Protocollo di Kyoto da parte dell’Italia; la Strategia d’Azione Ambientale per lo sviluppo sostenibile del CIPE (Delibera CIPE 57/2002 del 2 agosto 2002).

In questo orizzonte, una delle sfide principali a cui è chiamato il sistema economico globale ed italiano è quello della riduzione delle emissioni climalteranti secondo gli impegni del protocollo di Kyoto, che comporta per l’Italia una riduzione del 5,6% rispetto ai dati del 1990 entro il 2010). In realtà si è verificato un aumento dei gas serra del 5,8% nel 2001, rispetto al 1990. (Figura 1).

Per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>, nel periodo 1990-2000 queste sono aumentate del 5,4% e continuano a crescere nel settore trasporti e a diminuire nel settore industria. Negli utilizzi non produttivi si hanno andamenti discontinui, dovuti essenzialmente alle variazioni climatiche, ma in ogni caso non si registra una tendenza alla diminuzione. (ENEA 2001).

Figura 1 Emissioni nazionali complessive di gas serra (milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente anno) in relazione agli obiettivi di Kyoto



Fonte: APAT Annuario dati ambientali 2002

## 1.2 Il fabbisogno energetico e la sicurezza dell'approvvigionamento

Ampliando lo sguardo alla più generale questione energetica, che dello sviluppo sostenibile è uno snodo cruciale, nella più recente edizione del World Energy Outlook dell'Agencia Internazionale per l'Energia [IEA 2002], le proiezioni al 2030 disegnano un futuro in cui il consumo di energia continuerà a crescere in modo inesorabile, i combustibili fossili continueranno a dominare il mix energetico ed i paesi in via di sviluppo si avvicineranno velocemente ai paesi OCSE come grandi consumatori di energia commerciale.

La domanda mondiale di energia primaria è prevista crescere ad un tasso annuo dell'1,7%, peraltro inferiore a quello registrato nei tre decenni trascorsi, raggiungendo al 2030 un livello di 15,3 miliardi di tonnellate di petrolio equivalente, con un aumento pari a due terzi della domanda attuale.

Di questo aumento ai combustibili fossili dovrebbe spettare il 90%, mentre dal settore dei trasporti dovrebbero provenire i tre quarti dell'incremento del consumo, con un tasso di crescita del 2,1% annuo, particolarmente accentuato nei paesi in via di sviluppo.

Secondo la IEA le risorse energetiche del mondo sarebbero adeguate a rispondere alla crescita della domanda per almeno i tre prossimi decenni: nonostante ciò sono da evidenziare preoccupazioni in materia di sicurezza delle forniture energetiche, di entità degli investimenti in infrastrutture necessarie per espandere la capacità di produzione, di accesso ineguale della popolazione mondiale alla energia moderna oltre che le minacce dei danni ambientali causate dalla produzione e dal consumo di energia.

La crescita della domanda comporterà infatti un corrispondente aumento delle emissioni di biossido di carbonio, che dovrebbero raggiungere nel 2030 i 38 miliardi di tonnellate, il

70% in più delle attuali, anche in questo caso con una marcata concentrazione nei paesi in via di sviluppo.

In uno scenario alternativo, elaborato dalla IEA tenendo conto dell'impatto di nuove politiche e tecnologie energetiche ed ambientali di possibile adozione, le emissioni peraltro potrebbero essere ridotte al 2030 di circa 2 miliardi di tonnellate, pari all'attuale livello di Germania, Francia, Regno Unito ed Italia nel loro insieme.

In questo contesto, il Libro verde della UE sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico [UE 2000] evidenzia come il sistema europeo si basi su una economia ad elevata intensità di consumo energetico, con una previsione di crescita della domanda al 2030 ad un tasso compreso tra l'1 e il 2% annuo, a fronte di una marcata limitatezza delle risorse comunitarie, sia in termini di riserve che di costi di produzione.

Questo divario porta ad una crescente dipendenza dell'Unione dall'approvvigionamento esterno, che potrebbe raggiungere nel 2020 il 90%, il che fa della UE un soggetto importante del mercato mondiale (14/15% del consumo di energia) ma con una scarsa influenza sulla formazione dei prezzi mondiali dell'energia e significativamente esposto a crisi di approvvigionamento.

Le potenziali instabilità risiedono in minacce per la sicurezza dell'approvvigionamento dovute a:

- Interruzioni fisiche permanenti: esaurimento o abbandono di fonti energetiche;
- Interruzioni temporanee: crisi geopolitiche, catastrofi naturali;
- Interruzioni economiche: volatilità dei costi sui mercati;
- Interruzioni ecologiche: danni accidentali, emissioni inquinanti;
- Interruzioni sociali: ogni criticità può creare rivendicazioni e conflitti sociali.

A fronte di questi nodi problematici, le priorità strategiche suggerite dal Libro verde sono:

- il mantenimento dell'accesso alle risorse con una rinnovata politica di scorte e con negoziati con i paesi produttori;
- la progressiva integrazione del mercato europeo dell'energia, eliminando gli ostacoli al suo buon funzionamento;
- il controllo della crescita della domanda, anche con eventuali nuove proposte fiscali;
- lo sviluppo di fonti energetiche meno inquinanti;
- la diffusione di nuove tecnologie;
- piani di risparmio dell'energia, con particolare riferimento agli edifici e al settore dei trasporti.

In questo ambito specifico, nell'obiettivo strategico di riequilibrare i modi di trasporto, la revisione della politica europea dei trasporti potrebbe esaminare misure di rilancio delle ferrovie, razionalizzazione del trasporto stradale, investimenti nelle infrastrutture, l'uso razionale dell'automobile privata nei centri urbani, la promozione di trasporti urbani puliti, l'applicazione del principio "chi inquina paga".

Il settore dei trasporti, al quale il Libro verde attribuisce il 90% dell'aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub> tra il 1990 e il 2010, e più in generale la questione della mobilità delle persone, delle merci e delle idee – che costituisce una delle istanze primarie dello sviluppo economico e

sociale, oltre che della qualità della vita – vengono dunque individuati come uno dei campi principali per ridurre simultaneamente la dipendenza energetica e le emissioni inquinanti.

### *1.3 I requisiti della mobilità sostenibile*

Cosa si intende oggi per mobilità?

Si intende la possibilità di spostamento di persone o cose contrassegnato dalle seguenti caratteristiche:

- sicurezza;
- multimodalità ovvero possibilità di scegliere il mezzo più adatto;
- rispetto dell'ambiente, in termini di contenimento dei consumi energetici e delle emissioni.

Relativamente al trasporto stradale, la realizzazione dell'obiettivo della mobilità sopra indicato coinvolge tutti gli elementi della catena, e precisamente:

- le infrastrutture;
- i veicoli;
  - carrozzeria ed elementi strutturali
  - apparati di propulsione
- i combustibili;
- l'informazione e i sistemi informativi;
- le regole e gli interventi pubblici.

Nel complesso, si usa dare il nome di “mobilità sostenibile” a quel complesso di tecniche, provvedimenti e realizzazioni che portino miglioramenti verso il conseguimento di obiettivi sintetizzabili in tre precetti:

- non sprecare
  - non inquinare
  - ottimizzare l'uso delle risorse
- ripercorrendo in questo le finalità dello “sviluppo sostenibile”.

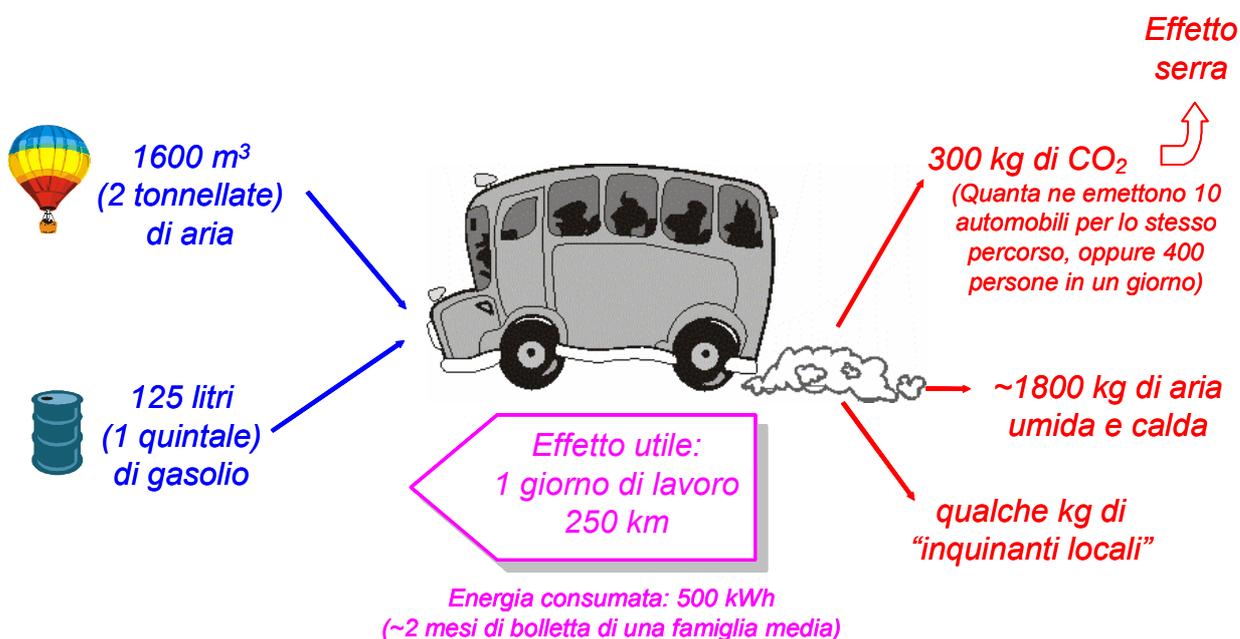
### *1.4 Mobilità, consumi energetici e inquinamento del trasporto su strada*

A questo proposito, va ribadito, in primo luogo, che il trasporto stradale è un fenomeno molto rilevante, che nel suo complesso assorbe, nell'Unione Europea, circa 1/4 del consumo energetico totale.

Strettamente legate al consumo energetico sono le emissioni di CO<sub>2</sub>, in quanto, in tutti i processi della attività umana, per ogni tonnellata di petrolio consumato si producono qualcosa di più di 3 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

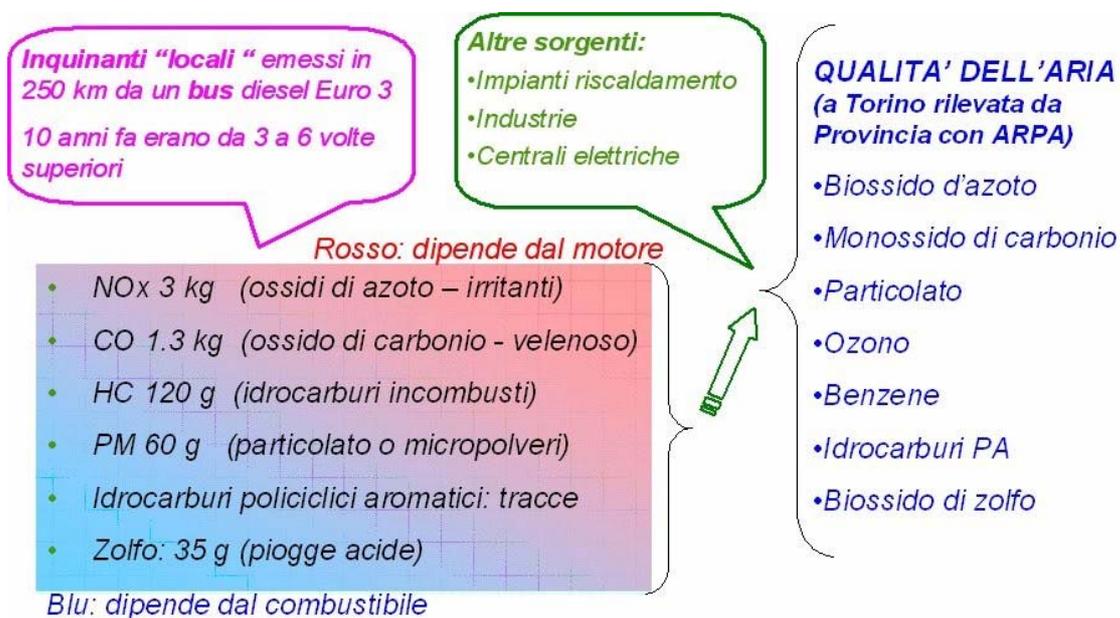
Può essere utile affrontare il tema delle emissioni cominciando ad elencare gli ordini di grandezza associati con il funzionamento di un veicolo, che riteniamo molto istruttivi, e che sono riepilogati nella figura seguente.

Figura 2.1 Bilancio energetico-ambientale per un autobus urbano



Quanto esce dallo scarico, ed è rilevante ai fini dell'inquinamento, si può vedere nello schema seguente.

Figura 2.2 Emissioni tipiche di un veicolo



Le cifre sopra riportate fanno riflettere su questi fatti:

- a) le emissioni di CO<sub>2</sub> sono dello stesso ordine di grandezza di combustibile e aria consumati (centinaia di kg). Esse esistono in conseguenza della reazione chimica principale di combustione, e non possono essere eliminate;
- b) le emissioni di NO<sub>x</sub> e CO sono di due ordini di grandezza inferiori (circa 1/100 e cioè qualche kilo);
- c) HC e particolato sono dell'ordine di 1/1000 – e cioè centinaia di grammi;
- d) quanto elencato in b) e c) è un “by-product” che può essere ridotto o con una buona combustione o con un catalizzatore;
- e) altri inquinanti tipo ossidi di zolfo, benzene e idrocarburi policiclici aromatici vanno da un millesimo a poche parti per milione. Essi non dipendono in generale dalla combustione, ma dal combustibile, e sul combustibile bisogna agire per eliminarli.

Per quanto concerne più in dettaglio le sostanze inquinanti emesse, esse si distinguono in “emissioni regolamentate” e cioè quelle limitate per legge, ed “emissioni non regolamentate” e cioè non limitate per legge, ma da tenere in considerazione in quanto dannose per la salute, e misurate dalle centraline di rilevamento della qualità dell'aria. [Cfr. Cap. 3].

L'impegno contenuto nel protocollo di Kyoto, di ridurre tra il 2008 e il 2012 le emissioni di gas serra, principalmente CO<sub>2</sub>, dell'8% rispetto ai livelli del 1990, costituisce pertanto un impegno molto serio, che incide su tutti gli aspetti del consumo energetico, legato allo stesso tenore di vita di un Paese.

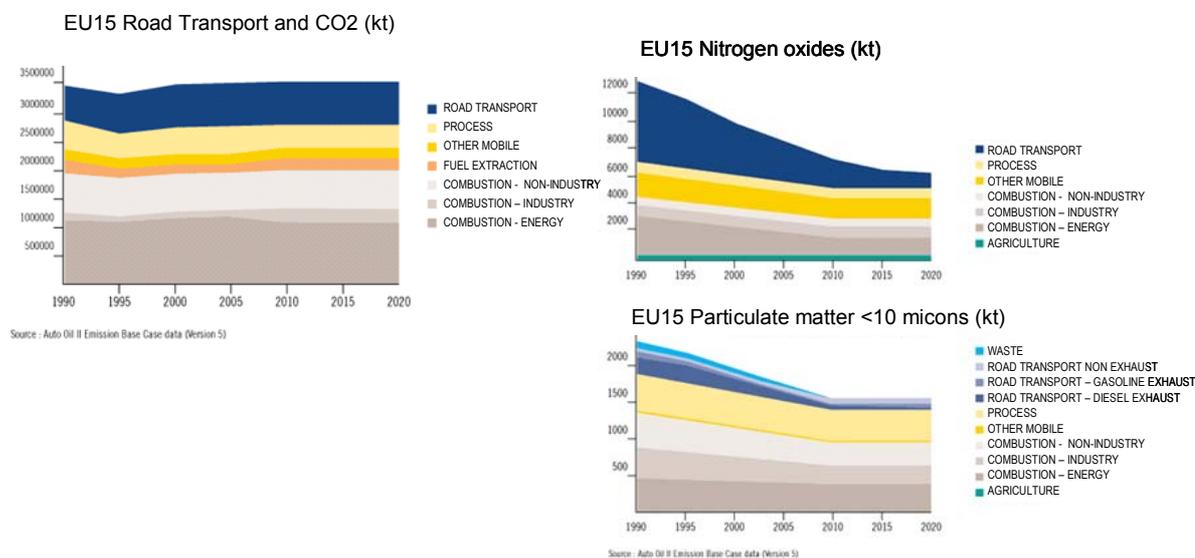
E se per un quarto il consumo energetico è dovuto al trasporto stradale, sono molto importanti anche le conseguenze di questo impegno di Kyoto sul trasporto stradale stesso. Gli uffici studi delle maggiori organizzazioni internazionali sono impegnati su questo problema, che è molto complesso ed investe non solo gli aspetti tecnici dei veicoli – migliorare i consumi – ma anche gli aspetti legislativi e fiscali di restrizioni/disciplina della circolazione, e aspetti di sistema afferenti all'utilizzo e all'interscambio dei vari mezzi di trasporto.

Non è evidentemente questa la sede per approfondire tali temi. Ricordiamo, per tutti, il citato studio dell' Agenzia Internazionale per l'Energia [IEA 2002 ] che, come tutti gli studi del genere, considera diversi scenari con maggiori o minori restrizioni operate dal “regolatore” pubblico. Ed analoghe considerazioni compaiono in uno studio della UE [EU Commission 2002].

Per conto suo, dal punto di vista tecnico dei veicoli, l'ACEA, Associazione dei Costruttori Autoveicolistici Europei, ha posto dei limiti volontari di emissioni di CO<sub>2</sub> per le autovetture a 140 g/km nel 2008 (media odierna 175-185 g/km); ed in genere le proiezioni assumono ulteriormente 120 e 100 g/km per il 2010-2012 e 2020 rispettivamente.

Di fronte a sensibili divergenze tra le varie ipotesi alla base degli studi prima citati, e alle stesse incertezze legate alla effettiva volontà di rispettare l'accordo di Kyoto, può apparire ragionevole l'ipotesi dell'ACEA stessa [ACEA 2000], secondo la quale la produzione di CO<sub>2</sub> rimarrà pressoché costante in Europa. In particolare l'aumento del trasporto stradale, che presumibilmente continuerà a crescere con il PIL, sarà compensato dalla riduzione dei consumi, per l'aumento di rendimento dei processi legati ai trasporti, del tipo di quello sopraccitato per le vetture. (Figura 3).

Figura 3 Importanza del trasporto stradale per le emissioni



Diverso è l'andamento della quota di “responsabilità” del trasporto stradale per gli inquinanti maggiormente considerati oggi, e cioè gli ossidi di azoto e il particolato.

A fronte di una quota sensibile negli anni ‘90, il contributo del trasporto stradale dovrebbe essere sicuramente minoritario, quasi trascurabile, rispetto alle altre sorgenti, nel 2020, e questo grazie alla evoluzione legislativa di questi anni, a cui ha corrisposto un considerevole impegno di ricerca e innovazione da parte dei costruttori.

Si può ritenere, come pare emergere dall’opinione di molti addetti ai lavori, che l’inquinamento del trasporto stradale sia, nella sua generalità, un problema in corso di contenimento se non di attenuazione, e che quindi possa essere affiancato da altri problemi sempre più impellenti, quali quello della sicurezza.

Il problema dell’inquinamento del traffico rimane comunque ancora molto sensibile per gli ambiti urbani, poiché, fuori di dubbio, a fronte dei valori medi cui si fa cenno, nelle grandi conurbazioni, anche in Italia, il traffico costituisce tuttora una sorgente “palpabile” di inquinamento, che continua a polarizzare gli sforzi e le preoccupazioni di tecnici e decisori e delle Agenzie Regionali per l’Ambiente volte a “monitorare” i parametri di qualità dell’aria.

È pertanto principalmente, anche se non esclusivamente, questo problema relativo agli ambiti urbani che giustifica la considerazione di carburanti e tecnologie di trazioni alternative.

Recentemente gli obiettivi e le indicazioni operative provenienti da studi e documenti ufficiali, centrati appunto sul concetto di mobilità sostenibile, prodotti da numerose istituzioni politiche e del mondo della ricerca, sono stati efficacemente riassunti nel modo seguente [L’Eau Vive-Comitato Rota 2003]:

- Pianificazione
  - monitorare e gestire il sistema
  - pianificare mobilità e traffico
  - riorganizzare gli orari dei servizi
  - riformare la mobilità distributiva delle merci
  - diffondere la comunicazione a distanza
- Infrastrutture
  - migliorare la viabilità stradale
  - potenziare le reti di trasporto, specie nel trasporto pubblico
  - creare connessioni e interscambi tra mezzi diversi
  - preveder le infrastrutture per il rifornimento di combustibili non convenzionali
- Mezzi di trasporto
  - favorire i mezzi collettivi a scapito di quelli individuali
  - migliorare l'efficienza dei trasporti collettivi (frequenza, varietà, velocità dei mezzi)
  - rinnovare il parco dei veicoli collettivi con veicoli ecologici
  - favorire l'impiego di veicoli ecologici privati, con priorità nell'uso urbano

A questi obiettivi sta corrispondendo una serie di interventi volti, in particolare, a monitorare e ad analizzare la mobilità, a rispondere alle emergenze con provvedimenti quali il blocco totale o parziale del traffico nei centri urbani o il Road Pricing, a diminuire la congestione del traffico e ad aumentarne la fluidità e a sperimentare nuove forme di mobilità urbana quali il Car Sharing o il Car Pooling.

La necessità di provvedimenti di emergenza per contenere o abbassare i livelli di inquinamento si pone con crescente assiduità, alimentando un serrato dibattito sulla loro efficacia, agli amministratori delle città. Il problema, che ormai interessa non solo i grandi centri ma anche quelli di minori dimensioni, richiede soluzioni sostenibili nel lungo periodo, sia per quanto riguarda l'inquinamento che la congestione del traffico.

Infatti, poiché il livello di inquinamento cresce in modo proporzionale al tempo di spostamento delle singole vetture e non è semplicisticamente correlabile al volume di traffico, la congestione, producendo effetti di circolazione discontinua e dilatando i tempi di spostamento, costituisce una causa principale di moltiplicazione dei consumi e con essi delle emissioni inquinanti.

In questo quadro, sia pur schematicamente esposto, l'evoluzione della tecnologia dei combustibili e dei veicoli, che è l'oggetto specifico di questo lavoro, per quanto promettente in termini di risposte efficaci alla questione dei consumi energetici e a quella della riduzione delle emissioni, appare dunque come solo uno dei vettori risolutivi di una questione multidimensionale, quale è quella della mobilità sostenibile.

## Capitolo 2

### GLI SCENARI EVOLUTIVI DI BASE

Quelli trattati al capitolo precedente si possono considerare i “driver” o i “propulsori” principali di tutto il fermento di ricerca, di innovazione e di evoluzione che interessa oggi il campo dei veicoli stradali.

Quali sono, infatti, i grandi temi del dibattito che interessa oggi i veicoli? Le prestazioni, l'affidabilità, la qualità possono essere “dati per acquisiti”, anche se il discorso delle garanzie qualitative ha pesato diversamente per le diverse case.

Oggi gli argomenti più dibattuti sono

- 1) la riduzione dei consumi, e quindi della CO<sub>2</sub>,
- 2) la riduzione degli inquinanti, intesi in senso lato, includendo anche rumore, intrusione nell'ambiente, ergonomia, riciclaggio dei componenti a fine vita, ecc.,
- 3) la sicurezza.

Queste esigenze si intrecciano tra loro con formidabili conseguenze su tutti gli aspetti progettativi e costruttivi dei veicoli, a cominciare dalle caratteristiche dei motori (e quindi dei combustibili), alla catena cinematica, alle questioni legate al peso e all'impiego dei materiali, alle architetture costruttive, alla telematica. Le esigenze sono spesso contrastanti: ad esempio: un aumento di robustezza per la sicurezza va a scapito dei pesi, e quindi dei consumi, e quindi della CO<sub>2</sub>, o la diminuzione di NOx comporta un aumento di particolato, e così via.

Non è scopo di queste note trattare estesamente questi argomenti, che costituirebbero oggetto di un corso universitario.

Intendiamo, nel seguito, descrivere le linee della evoluzione tecnologica in atto, con un'analisi focalizzata prevalentemente sulla riduzione dei consumi e delle emissioni, al fine di tracciare un quadro dello stato dell'arte e dare un contributo alla comprensione dei temi che così diffusamente vengono dibattuti in questo periodo.

#### 2.1 *L'evoluzione dei carburanti/combustibili*<sup>1</sup>

##### 2.1.1 Combustibili convenzionali e combustibili alternativi

Ma è poi vero che a breve termine si farà ricorso alle “fonti rinnovabili”?

Anche sugli scenari futuri dei combustibili sono pubblicati diversi studi, e quelli dei petrolieri, esposti nelle pubblicazioni Concawe, Organizzazione europea delle industrie del petrolio, sono abbastanza “conservativi” relativamente ai carburanti attuali (Concawe 2002), concludendo che alla fine quelli alternativi non siano economicamente convenienti.

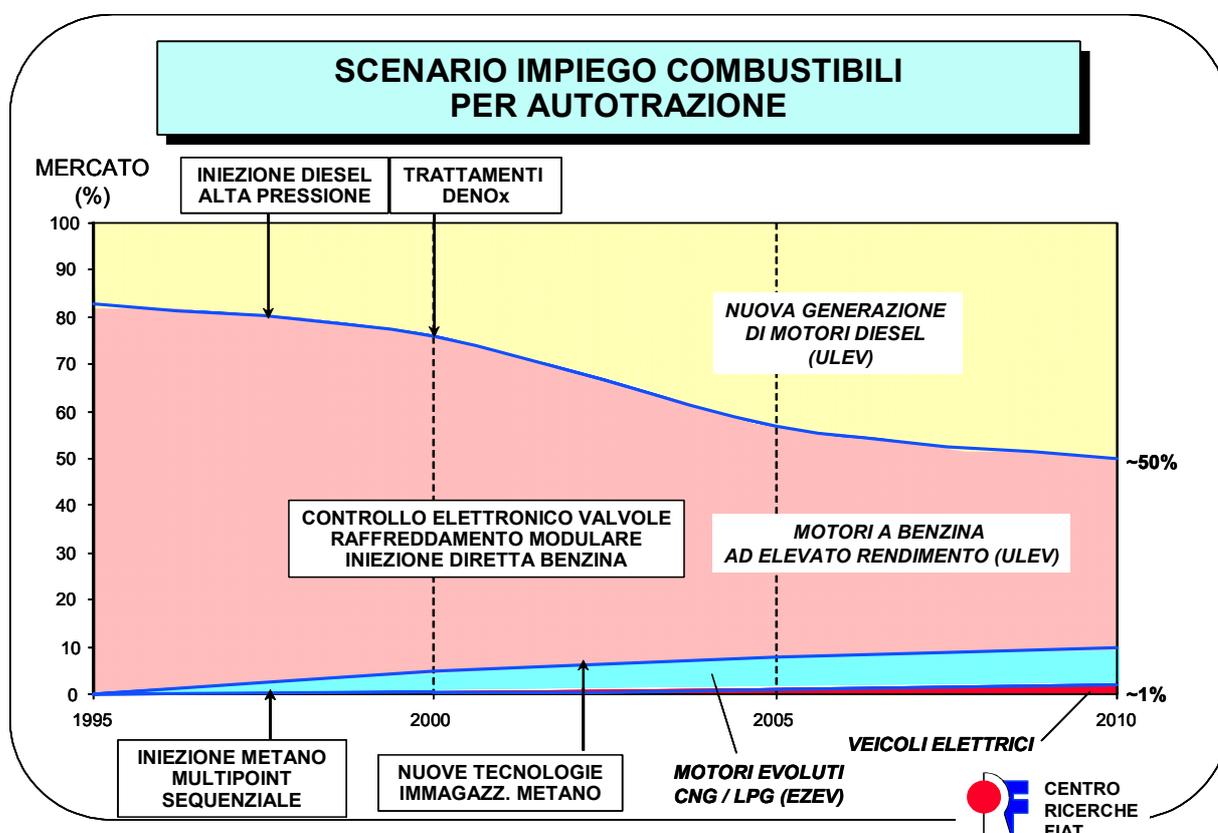
Ed è pur vero che nel complesso “natura non facit saltus” e non si può pensare che i combustibili liquidi, collaudati da quasi un secolo, ed oggi utilizzati su oltre il 99% dei veicoli, spariscano di colpo. È però anche vero che si affermeranno sicuramente dei combustibili alternativi agli attuali.

Pare ragionevole intravedere uno scenario quale quello delineato per l'Italia dal Centro Ricerche Fiat, che è rappresentato nella figura seguente.

---

<sup>1</sup> La denominazione di “carburanti” per i combustibili usati nel trasporto stradale è tradizionale, e risale all'epoca del “carburatore”. Oggi, con la scomparsa del carburatore e l'avvento dell'iniezione, i due termini “carburanti” e “combustibili” tendono ad essere usati indifferentemente.

Figura 4 Scenario di ripartizione dei vari combustibili al 2010



La proiezione illustra come, alla fine del decennio, benzina e gasolio (ovvero motori ad accensione comandata e motori ad accensione spontanea diesel) si dovrebbero spartire il mercato in parti uguali. Ciò sembra coerente con le affermazioni per cui da un barile di greggio si trae circa la stessa quantità dei due combustibili, ed è confermato dalla tendenza degli ultimissimi mesi, nei quali, per la prima volta, le immatricolazioni di vettura a gasolio hanno “sorpasato” quelle dei veicoli a benzina e si è avuto un certo ravvicinamento dei prezzi alla pompa dei due carburanti.

Si noti per inciso che, grazie al maggior rendimento, un motore diesel emette circa il 20% di CO<sub>2</sub> in meno del corrispondente motore a benzina e quindi questa evoluzione va a favore del contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

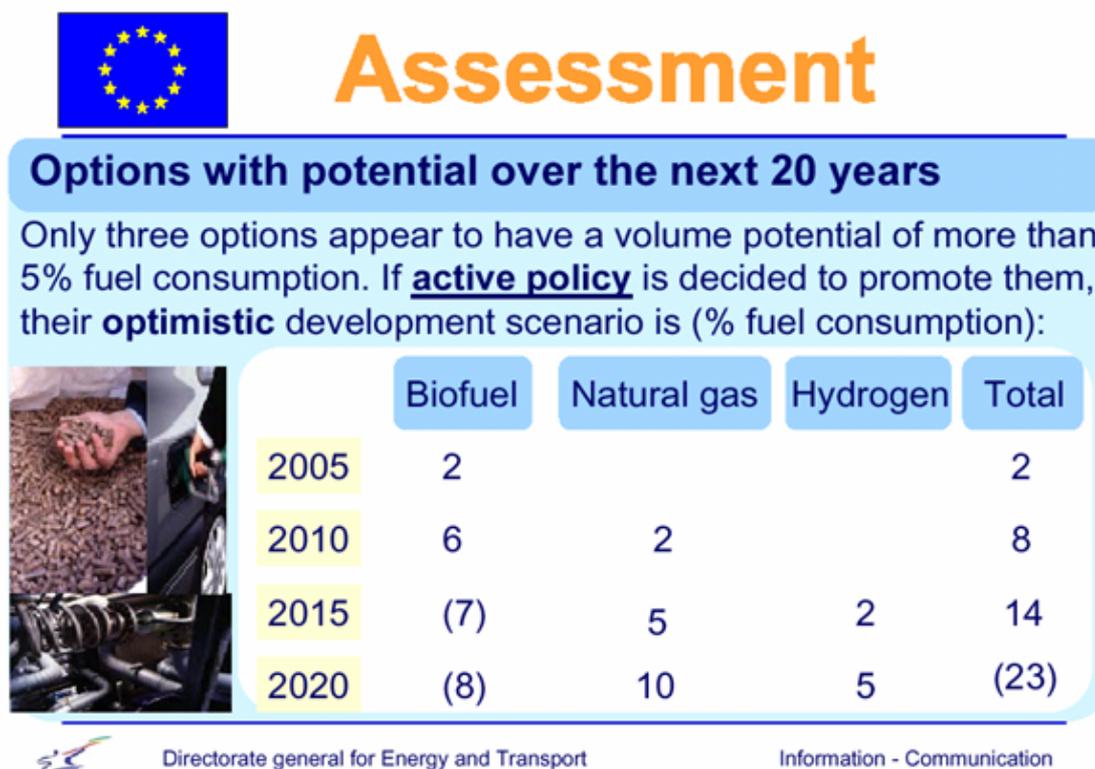
Cominceranno ad affermarsi i combustibili alternativi, e principalmente il metano, fino a quasi il 10% alla fine del decennio. L'elettrico puro rimarrà ancora a percentuali trascurabili. In figura sono anche indicate le linee di sviluppo delle varie motorizzazioni, linee di sviluppo che vengono riprese nei prossimi paragrafi.

La previsione citata concorda con quella elaborata in altra sede dall'Unione Europea (figura 5, tratta da UE 2001), secondo la quale nel 2020 il combustibile alternativo privilegiato sarà il metano, con un 10% del mercato, a fronte di una presenza dei biocombustibili di circa l'8% nella migliore delle ipotesi, e dell'idrogeno limitato al 5%. GPL ed elettrico si ritiene avranno percentuali trascurabili.

Si noti che il 10% dei veicoli previsto per il metano, su più di 200 milioni di autovetture circolanti in Europa, è un numero molto rilevante, che dovrebbe corrispondere mediamente a circa 100-120.000 nuovi veicoli a metano all'anno, che è almeno di tre o

quattro volte il ritmo delle immatricolazioni attuali. Quindi, anche se il 10% pare un numero relativamente piccolo, sarebbe già un grosso risultato, che richiede un grosso sforzo da tutte le parti in causa, poterlo raggiungere.

Figura 5 Ripartizione dei combustibili per autotrazione nel 2020



### 2.1.2 L'evoluzione dei carburanti "tradizionali"

Il quesito che si pone è: benzina e gasolio tra 20 anni saranno la stessa benzina e gasolio di oggi?

Le caratteristiche dei combustibili hanno una rilevante influenza sulle emissioni, tanto è vero che negli anni '90, in previsione dei futuri limiti, furono varati due programmi successivi di ricerca, in comune tra costruttori di veicoli e "petrolieri", denominati "Auto Oil 1 e 2".

Tali ricerche, in sede UE, hanno permesso di misurare l'influenza delle caratteristiche dei combustibili sulle emissioni, in primo luogo dello zolfo, che passa pari pari allo scarico ed inibisce il funzionamento dei catalizzatori, e hanno portato appunto alla decisione di ridurre drasticamente lo zolfo – la Direttiva 2000/71 prescrive 50 ppm a partire dal 2005 –, ripetendo quella che era stata l'eliminazione del piombo dalla benzina, definita dieci anni prima.

Cosa succederà adesso? A parte lo zolfo, probabilmente poco nulla, poiché se da un lato è chiaro il vantaggio di eliminare gli idrocarburi aromatici e di elevare, ad esempio, il numero di cetano del gasolio, è altrettanto chiaro che i petrolieri sono riluttanti a sostenerne i costi

relativi, e alcune ricerche mostrano che i vantaggi, sui motori moderni, non sono poi così appariscenti, addirittura non rilevabili. [Cuvelier 2002].

In ogni caso le associazioni dei costruttori di veicoli, europei, americani, giapponesi e coreani (e cioè ACEA, EMA, JAMA e KAMA) hanno formulato già dal 1998 una raccomandazione di evoluzione e di unificazione delle caratteristiche dei combustibili, chiamata “World-wide Fuel Charter” che descrive le caratteristiche che gasolio e benzina dovranno avere per garantire veicoli a minime emissioni.

La figura seguente mostra i valori prescritti dalla direttive europee 1998/70 e 2000/71 per il 2000 e il 2005, confrontati con la “categoria 4-combustibili a bassissimo zolfo” per mercati che richiedono post-trattamento dei gas di scarico per garantire l’ottimo di emissioni”. [ACEA 2002].

Figura 6 Evoluzione delle caratteristiche del gasolio

Parameter	Unit	2000 1.January 2000 <sup>1)</sup>		2005 1.January 2005 <sup>2)</sup>		Worldwide Fuel Charter Category 4		Test	
		min	max	min	max	min	Max	Method	Date of publication
Cetane number		51.0	-	-	-	55		EN-ISO 5165	1992
Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	820	845	-	-	820	840	EN-ISO 3675	1995
Distillation 95% point	°C	-	360	-	-		340	EN-ISO 3405	1988
Polycyclic aromatic hydrocarbons	% m/m	-	11	-	-		2.0	IP 391	1995
Total aromatic hydrocarbons	% m/m						15.0	IP 391	1995
Sulphur content	mg/kg	-	350	-	50 (10)		5...10	pr.EN-ISO/DIS 14596	1996

Si rileva che la riduzione a 50 ppm del contenuto in zolfo non è giudicata sufficiente dai costruttori di vetture. In effetti, tutti i tipi di catalizzatori che sono ritenuti indispensabili per fronteggiare i nuovi limiti Euro 4 ed Euro 5 vengono rapidamente “avvelenati” dai solfati che si formano in conseguenza dello zolfo nel combustibile; i costruttori richiedono che lo zolfo venga ridotto al di sotto di 10 ppm, e queste istanze sono state accolte dalla Direttiva 2003/17 che impone la commercializzazione di gasolio con zolfo  $\leq 10$  ppm dal Gennaio 2005 [UE 2003].

## 2.2 L'evoluzione dei veicoli

Una autovettura oggi è un aggregato di circa 15.000 pezzi diversi, con un costo totale per kilogrammo inferiore a quello di un hamburger di una catena fast-food, e con una affidabilità stupefacente.

Nei suoi oltre cento anni di vita l'auto ha conservato sorprendentemente la sua architettura di base: un motore a pistoni, una trasmissione, quattro ruote e un volante, ma ogni componente ha subito una evoluzione molto considerevole, relativamente a tutti i punti di vista: pesi, rendimenti, consumi, affidabilità, prestazioni.

Tale evoluzione è tutt'altro che finita, ed è stata accelerata negli ultimi 10-15 anni dalla introduzione dell'elettronica, relativamente alla "intelligenza" del governo dei sottosistemi principali: motore, cambio, freni, transitori.

Siamo alle soglie di una nuova rivoluzione, su almeno due fronti:

- l'introduzione della elettricità negli azionamenti di potenza, quelli finora riservati ad "aste di ferro" (cosiddetti steer-by-wire, brake by-wire, ecc.), che potenzialmente portano a rivoluzionare il posto guida, venendo a mancare la necessità di posizioni fisse per volante, cambio, pedali, rimaste più o meno immutate per 100 anni;
- l'introduzione estesa dell'informatica/telematica sia come informazione per la guida (navigazione, ostacoli, monitoraggio funzioni) che come azionamenti (frenatura e sterzata in automatico).

Dal punto di vista della componentistica, questo comporterà un notevole aumento della sensoristica e degli azionamenti elettrici di segnale e di potenza, assieme a nuovi concetti di interfaccia uomo-macchina.

Altre aree di forte evoluzione saranno:

- il peso e, per certe applicazioni, le dimensioni.  
Oggi in città l'occupazione media di una vettura è di 1,3 passeggeri, cioè 100-120 kg di carico utile su una tonnellata di peso totale; nessun altro mezzo di trasporto o di imballaggio ha una tara pari a 8 volte il carico utile. Siccome l'energia spesa per il movimento è proporzionale alla massa, si può dire che almeno l'80% dell'energia richiesta per la trazione (e quindi della CO<sub>2</sub> prodotta) serve a portare a spasso la tara. Altrettanto si può dire delle emissioni nocive. L'avvenire delle vetture da città è di essere piccole e leggere, e pare dunque che chi ha concepito vetture come la Smart abbia visto giusto;
- l'architettura, con uno studio sempre più accurato della sicurezza, e cioè di una robusta cellula centrale e di elementi di contorno deformabili secondo il massimo assorbimento di energia;
- il consumo: oggi una vettura richiede una energia di circa 1.200 kJ per compiere i 4 km del ciclo ECE di misura emissioni, e consuma almeno 5-8 litri di carburante liquido per 100 km. Ma la nuova frontiera è quella di arrivare ai 3 litri per 100 km! Questo richiede di aumentare il rendimento termodinamico del motore, di impiegare motori più piccoli (down-sizing) di perfezionare i sistemi di recupero energia in frenata. In questo senso la vettura "ibrida" più avanti descritta è il campione di efficienza;
- le emissioni, con lo sviluppo dei catalizzatori per gli ossidi di azoto, con il perfezionamento dei catalizzatori attuali, oltretutto, ovviamente, con il perfezionamento dei motori.

È alla luce delle evoluzioni sopra accennate che vanno visti tutti i progetti singoli e i temi di ricerca che verranno esposti nel seguito.

### 2.3 L'evoluzione dei motori

È sorprendente, ma anche il “motore alternativo a combustione interna” vive immutato come concetto di base da più di un secolo: sempre i pistoni, sempre l'albero a manovelle, sempre l'albero a camme. I vari tentativi di applicazione in campo automobilistico di altre architetture (motore a turbina, motore rotativo Wankel, motori a due tempi) non hanno attecchito, mentre la configurazione “standard” si è notevolmente evoluta, guadagnando in potenza specifica, rendimento e, last but not least, peso e affidabilità.

Sono apparse evidenti anche al grande pubblico due “evoluzioni” (o “rivoluzioni”) verificatesi nello scorso decennio:

- per il motore a benzina, la scomparsa definitiva del carburatore, perché non era più in grado di garantire, specialmente in transitorio, la dosatura corretta aria-combustibile con la precisione richiesta dai nuovi strettissimi limiti emissioni (il “buon odore di benzina” corrisponde ad elevate quantità di idrocarburi incombusti allo scarico!) e l'affermarsi della iniezione multipoint, con tutto il suo corredo di strategie elettroniche;
- per il motore diesel, almeno quello automobilistico, la scomparsa definitiva della pompa iniezione, soppiantata dal sistema “common rail” o “unijet”. Questo sistema, sviluppato dall'industria automobilistica italiana e ceduto, come brevetti, ai componentisti (Bosch) una decina d'anni fa per la produzione industriale, consta di un serbatoio di gasolio sotto la specie di un tubo longitudinale lungo il motore (common rail) tenuto a pressione elevatissima (più di 1.000 bar), dal quale attingono degli “elettroiniettori”, uno per cilindro, con fasi e durate comandate da una centralina elettronica. I vantaggi in termini di rumore, emissioni (specie fumosità), curva di coppia e regolarità di funzionamento hanno decretato l'affermazione rapidissima e universale di questo sistema, del quale, si ha già una ulteriore evoluzione.

Cosa sta avvenendo nei laboratori di ricerca? Si sta studiando l'ulteriore evoluzione del motore alternativo a combustione interna nel senso di una riduzione dei consumi e di una ulteriore riduzione delle emissioni, secondo i filoni di ricerca qui sotto delineati.

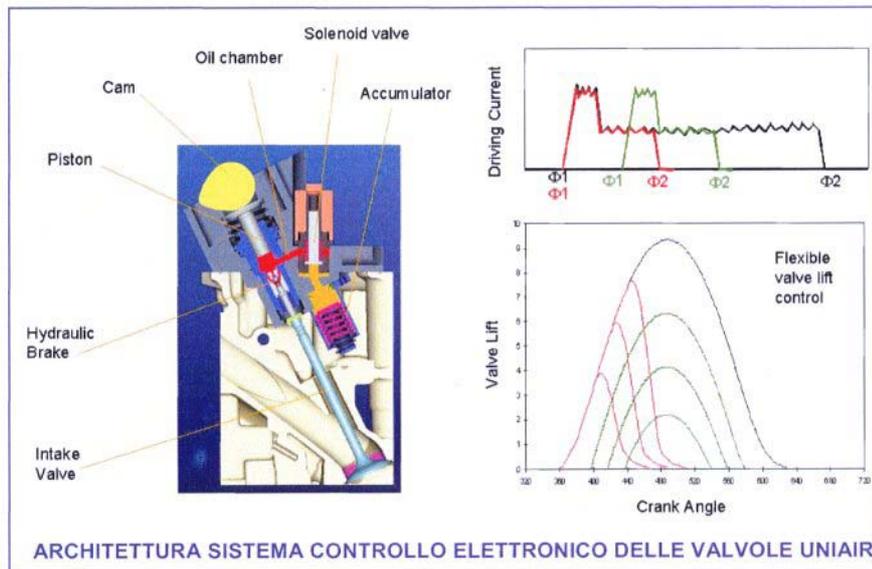
#### **Motore a benzina**

- Controllo elettronico dell'apertura delle valvole: il tradizionale “motore a ciclo Otto” o ad “accensione comandata” vive, per la regolazione della potenza, sulla esistenza della “valvola a farfalla”, per dosare la quantità di miscela introdotta nei cilindri. Si stanno studiando sistemi avanzati di controllo valvole di aspirazione (EVC) in grado di massimizzare l'efficienza di riempimento cilindri in tutto il campo di giri, in modo da far funzionare il motore senza farfalla.

I principali sistemi in sviluppo sono sia di tipo puramente elettromagnetico (valvole azionate direttamente da elettromagneti) sia di tipo “elettro-idraulico” con un volume di olio interposto tra punteria e valvola del motore, volume controllato a sua volta da una elettrovalvola comandata da una centralina elettronica. Il sistema puramente elettromagnetico, dopo molti anni, non riesce a uscire dalla fase sperimentale, mentre il sistema elettro-idraulico è prossimo alla realizzazione industriale.

La figura seguente illustra il sistema realizzato dal Centro Ricerche Fiat (denominato UNIAIR), che, oggetto di un progetto di ricerca europeo, è stato riconosciuto come la migliore innovazione europea degli ultimi anni nel settore da parte dell'EUCAR (European Council for Automotive R&D).

Figura 7 Il Sistema UNLAIR di controllo elettronico delle valvole motore (Centro Ricerche Fiat)



Questo sistema permette una ottimizzazione del rendimento volumetrico, e quindi delle prestazioni, su tutto il campo di funzionamento, con una sostanziale riduzione dei consumi (tra il 5 e il 10%) e con il miglioramento della risposta in transitorio.

- Iniezione diretta di benzina ad alta pressione

La tecnologia della iniezione diretta di benzina (“diretta” in quanto nel cilindro, per mezzo di un iniettore ad alta pressione, 100-130 bar, invece che nel collettore di aspirazione) è in realtà già uscita dalla fase di laboratorio, in quanto è già montata di serie su alcune vetture (Alfa Romeo, con la denominazione commerciale di JTS – Jet Thrust Stoichiometric, Mitsubishi DGI, e poi Audi e Volkswagen, nome commerciale FSI).

Il sistema usato è “a combustione magra e carica stratificata”, con miscela più ricca in prossimità della candela di accensione, per valori di coppia e giri corrispondenti alla marcia normale, per passare a valori all’incirca stechiometrici per coppia e giri elevati (figura 5). Regolazioni di questo genere sono ovviamente possibili solo grazie ad un controllo elettronico relativamente sofisticato.

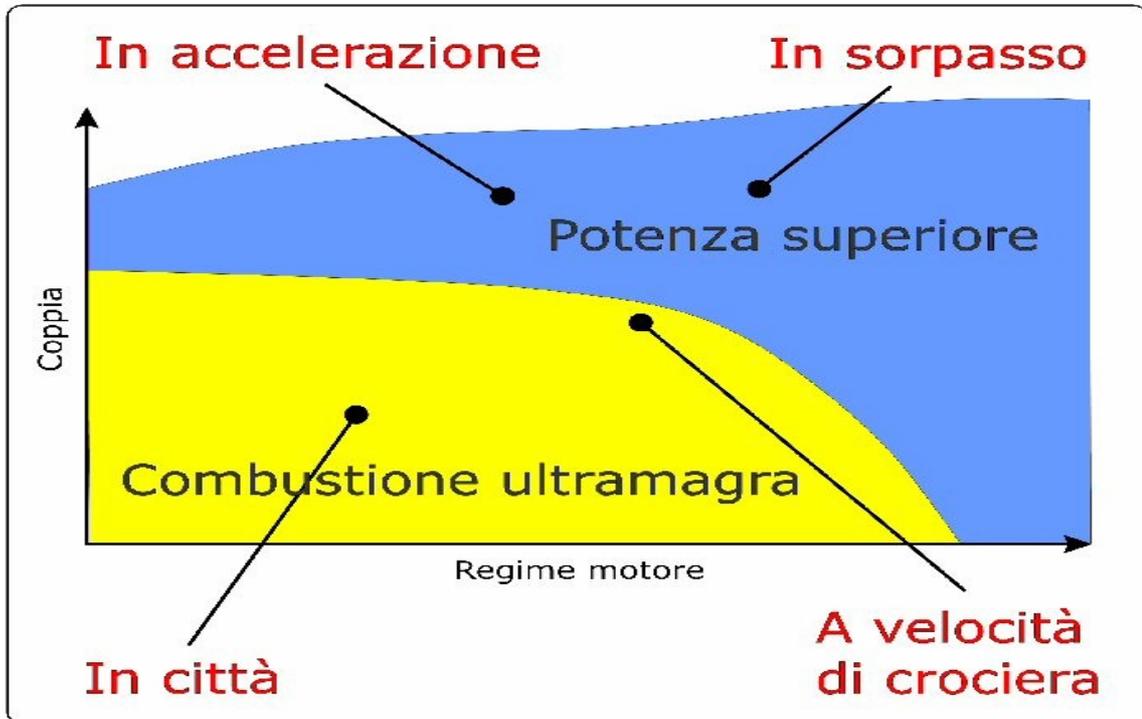
Grazie alla combustione magra e alla riduzione delle perdite sulla farfalla, questo sistema di combustione può vantare riduzioni di consumo dell’8-20%.

Benché Alfa Romeo dichiari di raggiungere le emissioni Euro 4 con un catalizzatore trivalente normale, per emissioni più ridotte è necessario utilizzare un catalizzatore che riduca anche gli Nox, dovuti alla combustione magra. Mercedes ha sviluppato a questo proposito i “catalizzatori ad accumulo”, che richiedono peraltro benzina con zolfo minore di 10 ppm., pena l’“avvelenamento”.

Per ovviare a questi inconvenienti, Renault propone un suo sistema di iniezione diretta benzina dove la diluizione necessaria per la combustione magra viene ottenuta con ricircolazione dei gas di scarico (EGR).

Nel complesso, la diffusione sul mercato dell’iniezione diretta benzina è agli inizi, ma è prevedibile che nel giro di pochi anni circa la metà dei motori a benzina prodotti adotterà questa tecnologia.

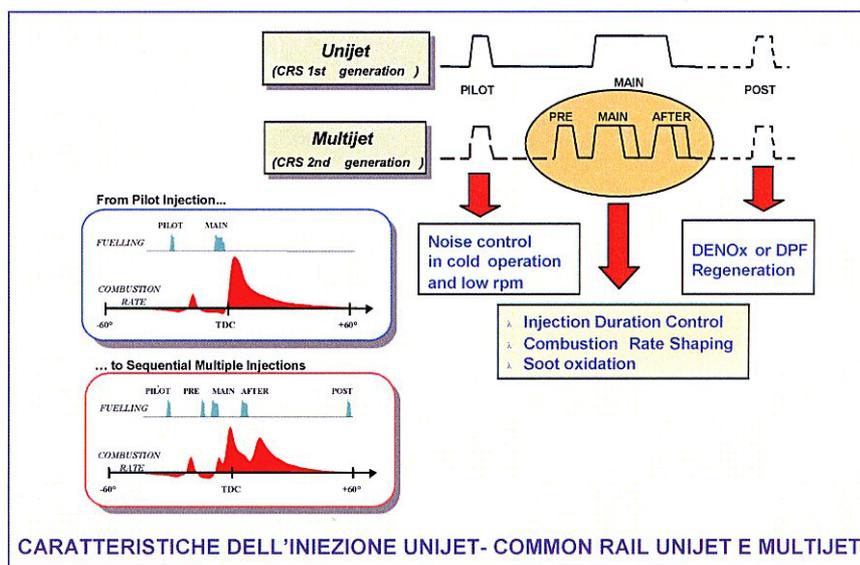
Figura 8 Esempio di regolazione della combustione per un motore a iniezione diretta di benzina



### Motore diesel

- *Evoluzione del sistema di iniezione dall'Unijet-common rail al multijet*: la flessibilità tipica del sistema common rail per il comando degli iniettori, sempre collegati ad una sorgente di gasolio a pressione elevatissima, può essere sfruttata per realizzare aperture multiple dell'iniettore, corrispondenti a iniezioni multiple. Già con il sistema Unijet "tradizionale" si realizza una iniezione "pilota", a monte di quella principale, che consente di "addolcire" il funzionamento del motore diesel rendendo la combustione meno "ruvida", con rilevante riduzione della rumorosità.

Figura 9 Le iniezioni multiple – Concetto di base



Fonte: Centro Ricerche Fiat

Con il sistema “multijet” l’iniezione principale viene ulteriormente suddivisa in una sequenza di tre iniezioni ravvicinate (pre-main-after) mantenendo la possibilità di attuare le iniezioni “pilot” e “post” con molta più flessibilità temporale. Di fatto, l’utilizzo “just in time” della iniezione “pre”, oltre a ridurre ulteriormente il rumore di combustione, specialmente a freddo, consente di contenere le emissioni. L’iniezione “after”, invece, favorisce la post-ossidazione del particolato generato nella fase di combustione, consentendo la fattibilità dei futuri limiti Euro 4 (2005).

Importante infine notare che l’iniezione “post” può servire ad un miglior funzionamento dei catalizzatori, sia perché aumenta la temperatura dei gas di scarico consentendo di bruciare (“rigenerare”) il particolato, sia perché corrisponde alla immissione di idrocarburi incombusti, che possono avere effetto riducente nei catalizzatori per abbattere gli ossidi di azoto.

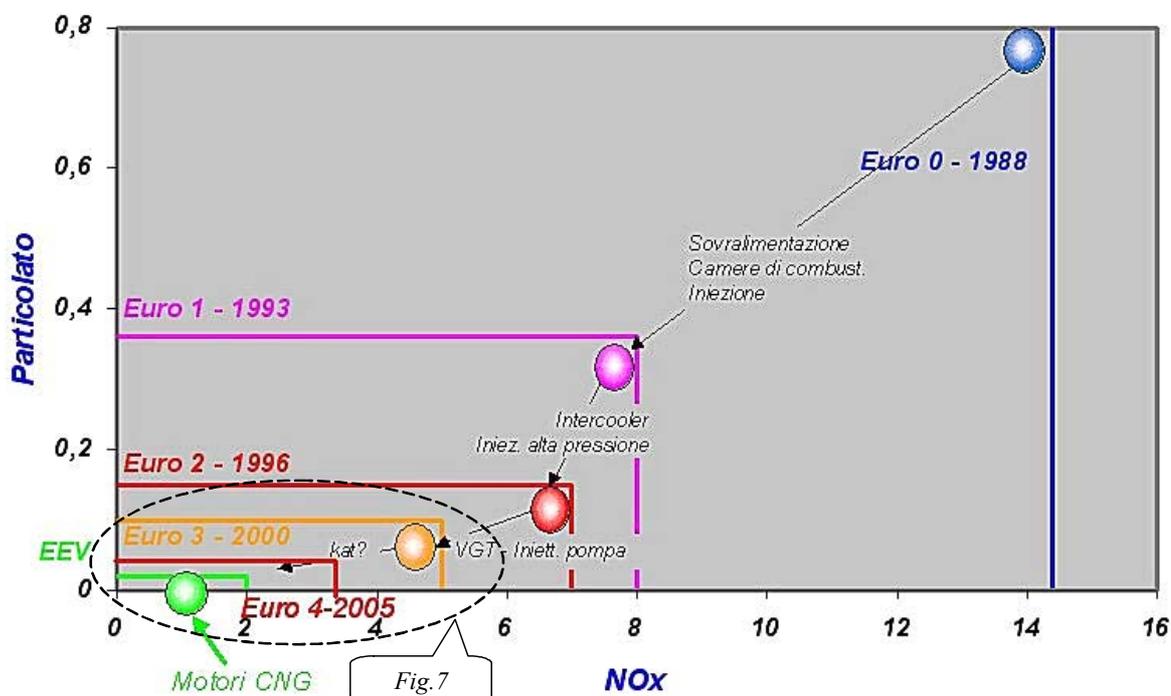
#### 2.4 Strategie per i livelli di emissione Euro 4 ed Euro 5 dei motori tradizionali

Le considerazioni del paragrafo precedente portano alla considerazione dei catalizzatori. In effetti, a differenza dei motori benzina per i quali il catalizzatore (three-way) è indispensabile da molti anni, il catalizzatore sui motori diesel ha avuto finora un impiego “marginale”; è stato impiegato, e solo sui motori “piccoli” (vetture, non camion) come catalizzatore blandamente “ossidante” per bruciare quel poco di particolato che eccedeva i limiti di legge.

Con l’avvento dei nuovi limiti Euro 4 (2005) ed Euro 5 (2008-2010) l’ulteriore riduzione prescritta per particolato e per ossidi di azoto è così rilevante che le misure sulla sola combustione, chiamate misure “attive” (oppure “in cylinder”) non sono più sufficienti, e bisognerà fare ricorso a misure “passive” (o di “aftertreatment”) e cioè mettere la “museruola” anche al motore diesel (con grande dispetto dei motoristi che finora erano riusciti ad evitarla, in ossequio al detto “quello che non c’è non si rompe”).

Per la comprensione della funzione dei catalizzatori conviene fare riferimento al diagramma delle figure seguenti:

Figura 10 Evoluzione dei motori diesel pesanti



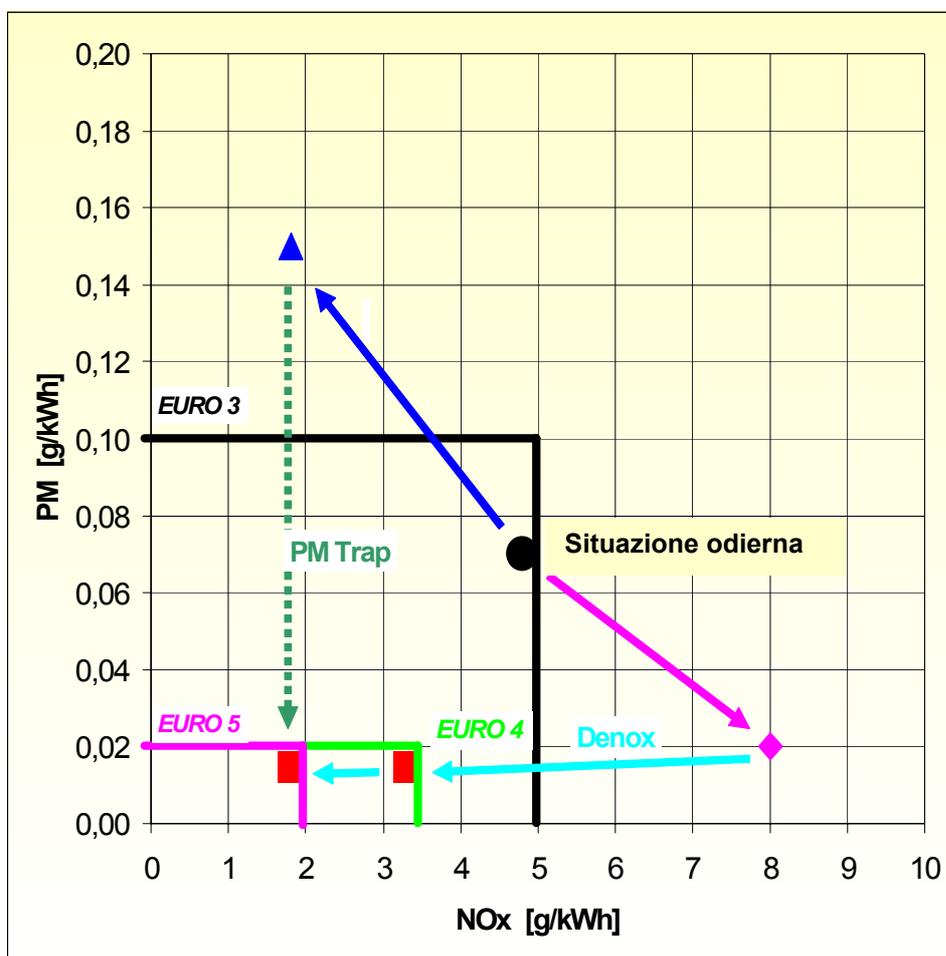
Nella figura 10 sono riportati in forma grafica i limiti emissioni corrispondenti alle Direttive Europee che si sono succedute dal 1988 a oggi, denominati convenzionalmente Euro 0, Euro 1, e così via, per i due inquinanti più importanti, ossidi di azoto e particolato. Sono elencate anche sommariamente le tecnologie che hanno permesso di arrivare fino all'Euro 3, dalla sovralimentazione alla iniezione ad alta pressione, alla turbina a geometria variabile.

Il passo successivo verso Euro 4 ed Euro 5 è illustrato dalla “zoomata” di figura 11. A partire dalla situazione odierna, una variazione alla regolazione del motore porta a muoversi su una iperbole nel piano PM-NOx (linee blu e viola).

Una possibile strategia è quella di regolare il motore per bassi NOx e abbattere il particolato con un filtro (o “trappola”) del particolato (percorso blu). Una seconda possibile strategia è quella di regolare il motore per basso PM e abbattere NOx con un “catalizzatore riducente” (o Denox) (percorso viola).

Al momento in cui scriviamo (2003) non è ancora chiaro quale delle due strategie prevarrà.

Figura 11 Motori diesel pesanti – Strategie per Euro 4 ed Euro 5



Per quanto concerne la benzina, invece, l'evoluzione per minime emissioni passa attraverso catalizzatori cosiddetti "ad accumulo", per ridurre gli ossidi di azoto, in particolare sui motori ad iniezione diretta di benzina.

### 2.5 I combustibili alternativi

Da 100 anni il 99% dei veicoli si muove con i tradizionali combustibili liquidi derivati dal petrolio, ed oggi in Italia si consumano annualmente circa 35 milioni di tonnellate, tra benzina e gasolio.

Questi numeri vanno tenuti sempre ben presenti nei ragionamenti sui carburanti alternativi, che sono e rimarranno per molti anni ancora un fenomeno di nicchia, pur essendo molto popolari oggi in tutti i discorsi relativi all'inquinamento, alle cosiddette "fonti rinnovabili", e alle strategie di diversificazione dal petrolio. Neppure la grande crisi energetica degli anni '70 riuscì a scalzare questo predominio: passata la paura e ridisceso il prezzo del petrolio, furono rapidamente accantonate tutte le altre alternative, e parve se non tramontata almeno differita la profezia delle Cassandre che pronosticavano un rapido esaurirsi delle riserve di petrolio.

Ciononostante, vengono considerate alternative alla benzina e al gasolio, ed è giusto che sia così, poichè solo in questo modo si riescono a perfezionare tecnologie tecnicamente ed economicamente valide. L'Unione Europea [7] valuta che per il 2020 possa essere sostituito oltre il 20% dei carburanti con quelli alternativi (cfr. sopra figura 5).

In questa sede considereremo solo i carburanti che realisticamente possono essere impiegati nei motori e nei veicoli nell'arco di un orizzonte temporale visibile, presentandoli "in ordine di apparizione".

### 2.5.1 Le miscele acqua-gasolio

Non sono un vero e proprio carburante alternativo, ma costituiscono una soluzione pronta, realistica e di facile impiego per ridurre la fumosità dei motori diesel, specie dei più vecchi. Che le miscele di acqua e gasolio (proporzioni circa 10% e 90%) permettessero una migliore polverizzazione in camera di combustione e quindi minor fumosità, era noto da tempo, ma solo di recente si è riusciti a rendere l'emulsione "stabile" e quindi a rendere praticamente applicabili queste miscele, chiamate anche "gasolio bianco" in quanto di aspetto lattescente.

Estese misure su vari tipi di motori indicano una riduzione media del particolato del 40-60% e degli ossidi di azoto del 10%. I consumi salgono del 3-6%, con una perdita di potenza del 5-7% (l'acqua non brucia)

Con il nome commerciale di Gecam, in Italia l'impiego di queste miscele si è rapidamente diffuso sui mezzi pesanti delle flotte municipali, autobus – raccolta rifiuti, mentre ne è ancora in corso la sperimentazione sulle vetture, e in molti impianti di riscaldamento, sicchè è impiegato attualmente (inizio 2003) in Italia su circa 8.500 mezzi pubblici (21% del totale) con un consumo attorno ai 90 milioni di litri/anno, e si contano in Italia 9 stabilimenti di produzione, con capacità di 600 milioni di litri/anno. (Dati di fonte Gecam).

### 2.5.2 I biocarburanti

Si designa con questa denominazione (biofuels) una vasta classe di carburanti derivati da "biomasse" di origine vegetale, principalmente esterificazione degli oli vegetali (biodiesel), e poi alcool, biogas da fermentazione rifiuti, e altri.

A parte il biogas, con il quale funzionano gruppi elettrogeni stazionari presso le discariche, l'unico di qualche importanza per i veicoli è il biodiesel. Esso è direttamente miscibile al gasolio (in Francia si trova al 5% nei normali distributori). Il beneficio conclamato è quello di non peggiorare il bilancio della CO<sub>2</sub>, e di essere in qualche maniera un carburante "autarchico" rispetto al petrolio. L'Unione Europea intende promuoverne la diffusione a breve ed ha emanato la direttiva 2003/30/CE, dell'8 Maggio 2003 che prescrive la sostituzione con biocarburanti, entro fine 2005, di almeno il 2% di tutti i carburanti convenzionali, da riconfermare nel 2007 [UE 2001].

Ad oggi, si stima che vengano prodotte in Europa 700.000 tonnellate/anno di biocarburanti, pari allo 0,3% dei consumi, e che la potenzialità sia dall'1,2 al 5% (da 4 a 15 milioni di tonnellate/anno), destinando a coltivazione 3,9 milioni di ettari.

Visti i numeri, è arduo ipotizzare che si possa arrivare al 2% in 3 anni!

Come ulteriore elemento di informazione, delle 200.000 tonnellate di biodiesel consumate in Italia nel 2003, solo la metà proviene da coltivazioni italiane, il resto è di importazione.

### 2.5.3 Metano

Del metano si è detto e si è scritto di tutto e di più. L'ultimo slogan è: "La via italiana verso l'idrogeno".

Se è vero che è il mercato a decretare il successo di certe tecnologie, il mercato sta decretando l'espansione attuale del metano rispetto ad altri combustibili alternativi, per le sue caratteristiche di sicurezza, di facilità di distribuzione, di costo e di disponibilità di veicoli.

All'inizio del 2003, si consumano in Italia circa 400 milioni di metri cubi all'anno (250-300 Tonn.) per uso autotrazione, sensibilmente meno dell'1% del consumo nazionale di metano, con circa 400 mila veicoli circolanti, ed un completo listino di veicoli a metano "di fabbrica" (OEM) che va dalle vetture, ai furgoni, ai camion raccolta rifiuti, ai bus urbani.

Il quadro di riferimento è favorevole al metano, con una serie di facilitazioni ed incentivi, principalmente connessi all'Accordo Governo-Fiat-Unione Petrolifera per lo sviluppo della rete. (Ministero Ambiente 2001).

Eppure la crescita del mercato è più lenta del previsto. Se da un lato le amministrazioni pubbliche, e per esse le flotte "municipali" hanno portato, e stanno portando, ad una significativa diffusione dei veicoli urbani a metano (oggi gli autobus a metano sono il 15-20% del mercato) e se è vero che permane una buona diffusione dei veicoli nelle province più metanizzate (8% del parco auto a Parma, Ravenna, Ancona), è anche vero che nelle province non metanizzate faticano a realizzarsi nuovi distributori, che sono una premessa necessaria alla diffusione di nuovi veicoli a metano. Il fenomeno è di tipo "rigenerativo" (veicoli e stazioni si incoraggiano a vicenda) e c'è da sperare che le 150-200 stazioni previste a breve producano l'effetto desiderato.

Questo ritmo è molto inferiore a quello necessario per raggiungere il 10% previsto dall'Unione Europea nel 2020, e di certo, se è così difficile la diffusione di un combustibile per il quale le stazioni, i veicoli e la legislazione sono "arte nota", viene da chiedersi quanto siano realistiche le previsioni di coloro che parlano di idrogeno prima della fine del decennio.

### 2.5.4 GPL

Il GPL è abbastanza diffuso oggi in Italia (più di 1 milione di veicoli circolanti) ma il suo mercato è essenzialmente limitato alle vetture trasformate in aftermarket per l'assenza di un'offerta significativa di veicoli nuovi di fabbrica.

D'altra parte sconsigliano le trasformazioni sul nuovo sia ragioni tecniche (diffusione e complicazione delle centraline elettroniche benzina, difficoltà con la "on board diagnostic") sia ragioni legislative (garanzie sul nuovo a 2 anni, responsabilità del costruttore sulle emissioni per 80.000 km), per cui non si ritiene che il GPL abbia uno sviluppo significativo. La stessa UE [UE 2001] non lo considera tra i carburanti che saranno presenti nel 2020.

### 2.5.5 Idrogeno

L'idrogeno non è nuovo come combustibile "casalingo". Ci piace ricordare che fino agli anni '50, prima della diffusione capillare della metanizzazione, il gas di città era costituito per il 50% da idrogeno e per il 50% da ossido di carbonio. Ed è per questo che abbiamo riportato la figura della fabbrica del gas di Torino.

Figura 12 La fabbrica del gas di Torino



L'idrogeno è l'argomento del giorno, il carburante alternativo principe nei discorsi degli ambientalisti, e l'industria tiene per il momento un atteggiamento di rispettosa osservazione, pronta a cavalcare la tigre se si dovesse rivelare un'energia che porta lontano. Non è il caso di addentrarsi in questa sede in discussioni troppo approfondite, amplissimamente reperibili in letteratura. Basta, a questo proposito, l'ampiezza della trattazione riservata, più avanti in queste note, alle trazioni alternative a fuel cell ed ai prototipi a idrogeno delle più varie provenienze.

Ci limiteremo ad alcune incontrovertibili affermazioni:

- a) l'idrogeno non si trova libero in natura, ma bisogna spendere energia per produrlo, energia che viene recuperata all'atto del suo utilizzo. Per questo si dice che è un "vettore energetico";
- b) per il secondo principio della termodinamica l'energia ricavata è minore di quella impiegata nella produzione, e la validità dell'idrogeno in quanto "pulito" è data dalla "pulizia" del suo processo di produzione, altrimenti tanto varrebbe, a fini inquinamento, utilizzare l'energia primaria;
- c) l'idrogeno liquido è molto leggero, e per accumularne una significativa quantità a bordo veicolo o lo si mette in un serbatoio criogenico a  $20^\circ$  sopra lo zero assoluto, cioè a  $-253$  gradi centigradi, o lo si comprime a temperatura ambiente a molte centinaia di bar, operazioni comunque molto dispendiose dal punto di vista energetico e meritevoli di qualche precauzione dal punto di vista della sicurezza. L'impeto di qualche anno fa, che prevedeva di avere a bordo carburanti liquidi e di impiegare un *reformer*, pare di molto smorzato, in quanto industrializzare un *reformer* piccolo per uso automobilistico non è poi così semplice.

- d) il trasporto dell'idrogeno da un luogo di produzione ad uno di distribuzione è parimenti molto dispendioso a causa della sua leggerezza;
- e) sembra in definitiva che uno dei metodi migliori per produrre idrogeno per uso veicolare sia quello di ottenerlo alla stazione di servizio mediante *reforming* del metano: in questo senso si usa dire che il metano è "un ponte" verso l'idrogeno e che è la "via italiana" verso l'idrogeno stesso, vista la tradizione italiana nell'uso del metano.

#### 2.5.6 Infrastrutture

In definitiva, condizione necessaria per la diffusione di un carburante alternativo è che esista una rete di infrastrutture, e cioè che sia possibile distribuire il carburante sia da un punto di vista tecnico (disponibilità delle apparecchiature) sia da un punto di vista legislativo (permessi e sicurezza) sia da un punto di vista economico (ricavi ragionevoli a fronte di costi ragionevoli, tali da invogliare gli investitori ad investire).

La situazione per l'Italia è riportata nella tabella seguente, riferita all'anno 2001 per il quale sono disponibili tutti i dati.

*Tabella 1 Situazione rete distributiva carburanti per autotrazione in Italia e fine 2001*

	<i>Benzina + gasolio</i>	<i>GPL</i>	<i>Metano</i>
n° veicoli circolanti	35.000.000	1.300.000	330.000
n° impianti distribuzione	23.400	2.069	358
Venduto annuo 2001 (tonnellate)	36.600.000	1.400.000	270.000

*(Dati Anfia – Unione Petrolifera – Federmetano)*

Il numero di distributori di carburanti tradizionali è da anni oggetto di un travagliato processo di riduzione e di razionalizzazione, al momento governato a livello regionale, e negli anni '90 si è avuto un calo di circa 500-600 distributori per anno.

Il numero di distributori metano è in lenta e faticosa ascesa, incentivato al momento da iniziative del Ministero dell'Ambiente e dall'Accordo Governo-Fiat Unione Petrolifera. Dai 358 di fine 2001 si è passati ai circa 440 di fine 2003, e per gli anni venturi è previsto un incremento dello stesso ordine.

Nel complesso, comunque, il metano vale oggi circa l'1% dei combustibili liquidi tradizionali, consolidatisi in quasi un secolo, e il GPL è fermo attorno al 3-4%, e questo nonostante metano e GPL siano due carburanti alternativi assestati da decenni.

Dalla tabella si ha una ulteriore conferma che il traguardo per il metano di sostituzione del 10% dei combustibili tradizionali per il 2020 è un traguardo abbastanza ambizioso.

Se veramente si affermerà l'urea per i diesel dal 2005 in poi, deve essere messa in piedi tutta la logistica per la diffusione dell'urea medesima, ed altrettanto complicata sarà la conversione delle stazioni per la fornitura di bio-carburanti. Riteniamo quindi che la diffusione a livello commerciale di stazioni di rifornimento per idrogeno sia, al momento, al di là di realistiche previsioni, essendo ancora tutte da verificare le normative di sicurezza ed i costi.

#### 2.5.7 Tabella riassuntiva di confronto dei carburanti per autotrazione

In conclusione, si riassumono nella tabella seguente le principali caratteristiche tecnico-economiche dei carburanti esaminati.

TABELLA RIASSUNTIVA DI CONFRONTO CARBURANTI PER AUTOTRAZIONE									
COMBUSTIBILI	NATURA E APPLICAZIONE SU MOTORI				LOGISTICA PRODUZIONE / DISTRIBUZIONE	DIPENDE DA PETROLIO	CONSUMI ANNUALI ITALIA	COSTO PER UNITA' DI ENERGIA [€/100 MJ]	PREGI AMBIENTALI NELL'UTILIZZO RISPETTO A BENZINA / GASOLIO
	Stato fisico	Ciclo Otto	Ciclo diesel	Fuel cell					
BENZINA	Liquido	X			Facile sviluppato	SI	35 milioni tonnellate	320	
GASOLIO	Liquido		X					240	
EMULSIONI GASOLIO / ACQUA	Liquido (88-90% gasolio 8-10% acqua e 2% emulsionanti)		X		Reperibile per flotte. Non ancora omologato per motori auto moderni e distributori stradali	SI	< 0,1 milioni di tonn. (2003) in crescita	8-10% più del gasolio	Dimezza fumosità / particolato
BIODIESEL	Si impiega miscelato col gasolio 5-30%		X		In alcuni paesi (Francia) autorizzato al 5% nel gasolio nei distributori stradali	SI in quanto miscela	<0.2 milioni di tonnellate	5% più del gasolio (miscele al 30%)	Riduce la CO2 di origine fossile in quanto derivato dalle piante
METANO (GAS NATURALE)	Gassoso Più leggero dell'aria Liquido a -161°C	X			Rete distribuzione in Italia in espansione (~400 distributori 2002 e ~450 2003). Metanodotti. Non intasa il traffico di superficie con le autobotti.	NO	0.3 milioni di tonnellate	137	Emissioni molto basse – Particolato assente
GPL (GAS PETROLIO LIQUEFATTO)	Gassoso Più pesante dell'aria Liquido a temp. amb. per pressioni >6-8 bar	X			Rete distribuzione abbastanza diffusa (~1200 distributori)	SI	1.3 milioni di tonnellate	202	Emissioni molto basse – Particolato assente
IDROGENO	Gassoso Liquido a -253°C	X		X	Tutta da definire.	NO	-0	---	Emissioni ~ nulle

## 2.6 Le trazioni alternative

### 2.6.1 Elettrico puro

I veicoli a trazione elettrica con alimentazione a batterie sono stati in uso già alla fine del 1800, poi messi in ombra dai veicoli a motore a combustione interna per la maggior flessibilità d'uso e ripresi in qualche misura al tempo della seconda guerra mondiale, per la scarsità dei combustibili.

Gli anni '70 segnarono una ripresa di interesse per la trazione elettrica, dapprima a seguito delle istanze ambientali e successivamente per il problema energetico.

Il grosso passo avanti nello sviluppo della tecnologia fu reso possibile dalla disponibilità dell'elettronica di potenza e dalle discipline relative ai controlli elettronici, che in quel periodo si andavano sviluppando.

Questi mezzi tecnici in effetti consentivano la realizzazione di sistemi di trazione ad alte prestazioni, alta efficienza e conferenti buona guidabilità al veicolo.

Venne così sviluppato un complesso di tecnologie e sperimentato su veicoli prototipi, basate su diversi tipi di sistemi di trazione e diversi tipi di accumulatori.

#### Sistemi di trazione

Il sistema di trazione, costituito da motore elettrico, relativo alimentatore controllato (insieme definito come azionamento) e trasmissione meccanica, è stato oggetto di sviluppo nelle scorse tre decadi.

Negli anni '80 gli sviluppi hanno condotto alla definizione degli azionamenti basati su motori a corrente continua ad eccitazione serie e ad eccitazione separata.

Il motore a eccitazione serie costituisce una soluzione ampiamente convalidata da numerose applicazioni industriali, inclusa quella alla trazione ai carrelli elevatori elettrici. Per questo è stato considerato per l'applicazione ai veicoli stradali associato ad un regolatore di potenza elettronico (chopper) operante la regolazione ad impulsi sul circuito di armatura. Con questo tipo di azionamento, associato al cambio di velocità è stata equipaggiata la FIAT Panda Elettra, prodotta in piccola serie all'inizio degli anni '90.

Nel contempo è stato sviluppato l'azionamento con motore a corrente continua ad eccitazione separata, caratterizzato dalla possibilità di controllo sul circuito di eccitazione, oltre che su quello di armatura. Questa prerogativa consente una regolazione poco dissipativa sul circuito di eccitazione, operabile in un ampio intervallo alle alte velocità e un miglior ricupero di energia in frenatura.

L'azionamento con motore a corrente continua ad eccitazione separata è applicato, ad esempio, sulle vetture elettriche francesi PSA-Peugeot 106, Citroen AX, prodotte negli anni '90.

La possibilità di regolare la velocità in un certo intervallo mediante il solo controllo del circuito di armatura, ha indotto diverse realizzazioni di prototipi e di piccola serie, quale il FIAT Ducato Elettra, in co-produzione con la PSA, in cui l'azionamento era associato al cambio di velocità come sostitutivo del controllo di armatura, quindi con minor coinvolgimento dell'elettronica di potenza.

Negli anni '90 si è sviluppata, in parallelo, la tecnologia degli azionamenti basati su motori a corrente alternata, per i quali la funzione di commutazione della corrente nel circuito di armatura è sostituita dalla commutazione operata dall'elettronica di potenza. Il vantaggio potenziale è quello di svincolare i parametri di progettazione del motore dalle condizioni imposte dal commutatore meccanico, in termini di densità di corrente e di velocità. Ne consegue la potenzialità di realizzazione di motori sia ad alta velocità, quindi ad alta potenza specifica, sia, per converso, a bassa velocità e alta coppia (ad esempio per applicazione diretta alle ruote).

Il passaggio agli azionamenti in corrente alternata è reso possibile dalle tecniche di generazione di correnti trifasi (o, in genere, polifasi) a partire dalla corrente continua, mediante la regolazione a impulsi operata con l'elettronica di potenza.

Un'applicazione diffusa del tipo di azionamento in corrente alternata è basata sull'impiego del motore asincrono, a induzione, la cui tecnologia di base è anch'essa convalidata dalle numerosissime applicazioni industriali e che è caratterizzata da robustezza, assenza di necessità di manutenzione, costruzione agevole e di basso costo.

Il regolatore elettronico (inverter) opera l'alimentazione controllata del circuito di armatura determinando il campo rotante, che interagisce con il campo di correnti indotte rotoriche producendo la coppia motrice. La regolazione è effettuata agendo sulla frequenza con adeguamento della tensione, di solito contemporaneamente, dallo stesso inverter.

L'azionamento con motore asincrono e inverter è applicato sulla vettura FIAT Seicento Elettra, prodotta a partire dalla fine '90, sugli autobus elettrici e ibridi IRISBUS e su veicoli prototipi o di inizio serie, quali la vettura General Motors EV1, la Ford THINK, la Chrysler EPIC.

Una diversificazione degli azionamenti in corrente alternata è costituita dai motori sincroni, nei quali l'alimentazione ciclica impressa dall'inverter è sincrona con la rotazione del rotore.

Tre tipi di motore sono stati sviluppati o in corso di sviluppo:

- motore con eccitazione a magneti permanenti
- motore a riluttanza sincrona
- motore a riluttanza commutata.

Il primo tipo presenta un rotore di tipo attivo, dotato cioè di fonte di eccitazione intrinseca. Il secondo tipo è caratterizzato da un rotore anisotropo in termini di permeabilità magnetica; questo viene trascinato in rotazione dal flusso rotante statorico, che persegue le vie di minima riluttanza.

Il terzo tipo è caratterizzato da un rotore a denti, che vengono richiamati ciclicamente dal flusso generato da avvolgimenti statorici commutati ciclicamente.

Questi tipi di motori offrono in linea di principio la possibilità di maggiori rendimenti, di maggior potenza o coppia specifica e maggior flessibilità di progetto finalizzabile alla applicazione specifica.

Azionamenti con motori a magneti permanenti sono applicati su vetture elettriche giapponesi Toyota, Nissan e Honda. Macchine a magneti permanenti sono inoltre impiegate su vetture ibride giapponesi (es.: Toyota Prius).

### Sistemi di accumulo

Diversi tipi di accumulatori elettrochimici sono stati esplorati e sviluppati per la trazione elettrica.

Le prime realizzazioni furono equipaggiate con accumulatori al Piombo, con elettrolito acido.

Le autonomie raggiungibili con equipaggiamenti di accumulatori di peso compatibile con il carico utile del veicolo e con prestazioni adeguate al traffico urbano erano, per i veicoli dei primi anni '90, dell'ordine dei 70-80 km.

Sviluppi degli accumulatori al Piombo finalizzati al miglioramento delle condizioni d'uso condussero alla disponibilità di accumulatori con elettrolito gelificato o adsorbito, caratterizzati dalla ricombinazione di idrogeno e ossigeno a fine ricarica e quindi dalla non necessità di manutenzione con abboccamento di acqua distillata, a differenza degli accumulatori classici ad elettrolito libero.

Con accumulatori di più recente realizzazione e con il miglioramento delle condizioni di gestione del sistema di bordo, gli accumulatori al piombo possono consentire autonomie dell'ordine dei 90 km.

La ricarica degli accumulatori richiede tipicamente 7-8 ore. L'utilizzo dei veicoli puri elettrici è d'altronde finalizzato all'impiego per missioni urbane, con ricarica notturna, nei periodi in cui esiste fra l'altro maggior disponibilità di energia elettrica.

La durata tipica degli accumulatori al piombo è dell'ordine di 600 cicli di carica-scarica.

Un altro tipo di accumulatore sviluppato dalla SAFT, in collaborazione con costruttori automobilistici francesi è quello al Nichel-Cadmio, con elettrolito alcalino.

Questo accumulatore, che equipaggia vetture PSA, Citroen e Renault, presenta una energia specifica superiore, che conferisce ai veicoli autonomie dell'ordine di 120 km.

È poi stato sviluppato, da costruttori europei e di oltre oceano, il tipo di accumulatore al Nichel-Idruri metallici, che si presenta per alcuni aspetti come alternativa all'accumulatore al Nichel-Cadmio per la presenza dell'elettrodo a Idruri in luogo di quello al Cadmio ed è dotato di energia specifica ancora superiore. Con questo tipo di accumulatore si possono raggiungere autonomie dell'ordine di 150 km. Una versione della vettura FIAT Seicento Elettra è stata equipaggiata con accumulatori al Nichel-Idruri metallici, in alternativa a quelli al Piombo.

Un altro accumulatore in sviluppo già negli anni '90 e già impiegato in realizzazioni di prototipi o di piccole serie è il tipo al Sodio-Cloruro di Nichel, ad alta temperatura (circa 300 °C). Questo tipo di accumulatore richiede quindi un sistema di coibentazione e preriscaldamento. La sua energia specifica consente autonomie dell'ordine di 180 km.

Infine un filone di sviluppo che appare promettente è quello dell'accumulatore Litio-ione, in sviluppo ad opera di diversi costruttori europei ed esteri, dotato di elevata energia specifica, tale da consentire autonomie di oltre 200 km.

Questa tecnologia richiede ancora una validazione tecnica approfondita e la definizione di una situazione di costo compatibile con la commercializzazione diffusa.

Chiaramente la scelta del tipo di accumulatore da parte del costruttore automobilistico viene operata con criteri tecnico-economici in relazione al tipo di veicolo e di missione operativa ed inoltre al grado di maturità tecnologica.

#### Applicazioni al veicolo

La tecnologia del puro elettrico è applicata ad una vasta gamma di tipi di veicoli per impiego tipicamente urbano: vetture, veicoli commerciali leggeri, minibus, veicoli per servizi speciali, veicoli a tre e a due ruote.

Caratteristiche tipiche per una vettura elettrica di classe piccola-media (1.400 kg di peso totale).

Velocità massima: 100-120 km/h.

Tempo di accelerazione 0-50 km/h: 6-7 s.

Autonomia su ciclo di riferimento EUDC: 80-130 km, a seconda del tipo di batteria, per i tipi commercializzati.

#### Vantaggi

Emissioni nulle nel luogo di utilizzo.

Emissione di CO<sub>2</sub> a livello della produzione di energia elettrica (con riferimento al mix europeo di fonti primarie impiegate) inferiore all'emissione prodotta dalla motorizzazione convenzionale.

Costo operativo per il rifornimento energetico: inferiore a quello relativo alla motorizzazione convenzionale.

Costo di manutenzione ordinaria: inferiore a quello dei veicoli convenzionali.

#### Limiti

Percorrenze realizzabili fra due cariche della batteria: limitate, anche se utilizzabili per molte fasce di utenze in aree urbane e suburbane.

Carico utile più limitato rispetto ai veicoli convenzionali, dovuto al peso delle batterie.

Tempi di ricarica relativamente lunghi (6-7), anche se, di regola, la ricarica verrebbe effettuata di notte, dato l'utilizzo prevalentemente urbano e in considerazione della maggior disponibilità di energia elettrica.

Infrastrutture per la ricarica non adeguate ad un uso sufficientemente esteso.

Costo iniziale elevato (dell'ordine del doppio dei veicoli convenzionali), dovuto per buona parte al non favorevole effetto di scala per i limitati volumi di produzione.

### 2.6.2 Veicoli ibridi

Un veicolo ibrido elettrico è un veicolo che può ricevere energia per la propulsione contemporaneamente (o in tempi diversi) da due (o più) tipi di sorgenti di energia di bordo, tipicamente:

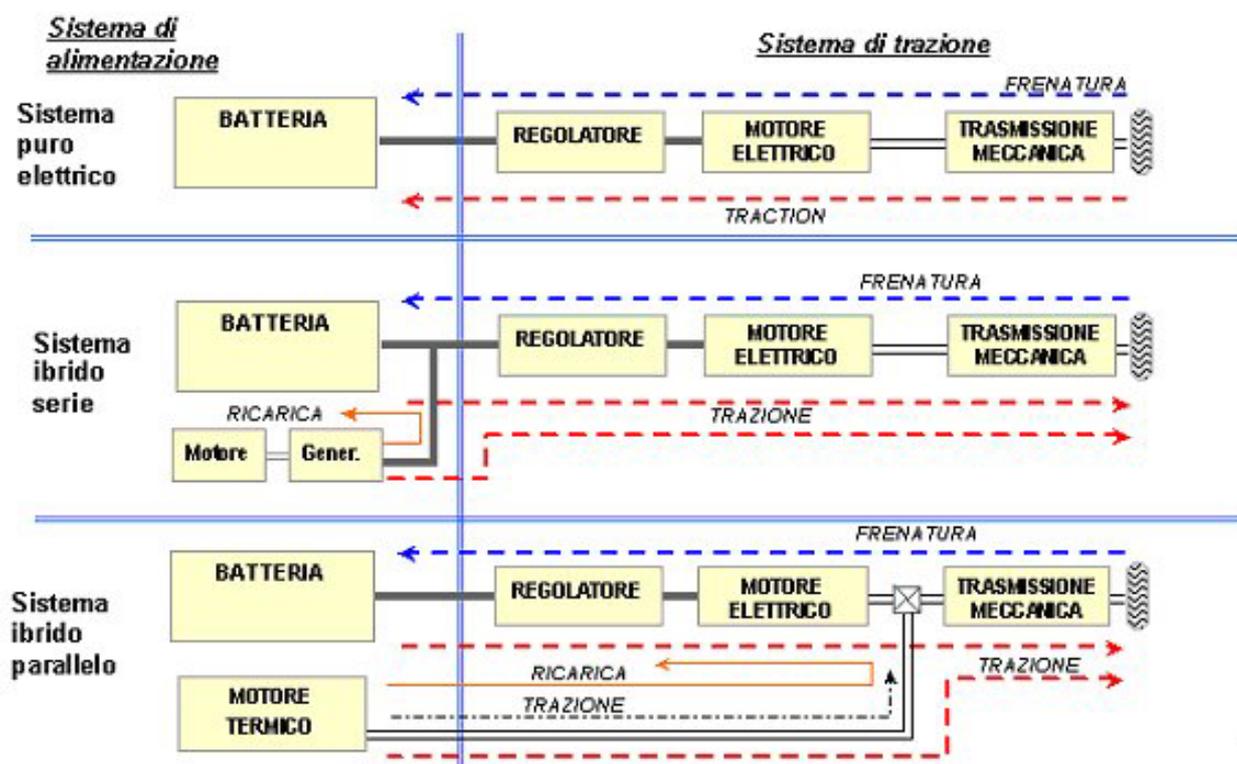
- un combustibile;
- un accumulatore di energia con interfaccia verso il sistema di tipo elettrico (es.: accumulatore elettrochimico, supercondensatore, motogeneratore a volano).

Nel presente capitolo si fa riferimento ai veicoli ibridi a motore termico, in cui il combustibile è convertito da un motore termico in energia meccanica.

Il sistema ibrido è suscettibile di diverse architetture per l'integrazione della sorgente di energia a motore termico con quella elettrica e di diversi proporzionamenti in termini di potenza fra queste due fonti di energia, la scelta progettuale dipendendo dal tipo di veicolo e dalla finalità d'uso.

Il prospetto che segue presenta i tipi fondamentali di struttura del sistema, partendo dallo schema del puro elettrico, con l'indicazione dei flussi di energia nelle diverse fasi operative.

Figura 13 *Struttura dei Sistemi Ibridi*



I due tipi di sistema, serie e parallelo, si diversificano per il modo di integrazione delle due sorgenti di energia, motore termico e sistema di trazione elettrico.

Nel sistema serie l'integrazione avviene a livello elettrico, previa conversione in potenza elettrica della potenza meccanica prodotta dal motore termico.

Nel sistema parallelo l'integrazione avviene a livello meccanico, con possibilità di connessione diretta motore termico-motore elettrico.

Il vantaggio del sistema serie è il disaccoppiamento del gruppo di generazione a motore termico dal sistema di trazione, con conseguente possibilità di gestione flessibile e ottimizzazione funzionale sotto l'aspetto di consumi e/o di emissioni, utilizzando il sistema di accumulo elettrico per il livellamento del carico e per il ricupero di energia in frenata. Altro vantaggio è la libertà di installazione nella struttura del veicolo.

Il vantaggio del sistema parallelo è quello di consentire l'erogazione della potenza del motore termico direttamente per via meccanica, in aggiunta a quella del motore elettrico. Questo tipo di sistema è quindi particolarmente adatto per tipi di missioni a lunghe

percorrenze o per funzioni del motore elettrico come integratore diretto di potenza del motore termico.

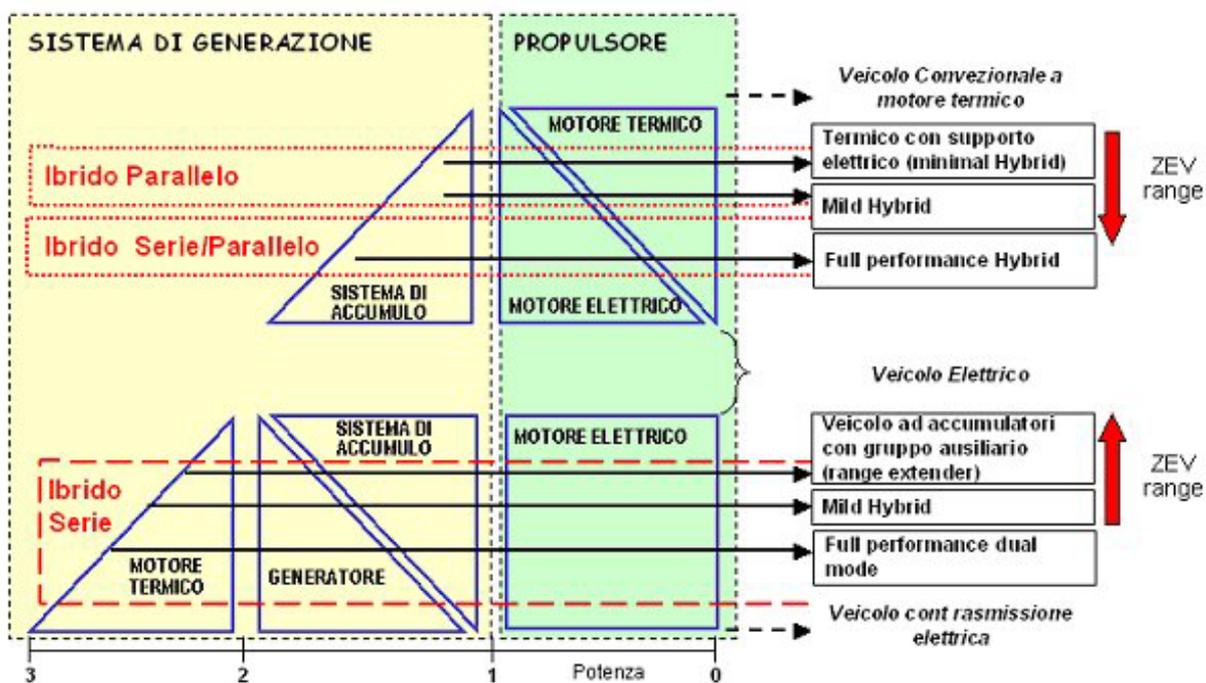
Sono possibili ulteriori diversificazioni di architettura, quale quella di un sistema serie commutabile in un sistema parallelo tramite accoppiamento meccanico con giunto o frizione, che consente di utilizzare di volta in volta i vantaggi dei due sistemi in dipendenza del tipo di impiego del veicolo.

Il sistema ibrido può essere utilizzato e quindi progettato per soddisfare particolari esigenze funzionali od obiettivi energetici/ambientali.

Le configurazioni di sistema e il proporzionamento dei componenti possono essere variati in accordo a tali obiettivi.

Lo schema che segue illustra queste alternative, collegandole con le finalità d'uso.

Figura 14 Configurazioni alternative dei Sistemi Ibridi



Partendo dalla situazione del sistema convenzionale a motore termico, si possono realizzare diverse soluzioni con diversi livelli di rapporto di potenza fra sistema elettrico e termico e con vari dimensionamenti del sistema di accumulo in termini di energia per le versioni destinate a possibili percorrenze in puro elettrico.

Nel campo delle architetture di tipo parallelo, si possono classificare le seguenti configurazioni:

- *Minimal hybrid*: La funzione è di dare supporto al motore termico come livellamento del carico, per consentire il relativo funzionamento in condizioni ottimali in termini di consumi e/o di emissioni. Il sistema di accumulo è progettato per fornire punte di potenza durante i transitori e per recuperare l'energia di frenatura. Si possono realizzare riduzione di consumi dell'ordine del 30%.

In una versione definibile come mild hybrid si può prevedere la possibilità di effettuare brevi percorrenze in puro elettrico.

- Full performance hybrid: Il sistema è dotato di una motorizzazione elettrica più rilevante, con possibilità di effettuare percorrenze anche in puro elettrico, con prestazioni paragonabili a quelle con la motorizzazione termica.

Nel campo delle architetture di tipo serie, si possono avere le seguenti configurazioni:

- Veicolo elettrico a batteria con "range extender": Il sistema di base è quello di un veicolo elettrico, che viene integrato con un gruppo motore termico-generatore preposto all'erogazione di energia elettrica per l'estensione dell'autonomia oltre i limiti consentiti dalla batteria. Il gruppo, di potenza ridotta, funziona in condizioni di erogazione livellata, in modo da ridurre le emissioni.

In una versione definibile come mild hybrid parallelo si può prevedere un gruppo di generazione di maggior potenza, che conferisce al veicolo maggiori prestazioni

- Full performance/dual mode: Il sistema prevede un gruppo di generazione di maggior potenza, con possibilità di piene prestazioni con alimentazione da motore termico (funzionamento in trasmissione elettrica) ed inoltre con elevate prestazioni in puro elettrico nei limiti di autonomia consentiti dalla capacità energetica della batteria.

Ulteriori varianti di architettura di sistema sono possibili: una è quella mista comprendente il collegamento meccanico delle due macchine elettriche presenti in un sistema di tipo parallelo con un rotismo planetario, che realizza la ripartizione delle relative potenze meccaniche attraverso la gestione delle potenze elettriche in interscambio con la batteria. La regolabilità dei flussi di potenza per somma o riflusso conferisce al sistema anche la funzione di trasmissione a rapporto variabile con continuità. Concettualmente il cambio meccanico di velocità e il relativo controllo di attuazione è sostituito in questo schema dal rotismo planetario e dal controllo sui regolatori elettronici delle macchine elettriche.

#### Vantaggi dei veicoli ibridi

Possibilità di riduzione dei consumi e delle emissioni (con enfasi sull'uno o l'altro aspetto attraverso la scelta di architettura di sistema e della gestione dell'energia).

Possibilità, per determinate impostazioni di sistema, di percorrenze in puro elettrico, quindi flessibilità operativa in funzione delle esigenze della missione.

#### Limiti

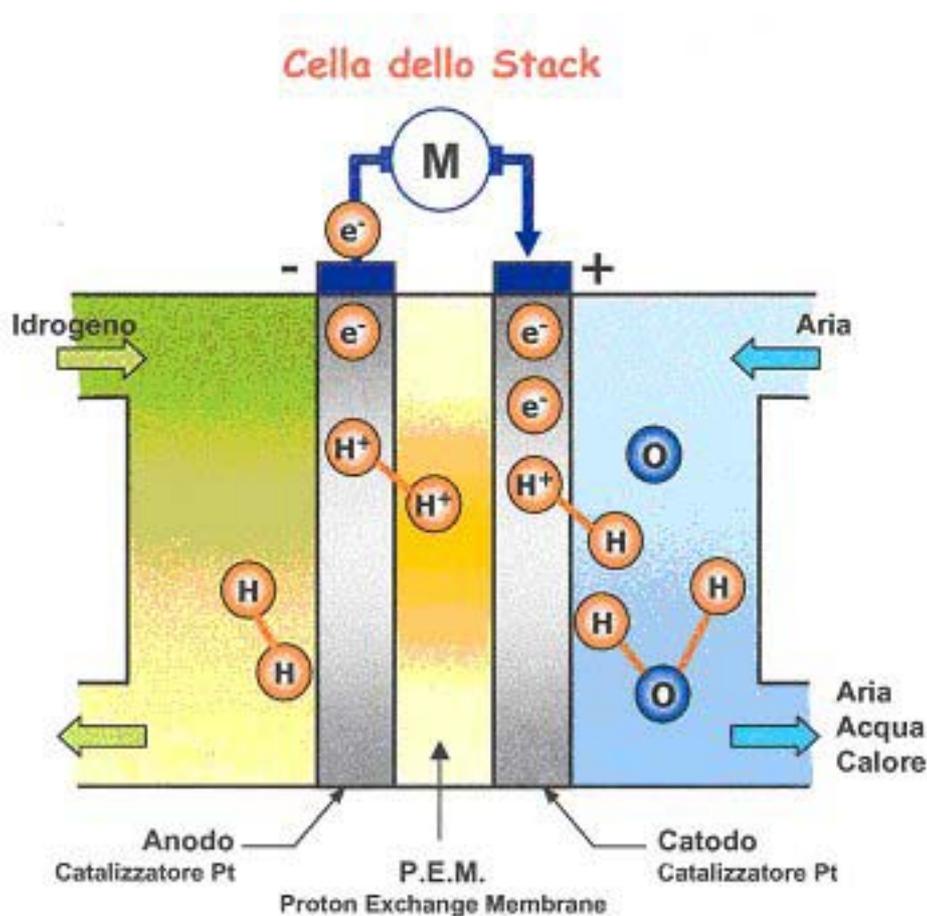
Costo superiore rispetto alla motorizzazione convenzionale, per la maggior complessità del sistema, dovuta alla presenza del doppio sistema di trazione.

Per alcuni tipi di batteria, in particolare per le configurazioni destinate anche a percorrenze in puro elettrico, necessità di una convalida della adeguatezza tecnologica del sistema di accumulo.

### 2.6.3 Veicoli a celle a combustibile

Il funzionamento di una cella a combustibile è concettualmente basato sul processo inverso di una cella elettrolitica: la reazione fra idrogeno e ossigeno addotti alla cella produce acqua e libera elettroni. (Figura 15).

Figura 15 Schema di cella a combustibile



Fra i vari tipi di celle a combustibile, le celle ad elettrolito polimerico, o a membrana scambiatrice di protoni (PEM), sono generalmente considerate adatte per uso in autotrazione.

Esse operano a temperatura di poco superiore a quella ambiente, con un elettrolito costituito da una membrana ad elevata conducibilità protonica ed elettrodi porosi a base di carbonio, su cui viene depositato un catalizzatore a base di platino.

Le loro caratteristiche, quali elevata densità di potenza, rapidità di avviamento a freddo, relativa semplicità costruttiva, sono particolarmente adatte per realizzare generatori leggeri, robusti ed affidabili, da impiegare per la generazione di potenza a bordo di veicoli.

A livello di impianto, le celle sono assiate in "stack" e collegate in serie elettrica, per raggiungere la tensione di impianto (la tensione di cella elementare è di poco superiore a 1 V e si riduce sotto carico a valori dell'ordine di 0,7 V, dipendentemente dai parametri operativi della cella).

La densità di potenza degli stack è dell'ordine di 1.2 kW/kg.

Il combustibile ideale per le celle è l'idrogeno, in quanto è il componente che interviene direttamente nella reazione, consente di realizzare un sistema relativamente semplice e con impatto ambientale praticamente nullo (i cascami della reazione sono acqua e calore).

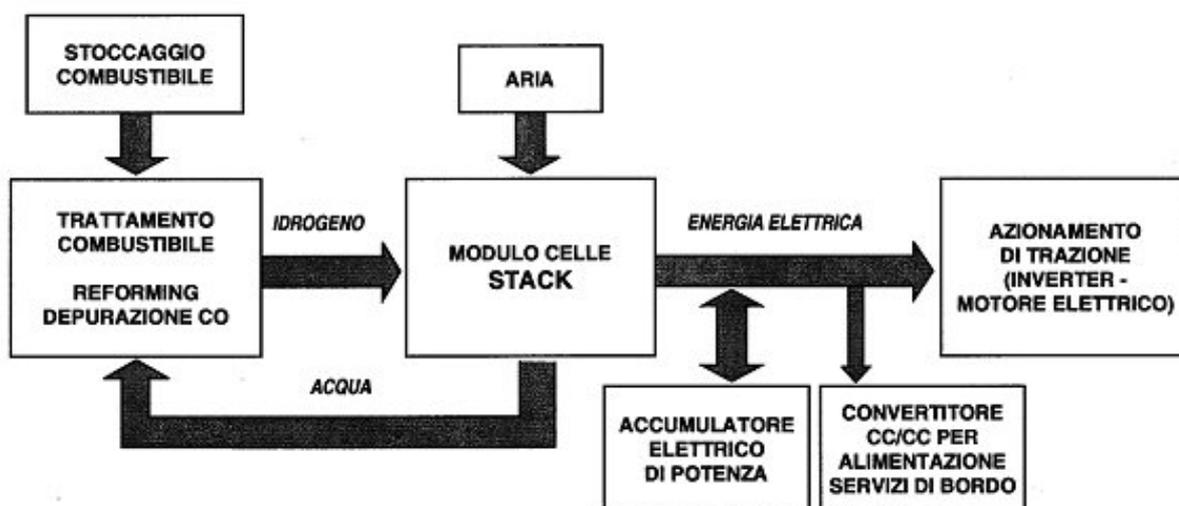
L'impiego dell'idrogeno comporta i problemi della sua disponibilità a costi e consumi energetici sostenibili, quelli dell'accumulo a bordo del veicolo e della rifornibilità dall'infrastruttura ottemperando ai requisiti di sicurezza e di operabilità da parte dell'utenza. L'idrogeno può essere prodotto per elettrolisi dell'acqua o per conversione (reforming o ossidazione parziale) da combustibili ricchi di questo elemento (metano, metanolo o benzina). Nel caso di utilizzo di questi combustibili fluidi, il sistema deve prevedere uno o più stadi di purificazione dell'idrogeno prodotto, basati su processi quali la ossidazione selettiva del CO o la separazione su membrane; il processo può avvenire a livello dell'infrastruttura o a bordo del veicolo.

L'impianto di bordo di un veicolo a celle a combustibile può essere impostato come un sistema di trazione elettrica alimentato dallo stack, a sua volta complementato dal sistema di alimentazione dei fluidi reagenti (combustibile con relativo apparato di conversione e aria) e di gestione dell'acqua e del calore.

Può anche essere considerato un sistema ibrido, in cui la potenza elettrica in uscita dallo stack viene integrata con quella di un sistema elettrico di accumulo che la complementa a fronte della richiesta della trazione e che riceve inoltre l'energia di recupero in frenatura.

La configurazione del sistema globale è rappresentata nella figura che segue.

*Figura16 Configurazione di sistema di celle a combustibile*



In relazione all'uso diretto dell'idrogeno come combustibile, si pongono diverse alternative per il relativo accumulo a bordo: idrogeno compresso o liquido, o adsorbito in composti quali idruri metallici o nanostrutture di carbonio (queste ultime a livello di ricerca).

Queste alternative danno luogo a problemi di scelta condizionata dalle rispettive caratteristiche funzionali, di integrabilità, di sicurezza e di costo, oltre che da considerazioni di necessità di sviluppo o di validazione, particolarmente per le soluzioni ad adsorbimento.

Per una vettura di classe medio-alta il consumo di idrogeno è dell'ordine di 14 g/km. La densità volumica dell'idrogeno liquido, valutata rispetto al contenitore coibentato è dell'ordine di 70 g/l e quella ponderale dell'ordine di 150 g/kg.

A titolo di esempio, una percorrenza di 500 km richiede un serbatoio di idrogeno liquido del peso di circa 45 kg, con un volume di circa 100 l.

Lo stoccaggio in fase liquida (che richiede una temperatura di  $-253^{\circ}\text{C}$ ) si presenta vantaggioso come densità ponderale, ma comporta un elevato dispendio di energia per la gestione del combustibile in queste condizioni.

Lo stoccaggio dell'idrogeno ad alta pressione (es.:  $250\text{ kg/cm}^3$ ) è meno vantaggioso in termini di ingombro e comporta maggior attenzione per l'aspetto sicurezza, ma è più efficiente in termini di energia globale.

La tecnologia di stoccaggio in idruri è in fase di sviluppo e si presenta più vantaggiosa come densità volumica, ma meno come densità ponderale.

In relazione all'uso del metanolo sono anche in atto linee di sviluppo miranti alla conversione del combustibile direttamente nella cella di reazione, rifornendo la stessa con metanolo e acqua.

#### *Vantaggi dei veicoli a celle a combustibile*

Il vantaggio potenziale più rilevante dei sistemi di trazione a celle a combustibile risiede nella proprietà di emissioni praticamente assenti (solo acqua e calore) nel luogo di utilizzo, se alimentate direttamente a idrogeno, con una rifornibilità in tempi molto brevi (dell'ordine di 10 min) dopo percorrenze dell'ordine delle centinaia di km.

A questo si può aggiungere la silenziosità, che è prerogativa dei veicoli elettrici.

#### *Problemi*

Risiedono fondamentalmente nella necessità di sviluppi e di validazione delle tecnologie, inclusi gli aspetti legati alla sicurezza e nella possibilità di pervenire a producibilità a costi contenuti.

Riferendoci all'uso dell'idrogeno, i problemi risiedono nella sua produzione, vista con favore a partire da fonti di energia rinnovabili, nel relativo costo e nella necessità di una diffusa infrastruttura per la distribuzione e il rifornimento.

## 2.6.4 Tabella riassuntiva di confronto delle tecnologie di trazione

A conclusione di questi ultimi paragrafi, ci pare utile riepilogare nella tabella seguente un confronto tra le varie tecnologie di trazione esaminate.

<b>TABELLA RIASSUNTIVA DI CONFRONTO TECNOLOGIE DI TRAZIONE</b>										
TECNOLOGIA	DESCRIZIONE	COMBUSTIBILI				PRESTAZIONI	EMISSIONI	CONSUMI	COSTI	NOTE
		Benzina	Gasolio	Metano	Idrogeno					
PROPULSIONE CLASSICA – MOTORE A BENZINA (ciclo otto)		X		X	X	ottime	In linea con normativa – Ne seguono l'evoluzione	Più elevati del diesel		Motori adattabili a combustibili gassosi (metano e in futuro idrogeno) con modifiche non sostanziali
PROPULSIONE CLASSICA – MOTORE A GASOLIO (ciclo diesel)			X			ottime		Circa 20% meno della benzina		Resterà ancora per anni il cavallo di battaglia della propulsione stradale e delle macchine operatrici
SISTEMI DIESEL ELETTRICI	La trasmissione meccanica è sostituita da trasmissione elettrica (come trazione ferroviaria)		X			Come diesel convenzionale			Non superiore al diesel, a par volumi	Qualche applicazione su autobus urbani
SISTEMI ELETTRICI PURI	Alimentati a batterie ricaricate esternamente al veicolo					Inconvenienti: peso- carico utile - autonomia	Zero sul veicolo. Non zero su centrale elettrica	Non particolarmente brillanti causa basso rendimento batterie	Almeno il doppio della motorizzazione convenzionale	Infrastrutture di ricarica praticamente assenti
SISTEMI IBRIDI (motore termico e motore elettrico variamente collegati alle)	Batterie ricaricate a bordo. Il generatore elettrico può essere una macchina elettrica convenzionale o una	X	X	X	X	Buone. Consente motori termici di cilindrata ridotta a par	Uguali o inferiori a corrispondente veicolo convenzionale	Inferiori grazie a possibilità recupero energia in frenata	Come elettrico puro.	Tecnologia molto promettente. Nel complesso ha il miglior rendimento energetico dal

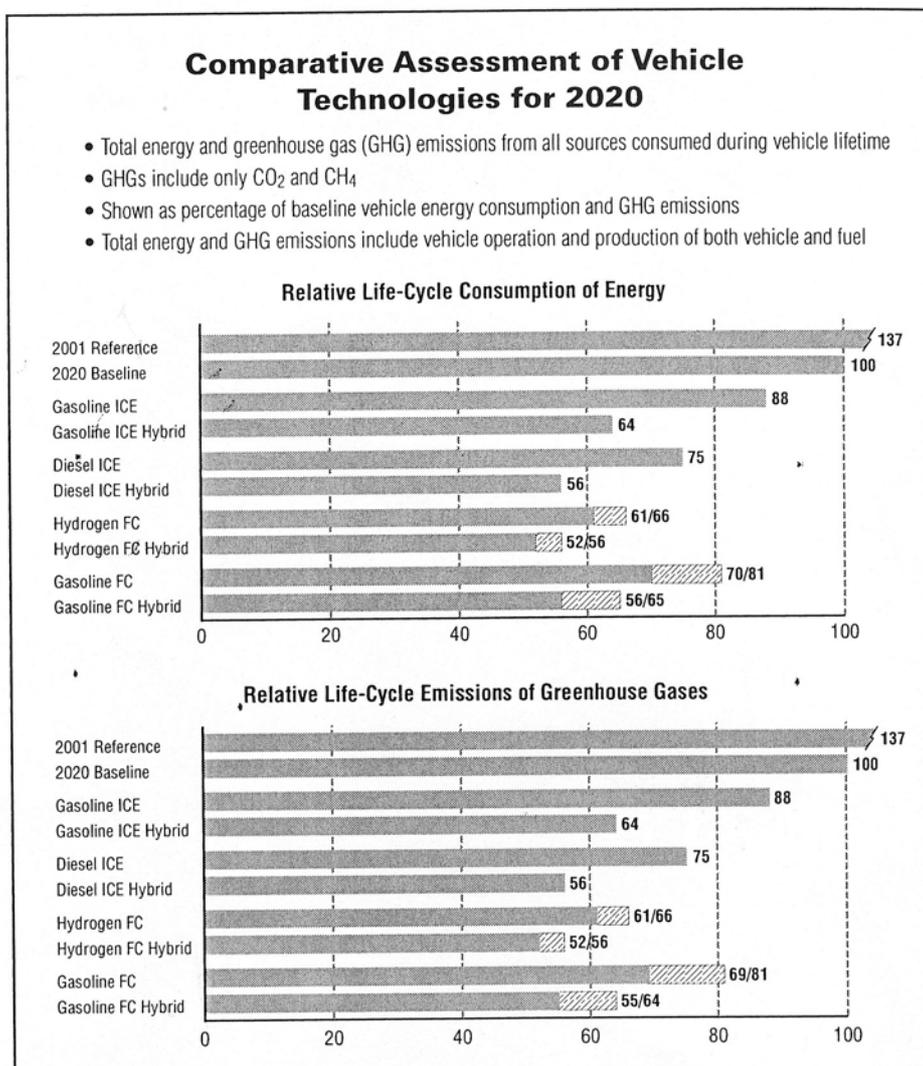
## 2.7 Uno studio del MIT: per i prossimi 20 anni la soluzione più conveniente è l'ibrido-diesel?

Vogliamo infine citare le conclusioni di uno studio del MIT (Massachusetts Institute of Technology) pubblicato ad inizio 2003 [MIT 2003] che, riaggiornando un analogo studio del 2000, giunge alla conclusione che nel prossimo ventennio la combinazione più conveniente di carburante/sistema di propulsione sarà l'ibrido diesel, e che la fuel cell/idrogeno ricavata da fonti rinnovabili può essere conveniente solo in una prospettiva di 30-50 anni.

La conclusione è raggiunta considerando consumo energetico ed emissione di gas serra per tutto il “ciclo di vita”, includendo fabbricazione e rottamazione del veicolo nonché energia spesa per la produzione del combustibile. Se anche nelle migliori condizioni l'ibrido diesel è raggiunto dalla fuel cell, c'è da considerare che l'infrastruttura per la produzione e distribuzione dell'idrogeno è tutta da creare.

Si riportano nella figura seguente le conclusioni base dello studio, rinviando al medesimo per maggiori particolari.

Figura 17 Consumi ed emissioni di sistemi di propulsione al 2020



## 2.8 L'evoluzione/ rivoluzione informatica: linee di sviluppo

A parte il circuito di accensione e i fanali, negli anni '50 le più raffinate applicazioni dell'elettricità nelle autovetture risiedevano nell'accendisigari e nel comando dei tergicristalli.

Oggi, all'inizio del terzo millennio, l'elettricità e l'informatica sono diventate l'insostituibile "sistema nervoso" dei veicoli.

Dando per arte nota ed ormai acquisita il governo elettronico dei vari sottosistemi del veicolo, così come è stato sviluppato nel corso degli anni '90 (dalle centraline elettroniche di comando motore all'ABS), si vogliono in questa sede dare cenni a tre linee di tendenza attualmente in corso di studio e di sviluppo, che fanno intervenire sempre più sulla scena, a fianco degli "ingegneri meccanici automobilisti", altri ingegneri "meccatronici".

### 2.8.1 Azionamenti by-wire

Mutuato dall'aeronautica, il concetto del “telecomando elettrico”, o “by-wire”, si sta estendendo dal tradizionale comando dell' acceleratore (“drive-by-wire), anche a funzioni più complesse e più delicate, finora affidate a “sbarre di ferro” o a sistemi idraulici, quali la sterzata e la frenatura.

Si vogliono presentare in questa sede tre progetti di “concept-car”. I primi due di essi (prototipi di Bertone e di GM) sono molto significativi, in quanto permeati di “know-how” italiano, sia per i sistemi di azionamento “by-wire”, prerogativa delle filiali italiana, francese e olandese della SKF, sia per il design Bertone, sia per i sistemi di frenatura della Brembo.

I componentisti italiani mantengono quindi la loro prestigiosa presenza nella innovazione dell' automobile.

#### Il progetto “Filo” di Bertone

Presentata dal carrozziere torinese Bertone al Salone di Ginevra del 2001, la “concept car” Filo si basa su un sistema SKF di telecomando elettrico della guida, del cambio e della frenatura (sviluppato assieme al componentista specialistico Brembo), che vengono comandate da una sorta di “satellite”, chiamato “Guida”. (Figura 18).

*Figura 18 La concept car “Filo” di Bertone*



È chiara la grande flessibilità che dà al progettista una soluzione di questo genere, potendosi come minimo avere intercambiabili la guida a sinistra e la guida a destra.

È altrettanto chiaro che requisiti principali di azionamenti di questo genere sono la ridondanza e la assoluta garanzia di sicurezza del software e dell'hardware, che si avvalgono peraltro di soluzioni già sperimentate in campo aeronautico.

Parimenti importante, a fini ergonomici, è la sensazione di “ritorno” degli azionamenti, per cui, anche se manca il collegamento meccanico, il “manovratore” ha comunque la sensazione tattile dell’azionamento in corso (affidata ad attuatori inclusi nel “satellite”).

Un sistema del genere, avendo eliminato il piantone dello sterzo, può avere vantaggi anche per la sicurezza globale del veicolo.

#### Il progetto Hy-wire della GM

Presentata al Salone di Parigi alla fine del 2002, la concept car Hy-wire della GM, che nasce anch’essa dalla collaborazione di Bertone, SKF e Brembo, porta alle estreme conseguenze la libertà consentita al progettista dagli azionamenti by-wire.

Si tratta di una vettura che porta a bordo una fuel cell da 94 kW e tre bombole di idrogeno compresso a 350 bar (il progetto è descritto più avanti in queste note).

Il concetto innovativo è di avere un telaio a “skateboard” alto meno di 30 cm (11”), completamente in alluminio, che contiene tutto quanto attiene alla propulsione (bombole, fuel cell, motore, sterzo, freni) con una carrozzeria in vetroresina calata sopra e completamente libera (tutti i comandi relativi alla guida e alla propulsione vengono trasmessi al telaio mediante un connettore elettrico).

*Figura 19 Il progetto Hy-wire della GM*



#### Il Concept Car Mercedes “R 129”

Anche Mercedes ha realizzato un prototipo dimostrativo di vettura con guida a “joystick”, basato su studi effettuati nell’ambito di programmi europei “Brite-Euram”.

Figura 20 Il prototipo dimostrativo Mercedes



Viene dichiarato che sono i diciassetenni a prendere subito confidenza con questo tipo di guida, grazie alla miglior confidenza con i videogiochi!

#### 2.8.2 Ausili al conducente, localizzazione e trasmissione dati, connettività

Tre sono gli ingredienti della rivoluzione informatica che abbiamo vissuto e stiamo vivendo in questi anni:

- La potenza dell'intelligenza distribuita, grazie ai microprocessori, che compiono più o meno un quarto di secolo di vita.
- Lo sviluppo anche a livello civile del sistema di radiolocalizzazione GPS.
- La diffusione prorompente dei sistemi di comunicazione radio personali (GSM).

Con questi ingredienti è possibile conoscere con precisione la posizione di un mezzo mobile, inviargli ed ottenerne informazioni e compiere funzioni complesse a bordo del mezzo mobile stesso.

A questo punto le applicazioni sono limitate soltanto dalla fantasia del progettista.

È difficile descrivere il tumultuoso sviluppo di applicazioni, ricerche, studi, esperimenti attualmente in corso, che sono tipici di una tecnologia appena nata; solo tra qualche anno il mercato decreterà quali applicazioni sono veramente utili e destinate a durare (ad esempio: l'antifurto satellitare) e quali invece sono effimere e non corrispondono ad un reale bisogno. (Chi ricorda oggi la ripetizione a bordo dei segnali stradali?).

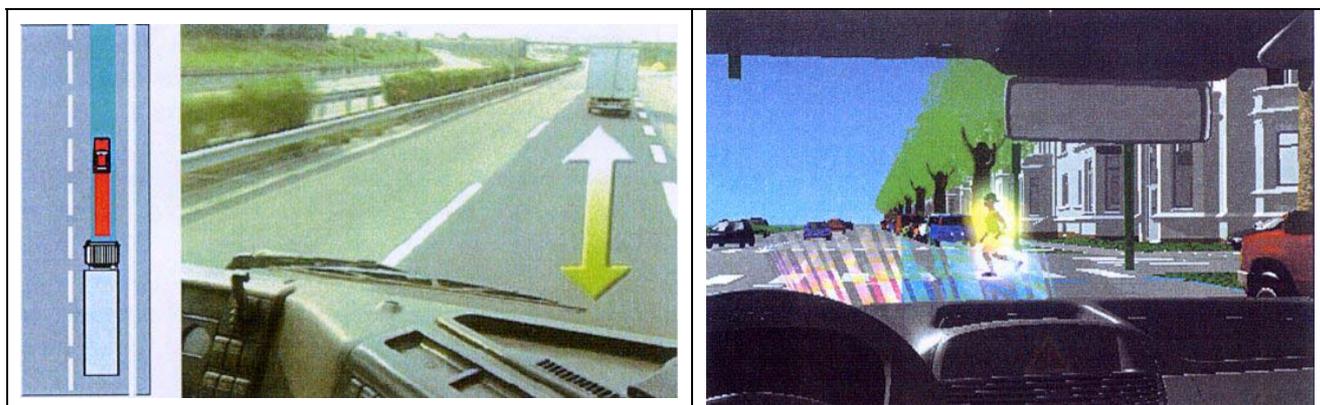
In buona sostanza i sistemi attualmente in sperimentazione si possono dividere nelle classi qui sotto elencate:

##### a) Ausili al conducente (Advanced driver assistance systems)

Si tratta di una classe di sistemi pensati in funzione della sicurezza, e basati su radar anti-collisione per ostacoli mobili, sia per marcia in colonna e rilievo in condizioni di nebbia, sia per evitare ostacoli improvvisi. È ovvia (anche se da accertare quanto conveniente) l'integrazione con sistemi di frenatura e marcia automatica.

Si noti infine che tali sistemi formano la base per una vasta classe di progetti di ricerca europei.

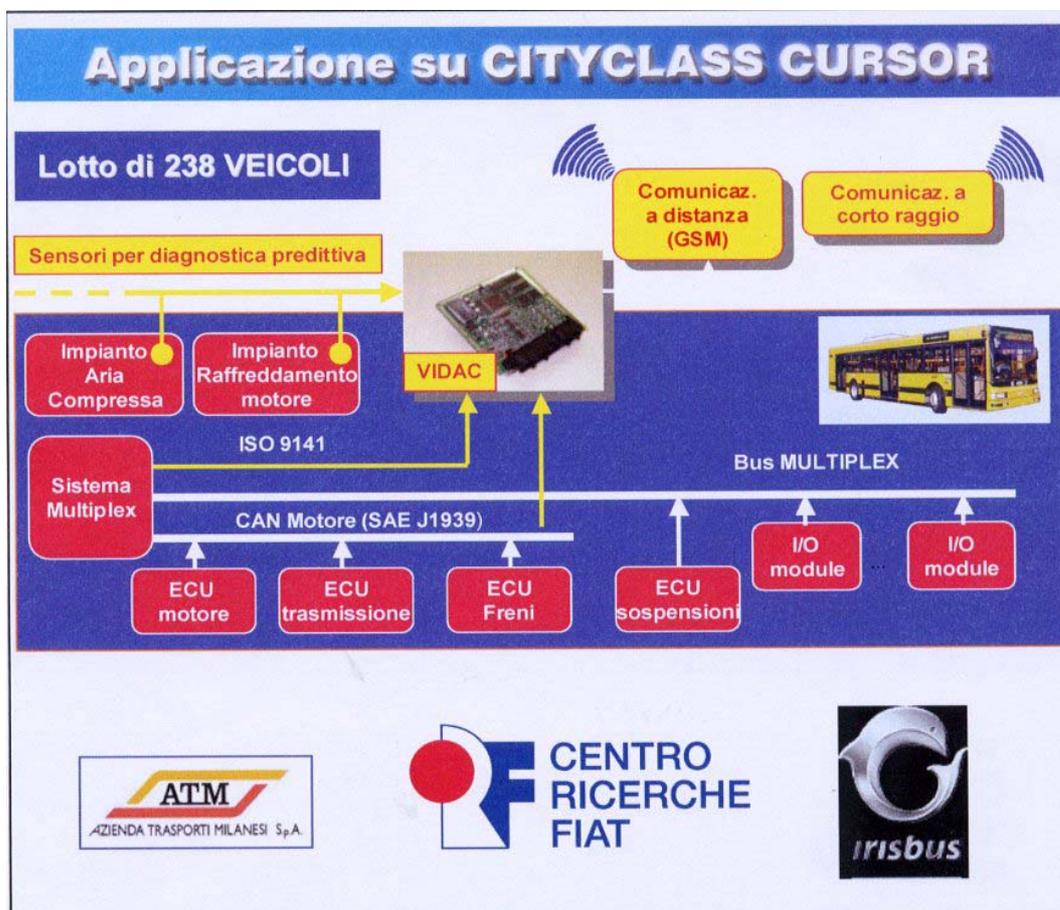
Figura 21 Sistemi rilevamento e anticollisione per ostacoli mobili



b) Localizzazione e trasmissione dati (Telematica per la mobilità)

A parte la applicazione “nobile” che se ne sta discutendo per la Formula 1, sistemi di questo genere sono in estesa sperimentazione per il monitoraggio di posizione e condizioni di funzionamento di veicoli per il trasporto pubblico locale, (ad es.: Sistema Intellibus, in sperimentazione su 238 autobus di ATM Milano, figura 22), e se ne ipotizzano vantaggi, tra l'altro, per la manutenzione preventiva.

Figura 22 Sistema “Intellibus”



Una estensione della applicazione precedente riguarda (figura 23) la gestione di tutto il parco autobus, volto ad una informazione in tempo reale degli utenti e ad una facilitazione della circolazione dei mezzi (priorità semaforica, ecc.). In questo modo ci si avvicina sempre più ad un concetto di sistema e di gestione integrata del medesimo. Non si descrivono, e si lasciano alla immaginazione del lettore, tutte le altre possibili applicazioni relative alla logistica del trasporto merci.

Figura 23 Gestione informatica del TPL



c) Connettività

Il veicolo diventa così terminale intelligente sempre connesso ad un sistema di terra, dal quale è possibile avere informazioni in tempo reale su traffico od altro, ed essere seguiti in ogni momento per qualunque necessità. È questo il concetto alla base del sistema Fiat "Connect" (figura 24).

Figura 24 Il sistema Fiat "Connect"

**CONNECT** **IL SISTEMA**

Con il sistema CONNECT tutte le funzioni e tutti i servizi sono a portata di mano. Basta premere un tasto e...

< I SERVIZI DI CONNECT

SCHEDA TECNICA >

POWERED BY **Targasys.**

The advertisement features a central image of a car's interior from the driver's perspective. The steering wheel, dashboard, and a navigation screen are visible. Overlaid on the dashboard are several colorful, 3D rectangular blocks in shades of green, orange, pink, yellow, and cyan. The top green block contains the 'CONNECT' logo. The background of the car's view is a landscape with a road leading towards a horizon under a cloudy sky. The overall layout is framed by a blue border with white text and icons.



## Capitolo 3 L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA

### 3.1 La normativa vigente per i veicoli stradali "tradizionali"

L'autoveicolo è uno degli oggetti più "normati", relativamente a caratteristiche costruttive, prestazioni, impatto ambientale, sicurezza.

Abbiamo preferito, rispetto ad un arido elenco, indicare su due figure il riepilogo delle norme che devono essere rispettate per le omologazioni dei veicoli stradali, sia autoveicoli che veicoli pesanti.

Figura 25 Norme per l'omologazione europea di autoveicoli

Fiat Auto

**OMOLOGAZIONE EUROPEA DELL'AUTOVEETTURA**  
(Dir. CE 98/14)

**● PROTEZIONE AMBIENTE**

- 1 RUMOROSITA' ESTERNA CE 96/20
- 2 EMISSIONI CE 1999/102
- 3 FUMOSITA' MOTORI DIESEL CE 97/20
- 4 CONSUMO CARBURANTE CE 1999/100
- 5 POTENZA MOTORI CE 1999/69

**COMPONENTI DI FANALERIA**

- 31 CATADIOTTRI CE 97/29
- 32 LUCI POSIZIONE ARRESTO CE 97/80
- 33 INDICATORI DI DIREZIONE CE 1999/15
- 34 LUCE TARGA CE 97/31
- 35 PROIETTORI E LAMPADIE CE 1999/17
- 36 PROIETTORI FENDINEBBIA CE 1999/18
- 37 LUCE RETRONEBBIA CE 1999/14
- 38 PROIETTORI RETROMARCIA CE 97/82
- 39 LUCI DI STAZIONAMENTO CE 1999/16

**● SICUREZZA ATTIVA**

- 6 STERZO: SFORZO MASSIMO VOLANTE CE 1999/7
- 7 AVVISATORI ACUSTICI CE 70/388
- 8 TERGILAVIA PARABREZZA CE 94/66
- 9 ANTIFURTO CE 95/56
- 10 CAMPI DI VISIBILITA' CE 90/630
- 11 TACHIMETRO CE 97/39
- 12 SPECCHI RETROVISORI CE 88/321
- 13 PNEUMATICI CE 92/23
- 14 SBRINAMENTO DISAPPANNAMENTO PARABREZZA CE 78/317
- 15 FRENOTURA CE 98/12
- 16 INSTALLAZIONE FANALERIA CE 97/28
- 17 IDENTIFICAZIONE COMANDI CE 94/53
- 18 PARAFANGHI CE 94/78

**● SICUREZZA PASSIVA**

<ol style="list-style-type: none"> <li>19 ANCORAGGI CINTURE DI SICUREZZA CE 96/88</li> <li>20 SPORGENZE ESTERNE CE 79/486</li> <li>21 SEDILI E RELATIVI ANCORAGGI CE 96/87</li> <li>22 STERZO: COMPORTAMENTO IN CASO D'URTO CE 91/662</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>23 SERBATOIO CARBURANTE CE 200/8</li> <li>24 SISTEMAZIONE INTERNA CE 200/4</li> <li>25 CINTURE DI SICUREZZA CE 200/3</li> <li>26 PORTE: SERRATURE E CERNIERE CE 98/80</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>27 APPOGGIATESTA CE 78/932</li> <li>28 VETRI DI SICUREZZA CE 92/22</li> <li>29 URTO FRONTALE CE 1999/88</li> <li>30 URTO LATERALE CE 96/27</li> </ol>
--	---	--

**● ALTRE PRESCRIZIONI**

- 40 DISPOSITIVO DI TRAINO D'EMERGENZA CE 96/64
- 41 COMPATIBILITA' ELETTRO - MAGNETICA CE 95/54
- 42 APPARECCHIATURE A RADIOFREQUENZE CE 1999/6
- 43 SEDE TARGA POSTERIORE CE 70/222
- 44 TARGHETTE ED ISCRIZIONI CE 78/507
- 45 RISCALDAMENTO ABITACOLO CE 78/548
- 46 MASSE E DIMENSIONI CE 95/48
- 47 RETROMARCIA CE 97/39
- 48 GANCI DI TRAINO PER RIMORCHI CE 94/20

Marzo 2001

Figura 26 Norme per l'omologazione europea di veicoli per trasporto merci

IVECO

OMOLOGAZIONE "EUROPEA" dei VEICOLI

per TRASPORTO MERCI

● PROTEZIONE AMBIENTE

- 1 LIVELLO SONORO  
70/157/CEE + 96/20/CE, 1999/101/CE
- 2 EMISSIONI DIESEL  
88/77/CEE + 1999/98/CE, 2001/27/CE
- 3 FUMOSITÀ MOTORI DIESEL  
72/908/CEE + 97/20/CE
- 4 POTENZA DEI MOTORI  
80/1269/CEE + 97/21/CE, 1999/99/CE

● SICUREZZA ATTIVA

- 5 STERZO, sforzo massimo  
70/311/CEE + 1999/7/CE
- 6 SERRATURE E CERNIERE - ACCESSO CABINE  
70/387/CEE - 96/60/CE - 2001/31/CE
- 7 ALVISATORE ACOUSTICO  
70/388/CEE
- 8 SPECCHI RETROVISORI  
71/127/CEE + 88/021/CEE, 2003/00/CE
- 9 FRENOTURA  
71/320/CEE + 98/12/CE, 2002/78/CE
- 10 ANTIFURTO - INMOBILIZZATORE  
74/81/CEE - 95/56/CE
- 11 TACHIMETRO  
75/443/CEE - 97/39/CE
- 12 INSTALLAZIONE FANALERIA  
78/756/CEE + 97/28/CE
- 13 IDENTIFICAZIONE COMANDI  
78/316/CEE + 94/63/CE
- 14 SISTEMI ANTISPURZO  
91/220/CEE
- 15 PNEUMATICI  
92/23/CEE - 2001/43/CE
- 16 LIMITATORE DI VELOCITÀ  
(92/0/CEE - 2002/85/CE) 92/24/CEE
- 17 SBRINAMENTO E DISAPPANNAM. PARABREZZA  
(solo in presenza di un adeguato dispositivo)
- 18 TERGI - LAVA PARABREZZA  
(solo in presenza di un adeguato dispositivo)

COMPONENTI DI FANALERIA

- 29 CATADIOTTRI  
76/757/CEE - 97/29/CE
- 30 LUCI DI POSIZIONE, INGOMBRO, STOP  
76/758/CEE + 97/30/CE
- 31 INDICATORI DI DIREZIONE  
76/759/CEE + 1999/15/CE
- 32 LUCI DI ILLUMINAZIONE TARGA  
76/760/CEE - 97/31/CE
- 33 PROIETTORI E LAMPADE  
76/761/CEE + 1999/17/CE
- 34 FENDINEBBIA ANTERIORI  
76/762/CEE - 1999/18/CE
- 35 LUCI NEBBIA POSTERIORI  
77/538/CEE + 1999/14/CE
- 36 PROIETTORI RETROMARCIA  
77/539/CEE - 97/32/CE
- 37 LUCI DI STAZIONAMENTO  
77/540/CEE - 1999/16/CE

● ALTRE PRESCRIZIONI <sup>1) 2)</sup>

- 38 DISPOSITIVI DI RIMORCHIO  
77/389/CEE - 96/4/CE
- 39 DISPOSITIVI DI ACCOPPIAMENTO MECCANICO  
94/20/CE
- 40 MASSE E DIMENSIONI  
Circolazione 96/53/CE - 2002/7/EC  
Omologaz. 97/27/EC - 2003/19/EC
- 41 ALLOGGIAMENTO TARGA  
70/222/CEE
- 42 TARGHETTE ED ISCRIZIONI  
78/114/CEE - 78/507/CEE
- 43 COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA  
72/245/CEE + 95/54/CE
- 44 RISCALDAMENTO ABITACOLO  
2001/56/CE
- 45 RETROMARCIA  
75/443/CEE - 97/39/CE
- 46 SERBATOI ARIA COMPRESSA  
87/404/CEE - 93/88/CEE  
(non richiesto in fase omologazione veicolo)

● SICUREZZA PASSIVA

19 <u>PROT. POSTERIORE ANTINCASTR.</u> 70/221/CEE + 97/19/CE	23 <u>CINTURE DI SICUREZZA</u> 77/541/CEE + 96/36/CE e 2000/3/CE	27 <u>VETRI DI SICUREZZA</u> 92/22/CEE
20 <u>SERRATI COMBUSTIBILE</u> 70/221/CEE - 97/19/CE e 2000/8/CE	24 <u>POGGIATESTA</u> 96/37/CE	28 <u>SPORGENZE ESTERNE CABINE</u> 92/114/CEE
21 <u>RESISTENZA SEDILI</u> 74/408/CEE + 96/37/CE	25 <u>PROTEZIONE LATERALE</u> 89/287/CEE	
22 <u>ANCORAGGI CINTURE DI SICUREZZA</u> 78/115/CEE + 96/38/CE	26 <u>PROTEZIONE ANTERIORE ANTINCASTRAMENTO</u> 2000/40/CE	

1) L'omologazione del veicolo per uso ADR richiede la conformità alla Direttiva 98/29/CE.

2) Per poter circolare su strada i veicoli per trasporto merci devono essere dotati di un TACHIGRAFO conforme al Regolamento CE 3821/85/CE come aggiornato dal Regolamento 2135/98/CE e relativo allegato tecnico 1350/2002/CE

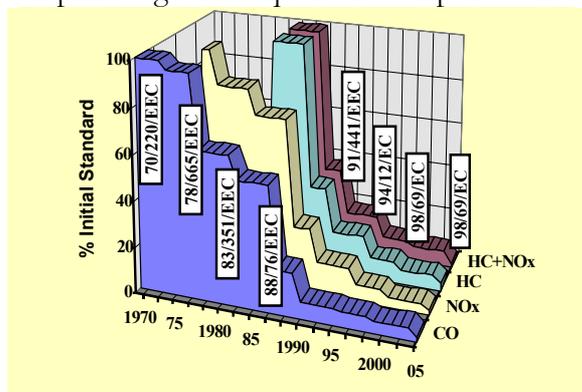
Giugno 2003

### 3.2 Le emissioni allo scarico dei motori e la normativa CE

Ci pare importante, vista la perdurante attualità dell'argomento, dare un breve cenno sulla evoluzione della normativa europea sulle emissioni.

#### 3.2.1 Emissioni "regolamentate"

Un primo sguardo "qualitativo" riportato nella figura a fianco mostra come negli ultimi 30



anni le emissioni ammesse allo scarico dei veicoli si sono ridotte di ben oltre il 90%.

Le emissioni oggetto di regolamentazione sono chiamate emissioni "regolamentate". Le Direttive europee definiscono le sostanze (ossidi di azoto NOx, ossido di carbonio CO, idrocarburi HC, particolato PM) ed i metodi di misura; su questi argomenti in questa sede non ci soffermiamo, essendo ampiamente noti. Riportiamo per riferimento nelle due

tabelle seguenti i valori numerici dei limiti via via prescritti dalla Direttive europee, che nel linguaggio comune vengono citati come Euro 1, Euro 2, e così via.

Tabella 3.2.1 Emissioni regolamentate – Limiti per veicoli pesanti

<b>QUADRO EVOLUZIONE LIMITI EMISSIONI MOTORI (DIRETTIVE DEL PARLAMENTO EUROPEO)</b>							
<i>misure su motore al banco - valori in g/kWh</i>							
	DIRETTIVA	ANNO (NI)	NOx	THC	CO	PM	CH4 NMHC (*)
<b>a) Misure in stazionario - 13 modi fino ad Euro2 ed ESC (diesel) da Euro3</b>							
Valori tipici diesel anni 70			20	4	16	0,8	
R49		1982	18	3,5	14		
R49.01=88.77	88/77	ott-90	14,4	2,4	11,2		
EURO 1	91/542	ott-93	8	1,1	4,5	0,36	
EURO 2	96/1	ott-96	7	1,1	4	0,15	
EURO 3 ESC (diesel)		ott-01	5	0,66	2,1	0,1	
EURO 4 step 1 ESC	99/96 e	2005	3,5	0,46	1,5	0,02	
EURO 4 step 2 ESC	2001/27	2008	2				
EEV ESC			2	0,25	1,5	0,02	
<b>b) Misure in transitorio (gas) - ETC</b>							
EURO 3 ETC		ott-01	5		5,45	0,16	1,6 0,78
EURO 4 step 1 ETC	99/96 e	2005	3,5		4	0,03	1,1 0,55
EURO 4 step 2 ETC	2001/27	2008	2				
EEV			2		3	0,02	0,65 0,4
(*) Limite valido per gli idrocarburi totali (THC) se si sceglie di non misurare separatamente le emissioni di metano							

Tabella 3.2.2 Emissioni regolamentate – Limiti per vetture e veicoli leggeri

<b>VALORI LIMITE EMISSIONI SECONDO DIRETTIVA 1998 / 69 (grammi/km)</b>												
Categoria	Classe	Massa rif. kg	CO		HC		NOx		HC+NOx		PM	
			Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Diesel	
A (2000) "Euro3"	M ≤ 2500 kg	---	tutta	2,30	0,64	0,20		0,15	0,50		0,56	0,05
	N1 M > 2500 kg	I	RW ≤ 1305	2,30	0,64	0,20		0,15	0,50		0,56	0,05
		II	1305 < RW ≤ 1760	4,17	0,80	0,25		0,18	0,65		0,72	0,07
		III	RW > 1760	5,22	0,95	0,29		0,21	0,78		0,86	0,10
B (2005) "Euro4"	M ≤ 2500 kg	---	tutta	1,00	0,50	0,10		0,08	0,25		0,30	0,025
	N1 M > 2500 kg	I	RW ≤ 1305	1,00	0,50	0,10		0,08	0,25		0,30	0,025
		II	1305 < RW ≤ 1760	1,81	0,63	0,13		0,10	0,33		0,39	0,04
		III	RW > 1760	2,27	0,74	0,16		0,11	0,39		0,46	0,06
Ciclo NEDC (partenza da freddo)												
M - trasporto persone												
N1 - trasporto merci fino a massa 3.5 ton												

### 3.2.2 Emissioni “non regolamentate”

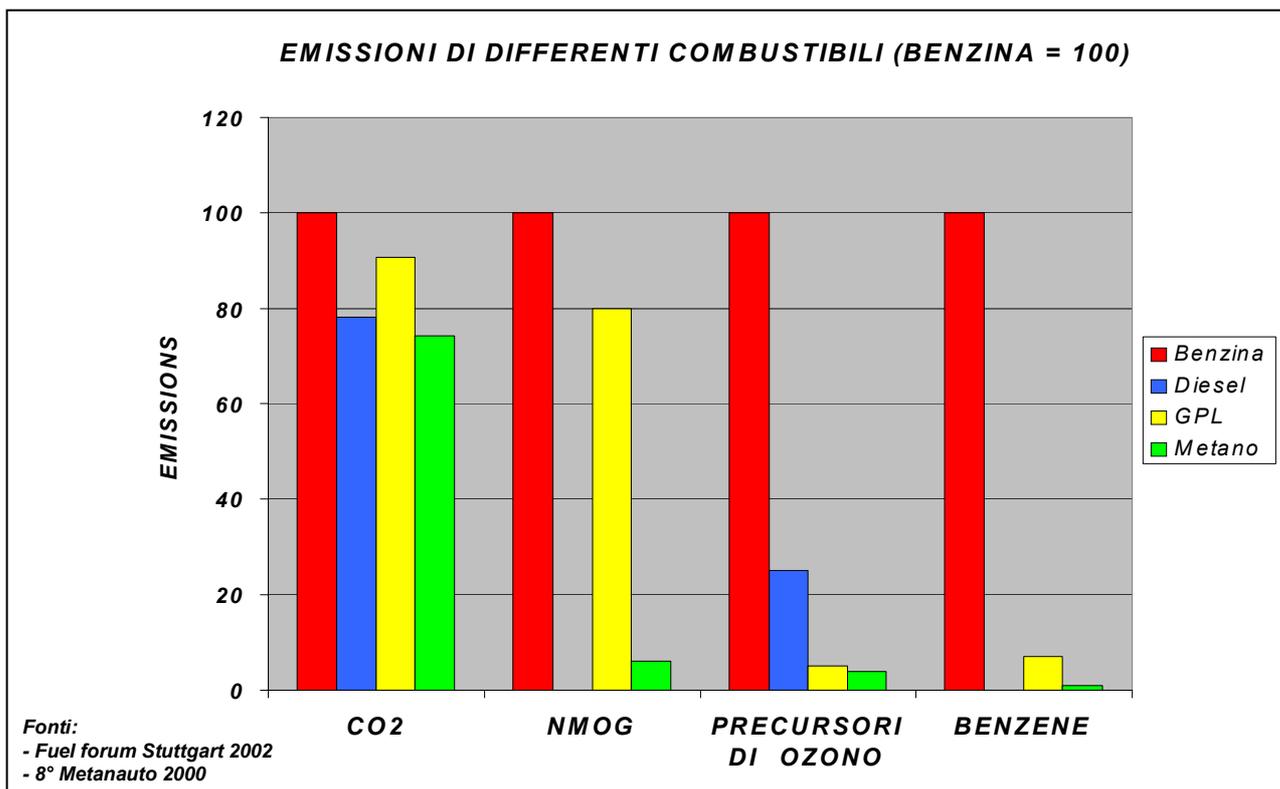
In aggiunta alle emissioni sopra considerate, vengono molto spesso citate le emissioni di altre sostanze, dal benzene ai composti organici volatili, ai “precursori di ozono, al particolato di dimensione 10 micron (PM10), o 2.5 micron (PM 2.5) o ancora inferiori.

È bene avvertire che, non essendoci una standardizzazione in merito, non esiste una definizione univoca di tali sostanze, né tantomeno metodi di misura normalizzati che

permettano il confronto di dati forniti da fonti diverse, per cui va esercitata molta cautela nel confrontare dati numerici.

Pur senza entrare in dettaglio, riportiamo il diagramma della figura seguente, che si riferisce ad alcuni tipi di emissioni “non regolamentate”, e che mostra in sostanza il beneficio introdotto dall’impiego del metano.

Figura 27 Emissioni di differenti combustibili



### 3.3 Cenni sulla normativa relativa all’evoluzione dei carburanti (nuova benzina e gasolio, carburanti gassosi)

Parallelamente allo sviluppo delle nuove tecnologie veicolari si svolge l’azione normativa per i nuovi carburanti, nelle consuete sedi italiane di CUNA e UNI, in quelle europee di CEN e Direttive EC, ed in quelle internazionali di ISO e Regolamenti ECE/ONU.

Nel caso del metano tale normativa è molto recente, e la sua mancanza è stata uno dei fattori che ne ha ostacolato un pronto sviluppo su scala europea, non essendo possibile una omologazione europea dei veicoli ma solo omologazioni nazionali.

In sede internazionale, le caratteristiche dei veicoli funzionanti a metano sono definite da:

- Regolamento ECE-ONU R110 per i veicoli nuovi di fabbrica.
- Regolamento ECE-ONU R115 per le trasformazioni.

Tali regolamenti consentono finalmente l’omologazione di veicoli su base europea.

In sede di standardizzazione, l’Italia mantiene la Presidenza del sottocomitato ISO Tc22/Sc25 che si occupa della normalizzazione dei carburanti gassosi (metano, GPL e idrogeno), che ha prodotto in particolare le Norme ISO 15500 da 1 a 19 per i veicoli a metano.

Per quanto riguarda il metano, occorre infine ricordare che è ancora da completare la normativa italiana sulle stazioni di rifornimento, prevedendo ad esempio il rifornimento “self-service”, già diffuso all'estero.

Per quanto concerne le specifiche dei carburanti in sè, abbiamo ricordato le Direttive 2003/30 relativa alla introduzione dei Bio-carburanti e la Direttiva 2003/17 per la riduzione dello zolfo in benzina e gasolio.

Sono in corso le attività di normazione per definire gasolio emulsionato, bio-diesel e carburanti gassosi in sede italiana (CUNA).

### *3.4 Normativa specifica per i veicoli ibridi ed elettrici*

#### 3.4.1 Introduzione

Gli sviluppi della tecnologia e della produzione dei veicoli elettrici sono stati e sono supportati da una attività di normazione finalizzata a stabilire regole e procedure per la caratterizzazione dei veicoli, per la loro costruzione e per il loro utilizzo in sicurezza.

L'attività di normazione per i veicoli elettrici di nuova generazione, dotati di prestazioni compatibili con il traffico urbano, è iniziata negli anni '70, con le realizzazioni di prototipi e con la messa su strada di flotte pilota.

Essa si è poi intensificata all'inizio degli anni '90 con il consolidamento della tecnologia e la messa in produzione dei veicoli elettrici a batteria, specialmente in Italia e in Francia. Per questo è stato creato in ambito europeo il Comitato tecnico CEN/TC 301 dedicato a “Electrically Propelled Road Vehicles”, che ha prodotto una serie di norme per la misura delle prestazioni operative ed energetiche e per le prescrizioni finalizzate alla sicurezza. Queste norme hanno costituito la base per la stesura dei regolamenti UN/ECE, attualmente in vigore per l'omologazione dei veicoli.

In parallelo e su queste linee tematiche, si è riattivata l'attività normativa a livello internazionale in ambito dell'ISO/TC 22/SC21, già instaurato precedentemente e dedicato alla stessa area tematica dei veicoli stradali a trazione elettrica.

Alla metà degli anni '90 si è dato un ulteriore incremento allo sviluppo di norme a supporto degli studi e realizzazioni di veicoli con sistemi ibridi termo-elettrici e, più recentemente in relazione agli sviluppi della tecnologia dei sistemi di trazione con celle a combustibile.

L'Italia ha contribuito e contribuisce attivamente a questi sviluppi tramite l'UNI, con il supporto operativo della CUNA, nel cui ambito è da tempo istituita la Commissione Veicoli Elettrici.

All'Italia è affidato il coordinamento di gruppi di lavoro del CEN/TC 301 e di una task force dell'ISO/TC22/SC21. La Commissione CUNA cura inoltre il collegamento e l'armonizzazione con l'attività normativa relativa agli aspetti della impiantistica elettrica, che è sviluppata dal IEC, CENELEC e CEI a livello rispettivamente internazionale, europeo e nazionale.

Il corpo di documenti normativi sviluppato e in sviluppo riguarda le diverse categorie di veicoli a trazione elettrica, a batteria, ibridi e a celle a combustibile. Di seguito si riporta una sintesi dello stato di sviluppo.

### 3.4.2 Prestazioni Operative, Energetiche ed Emissioni

#### Veicoli puri elettrici

Sono definite e operative la norma europea EN 1821-1 e la norma internazionale ISO 8715, sostanzialmente corrispondenti, relative alla procedura per la misura delle prestazioni operative dei veicoli puri elettrici (con alimentazione da batteria o sistema di accumulo di bordo ricaricabile da fonte di alimentazione elettrica esterna), che sono considerate caratterizzabili dai seguenti parametri:

- velocità massima per 30 minuti e velocità di picco;
- tempo di accelerazione 0/50 km/h e 50/80 km/h;
- velocità su pendenza e spunto in salita.

Sono prescritte, per le diverse prove, le condizioni di carico, lo stato di carica della batteria e la configurazione del tracciato di prova. Le condizioni operative di prova sono definite secondo il criterio di riprodurre situazioni gravose imposte dall'esercizio del veicolo su missioni urbane ed extraurbane. La sequenza delle prove (che richiedono una preparazione del veicolo diversificata in termini di carica della batteria) è definita in modo da consentire un utilizzo ottimale del tempo globale di prova.

Alcune prove sono riprese anche a livello di regolamento (R.101-Amend. 1) per l'omologazione dei veicoli delle categorie M1 e N1.

Riguardo alle prestazioni energetiche, ossia consumi e autonomie per veicoli alimentati da batterie ricaricabili da rete elettrica esterna, sono definite e in vigore la norma europea EN 1986-1 e la norma internazionale ISO 8714. Secondo entrambe queste norme, sostanzialmente corrispondenti come prescrizioni procedurali, le misure vengono effettuate al banco dinamometrico, riproducendo un ciclo di riferimento, che, per la norma europea è corrispondente a quello adottato per la misura delle emissioni dei veicoli a motore termico (Direttiva 91/441/ECE) e, secondo la norma Iso è diversificato per le tre regioni geografiche Europa, America e Giappone.

Il consumo specifico di energia è definito come l'energia attinta dalla rete per il ripristino del pieno stato di carica della batteria riferita alla distanza percorsa nel ciclo.

La misura dell'autonomia viene effettuata partendo con batteria completamente carica e percorrendo il ciclo di riferimento fino alla condizione di impossibilità di seguirne il profilo sino a 50 km/h.

#### Veicoli ibridi elettrici a motore termico

Nei veicoli ibridi elettrici sono integrati, agli effetti della trazione, due sistemi di potenza: uno elettrico, con alimentazione da batteria, ricaricabile dalla rete esterna e/o dal sistema di bordo e un altro sistema di potenza operante simultaneamente o separatamente secondo una strategia di gestione finalizzata al conseguimento di determinati obiettivi di ottimizzazione funzionale ed energetica. Una categoria di veicoli ibridi elettrici, già anche presente nelle applicazioni pratiche, è quella dei veicoli ibridi in cui un motore termico è integrato con il sistema elettrico, secondo diverse possibili configurazioni.

Questi veicoli possono dar luogo a modi di funzionamento diversificati, in dipendenza delle finalità d'uso, secondo il coinvolgimento delle due linee di potenza in modo separato o simultaneo.

Riguardo alle prestazioni operative è definita e già operativa la norma europea EN 1821-2. Essa definisce le procedure per la misura delle prestazioni nei modi puro elettrico, ibrido o puro termico, se previsti a scelta del conduttore.

Le prestazioni definite per le diverse prove sono quelle considerate necessarie e sufficienti per un'adeguata caratterizzazione del veicolo nei diversi modi operativi.

In merito alle prestazioni energetiche e alle emissioni, sono definite e operative le norme europee rispettivamente EN 1986-2 e EN 13444-1.

Queste sono definite in modo da coprire tutta la gamma delle possibili soluzioni di sistema, con batterie ricaricabili dalla rete e non.

Il consumo di energia nel modo puro elettrico viene misurato con la stessa procedura prevista per i veicoli puri elettrici a batteria.

Il consumo di energia nel modo ibrido viene caratterizzato da due parametri: il consumo di combustibile e il consumo di energia elettrica necessario per riportare, mediante ricarica da rete, la batteria allo stesso stato di carica iniziale.

Il ciclo di riferimento per la misura dei consumi e delle emissioni, da seguire al dinamometro, è lo stesso di quello considerato per il consumo dei veicoli puri elettrici. Il consumo di combustibile viene derivato, come per i veicoli a motore termico, dalla misura delle emissioni di gas contenenti Carbonio, secondo le formule in uso per questi.

Nel caso di batteria non ricaricabile dalla rete, la misura del consumo deve essere effettuata in modo che lo stato di carica della batteria a fine prova risulti uguale a quello iniziale.

Sono attualmente in fase di elaborazione finale le corrispondenti norme ISO, che sono basate sulla armonizzazione delle norme europee, giapponesi (JEVA) e USA (SAE). I concetti informativi sono analoghi a quelli delle norme europee. I cicli di riferimento variano da regione a regione.

È in preparazione una proposta di regolamento UN/ECE per la caratterizzazione, ai fini omologativi, dei veicoli ibridi elettrici a motore termico, che prevede prescrizioni e procedure sostanzialmente congruenti con quelle delle norme.

Per gli autobus ibridi elettrici urbani, già presenti nel pratico impiego, sono state elaborate norme europee specifiche per la misura dei consumi e delle emissioni, ispirate a quelle citate in precedenza, ma impostate su specifiche più adatte al tipo di veicolo e utilizzo, in particolare per quanto si riferisce al ciclo di riferimento, che è costituito da una sequenza della parte urbana del ciclo ECE. Queste norme sono attualmente in fase di approvazione.

#### Veicoli a celle a combustibile

La crescente evoluzione della tecnologia dei sistemi a celle a combustibile per autotrazione ha messo in evidenza la necessità di estendere il corpo di norme per i veicoli a trazione elettrica a questa nuova categoria di veicoli,

Questo è considerato tanto più opportuno in relazione agli sviluppi di diverse soluzioni sistemiche realizzate dall'industria anche nel quadro di programmi di ricerca europei, che richiedono metodologie e riferimenti comuni per una caratterizzazione omogenea.

ISO ha recentemente affidato all'Italia, UNI-CUNA, il coordinamento di una task force internazionale, costituita da membri europei, americani e giapponesi, per la definizione

delle norme per la misura delle prestazioni operative, energetiche e delle emissioni dei veicoli a celle a combustibile con alimentazione sia da idrogeno (gassoso o liquido) che da combustibili liquidi (alcoli o idrocarburi) convertiti a bordo tramite processo di reforming.

È previsto che le norme coprano tutta la gamma delle soluzioni sistemistiche in sviluppo per veicoli con puro sistema a celle a combustibile e per veicoli ibridi elettrici a celle a combustibile, nelle diversificazioni sopra citate per classi di combustibile.

Parallelamente è avviata una attività normativa da parte del Comitato IEC/TC 05 riguardante le procedure per la caratterizzazione dei componenti del sistema e coordinata con quella dell'ISO.

### 3.4.3 Sicurezza

La normativa riguarda il tema della sicurezza per veicoli elettrici con riferimento agli aspetti attribuibili alla presenza a bordo del sistema di trazione elettrico e alle sue implicazioni funzionali.

Esistono due raggruppamenti di norme in tema di sicurezza per veicoli a trazione elettrica: il primo riguarda i veicoli elettrici a batteria, puri elettrici o ibridi a motore termico; il secondo riguarda i veicoli a celle a combustibile. Per questi ultimi sussistono in effetti aspetti di sicurezza addizionali rispetto a quelli connessi con il sistema elettrico, essenzialmente quelli che derivano dalla presenza di idrogeno.

Nel primo raggruppamento è già in vigore da alcuni anni una norma europea EN 1987, suddivisa in tre parti dedicate rispettivamente a:

- sistemi di accumulo di bordo
- sicurezza funzionale e protezioni contro i guasti
- protezione degli utilizzatori contro gli shock elettrici.

Più recentemente è stata ratificata e resa operativa l'analoga norma ISO, suddivisa nelle tre parti corrispondenti alla norma europea ed equivalente come contenuti.

È in elaborazione una norma ISO riguardante le emissioni gassose che possono venire prodotte dalle batterie durante la ricarica dalla rete, sia in sede di ricarica normale (per alcuni tipi di batteria), sia in conseguenza di guasto della carica batteria.

La norma europea sulla sicurezza è stata assunta come base per le prescrizioni di regolamentazione, attualmente in vigore nel regolamento R.100, dedicato ai veicoli a trazione elettrica. Questo regolamento, nell'ultimo emendamento, include già prescrizioni per la misura delle emissioni gassose delle batterie.

Il secondo raggruppamento consiste in quattro parti di una norma generale, attualmente in corso di elaborazione in ambito ISO, con il contributo europeo (per l'Italia UNI-CUNA), americano (SAE) e giapponese (JEVA).

Le quattro parti riguardano rispettivamente i seguenti aspetti:

- sicurezza funzionale;
- integrazione del sistema a celle a combustibile;
- protezioni riguardanti l'idrogeno;
- protezioni contro gli shock elettrici.

Per gli aspetti inerenti il sistema elettrico, la norma tiene conto di quanto già definito nelle norme relative al primo raggruppamento, per veicoli a batteria.

Gli aspetti relativi all'utilizzo e alla gestione dell'idrogeno sono oggetto di studio dei Comitati ISO/TC 197 (Hydrogen Systems) e ISO/TC 58 (Pressure Vessels), che interagiscono con ISO/TC22/SC21, per quanto attiene all'applicazione su veicolo.

A livello di regolamenti UN/ECE sono in fase di finalizzazione due proposte relative ai sistemi di bordo a idrogeno compresso e a idrogeno liquido. Esse riguardano le prescrizioni per i sistemi di stoccaggio a bordo e quelle per l'impianto e i componenti coinvolti nella gestione dell'idrogeno a bordo, agli effetti sicurezza. Le prescrizioni sono congruenti con le norme ISO sopracitate e sono impostate, nel dettaglio, sulle risultanze del recente progetto di ricerca della Commissione Europea EIHP II, finalizzato all'identificazione della normativa attinente a combustibili gassosi e liquidi in termini di sicurezza e alla definizione degli adattamenti necessari per l'applicazione all'idrogeno. Per quanto si riferisce all'idrogeno gassoso, la proposta di regolamento è in gran parte basata sulle prescrizioni relative ai contenitori e agli impianti a metano per applicazione veicolare.

#### 3.4.4 Sistemistica e Componentistica Elettrica

Le norme relative alle aree tematiche dei componenti elettrici sono curate da IEC, CENELEC e CEI a livello rispettivamente internazionale, europeo e nazionale in modo armonizzato con le norme pertinenti relative agli aspetti veicolari.

Sono definite in particolare le norme per le procedure di ricarica dei veicoli elettrici, per le relative infrastrutture e per le connessioni di interfaccia di tipo sia conduttivo che induttivo. I protocolli di comunicazione fra infrastruttura e veicolo sono attualmente in corso di definizione ad opera del sottocomitato ISO/TC22/SC3, armonizzati con quelli già esistenti per i sistemi di bordo dei veicoli.

È stata definita ed approvata una norma sviluppata dal CEN (EN 12736) riguardante il metodo di misura della rumorosità acustica durante la ricarica delle batterie.

#### 3.4.5 Terminologia

Un aspetto importante della normativa riguarda la terminologia, per l'esigenza di stabilire una base comune e univoca in merito alla definizione e individuazione dei sistemi e componenti e delle relative connotazioni specifiche.

Sono già in opera su questo argomento la norma europea EN 13447 e internazionale ISO 8713.

In parallelo allo sviluppo delle nuove norme, si sta operando per riunire in un unico glossario generale la terminologia per i veicoli a trazione elettrica e dei relativi sistemi.

#### 3.4.6 Conclusione

L'attività normativa, che accompagna gli sviluppi delle nuove tecnologie nel campo della trazione elettrica stradale costituisce un mezzo efficace di interazione con gli sviluppi stessi, per la disponibilità di metodi di caratterizzazione dei veicoli e relativi sistemi, per le prescrizioni di sicurezza da rispettare nell'evoluzione tecnologica, per l'individuazione dei problemi tecnici che emergono durante l'analisi approfondita delle tematiche, con possibili riflessi su nuovi temi di ricerca ed infine per l'attivazione di relazioni internazionali fra enti ed esperti, che consente la messa in comune delle rispettive competenze ed esperienze.



## Capitolo 4 LE STRATEGIE DELLE CASE AUTOMOBILISTICHE

Fin dall'inizio della storia automobilistica, benzina e gasolio sono stati i più importanti combustibili, dominando il mercato in tutto il mondo pur non essendo gli unici combustibili disponibili. Oggi, l'attenzione si è concentrata su alcuni combustibili alternativi. Un parametro di selezione decisivo è il potere calorifico, cioè l'energia che può essere ottenuta dalla combustione di una unità di massa di combustibile e di conseguenza l'energia meccanica che può essere ottenuta per la trazione del veicolo. Più grande è il contenuto di idrogeno nelle molecole di combustibile, più alto è il potere calorifico del combustibile. Un contenuto di idrogeno alto ed un contenuto di carbonio basso danno luogo anche a quantità più basse di CO<sub>2</sub>, che è la causa primaria dell'effetto serra.

L'idrogeno è il combustibile ideale per l'uso in un motore a combustione o una cella a combustibile non causando l'emissione di sostanze inquinanti o di CO<sub>2</sub>.

Le celle a combustibile e un'eventuale evoluzione verso una società dell'idrogeno richiedono tuttavia tempi molto lunghi e, allo stato attuale dell'evoluzione tecnologica, rimangono da risolvere i non semplici problemi dello stoccaggio e dello sviluppo delle infrastrutture per la produzione e il rifornimento.

Fra le soluzioni alternative che sembrano fattibili a breve-medio termine, abbiamo veicoli ibridi e veicoli che utilizzano combustibili gassosi, tra i quali il gas naturale gioca un ruolo fondamentale mentre le ipotesi di mercato legate ai veicoli elettrici puri rimangono limitate a nicchie di mercato.

La molteplicità di soluzioni tecniche disponibili pone alle case automobilistiche un cruciale problema di strategia innovativa: è necessario bilanciare la profondità degli interventi e delle scelte con il rischio di muoversi nella direzione sbagliata o di rimanere indietro rispetto ad altre case automobilistiche. In aggiunta alle soluzioni di tipo innovativo non vanno trascurate le potenzialità ed i margini di innovazione che ancora presentano le tecnologie tradizionali (motori diesel ed a benzina). Il discorso è particolarmente critico se si considera che da questo fermento si sta creando un nuovo mercato che verosimilmente affiancherà e poi gradualmente potrà sostituire quello già esistente, dominato da benzina e diesel.

Si spiega in tal modo l'andamento prudente e la dispersione degli impegni dei singoli costruttori su differenti combustibili e soluzioni tecnologiche.

Evidentemente ogni casa ha una qualche preferenza o punto di forza, dovuta ad esempio alle caratteristiche del mercato in cui si propone (vedi Ford e GM con l'etanolo), che si cerca di evidenziare attraverso una panoramica sull'impegno della principali case automobilistiche.

Il settore più in fermento è quello dell'idrogeno, essendo il più innovativo, meno sviluppato e più promettente; in questo caso la sfida consiste nell'arrivare per primi ad una realtà commerciale. Si notano due filoni principali:

- utilizzo dell'idrogeno per alimentare motori a combustione per la trazione e celle a combustibile per gli ausiliari elettrici del veicolo (APU);
- idrogeno e celle a combustibile per la trazione del veicolo.

Il Gruppo BMW è l'unico a seguire la strada del motore a scoppio, che effettivamente pare essere la meno promettente, dato che si configura come meno risolutiva nei riguardi delle

emissioni rispetto all'utilizzo dell'idrogeno per trazione nelle celle a combustibile, indirizzo seguito da tutte le altre case automobilistiche.

#### 4.1 BMW

La ricerca, da parte del gruppo BMW, di un combustibile alternativo rispetto a diesel e benzina è iniziata negli anni Ottanta e il risultato è il BMW CleanEnergy World Tour, cioè una serie di workshops, seminari e dimostrazioni pubbliche sulle prospettive che offre l'idrogeno come vettore energetico del futuro.

Il BMW CleanEnergy World Tour parte all'inizio del 2001 e punta a mostrare le tecnologie che sono state sviluppate, i loro vantaggi e gli obiettivi che rimangono da perseguire nel panorama internazionale dei veicoli a idrogeno.

Bp e Linde si sono unite da subito al programma CleanEnergy per portare avanti il progetto di una rapida introduzione dell'idrogeno come vettore energetico: nel 2003 Bp ha iniziato a lavorare alla prima stazione di rifornimento di Idrogeno a Londra, mentre Magna Steyr e Linde stanno sviluppando sistemi innovativi per lo stoccaggio di idrogeno a basse temperature.

CleanEnergy è la dimostrazione che il gruppo BMW sta concentrando tutti i suoi sforzi di ricerca sull'idrogeno trascurando completamente altri combustibili alternativi.

Per quanto riguarda l'idrogeno, la BMW appare oggi come la casa costruttrice più vicina a poter commercializzare una automobile alimentata da tale combustibile seppur con una tecnologia per alcuni aspetti considerabile come transitoria.

##### 4.1.1 Gas Naturale

Il modello bi-fuel a Gas Naturale è stato ritirato a sei anni dalla sua introduzione a causa del mancato successo di vendite dovuto all'assenza di una adeguata infrastruttura per il rifornimento. Per questa ragione attualmente non è disponibile alcun modello con motorizzazione a Gas Naturale.

##### 4.1.2 Veicoli elettrici e celle a combustibile

La BMW presentò il suo primo prototipo di veicolo elettrico nel 1972 ai Giochi Olimpici di Monaco di Baviera; seguito poi da altri prototipi tra cui il BMW E1 nel 1991.

Pressoché tutti i fabbricanti di autoveicoli, incluso il Gruppo BMW, stanno studiando la possibilità di introdurre le celle a combustibile nel mercato automobilistico, ma il Gruppo di BMW a differenza degli altri non le concepisce come fonte di energia per la trazione del veicolo, ma come generatore indipendente di energia per il sistema elettrico di bordo e per coprire il fabbisogno dei sistemi ausiliari.

##### 4.1.3 Veicoli ibridi

Il Gruppo BMW ha sviluppato un innovativo sistema ibrido composto da un Crankshaft Starter Generator (CSG) e da Capacitors ad alte prestazioni. Il CSG lavora come un motore elettrico (Starter) e come un Generatore. Parte dell'energia che recupera nei processi di frenata può essere immagazzinata nei Capacitors e può essere recuperata quando necessario. Il motore a combustione interna è usato solamente per produrre energia

elettrica e viene messo in moto solo quando le batterie non possono più soddisfare la domanda di energia.

#### 4.1.4 Motore a H<sub>2</sub>

“L'idrogeno sostituirà la benzina” è l'idea che guida il progetto BMW CleanEnergy ma dato che attualmente non è disponibile una rete di distribuzione dell'idrogeno, i veicolo BMW nati da questo progetto sono forniti di un doppio serbatoio di combustibile (benzina e idrogeno) secondo una configurazione bi-fuel che può essere un aiuto per superare questo limite all'introduzione dell'idrogeno come combustibile nel mercato degli autoveicoli.

Fattori a favore del motore a combustione a H<sub>2</sub> sono una buona densità di potenza, costi competitivi, caratteristiche dinamiche e di risposta conosciute, emissioni di CO<sub>2</sub> nulle e potenziale non ancora sfruttato pienamente. Il Gruppo BMW sostiene che un motore a combustione possieda le migliori condizioni per soddisfare le necessità dei clienti con un buon compromesso tra prestazioni, aspetti ambientali e costi. Utilizzando idrogeno in un motore a combustione, vengono prodotte piccole quantità di NO<sub>x</sub> dovute ai principi stessi di operazione, ma con un adeguato trattamento dei gas di scarico, possono essere soddisfatti tutti i limiti imposti dalle sempre più severe normative.

Il motore delle BMW a idrogeno è derivato dalla serie tradizionale, benchè l'operazione con idrogeno richieda alcune modifiche nella preparazione della miscela combustibile/comburente. È stato sviluppato un sistema elettronico che soddisfa automaticamente le esigenze del motore, in termini di ricchezza della miscela, seguendo le variazioni del carico di modo che l'idrogeno a bassa pressione viene miscelato con l'aria all'ingresso di ogni singolo cilindro.

Le prestazioni sono convincenti: una potenza prodotta di 135 kW e una velocità massima di 215 km/h con un'autonomia di circa 300 km con idrogeno e 650 con benzina.

Un'altra peculiarità di questa Serie 7 è che una cella a combustibile PEM da 5 kW sostituisce la tradizionale batteria e l'alternatore. Questo sistema innovativo di generazione di energia elettrica a bordo (APU) può rimanere in funzione anche a motore spento, consentendo di mantenere accese per esempio aria condizionata e luci, senza dover lasciar il motore in folle, con un notevole risparmio energetico.

##### 4.1.4.1 750HL

Inizialmente prodotta in 15 esemplari, la BMW 750HL, è presto diventata (1999) la 5° generazione di veicoli a idrogeno a marchio BMW. È basata sulla Serie 7 e dotata di un motore 12 cilindri bi-fuel (idrogeno e benzina). L'idrogeno liquido è stoccato in un serbatoio criogenico da 140 litri e garantisce un'autonomia di circa 350 km. All'interno dell'abitacolo sono stati mantenuti tutto lo spazio e i comfort disponibili nella versione tradizionale.

Per garantire la sicurezza sono stati previsti quattro sensori per l'idrogeno che chiudono tutte le valvole di alimentazione se registrano una concentrazione superiore all'0,1% (il limite di infiammabilità dell'idrogeno è il 4%), anche durante il funzionamento a benzina.

##### 4.1.4.2 745H

Nel 2001 la BMW ha presentato la nuova Serie 7 come veicolo a idrogeno di 6° generazione e diretto successore della 750HL, con un motore di taglia più piccola e un serbatoio per la benzina meno voluminoso ma garantendo quasi la stessa autonomia.

#### 4.1.4.3 Mini Cooper Hydrogen Liquid

Sempre nel 2001 è stata presentata la nuova MINI COOPER con motore a 4 cilindri esclusivamente a idrogeno. Particolarmente innovativo è il serbatoio criogenico per l'idrogeno liquido posizionato sotto i sedili posteriori che, nonostante gli esigui spazi a disposizione, non altera la capacità di carico della vettura.

### 4.2 Daimler Chrysler

Daimler Chrysler dispone di una ampia rete di centri di ricerca dedicati allo sviluppo di veicoli alimentati da combustibili disponibili sul territorio tedesco e che rappresentino un'alternativa pulita al petrolio. La ricerca è incentrata sul gas naturale e sull'etanolo, sulla propulsione elettrica e le celle a combustibile, con un'ampia varietà di veicoli; ma è per quanto riguarda idrogeno e celle a combustibile che la casa automobilistica tedesca può considerarsi l'azienda leader nel mondo, avendo già in fase di prova su strada un'ampia gamma di veicoli: 30 autobus urbani Citaro, un veicolo commerciale (Mercedes Sprinter) che in un anno di funzionamento ha già percorso 16.000 km e la prima piccola flotta al mondo di veicoli alimentati da celle a combustibile (Mercedes Classe-A) in dotazione a imprese in Europa, negli USA, in Giappone e Singapore.

#### 4.2.1 Gas Naturale

I veicoli a gas naturale Daimler Chrysler sono certificati come SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) secondo gli standard della California.

##### 4.2.1.1 Dodge Ram Van

Il Dodge Ram Van è dotato di un motore 5.200 cc V8 a gas naturale con sistema di iniezione Multi-Point e cambio automatico a 4 velocità. Il serbatoio unico per il CNG è situato sotto il veicolo e può contenere 60-70 dm<sup>3</sup> a una pressione di 200-250 bar.

##### 4.2.1.2 Mercedes-Benz NGT Sprinter

The NGT (Natural Gas Technologies) Sprinter utilizza Gas Naturale stoccato a 200 bar. Il sistema è monovalente, cioè il veicolo funziona solo con gas naturale. Di conseguenza, il motore può essere ottimizzato esclusivamente per un combustibile specifico. Anche la marmitta catalitica è stata sviluppata specialmente per il gas naturale ottenendo un funzionamento estremamente efficiente. Con le bombole pressurizzate montate sotto il veicolo, lo spazio di carico o lo spazio per i passeggeri, a seconda dell'allestimento, può essere usato al massimo. La versione base ha un'autonomia di 250 chilometri, che si può estendere fino a 370 chilometri aggiungendo delle bombole supplementari, anche se queste riducono il carico utile.

#### 4.2.2 Etanolo

Tutte le versioni dei modelli Chrysler Town & Country, Chrysler Voyager e Dodge Caravan dotate di motore 3.300 V6 e dei modelli Dodge Stratus, Chrysler Sebring Sedans e Chrysler Sebring Convertibles con motori 2.700 V6, uscite a partire dal 2003 negli Stati Uniti (ad esclusione degli stati della California, New York, Vermont and Massachusetts) sono ethanol flexible fuel vehicles, sono cioè veicoli predisposti a funzionare con E85 (una miscela composta dall'85% di etanolo e dal 15% di benzina), benzina o qualsiasi combinazione dei due combustibili.

Le prestazioni in termini di accelerazione, potenza e velocità di crociera sono paragonabili a veicoli a benzina e la manutenzione è molto simile a quella richiesta dai veicoli a gas. È però richiesto l'uso di un particolare olio motore (da cambiarsi ogni 5.000 km). L'etanolo è poco volatile, il che può essere un problema nei motori a ciclo Otto risultando alterate le prestazioni nelle partenze a freddo e causando "vuoti" durante il warm up. Inoltre il funzionamento con etanolo riduce l'autonomia di un 27%.

#### 4.2.3 Veicoli elettrici e ibridi

Nel Dicembre 2000 la Daimler Chrysler ha acquistato la Global Electric Motorcars, impresa leader nel mondo tra i produttori di Low Speed Neighborhood Electric Vehicles, trasformandola in una succursale della compagnia, sancendo il proprio interesse anche per la propulsione elettrica.

L'elettricità svolge un ruolo chiave nell'ibrido Chrysler Citadel, che unisce l'efficienza ambientale alle prestazioni di un motore benzina. Un motore benzina 3.500 V-6 garantisce la trazione delle ruote posteriori del Citadel erogando 253 HP, mentre le ruote anteriori sono gestite da un motore elettrico da 70 HP e offre quindi le prestazioni di un veicolo da 320 HP con il consumo di combustibile di un motore da 250 HP. Il Citadel è la prima concept car di DaimlerChrysler che dà risalto alle prestazioni. Precedenti prototipi di veicoli ibridi sono stati il Patriot Racecar, il Dodge Intrepid ESX e il Dodge Intrepid ESX2.

##### 4.2.3.1 Mercede-Benz 308 E Sprint

Il sistema di azionamento AC trifasico dello Sprint 308 E raggiunge un grado di efficienza che supera quello dei motori a corrente continua. Le batterie Lead/gel con una capacità nominale di circa 29 kWh o le più potenti ZEBRA, la cui densità di energia è 3-4 volte superiore (35 kWh con un peso che è meno della metà di quello di un'unità di lead/gel) garantiscono una percorrenza di 100 chilometri senza ricaricare e consentono tempi di ricarica relativamente corti. In uno o nell'altro caso, una batteria a piena carica accelera lo Sprint 308 E da 0 a 50 km/h in circa 16 secondi con una velocità massima di 90 km/h.

#### 4.2.4 Celle a combustibile

Le celle a combustibile sono un dispositivo elettrochimico che produce energia elettrica attraverso la reazione chimica di associazione di idrogeno e ossigeno. Sono caratterizzate da un'alta efficienza e bassi livelli di emissioni contaminanti a seconda del combustibile. Se utilizzate con idrogeno puro l'unico prodotto della reazione è vapor d'acqua.

Ci sono varie opzioni per l'alimentazione delle celle a combustibile tra cui la possibilità di immagazzinare direttamente a bordo l'idrogeno (gassoso compresso, liquido a -245°C o stoccato in idruri metallici) o di ottenerlo attraverso un processo di reforming partendo da metanolo o benzina. Ogni soluzione presenta i suoi pro e contro e Daimler Chrysler non si sta ancora muovendo in una precisa direzione, ma sta sperimentando un certo numero di opzioni.

##### 4.2.4.1 1994: NECAR 1

Con il primo veicolo a celle a combustibile NECAR 1 (New Electric Car) presentato il 13 aprile 1994, Daimler Chrysler ha dimostrato che questa nuova tecnologia è adatta ad applicazioni automobilistiche. L'intero spazio di carico del furgone Mercedes-Benz è occupato dai componenti di generazione dell'energia che pesano 800 chilogrammi,

lasciando libero spazio sufficiente solo per il guidatore ed un passeggero. Il veicolo era così poco più di un laboratorio di ricerca mobile.

#### 4.2.4.2 1996: NECAR 2

NECAR 2, un Mercedes-Benz V-Class lanciato il 14 maggio 1996, è un furgone a sei posti completamente utilizzabile, con un'autonomia di 250 chilometri e una velocità massima di 110 km/h. L'intera apparecchiatura delle celle a combustibile, con una potenza di 50 kW, è stivata sotto i sedili posteriori; i due serbatoi dell'idrogeno sono posizionati sul tetto in modo da potere utilizzare lo spazio di carico al massimo.

#### 4.2.4.3 1997: NEBUS

Con NEBUS (New Electric Bus) introdotto nel mese di maggio 1997, Daimler Chrysler ha dimostrato la possibilità di usare le celle a combustibile per la propulsione di un altro mezzo di trasporto, vale a dire gli autobus urbani. NEBUS ha un'autonomia di 250 chilometri con un pieno di idrogeno e così non ha difficoltà a svolgere il servizio quotidiano di un normale autobus. Con una potenza di 250 kW, le celle a combustibile garantiscono una velocità massima di 80 km/h. NEBUS ha dimostrato la sua attuabilità operativa sui tragitti urbani di Oslo, Amburgo, Perth, Melbourne, Messico City e Sacramento.

#### 4.2.4.4 1997: NECAR 3

Con NECAR 3, DaimlerChrysler ha dimostrato per la prima volta che l'idrogeno per le celle a combustibile può essere generato direttamente a bordo del veicolo a partire da un combustibile liquido. NECAR 3 è alimentata con metanolo e raggiunge una velocità di 120 km/h. Nonostante l'ingombro del sistema delle celle a combustibile e della relativa unità di reforming, il veicolo basato su un Mercedes-Benz Classe A offre spazio sufficiente per due occupanti.

#### 4.2.4.5 1999: NECAR 4

Gli ingegneri di Daimler Chrysler sono riusciti ad alloggiare il sistema di trazione a celle a combustibile in una Classe A, garantendo spazio sufficiente a cinque occupanti ed al loro bagaglio nel 1999 con NECAR 4. Questo veicolo funziona con idrogeno liquido, raggiunge i 145 km/h ed ha un'autonomia di 450 chilometri. È stata presentata al pubblico come la punta del progresso nella tecnologia delle celle a combustibile in Washington DC, USA, il 16 marzo 1999. NECAR 4 è stato allestito appositamente per le prove della "California Fuel Cell Partnership". I sistemi di trazione sviluppati in seguito sono sempre stati ricavati dalla NECAR 4 ma utilizzano idrogeno compresso e sono molto più compatti e utilizzano una cella da 75 kW. La NECAR può percorrere 200 chilometri a una velocità massima di 145 km/h.

La NECAR 4 Advanced è stata sviluppata appositamente per i test sulla flotta per la "California Fuel Cell Partnership" e diversamente dalla versione precedente utilizza idrogeno gassoso compresso a 350 bar, con le stesse prestazioni ma un'autonomia ridotta.

#### 4.2.4.6 2000: NECAR 5

Nel mese di novembre del 2000, Daimler Chrysler ha presentato NECAR 5, un'automobile completamente operativa che utilizza celle a combustibile usando metanolo come mezzo di produzione dell'idrogeno. Questo Mercedes-Benz Classe A, il successore tecnologico di NECAR 3, raggiunge velocità di più di 150 km/h. In questo veicolo, come nel predecessore, l'intero sistema di azionamento, compreso il reformer del metanolo, è situato sotto il

pianale, ma è il 50% più potente di quello di NECAR 3, occupa la metà dello spazio e pesa 300 chilogrammi meno. Nel 2002, NECAR 5 ha stabilito un record per i veicoli a celle a combustibile percorrendo 5.250 chilometri da San Francisco a Washington, passando dal calore californiano al freddo ed alla neve della sierra Nevada e delle montagne rocciose, col fine di sondare i limiti tecnici dell'automobile in ogni condizione di funzionamento.

#### 4.2.4.7 2000: Jeep Commander 2

Il Commander 2, uno Sport Utility Vehicle (SUV) alimentato da celle a combustibile, ha dimostrato che questo tipo di propulsione alternativa è anche adatto a veicoli più grandi. Il serbatoio di questo SUV è riempito di metanolo da cui l'idrogeno è ricavato con un reforming a bordo.

Per compensare l'aumento di peso dovuto alla cella a combustibile e al reformer è stato studiato un particolare metodo di stampaggio di materiali termoplastici per iniezione, dimostrandone la validità con il Commander 2.

#### 4.2.4.8 2001: Natrium

Natrium è basato sul minivan Chrysler Town & Country. È alimentato da boroidruro di sodio ( $\text{NaBH}_4$ ), un sale le cui molecole sono relativamente ricche di idrogeno. Con l'aiuto di un catalizzatore chimico, si produce idrogeno elementare, che fornisce l'energia per la cella a combustibile. Il Natrium ha un'autonomia di 500 chilometri ed accelera da 0 a 100 km/h in 16 secondi. Ha una velocità massima di 129 km/h.

#### 4.2.4.9 2001: Hermes Sprinter

Nel 2001, Daimler Chrysler ha lanciato una cooperazione con la compagnia Hermes Versand di Amburgo per verificare il veicolo commerciale Mercedes-Benz Sprinter a celle a combustibile nel normale funzionamento giornaliero. Durante il primo anno di funzionamento, lo Sprinter ha percorso più di 16.000 chilometri ed ha fornito 4.200 clienti. Il veicolo è caratterizzato un sistema di celle a combustibile che è stato sviluppato insieme con l'azienda di Ballard, è alimentato con idrogeno gassoso compresso a 350 bar, ha un'autonomia di circa 150 chilometri e raggiunge una velocità di 120 km/h ed è dotato di un motore elettrico asincrono da 55 chilowatt che aziona le ruote anteriori. Il sistema di trazione è sotto il pianale e non limita lo spazio di carico.

#### 4.2.4.10 2002: Citaro City Bus

Dieci imprese europee di trasporto hanno acquistato tre autobus Citaro ciascuna per due anni di prove degli autobus lungo normali percorsi cittadini. I Mercedes-Benz Citaro sono alimentati da celle a combustibile da 200 chilowatt, utilizzano idrogeno compresso stipato sul tetto del veicolo, hanno un'autonomia di circa 200 chilometri, raggiungono una velocità di 80 km/h e possono trasportare fino a 70 passeggeri. Il motore elettrico, la trasmissione e l'asse posteriore sono situati nella coda del bus in modo da garantire il massimo spazio di carico.

#### 4.2.4.11 2002: Mercedes-Benz A-Class "F-Cell"

Battezzate "F-Cell", queste automobili costituiscono la prima piccola flotta al mondo di veicoli alimentati da celle a combustibile in dotazione a imprese in Europa, negli USA, in Giappone e Singapore. Nella "F-Cell", l'intero sistema delle celle a combustibile è accomodato nel pianale di una Mercedes-Benz Classe A. L'idrogeno è stoccato direttamente a bordo a una pressione di 350 bar e garantisce un'autonomia di circa 150 chilometri. Il consumo di idrogeno è equivalente a 4,2 litri di diesel per 100 chilometri. Il motore elettrico fornisce 65 kW e consente al veicolo di accelerare da 0 a 100 km/h in circa

16 secondi e una velocità massima di 140 km/h. Queste prestazioni rendono “F-Cell” adatta ad un normale uso giornaliero, il tutto con livelli di inquinamento atmosferico e acustico bassissimi.

### 4.3 FLAT

La gamma di Fiat a basso impatto ambientale rappresenta l’impegno concreto dell’azienda per lo sviluppo e la promozione dell’uso di veicoli a trazione alternativa. In particolare, dopo aver valutato la potenzialità di diverse tecnologie alternative, le vetture elettriche e a gas naturale sono considerate le soluzioni più idonee per ridurre l’inquinamento urbano nel breve-medio termine.

Il gas naturale rappresenta un punto di forza per l’azienda torinese che per tradizione, modelli e competenze è all’avanguardia a livello mondiale in questa tecnologia, grazie anche alla presenza sul territorio nazionale di questo tipo di combustibile.

Fin dagli anni 60 sono state avviate ricerche finalizzate allo sviluppo della trazione elettrica, mentre risalgono agli anni 70 i primi studi sul gas naturale. Frutto di queste ricerche sono state numerose auto di serie: da Panda e Cinquecento Elettra a Seicento Elettra, da Marea bipower a Multipla bipower e blupower.

Negli ultimi anni è stata analizzata la tecnologia delle celle a combustibile attraverso la collaborazione con la Nuvera (azienda italiana costruttrice di celle a combustibile), che ha portato alla realizzazione della Seicento H2 Fuel Cell e alla programmazione di una miniflotta di Panda a Fuel Cell su cui l’azienda sta lavorando attraverso il proprio centro di ricerca CRF.

#### 4.3.1 Gas Naturale

Il primo accordo sottoscritto con il Governo italiano per lo sviluppo dell’autotrazione a gas naturale risale al 1996. È un Accordo di Programma, vero e proprio strumento di politica industriale per lo sviluppo di prodotti e tecnologie nazionali, con la definizione di specifici impegni per l’attività, le risorse e le tempistiche da parte di Fiat, della Presidenza del Consiglio dei Ministri e dei sei Ministeri interessati.

L’Accordo di programma contiene diverse finalità tra le quali l’impegno a realizzare migliori condizioni ambientali nelle città attraverso attività di ricerca, sperimentazione, produzione e diffusione di veicoli a minimo impatto ambientale. A seguito di esso, il Gruppo Fiat ha investito nello sviluppo e nell’industrializzazione di veicoli a gas naturale, garantendo caratteristiche del tutto analoghe ai moderni propulsori a benzina e diesel. Si è pertanto introdotta sul mercato una serie di veicoli a gas naturale di nuova generazione (nel 1997 Marea, nel 1998 Multipla, Daily, Autobus City Class e mezzi EuroTech per raccolta rifiuti, nel 1999 Ducato) che hanno consentito di vagliare le reazioni del mercato, consolidare le tecnologie di prodotto e mettere le basi per una indiscussa leadership internazionale nel settore.

Fiat e Unione Petrolifera hanno avviato forme di collaborazione mirate ad attuare iniziative comuni per una più ampia diffusione in Italia delle motorizzazioni a gas naturale.

Il 5 dicembre 2001 è stato siglato un accordo tra Fiat, Unione Petrolifera ed il Ministero dell’Ambiente, per l’avvio di un Programma Nazionale per lo sviluppo dell’autotrazione a gas naturale nelle più importanti aree urbane italiane. L’accordo prevede l’impegno del Ministero a incentivare la diffusione dei distributori a gas naturale per autotrazione e l’acquisto di veicoli a gas naturale. L’Unione Petrolifera promuoverà lo sviluppo sul

territorio nazionale della rete di distribuzione e Fiat amplierà l'offerta sul mercato di autoveicoli alimentati a gas naturale.

Fiat Auto ha attualmente a listino la Multipla nelle versioni Bipower (benzina e gas naturale) e Blupower (esclusivamente a gas naturale). L'altezza da terra delle vetture ha consentito di ricavare uno spazio sotto il pianale in grado di alloggiare le bombole del gas naturale senza penalizzare l'abitacolo. Questa soluzione progettuale garantisce ampie autonomie di funzionamento a gas naturale su entrambe le versioni.

#### 4.3.1.1 Multipla Bipower

Nel Novembre del 1998, Fiat Auto ha presentato la Multipla bipower, vettura che, con la doppia alimentazione gas naturale-benzina, consente di usufruire di tutti i vantaggi ecologici ed economici offerti dal gas naturale.

Il gas naturale viene caricato nelle tre bombole d'acciaio con capacità complessiva di 164 litri, collocate sotto il pianale della vettura alla pressione di 200 bar, in grado di assicurare fino a 500 km di autonomia nel solo funzionamento a gas naturale (ciclo extraurbano) e di consentire capacità di carico nel bagagliaio. Dalle bombole il gas naturale arriva, attraverso speciali tubazioni, al riduttore installato nel vano motore, che riduce la pressione dai 200 bar di partenza a circa 9 bar, ed alimenta i quattro iniettori. Dal punto di vista motoristico, la Multipla bipower è equipaggiata con il motore Torque 1.6 16V, caratterizzato da due sistemi di alimentazione: uno per la benzina e uno per il gas naturale, entrambi del tipo "Multipoint sequenziale fasato".

Importanti gli interventi per garantire all'impianto a gas naturale la massima funzionalità e un'assoluta sicurezza: completa integrazione dei componenti nella vettura, attacchi delle bombole a prova d'urto, elettrovalvole (una per ogni bombola) con protezioni contro l'eccesso di flusso e la sovratemperatura, bocchettone di riempimento con doppia valvola di non ritorno, tubazioni ad alta pressione in acciaio zincato e dotate di guaina.

#### 4.3.1.2 Multipla Blu power

Multipla blupower è una vettura alimentata esclusivamente a gas naturale con un'ottima autonomia che la rende adatta anche per percorsi extraurbani.

Le quattro bombole del gas naturale sono alloggiare sotto il pianale, senza penalizzazione dell'abitacolo e del bagagliaio, per una capacità complessiva di 216 litri, in grado di assicurare autonomie fino a 650 km (ciclo extraurbano).

Multipla blupower è equipaggiata con il motore Torque 1.6 16V (Multipoint sequenziale fasato), ottimizzato per il funzionamento a gas naturale in modo da sfruttare le potenzialità offerte dall'elevato numero di ottani del combustibile, assicurando un vantaggio in termini di prestazioni e consumi.

#### 4.3.1.3 Punto Bipower

Fiat Punto Bipower viene proposta nelle due versioni: Berlina e Van. Entrambe dispongono di un motore FIRE 1.2 8v. Anche in questo caso i due sistemi di iniezione sono indipendenti e sono del tipo Multipoint sequenziale fasato. La potenza massima erogata con alimentazione a gas naturale è di 40 kW (54 CV) a 5.500 giri/min, con una coppia massima di 88 Nm a 3.500 giri/min. I corrispondenti valori con alimentazione a benzina sono rispettivamente 47 kW (63 CV) a 5.500 giri/min e 102 Nm a 3.500 giri/min. La versione berlina è a 5 posti e 5 porte. Dispone di due bombole alloggiare nel bagagliaio con capacità totale di 70 l che consentono alla vettura un'autonomia a gas naturale di circa 280 km. La versione Van dispone di una bombola con capacità totale di 100 l, alloggiata nel vano di carico, che consente al veicolo un'autonomia di circa 400 km. La portata utile del

veicolo è di 410 kg e il vano di carico conserva un volume di circa 800 litri, più dell'80% rispetto alla versione originale.

#### 4.3.1.4 Doblò Bipower

Fiat Doblò Bipower viene proposto nelle due versioni: Cargo e Panorama. Entrambe dispongono di un motore 1.6 16v. I due sistemi di iniezione a controllo elettronico, gas naturale e benzina, sono indipendenti e sono del tipo Multipoint sequenziale fasato.

La potenza massima erogata con alimentazione a gas naturale è di 68 kW (92 Cv) a 5.750 giri/min, con una coppia massima di 130 Nm a 4.000 giri/min. I corrispondenti valori con alimentazione a benzina sono rispettivamente 76 kW (103 Cv) a 5.750 giri/min e 145 Nm a 4.000 giri/min. Nella versione Cargo (vedi disegno a fianco), tre bombole, per una capacità totale di 105 l, sono alloggiato sotto la scocca, in modo da non penalizzare il vano di carico del veicolo e consentono alla vettura un'autonomia a gas naturale di circa 300 km. Nella versione Panorama, invece, due bombole, per una capacità totale di 130 l, sono alloggiato nel bagagliaio. In questo caso si è preferito privilegiare l'autonomia della vettura, che è di circa 370 km.

#### 4.3.2 Veicoli elettrici

La trazione elettrica è per ora l'unica tecnologia sufficientemente avanzata per la realizzazione di autoveicoli a zero emissioni ZEV, (Zero Emission Vehicle).

Le prospettive sono però legate alla soluzione di problemi tecnici, tra i quali l'autonomia di esercizio è la più rilevante. In attesa di risolvere questo problema il veicolo elettrico è una delle risposte ottimali per la circolazione nelle aree urbane. Per questo Fiat Auto ha già sviluppato e presentato sul mercato quattro veicoli a trazione elettrica destinati all'utilizzo urbano: la Panda Elettra, il Ducato Elettra, la Cinquecento Elettra e, più recentemente, la Seicento Elettra.

In particolare, Fiat Auto ha sviluppato l'applicazione di batterie al Nichel-idruri metallici, più leggere ed efficienti, in grado di accumulare più energia realizzando un valido compromesso tra costi e autonomia del veicolo. Fiat Seicento Elettra, malgrado una diffusione limitata per l'assenza di condizioni necessarie allo sviluppo di un mercato, rappresenta una delle tappe più significative nello sviluppo della trazione elettrica che Fiat Auto ha intrapreso da anni

##### 4.3.2.1 Seicento Elettra

Nel marzo 1998, in contemporanea con la versione termica, Fiat Auto ha presentato la Seicento Elettra, vettura di concezione moderna, sia per la tipologia di trazione elettrica utilizzata, sia per l'architettura generale del veicolo. Disegnata essenzialmente per un uso cittadino, la Seicento Elettra dispone di 4 posti, un buon bagagliaio, un'apprezzabile autonomia di marcia ed elevate prestazioni. È anche stata realizzata in versione Van per il trasporto delle merci.

È equipaggiata con un motore elettrico asincrono trifase a corrente alternata, collocato nella parte posteriore del veicolo, sotto la scocca, e batterie al piombo a ricombinazione di gas (senza manutenzione), del peso di circa 400 kg, distribuite lungo l'intera lunghezza della vettura.

Il sistema batteria, l'inverter ed il motore elettrico costituiscono la parte principale dell'impianto di trazione del veicolo. L'inverter regola la velocità e la coppia del motore, trasformando l'alimentazione in corrente continua delle batterie in un'alimentazione in corrente alternata trifase, a frequenza ed ampiezza variabili, come richiesto dal motore asincrono.

La ricarica delle batterie di trazione può avvenire tramite il carica batterie di bordo, con alimentazione da rete di 220 V in corrente alternata, o tramite un impianto fisso a terra, con alimentazione diretta sulle batterie in corrente continua, attraverso un sistema di connessione integrato in un'unica presa. La potenza massima del motore di 30 kW (15 kW quella continuativa) assicura ottime prestazioni alla vettura. L'accelerazione da 0 a 50 km/h avviene in 8 secondi e la velocità massima è di 100 km/h: ciò significa che la Seicento Elettra non ha problemi ad affrontare il normale traffico cittadino.

#### 4.3.3 Veicoli ibridi

Il veicolo ibrido integra la trazione elettrica con il motore termico. Esso nasce dall'idea di abbinare i vantaggi, in termini di libertà d'uso, di un motore termico con le caratteristiche a emissioni zero di quello elettrico realizzando un mix motoristico di grande flessibilità.

Nel gennaio 2000 Fiat Auto ha presentato il prototipo Multipla Hybrid Power, vettura a propulsione ibrida, dove il motore a benzina lavora in parallelo con il motore elettrico. L'evoluzione futura del veicolo ibrido prevede l'integrazione funzionale della macchina elettrica con il motore termico per ottenere una più efficiente gestione dell'energia meccanica ed elettrica generata a bordo del veicolo.

Le batterie, ad alta potenza specifica e di dimensioni contenute, forniscono l'energia richiesta per aumentare le prestazioni in accelerazione e in ripresa e non richiedono la ricarica dalla rete. Questo veicolo è in grado di ridurre i consumi e le emissioni, mantenendo le prestazioni complessive della vettura.

Per raggiungere questo risultato, Fiat ha sviluppato il sistema denominato ECODRIVER (Energy Conversion and DRIVeline Efficient Reengineering). Ecodrivers, noto anche come "ibrido minimo", è un innovativo sistema di propulsione intelligente, caratterizzato dalla gestione integrata di un motore termico, di un motogeneratore elettrico e di un cambio robotizzato di tipo Selespeed.

Il motogeneratore elettrico – oltre a svolgere la funzione di avviamento del motore termico e di generatore elettrico – fornisce energia meccanica alle ruote durante le fasi di accelerazione, recupera energia durante le fasi di decelerazione del veicolo e consente lo spegnimento e l'avvio automatico del motore termico durante gli arresti temporanei del veicolo (semafori, code,...); inoltre rende possibile la marcia del veicolo in modalità elettrica per brevi tratti, seppure con prestazioni limitate.

Tutte queste funzioni contribuiscono alla riduzione dei consumi, all'abbattimento delle emissioni e ad un migliore comfort di guida. Un'ulteriore opportunità offerta dal motogeneratore è la capacità di produrre in modo efficiente elevate quantità di energia elettrica. Questo sistema di propulsione permette di ridurre i consumi di circa il 40% sul ciclo urbano (UDC Urban Drive Cycle) e di circa il 20% sul ciclo combinato (NEDC New European Drive Cycle), mantenendo le ottime prestazioni della vettura.

##### 4.3.3.1 Multipla Hybrid Power

Multipla Hybrid Power, il prototipo presentato nel gennaio 2000, è una vettura a propulsione ibrida a 5 posti a trazione anteriore. Grazie alla doppia alimentazione elettrica e a benzina, si rivela adatta a qualsiasi percorso. È ideale per la città perché, in funzionamento elettrico, è silenziosa e con emissioni nulle, e, in funzionamento ibrido, affronta l'autostrada con prestazioni paragonabili alle vetture tradizionali a propulsione termica.

Il gruppo motopropulsore che comprende il motore a benzina, il motore elettrico, l'alternatore e la trasmissione è sistemato nel vano anteriore. Il conducente, agendo in qualsiasi momento sul selettore posto sulla plancia del veicolo, è in grado di realizzare la

“multimodalità”, scegliendo fra tre modalità di funzionamento: elettrico, elettrico con ricarica, ibrido. Elettrico è la modalità ideale per la mobilità urbana: il motore a benzina è spento e scollegato dalla trazione del veicolo e opera il solo motore elettrico. La velocità massima è di circa 80 km/h e l'autonomia, nel ciclo urbano, è circa 80 km.

Elettrico con ricarica è la modalità nella quale Multipla Hybrid Power è mossa dal motore elettrico, mentre il motore termico, funzionante a regime stazionario, aziona l'alternatore che ricarica le batterie. Il motore termico si attiva automaticamente e inizia la ricarica delle batterie solo quando lo stato di carica scende sotto il valore di soglia prefissato. È utile quando occorre aumentare l'autonomia del veicolo e non si ha l'opportunità di allacciarsi alla rete elettrica.

Ibrido è la modalità nella quale i due motori agiscono in parallelo sulle ruote. Un sofisticato sistema elettronico gestisce la potenza e la coppia motrice erogata dai singoli motori per sfruttare al meglio le loro caratteristiche. Il propulsore elettrico interviene durante le fasi d'avvio, di ripresa e di accelerazione; in decelerazione e in frenata, invece, recupera energia cinetica per ricaricare le batterie. Secondo questa logica di funzionamento, quando la vettura marcia in ibrido le emissioni si riducono con il diminuire della velocità, risultano minori là dove si hanno i maggiori benefici ambientali, cioè nel traffico cittadino.

#### 4.3.4 Celle a combustibile

L'attenzione dei grandi costruttori automobilistici è oggi prevalentemente orientata verso le celle a combustibile o fuel cell, generatori che – con altissime efficienze – possono produrre elettricità attraverso un processo chimico di ricombinazione di idrogeno ed ossigeno.

Il principale beneficio atteso dall'impiego delle celle a combustibile è la riduzione delle emissioni. Queste sono nulle, nel caso di celle a combustibile alimentate a idrogeno, mentre sono limitate al CO<sub>2</sub>, nel caso in cui l'idrogeno stesso sia prodotto dalla elaborazione di combustibili organici.

Il naturale utilizzo delle celle a combustibile è sostituire le batterie in un veicolo elettrico, con il vantaggio di aumentarne l'autonomia.

All'interno di quest'ultimo filone di ricerca si colloca la Seicento Elettra H2 fuel cell, la prima vettura a pila combustibile costruita dalla Fiat Auto e realizzata sulla struttura della Seicento Elettra. Lo sviluppo ed il miglioramento di soluzioni alternative di propulsione trovano nel veicolo urbano – che opera in aree ad alta densità di traffico ove maggiori sono i requisiti ambientali e meno gravose le condizioni di esercizio (sia per le prestazioni sia per l'autonomia) – il contesto ideale per effettuare le necessarie verifiche tecnologiche e di mercato.

##### 4.3.4.1 Seicento Elettra H2 FUEL CELL

Finanziato da Fiat Auto e dal Ministero dell'Ambiente, il progetto della Seicento Elettra H2 fuel cell è stato sviluppato dal Centro Ricerche Fiat che si è avvalso del supporto esterno di ENEA e CNR (Istituto Motori di Napoli ed Istituto per le Tecnologie Avanzate per l'Energia di Messina).

Seicento Elettra H2 fuel cell rappresenta, l'evoluzione della Seicento Elettra, della quale il nuovo prototipo mantiene alcuni componenti come il motore, un propulsore elettrico asincrono trifase a corrente alternata, e il pacco delle batterie, ridimensionato in quanto al posto delle batterie, sistemate nella zona posteriore, è collocato il cuore del sistema di generazione elettrica a celle a combustibile.

Si tratta dello Stack, il dispositivo che – alimentato da idrogeno alla pressione di circa 1,5 bar e dall'ossigeno contenuto nell'aria, anch'essa compressa sino a 1,3 bar – produce energia elettrica a 48 V, con una potenza massima di 7 kW.

A bordo del prototipo Seicento Elettra H2 fuel cell l'idrogeno in pressione (200 bar) è accumulato in sei bombole (di 9 litri ciascuna) sistemate dietro lo schienale dei sedili anteriori. In futuro, invece, si prevede di stoccarlo in bombole collocate nel tunnel, al posto dell'attuale pacco batterie, ripristinando così l'abitabilità originaria della vettura.

Il sistema di trazione della Elettra H2 fuel cell permette di mantenere una velocità continua di 60 km/h. Con il contributo delle batterie la velocità massima della vettura sale a 100 km/h e l'accelerazione da 0 a 50 km/h avviene in 8 secondi. L'autonomia assicurata al prototipo dalle bombole di idrogeno sistemate a bordo è di 100 km, che diventano 140 considerando la carica delle batterie. Il tempo di rifornimento è rapido, circa dieci minuti, contro le 4-8 ore necessarie per ricaricare le batterie della Seicento Elettra.

Tra le caratteristiche distintive del dispositivo di trazione adottato da Elettra H2 fuel cell c'è la grande efficienza complessiva del sistema, che nell'impiego sul veicolo supera il 35%, risultato di gran lunga migliore rispetto ai più moderni motori termici (19-24%).

#### 4.4 FORD

Il Gruppo Ford è una delle compagnie che presenta la più grande varietà di veicoli che utilizzano combustibili alternativi, sia per quanto riguarda i modelli disponibili, sia per quanto riguarda le tipologie di propulsione utilizzate.

##### 4.4.1 Gas Naturale

Nel 1984 Ford disponeva di una flotta di 27 pick-up Ranger a gas naturale a disposizione dei clienti. Questi veicoli accumularono più di un milione di miglia senza problemi di funzionamento o di sicurezza.

Nel 1992, 41 vetture modello Crown Victoria a gas naturale sono state messe in servizio nelle flotte di alcune società selezionate negli Stati Uniti ed in Canada, secondo un programma di dimostrazione di tre anni. In seguito all'esito positivo di questi primi test, nel 1995 cominciò la produzione della Corona Victoria a gas naturale. Era la prima vettura passeggeri concepita fin dall'inizio per funzionare esclusivamente con gas naturale.

Nel 1997 Ford introdusse i furgoni E-Serie con motore esclusivamente a gas naturale che divennero i primi veicoli nel mondo ad ottenere il certificato di ULEV (Ultra Low Emission Vehicle).

Attualmente il modello Crown Victoria berlina è equipaggiato con un motore 4.6 L esclusivamente a gas naturale ed ha un'autonomia in condizioni normali di funzionamento di 380 km con l'allestimento dei serbatoi standard.

La serie E è fornita di un motore 5.4 L studiato per il funzionamento con solo gas naturale. Il serbatoio standard garantisce una percorrenza di 450 km.

##### 4.4.2 GPL

I veicoli Ford a GPL sono disponibili nella versione Bi-fuel e utilizzano benzina o propano, con serbatoi separati.

Per 25 anni, Ford ha effettuato esperimenti con motori a GPL attraverso una speciale serie di veicoli. Nel 1998 vennero presentate delle versioni Bi-fuel a propano del pick-up che sono ancora adesso in produzione.

#### 4.4.3 Etanolo

L'interesse del gruppo Ford nell'usare l'etanolo come combustibile alternativo risale ai giorni di Henry Ford. Ford progettò di usare l'etanolo come combustibile primario per il suo Model T, però la benzina, meno costosa, emerse come combustibile dominante. I veicoli Ford a etanolo sono tutti Flexible Fuel e sono dotati di sensori che esaminano la miscela di combustibile e regolano i tempi della combustione e il flusso di combustibile per ottimizzare le prestazioni.

Dal 1984 Ford ha sviluppato più di 730 veicolo a metanolo e Flexible Fuel a metanolo o etanolo come prototipi e in produzione limitata (Escort e Crown Victoria).

Tra il 1986 e il 1989, Ford sviluppò un programma di dimostrazione della Crown Victoria FFV a metanolo.

Nel 1991 iniziò un programma di dimostrazione per la Taurus FFV che portò nel 1993 a una vera e propria produzione e a un totale di circa 8.000 unità vendute nei due anni successivi, principalmente a flotte e clienti statali in California.

Nel 1996 Ford aggiunse una versione a etanolo e ricevette ordini per più di 5.500 Taurus FFV (tra le versioni alimentate a M-85 ed a E-85).

Nel 1999 iniziò una produzione su grande scala del Ranger come un veicolo FFV e dal 2002 sia la Taurus che il Ranger sono offerti come Flexible Fuel.

I motori Flexible Fuel sono diventati standard sulle versioni del 2003 di Explorer e Mercury Mountaineer da 4.000 cc V6 SOHC e trasmissione automatica.

Dal 2004 i modelli Mercury Sable e Taurus, saranno equipaggiati con un motore 3.0 L V6 Flexible Fuel.

#### 4.4.4 Veicoli ibridi

##### 4.4.4.1 Escape Hybrid

Ford sta attualmente sviluppando il suo primo veicolo elettrico ibrido, l'Escape Hybrid, che sarà disponibile per la vendita al pubblico in estate 2004 nei concessionari ufficiali Ford degli Stati Uniti e del Canada. L'Escape Hybrid conserva tutti i vantaggi di un Escape convenzionale, inclusi lo spazio disponibile, il confort l'accelerazione del motore V6, uniti a un minor consumo e un minor livello di emissioni inquinanti, tipici della configurazione ibrida.

Questo perché può funzionare con il motore 4 cilindri benzina o con l'energia di una batteria nickel-metal da 300 volt o con una combinazione dei due sistemi a seconda delle condizioni di guida. Un modulo di controllo elettronico avanzato sceglie la modalità migliore e assicura che il veicoli funzioni al massimo della sua efficienza.

L'Escape Hybrid è progettato per rispettare gli standard EPA (Environment Protection Agency) di consumo di combustibile, fissati in 15-17 km/l in percorsi cittadini e 13 km/l in percorsi autostradali, e di emissioni rientrando nella categoria di Super Ultra-Low Emission Vehicle (SULEV).

#### 4.4.5 Motore a combustione interna a idrogeno

Il prototipo Ford Model U è spinto da un motore a combustione interna ed è ottimizzato per funzionare con idrogeno. Il motore è sovralimentato ed intercooled per ottenere massima efficienza, potenza e autonomia. Le emissioni di sostanze inquinanti, incluso il biossido di carbonio, sono quasi zero ed il motore consuma un 25% in meno di un motore a benzina. Il motore è basato sul 2.3 litri I-4 del Ford Ranger, il Ford Mondeo europeo, ed di alcuni veicoli Mazda. È ottimizzato per la combustione dell'idrogeno attraverso l'uso di pistoni ad alta compressione, iniettori di combustibile specificamente disegnati, un sistema di iniezione elettronica e un innovativo software di gestione.

Perché idrogeno ha un intervallo di infiammabilità molto ampio (dal 4 al 75%), i motori a idrogeno sono disegnati per utilizzare usare un range di miscele di combustibili/comburente più grande e può utilizzare miscele non stechiometriche senza le complicazioni di pre-accensione o detonazione. Può raggiungere un'efficienza complessiva del 38% cioè circa il 25% in più di un motore a benzina.

I ricercatori Ford hanno dimostrato che, sovralimentandolo, un motore a combustione interna a idrogeno può generare la stessa potenza di uno a benzina tradizionale, ma con emissioni sostanzialmente azzerate e consumi di combustibile più contenuti. La sovralimentazione avviene con un compressore centrifugo ad una pressione di 15.

Il Model U è dotato anche di un nuovo sistema di intercooling a due stadi: l'aria in uscita dal compressore e in ingresso al motore passa attraverso un raffreddatore convenzionale aria-aria e quindi attraverso un'unità di trattamento per una ulteriore riduzione di temperatura.

##### 4.4.5.1 Modular Hybrid Transmission

Il motore a combustione interna a idrogeno nel prototipo Ford Model U è dotato di un'avanzata trasmissione elettrica ibrida Modular Hybrid Transmission System (MHTS). In questo sistema, il convertitore di coppia di una trasmissione convenzionale è sostituito con un motore elettrico ad alta-tensione e da due giunti comandati da due attuatori idraulici che permettono al motore elettrico di operare indipendentemente o in contemporanea con quello termico, secondo lo schema tipica di un ibrido in parallelo. Il motore elettrico funziona simultaneamente da volano di inerzia, starter, alternatore e motore di trazione. Il sistema è stato progettato con minime variazioni rispetto alla trasmissione base per ridurre la complessità e il costo rispetto ad altri sistemi ibridi. Il Gruppo Ford ha ottenuto vari brevetti sui componenti del sistema MHTS.

#### 4.4.6 Celle a combustibile

Il gruppo Ford Motor sta studiando e perfezionando soluzioni che riducano l'impatto delle emissioni dei veicoli sull'ambiente arrivando a realizzare non solo test in laboratorio, ma dimostrazioni su strada di veicoli elettrici equipaggiati con celle a combustibile e alimentati con Idrogeno come il Ford P2000 e la Focus FCV.

##### 4.4.6.1 Ford Focus FCV-Hybrid

La nuova Ford Focus Ibrida a celle a combustibile è dotata di un powertrain innovativo che combina un sistema a celle a combustibile con una batteria Ni-MH ad alta tensione, il che ne aumenta prestazioni ed efficienza con zero emissioni. L'inizio della fase di pre-commercializzazione di quest'ultima generazione di veicoli è previsto per il 2004. La Ford Focus FCV-Hybrid fa parte della terza generazione di veicoli a celle a combustibile Ford.

#### 4.4.6.2 Ford Focus FCV

La Focus FCV combina bassi consumi di combustibile, prestazioni e comforto con le caratteristiche principali di un veicolo elettrico: silenziosità, assenza di vibrazioni e zero emissioni. La Focus quattro porte tradizionale è stata leggermente modificata per fare spazio ai componenti del powersystem e si prevede sia disponibile a partire dal 2004.

#### 4.4.6.3 Ford Focus FC5

La Ford Focus FC5 è caratterizzata da un sistema a celle a combustibile alimentate a metanolo attraverso un sistema di reforming a bordo.

#### 4.4.6.4 Ford P2000

Il Ford P2000 a idrogeno e celle a combustibile, secondo i responsabili del gruppo Ford, farà parte della prossima generazione di veicoli grazie alle sue caratteristiche di alta efficienza, silenziosità e zero emissioni.

#### 4.4.6.5 Mazda Premacy FC-EV

La Premacy FC-EV è caratterizzata da un sistema a celle a combustibile più reforming del metanolo. I componenti, inclusi la cella a combustibile e l'unità di reforming sono stati miniaturizzati, così che il veicolo non presenta notevoli modifiche strutturali rispetto alla versione tradizionale pur conservando cinque posti. La Mazda Premacy a metanolo è il primo veicolo a celle a combustibile a ottenere il permesso di circolazione su strade pubbliche in Giappone.

### 4.5 GENERAL MOTORS

Le opzioni di General Motors per quanto riguarda i combustibili alternativi sono un compromesso tra il rispetto per l'ambiente, l'utilizzo di risorse disponibili e il rispetto delle esigenze del cliente. La compagnia ha iniziato sviluppando principalmente motori funzionanti con combustibili puliti come l'etanolo (E85) e il gas naturale, mentre attualmente l'attività di ricerca si è spostata verso idrogeno e celle a combustibile.

Nel 1998 è stato fondato il GM Global Alternative Propulsion Centre (GAPC) in Germania, Rochester (New York) e Warren (Michigan), con lo scopo di sviluppare tecnologie che potrebbero portare all'introduzione nel mercato di una vasta gamma di veicoli alimentati con sistemi di propulsione alternativi, con speciale attenzione per le celle a combustibile.

#### 4.5.1 Gas Naturale

Sulla grande economia ed affidabilità delle alimentazioni "alternative" Opel ha sempre creduto, e l'ultima testimonianza risulta essere l'adozione dell'alimentazione denominata "ecoM" per la conosciuta ed apprezzata Astra SW, la quale entro la fine del 2003 andrà ad affiancare Zafira ecoM in commercio già dall'Estate 2002.

Il sistema sviluppato, denominato Monovalent<sup>Plus</sup> si situa a metà tra alimentazione monovalente e bi-fuel, nel senso che è provvista di un doppio serbatoio per gas naturale e benzina, ma non è necessario avviamento a benzina. Si può quindi dire che si tratta di un sistema monovalente che però in caso di mancanza di gas naturale può funzionare a benzina.

#### 4.5.1.1 Opel Astra SW

Il motore 1.600 a gas naturale deriva dall'ECOTEC a benzina di pari cilindrata, sviluppa 97 CV (71 kW) e ha una coppia massima di 14,3 kgm (140 Nm). Il propulsore è stato ottimizzato per l'alimentazione a gas naturale e dispone di iniettori separati per questo carburante e per la benzina. Con un numero di ottano pari a 130, il gas naturale resiste meglio della benzina al battito in testa. Di conseguenza, per aumentarne l'efficienza Opel ha aumentato il rapporto di compressione del motore a gas naturale portandolo a 12,5:1. Nonostante i suoi bassi consumi, Opel Astra Station Wagon 1.6 ecoM raggiunge una velocità massima di 177 km/h ed i 100 km/h con partenza da fermo in 14.5 secondi. I due serbatoi di gas naturale alloggiati sotto il pianale hanno un volume di 110 litri e contengono quanto basta per assicurare un'autonomia di circa 370 chilometri, che arrivano a circa 520 utilizzando la riserva di benzina. Il passaggio da un tipo di alimentazione all'altro avviene premendo un pulsante posto al centro della plancia. Contemporaneamente il sistema riporta sull'indicatore la quantità disponibile del tipo di carburante al momento in uso. Un attacco di tipo universale permette di fare rifornimento senza dover ricorrere ad adattatori particolari, né in Italia, né all'estero. Opel Astra Station Wagon 1.6 ecoM si segnala anche per le speciali misure adottate per la sicurezza. Sotto il pianale sono alloggiate le bombole di gas naturale ed un serbatoio di riserva contenente 14 litri di benzina. Questa soluzione permette al guidatore di passare rapidamente all'alimentazione a benzina, quando i serbatoi di gas naturale stanno per vuotarsi, e raggiungere la più vicina stazione di rifornimento. Ciò aumenta da 370 a circa 520 chilometri l'autonomia della vettura senza comprometterne l'abitabilità interna e la capacità di carico (1.470 litri), rispetto alle versioni a benzina ed a gasolio.

L'intero complesso dei serbatoi è saldamente assicurato tramite bande d'acciaio sotto la vettura ed i serbatoi sono ulteriormente protetti nella parte inferiore. Le due bombole di gas naturale, ciascuna delle quali provvista di una propria valvola, sono realizzate in acciaio ad alta resistenza ed i loro condotti sono in acciaio inossidabile.

Per salvaguardare meglio i passeggeri e l'ambiente circostante, i serbatoi sono inoltre posizionati in una zona fuori portata da possibili urti. La temperatura di accensione del gas naturale (650°C), è notevolmente più alta di quella della benzina. In caso di incidente, il gas naturale è più sicuro della benzina in quanto, essendo più leggero dell'aria, evapora non appena liberato. Per tutte queste ragioni Opel Astra Station Wagon 1.6 ecoM può essere parcheggiata senza problemi in garage pubblici ed in parcheggi coperti.

#### 4.5.1.2 Chevrolet Cavalier

La versatilità della Chevrolet Cavalier la rende una delle più popolari automobili a combustibile alternativo attualmente in produzione. La Cavalier, disponibile nella versione bi-fuel, funziona principalmente con gas naturale compresso, con la possibilità di passare all'alimentazione a benzina e il suo motore 2,2 L quattro cilindri è certificato come Low Emission Vehicle dall'EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

#### 4.5.1.3 Chevrolet Express e GMC Savana

Il Chevrolet Express e il GMC Savana sono disponibili sia nella versione van che in quella passeggeri e sono entrambi dotati di un motore Vortec 6000 V8, disponibile sia nella versione esclusivamente a CNG, sia nella versione bi-fuel che garantisce la massima praticità di utilizzo nel caso in cui ci siano problemi di reperibilità del gas naturale.

#### 4.5.2 GPL

Vauxhall Motors Limited è una società consociata interamente posseduta da General Motors Corporation. La compagnia è strettamente integrata nella sezione GM Europa per quanto riguarda prodotti e processi di produzione.

I veicoli Vauxhall DualFuel funzionano indifferentemente con GPL o benzina, e sono stati concepiti per rientrare negli stretti standard EURO 4 in materia di emissioni, che entreranno in vigore nel 2005.

A partire dal 2002 sono stati inseriti nella produzione i modelli bifuel a GPL di Zafira, Astra e Vectra, che hanno consolidato la leadership del gruppo nel mercato dei veicoli a GPL.

#### 4.5.3 Etanolo

A partire dal 2002, i SUV Chevrolet Suburban e Tahoe e GMC Yukon sono disponibili anche nella versione Flexible fuel, possono cioè funzionare con una miscela in qualunque proporzione di benzina ed etanolo E85 (che a sua volta è una miscela di 85% etanolo e 15% benzina), portando avanti l'idea General Motors di ridurre la dipendenza dalle risorse straniere.

#### 4.5.4 Veicoli elettrici

Il GM EV1 è un veicolo elettrico interamente concepito, sviluppato e costruito da GM e offerto in leasing a partire dal 1996. Il veicolo non è più in produzione ma rimangono un centinaio di esemplari in servizio presso scuole e musei a cui sono stati donati con lo scopo di promuovere la ricerca in questo settore.

In accordo con un altro programma, un centinaio di veicoli sono stati affidati a dipendenti GM che provvedono a raccogliere dati sulle prestazioni nel funzionamento di tutti i giorni, dati vengono utilizzati per lo sviluppo di tecnologie ibride e a celle a combustibile, che vengono ritenute più promettenti dei veicoli elettrici in vista di una commercializzazione futura.

##### 4.5.4.1 GEN II-GM EV1

La seconda generazione di veicoli elettrici GM, è disponibile in due versioni a seconda della tipologia di batterie: Piombo-Acido ad alta capacità e Nickel Metal Hydride.

L'EV1 è considerato il veicolo più eco-efficiente nel mondo con la struttura in Alluminio, leggera e riciclabile al 100%, le batterie che utilizzano piombo riciclabile al 60% e sono riciclabili al 98%; inoltre riduce del 97% le emissioni Well to Wheel (dalla produzione del combustibile o dell'energia alle ruote) rispetto ad un motore benzina convenzionale.

#### 4.5.5 Veicoli ibridi

GM ha iniziato a interessarsi alla tecnologia ibrida più recentemente e da quest'anno sono in produzione i pickup ibridi GMC Sierra e Chevy Silverado, che saranno disponibili alla vendita nel 2004. Dopo l'aggiunta della tecnologia GM Displacement on Demand a questa prima versione, il che consentirà di risparmiare il 15-20% del combustibile rispetto a un veicolo tradizionale, nel 2007 verranno offerti i SUVs GMC Yukon e Chevrolet Tahoe.

Nel frattempo nel 2005 entrerà in produzione la Saturn VUE ibrida, disegnata per massimizzare l'efficienza mantenendo alte le prestazioni.

Nel 2006 sarà disponibile la configurazione ibrida per il Chevrolet Equinox che unirà la trasmissione GM Vti al motore ad alta efficienza Ecotec quattro cilindri, garantendo così un risparmio di combustibile del 15% ed un ingombro minore del sistema di trazione. La stessa soluzione verrà poi applicata alla berlina Chevrolet Malibu.

#### 4.5.6 Celle a combustibile

Con il centro GAPC, General Motors ha stabilito un'intensa attività di ricerca e sviluppo sia in Europa che negli Stati Uniti; il risultato sono due versioni successive dell'Opel Zafira equipaggiata con celle a combustibile e idrogeno.

##### 4.5.6.1 HydroGen1

HydroGen1 viene presentato al Motor Show di Ginevra del 2000 e viene successivamente sottoposto a test nel deserto dell'Arizona, facendo registrare il 15° record internazionale di durata, percorrendo 1.000 km in 11 ore e 30 minuti e completando un test di funzionamento continuato di 24 ore fermandosi solo per il rifornimento.

Il veicolo ha anche dimostrato la sua adattabilità per l'uso di tutti i giorni prendendo parte a eventi come i Giochi Olimpici di Sidney del 2000 dove è stata utilizzata come battistrada delle maratone maschili e femminili.

L'unità di potenza costituita da 200 celle a combustibile connesse in serie ha dimensioni comparabili a quelle dei sistemi tradizionali e fornisce 80 kW a una tensione variabile tra i 125 e i 200 V a seconda della situazione di carico.

L'idrogeno è stoccato in stato liquido ad una temperatura di  $-253^{\circ}\text{C}$  in un serbatoio criogenico che può contenere fino a 76 litri, o 5 kg, e garantisce un'autonomia di 400 km.

##### 4.5.6.2 HydroGen3

Sulle orme del successo di HydroGen1, Vauxhall/Opel ha quindi presentato nel 2001, la nuova generazione di veicoli a celle a combustibile, sempre sulla base del modello tradizionale Zafira ma più potenti (94 kW), con una procedura di start-up più semplice e con un fuel cell stack più compatto.

HydroGen3 oltre ad essere un passo ulteriore verso l'entrata in produzione di questi sistemi, pose le basi per l'ingresso di GM nel Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project, diretto dal Ministero Giapponese di Economia, Commercio e Industria.

L'HydroGen3 è il primo veicolo a idrogeno liquido autorizzato a circolare su strada e si è guadagnato la patente di veicolo commerciale "verde" in Giappone. Una flotta di Hydrogen3 è stata fornita alla Federal Express Corporation ("FedEx Express"), azienda di spedizioni, per avviare un programma di test durante un anno di funzionamento normale dei veicoli nella città di Tokio.

L'idrogeno viene stoccato a bordo sia in forma liquida che gassosa garantendo un'autonomia di, rispettivamente, 400 e 270 km.

##### 4.5.6.3 AUTonomy

AUTonomy è il primo veicolo progettato da cima a fondo intorno ad un sistema di propulsione a celle a combustibile e il primo a riunire questo sistema di motorizzazione con la tecnologia di guida drive-by-wire, che permette di sterzare, frenare e di controllare altri sistemi del veicolo usando un'interfaccia elettronica e non meccanica.

Dato che un sistema di propulsione a celle a combustibile è in media due volte più efficiente di un motore a combustione interna, un veicolo alimentato da celle a combustibile può consumare la metà rispetto ad un veicolo convenzionale della stessa

dimensione, e un veicolo a celle a combustibile ottimizzato come AUTONomy può essere ancor più efficiente. Precept, la Concept Car che la General Motors ha presentato nel 2000, vantava dei consumi, paragonati a una vettura berlina a benzina, di 43 Km/l. Con AUTONomy sono possibili anche risultati migliori, dato che in fase di progetto è possibile avvantaggiarsi della mancanza di qualsiasi vincolo di progettazione.

Tutti i sistemi essenziali di AUTONomy, compreso i gruppi di celle a combustibile e il sistema di conservazione dell'idrogeno del veicolo, sono ben sistemati all'interno della scocca "skateboard".

Il telaio universale semplifica moltissimo la produzione e manutenzione, e permette di costruire molti tipi di veicoli (dalla sportiva a due posti fino ad un minibus da dieci posti) su di una serie limitata di piattaforme, con cicli di sviluppo molto più brevi.

Il sistema nevralgico di AUTONomy è la porta di connessione posta al centro della scocca che crea un modo veloce e semplicissimo per collegare tutti i sistemi di comando, di guida e di riscaldamento alla scocca portante. In questa maniera il corpo del veicolo è molto leggero e semplificato.

#### 4.6 HONDA

Honda Motor Company, se si esclude un modello della Civic esclusivamente a gas naturale, ha centrato la ricerca sulla trazione ibrida (Civic e Insight) ed elettrica, utilizzando celle a combustibile ed aprendo la via all'utilizzo di questa tipologia di veicoli, grazie all'ottenimento del primo permesso di circolazione su strada per un veicolo a celle a combustibile.

##### 4.6.1 Gas Naturale

###### 4.6.1.1 Civic GX (2003)

Questa berlina 4 porte è stata nominata la più pulita vettura con motore a combustione interna sulla Terra dall'EPA (U.S. Environmental Protection Agency) grazie al suo motore a 4 cilindri da 1.7 L a Gas Naturale.

##### 4.6.2 Veicoli ibridi

###### 4.6.2.1 Civic Hybrid (2003)

La Civic Hybrid è dotata di un motore VTEC 1.3 L che utilizza un innovativo sistema di iniezione Dual-Point sequenziale (i-DSI, Intelligent Dual-Point Sequential Ignition) che, utilizzando due candele di accensione, assicura la completa combustione di una miscela aria-combustibile povera.

Il treno di potenza Integrated Motor Assist (IMA™) lavora affiancando il motore elettrico al motore a benzina; l'energia in eccesso può essere immagazzinata in una serie di batterie Ni-MH.

###### 4.6.2.2 Insight Hybrid (2003)

Gli ingegneri della Honda hanno sviluppato nuove tecnologie di costruzione di telaio e scocca che permettono di sfruttare i vantaggi della riduzione in peso che offre l'alluminio.

Nella versione ibrida dell'Insight viene impiegata la tecnologia IMA™ utilizzando un motore termico 1.0 L VTEC®-E 3 cilindri che fornisce i due terzi della coppia necessaria al veicolo.

#### 4.6.3 Celle a combustibile

Il primo prototipo Honda di veicolo a celle a combustibile, FCX V1, risale a Settembre 1999 e utilizzava idrogeno puro; la seconda versione, FCX V2, prevedeva un sistema di reforming del metanolo a bordo, per la produzione di idrogeno.

Questa soluzione venne abbandonata e la FCX V3 (2000) fu dotata di serbatoi ad alta pressione. Il fuel cell system più compatto rispetto alle versioni precedenti lasciava spazio sufficiente per quattro passeggeri. Una serie di Ultra Capacitors garantisce una risposta istantanea alle improvvise variazioni nella domanda di potenza.

Nel 2001 venne prodotta la FCX V4 che utilizzava uno stack Ballard da 78 kW accoppiato alla serie di Ultra Capacitors della versione precedente. L'idrogeno veniva immagazzinato a circa 350 bar in due serbatoi posti sotto il pianale, garantendo così un'alta autonomia senza penalizzare la capacità di carico.

Questa serie di prototipi ha aperto la strada alla produzione limitata dell'FCX, la prima auto a celle a combustibile certificata dal governo per l'uso su strada e classificata come Zero Emission Vehicle (ZEV) dall'Environmental Protection Agency (EPA) e dal California Air Resources Board (CARB).

A Dicembre 2002 venne consegnata la prima di cinque versioni della Honda FCX alla città di Los Angeles e attualmente l'American Honda Motor Co. fornisce i veicoli secondo un contratto di leasing.

#### 4.7 NISSAN

Il Gruppo Nissan è impegnato da tempo nello sviluppo di veicoli ecoefficienti. Frutto di questo lavoro sono due modelli di veicoli elettrici, Altra EV e Hypermini, così come l'ibrido a motore termico Almera Tino, che sono già in produzione.

A testimonianza del livello tecnologico raggiunto dalla Nissan nel campo dei veicoli ibridi, nel settembre 2002 è stato firmato un accordo con Toyota, leader del settore. L'accordo di cooperazione della durata minima di 10 anni punta a promuovere l'ingresso nel mercato di veicoli ibridi attraverso uno scambio di conoscenze dei sistemi che le due case stanno sviluppando indipendentemente.

Recentemente Nissan si è unita al California Fuel Cell Partnership per lo sviluppo di veicoli a celle a combustibile e idrogeno, condividendone l'impegno per accelerare la messa su strada di veicoli equipaggiati con celle a combustibile.

##### 4.7.1 Gas Naturale

Il gruppo Nissan si è occupato di veicoli a gas naturale attratto dai bassi livelli di emissioni ottenibili e dalla possibilità di svincolarsi dalla dipendenza dal petrolio. Nel 1992 è iniziata una collaborazione con la Japan Gas Association per una serie di test su veicoli commerciali e attualmente sono in produzione tre modelli di veicoli a gas naturale (AD Van CNG, Cedric CNG ed Atlas CNG). La casa giapponese è impegnata nel cercare di aumentare la penetrazione nel mercato soprattutto dei veicoli commerciali a gas naturale.

#### 4.7.2 Veicoli elettrici

Nissan ha iniziato la sua attività di ricerca e sviluppo di tecnologie relative ai veicoli elettrici già dagli anni '60. Quest'attività ha portato allo sviluppo del Future Electric Vehicle (FEV), un veicolo sperimentale dotato del Super Quick Battery Charging System, e alla commercializzazione del Cedric EV, Avenir EV e Prairie Joy EV. Nel 1998 è iniziata un'attività di test in California dell'Altra EV (la versione della R'nessa EV disponibile negli Stati Uniti) che è attualmente in distribuzione secondo un contratto di leasing.

È anche in corso lo sviluppo mirato alla commercializzazione dell'Hypermini EV, presentata come prototipo al 32° Tokio Motor Show nel 1997.

##### 4.7.2.1 Altra EV

L'Altra EV è il primo veicolo elettrico di produzione Nissan disponibile negli Stati Uniti, ma non ancora per la vendita al dettaglio. A differenza della maggior parte dei veicoli elettrici, l'Altra EV utilizza batterie al Litio, dello stesso tipo di quelle utilizzate comunemente negli apparati elettronici. Si tratta di batterie più leggere e a maggior densità di energia rispetto a quelle a piombo-acido o Nickel-Metal Hydride, in più non perdono parte della loro capacità se non scaricate completamente prima di venire ricaricate. Per questo motivo è possibile ottenere un'autonomia di funzionamento di 130 km per ogni ricarica, con una velocità massima di 120 km/h.

##### 4.7.2.2 Hypermini

L'Hypermini non è solo rispettoso dell'ambiente per quanto riguarda il sistema di trazione elettrico – come l'Altra EV utilizza batterie al Litio – ma anche per le soluzioni costruttive adottate. Il telaio rivoluzionario in alluminio è più leggero e più rigido di uno tradizionale in acciaio, mentre i componenti della scocca in materiale plastico sono ricavati da parti di veicoli rottamati che vengono riciclate. Attualmente non è ancora disponibile per la vendita al dettaglio.

#### 4.7.3 Veicoli ibridi

Come contemplato nell'accordo di collaborazione tra Nissan e Toyota, verranno installati componenti del sistema ibrido sviluppato dalla Toyota sui veicoli Nissan – le previsioni parlano di circa 100.000 unità da produrre in cinque anni – che verranno lanciati sul mercato a partire dal 2006.

I piani del gruppo Nissan prima dell'accordo erano ben più modesti, nel 2000 era stata avviata una produzione di 100 Almera Tino ibridi per la vendita in Giappone ed esclusivamente via internet; produzione poi ampliata dopo che tutti gli ordini erano stati assolti. L'80% dei compratori sono stati dei privati, mentre i restanti veicoli sono stati consegnati a compagnie ed enti pubblici.

##### 4.7.3.1 Tino

L'Almera Tino Hybrid adotta il sistema Nissan NEO HYBRID che utilizza selettivamente il motore a combustione interna (1.800 cc da 74 kW ad alto rapporto di compressione) e il motore elettrico (17 kW) per raggiungere la massima efficienza. Il sistema è provvisto anche del sistema di trasmissione variabile HYPER CVT (continuously variable transmission) che permette di combinare minori consumi e grandi accelerazioni.

Le batterie sono del tipo lithium-ion, compatte e leggere, pensate appositamente per l'uso in un veicolo ibrido. Il pacco batterie è posizionato sotto il pianale del veicolo, vicino al

centro di gravità consentendo così di mantenere invariata l'abitabilità interna, garantendo spazio per cinque persone, e la manovrabilità del veicolo rispetto alla versione tradizionale. Per quanto riguarda la configurazione del treno di potenza, l'Almera Tino Hybrid è un cosiddetto ibrido in parallelo, cioè utilizza per la trazione diretta del veicolo sia il motore elettrico che quello a combustione, o entrambi congiuntamente quando la domanda di potenza è alta.

Il convertitore di coppia e il sistema di trasmissione sono compresi di una frizione meccanica controllata elettronicamente tra il motore a combustione e il motore elettrico e la trasmissione variabile CVT a valle del motore di propulsione.

#### 4.7.4 Celle a combustibile

L'interesse del Gruppo Nissan verso i veicoli a celle a combustibile è iniziato nel 1999 con i test del R'nessa FCV, che era dotato di un reformer del metanolo per la produzione di idrogeno a bordo del veicolo. In seguito (2001) venne lanciato un progetto di 5 anni di attività congiunte di R&D con la Renault nel quale i due partner hanno progettato di investire 85 miliardi di Yen.

La sfida è verso l'ottenimento di un sistema che si guadagni una fetta del mercato automobilistico, passando però attraverso le inevitabili tappe di riduzione dei costi e allestimento di una infrastruttura di distribuzione dell'idrogeno.

Come partecipante del Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project (JHFC Project) promosso dal Ministero Giapponese di Economia, Commercio e Industria, il Gruppo Nissan è fortemente impegnato nel risolvere questi limiti per anticipare l'ingresso dei veicoli a celle a combustibile nel mercato.

##### 4.7.4.1 X-terra

Nell'ambito del progetto California Fuel Cell Partnership, sono in atto a partire da Aprile 2001 dei test su strada a Sacramento del X-TERRA FCV, impiegando come base un impianto nei pressi di Sacramento in California (USA).

##### 4.7.4.2 R'nessa

I primi test sulla R'nessa a celle a combustibile e reformer del metanolo a bordo sono iniziati nel 2002, con l'idea di realizzare un sistema che potesse funzionare utilizzando un combustibile liquido più facile e sicuro da stoccare rispetto all'idrogeno, che permettesse un più rapido sviluppo delle tecnologie legate a idrogeno e celle a combustibile.

Le soluzioni tecniche utilizzate, dal motore elettrico alle batterie, sono ricavate direttamente dall'esperienza acquisita sviluppando veicoli elettrici come la R'nessa EV (già in commercio) e l'ibrido Tino che sta concludendo la fase di test su strada. Per questo il veicolo si caratterizza per l'ottima gestione energetica del treno di potenza, grazie ad un avanzato controllo elettronico che regola il funzionamento congiunto di celle e batterie; l'obiettivo è di ridurre di un terzo i consumi energetici rispetto ad un veicolo tradizionale con motore a benzina.

##### 4.7.4.3 X-trail

L'X-TRAIL FCV è un veicolo ibrido a celle a combustibile che utilizza le stesse batterie al Litio sperimentate sui veicoli elettrici sviluppati in casa Nissan come l'Hypermini. La cella è stata realizzata da UTC Celle a combustibile, una unità di United Technologies Corp. Nel 2002 è stata lanciata una serie di attività di test su strada in Giappone per arrivare a una prima limitata commercializzazione entro la fine del 2003.

La X-TRAIL FCV rientra nel programma “Green Program 2005” un piano d’attività a medio termine che descrive gli impegni dell’azienda in fatto di protezione dell’ambiente attraverso lo sviluppo di specifiche tecnologie e prodotti, le strategie di riciclaggio e molte altre iniziative.

#### 4.8 PSA PEUGEOT-CITROËN

PSA Peugeot Citroën ha concentrato i suoi sforzi su varie tipologie di veicoli, a dimostrazione della sua politica di innovazione tecnologica rispettosa dell’ambiente: motori termici che utilizzano combustibili puliti e sistemi avanzati di pulizia dei gas di scarico; veicoli elettrici; veicoli ibridi e a celle a combustibile come H2O e Taxi PAC.

##### 4.8.1 Gas Naturale

Attualmente, PSA Peugeot Citroën lavora ad un trattamento più efficace dei gas di scarico dei motori a gas naturale e a migliorarne l’immagazzinamento. Peugeot e Citroën offrono già nella propria gamma veicoli a gas naturale, sia passeggeri che commerciali leggeri, ma l’interesse maggiore è per la creazione di flotte di veicoli commerciali come il Peugeot Boxer e il Citroën Jumper 2.0i, Saxo e Berlingo 1.24i che sono stati venduti principalmente a flotte specializzate in trasporti urbani e all’interno di aeroporti.

Tutti i modelli sono bi-fuel, cioè possono funzionare anche con benzina, e i motori grazie ad un sistema di iniezione multipoint del gas direttamente nei cilindri garantiscono un’ottimizzazione del consumo di combustibile mantenendo alte prestazioni.

Fondamentale nei veicoli commerciali è la sistemazione dei serbatoi sotto il pianale in modo da non penalizzare la capacità di carico.

##### 4.8.2 GPL

La gamma Citroën si è arricchita anche delle versioni di Saxo 1.4i, Berlingo 1.4i e Jumper 2.0i a GPL. Anche in questo caso un sistema di iniezione multipoint sequenziale garantisce una combustione ottimale e il rispetto dei limiti imposti dalla normativa Euro 3, pur mantenendo prestazioni comparabili a quella di un veicolo con motore tradizionale.

##### 4.8.3 Veicoli elettrici

I veicoli elettrici rappresentano una soluzione al problema dell’inquinamento nei centri urbani e si integrano perfettamente in una politica globale di miglioramento della mobilità urbana: PSA Peugeot Citroën è considerato gruppo leader mondiale in questo campo avendo venduto 10.000 veicoli elettrici dall’inizio del loro lancio commerciale nel 1995, beneficiando del know-how acquisito da Citroën con C15, C25 e AX dal 1989.

PSA Peugeot Citroën offre, assieme a vari partner commerciali, alla città de La Rochelle (ovest della Francia) il servizio Liselec, cioè una serie di veicoli elettrici di servizio pubblico. Un’altra attività simile a cui partecipa il Gruppo è il progetto Elcidis (Electric Vehicle City Distribution) il cui fine è organizzare le consegne commerciali nel centro città, a partire da piattaforme situate nei dintorni della città attraverso veicoli elettrici.

Il gruppo offre una vasta gamma di veicoli elettrici sia passeggeri, come la Saxo e la 106 Electrique, che commerciali come il Berlingo.

#### 4.8.4 Veicoli ibridi

Il gruppo PSA ha dato il via ad un aumento della propria offerta di veicoli ibridi secondo un percorso che si concluderà nel 2007 e che si sviluppa lungo tre livelli successivi di ibridazione (mini, mild e full). Il primo passo è rappresentato dal Berlingo Dynavolt e dalla Xara Dynactive.

##### 4.8.4.1 Berlingo Dynavolt

Il Berlingo Dynavolt è un prototipo di veicolo elettrico di grande autonomia che integra un gruppo elettrogeno ausiliario che produce energia elettrica utilizzabile dal motore elettrico o immagazzinabile dalle batterie, incrementando l'autonomia del veicolo elettrico da 80 km a 260 km. Grazie alla gestione delle fonti di energia, il motore elettrico può essere alimentato parzialmente dal gruppo elettrogeno fuori dalle zone urbane dove la soglia d'inquinamento è meno critica.

##### 4.8.4.2 Xsara Dynactive

La Xara Dynactive rappresenta un nuovo concetto di ibrido in parallelo. Il motore termico da 55 kW e quello elettrico da 25 kW sono collegati con lo stesso albero al cambio automatico di velocità. In questo modo anche il motore si adegua ai cambi di marcia e contribuisce ad incrementare le prestazioni del veicolo.

La Xara Dynactive può anche essere utilizzata in modalità ZEV (Zero Emission Vehicle) funzionando solo grazie al motore elettrico, con un'autonomia in questa modalità di 20 km.

#### 4.8.5 Celle a combustibile

Sono già più di trent'anni che PSA Peugeot Citroën lavora sulle celle a combustibile e partecipa a numerosi programmi europei di ricerca come HYDRO-GEN, NEMECCEL o Bio H2 e progetti francesi promossi dal Ministero di Educazione Nazionale, Ricerca e Tecnologia.

Le previsioni del Gruppo indicano una prima applicazione delle celle a combustibile ai veicoli commerciali tra il 2005 e il 2010 e per questo PSA ha sviluppato un primo prototipo, il Taxi PAC sulla base di un Peugeot Partner.

PSA Peugeot Citroën crede che entro il 2020 si svilupperanno veicoli che utilizzano la cella a combustibile come fonte principale di energia e con produzione di Idrogeno a bordo attraverso reforming di bioetanolo o benzina sintetica.

A partire dal 2020 grazie all'idrogeno stoccato a bordo si potranno ottenere veicoli elettrici di lunga autonomia come dimostrato con il prototipo Hydro-Gen basato sul Peugeot Partner.

Attraverso le sue ricerche, la Peugeot ha esplorato due modalità di utilizzo delle celle a combustibile:

- come fonte di energia primaria del veicolo secondo il programma europeo Hydro-Gen coordinato da PSA Peugeot Citroën;
- come prolungamento dell'autonomia di un veicolo elettrico con ricarica delle batterie: queste ricerche sono illustrate oggi dal Taxi Pac.

##### 4.8.5.1 Hydro-Gen

Il progetto di ricerca Hydro-Gen è sovvenzionato dalla Commissione Europea e coordinato da PSA Peugeot Citroën. Tra i partners emergono Air Liquide, Nuvera Celle a combustibile, Renault e Solvay. Il progetto punta a sviluppare una fuel cell di tipo PEM

solida e resistente alle condizioni di funzionamento di un veicolo. È previsto lo stoccaggio a bordo di idrogeno gassoso sotto pressione (350 bar). Il programma ha portato alla effettiva realizzazione del veicolo sulla base di un Peugeot Partner elettrico.

#### 4.8.5.2 Taxi Pac

Per introdurre le celle a combustibile più rapidamente nel mercato, PSA Peugeot Citroën ha puntato direttamente a cercare di aggirare uno dei problemi principali e cioè il rifornimento di combustibile, in questo caso idrogeno, provvedendo il Taxi Pac, con bombole intercambiabili uguali a quelle utilizzate per la distribuzione di idrogeno industriale. Il veicolo ha un'autonomia di 200-300 km grazie alla presenza di batterie a bordo, secondo una strategia ibrida di funzionamento.

#### 4.8.5.3 H2O

H2O, veicolo per i vigili del fuoco costruito sulla base del Ranch elettrico, utilizza le celle a combustibile come fonte di energia. In questo contesto, H2O dispone di un'innovazione di maggior portata: l'idrogeno è prodotto in tempo reale, a seconda dei bisogni del sistema, così si possono ridurre i rischi legati allo stoccaggio dell'idrogeno sotto pressione.

Il posteriore è dedicato alla cisterna, sormontata da una scala telescopica. Alla base della carena, al posto dei tubi di scarico, che non hanno motivo di esistere su questo veicolo, troviamo le prese per l'acqua per la lancia anti-incendio.

### 4.9 RENAULT

Il gruppo Renault è fortemente impegnato nella sfida per lo sviluppo sostenibile, soprattutto per quanto riguarda i processi produttivi. La gamma di veicoli a propulsione alternativa, inizialmente dotata di soli veicoli a GPL, si è più recentemente arricchita di tipologie più promettenti a medio termine, come veicoli elettrici e ibridi con prolungatore di autonomia.

#### 4.9.1 GPL

##### 4.9.1.1 Laguna

Renault ha ampliato la sua gamma di modelli alimentati a GPL introducendo alla fine del 2002 due nuove versioni: Laguna 1.6 16v GPL e Laguna Station Wagon 1.6 16v GPL, che si sono affiancate alle esistenti Megane SW, Twingo e Kangoo.

In queste nuove versioni però il sistema di alimentazione viene installato direttamente in fabbrica e risulta quindi perfettamente integrato con la meccanica dell'auto. La realizzazione si avvale della collaborazione della SAGEM e si caratterizza per un'innovativa iniezione multipoint "gassosa" (un iniettore per cilindro) a controllo sequenziale. La nuova Laguna GPL rispetta la normativa EURO 3 ed è predisposta per l'EURO 4.

Una soluzione piuttosto interessante presentata da Renault su questo modello è il nuovo tipo di serbatoio in acciaio inossidabile integrato sotto al pianale dell'auto. Ciò consente di raggiungere una capacità record di 61 litri utili per un'autonomia totale in GPL di ben 600 km. Il tutto mantenendo invariate la capacità del bagagliaio e quella del serbatoio tradizionale per la benzina.

Grazie alle proprietà naturali del GPL, la Laguna 1.6 16v con questo tipo di alimentazione riesce ad abbattere le emissioni inquinanti del 13% rispetto all'equivalente benzina.

## 4.9.2 Veicoli elettrici e ibridi

Particolarmente rispettoso dell'ambiente, il Kangoo elettrico è presentato in due versioni a zero emissioni: Electri'Cit  (100% elettrico) e Elect'Road (con prolungatore d'autonomia).

### 4.9.2.1 Kangoo Electri'Cit  ed Elect'Road

Una ricarica completa, connettendosi alla rete elettrica, garantisce una percorrenza da 90 a 180 km. Le batterie vengono dimensionate in modo da poter immagazzinare l'energia disponibile durante i processi di frenata. Inoltre nella versione Elect'Road, basta premere un pulsante per avviare un generatore a benzina che ricarica le batterie.

## 4.10 TOYOTA

La casa giapponese sta puntando decisamente su veicoli ibridi, grazie al successo ottenuto e ai traguardi tecnologici raggiunti con la Prius, il primo veicolo ibrido a diventare una vera e propria realt  commerciale. Per tale tipo di tecnologia la casa giapponese appare come la pi  avanzata sia dal punto tecnologico e la pi  vicina al mercato, il futuro prossimo consentir  di validare le scelte fatte in termini di segmenti di mercato e modelli proposti.

Ma l'interesse del Gruppo Toyota non si ferma qui: sta studiando infatti la possibilit  di sostituire il motore termico con una cella a combustibile per creare un fuel cell hybrid vehicle (FCHV) sulla base della grande esperienza acquisita avviando la produzione di componenti chiave della propulsione ibrida come motori, batterie e sistemi di condizionamento della potenza.

### 4.10.1 Veicoli elettrici

Nella primavera del 2003   stato ritirato dalla produzione il Toyota RAV4 elettrico a causa delle vendite troppo basse.   stato quindi deciso di puntare sulla soluzione ibrida che sembra offrire margini di successo pi  ampi.

### 4.10.2 Veicoli ibridi

La Toyota Motor Corporation sta cercando di creare una vera e propria gamma di veicoli ibridi per trasferire il proprio know-how dai laboratori di ricerca alla strada. Si sta infatti cercando di applicare la tecnologia ibrida ad ogni classe di veicolo (miniveicoli, berline di lusso, van e SUV).

#### 4.10.2.1 Estima

Come parte del piano di espansione della gamma di veicoli ibridi   stata introdotta a fianco della Prius la Estima, il primo veicolo ibrido prodotto in massa per la vendita in Giappone. Si tratta di un minivan a sette posti a 4 ruote motrici che utilizza un sistema di propulsione simile a quello della Prius. Un sistema elettronico gestisce la frenata, in maniera indipendente sulle 4 ruote, per ottenere un ottimale recupero di energia.

#### 4.10.2.2 Prius

La Toyota con la Prius ha gi  raggiunto un record di vendite di 40.000 unit  negli Stati Uniti, da quando   stata lanciata, nel Giugno 2000, e le vendite stanno ancora aumentando. La Prius, sta uscendo la nuova versione 2004, ha aperto una nuova era per le automobili: grazie al sistema Hybrid Synergy Drive<sup>®</sup> offre le stesse prestazioni e lo stesso spazio

abitabile di un veicolo convenzionale, risolvendo i problemi di inquinamento e costo energetico che assillano i sistemi termici attuali.

#### 4.10.3 Celle a combustibile

Toyota Motor ha sviluppato negli ultimi anni una serie di veicoli ibridi a celle a combustibile con l'acronimo FCHV (Fuel Cell Hybrid Vehicle) a testimonianza dell'intenzione di applicare la tecnologia base del successo della Prius, sostituendo il motore termico con una fuel cell.

La ricerca sulle Celle a combustibile è iniziata nel 1992. Nel 1996 al 13° International Electric Vehicle Symposium, è stata presentata la prima versione del FCHV alimentata ad Idrogeno. La seconda versione (1997) era provvista di un sistema di reforming del metanolo per la produzione di idrogeno a bordo del veicolo.

##### 4.10.3.1 FCHV-3

Nel 2001 all'International Symposium on Fuel-Cell Vehicles di Tokio, venne presentato il FCHV-3, un SUV sulla base dell'Highlander dotato di uno stack da 90 kW alimentato con idrogeno stoccato a bordo.

Parallelamente, Toyota ha sviluppato un'intensa attività di ricerca su un'ampia gamma di possibili combustibili per celle a combustibile (benzina, gas naturale e idrogeno liquido e gassoso) sviluppando anche veicoli a metanolo con sistema di reforming a bordo, concludendo che nonostante ogni soluzione abbia i suoi vantaggi e svantaggi, la strada da percorrere è quella dell'idrogeno. Il FCHV-3 ha rappresentato un passo ulteriore verso la produzione di questa tipologia di veicoli.

##### 4.10.3.2 FCHV-4

Il FCHV-4 è la testimonianza del livello avanzato della tecnologia Toyota, essendo stato sviluppato interamente in casa. Il veicolo ha ricevuto il permesso di circolazione su strada del Ministero dei Trasporti giapponese.

Grazie al permesso ottenuto è stato possibile eseguire una serie di test su strada per studiare le prestazioni e il comportamento del fuel cell system in condizioni di funzionamento reale.

In questo prototipo, costruito sulla base del SUV Highlander, è montato uno stack di tecnologia Toyota che utilizza idrogeno stoccato in serbatoi ad alta pressione. Una batteria viene accoppiata allo stack per il recupero energetico nei processi di frenata secondo una strategia ibrida di funzionamento.

##### 4.10.3.3 FCHV-5

Come i prototipi precedenti, anche questo è basato sull'Highlander, ma in questo caso l'idrogeno è prodotto a bordo attraverso reforming di CHF (Clean Hydrogen Fuel), utilizzando un reformer di produzione Toyota. Il CHF è considerato da Toyota un combustibile liquido di nuova generazione a basso contenuto di zolfo prodotto a partire da petrolio grezzo, gas naturale o carbone.

Il FCHV è pensato per essere utilizzato laddove non è disponibile una infrastruttura di distribuzione dell'idrogeno.

Tutti i componenti sono stati disposti sotto il pianale del veicolo in modo da non compromettere l'abitabilità e lo spazio disponibile.

#### 4.10.3.4 FCHV-BUS1

Toyota, parallelamente allo sviluppo di vetture ibride a celle a combustibile, sta anche portando avanti la realizzazione di un sistema ibrido per un autobus per il trasporto pubblico, in collaborazione con la Hino Motors, Ltd.

Il bus è provvisto di una serie di serbatoi sotto pressione per l'idrogeno, montati sul tetto del veicolo, e di un fuel cell stack Toyota. Vengono quindi applicate al trasporto pubblico le esperienze maturate dal gruppo Toyota sulla trazione ibrida.

#### 4.10.3.5 FINE-S

Il prototipo Toyota Fine-s è la dimostrazione di come viene inteso il veicolo del futuro a celle a combustibile: è stato cioè interamente costruito attorno al fuel cell system modulare Toyota e non derivato dall'adattamento di un veicolo tradizionale.

Il veicolo è caratterizzato da un lungo pianale e da un centro di gravità molto basso che uniti ad un sistema di trazione caratterizzato da 4 motori elettrici indipendenti, uno per ruota, consentono un'estrema libertà di movimento ed elevate prestazioni.

### 4.11 VOLKSWAGEN

La ricerca del gruppo Volkswagen di alternative a benzina e gasolio inizia nel 1993, puntando sulla configurazione bi-fuel a gas naturale, anche se solo l'ultima versione della Golf Variant è un modello di serie, cioè la predisposizione avviene già in fabbrica.

In seguito, a partire dal 1999, in seguito all'ingresso del gruppo nella California Fuel Cell Partnership, organizzazione nata nell'Aprile 1999 dalla cooperazione di compagnie private ed enti pubblici per aprire la strada alla dimostrazione dei veicoli a celle a combustibile, la ricerca prende un'altra direzione e si concentra sulle potenzialità di idrogeno e celle a combustibile.

La Partnership include case automobilistiche (DaimlerChrysler, Ford, Honda, Hyundai, Nissan, Volkswagen, GM e Toyota), fornitori di energia (BP, Shell, Texaco), produttori di celle a combustibile (Ballard Power Systems and International Celle a combustibile), ed enti statali (the California Air Resources Board, California Energy Commission, U.S. Department of Energy, U.S. Department of Transportation, and the South Coast Air Quality Management District).

La presentazione, nel 2000, del prototipo della Bora Hymotion coincide con l'apertura del centro operativo della California Fuel Cell Partnership ed ha sancito l'impegno del gruppo Volkswagen all'interno della Partnership di fare dei veicoli a celle a combustibile una realtà.

#### 4.11.1 Gas Naturale

Volkswagen iniziò a produrre veicoli a gas naturale nel 1993 e attualmente vende circa la metà dei veicoli a gas naturale tedeschi.

L'ultima nata, presentata nell'ottobre 2002, è la Golf Variant bifuel (che può utilizzare o benzina o gas naturale) e la cui predisposizione viene effettuata direttamente in fabbrica (novità per Volkswagen).

##### 4.11.1.1 Golf Variant

Difficile riconoscere la versione BIFUEL rispetto a quella tradizionale. L'unico elemento distintivo è infatti il secondo serbatoio in fibra di carbonio per il gas naturale, collocato nel

secondo livello del bagagliaio. La capacità di quest'ultimo non è quindi particolarmente penalizzata e può raggiungere, abbattendo lo schienale dei sedili posteriori, 1.285 litri.

Grazie anche al sistema di iniezione sequenziale multipoint a controllo elettronico, le emissioni di quest'auto sono particolarmente contenute e rispettano la normativa EURO 3.

Il propulsore di 2 litri sviluppa 115 cv quando alimentato a benzina e 102 cv se si sceglie l'alimentazione a gas naturale. La capienza del serbatoio di benzina rimane invariata a 55 litri.

#### 4.11.2 Celle a combustibile

La Bora HyMotion, che immagazzinava idrogeno liquido a temperatura criogenica, è stato il punto di partenza della ricerca del gruppo Volkswagen sulle celle a combustibile da cui è nata, nel luglio 2002, una nuova versione, la Bora HyPower, in collaborazione con il Paul Scherrer Institute (PSI), la Federal Technical University (ETH) e il FEV Motortechnik.

L'attività di test sta progredendo e il veicolo è stato provato a 2005 metri di altezza per studiarne il funzionamento a freddo e compararne le prestazioni con un veicolo tradizionale.

##### 4.11.2.1 Bora HyPower (2002)

Nella Bora HyPower i sistemi tradizionali, pesanti e ingombranti, di immagazzinamento dell'energia, le batterie, sono stati sostituiti da Ultra Capacitors, dispositivi in grado di immagazzinare l'energia durante i processi di frenata e di rilasciarla istantaneamente per coprire i fabbisogni energetici del veicolo durante brusche accelerate.

Il veicolo è equipaggiato con due moduli di Ultra Capacitors da 140 celle ciascuno che possono immagazzinare fino a 360 Wh a 350 V totali e con una capacità di picco di 60kW. Grazie ad un compensatore di carica tra le celle si possono garantire fino a 10.000 cicli di carico.

L'idrogeno, a differenza del modello HyMotion, è stoccato in stato gassoso in un serbatoio rinforzato con fibre di carbonio a una pressione di 350 bar e garantisce al veicolo un'autonomia di 150 km.

Il Fuel Cell System consiste in 6 stacks sviluppati da PSI ed ETH ed è caratterizzato da un innovativo ed economico disegno dei piatti bipolari. Ogni stack è formato da 125 celle e produce fino a 8 kW di potenza elettrica.

#### 4.12 VOLVO

Il gruppo Volvo, per quanto riguarda i sistemi di propulsione alternativi, si dedica esclusivamente alla configurazione bi-fuel, sia a gas naturale che a GPL e già dal 2002 offre un'ampia scelta di modelli disponibili alla vendita al pubblico.

I veicoli Volvo Bi-Fuel sono provvisti di due serbatoi, uno per il gas e l'altro per il combustibile di sostegno (benzina). Il motore si avvia sempre a benzina e commuta automaticamente sul gas. Allo stesso modo se il gas finisce, il sistema commuta immediatamente sulla benzina.

Questi due combustibili sono attualmente i combustibili alternativi il più comunemente usati e distribuiti.

I sistemi a GPL e a CNG sono dotati di componenti e soluzioni simili come:

- Regolatori di pressione (la versione a GPL è dotata soltanto la parte di bassa pressione)
- Ugelli dell'iniettore

- Sistema di gestione del motore (programmato per CNG o GPL)
- Il motore è avviato sempre sulla benzina
- Il tipo di ugello per il rifornimento di carburante del GPL può variare da Paese a Paese. Vengono forniti due adattatori per il rifornimento di carburante con ogni automobile a GPL, per rendere le cose più facili quando viaggia all'estero.

I modelli a doppia alimentazione attualmente in produzione (disponibili a partire da Dicembre 2001) sono dotati di un motore da 2.4 L disponibile sia nella versione a CNG che in quella a GPL (V70, S60 e S80). Per quanto riguarda l'alimentazione a GPL troviamo anche i modelli S40 e V40 con motore da 1.8 L.

#### 4.12.1 Gas Naturale

I sistemi di alimentazione del GPL e del CNG si differenziano per la pressione nel serbatoio. Il CNG è un gas e deve essere compresso fino a 200 bar per permettere al serbatoio di contenerne abbastanza da garantire una percorrenza ragionevolmente lunga. I nuovi modelli sono dotati di un serbatoio grande di alluminio rinforzato con fibra di carbonio per ridurre il peso e di due piccoli serbatoi di acciaio.

#### 4.12.2 GPL

Il GPL diventa liquido a bassa pressione e quindi richiede un serbatoio meno voluminoso del gas naturale garantendo la stessa autonomia. I nuovi modelli Volvo hanno soltanto un serbatoio grande per il gas immagazzinato a 8 bar. Sono necessari fra i due e i quattro minuti per rifornire di carburante un'automobile a gas (sia a GPL che a CNG).

#### 4.12.3 Veicoli ibridi

La VOLVO è attiva nel settore dei veicoli ibridi con programmi interni di ricerca e sviluppo, impostati su soluzioni sistemistiche con architetture di tipo parallelo. I programmi sono finalizzati alla definizione delle tecnologie.

#### 4.12.4 Veicoli a celle a combustibile

La VOLVO partecipa attivamente a programmi europei, con altri costruttori autoveicolistici, per lo sviluppo delle tecnologie dei sistemi a celle a combustibile per trazione e per servizi ausiliari. Gli studi sono orientati all'impiego sia dell'idrogeno, che del metanolo. È stato realizzato un autobus con celle a combustibile PEM alimentate a idrogeno (Generazione I e Generazione II).

### 4.13 Schede sinottiche

Sintetizzando i riscontri analitici presentati nel precedente paragrafo sulle strategie delle case automobilistiche, emerge che le attività di innovazione e diversificazione condotte dagli operatori direttamente coinvolti nel sistema di mobilità e trasporti sono sostanzialmente connesse con gli obiettivi della riduzione dei consumi di energia, delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di inquinanti, obiettivi a loro volta indotti da legislazioni, istanze sociali, esigenze di competitività.

Queste attività sono state avviate in modo significativo a partire dagli anni '70 con maggior enfasi motivazionale dapprima sulle emissioni inquinanti, per il problema della qualità dell'ambiente specialmente urbano, poi sulla riduzione dei consumi, per il problema dell'energia e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

#### *Tipi di propulsione*

Gli indirizzi innovativi che interessano l'insieme dei costruttori sono i seguenti:

- miglioramento delle tecnologie delle motorizzazioni tradizionali;
- impiego di carburanti non tradizionali (metano, biodiesel, emulsioni acqua/gasolio);
- trazione elettrica, con alimentazione da batteria di accumulatori;
- sistemi ibridi, integranti la motorizzazione termica con quella elettrica;
- la trazione elettrica con alimentazione da fuel cell.

Gli sviluppi dei sistemi di propulsione alternativi si avvalgono delle sinergie derivanti dalla presenza nei sistemi di elementi comuni, relativi alle tecnologie della trazione elettrica, coinvolgenti macchine elettriche, elettronica di potenza e sistemi di controllo.

#### *Tipi di progetti*

Il processo di sviluppo dei nuovi sistemi si articola in genere nelle fasi di studio – ricerca e sviluppo – dimostrazioni.

Esse sono caratterizzate dalla impostazione progettuale, dalla realizzazione di prototipi con relative prove e dalla validazione funzionale, tecnica ed economica mediante sperimentazione in esercizio.

#### *Strutture di ricerca e collaborazioni*

Le azioni di ricerca e sviluppo vengono condotte sia dalle singole case costruttrici, sia nell'ambito di consorzi nazionali o internazionali, coinvolgenti aziende autoveicolistiche, centri di ricerca, piccole e medie industrie, enti universitari.

I programmi dimostrativi di validazione sul campo coinvolgono inoltre enti pubblici operatori esterni e installazioni infrastrutturali.

Una attività di supporto e guida agli sviluppi tecnologici è offerta dalla normativa, curata dagli enti istituzionalmente preposti: ISO, CEN, UNI - Cuna (per l'Italia), rispettivamente a livello internazionale, europeo e nazionale.

Per gli aspetti connessi con i sistemi elettrici, operano come enti di normazione rispettivamente l'IEC, il CENELEC e il CEI.

#### *Finanziamenti*

Diversi programmi di sviluppo sono oggetto di finanziamenti da parte di enti governativi, nazionali o europei, in particolare per i programmi basati su consorzi multaziendali e/o multi nazionali.

Iniziative regionali forniscono supporto alla diffusione di veicoli ecologici.

#### *I costruttori*

Per quanto concerne più specificatamente i progetti legati alla trazione elettrica, alle soluzioni ibride e alle fuel-cell, può risultare utile la considerazione dei quadri sinottici seguenti, che sintetizzano le iniziative effettuate dai costruttori nazionali, da quelli europei e da quelli statunitensi e giapponesi.

*Progetti di Costruttori Italiani*

	<i>Veicoli elettrici</i>	<i>Veicoli ibridi a motore termico</i>	<i>Veicoli a fuel cell</i>
<b>Veicoli in commercio o in dimostrazione</b>	FIAT Seicento Elettra Microvett-Piaggio Porter EVF (FAAM) Taxitravel TECNOBUS Gulliver MAZZIERI Micron CACCIAMALI/EPT bus Veicoli a due e tre ruote di diversi costruttori	IRISBUS Europolis 7m	APRILIA ciclomotore
<b>Prototipi Studi di ingegneria</b>	IRISBUS Europolis 7m	Microvett Ducato (ibrido serie) IRISBUS CityClass 12m FIAT Multipla Ibrida metano	IRISBUS autobus urbano 12m (CH2, ibrido a batteria) FIAT Seicento H2, in coop. CNR, Ministero Ambiente, Enea
<b>Ricerche</b>			CITY CAR 2nd generation (in collegamento con programma europeo FUEVA)

*Progetti di Costruttori Europei*

	<i>Veicoli elettrici</i>	<i>Veicoli ibridi a motore termico</i>	<i>Veicoli a fuel cell</i>
<b>Veicoli in commercio o in dimostrazione</b>	Citroen SAXO PSA BERLINGO DC Mercedes-Benz 308 E SPRINT	Renault KANGOO (range extender)	DC NEBUS (CH2)
<b>Prototipi Studi di ingegneria</b>	PSA Progetto VEDELIC vettura con batterie al litio ad alta energia	Renault ELLYPSE PSA BERLINGO Dynavolt Citroen XSARA Dynactive M.A.N. bus	DC NECAR 1 (Ch2) DC NECAR 2 (Ch2) DC NECAR 3 metanol DC NECAR 4 (Lh2) DC NECAR 4Advanc. (CH2 battery hybrid) Vw HyMotion (LH2) Vw HyPower (H2 supercapacitor hybrid) PSA Hydro-Gen car
<b>Ricerche</b>		SAFT Batterie ad alta potenza	

*Progetti Case Automobilistiche Americane e Giapponesi*

	<i>Veicoli elettrici</i>	<i>Veicoli ibridi a motore termico</i>	<i>Veicoli a fuel cell</i>
<b>Veicoli in commercio o in dimostrazione</b>	Toyota RAV 4 Suzuki Every EV Honda EV Plus Nissan Hypermini Daihatsu Hijet EV GM E1	Toyota Prius Toyota Crown Toyota Estima Toyota Coaster HEV Honda Insight Honda Civic Hybrid	Previsto inizio commercializzazione fra 2003-2005 (informazione JEVA)
<b>Prototipi Studi di ingegneria</b>	Mitsubishi Eclipse Daihatsu Atrai EV Toyota e-com Araco Coms Type M	Nissan Tino GM Precept GM Veicolo militare ibrido a motore diesel con APU a fuel cell	Toyota FCHV 4 H2 Toyota FCHV-Bus 1 Nissan FC Xterra H2 Honda FCX V3 H2 Mazda Demio FC H2 Daihatsu Move Met. Ford 2000 Ford Focus GM HydroGen 3
<b>Ricerche</b>	Sistemi di trazione e batterie innovativi	Diversificazione architetture sistema	Ottimizzazione sistemi e componenti

*I Consorzi e i Progetti a finanziamento pubblico*

Inoltre, vista la rilevanza dei progetti condotti da consorzi nazionali o internazionali, si cerca di proporre qui di seguito una panoramica dei temi oggetto di ricerca, suddivisi nelle varie categorie considerate. Anche se è difficile definire un elenco esauriente, soprattutto perché, superata la fase pre-competitiva, i progetti entrano nel campo di riservatezza delle singole aziende, riteniamo tuttavia che nel complesso il panorama risulti significativo delle principali linee di tendenza.

*Progetti di Consorzi Nazionali*

	<i>Veicoli elettrici</i>	<i>Veicoli ibridi a motore termico</i>	<i>Veicoli a fuel cell</i>
<b>Progetti dimostrativi</b>	LISELEC (La Rochelle-car sharing) EASY MOVE (noleggio auto elettriche in Chiasso, Locarno, Bellinzona, Mendrisio, Lugano) Sperimentazione veicoli elettrici leggeri in Mendrisio	ATENA (Napoli-veicoli a minimo impatto ambientale)	CLEAN ENERGY PARTNERSHIP (Berlino Berlino - uso dell'idrogeno in trazione - BMW, Ford, MAN, DC, Opel) CALIFORNIA FUEL CELL PARTNERSHIP JEVA FUEL CELL PROGRAM
<b>Ricerca e sviluppo</b>	CEREVEH (Francia- studi e sperimentazione su tecnologie innovative)	Programmi USA su autobus (DOE-DOT)	Programmi USA su fuel cell (Laboratori DOE) - United States Advanced Battery Consortium Programma idrogeno Regione Lombardia)

*Progetti Europei con finanziamenti della Commissione Europea*

Il 5° Programma quadro di ricerca della UE (1998-2002) ha dedicato un budget di 119 milioni di Euro alle tematiche del trasporto sostenibile, nell'ambito della "key action" "*City of tomorrow and cultural heritage*".

Per il 6° programma quadro (2002-2006) sono previsti 610 milioni di Euro per il tema "*Sustainable surface transport*". Come si vede dai temi elencati più sotto, comincia ad affacciarsi in modo significativo il tema della sicurezza del trasporto stradale.

Tutti questi argomenti sono ampiamente documentati sui siti Internet della UE, per cui si danno qui di seguito le informazioni di massima, che danno una indicazione dei temi di ricerca/sviluppo ritenuti di maggiore attualità.

Questi programmi di vedono coinvolti, nel loro complesso, tutti gli attori del trasporto in Europa, tra Costruttori e centri di ricerca industriali ed universitari, che costituiscono una "famiglia professionale" relativamente compatta e con buona circolazione di informazioni.

---

TemI tipici di ricerca e sviluppo per il 5° programma quadro sono:

Veicoli a propulsore tradizionale  
MG-ENGINE-Blocco motore in magnesio  
ALICE-Pistoni in Al+fibra di carbonio  
GET-DRIVE-Downsizing motore  
VCR-Motore a compressione variabile  
BELTLESS ENGINE-Ausiliari elettrici  
SUVA-Automobili ibride  
D-ULEV-Sviluppo di diesel a bassissime emissioni  
CIRCE-Combustione grossi motori per Euro 4 senza kat  
DEXA- Catalizzatori innovativi  
MICROCAT-Catalizzatori a plasma  
PREMTECH II-Rete strategica di ricerca su innovazione motori

Programmi dimostrativi 5° programma quadro

CYBERMOVE-Nuovi veicoli e mezzi di trasporto individuale-collettivo  
ECTOS-Idrogeno in Islanda  
EDICT-Personal rapid transit  
MOSES-Mobility services-Car sharing  
NET MOBIL-Survey progetti mondiali mobilità  
STARDUST-Sistemi di guida automatica  
CUTE-Dimostrazione autobus a idrogeno

---

---

6° Programma Quadro – Temi indicati per i nuovi progetti (relativamente al trasporto stradale)

---

- Nuovo motore pulito ed economico per vetture
  - Auto ultraleggera
  - Sicurezza nelle strade europee
  - Istituto virtuale su concetti avanzati di combustione per sviluppare sistemi di trazione puliti per il trasporto stradale, inclusi combustibili alternativi
  - Centro di eccellenza virtuale per la sicurezza passiva dei veicoli
  - Nuove tecnologie e concetti per giudicare l'adeguatezza ambientale di veicoli e infrastrutture
  - Nuove tecnologie e concetti per manutenzione pulita, smontaggio e riciclaggio dei veicoli stradali
  - Nuovi concetti di costruzione per le infrastrutture stradali
  - Nuovi concetti e tecnologie per migliorare l'interfaccia strada-veicolo e strada-infrastrutture
  - Concetti di veicoli stradali per ottimizzare catene multi-modali
  - Analisi incidenti
  - Tecniche per la sicurezza delle infrastrutture stradali
- 

Nella tabella seguente sono sintetizzati i principali progetti che sono stati finanziati dalla Commissione Europea.

*Progetti Europei con finanziamenti della Commissione Europea*

	<i>Veicoli elettrici</i>	<i>Veicoli ibridi a motore termico</i>	<i>Veicoli a fuel cell</i>
<b>Progetti dimostrativi</b>	EV LIFT (batt. Litio) ELCIDIS (trasp.merci in 6 città) ZEUS (veicoli ecologici in 8 città) EVD-POST (60 veicoli)	IMMACULATE (elettrici e ibridi in Grecia) SAGITTAIRE (bus ibridi in 11 città)	CITYCELL (Irisbus in 3 città europee) CUTE (30 bus DC in 10 città europee) FC Bus (MAN) in 3 città
<b>Ricerca e Sviluppo</b>	OPTELEC (nuovi sistemi di trazione) CAR INTEGRATION (batt. Litio) HIMRATE (elettronica di potenza)	SUVA (mild hybrids) ASTOR (batterie) SUPERCAR (uso supercondensatori) INMOVE (ibrido parallelo) HYZEM (analisi sistemi al banco)	FUERO (ricerca generale su sistemi veicolari a fuel cell) CLUSTER Fuero (componenti) FUEVA (prove veicoli a fuel cell) FCTESTNET (procedure di prova)
<b>Studi di riferimento</b>	COST 302 (studio generale di impatto dei veicoli elettrici)	COST 303 (studio comparativo autobus bimodali)	ELEDRIIVE (data base) HYNET (sistemi idrogeno) EIHP (regolamenti sistemi idrogeno)

---

*Progetti statunitensi con finanziamento governativo*

Infine, si dà un breve cenno, in questa sede, ai progetti sostenuti dal DoE (Department of Energy) americano, con l'intento di indicare i filoni lungo i quali si sviluppano le linee di ricerca e di evoluzione.

La sede più importante di sviluppo del DoE sono i Laboratori Argonne, situati vicino a Chicago, dedicati alle tecnologie del trasporto. Essi si occupano degli argomenti qui di seguito elencati.

- Valutazione tecnologie (incluso costo ciclo di vita).
- Tecnologie per veicoli leggeri e veicoli pesanti per riduzione consumi.
- Sperimentazione flotte pilota con metanolo-etanolo-natural gas.
- Materiali (materiali leggeri e materiali ceramici) e processi.
- Ricerche su combustione e catalizzatori.
- Veicoli ibridi e fuel cell.

Non viene pubblicato il budget di questi laboratori.

Il DoE supporta inoltre il Programma “Clean Cities” tendente ad avere per il 2010 un milione di veicoli con combustibili alternativi. Più che un sostegno finanziario, si tratta di supporto di immagine (incentivi locali all’uso di combustibili alternativi, più che supporto centrale).

Per il campo specifico delle fuel cell, nel 1999 è stato costituito in California il “California fuel cell Partnership” per la promozione dell’idrogeno nei trasporti con il coinvolgimento di una trentina di membri tra costruttori di veicoli, di fuel cell, stazioni di rifornimento, compagnie petrolifere e organismi ministeriali; Fiat partecipa al programma, insieme alla Georgetown University, sperimentatore “storico” di bus fc, arrivati alla III generazione.

In aggiunta, il Presidente George Bush ha varato nel Febbraio 2003 un piano quinquennale di 1,2 miliardi di dollari (Hydrogen fuel initiative) per “portare le automobili a fuel cell dai laboratori al concessionario”.

#### 4.14 Conclusioni

Dalla panoramica offerta sulle principali case automobilistiche si evince come la varietà di soluzioni offerte sia molto ampia. Questo dipende da una serie di fattori (mercato di riferimento, politica della casa...) ma lo scopo dichiarato è comune: trovare una soluzione ai problemi di inquinamento, soprattutto dei centri urbani, e ridurre il consumo di combustibili fossili.

Se trascuriamo l’etanolo che viene preso in considerazione da General Motors e Ford per il mercato americano, dove già è disponibile una seppur limitata rete di distribuzione, l’offerta attualmente si basa su gas naturale e GPL. Queste soluzioni hanno già raggiunto un livello tale di sviluppo da rappresentare una vera e propria realtà industriale, nel senso che le case automobilistiche hanno già presentato modelli che di serie sono dotati di motori bi fuel o esclusivamente dedicati a questi due combustibili alternativi.

C’è da sottolineare che attualmente il GPL riesce a stento a reggere il confronto con i diesel di ultima generazione e ormai non risulta più economicamente vantaggioso rispetto all’alimentazione a gasolio. Il GPL, infatti, ha un potere calorico molto inferiore e ciò comporta un sensibile aumento dei consumi che si ripercuote negativamente sulla convenienza di tale tipo di alimentazione.

Una soluzione meno matura ma altamente promettente è rappresentata dai veicoli ibridi a motore termico: la Toyota, leader del settore con la Prius, ha aperto la strada alla commercializzazione di questa tipologia di veicoli, seguita poi recentemente dalla Honda. Si tratta però di soluzioni di passaggio, come i veicoli elettrici che stanno lentamente rallentando il loro sviluppo a causa dei forti limiti che rappresentano le batterie, in quanto a tempi di ricarica e autonomia.

Il settore più in fermento è quello dell’idrogeno e delle celle a combustibile che parte dalle conoscenze che derivano dallo sviluppo di veicoli ibridi a motore termico ed elettrici e consentono di risolverne i problemi di autonomia e di dipendenza dai combustibili fossili.

Il primo passo che le case stanno compiendo è verso il raggiungimento di una prima realtà pre-commerciale per vincere l'iniziale difficoltà dell'omologazione del veicolo: l'assenza di normative in materia di utilizzo dell'idrogeno come combustibile stoccato a bordo del veicolo è il primo ostacolo che deve essere affrontato. Alcuni veicoli come il Toyota FCHV-4, la Honda FCX e il GM HydroGen3 hanno ottenuto il permesso di circolazione su strada in Giappone e negli Stati Uniti; questo sottolinea che ancora non c'è uniformità di parametri, né di valutazioni ma è un primo passo per creare una normativa: man mano che nuovi standard vengono creati, si generano una nuova serie di punti di riferimento e di procedure da seguire che andranno poi a costituire la Normativa completa.

Successivamente si deve avviare e industrializzare la produzione sviluppando tutto un indotto legato alla nuova tecnologia, cioè costruire componenti ad hoc e non adattare componenti che sono stati pensati per altri scopi.

In questo senso si sta già muovendo la Toyota cercando di produrre in casa la maggior parte dei componenti del treno di potenza del veicolo; politica che già si è dimostrata vincente nello sviluppo dell'ibrido-termico Prius. In più, dato che non esiste la normativa, nel caso si arrivasse ad omologare i componenti Toyota, il Gruppo partirebbe da una posizione di netto vantaggio rispetto ai propri concorrenti.

A livello globale, dal punto di vista della ricerca, si sta assistendo ad una tentativo dei diversi costruttori di acquisire all'interno dell'azienda le competenze per la realizzazione delle celle a combustibile che rappresentano il cuore del sistema. Mentre infatti in passato le case si appoggiavano a costruttori celle (Ballard, UTC), per gli attuali prototipi ancora realizzati con costruttori di celle parallelamente le case automobilistiche stanno realizzando in proprio nei propri centri di ricerca nuove celle a combustibile. Questo testimonia da un lato la fiducia in una certa tecnologia quanto l'interesse a portare avanti in maniera individuale le ricerche per non perdere le competenze tecnologiche su un aspetto chiave del sistema.

L'obiettivo a lungo termine non è di arrivare ad un livello che sia competitivo con i veicoli tradizionali in quanto a costi e prestazioni, ma trovare la soluzione ai problemi precedentemente esposti. Secondo questo principio sono le singole Amministrazioni Statali che devono promuovere lo sviluppo di nuove tecnologie attraverso incentivi economici che involino il consumatore a cambiare le proprie abitudini in materia di trasporti, o penalizzazioni e disagi per i mezzi convenzionali come zone a traffico limitato o controllato. A questi provvedimenti si deve aggiungere la creazione di una struttura di produzione e distribuzione dell'idrogeno, condizione indispensabile perché questi nuovi veicoli prendano piede.

In estrema sintesi lo stato attuale delle attività di ricerca e sviluppo possono essere così sintetizzate:

- tutte le case automobilistiche stanno lavorando "in proprio" sul miglioramento delle tecnologie attuali (diesel e benzina) per il miglioramento delle prestazioni soprattutto in termini di efficienza ed impatto ambientale;
- quasi tutte le case automobilistiche presentano modelli che possono utilizzare diversi combustibili (dual o bi power) in diversi contesti: tale soluzione può rappresentare un valido "ponte" verso soluzioni future in quanto non snatura le abitudini del cliente;
- alcune eccellenze sono individuabili per quanto riguarda il veicoli ibridi (Toyota), e a gas naturale (FIAT), pur non essendo ancora evidenti le potenzialità globali in termini di mercato di tali tecnologie;

- le tecnologie dell'idrogeno vedono la BMW in leggero “anticipo” rispetto alle altre case – in quanto le applica al motore a scoppio – che però stanno analizzando un altro tipo di tecnologia, quella della applicazione alle celle a combustibile.



## Capitolo 5 I PROGETTI PIÙ SIGNIFICATIVI

Tutte le case automobilistiche, come si è visto nel paragrafo precedente, sono impegnate in sviluppi di sistemi veicolari miranti a soluzioni orientate alla salvaguardia ecologica ed energetica e alcune realizzazioni sono già commercializzate.

Per quanto concerne i combustibili alternativi, alcuni costruttori (Fiat) hanno decisamente imboccato la scelta del metano, che è ormai uscito dai laboratori di ricerca per diventare un fatto industriale.

Per quanto concerne la trazione elettrica, a batteria, ibrida e a celle a combustibile, le case automobilistiche hanno affrontato tutte, in varia misura e in tempi diversi, la sperimentazione di tali soluzioni. Le azioni di sviluppo hanno in molti casi ricevuto supporto dai Governi nazionali, dall'Autorità pubblica, o dalla Commissione Europea, specialmente, in quest'ultimo caso, per i consorzi multinazionali.

Si possono tuttavia notare determinate specificità nell'indirizzo delle azioni, che appaiono essere:

In Europa:

- In Italia e Francia il veicolo a batteria, nelle categorie vetture e veicoli commerciali leggeri, ha registrato un periodo di sviluppo (inizio anni '90) e inizio commercializzazione. Attualmente diverse soluzioni sono commercializzate anche nella categoria autobus o minibus, sia in versione a batteria, che ibrida. Sono in atto ricerche e sviluppi prototipali nell'area celle a combustibile, sia per vetture che per autobus.
- In Germania, dopo un periodo di realizzazioni di vetture e autobus elettrici a batteria per sperimentazioni anche in flotto (anni '80), l'attività è attualmente orientata alla soluzione ibrida e, con rilevante intensità, alle celle a combustibile, con soluzioni che vengono considerate di possibile disponibilità iniziale nel medio termine.
- Sono in atto in Europa progetti di consorzi multinazionali condotti da aziende automobilistiche e istituzioni di ricerca, nel campo dei veicoli ibridi e della tecnologia delle celle a combustibile, con il supporto della Commissione Europea.

In Giappone hanno avuto sviluppo negli anni '80 i veicoli a batteria, con il supporto del MITI. Attualmente è in forte sviluppo la soluzione ibrida, già oggetto di commercializzazione da alcuni anni.

È parimenti in sviluppo la tecnologia per veicoli (vetture e autobus) a celle a combustibile, che per vari aspetti, mutua soluzioni di sistema e componenti da quella dell'ibrido.

Negli U.S.A., con il supporto del Governo federale e di alcuni Stati (quali California, N.Y.), è stata condotta una estesa campagna di sperimentazione di veicoli elettrici (anni '70-'80), con avvio di introduzione sul mercato in forma anche di leasing sotto la spinta dei richieste legislative.

Attualmente l'industria è orientata a soddisfare queste richieste tendenzialmente con veicoli ibridi.

È parimenti in sviluppo la tecnologia dei veicoli a celle a combustibile, anche sostenuta da programmi dimostrativi internazionali (es.: California Fuel Cell Partnership).

Nelle schede che seguono si riportano le indicazioni di massima di alcuni progetti ritenuti significativi.

5.1 Veicoli a metano Fiat



## VEICOLI A METANO



**MULTIPLA bipower**



**DUCATO bipower**



**DOBLÒ E  
DOBLÒ CARGO bipower**



**PUNTO bipower**

**Fiat Auto**



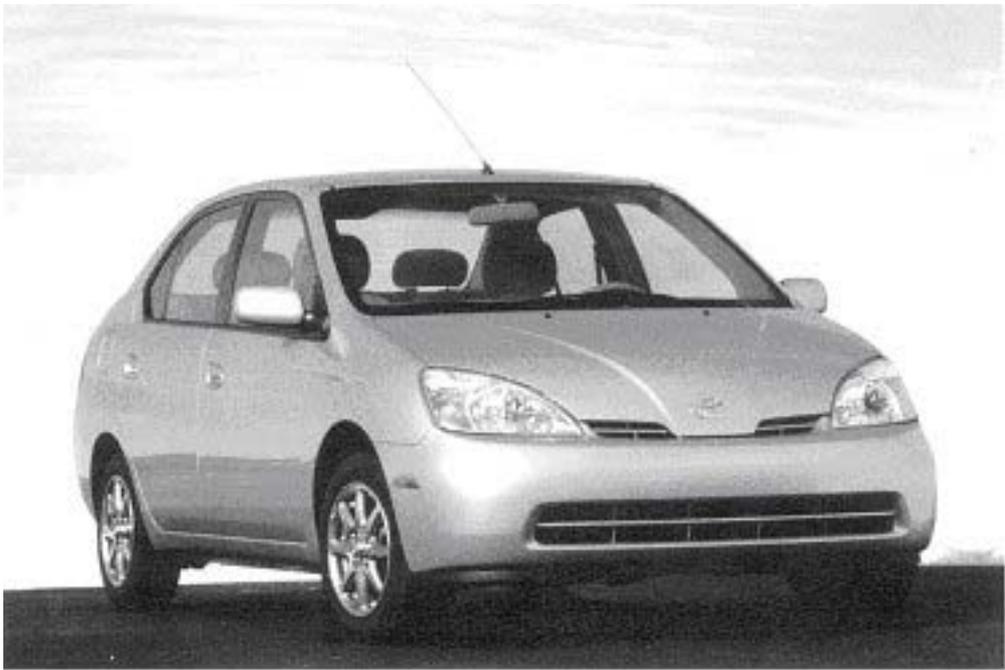
**IVECO**



Descrizione sommaria del progetto	Disporre di una gamma completa di veicoli funzionanti a metano (per vetture e veicoli commerciali: soluzione bi-fuel; veicoli industriali e bus: soluzione monofuel). Si ottiene attraverso lo sviluppo di motorizzazioni specifiche con iniezione metano multipoint sequenziale fasata, dal motore 1.2 della Punto al motore 9.5 litri dei veicoli industriali.
Contesto e motivazioni del progetto	Il progetto nasce verso la fine degli anni '90 come naturale estensione dell'offerta verso le trazioni alternative, e si integra alla fine del 2001 in un accordo Ministero Ambiente-Fiat-Unione Petrolifera per lo sviluppo della rete e la diffusione dei veicoli a metano in Italia, avente come obiettivo la riduzione del livello di articolato nelle maggiori città italiane.
Orizzonte temporale	In corso da fine anni '90.
Affidabilità tecnologica	Il progetto si basa su tecnologie ormai consolidate, perfezionate in un periodo da 2 a 5 anni di produzione, per un totale di varie decine di migliaia di vetture e varie centinaia di veicoli industriali (autocarri e bus urbani).
Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica	Elemento innovativo base della soluzione tecnologica è l'introduzione della tecnologia della iniezione multipoint sequenziale fasata applicata alla combustione stechiometrica. Tale sistema consente l'uso della marmitta catalitica a tre vie consentendo il raggiungimento di limiti emissioni estremamente bassi, al di sotto dei limiti europei EEV (environmentally enhanced vehicle). Il metano perde la connotazione di "tecnologia povera" ed ha prestazioni del tutto equivalenti a quelle delle versioni benzina e diesel.
Collaborazioni esterne	Questo progetto è stato sviluppato per intero nell'ambito del gruppo Fiat, tra Centro Ricerche Fiat, Fiat Auto e Iveco.
Finanziamenti	Negli anni '90 il progetto è stato finanziato nell'ambito della leggi italiane per l'innovazione tecnologica e per la ricerca industriale applicata. Alcuni aspetti di base sono stati approfonditi nell'ambito di progetti della UE (IV programma quadro).
Natura/stato del progetto: -studio pre-competitivo -fase di realizzazione prototipi -in produzione	Il progetto è attualmente allo stadio di produzione industriale.
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a breve/medio termine	Definita l'attuale "prima generazione" di veicoli a metano, sono prevedibili a breve sviluppi sul controllo elettronico (miglior integrazione benzina-metano). [12]
Domanda ipotizzabile [13]	Vetture e furgoni: da 45.000 nel 2002 a 85.000 nel 2005 (vetture ex-fabbrica più trasformazioni). Autocarri pesanti e bus: 2.400 veicoli in 4 anni, tra bus urbani, furgoni distribuzione e carri raccolta rifiuti.
Investimenti necessari [13]	283 mio Euro 2003-2005 per Fiat 244 mio Euro per incentivazioni veicoli e distributori 126 mio Euro per i distributori.
Problemi di utilizzo	Essenziale procedere all'ampliamento rete distribuzione.
Costi di produzione	n/a.
Costi di utilizzo	L'esercizio di un veicolo a metano costa il 30% in meno di un veicolo diesel e il 50-60% in meno di un veicolo benzina.
Problemi di standard	Con la recente approvazione del regolamento ECE/ONU R110 si è finalmente arrivati ad una legislazione valida su scala internazionale.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	La produzione di CO <sub>2</sub> di un veicolo a metano è del 20-25% minore del corrispondente veicolo benzina, o del 5-10 % inferiore a quella del corrispondente veicolo diesel.
Applicazioni: - mobilità individuale - mobilità collettiva - servizi pubblica utilità	È in produzione una gamma completa di veicoli per tutte le applicazioni.

Esigenze di sistema e infrastrutturali (reti di distribuzione)	Sono oggi in esercizio circa 400 punti di rifornimento metano in Italia, concentrati in alcune regioni. Il piano Governo-Fiat-UP ne prevede ulteriori 261 (236 per il pubblico e 25 per flotte).
Quale ruolo per il regolatore pubblico?	A livello centrale, politica fiscale sul combustibile (accise basse sul metano). A livello locale, incentivi integrativi di quelli statali.
Che spazio e problemi per i componentisti?	È un settore in potenziale significativa espansione, e quindi c'è ampio spazio per componentisti, sia per veicolo (bombole, valvole, impianti), sia per le stazioni di rifornimento (compressori, erogatori, stazioni complete). In particolare, deve essere sfruttata l'opportunità, da parte degli attuali componentisti per trasformazioni after-market, di diventare fornitori di primo impianto.

## 5.2 Toyota Prius

	
Descrizione sommaria del progetto	Realizzare una vettura con consumi di combustibile ed emissioni di CO <sub>2</sub> molto ridotti, con limitate emissioni inquinanti e dotata di elevate caratteristiche di comfort e gradevolezza di guida.
Contesto e motivazioni del progetto	Il progetto si pone come risposta alle istanze energetiche ed ecologiche (con riferimento al protocollo di Kyoto), sostenute dal governo, inoltre per l'opportunità industriale di introdurre per primi sul mercato un veicolo ibrido ad alta tecnologia e confort con bassi consumi.
Orizzonte temporale	Studi e ricerche sono iniziati a metà degli anni '90. Sviluppo prototipi nel '96 e inizio produzione nel '97, con introduzione sul mercato giapponese a fine '97. Attualmente circa 150.000 veicoli sono stati posti sul mercato interno e internazionale.
Affidabilità tecnologica	Verificata sulla base della risposta operativa in esercizio di flotte di veicoli in diversi Paesi e per lunghi periodi.
Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica	Elemento innovativo primario è l'introduzione di un sistema ibrido ad architettura mista serie-parallelo, con due macchine elettriche e rotismo epicicloidale, a ripartizione di potenza, con funzione anche di cambio continuo di velocità. Il motore termico è di progetto ad hoc. Altro elemento caratterizzante della Toyota Prius è l'integrazione della Struttura, della carrozzeria e della meccanica (tutte di nuovo progetto, rivolto ad un uso tipico urbano e suburbano), con il sistema di trazione e con i sistemi dedicati all'informazione di bordo e al comfort.

Collaborazioni esterne	Lo sviluppo del veicolo, con il relativo sistema ibrido, e la relativa produzione di serie è effettuato nella quasi totalità dalla Toyota (in appoggio su costruttori di componenti per le parti di produzione tradizionale. Le batterie, del tipo al Nichel-Idruri metallici sono di costruzione Panasonic; lo sviluppo specifico e l'integrazione nel sistema è Toyota.
Finanziamenti	Interament Toyota, fatto salvo il contributo relativo alla parte della Tecnologia per veicoli elettrici fornito a suo tempo dal MITI ai Costruttori giapponesi.
Natura/stato del progetto	Il progetto è finalizzato alla diffusione commerciale del veicolo in Giappone e all'estero, già in atto. La tipologia d'uso, dettata dalle prestazioni del veicolo e dagli obiettivi energetici ed ambientali, è quella delle missioni in aree urbane e su percorsi suburbani, pur ottemperando funzionalmente ai requisiti d'uso generale.
Ulteriori sviluppi previsti/ prevedibili a breve/medio termine	Una recente realizzazione è la Toyota Estima Hybrid, caratterizzata dalla trazione sulle 4 ruote, basata su un sistema ibrido parallelo con trasmissione a rapporto variabile sull'asse anteriore e su una coppia di motori elettrici connessi alle ruote posteriori. Il concetto è di realizzare l'ottimizzazione del rendimento globale e delle prestazioni del veicolo per mezzo della ripartizione della potenza alle ruote. Un ulteriore tipo evoluzione di sistema ibrido è identificabile con quello di una vettura a celle a combustibile, con architettura ibrida, che la Toyota ha già in sviluppo a livello di prototipi.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	È ipotizzabile una continuazione di domanda da parte dei mercati già aperti e probabilmente una ulteriore espansione con coinvolgimento degli ulteriori modelli in evoluzione. Gli investimenti sono in questo caso ipotizzabili come quelli necessari per la messa in produzione di un nuovo modello di vettura.
Problemi di utilizzo	È convalidata da una esperienza sufficientemente estesa l'utilizzabilità del veicolo in missioni generali, anche se in missioni urbane e/o suburbane il sistema ibrido può meglio esprimere i vantaggi di minor consumo e di riduzioni di emissioni rispetto al veicolo convenzionale.
Costi di produzione	Il costo di produzione è ritenuto attualmente dell'ordine di 25.000 Euro.
Costi di utilizzo	Si possono di massima assimilare al costo del carburante (la riduzione del cui consumo, rispetto a quello di un veicolo convenzionale, può essere valutata dell'ordine del 12-35% a seconda del tipo di utilizzo) e del costo di manutenzione, di massima non dissimile a quello di un veicolo convenzionale.
Problemi di standard	È in corso di sviluppo la norma ISO per la misura dei consumi dei Veicoli ibridi. È parallelamente in sviluppo l'emendamento al regolamento UN-ECE 101, che include la misura dei consumi dei veicoli ibridi (oltre a quelli dei veicoli convenzionali e dei veicoli a batteria, già inclusi), in forma congruente con la norma ISO. Questi documenti sono applicabili a tutti i tipi di veicoli ibridi.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	La riduzione di consumo rispetto ad un veicolo convenzionale è di circa il 12% su highway e di circa il 35% su ciclo urbano. Le emissioni sono allineate al livello SULEV (California).

### 5.3 Veicoli elettrici Microvett (Porter-Ducato)

	
<p>Descrizione sommaria del progetto</p>	<p>Sviluppo di veicoli elettrici in collaborazione con diversi Costruttori di autoveicoli, con l'integrazione del sistema di trazione elettrica o ibrida nei modelli di serie. Veicoli sviluppati o in sviluppo: Porter (derivato dal modello base Subaru), in collaborazione con Piaggio; Ape (Piaggio); Ducato Fiat (minibus elettrico con gruppo elettrogeno a bassa emissione "range extender"); Daily IVECO elettrico; Gamma Isuzu; Quadricicli elettrici Casalini.</p>
<p>Contesto e motivazione del progetto</p>	<p>Realizzazione di mezzi ad emissioni nulle e a ridotta rumorosità (veicoli elettrici, con eventuale gruppo di generazione per la funzione di range extender ad emissioni molto ridotte), richiesti dal mercato per impieghi urbani o in comprensori chiusi.</p>
<p>Orizzonte temporale</p>	<p>Attività svolta a partire dagli anni '90. Il modello più diffuso è il Porter (mostrato in figura), realizzato in oltre 2.000 unità con diversificazioni di gamma (furgone, vettura, veicoli per usi speciali). Il modello Ape elettrico Piaggio è realizzato dalla seconda metà degli anni '90. Più recenti le altre realizzazioni.</p>
<p>Affidabilità tecnologica</p>	<p>Confermata sulla base dei risultati operativi, ad esempio del modello Porter, che è in esercizio da anni in diversi settori di utenza.</p>
<p>Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica</p>	<p>L'aspetto più rilevante è l'introduzione dei sistemi di trazione elettrica in veicoli stradali di vario tipo con soluzioni tecnologiche che risulta diano luogo ad una buona accettazione da parte del mercato.</p>
<p>Collaborazioni esterne</p>	<p>L'attività Microvett è impostata sulla collaborazione con i costruttori autoveicolistici che commercializzano i prodotti finali e con i fornitori dei componenti dei sistemi di trazione oggetto della integrazione sui vari veicoli. Con i costruttori autoveicolistici la collaborazione si sviluppa a partire dalla impostazione progettuale fino alla produzione finale del veicolo.</p>
<p>Finanziamenti</p>	<p>Sono quelli relativi alla collaborazione con i costruttori di veicoli per i quali viene effettuata l'integrazione del sistema di trazione.</p>
<p>Natura/stato del progetto</p>	<p>Alcuni modelli (Porter, Ape) sono commercializzati in volumi significativi. Del minibus Ducato, con range extender, è realizzata una piccola serie, che verrà posta in servizio a breve. Si attende da questa la validazione sul piano operativo della soluzione con la funzione di range extender.</p>
<p>Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a breve/medio termine</p>	<p>Sono in corso attività rivolte al miglioramento della tecnologia dei sistemi di trazione elettrica, soprattutto nel settore dei sistemi di accumulo (batterie e supercondensatori) e, in qualche misura, anche sugli azionamenti, specie riguardo all'elettronica di potenza.</p>

	Si sta anche promuovendo uno scambio informativo (es: in forma di workshop) tra costruttori di veicoli e di componenti allo scopo di identificare i requisiti delle tecnologie specifiche da attuare per una crescita sostenibile dei veicoli a trazione elettrica/ibrida.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	Si prevede che il mercato dei veicoli elettrici in soluzioni a batteria o ibridi possa proseguire per applicazioni specifiche in aree urbane e suburbane, anche con il contributo degli incentivi governativi e delle Autorità Regionali per i veicoli ecologici, nelle dimensioni sopra accennate, eventualmente incrementate come conseguenza di miglioramenti della tecnologia in termini prestazionali e di costo.
Problemi di utilizzo	Nessun problema di rilievo riscontrato nell'arco di un esercizio delle flotte dell'ordine dei 10 anni. Il vincolo dei veicoli elettrici è quello dell'impegno alla ricarica (che viene effettuata tipicamente di notte) dopo percorrenze dell'ordine di 60-80 km.
Costi di produzione	Il costo dell'equipaggiamento e dell'integrazione nella struttura del veicolo è variabile a seconda dell'applicazione. A livello del veicolo come prodotto finale, si può in generale affermare che il prezzo di un veicolo elettrico è alquanto superiore a quello di un veicolo convenzionale della stessa classe, la differenza dipendendo dal tipo di batteria. Il costo senza batteria non è dissimile da quello di un veicolo convenzionale.
Costi di utilizzo	Sostanzialmente costituiti dal costo dell'energia elettrica per la ricarica della batteria (il consumo dalla rete è dell'ordine di 150 Wh/ton km) e dal costo di sostituzione della batteria al termine della vita. Il costo di manutenzione è inferiore a quello di un veicolo convenzionale. Questi fattori contribuiscono a compensare in parte la differenza di costo, o di prezzo, iniziale del veicolo rispetto al convenzionale.
Problemi di standard	Sono in vigore, dagli anni '90, le norme europee e internazionali e i regolamenti per i veicoli elettrici relativi alla misura delle prestazioni e dei consumi e alle prescrizioni di sicurezza. Esistono inoltre le norme per le procedure di ricarica delle batterie.
Impatto in termini di consumi e di emissioni	Il consumo dalla rete per un veicolo elettrico è dell'ordine di 150 Wh/ton km. Poiché la ricarica avviene tipicamente di notte, questo tipo di utenza è congruente con la disponibilità di erogazione delle centrali e delle reti di distribuzione. Le emissioni sono nulle nel luogo di utilizzo. A livello globale, con il mix europeo di fonti primarie, le emissioni sono inferiori a quelle attuali dei veicoli convenzionali, ad esclusione della SO <sub>2</sub> .

#### 5.4 Veicoli Elettrici PSA

	
Descrizione sommaria del progetto	Realizzazione di veicoli elettrici di diverse categorie per impiego urbano e suburbano. Modelli realizzati: Peugeot 106, Citroën SAXO, Peugeot Berlingo (vettura e furgone).
Contesto e motivazioni del progetto	Sviluppo di mezzi per la mobilità ad emissioni nulle nelle aree di

	utilizzo e a ridotta rumorosità, come risposta alle istanze di conservazione della qualità dell'ambiente dove principalmente vive ed opera l'uomo ed inoltre come contributo al razionale utilizzo delle fonti energetiche.
Orizzonte temporale	Ricerche e sviluppi applicativi sono iniziati effettuati alla fine degli anni '70, con realizzazione prototipali e sperimentazioni su strada, anche in flotte, avvenute negli anni '80. L'inizio della produzione industriale si è avuto ai primi degli anni '80, seguito dalla commercializzazione in Francia e all'estero. Sono inoltre stati sviluppati veicoli "concept" (prototipi Citela, Ion e Tulip) ed è stato dato un contributo allo sviluppo di sistemi infrastrutturali per la ricarica delle batterie (in collaborazione con EDF).
Affidabilità tecnologica	Dopo un periodo iniziale di esercizio operativo, con messe a punto dei sistemi, in particolare quello di accumulo, i veicoli hanno fatto registrare buoni risultati in termini di affidabilità su un ampio spettro di utilizzo (circa 10.000 veicoli impiegati in varie utenze, es.: flotte in car sharing a La Rochelle).
Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica.	L'aspetto innovativo primario è l'introduzione della trazione elettrica nell'uso operativo su scala relativamente diffusa, con soluzioni tecnologiche caratterizzate da un rapporto benefici-costi sufficientemente favorevole per l'accettazione del mercato (anche se costituito per buona parte da enti di pubblica utilità e sussidizzato da enti governativi).
Collaborazioni esterne	Lo sviluppo della tecnologia specifica del sistema di trazione elettrica è stato effettuato con la collaborazione delle aziende francesi Leroy-Somer e Sagem per il motore di trazione (a corrente continua a eccitazione separata) e il regolatore elettronico e in collaborazione con la SAFT per lo sviluppo delle batterie (del tipo al Nichel-Cadmio). Per quanto riguarda la commercializzazione e l'utilizzo dei veicoli, è stato stipulato un accordo con EDF ed enti finanziari per la messa in opera dell'utilizzo delle batterie in forma di leasing.
Finanziamenti	Oltre all'autofinanziamento dell'azienda, i contributi al finanziamento del progetto sono le collaborazioni per lo sviluppo delle batterie (comuni con Renault), supporti governativi e dell'EDF per la commercializzazione e l'utilizzo dei veicoli (leasing delle batterie, infrastrutture di ricarica).
Natura/stato del progetto	Il progetto è finalizzato alla diffusione commerciale dei veicoli elettrici ed è completato con la messa in opera della produzione di una gamma di veicoli e la loro commercializzazione anche all'estero. Da segnalare l'impiego di veicoli in flotte utilizzate per il car sharing (es.: La Rochelle).
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a breve/medio termine	PSA è attiva nello sviluppo di ulteriori diversificazioni della trazione elettrica nel campo dei veicoli ibridi e dei veicoli a celle a combustibile. Queste diversificazioni beneficiano delle acquisizioni tecnologiche maturate durante lo sviluppo dei veicoli a batteria. Riguardo ai veicoli ibridi (destinati ad una commercializzazione nel breve termine), l'orientamento è verso i sistemi "Mild Hybrid". In merito ai sistemi a celle a combustibile, PSA ha realizzato prototipi e partecipa a progetti europei per lo studio e la sperimentazione coordinata di sistemi e veicoli.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	La domanda pregressa si è concretizzata in una commercializzazione dell'ordine di 10.000 unità. La domanda futura è da considerarsi solo per il modello Berlingo (per il modello SAXO, successore della Peugeot 106 è previsto al momento l'esaurimento delle scorte prodotte) in termini prevedibilmente di alcune centinaia all'anno.

Problemi di utilizzo	Nessun problema sostanziale nell'esercizio svolto nell'arco della scorsa decade fino al momento attuale. L'unico impegno dell'utente è quello della ricarica delle batterie, da effettuarsi dopo tipicamente 100 km di utilizzo con il collegamento all'infrastruttura (presa domestica o colonnina pubblica installata in alcuni punti urbani).
Costi di produzione	Dello stesso ordine di un equivalente veicolo convenzionale, ad esclusione del costo della batteria, che può essere offerta all'utente in leasing.
Costi di utilizzo	Identificabili sostanzialmente con il costo dell'energia per la ricarica della batteria (dell'ordine di 0,03 Euro/km) e del costo di sostituzione della batteria al termine della vita (dello stesso ordine di quello per l'energia elettrica). I costi di manutenzione di un veicolo elettrico sono inferiori a quelli di un veicolo convenzionale.
Problemi di standard	Sono in vigore le norme europee e internazionali e i regolamenti (per l'omologazione) relativi alla misura delle prestazioni e dei consumi e alle prescrizioni di sicurezza esistono inoltre le norme per le procedure di ricarica delle batterie. Il complesso di norme e regolamenti è stato sviluppato negli anni '90.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	Il consumo di energia elettrica per veicoli di classe media è dell'ordine di 200 Wh/km dalla rete. Può essere considerata una utenza di energia elettrica appropriata per utilizzare le punte di disponibilità di produzione delle centrali (tipicamente di notte). Le emissioni sono nulle nel luogo di utilizzo. A livello globale, sulla base del mix di fonti primarie europeo, le emissioni sono inferiori a quelle attuali dei veicoli convenzionali, ad esclusione della SO <sub>2</sub> . Le emissioni acustiche sono inferiori a quelle dei veicoli convenzionali.

### 5.5 Bus fuel cell-Irisbus

	
Descrizione sommaria del progetto	Sperimentare la validità del generatore a fuel cell nel campo del trasporto stradale in vista di un veicolo a inquinamento zero.

Contesto e motivazioni del progetto	Il progetto nasce nel 1999 nell'ambito del know-how e della tradizione di innovazione dell' area piemontese.
Orizzonte temporale	Costruzione prototipo 2000-2001. Prove 2002 -2003. Esercizio effettivo: da 2003. Estensione a Madrid e Parigi: Altri prototipi 2003-2004.
Affidabilità tecnologica	È uno degli scopi del progetto. Da verificare l'affidabilità dell'impianto idrogeno e della fuel cell per le durate (migliaia di ore) e per le sollecitazioni tipiche di un veicolo stradale.
Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica	Si è voluto di proposito evitare elementi innovativi in aggiunta alla fuel cell, usando soluzioni già ampiamente sperimentate sia per la sistemazione bombole (bus a metano) sia per la trazione elettrica (bus ibridi Irisbus). L'architettura del sistema di propulsione è ibrida, con un generatore fuel cell di potenza 60 kW. Lo sviluppo della fuel cell si è lasciato ad un costruttore specialistico (UTC), lasciando al veicolista il compito di definire modalità e filosofie di gestione del veicolo (centralina elettronica "master" di coordinamento di fuel cell e apparato di trazione).
Collaborazioni esterne	Questo progetto è stato sviluppato nell' ambito di una Associazione temporanea di imprese comprendente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irisbus per la parte veicolare</li> <li>• ATM-GTT per la parte esercizio</li> <li>• Sapio per la tecnologia dell'idrogeno</li> <li>• CVA (Compagnia valdostana delle acque) per la generazione di energia idroelettrica)</li> <li>• ENEA per le valutazioni energetiche e ambientali</li> <li>• Ansaldo per la trazione elettrica</li> </ul> Il Centro Ricerche Fiat svolge nel progetto il ruolo di consulente tecnico di Irisbus ed è responsabile del sistema di controllo e gestione dell'energia su veicolo e del sistema informativo di bordo.
Finanziamenti	Il Ministero dell'Ambiente ha contribuito con il 24% del costo dell'intero progetto.
Natura/stato del progetto: -studio pre-competitivo -fase di realizzazione prototipi -in produzione	Il progetto ha le caratteristiche di un progetto di ricerca, ed è volto ad approfondire gli aspetti tecnici e normativi relativi all'impiego dell'idrogeno per la trazione stradale. Insieme al progetto dell' autobus, è stato eseguito, e viene realizzato, il progetto per una stazione di rifornimento.
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a breve/medio termine	Nel Maggio 2003 è stato consegnato un secondo prototipo alla Città di Madrid. Un ulteriore prototipo è previsto a breve per Parigi.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	Quesiti prematuri visto lo stato di ricerca del progetto.
Problemi di utilizzo	Indispensabile ottenere in primo luogo l'autorizzazione alla circolazione da parte del Ministero. È in corso di elaborazione una normativa europea sui veicoli a idrogeno.
Costi di produzione	n/a.
Costi di utilizzo	n/a.
Problemi di standard	È in corso di elaborazione una normativa europea sui veicoli a idrogeno.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	Le prove del veicolo su pista evidenziano consumi, in termini energetici, migliori del diesel. Con l'utilizzo dell'energia elettrica per generare l'idrogeno, le emissioni sono evidentemente nulle.

## 5.6 Vetture fuel cell Necar-Daimler Chrysler



Descrizione sommaria del progetto	Realizzazione di vettura a celle a combustibile secondo diverse architetture di sistema come studio per sviluppi finalizzati al mercato.
Contesto e motivazione del progetto	Iniziativa industriale nel quadro degli sviluppi di sistemi per veicoli aderenti ai criteri di salvaguardia dell'ambiente e di razionale utilizzo delle risorse energetiche, da offrire al mercato nel medio/lungo termine.
Orizzonte temporale	Ricerche avviate all'inizio degli anni '90. Realizzazioni sperimentali: 1994 NECAR 1 (New Electric Car), veicolo laboratorio 1996 NECAR 2, con alimentazione ad idrogeno compresso 1997 NECAR 3, con alimentazione a metanolo convertito a bordo 1999 NECAR 4, con alimentazione ad idrogeno liquido 2000 NECAR 4, in versione ad idrogeno compresso 2000 NECAR 5, nuova versione del NECAR 3.
Affidabilità tecnologica	Le diverse soluzioni sono state sperimentate verificandone la funzionalità di base. L'affidabilità tecnologica è all'esame, sulla base delle sperimentazioni e dei programmi dimostrativi.
Elementi innovativi ed elementi accessori delle soluzioni tecnologiche	Gli elementi innovativi essenziali sono l'integrazione di sistemi a celle combustibile nel veicolo, con funzione di trazione, alimentati da diverse soluzioni di stoccaggio dell'idrogeno a bordo o di conversione a bordo di metanolo. Elementi accessori sono legati all'esplorazione di soluzioni con batteria di accumulatori per il livellamento della potenza e il ricupero di energia in frenatura.
Collaborazioni esterne	Riguardo alle parti innovative del sistema, collaborazione con la Ballard (Canada) per le celle a combustibile e con la Ford, per il sistema di propulsione elettrico.
Finanziamenti	Il costo del programma di ricerca, sviluppo e sperimentazione è stato finora dell'ordine di 500 Milioni di Euro. Sostenuti essenzialmente dall'industria. Un contributo alla sperimentazione, specialmente riferito alla sperimentazione di autobus in progetti dimostrativi, può essere attribuito alla Commissione Europea.
Natura/stato del progetto	L'intero progetto di applicazione di celle a combustibile per la trazione veicolare, è finalizzato all'introduzione sul mercato, prevedibilmente con inizio nel medio termine, di veicoli a celle a combustibile di varie classi. Attualmente vetture sono in sperimentazione in diverse località, inclusa la California (nel programma California Fuel Cell Partnership). In diverse città europee ha luogo il programma CUTE, che prevede la sperimentazione di dimostrativa di 30 autobus.

Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a medio termine	<p>Gli sviluppi prevedibili sono da un lato indirizzati ai perfezionamenti tecnologici e alla riduzione dei costi (uno dei problemi più critici) e, d'altro lato alla validazione delle soluzioni veicolari attraverso programmi dimostrativi.</p> <p>Questi sviluppi riguardano sia le vetture, che autobus e, prevedibilmente altre categorie di veicoli.</p>
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	<p>La domanda del mercato è ipotizzabile nel lungo termine, una volta consolidata la tecnologia, definiti i costi e resa disponibile l'infrastruttura appropriata per il rifornimento energetico.</p> <p>Nel breve-medio termine possono verificarsi richieste di piccoli contingenti per programmi dimostrativi condotti con le Pubbliche Amministrazioni o la Commissione Europea.</p> <p>Da definire gli investimenti necessari.</p>
Problemi di utilizzo	<p>Disponibilità dei combustibili e dell'infrastruttura per il rifornimento.</p> <p>Gestibilità del sistema in condizioni termiche eccedenti i normali valori (es.: a temperature al di sotto dello zero).</p> <p>Verifica degli aspetti di sicurezza (es.: parcheggiabilità).</p> <p>Disponibilità di regolamenti per l'omologazione dei veicoli.</p>
Costi di produzione	<p>Attualmente non ancora definiti.</p> <p>Per l'accettabilità del mercato si considera che i prezzi di vendita non siano dissimili da quelli dei veicoli convenzionali, fatti salvi quei margini premianti le caratteristiche ambientali.</p>
Costi di utilizzo	<p>Al momento non definiti.</p> <p>I costi operativi ordinari saranno quelli del costo dei combustibili e del costo attribuito all'infrastruttura (installazione e manutenzione).</p> <p>Il costo di manutenzione del sistema a celle a combustibile si può ritenere simile a quello di un veicolo elettrico, salvo la manutenzione specifica dello stack, problema oggetto di indagine.</p>
Problemi di standard	<p>È in corso di elaborazione la normativa ISO per i veicoli a celle a combustibile, per quanto riguarda la sicurezza, la misura delle prestazioni operative, dei consumi e delle emissioni.</p> <p>È in elaborazione la regolamentazione UN-ECE per l'omologazione.</p>
Impatto in termini di consumi ed emissioni	<p>Con l'alimentazione diretta ad idrogeno non si hanno emissioni nel luogo di utilizzo. La generazione di idrogeno con l'uso dell'energia elettrica non produce emissioni.</p> <p>I consumi globali sono migliori rispetto alla motorizzazione convenzionale e sono comunque da considerarsi in modo differenziato a seconda della fonte primaria di energia utilizzata.</p>

### 5.7 Consorzio SUVA

Descrizione sommaria del progetto	SUVA: Surplus Value Hybrid. Sviluppo della tecnologia di sistemi elettrici a motore termico sulla base dello schema ibrido parallelo, con componenti modulari, per tre vetture di classi diverse, di diversi costruttori.
Contesto e motivazione del progetto	Progetto sviluppato con il contributo della Commissione Europea (nel 5° Programma Quadro), condotto in cooperazione da Costruttori Automobilistici europei, con un Istituto di ricerca e una Università. L'obiettivo è di portare la tecnologia dei sistemi ibridi di tipo parallelo minimo o "mild" (che rappresenta la soluzione sistemistica meno diversificata rispetto a quella convenzionale) alla soglia della producibilità industriale in forma sostenibile (in termini di consumi, emissioni e costi) offrendo parallelamente all'utenza vantaggi prestazionali e di comfort.
Orizzonte temporale	Sviluppo del programma nell'arco 2001-2004, fino alla realizzazione di prototipi e alla loro sperimentazione su strada.
Validazione tecnologica	La sperimentazione dei sistemi al banco e dei prototipi su strada, su sistemi di tipo comparabile, è considerata una base di validazione delle tecnologie adeguata per condurre alle fasi di ingegnerizzazione finale.
Elementi innovativi ed elementi accessori delle soluzioni tecnologiche	Le linee di sviluppo per i tre tipi di vettura, di classi diverse, sono basate sullo stesso tipo di architettura sistemistica e impiegano lo stesso tipo di celle di accumulatore: sono peraltro impiegati tipi diversi di motori termici, di macchine elettriche e di strategie di gestione del sistema. Questo consente di valutare diverse varianti di soluzioni tecnologiche, trasferibili poi fra i diversi tipi di veicolo, ferma restando l'architettura di base e l'elemento chiave del sistema ibrido elettrico, che è costituito dall'accumulatore. L'enfasi è inoltre portata sugli aspetti delle prestazioni, fermi restando la riduzione dei consumi e delle emissioni e sugli aspetti di comfort, con funzioni (climatizzazione in ogni condizione operativa) basate sull'uso ottimizzato degli apparati di bordo.
Collaborazioni esterne	Il consorzio SUVA è costituito da Centro Ricerche Fiat, Daimler Chrysler, Volkswagen, Università del Sannio, IKA (RWTH-Aachen). L'Università di Leuven fornisce inoltre un supporto metodologico per la valutazione dell'impatto delle diverse soluzioni.
Finanziamenti	Il progetto è finanziato dalla Commissione Europea al 50% circa, su un budget totale di circa 3 Milioni di Euro. Gli Istituti di ricerca e le Università sono finanziati al 100%.
Natura/stato del progetto	Il progetto è finalizzato a individuare soluzioni progettuali nell'area dei "Mild Hybrids" e alla loro verifica sperimentale, che presentino un interesse di mercato nel breve-medio termine e che comportino un beneficio globale in termini di consumi ed emissioni. Il progetto è attualmente nella fase della realizzazione dei prototipi.
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a medio termine	Sono prevedibili altri progetti finalizzati al perfezionamento tecnologico dei componenti (riduzione pesi, aumento dei rendimenti, maggior livello di integrazione, sperimentazione di nuovi componenti, resi disponibili dall'evoluzione delle tecnologie), alla riduzione dei costi e alla validazione delle tecnologie con flotte di veicoli su strada.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	Al momento la domanda potenziale dei prodotti industrializzati, che possono derivare dalla ricerca SUVA è difficilmente ipotizzabile. Si ritiene comunque, che possa stabilirsi una significativa domanda di mercato, in forma prevedibilmente graduale, per questo tipo di veicolo innovativo, che si presenta attraente per prestazioni, comfort e basso consumo. Ne è esempio la Toyota Prius, che, dotata di connotazioni analoghe, è già sul mercato con quantitativi rilevanti (ved. scheda relativa). Gli investimenti necessari per la produzione su scala industriale sono legati allo sviluppo della componentistica connessa con la motorizzazione elettrica (azionamento e batterie). Per la parte veicolare gli investimenti dovrebbero essere analoghi a quelli necessari per la messa in produzione di nuovi modelli.

Problemi di utilizzo	L'approccio seguito in questo sviluppo è quello di pervenire ad un tipo di veicolo per uso generale, equivalente a quello convenzionale agli effetti applicabilità alla missione operativa, con vantaggi aggiuntivi in termini di consumi, emissioni ridotte e aumento delle prestazioni.
Costi di produzione	Prevedibilmente analoghi a quelli di un veicolo convenzionale, con un aggravio per il costo della batteria e dell'azionamento elettrico (parzialmente controbilanciato dalla riduzione del motore termico).
Costi di utilizzo	I costi di utilizzo di veicoli industrializzati dei tipi sviluppati nel programma SUVA si possono prevedere inferiori (dell'ordine del 30%) a quelli di un veicolo convenzionale di pari classe, per quanto si riferisce al consumo di combustibile. Per quanto riguarda la manutenzione ordinaria i costi dovrebbero essere analoghi a quelli di veicoli convenzionali. Riguardo agli interventi di manutenzione straordinaria, conseguenti alla eventuale necessità di sostituzione parti, non dovrebbero sussistere aggravii rispetto alla motorizzazione convenzionale, salvo quanto attribuibile alle batterie, come necessità di sostituzione al termine della vita o come conseguenza di casi di non affidabilità. Questi problemi si intendono oggetto di analisi nel corso di futuri programmi di sperimentazione estensiva.
Problemi di standard	L'aspetto standard e regolamenti è attualmente seguito attentamente dagli organismi normatori. È in corso di sviluppo la norma internazionale ISO per la misura dei consumi e delle emissioni dei veicoli ibridi elettrici a motore termico. È congruamente in sviluppo l'emendamento al regolamento UN-ECE 101, che include la procedura per la misura dei consumi dei veicoli ibridi, oltre a quella relativa ai veicoli a batteria (già inclusa). È anche in corso l'emendamento al regolamento R.83, relativo alla misure delle emissioni ed è in programma l'emendamento al regolamento R.85, per la misura della potenza.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	I sistemi in sviluppo nel progetto SUVA comportano previsioni di riduzione dei consumi dell'ordine del 30%, che dovrebbero riflettersi su riduzioni di CO <sub>2</sub> dello stesso ordine. Per le riduzioni delle emissioni inquinanti, va notato che i sistemi possono privilegiare, a seconda delle architetture e dell'impostazione delle logiche di controllo, l'uno o l'altro obiettivo di riduzione. Va infine ricordata la possibilità di marcia in solo elettrico, ad emissioni nulle, per certi tipi sistema (per attraversamento di centri urbani).

### 5.8 Consorzi FUERO FUEVA

Descrizione sommaria del progetto	Studio generale sulla tecnologia di sistemi a celle a combustibile e relativi componenti per la trazione veicolare (FUERO: Fuel Cell System and Component General Research for Vehicle Application). Sperimentazione di veicoli a celle a combustibile per la relativa caratterizzazione funzionale e la validazione delle tecnologie (FUEVA: European Fuel Cell Vehicle Technologies Validation).
Contesto e motivazione del progetto	Progetto sviluppato con il contributo della Commissione Europea (nel 5° Programma Quadro) e condotto in cooperazione da Costruttori Automobilistici europei e Istituzioni di ricerca.
Orizzonte temporale	Sviluppo globalmente nell'arco metà 2000-fine 2005. I due programmi sono in successione coordinata: studio e sviluppo tecnologie-sperimentazione tecnologie su veicolo.
Validazione tecnologica	Nel programma FUERO ha luogo una verifica virtuale della tecnologie sviluppate, con sperimentazione di componenti. In FUEVA è attesa una convalida su veicolo.
Elementi innovativi ed elementi accessori delle soluzioni tecnologiche	In FUERO vengono effettuati studi e sviluppi di diverse soluzioni di struttura sistemistica, con analisi e sperimentazione di componenti diversificati ed inoltre studi di impatto energetico. In FUEVA vengono effettuate sperimentazioni di sistemi e componenti integrati su veicolo, in correlazione con la normativa e la regolamentazione, che attualmente è in corso di definizione.

Collaborazioni esterne	<p>Il progetto FUERO coinvolge Centro Ricerche Fiat, P.S.A., Renault, Volkswagen, Volvo quali Industrie Automobilistiche e IKA (Germania) e IFP (Francia) quali Istituti di ricerca. FUERO è complementato da altri 9 progetti relativi allo sviluppo specifico di componenti e studi sui combustibili, connessi a livello di cluster.</p> <p>In FUEVA sono coinvolti gli anzidetti Costruttori Automobilistici ed inoltre FORD e IKA.</p>
Finanziamenti	<p>I progetti sono finanziati dalla Commissione Europea al 50%, su on budget totale per i due progetti di circa 8 Milioni di Euro (gli istituti di ricerca sono finanziati al 100%).</p>
Natura/stato del progetto	<p>I progetti sono finalizzati a fornire delle linee guida per la progettazione e la sperimentazione dei veicoli a celle a combustibile, elementi per la validazione e il complemento alle norme e ai regolamenti e a fornire indicazioni per la definizione delle strategie comunitarie relative allo sviluppo di questa tecnologia.</p> <p>FUERO si conclude nel 2003 (alcuni progetti del cluster nel 2004) FUEVA è avviato, con un anno di ricoprimento rispetto a FUERO.</p>
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a medio termine collegati ai progetti in argomento	<p>Il progetto FUEVA è finalizzato anche a definire un quadro operativo per la sperimentazione estensiva su strada di flotte di veicoli a celle a combustibile. Si prevede in effetti una fase ulteriore di sviluppo applicativo, propedeutico alla fase di ingegnerizzazione finale per l'introduzione sul mercato, consistente nella gestione di flotte pilota per la valutazione tecnologica, dei problemi di affidabilità, di manutenzione e di accettazione da parte dell'utenza.</p> <p>Questa fase di esercizio esteso dei veicoli a celle a combustibile sarà prevedibilmente accompagnata dall'installazione di infrastrutture per l'erogazione dei combustibili.</p>
Altri sviluppi nell'area celle a combustibile	<p>Come seguito operativo sul piano tecnologico sono previsti ulteriori progetti relativi ai componenti, anche quali parti di progetti integrati, secondo la strutturazione prevista dal 6° Programma Quadro della CE.</p>
Utilizzo	<p>I programmi del consorzio sono considerati come linee guida per l'impostazione progettuale dei veicoli a celle a combustibile e per la loro verifica sperimentale.</p> <p>Questi progetti sono inoltre una base, costruita sull'esperienza di costruttori automobilistici e di istituti di ricerca europei per il lancio di possibili nuovi progetti finalizzati al completamento dello sviluppo della tecnologia delle celle a combustibile per autotrazione.</p>
Costi di produzione	<p>Il problema dei costi dei sistemi per veicoli a celle a combustibile è preso in esame dai progetti sotto forma di analisi dei componenti e del "Life Cycle Cost" dei sistemi.</p> <p>Un contributo alla impostazione dei progetti in chiave economica è offerto dalla analisi delle possibili architetture di sistema e del conseguente proporzionamento dei componenti.</p> <p>Le scelte possono essere effettuate tenendo in conto, in funzione del tempo, del livello di maturità tecnologica dei componenti e del loro costo in relazione ai volumi di produzione.</p>
Costi di utilizzo	<p>Prime indicazioni dei costi di utilizzo si potranno avere dalle prove che saranno effettuate nell'ambito del programma FUEVA, relative ai consumi di combustibile e, in qualche misura agli interventi di manutenzione.</p> <p>Un elemento, che potrebbe avere un impatto rilevante sui costi di esercizio, è la durata delle celle a combustibile, attualmente in corso di valutazione, per i vari tipi di soluzione.</p>
Problemi di standard	<p>Questi progetti comprendono attività con aspetti che vengono d'altronde considerati nelle norme e nelle proposte di regolamenti attualmente in corso di definizione (es.: metodi per la misura dei consumi di idrogeno e delle prestazioni operative, prescrizioni per la sicurezza degli impianti); sono quindi considerati a carattere pre-normativo, in quanto possono fornire indicazioni per i documenti normativi derivati da ricerche e sperimentazioni</p>

	condotti su una base concertata e condivisa dai costruttori e da istituti di ricerca europei.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	<p>Gli studi e le ricerche condotti nel progetto FUERO sui combustibili e sulle architetture di sistema e valutazioni con modelli di calcolo, specificamente previsti, conducono a previsioni di consumi e di emissioni globali favorevoli rispetto alle motorizzazioni convenzionali.</p> <p>Le comparazioni vanno fatte considerando i diversi possibili combustibili. Le situazioni più favorevoli, in termini di emissioni nel luogo di utilizzo, sono quelle che prevedono l'uso diretto dell'idrogeno sotto l'aspetto energetico vanno considerati i metodi per la produzione dell'idrogeno, per reforming o per elettrolisi, o da fonti di energia rinnovabili. Un ulteriore fattore influente sui consumi di energia globali è il modo di stoccaggio dell'idrogeno (compresso o liquido o adsorbito in strutture solide o in fase liquida), per i quantitativi di energia richiesti dalle diverse modalità di condizionamento a livello dell'infrastruttura e a bordo.</p>

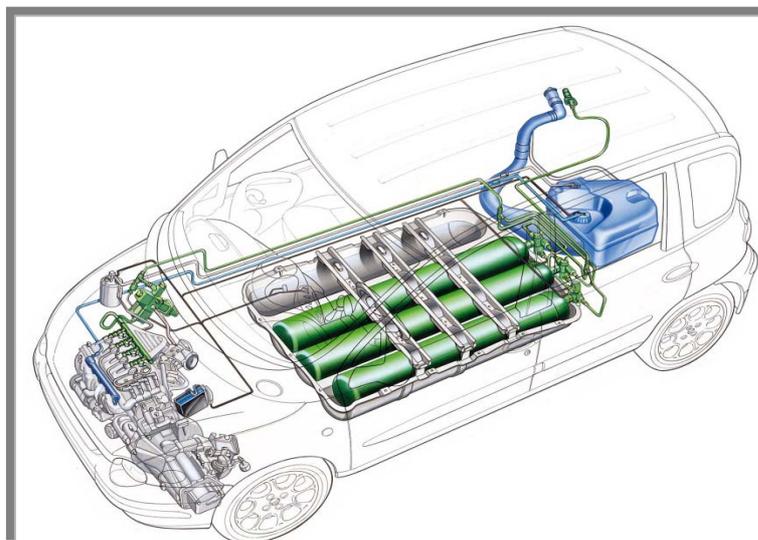
### 5.9 Fiat Seicento H2 fuel cell



Descrizione sommaria del progetto	Realizzazione di una vettura di piccole dimensioni a celle a combustibile con alimentazione a idrogeno stoccato a bordo compresso.
Contesto e motivazioni del progetto	Perseguire l'obiettivo di veicoli ad emissioni zero nel luogo di utilizzo (le emissioni delle celle a combustibile sono unicamente vapore d'acqua e calore a bassa temperatura) e ad emissione di rumore ridotta (in quanto veicoli a trazione elettrica).
Orizzonte temporale	Studi e ricerche sulla tecnologia dei sistemi a celle a combustibile per autotrazione sono iniziati intorno alla metà degli anni '90. Un primo prototipo è stato realizzato nel 2001, un prototipo di seconda generazione nel 2003.
Affidabilità tecnologica	Da verificare con prove prestazionali in laboratorio, su pista prova e su strada, attualmente iniziate.
Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica	<p>Elemento primario è l'integrazione di un sistema a celle a combustibile per l'alimentazione elettrica del sistema di trazione.</p> <p>Nel primo prototipo il sistema a celle a combustibile è di potenza ridotta (7 kW) rispetto alla potenza massima del veicolo e l'erogazione avviene a potenza costante, in parallelo ad un sistema di accumulo, che fornisce le punte di potenza in accelerazione ed effettua il recupero di energia in frenatura. Nel secondo prototipo il sistema a celle a combustibile, da 35 kW, eroga potenza secondo la richiesta del carico ed è connesso in parallelo ad un sistema di accumulo, di capacità più ridotta, ma con funzioni analoghe a quelle del prototipo precedente.</p> <p>Elemento accessorio, ma di importanza rilevante è il sistema di stoccaggio dell'idrogeno compresso.</p>

Collaborazioni esterne	Lo sviluppo dei veicoli è stato svolto dal Centro Ricerche Fiat in collaborazione con Nuvera, che ha realizzato gli stack a celle a combustibile e con il supporto della Fiat Auto. La batteria del primo prototipo è al Piombo, di costruzione Exide; nel secondo è presente una batteria al Nichel-idruri metallici, di costruzione Panasonic.
Finanziamenti	Prototipi realizzati con finanziamenti del Ministero dell'Ambiente e della Fiat Auto.
Natura/stato del progetto	Il progetto è parte della linea di ricerca sulle applicazioni delle celle a combustibile all'autotrazione. Il primo prototipo è dotato di una configurazione di sistema adatta per impiego prevalentemente urbano, in quanto basata su un sistema di trazione elettrica a batteria connesso con un sistema a celle a combustibile di potenza contenuta, con funzione di mantenimento in carica della batteria. Il secondo prototipo è progettato come veicolo a piene prestazioni, multipurpose.
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a breve/medio termine	È prevista una sperimentazione approfondita dei prototipi e la realizzazione di altre unità per programmi dimostrativi nazionali ed europei. È inoltre in atto l'applicazione del sistema a celle a combustibile secondo la configurazione del secondo prototipo sulla nuova Panda. È prevista anche l'applicazione ad altri modelli di veicolo.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	È ipotizzabile una domanda di prototipi per programmi dimostrativi o piccole flotte. Gli investimenti necessari sono da correlarsi con gli sviluppi necessari per la loro realizzazione, con gli adattamenti ritenuti opportuni per l'introduzione di possibili innovazioni tecnologiche a livello di sistema e componenti.
Problemi di utilizzo	Da convalidare con prove pratiche la procedura di rifornimento dell'idrogeno dall'infrastruttura e, per quanto si riferisce alla risposta operativa, in particolare l'avviamento in condizioni di bassa temperatura. Da sperimentare il mantenimento nel tempo delle prestazioni dello stack a celle a combustibile.
Costi di produzione	Difficilmente ipotizzabili a questo punto dello sviluppo, se non sulla base del criterio di sostenibilità di un sovraccosto rispetto al convenzionale correlato con i benefici energetici ed ecologici e di comfort di utilizzo.
Costi di utilizzo	Di massima assimilabili al costo del combustibile (idrogeno). Da analizzare il costo di manutenzione in base ai requisiti dei componenti.
Problemi di standard	È in corso la definizione di un insieme di norme ISO riguardanti le prescrizioni di sicurezza dei sistemi di bordo e le procedure di misura delle prestazioni operative e dei consumi. Sono inoltre avviate le azioni per la definizione dei regolamenti UN-ECE necessari per la certificazione dei veicoli a celle a combustibile. Sono infine in corso le prescrizioni per lo sviluppo delle infrastrutture di rifornimenti del combustibile.
Impatto in termini di consumi e di emissioni	Le emissioni inquinanti e di CO <sub>2</sub> nel luogo di utilizzo sono nulle. Le emissioni ed i consumi relativi alla produzione dell'idrogeno dipendono dai metodi per la produzione stessa e dalla fonte di energia primaria utilizzata. Sono in corso studi al riguardo, considerando fonti rinnovabili o convenzionali.

### 5.10 Fiat Multipla ibrida a metano (Gasdriver)



Descrizione sommaria del progetto	Realizzazione di una vettura con sistema di propulsione ibrido, con motore termico alimentato a metano.
Contesto e motivazione del progetto	Perseguire l'obiettivo dello sviluppo di veicoli a basso consumo e basse emissioni associando i benefici potenziali del sistema ibrido con quelli della alimentazione del motore termico a metano (già sperimentati separatamente).
Orizzonte temporale	Sistemi ibridi a motore termico sono allo studio in Fiat fin dagli anni '80 per autobus e, per applicazione a vetture, dai primi degli anni '90. Sperimentazioni al banco dei sistemi e su prototipi hanno avuto luogo nella seconda parte degli anni '90. A metà degli anni '90 è stata avviata la linea di sviluppo dei veicoli a metano, con introduzione in produzione alla fine degli anni '90. L'integrazione dei due sistemi, con applicazione al modello Multipla, è stata realizzata nel 2002-2003.
Affidabilità tecnologica	I due sistemi componenti, nella loro applicazione su veicolo, hanno dimostrato singolarmente un livello di affidabilità adeguato per la produzione. Da confermare l'affidabilità nel sistema integrato su base di esercizio estensivo.
Elementi innovativi ed elementi accessori della soluzione tecnologica.	Elemento innovativo primario è costituito dall'integrazione dei due sistemi, ibrido e a metano, realizzati secondo gli ultimi sviluppi tecnologici, interconnessi tramite il relativo sistema di gestione.
Collaborazioni esterne	Lo sviluppo è effettuato con risorse interne al gruppo Fiat, principalmente ad opera del Centro Ricerche Fiat, con l'apporto delle acquisizioni tecnologiche maturate nei precedenti sviluppi di sistemi ibridi e a metano. Le batterie sono di costruzione Panasonic, del tipo Nichel-Idruri Metallici.
Finanziamenti	Interni.
Natura/stato del progetto	Lo sviluppo del progetto è a livello di prototipo sperimentato e caratterizzato.
Ulteriori sviluppi previsti/prevedibili a breve/medio termine	Ingegnierizzazione per la possibile produzione e sperimentazione estensiva.
Domanda ipotizzabile e investimenti necessari	È ipotizzabile in linea di principio una domanda congruente con quella espressa per i veicoli a metano, probabilmente incentivata in relazione ai consumi più ridotti. Gli investimenti necessari per portare il veicolo alla fase di commercializzazione sono ipotizzabili come quelli relativi alla messa in produzione di un nuovo modello, più i costi di ingegnerizzazione del nuovo sistema e della sperimentazione estensiva.

Problemi di utilizzo	Non sono prevedibili problemi particolari, trattandosi di un veicolo per uso generale.
Costi di produzione	Al momento, soltanto ipotizzabili, possono essere considerati come congruenti con quelli di un a motorizzazione ibrida, integrata con l'alimentazione a metano. Per l'accettazione del mercato, la differenza rispetto a quelli della motorizzazione convenzionale può essere valutata sulla base del costo operativo, che beneficia del vantaggio della riduzione di consumo.
Costi di utilizzo	Identificabili in linea di massima con il costo del combustibile, il cui consumo è valutabile in termini di una riduzione del 20-30% rispetto a quello di una motorizzazione a metano. Da valutare il costo di manutenzione, in particolare per quanto si riferisce alle batterie.
Problemi di standard	Gli aspetti normativi connessi con il sistema ibrido sono coperti dagli standard ISO, già definiti o in corso di definizione e dal regolamento UNECE R 101, per quanto riguarda i consumi, il cui emendamento con l'inclusione degli ibridi è di prossima ratificazione. Gli aspetti normativi connessi con l'alimentazione a metano sono coperti dagli standard già in atto per tale tipo di motorizzazione.
Impatto in termini di consumi ed emissioni	Dipendentemente dalle condizioni d'uso, il sistema può dar luogo ad una riduzione di emissioni di CO <sub>2</sub> di oltre il 30% rispetto alla motorizzazione convenzionale. Riguardo alle emissioni inquinanti, il sistema può raggiungere il livello EZEV.

### 5.11 Auto da 3 litri per 100 km

L'impegno delle case automobilistiche non si sviluppa solo sui combustibili e sulle trazioni innovative viste più sopra, che rimangono se vogliamo applicazioni di nicchia o applicazioni sperimentali.

Ben più rilevante, anche ai fini economici del prodotto, è l'impegno, o l'obbligo, di rispettare i 140 g/km di CO<sub>2</sub>, che corrispondono ad un consumo di 5 litri per 100 km (cfr. figura 28), da raggiungere per il 2008/2009.

In aggiunta a questo, il valore di 3 litri per 100 km è una "soglia psicologica" verso la quale tutti i costruttori indirizzano i loro sforzi.

Poiché tutte le case sono impegnate su questo obiettivo, si ritiene opportuno sintetizzare in un diagramma ed in una tabella un panorama della situazione odierna, dal quali si possono dedurre le seguenti tendenze:

- l'auto da 3 litri per 100 km sarà diesel (per la miglior efficienza energetica);
- il motore sarà di piccola cilindrata (downsizing);
- sicuramente sarà vincente il concetto di propulsione ibrida il quale, grazie al recupero dell'energia in frenata, costituisce il sistema di propulsione oggi a maggior rendimento.

Figura 28

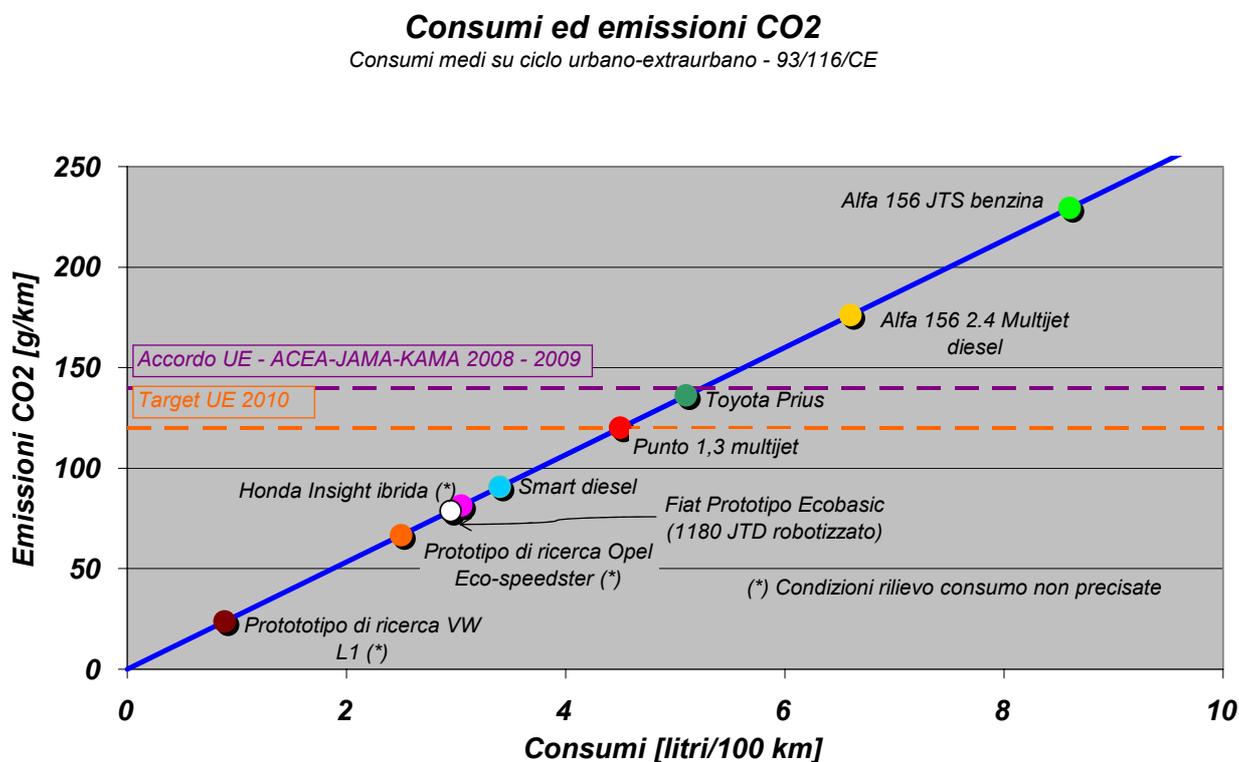


Figura 28Bis Stato dell'arte di consumi ed emissioni di CO<sub>2</sub>

Casa costruttrice	Nome vettura	Stato	Motore	Iniezione	N° cil	Cilindrata	Potenza		Consumi litri/100 km ( 93/116 CE )					
							cc	rpm	Urbano	Extraurbano	Combinato	Altro	Non spec	
VW	L1 - 1 litro car	Prototipo di ricerca	diesel asp		1	299	6,3	4000						0,89
VW	Lupo 3L													3
Opel	Eco-speedster	Prototipo di ricerca			4	1300	82							2,5
Audi	A2 - 1.2 TDI	Produzione	turbodiesel	iniettore-pompa	3	1200	45							3
Smart	Smart	Produzione	versioni benzina TCA		3	698	33/40/45		6,1	4,3	4,9			
Smart	Smart	Produzione	versioni turbo diesel	common rail	3	799	30	4200	3,9	3,1	3,4			
Citroen	C3 1.4 HDI	Produzione	turbodiesel		4	1398	50	4000						3,8
Ford	Fiesta TDCI	Produzione	turbodiesel		4	1399	50	4000						3,7
Fiat	Punto 1,9 JTD	Produzione	turbodiesel	common rail	4	1910	44	4500	6,6	4	4,9			4,8
Fiat	Punto 1,3 Multijet	Produzione	turbodiesel	multijet	4	1251	51	4000	5,6	3,9	4,5			
Alfa Romeo	Nuova 156	Produzione	turbodiesel	multijet	5	2400	129	4000	8,8	5,3	6,6			
Alfa Romeo	Nuova 156 JTS	Produzione	benzina	iniezione diretta		2000	121		12,2	6,6	8,6			
Vetture ibride:														
Toyota	Prius	Produzione	benzina+elettrico 33kW		4	1497	53	4500	5,9	4,6	5,1			
Honda	Insight	Commercializzata estero	benzina+elettrico 10 kW		3	995								3
Fiat	Multipia	Prototipo di studio	benzina+elettrico 30 kW		4	1600	76							6,8

### 5.12 Conclusioni

Come emerge dalle schede sinottiche e dalle schede dei progetti più significativi, l'industria automobilistica, in collaborazione con l'industria componentistica e con enti di ricerca, è impegnata nello sviluppo di veicoli ecologici e a basso consumo, che utilizzano combustibili originati da fonti di energia diversificate, incluse quelle rinnovabili, secondo vari indirizzi tematici e con traguardi cadenzati nel tempo.

Nell'area dei veicoli alimentati da combustibili non tradizionali, è già in atto l'impiego del metano per vetture e autobus.

Nel campo delle innovazioni incrementali rispetto all'attuale stato dell'arte, è rilevante l'obiettivo dell'auto con consumo 3 litri per 100 km, che coinvolge tutti i fronti della tecnologia.

Nel campo dei veicoli per impiego tipicamente urbano e suburbano, l'impegno dei costruttori, anche con il supporto dell'autorità pubblica, ha condotto alla disponibilità della tecnologia della trazione elettrica, con sistemi adatti ad applicazioni diversificate e suscettibili di ulteriori sviluppi con l'evoluzione dei componenti, nel campo dei sistemi di accumulo e dagli azionamenti.

Nell'ambito delle tecnologie per il breve-medio termine, è rilevante l'introduzione dei veicoli ibridi, già in atto da parte dell'industria giapponese e anche in Europa, specie in Italia, per quanto si riferisce agli autobus urbani.

Per l'applicazione alle vetture, sono in atto programmi di ricerca cooperativa interaziendale in Europa, con il supporto della Commissione Europea, per la finalizzazione delle tecnologie nell'ottica della riduzione del consumo della CO<sub>2</sub> e delle emissioni inquinanti, dell'incremento delle prestazioni e della diminuzione dei costi, quali elementi di impatto sull'accettazione del mercato.

Per le tecnologie a medio-lungo termine è in sviluppo un insieme di attività dedicate all'impiego dei sistemi a celle a combustibile per trazione.

Sono in atto programmi di ricerca, con il supporto della Commissione Europea, per lo studio di sistemi e componenti; sono nelle fasi iniziali progetti di sperimentazione e dimostrazione sul campo di prototipi e flotte di veicoli, è in avviamento l'installazione di infrastrutture per la distribuzione dei combustibili.

Esiste quindi un insieme di azioni condotte dall'industria in collaborazione con gli enti di ricerca e con il supporto dell'autorità pubblica, per lo sviluppo di soluzioni veicolari a minor impatto ambientale.



## Capitolo 6

### LE ATTIVITÀ DI RICERCA IN MERITO ALLE AUTOVETTURE A MINORE IMPATTO AMBIENTALE

Tutti i principali Paesi industrializzati nel mondo, in particolare Stati Uniti, Giappone e Unione Europea, hanno in corso programmi di ricerca e sviluppo sulle diverse tipologie di autovetture a minor impatto ambientale. I punti di differenziazione, in termini di intensità e focalizzazione, derivano essenzialmente dalle condizioni politiche e dalle caratteristiche industriali.

La scarsa diffusione delle motorizzazioni a gasolio e a metano ha indirizzato maggiormente la ricerca giapponese verso le autovetture con motore elettrico alimentato da batteria, ibrido o a celle a combustibile.

Negli Stati Uniti si assiste ad una forte concentrazione della ricerca sulle celle a combustibile, al fine di preservare l'attuale leadership tecnologica, e sulle auto ibride, con un'accesa discussione in atto tra quale sistema di trazione sia realmente il più efficace in termini ambientali e di riduzione delle importazioni di petrolio.

In Europa, i principali campi di intervento riguardano, invece, le motorizzazioni a combustione interna, dove sono stati raggiunti significativi risultati, e in misura sperimentale le autovetture ibride. Per quanto riguarda le celle a combustibile il ritardo politico dell'Europa è sensibile e solo di recente sono state intensificate le iniziative di sostegno. Come si è già avuto modo di sottolineare, l'impegno dei paesi membri dell'Unione Europea in questo contesto è risultato sinora non strutturato, limitato e frammentato. I fondi pubblici stanziati annualmente sono circa un quinto di quelli statunitensi e un quarto di quelli giapponesi.

Solo di recente la Commissione europea, nell'ottobre del 2002, ha promosso un Gruppo di lavoro con il compito di predisporre piani di sviluppo per un'economia basata sull'idrogeno<sup>2</sup>. Nel giugno del 2003, è stato presentato un documento sulla "Visione Europea" che, di pari passo con lo sviluppo delle celle a combustibile e delle tecnologie correlate, prevede che intorno al 2050 l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili rivestirà un ruolo importante nella produzione di energia.

Nelle prossime pagine verranno approfondite le attività di ricerca dei più significativi istituti di ricerca stranieri e italiani. Un'analisi complessiva sullo stato dell'arte è praticamente impossibile. Solo a livello accademico gli istituti di ricerca che si occupano di celle a combustibile, e risultano accreditati sui database più autorevoli, sono più di 250 e tra questi non rientrano molte delle istituzioni di minor dimensione che in vario modo si occupano di fuel cell<sup>3</sup>. Ancor più difficoltoso è l'individuazione dei centri di ricerca che si sono specializzati nelle altre tipologie di autovetture a minor impatto ambientale come l'elettrico, l'ibrido, o i carburanti alternativi per le motorizzazioni a combustione interna.

Per questo motivo è stato selezionato un istituto per ciascuno dei principali Paesi costruttori di autoveicoli, dando maggior spazio, ovviamente, alla situazione italiana.

---

<sup>2</sup> In questo gruppo di lavoro sono presenti due italiani: Carlo Rubbia e Roberto Cordaro presidente della Nuvera, l'unica impresa europea produttrice di fuel cell in grado di competere a livello mondiale (la Nuvera è in verità una joint-venture italo-americana, esistono altri produttori europei ma sono di ridotte dimensioni, uno di questi è localizzato a Bologna).

<sup>3</sup> In Italia sono una quindicina e molte di queste non sono contemplate.

## 6.1 Argonne National Laboratori (Illinois, USA)

La missione principale dell'*Argonne National Laboratory* (ANL) è lo sviluppo tecnologico di nuovi veicoli e la ricerca di soluzioni efficienti per il trasporto di persone e merci nel rispetto delle emissioni inquinanti e delle disponibilità energetiche.

L'ANL è stato fondato da più di trent'anni e il suo principale finanziatore è il Ministero per l'Energia (DOE) degli Stati Uniti. L'attività di ricerca è commissionata da tutti i maggiori costruttori automobilistici, in particolar modo in tre contesti applicativi: autoveature (propulsioni alternative e riciclaggio materiali), veicoli pesanti (controllo emissioni e sicurezza), sistemi di trasporto.

Per quanto concerne i veicoli a minor impatto ambientale, specifici programmi sono in corso sui combustibili alternativi, le batterie, il controllo delle emissioni inquinanti, le celle a combustibile e i veicoli ibridi:

- in merito ai combustibili alternativi l'ANL ha il compito di effettuare test per verificare l'efficienza energetica e favorire il trasferimento tecnologico verso le piccole medie imprese e le università. L'obiettivo principale è la riduzione della dipendenza statunitense dall'importazione di petrolio, per questo motivo la maggior parte degli sforzi sono concentrati nel migliorare l'accettazione da parte del mercato,
- secondo l'ANL, indipendentemente da quale sarà lo standard tecnologico per l'auto del futuro, un ruolo centrale sarà svolto dalle batterie. I veicoli elettrici, ibridi o a celle a combustibile dipendono dalle prestazioni delle batterie: rendimento, durata, sicurezza, affidabilità, smaltimento e costo. In collaborazione con altri laboratori statunitensi, l'ANL ha focalizzato l'attenzione sulle batterie al litio-ione che per il minor peso e la maggior densità energetica risultano essere le più indicate nei trasporti. In particolare i programmi di ricerca dell'ANL si sono concentrati sulla riduzione del costo delle batterie (miglioramento dei meccanismi di controllo della perdita di potenza e di capacità, stabilizzazione dei processi chimici, impiego di additivi elettrolitici) e nel miglioramento della sicurezza (analisi e stabilizzazione delle proprietà termiche),
- i progetti dell'ANL nel campo dei motori a combustione interna sono incentrate nella ricerca di soluzioni innovative che saranno commercializzate entro i prossimi 5-10 anni, in particolare nella contemporanea riduzione dell'ossido di azoto e delle polveri sottili nei motori a diesel, nella vaporizzazione ottimale del gasolio nell'iniezione diretta, sia per autoveature, sia per altri sistemi di trasporto,
- le ricerche in corso sulle celle a combustibile riguardano l'intero sistema propulsivo, contemplando tutte le possibili opzioni tecnologiche senza precluderne alcuna, dalla membrana polimerica all'ossido di zirconio. Lo scopo prioritario è quello di abbreviare il più possibile i tempi della commercializzazione delle celle a combustibile. Una delle principali attività riguarda lo sviluppo di catalizzatori e processi di *reforming* per combustibili convenzionali (benzina e metano) o alternativi (metanolo ed etanolo). In questo contesto l'ANL ha in sviluppo un *reformer* in grado di operare con diverse tipologie di carburanti liquidi con prestazioni e costi decisamente competitivi con gli standard attuali. Un'altra significativa attività interessa la simulazione dell'intero sistema veicolo in modo da determinare i parametri chiave che influenzano le prestazioni dei veicoli a celle a combustibile. Inoltre l'ANL sta sviluppando nuovi materiali avanzati al fine di aumentare le prestazioni e ridurre i costi di tutti i componenti delle celle a combustibile,
- all'interno dei veicoli elettrici ibridi, il motore a combustione costituisce il componente meno efficiente. Gli ingegneri dell'ANL stanno tentando di migliorarne l'efficienza relativa, sia come componente sia attraverso i sistemi di controllo. In particolare l'attenzione è stata focalizzata sull'applicazione delle motorizzazioni a iniezione diretta.

## 6.2 *Japan Automobile Research Institute (Giappone)*

Lo *Japan Automobile Research Institute* (JARI) è stato istituito con lo scopo specifico di sviluppare ricerche in campo autoveicolistico. Nel luglio del 2003 sono confluite all'interno dello JARI, sia lo *Japan Electric Vehicle Association* (JEVA), che era stato promosso e costituito per promuovere lo sviluppo e la diffusione dei veicoli elettrici a batteria oltre che per la definizione di standard e criteri di valutazioni per l'analisi delle emissioni inquinanti dei veicoli, sia la *Association of Electronic Technology for Automobile Traffic and Driving* (JSEK), che era stato fondato per condurre ricerche nell'ambito delle tecnologie informatiche a supporto del traffico.

Per sua natura lo JARI è pienamente coinvolto in progetti di ricerca relativi al trend innovativo dei veicoli a celle a combustibile, ai veicoli elettrici e a quelli ibridi, al fine di analizzare il possibile sviluppo tecnologico; favorire la standardizzazione dei diversi componenti del sistema propulsivo; diffondere e promuovere i risultati ottenuti.

I principali filoni di ricerca riguardano il risparmio energetico e le celle a combustibile alimentate ad idrogeno:

- per quanto concerne gli aspetti di tipo ambientale, le ricerche sono state indirizzate sulla conservazione e prevenzione degli ambienti urbani, sullo sviluppo delle auto pulite e sull'inquinamento acustico. In primo luogo sono state effettuate alcune indagini e simulazioni di tipo valutativo per chiarire in modo definitivo le reali ed effettive conseguenze generate dagli scarichi inquinanti delle automobili sull'ambiente atmosferico. In questo ambito la ricerca ha indagato anche i possibili effetti sociali ed economici causati dall'inquinamento delle automobili e approfondito l'impiego dei gas naturali come il metano. Sono state implementate, inoltre, nuove metodologie di misurazione delle emissioni delle polveri sottili in particolar modo emesse da motori diesel. A tal fine, per chiarire i meccanismi degli effetti sulla salute umana, sono stati utilizzati tecniche molecolari biologiche e genetiche altamente sensibili e versatili,
- lo JARI è costantemente coinvolto nei progetti di ricerca, sviluppo tecnologico e standardizzazione dei veicoli elettrici, ibridi e a celle a combustibile a idrogeno. Particolare attenzione è rivolta ai metodi di analisi per valutare il rendimento del combustibile idrogeno; le specifiche qualitative dell'idrogeno; i metodi di analisi per verificare la prestazione delle celle; la promozione di standard per valutazione dei materiali. Le ricerche in questo campo non riguardano unicamente lo sviluppo tecnologico, ma si concentrano anche sulla sicurezza del sistema propulsivo. I test interessano i rischi a seguito di incendio o collisione delle celle a combustibile, dei serbatoi cilindrici ad alta pressione e il veicolo nel suo insieme. I risultati di tali verifiche e sperimentazione si riflettono nelle attività di standardizzazione.

## 6.3 *Institut für Kraftfahrwesen Aachen (Germania)*

L'*Institut für Kraftfahrwesen* di Aachen (IKA) è stato costituito nel 1902 all'interno della facoltà di ingegneria meccanica della locale università e svolge attività di didattica specialistica e di ricerca nell'ingegneria dell'auto.

L'IKA è strutturato in sei dipartimenti – pianale, carrozzeria, motorizzazione, acustica, mobilità ed elettronica – e cinque piattaforme trasversali – design, simulazione, progettazione, prototipazione e sperimentazione. All'interno dell'istituto operano circa 90 dipendenti tra ricercatori e assistenti. Grazie alla versatilità e ampiezza di ricerca trattata, l'istituto coopera con tutti i principali attori dell'industria automobilistica, anche tramite l'istituto associato FKA, dedicato a ricerche mirate allo sviluppo industriale.

Le attività concernenti le auto a minore impatto ambientale interessano sia le motorizzazioni convenzionali che quelle alternative con particolare attenzione non solo agli aspetti motoristici, consumi ed emissioni, ma anche della sicurezza, al comfort e alla riduzione dei costi. L'attività di ricerca contempla tutte le fasi progettuali, dal concetto fino alla sperimentazione dei prototipi artigianali, ed è principalmente focalizzata sui veicoli elettrici, ibridi e a celle a combustibile alimentate ad idrogeno:

- nel 2001 in collaborazione con la Ford e la RLE International è stato realizzato una versione prototipale elettrica della IKA, le cui principali innovazioni sono: l'alimentazione con batterie a ioni di litio con elevata autonomia e riduzione dei tempi di carica; la collocazione in un unico alloggiamento dei sistemi che compongono il motopropulsore con conseguente riduzione delle parti; sterzo assistito elettricamente; riduzione dei pesi,
- sempre in collaborazione con Ford, l'IKA ha realizzato due prototipi ibridi il primo dei quali già nel 1993; una Ford Estate con sistema parallelo e batterie al Nichel cadmio e possibilità di ricarica dalla rete elettrica. Il secondo prototipo, una Ford Escort, è stato realizzato nel 1998 con lo scopo specifico di ridurre i costi di produzione tramite un diffuso impiego di componenti già disponibili e migliorare le prestazioni complessive del veicolo. Nell'ambito di un progetto europeo sui veicoli ibridi, nel 2000 l'IKA in collaborazione con altri istituti di ricerca ha sviluppato un prototipo su carrozzeria e meccanica della Citroen Berlingo in grado di ridurre i consumi di carburante rispetto ad un analogo veicolo con motorizzazione convenzionale,
- per quanto concerne le celle a combustibile l'IKA è coinvolto in due progetti. Il primo ha lo scopo di valutare l'evoluzione della tecnologia attuale e individuare il ciclo di vita delle diverse componenti mentre il secondo sta provvedendo alla definizione delle modalità e delle procedure di prova dei veicoli a celle a combustibile – nel 2004 sono previste prove al banco e su strada di alcuni veicoli – e alla individuazione di sistemi di analisi tecnico-economica,
- uno dei fattori comuni e decisivi per la realizzazione dei veicoli a minor impatto ambientale, sia elettrico, ibrido o a celle a combustibile, risiede negli accumulatori. Per questo motivo l'IKA ha riposto particolare attenzione ai progetti di ricerca sulle batterie elettriche sviluppando nuove metodologie di analisi e di test.

#### 6.4 INRETS (Francia)

L'*Institut National de Recherche sur les Transports et leur Securite* (INRETS) è stato costituito con decreto interministeriale nel 1985 e dipende direttamente dal Ministero della Ricerca e dal Ministero dei Trasporti.

Gli obiettivi principalmente prefissati all'INRETS riguardano essenzialmente lo svolgimento di ricerche nell'ambito dei mezzi di trasporto e del traffico sotto il punto di vista tecnologico, economico e sociale; promuovere i risultati di queste ricerche e definire programmi di diffusione della conoscenza scientifica tramite anche corsi di formazione.

L'attività dell'istituto è caratterizzata da programmi pluri-disciplinari nei quali intervengono ricercatori specializzati nei campi quali: l'economia, la sociologia, la psicologia, la fisiologia, l'ergonomia, la biomeccanica, l'acustica, la meccanica, la matematica, l'elettronica di informatica e l'elettrotecnica. Complessivamente l'INRETS occupa 400 dipendenti, di cui 189 ricercatori, 157 tecnici ed assistenti e 54 dirigenti e amministrativi. Due terzi dei ricercatori provengono da facoltà scientifiche, i rimanenti dalle scienze sociali. Le unità di ricerca sono complessivamente 17 e sono localizzate: sette nella regione di Parigi a Arcueil, sei nel Rhône-Alpes, tre a Villeneuve-d'Ascq ed uno a Salon-de-Provence. Tra questi, i

progetti inerenti le autovetture a minore impatto ambientale sono assegnati al *Laboratoire Transports et Environnement* (LTE) con sede a Lione.

Le principali competenze presenti in questo laboratorio riguardano: l'inquinamento atmosferico con particolare attenzione all'effetto serra; l'inquinamento atmosferico prodotto dal rotolamento dei pneumatici; l'impatto ambientale dal punto di vista sociale e economico; i veicoli elettrici e ibridi. Al momento sono in corso due consistenti progetti relativi all'impatto dei trasporti sull'ambiente e i veicoli a trazione elettrica e ibrida:

- l'obiettivo principale del primo progetto è quello di elaborare alcuni indicatori per tipologia di danno ecologico sulla base di variabili fisiche e psicologiche. In questo modo potrà essere possibile valutare l'impatto ambientale delle diverse opzioni tecnologiche e politiche indipendentemente dal mezzo di trasporto analizzato,
- l'INRETS ha in corso da molti anni progetti di valutazione per la simulazione e la sperimentazione a trazione elettrica, sia di concezione tradizionale, sia ibrida, sia a celle a combustibile. Tali progetti sono stati realizzati in collaborazione con i costruttori automobilistici nazionali, i produttori di macchinari e altri centri di ricerca, e al momento hanno visto la realizzazione del software di simulazione dei veicoli ibridi per Peugeot e Renault, e degli autobus per Renault e Alstom.

Attualmente l'INRETS ha focalizzato l'attenzione sull'insieme complessivo del sistema a motorizzazione elettrica, individuando specifici campi di ricerca per: gli organi di trasmissione (motore e convertitori di potenza); i sistemi di accumulo tradizionali o ad alta capacità; i generatori elettrici azionati da motori tradizionali o a celle a combustibile.

#### 6.5 *University of Sheffield (Gran Bretagna)*

Le attività di ricerca dell'Università di Sheffield per le vetture a minor impatto ambientale fanno capo al dipartimento *Electrical Machines and Drives* nel quale operano tra ricercatori e assistenti circa 50 persone.

L'attività di ricerca, sia di base che applicata, non riguarda unicamente il comparto autoveicolistico, ma l'insieme delle realizzazioni nel campo delle macchine elettriche, in modo da rendere trasversale i risultati ottenuti. Per questo motivo, la strategia del dipartimento è quella di preservare un portafoglio bilanciato dei progetti e favorire lo sfruttamento commerciale dei numerosi brevetti depositati.

La maggior parte delle attività inerenti il settore automobilistico è concentrata intorno ai progetti di ricerca finanziati dall'Unione Europea per i veicoli elettrici ed ibridi. I progetti, realizzati in collaborazione con i principali assemblatori e fornitori di componenti dell'industria automobilistica europea, interessano tutte le diverse parti del sistema veicolare. Requisito indispensabile è l'approfondito processo valutativo dei risultati ottenuti tramite test a banco e su strada.

Oltre che la ricerca sui veicoli elettrici ed ibridi, un certo numero di progetti di ricerca si focalizzano sull'integrazione dei dispositivi elettromeccanici nei veicoli a combustione interna. Questi includono: i turbo-compressori elettrici ad alta velocità per il migliore utilizzo della potenza generata alle basse velocità in modo da determinare un miglior rapporto di coppia e disporre di maggior energia per il funzionamento di tutti le nuove componente assistite elettronicamente; i sistemi elettrici per la gestione delle valvole a fasatura variabile che consentono migliori prestazioni e riduzione delle emissioni inquinanti.

L'Università di Sheffield detiene inoltre una specializzazione di rilievo nello studio, sviluppo, costruzione e prova di sistemi di trazione elettrica, con tecnologie di vario tipo –

in particolare a magneti permanenti e a riluttanza – comprendenti anche l'utilizzo di metodi non convenzionali per la realizzazione delle parti magnetiche.

## 6.6 TNO (Olanda)

Il *Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek* (TNO) è stato fondato nel 1930 come società a statuto speciale indipendente di ricerca e sviluppo, occupa più di 5.000 dipendenti e la sede principale è localizzata in Delft. La missione principale del TNO è quello di favorire il trasferimento tecnologico dalle università e dai centri di ricerca di base alle imprese, sviluppando parallelamente applicazioni pratiche.

L'attività di ricerca del TNO viene svolta in 8 sedi nel mondo attraverso 14 istituti specialistici e si concentra in 5 aree principali: qualità della vita; sicurezza e difesa pubblica; prodotti, processi e sistemi innovativi; ambiente; information communication technology.

Le ricerche inerenti le vetture a minor impatto ambientale sono concentrate in un istituto specifico, il TNO *Wegtransportmiddelen* (automotive), che si occupa anche di sicurezza, aerodinamica, sistemi di trasporto innovativi, sistemi di controllo motore e omologazione. Le aree di attività – veicoli convenzionali, carburanti alternativi, batterie elettriche, veicoli ibridi, celle a combustibile – sono analizzate tenendo particolarmente presente l'integrità del sistema veicolo, l'approccio multi disciplinare delle soluzioni tecniche analizzate, la pervasività in più ambiti industriali delle innovazioni relative all'automobile.

L'attenzione posta sui veicoli tradizionali riguarda essenzialmente: il sistema alternatore-avviamento; le trasmissioni a variazione continua o automatizzate in modo da ottimizzare la combustione interna; il controllo delle emissioni inquinanti delle motorizzazioni a gasolio (catalizzatori, assorbimento ossido di azoto, filtraggio delle polveri sottili, etc.)

Nell'ambito dei carburanti alternativi per i motori a combustione interna, l'attività di ricerca è iniziata nel 1963 in particolar modo per quanto concerne il GPL e il metano, e più di recente per gli altri combustibili gassosi come l'idrogeno e il dimetiletere (DME). La più che decennale esperienza in questo campo ha conferito al TNO automotive un diffuso e a consolidato apprezzamento internazionale. Gli studi effettuati in collaborazione con i principali produttori mondiali hanno interessato la configurazione del motore, i sistemi software di controllo, la rete di distribuzione.

In merito allo sviluppo delle batterie elettriche le analisi sono state concentrate sull'ottimizzazione del ciclo di vita del prodotto e il controllo di potenza.

Per quanto concerne i veicoli ibridi, l'attività di ricerca è iniziata nel 1997 e ha interessato tutte le possibili opzioni di trazione ibrida. Nel 2002 è stato sviluppato un primo prototipo con batterie al nichel-metalidrato (NuMH), denominato Hybrid Carlab, sulla base del nuovo maggiolino Volkswagen. Il principale risultato raggiunto è stato una sensibile riduzione dei consumi, 4 litri per 100 km nel ciclo combinato, che secondo TNO può essere ulteriormente migliorato, e la risoluzione di alcuni inconvenienti che normalmente inficiano i veicoli ibridi: l'accumulo di energia; i sistemi di trazione; le procedure di controllo.

TNO ha svolto, in collaborazione con altri Enti di ricerca europei, un programma supportato dalla Commissione Europea per la caratterizzazione funzionale ed energetica dei veicoli ibridi, finalizzato alla definizione della relativa normativa.

Al momento l'attività di ricerca interna sulle celle a combustibile è focalizzata sulla prove sperimentali di tutti le parti che compongono un veicolo fuel cell, compreso i sistemi di reformer. Lo sviluppo delle celle a combustibile per autovetture è svolta in collaborazione con il Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN).

## 6.7 *La ricerca e sviluppo in Italia*

Le attività di ricerca in Italia per le autovetture a minore impatto ambientale sono concentrate essenzialmente in pochi operatori che possono essere classificati a seconda della natura giuridica, statale o privata, e per l'ambito di ricerca analizzato. È da osservare, comunque, che le attività svolte nell'ambito dello sviluppo delle celle a combustibile hanno riguardato tutti gli aspetti del sistema, dal trattamento del combustibile allo sviluppo di componentistica innovativa, alla tecnologia della cella.

Tra gli enti statali prevale l'interesse per l'idrogeno e le celle a combustibile che vengono studiate in particolar modo dall'ITAE (Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia del Consiglio Nazionale delle Ricerche), dall'ENEA e dalle Facoltà di ingegneria. Tra quest'ultimi si segnalano in primo luogo i Politecnici di Milano e Torino, e l'Università di Roma 3, nonché le Facoltà di Cassino, Genova, l'Aquila, Messina, Modena, Parma, Perugia e Pisa. In ambito statale le altre tipologie di autovetture a minor impatto ambientale sono oggetto di studio dalle Facoltà di Ingegneria e soprattutto dall'Istituto Motori del Consiglio Nazionale delle Ricerche, che nutre interessi anche nelle ricerche sulle celle a combustibile.

Tra le imprese private, i soggetti che operano con maggiore intensità sono essenzialmente tre: il gruppo Fiat che, tramite il Centro Ricerche Fiat ed Elasis, interviene su tutto il fronte innovativo, il gruppo De Nora<sup>4</sup>, il principale produttore europeo di celle a combustibile, e Ansaldo Fuel Cells, il cui interesse principale, tuttavia, è focalizzato sulle soluzioni di tipo stazionario<sup>5</sup>.

A fianco di queste consolidate organizzazioni di ricerca, sono a vario titolo attive nello sviluppo delle autovetture a minore impatto ambientale una serie di imprese che si potrebbero identificare sia come costruttori di veicoli alternativi, soprattutto ad uso pubblico, sia come fornitori di determinate parti e componenti. Tra i più significativi rientrano, in ordine alfabetico:

- la Carrozzeria Autodromo Modena scarl con sede a Modena, attiva dal 1949 nel trasporto pubblico e nella produzione di autobus innovativi ibridi elettrico-gasolio, a GPL e a metano, in gravi difficoltà economiche alla fine del 2003;
- la Celco profil di Vigonovo (VE), specializzata in motori elettrici e in equipaggiamento elettronico e impegnata da anni nella sperimentazione di piccoli veicoli elettrici, nel 2001 ha completato il suo primo sistema dimostrativo di una unità di potenza a fuel cell e nel 2002 ha firmato con la canadese Palcan Fuel Cell un accordo per lo sviluppo comune di uno stack da 1-5kW PEM, da utilizzare in piccole applicazioni di trasporto, a partire dalla produzione di scooter elettrici che funzionino a fuel cell;
- il gruppo FAAM spa che, attraverso la divisione EFV con sede a Monterubbiano (AP), a partire dal 1989 ha iniziato la progettazione e la commercializzazione di veicoli a

---

<sup>4</sup> Il gruppo De Nora a partire dal 1992 ha svolto ricerche e sviluppato celle a combustibile. Nel 2000 insieme alla statunitense Epyx Corporation ha formato la società Nuvera per la produzione di celle a combustibile a elettrolita polimerico per applicazioni su veicoli o moduli di produzione di energia a usi residenziali e sistemi di reforming. Nel quadro dei programmi del Department of Energy statunitense (DoE), sta progettando e realizzando reformer da 50 kW, in grado di convertire benzina, o combustibili alternativi come metanolo, etanolo o gas naturale, in idrogeno. Inoltre, in collaborazione con la Engelhard Corporation e il Worcester Polytechnic Institut e con finanziamenti del DoE, sta mettendo a punto un fuel processor multi-combustibile.

<sup>5</sup> Ansaldo opera da diversi anni nel settore delle celle a combustibile per trazione sviluppando gli azionamenti elettrici del veicolo, occupandosi quindi di tutte le problematiche relative alla progettazione e realizzazione del sistema di generazione e del suo impiego a bordo del veicolo. In passato Ansaldo, all'interno del progetto Euro Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project (EQHPPP), ha partecipato alla realizzazione di un autobus da 12 metri e di un battello per la navigazione sul Lago Maggiore. Si tratta di sistemi in configurazione ibrida che usano idrogeno liquido. Ansaldo ha partecipato ai programmi europei FEVER e FCBUS, nonché al progetto per il bus a idrogeno di Torino.

- propulsione elettrica, investendo in questo modo in un'attività complementare al settore delle batterie. Attualmente sono circa 500 i veicoli elettrici circolanti in Europa suddivisi in autocarri e veicoli ecologici – utilizzati dagli enti pubblici per la raccolta della nettezza urbana, per la distribuzione della posta, per l'attività di giardinaggio pubblico, ect. –, scooter e biciclette a propulsione elettrica;
- la ILT Technology srl, localizzata a Pontedera (PI), specializzata nei generatori di idrogeno ed ossigeno. Nel 2002 ha sviluppato il primo prototipo italiano di autovettura a idrogeno con motore a combustione, una Fiat Multipla BiPower alimentata anche a benzina;
  - la Micro-vett srl costituita nel 1987 con sede a Imola (BO). È attualmente il maggior costruttore e progettista di veicoli a trazione elettrica. Inizialmente la Micro-Vett si dedicava alla realizzazione di micro-vetture per la città, dal 1991 si è specializzata all'elettificazione di veicoli commerciali leggeri, medi e pesanti, e speciali per conto soprattutto di Piaggio e Iveco. Di recente, in collaborazione con il Centro Ricerche Fiat, ha iniziato la trasformazione di veicoli commerciali FIAT in veicoli ibridi con propulsione principale elettrica, assistita da un gruppo di generazione costituito da un motore a combustione interna e da un generatore elettrico posto in asse al motore termico. Il veicolo sarà reso disponibile nelle configurazioni di minibus, scuolabus, furgone van, combinato e trasporto persone;
  - la OMVL srl di Pernumia (PD) del gruppo Sit-Group, rispettivamente con 200 e 1.500 dipendenti, specializzata nella conversione dei veicoli a combustibile alternativo (gpl-metano). Nel 2003 ha sviluppato un nuovo prototipo di automobile ecologica che funziona a gas metano, una Alfa 164 ad iniezione;
  - la Ponte di Archimede spa, fondata nel 1983 con sede a Messina, controllata dal Gruppo Armatoriale Caronte spa, è attiva nella progettazione e ricerca delle fonti alternative di energia, con particolare attenzione agli aspetti ambientali. La Ponte di Archimede svolge la sua ricerca in particolare in collaborazione con il Registro Navale Italiano e l'ITAE del CNR. Con quest'ultimo è stato costruito un impianto-pilota per la produzione in serie di elettrodi a diffusione gas per celle a combustibile concepiti con una rivoluzionaria tecnica di spalmatura del platino. Tali elettrodi risultano sensibilmente meno costosi rispetto a quelli dei prodotti più avanzati oggi sul mercato;
  - la Roen Est srl fondata nell'anno 2000 nei pressi di Bologna per sviluppare celle a combustibile ad elettrolita polimerico e sistemi CHP per usi residenziali ed industriali. La tecnologia è stata realizzata in collaborazione con la divisione tecnologie energetiche avanzate dell'ENEA. La Roen est è stata acquistata nel 2003 dalla giapponese Arcotronics NISSEI per costituire la Arcotronics Fuel Cell;
  - il gruppo SAPIO srl, con sede principale a Monza e unità produttive in Italia, Germania, Austria, Grecia e Albania, che ha iniziato la sua attività industriale con la produzione di ossigeno ed idrogeno da elettrolisi dell'acqua per specializzarsi in tutti i gas tecnici e medicinali. Oggi il Gruppo Sapiro è il principale produttore di idrogeno per il mercato italiano, con una quota pari a circa il 60% ed è coinvolto alla progettazione e successiva realizzazione del primo bus italiano a celle a combustibile, alimentate da idrogeno compresso, e alla realizzazione della prima stazione di rifornimento italiana per idrogeno, nonché allo sviluppo progettuale del primo treno azionato da celle a combustibile alimentate ad idrogeno compresso;
  - la So.F.teR srl specializzata nella produzione di leghe polimeriche con stabilimenti in Emilia Romagna, nelle Marche e in Lombardia. In collaborazione con i Politecnici di Milano e Torino sta sviluppando nuove tipologie di membrane, in grado di funzionare nelle celle a combustibile a temperature più elevate e di essere prodotte a costi più bassi

di quelle attualmente impiegate.

- il gruppo SOL, fondato nel 1927 a Monza e quotato alla Borsa Valori di Milano, opera nel settore della produzione, ricerca applicata e commercializzazione dei gas tecnici – industriali, puri e medicinali –, nel settore dell'assistenza medicinale a domicilio e in quello della saldatura. Le applicazioni dell'idrogeno riguardano sia il settore stazionario, sia il settore della mobilità sostenibile.

Nelle prossime pagine verranno presentate le attività di ricerca delle organizzazioni italiane maggiormente coinvolte nello sviluppo di autovetture a minore impatto ambientale vale a dire: il Centro Ricerche Fiat, l'ENEA e il Consiglio Nazionale delle Ricerche.

#### 6.7.1 Il Centro Ricerche Fiat

Il Centro Ricerche FIAT (CRF) è nato nel 1976 e opera nel campo della ricerca, dell'innovazione e della consulenza per i settori industriali con la missione di contribuire a sviluppare attività ad alto contenuto innovativo non esclusivamente per il gruppo Fiat. Nel 2002 lavoravano presso il CRF 960 dipendenti, di cui il 57% laureati, il fatturato è stato di 108 milioni di Euro (+6,3% rispetto all'anno precedente) e i nuovi brevetti registrati sono stati 72. Nell'ambito del V° Programma Quadro UE (1998-2002) il CRF ha partecipato a 198 progetti, risultando il centro di ricerche con il maggior numero di progetti accettati.

L'innovazione è il risultato principale della ricerca applicata svolta dal CRF e comprende l'innovazione di prodotto, di processo e metodologica. Le finalità di ricerca del CRF rientrano in un quadro di sviluppo sostenibile per migliorare l'ambiente, ridurre il consumo energetico e permettere una migliore qualità della vita in termini di sicurezza e benessere.

Tre sono le aree prioritarie di ricerca: ambiente ed energia; sicurezza e benessere; crescita competitiva sostenibile. Nell'area "Ambiente ed Energia" vengono svolte le principali attività inerenti le autovetture a minore impatto ambientale. Esse riguardano sia le architetture, le tecnologie e i materiali per le propulsori a combustione interna (benzina, diesel e gas), sia i veicoli e sistemi a propulsioni alternative.

In particolare si segnalano i principali risultati conseguiti recentemente:

- con l'obiettivo di ottemperare i nuovi limiti di emissioni inquinanti (EURO 4), il CRF ha messo a punto due tecnologie per i motori a diesel: le iniezioni multiple che rappresentano una sensibile evoluzione del sistema *Common rail* e il filtro del particolato a rigenerazione controllata per le vetture ad elevata inerzia. In previsione dei livelli di emissione successivi all'EURO 4, il CRF ha in corso delle attività di ricerca finalizzate alla riduzione degli inquinanti direttamente all'interno della camera di combustione tramite la riduzione delle temperature, in determinate condizioni di funzionamento del motore, che in questo modo non consente la formazione di ossidi di azoto e di particolato,
- per favorire l'impiego dei propulsori a gas naturale il CRF ha iniziato lo sviluppo di un sistema di iniezione liquida, e non più vaporizzato, a controllo elettronico che utilizza strategie di gestione del motore specifiche per il metano e il GPL. I quattro elettro-iniettori sono appositamente studiati per questi combustibili e gli impianti di alimentazione di tipo *multiport* sono separati da quelli utilizzati dalla benzina,
- nell'ambito del progetto ATENA, finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica ed attuato dal Comune di Napoli, il CRF in collaborazione con Elasis ha realizzato dieci prototipi a propulsione ibrida a doppia alimentazione elettrica e benzina (Fiat Multipla). Il veicolo ibrido, denominato *Ecodriner* è dotato di un motore a combustione interna assistito elettricamente da una macchina elettrica posta in asse tra il motore termico e il cambio. Tale prototipo è stato il primo modello ibrido al mondo che consentiva di utilizzare unicamente la motorizzazione elettrica, nonché di poter ricaricare le batterie anche attraverso la rete elettrica. Sempre nell'ambito del progetto

- ATENA sono state testate cinque veicoli Seicento Elettra con sistema batterie litio-ione,
- in collaborazione con Micro-vett e Lombardini, è stato sviluppato una diversa tipologia di modello ibrido, denominato *Ecopower* in cui la propulsione principale elettrica è assistita da un gruppo di generazione costituito da un motore a combustione interna a benzina e da un generatore elettrico posto in asse al motore termico. Tale sistema è stato implementato su modelli IVECO ed è stato commercializzato a partire dal 2003,
  - dall'unione del progetto per il motore a metano con sistema di iniezione *multipoint* a controllo elettronico e il veicolo ibrido *Ecodriver* è stata realizzata la prima vettura ibrida a metano, denominata *Gasdriver*, che consente di rispettare i limiti di emissioni inquinanti dell'*Equivalent Zero Emission Vehicle* senza inficiare le prestazioni veicolistiche,
  - è stato presentato, nel settembre del 2003, il secondo prototipo ad idrogeno con celle a combustibile. Anche in questo caso era una Fiat Seicento, il progetto si era posto come obiettivo quello di ottimizzare lo spazio, raddoppiare i posti a sedere, e migliorare le performance di guida, portare la velocità massima a 130 km/h e l'autonomia a 220 km per il ciclo urbano. Il progetto ha richiesto investimenti per 500mila Euro è stata sviluppata con finanziamenti di FIAT Auto e del Ministero dell'Ambiente. Il primo prototipo è stato presentato nel 2001 come derivazione dalla Seicento Elettrica, della quale aveva mantenuto alcuni componenti, come il motore elettrico asincrono trifase a corrente alternata e il pacco batteria, che era stato tuttavia ridimensionato. La cella a combustibile installata nella vettura (fornito da Nuvera Fuel Cells Europe) è alimentato con idrogeno in pressione (200 bar), accumulato in sei bombole (9 litri ciascuna) sistemate nella parte posteriore del veicolo. Il prossimo anno saranno prodotti tre nuovi prototipi potenziati sulla base della Panda da sperimentare nella città di Mantova in modo da attuare anche una verifica estesa dalle infrastrutture di generazione dell'idrogeno e, quindi, di ricarica fino alla valutazione della loro funzionalità per esaminare così la validità, nel complesso, del sistema di propulsione.

## 6.7.2 L'ENEA

Fra i temi di ricerca e sviluppo l'ENEA si occupa da diversi anni di attività nel campo dello sviluppo di tecnologie di veicoli a basso impatto ambientale.

Le principali aree di interesse sono: lo sviluppo e la caratterizzazione di sistemi ibridi per trazione; lo sviluppo della tecnologia delle celle a combustibile e lo sviluppo tecnologie di accumulo idrogeno.

Per quanto concerne lo sviluppo e caratterizzazione di sistemi ibridi per trazione giocano un ruolo importante nel programma ENEA le attività di test e valutazione. Componenti e sottosistemi sono caratterizzati in ogni loro aspetto presso la Stazione di Prova Veicoli Ibridi, presso il Centro Ricerche della Casaccia. Presso lo stesso centro è inoltre disponibile un banco a rulli per la caratterizzazione su strada di veicoli innovativi.

Attività di testing: ad oggi veicoli elettrici ibridi (HEV) e veicoli ibridi con celle a combustibile (FCHEV) fanno uso di sistemi ad alta densità di potenza per garantire prestazioni simili a quelli equipaggiati con motori a combustione interna. Sotto la direzione e il supporto finanziario dell'EU l'organizzazione di ricerca EUCAR, una associazione di cui fanno parte la maggior parte dei costruttori europei di veicoli, ha condotto una attività autonoma di caratterizzazione di sistemi di potenza, utilizzando procedure comuni in diversi laboratori. In questo quadro, l'ENEA agisce come istituto indipendente di prova ed ha sperimentato diversi sistemi di accumulo elettrico di alta potenza, come le batterie al piombo di diversa tecnologia ed i supercondensatori. Al momento le attività sono condotte nell'ambito del programma europeo ASTOR.

Sviluppo prototipi: ENEA, congiuntamente all'Università di Roma 3 ha sviluppato un sistema completo di propulsione da 35 kW, che comprende un generatore a celle a combustibile alimentato ad idrogeno accoppiato, in configurazione ibrida ad un sistema di accumulo composto di batterie e supercondensatori. Le tre sorgenti di potenza alimentano il sistema di trazione (35 kW-250 V), che include un inverter IGBT ed un motore ad induzione, e sono gestite da un sistema di gestione della potenza centralizzato. Per valutare le reali prestazioni del sistema si sta avviando ora una campagna di prove al banco.

Dimostrazione di veicoli a basso impatto ambientale per trasporto pubblico urbano: negli ultimi anni l'ENEA ha favorito l'introduzione di veicoli ibridi nei centri urbani, fornendo a tre Aziende Municipalizzate di trasporto 24 autobus ibridi prodotti da IVECO. Tre città sono state scelte per la dimostrazione: Roma, Ferrara e Terni. Tutti i veicoli sono stati equipaggiati con sistemi di acquisizione dati in tempo reale, per monitorare il comportamento su strada in condizioni reali degli autobus. Uno di questi autobus (a Ferrara) è equipaggiato con un sistema di controllo sviluppato congiuntamente da ENEA ed Università di Pisa, per valutare l'efficacia degli algoritmi utilizzati, al fine di ridurre il consumo.

L'ENEA lavora da tempo (inizi anni '80) nel settore delle celle a combustibile, svolgendo attività di ricerca presso i suoi laboratori, collaborando con le principali industrie (Ansaldo Fuel Cells, Nuvera Fuel Cells, Arcotronics Fuel Cells) e strutture di ricerca (CRF, CESI, Istituti del CNR e Università) attive nel settore e coordinando, per conto dei Ministeri, importanti progetti nazionali.

Le linee di sviluppo attuali riguardano le celle ad elettrolita polimerico, per applicazioni stazionarie (generazione/cogenerazione fino a potenze di alcune centinaia di kW) e per trazione, e le celle a carbonati fusi per applicazioni stazionarie (generazione/cogenerazione da qualche centinaio di kW a qualche decina di MW). Per entrambi i tipi di cella le attività in corso riguardano:

- il miglioramento della tecnologia della cella e dello stack, attraverso azioni di ricerca e sviluppo di materiali, componenti, processi di produzione, configurazione di cella, che consentano di superare i limiti attuali in termini di prestazioni e costi;
- lo sviluppo e sperimentazione di sistemi per le diverse applicazioni.

Obiettivo generale delle attività è lo sviluppo di conoscenze e soluzioni innovative che forniscano all'industria nazionale il supporto necessario per la messa a punto di prodotti commerciali. Numerosi progetti sono in corso, nell'ambito di programmi sia nazionali che europei.

Infine nel campo delle tecnologie di accumulo idrogeno, lo stoccaggio risulta particolarmente critico soprattutto per l'impiego a bordo di veicoli, che richiede livelli elevati di sicurezza e densità di energia. Le soluzioni attuali (bombole, idruri, idrogeno liquido) non sono del tutto soddisfacenti e sono necessari ulteriori sviluppi delle stesse o soluzioni completamente nuove.

L'azione dell'ENEA in questo campo riguarda lo sviluppo di:

- materiali innovativi per l'accumulo (idruri e, in minor misura, nanostrutture di carbonio),
- sistemi di accumulo per applicazioni alla trazione.

Le attività di ricerca sono condotte nell'ambito di un progetto biennale parzialmente finanziato dal MIUR, in collaborazione con strutture di ricerca (CNR-ITAE, INFN) e industrie (SAES Getters).

### 6.7.3 Il Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il ruolo del Cnr nell'ambito dei veicoli a minore impatto ambientale è stato quello di promuovere in Italia il passaggio dal processo alla tecnologia, individuando le problematiche scientifiche e tecnologiche che ne limitavano lo sviluppo e impostando lo studio di specifiche attività finalizzate alla riduzione dei costi di materiali e componenti e all'aumento della potenza specifica e della efficienza globale del sistema, in collaborazione con enti e società di ricerca nazionali e internazionali. Le attività di ricerca sono state indirizzate principalmente allo sviluppo di materiali e componenti, nonché alla realizzazione di sistemi completi con caratteristiche di elevata riduzione delle emissioni inquinanti.

#### 6.7.3.1 L'Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano"

L'Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia (ITAE) è stato fondato nel 1980 con sede a Messina. Il personale dell'ITAE, tra ricercatori e tecnici è di 29 unità a tempo indeterminato, e due a tempo determinato, più personale in formazione, assegnisti, dottorandi e borsisti per altre 30 unità.

Nell'ambito del settore energia, le ricerche dell'ITAE consistono principalmente nello sviluppo di tecnologie e processi innovativi caratterizzati da elevata efficienza e basso impatto ambientale, attraverso lo svolgimento di attività di ricerca che, a partire dallo studio delle procedure di sintesi e delle proprietà dei materiali, si esplica fino alla realizzazione dei dispositivi.

Le attività di ricerca sono svolte nell'ambito di tre tematiche strategiche, coerenti con gli obiettivi della politica energetica nazionale ed europea che vedono in primo piano la riduzione dei gas serra, l'incremento dell'efficienza del sistema energetico e la diversificazione delle fonti energetiche. In particolare le tre tematiche riguardano:

- sistemi per la produzione diretta di energia elettrica;
- sistemi per la produzione di combustibili da fonti energetiche tradizionale e rinnovabili;
- sistemi per l'accumulo e il trasporto dell'energia.

Nel settore delle celle a combustibile il CNR-ITAE ha raggiunto una posizione leader avendo contribuito significativamente allo sviluppo ed alla diffusione di questa tecnologia a livello industriale sin dal 1983.

Nel 1984 il CNR-ITAE ha inaugurato la prima stazione di celle a combustibile a carbonati fusi in Europa in cooperazione con il Gas Technology Institute di Chicago (IL). Negli anni successivi (1989) presso l'ITAE è stato progettato, realizzato e sperimentato per 3.000 ore uno stack da 1 kW di celle ad acido fosforico. Nel 1993, nell'ambito di una collaborazione internazionale, è stata svolta un'attività sperimentale su uno stack di celle tubolari ad ossido solido da 150 W. Il CNR-ITAE ha altresì una lunga esperienza nel settore delle celle a combustibile a bassa temperatura (PEFC, DMFC), per le quali l'attività è stata indirizzata principalmente allo sviluppo dei componenti, alle procedure di preparazione (catalizzatori, elettrodi, membrane) e alla realizzazione e test di sistemi completi. Tale attività ha trovato concretizzazione in opportunità di trasferimento tecnologico, che ha portato alla realizzazione di un impianto pilota per la produzione di elettrodi per celle a combustibile secondo una tecnologia di nuova concezione sviluppata dal CNR-ITAE, nell'ambito del POP Sicilia 94/99. L'ITAE ha, fra l'altro, partecipato al progetto che ha portato alla realizzazione della prima auto italiana ad idrogeno e celle a combustibile, la 600 elettra H2 della FIAT.

Nell'ambito delle attività riguardanti la produzione di nuovi combustibili ha maturato notevoli competenze teoriche e sperimentali nel settore della catalisi. Grazie a queste competenze oggi l'ITAE partecipa a numerosi progetti di ricerca per lo sviluppo e la realizzazione di nuovi catalizzatori e nuovi sistemi catalitici per la produzione sia di combustibili ecologici che di idrogeno, per applicazioni energetiche stazionarie e mobili che

rappresentano un punto chiave per la fattibilità concreta della cosiddetta Economia dell'Idrogeno.

Accanto alle due importanti tematiche di produzione energetica e di combustibili, l'ITAE si è da sempre dedicato al settore dell'accumulo e della razionalizzazione dell'uso dell'energia, contribuendo con studi specifici allo sviluppo di tecnologie per pompe di calore e per l'accumulo di calore, di energia elettrica e di idrogeno. In tale ambito ha scientificamente prodotto importanti attività basate su processi di adsorbimento, in particolare riguardanti nuovi materiali e nuove tecniche di trasferimento del calore.

Una significativa parte dell'attività di ricerca prodotta dall'ITAE è collegata a programmi finanziati da: Comunità Europea, MIUR, Progetti Finalizzati CNR, Regione Sicilia.

Nel corso dello svolgimento delle attività l'ITAE ha collaborato e collabora con numerosi enti pubblici e privati, nazionali ed internazionali, tra i quali: Korea Institute of Energy Research, Korea, progetto bilaterale sul tema: "Fuel cells and heat pumps"; Russian Academy of Sciences, Boreskov Institute of Catalysis Novosibirsk, Russia, progetto bilaterale sul tema: "Adsorption and catalysis for modern power engineering"; Università di Messina, convenzione quadro per la realizzazione di progetti di ricerca o altre attività scientifiche di comune interesse.

Oltre le collaborazioni sopra citate l'ITAE collabora con numerosi enti pubblici e privati nell'ambito di specifici programmi, nazionali e comunitari (tra i quali ENEA, Enitecnologie, Ponte di Archimede, Ausimont, Università italiane (Messina, Reggio Calabria, Catania, Perugia, Roma, Milano, Genova, Pisa), Istituti del CNR (IM Napoli, IESI Padova, IRTEC-Faenza), Los Alamos NL (USA), Princeton Univ. (USA), Johnson Matthey (UK), Università di Montpellier (FR), Università di Greenwich (UK)) e di contratti di ricerca con enti privati (Pirelli, Eudisia, Centro Ricerche Fiat, Nuvera, Ansaldo).

Da uno studio redatto dall'Istituto Georgia Technology Policy Assessment Center nell'Aprile 1998 è emerso che nel settore delle celle a combustibile, l'ITAE ha prodotto pubblicazioni scientifiche di interesse internazionale (peer-reviewed publications) dal 1987 al 1997 in numero tale da essere classificato al sesto posto fra 783 istituzioni esaminate.

#### 6.7.3.2 L'Istituto Motori

L'Istituto Motori, è uno dei maggiori organi del Consiglio Nazionale delle Ricerche che, sin dalla sua fondazione avvenuta nel 1940, svolge attività di ricerca nel settore dei motori termici impiegati nella trazione autoveicolare leggera e pesante e nelle applicazioni industriali e marine con l'obiettivo di sviluppare sistemi di combustione per motori termici ad alto rendimento energetico ed intrinsecamente puliti.

I principali risultati ottenuti riguardano lo sviluppo dei sistemi di combustione dei motori ad accensione comandata ad iniezione diretta, delle strategie di controllo che minimizzano le emissioni allo scarico in presenza di catalizzatori a tre vie e di ricircolo dei gas di scarico e l'applicazione di modelli di simulazione termofluidodinamica per la progettazione di motori a tecnologia eco-compatibile.

L'Istituto Motori ha in totale circa 100 dipendenti di cui 31 ricercatori effettivi e circa 20 tra tesisti, borsisti e dottorandi di ricerca, provenienti dai Dipartimenti Universitari napoletani e da altre Università italiane. Attualmente partecipa a otto progetti europei in collaborazione con le maggiori aziende del settore motoristico e di quello petrolifero.

Nell'ambito di un progetto europeo con il Centro Ricerche Fiat, Elasis, Mercedes e la società Idiada spagnola, sta mettendo a punto il motore Diesel del futuro a bassissimo consumo di combustibile (circa 3,5 litri di gasolio per 100 Km). Il motore ha un rivoluzionario sistema di iniezione, sviluppato a partire da un brevetto del Centro Ricerche Fiat. Le prestazioni del sistema sono in corso di valutazione nei laboratori dell'Istituto Motori.

Nel settore dei combustibili innovativi a derivazione non petrolifera, l'Istituto Motori è uno dei pochi laboratori europei che ha contribuito all'utilizzo del gas naturale "Metano" sia nella trazione leggera che in quella pesante. È noto che il gas naturale è un combustibile idoneo per la trazione, per il suo intrinseco elevato numero di ottano e perché è meno inquinante dei combustibili liquidi. Infatti produce, a pari prestazioni dei motori alimentati con combustibili convenzionali, circa il 25% in meno delle emissioni di CO<sub>2</sub> e non contiene nella sua molecola i composti aromatici come il benzene e gli IPA che sono i principali fattori del rischio cancro. L'Istituto Motori sta stimolando le aziende municipalizzate di trasporto pubblico ad utilizzare il metano per il parco degli autobus urbani. A tale scopo l'Istituto ha studiato approfonditamente le trasformazioni necessarie per bruciare con il massimo rendimento il gas naturale nei motori a combustione interna. Attualmente, sono in corso studi per sviluppare un motore a metano "Lean Burn" per autobus ad alto rendimento energetico e a bassissime emissioni allo scarico.

Sempre nell'ambito dei combustibili alternativi, nel 2002 l'Istituto Motori ha iniziato un progetto triennale sull'impiego dell'idrogeno nei motori a combustione interna. Le prestazioni di questa tecnologia saranno comunque valutate comparativamente, nel corso del progetto, per stabilire un "indice di merito" delle varie tecnologie proposte e studiate dal progetto stesso. Il progetto nasce intorno al known-how continuamente implementato e rinnovato, negli ultimi decenni, presso l'Istituto Motori nel settore della combustione e della sua interazione con la qualità del combustibile. In particolare nella specifica area dello sviluppo dei nuovi sistemi di combustione, l'Istituto Motori ha già brevettato una soluzione di processo a bassissimo impatto ambientale e si appresta a brevettarne una seconda. Il principale obiettivo che il progetto sta approfondendo attiene all'integrazione di attività di ricerca conoscitiva, di sviluppo di metodologie e di tecnologie dedicate per dimostrare il ruolo che processi di combustione innovativi possono giocare nello sviluppo di motori a combustione interna a bassissimo impatto ambientale.

I veicoli ibridi "termico elettrico" possono essere visti come una transizione verso veicoli a celle a combustibile. Gli ibridi rappresentano una evoluzione del propulsore puramente termico. Lo scopo di tali soluzioni è quello di tagliare il più possibile i transitori del propulsore, permettendo nel contempo allo stesso di lavorare in zone del piano coppia-giri ottimali per le emissioni e i consumi. L'Istituto motori lavorerà di concerto a centri di ricerca industriali già impegnati nel settore, al fine di mettere a punto modelli per la simulazione dei flussi di energia e della generazione di inquinanti. Ciò allo scopo di definire ed eventualmente sperimentare opportune strategie di controllo.

Nel corso del 1998 l'Istituto Motori ha avviato un progetto di ricerca sull'impiego dell'idrogeno nelle celle a combustibile, per la produzione di energia elettrica a bordo del veicolo. In questo ambito l'Istituto Motori ha proposto una attività di ricerca finalizzata allo studio delle problematiche connesse con la generazione e il controllo dell'energia elettrica con pile a combustibile alimentate ad idrogeno prodotto da idrocarburi liquidi per mezzo di un processo di reforming catalitico. Tenendo conto dello scenario generale, l'Istituto Motori intende realizzare nei prossimi tre anni un impianto da laboratorio per la produzione di energia elettrica con pile polimeriche a idrogeno. L'energia elettrica alimenterà un motore elettrico opportunamente controllato in potenza per l'esecuzione di cicli di potenza imposti. L'impianto comprenderà l'unità di trattamento di combustibili idrocarburi per l'ottenimento dell'idrogeno (Catalytic Reformer), lo stack di pile polimeriche a idrogeno per la produzione di energia elettrica, l'unità di accumulo del surplus di energia elettrica, un motore elettrico e l'elettronica di controllo dei flussi energetici.

## Capitolo 7

### LE POLITICHE PUBBLICHE A FAVORE DELLE AUTOVETTURE A MINORE IMPATTO AMBIENTALE

Le motorizzazioni a benzina e a diesel hanno beneficiato negli ultimi decenni di una continua e costante evoluzione tecnologica. La realizzazione di consistenti investimenti nel processo produttivo e nelle infrastrutture hanno consentito la formazione di economie di scala con conseguente abbattimento dei costi sia per il prodotto automobilistico, sia per i carburanti utilizzati.

Al contrario, le propulsioni alternative possono per ora competere con le motorizzazioni tradizionali solo in presenza di interventi pubblici in grado di superare le resistenze del mercato derivanti da costi aggiuntivi per l'acquisto e l'uso dei veicoli "ecologici", investimenti ad alto rischio e di lungo periodo, mancanza di familiarità con le nuove tecnologie e dalla carenza di infrastrutture adeguate.

Non è un caso che le percentuali di vendita in Europa dei veicoli nuovi a minor impatto ambientale siano ridotte (circa lo 0,01% delle vendite) e concentrate quasi totalmente in Italia (circa il 70%) e nei veicoli a gas naturali e GPL.

Negli Stati Uniti e in Giappone la diffusione delle propulsioni alternative è simile, ma più differenziata: sono commerciate anche auto a etanolo e metanolo, sono maggiormente diffuse le auto ibride e sono disponibili le primissime auto a celle combustibile.

Due sono le possibili leve di politica industriale che i governi centrali e periferici possono attuare per favorire le autovetture a minor impatto ambientale:

- l'azione regolamentatrice tramite il controllo sia delle emissioni inquinanti, sia delle omologazioni delle vetture e delle reti di distribuzione, sia delle limitazioni all'utilizzo;
- l'intervento strutturale a favore della cosiddetta "industria nascente". Quest'ultima azione si esplica nella duplice veste di sostegno alla domanda privata e soprattutto delle amministrazioni statali e locali, e di finanziamento alla ricerca al fine di ridurre il gap prestazionale.

Tali politiche sono state attuate in modo differenziato da Stati Uniti, Giappone e Unione Europea.

Negli Stati Uniti è possibile individuare un'azione attenta a tutte le possibili opzioni e, soprattutto, agli specifici interessi nazionali al fine di ridurre la dipendenza energetica e proteggere i costruttori americani. mentre il Giappone si è contraddistinto per interventi mirati e rapidità decisionale.

Per quanto concerne l'Unione Europea, l'azione in merito alle propulsioni alternative ha seguito lo schema classico, da un lato di regolamentazione con il progressivo innalzamento dei divieti di vendita di modelli inquinanti nel rispetto di precisi limiti di emissione – la prossima scadenza è per il 2006 con il rispetto delle norme Euro 4 –, dall'altro lato di sostegno alla ricerca di base, essenzialmente alle propulsioni ad idrogeno. In applicazione del principio di sussidiarietà, il sostegno alla domanda è stato, invece, demandato ai singoli paesi membri.

I tre paesi si sono anche contraddistinti per aver privilegiato inizialmente propulsioni alternative distinte, gli Stati Uniti le miscele con l'etanolo, il Giappone le auto ibride, la Unione Europea i biocarburanti a livello centrale mentre ciascun Paese membro tende a preservare le rispettive specializzazioni (Francia le auto elettriche, la Gran Bretagna il GPL, l'Italia il metano).

In una situazione di incertezza tecnologica come quella che sta contraddistinguendo il mercato automobilistico, i rischi di condizionamento connessi all'intervento pubblico possono essere molteplici. Fra essi non si devono dimenticare le inevitabili ricadute sullo sviluppo economico, connesse alla eventuale riduzione della domanda di autoveicoli o del loro utilizzo come bene di produzione, e l'impopolarità di interventi che tendono ad aumentare le accise sui carburanti tradizionali.

L'azione politica, in particolar modo quella dei governi locali, deve essere caratterizzata da focalizzazione degli incentivi su circoscritti percorsi tecnologici e da chiara visibilità e stabilità delle misure di sostegno.

Nello specifico, da un lato, la frammentazione degli interventi non consente di concentrare le risorse e generare massa critica, e ciò richiede inevitabilmente un'attenta valutazione previsionale per l'individuazione della tipologia di carburante alternativo più opportuno, eventualmente circoscritta, come sperimentazione, in aree delimitate in modo da favorire economie di utilizzo. Dall'altro lato, l'incertezza o la brevità temporale che spesso accompagna i provvedimenti normativi non contribuisce a favorire la diffusione e la conoscenza delle nuove tecnologie.

Se l'obiettivo di lungo periodo è l'auto a idrogeno tramite l'utilizzo di celle a combustibile, tale scelta non deve distogliere l'attenzione dalle altre tipologie di propulsioni alternative sia perché i tempi di introduzione delle celle a combustibile sono ancora troppo indefiniti e il successo altamente incerto – la data di introduzione viene di anno in anno posticipata, 20 anni or sono si avevano le stesse aspettative sulle auto elettriche –, sia perché alcuni dei componenti per sviluppare le celle a combustibile sono implementati anche nelle auto a metano e soprattutto in quelle ibride.

Non a caso, la politica statunitense non si è focalizzata unicamente sulle celle a combustibile, ma a partire dal 1993 sono stati sviluppati progetti specifici per le auto ibride, parimenti co-finanziati tra governo americano e, singolarmente, i tre costruttori automobilistici nazionali. Nel 2000 i programmi di sostegno sono stati unificati e General Motors, Ford e DaimlerCrysler hanno cominciato a sviluppare progetti in comune. Dal 2004 ciascun costruttore americano lancerà da due a quattro modelli ibridi di serie in modo da poter competere con gli attuali leader del mercato: Toyota e Honda.

I costruttori europei, pur avendo sviluppato in proprio prototipi con propulsioni ibride, in alcuni casi unicamente con il sostegno pubblico nazionale, al momento non sono propensi a produrre modelli di questa tipologia, ad eccezione dei veicoli commerciali per applicazioni di nicchia. La limitazione principale è dovuta ai costi aggiuntivi e alla non disponibilità a vendere in perdita come, invece, si sono prefigurate le case automobilistiche americane e giapponesi. In questa circostanza, l'intervento dell'Unione europea potrebbe essere sia di tipo regolamentatorio – in alcuni Paesi le auto ibride sono equiparate a quelle tradizionali e soggette a limitazione di circolazione –, sia di tipo tecnologico – il costo e l'efficienza di alcuni componenti possono essere migliorati –, sia di sostegno alla domanda, in modo da ridurre il considerevole differenziale di prezzo con le auto tradizionali.

Anche per le auto a metano possono essere previste medesimi interventi: regolamentatorio – valorizzare i vantaggi ambientali e di sicurezza rispetto alle auto tradizionali –, tecnologico – resa energetica è migliorabile, ed è possibile, inoltre, integrare il metano nelle auto ibride –, sostegno alla domanda, non modificando innanzitutto le accise e favorendo la trasformazione delle auto in circolazione. Il punto fondamentale riguarda soprattutto l'ampliamento della rete distributiva, carente in Italia e quasi inesistente negli altri Paesi europei. In questo modo verrebbe infranto il circolo vizioso tra distributori di metano, che non incrementano la rete per carenza di domanda, e i consumatori, che non acquistano le auto a metano per mancanza di punti di rifornimento. Tra l'altro, la rete distributiva del

metano può essere riconvertita per l'erogazione dell'idrogeno, ritenuta uno dei principali fattori che potrebbe rallentare la diffusione delle auto a celle a combustibile.

Come si è delineato precedentemente, le misure a sostegno delle autovetture a minore impatto ambientale possono essere molteplici e di diverso impatto. Nelle prossime pagine verranno approfondite le politiche più significative e diffuse. In particolare nel paragrafo successivo saranno analizzate le politiche di regolamentazione delle emissioni inquinanti, nel terzo paragrafo il sostegno alla domanda privata e pubblica ed infine nel quarto paragrafo gli interventi a favore della ricerca e sviluppo.

### *7.1 Le politiche di regolamentazione delle emissioni inquinanti*

A livello mondiale esistono attualmente diverse regolamentazioni per le emissioni inquinanti generate dai veicoli a combustione interna. La definizione di parametri sempre più stringenti ha caratterizzato l'intervento politico nelle tre principali economie industrializzate differenziando le normative relative al controllo alle sostanze inquinanti dai gas che favoriscono il surriscaldamento del pianeta.

È possibile, in ogni modo, individuare alcune particolari distinzioni in coerenza con le rispettive peculiarità nazionali e le diverse modalità d'impiego dei veicoli.

Gli Stati Uniti si sono concentrati sulla riduzione dell'ossido di azoto e delle polveri sottili, l'Europa sul biossido di carbonio, il Giappone, oltre ad essere tempestivamente intervenuto nella limitazione dell'ossido di carbonio e dell'ossido di azoto, è maggiormente attento ai dispositivi di controllo per il rilevamento di malfunzionamenti (*Electronic OnBoard Diagnostic system*) che potrebbero provocare un aumento delle sostanze inquinanti.

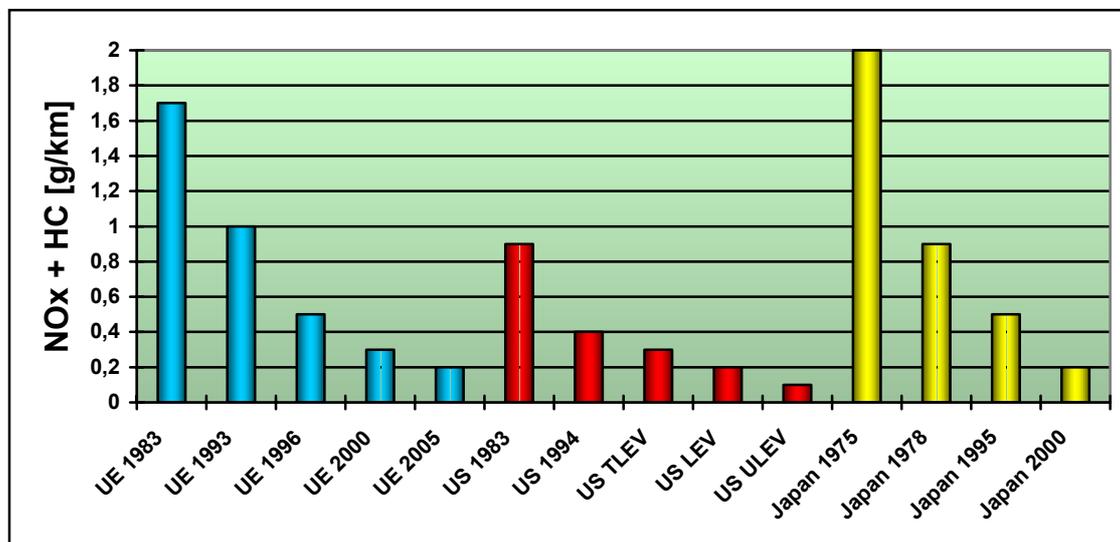
La figura 28 mostra le riduzioni avvenute per le emissioni di biossido di azoto e idrocarburi per le autovetture, anche se ciascun Paese definisce test di controllo diversi e non sempre facilmente paragonabili<sup>6</sup>.

In merito al controllo dei gas correlati all'amplificazione dell'effetto serra i provvedimenti più drastici sono stati perseguiti dall'Unione Europea. Entro l'anno 2008, nel quadro di attuazione degli impegni sottoscritti a Kyoto, la Commissione europea ha firmato un accordo con Associazione Europea dei Costruttori di Auto (ACEA) che prevede la riduzione di emissione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) delle auto prodotte a 140 grammi per km. Tali limiti non sono fattibili con la tecnologia attuale dei motori a scoppio.

---

<sup>6</sup> In California, sulla base dei livelli di emissione di ossido di azoto, ossido di carbonio e idrocarburi incombusti i veicoli ecologici sono classificati in: Transitional Low Emission Vehicle (TLEV), Low Emission Vehicle (LEV), Ultra Low Emission Vehicle (ULEV) e Zero Emission Vehicle (ZEV).

Figura 29 Limiti di emissioni di ossido di azoto (NOx) e idrocarburi (HC) in Europa, Stati Uniti, California e Giappone



Nell'ambito del programma *Partnership for a New Generation of Vehicles*, i tre costruttori americani e il governo federale degli Stati Uniti hanno programmato lo sviluppo per il 2004 di autovetture in grado di percorrere 80 miglia con un gallone di benzina (circa 34 km con un litro). Al programma lavorano congiuntamente ricercatori degli istituti pubblici e delle case automobilistiche.

Nel 1998 i ministeri dell'industria e dei trasporti giapponesi hanno definito alcuni standard di consumi che i costruttori automobilistici devono ottemperare per i veicoli di peso inferiore alle 2,5 tonnellate: entro il 2010 per le motorizzazioni a benzina e il 2005 per quelle a gasolio. Tali parametri sono tuttavia meno stringenti rispetto a quelli europei.

Parallelamente al controllo delle emissioni inquinanti, sono stati predisposti interventi a favore della mobilità sostenibile che in determinate condizioni consentono l'utilizzo delle autovetture a minor impatto ambientale rispetto a quelle tradizionali. Rientrano tra queste l'esenzione dal blocco del traffico in presenza di alti livelli di inquinamento o la predisposizione di corsie preferenziali sulle autostrade.

### 7.1.1 Gli Stati Uniti

La legge federale che definisce i livelli minimi di inquinamento in tutti gli stati americani è il *Clean Air Act*. I primi provvedimenti furono definiti già a partire dal 1970, ma è nel 1990 che vengono apportati i maggiori contributi normativi, mentre le modifiche più recenti saranno operative dal 2004. Il *Clean Air Act* ha provveduto anche alla progressiva riformulazione dei carburanti richiedendo eliminazione dei componenti nocivi (piombo, benzene e zolfo) o l'aggiunta di detergenti e ossigeno per migliorarne la combustione. Ha favorito, inoltre, l'impiego di carburanti alternativi, in particolare quelli di derivazione alcolica quali etanolo e metanolo, e la relativa costruzione di autovetture.

Le normative ambientali hanno assunto un particolare risalto soprattutto nello Stato della California tali da fungere da modello di riferimento negli Stati Uniti e in tutto il mondo (Braun, 1994). Infatti, nell'ambito del *Clean Air Act* lo Stato della California ha beneficiato di condizioni particolari dovute sia alla grave situazione ambientale, sia perché l'azione politica californiana ha preceduto di fatto l'intervento federale. Unicamente allo Stato della

California è stato concesso di adottare misure più restrittive rispetto a quelle nazionali, parametri che possono essere recepite anche dagli altri stati dell'unione<sup>7</sup>.

Momento centrale della politica californiana è stata l'approvazione nel 1990 del *Zero Emission Vehicle Mandate*, tuttora in vigore anche se con numerose modifiche rispetto all'impianto originario.

Sebbene i risultati ottenuti risultino al momento lontani dagli ambiziosi obiettivi iniziali, l'esperimento californiano da un lato ha indubbiamente sollecitato i costruttori automobilistici a investire nelle propulsioni alternative al motore a combustione interna, dall'altro lato può essere considerato un valido esperimento sulle politiche per la regolamentazione ambientale. La definizione di scadenze temporali troppo brevi o diluite, o di contenuti fortemente innovativi o meramente incrementali, incide direttamente sulle politiche tecnologiche delle imprese forzando soluzioni non sempre ottimali. Gli obiettivi, nella fattispecie l'abbattimento dell'inquinamento, possono essere raggiunti tramite soluzioni differenti: le auto elettriche oppure utilizzando combustibili alternativi. Il processo negoziale deve essere ampio e possibilmente condiviso da tutti i possibili interlocutori in modo da evitare inutili diatribe processuali.

Infatti, la normativa californiana originale, approvata velocemente e senza un vero e proprio dibattito pubblico, stabiliva disposizioni molto severe per le emissioni inquinanti. Inoltre il mandato californiano imponeva alle aziende automobilistiche che una parte delle nuove autovetture vendute nello stato fossero senza emissioni di inquinanti. Sulla base delle vendite del 1992 di ciascun produttore automobilistico, la percentuale di autovetture e veicoli commerciali non inquinanti doveva essere pari al 2% nel 1998, 3% nel 2001 e 10% nel 2003, vale a dire in totale rispettivamente 24.800, 63.000 e 124.000 veicoli<sup>8</sup>.

I produttori automobilistici americani contestarono immediatamente l'ingerenza politica sostenendo che le scadenze erano troppo stringenti e non era tecnicamente possibile esaudirle, e che la regolamentazione avrebbe distorto il mercato e peggiorato unicamente la situazione. Le auto con propulsioni alternative hanno un costo maggiore e ciò avrebbe indotto i consumatori a ritardare la sostituire dei loro vecchi veicoli inquinanti. L'unica soluzione percorribile era che lo Stato si accollasse interamente il differenziale di prezzo, altrimenti la riduzione dei profitti avrebbe inficiato gli investimenti proprio nella ricerca e sviluppo delle motorizzazioni alternative.

In posizione opposta, le tesi dei sostenitori dei provvedimenti californiani contestarono il punto di vista liberistico ritenendo che l'azione politica avrebbe creato un nuovo mercato rendendo non necessari in questo modo l'introduzione di incentivi, le economie di scala avrebbero ridotto i costi e l'aria e soprattutto l'economia californiana, fortemente in crisi alla fine degli anni '80, ne avrebbero trovato giovamento.

I primi riscontri, positivi sul lato dibattimentale per il fatto che le problematiche ambientali erano state poste al centro dell'attenzione, furono particolarmente deludenti dal lato industriale non tanto per quanto concerne l'ostracismo dei costruttori automobilistici, ma dalla mancata realizzazione delle promesse tecnologiche, soprattutto in merito allo sviluppo delle batterie. Inoltre, a seguito delle normative californiane le case automobilistiche, in particolar modo quelle americane, focalizzarono l'attenzione sulle uniche autovetture senza emissione di inquinanti, ovvero le auto elettriche con batterie tradizionali al piombo, e abbandonarono o ridussero gli investimenti sulle altre tipologie di vetture a minor impatto ambientale, come per esempio le auto ibride.

---

<sup>7</sup> Tali standard sono stati adottati da altri dodici stati tra cui Massachusetts, New York e Vermont che insieme alla California rappresentano circa il 20% del mercato automobilistico statunitense.

<sup>8</sup> Era prevista anche una consistente penale pari a 5.000 dollari per ogni veicolo che non raggiungeva tali obiettivi.

Le successive inevitabili correzioni modificarono la normativa, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, fino a snaturarne quasi completamente il contenuto originale, o per altri versi a renderlo più realistico. Le scadenze del 1998 e del 2001 furono annullate e quella del 2003 drasticamente ridimensionata. Le autovetture non inquinanti furono differenziate secondo l'energia erogata e l'autonomia di marcia, accordando a ciascun livello crediti specifici. In questo modo gli obiettivi non erano rappresentati più dal numero di veicoli elettrici ma dai crediti accumulati per ciascuna vendita, rendendo i costruttori automobilistici maggiormente liberi di concentrarsi su veicoli più o meno sofisticati. Inoltre, furono accordati crediti parziali anche ai veicoli ibridi e ai piccoli veicoli elettrici da quartiere omologati per velocità non superiori a 45 km/h, i cosiddetti *Neighbourhood electric vehicles*, nella convinzione che tali veicoli costituivano una fase intermedia ai veicoli a zero emissioni, nonché una possibile fonte di domanda di batterie elettriche tale da consentire la formazione di economie di scala. Da ultimo, sono state prese in considerazione anche le auto a benzina che rispettano gli standard delle *Super Ultra Low Emission Vehicle* e ovviamente le recentissime vetture a celle combustibile.

### 7.1.2 Il Giappone

Nella regolamentazione delle emissioni inquinanti il Governo giapponese è intervenuto prontamente nella definizione di limitazioni molto restrittive, tant'è che solo di recente, e dopo più di vent'anni, sono stati ridefiniti alcuni parametri.

I primi tentativi di regolamentazione in Giappone risalgono, infatti, al 1966 quando il Ministro dei trasporti definì, tramite il *Motor Vehicle Exhaust Emissions Standard*, le prime restrizioni per l'ossido di carbonio.

Nel 1970 l'interesse fu posto prevalentemente sull'inquinamento da piombo presente nella benzina. L'intervento coinvolse i costruttori automobilistici per la produzione di motori alimentati con benzina "verde".

A partire dal 1972, nell'ambito dell'*Air Pollution Control Law*, diverse regolamentazioni sono state introdotte per controllare le emissioni di scarico delle autovetture. Nel 1973 il Governo giapponese con l'*Emissions Control Standard* integrò la regolamentazione esistente sull'ossido di carbonio con i controlli sugli idrocarburi e l'ossido di azoto per le motorizzazioni a benzina e a gas propano liquido, e in aggiunta le polveri sottili per i motori a diesel. La revisione dei parametri avvenuta nel 1978, attribuì particolare attenzione soprattutto alle emissioni di ossido di azoto.

L'impegno sostenuto dai costruttori automobilistici per rispettare la regolamentazione giapponese richiese un consistente aumento di investimenti in ricerca e sviluppo. In quegli anni la progettazione di motorizzazioni meno inquinanti rappresentò circa il 36% del totale della spesa in ricerca e sviluppo del settore automobilistico, con il risultato che le sostanze inquinanti furono ridotte del 92-95%.

Le modifiche più recenti risalgono al 1997 con l'estensione dei controlli ai motocicli per le motorizzazioni a benzina, e al 1999 per una drastica riduzione dello zolfo presente nel gasolio e del benzene nella benzina. Nuove limitazioni saranno introdotte a partire dal 2005. Dal 2008 tutti i veicoli dovranno essere equipaggiati di nuovi EOBD *system* per il controllo costante delle emissioni di scarico.

A partire dal 1989 le recenti misure per ridurre l'inquinamento causato dagli autoveicoli seguono le linee tracciate dal Consiglio Centrale per l'Ambiente nel rapporto *Future Policy for Motor Vehicle Exhaust Emission Reduction* giunto oramai alla quinta edizione.

### 7.1.3 L'Unione Europea

Rispetto all'esperienza californiana, le iniziative dell'Unione Europea intraprese in favore dei veicoli elettrici o di altre tipologie di vetture a minor impatto ambientale non sembrano aver seguito uno schema organico di promozione e di diffusione. La Commissione della Unione Europea ha stabilito unicamente limiti più severi alle emissioni di gas inquinanti provocate dai motori a benzina e diesel, facendo solo alcuni riferimenti alla sperimentazione delle automobili elettriche di nuova generazione, siano esse ibride, a gas naturale o anche, a più lungo termine, alimentate con celle a combustibile. Da notare che sino dal 1983 il Parlamento Europeo si era espresso in termini favorevoli all'uso del veicolo elettrico nelle aree urbane, del quale aveva valutato un circolante potenziale pari al 7% del parco veicoli della Comunità.

In applicazione del principio di sussidiarietà, l'Unione Europea è legittimata ad intervenire, soprattutto in campo regolamentare, per promuovere la differenziazione delle fonti energetiche usate nei trasporti. L'Unione Europea non può invece adottare alcun atto normativo per imporre soluzioni alternative all'automobile nelle città, limitandosi alla promozione delle cosiddette *best practice*. Per sua natura l'azione regolamentatrice europea non può che essere graduale e portata al massimo coinvolgimento delle parti sociali.

Da sempre l'Unione Europea ha considerato il riassetto della mobilità sul territorio fra i principali momenti di costruzione della sua unità funzionale, oltre che economica e amministrativa. Le linee guida dell'Unione Europea sono individuabili nel *Libro bianco* del 2001 sulla politica europea dei trasporti e nel *Libro verde* del 2000 sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico, mentre i fondamenti scientifici delle direttive comunitarie derivano soprattutto dai due programmi *Auto-Oil* che hanno portato all'accordo con i costruttori europei di automobili per la riduzione delle emissioni di biossido di carbonio nelle autovetture.

Il primo programma Auto/Oil fu istituito nel 1992, e ha segnato una svolta decisiva per la politica ambientale comunitaria, in quanto ha coinvolto sia l'Associazione Europea dei Costruttori di Auto (ACEA), sia l'industria petrolifera (Europa) con l'obiettivo di fornire le competenze tecniche per la definizione della politica europea sulle emissioni inquinanti. Il programma fu concluso nel 1996 con alcune proposte che hanno consentito l'adozione delle direttive 98/69/CE sulle emissioni dei autoveicoli commerciali leggeri e 98/70/CE sulla qualità dei carburanti applicabili a partire dal 2000.

È oramai comune classificare le autovetture secondo la normativa europea, ovvero:

- “pre-Euro 1” indica gli autoveicoli “non catalizzati” a benzina e i veicoli “non ecodiesel”: questi veicoli sono i primi ad essere colpiti da eventuali provvedimenti di limitazione;
- “Euro 1” indica gli autoveicoli “ecologici” conformi alla direttiva 91/441. Il rispetto dei limiti di emissione stabiliti da questa direttiva impose l'adozione della “marmitta catalitica” sulle vetture nuove;
- “Euro 2” indica gli autoveicoli “ecologici” conformi alle direttive 93/59 e 94/12. Gli autoveicoli omologati secondo questa direttiva non sono stati più immatricolati come nuovi a partire dall'1/1/2001;
- “Euro 3” indica gli autoveicoli “ecologici” conformi alla direttiva 98/69. A partire dall'1/1/2001 possono essere immatricolate come nuove solo autovetture omologate secondo questa direttiva. Oltre alla riduzione delle sostanze inquinanti emesse, la normativa 98/69 impone anche alcune modifiche tecniche. Tra queste, la più importante riguarda l'installazione di una centralina di autodiagnosi, l'EPBD, per il rilevamento di malfunzionamenti che potrebbero provocare un aumento delle sostanze inquinanti. Questo dispositivo è obbligatorio per tutte le auto a benzina omologate dall'1 gennaio

- 2000, per quelle immatricolate dall'1 gennaio 2001 e nelle vetture diesel dall'1 gennaio 2003;
- dal 1° gennaio 2006 entrerà in vigore la normativa Euro 4 che ridurrà in media del 50% i limiti stabiliti con la Euro 3.

Il programma *Auto-Oil II*, iniziato nel 1997, indica una riduzione del 20%, rispetto al livello raggiunto nel 1985, delle emissioni inquinanti provenienti dai trasporti stradali per il 2020 e tende essenzialmente a due obiettivi:

- permettere la comparazione tra redditività economica delle misure tecniche e non, come i sistemi di tariffazione stradale o gli incentivi fiscali;
- determinare in quale misura il trasporto stradale continua a contribuire ai problemi dell'aria esaminando tutte le fonti inquinanti dall'industria all'agricoltura.

Nel quadro del programma è già stata proposta la direttiva che fissa dei valori limite per le emissioni provenienti dalle moto e dai motorini che sono responsabili dell'inquinamento negli agglomerati urbani.

In conformità alla natura regolamentatrice europea, nel Libro bianco sono, invece, evidenziati da un lato i strumenti perseguibili per facilitare la mobilità sostenibile e dall'altro lato viene proposto un quadro regolamentare per i carburanti alternativi.

Secondo l'Unione Europea, la razionalizzazione del trasporto urbano è perseguibile tramite un quadro organico di azioni capaci di combinare sia una graduale disincentivazione del trasporto privato, sia un miglioramento ed una diversificazione dell'offerta di trasporto collettivo.

Le politiche, pertanto, devono essere interpretate come la combinazione di una o più misure di intervento di tipo infrastrutturale; di controllo della domanda di mobilità, e di regolamentazione della mobilità.

Gli interventi infrastrutturali, benché in contrasto con l'idea comune di sostenibilità, rappresentano provvedimenti fondamentali per fronteggiare situazioni di assenza di offerta di trasporto collettivo, per eliminare strozzature in corrispondenza di nodi ferroviari e/o stradali per aumentare la capacità di arterie di grande comunicazione.

Le misure di controllo della domanda di mobilità prevedono interventi capaci di modificare le caratteristiche tanto dei sistemi dell'offerta di trasporto quanto del sistema della domanda di trasporto. Si possono distinguere in due tipi:

- misure di incentivazione dell'uso di modi di trasporto alternativi all'auto (pull). Tali misure sono finalizzate ad attirare l'utenza verso nuovi modi di trasporto e/o verso modi di trasporto più sostenibili. In generale si realizzano mediante l'introduzione di nuovi servizi di trasporto o mediante l'introduzione di modi innovativi di trasporto. Tra questi si possono distinguere: il park and ride, il car pooling, il car sharing e il dial a ride;
- misure di disincentivazione dell'uso dell'auto (push). Tali misure sono finalizzate a spingere l'utenza lontano dai modi di trasporto individuali. Esse si riconducono essenzialmente a misure di tariffazione quali: la tariffazione dell'uso della strada, la tariffazione della sosta e strutturazione dell'offerta tariffaria del trasporto collettivo.

Le misure di regolamentazione della mobilità sono finalizzate a disincentivare l'uso dell'auto, a rendere più efficiente il trasporto collettivo, a preservare zone di particolare interesse turistico, ambientale o commerciale. Gli interventi più comuni sono: il controllo d'accesso, la gestione della sosta, la riduzione del traffico, la creazione di aree esclusivamente pedonabili e/o ciclabili.

## 7.2 Il sostegno alla domanda

Gli interventi politici a favore della domanda di autovetture con propulsioni alternative hanno come obiettivo specifico quello di sostenere e sviluppare un mercato attualmente di nicchia che senza aiuti statali non potrebbe economicamente competere con i carburanti tradizionali.

La produzione di auto ecologiche viene sostenuta nei Paesi industrializzati tramite interventi a favore della domanda privata e pubblica.

Per quanto concerne la domanda privata le misure riguardano:

- la riduzione del costo d'acquisto o di trasformazione in modo da ridurre il differenziale di prezzo rispetto alle auto convenzionali dovuto a maggior costi di produzione e minori economie di scala. I contributi possibili sono gli incentivi all'acquisto e al leasing, e l'esenzione o la riduzione delle tasse di acquisto e/o registrazione, con contributi eventualmente differenziati per tipologia di acquirente (privati, imprese, e particolari tipologie di imprese) e differenti livelli di incidenza (contributi fissi o in percentuale sulla differenza di prezzo con i modelli analoghi a benzina). Rientrano in questa categoria, ma con una giustificazione diversa, i dazi all'importazione<sup>9</sup>;
- la riduzione del costo d'uso viene attuata per sopperire alle carenze delle reti distributive e delle *performance* tecniche dei carburanti alternativi, tramite l'esenzione o la riduzione delle tasse di possesso<sup>10</sup> e, soprattutto, con una tassazione dei carburanti più favorevole. In alcuni Paesi, come Giappone e Francia, sono previsti anche specifici regimi accelerati per l'ammortamento delle autovetture a minor impatto ambientale. Non sono ancora state implementate, invece, tariffe differenziate per il parcheggio, l'accesso in aree ristrette (con eccezione per le limitazioni al traffico) o l'utilizzo di tratte autostradali.

La domanda di autovetture con propulsioni alternative da parte degli enti pubblici segue tre diverse modalità:

- facoltativa: le istituzioni di governo predispongono dei *budget* finanziari ai quali gli enti pubblici possono accedere per ridurre il costo d'acquisto e d'utilizzo degli autoveicoli ecologici;
- prescrittiva: gli enti statali sono obbligati a riservare agli autoveicoli con propulsioni alternative una predeterminata percentuale degli autoveicoli in fase di acquisto;
- supporto alla sperimentazione: le amministrazioni locali sono invitate a partecipare a progetti finanziati dai governi centrali al fine di testare i nuovi autoveicoli e cominciare a suscitare interesse nella cittadinanza<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Negli Stati Uniti ad esempio le autovetture prodotte al di fuori della NAFTA sono tassate del 2,5%, mentre i veicoli pesanti del 25%.

<sup>10</sup> In Germania, ad esempio, l'esenzioni fiscali complessive variano da 250 Euro, per auto a benzina che rispettano lo standard Euro 3, a 2.200 Euro per auto a diesel che rispettano lo standard Euro 4 con emissioni di CO<sub>2</sub> inferiori a 90 g/km. In Italia e in Germania la tassa di possesso per le auto elettriche è esentata per 5 anni. In Gran Bretagna, invece, per le autovetture immatricolate a partire dal 1 marzo 2001 la tassa di possesso dipende dal livello di emissione di CO<sub>2</sub>. Per questo motivo il risparmio per le autovetture con carburanti alternativi rispetto a quelle a benzina, a parità di emissione, è minimale (10£ all'anno rispetto alla benzina e 20£ rispetto al diesel). Per le auto elettriche la tassa è pari al 25% di quella base. In Francia le autovetture aziendali sono esenti dalla tassa di possesso.

<sup>11</sup> In Europa i progetti più significativi sono stati realizzati a La Rochelle, in Francia, e a Mendrisio, in Svizzera. Nel quadro del Programma Comunitario *Thermie*, è stato avviato il Progetto Zeus, un programma coordinato tra diverse città europee per l'acquisto e l'utilizzazione, per servizi pubblici di vario tipo, di oltre 1.000 veicoli elettrici e a basso impatto ambientale, nonché l'iniziativa «Civitas», lanciata nell'ottobre 2000, con l'obiettivo di contribuire alla realizzazione di progetti innovativi per i trasporti urbani puliti. Un bilancio di 50 milioni di euro è stato a tal fine previsto nel Quinto programma quadro di ricerca e di sviluppo. Sono state

In parallelo al sostegno alla domanda di vetture a minore impatto ambientale è indispensabile la definizione di interventi a favore delle reti di distribuzione di carburanti alternativi che non possono essere erogati tramite le strutture in essere. Tali interventi non riguardano esclusivamente le agevolazioni di tipo finanziario, ma riguardano anche lo snellimento delle procedure burocratiche<sup>12</sup>.

### 7.2.1 La tassazione differenziata dei carburanti

Nei paesi industrializzati la tassazione dei carburanti è applicata con modalità e obiettivi diversi, tra i quali rientrano la copertura di spese generali dello stato, la costruzione di strade, di infrastrutture o del sistema pubblico di trasporti, la difesa dell'ambiente, il sostegno a determinate attività industriali.

Di recente la tassazione dei carburanti è stata utilizzata anche per favorirne l'impiego di carburanti meno inquinanti o prodotti internamente in modo da ridurre la dipendenza dall'estero. La sostituzione dei carburanti è possibile, tuttavia, solo se la rete di distribuzione dei carburanti alternativi è disponibile, o facilmente convertibile, e se economicamente fattibile.

La tassazione avviene tramite l'imposizione di accise e di imposte sul valore aggiunto. Le accise possono essere indicizzate o fisse ma in genere sono differenziate per tipologia di carburante, mentre nei Paesi federali i singoli stati possono imporre tasse aggiuntive o prevedere rimborsi se si utilizzano vetture ecologiche.

Negli Stati Uniti la tassazione dei carburanti è esente da IVA ed è utilizzata in massima parte, sia a livello federale che statale, per il finanziamento della rete autostradale. Le aliquote differiscono sensibilmente da Stato a Stato, in California sono circa il doppio rispetto al Wyoming, e sono maggiormente penalizzanti per il diesel. Esenzioni parziali sono previste per i carburanti alternativi e in misura maggiore per il metano<sup>13</sup>.

Le aliquote giapponesi definite del Governo centrale ricadono nella media dei tributi applicati nei principali paesi industrializzati, ma possono essere aggravate da imposte locali spesso sensibilmente elevate. La maggior parte degli introiti derivanti delle tasse sui carburante e gli autoveicoli viene impiegata per la costruzione e la manutenzione delle strade. In Giappone le tasse sul carburante privilegiano il GPL (9,8 yen per litro) rispetto al diesel (35,4 yen per litro) e alla benzina (57,3 yen per litro)<sup>14</sup>.

Negli Stati membri dell'Unione Europea esistono disparità significative nella tassazione dei carburanti. Le cause delle differenze tra i livelli di imposizione dell'energia sono molto complesse e rivelano impostazioni fiscali incentrate prevalentemente sulla generazione di entrate di bilancio, e in misura minore su considerazioni di economia industriale, ambientale, o regionale.

Il prezzo finale dei prodotti energetici comporta tre tipi di tasse: l'IVA, le accise e le tasse e i diritti dedicati. Le accise sugli oli minerali e l'IVA sono inquadrati da un sistema comunitario di imposizione. La sesta direttiva richiede che, ad eccezione dei gas naturali, l'IVA minima

---

preselezionate quattordici città «pioniere». Cinque città di paesi candidati all'adesione sono inoltre associate all'iniziativa.

<sup>12</sup> Ad esempio, negli Stati Uniti è prevista una deduzione di imposta di 100 mila dollari per la costruzione di stazioni di rifornimento per carburanti alternativi. In Italia per l'ampiamiento della rete di distribuzione del metano il contributo arriva fino a 150 mila euro. In Giappone il contributo varia a seconda della tipologia della stazione di rifornimento: 30 milioni di Yen per la ricarica elettrica; 90 milioni per il metano; 20 milioni per il metanolo (il contributo è pari al 50% dei costi di installazione se il promotore è un'entità pubblica).

<sup>13</sup> Per ogni gallone o equivalente le tasse federali sono 24,4 centesimi per il diesel, 18,4 per la benzina, 13,6 per il GPL, 13,1 per le miscele con il 10% di etanolo, 4,3 per il metano.

<sup>14</sup> Tali valori comprendono anche le tasse di importazione.

sia del 15% (20% in Italia). Nel 1992 è stata decisa l'introduzione di un'aliquota comunitaria di imposta minima in funzione del suo uso e della tipologia di carburante (per ogni litro o equivalente 28,7 centesimi di euro per la benzina, 24,5 per il diesel, 5,5 per il GPL e 6,6 per il metano) che consente comunque esoneri e regimi di deroga.

L'approccio per determinare le aliquote delle accise è diverso secondo gli Stati membri. La natura delle accise varia considerevolmente, ad esempio per la benzina si passa dai 30 centesimi di euro in Grecia ai 75 in Gran Bretagna<sup>15</sup>. Per il GPL rispetto al livello minimo indicato nella direttiva comunitaria di riferimento, 125 Euro ogni 1000 litri, le accise sono nulle in Belgio, in Francia 59,91, in Olanda 64,07, in Gran Bretagna e Germania 70,00 e in Italia 156,2 Euro<sup>16</sup>.

In Italia il quadro normativo fiscale si presenta molto articolato e complesso, soprattutto per la presenza di agevolazioni o esenzioni fiscali previste per alcuni impieghi specifici. La tassazione dei carburanti è stata impiegata essenzialmente per la copertura delle spese dello stato. Al momento le accise risultano essere pari a – per ogni litro o equivalente – 54,2 centesimi di euro per la benzina, 40,3 per il diesel, 15,7 per il GPL e 1,1 per il metano. Dal confronto con le accise europee è possibile evincere un maggior indirizzamento del nostro Paese verso il metano come tipologia di carburante a minor impatto ambientale.

Secondo l'Unione Europea, il livello delle accise sui carburanti, considerata la mancanza di elasticità della domanda rispetto ai prezzi, non è attualmente sufficiente per influenzare la scelta dei consumatori. Anche se nelle decisioni questo elemento è spesso marginale, bisogna tener conto delle altre forme di fiscalità come la tassa di immatricolazione e la tassa di possesso, nonché la rete distributiva e il rendimento energetico.

Per quanto concerne i carburanti alternativi, il Libro bianco sostiene che, oltre alle norme antinquinamento e agli accordi con l'Associazione dei costruttori europei di automobili, si dovranno adottare a livello comunitario misure complementari per la promozione dei carburanti alternativi.

Secondo l'Unione Europea, le prospettive più promettenti riguardano i biocarburanti nel breve-medio termine, il gas naturale nel medio-lungo termine e l'idrogeno nel lungo termine. Nel Libro verde sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico dell'Unione Europea, la Commissione ha inoltre già proposto, quale obiettivo per il trasporto stradale, di sostituire entro l'anno 2020 il 20% dei carburanti fossili con carburanti alternativi (8% di biocarburanti, 10% di gas naturali e 2% di idrogeno). In particolare per l'Unione Europea la diffusione dei biocarburanti nei trasporti, provenienti dai prodotti agricoli e forestali nonché da residui e rifiuti della silvicoltura e dell'industria silvicola e agroalimentare, contribuirà a ridurre la dipendenza energetica, a migliorare l'ambiente ed a differenziare prodotti e attività lavorative del settore agricolo. La produzione di materie prime per i biocarburanti può infatti svolgere nel quadro della Politica agricola comune un ruolo particolarmente importante per creare nuove risorse economiche e salvaguardare l'occupazione in ambito rurale<sup>17</sup>.

---

<sup>15</sup> A partire dal 1995 la Gran Bretagna aveva impostato regolari incrementi annuali delle tasse sui carburanti oltre al tasso di inflazione (5% per la benzina e 6% per il diesel). Il programma, che doveva terminare nel 2003, fu interrotto nel 2000.

<sup>16</sup> È in corso di approvazione al Senato italiano un emendamento per ridurre le accise sul GPL.

<sup>17</sup> Le opinioni sull'uso dei biocarburanti nel settore dei trasporti non sono tuttavia unanimi. I sostenitori sottolineano che la promozione dei biocarburanti potrebbe rappresentare un modo per armonizzare le misure di sostegno nell'ambito della politica agricola comune. Inoltre, tali coltivazioni potrebbero essere sviluppate nei paesi del Mediterraneo, contribuendo così allo sviluppo locale e alla riduzione della pressione migratoria sugli Stati membri dell'Unione Europea. In posizione opposta alcuni sostengono che i biocarburanti porteranno ad una agricoltura inquinante ed industrializzata e insistono sull'importanza di limitare la promozione dei biocarburanti ai prodotti derivanti dalle pratiche agricole meno dannose per l'ambiente e meno bisognose di apporti chimici rispetto alle pratiche attuali. Altri sostengono che sarebbe più efficace dal

Per promuovere i biocarburanti, è stata approvata nel 2003 una misura che ha stabilito che le percentuali minime presenti nelle miscele propulsive dei mezzi di trasporto dovranno essere del 2% nel 2005 e del 5,75% entro il 2010. La direttiva sottolinea che un maggior uso dei biocarburanti nei trasporti fa parte del pacchetto di misure necessarie per conformarsi al “Protocollo di Kyoto”. Per il raggiungimento di tali obiettivi saranno previsti sgravi fiscali per i biocarburanti in base ai vincoli di bilancio, alle condizioni locali (ad es.: a seconda delle coltivazioni agricole) ed alle loro scelte tecnologiche.

## 7.2.2 Gli incentivi per l’acquisto di autovetture a minor impatto ambientale

### 7.2.2.1 Gli Stati Uniti

L’*Energy Policy Act* (EPAct) è la legge federale per la politica energetica, approvata nel 1992, con l’obiettivo di accrescere la sicurezza energetica degli Stati Uniti e migliorare la qualità ambientale. La legge comprende clausole inerenti tutti gli aspetti per la domanda e offerta energetica, tra i quali l’efficienza energetica, i carburanti alternativi e l’energia rinnovabile, ivi compresi fonti energetiche tradizionali come carbone, petrolio e nucleare.

Molti articoli della legge sono dedicati a incoraggiare l’uso dei carburanti alternativi non derivanti dal petrolio tra i quali vengono inclusi: metanolo, etanolo e altri derivati alcolici; miscele tra alcool e benzina; gas naturali; gas propano liquido; idrogeno e autoveicoli ibridi<sup>18</sup>. L’acquisto di autovetture ecologiche, a scopo personale o per attività commerciali, è stata incentivata tramite crediti di imposta per un massimo di 2.000 dollari nel periodo 1992-2003<sup>19</sup>, mentre le auto elettriche hanno beneficiato, invece, di un credito d’imposta pari al 10% del costo dell’autoveicolo fino ad un massimo di 4.000 dollari. Per entrambi i programmi, a partire dal 2004, i massimali saranno annualmente ridotti rispettivamente di 500 e 1.000 dollari per concludersi nel 2006. Alcuni stati e governi locali hanno predisposto incentivi aggiuntivi anche di notevole entità come in California dove gli incentivi possono arrivare fino a 9.000 dollari.

Gli interventi evidenziati dall’EPAct prevedono azioni di tipo sia facoltativi, sia prescrittivi. Le attività facoltative sono implementate dal *Clean Cities Program* del Ministero dell’Energia (DOE) con l’obiettivo di creare un mercato per gli autoveicoli a propulsione alternativa attraverso accordi tra operatori pubblici e privati in più di 80 città statunitensi. Il *Clean Cities Program* è stato positivamente esportato anche nei Paesi latino-americani e recentemente in India, Bangladesh e Filippine.

I contenuti prescrittivi dell’EPAct sono gestiti dal dipartimento delle tecnologie per i trasporti del DOE attraverso tre programmi che impongono l’acquisizione da parte delle autorità pubbliche e private di prestabilite quote di autoveicoli con propulsioni alternative, in particolar modo per gli autoveicoli commerciali<sup>20</sup>. Inoltre, un quarto programma,

---

punto di vista economico utilizzare questi prodotti per il riscaldamento invece che per i trasporti. Secondo altri ancora, per ridurre l’uso dei carburanti nei trasporti e migliorare l’efficienza è già disponibile una gamma di opzioni più ampia rispetto a quanto indicato nel Libro verde, come ad esempio la fissazione dei prezzi dei veicoli e dei trasporti, nonché gli strumenti fiscali e di sostegno tecnologico per accrescere l’efficienza energetica. Memori dell’esperienza californiana alcuni oppositori ritengono che sia un errore fissare un obiettivo rigido sostenendo che lo sviluppo deve essere lasciato al mercato; altri considerano piuttosto ottimistico o addirittura irrealistico l’obiettivo del 20% entro il 2020. Altri ancora avvertono che la ridotta disponibilità di terreno per la produzione dei prodotti agricoli per i biocarburanti.

<sup>18</sup> Per gli aiuti alla rete di distribuzione si veda la nota 12.

<sup>19</sup> Per gli autocarri o i furgoni da 5 a 13 tonnellate il credito d’imposta è di 5.000 dollari, per gli autocarri o i furgoni di peso superiore e per gli autobus con più di 20 posti il credito d’imposta è di 50.000 dollari, per tutti gli altri veicoli esclusi i fuoristrada il beneficio è di 2.000 dollari.

<sup>20</sup> I tre programmi sono lo State & Alternative Fuel Provider Program, il Federal Fleet Program, e il Private & Local Government Fleet Program.

*Alternative Fuel Petitions Program*, gestisce il processo normativo richiesto per la classificazione di nuove tipologie di carburanti alternativi.

Il congresso americano ha stabilito numerose attività di regolamentazione per la costituzione di un ampio parco di autoveicoli a propulsione alternativa nelle aree metropolitane, in particolare per gli autoveicoli commerciali leggeri.

L'EPAct ha generato una domanda annuale di circa 30.000 autoveicoli a propulsioni alternative. Ciò ha consentito di avere a disposizione più di 30 modelli diversi di autoautoveicoli commerciali leggeri e una maggiore diffusione di carburanti alternativi come etanolo, biodiesel e gas naturali.

#### 7.2.2.2 Il Giappone

Il sistema di sovvenzioni e promozioni per gli autoveicoli a propulsione alternative, e la relativa rete di rifornimento<sup>21</sup>, è stato introdotto dal Governo giapponese nel 1998 tramite il *Green Car Program*.

Gli incentivi per l'acquisto di autovetture è pari al 50% del differenziale di prezzo tra un'auto a minor impatto ambientale e il corrispondente autoveicolo convenzionale. La percentuale di contribuzione non varia a seconda della tipologia dell'autoveicolo ecologico. Ad esempio per le auto ibride il contributo è di circa 250.000 Yen per le autovetture e di 4 milioni di Yen per autobus e camion.

Nel caso di autovetture in fase sperimentale approvate dal Ministero dei trasporti e utilizzate da enti pubblici o imprese che utilizzano come principale mezzo di produzione (distribuzione, taxi, noleggio) il contributo è pari al 25% del prezzo dell'autoveicolo. Il *Green Car Program* prevede, inoltre, che il 10% degli autoveicoli commerciali acquistati da enti pubblici siano a basso impatto ambientale.

L'acquisto delle autovetture in Giappone è aggravato da tasse locali pari al 5% del valore d'acquisto per i privati e del 3% per le attività commerciali e le minicar. Gli acquirenti di autovetture con propulsioni alternative beneficiano di una riduzione dell'aliquota di 2,4 punti percentuali, e nel caso di auto ibride di 3 punti percentuali<sup>22</sup>.

Particolari incentivazioni, di fonte nazionale o locale, sono previste anche per la riduzione dei tassi di interesse sul leasing rispetto l'utilizzo di autovetture tradizionali.

Infine, nell'anno fiscale dell'acquisto, le autovetture a minor impatto ambientale possono essere ammortizzate per un quota del 30% superiore rispetto al valore previsto dal regime ordinario.

#### 7.2.2.3 L'Unione Europea

Il principio di sussidiarietà impone all'Unione Europea unicamente la possibilità di definire interventi di tipo regolamentare e autorizzativo, senza definire atti normativi per favorire l'acquisto di autovetture a minor impatto ambientale.

A tal fine gli Stati membri possono concedere incentivi fiscali destinati ad incoraggiare l'applicazione anticipata dei nuovi valori limite per le emissioni inquinanti (i cosiddetti standard Euro), purché essi siano:

- validi per tutti gli autoveicoli nuovi immessi sul mercato di uno Stato membro e soddisfino, in anticipo, le prescrizioni delle direttive in oggetto;
- cessino alla data d'applicazione dei valori limite;
- per tutti i tipi di autoveicoli a motore, di importo sostanzialmente inferiore al costo dei dispositivi tecnici supplementari che assicurano l'osservanza dei valori fissati, nonché della loro installazione sull'autoveicolo.

---

<sup>21</sup> Si veda la nota 12.

<sup>22</sup> Nel 1999 la riduzione dell'aliquota era di 2,2 per le autovetture ibride e del 2,7 per le autovetture elettriche, a metano o metanolo, e per i camion e bus ibridi.

Si tratta, comunque, di interventi predisposti per qualsiasi tipologia di autoveicolo e non ristretti alle propulsioni alternative. Come riportato dal *Libro bianco*, sulla politica europea dei trasporti, la Commissione ritiene che dovrà essere rivista complessivamente la coerenza globale della fiscalità degli autoveicoli e la possibilità di creare a livello comunitario un quadro di riferimento più ampio che permetta l'adozione di meccanismi di differenziazione delle tasse sugli autoveicoli in funzione di criteri ambientali.

Ad eccezione dei contributi per la sperimentazione di autoveicoli innovativi<sup>23</sup>, il sostegno alla domanda di autovetture a minor impatto ambientale è in definitiva stato demandato ai singoli paesi membri.

#### 7.2.2.3.1 Germania

In Germania non è prevista alcuna modalità di incentivazione per l'acquisto di autovetture a minor impatto ambientale, né a livello federale, né a livello regionale.

#### 7.2.2.3.2 Francia

Da diversi anni le autovetture a minore impatto ambientale beneficiano in Francia sia di contributi in contro capitale che di crediti fiscali, di provvedimenti prescrittivi verso gli enti pubblici per l'acquisto di tali veicoli, e di azioni di sostegno alla ricerca e allo sviluppo.

Le disposizioni normative trovano fondamento nella *Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie* del 1997 la gestione delle sovvenzioni è attribuita allo Stato e all'Agenzia per l'Ambiente e l'Energia (ADEME). Contributi aggiuntivi sono previsti anche dalle amministrazioni territoriali.

Per l'uso privato, l'acquisto di una autovettura nuova a GPL o a metano, o la trasformazione di una vettura a benzina immatricolata da meno di tre anni, beneficia di un credito d'imposta pari a 1.525 Euro. Se l'acquisto è accompagnato dalla rottamazione di una vettura immatricolata prima del 1992, il credito d'imposta è maggiorato del 50%. Le imprese beneficiano, invece, di ammortamenti accelerati ad un anno, esonero totale della tassa di possesso per le auto societarie (50% nel caso di doppia carburazione), recupero totale dell'imposta sul valore aggiunto sul carburante (TVA), per i taxi è previsto in aggiunta un contributo in conto capitale di 3.050 euro e rimborso delle accise fino a 9.000 litri all'anno (40.000 litri per il trasporto pubblico). In entrambi i casi, le amministrazioni regionali possono rinunciare interamente o parzialmente alle tasse di registrazione.

Per le auto elettriche non esiste differenziazione tra uso personale o societario. Il contributo è pari a 3.050 euro maggiorato a 3.810 in caso di rottamazione. Contributi differenziati sono previsti anche per i ciclomotori e i veicoli speciali. Per le società permangono gli esoneri per le tasse di possesso e ammortamento accelerato, valide anche per le auto ibride.

Gli enti e le imprese pubbliche, con una flotta superiore a 20 autoveicoli, sono obbligati a destinare alle autovetture alternative (di stazza inferiore a 3,5 tonnellate) almeno il 20% dei nuovi acquisti.

#### 7.2.2.3.3 Gran Bretagna

La politica britannica a favore delle propulsioni alternative è ricapitolata nel *PowerShift Programme*. Il programma è finanziato dal Ministero dei Trasporti, dal Governo scozzese, dalle autorità locali, nonché da imprese private automobilistiche e petrolifere.

---

<sup>23</sup> A tal proposito si possono citare i progetti Cute (Clean urban transport for Europe) che beneficia di un contributo pari a 18,5 milioni di euro e prevede l'introduzione di 30 autobus a celle a combustibile all'idrogeno in alcune grandi città europee, e Ectos (Ecological city transport system), che si svolge a Reykjavik, con un contributo di 2,85 milioni di euro per l'analisi degli aspetti pratici legati ai sistemi di trasporto all'idrogeno.

Il contributo viene calcolato in percentuale sulla differenza di prezzo tra l'autoveicolo a metano, GPL o elettrico, e il corrispondente a benzina o gasolio (IVA esclusa). La percentuale varia a seconda della riduzione di emissioni (dal 30 al 50%). I veicoli di peso superiore alle 3,5 tonnellate beneficiano di contribuzioni superiori (dal 40 al 75%). Le auto ibride ricevono, invece, un contributo fisso di 1.000 £.

Il *PowerShift Programme* gestisce anche i fondi per lo sviluppo delle propensioni alternative. Il contributo copre dal 25 al 50% dei costi ammissibili del progetto.

#### 7.2.2.3.4 Italia

I primi provvedimenti a favore delle autovetture a minor impatto ambientale risalgono al 1° ottobre 1997 quando fu introdotto un pacchetto di incentivi per l'acquisto di vetture elettriche (3,5 milioni di lire a condizione che analogo sconto fosse praticato dal costruttore, fino alla concorrenza massima complessiva di 7,7 milioni per auto). Successivamente nel 1998 fu introdotto il contributo per l'acquisto di vetture a metano e GPL (800.000 lire, dal 2003 il contributo è stato innalzato a 1.500 Euro) e di 600.000 lire per la trasformazione a gas di vetture già circolanti (nel 2003 il beneficio è stato aumentato a 650 Euro per le auto immatricolate da meno di un anno). Tutte le agevolazioni all'alimentazione a gas vengono finanziate di anno in anno con fondi spesso insufficienti rispetto alle richieste, per cui non di rado sono state sospese, in attesa che il ministero reperisse altri fondi. Tali incentivi erano cumulabili con quelli per la rottamazione che consentivano l'esenzione della tassa di registrazione e di possesso per tre anni e per le auto. Nell'ambito del Decreto sulla rottamazione delle auto, gli acquirenti di autoveicoli elettrici beneficiano di un contributo di 1.800 Euro + IVA a condizione che analogo sconto venga praticato dal costruttore. A differenza degli altri interventi riguardanti la rottamazione, questo intervento ha validità temporale indefinita.

Il Decreto Interministeriale del marzo 1998 sulla Mobilità Urbana Sostenibile stabilisce inoltre che i parchi autoveicoli delle amministrazioni dello Stato, degli enti locali, dei gestori pubblici e privati di servizi di pubblica utilità, debbano inserire quote progressivamente crescenti di autoveicoli a basso impatto ambientale (15% delle sostituzioni nel 1999, fino al 50% delle sostituzioni nel 2003).

Il Decreto Interministeriale di attuazione dell'art. 4 comma 19 della Legge 426 ha destinato circa 78 miliardi di Lire all'acquisto o leasing finanziario di autoveicoli a minor impatto ambientale delle categorie M1 (autovetture) ed N1 (furgoni o autocarri fino a 3.500 kg). L'entità del contributo è pari al 65% del prezzo per gli elettrici, fino al 60% per gli ibridi, 25% per gli autoveicoli alimentati esclusivamente a metano o GPL, 10% per quelli a doppia alimentazione. I benefici sono calcolati al netto dell'IVA. I soggetti aventi diritto sono le Regioni, gli Enti locali, le loro aziende, le società a prevalente capitale pubblico che esercitano servizi di trasporto su base nazionale, le persone giuridiche di diritto privato che gestiscono servizi pubblici su contratto di servizio.

La Legge Finanziaria 2001, al Capo XXIII, Art. 145, ha introdotto elementi innovativi circa l'incentivazione delle diverse tipologie di autoveicoli a basso impatto ambientale. Questo provvedimento è stato reso operativo dal decreto interministeriale 18 ottobre 2002, che include anche ciclomotori, tricicli, quadricicli, autoveicoli della categoria N2 e macchine operatrici. La stessa legge Finanziaria in oggetto ha inoltre esteso le contribuzioni anche a tutti i comuni dei parchi naturali protetti e delle isole minori titolari di parchi marini protetti. Con il decreto del Ministero dell'Ambiente del 18 ottobre 2002, l'entità della contribuzione è stata diversificata per le diverse tipologie: da un minimo del 20% delle bifuel, al 30% per i veicoli elettrici a 2-3 ruote fino al 65% di diverse categorie di autoveicoli elettrici e ibridi. Sono stati previsti anche dei contributi massimi a seconda del tipo di veicolo.

La legge n. 194 del 1998 *Interventi nel settore dei trasporti* autorizza le Regioni a contrarre mutui per l'acquisto di autobus e natanti elettrici per servizio pubblico. Impone inoltre alle Regioni di utilizzare non meno del 5% dei contributi loro assegnati per l'acquisto di autobus a basso impatto ambientale.

Va infine ricordato che in Italia gli autoveicoli elettrici sono esentati dal pagamento della tassa di possesso per i primi 5 anni dalla data di immatricolazione. Inoltre, a partire dal 1982 gli autoveicoli elettrici beneficiano di una tariffa assicurativa responsabilità civile auto abbattuta del 50% rispetto agli equivalenti autoveicoli termici.

Particolare importanza riveste l'*Accordo di Programma* siglato il 5 dicembre 2001 da Ministero dell'Ambiente, Fiat e Unione Petrolifera per la realizzazione di un piano nazionale per lo sviluppo dell'utilizzo del metano per autotrazione nelle aree urbane e metropolitane. L'Accordo focalizza gli interventi sui veicoli che gravitano prevalentemente nell'ambito urbano, il trasporto professionale di persone e il trasporto professionale per la distribuzione delle merci nelle aree urbane. Il Comune di Torino coordina a livello nazionale l'erogazione degli incentivi che potranno essere utilizzati solo nelle città che dispongono di una rete di distribuzione di metano e registrino alte concentrazioni di inquinanti atmosferici. In base all'Accordo, Fiat si è impegnata ad ampliare la gamma di offerta di vetture e veicoli per il trasporto merci, oltre che di autobus, di compattatori e di mezzi di raccolta rifiuti alimentati a metano.

Per quanto riguarda i veicoli, l'incentivo previsto per vetture è pari a 2.500 euro, per i veicoli commerciali destinati al trasporto merci in ambito urbano l'incentivo varia da 1.500 a 6.500 euro a seconda della classe e della dimensione.

L'ampliamento e lo sviluppo della rete distributiva, elemento essenziale per la crescita della domanda dei veicoli, verrà sostenuto da un contributo da 100mila a 150mila euro.

Il piano d'azione prevede da parte del Ministero dell'Ambiente un impegno finanziario di 244 milioni di euro per gli anni 2002-2005, costituito in parte dal rifinanziamento di provvedimenti esistenti e in parte da risorse aggiuntive.

#### 7.2.2.3.5 Leggi regionali italiane

Diverse Regioni italiane (Lombardia, Friuli-Venezia Giulia, Marche, Valle d'Aosta, Emilia e Romagna e Piemonte) hanno varato leggi o accordi per l'erogazione di finanziamenti all'acquisto, in alcuni casi fino al 90% del prezzo per veicoli e delle infrastrutture di ricarica. Tuttavia solo poche di queste risultano tuttora finanziate nei rispettivi bilanci regionali.

##### *Valle d'Aosta*

Con la Legge n. 11 del 27 marzo 1991, *Interventi finanziari per incentivare le Amministrazioni pubbliche a dotarsi di automezzi non inquinanti*, i contributi a favore di Comuni, Comunità Montane, Unità Sanitarie Locali ed esercenti di trasporto pubblico sono pari al 90% del prezzo di acquisto dell'autoveicolo elettrico o alimentato a metano e delle relative attrezzature. La legge è stata finanziata fino al 2001<sup>24</sup>.

##### *Piemonte*

La Legge n. 14 del 2 luglio 2003, *Interventi finanziari per il miglioramento dei servizi complementari al trasporto pubblico locale* concede contributi fino a 6.200 Euro (4.200 per auto convenzionali) a favore del servizio di taxi con autovettura e di noleggio con conducente e autovettura per il rinnovo del parco auto. Il contributo non potrà superare il 20% della spesa sostenuta

---

<sup>24</sup> Complessivamente sono stati liquidati contributi per l'acquisto di n. 4 autoveicoli a trazione elettrica ad uso dei comuni di Saint-Vincent e di Chamois e della comunità montana Monte Cervino. L'importo liquidato, pari al 90% delle fatture presentate, è pari a circa 100.000 Euro. Le numerose richieste presentate di recente fanno supporre che la legge venga rifinanziata per il 2004.

anche nel caso di autovetture già immatricolate da meno di tre anni. Il contributo non è cumulabile con altri provvedimenti.

#### *Lombardia*

Con la Legge n. 40 del 12 dicembre 1994, *Promozione della diffusione di veicoli elettrici dotati di accumulatori e relative infrastrutture, nelle aree urbane*, la Regione concede a persone fisiche, giuridiche e ad enti pubblici contributi per l'acquisto o per la locazione di veicoli elettrici e relativi accumulatori nella misura massima del 50% della differenza di prezzo con similare veicolo con motore a combustione interna (IVA esclusa). Il contributo è cumulabile con provvedimenti simili. Con la legge n. 6 del 3 aprile 2001 sono stati compresi anche i veicoli alimentati a combustibili gassosi o ricavati da fonti rinnovabili.

Nel 2001 e nel 2002 la Regione Lombardia ha emesso bandi per la *Concessione di contributi a fondo perduto per la lotta all'inquinamento atmosferico mediante la diffusione di autovetture a bassa emissione*. Il contributo a fondo perduto variava da un minimo di 300 Euro per la trasformazione a GPL ad un massimo di 2.200 per l'acquisto di un'auto nuova a metano (anche bifuel), elettrica o ibrida in caso di rottamazione.

#### *Friuli Venezia Giulia*

Con la Legge n. 43 del 13 novembre 1995, *Promozione della diffusione di veicoli elettrici e di veicoli a ridotte emissioni inquinanti*, l'Amministrazione regionale concede a soggetti privati contributi per l'acquisto di veicoli elettrici e relativi accumulatori nella misura massima del 30% del prezzo di listino, 40% ai Comuni e ad altri enti pubblici. Per la realizzazione delle infrastrutture il contributo è del 30%. La legge non è stata più rifinanziata dopo il 1999.

#### *Emilia Romagna*

Se il Progetto di legge, *Interventi urgenti in materia di qualità dell'aria e per l'incentivazione dei mezzi di trasporto a basso impatto ambientale* verrà approvato, la Regione potrà concedere a Comuni, Province, Enti pubblici ed Aziende partecipate contributi fino al 35% per l'acquisto di mezzi a trazione elettrica e/o ibrida, 20% per mezzi a gas metano o GPL, 15% per la riconversione dei mezzi a gas metano o GPL. Ai Comuni con oltre 30.000 abitanti e che adottano misure atte alla limitazione del traffico privato, la Regione assegnerà un fondo destinato a persone fisiche e giuridiche per l'acquisto di veicoli elettrici e/o ibridi. Il contributo massimo è del 50% del costo di acquisto (IVA esclusa) per un massimo di 25.500 Euro.

#### *Marche*

Con la Legge n. 35 del 12 aprile 1995, *Promozione della diffusione di veicoli elettrici dotati di accumulatori e relative infrastrutture nelle aree urbane*, si è definita una legge fotocopia di quella lombarda, che non è più stata rifinanziata dopo il 1995.

### *7.3 Gli interventi a favore della ricerca e sviluppo*

Come è stato ampiamente approfondito nei capitoli precedenti, le autovetture a minor impatto ambientale sono una rilevante opportunità che presentano, tuttavia, una serie di ostacoli crescenti, come ad esempio la riconversione della rete di distribuzione e la definizione di standard condivisi. Anche la valutazione del bilancio energetico tra le diverse motorizzazioni non trova concordanza di risultati. Alcuni ritengono che l'urgenza principale sia al momento l'inquinamento urbano risolvibile immediatamente con le auto a metano; studi recenti del Mit sostengono che le auto ibride siano più ecologiche di quelle a

idrogeno, altri ancora che le future evoluzioni dei motori tradizionali, e con l'impiego di combustibili sintetici o biologici, consentiranno di ridurre i consumi di carburante del 30-40% e di utilizzare fonti di energia rinnovabili.

Lo scenario tecnologico è, quindi, tutt'altro che definito. Solo per i veicoli a gas naturale si può ritenere che le conoscenze acquisite siano in via di consolidamento. Per le altre tipologie di propulsioni i margini di miglioramento sono ancora ampi. Sintetizzando è possibile collocare ciascuna tipologia di propulsione nelle diverse fasi della ricerca e sviluppo: le auto a metano con la ricerca precompetitiva (i modelli a disposizione sono numerosi e perfezionabili), le auto ibride con la ricerca industriale (i principali costruttori giapponesi e americani hanno in programma di lanciare tra qualche anno auto ibride in serie e sono in sperimentazione alcune nuove tipologie come le hyperdrive), e le celle a combustibile con la ricerca di base (i pochi prototipi realizzati sono in verità dei laboratori di ricerca piuttosto che delle autovetture simili a quelle in uso, tant'è che il ruolo delle università e dei centri di ricerca è preponderante).

D'altro canto, gli sviluppi tecnologici delle diverse tipologie di propulsione non sono tra di loro indipendenti, ma costituiscono una vera e propria traiettoria tecnologica che comprende un flusso di innovazioni correlate. Il motore endotermico è utilizzato dalle auto a metano e ibride, e in quella a idrogeno senza celle a combustibile, le tecniche di stoccaggio del metano possono essere impiegate nelle auto ad idrogeno sia sul veicolo che per la distribuzione, l'accumulazione delle batterie è comune alle auto elettriche, ibride e celle a combustibile, la gestione elettronica è preponderante e spesso comune in tutti le propulsioni alternative, le celle a combustibile, essendo in definitiva dei generatori di corrente, possono essere utilizzate in altri settori industriali.

Per una prima valutazione sugli interventi a favore della ricerca e sviluppo per le auto a minor impatto ambientale messi in opera da Stati Uniti, Giappone e Unione Europea è sufficiente soffermarci sui contenuti dei programmi, i fondi stanziati e la gestione organizzativa.

Se sul primo punto esistono trascurabili differenziazioni, tutti i principali programmi internazionali di ricerca, sviluppo e dimostrazione nel settore dell'energia dedicano un'attenzione crescente all'idrogeno come vettore energetico e allo sviluppo delle relative tecnologie di utilizzo (celle a combustibile), per quanto concerne le risorse e la conduzione il ritardo europeo è evidente.

L'impegno dei paesi membri dell'Unione Europea in questo contesto è risultato sinora non strutturato, limitato e frammentato<sup>25</sup>. Fuel Cell Europe stima che i fondi pubblici stanziati annualmente ammontino a 50-60 milioni di Euro, circa un quinto di quelli statunitensi (recentemente incrementati) e un quarto di quelli giapponesi dove è in corso un programma trentennale iniziato nel 1993. Nel 5° programma quadro all'idrogeno e alle celle a combustibile erano stati destinati per l'intero periodo 120 milioni di Euro, recentemente la Commissione europea ha annunciato investimenti per 2,1 miliardi di euro in cinque anni.

La gestione dei programmi deriva in parte dalla storia politica ed economica del continente europeo. Solo di recente la Commissione europea ha promosso un Gruppo di lavoro con il compito di predisporre piani di sviluppo per un'economia basata sull'idrogeno. In questo

---

<sup>25</sup> In Germania, sono in corso oltre 200 progetti per lo sviluppo e l'impiego dell'idrogeno in diversi usi finali. Un'attenzione crescente alle tecnologie dell'idrogeno e alle celle a combustibile viene dedicata nell'ambito dei programmi della Commissione europea. In Francia con PREDIT, un programma nazionale che interessa tutti i trasporti terrestri, il sostegno alla ricerca per i veicoli a propulsione alternativa è iniziato nel periodo 1990-1994 con le vetture elettriche e successivamente anche a quelle a GPL e metano. A partire dal 1996 sono stati finanziati anche gli studi per le auto ibride e a celle combustibile. Su quest'ultimo aspetto i costruttori nazionali hanno operato congiuntamente. Con il programma 2002-2006 l'attenzione si è allargata anche alle due ruote e alle minicar. In gran Bretagna il *New vehicle technology fund* tramite *PowerShift* gestisce anche i fondi per lo sviluppo delle propulsioni alternative. Il fondo copre dal 25 al 50% dei costi del progetto.

gruppo di lavoro sono presenti due italiani: Carlo Rubbia e Roberto Cordaro, presidente della Nuvera, l'unica impresa europea produttrice di celle a combustibile in grado di competere a livello mondiale.

Negli Stati Uniti il programma FreedomCAR è strutturato in tre livelli – il comitato esecutivo, il gruppo operativo e i team tecnici – in ciascuno dei quali fanno parte rappresentanti governativi, scientifici e industriali. La responsabilità operativa ricade su tutti i partecipanti.

In Giappone, le attività di ricerca e sviluppo di veicoli a minore impatto ambientale sono coordinate dal NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization), un'organizzazione semi-governativa fondata nel 1980 e controllata dal METI (Ministry of Economy, Trade and Industry). Al NEDO sono state delegate le attività inerenti lo sviluppo delle energie pulite e la competenza della gestione organizzativa dei fondi, del personale, delle iniziative tecnologiche sia per quanto concerne gli operatori pubblici che quelli privati.

### 7.3.1 Gli Stati Uniti

Negli Stati Uniti, il Programma Idrogeno (Hydrogen R&D program) del Department of Energy (DoE), promuove dal 1979 lo sviluppo di metodi avanzati per la produzione e lo stoccaggio dell'idrogeno e la dimostrazione del suo impiego nelle diverse applicazioni, con l'obiettivo di introdurre gradualmente nel sistema energetico questo vettore, favorendo la transizione dai combustibili fossili alle fonti rinnovabili. Il programma è strettamente coordinato con quelli relativi allo sviluppo delle celle a combustibile, per applicazioni sia stazionarie sia di trazione, e alla gassificazione delle biomasse e del carbone.

Negli Stati Uniti, il DoE finanzia dal 1994 attività dirette allo sviluppo di sistemi di propulsione con celle a combustibile all'interno del *Fuel Cells for Transportation Program*. Per impieghi nel settore del trasporto sono state sperimentate celle a combustibile di diverso tipo. Le celle ad elettrolita polimerico, alimentate ad idrogeno o metanolo, sono tuttavia quelle su cui si concentra il maggior interesse.

Le celle a combustibile ad elettrolita polimerico erano state individuate come la tecnologia più adatta per ottenere l'obiettivo del programma, che è quello di promuovere lo sviluppo di sistemi di propulsione ad alta efficienza e ad emissioni molto basse o nulle.

All'interno del programma finora sono state sostenute principalmente attività che hanno riguardato lo sviluppo di stack, di sistemi di trattamento del combustibile, nonché di ausiliari del sistema (compressori, sistema di alimentazione, controlli, ecc.).

Recentemente, come conseguenza della crescita d'interesse verso l'idrogeno, si è deciso di aumentare gli impegni nelle aree relative allo sviluppo dei sistemi di stoccaggio idrogeno e delle infrastrutture necessarie alla sua distribuzione.

Il DoE aveva fissato nel 1994 gli obiettivi da raggiungere entro il decennio, sia per il sistema stack (completo di ausiliari), che per il sistema di trattamento del combustibile. Dal momento che alcuni di questi obiettivi risultavano in parte già superati, nel corso del 2001 si era provveduto ad un aggiornamento degli stessi ed era stato esteso anche il periodo temporale per il loro conseguimento. Sono stati inoltre inseriti nuovi obiettivi da raggiungere per sistemi che usano direttamente idrogeno.

A gennaio 2002, il DoE ed United States Council for Automotive Research (USCAR), che rappresenta le tre maggiori case automobilistiche statunitensi hanno annunciato l'avvio di un nuovo programma, il FreedomCAR (Cooperative Automotive Research), all'interno del quale saranno finanziate le attività di sviluppo di veicoli a celle a combustibile ad idrogeno.

Il nuovo programma sostituisce il Programma Partnership for a *New Generation of Vehicles* (PNGV), che aveva l'obiettivo di sviluppare e dimostrare, entro il 2004, la fattibilità

tecnologica di veicoli a basso consumo (80 miglia/gallone), ma equivalenti in termini di prestazioni e costi ai veicoli di oggi.

Per il FreedomCAR, è stato proposto per il 2003 uno stanziamento di circa 150 milioni di dollari, la metà dei quali destinati ad attività di R&S su celle a combustibile (50 milioni di dollari) ed idrogeno (25 milioni di dollari); la parte restante continuerà a sostenere attività di sviluppo di tecnologie a basso impatto ambientale ed in grado di ridurre i consumi di energia (motori a combustione interna di tipo avanzato o motori ibridi gas/elettrico).

Obiettivo prioritario del progetto è la riduzione della dipendenza dal petrolio a fini politici e ambientali. I partner del progetto hanno definito per il 2010 il raggiungimento di numerosi risultati tecnologici altamente impegnativi tra i quali: assicurare sistemi futuri a celle combustibile affidabili e a costi comparabili con i motori a combustione interna; ridurre le emissioni inquinanti degli idrocarburi utilizzati nei motori tradizionali e nelle celle a combustibile tramite *reforming*; mettere a disposizione veicoli ibridi affidabili; predisporre strutture dimostrative per il rifornimento dell'idrogeno; effettuare ridurre considerevolmente il peso dei materiali utilizzati nei veicoli.

Nell'ambito del programma, oltre ai costruttori automobilistici, sono impegnati, centri di ricerca governativi, universitari e privati; in particolare UTC Celle a combustibles, Plug Power, Energy Partners, Honeywell.

Di recente, lo stesso presidente Bush ha proposto di stanziare 1,2 miliardi di dollari aggiuntivi per favorirne lo sviluppo dei progetti relativi alle auto a celle a combustibile del programma FreedomCAR.

È interessante osservare che i fondi sono stati stanziati trasferendoli dai sussidi all'industria automobilistica per la produzione di vetture di dimensioni ridotte e a basso consumo di carburanti fossili. Nello specifico il piano, iniziato nel 1993 e difeso in particolar modo dall'amministrazione Clinton, aveva l'obiettivo di mettere sul mercato entro il 2004 vetture familiari capaci di viaggiare per circa 125 chilometri con poco più di quattro litri di benzina. Con un'aerodinamica avanzata, nuovi motori e materiali compositi più leggeri, le case automobilistiche avevano raggiunto risultati incoraggianti, anche se ancora lontani dagli obiettivi preventivati.

### 7.3.2 Il Giappone

Due sono i progetti gestiti dal NEDO inerenti le auto ecologiche entrambi in via di conclusione e di riformulazione: *The Project for Introducing Clean Energy Vehicles* (1998-2003) finanziato dall'Agenzia per le Risorse Naturali e l'Energia per 100 milioni di Yen all'anno, e *l'International Clean Energy Network Using Hydrogen Conversion*, maggiormente conosciuto come WE-NET (1993-2003), finanziato dal METI.

Tramite il primo programma il NEDO sovvenziona fino al 50% del costo per l'introduzione di autovetture a minor impatto ambientale come le vetture elettriche, ibride, a gas naturale e metanolo, nonché i sistemi di rifornimento. Il programma viene svolto tramite le rispettive associazioni di categoria come lo JEVA (Japan Electric Vehicle Association), lo JGA (Japan Gas Association) e lo JESA (Japan Eco-Service Stations Association).

Il programma We-Net prevede di sviluppare, entro il 2020, le tecnologie necessarie per avviare la realizzazione di un sistema energetico basato sull'idrogeno, prodotto principalmente a partire da fonti rinnovabili (idrauliche, solari ed eoliche). In tale ambito, viene dedicata particolare attenzione all'elettrolisi dell'acqua, all'accumulo e al trasporto dell'idrogeno e al suo impiego in turbine avanzate e in celle a combustibile; lo sviluppo di queste ultime è oggetto di un programma specifico del NEDO e di significativi sforzi industriali.

Il programma è stato suddiviso in due fasi e in cinque aree di intervento. La prima fase, conclusasi nel 1998, ha posto le basi per la definizione di un sistema di tecnologie indispensabili per la costruzione nel lungo termine di un network di domanda e offerta dell'idrogeno e di energia rinnovabile. Nella seconda fase, che si concluderà nel 2003, sono stati introdotti aspetti maggiormente operativi tali da introdurre l'uso dell'idrogeno come fonte energetica nella vita quotidiana. In questo contesto rientrano l'inaugurazione delle prime tre stazioni di rifornimento ad idrogeno. I campi di ricerca, invece, riguardano: l'analisi di sistema, la produzione, il trasporto e l'utilizzo dell'idrogeno, le tecnologie innovative. Ciascun'area è suddivisa in più obiettivi e sottobiettivi assegnati a prestigiosi istituti di ricerca nazionali con il compito di sviluppare e coordinare le competenze presenti in altre organizzazioni pubbliche e private.

Lo sviluppo di veicoli con celle a combustibile riceve pieno appoggio soprattutto nella seconda fase del progetto We-Net, in particolare con la definizione degli standard industriali per i componenti e i materiali utilizzati, e le normative relative agli aspetti di sicurezza. Il METI prevede la creazione di un mercato pari a 50.000 unità entro il 2010 coinvolgendo tutte le case automobilistiche nazionali. Per il periodo 2000-2005 alle celle a combustibile sono stati assegnati annualmente fondi pari a 10,5 miliardi di Yen la gran parte delle quali per l'applicazione automobilistica.

### 7.3.3 L'Unione Europea

In Europa, fin dagli inizi degli anni '90, nell'ambito del EQHPP (Euro-Quebec Hydrogen Pilot Project), industrie ed organizzazioni di ricerca europee hanno svolto attività di sviluppo e dimostrazione di veicoli a celle a combustibile; al momento iniziative di un certo rilievo sono in corso in Germania ed Islanda con i programmi TES ed Ectos (Ecological city transport system). Quest'ultimo progetto, che si svolge a Reykjavik, analizza gli aspetti pratici legati ai sistemi di trasporto all'idrogeno, esaminando fattori quali la produzione e il rifornimento di idrogeno nei centri urbani. Esso, inoltre, includerà uno studio di valutazione dell'impatto socio-ambientale. Le migliori prassi identificate in Islanda<sup>26</sup> si riveleranno utili per i futuri progetti comunitari in altre città europee.

#### 7.3.3.1 Il V° Programma quadro (1998-2002)

Il settore dei trasporti è indicato nel *Quinto Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico* della Commissione Europea come uno dei settori chiave sui quali agire per conseguire la sostenibilità dello sviluppo; nelle sue strategie d'intervento la Commissione ha riservato finora una notevole priorità alle applicazioni delle celle a combustibile alla trazione. I progetti finanziati all'interno dei programmi comunitari, che hanno forte partecipazione privata, hanno riguardato non solo lo sviluppo della tecnologia di cella, quanto la sua integrazione a bordo del veicolo; sono stati pertanto realizzate alcune concept-car e prototipi di autobus. Sempre con finanziamenti europei sono in corso o stanno per essere avviati programmi che prevedono l'esercizio sperimentale di alcuni autobus a idrogeno in

---

<sup>26</sup> In Islanda è in corso uno dei progetti più ambiziosi per la conversione di tutti i mezzi di trasporto in idrogeno. Il progetto, in gran parte finanziato dall'Unione Europea, si divide in quattro tappe: la prima è il funzionamento a idrogeno dei bus pubblici, tre dei quali già operativi. La seconda tappa (entro il 2007) è creare un mercato di auto a idrogeno, per trasformare l'intero parco auto islandese da benzina e gasolio a idrogeno. La terza tappa (entro il 2015) è alimentare a idrogeno i motori dei nostri pescherecci, che producono un terzo delle emissioni di gas inquinanti nel nostro Paese. La quarta tappa (2030) è vendere l'idrogeno al resto d'Europa: l'Islanda spende circa 10 miliardi di euro all'anno per acquistare petrolio. La scelta sull'Islanda è dovuta al fatto che il processo di idrolisi, che permette di ricavare idrogeno dalla scissione delle molecole di acqua richiede notevoli quantità di energia che in Islanda è garantita da una abbondante produzione di energia elettrica rinnovabile (idroelettrica e geotermica).

diverse città europee. Future attività in questo settore sono previste anche all'interno del prossimo Programma Quadro.

Il quinto programma quadro, suddiviso in due parti distinte: il Quinto programma quadro della Unione Europea (Ce), riguardante le attività di ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione e il Quinto programma quadro Euratom, riguardante le attività di ricerca e formazione nel settore nucleare.

All'interno del programma, i sottoprogrammi tematici toccano una serie di problematiche specifiche: qualità della vita e gestione delle risorse biologiche (Life Quality); società dell'informazione di facile uso (Ist); crescita competitiva e sostenibile (Growth); energia, ambiente e sviluppo sostenibile (Eesd). Nel programma specifico Eesd vi sono delle azioni chiave tra cui lavori su sviluppo e dimostrazione, compresa la generazione decentrata, di tecnologie di conversione delle principali fonti di energia nuove e rinnovabili, in particolare biomassa, celle a combustibile, tecnologie eoliche e solari.

All'interno di questi programmi sono stati finanziati diversi progetti con numerosi partecipanti italiani. Sono presenti tra gli altri:

- *Biomass-Gasification and Fuel-Cell coupling via high-temperature gas clean-up for decentralised electricity generation with improved efficiency* che ha come obiettivo l'implementazione di sistemi integrati costituiti da gassificatori e celle a combustibile (Università degli studi di L'aquila, Enea, Ansaldo Ricerche).
- *Series 500 Mcfc Clean Power and Heat Cogeneration Compact Plant "First of a Kind"* che sviluppa i risultati di precedenti progetti (Molcare 1) per realizzare, un primo prodotto da commercializzare (Ansaldo Ricerche, Enea, Azienda Municipale del Gas di Palermo).
- *Advanced PEM Celle a combustibili* per lo sviluppo e la realizzazione di celle polimeriche ad alta efficienza e basso costo di fabbricazione (De Nora).
- *Production of clean hydrogen for celle a combustibili by reformation of bioethanol* con l'obiettivo di sviluppare un sistema per il reformer del combustibile per la produzione di idrogeno da installare a bordo delle automobili (C.R.F., Enea).
- *Celle a combustibili Application for Mobile Equipment* per lo sviluppo di celle adatte ad alimentare telefoni cellulari (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Nuvera Celle a combustibili Europe).

#### 7.3.3.2 Il VI° Programma quadro (2003-2006)

Il *Sesto Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico* è il nuovo strumento dell'Unione Europea per l'attuazione della politica comunitaria di ricerca e sviluppo negli anni 2002-2006.

Rispetto ai programmi quadro precedenti, il *VI° Programma Quadro* rappresenta una completa svolta in termini di ambizioni, portata e strumenti di attuazione. Lo scopo è concentrarsi maggiormente su questioni di importanza europea e di integrare meglio le attività di ricerca grazie ad una migliore partnership tra i vari soggetti dello Spazio europeo della ricerca. L'iniziativa mira anche a fornire all'Unione una strategia effettivamente comune per rafforzare il dinamismo scientifico e tecnologico dell'Europa su una scena sempre di più mondiale.

I principali obiettivi del presente Programma coincidono con le tre grandi sezioni in cui è strutturato:

- Integrare la Ricerca: le attività svolte nell'ambito della prima sezione rappresenteranno la parte più consistente degli sforzi di ricerca, assorbiranno la maggior parte del budget del Programma Quadro e saranno concentrate in sette aree tematiche prioritarie.
- Strutturare lo Spazio Europeo della Ricerca: questa sezione racchiude in sé la filosofia ispiratrice dell'intero programma e mira alla creazione di un vero e proprio spazio aperto

della ricerca che garantisca la libera circolazione dei ricercatori e permetta di sfruttare al meglio i risultati scientifici a livello comunitario.

- Rafforzare le basi dello Spazio Europeo della Ricerca: la terza sezione infine prevede il coordinamento delle attività di ricerca svolte in Europa e lo sviluppo coerente delle politiche di ricerca e innovazione europee.

Il VI° *Programma Quadro* è riservato a Università, Istituti di ricerca pubblici e privati, Imprese di qualsiasi dimensione (con alcune misure dedicate alle piccole e medie imprese) con sede legale nei paesi membri dell'Unione Europea o nei Paesi Associati ma, a determinate condizioni, anche i ricercatori e le organizzazioni di paesi terzi possono partecipare a singoli progetti.

La sezione *Integrare la ricerca* è composta da un'area tematica trasversale specifica per le PMI e da 7 aree tematiche prioritarie, tra quest'ultime nell'area *Sviluppo sostenibile* rientrano come temi di ricerca: le fonti di energia rinnovabili e l'utilizzo più efficiente e più pulito dell'energia soprattutto nelle zone urbane; il trasporto sostenibile; le celle a combustibile e l'idrogeno.

Più nel dettaglio il VI° *Programma quadro* delinea due scenari: il primo a breve-medio termine, il secondo a medio-lungo termine (15-20 anni). Secondo il Programma le tre tipologie di motorizzazioni alternative con maggior potenzialità di mercato sono quelle alimentate da biocarburanti, da gas naturali e dall'idrogeno.

Le attività di breve e medio periodo saranno focalizzate sulla rimozione delle barriere tecniche, operative, organizzative e istituzionali. Particolare enfasi sarà attribuita alla rete di rifornimento nelle grandi agglomerazioni urbane dove più facilmente è possibile predisporre un sistema integrato di motorizzazioni a basso impatto ambientale in stretta relazione con la riedizione del programma CIVITAS<sup>27</sup>. Priorità sarà assegnata in particolare:

- all'integrazione su larga scala delle propulsioni alternative nel sistema di trasporto urbano al fine di favorire la trasformazione del parco veicoli utilizzato dagli operatori pubblici e privati. La sperimentazione e le applicazioni pilota sono delegate alle autorità locali;
- alla dimostrazione di innovativi, efficienti e sicuri sistemi di stoccaggio e distribuzione di carburanti alternativi da energie rinnovabili;
- alla dimostrazione di nuovi impieghi dei carburanti alternativi;
- all'individuazione di strategie innovative per monitorare e stimolare la domanda;
- alla ricerca di nuovi carburanti alternativi.

Per quanto concerne le ricerche a medio-lungo termine il VI° *Programma Quadro* pone particolare attenzione alle celle a combustibile in tutte le tipologie di applicazioni, e alla produzione su larga scala dell'idrogeno con lo scopo di rendere fattibile il ritorno degli investimenti a partire dal 2020.

---

<sup>27</sup> Nell'ambito del Quinto Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo, la Commissione Europea ha stanziato 50 milioni di euro a beneficio di 19 città dell'Unione e di paesi candidati all'adesione per sostenere l'implementazione di misure volte a migliorare il trasporto urbano. Le città sono state suddivise in quattro gruppi per lavorare insieme su progetti specifici: *Miracles*, *Tellus*, *Trendsetter* e *Vivaldi*. Una valutazione indipendente dei risultati raggiunti verrà effettuata mediante un quinto progetto chiamato *Meteor*. Le 19 città si sono impegnate nella lotta al traffico e all'inquinamento, adottando misure che richiedono un approccio coerente ed ambizioso alle politiche energetiche e di trasporto urbano: lo sviluppo di alternative valide ed interessanti all'utilizzo dell'auto privata; l'attuazione di nuovi sistemi di informazione e di gestione del trasporto; l'introduzione di parchi veicoli "puliti" per i passeggeri o le merci; campagne promozionali dei trasporti pubblici; un sistema di tariffazione dell'uso della rete stradale o dei parcheggi basato su considerazioni ambientali; la creazione di zone riservate ai veicoli "puliti" nel centro città.

#### 7.3.4 L'Italia

In Italia, non si è avuto finora un programma specifico sull'idrogeno, anche se alcune delle tecnologie considerate hanno raggiunto un grado di sviluppo significativo nell'ambito di programmi nazionali, già attivi da tempo, che coinvolgono l'Enea e le principali strutture industriali e di ricerca interessate; è questo, ad esempio, il caso delle celle a combustibile, che sono state oggetto di un notevole sforzo di ricerca, sviluppo e dimostrazione in ambito nazionale e sono ormai prossime alla dimostrazione di prodotti industriali sia per le applicazioni alla trazione sia per quelle stazionarie.

Attività di ricerca e sviluppo sono state svolte in passato e sono tuttora in corso, anche se in maniera non coordinata, su gran parte delle tematiche riguardanti il ciclo dell'idrogeno, sia presso le strutture di ricerca sia presso l'industria; sono quindi disponibili competenze e tecnologie per l'avvio di un intervento organico che si ponga obiettivi significativi a livello nazionale.

Il Ministero dell'Ambiente, ad esempio, ha già finanziato quattro iniziative per la sperimentazione dell'idrogeno: la seicento fuel cell e l'autobus ad idrogeno con il gruppo Fiat; alla Bicocca di Milano si sta adeguando la pila combustibile per la produzione di idrogeno da impiegare come carburante per i veicoli; mentre per ora è stato sospeso il progetto di costruzione di una automotrice ferroviaria alimentata ad idrogeno.

##### 7.3.4.1 Progetti finanziati dal Miur

Tra i progetti sulle celle a combustibile varati in Italia uno dei più significativi riguarda il progetto finanziato al 50% dal Murst (Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, ora Miur) dal titolo “*Impianti celle a combustibile a carbonati fusi (Mcf): dal laboratorio alla commercializzazione*”, per lo sviluppo e la messa a punto di componenti di cella, di stack e di sistema al fine di migliorare le prestazioni degli impianti Mcfc in vista della loro immissione sul mercato.

L'obiettivo principale del progetto è pertanto lo studio e la messa a punto di tecnologie e materiali innovativi che possano consentire all'industria italiana di acquisire gli elementi necessari per operare quel salto di qualità, nel campo delle celle a carbonati fusi, che possa consentire il passaggio verso impianti di terza generazione (adatti a essere immessi sul mercato) e in grado di competere a pieno titolo con i prodotti realizzati dagli altri competitori internazionali (americani, tedeschi e giapponesi).

Il progetto vede coinvolti i seguenti attori: Ansaldo Ricerche; Cnr Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerche sui Metodi e Processi Chimici per la Trasformazione e l'Accumulo dell'Energia (Cnr-Tae); Cesi Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta; Università di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale; Dipartimento di Chimica Industriale e Ingegneria dei Materiali dell'Università di Messina; Dipartimento di Chimica dell'Università di Siena; Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale (Cima).

Nell'ambito del Fondo Integrativo Speciale Ricerca, nel dicembre 2002 è stato bandito un programma strategico a sostegno dei *Nuovi sistemi di produzione e gestione dell'energia*, con un contributo complessivo di circa 90 milioni di euro. Il programma si divide in due parti:

- Progetto-Obiettivo: Vettore Idrogeno, contributo previsto circa 50 milioni di euro, con le seguenti tematiche:
  - sviluppo di tecnologie, componenti e sistemi innovativi per la produzione di idrogeno e per la separazione idrogeno/CO<sub>2</sub> anche ai fini della riduzione dell'impatto ambientale;
  - sviluppo di materiali e sistemi innovativi che sfruttino anche energie rinnovabili per

l'accumulo di idrogeno;

- studio del confinamento geologico della CO<sub>2</sub> e sviluppo delle relative tecnologie;
- sviluppo di tecnologie, componenti e sistemi per l'utilizzo dell'idrogeno nel campo della trazione e per generazione elettrica distribuita.
- Progetto-Obiettivo: Celle a Combustibile, contributo previsto circa 40 milioni di euro, con le seguenti tematiche:
  - aumento delle prestazioni e riduzione dei costi dei diversi tipi di celle a combustibile, attraverso lo sviluppo di materiali, componenti e configurazioni innovative di cella;
  - sviluppo e sperimentazione di sistemi con celle a combustibile per la trazione, per generazione stazionaria e per l'alimentazione di sistemi portatili;
  - sperimentazioni di impianti dimostrativi, monitoraggio e verifica dei comportamenti operativi per celle operanti con molteplicità di combustibili.

#### 7.3.4.2 Lombardia

Alla fine del 2001, la Regione Lombardia ha attivato il “Tavolo Idrogeno” che coinvolge alcuni tra i principali attori del sistema e i cui obiettivi dichiarati sono essenzialmente quelli di:

- Rendere coerenti e integrati gli scenari di utilizzo dell'idrogeno tra i vari settori.
- Valutare una razionalizzazione del quadro normativo in tema di sicurezza.
- Impostare una prima razionalizzazione di lungo periodo sulle reti di distribuzione.
- Promuovere la tecnologia delle celle a combustibile.
- Valutare proposte di intervento sul tema degli autoveicoli a idrogeno per il trasporto sia pubblico, sia privato.
- Promuovere l'impiego dell'idrogeno nella cogenerazione industriale.
- Studiare le opportunità di applicazione della cogenerazione a idrogeno a grandi stabili pubblici.
- Sostenere, a livello regionale, la ricerca applicata.

Il piano d'azione è confluito nella Expression of interest che la Regione Lombardia ha presentato alla Commissione Europea con il titolo di “Integrated project on energy efficient hydrogen technology for cogeneration and automotive”. Il Programma è articolato in progetti sperimentali da realizzare nel tessuto urbano in modo da valutare la compatibilità tra produzione, distribuzione e stoccaggio dell'idrogeno con le esigenze delle città ad alto tasso di urbanizzazione.

I progetti:

- *Progetto laboratorio urbano*: cercando di recuperare la parte impiantistica ancora disponibile del progetto Prode a Milano Bicocca che, circa 10 anni fa, ha visto la realizzazione di una centrale di produzione di 1,3 MW, si prefigge di simulare in versione sperimentale, ma su scala reale, quello che potrebbe essere lo scenario di una città alimentata a idrogeno nei prossimi decenni. Il principio base del laboratorio è di realizzare le condizioni strutturali per garantire la sperimentazione delle varie tecnologie, basate sull'utilizzo dell'idrogeno, attualmente disponibili (almeno a livello di prototipo), implementando tutte le nuove tecnologie ancora in fase di ricerca.
- *Progetto trazione a celle a combustibile*: partendo dall'esperienza del primo bus italiano, realizzato a Torino, intende realizzare un bus da 12 metri per trasporto urbano, ancora in versione ibrida a celle a combustibile, ma progettato sulle esigenze della trazione a idrogeno. Il bus adotterà sistemi tecnologicamente avanzati, riducendo la quota di potenza derivante dalla parte batterie e sarà, mosso da motori elettrici montati

direttamente sulle ruote con distribuzione elettrica e non meccanica.

- *Progetto flotta di autovetture*: si prefigge di sperimentare da un lato la progettazione e realizzazione di stazioni di rifornimento multi-fuel, dall'altro l'utilizzo di una flotta a basso impatto ambientale, alimentata a gas naturale, Gpl e idrogeno, in versioni “full powered” e ibride. Lo scopo è quello di ottenere utili indicazioni per un graduale passaggio dai combustibili tradizionali a quelli futuri.
- *Progetto produzione di idrogeno da biomasse*: In un'altra area della Regione, la grande disponibilità di residui di legno e rifiuti, derivanti da attività manifatturiere, permette di realizzare e gestire un gassificatore da biomassa selezionata, in grado di produrre gas di sintesi (miscela di idrogeno, metano, anidride carbonica e monossido di carbonio). Il gas sarà purificato in modo da poter alimentare, con l'idrogeno, una rete di utenti con microunità di cogenerazione a celle a combustibile. Lo scopo è di indagare un sistema di produzione di idrogeno da fonte rinnovabile e a bassissimo impatto ambientale. La distribuzione di idrogeno puro con tubazioni permetterà di alimentare Chp, privi di reformer e quindi di maggiore semplicità gestionale.
- *Progetto “Palazzo Pirelli”*: si prevede di installare un sistema di produzione di energia elettrica e calore, in parallelo all'attuale sistema di alimentazione. Utilizzando la tecnologia delle celle a combustibile ad acido fosforico (unico caso di prodotto standard realizzato e venduto in più di cento unità) si potrà dotare il grattacielo Pirelli di una sua capacità autonoma di produzione di energia elettrica: una sperimentazione senza precedenti in Europa. Le FC saranno alimentate con gas naturale prelevato dalla rete cittadina.
- *Progetto produzione distribuita*: si tratta dell'applicazione di mini unità Chp da alimentare con gas naturale e da installare in utenze di vario tipo (case private, scuole, uffici). La valenza operativa del progetto permetterà di realizzare le condizioni di sviluppo assistito di un mercato con importanti potenzialità e di rapido sviluppo e di verificare i problemi derivanti dalla gestione di differenti unità di produzione di energia elettrica continua, che in parte potrà poi essere rivenduta alla rete.

Di particolare interesse riveste ad Arese la creazione del “Polo della Mobilità Sostenibile” al fine di garantire, innanzitutto, l'occupazione presso gli ex stabilimenti dell'Alfa Romeo. Il progetto sarà in grado di unire ricerca e innovazione ad attività produttive ad alto contenuto tecnologico, dedicate in particolare all'auto e al trasporto pesante a combustibili ecologicamente compatibili, come il Gas Naturale Liquefatto, il GPL per l'autotrazione pesante e i propulsori a idrogeno.

Tre sono le peculiarità del progetto:

- la particolare idoneità dell'area di Arese per la realizzazione del Polo per lo sviluppo del trasporto compatibile, ovvero la compatibilità strutturale dell'area con ipotesi di sviluppo innovative;
- la disponibilità e l'interesse della proprietà dell'area ad agevolare il processo di elaborazione di un Piano industriale alternativo capace di riassorbire manodopera qualificata;
- la collaborazione tra Governo regionale ed Enti locali per affrontare la situazione a fronte di un percorso storico di progressivo disinteressamento all'area da parte del Gruppo Fiat.

#### 7.3.4.3 Piemonte

La Regione Piemonte con Deliberazione della Giunta Regionale 2 dicembre 2002, n. 29-7906 ha istituito un *Programma di sviluppo della ricerca sulla produzione e l'utilizzo dell'idrogeno in Piemonte*. Con questo programma la Regione Piemonte si pone come punto di riferimento e

di coagulo per la sinergia delle diverse iniziative a favore dell'idrogeno, sostenendo con le proprie risorse i programmi e i progetti sia a breve che a lungo termine, costituendo, attraverso convenzioni e accordi di programma, un polo per la ricerca sulla produzione e sull'utilizzo dell'idrogeno, che potrà essere alimentato, oltre che dai fondi regionali presenti in bilancio, da fondi statali.

In particolare il programma verrà attuato in collaborazione con le tre Istituzioni universitarie piemontesi, che devono garantire anche il raccordo con gli altri Atenei italiani e stranieri, con Environment Park, che garantisce il coinvolgimento delle aziende, e con ENEA, al fine di pervenire ad un polo regionale di riferimento sull'idrogeno che raccordi le diverse iniziative e ne stimoli l'ulteriore sviluppo.

Punto di partenza è il proseguimento delle sperimentazioni già programmate (costruzione di un prototipo di autobus con celle a combustibile alimentate a idrogeno compresso, costruzione ed esercizio sperimentale di una automotrice ferroviaria con celle a combustibile alimentate a idrogeno compresso) e l'allestimento del Laboratorio HYSY\_LAB, presso l'Environment Park di Torino, costituito come il primo nucleo operativo regionale per la promozione dello sviluppo della ricerca applicata in questo ambito, che si è già accreditato come struttura di livello quanto meno nazionale.



## Capitolo 8 CONSIDERAZIONI DI SINTESI

Questo rapporto propone una selezione di materiali relativi al processo innovativo che sta profondamente coinvolgendo il settore dei trasporti a fronte di uno scenario evolutivo globale caratterizzato dalle esigenze di due nodi strategici rappresentati dalla questione energetica e da quella ambientale: chi lo ha realizzato non pretende di accampare ipotesi interpretative innovative o di offrire una panoramica completa sullo stato degli studi e delle conoscenze in materia, ma ha solo la modesta ambizione di fare qualcosa di utile, offrendo alcune ragionevoli constatazioni in merito all'evoluzione in corso.

Anche focalizzando l'attenzione sulla evoluzione tecnologica dei combustibili e dei sistemi di propulsione, che ne costituiscono l'oggetto specifico, è infatti ovvio prendere atto che sono piuttosto frequenti i dubbi e le curiosità irrisolte su una pratica aperta a incertezze e a problemi per i quali talvolta si profilano soluzioni ancora indeterminate o inadeguatamente fondate.

È però ragionevole osservare che incertezze e problemi possono sollecitare qualche più attento interesse ai nodi attraverso i quali si dipana la decifrazione del processo in esame.

Dunque una ricerca finalizzata a realizzare una sistematizzazione del materiale raccolto in una materia così articolata per la sua pluralità di dimensioni, scientifiche, tecnologiche, economiche ed istituzionali non può avere la presunzione di fornire riposte esaustive o risolutive ai quesiti sui quali, nel mondo scientifico, economico, imprenditoriale ed istituzionale, si confrontano una pluralità di valutazioni, esperimenti e proposte.

Tuttavia, l'esperienza e le riflessioni accumulate nel corso della ricognizione ci consentono alcune preliminari considerazioni riassuntive, relative agli elementi più significativi che possono costituire una base di partenza per successivi approfondimenti diretti presso i costruttori di autoveicoli, i fornitori di combustibili, i centri di ricerca, i produttori di componenti e le istituzioni competenti in materia.

Nell'orizzonte dello sviluppo sostenibile, la mobilità sostenibile ha un ruolo indubbiamente cruciale per la sua rilevanza e per le sue potenzialità nella prospettiva del contenimento dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti.

La mobilità sostenibile è un complesso di tecniche, provvedimenti e realizzazioni che portano miglioramenti verso il conseguimento di obiettivi sintetizzabili in tre precetti – non sprecare, non inquinare, ottimizzare l'uso delle risorse – che assicurino la possibilità dello spostamento di persone o cose contrassegnato da caratteristiche di sicurezza, multimodalità ovvero possibilità di scegliere il mezzo più adatto, rispetto dell'ambiente, in termini di contenimento dei consumi energetici e delle emissioni.

A fronte di una pluralità di questioni, la mobilità sostenibile è quindi un obiettivo da conseguire attraverso una pluralità di azioni che, relativamente al trasporto stradale, coinvolgono tutti gli elementi della catena, e precisamente le infrastrutture, i veicoli, i combustibili, l'informazione e i sistemi informativi, le regole e gli interventi pubblici.

La complessità del sistema della mobilità, in ragione della articolazione di fattori di ordine sociale, ambientale ed economico da esso coinvolti, implica che non esistono interventi semplici, settoriali e di facile attuazione e nel contempo risolutivi ma che occorre attuare una serie molteplice, coordinata e diversificata di interventi: sulle diverse componenti del sistema (infrastrutture e veicoli, sistemi e regolazione, sicurezza ed enforcement) su diversi orizzonti temporali, a breve, medio e lungo termine.

Ne citiamo alcuni a titolo indicativo.

Sono da perseguire interventi finalizzati al riequilibrio modi di trasporto e sono necessari interventi di rilancio delle infrastrutture e delle reti di trasporto, da affiancare agli interventi di gestione e di regolazione dell'esistente.

Va messa al centro dell'attenzione l'intermodalità, ovvero l'integrazione fra i modi di trasporto, con lo sviluppo di "catene" nelle quali i vari modi vengano integrati e impiegati secondo le rispettive funzioni peculiari.

Sono da valutare con attenzione i risultati dei provvedimenti coercitivi di limitazione del traffico.

Vanno promossi gli investimenti necessari per realizzare reti di sistemi di trasporto rapido di massa nelle grandi città.

È da migliorare il trasporto collettivo in tutte le sue forme, con una forte valorizzazione della sua qualità, quale efficace complemento al trasporto individuale, anche con l'adozione di sistemi tariffari integrati e di pagamento intelligenti.

Sono da sviluppare progetti di nuove forme di trasporto collettivo (car sharing, car pooling, taxi bus, taxi collettivi) e di gestione della mobilità (Mobility Management), da prevedere progetti di sistema (PUT e PUM) che considerino il sistema della mobilità urbana nella sua globalità e da sperimentare politiche di road pricing come strumento di razionalizzazione della domanda, in particolare per l'accesso ai centri storici e per strade o aree di particolare interesse.

È necessario favorire lo sviluppo della telematica e dei servizi di informazione per la gestione della domanda di mobilità e del traffico, diffondere, presso le amministrazioni locali, le "best practice" per la regolazione degli accessi, la circolazione e la sosta dei veicoli commerciali che effettuano operazioni di raccolta e distribuzione delle merci, sviluppare il sistema delle infrastrutture logistiche urbane e l'introduzione di veicoli specializzati per la distribuzione di merci nelle città con caratteristiche di basso impatto ambientale.

È da favorire il rinnovo del parco circolante verso una composizione aggiornata tecnologicamente e allineata con i sempre più severi limiti per le emissioni e la diffusione di veicoli a trazione alternativa nei centri storici (auto elettriche, a metano, ibride).

La dimensione tecnologica, quella della innovazione dei mezzi di trasporto, dei combustibili e dei sistemi di propulsione, è dunque solo una delle dimensioni della strategia della mobilità sostenibile e va dunque considerata in una prospettiva di sistema.

A sua volta la innovazione tecnologica propone molte traiettorie, con una evoluzione verso veicoli a minor impatto ambientale articolata nel tempo con un susseguirsi, talora in parallelo, di ottimizzazione dei sistemi attuali, di sviluppo di sistemi intermedi (ad es. metano), di sperimentazione di sistemi del futuro (ad es. idrogeno).

Nel campo delle trazioni sembra infatti definito uno scenario evolutivo che prevede decisi miglioramenti nelle trazioni tradizionali, una estensione dell'impiego del metano come

combustibile alternativo, concrete soluzioni tecniche per quelle ibride e, in un orizzonte più esteso, l'eventualità di un ruolo centrale per le fuel cell e l'idrogeno, una soluzione realmente praticabile, però, solo con ulteriori innovazioni tecnologiche, proprie di un orizzonte temporale oltre il 2010.

È assolutamente da non trascurare l'ottimizzazione del rendimento e i progressi di natura ambientale delle trazioni tradizionali, mentre già oggi sono disponibili valide risposte per un concreto ed efficace contributo alla riduzione dei consumi e delle emissioni di soluzioni innovative come l'auto elettrica, eventualmente in nicchie di utilizzo urbano, e, per quanto concerne i combustibili, il GPL e, soprattutto, il metano, combustibile alternativo tecnicamente ed industrialmente maturo.

Una parte importante della evoluzione tecnologica del veicolo su gomma sarà ancora legata ai motori e ai combustibili tradizionali, che costituiscono in sostanza il "fatto economico" sul quale si regge l'industria del settore. Infatti l'automobile è stata l'oggetto negli ultimi 15 anni di una "rivoluzione silenziosa" che ne ha drasticamente migliorato le caratteristiche, con significative riduzioni dei consumi e considerevoli riduzioni di emissioni.

Come abbiamo visto, una grande attività è ancora in corso in questo campo, verso la riduzione dei pesi ed in generale del consumo energetico: le previsioni del MIT sono che nei prossimi 20 anni la propulsione "convenzionale" guadagni ancora un 20% di rendimento.

L'autotrazione a metano, nata in Italia ed oggi in crescente considerazione a livello europeo, è una risposta valida e già disponibile per la diversificazione dei combustibili, il cui utilizzo potrà favorire anche la futura produzione distribuita di idrogeno, mentre non è azzardato prevedere che il trasporto stradale pesante su lunga distanza sarà diesel per molti anni ancora.

Si è dedicato molto spazio alle propulsioni alternative, che costituiscono la parte più suggestiva per l'immaginario collettivo, ma che per ora sono pur sempre un fatto di nicchia: non dimentichiamo che il metano costituisce al momento l'1% dei combustibili consumati, e che sembra già molto ottimista il fatto che riesca a sostituire per il 2020 il 10% dei carburanti convenzionali.

Ancora più futuribile è l'idrogeno, che gode di un grande momento di popolarità ma che è ancora ben distante da una applicazione industriale ed i cui vantaggi, se si considera tutto l'arco di vita del veicolo e di fabbricazione del combustibile, sono in certa misura ancora da dimostrare.

La realizzazione delle diverse traiettorie ipotizzabili dipende dallo stato dell'arte delle tecnologie provate e disponibili, mentre l'introduzione delle tecnologie più radicalmente innovative presenta una serie di ostacoli significativi, come ad esempio la riconversione delle reti di distribuzione e la definizione di standard produttivi e operativi.

La gradualità nella programmazione degli interventi richiede di verificare quali possibilità hanno le varie propulsioni alternative in diversi segmenti quali i mezzi per la mobilità individuale (auto propria, taxi e simili), quelli per la mobilità collettiva (autobus) e per servizi di pubblica utilità (raccolta rifiuti, distribuzione merci in centri urbani), in quanto su segmenti diversi possono esserci economie di scala specifiche o economie di scopo, legate al tipo di servizio, che possono rendere più o meno convenienti soluzioni particolari.

Ogni soluzione ha pregi e svantaggi in termini di disponibilità di materie prime e di problemi ambientali nell'uso di tali materie, di costi di produzione e di uso, di peso e funzionalità nell'autovettura, di specificità di infrastrutture.

Ad esempio, il diffuso consenso sull'idrogeno come soluzione vincente nel medio-lungo termine si accompagna alla questione di come lo si produce e dei risvolti ambientali della sua produzione, a quella della diffusione di infrastrutture per la sua distribuzione e della normalizzazione del/i sistemi di distribuzione, che dovranno essere armonizzati come minimo a livello di comunità europea, oltre che ad ulteriori incertezze, quali l'esigenza dell'emanazione di una normativa chiara, la necessità di messa a punto di sistemi di stoccaggio efficienti, la diminuzione dei costi specifici delle celle a combustibile per autotrazione, la messa a punto di dispositivi ad elevata potenza specifica, che richiedano, a bordo dei mezzi, spazi contenuti.

L'attività normativa e la definizione di standard di prodotto e di processo, che accompagnano gli sviluppi delle nuove tecnologie nel campo della trazione stradale, costituiscono un ambito efficace di interazione con gli sviluppi stessi, per la disponibilità di metodi di caratterizzazione dei veicoli e dei relativi sistemi, per le prescrizioni di sicurezza da rispettare nell'evoluzione tecnologica, per l'individuazione dei problemi tecnici che emergono durante l'analisi approfondita delle tematiche, con possibili riflessi su nuovi temi di ricerca, oltre che per l'attivazione di relazioni internazionali fra enti ed esperti, che consente la messa in comune delle rispettive competenze ed esperienze.

La questione è di rilievo non solo per il fatto che lo sviluppo di nuove tecnologie è possibile solo attraverso enormi investimenti ma anche perché la scelta delle soluzioni sulla quale puntare e in quali tempi non è definita e le diverse opzioni hanno costi e opportunità differenti.

Anche la valutazione del bilancio energetico tra le diverse motorizzazioni non trova concordanza di risultati. Alcuni ritengono che l'urgenza principale sia al momento l'inquinamento urbano risolvibile immediatamente con le auto a metano, il citato studio del MIT sostiene che le auto ibride siano più ecologiche di quelle a idrogeno, altri ancora che le future evoluzioni dei motori tradizionali, e con l'impiego di combustibili sintetici o biologici, consentiranno di ridurre i consumi di carburante del 30-40% e di utilizzare fonti di energia rinnovabili.

Lo scenario tecnologico è, quindi, tutt'altro che definito.

Solo per i veicoli a gas naturale si può ritenere che le conoscenze acquisite siano in via di consolidamento. Per le altre tipologie di propulsioni i margini di miglioramento sono ancora ampi. Sintetizzando è possibile collocare ciascuna tipologia di propulsione nelle diverse fasi della ricerca e sviluppo: le auto a metano con la ricerca precompetitiva (i modelli a disposizione sono numerosi e perfezionabili), le auto ibride con la ricerca industriale (i principali costruttori giapponesi e americani hanno in programma di lanciare tra qualche anno auto ibride in serie e sono in sperimentazione alcune nuove tipologie come le hyperdrive), e le celle a combustibile con la ricerca di base (i pochi prototipi realizzati sono in verità dei laboratori di ricerca piuttosto che delle autovetture simili a quelle in uso, tant'è che il ruolo delle università e dei centri di ricerca è preponderante).

D'altro canto, gli sviluppi tecnologici delle diverse tipologie di propulsione non sono tra di loro indipendenti, ma costituiscono una vera e propria traiettoria tecnologica che comprende un flusso di innovazioni correlate. Il motore endotermico è utilizzato dalle auto a metano e ibride, e in quella a idrogeno senza celle a combustibile, le tecniche di stoccaggio del metano possono essere impiegate nelle auto ad idrogeno sia sul veicolo che per la distribuzione, l'accumulazione delle batterie è comune alle auto elettriche, ibride e celle a combustibile, la gestione elettronica è preponderante e spesso comune in tutti le propulsioni alternative, le celle a combustibile, essendo in definitiva dei generatori di corrente, possono essere utilizzate in altri settori industriali.

Senza dubbio, l'impatto delle nuove tecnologie, in particolare delle fuel cell, sposterà radicalmente il baricentro della costruzione di propulsori dalla meccanica alla chimica/elettrotecnica, dalle lavorazioni ad asportazione dei motori endotermici a quelle di tranciatura/deformazione per gli stacks, dalle trasmissioni meccaniche a quelle con motori elettrici sincronizzati/regolati elettronicamente, dalle riparazioni meccaniche a quelle elettriche.

In questo scenario, tutti i costruttori sono impegnati sui veicoli elettrici, a gas naturale, ibridi e fuel cell, con l'obiettivo strategico di realizzare auto alimentate totalmente a idrogeno: le imprese attuano dunque strategie multi-funzione e multi-tecnologie, e lavorano in un'ottica multi-fase, con soluzioni per il breve periodo, per il medio e per il lungo periodo.

Tutti i principali Paesi industrializzati nel mondo, in particolare Stati Uniti, Giappone e Unione Europea, hanno in corso programmi di ricerca e sviluppo sulle diverse tipologie di autovetture a minor impatto ambientale, con differenziazioni, in termini di intensità e focalizzazione, connesse alle condizioni politiche e alle caratteristiche industriali.

La scarsa diffusione delle motorizzazioni a gasolio e a metano ha indirizzato maggiormente la ricerca giapponese verso le autovetture con motore elettrico alimentato da batteria, ibrido o a celle a combustibile.

Negli Stati Uniti si assiste ad una forte concentrazione della ricerca sulle celle a combustibile, al fine di preservare l'attuale leadership tecnologica, e sulle auto ibride, con un'accesa discussione in atto tra quale sistema di trazione sia realmente il più efficace in termini ambientali e di riduzione delle importazioni di petrolio.

In Europa, i principali campi di intervento riguardano, invece, le motorizzazioni a combustione interna, dove sono stati raggiunti significativi risultati, e in misura sperimentale le autovetture ibride. Per quanto riguarda le celle a combustibile il ritardo politico dell'Europa sembra sensibile e solo di recente sono state intensificate le iniziative di sostegno: l'impegno dei paesi membri dell'Unione Europea in questo contesto è risultato sinora non strutturato, limitato e frammentato. I fondi pubblici stanziati annualmente, stimati a 50-60 milioni di Euro, sono circa un quinto di quelli statunitensi e un quarto di quelli giapponesi.

Solo di recente la Commissione europea, nell'ottobre del 2002, ha promosso un Gruppo di lavoro con il compito di predisporre piani di sviluppo per un'economia basata sull'idrogeno. Nel giugno del 2003, è stato presentato un documento sulla "Visione Europea" che, di pari passo con lo sviluppo delle celle a combustibile e delle tecnologie correlate, prevede che intorno al 2050 l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili rivestirà un ruolo determinante nella produzione di energia.

Così mentre nel 5° Programma Quadro di Ricerca all'idrogeno e alle celle a combustibile erano stati destinati per l'intero periodo 120 milioni di Euro, recentemente la Commissione europea ha annunciato investimenti per 2,1 miliardi di euro in cinque anni.

In Italia il settore auto, soprattutto nelle aree a forte concentrazione di produzione per l'auto, ha la necessità di accettare questa sfida e, in tutta la sua articolazione (car makers, general assemblers, partner di primo livello, fornitori specializzati), deve verificare le sue capacità di base per potersi riorganizzare e diversificare, ma deve bruciare le tappe perché i tempi di "clearing" del mercato si stanno decisamente approssimando.

Le difficoltà dell'industria e del mercato automobilistico, evidenziate dalla pesante situazione congiunturale del mercato italiano e dalle criticità dell'offerta nazionale, non devono dunque condizionare negativamente gli impegni dei costruttori italiani verso la realizzazione di continue innovazioni nel campo della mobilità, pena il rischio di una loro irrimediabile marginalizzazione nello scenario mondiale, con la loro riduzione ad attività di mero montaggio finale, a limitato contenuto innovativo.

Perché si hanno carte da giocare su alcuni profili meritevoli di attenzione, e perché l'industria nazionale realizza da anni ricerche e sperimentazioni mirate a soluzioni efficienti, quale ad esempio il metano, mentre la sua riconosciuta eccellenza nel campo della progettazione e fabbricazione di veicoli di contenute dimensioni e dai bassi livelli di consumo può consentire di procedere, anche a scala nazionale, con spunti originali sui mezzi del prossimo futuro.

Ricordiamo i principali risultati conseguiti recentemente dal gruppo Fiat:

- due tecnologie per i motori a diesel: le iniezioni multiple, che rappresentano una sensibile evoluzione del sistema *Common rail*, e il filtro del particolato a rigenerazione controllata;
- lo sviluppo di un sistema di iniezione a controllo elettronico che utilizza strategie di gestione del motore specifiche per il metano e il GPL, per favorire l'impiego dei propulsori a gas;
- la realizzazione, nell'ambito del progetto Atena finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica ed attuato dal Comune di Napoli, di dieci prototipi a propulsione ibrida a doppia alimentazione elettrica e benzina (Fiat Multipla), il primo modello ibrido al mondo che consentiva di utilizzare unicamente la motorizzazione elettrica, nonché di poter ricaricare le batterie anche attraverso la rete elettrica;
- lo sviluppo di una diversa tipologia di modello ibrido, denominato *Ecopower*, in collaborazione con Micro-vett e Lombardini, in cui la propulsione principale elettrica è assistita da un gruppo di generazione costituito da un motore a combustione interna a benzina e da un generatore elettrico posto in asse al motore termico;
- la prima vettura ibrida a metano, denominata *Gasdriver*, che consente di rispettare i limiti di emissioni inquinanti dell'*Equivalent Zero Emission Vehicle* senza inficiare le prestazioni veicolistiche,
- il secondo prototipo ad idrogeno con celle a combustibile, una Fiat Seicento, con obiettivo quello di ottimizzare lo spazio, raddoppiare i posti a sedere, e migliorare le performance di guida, portare la velocità massima a 130 km/h e l'autonomia a 220 km per il ciclo urbano, progetto che ha richiesto investimenti per 500mila Euro, con finanziamenti del Ministero dell'Ambiente. Il primo prototipo era stato presentato nel 2001 come derivazione dalla Seicento Elettrica, della quale aveva mantenuto alcuni

componenti, come il motore elettrico asincrono trifase a corrente alternata e il pacco batteria, che era stato tuttavia ridimensionato;

- tre nuovi prototipi potenziati, previsti per il prossimo anno, sulla base della Panda e da testare nella città di Mantova, in modo da attuare una sperimentazione delle infrastrutture di generazione dell'idrogeno e, quindi, di ricarica e una valutazione delle funzionalità di questi veicoli per esaminare così la validità, nel complesso, del sistema di propulsione.

È comunque necessario un forte sforzo di ricerca per tecnologie di punta, unitamente all'impegno di promuovere una maggior diffusione sul mercato dei veicoli innovativi per la sostituzione del parco circolante obsoleto, ambiti nei quali l'operatore pubblico può risultare un partner di primaria importanza.

Sono disponibili in Italia competenze di rango e un ragguardevole patrimonio scientifico e tecnologico.

Tra gli enti statali prevale l'interesse per l'idrogeno e le celle a combustibile che vengono studiate in particolar modo dall'ITAE (Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia del Consiglio Nazionale delle Ricerche), dall'ENEA e dalle Facoltà di ingegneria. Tra queste ultime si segnalano in primo luogo i Politecnici di Milano e Torino, e l'Università di Roma 3, nonché le Facoltà di Cassino, Genova, L'Aquila, Messina, Modena, Parma, Perugia e Pisa. In ambito statale, le altre tipologie di autovetture a minor impatto ambientale sono oggetto di studio presso le Facoltà di ingegneria e soprattutto presso l'Istituto Motori del Consiglio Nazionale delle Ricerche, che nutre interessi anche nelle ricerche sulle celle a combustibile.

Tra le imprese private, i soggetti che operano con maggiore intensità sono essenzialmente tre: il gruppo Fiat che, tramite il Centro Ricerche Fiat ed Elasis, interviene su tutto il fronte innovativo, il gruppo De Nora, il principale produttore europeo di celle a combustibile, e Ansaldo Fuel Cells, il cui interesse principale, tuttavia, è focalizzato sulle soluzioni di tipo stazionario.

A fianco di queste consolidate organizzazioni di ricerca, sono a vario titolo attive nello sviluppo delle autovetture a minore impatto ambientale una serie di imprese che si potrebbero identificare sia come costruttori di veicoli alternativi, soprattutto ad uso pubblico, sia come fornitori di determinate parti e componenti, ma in questo ambito non si segnalano iniziative presenti sul territorio piemontese.

Tra le organizzazioni italiane maggiormente coinvolte nello sviluppo di autovetture a minore impatto ambientale, è doveroso segnalare il Centro Ricerche Fiat, uno dei più importanti a livello mondiale, presso il quale nel 2002 lavoravano 960 dipendenti, di cui il 57% laureati, con un fatturato di 108 milioni di Euro (+6,3% rispetto all'anno precedente) e 72 nuovi brevetti registrati, che ha giocato un ruolo determinante in tutti i progetti innovativi del gruppo Fiat sopracitati, e che, nell'ambito del V° Programma Quadro UE (1998-2002) ha partecipato a 198 progetti, risultando il centro di ricerche con il maggior numero di progetti accettati.

Per quanto concerne l'intervento dell'operatore pubblico occorre ricordare che mentre le motorizzazioni a benzina e a diesel hanno beneficiato negli ultimi decenni di una continua e costante evoluzione tecnologica., grazie a consistenti investimenti nel processo produttivo e

nelle infrastrutture che hanno consentito economie di scala con un abbattimento dei costi sia per il prodotto automobilistico, sia per i carburanti utilizzati, al contrario, le propulsioni alternative possono per ora competere con le motorizzazioni tradizionali solo in presenza di interventi pubblici in grado di superare le resistenze del mercato derivanti da costi aggiunti per l'acquisto e l'uso dei veicoli "ecologici", investimenti ad alto rischio e di lungo periodo, mancanza di familiarità con le nuove tecnologie, carenza di infrastrutture adeguate.

Quanto prima devono essere definite linee di intervento e sostegno pubblico mirate, anche attraverso limitazioni correlate ai livelli di inquinamento atmosferico, alla ricerca, alla innovazione delle imprese, allo sviluppo del mercato, con eventuali incentivi o sgravi fiscali per gli acquirenti, oltre che a sperimentazioni di modernizzazione ed adeguamento delle dotazioni infrastrutturali.

Due sono le possibili leve di politica industriale che i governi centrali e periferici possono attuare per favorire le autovetture a minor impatto ambientale:

- l'azione regolamentatrice, tramite il controllo sia delle emissioni inquinanti, sia delle omologazioni delle vetture e delle reti di distribuzione, sia delle limitazioni all'utilizzo;
- l'intervento strutturale a favore della cosiddetta "industria nascente". Quest'ultima azione si esplica nella duplice veste di sostegno alla domanda privata e soprattutto delle amministrazioni statali, e di finanziamento alla ricerca al fine di ridurre il gap prestazionale.

In Italia, in materia di limitazione delle emissioni di gas inquinanti, il riferimento operativo è rappresentato dalle linee guida progressivamente definite dall'Unione Europea – le cosiddette normative Euro, ormai giunte alla V<sup>a</sup> edizione – e dai programmi da essa realizzati in collaborazione con i costruttori di autoveicoli.

Per quanto riguarda la gestione dei sistemi di traffico urbano, sono state realizzate, o sono in corso di realizzazione in diverse realtà locali, sperimentazioni significative, sia in misure di disincentivazione dell'uso dell'auto, sia in misure di incentivazione dell'uso di modi di trasporto alternativi.

Per quanto riguarda il sostegno alla domanda sono stati definiti a più riprese, sia a livello centrale che regionale, provvedimenti per la riduzione del costo d'acquisto – per ridurre il differenziale di prezzo rispetto alle auto tradizionali con incentivi diretti o con la riduzione delle tasse di acquisto o di registrazione – e per la riduzione del costo d'uso per sopperire alle carenze dei carburanti alternativi soprattutto con una tassazione più favorevole.

Per quanto riguarda gli interventi a favore della ricerca e sviluppo, accanto a quelli concessi ai costruttori nazionali nell'ambito delle principali Leggi per la ricerca (FRA) e per l'innovazione tecnologica (FIT), è il caso di ricordare, per la crescente attenzione all'idrogeno come vettore energetico e allo sviluppo delle relative tecnologie di utilizzo, seppur non si è avuto finora un programma specifico, i progetti finanziati dal MIUR, il Tavolo IDROGENO attivato alla fine del 2001 dalla regione Lombardia e il Programma di sviluppo della ricerca sulla produzione e l'utilizzo dell'idrogeno in Piemonte, istituito dalla Regione Piemonte a fine 2002, che ha come punto di partenza la prosecuzione di sperimentazioni già programmate e l'allestimento del Laboratorio HYSY LAB presso l'Environment Park di Torino, costituito come il primo nucleo operativo regionale per la promozione dello sviluppo della ricerca applicata in questo ambito, che si è già accreditato come struttura di livello quanto meno nazionale.

In una situazione di incertezza tecnologica come quella che sta contraddistinguendo il mercato automobilistico, i rischi connessi all'intervento pubblico possono essere molteplici, dalla scelta di inserimento su traiettorie tecnologiche divergenti dai possibili standard europei e mondiali di medio-lungo periodo alla riduzione della domanda di autoveicoli e del loro utilizzo come bene di produzione per interventi che tendono ad aumentare le accise sui carburanti tradizionali, dalla asimmetria tra progetti tecnologici e dotazioni infrastrutturali alla proliferazione dispersiva di iniziative, che al limite che si contrastano anziché consentire effetti moltiplicativi.

L'azione politica, in particolar modo quella dei governi locali, deve essere caratterizzata da focalizzazione degli incentivi su circoscritti percorsi tecnologici e da chiara visibilità e stabilità delle misure di sostegno.

Nello specifico, da un lato, la frammentazione degli interventi non consente di concentrare le risorse e generare massa critica, e ciò richiede inevitabilmente un'attenta valutazione previsionale per l'individuazione della tipologia di carburante alternativo più opportuno eventualmente circoscritta in aree delimitate in modo da favorire economie di utilizzo. Dall'altro lato, l'incertezza o la brevità temporale che spesso accompagna i provvedimenti normativi non contribuisce a favorire la diffusione e la conoscenza delle nuove tecnologie.

Diventa fondamentale la necessità di un coordinato e adeguato approccio di sistema, nel quale le strategie siano orientate allo sviluppo delle sinergie possibili fra tutti gli elementi coinvolti, tenendo conto degli strumenti di intervento disponibili ai diversi livelli funzionali, territoriali ed istituzionali.

Le carte di questo gioco devono dunque essere giocate non in solitario ma in una logica di squadra, in una logica di coalizione tra attori pubblici e privati, tra produzione, ricerca e regolazione, che copra tutto il ventaglio degli interventi contemplabili (regole, incentivi alla domanda e all'offerta, sperimentazioni, infrastrutture, progetti) ed in cui è determinante il coordinamento.

La "Coalizione per la mobilità sostenibile", se così la vogliamo denominare, necessaria per consentire un approccio globale alla questione, potrà essere articolata in aree di intervento quali, indicativamente:

- Regolamenti e standard
- Regolazione e gestione dei sistemi di traffico
- Sviluppo di tecnologie di propulsione
- Incentivi alla domanda

consentendo un profilo di intervento, statale, regionale e locale, che riduca il pericolo di sperimentazioni senza continuità, che ne assicuri la possibilità di valutazione, la messa a regime e la trasferibilità dei risultati raggiunti, rendendo possibile un ampio ventaglio di esplorazioni alternative, evitando al contempo il rischio di duplicazioni e di scale di intervento troppo piccole e la dispersione delle risorse impegnate, anche diffondendo adeguatamente le informazioni sui risultati ottenuti dalle esperienze effettuate.

La coalizione, che potrà inoltre misurarsi con pari dignità con le esperienze internazionali e favorire, in misura ancora maggiore della attuale, la partecipazione degli attori italiani a progetti internazionali, potrà configurarsi operativamente come una rete diffusa di

competenze con nodi di specializzazione, coordinati nell'ambito di una sede istituzionale, quale potrebbe essere la Conferenza Stato-Regioni.



## BIBLIOGRAFIA

- ACEA 2000 – Improving air quality in Europe.
- ACEA 2002 – Worldwide fuel charter.
- CONCAWE 2002 – Future Road Transport and associated Fuels – Concawe Review vol. 11 n. 2.
- CUVELIER 2002 – Evaluation of diesel fuel cetane and aromatics effects on emissions from Euro 3 engines – Concawe Report n. 4/02.
- EU COMMISSION 2001 – Com (2001) 045 – The Clean Air for Europe programme – Towards a thematic strategy for the air quality.
- EU COMMISSION 2002 – Directorate General for Environment – Fiscal measures to reduce CO<sub>2</sub> from new passenger Cars.
- ENEA 2001 – Stato di attuazione Patto Energia Ambiente – Roma.
- FERRERA M. 2003 – I veicoli a metano Fiat – Convegno AIM Milano – Giugno 2003.
- IEA 2002 – World Energy Outlook.
- IEA 2002 – Transportation projections in OECD Regions.
- L'EAU VIVE – Comitato Rota 2003 – Count Down 2003. Quarto rapporto annuale sulla Grande Torino – Guerrini e Associati – Milano.
- MAGGIORE M. 2002, Commissione Europea, DG-RTD, Unità H2 – Nuove tecnologie per un ridotto impatto ambientale della mobilità – Conferenza “Città, ambiente, mobilità – Milano – Febbraio 2002.
- MINISTERO AMBIENTE 2001 – Accordo Ministero Ambiente-Fiat-Unione Petrolifera – Dicembre 2001.
- MIT 2003 – Vehicles and fuels for 2020 – Assessing the hydrogen fuel-cell vehicle – E-lab Research Report – January-March 2003.
- M & T – Mobilità e traffico urbano 2000 – Per una politica di mobilità nelle aree urbane.
- ONU 1987 – Our Common Future.
- TOYOTA 2002 – European environmental report 2002.
- UE 2000 – Libro Verde “Verso una strategia europea di sicurezza dell’approvvigionamento energetico”.
- UE 2001 – Promotion of bio-fuels and other alternative fuels for road transportation – DG TREN.
- UE 2003 – Direttiva 2003/17/CE – Qualità della benzina e del combustibile diesel.