

PRESENTAZIONE

Gli ultimi dieci anni (il lancio commerciale della Prius risale al 1997) hanno visto il veloce sviluppo di una tecnologia, quella dei veicoli ibridi, che si è progressivamente imposta come una delle maggiori innovazioni nel settore della mobilità individuale dai tempi dell'introduzione del diesel "veloce", all'inizio degli anni 70.

I contemporanei sviluppi della tecnologia dei sistemi di accumulo elettrico, con lo sviluppo delle batterie al litio, hanno poi rivitalizzato anche il settore dei veicoli elettrici, le cui prestazioni, soprattutto in termini di autonomia, sono finalmente cresciute a livelli tali da soddisfare un'ampia serie di esigenze, dal trasporto merci "porta a porta" a quello dei servizi ad alcune nicchie del trasporto pubblico.

La tecnologia è ancora una volta a disposizione della naturale esigenza di mobilità individuale nelle nuove condizioni sociali, ambientali ed economiche che caratterizzano il nostro tempo.

A questi temi l'ENEA ha dedicato attenzione e risorse fin dagli anni 80, ed alle attività e conoscenze acquisite sulle batterie si sono aggiunte nel tempo le prove con i veicoli elettrici ed in seguito con gli ibridi, con competenze e infrastrutture che permettono oggi di accompagnare lo sviluppo dell'industria nazionale in questo settore da sempre strategico per il nostro paese.

Uno dei primi contributi dell'ENEA alla crescita del settore è stato infatti l'offerta ai costruttori di servizi di prova e di qualificazione. Grazie a importanti attrezzature realizzate allo scopo, sono stati sperimentati presso il Centro Ricerche Casaccia e sul campo componenti e veicoli di ogni genere, con prove di durata, prestazioni, consumi ed emissioni che hanno contribuito a far chiarezza sulle possibilità delle tecnologie.

Un secondo tipo di contributo, più prettamente di ricerca e sviluppo, l'ENEA lo ha fornito in alcuni settori poco esplorati, ma ritenuti, a ragione, particolarmente promettenti, come l'elettrochimica del litio o lo sviluppo di sistemi di gestione e controllo per batterie e supercondensatori, insieme alla modellazione, sviluppo e realizzazione di sistemi di trazione completi, in associazione con l'industria nazionale e l'università.

L'ENEA, anche in questo settore cioè, ha operato in stretta collaborazione con il mondo industriale, individuando obiettivi di rilevante interesse economico e sociale da raggiungere con competenze e capacità di alto livello tecnico e scientifico.

L'ENEA si fa adesso promotrice di un'opera che raccoglie in modo organico le informazioni e le conoscenze che intervengono nella progettazione e nello sviluppo di questi sistemi, conoscenze che, per la loro stessa natura, si fondano sull'integrazione di due grandi branche dell'ingegneria, quella elettrica e quella meccanica.

Il lavoro, reso possibile dalla collaborazione di un gruppo di tecnici e ricercatori che operano da anni in questo settore, vuole contribuire a diffondere la conoscenza di questo tipo di veicoli, delle loro potenzialità e delle possibili applicazioni.

L'opera si compone di cinque parti, la prima per raccontare la storia di questa tecnologia e le motivazioni alla base della sua diffusione, le tre parti centrali per accompagnare il tecnico nella loro progettazione, la quinta parte per illustrarne le applicazioni e le potenzialità.

Si rivolge quindi non solo a studenti e tecnici, ma anche a quanti operano nel settore, svolgono azione di orientamento e partecipano ai processi decisionali, contribuendo in tal modo a rafforzare l'interesse verso un settore in cui è indispensabile investire soprattutto nelle risorse umane, attraverso un organico sviluppo delle necessarie competenze tecniche e scientifiche.

Giovanni Lelli

Commissario ENEA

PREFAZIONE

La crisi che ha coinvolto tutti i settori dell'economia è particolarmente rilevante nell'area dei sistemi di mobilità e della produzione dei relativi mezzi di trasporto.

La contrazione del mercato e, conseguentemente, sia dei volumi di veicoli venduti che dei relativi componenti, sta comportando una profonda revisione del modo in cui si realizza il prodotto.

Per continuare ad assicurare la disponibilità di un efficiente sistema di mobilità, sarà necessario un razionale impegno delle risorse, in un contesto di sostenibilità ecologica ed energetica.

Occorre quindi abbandonare l'ottica integralista della migliore soluzione possibile, perseguendo lo sviluppo di un sistema di trasporto costituito da una pluralità di soluzioni tecnologiche, adatte alle varie tipologie di missioni operative e di situazioni ambientali ed orientate al miglior utilizzo delle risorse energetiche ed alla conservazione dell'ambiente.

Sarà altresì necessario adeguare alla nuova situazione economica le risorse dedicate alla produzione dei mezzi e delle infrastrutture.

Viene in soccorso a questo problema il patrimonio maturato nel campo delle tecnologie per i veicoli elettrici sviluppato dagli enti di ricerca, pubblici e privati, e dalle università, che può trovare opportunità applicativa in nuove linee di prodotto ed in settori di mercato addizionali.

Tali linee coinvolgono sistemi di propulsione diversificati, motori e componenti elettrici, sistemi di accumulo e convertitori elettronici.

I nuovi settori di mercato, relativi all'uso di tali prodotti prevalentemente nelle aree urbane e suburbane, richiedono in contemporanea l'allestimento delle infrastrutture per il rifornimento di energia elettrica.

Quest'opera vuole essere una testimonianza del cammino tecnologico che istituti di ricerca, università e industria hanno sinora percorso, dei risultati e delle conoscenze acquisite sui sistemi di propulsione elettrica e ibrida al fine di offrire soluzioni per il sistema di mobilità in grado di ridurre le emissioni di CO₂ e inquinanti, contribuendo ad un uso razionale dell'energia.

Queste tecnologie disponibili per realizzare soluzioni nel campo dei veicoli stradali, sono altrettanto utili anche in altri settori quali i veicoli su rotaia e la propulsione in campo agricolo.

Nessuno è oggi in grado di dire se il futuro sarà veramente basato sull'idrogeno e sulle applicazioni delle celle a combustibile, ma, indubbiamente, le soluzioni illustrate in questo testo possono costituirne le basi tecnologiche e conoscitive.

Nevio Di Giusto

*Presidente ATA - Associazione
Tecnica dell'Automobile*

*Amministratore Delegato
Centro Ricerche Fiat ed Elasis*

PREMESSA

Un contributo sostanziale alla instaurazione di un sistema di trasporto eco-sostenibile è dato dalla disponibilità di mezzi elettrici e ibridi, per le loro prerogative di emissioni limitate o nulle e per la ridotta produzione globale di CO₂ nell'utilizzo del mix europeo di fonti primarie di energia.

La tecnologia della propulsione elettrica ha infatti raggiunto uno sviluppo tale da porre l'industria nella condizione di produrre veicoli con sistemi propulsivi diversificati, con soluzioni congruenti alle esigenze ambientali, alla tipologia d'uso e alla disponibilità delle infrastrutture.

Le tecniche di base, illustrate nel presente volume, sono frutto di sviluppi decennali di enti di ricerca, dell'industria e del mondo accademico, maturati con il contributo di istituzioni e collaborazioni a livello nazionale ed europeo.

La diffusione dei veicoli elettrici su scala significativa richiede la partecipazione di tutti gli operatori in questo campo e l'adesione ad una linea di cultura rivolta alla valorizzazione dei benefici ambientali ed energetici acquisibili con la loro introduzione nel sistema di trasporto.

Prosegue con questo obiettivo l'impegno sinergico fra università e industria per il consolidamento delle tecnologie e l'apertura verso soluzioni di sistema mirate alla sostenibilità economica e al miglior utilizzo delle risorse energetiche, incluse le fonti rinnovabili.

L'utenza disporrà man mano di una scelta di mezzi adatti a missioni diversificate, che potranno essere anche oggetto di indicazioni degli Operatori del traffico e della Pubblica Autorità, a beneficio della salvaguardia dell'ambiente e dell'uso razionale dell'energia.

La lettura di questo libro è consigliata a

- operatori dei trasporti, per l'orientamento sulle scelte delle tipologie dei mezzi
- studenti e tecnici, per un approfondimento sulle tecnologie dei sistemi elettrici
- Pubbliche Autorità, per l'impostazione delle strategie di impiego e di supporto.

Francesco Profumo

Rettore del Politecnico di Torino

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, la domanda di trasporto è cresciuta a ritmi molto elevati a causa di profondi mutamenti nella struttura economica e sociale; contemporaneamente le prestazioni energetiche ed emissive dei sistemi di trazione sono migliorate in modo consistente. Parallelamente sono aumentate, però, le masse e le potenze medie installate del parco veicolare; inoltre sono aumentate le percorrenze e la congestione per cui la crescita dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra del settore trasporti sembra inarrestabile.

Nelle recenti analisi dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) il contenimento della domanda, attraverso il governo dei fattori che la generano, viene considerato come l'elemento cruciale per la riduzione degli effetti negativi della mobilità. Ci si scontra però con una "incomprimibilità" che sembra strutturale, e la insostenibilità del sistema trasporti rispecchia fedelmente l'insostenibilità di un sistema economico ed organizzativo a macroscala. Solo alcuni classici esempi: come è conciliabile con la sostenibilità ambientale la gestione "just in time" e la delocalizzazione del lavoro" in aree estese anche centinaia e migliaia di chilometri? Come è possibile ridurre i consumi energetici (e conseguentemente le emissioni di gas serra) in un sistema dove i costi energetici si confrontano in modo diretto con gli altri costi industriali senza un'adeguata contabilizzazione delle esternalità negative?

La Comunità Europea è andata definendo con chiarezza ed incisività le sue strategie per il contenimento di consumi energetici ed emissioni climateranti, compresi quelli dei trasporti. La sottoscrizione degli impegni internazionali, le direttive comunitarie e, non ultimo, il palesarsi della crisi energetica ed economica costringono anche il nostro Paese a confrontarsi più efficacemente con il problema, anche per non perdere l'opportunità di innovare prodotti e processi.

Attualmente le politiche comunitarie per la riduzione degli impatti energetici ed ambientali dei trasporti si concentrano sull'introduzione di standard ambientali per i veicoli stradali e sull'applicazione del principio di "chi inquina paga" anche attraverso la tariffazione d'uso delle infrastrutture. Non vi è però accordo sulle misure di tassazione in quanto ritenute penalizzanti per il sistema economico.

Secondo l'OECD (dicembre 2007), ad esempio, i trasporti sono relativamente refrattari a forzanti di prezzo, anche quello dei combustibili; se si sceglie di agire sui prezzi, perciò, le variazioni devono essere tanto consistenti da essere praticamente inattuabili. L'OECD valuta che l'unica misura proponibile con costi accettabili per ridurre l'impatto energetico ed

ambientale del settore risulta essere, nel breve termine, il miglioramento delle prestazioni energetiche ed emissive dei veicoli.

Dalle analisi svolte, anche recentemente, dall'ENEA risulta che il settore dei trasporti presenta un elevato margine di contenimento di consumi energetici ed emissioni climalteranti, nonostante le ipotesi di crescita della domanda (da verificarsi alla luce dell'andamento del prezzo del petrolio e della crisi economica in atto); sono comunque necessarie sinergie tra interventi di sistema e disponibilità di veicoli a bassi consumi ed emissioni. Per ottenere risultati tangibili, è necessario agire su più fronti, dalle prestazioni energetiche del parco veicolare alla promozione delle modalità di trasporto meno energivore e a minor impatto sul clima e sull'ambiente più in generale, all'introduzione graduale di biocombustibili di terza generazione.

Tra gli economisti dei trasporti vi è, quindi, un consenso generalizzato riguardo alla opportunità, nel breve termine, di sforzi per ottenere i miglioramenti delle prestazioni energetiche dei veicoli. Le misure volte al miglioramento tecnologico dei veicoli e l'utilizzo dei sistemi infotelematici per il controllo e la gestione del traffico, risultano effettivamente più efficaci in termini di costi-benefici (relativamente agli obiettivi energetici e climatici) del potenziamento e adeguamento infrastrutturale, anche quando questo sia rivolto alle modalità di trasporto a minor impatto energetico/ambientale (linee su ferro).

Se gli interventi di adeguamento della infrastruttura stradale spesso comportano a regime un incremento del traffico, gli interventi sulla rete ferroviaria, sicuramente essenziali per la sostenibilità del sistema dei trasporti, necessitano di investimenti sempre più difficili da realizzare con risorse pubbliche.

Il consenso degli analisti sulla priorità di interventi di miglioramento dell'efficienza del parco veicolare stradale non va però intesa esclusivamente come miglioramento delle prestazioni energetiche dei veicoli, perché un ruolo essenziale dovranno avere misure che influenzino le scelte degli utenti. Perché il rinnovo del parco veicolare consenta di raggiungere i target ambiziosi previsti dalla Comunità dovranno essere messe in atto misure decise su più fronti:

1. incentivazione all'acquisto e l'utilizzo veicoli con massa e potenza ridotte, attraverso politiche fiscali e di restrizione agli accessi in alcune aree.
2. politiche ed interventi strutturali per l'integrazione fra citycar (a consumo minimo) e Trasporto Pubblico Locale (per es. realizzazione parcheggi di scambio, agevolazioni fiscali sul loro uso sistemi telematici per la gestione delle prenotazioni ecc.) con interventi più

decisi di regolamento degli accessi , di *enforcing* del sanzionamento delle infrazioni, di messa in atto di misure di *calming* e di governo del traffico (sistemi ITS per la gestione in tempo reale del traffico).

3. riduzione dei limiti di velocità sulle autostrade e messa in atto di reali controlli sul rispetto dei limiti stessi(si pensi agli ottimi ritorni del sistema TUTOR); quest'ultimo provvedimento, oltre a ridurre in modo diretto i consumi, tendono a favorire l'utilizzo di altre modalità di trasporto quali il treno (visto anche il miglioramento dell'offerta con il prossimo esercizio della rete ad Alta Velocità).

Quando si parla di miglioramenti tecnologici per la riduzione dei consumi energetici dei veicoli stradali non ci si riferisce, ovviamente, solo al miglioramento dell'efficienza energetica dei propulsori ma va considerato il ruolo importante degli altri componenti (gomme, sistemi di trasmissione, uso di materiali in grado di alleggerire la carrozzeria ecc.) e soprattutto va accettata una riduzione delle potenza e quindi delle prestazioni dei veicoli stessi compatibilmente con gli standard di sicurezza.

Tra i miglioramenti delle prestazioni energetiche del parco stradale vanno infine considerati anche quelli ottenibili da una migliore consapevolezza da parte dell'utenza di poter ridurre significativamente i consumi energetici mediante accorgimenti di guida e di manutenzione dei veicoli.

Solo un cenno infine alla necessità di un incremento decisivo del trasferimento modale da trasporto privato a trasporto pubblico (sia su gomma che su ferro) e questo sia per ridurre i consumi energetici (purché si raggiungano coefficienti di riempimento medi elevati dei mezzi) che per migliorare la vivibilità delle città. Le misure da adottare son note da anni:

1. Miglioramento dell'offerta del trasporto pubblico di massa
2. Creazione di una rete adeguata di parcheggi di scambio nelle aree suburbane e periferiche
3. Politiche di regolamento degli accessi e sistemi di tariffazione integrata (trasporto pubblico, parcheggi)
4. Messa a disposizione di sistemi di informazione all'utenza fruibili sia nella modalità pre-trip che in quella on-trip.

Come detto sopra, nel lungo periodo un ruolo sostanziale potranno avere solo le misure di gestione e contenimento della domanda di trasporto che però prevedono interventi non limitati strettamente all'ambito del sistema trasporti ma coinvolgono cambiamenti organizzativi e strutturali del sistema complessivo (quasi un nuovo modello di civiltà).

In conclusione, in attesa che questa difficile evoluzione possa concretizzarsi lo sviluppo e l'introduzione di nuovi veicoli con consumi energetici molto ridotti ed impatto ambientale quasi nullo sono un obiettivo raggiungibile nel breve-medio termine con vantaggi sostanziali in termini di costi-benefici. A tal fine, le tecnologie esposte in questo volume sono sicuramente tra quelle prioritarie.

L'ENEA, che ha dedicato attenzione e risorse al tema della mobilità e delle motorizzazioni a basso impatto ambientale fin dagli anni 80, è attualmente impegnato in attività di caratterizzazione e sviluppo di sistemi di trazione elettrica ed ibrida.

Alcuni degli argomenti su cui l'ENEA può oggi vantare una specifica competenza sono la gestione delle batterie, lo sviluppo di sistemi di controllo dei flussi di potenza, le applicazioni dei supercondensatori, anche in associazione alle batterie, la modellazione di componenti e sistemi, lo studio e la realizzazione di sistemi di trazione completi.

Voglio a riguardo ricordare solo due realizzazioni dei nostri laboratori che fanno parte degli sviluppi recenti, una dedicata al trasporto pubblico urbano, l'altra all'utenza privata, entrambe illustrate in questo volume. Si tratta dello ZeroFilo-Bus e della micro vettura Urb-e, due soluzioni a basso consumo che utilizzano una tecnologia innovativa e molto promettente, quella dei supercondensatori, anch'essa di seguito ampiamente trattata.

Maurizio Romanazzo

***ENEA, Responsabile Unità trasporti e
mobilità sostenibile***