



Università
Ca' Foscari
Venezia

DIPARTIMENTO DI ECONOMIA
E DIREZIONE AZIENDALE

S.Giobbe, Cannaregio 873- 31021 - VENEZIA - ITALY

Efficienza energetica, sostenibilità ed opportunità
strategiche nel comparto dei trasporti stradali

Elena Scattola
Andrea Stocchetti

W.P. n. 2/2010

Dicembre 2010

Efficienza energetica, sostenibilità ed opportunità strategiche nel comparto dei trasporti stradali¹

Elena Scattola – Andrea Stocchetti

Università Ca' Foscari – Dipartimento di Economia e Direzione Aziendale

Premessa

Il problema del risparmio energetico e dell'efficienza energetica nel comparto dei trasporti e della mobilità investe una pluralità di aspetti economici, tecnici e ambientali. La ricerca e la letteratura su questo tema è estremamente ampia e in continuo aggiornamento, sicché un'analisi esaustiva anche delle sole questioni basilari di questo tema richiederebbe tempi e risorse non compatibili con i limiti di questa indagine. In questo rapporto si presenta invece una sintesi delle risultanze più condivise e consolidate che possono avere rilevanza ai fini dell'implementazione di politiche focalizzate da parte di imprese ed istituzioni sia su scala locale che ad ampio raggio.

In questo articolo si pone una prima riflessione generale relativamente ai fattori principali che determinano l'efficienza energetica nei trasporti stradali e alle opportunità strategiche che da tali fattori possono derivarne, sia in termini di business per le imprese che di policies da parte di enti pubblici e di governo allo scopo del miglioramento della sostenibilità dei trasporti. A tal fine non si intende addentrarsi nella miriade di tematiche tecniche legate a questo tema (compito ovviamente impossibile), bensì si passano in rassegna gli elementi che, alla luce dei temi percepiti come di maggiore importanza dalle istituzioni e dal pubblico, rappresentano i fattori su cui si giocano i differenziali di efficienza in funzione degli investimenti necessari ad ottenerla. In altre parole, si indagano alcuni aspetti chiave relativi alle macro-aree di intervento per evidenziare quali aspetti siano più rilevanti ai fini delle decisioni di investimento, siano esse *policies* di governo dei sistemi che iniziative imprenditoriali o comunque private. Da tale rassegna possono poi emergere, in una ricerca più approfondita e mirata, gli ambiti su cui focalizzarsi in funzione della specifica esigenza o del particolare obiettivo da raggiungere.

In sostanza, lo studio si concentra sui temi le aree più rilevanti, tralasciando altri aspetti che, seppure interessanti, non presentano prospettive concrete di diffusione nel breve termine.

Due sono le principali fonti di complessità emersi relativamente all'analisi di tali aspetti.

Il primo problema riguarda, paradossalmente, l'eccesso di informazione non verificabile prodotta da fonti non attendibili e/o di seconda mano, con particolare riferimento a quello che si potrebbe definire "inquinamento" da parte dei mezzi di comunicazione di massa, che in tema di efficienza energetica tendono a riportare notizie inesatte e a dare risalto eccessivo ad innovazioni embrionali e/o marginali, presentandole come immediatamente disponibili. La grande rilevanza percepita di questo tema, infatti, fa sì che le

¹ Questa ricerca ha usufruito di un finanziamento della Regione Veneto, Attività FSE / DDR 112 – 15/10/2008.

sperimentazioni e le innovazioni in questo campo destino viva attenzione nel pubblico generale ed è per questo che numerosi media si affrettano a riportare, in modo superficiale, notizie e i dati ottenuti da terze fonti. Sono molto meno diffuse, invece, le fonti “primarie” e pubbliche, ovvero gli studi disponibili che siano stati svolti da istituti autorevoli e secondo metodologie rese esplicite negli studi stessi, tali da consentire al lettore di valutare la qualità della ricerca. In questo rapporto si è cercato ovviamente di selezionare esclusivamente le informazioni più attendibili.

Un secondo problema, che investe anche le fonti attendibili, risiede nella frequente scarsa omogeneità e/o confrontabilità di dati. Nei casi in cui si tratti di “tendenze” o “previsioni” (ad esempio, circa i tempi di sviluppo delle diverse soluzioni tecnologiche) le differenze sono fisiologiche in quanto si parla di valutazioni connotate da soggettività intrinseca. Per quanto riguarda invece i dati tecnici ed ambientali, (ad esempio dati relativi a consumi, energia prodotta, rendimento, emissioni, ecc.) le differenze sono generalmente dovute a differenti metodi di misurazione da parte di diversi enti e ricercatori, sicché i relativi risultati spesso non sono confrontabili neppure attraverso algoritmi di conversione. Anche per quanto riguarda i dati economici la variabilità nel tempo e tra aree geografiche è estremamente alta, ma in questo caso l’eterogeneità dei dati deriva principalmente da un diverso riferimento temporale o geografico.

1. Risparmio energetico ed efficienza energetica: una questione dai risvolti economici, strategici e ambientali.

Sebbene i due temi (risparmio energetico ed efficienza energetica) vengano spesso confusi ed i relativi termini usati come sinonimi, essi investono aspetti differenti. Il “risparmio energetico” riguarda la riduzione dei consumi in generale, mentre l’efficienza energetica riguarda la capacità di convertire senza dispersioni l’energia ai fini dello scopo desiderato (tipicamente lavoro o conversione in altra fonte energetica) ed è espressa in termine di rapporto tra l’energia consumata e il lavoro o l’energia ottenuta. Quindi, il risparmio energetico è ottenibile anche (ma non solo) attraverso una migliore efficienza energetica. Sul piano dell’analisi le due questioni devono essere sempre separate, per evidenti motivi: ad esempio, uno stile di guida accorto riduce il consumo di carburante a parità di percorso e a parità di efficienza energetica del veicolo. Analogamente, un motore più efficiente può non comportare alcun risparmio energetico se il peso della vettura è maggiore e lo stile di guida particolarmente aggressivo. Maggiore efficienza energetica comporta, quindi, risparmio energetico a *parità di altre condizioni*. Qualora la maggiore efficienza si accompagni a necessari cambiamenti nell’uso, nel tipo di vettore, nel tipo di fonte energetica, la verifica circa l’effettiva esistenza di un risparmio energetico reale richiede di valutare l’insieme di implicazioni di tali cambiamenti nelle modalità d’uso e sulla filiera complessiva².

² Si parla, a questo riguardo, di efficienza “Well-to-Whell”, ovvero “dal pozzo alla ruota” per indicare l’efficienza energetica di tutte le fasi che vanno dall’estrazione della fonte primaria all’utilizzo.

Le fonti di informazioni tecniche tendono quasi sempre, erroneamente, a considerare l'efficienza energetica come un problema meramente tecnico e legato alla sola parte di utilizzo finale dell'energia. Per questo sono sistematicamente trascurati sia gli aspetti economici sia gli aspetti di efficienza complessiva di filiera. In particolare, con riferimento ai carburanti alternativi e alle relative modalità di utilizzo, sono molto pochi o del tutto assenti gli studi che si occupano di stimare le curve di costo "a regime" relative alla produzione delle fonti energetiche alternative ai carburanti tradizionali e dei relativi mezzi, così come viene quasi sempre sistematicamente trascurato il problema cardine del costo della realizzazione delle infrastrutture distributive. Pertanto, in riferimento ad ogni opzione strategica espressa sarà necessario effettuare una valutazione dei costi specifica, non essendo quasi mai possibile avvalersi di analisi precedenti, se non in casi molto specifici.

In generale, alle opportunità di maggiore efficienza energetica nel comparto della mobilità e dei trasporti corrispondono, con rare eccezioni, anche miglioramenti delle performance ambientali, almeno per quanto riguarda le emissioni a livello di veicolo, mentre più complesso è il rapporto tra efficienza energetica ed emissioni, nonché più in generale tra efficienza energetica e sostenibilità, rapporto che discende in massima parte dalla situazione specifica di utilizzo del carburante, con fattori estremamente variabili quali la distanza dalla fonte primaria di approvvigionamento, la struttura di filiera e modalità di trasporto.

In questo rapporto ci si focalizzerà sulle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica senza entrare approfonditamente nel merito delle istanze tipicamente ambientali e di sostenibilità della filiera, se non per evidenziare, di volta in volta, alcune macro-tematiche rilevanti connesse ai diversi specifici temi trattati.

In estrema sintesi, le possibilità di intervenire sul risparmio nel comparto della mobilità e dei trasporti sono, in ultima istanza, afferenti a tre possibili linee di intervento:

- diversificazione delle fonti di approvvigionamento di carburante³;
- innovazione tecnologica dei mezzi di trasporto,
- razionalizzazione della logistica, dei flussi e delle modalità d'uso dei mezzi.

La figura 1 sintetizza le diverse aree di intervento.

La classificazione proposta nella figura 1 è affine, nei concetti chiave, ai presupposti del secondo il Libro Bianco sui Trasporti, predisposto dalla Commissione Europea nel 2001, secondo il quale le politiche di mobilità sostenibile devono perseguire: a) la riduzione dei consumi unitari, b) la diversificazione dei carburanti per la trazione, c) la razionalizzazione della mobilità attraverso la limitazione delle percorrenze, il rilancio di modalità di trasporto alternative alla strada e l'uso ottimale delle infrastrutture. Qui viene proposta una classificazione lievemente diversa ma che, in sostanza, ripropone le stesse macro-aree di intervento.

³ In questo rapporto si usa il termine "carburante" per indicare il vettore energetico, ossia in generale le diverse possibili fonti di alimentazione dei veicoli, anche nel caso dell'elettricità che, a rigore, non può essere considerata "carburante".

Figura 1: Principali aree di intervento per migliorare l'efficienza energetica della mobilità



Dal punto di vista delle politiche di efficienza energetica le aree sopra evidenziate differiscono (oltre che, ovviamente, per le conoscenze coinvolte) per prospettive, per dimensione e orizzonte temporale dell'investimento, per tipo di soggetti coinvolti.

A livello di opinione pubblica le aree di intervento ritenute più promettenti sono quelle della tecnologia dei veicoli e dei tipi di carburante. L'area relativa agli interventi sulle modalità d'uso dei veicoli e sull'efficienza logistica sono in realtà altrettanto o anche importanti ma spesso si ritiene che i miglioramenti di efficienza in quest'ambito possano avere portata più limitata degli altri due, il che è vero forse nei Paesi che hanno già da tempo adottato politiche di ottimizzazione della logistica e delle infrastrutture associate ad incentivazione delle forme di risparmio energetico, ma è certamente meno vero in Italia, un Paese in cui tali politiche di efficienza della mobilità sono notoriamente ad uno stadio di gran lunga meno evoluto e che tuttavia, proprio per questo, presentano ampie opportunità di miglioramento marginale. Senza entrare nel merito di questioni relative alla programmazione urbanistica e della progettazione dei sistemi di trasporto, qui ci si limita a citare il fatto che, soprattutto per quanto riguarda la mobilità individuale, numerose esperienze dimostrano che una progettazione integrata tesa a sviluppare le opportunità di rendere complementari i diversi vettori è fonte di miglioramenti significativi sui fronti della qualità della vita, dell'inquinamento e della economicità delle aziende di trasporto⁴.

In questo articolo per ciascuna macro-area verranno sinteticamente presentate alcune opportunità strategiche e per ciascuna di questa verrà espresso un giudizio in merito al livello di competizione nel settore, al livello di investimenti richiesto e al rischio di insuccesso. Naturalmente tali i giudizi espressi discendono da valutazioni di ordine generale e vanno intesi come

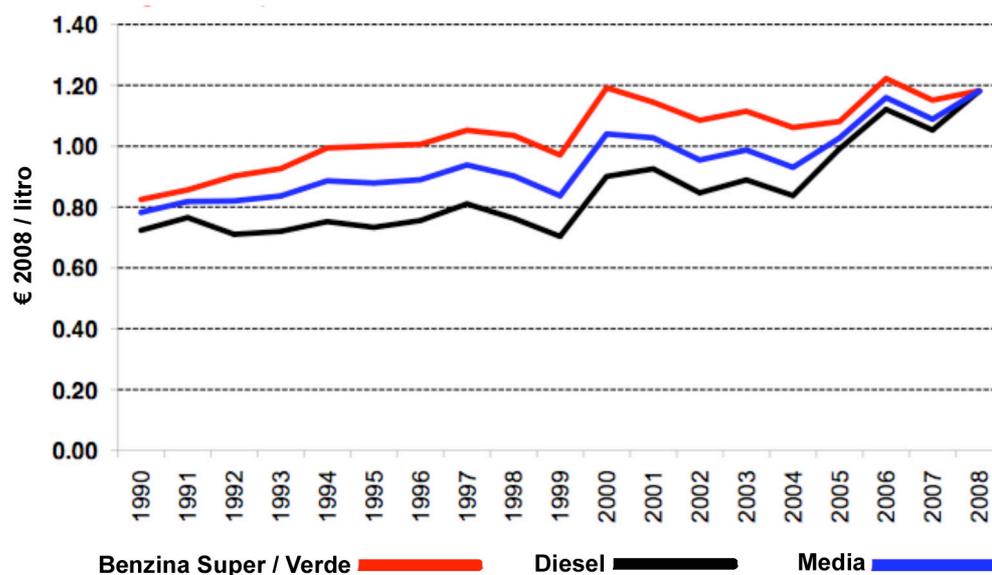
⁴ Banister, 2008.

preliminari rispetto al vero e proprio studio di fattibilità di eventuali progetti esecutivi e piani di investimento, studio che dovrà essere necessariamente più analitico e contestualizzato. In questo senso i giudizi vanno intesi come una indicazione circa le direzioni verso cui appare più opportuno e/o utile svolgere un approfondimento mediante indagine ad hoc.

2. Trend generali in Europa ed Italia

Secondo ADEME (2007) in Europa a partire dal 2000 il tasso di crescita nel consumo dei carburanti tradizionali è sensibilmente rallentato; in Francia i consumi nel 2004 si sono stabilizzati e la Germania presenta addirittura una diminuzione complessiva. La ragione di questo rallentamento sarebbe da imputare principalmente all'incremento dei prezzi dei carburanti: in termini reali il livello medio dei prezzi dei carburanti in Europa nel 2008 è stato del 50% superiore a quello del 1990 (fig. 2).

Figura 2: Prezzo medio dei carburanti tradizionali in Europa tra il 1990 ed il 2008



Fonte: Enerdata – Eurostat, citati in database Odysee (www.Odysee.org)

Stando alla stessa fonte (ADEME 2007) il settore europeo dei trasporti nel 2007 ha incrementato la propria efficienza energetica del 9% rispetto al 1990, a fronte dell'11% di miglioramento generale per tutti i settori. Questo miglioramento però riguarda esclusivamente il comparto delle automobili, mentre non vi è stato alcun miglioramento nel comparto dei trasporti stradali, che se da un lato hanno beneficiato anch'essi dei miglioramenti tecnologici dei veicoli, dall'altro hanno controbilanciato questo miglioramento con una minore efficienza del punto di vista dell'organizzazione della logistica, più

intensa, frequente e capillare ma con vettori meno saturi⁵. Ciò ha un impatto negativo rilevante. A questo riguardo, nel 2008 il trasporto merci su strada (sia veicoli pesanti che leggeri) ha utilizzato circa il 31% del totale dei consumi per trasporti (le auto impegnano circa il 48% dei consumi totali e il trasporto aereo circa il 12%) e tali consumi crescono mediamente del 2% all'anno.

Per ciò che riguarda il trasporto merci su strada, mentre per i veicoli si può assumere il consumo medio come un parametro sufficientemente indicativo del grado di efficienza, nel caso dei trasporti merci occorre considerare il consumo per tonnellata trasportata. Infatti, sebbene un camion di maggiori dimensioni abbia un consumo specifico (tipicamente espresso in l/100 km) superiore ad uno di misura inferiore, esso può di fatto essere più efficiente ed economico in funzione dell'andamento dei consumi in funzione della capacità di trasporto, se tale capacità è convenientemente saturata. In altre parole, l'efficienza nel trasporto merci è influenzata dal corretto dimensionamento dei mezzi in funzione dei carichi ai quali sono destinati e alla loro saturazione più ancora di quanto non sia influenzata dall'efficienza tecnica del veicolo e dal tipo di carburante. A titolo di esempio basti considerare che attraverso la *reverse logistics* l'efficienza energetica potenzialmente potrebbe raddoppiare, laddove un risultato di questa misura sarebbe impensabile attraverso miglioramenti tecnici.

In tal senso, poiché l'interscambio merci aumenta in modo generalizzato in periodi di crescita economica e, al contario, decresce durante le congiunture negative, l'efficienza complessiva di tale comparto risente dei cicli economici, perché, com'è evidente, nelle fasi di congiuntura negativa è più difficile saturare i vettori sia perché il minore interscambio complessivo offre meno opportunità di razionalizzazione dei carichi e delle tratte, sia perché il dimensionamento dei mezzi è spesso definito in eccesso rispetto alla domanda effettiva poiché vi sono economie di scala per ciò che riguarda l'uso e la gestione del mezzo. Per queste ragioni il comparto dei trasporti merci su strada sia quello che presenta il miglioramento più contenuto dell'efficienza energetica, nonostante i progressi tecnici dei veicoli (fig. 3).

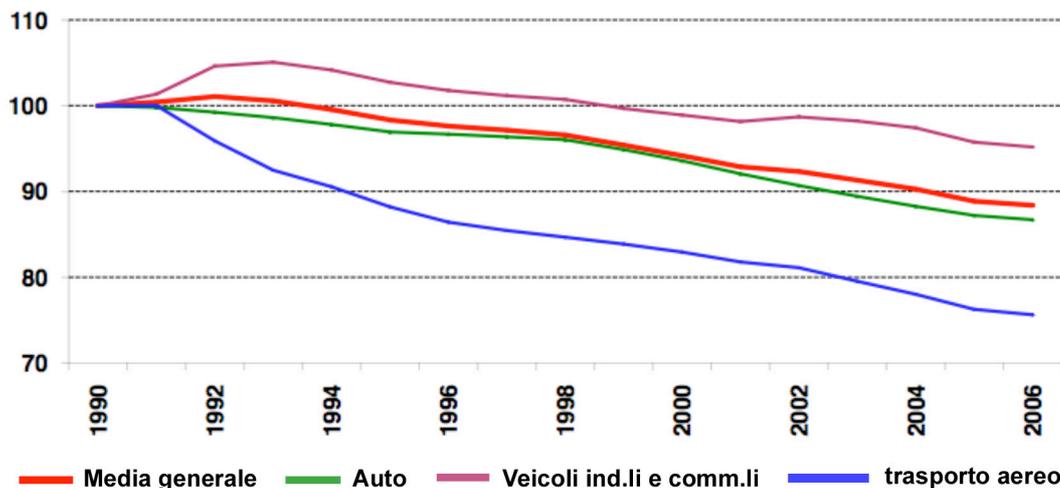
Per quanto riguarda il trasporto individuale invece, il tasso medio annuo europeo di miglioramento dei consumi specifici delle autovetture circolanti tra il 1997 ed il 2006 delle autovetture si attesta intorno all'1,3%, con significative differenze tra i paesi in virtù del fatto che i sensibili miglioramenti tecnici apportati alle autovetture più recenti hanno procurato un miglioramento più sensibile nei Paesi in cui l'età media del parco circolante è più elevata. In Italia, in particolare, il tasso di miglioramento medio è di poco inferiore ad 1,5% e comunque superiore alla media UE-27 (fig. 4).

Questo dato è il risultato di una serie di fattori e di trend di varia direzione: sul versante del miglioramento, i progressi della tecnologia e la crescente diffusione del diesel; sull'altro versante, una crescente tendenza alla

⁵ Si tratta di un trend che si ritiene essere influenzato all'affermarsi di un modello produttivo che, facendo sempre più leva su vantaggi competitivi *time-based*, impone alle forniture di essere svolte in ottica di *lean production* e *just-in-time*, finendo per privilegiare, premiandola sul piano della remunerazione, la tempistica e la frequenza della fornitura a scapito della concentrazione degli ordini e dell'ottimizzazione dei carichi.

diffusione di vetture più pesanti e potenti.

Figura 3: Andamento degli indici di consumo* nei trasporti in Europa (UE-27) tra il 1990 ed il 2006



* indice consumi 1990 = 100, indicatori variabili per tipo di vettore; auto: consumi specifici per Km; veicoli da trasporto e commerciali, ferrovie e mezzi acquei: consumo per ton-km; aerei: consumo per passeggero; altri: consumo per veicolo.

Nota: i dati relativi al trasporto merci differiscono significativamente tra le fonti disponibili.

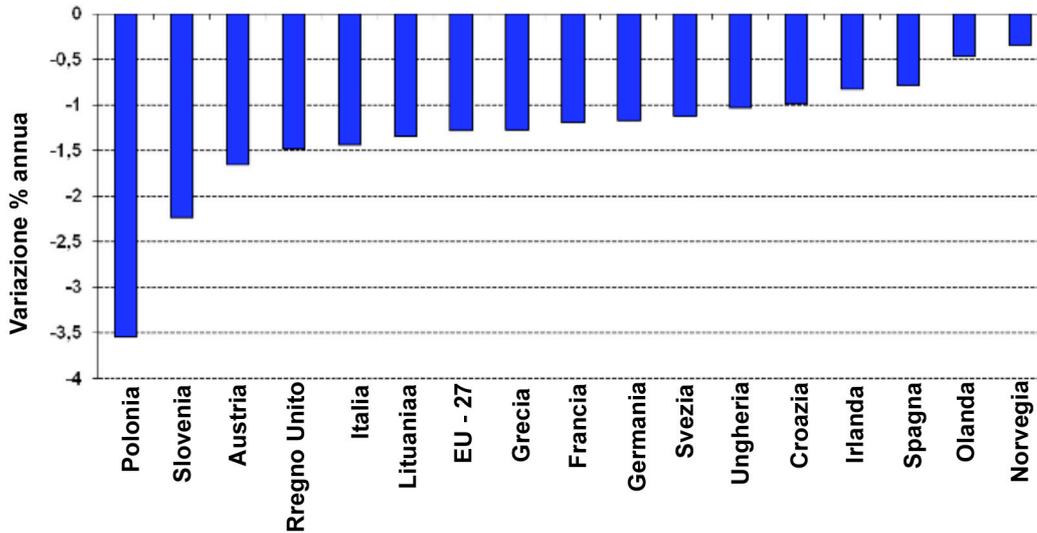
Fonte: Enerdata, in database Odyssee (www.Odyssee.org)

Il miglioramento tecnologico delle nuove autovetture ha comportato un aumento medio di efficienza dello 0,7% all'anno dal 1990 al 2007. Se, come si diceva, l'aumento della quota di motori diesel nei confronti dei motori a benzina è forse il principale responsabile di questo miglioramento, d'altra parte, l'aumento della quota di vendita delle autovetture di grossa cilindrata e il generalizzato aumento di peso delle vetture ha in buona parte vanificato, in termini di risparmio energetico complessivo, i miglioramenti tecnologici.

Le emissioni di CO₂ delle nuove vetture sono inferiori a quelle delle auto più vecchie (in media oltre il 25% in meno rispetto al 1995), a seguito delle politiche messe in atto sia dalle case automobilistiche, in modo volontario, che dall'Unione Europea⁶. Ciononostante, il settore dei trasporti è l'unico settore nel quale le emissioni di CO₂ continuano a crescere ininterrottamente. Nel 2004 erano del 25% superiori a quelle del 1990 e le previsioni per il 2020 è che siano del 77% superiori a quelle registrate nel 2005 (UE, 2007).

⁶ Politiche che hanno tra l'altro condotto ad accordi volontari circa la riduzione complessiva delle emissioni calcolata sia a livello di vettura che di produzione di ciascun gruppo automobilistico (Volpato-Stocchetti, 2010). In particolare, un accordo stipulato nel 1998 tra la Commissione Europea e tre principali associazioni di produttori (ACEA, European Automobile Manufacturers Association; JAMA, Japan Automobile Manufacturers Association; KAMA, Korean Automobile Manufacturers Association) prevedeva che nel 2008 dovesse essere raggiunto un valore di emissioni medie di CO₂ per le vetture prodotte (calcolato per ciascun produttore) non superiore a 140 g/Km. Questa soglia è stata raggiunta però solo dal gruppo Fiat e dal gruppo PSA, anche a seguito del fatto che la gamma prodotta di questi due gruppi è incentrata, più dei concorrenti, su vetture di fascia bassa. Comunque, sotto la pressione di questo obiettivo le case hanno compiuto importanti progressi nel miglioramento delle performance di consumo. Tra il 1995 ed il 2008 infatti i consumi medi delle nuove auto sono scesi da 7,7 litri per 100 Km a 6,0 litri (media benzina e diesel).

Figura 4: Variazione del consumo medio specifico per autovettura nei parchi circolanti dei Paesi Europei tra il 1997 ed il 2006



Fonte: Enerdata – Eurostat, citati in database Odyssee (www.Odyssee.org)

È tuttavia ragionevole ritenere un miglioramento nel breve termine, indotto da due fattori: a) l'inversione di tendenza del mercato, che per varie ragioni (atteggiamento dei consumatori, costi del carburante, politiche di marketing delle case automobilistiche) ha iniziato a premiare le auto a bassi consumi, soprattutto auto a metano e ibride; b) un più elevato tasso di rinnovo del parco circolante⁷ con auto a basse emissioni, a seguito degli incentivi adottati da diversi Paesi europei per il sostegno alla domanda automobilistica. Negli anni precedenti, invece, il mercato si era spostato con decisione sulle auto più grandi e potenti e quindi a maggiori consumi⁸.

Sia l'Unione Europea che i singoli Stati membri hanno adottato, nel corso degli ultimi anni, una serie di misure che dovrebbero incentivare l'efficienza energetica; si tratta nella maggior parte dei casi di misure che adottano la leva fiscale, in positivo o in negativo, oppure di realizzazione di infrastrutture.

Tra le misure non fiscali adottate in molti paesi UE, merita una menzione

⁷ Nel 2005 le auto nuove rappresentavano circa l'8% del circolante nella UE-15; la sostituzione delle auto più vecchie in circolazione è un fattore che ha un elevato impatto in termini di miglioramento della qualità dell'aria. A titolo di esempio, sostituendo un'auto introdotta sul mercato fino al 31 dicembre 1999 (c.d. "Euro 0") con un'auto recente, a parità di cilindrata la riduzione di CO₂ è almeno del 15% (del 70% se l'auto nuova è alimentata a metano), che per il parco circolante italiano equivale in media a 30 g/Km di CO₂ in meno (quasi 80g/Km per motori a metano). Poiché si stima che la percorrenza media delle autovetture italiane sia di circa 12.500 Km annui, ogni auto nuova introdotta in sostituzione di una vettura "Euro 0" riduce le immissioni di CO₂ di un valore compreso tra 0,375 e 1 tonnellata. Per ciò che riguarda le altre emissioni nocive (in particolare per gli ossidi di azoto e il PM₁₀) i miglioramenti sono ancora più significativi (Volpato e Stocchetti, 2010).

⁸ Ad esempio, in Italia la quota immatricolazioni di autovetture con cilindrata superiore a 2000 cc è raddoppiata tra il 1998 ed il 2007, passando da 1,2% a 2,4% per le auto a benzina e da 4,6% a 7,5% per le auto diesel. Nello stesso periodo la potenza media ponderata delle autovetture immatricolate è aumentata di circa il 20% (da 81,4 a 100,4 CV). Il dato europeo presenta una situazione analoga (da 80 CV a 112 Cv circa nello stesso periodo; nostre elaborazioni su dati UNRAE, UE.)

il concetto di *mobility management*, che promuove il trasporto sostenibile con misure “soft”, ovvero l’informazione su e il coordinamento dei servizi esistenti, per aumentare l’efficacia delle misure “hard” di gestione del traffico veicolare, quali investimento in mezzi pubblici, infrastrutture, piste ciclabili, ecc. Il principio che alimenta il *mobility management* è che si possono ottenere risparmi significativi orientando sia i comportamenti individuali che le organizzazioni pubbliche e private verso le forme di trasporto più efficienti, con l’obiettivo misurabile di ridurre il numero di viaggi individuali in automobile. Su questo approccio esiste anche un coordinamento europeo (EPOMM 121) sotto forma di partnership tra i diversi organismi nazionali.

La situazione italiana non si discosta dalla media europea al punto da richiedere una trattazione diversa da quanto visto sinora. Nel complesso dei settori industriali, dal 1990 al 2004 tutti i Paesi europei hanno mediamente incrementato la loro efficienza energetica del 10%; l’Italia ha la performance peggiore d’europa, con un incremento di circa il 4%, meno di metà della media e circa un quarto dei paesi più virtuosi (ADEME, 2007). Per quanto riguarda i trasporti, i consumi finali di energia sono passati da circa 31 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) del 1990 a circa 50 Mtep nel 2008, con un incremento medio annuo pari a circa 2,7%. Il trasporto su strada assorbe circa il 31% del totale nazionale degli usi finali di energia e la quasi totalità dei consumi del settore (95%); di questo, il trasporto passeggeri ha una quota del 68% e il trasporto merci il restante 32%. Secondo Enel, che cita uno studio ENEA, in linea con il dato europeo anche nel nostro Paese i consumi specifici dei veicoli per il trasporto di persone si sono ridotti grazie alle innovazioni tecniche, ma tali vantaggi sono vanificati da una crescita del traffico passeggeri che dal 1990 al 2007 è infatti aumentato di oltre il 30%, mentre quello legato al trasporto merci è cresciuto del 22%. Inoltre, così come in Europa anche in Italia nel trasporto merci i consumi unitari sono cresciuti a seguito del fatto che ci sono carichi più piccoli e vettori meno pieni (effetto just in time), quindi per una sostanziale inefficienza della catena logistica.

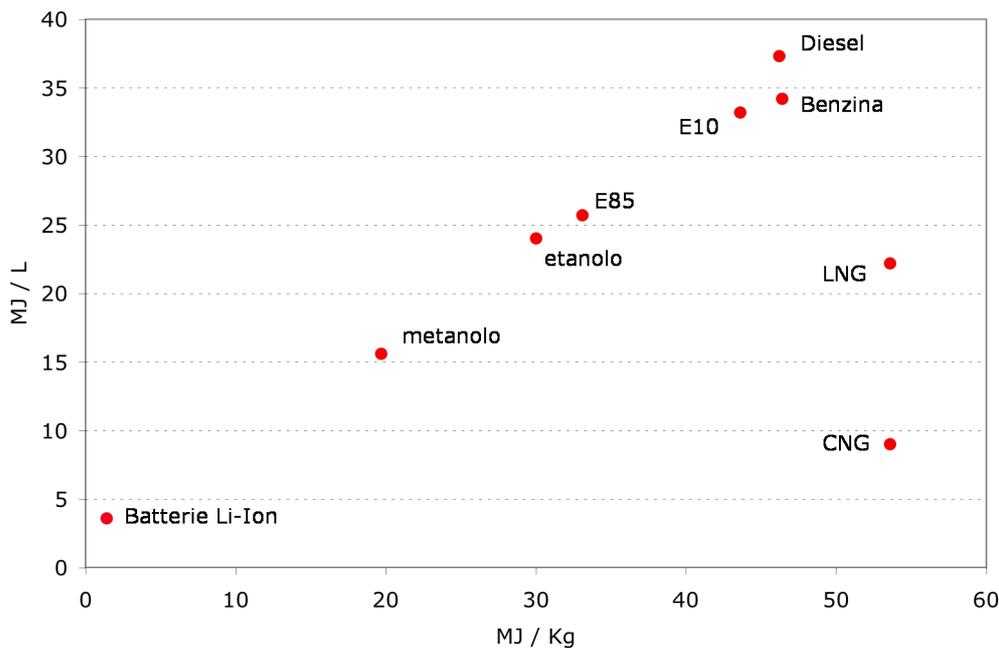
3. Diversificazione delle fonti di approvvigionamento dei carburanti

3.1. Densità energetica ed efficienza energetica

Ai fini della valutazione circa la possibilità di sviluppare strategie di efficienza energetica nel comparto della mobilità e dei trasporti, è necessario considerare separatamente il grado di efficienza energetica del carburante dal grado di efficienza tecnica dei veicoli, poiché l’efficienza energetica complessiva dipende dalla combinazione delle soluzioni effettivamente implementabili con riferimento ad entrambi questi aspetti. In sostanza, non è detto che ad un motore più efficiente (ad esempio il motore elettrico) corrisponda la possibilità tecnologica di adottare un vettore energetico efficiente (le batterie). Le prestazioni ottenibili da un veicolo con un determinato carburante dipendono infatti anche dalla densità energetica di quest’ultimo, ovvero dall’energia che il carburante è in grado di erogare in

funzione della propria massa e del proprio volume. La densità energetica determina le prestazioni (in particolare l'autonomia) dei veicoli, in funzione dei requisiti prestazionali minimi richiesti e ne condiziona la progettazione quando non addirittura la realizzabilità tecnica. Il concetto di densità energetica è presentato nella figura 5, il cui diagramma presenta in ascisse l'energia contenuta in una unità di massa (espressa dall'unità di misura MJ per Kg) e in ordinata l'energia in una unità di volume (MJ / L).

Figura 5: densità energetica dei carburanti convenzionali e alcuni carburanti alternativi



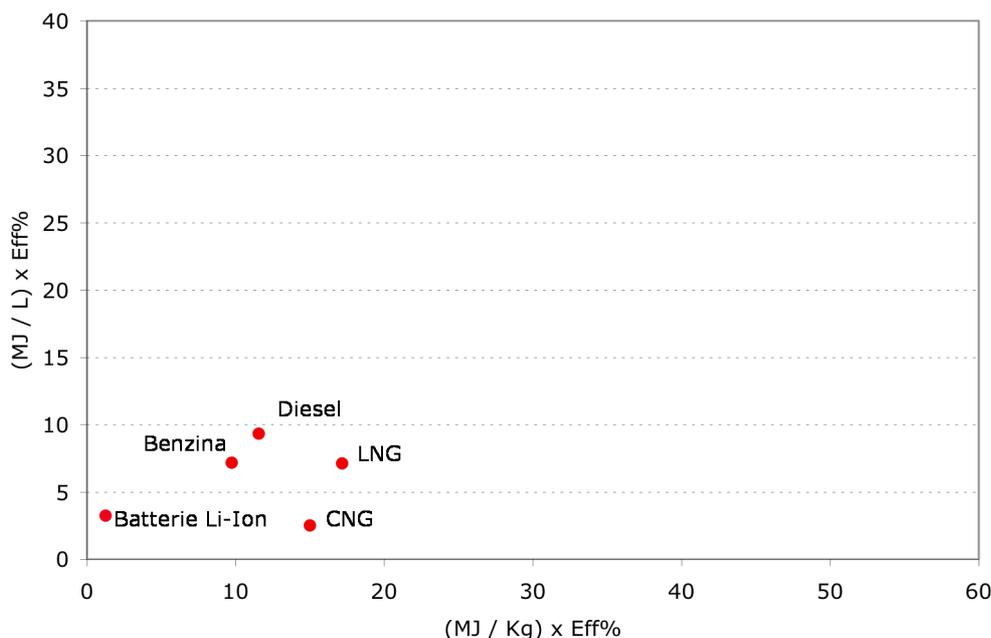
Fonti: *The King Review of Low-Carbon Cars* (part I, oct. 2007), <http://www.hm-treasury.gov.uk/king>; Fiat Powetrain Technology; ns elaborazioni su varie fonti di stampa e aziendali. Per quanto riguarda le batterie i dati sono piuttosto discordanti; si è usato un valore medio delle fonti ritenute più attendibili. Dati aggiornati a giugno 2010.

Come si può vedere dalla fig. 5, i carburanti tradizionali (benzina, diesel ed etanolo) hanno una densità energetica molto superiore rispetto ai carburanti alternativi (in particolare rispetto all'idrogeno e all'elettricità). D'altro canto, occorre anche tenere in considerazione che:

a) l'efficienza combinata dei motori tradizionali e dei sistemi di trasmissione è di gran lunga inferiore a quella dei motori elettrici; ai fini della trazione, in un autoveicolo che adotti un motore diesel e un powertrain particolarmente efficienti giunge alle ruote circa il 25% dell'energia generata dal motore. Adottando un motore elettrico coassiale alla ruota e integrato in quest'ultima tale percentuale sale anche oltre il 90%. Riportando questo dato sulla figura 5 si può ponderare l'efficienza alla ruota dei carburanti principali (diesel e batterie) in un nuovo diagramma (fig. 6) che presenta l'efficienza effettiva delle diverse fonti energetiche alla ruota a parità di scala ma

ponderando l'efficienza dei rispettivi motori; come si vede, le distanze tra le batterie di ultima generazione e i motori termici si accorciano sensibilmente, pur rimanendo significative. Il differente rendimento dei motori elettrici, in sostanza, spiega come, nonostante la bassa densità energetica delle batterie, sia già ora possibile prevedere uno sviluppo della propulsione elettrica.

Figura 5: densità energetica di alcuni carburanti convenzionali e delle batterie ponderata con l'efficienza dei rispettivi sistemi motore-powertrain in termini di energia alla ruota



Fonte: ns elaborazioni su varie fonti di stampa e aziendali. Vd. Nota fig. 5.

b) la potenza specifica assorbita da un veicolo (ad esempio un'automobile) varia in modo molto significativo a seconda delle condizioni istantanee di utilizzo, ma varia anche il tipo di energia utilizzata, sicché ad esempio una parte del calore che viene disperso dal motore termico può essere in realtà utilizzata per climatizzare l'abitacolo del veicolo, laddove in un veicolo puramente elettrico tale energia deve essere sottratta dalle batterie.

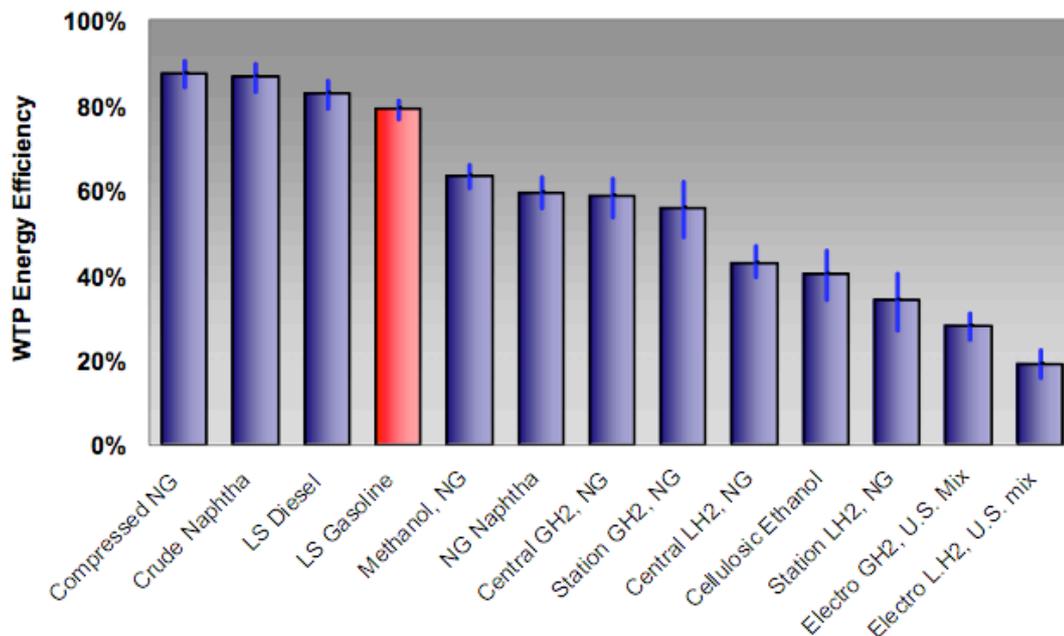
Le effettive opportunità di diversificazione del vettore energetico dei veicoli sono quindi in sostanza dipendenti dalla diversificazione nelle forme d'uso; vedremo più avanti, nella sezione riservata alla tecnologia dei veicoli, che per quanto riguarda l'effettiva efficienza energetica delle soluzioni termico, ibrido ed elettrico, la soluzione ottimale è vincolata in tutti i casi da condizioni specifiche, sicché si deve parlare di "ottimalità relative" piuttosto che di un ottimo assoluto.

3.2. L'efficienza "Well-To-Wheel" (WTW)

Un ulteriore aspetto rilevante riguarda le valutazioni a livello di filiera, che differiscono in modo sostanziale rispetto a quelle inerenti allo specifico

utilizzo. Più precisamente: il bilancio energetico complessivo del carburante inteso come rapporto tra l'energia erogata da una unità di carburante ed energia necessaria per produrlo e trasferirlo al luogo di utilizzo (c.d. efficienza WTW – *Well to Wheel*, cioè dall'estrazione all'utilizzo) varia a seconda di condizioni di contesto oltre che a seconda della tecnologia. Mentre la densità energetica è una caratteristica intrinseca al tipo di carburante, i costi di produzione e il bilancio energetico variano in modo molto significativo a seconda della modalità produttiva, della distanza tra il luogo di produzione e quello di utilizzo, dalle modalità di trasporto, dalla struttura della filiera produttiva, ecc. A titolo di esempio, la figura 7 presenta l'efficienza energetica nel processo che va “dal pozzo alla pompa” (WTP – *Well To Pump*, cioè dalla produzione o estrazione fino all'erogazione) stimata per paesi produttori della fonte primaria, dal quale si vede che gas naturale, nafta e diesel l'efficienza è più elevata rispetto alla benzina (assunta in rosso come riferimento), e via via a tutti gli altri carburanti, con ultimo l'idrogeno liquido ottenuto per elettrolisi⁹.

Figura 7: efficienza energetica WTP di alcuni carburanti convenzionali e alcuni carburanti alternativi



Fonte: California Air Resource Board, Argonne National Laboratory – Centre for transportation technology research

Tanto la densità energetica che l'efficienza energetica dei carburanti possono apparire aspetti esclusivamente “tecnici”, ma di fatto essi hanno un impatto rilevante sull'economicità delle fonti primarie e della loro commercializzazione, sulle opportunità di investimento e perfino sulle opzioni

⁹ La figura 7 qui riportata mostra quanta parte dell'energia utilizzata per l'estrazione / produzione della FEP è restituita dalla fonte stessa all'atto del suo utilizzo (efficienza). Un altro parametro importante e diverso è quello della c.d. “impronta ecologica” dei carburanti, che misura l'impatto delle attività produttive sull'ambiente sulla base di una serie di aspetti termodinamici, ecologici e di consumo di risorse (Chambers et al. 2000). Sull'impronta ecologica dei carburanti in particolare si veda Holden e Høyer (2005).

di marketing della filiera dei mezzi di trasporto, sicché nella valutazione delle opportunità strategiche legate diversificazione delle fonti di approvvigionamento di carburante occorre affiancare, alle condizioni puramente “tecniche”, quelle altrettanto rilevanti relative all’analisi dei costi di produzione dei carburanti e alle politiche di incentivo all’utilizzo e alla diffusione delle infrastrutture distributive. Ove si considerino tutti questi aspetti, i carburanti tradizionali presentano tutt’ora dei punti di forza difficili da scardinare, poiché le strutture estrattive, di raffinazione, trasporto e distribuzione sono in larga parte già ammortizzate, mentre le tecnologie relative a tutte le fasi della filiera sono consolidate e diffuse.

3.3. Peculiarità dei combustibili “non convenzionali” rispetto ai combustibili fossili

Com’è noto, i carburanti di origine fossile vengono prodotti a partire una serie di processi termici di raffinazione in continuo che da un unico input permette di ottenere, attraverso più processi successivi, un’ampia varietà di derivati petroliferi. Trattandosi di una produzione congiunta, la ripartizione tra i diversi derivati dei costi sostenuti per tutte le fasi che vanno dall’estrazione dell’olio grezzo fino all’uscita dei prodotti dalla raffineria è in massima parte convenzionale. Pertanto è lecito ritenere che i costi “alla pompa” dei carburanti tradizionali siano determinati prevalentemente dalle accise e dalla struttura competitiva delle fasi produttive e distributive. Inoltre, poiché le tecnologie e le modalità organizzative di produzione e trasporto dei carburanti tradizionali sono ampiamente sviluppate sul piano tecnologico e consolidate a livello globale, una volta ammortizzate le strutture la struttura dei costi di produzione tende ad uniformarsi nel tempo a parità di situazione estrattiva (off-shore piuttosto che in-shore).

Al contrario, il costo dei carburanti non tradizionali al momento è estremamente variabile per ciascun carburante, proprio per la varietà di forme produttive, per l’eterogeneità della loro diffusione e del livello tecnologico delle strutture sia produttive che distributive. Tale eterogeneità, che potremmo definire “strutturale”, è tipica dei settori in fase di sviluppo iniziale ed è ragionevole ritenere che sia destinata, almeno in parte a ridursi in futuro a fronte della selezione operata su due fronti da parte della ricerca tecnologica e del mercato, ma non a scomparire, al punto che è lecito attendersi che anche in futuro, così come già adesso avviene con evidenza, la medesima risorsa combustibile possa presentare costi produttivi molto differenziati a seconda del paese di origine.

In ogni caso, gli Stati Uniti, l’Unione Europea e quasi tutti gli stati membri di questa stanno investendo risorse significative verso tali soluzioni, perché consentono la riduzione della CO₂ ma soprattutto perché il loro sviluppo ha un impatto molto elevato in termini di riduzione dalla dipendenza nei confronti del petrolio¹⁰.

¹⁰ In Europa nel 2007 i trasporti su strada hanno consumato il 47% di tutti i prodotti petroliferi utilizzati (in valore), per un valore stimato pari a 140 miliardi di euro, perfino più del valore aggiunto dell’intera

I principali tipi di carburante alternativo alla benzina e al diesel, già utilizzati, utilizzabili o ragionevolmente in grado di divenire utilizzabili su larga scala entro i prossimi cinque anni sono (in ordine di attuale diffusione delle tecnologie che ne permettono l'utilizzo): biocarburanti, GPL, metano / biogas, elettricità, idrogeno.

3.4. I biocarburanti

I biocarburanti della generazione attuale sono ottenuti da prodotti agricoli con un processo di fermentazione relativamente semplice e, nei suoi processi essenziali, noto da tempo, sicché si sente spesso parlare di questa opzione come di una valida alternativa ai combustibili fossili, in quanto rinnovabili, producibili su larga scala e quindi a costi che avrebbero dovuto essere marginalmente decrescenti. In realtà è emerso ben presto come la produzione di carburanti c.d. "di prima generazione", oltre ad essere pienamente competitivo, sul piano economico, rispetto ai derivati del petrolio solo per prezzi del barile mediamente superiori a 80 dollari al barile¹¹, è anche scarsamente sostenibile in quanto entra in diretta competizione con la produzione di prodotti agricoli destinati all'alimentazione umana¹². Peraltro, i biocarburanti c.d. "di seconda generazione"¹³ hanno una densità energetica superiore e sono ottenuti in via esclusiva da prodotti agricoli non destinati all'alimentazione o da scarti. Anche in questo caso, tuttavia, esiste o può esistere un fenomeno di competizione indiretta sulla destinazione produttiva delle aree agricole, poiché la superficie necessaria per produrre anche delle frazioni minime dei quantitativi del carburante richiesto dal mercato sarebbe enorme. La tabella 1 riporta la resa per ettaro delle fonti primarie del biodiesel, che in alcuni veicoli può essere utilizzato direttamente come carburante, e del bio-etanolo.

Considerando che in Italia si erogano annualmente per i soli veicoli stradali 40 miliardi di litri all'anno di carburante¹⁴, anche usando la biomassa di seconda generazione più produttiva (ottenuta dalla coltivazione del miscantus, che al momento è in fase sperimentale) per coprire il fabbisogno

industria automotive europea, che secondo Eurostat nel 2005 ha creato valore aggiunto per 132 miliardi di euro.

¹¹ Più precisamente: «Il punto di equilibrio per il biodiesel e il bioetanolo si raggiunge con prezzi del barile compresi rispettivamente tra 69-76 e 63-85 euro» (espressi in dollari: 90-99 e 82-110) fonte: EU (2007, 11) Questi valori sono stati superati durante la crisi del 2008 ma sono poi rapidamente rientrati e mentre scriviamo il prezzo del petrolio è attestato intorno ai 70-75 dollari al barile).

¹² Rajagopal et al. (2007); FAO (2008); Senauer (2008).

¹³ In estrema sintesi, i biocarburanti di prima generazione sono derivati da colture di origine alimentare o grassi animali, quelli di seconda generazione da colture naturali ligno-cellulosiche e da colture oleaginose. Si parla inoltre di una "terza generazione" con riferimento all'uso di alghe, di piante geneticamente modificate e/o di trattamenti particolari delle biomasse tradizionali, e perfino di una "quarta generazione", con riferimento a microorganismi geneticamente modificati. Al momento in cui redigiamo questo rapporto vi sono numerose esperienze in fase pre-industriale di biocarburanti di terza generazione.

¹⁴ Faib – Confersercenti, 2007.

annuo sarebbero necessari quasi sei milioni di ettari di area coltivata, ovvero poco meno di metà dell'intera superficie agricola italiana.

Tabella 1: resa per ettaro delle fonti primarie del bio-diesel e del bio-etanolo (ltri per ettaro)

Biodiesel		Bioetanolo	
Fonte	l/ha	Fonte	l/ha
Mais	170	Avena	900
Soia	450	Frumento	1290
Girasole	950	Orzo	1380
Arachidi	1060	Sorgo	2410
Colza	1200	Riso	2650
Jathropa	1600		
Cocco	2600		
Palma	5600		
Miscanthus	7000		

Fonte: Caracciolo (2008); Morini e Pinelli, 2009.

Nota: Questi dati non appaiono coerenti con quelli presentati in Pignatelli, 2007, che cita Bonari 2006, secondo il quale da colza si possono ottenere fino a 0,9 tonnellate di biodiesel per ettaro e da girasole 1,2 t/ha. I dati di questa seconda fonte, tuttavia, non hanno trovato riscontri presso in altre fonti.

In sostanza, gli attuali biocarburanti non sono in grado di dare un contributo significativo alla sostituzione dei carburanti fossili nei veicoli¹⁵. In secondo luogo sia il bilancio energetico complessivo della filiera che il costo effettivo di produzione sono estremamente variabili, poiché dipendono tra l'altro dal tipo di coltivazione, dalle specifiche condizioni di utilizzo, dai costi affrontati delle imprese produttrici, dalla distanza tra il luogo di produzione e utilizzo e dall'andamento dei mercati delle materie prime collegate e concorrenti.

Infine, il bilancio energetico complessivo di filiera del biodiesel è oggetto di discussione, in quanto non è assodato che sia positivo. Per quanto riguarda la produzione da soia, ad esempio, più fonti sostengono che il bilancio energetico sia addirittura negativo per oltre il 20% (tab. 2).

Peculiari fattori geografici e/o di congiuntura economica possono far variare significativamente i calcoli di convenienza: negli Stati Uniti, ad esempio, la spinta verso il bioetanolo è legata da un lato all'incremento del costo dei carburanti e ad una significativa e contingente eccedenza produttiva di mais. Al contrario, in Italia la materia prima deve essere prevalentemente importata¹⁶ (il che tra l'altro potrebbe perfino comportare un bilancio complessivo di filiera negativo anche in termini di CO₂). È chiaro, ad esempio, che la convenienza sarebbe scontata per terreni incolti e degradati, comunque non destinabili a colture alternative, mentre è tutta da verificare nel caso di conversione di utilizzi affermati.

¹⁵ Nonostante gli incentivi e le detassazioni promosse dalla UE, l'obiettivo introdurre quote anche minime di biocarburanti non è stato raggiunto. Su questo aspetto si tornerà in seguito.

¹⁶ Nomisma Energia (2008).

Tabella 2: Energia primaria necessaria per il ciclo di vita del biodiesel derivato dai semi di soia.

Fase produttiva	Bilancio energetico (MJ impiegati per MJ di carburante)	Percentuale
Coltivazione soia	0.0660	5,32%
Trasporto semi di soia	0.0034	0,27%
Frantumazione semi	0.0803	6,47%
Trasporto olio di soia	0.0072	0,58%
Trasformazione dell'olio di soia in biodiesel	1.0801	87,01%
Trasporto del biodiesel	0.0044	0,35%
Totale	1.2414	100%

Source: NREL Energy Lab.1998, An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles.

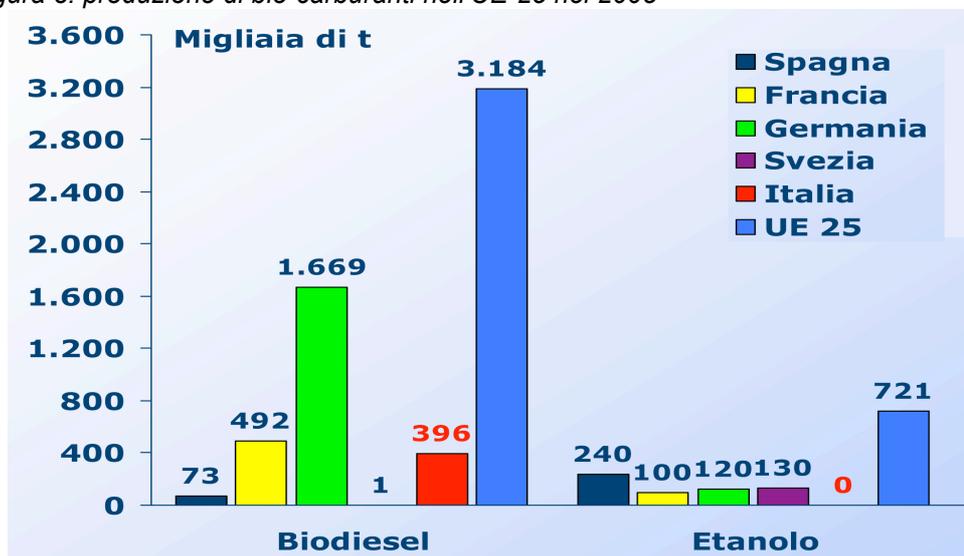
In Europa i bio-carburanti di seconda generazione non sono ancora commercializzati. La Commissione delle Comunità Europee ipotizza e raccomanda, per il 2015, una quota di biocarburanti complessiva del 14%, finalizzata a conseguire risparmi economici stimati in un miliardo di euro e ad una maggiore sicurezza degli approvvigionamenti energetici legata alla ridotta necessità di scorte petrolifere (EU 2007)¹⁷. In realtà, anche l'obiettivo intermedio, e molto meno ambizioso, del 5,75% entro il 2010 appare irrealizzabile. Nel 2005 in Europa (UE-25) si producevano meno di 4 milioni di tonnellate di biocarburanti, per oltre tre quarti bio-diesel (fig. 7). Secondo l'Enea, per raggiungere l'obiettivo del 5,75% sarebbe necessario che la superficie coltivabile dedicata passi dagli 1,8 milioni di ettari del 2005 a 15-18 milioni di ettari nel 2010.

In questo quadro l'Italia si caratterizza per essere il Paese con la maggior dipendenza dai carburanti fossili (85%) e per questo i bio-carburanti sono visti come una opportunità particolarmente rilevante. Ciononostante, il supporto a questo tipo di fonte energetica è incostante: il d.l. 128/2005 recepisce la direttiva UE 30/2003 in materia di promozione e detassazione dei bio-carburanti, fissando un obiettivo di sostituzione dei carburanti fossili del 3% alla fine del 2009. Tuttavia tale obiettivo è stato procrastinato e diluito più volte e anche gli incentivi sono stati modificati più volte. Al momento, è prevista una de-fiscalizzazione del 20% delle accise su un contingente pari a 250.000 tonnellate, cioè circa 2/3 della produzione totale italiana di bio-diesel (396.000 tonnellate, di cui 188.000 per il mercato interno). (Intelligent Energy EU, 2008). Da segnalare, inoltre, che la produzione italiana utilizza oli di colza,

¹⁷ Nel 2003 veniva emanata la Biofuels directive (2003/30/EC) che indicava, come "moral commitment" (quindi non obbligatorio) un target di quota di biocarburanti nei trasporti su strada del 5,75%, con un obiettivo intermedio del 2% nel 2005, che gli stati membri avrebbero dovuto perseguire in sostanza attraverso una tassazione differenziata, resa quest'ultima possibile da una direttiva ad hoc (2003/96/EC). Poiché alla fine del 2005 solo due stati (Svezia e Germania) avevano raggiunto l'obiettivo intermedio, nel 2008 la Commissione ha stabilito dei criteri-quadro che prevedono obiettivi obbligatori per gli stati in termini di quota (10% entro il 2020) e in termini di parametri di sostenibilità dei biocarburanti (COM 2008/19 final). Fonte: Intelligent Energy EU, 2008.

di girasole e di soia quasi esclusivamente di importazione, con gli svantaggi sia ambientali che in termini di efficienza energetica di cui si è già detto.

Figura 8: produzione di bio-carburanti nell'UE-25 nel 2005



Fonte: Pignatelli, 2007

In conclusione, l'unica strada realisticamente percorribile per introdurre una quota significativa e/o in linea con le direttive UE di biocarburanti appare quella di sviluppare i biocarburanti di seconda e terza generazione: per meglio comprendere le grandezze coinvolte, si pensi che sfruttando il massimo potenziale produttivo della soia (450 l/ha) l'obiettivo del 14% ipotizzato "possibile" dalla UE richiederebbe, per la sola Italia, una superficie superiore all'intera superficie agricola italiana attualmente utilizzata.

Sintesi delle opportunità strategiche da ricerca su biocarburanti:

Grado di competizione: Molto elevata

Investimenti necessari: Elevati

Rischio di insuccesso: Elevato

Orizzonte temporale: 5 anni o più

Fattori critici: partnership internazionali, ricercatori eccellenti

Opportunità strategiche da produzione agricola destinata a biocarburanti

Grado di competizione: Basso

Investimenti necessari: Limitati

Rischio di insuccesso: Basso

Orizzonte temporale: Immediato

Fattori critici: accordi commerciali con aziende di trasformazione, utilizzo terreni agricoli degradati o incolti (no conversione colture esistenti).

3.5. GPL

In Italia il GPL è diffuso sin dal dopoguerra; questo carburante presenta una serie di vantaggi: è meno costoso della benzina e del diesel, non

contiene piombo tetra-etile e ha un alto livello di ottani; presenta inoltre emissioni inferiori sia alla benzina che al diesel per tutti i principali agenti inquinanti, in particolar modo per il PM10. Da questo punto di vista il GPL ha molti vantaggi in comune con il metano, ma a differenza di quest'ultimo i sistemi di alimentazione e di rifornimento sono meno costosi (la pressione di utilizzo è molto più bassa di quella del metano) e l'intervento sui motori dei veicoli meno invasivo. Per contro, il GPL è un distillato del petrolio, all'origine più costoso del metano a parità di energia e presenta un rischio molto elevato per ciò che riguarda utilizzo e trasporto, al punto che i veicoli alimentati a GPL subiscono delle restrizioni per ciò che riguarda il parcheggio. Diversi episodi, anche tragici, testimoniano inconfutabilmente la pericolosità relativa al trasporto di questo gas soprattutto in previsione di un possibile aumento della domanda. Non presenta inoltre alcun particolare vantaggio reale di costo al netto della tassazione, né di esternalità e non proviene da fonte rinnovabile. Pertanto l'uso di questo carburante non presenta alcun vantaggio dal punto di vista del possibile miglioramento dell'efficienza energetica complessiva del sistema di trasporti su strada.

3.6. Metano e bio-gas

Tra le soluzioni più promettenti nel brevissimo termine, quella che sembra combinare al meglio gli aspetti economici ed ambientali¹⁸ è il metano¹⁹. Questo carburante infatti, rispetto ai carburanti tradizionali, ha numerosi pregi:

a) produce meno emissioni in riferimento ai principali agenti inquinanti (tab. 3);

b) è più economico poiché meno tassato (tab. 4) e in termini di costo al Km per le autovetture consente un risparmio medio del 52-56% rispetto alla benzina e del 21-26% rispetto al diesel²⁰ (media prezzi 2009);

c) può essere utilizzato su tutti i motori a benzina esistenti (e in un prossimo futuro probabilmente anche sui diesel) applicando una modifica dal costo che per l'utente finale si aggira intorno a 1500 euro;

¹⁸ C'è una vasta serie di contributi sui vantaggi del metano come carburante: ad esempio Gas Research Institute (1987); Liew and Liew (1995); CSST (2001); United Nations (2003); CNR (2007). In Italia il testo di riferimento più recente lo studio realizzato da Econometrica (2009). Numerosi Paesi stanno implementando politiche pubbliche di incentivazione al passaggio al metano. Anche negli Stati Uniti, dove le auto a metano sono praticamente inesistenti, questa soluzione viene caldeggiata in particolare per il traffico pesante, proprio per i benefici che comporta sia in termini ambientali che di riduzione della dipendenza dal petrolio (Volpato e Stocchetti, 2010).

¹⁹ Con riferimento al carburante per i veicoli viene spesso usato il termine "gas naturale" o CNG (Compressed Natural gas), ma in realtà quest'ultimo è una miscela di gas estratti da depositi da giacimenti fossili che contiene una percentuale variabile di metano (generalmente tra 80% e 98%) insieme ad altri elementi. Ancora diverso il "biogas", che, com'è noto, contiene prevalentemente metano e CO₂ e che si ottiene dalla decomposizione biologica di residui organici. Naturalmente, solo il biogas è una fonte rinnovabile.

²⁰ Valori basati su media prezzi italiani nei primi dieci mesi del 2009 e per vetture di cilindrata media. Il risparmio varia in modo significativo in funzione della classe di cilindrata e dalle modalità di utilizzo. Per un calcolo più dettagliato su valori medi si veda la tab. 5. Secondo Econometrica (2009), in base ai prezzi rilevati al 15 giugno 2009 a parità di costo un'auto alimentata a metano percorre il 42,8% in più di chilometri rispetto ad un'auto a benzina e il 35,1% in più rispetto ad un'auto diesel.

Tabella 3: emissioni per tipo di alimentazione (ciclo NEDC²¹, g/Km)

	NHMC*	NOx*	PM*	CO2**
Benzina	0,068	0,060	0,0025	119-224
Diesel	0,050	0,180	0,0050	127-240
LPG	0,055	0,040	0,0020	120-190
Metano	0,015	0,030	0,0010	92-173

* Valori Euro 5, standard in vigore per le autovetture omologate a partire dal 0./09/2009 ed è obbligatorio per tutte le vetture a partire dal 01/01/2011

** Intervallo di valori medi calcolati per classe di cilindrata <1400, 1400-2000, > 2000.

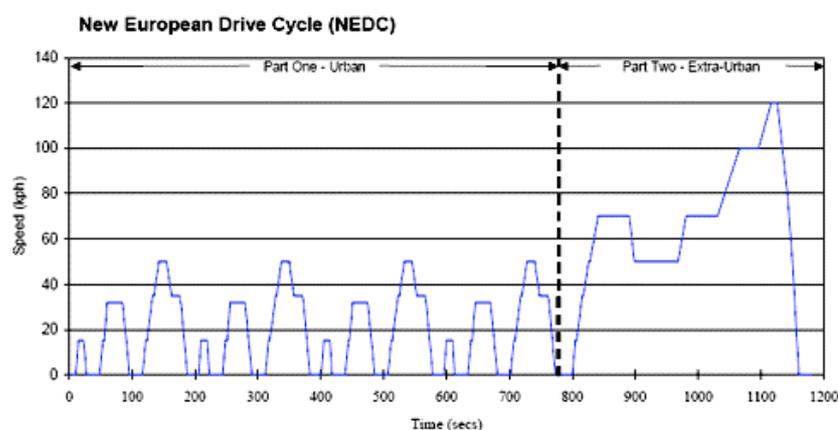
Fonte: elab.ne dati CNR, EU, Fiat; per CO2 dati medi a parità di cilindrata e peso della vettura

d) il procedimento di ricarica è sicuro e può essere addirittura svolta con apparecchi di rifornimento realizzati per l'utilizzo domestico (già autorizzati in provincia di Bolzano);

e) usando tecnologie esistenti può essere miscelato con l'idrogeno fino al 20%, con una perdita non significativa di rendimento energetico (fino al 30% con perdita maggiore di efficienza) ma con ulteriore miglioramento delle emissioni di CO2²² e prestazioni del veicolo sostanzialmente uguali.

Inoltre, potrebbero esservi ulteriori margini di riduzione del costo di questo carburante in funzione del fatto che al momento il metano utilizzato è pressoché esclusivamente di origine fossile e si ha ragione di ritenere che il suo costo in Italia sia soggetto alle rendite monopolistiche nel settore della distribuzione²³.

²¹ Si tratta dei test NEDC, ciascuno dei quali mette alla prova le vetture per venti minuti con accelerazioni e decelerazioni progressive che dovrebbero simulare una successione di cicli urbani, extraurbani e autostradali. La velocità massima raggiunta in questi cicli è di 50 Km/h per la parte urbana e di 120 Km/h per quella extraurbana (la figura presenta il ciclo di accelerazioni e decelerazioni nell'arco dei 20 minuti).



Fonte: UK Dept. For Transport, <http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/cvtf/VehicleTesting>

²² Esperimenti di miscelazione CNG – idrogeno sono stati condotti fin dal 2003 negli stati uniti a cura del Dept. Of Energy (FreedomCar & vehicle technology), dimostrando che non cambiano l'affidabilità o la sicurezza del veicolo.

²³ Infatti, il prezzo medio del metano per autotrazione in Italia (0,91 €/m³) è allineato alla media dell'Europa Occidentale (0,89 €/m³), ma notevolmente superiore a quello dell'Europa dell'Est (0,49

Tabella 4: struttura del prezzo dei carburanti in Italia (gennaio 2009)

	Benzina	Diesel	GPL	Metano
Prezzo prima delle tasse	33,7%	43,4%	62,0%	83,3%
Accise	49,6%	39,9%	21,4%	0,2%
IVA	16,6%	16,7%	16,6%	16,5%
Prezzo finale	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Ministero dei Trasporti

Tra le criticità positive del metano, spicca la possibilità di diversificare le fonti di approvvigionamento rispetto al petrolio; infatti, a differenza del petrolio:

- le riserve di metano accertate sono, in proporzione ai consumi, di gran lunga superiori rispetto a quelle del petrolio.
- Il petrolio proviene quasi esclusivamente da aree geopolitiche soggette ad instabilità politica; le fonti di metano fossile sono geograficamente più diffuse²⁴.
- Il metano è surrogabile dal bio-metano, che è una fonte rinnovabile e la cui produzione consente un ulteriore abbattimento dei gas serra, in quanto evita il rilascio nell'atmosfera del biogas prodotto dai rifiuti organici lasciati a decomporre naturalmente, che hanno un potenziale-serra da 23 a 24 volte superiore a quello della CO₂.

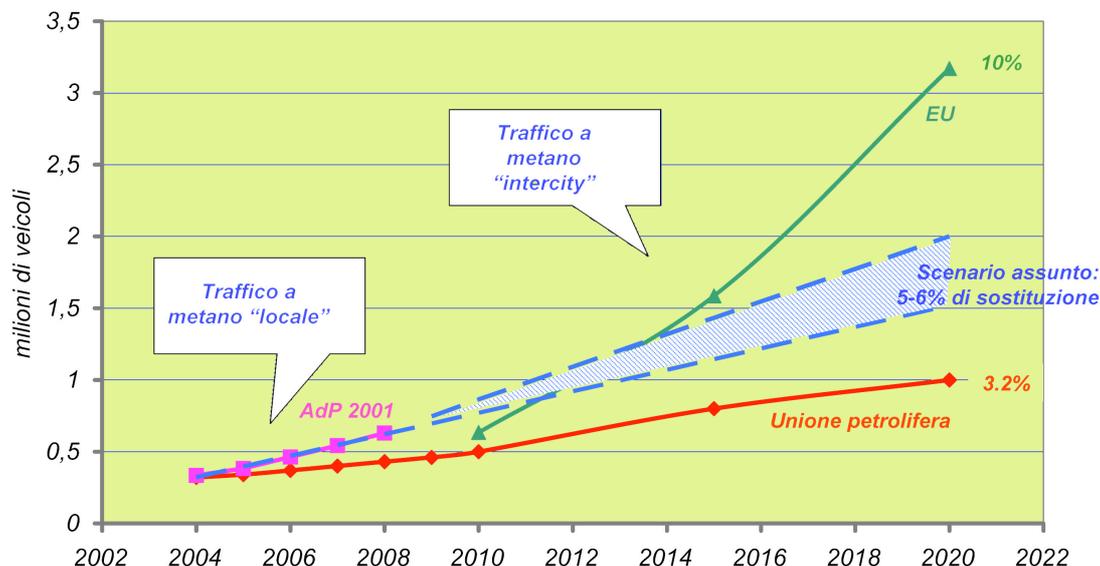
Al momento in Italia circolano circa 560.000 autovetture a metano; nei primi undici mesi del 2009 le vendite di veicoli alimentati a metano sono state 109.880, in crescita di quasi l'80% rispetto allo stesso periodo dello scorso anno. Il tasso di crescita delle vendite di veicoli alimentati a metano è salito dal 7,1% di gennaio al 78,2% di maggio, con la punta del record di aprile (+128,9%)²⁵. Alla base di questa crescita gli incentivi all'acquisto, che prevedono un contributo di 3.500 euro per chi compra un'auto nuova alimentata a metano con emissioni di CO₂ inferiori a 120 g/km. Cifra che sale a 5000 euro, se si aggiunge l'eventuale rottamazione, ma un ruolo essenziale discende anche dalla percezione che si va diffondendo dell'auto a metano in grado di coniugare un duplice vantaggio, sia per ciò che riguarda le emissioni che per ciò che riguarda i costi, con tecnologie di consolidata affidabilità e disponibili a costi contenuti.

€/m³) e di paesi produttori come USA (0,42 €/m³) e Russia (0,29 €/m³). Si hanno fondate ragioni per ritenere che il costo industriale (c.d. *wellhead price*) del metano sia minimo e che i livelli di prezzo praticati sul mercato dipendano in via pressoché esclusiva dalla struttura oligopolistica del mercato di produzione e distribuzione.

²⁴ Tuttavia le forniture italiane di metano fossile dipendono in larga parte da approvvigionamenti dalla Russia che, negli ultimi anni, hanno subito i contraccolpi della crisi diplomatica Russo-Ukraina. Lo sviluppo di un nuovo metanodotto programmato nei prossimi anni dovrebbe comunque ovviare a questo problema.

²⁵ Fonte: ns. elaborazioni su dati UNRAE, Osservatorio Metanauto.

Figura 8: scenari di andamento percentuale delle immatricolazioni a metano in Italia



Fonte: NGV System Italia

In Italia, inoltre, il settore è alquanto sviluppato (circa 8000 addetti, 1,5 mld € di fatturato). Le imprese italiane sono all'avanguardia in questa tecnologia, avendo una tradizione che risale agli anni '40 sia per ciò che riguarda la tecnologia dei veicoli che quella delle stazioni di rifornimento. Per quanto riguarda gli impianti installati sui veicoli, il leader mondiale di impianti a gas è una azienda italiana (Landi Renzo) che ha una quota di mercato mondiale superiore al 30% (inclusa la quota dell'azienda Lovato, recentemente acquisita).

Entro il 2020 il circolante a metano in Italia dovrebbe assestarsi in percentuale tra il 3,2% e l'8% del parco (da 1 a 3,1 milioni di veicoli) (fig. 8), lasciando quindi intravedere una opportunità di crescita della domanda sia per questo carburante che per i connessi servizi meccanici.

Per quanto riguarda l'aspetto economico, la tab 5 presenta il dettaglio del vantaggio di costo del metano rispetto agli altri carburanti in base al dato di costo rilevato a dicembre 2009 e riferito al consumo medio delle vetture di cilindrata compresa tra 1200 e 2200 cc. Si deve tener conto, a questo riguardo, che in Italia il costo del metano al consumo e alla pompa è penalizzato dall'esistenza di un sostanziale monopolio nella distribuzione²⁶. Questo fatto, unitamente al fatto che il metano fossile può essere sostituito da bio-gas variamente prodotto, fa sì che il calcolo indicato nella tabella 5 sia da ritenersi estremamente prudentiale dal punto di vista del vantaggio evidenziato per il metano, e che il costo effettivo del metano al m³ approvvigionato in modo differenziato e/o in condizioni di mercato efficiente possa ridursi anche del 30% o più rispetto al prezzo indicato nella tabella.

Un impulso significativo all'utilizzo del metano in Italia può provenire dall'eventuale approvazione dalla proposta di legge 2172 del 9 febbraio 2009

²⁶ Volpato e Stocchetti, 2010.

(“Disposizioni in materia di utilizzo del metano come carburante per autotrazione”), che tra le altre cose prevederebbe:

- il permanere di accise invariate per dieci anni dall'entrata in vigore della legge,
- la stabilizzazione dell'incentivo statale per l'acquisto di auto a metano,
- l'esenzione dei veicoli a metano dalla tassa di proprietà,
- l'obbligo di predisporre un punto di rifornimento di metano per il rilascio dell'autorizzazione di nuove stazioni di servizio,
- la regolamentazione e quindi la possibilità di realizzare rifornitori di metano *self-service*

Tabella 5: Risparmio per Km e breakeven in base al tipo di alimentazione

Carburante	Costo indicativo al lit (al Kg per il metano)*	Percorrenza media con 1 litro (Kg per il metano)	Costo al Km (€)	Indice	Risparmio per Km (€)		
Benzina Verde (lt)	1,289	14,0	0,092	100,0	0	-	-
Gasolio (lt)	1,126	18,0	0,063	68,5	0,019	0	-
GPL (lt)	0,570	11,0	0,052	56,5	0,040	0,011	0
Metano (Kg)	0,820	20,0	0,041	44,6	0,051	0,022	0,011

breakeven in Km per autovetture costo aggiuntivo impianto a metano (1500 €)

28.509 rispetto a motore a benzina

32.944 rispetto a motore diesel

* prezzi medi a dicembre 2009; fonte: <http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it>,

Le prospettive di utilizzo del metano e del bio-metano nel caso dei veicoli industriali sono parimenti favorevoli. Nel 2003 la Economic Commission for Europe, con il patrocinio dell'ONU, presentavano uno studio denominato “Blue corridor project: on the use of natural gas as a motor fuel in international freight and passenger traffic” che ipotizzava la creazione di una rete di rifornimento europea per permettere lo sviluppo del trasporto a metano, con particolare attenzione alle principali rotte della logistica stradale. A quanto ci risulta l'iniziativa non ha avuto un seguito coordinato, ma la convenienza all'uso del metano nei trasporti merci e nei veicoli pesanti appare fuori discussione, e numerosi sono i casi di implementazioni di questa soluzione.

Tra i casi più interessanti, quello riguardante la raccolta dei rifiuti urbani nella città di Madrid²⁷ ad opera della FCC²⁸ (Fomento de Construcciones y Contratas) spicca per la sua portata e per il fatto che rappresenta una sperimentazione che ha portato a risultati consolidati e replicabili.

La motivazione iniziale a rendere operativi camion a metano era quella di ridurre il rumore, poiché la raccolta dei rifiuti a Madrid, come in molti altri luoghi, viene effettuata di notte. Attraverso una partnership tra Iveco (ex Iveco-Pegaso), FCC e Gas Natural SA (la principale società distributrice di

²⁷ NGVA Europe (2009); Volpato e Stocchetti, 2010.

²⁸ Fomento de Construcciones y Contratas, <http://www.fcc.es/fcc/corp/index.htm>

gas spagnola), vennero realizzati, nel 1994, i due primi camion a tre assi alimentati a metano. Dopo 4 anni di intenso uso e di test sui veicoli, sulle modalità di rifornimento, sulla manutenzione e riparazione, sul gradimento da parte dei conducenti, i pareri del tutto positivi portarono all'acquisto di nuove unità e nel 2000 erano in funzione 40 camion Iveco alimentati a metano²⁹. Questa flotta di dimensioni significative dimostrò ulteriormente i vantaggi ecologici di questa soluzione (assenza di "fumi neri", emissioni inquinanti molto ridotte e soprattutto riduzione della rumorosità, molto apprezzata dalla popolazione delle aree dove tali camion erano impiegati) ma anche quelli economici: rispetto ai veicoli diesel il risparmio sul costo del carburante fu del 30% e quello sui costi operativi nell'arco del ciclo di vita dei veicoli, includendovi gli investimenti per la stazione di rifornimento a metano e il maggior costo del veicolo rispetto a quelli diesel, di circa il 15% (Volpato e Stocchetti, 2009).

Da questa positiva esperienza la FGG vide nell'uso dei camion a metano un vantaggio competitivo da estendere a tutte le sue operazioni sul territorio nazionale, portando la propria flotta a metano a 800 unità, la più grande in Europa. Inoltre, attualmente la flotta di Madrid (circa 400 unità) è alimentata da biometano ottenuto dal trattamento dei rifiuti, con un impianto che sebbene sia in grado di trattare in questo modo solo il 25% del potenziale di biogas della città di Madrid, già in questo modo è in grado di alimentare l'intera flotta di Madrid e avere un surplus da destinare ad altri usi.

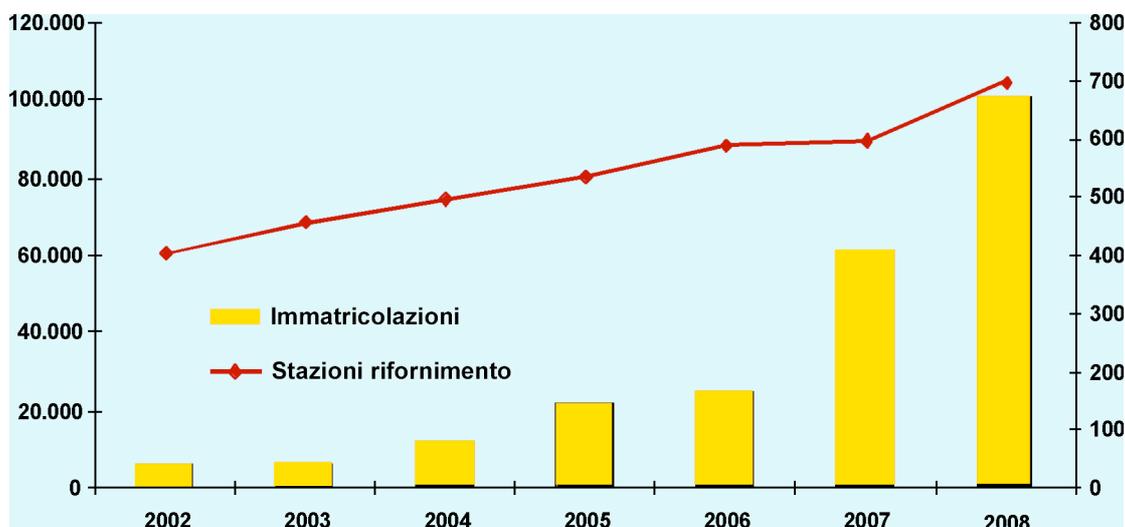
Un ulteriore caso piuttosto eclatante è la decisione della statunitense AT&T (annunciata a marzo 2009 e tutt'ora in fase di sviluppo), di investire 350 milioni di dollari in 10 anni per l'acquisto di 8.000 auto a metano, all'interno di un programma di spesa in veicoli a carburante non tradizionale di complessivi 565 milioni di dollari³⁰, decisione tanto più significativa in quanto giunta in un momento di grave crisi economica mondiale (l'annuncio risale a marzo 2009). La società dichiara che il Center for Automotive Research di Ann Arbor (Michigan) ha calcolato che in questo modo, già nell'arco dei dieci anni dello spiegamento della nuova flotta, l'azienda risparmierà l'equivalente di 49 milioni di galloni di benzina e, incidentalmente, di ridurre le emissioni di CO₂ di 211.000 tonnellate.

L'alimentazione a metano rappresenta una opportunità strategica importante. A partire dal 2007 le immatricolazioni di auto "bi-fuel" alimentate a metano si sono impennate, in Italia così come in altri paesi Europei, Germania in particolare. La crescita dei primi 11 mesi del 2009 è stata ancora più accentuata; il buon senso e l'analisi dell'andamento congiunto delle immatricolazioni e del numero di punti di distribuzione (fig. 9) suggeriscono che le immatricolazioni di queste vetture siano fortemente correlate alla disponibilità di punti di rifornimento di questo carburante (fig. 9 e tab 6).

²⁹ Iveco, è una società controllata da Fiat che produce veicoli commerciali e industriali che si è da tempo specializzata in questa alimentazione. Nel 2008 erano in funzione oltre 5.000 veicoli Iveco esclusivamente a metano in tutto il mondo, per una percorrenza complessiva stimata in quasi 900 milioni di Km a testimoniare l'elevato grado di affidabilità di questi mezzi.

³⁰ <http://www.att.com/gen/press-room?pid=4800&cdvn=news&newsarticleid=26598>

Figura 9: Immatricolazioni di vetture a metano e numero di distributori di metano in Italia



Fonte: Aci, The GVR.

Attualmente in Italia risultano operativi meno di 700 distributori; si tratta di un numero troppo ridotto per consentire uno sviluppo significativo di questo genere di veicoli. Laddove gruppi di imprese e istituzioni decidessero di convertire al metano le proprie flotte (autovetture veicoli commerciali e industriali, mezzi pesanti, mezzi agricoli) in virtù dei vantaggi economici e ambientali di cui si è detto, potrebbe esservi la convenienza, grazie alla massa critica garantita dalle flotte degli enti aderenti al progetto, a realizzare un certo numero di stazioni di rifornimento aperte anche a clienti esterni.

Da sottolineare che la diffusione di veicoli a metano favorirebbe, in un momento successivo, la progressiva introduzione di una produzione locale di biogas, con un ulteriore miglioramento in termini di sostenibilità. Il biogas non presenta alcuna differenza rispetto al metano dal punto di vista dell'utilizzatore finale e in Svezia e Svizzera da anni viene prodotto e direttamente immesso nei metanodotti.

Tab. 6: stazioni di rifornimento italiane per regione in esercizio a luglio 2009

	Distributori Metano		
	Stradali	Auto-stradali	totale
Emilia-Romagna	111	7	118
Veneto	98	3	101
Marche	73	6	79
Lombardia	73	4	77
Toscana	65	5	70
Piemonte	46	3	49
Campania	43	1	44
Puglia	39	0	39
Lazio	27	2	29
Umbria	23	2	25
Sicilia	18	2	20
Abruzzo	18	0	18

Trentino-Alto Adige	9	5	14
Liguria	7	1	8
Calabria	6	0	6
Basilicata	5	0	5
Friuli-Venezia Giulia	3	1	4
Molise	3	0	3
Valle d'Aosta	1	0	1
Sardegna	0	0	0
ITALIA	668	43	711
In apertura			

Nostra elaborazione su varie fonti

Questo passaggio potrebbe godere di un significativo impulso dalla partecipazione coordinata di: a) società municipalizzate per ciò che riguarda la realizzazione delle stazioni, delle reti di distribuzione e la promozione dell'iniziativa, b) di società agricole e di società che gestiscono la raccolta e lo stoccaggio / smaltimento dei rifiuti urbani per la produzione di biogas dalla raccolta differenziata dell'organico, c) di auto-officine per la conversione degli impianti delle autovetture.

Opportunità strategiche legate ad investimenti in produzione di biogas e installazione di stazioni di rifornimento di metano per autotrazione

Grado di competizione: Basso

Investimenti necessari: Limitati

Rischio di insuccesso: Basso (a meno di possibili aumenti delle accise sul metano per autotrazione, molto probabili nel medio-lungo periodo)

Orizzonte temporale: immediato

Fattori critici: accordi preliminari con soggetti e imprese interessate alla conversione delle flotte, accesso alla rete di distribuzione del metano, raccolta dell'organico, azione di marketing.

Punti di forza:

- infrastrutture già esistenti (gasdotti) estensibili a costi contenuti
- possibilità di rifornimento domestico (esempio Bolzano)
- Ecocompatibilità, facilita il passaggio al bio-metano e alla progressiva riduzione GHG (anche da controllo decomposizione dell'organico)

Opportunità

- domanda in crescita
- basso costo della materia prima, bassa tassazione
- incentivi governativi
- pochi punti di distribuzione

Punti di debolezza

- quota veicoli ancora bassa
- percezione di mercato del veicolo a metano
- costo impianto supplementare
- svalutazione usato
- la bombola sottrae spazio al veicolo
- rifornimento no self service

Minacce

- quasi monopolio della rete metanifera
- introduzione di accise
- in passato discontinuità di rifornimento per ragioni geopolitiche

3.8. Idrogeno

Sebbene l'idrogeno sia costantemente sotto i riflettori della comunicazione per le particolari caratteristiche che rendono questo elemento il più efficiente tra quelli ad "emissioni 0", in realtà non è ancora chiaro se e quando sarà possibile assolvere a tutti i requisiti tecnici ed economici necessari per la realizzazione commerciale su larga scala di veicoli ad idrogeno. Al momento gli osservatori più ottimisti individuano il 2015 come una possibile data per questo traguardo³¹. Altre fonti individuano il 2020 come l'anno nel quale la tecnologia delle celle ad idrogeno avrà raggiunto una maturità sufficiente da consentirne l'utilizzazione sui veicoli su larga scala, e comunque con tassi di penetrazione condizionati dalla realizzazione di infrastrutture dedicate³². Infatti, anche ove fosse disponibile una tecnologia di veicolo a costi comparabili a quelli dei veicoli già in commercio (obiettivo che al momento appare irrealistico), resterebbero aperti i problemi della produzione e della distribuzione dell'idrogeno. I metodi di produzione attualmente più diffusi e convenienti sul piano economico ottengono l'idrogeno sostanzialmente come sottoprodotto di processi chimici che impiegano combustibili fossili, oppure come derivato di bio-combustibili. La produzione di idrogeno tramite elettrolisi dell'acqua, dall'impatto ambientale tecnicamente nullo, richiede però circa 5 kWh per metro cubo³³ sicché tale processo appare conveniente, a parità di altre condizioni, solo in situazioni di surplus energetico. In letteratura si trova traccia di altri processi (ad es., da alghe) per i quali al momento non vi sono evidenze di convenienza economica su larga scala.

Per l'incertezza degli sviluppi tecnici, il comparto di questo carburante e la possibile filiera automobilistica ad esso collegata non lascia scorgere al momento particolari opportunità strategiche a parte aspetti marginali, quali la produzione sperimentale da fonti innovative (ad es., idrogeno da alghe) e il miscelamento con metano per autoveicoli, opzione che però assume interesse solo nell'ottica di una maggiore diffusione del metano come carburante.

4. Innovazione tecnologica dei mezzi di trasporto

4.1. Il trade-off tra efficienza e performance

Dal punto di vista tecnico i margini di miglioramento delle attuali vetture a benzina e diesel sono estremamente ampi, poiché l'efficienza media degli attuali veicoli dotati motori a combustione interna è uguale o inferiore al 25%,

³¹ Evans (2008).

³² European Hydrogen Roadmap, <http://www.hyways.de/hynet/>.

³³ Enel.it

con la maggior parte della perdita di efficienza dovuta alla tecnologia del motore termico (tab. 7)³⁴.

Tab. 7: dispersione energetica di una autovettura di media cilindrata a benzina

Potere energetico potenziale di partenza:	100,0
Motore	-62,4 (diesel) (-75 per benzina)
Cambio e trasmissione	-5,6
Rotolamento	-4,2
Consumi apparecchiature	-2,2
Resistenza aerodinamica	-2,6
Efficienza complessiva in movimento*	22,6% (d.) 11,1% (bz)
* escluse soste e ripartenze (idle efficiency), stimate in 17% dell'efficienza residua	

Fonte: www.fueleconomy.org (US dept. Of Energy)

Il mercato potenziale di soluzioni tecnologiche innovative in grado di ridurre, anche solo in modo marginale (qualche punto percentuale), la perdita di efficienza delle autovetture sarebbe quindi molto promettente. Tuttavia, si ha motivo di ritenere che gli investimenti in ricerca e sviluppo necessari per tale tipo di innovazioni siano al di fuori della portata di operatori che non siano già inseriti con ruoli di progettazione e sviluppo nella filiera automotive. Si tratta, infatti, di un settore altamente specializzato nel quale i progressi conseguiti dalle imprese leader sono di tipo marginale anche a fronte di elevati sforzi di investimento in R&D.

La tabella 8 presenta le principali alternative tecnologiche di intervento per l'incremento di efficienza degli attuali motori a combustione interna e i rispettivi costi. Da tale tabella, tenuto conto dei vincoli di interdipendenza tecnologica tra le diverse soluzioni tecniche, si può evincere che, a parità di categoria e dimensioni della vettura, è teoricamente possibile ottenere, con innovazioni nella componentistica, un incremento dell'efficienza in movimento delle vetture attuali compreso tra il 27% e il 32% (passando cioè da una efficienza complessiva in movimento del 23% al 30%) con un costo unitario addizionale di produzione stimabile in circa 1200 euro, e un ulteriore 10% marginale (che porterebbe l'efficienza complessiva a circa il 33% ad un costo stimabile in 1800 euro a vettura) può derivare dall'adozione di sistemi di arresto e ripartenza del motore durante le soste.

Stando al rapporto King Review 2008, ai costi medi del carburante del 2008 il breakeven del costo medio addizionale di varie combinazioni delle soluzioni per l'efficienza incrementale per una vettura media familiare si pone tra 40.000 e 60.000 km, cioè tra i 3,3 e i 4,9 anni per il chilometraggio medio del parco circolante italiano, dato questo non sufficientemente attrattivo per il

³⁴ A questo riguardo i veicoli elettrici presentano una efficienza superiore non solo nella parte motoristica ma anche nel powertrain, grazie alla diversa tecnologia possibile per queste vetture (Amahn, 2001).

consumatore³⁵. Questo dato non cambia in modo significativo a fronte dei prezzi medi del carburante relativi al 2009.

Tab. 8: alternative tecnologiche per l'incremento dell'efficienza dei veicoli e costo di produzione addizionale medio unitario

Tecnologia	Vantaggio di Efficienza (%)	Costo unitario addizionale (€)	Costo unitario add.le per 1% eff.za (€)
Iniezione e combustione	10 – 13	240 - 500	18,5 - 39
Valvole ad attuazione variabile	5 – 7	200 - 235	29 - 47
Sovralimentazione	10 - 15	180 - 350	19 - 35
Sistemi "Stop & Start" (S&S)	3 – 4	120 - 235	40 – 80
Sistemi "S&S" con freni rigenerativi	7	410 – 525	59 – 75
Motore elettrico di supporto	7	1165	167
Alleggerimento vettura	fino a 10	300 – 600	30 - 60
Pneumatici a bassa resistenza	2 – 4	60-120	30
Riduzione attriti*	3 – 5	-	-
Miglioramenti aerodinamici*	2 – 4	-	-

* costo addizionale non quantificabile in quanto parte integrante della progettazione del veicolo

Fonte: elaborazione da www.physics.harvard.edu (Harvard University, Dept. Of Physics, The King Review of low-carbon cars, part I e II, 2007 – 2008)

Tuttavia va detto che il perseguimento di una strategia orientata all'innovazione tecnologica della componentistica nel campo dei motori tradizionali a combustione interna (benzina, diesel e sistemi di alimentazione abbinati metano o gpl) non si presenta come una opportunità realistica significativa per imprese che non siano già operanti nella filiera automotive, per le seguenti ragioni:

- forte concorrenza internazionale da parte di grandi imprese già operanti nella filiera automotive;
- necessità di sviluppare relazioni di filiera consolidate per operare in co-design e co-engineering con le società automobilistiche, sia nel caso in cui si operi in qualità di fornitori di prima dotazione che nel caso in cui si decida di operare sul solo aftermarket. In entrambi i casi è comunque necessaria la piena integrazione con il veicolo e l'ottenimento delle omologazioni di legge, nonché è opportuno il riconoscimento di piena compatibilità del prodotto da parte del produttore dell'auto per evitare aspetti quali l'invalidamento della garanzia, ecc.
- Elevata rischiosità degli investimenti a causa di i) scarsa appropriabilità / facile limitabilità delle innovazioni, ii) relativa incertezza circa i tempi di obsolescenza, iii) scarsa elasticità della domanda finale nei confronti delle innovazioni marginali nella attuale fase di mercato.

³⁵ Questo dato vale per le vetture e non per gli autobus o i veicoli industriali; è inoltre riferito all'estensione dell'innovazione sull'intera produzione di una vettura di grande serie; incorpora quindi le economie produttive di una produzione su vasta scala.

Per quanto riguarda le evoluzioni tecnologiche più recenti e in una fase di sviluppo ancora iniziale, tale cioè da lasciar spazio a perfezionamenti significativi in un prossimo futuro, vi è quello delle **vetture ibride**.

Le vetture ibride a tutt'oggi proposte in commercio (salvo un caso) sono veicoli nei quali un motore elettrico è accoppiato al motore termico senza possibilità di ricarica dall'esterno né di sostituzione rapida delle batterie; presentano un costo iniziale maggiore³⁶ delle vetture tradizionali di pari cilindrata e abitabilità a fronte del vantaggio di un minor consumo³⁷.

Contrariamente alla percezione comune, non è assodato che l'efficienza energetica di queste vetture sia sempre e comunque superiore a quella delle auto tradizionali, ma solo in particolari condizioni di utilizzo. In sostanza, si ha motivo di ritenere che sull'efficienza energetica dei veicoli ibridi esista una sostanziale disinformazione generata in primo luogo dalla comunicazione commerciale delle case automobilistiche, avvallata da un regime di test prestazionali ufficiali che non rispecchia condizioni di utilizzo comuni e in parte nemmeno realistiche. Tanto i consumi che le emissioni riportate dai costruttori di auto ibride vengono calcolati su test (NEDC – New European Driving Cycle) che impegnano la vettura per un periodo limitato di tempo (circa 20 minuti), mentre su percorsi prolungati le batterie tendono a scaricarsi. Poiché l'efficienza energetica complessiva in situazione reale è funzione della quota di percorso durante il quale le batterie sono sufficientemente cariche da fornire il loro contributo alla propulsione, in concreto tanto più è lungo il percorso, tanto più bassa è il contributo relativo delle batterie³⁸. Inoltre i test vengono svolti su rulli e non su strada, quindi in condizioni di attrito e resistenza aerodinamica significativamente diversi, e su vetture che sono state private di tutti gli accessori. Infine, all'inizio del test le batterie sono a piena energia e all'inizio della loro vita, quindi in condizioni di massima efficienza, condizione che non rispecchia le condizioni effettive di utilizzo, in particolar modo per il fatto che non tutte le auto ibride attualmente in commercio possono essere ricaricate solo tramite i dispositivi interni e non mediante i c.d. sistemi "plug-in"³⁹.

³⁶ Secondo una ricerca svolta per una tesi di laurea sotto la supervisione dell'autore di questo rapporto, alle performance dichiarate dal produttore e al prezzo del carburante medio 2008 il breakeven tra una Toyota Prius e una Volkswagen Golf si pone mediamente tra 60.000 e 80.000 Km, intervallo oltre il quale l'acquirente della Prius inizia ad avere un vantaggio economico netto.

³⁷ Ad esempio, la nuova Toyota Prius presentata in questi giorni viene accreditata dalla casa produttrice di 26,5 Km con un litro, ma questo dato è stato presumibilmente ottenuto con test ENDC (European New Drive Cycle) che, come si spiega poco dopo, per questo tipo di vetture non garantisce risultati attendibili nella maggioranza delle situazioni di guida.

³⁸ Nei lunghi percorsi senza interruzioni, come tipicamente avviene sulle autostrade e sulle strade extraurbane, efficienza ed emissioni delle auto ibride sono uguali o inferiori a quelle dei veicoli tradizionali di pari dimensione, in virtù del peso e dei consumi addizionali derivanti dagli apparati aggiuntivi che garantiscono la doppia alimentazione (motore, batterie, alternatori, centraline di controllo elettronico ecc.); IGU (2005).

³⁹ Senza il sistema plug-in l'utente non può ricaricare le batterie all'inizio della giornata ma solo affidarsi alla carica ottenuta in base al percorso svolto precedentemente. Nel caso estremo di partenza a batteria scarica l'efficienza della vettura ibrida è significativamente inferiore a quella di una vettura convenzionale, per il maggior peso dell'equipaggiamento addizionale e per il fatto che il motore termico oltre ad avviare e far marciare la vettura deve anche alimentare il generatore per la ricarica delle batterie.

Tuttavia, secondo la percezione comune, infatti, le auto ibride dell'attuale generazione consumano meno delle auto a benzina o a gasolio. In realtà si tratta di una percezione che trova effettivo riscontro solo in particolari di utilizzo, che peraltro non rappresentano necessariamente la situazione di utilizzo più comune, soprattutto per ciò che riguarda il segmento di automobili che attualmente utilizzano tale tecnologia.

Le condizioni nelle quali i veicoli ibridi presentano la massima efficienza è quella di percorsi urbani brevi caratterizzati da frequenti "stop & go", durante i quali il motore elettrico entra in funzione riducendo non solo le emissioni ma anche il consumo energetico, grazie al fatto di disporre di una coppia elevata che solleva il motore termico dalla fase di maggior sforzo. Comunque, anche in questo caso il veicolo ibrido è inferiore come efficienza rispetto ad un veicolo puramente elettrico, che se opera entro gli attualmente ristretti limiti della propria autonomia ha il vantaggio di non dover alimentare un doppio sistema di propulsione e di abbattere del tutto le emissioni.

In termini di efficienza energetica quindi le ibride attualmente in commercio non sembrano presentare vantaggi determinanti, economici o ambientali, in qualsiasi condizione di utilizzo, ma si pongono, per così dire, "nel mezzo" tra le vetture tradizionali e quelle elettriche pure. Tali vetture devono in realtà il loro successo di mercato principalmente al fatto che l'acquirente tipico di questi veicoli percepisce questi prodotti come un compromesso ottimale tra la vettura tradizionale e quella elettrica. Rispetto alle prime sono più efficienti nei tragitti urbani, ma rispetto alle seconde hanno maggiore autonomia prestazioni sulla lunga percorrenza. Non è chiaro, comunque, fino a che punto le case automobilistiche, al di fuori di quelle che già hanno implementato questa soluzione, siano intenzionate ad investire per un ulteriore affinamento di questa tecnologia o non intendano, piuttosto, convertire gli sforzi verso l'auto elettrica dotata di *range extender*, di cui si dirà più avanti.

Per quanto riguarda le **auto elettriche pure**, al momento esse presentano significativi limiti di prestazioni, a causa della bassa densità energetica delle batterie oggi disponibili. Per contro, il **motore elettrico** presenta il vantaggio di essere ad "emissioni 0" nella fase *Pump to Wheel*⁴⁰ e di avere un'altissima efficienza (superiore al 90%, contro valori inferiori al 25%), sicché questa tecnologia compensa in larga parte la bassa densità energetica della fonte; per questo motivo, esso appare promettente nel breve-medio termine, in virtù dei significativi miglioramenti attesi nel campo delle batterie, anche se al momento la densità energetica delle batterie pone tuttora vincoli rilevanti allo sviluppo di veicoli competitivi sul piano delle prestazioni e dei costi con i veicoli alimentati a carburanti tradizionali. I più recenti ed evoluti

⁴⁰ In realtà la sostenibilità di filiera relativa all'uso di vetture elettriche richiede ulteriori condizioni, e più precisamente: a) ai fini della sostenibilità ambientale, che l'elettricità utilizzata per la ricarica provenga da fonti energetiche sostenibili (solare, eolico, idroelettrico), b) ai fini della sostenibilità economica, che tale elettricità rappresenti un surplus o, al più, una quota non significativa rispetto ai fabbisogni della rete. Soluzione apparentemente banali, ma efficace, sarebbero o quella di ricaricare le autovetture esclusivamente durante la notte, oppure di costruire stazioni di ricarica alimentate da pannelli fotovoltaici, che la tecnologia attuale consente di realizzare in modo relativamente economico anche per uso privato (ad esempio <http://www.primesolar.com/public/box/64200914586b.pdf>).

veicoli elettrici in commercio hanno una autonomia che non supera i 250 Km in condizioni di utilizzo ottimali⁴¹ e tempi di ricarica completa di quattro ore o più. Nell'immediato futuro (inizio 2012) sono attesi sul mercato veicoli di serie dall'autonomia leggermente superiore e comunque inferiore a quelle di qualunque city-cars, ma che potrebbero tuttavia rappresentare una opportunità strategica di risparmio nel caso flotte a percorrenza limitata e regolare, con frequente opportunità di ricarica. Come emerso da una recente indagine Deloitte, infatti, nel prossimo futuro si assisterà ad una diffusione dell'auto elettrica superiore rispetto alle previsioni e sono diverse le case che stanno presentando le loro intenzioni strategiche mettendo a punto diversi prototipi da proporre sul mercato.

A parte il caso indiano della REVA, che avrebbe già venduto 3.000 vetture elettriche e sarebbe in procinto di costruire uno stabilimento in grado di costruire 30.000 vetture elettriche all'anno, i gruppi automobilistici che al momento appaiono maggiormente impegnati in questo senso sono Renault /Nissan, Peugeot e Opel.

In particolare, Renault ha presentato una gamma di 4 veicoli in via di introduzione:

- Twizy: 15 kw di potenza massima, 75 km/h velocità massima, 100 km di autonomia;
- Kangoo: 70 kw di potenza, 130 km/h di velocità massima, 160 km di autonomia;
- Zoe: 54 kw di potenza, 140 km/h di velocità massima, 160 km di autonomia;
- Fluence: 70 kw di potenza; 160 km di autonomia e 3 sistemi di ricarica, standard, rapida e quickdrop.

L'elemento più caratterizzante l'offerta del gruppo Renault/Nissan sta nell'aver acquisito una tecnologia (di terza società) in grado di permettere la sostituzione delle batterie scariche in meno di 80 secondi, attraverso una stazione di ricarica automatizzata completamente automatizzata⁴². Questa soluzione tecnica, qualora fosse elevata a standard di riferimento, risolverebbe già nell'immediato il principale problema di performance delle auto elettriche pure, rappresentato dall'autonomia operativa. In questo senso la Renault ha attivato un gran numero di accordi con enti locali e di governo urbano per l'installazione di tali stazioni di ricarica, che verrebbero realizzate a carico della casa francese a fronte dell'impegno a stabilire dei criteri di limitazione del traffico per le auto non "zero-emissioni". Come si comprende, attraverso l'impegno ad una politica fortemente restrittiva in questo senso costituisce un incentivo indiretto all'adozione della tecnologia in questione.

Allo stesso modo e favorendo delle sinergie di gruppo, Nissan ha stilato un programma "Zero Emissioni" (ZE), formando nuove alleanze e partnership con governi e organizzazioni dirigenti; come il progetto "Cube" su iniziativa del governo portoghese che intende offrire importanti incentivi per ogni auto elettrica acquistata. Il governo portoghese, si impegna ad aumentare il numero di auto elettriche della flotta pubblica del 20% entro il 2011, a creare

⁴¹ In particolare l'uso della climatizzazione rappresenta un grosso problema per l'autonomia delle batterie; nei propulsori termici a tale scopo si utilizza il calore disperso.

⁴² www.betterplace.com.

1150 stazioni plug-in a Porto e a Lisbona entro il 2011 e installare centinaia di stazioni per la ricarica in tutto il paese. L'obiettivo del progetto "Cube" è quello di lanciare entro la primavera 2011 un veicolo con un'autonomia di circa 160 Km e un costo di caricamento della batteria stimato in circa 1 euro per ogni 100 Km di percorrenza, inoltre, la possibilità di una doppia modalità di ricarica della batteria. Analoghe iniziative stanno sorgendo in numerose città europee.

Peugeot invece, grazie alla collaborazione con Mitsubishi, permette di prenotare già da ora "iOn" un'auto elettrica che si ricarica in soli 30 minuti fino all'80% della capacità delle sue batterie agli ioni di Litio sarà disponibile entro fine 2010.

Una ulteriore collaborazione è quella nata tra Smart ed Enel con l'obiettivo di sperimentare sia l'auto elettrica che la modalità di rifornimento. Il modello "Ampera" è un ibrido dotato di *range extender* (vedi poi) che tramite una doppia alimentazione consente 500 Km di autonomia dei quali almeno 60 percorsi con il solo motore elettrico.

A parte questi progetti, tuttavia, quasi tutti i principali produttori mondiali hanno presentato prototipi di auto elettriche. Esiste, inoltre, un gran numero di produttori locali e/o officine di conversione di veicoli elettrici sul territorio italiano così come all'estero, in particolare negli Stati Uniti dove la conversione di vecchie auto a vetture elettriche è un hobby piuttosto diffuso che alimenta un variegato mercato di kit di conversione "fai-da-te".

Circa i costi di gestione di un'auto elettrica, va detto tuttavia che è fuorviante ed inesatto il luogo comune (che anche in questo caso trova terreno fertile in una comunicazione poco trasparente delle case produttrici) secondo il quale "si fa il pieno con un euro", ad indicare in modo iperbolico un costo al chilometro che da alcune fonti viene stimato essere tra un ottavo e un decimo rispetto a quello di una utilitaria a benzina. Occorre infatti valutare anche il costo di sostituzione delle batterie alla fine della loro vita utile, costo tanto più elevato quanto più performante è la vettura e quanto più evoluta è la tecnologia utilizzata per le batterie.

Per questo motivo, nel breve termine la diffusione di auto elettriche pure al di fuori di una nicchia particolare (flotte urbane, quadricicli o micro-car) è alquanto improbabile. Lo scenario potrebbe cambiare a fronte diverse traiettorie di sviluppo tecnologico e commerciale che al momento risultano in fase di studio e che tuttavia presentano significative difficoltà, tecniche, organizzative e di marketing; si segnalano in particolare:

- *la creazione di una rete di stazioni per il cambio rapido del set di batterie (invece della ricarica delle stesse)*. Questa soluzione non estende l'autonomia dell'auto in sé, ma avrebbe il duplice vantaggio di permettere di "fare il pieno" in un tempo comparabile con quello del pieno tradizionale⁴³ e di trasformare il costo iniziale di acquisto delle batterie in un canone di noleggio o di abbonamento. Gli ostacoli all'industrializzazione di questa soluzione sono molti; tra quelli che appaiono più problematici: a) la definizione di standard per

⁴³Secondo fonti di stampa questa sarebbe anche la soluzione a cui sta lavorando il gruppo Pininfarina-Bolloré per la vettura elettrica inizialmente annunciata per 2010 ma che si pensa possa slittare a fine 2011; si tratta inoltre di soluzioni sulle quali sono anche nate venture companies (<http://www.betterplace.com>) http://www.youtube.com/watch?v=9Bfz_x9e2Fo

le batterie e per gli apparati per l'alloggiamento e la connessione del set di batterie alla vettura, cosa che costituisce un forte vincolo progettuale e stilistico; b) la definizione di standard per i parametri tecnici degli impianti elettrici delle vetture; c) la costruzione di una rete di stazioni di ricarica equipaggiate con spazi e strutture per la ricarica e lo stoccaggio di una dotazione minima di set sempre carichi.

- *lo sviluppo di auto elettriche con "range extender"*; una ulteriore area tecnicamente promettente, anche se di fatto presenta elevate barriere tecnologiche e di investimento, è quella dello sviluppo di automobili elettriche dotate di *range extender*. Si tratta, in sostanza, di una soluzione fino ad ora sviluppata solo in via sperimentale su prototipi, per la quale un motore a combustione interna (ad esempio a metano) viene accoppiato ad un generatore di elettricità che alimenta le batterie, le quali a loro volta alimentano uno o più motori elettrici. In questo modo il veicolo ha di fatto le prestazioni di un veicolo elettrico la cui autonomia è incrementata dalla ricarica garantita dal motore a combustione, che essendo disaccoppiato dal sistema di trazione potrebbe essere opportunamente tarato su un regime che ottimizza consumi ed emissioni in funzione dell'energia richiesta e/o del livello di carica delle batterie. Com'è evidente, questa soluzione ha lo svantaggio di comportare emissioni "non-zero" (ma comunque molto inferiori a quelle di un'auto tradizionale) e di un equipaggiamento addizionale, che tuttavia è molto più contenuto rispetto a quello delle auto ibride poiché il motore termico è autonomo rispetto alla trasmissione e, al limite, il suo funzionamento può anche essere reso totalmente automatico e svincolato dalle azioni del guidatore.

4.2. Opportunità strategiche relativamente all'utilizzo e alle tecnologie inerenti ai veicoli elettrici.

Per l'utilizzo esclusivo su brevi percorsi urbani le auto elettriche "pure" commercializzate fino ad ora sono alternativa tecnicamente perseguibili ma non convenienti sul piano economico⁴⁴, in particolare se confrontate con le soluzioni a metano, naturalmente tralasciando di considerare le esternalità ambientali e di immagine legate al fatto che si tratta di auto ad "emissioni 0".

Tuttavia, va detto che:

a) fino ad ora non sono ancora stati commercializzati su larga scala veicoli alimentati da batterie di ultima generazione e, soprattutto, progettati ed ingegnerizzati specificatamente come auto elettriche, trattandosi invece di adattamenti di vetture tradizionali;

b) i progressi nella realizzazione di set di batterie ad alta densità energetica sono rapidi più di quanto si potesse supporre solo un anno fa,

⁴⁴ Ad esempio, prendendo a riferimento la Fiat Panda 1.2 e confrontandola con la Panda elettrica, prodotta tra il 2006 e il 2008, a prezzi medi del carburante 2008, il differenziale di costo per 100 Km è pari a circa 6,8 € per la versione a benzina e 4,3 € per la versione a metano, a fronte di un costo addizionale d'acquisto rispettivamente di circa 13.000 e 11.500 euro. Il maggior costo addizionale della vettura elettrica rispetto alle versioni a benzina e a metano verrebbe quindi ammortizzato rispettivamente dopo circa 192.000 e 267.000 Km.

soprattutto in virtù dei massicci investimenti che si stanno realizzando in questo settore.

La diffusione delle nuove batterie e di veicoli a progettazione dedicata potrebbe da un lato ridurre significativamente il costo di acquisto di tali vetture, dall'altro aumentarne le performance oltre la soglia critica di "accettabilità" da parte della domanda⁴⁵ di massa e aumentarne quindi la diffusione. A fronte dell'elevata elasticità della domanda rispetto al prezzo, occorre superare la soglia critica oltre la quale si attiva il circolo virtuoso che lega aumento delle vendite, riduzione dei costi di produzione e ulteriore aumento della domanda, ovvero il circolo virtuoso tipico dei settori che passano dalla fase di introduzione e sviluppo a quella della produzione di larga scala. Quando ciò si verificherà⁴⁶ si apriranno due linee di opportunità. La prima, più ovvia, inerente all'utilizzo di flotte elettriche per i casi in cui le condizioni di utilizzo rientrano nell'autonomia operative dei nuovi veicoli; la seconda, legata al fatto che inizierà a svilupparsi parallelamente l'indotto correlato al nuovo settore, che è ragionevole ritenere essere costituito da adattamenti al nuovo utilizzo di tecnologie già esistenti, come tipicamente le colonnine di ricarica alimentate da pannelli solari, set per la sostituzione delle batterie e la modifica dei veicoli, ecc.

In entrambi i casi l'area tecnologica specifica potrebbe essere, oltre ovviamente a quella dei motori elettrici per automobile e delle batterie, quella dei freni rigenerativi e dei sistemi per il recupero dell'energia cinetica, comparto attualmente ancora prevalentemente in fase di sperimentazione e sviluppo e nel quale è ragionevole supporre che vi sia maggiore spazio per piccole e medie imprese innovative di quanto non ve ne sia in altre aree tecnologiche più consolidate.

Infine, non bisogna dimenticare il ruolo di immagine, ma anche commerciale, seppure di nicchia, che può avere l'uso ludico delle vetture elettriche, in particolare collegato ad attività turistiche e che potrebbe essere alimentato dalla elevata presenza di attività produttive nel campo della meccanica. In vari paesi infatti esistono esempi di nicchie amatoriali che, opportunamente sostenute con iniziative promozionali ed eventi, potrebbero dar adito a opportunità commerciali interessanti che potrebbero riguardare sia kit che vetture modificate, nonché all'organizzazione di eventi sportivi abbinati a finalità didattico-sperimentali in collaborazione con studenti e docenti di istituti tecnici e università, come avviene ad esempio per le auto a motore

⁴⁵ Al momento è opinione comune che la soglia di accettabilità per la diffusione su ampia scala di una vettura elettrica "pura" (cioè a trazione elettrica, eventualmente con range extender ma non "ibrida") si ponga per una autonomia di almeno 250 Km, una velocità massima non inferiore a 130 Km/h e un prezzo di ingresso tra 11 e 14.000 euro. Queste performance, che pure restringerebbero l'auto elettrica ad un ristrettissimo segmento di mercato, non sono ancora alla portata delle vetture esistenti in commercio, con la sola eccezione della REVA, che dichiara prestazioni di questo tipo ma che tuttavia non risulta omologata in Europa.

⁴⁶ Il 2015 è l'anno più frequentemente indicato per l'ingresso sul mercato dell'elettrico puro da parte di numerose case europee e giapponesi. Al momento le previsioni indicano per il 2015 una quota del 10% delle immatricolazioni per le auto elettriche e del 10-15% per le ibride (vedi ad es.:

<http://www.ilsole24ore.com/art/SoleOnLine4/dossier/Economia%20e%20Lavoro/risparmio-energetico/frontiere/auto-elettrica-anie-ania-confindustria.shtml?uuid=5f838ca6-3a57-11de-9c13-4b43299f2f2f&DocRulesView=Libero&fromSearch>)

convenzionale con la “formula student”⁴⁷. Eventi di questo tipo potrebbero anche avere funzione di richiamo turistico ed essere avviati a crescita progressiva nel tempo, diventando appuntamenti regolari.

Opportunità strategiche relativamente all’investimento in veicoli elettrici e relativa componentistica.

Grado di competizione: Medio

Investimenti necessari: Elevati

Rischio di insuccesso: Elevato

Orizzonte temporale: 5 anni o più

*Fattori critici: progettazione componenti modulari ready-to-assemble, qualità della ricerca, promozione immagine, costruzione di partnership con produttori di batterie e aziende meccaniche. Nel caso della nicchia “amanti vetture elettriche”, partnership con aziende ad immagine sportiva (ad es. **OZ racing**)*

Punti di forza:

- Competenze meccaniche e su motori elettrici già diffuse sul territorio e in prossimità dello stesso
- Possibilità abbinamento ad attività ludico-turistiche
- Rifornimento da rete domestica (plug-in)
- Emissioni zero

Opportunità

- domanda prevista in crescita
- sinergie con tecnologie avanzate, energie rinnovabili e prodotti innovative (es.: pensiline solari)
- incentivi governativi
- sinergie con enti locali, gestori flotte urbane
- domanda elitaria / di nicchia
- attrattività turismo sportive / amatoriale

Punti di debolezza

- elevati investimenti iniziali
- performance delle vetture limitate
- rete assistenza a ricambio
- costo delle batterie

Minacce

- relazioni di filiera, collo di bottiglia sulle batterie
- concorrenza globale da parte di colossi industriali (automakers)

5. Modalità d’uso dei veicoli

5.1. Educazione alla guida efficiente

Le modalità di utilizzo dei veicoli e lo stile di guida possono comportare risparmi molto importanti. A sottolineare l’importanza di questo aspetto ai fini del risparmio energetico, lo scorso 31 luglio 2008 il Ministero dello Sviluppo Economico ha promulgato una “Guida al risparmio di carburante ed alle emissioni di CO2 delle autovetture”, nella quale si riportano, tra le altre cose, indicazioni di stile di guida che possono garantire un risparmio di carburante

⁴⁷ www.formulastudent.com; in germania la versione per auto elettriche della formula student raccoglie sempre più adesioni: <http://www.formulastudentelectric.de/>

compreso tra il 10 e il 15%⁴⁸. Dalle indicazioni sintetiche di questo rapporto si evincono, tra l'altro, una serie di considerazioni su come le azioni di sensibilizzazione in merito alle modalità di utilizzo dei mezzi privati da un lato, la creazione di condizioni per una riduzione di mezzi privati e il loro utilizzo più efficiente, può già da sola dare risultati molto importanti sul piano dell'efficienza energetica, permettendo vantaggi di costo in particolare ai gestori di flotte private.

Non si tratta, tuttavia, di un aspetto che presenti particolari opportunità strategiche ma piuttosto rientra nell'ambito delle iniziative "a costo zero" che possono comunque comportare un risparmio per l'Ente che le adotta.

5.2. Interventi sulle infrastrutture e sui flussi logistici

In precedenza si è fatto cenno alla possibilità di realizzare infrastrutture per la distribuzione di metano e per il rifornimento di vetture elettriche. Tutto ciò, chiaramente con riferimento al traffico veicolare incidente sul territorio. Una questione altrettanto rilevante riguarda invece la realizzazione di infrastrutture e altre eventuali azioni che permettano da un lato di ottimizzare i flussi logistici delle imprese, dall'altro di migliorare e focalizzare il trasporto pubblico sulle tratte che permettono potenzialmente la maggiore riduzione marginale di utilizzo del mezzo privato. Quale sia la portata dei vantaggi ottenibili dipende da caso a caso e dalla condizione specifica di ciascun territorio. Si possono fornire una serie di indicazioni generali relativamente alle macro-aree di miglioramento di cui tener conto nelle analisi focalizzate, che poi costituiscono anche le opportunità strategiche di area:

Per la logistica merci:

- incentivi alla "filiera corta" e promozione di immagine per le attività commerciali che si approvvigionano di prodotti disponibili localmente, con un vantaggio per le aree a vocazione turistica ove sia presente una valenza enogastronomica e di sostenibilità della produzione locale di qualità;
- incentivi e strutture per la saturazione dei vettori stradali e al coordinamento inter-imprese, ad esempio potenziando lo scambio di capacità di carico tra operatori logistici anche mediante piattaforme web dedicate e convenzioni di tariffe, e/o incentivando la gestione in outsourcing delle consegne;
- vincoli alla localizzazione delle nuove imprese entro aree specificatamente dedicate allo sviluppo industriale e separate da aree residenziali, di pregio naturalistico o anche solo interessate da flussi turistici, al fine da un lato di salvaguardare il territorio, dall'altro di favorire la concentrazione dei flussi

⁴⁸ Tali indicazioni sono piuttosto note e consistono in: 1) Accelerare con dolcezza, 2) Inserire al più presto la marcia superiore, 3) Mantenere una velocità moderata e il più possibile uniforme, 4) Guidare in modo attento e morbido evitando brusche frenate e cambi di marcia inutili, 5) Spegner il motore quando si può, 6) Cambiare l'olio al momento giusto e smaltirlo correttamente, 7) Mantenere gli pneumatici in pressione, 8) Rimuovere porta-sci o portapacchi subito dopo l'uso e trasportare solo gli oggetti indispensabili, 9) Utilizzare i dispositivi elettrici solo per il tempo necessario. *Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico*

logistici e creare i presupposti per una più agevole focalizzazione / razionalizzazione dei trasporti sia per le merci che per le persone⁴⁹;

- realizzazione di infrastrutture logistiche, in particolare piattaforme intermodali, in prossimità dei poli produttivi al fine di minimizzare i tragitti su ruota e favorire il rapido interscambio con nave e rotaia;
- politiche “no-transit” su modello austriaco, ovvero penalizzazione / disincentivo / deviazione su altre tratte e/o su vettori non stradali dei carichi merci in transito che non abbiano partenza o destinazione sul territorio, con eventuale deroga per i veicoli a metano.

Per la mobilità individuale:

- educazione alla guida efficiente;
- coordinamento informativo e segnaletica “intelligente” per migliorare la fluidità del traffico e incentivare l’utilizzo dei mezzi pubblici (“*mobility management*”);
- incentivi per la fruizione del mezzo pubblico da parte dei residenti, con particolare riferimento alle tratte di pendolari, anche mediante accordi con enti e imprese localizzate in prossimità reciproca;
- interventi sulla viabilità: realizzazione di percorsi pedonali e piste ciclabili, estensione dei limiti di velocità, carreggiate ridotte, dissuasori di traffico, installazione capillare di parcheggi di bici a noleggio sul modello di altre città europee (ad es. Parigi), restrizioni al traffico;
- vincoli alla mobilità individuale turistica abbinata ad iniziative di noleggio biciclette, car-sharing con vetture elettriche o comunque con mezzi a noleggio di tipo ludico, per stimolarne l’utilizzo;
- riprogettazione del servizio pubblico: analisi sistematica dei percorsi in relazione ai flussi di utilizzatori, alla frequenza e ai percorsi; incremento focalizzato della frequenza e della lunghezza dei percorsi, anche asimmetrica su scala settimanale, giornaliera e oraria. Valutazione della possibilità di implementare soluzioni del tipo *bus on demand*, e percorsi *stop on demand* nelle ore notturne; tariffazioni differenziate per fasce di accesso ai servizi.
- Riprogettazione urbanistica: creazione di interi quartieri e aree totalmente pedonalizzate e/o con transito riservato esclusivamente a mezzi pubblici e privati ad emissioni zero. Se progettate con cura e opportunamente gestite sul piano della comunicazione istituzionale, anziché essere percepite come penalizzazioni iniziative di questo tipo possono conferire carattere di elitarietà / esclusività alle aree interessate, elevando il valore degli immobili (in

⁴⁹ A titolo di esempio si pensi allo sviluppo urbano della regione Veneto: “Lo sviluppo insediativo Veneto - residenziale e produttivo - degli ultimi due decenni è avvenuto con una forte spontaneità localizzativa che ha preceduto in molti casi la dotazione infrastrutturale su cui si basa la mobilità interna della Regione” (Regione Veneto, 2004). Il tentativo di rispondere a questa situazione attraverso sistemi logistici “diffusi a bassa intensità”, a parere di chi scrive, è strutturalmente destinato ad essere fonte di svantaggio competitivo rispetto ai sistemi industriali organizzati secondo una visione sistematica dei nuovi insediamenti. Con specifico riferimento alla logistica merci, lo stesso concetto è ripreso in forma diversa, sempre dal documento regionale, dove si afferma: “La rete logistica regionale deve partire dall’interpretazione del soddisfacimento delle esigenze del sistema produttivo. Pertanto, invece di prevedere insediamenti di servizi, come ad esempio gli interporti, finalizzati prevalentemente al riordino del territorio, è necessario focalizzare l’attenzione sulle imprese esistenti, segmentando il territorio per aree produttive omogenee”. Si ribadisce che lo scrivente ritiene tale approccio è fonte di svantaggi competitivi strutturali destinati a perdurare nel lungo periodo.

particolar modo se si tratta di zone turistiche), aumentando significativamente la qualità della vita e incentivando l'acquisto di veicoli elettrici;

- analisi sistematica ed eventuale realizzazione delle complementarità di trasporto, in particolare vie d'acqua e mezzi su rotaia.

6. Conclusioni

A conclusione di questo articolo si ritiene di sintetizzare i principali risultati emersi dall'indagine elencando le opportunità generali di intervento finalizzate a migliorare l'efficienza energetica dei trasporti su strada, siano esse opportunità di tipo tecnologico, di sviluppo di processi e prodotti da parte di imprese o di aree di intervento per le policies.

Tali possibili interventi sono stati classificati in base agli aspetti a nostro parere più rilevanti ai fini delle possibilità di effettiva realizzazione ed efficacia dell'intervento, ovvero: a) il tipo e l'entità dell'investimento richiesto e b) il grado di coordinamento.

A questo scopo è stata concepita una matrice (qui chiamata "investimento/coordinamento") che utilizza due macro-classi di categorie per definire appunto lo "sforzo" di investimento e lo "sforzo" di coordinamento, dentro la quale sono rappresentate le possibili aree di intervento.

Tale matrice si compone quindi di due dimensioni; sull'asse delle ascisse è rappresentato lo "sforzo" di investimento, classificato in modo discreto e qualitativo come segue:

- Al primo livello si opera una **razionalizzazione a costo minimo**: eliminazione degli sprechi con interventi dal minimo impatto organizzativo e a molto ridotti, ad esempio tramite orientamento dei comportamenti individuali, utilizzo e riallocazione di risorse interne, miglioramenti tecnologici marginali.
- Al secondo livello si attua un **investimento migliorativo**: aumento della efficienza sulle strutture esistenti mediante uso di risorse esterne ma con procedure e tecnologie consolidate. *Installazione di elementi più efficienti*,
- Il terzo livello consiste in un **investimento innovativo**: adozione di nuove procedure, regolamenti e tecnologie già sperimentate ma innovative per l'impresa o l'ente di riferimento per quanto riguarda l'impatto sulle strutture, sulle persone e sulle unità organizzative, sia su quelle esistenti che su quelle nuove.
- Al quarto livello si parla di **orientamento innovativo**: ricerca e sviluppo con sperimentazione / prototipazione di nuove procedure e/o nuove tecnologie.
- Il quinto livello comporta un **approccio sistemico**: sono ridefinite le relazioni interne ed esterne dell'impresa o dell'ente (di fornitura, di erogazione, di vendita) in funzione del loro grado di efficienza, così come vengono ridefiniti i requisiti di comportamento del pubblico
- Infine si giunge ad una **approccio strategico**: il livello e il tipo di servizio, le aree di business (o di competenza) e del posizionamento competitivo in settori coerenti con una tensione alla massima efficienza energetica.

Per quanto riguarda i livelli di intervento, questi richiedono un diverso sforzo di coordinamento a seconda dell'ampiezza dell'area coinvolta; si

possono in tal senso avere numerose classificazioni ma con riferimento ad una impresa o un ente generico si possono individuare i seguenti livelli:

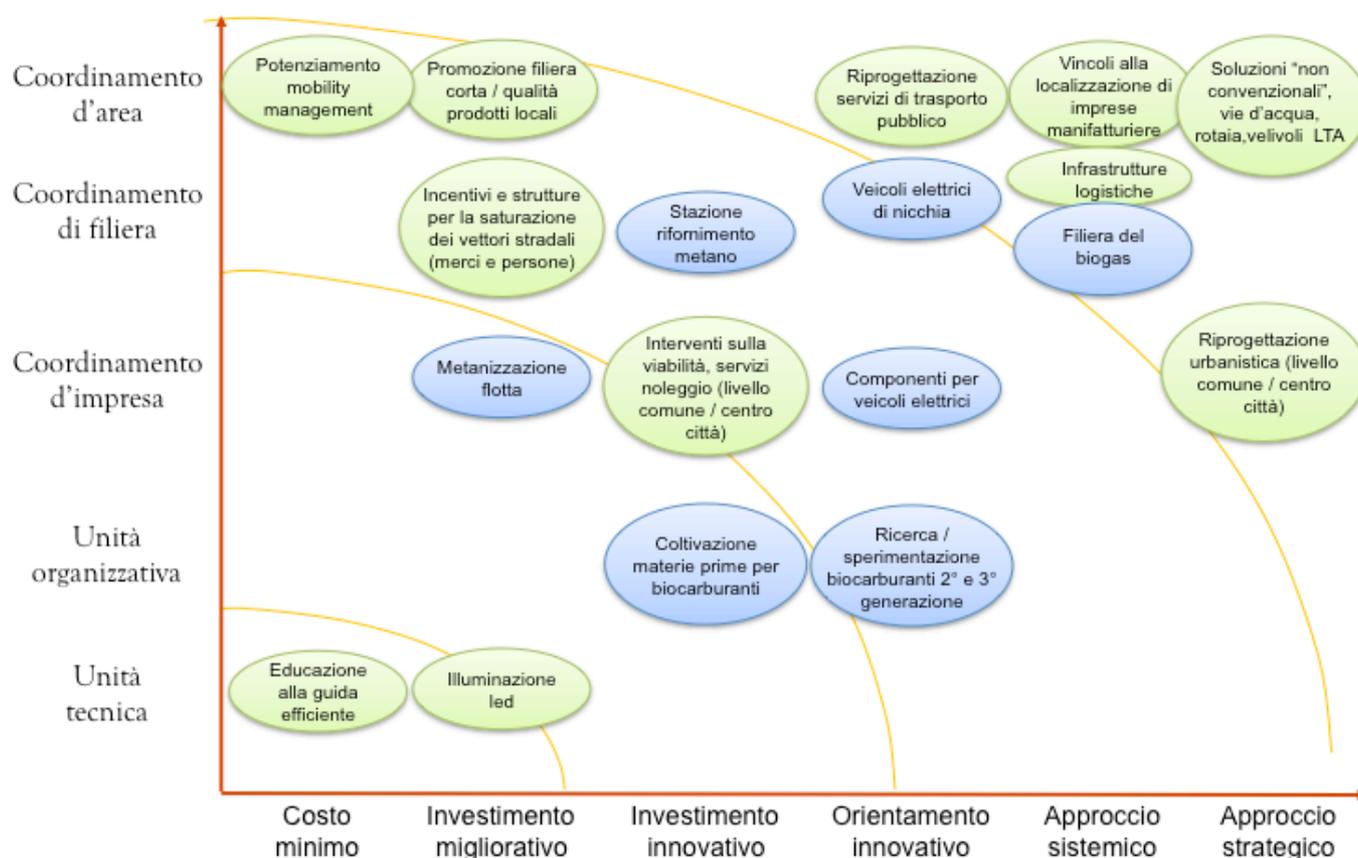
1. Coordinamento unità tecnica od organizzativa (impianto, ufficio...);
2. Coordinamento inter-unità (funzione, divisione, reparto);
3. Coordinamento d'impresa (process re-engineering trasversale e diffuso);
4. Coordinamento di filiera (impresa, fornitori e clienti);
5. Coordinamento di area (enti locali, istituzioni e imprese);

Classificare le diverse possibili opzioni in base ad una matrice che nasce dall'incrocio di quelle dimensioni ha più di uno scopo:

- Definire una progettazione formalizzata, o comunque una riflessione fondata su aspetti chiaramente definiti circa l'effettiva applicabilità delle misure e delle azioni in funzione degli sforzi organizzativi, relazionali e tecnico-finanziari richiesti.
- Individuazione i responsabili di processo, gli interlocutori e anche semplicemente le persone coinvolte per ciascuna azione definita nel piano d'azione.
- Identificare dei percorsi privilegiati o prioritari per il miglioramento progressivo dell'efficienza.

La figura 10 riassume alcune delle possibili alternative d'azione secondo questo schema.

Figura 10: Matrice investimenti / coordinamento per le opzioni proposte



Fonti e riferimenti bibliografici:

- ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (2007), *Evaluation of Energy Efficiency in the EU-15: Indicators and Measures*, ADEME Editions, Paris.
- Ahman M. (2001), Primary energy efficiency of alternative powertrains in vehicles, *Energy*, 26 (11), p. 973-989.
- Banister D., (2008) “The sustainable mobility paradigm”, *Transport Policy*, 15, pp. 73–80.
- Caracciolo F (2008) “L'auto: uno sguardo al futuro”, intervento a seminario a Venezia, 16 ottobre 2008.
- Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M., 2000. *Sharing Nature's Interest. Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability*. Earthscan, London.
- CSST (2001), *Metano e qualità dell'aria nel sistema della mobilità*, Torino.
- CNR (2007), *Benefici ambientali del metano per autotrazione* (research report).
- ENEA (2006), *Energy Efficiency Policies and Measures in Italy*, www.enea.it.
- E-On - Bioerdgas, 2008, *Bio natural gas production, transportation and utilization*, IGRC 9 ottobre 2008, Parigi.
- Evans R.J. (2008), *Hybrid Natural gas and Renewable Energy System and the Transition to the Hydrogen Economy*, National Renewable Energy Laboratory, International Gas Union Research Conference, Paris.
- FAIB – Confesercenti (2007), *Dossier. La rete di distribuzione carburanti italiana ed europea a raffronto* (6 giugno 2007).
- FAO (2008), *The State of Food and Agriculture. Biofuels: Prospects, risks and opportunities*, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gas Research Institute (1987), *Environmental benefits of CNG-fueled vehicles – Topical Report*, GRI, Chicago.
- Econometrica (2009), *Libro bianco sul metano per autotrazione 2009*, Camera dei deputati, Roma, 30 settembre.
- Edgar G. Hertwich E.G., Zhang X. (2009) “Concentrating-Solar Biomass Gasification Process for a 3rd Generation Biofuel”, *Environmental Science & Technology*, 43 (11), pp 4207–4212.
- Golden E. (2009), *Achieving Sustainable Mobility*, Ashgate, Burlington.
- Holden E., K.G. Høyer (2005) “The ecological footprints of fuels”, *Transportation Research - Part D*, 10, pp. 395–403.
- Intelligent Energy – EU (2008), *Biofuels Handbook. Best Practices, Tools and Pilot Projects*.
- International Gas Union - IGU, (2005), *Global Opportunities for Natural Gas as a Transportation Fuel for Today and Tomorrow*.

-
- Liew C.J., Liew C.K. (1995), “The Use of compressed natural gas (CNG) in motor vehicles and its effect on employment and air quality”, *The Annals of Regional Science*, 29, pp.315-334.
- Morini M., Pinelli M., “Possibilità per produzioni agricole marginali, residui agricoli ed industriali, rifiuti”, presentazione Portomaggiore, 17 febbraio 2009 UTEF.
- NGVA Europe (2009), *CNG trucks in urban garbage collection. The successful case of FCC*.
- Nieuwenhuis P., Vergragt P., Wells P. (2006), *The Business of Sustainable Mobility From Vision to Reality*, Greenleaf pub., Sheffield.
- P. Nijkamp (1993), “Roads Towards Environmentally Sustainable Transport”, *Research Memorandum*, <http://hdl.handle.net/1871/12459>.
- Nomisma Energia (2008), *I biocarburanti in Italia – Opportunità e costi*, Unione Petrolifera, Roma.
- NREL Energy Lab.1998, An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles, <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/nprbf/pdfs/24772.pdf>.
- Pignatelli V. (2007), “Presente e futuro dei bio-carburanti in Italia”, presentazione al convegno *Bioetanolo dalla produzione all'utilizzo Analisi e discussione delle potenzialità*, Padova, 20 aprile 2007.
- Rajagopal D., Sexton S.E., Roland-Host D., Zilberman D. (2007), “Challenge of biofuel: filling the tank without empty stomach?”, *Environmental Research Letters*, n.2, 30 november.
- Regione Veneto (2004) “Piano Regionale dei Trasporti del Veneto”, rapporto finale.
- Senauer B. (2008), “Food Market Effects of a Global Resource Shift Towards bioenergy”, *American Journal of Agricultural Economics*, 90 (5), pp.1226-1232.
- Sperling D., Gordon D. (2009), *Two Billion Cars. Driving Toward Sustainability*, Oxford Un. Press, Oxford.
- UE - COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE (2007), “Relazione sui progressi compiuti nell'uso dei biocarburanti e di altri combustibili provenienti da fonti rinnovabili negli Stati membri dell'Unione europea “, Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo, Bruxelles, 10.1.2007,
- United Nations (2003), *Blue corridor project on the use of natural gas as a motor fuel in international freight and passenger traffic*, New York.
- Volpato G., Stocchetti A. (2010), “In quest for a sustainable motorisation: the CNG opportunity”, *International Journal Of Automotive Technology And Management*, 10 (1), pp. 13-36.