

Trasporti stradali elettrici? Meglio elettrificati.

*Original*

Trasporti stradali elettrici? Meglio elettrificati / Dalla Chiara, B.. - ELETTRONICO. - Muoversi - Energie e tecnologie per il futuro – Trimestrale di Unione Energie per la Mobilità:1(2021), pp. 15-19.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2957533 since: 2022-03-08T18:44:45Z

*Publisher:*

UNEM - Unione Energie per la Mobilità

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



**Bruno Dalla Chiara**  
Politecnico di Torino,  
Dip. DIATI – Trasporti

## TRASPORTI STRADALI ELETTRICI? MEGLIO ELETRIFICATI

*di Bruno Dalla Chiara*

In un'analisi razionale e per quanto possibile completa nei criteri di giudizio, quale può essere la fonte energetica, con connessa motorizzazione, più adatta da impiegare per i veicoli stradali leggeri da qui al 2030 ed al 2050? Un quesito che sorge spontaneo è se la diffusa de-carbonizzazione dei trasporti, così auspicata a livello europeo, sia accoppiabile con le motorizzazioni preesistenti, a benzina o gasolio, oppure se occorra ricorrere a veicoli elettrici o, ancora, alle varie forme di powertrain ibridi intermedie tra motori tradizionali e motori elettrici.

Mettendo insieme tutti i possibili fattori che influenzano le scelte, così come analizzato per diversi mesi (2019-2020) da RIE per conto di Unio-

ne Petrolifera, poi unem, con il supporto dell'Ing. Andrea Rosa e dell'autore del presente articolo, il veicolo solo elettrico non riesce mai ad emergere nella comparazione con le alternative esistenti ed attese, né al 2030 né al 2050 (tab. 1 e 2): esso ha, dalla sua parte, l'abbattimento delle emissioni locali, l'alta efficienza del motore elettrico ed il recupero energetico in frenatura, ma vari elementi lo zavorrano: dal tempo per la ricarica delle batterie, alla non trasportabilità del vettore energetico; dall'accessibilità alla ricarica, all'autonomia effettiva del veicolo tenendo conto sia di temperature rigide sia di quelle estive elevate, nonché del condizionamento richiesto all'abitacolo; dalla necessità di un sup-

**Mettendo insieme tutti i possibili fattori che influenzano le scelte e analizzando vantaggi e limiti, il veicolo solo elettrico non riesce mai ad emergere nella comparazione con le alternative esistenti ed attese, né al 2030 né al 2050**

porto esterno professionale in caso di esaurimento della batteria, all'analisi sul ciclo di vita e sul consumo energetico complessivo (WTW); dalla bassa densità energetica esistente ed attesa al 2030 nelle batterie, al conseguente handicap connesso alle alte masse da trasportare per il solo vettore energetico; dalla mancanza di economie di scala globali nella produzione, manutenzione e nelle competenze, fino ai costi dell'energia, non più tanto o non del tutto competitivi - così come accade invece nella ricarica lenta - nel caso di ricariche rapide e veloci su colonnine accessibili al pubblico. Peraltro, la scalabilità del mercato deve fare i conti con le code per la ricarica, a meno di non pagare con lo "spazio" (quindi maggiori impianti elettrici e colonne di ricarica), il minore "tempo" che un'azione non rapida come un riversamento di un liquido implica. In caso d'incidente, alcune case prevedono la sostituzione della batteria,

**Tab. 1 Ordine di surclassamento al 2030 (scenario base)**

1	HEV serie/parallelo (trazione mista con motore elettrico e MCI) - benzina/gasolio (miscele con quote bio)
2	MCI (motore evoluti, da Euro 6 in avanti) - benzina/gasolio (miscela con quote bio)
3	MCI - Biodiesel (incluso HVO) / bioetanolo (preponderante la quota bio sino al 100% dove possibile)
4	MCI - Biometano (preponderante la quota bio sino al 100%)
5	PHEV (trazione mista con motore elettrico e MCI) - benzina/gasolio (miscele con quote bio)
6	[MCI - e-fuels]
7	MCI - GNC (miscela con quote di biometano)
8	MCI - GPL (eventualmente miscele con bio-GPL)
9	BEV
10	FCEV

Tab. 2 Ordine di surclassamento al 2050 (scenario base)	
1	HEV serie/parallelo (trazione mista con motore elettrico e MCI) - carburanti low carbon
2	PHEV (trazione mista con motore elettrico e MCI) - carburanti low carbon
3	MCI - Biometano (preponderante la quota bio sino al 100%) [MCI - GNC (miscela con quote di biometano)]
4	MCI - Biodiesel (incluso HVO) / bioetanolo (preponderante la quota bio sino al 100% dove possibile)
5	MCI - e-fuels
6	[MCI (motore evoluti, da Euro 6 in avanti) - benzina/gasolio (miscela con quote bio)]
7	[MCI - GPL (eventuale miscela con bio-GPL)]
8	BEV
9	FCEV

per sopravvenuti rischi: un costo non marginale. Allora perché non prendere quello che c'è di buono della trazione elettrica per affiancarla - in forma debole (mild hybrid) o completa (veicoli ibridi plug-in, vale a dire a ricarica), in relazione ad usi e impieghi - ad un motore termico di nuova generazione, con tutti i suoi punti di forza consolidati e raffinati in oltre un secolo? Risulta così più opportuno e corretto parlare di elettrificazione e non di elettrico, adatto ad alcune applicazioni. In tal modo vengono egregiamente affrontati sia i vincoli della Direttiva europea

sull'inquinamento locale (n. 50/2008<sup>1</sup>) sia quelli relativi alle emissioni locali del parco di autoveicoli delle case automobilistiche, valutando l'impiego effettivo del veicolo sul ciclo di guida. Nel periodo di ammortamento dei nuovi impianti di produzione di autoveicoli, evoluzione di quelli tradizionali nonché ibridi, si potrà anche pensare agli e-fuel e nel caso all'idrogeno; per i mezzi più pesanti - condotti e gestiti di regola da professionisti - l'opzione immediata del gas naturale, nella sua forma compressa o liquefatta in funzione del tipo di impiego, si af-

fianca a quella del gasolio.

**Perché capire quali motorizzazioni sono più adatte: il metodo utilizzato**

L'analisi multicriteri (AMC), ben condotta, punta a rendere razionale, completa, ed esaustiva una valutazione comparativa tra alternative, cercando di ricondurre le enfattizzazioni eccessive, talvolta ossessive, ad un giusto equilibrio con il mondo che ci circonda, nella sua interezza. Nel caso specifico ci si è interrogati sul futuro della propulsione e trazione degli autoveicoli leggeri, considerando tutte le varie alternative, comprese quella elettrica e quelle dell'elettificazione, attraverso varie forme di ibridizzazione. L'analisi multicriteri è di fatto una metodologia - con diverse varianti - che consente di valutare i diversi aspetti di alternative, aspetti non solo economici ma anche sociali, ambientali e territoriali, utilizzando per ognuno di essi un appropriato sistema di misura, che può essere sia qualitativo sia quantitativo. L'AMC è quindi particolarmente adatta quando si debbano considerare più giudizi incentrati su una molteplicità di criteri, razionalizzando e rendere trasparen-

**UN'IDEA PER LO SCAMBIO DI QUOTE DI EMISSIONI NEI TRASPORTI**

Il nuovo Green Deal europeo e la comunicazione della Commissione sugli obiettivi di decarbonizzazione per il 2030 includono l'eventualità di applicare lo scambio delle quote di emissioni (ETS) al trasporto su strada, per poi estenderlo al settore marittimo, considerato che l'aviazione rientra già nell'ambito di applicazione dell'ETS europeo. Tuttavia, l'estensione dell'attuale schema ETS al trasporto stradale non attiverebbe un prezzo del carbonio in grado di incentivare gli investimenti necessari nello sviluppo e nell'ampliamento a breve e medio termine di combustibili a basse emissioni di carbonio, mentre potrebbe innescare l'opposizione delle industrie ad alta intensità energetica che non vedono di buon occhio aumenti dei prezzi del carbonio. Un'idea, lanciata da FuelsEurope, è quella di attuare un sistema ETS su misura per il trasporto su strada da affiancare, ma in modo del tutto separato, all'attuale schema europeo. Un "Road Transport Fuel ETS" basato sulle regole del mercato, tecnologicamente neutrale e in grado di fornire un segnale di prezzo trasparente, nonché sufficiente ad innescare gli investimenti necessari per lo sviluppo di LCLF (Low Carbon Liquid Fuels). A più lungo termine, tale sistema potrebbe confluire nello schema principale dell'ETS.

**SCOPO**

Il campo di applicazione coprirebbe le emissioni da com-

bustione del trasporto stradale (Tank-to-Wheel) in quanto le emissioni well-to-tank sono già coperte dall'attuale ETS. Tuttavia, coerentemente con la proposta di FuelsEurope "Clean Fuels for All", tutte le misure per ridurre le emissioni in fase di produzione dei combustibili andrebbero considerate nella riduzione dell'impronta carbonica dei LCLF (ad esempio CCS / CCU nelle raffinerie o uso di idrogeno verde/blu nelle raffinerie).

In questo modo il fornitore di fuels avrebbe la possibilità di includere nell'ambito del "Road Transport Fuel ETS" la quota di riduzione dei gas serra attribuibile ai combustibili in fase di produzione. Va naturalmente evitato il doppio conteggio dei benefici e pertanto la corrispondente riduzione di GHG utilizzata nel "Road Transport Fuel ETS" dovrà essere esclusa dallo schema ETS del settore industriale.

In una fase successiva, il campo di applicazione del "Road Transport Fuel ETS" potrebbe essere esteso ad altri settori includendo le emissioni dell'aviazione e del trasporto marittimo. L'ambito di applicazione però non dovrebbe includere altri settori attualmente al di fuori dell'ETS principale, come il riscaldamento/raffreddamento.

**ELEMENTI PRINCIPALI**

Il meccanismo proposto è uno schema cap and trade, con il cap definito in tonnellate assolute di CO<sub>2</sub>. Le emissioni da prendere in considerazione sono quelle Tank-to-Wheel (TTW) dei combustibili stradali, conteggiando anche la riduzione delle emissioni di gas serra prodotte dall'uso di CCS/

>>>



te il processo decisionale. Essa non è sostitutiva della decisione, permette d'istruirla in modo robusto e, di fatto, inattaccabile. Un'analisi multicriteri si sintetizza in una matrice (matrice di decisione) le cui righe sono relative alle diverse alternative in esame e le cui colonne sono riferite ai diversi criteri di giudizio definiti in relazione ai diversi obiettivi (sistema degli obiettivi) fissati dal decisore: decisori diversi possono avere punti di vista differenti, oppure lo stesso decisore può ritenere opportuno sondare più punti di vista. Per quanto appena detto, l'analisi multicriteri consente quindi di sondare come varia l'ordinamento finale delle alternative in funzione di diversi punti di vista.

Fatta tale premessa, occorre quindi capire, con riferimento ai veicoli leggeri, quali sono i criteri; ne sono stati individuati più di trenta, poi in parte aggregati per similitudine. Nel seguito, dopo una premessa sui trend generali del settore con riferimento a documenti di pianificazione dei trasporti, si sintetizzano le considerazioni principali sui criteri di confronto delle varie alternative.

### **Cosa e quali macro-obiettivi guidano il settore**

Nel Libro bianco della UE "Roadmap

to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system" (Brussels, 28.3.2011) è espressamente indicata la frase «The challenge is to break the transport system's dependence on oil without sacrificing its efficiency and compromising mobility»: il problema essenziale è dunque favorire per i trasporti terrestri una diversificazione di fonti energetiche rispetto al solo petrolio, un maggiore equilibrio tra energia derivante da combustibili tradizionali ed energia elettrica, senza sacrificare l'efficienza del sistema dei trasporti.

Occorre fare tuttavia anche attenzione anche al rischio di perdere i benefici delle economie di scala, di manutenzione e di competenze (ricerca, produzione, manutenzione, revisioni, mercato indotto), oltre che di flessibilità d'impiego, che il quasi-monopolio del petrolio nei trasporti ha - in oltre un secolo - generato.

A tali obiettivi molto ampi ed alle connesse attenzioni, si affianca a livello nazionale il D.Lgs. 16 dicembre 2016, n. 257, che disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi.

A questo proposito va sottolineato che è certamente auspicabile una transizione parziale nel settore dei trasporti dall'utilizzo di energia proveniente dai soli combustibili all'energia anche elettrica. Tuttavia, l'eventuale esclusivo impiego dell'energia elettrica non sarebbe comunque di per sé causa di emancipazione dall'uso dei combustibili solo fossili.

L'elettrificazione non trova facile ed immediata soluzione, né tecnica né economica, soprattutto se si considera la reale accessibilità a reti di ricarica, la trasportabilità del vettore energetico anche per il generico automobilista, il consolidamento storico di tecnologie ed economie associate all'uso di derivati dal petrolio, risorsa energetica scelta oltre un secolo fa come principale per i mezzi di trasporto.

Occorre peraltro ricordare che le emissioni inquinanti dei motori a combustione interna sono andate via via riducendosi negli ultimi anni ed oggi i motori sono al contempo via via in grado di emettere prodotti di combustione (Euro 6, 6d, 6d-Temp) assai meno impattanti rispetto alle versioni precedenti, quasi irrilevanti rispetto ai primi motori Euro (1, 2 e 3).

Al fine di approdare a proposte che tengano conto sia delle premesse

CCU e di idrogeno verde/blu nelle raffinerie. Solo la quota imputabile alla produzione di combustibili potrà essere presa in considerazione per evitare il doppio conteggio anche nell'ETS oggi applicato alle raffinerie. I soggetti obbligati sarebbero i fornitori di carburanti stradali e la conformità al tetto di quote da non superare potrebbe essere conseguita attraverso la fornitura di combustibili a basse emissioni di carbonio (da soli o in miscela con quelli tradizionali) o tramite acquisto di quote.

Il cap iniziale viene fissato in base alle effettive emissioni del trasporto su strada, con una successiva e progressiva diminuzione, compatibilmente con il target di riduzione delle emissioni, in grado di sostenere il prezzo del carbonio, senza alcun intervento di mercato.

I LCLF sostenibili vengono tutti considerati a zero emissioni (Tank-to-Wheel) similmente all'elettricità e all'idrogeno utilizzato nei veicoli. Per qualificarsi per la conformità allo schema ETS nei trasporti, i LCLF dovranno soddisfare gli standard di sostenibilità stabiliti dalla Direttiva RED II.

Il tetto sul prezzo del carbonio da utilizzare come "valvola di sicurezza" contro i costi eccessivi viene fissato ad un valore di 475 euro/tonnellata di CO<sub>2</sub>, coerentemente con la penale che le case automobilistiche dovrebbero pagare in base al Regolamento sui limiti alle emissioni dei veicoli. Lo schema una applicazione uniforme sia per gli importatori che i fornitori nazionali di carburante e nessuna allocazione gratuita. Funzionerebbe insieme al Regolamento sui limiti alle

emissioni di CO<sub>2</sub> dei veicoli, ma dovrà garantire che tutti i carburanti a basse emissioni di carbonio siano riconosciuti e impiegati ai fini della conformità degli OEM.

Da un punto di vista fiscale, la tassazione dovrebbe essere riformata in modo tale da essere molto bassa o nulla per i combustibili e le energie a basse emissioni di carbonio e garantire parità di condizioni per tutte le fonti energetiche utilizzate. Le entrate nette derivanti dalla tassazione e dalla vendita all'asta delle quote verrebbero destinate a sostenere gli investimenti nello sviluppo e nell'ampliamento dei combustibili a basse emissioni di carbonio.

Si dovrebbe inoltre evitare la sovrapposizione di questa normativa con altri strumenti regolatori oggi in vigore. Gli obblighi relativi alla riduzione dei GHG (art. 7 della FQD - Fuel Quality Directive) andrebbero completamente sostituiti da questo nuovo regolamento e la RED II dovrebbe rimuovere i target relativi all'energia rinnovabile utilizzata nel trasporto su strada per concentrarsi sulla definizione dei criteri di sostenibilità per i combustibili rinnovabili, sul trattamento dei biocarburanti ad alto rischio ILUC, ecc.

I fornitori di carburante non sarebbero tenuti a rispettare specifici obiettivi di riduzione delle emissioni o di intensità di carbonio, come avverrebbe normalmente in caso di un mandato o di uno standard. Con questo approccio, le parti obbligate avrebbero la flessibilità di scegliere tra investire in tecnologie a basse emissioni di carbonio, acquistare quote o vendere meno combustibili fossili. ■



nonché degli obiettivi suindicati, sia della fattibilità pratica delle azioni che s'intendono supportare, occorre bilanciare e ponderare punti forza e di debolezza delle soluzioni tradizionali rispetto alle alternative emergenti, per favorire i punti di vantaggio e moderare eventuali facili entusiasmi tipici della "sindrome del pianificatore", che porta a sovraesporre le novità perdendo talvolta di vista la concretezza, i vantaggi delle soluzioni esistenti nonché il lavoro delle persone.

### Fattori e valutazioni associate all'uso di combustibili derivati dal petrolio

1. Un chilogrammo di petrolio contiene un'energia specifica equivalente a circa 42 mega Joule/kg, che è una quantità molto elevata (circa 50 volte superiore alle più moderne batterie elettriche), rinnovabile in natura in pochissime risorse, facilmente trasportabile; pertanto con poche decine di litri di un suo derivato si può consentire ad un veicolo stradale, anche pesante, di percorrere diverse centinaia di chilometri, avendo una stima molto affidabile della quantità di liquido residuo nel serbatoio, volume costante al variare della temperatura esterna.
2. I derivati dal petrolio sono liquidi che richiedono poche decine di secondi per il rifornimento e possono contare su infrastrutture distribuite capillari; nel caso dei veicoli elettrici, le potenze in gioco sono invece - a parità di energia trasferita - assai elevate, impossibili da trasferire se non con tensioni e/o correnti molto elevate, con problemi di natura diversa (di sicurezza nel primo caso, termici nel secondo) ma comunque importanti.
3. In caso di rifornimento in condizioni d'emergenza i combustibili liquidi offrono il vantaggio di poter essere trasportati facilmente quasi da qualunque individuo; ciò non è possibile con le auto elettriche e con quelle che utilizzano combustibili di origine gassosa come il metano o il GPL; va al contempo puntualizzato, nel caso

delle prime, che ormai tutti i modelli in vendita prevedono come dotazione standard un cavo di emergenza con presa standard Schuko, utilizzabile laddove una presa residenziale sia agevolmente raggiungibile; questo collegamento consente di ricaricare a 2,3 kW, ovvero circa 10-15 km/h (chilometri di autonomia ottenibili per ogni ora di ricarica).

4. Le competenze che gravitano attorno al petrolio e al relativo impiego, tra il quale dominano i motori a combustione interna, hanno circa un secolo alle spalle così come determinate preparazioni tecniche e scientifiche che hanno generato standard comuni in tutti i Paesi del mondo
5. Le emissioni inquinanti dei motori a combustione interna sono andate via via riducendosi negli ultimi anni ed oggi i motori sono al contempo via via in grado di emettere prodotti di combustione (Euro 6, 6d, 6d - T e m p) assai meno impattanti rispetto alle versioni precedenti, quasi irrilevanti rispetto ai primi motori Euro (1, 2 e 3).

### Fattori e valutazioni associate all'uso della trazione elettrica

Il vantaggio fondamentale della trazione elettrica - che sia autonoma (veicolo solo a batterie, senza serbatoio né motori termici) oppure associata ad un motore termico, con reciproco ausilio - è la maggiore efficienza energetica del motore elettrico (attorno al 90%), rispetto a quello a combustione interna (18/20-32/33%, fino a circa 40% in grandi impianti, quindi non più su autoveicoli), con valori al di sotto del 20% specie nelle fasi di accelerazione da veicolo fermo e nelle fasi di congestione da traffico.

La trazione puramente elettrica sposta a monte la produzione energetica da rendere disponibile in batterie, con le conseguenti emissioni - se l'energia

non deriva da fonti rinnovabili - che vengono prodotte in una centrale termica, mono o policombustibile; da una generica centrale l'elettricità deve essere distribuita (con rendimento medio indicativo di circa il 6%) e poi accumulata in una batteria, con relativo rendimento della ricarica.

Oggi una quota non marginale di energia elettrica prodotta - ad esempio in Italia - proviene da fonti rinnovabili, tuttavia si osserva che ad oggi il confronto tra quantità di energia assorbita dal trasporto stradale (circa il 34% dell'energia prodotta in Italia, 2019) e quantità di energia da rinnovabili non permette di sostenere che il trasporto stradale possa essere retto da energie rinnovabili se l'elettrificazione fosse spinta a valori molto elevati.

Al contempo, una piena diffusione della trazione elettrica per la mobilità privata incontra ostacoli e comporta riflessioni.

1. L'autonomia di un veicolo leggero (indicativamente sotto le 2.5 t di p.t.t.) a batteria può arrivare, in condizioni di guida normale, in piano, a 300-400 km di percorrenza<sup>1</sup>, con i modelli più recenti disponibili sul mercato a partire dal 2018-

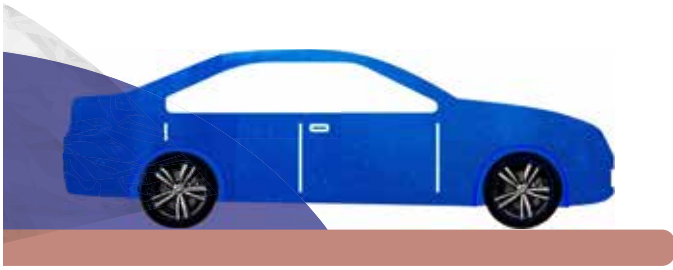
2019 fino 500 km circa, talvolta oltre; tale autonomia non prevede l'energia necessaria per riscaldare l'abitacolo, che nei motori a combustione interna è appunto derivata dal riscaldamento del motore stesso.

2. La massa di una batteria può arrivare a circa il 20-25% della massa di un veicolo quando viene richiesta elevata autonomia (BEV, battery electric vehicle) e non è certo facilmente sostituibile, in modo autonomo.
3. La batteria va in genere in auto-protezione al di sotto di -15°C, perdendo parte della propria autonomia; non deve avvicinarsi allo stato di carica (SOC, state of charge) nullo e si preserva di solito circa il 10-30% di SOC.
4. Il tempo di ricarica, per via chi-

**Occorre bilanciare e ponderare punti di forza e di debolezza delle soluzioni tradizionali rispetto alle alternative emergenti, per favorire i punti di vantaggio e moderare eventuali facili entusiasmi tipici della "sindrome del pianificatore", che porta a sovraesporre le novità perdendo talvolta di vista la concretezza, i vantaggi delle soluzioni esistenti nonché il lavoro delle persone**







mica, non può per natura essere così breve come quello richiesto per il riversamento d'un liquido; richiede un'organizzazione ad hoc delle proprie attività quotidiane. In condizioni di emergenza, poi, nel caso di veicoli bloccati nel traffico, la ricarica da parte di un

**I veicoli con una determinata autonomia elettrica possono costituire una valida alternativa rispetto all'utilizzo della sola combustione interna; per contro, in presenza di percorrenze più lunghe i veicoli elettrici non sono in grado di garantire quella flessibilità ed indipendenza richieste**

mezzo di soccorso (soluzioni ad hoc sono allo studio) non è certo compatibile con una numerosità di veicoli elettrici fermi, a meno di non ricorrere a ricariche dirette tra veicoli, da non escludere per un futuro, forse ancora lontano.

5. Importante osservare come, a livello occupazionale, alcuni settori, quali quelli legati alla produzione di batterie elettriche (ad oggi fortemente concentrato in Cina) e al loro smaltimento o riutilizzo potranno essere favoriti; altri comparti, principalmente quelli legati alle attività di produzione e manutenzione dei motori a combustibili fossili, potrebbero essere ridimensionati, fino all'esclusione nei casi di scelte ingiustificatamente polarizzate verso i BEV.
6. Laddove il mercato dei veicoli a ricarica plug-in, comprensivi sia dei BEV sia degli ibridi plug-in (PHEV), è dominante, quindi in Norvegia, due fattori sono risultati fondamentali: la disponibilità effettiva di ricarica domestica o in prossimità di casa (circa 88% dei norvegesi) e la possibilità di utilizzare l'auto BEV come seconda auto<sup>3</sup>.

## Conclusioni

In sintesi, il problema globale dell'effetto serra, imputato in parte ai trasporti, non è detto che sia risol-

vibile se si adotta un vettore energetico come l'elettricità, in quanto occorre valutare come quell'energia viene prodotta ed il rendimento complessivo della catena energetica «dal pozzo alla ruota» o WTW (Well to Wheel, si rimanda al volume edito da EGAF, 2017 - a cura di Dalla Chiara e Pede).

A livello locale, invece, l'alternativa elettrica risulta certamente interessante, specie perché non inquina localmente, genera maggiore indipendenza energetica, a meno che l'impegno di petrolio non sia una priorità nel proprio territorio, e perché offre un alto rendimento «dal serbatoio alla ruota» (TTW, tank to wheel); al contempo ciò richiede specifiche infrastrutture sul territorio, certo più agevoli nel caso di percorrenze urbane e percorsi prestabiliti (es. autobus), aumenta il rischio e i disagi di fermo veicolo per limitata autonomia nei percorsi meno antropizzati, allunga i tempi di ricarica rispetto al rifornimento e non permette di beneficiare del calore per condizionare l'abitacolo; a basse temperature può ridursi l'autonomia residua e la batteria stessa, in autoprotezione, consuma energia a tal fine. L'autoveicolo può al contempo assumere il ruolo di accumulatore per impieghi domestici.

In sostanza, il veicolo elettrico puro (BEV) è associabile a determinati tipi di impieghi: è molto più flessibile e conveniente, da un punto di vista dell'esercizio visto nella sua completezza, il veicolo ibrido plug-in.

L'architettura PHEV è impostata sostanzialmente per la trazione elettrica in città (con ricarica della batteria dalla rete elettrica oppure quando viene impiegato il motore termico) e la propulsione termica in ambito extra urbano, potendosela permettere, con un unico veicolo ibrido; non potendo, alcuni utenti preferiscono usare veicoli tradizionali fuori città e servizi condivisi in città, siano essi pubblici o in forma di sharing.

Poiché, quindi, la maggior parte degli spostamenti in ambito urbano avviene sulle brevi distanze, i veicoli con una determinata autonomia elettrica (bastano poche decine di chilometri) possono costituire una valida alternativa rispetto all'utilizzo della sola

combustione interna; per contro, in presenza - anche saltuaria - di percorrenze dell'ordine di alcune centinaia di chilometri o miste, i veicoli elettrici non sono in grado di garantire quella flessibilità ed indipendenza richieste al mezzo privato, poiché i tempi di ricarica elevati oppure brevi ma adeguatamente frequenti, la necessità di una disponibilità capillare delle postazioni di ricarica, la mancanza di alternative alla ricarica mediante di rifornimento autonomo ne potrebbero vincolare la scalabilità, vale a dire la crescita numerica del parco circolante oltre determinate soglie.

L'economia tipicamente premia, nella storia, l'innovazione che mira al soddisfacimento delle esigenze moderne delle persone e della società, anche a costi maggiori: si pensi per esempio all'auto, che prese il posto della carrozza a cavalli, pur essendo più costosa, grazie soprattutto agli investimenti che i governi dell'epoca intrapresero per costruire e ammodernare le reti stradali e di rifornimento; la storia, quindi, ci insegna che una nuova tecnologia viene premiata se soddisfa nuove esigenze della popolazione, anche se talvolta costa di più di quella vecchia e, soprattutto, se soddisfa esigenze di libertà di spostamento. ■

## Note

<sup>1</sup>Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe

<sup>2</sup>Esistono alcuni modelli di auto (2020) sia disponibili in versione elettrica sia termica. A puro titolo esemplificativo:

- Peugeot 2008 elettrica, peso 1.548 Kg (circa 350 kg in più rispetto alla versione 1.2 termica, detta Puretech) dovuto alle batterie agli ioni di litio da 50 kWh; autonomia: 300 km teorici.

- Peugeot 2008 1.2 termica Puretech, peso 1.117 kg; autonomia: 955 km teorici.

<sup>3</sup>“Around 75 per cent of Norwegian households can establish an electric vehicle charger in their own garage/parking space, while a further 12-13 per cent have private parking within 100 meters of the home (Hjorthol et al., 2014), and will probably be able to establish a charging option”.

## Riferimenti bibliografici essenziali

[1]. Dalla Chiara B. e Pede G. (a cura di), AA.VV., Trasporti terrestri ed energia - Tecnologie, metodi ed applicazioni, 286 pp., EGAF, 2017.

[2]. Hjorthol, R., Engebretsen, Ø., & Uteng, T. P. (2014). Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport. TØI-rapport 1383/2014. Oslo: Transportøkonomisk institutt

[3]. Figenbaum E. et al., From Market Penetration to Vehicle Scrappage - The Movement of Li-Ion Batteries through the Norwegian Transport Sector, TØI report 1756/2020, June 2020

[4]. AA.VV. (a cura di Dalla Chiara B.), RUS - MOBILITÀ, WP4 “Innovazione e tecnologie”, Linee guida sulla elettrificazione per la mobilità motorizzata universitaria, Dic. 2020

