

LA MOBILITÀ STRADALE SOSTENIBILE: DATI E PROSPETTIVE

a cura di

Ing. G. Stella
Dott. F. Carmignani
Ing. T. Suppa
Ing. R. Trillini

commissione
Motorismo

visto da
Ing. S. Sciuto

Premessa

La sostenibilità ambientale rappresenta uno dei temi di maggiore attualità. A seguito dei danni prodotti sul pianeta si è universalmente radicata la necessità di un nuovo modo di rapportarsi con l'ambiente che ci ospita e di utilizzare le risorse naturali. In questo senso la problematica riguarda direttamente il settore della mobilità in quanto per la maggior parte dei trasporti vengono utilizzati combustibili fossili, con le note conseguenze sull'ambiente e sulla vita della collettività. Peraltro il settore dei trasporti stradali, per quanto contribuisca in maniera significativa, non è il principale responsabile dell'inquinamento ambientale ed è per questo motivo che è necessario collocare la problematica in un contesto più ampio.

Secondo l'European Environment Agency il settore dei trasporti sarebbe responsabile, nel suo complesso, di circa un terzo del consumo complessivo di energia nei Paesi europei e di più di un quinto delle emissioni di gas climalteranti¹. Tra questi la CO₂, come noto, è una delle cause principali del riscaldamento del pianeta e dei cambiamenti climatici.

I dati nazionali² (cfr figure 1 e 2) rivelano che il trasporto su gomma rappresenta l'85% del totale dei consumi energetici del settore trasporti e contribuisce per il 28% alle emissioni totali di CO₂. E' interessante evidenziare, inoltre, che in Italia il 29% delle emissioni totali di CO₂ deriva



Figura 1: Ripartizione % dei Consumi Energetici nel Settore Trasporti in Italia – (fonte dati cfr nota 1)

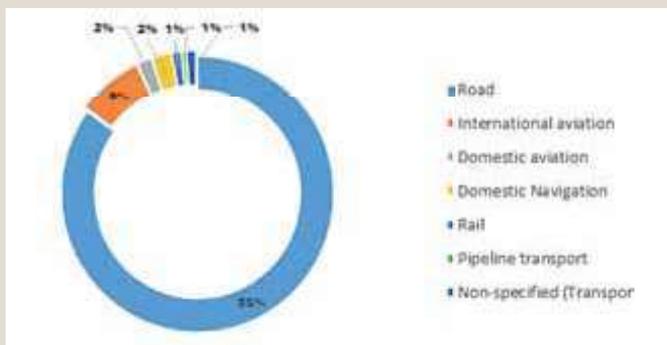
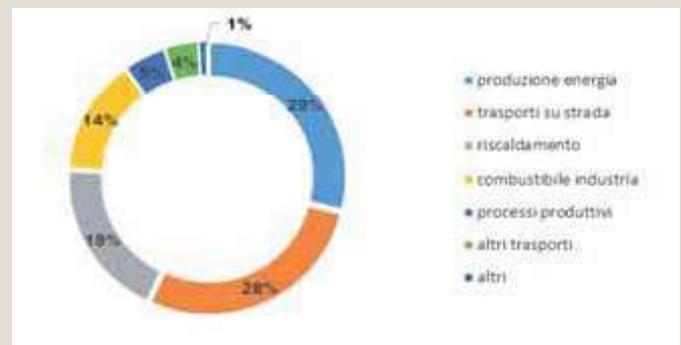


Figura 2: Distribuzione % delle Emissioni di CO₂ in Italia (fonte dati cfr nota 1)



LA MOBILITÀ STRADALE SOSTENIBILE: DATI E PROSPETTIVE

a cura di
 Ing. G. Stella
 Dott. F. Carmignani
 Ing. T. Suppa
 Ing. R. Trillini

commissione
 Motorismo

visto da
 Ing. S. Sciuto

Premessa

La sostenibilità ambientale rappresenta uno dei temi di maggiore attualità. A seguito dei danni prodotti sul pianeta si è universalmente radicata la necessità di un nuovo modo di rapportarsi con l'ambiente che ci ospita e di utilizzare le risorse naturali. In questo senso la problematica riguarda direttamente il settore della mobilità in quanto per la maggior parte dei trasporti vengono utilizzati combustibili fossili, con le note conseguenze sull'ambiente e sulla vita della collettività. Peraltro il settore dei trasporti stradali, per quanto contribuisca in maniera significativa, non è il principale responsabile dell'inquinamento ambientale ed è per questo motivo che è necessario collocare la problematica in un contesto più ampio.

Secondo l'European Environment Agency il settore dei trasporti sarebbe responsabile, nel suo complesso, di circa un terzo del consumo complessivo di energia nei Paesi europei e di più di un quinto delle emissioni di gas climalteranti¹. Tra questi la CO₂, come noto, è una delle cause principali del riscaldamento del pianeta e dei cambiamenti climatici.

I dati nazionali² (cfr figure 1 e 2) rivelano che il trasporto su gomma rappresenta l'85% del totale dei consumi energetici del settore trasporti e contribuisce per il 28% alle emissioni totali di CO₂. E' interessante evidenziare, inoltre, che in Italia il 29% delle emissioni totali di CO₂ deriva



Figura 1: Ripartizione % dei Consumi Energetici nel Settore Trasporti in Italia – (fonte dati cfr nota 1)

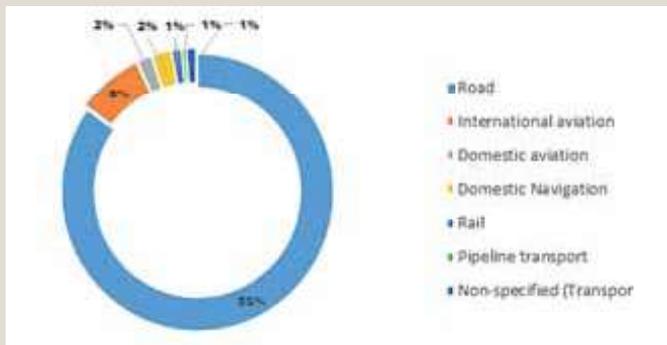
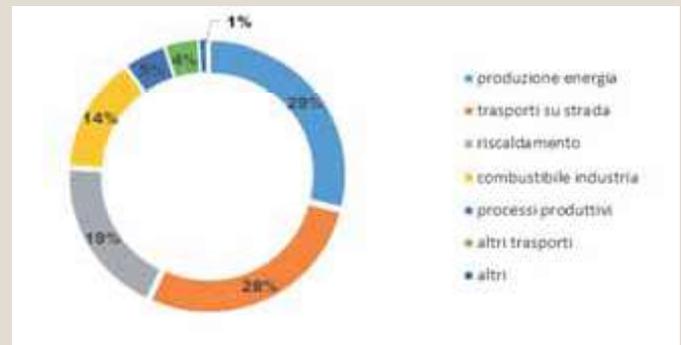
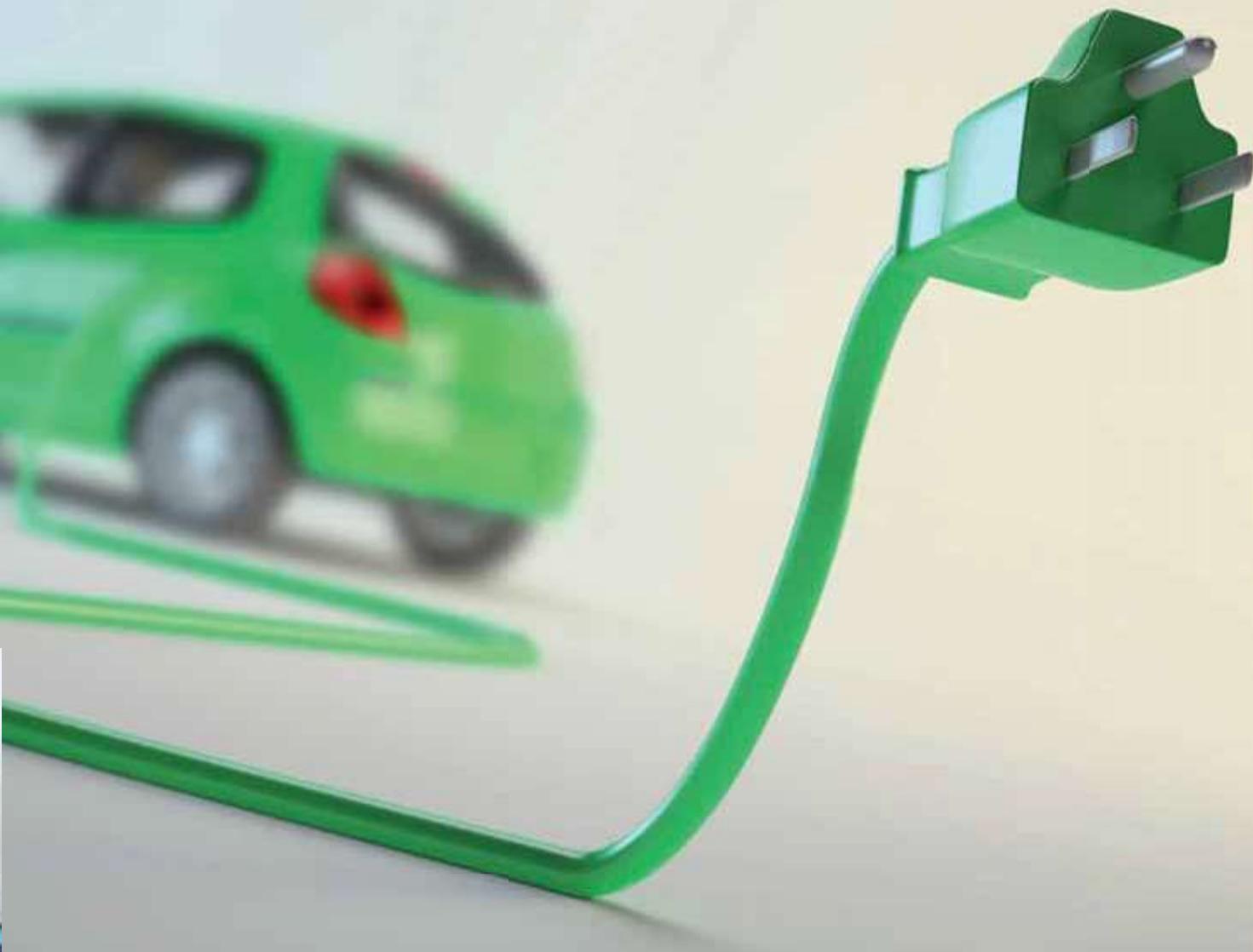


Figura 2: Distribuzione % delle Emissioni di CO₂ in Italia (fonte dati cfr nota 1)





dalla produzione di energia, la stessa energia necessaria per la ricarica delle batterie dei veicoli elettrici.

Considerando i consumi unitari in grammi equivalenti di petrolio per persona e per chilometro la figura 3³ mostra i dati degli anni 2005 e 2014 per i diversi mezzi di trasporto. L'autovettura nell'uso urbano risulta il mezzo più sfavorito, per ovvi motivi di efficienza complessiva del mezzo, in particolare per lo sfavorevole rapporto tra la capacità di carico ed il peso del veicolo.

Analizzando le emissioni di CO₂ per le diverse tecnologie di trazione in termini dell'intero processo (dall'estrazione delle materie prime all'u-

tilizzo del veicolo, *well to wheel*), figura 4⁴, si rileva che i mezzi ibridi o elettrici, pur garantendo una sostanziale riduzione delle emissioni di CO₂, ne mantengono un livello significativo connesso con le modalità di produzione dell'energia elettrica.

Un boom delle auto elettriche, al di là dei prezzi ancora elevati, richiederebbe dunque una nuova configurazione ed una diversa gestione dell'intero sistema energetico e delle reti di alimentazione, soprattutto nei paesi con una maggiore produzione da fonti rinnovabili. Ad oggi, infatti, la maggior parte delle reti nazionali non sarebbe adeguata per far fronte alle necessità di un gran numero di veicoli elettrici e

Figura 3: Consumi Unitari per Modalità (grammi equivalenti di petrolio a persona) – (fonte dati cfr nota1)

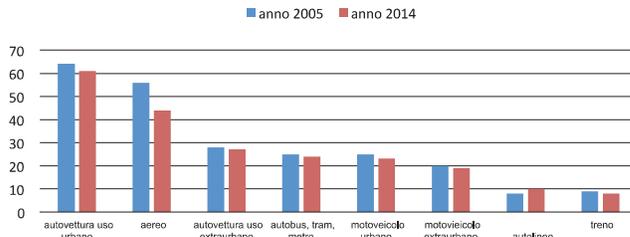
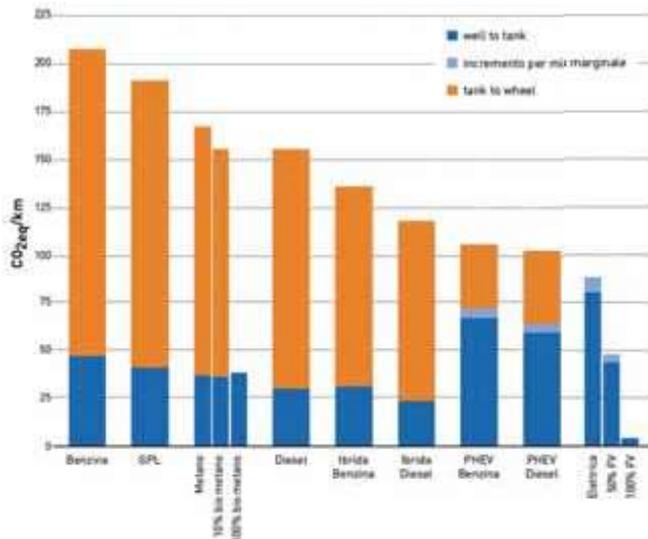


Figura 4: Emissioni Climateranti well to wheel, suddivise per tecnologia (Fonte: Elaborazioni RSE per veicoli Euro 5 su dati ISPRA, MiSE, EEA e DOE)



molti Paesi non dispongono delle infrastrutture adeguate per la ricarica. Il problema si aggraverebbe se si considera che l'orientamento è verso lo sviluppo di punti di ricarica rapida, che richiedono una più elevata potenza installata.

Nel Regno Unito, nell'ambito di un progetto di ricerca che si avvale di un sistema *vehicle to grid*, la rete nazionale prevede di acquisire energia dalle batterie delle auto negli orari di punta, in modo da bilanciare l'offerta e la domanda garantendo al contempo che le auto vengano ricaricate completamente entro il mattino seguente.

Non solo per i suddetti motivi, ma anche in relazione allo sviluppo delle tecnologie di propulsione e, soprattutto di capacità delle batterie e dei relativi sistemi di smaltimento, risulta evidente che il percorso verso la sostenibilità dei

trasporti risulta ancora non semplice e non immediato.

Nella sostanza, sul tema della mobilità sostenibile sono in corso ricerche, studi, dibattiti, emanazioni di nuove norme e leggi, valutazioni di marketing a conferma che il mercato nel suo complesso è ancora alla ricerca di un suo equilibrio sia sul piano delle tecnologie dei veicoli e delle infrastrutture sia dal punto di vista dell'impatto ambientale sia dal punto di vista commerciale.

Considerando il mercato dei veicoli, negli ultimi anni si è assistito ad un notevole ampliamento dell'offerta commerciale sia di quelli elettrici sia di quelli ibridi, ma i dati nazionali di vendita delle auto elettriche non sono incoraggianti: il parco circolante complessivo al 2016 era di 5743 autoveicoli elettrici, 117433 autoveicoli ibridi benzina/elettrico e 3332 autoveicoli ibridi gasolio/elettrico (fonte dati ACI⁵), con una buona quota rappresentata dai taxi, la cui utenza è stata tra le prime a rendersi conto dei vantaggi nel traffico urbano. Le immatricolazioni del 2016 (fonte dati ACI⁶) ammontano a 1374 autoveicoli elettrici (nel 2015 erano 1451, fonte dati MIT⁷), 37668 autoveicoli ibridi benzina/elettrico (nel 2015 erano 25527, fonte dati MIT⁸) e 436 autoveicoli ibridi gasolio/elettrico (nel 2015 erano 640, fonte dati MIT⁹).

Le origini delle auto a trazione elettrica¹⁰

L'attuale situazione del mercato dei veicoli con trazione elettrica o ibrida ricorda la storia di più di un secolo fa, quando la diffusione delle auto elettriche sembrava preludere ad un futuro ben più roseo di quanto non sia stato. Le auto elettriche non sono, infatti, una novità ma affondano le loro radici in tempi ormai molto lontani, tanto che il primo esempio risale al periodo tra il 1832 ed il 1839, ben prima dell'invenzione del motore a combustione interna.

Nel periodo a cavallo tra la fine dell'ottocento e gli anni venti in Francia, Germania Gran Bretagna, Stati Uniti ma anche in Italia, le auto elettriche trovarono una notevole diffusione, essenzialmente in quanto il motore elettrico rappresentava una soluzione più semplice e matura del motore a combustione interna.

In quel periodo il numero di auto elettriche vendute, pur essendo molto costose, superava quello dei veicoli con motore termico.

Nel 1897 le compagnie di taxi Bersey a Londra e Samuel's Electric Carriage and Wagon Company a New York (la prima compagnia di taxi della città) avevano flotte di veicoli esclusivamente elettrici (figura 5).

In quegli anni era elettrica l'auto da record, la *Jamais Contente* guidata da Camille Jenatton (figura 6 e 7), che nel 1899 superò la soglia dei

100 km/h raggiungendo la velocità 105,88 km/h utilizzando due motori elettrici di potenza complessiva di circa 68 CV che agivano sulle ruote posteriori.

Anche Ferdinand Porsche, molto prima della costituzione della nota casa automobilistica, progettò nel 1898 per il costruttore viennese di carrozze Lohner un'auto elettrica, la **elettromobile Egger-Lohner C.2 Phaeton**, che può essere considerato il suo primo progetto di automobile. Nella figura 8 la pubblicità del veicolo con le specifiche di costruzione e prestazionali che indicano un'autonomia in piano di 3-6 ore, un peso delle batterie di 550 kg sul totale di 1350 kg, un tempo di consegna di tre mesi ed un prezzo di 9300 Franchi.

Nel 1899 la vettura debuttò a Berlino al Salone Internazionale dei veicoli a motore e prese parte ad una corsa per veicoli elettrici vincendo sia la gara sia il premio per la vettura più efficiente (figura 8).

A Ferdinand Porsche dobbiamo anche la prima auto ibrida della storia, la **Semper Vivus**, equipaggiata con due motori elettrici sui mozzi delle ruote anteriori alimentati da due generatori azionati da due motori termici a benzina De Dion Bouton raffreddati ad acqua. L'elettricità prodotta veniva utilizzata direttamente dai motori di trazione mentre il surplus serviva per la ricarica delle batterie. I generatori venivano, inoltre, utilizzati come motorini di avviamento dei due motori termici (figura 9).

Con lo scopo di destinarla al mercato, Ferdinand Porsche realizzò successivamente una versione migliorata, la **Lohner-Porsche Mixte**, con un unico motore termico Daimler da 5,5 litri e 25 CV, montato davanti all'asse anteriore, ed un unico generatore posizionato sotto il sedile del conducente. La produzione continuò fino al 1915, ma senza ottenere grandi successi commerciali, anche per l'elevato prezzo di vendita (figure 10 e 11).

Per quanto riguarda l'Italia, nel 1905 la marca francese Krieger, specializzata nella costruzione di autoveicoli elettrici e benzo-elettrici (così veniva chiamato l'attuale ibrido), impiantò a Torino una succursale, che due anni più tardi assunse il nome di Società Torinese Automobili Elettriche (STAE). La fabbrica non ebbe eccessiva fortuna e nel 1913 cessò ogni attività, dopo aver prodotto una vettura dotata di motore elettrico in posizione centrale, con trasmissione ad albero cardanico ed alimentazione con batteria alloggiata nel falso cofano motore. Il veicolo aveva una potenza di 10 CV, consentiva una velocità di 30 km/h ed assicurava un'autonomia di 80/90 km.

Nei primi anni del novecento la popolarità delle auto elettriche aumentò con l'arrivo dell'elettri-



LONDON ELECTRICAL CAB COMPANY, LTD.
From a Photograph taken outside the Company's premises, Jason Street, Lambeth.

Figura 5



Figura 6:
La Jamais Contente



Figura 7:
La Jamais Contente



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12:
Motori di trazione della
Lohner Porsche
(Museo Porsche)

cità nelle case, rendendo più semplice la ricarica delle batterie, ed in quel periodo in America le vendite raggiunsero il loro picco (Figure 13 e 14). Per superare la mancanza di infrastrutture di ricarica, fu anche proposto sul mercato un servizio di sostituzione delle batterie (l'attuale battery swapping) già nel 1896.

All'epoca, come oggi, l'ostacolo principale allo sviluppo dei veicoli elettrici era rappresentato dalla ridotta capacità delle batterie; e solo l'invenzione di quelle al piombo avviò un suo concreto sviluppo ed un notevole successo dal punto di vista commerciale.

In quel periodo, però, rispetto alle auto a benzina, i veicoli elettrici godevano di diversi vantaggi. Infatti, pur considerando i limiti legati alla bassa velocità e alla limitata autonomia potevano contare sull'assenza di vibrazioni, di odori sgradevoli e di rumore; non richiedevano il cambio, l'avviamento manuale con la manovella o una lunga fase di avviamento come le vetture a vapore.

Al contrario, lo sviluppo delle auto elettriche fu ostacolato oltre che dalla scarsa capacità delle batterie dalle complicazioni costruttive dei sistemi elettrici di regolazione e da un prezzo quasi doppio di quelle con motore a combustione interna ma anche, si dice, da cartelli industriali.

Negli anni '20 la vettura elettrica cominciò a perdere posizioni nel mercato automobilistico anche a causa di una serie di altre circostanze ed innovazioni: un'infrastruttura stradale migliore richiedeva veicoli con un'autonomia maggiore di quella offerta dalle vetture elettriche; l'abbassamento del prezzo del carburante a seguito della scoperta di grandi giacimenti di petrolio in Texas; l'invenzione del motorino d'avviamento da parte di Charles Kettering nel 1912 rendeva più semplice l'avviamento dei motori a combustione interna; la riduzione del rumore grazie all'utilizzo del silenziatore, inventato da Hiram Percy Maxim; la riduzione del prezzo grazie alla produzione di massa avviata da Henry Ford.

Per questi motivi, la maggior parte dei produttori di auto elettriche rallentarono le loro produzioni e negli anni '30 l'industria automobilistica elettrica era sostanzialmente scomparsa, e solo in circostanze eccezionali, come la guerra, si è cercato di rilanciarla, più per necessità che altro. Tra il 1940 e il 1941 Peugeot realizza la VLV (*Voiture Légère de Ville*), ovvero piccola vettura per città, una due posti lunga 2,67 metri, in alluminio che consente di limitare il peso a 365 kg, comprese le batterie, posizionate anteriormente. Il motore elettrico posteriore sviluppa una potenza di 2CV. La VLV ha un'autonomia di 80 km con una velocità massima di 32

km/h. Ne verranno prodotte 377 unità, prima dello stop nel 1943, e verrà utilizzata soprattutto dai medici.

Dopo decenni di oblio, le crisi energetiche degli anni '70 e '80 hanno provocato un rinnovato interesse per le automobili elettriche.

Negli ultimi anni una crescente attenzione verso le problematiche ambientali, l'aumento del livello di emissioni inquinanti e dei prezzi dei carburanti hanno ridestato l'attenzione dei governi e dell'industria verso un nuovo concetto di mobilità e una maggiore sensibilità verso un futuro più pulito. Molti paesi hanno promosso nuovi programmi di ricerca e sviluppo per la realizzazione di veicoli ecologici ibridi o elettrici oltre ad offrire agevolazioni per il loro acquisto e la loro gestione.

Ad oggi, dal punto di vista tecnico sono state ampiamente superate le problematiche di regolazione sia per i veicoli ibridi sia per i veicoli elettrici; permangono, per i veicoli elettrici, i problemi di autonomia connessi con la capacità delle batterie e, in alcuni Paesi come il nostro, la disponibilità di adeguate infrastrutture di ricarica.

Le architetture più diffuse nella trazione elettrica

Attualmente il mercato offre una vasta gamma di veicoli che utilizzano un sistema di trazione elettrico in senso esclusivo o associato a motori a combustione interna. Le diverse architetture spaziano dalla trazione esclusivamente elettrica, **All-Battery Electric Vehicle (BEV)**, che ad oggi rappresentano solo una piccola parte del parco dei veicoli circolanti sia in Italia sia in Europa, ai più diffusi veicoli ibridi.

Queste tipologie di trazione sono declinate dai costruttori con soluzioni molto diverse, a conferma del fatto che sia per la trazione elettrica sia per la trazione ibrida la tecnologia non hanno raggiunto ancora la loro piena maturità.

Nella sostanza, la motorizzazione ibrida è caratterizzata dalla presenza di una o più macchine elettriche che supportano il funzionamento di un motore a combustione interna, il cui utilizzo è ottimizzato rispetto alle migliori condizioni in termini di efficienza.

Nella tecnologia **Hybrid Electric Vehicle (HEV)** il motore termico è associato a un motore elettrico che può funzionare tanto in combinazione con il motore a combustione che autonomamente (in modalità puro elettrico). Il sistema non necessita di ricarica elettrica esterna ed è in grado di provvedere al recupero di energia e al suo riutilizzo per massimizzare l'efficienza complessiva. Parte dell'energia per la ricarica delle batterie proviene dalle ruote con il recupero in fase di frenatura. La tecnologia ibrida presenta, pertanto, particolari vantaggi dal punto di vista dei consumi e delle emissioni nell'utilizzo urbano, ove la trazione elettrica supporta quella termica nelle condizioni di più bassa efficienza e per il considerevole recupero dell'energia nella frenata.

La tecnologia **Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)** è un ibrido in cui il veicolo può avere una significativa autonomia in puro elettrico (da poche a diverse decine di km in base al dimensionamento scelto) grazie ad un pacco batterie di opportuno contenuto energetico, che può essere ricaricato dalla rete. Questi veicoli offrono, di fatto, la possibilità di godere dei vantaggi della trazione elettrica mantenendo la libertà (in termini di autonomia e facilità di rifornimento) offerta dalla trazione con motore termico. La possibilità di marciare in puro elettrico per percorrenze non trascurabili e le emissioni di CO₂ molto ridotte, fanno sì che i PHEV godano, in diversi Paesi, di benefici e incentivazioni quasi paragonabili a quelli dei veicoli puramente elettrici.

Le auto ibride plug-in (figura 15¹¹) rappresentano, di fatto, una soluzione intermedia tra quelle a trazione elettrica e quelle ibride. Nella so-

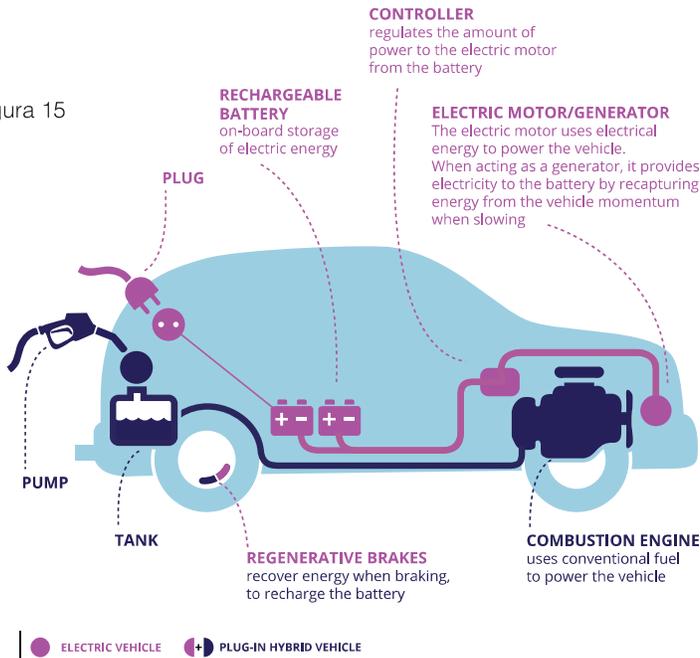
Figura 13



Figura 14



Figura 15



stanza, infatti, le auto plug-in hanno la stessa architettura delle ibride (un motore termico ed un motore elettrico), ma declinata con proporzioni diverse per quanto riguarda la potenza del motore elettrico e la capacità delle batterie. Inoltre, da qui il nome, a differenza delle ibride consentono la ricarica delle batterie attraverso prese esterne, compresa la rete domestica. A cavallo tra il plug-in e il veicolo elettrico puro, troviamo i veicoli elettrici **Range Extended Electric Vehicle (REEV)**, ad autonomia estesa o ibridoserie. In questo caso la percorrenza in puro elettrico è generalmente superiore a 100 km e il motore termico non è mai utilizzato per la trazione, ma esclusivamente per ricaricare le batterie quando lo stato di carica scende al di sotto di un livello predefinito. I veicoli a idrogeno o **Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)** sono essenzialmente veicoli a trazione elettrica che utilizzano l'idrogeno immagazzinato in un serbatoio pressurizzato e una cella a combustibile per la produzione di ener-

gia a bordo. I veicoli FCEV hanno di norma anche un sistema di accumulo a batterie che permette di recuperare l'energia di frenatura e semplificare/velocizzare il warm-up della cella a combustibile. Sono usualmente riforniti con idrogeno gassoso a pressioni tra 35 MPa e 70 MPa. Attualmente, per le autovetture, l'efficienza su strada è di circa 1 kg di idrogeno ogni 100 km percorsi, con autonomie da circa 500 km a 750 km. I tempi di ricarica possono essere inferiori ai 5 minuti se il rifornimento avviene con pressione di 70 MPa, fino a oggi non permessa in Italia per i limiti imposti dal Decreto del Ministero dell'Interno del 31 agosto 2006, n. 213 (*Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione*). La complessità della catena energetica dell'idrogeno, caratterizzata da più fasi di conversione, può essere però causa di una minor efficienza globale e di un conseguente maggior consumo di risorse primarie rispetto ad altre soluzioni di trazione alternativa. Molte case costruttrici comprendono questo sistema di trazione all'interno dei propri piani strategici e Honda, Hyundai e Toyota propongono attualmente a listino un modello con celle a combustibile. Il numero di veicoli circolanti in Europa è ancora inferiore a 200 (autovetture e autobus), il costo di acquisto si mantiene piuttosto alto e l'infrastruttura di rifornimento è oggi ferma a qualche esperienza pilota (circa 300 stazioni nel mondo).

Il parco dei veicoli elettrici ed ibridi

Il parco nazionale delle autovetture ibride ed elettriche riportato nelle figure 16 e 17 (fonte dati UNRAE¹²) rappresenta in Italia valori marginali, pur considerando un trend in sostanziale crescita negli ultimi anni.

Per quanto riguarda il dato complessivo dell'Europa, i veicoli elettrici per passeggeri rap-

Figura 16: Immatricolazioni autoveicoli ibridi ed elettrici in Italia

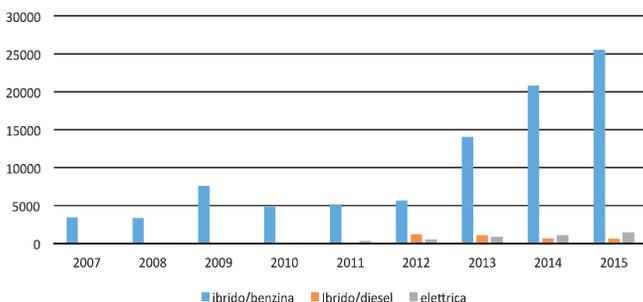
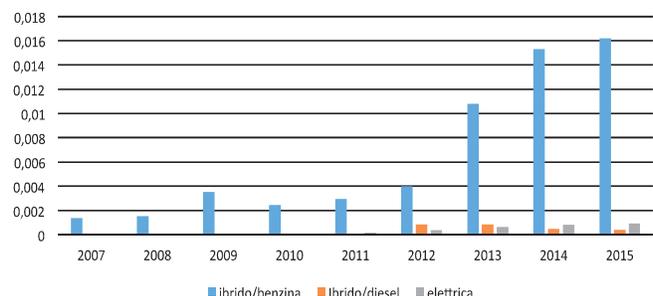


Figura 17: Quote di mercato autoveicoli ibridi ed elettrici in Italia



presentano solo il 1,2 % di tutte le automobili nuove vendute nel 2015 mentre il parco veicoli elettrici è lo 0,15 % (dati della European Environment Agency, *Electric vehicles in Europe*, 2016).

Pur mantenendo volumi assoluti piuttosto modesti ma molto superiori a quelli elettrici, le vendite dei modelli ibridi a benzina sono aumentate notevolmente a partire dal 2013, sia per l'aumento della gamma dei modelli disponibili sia per gli incentivi previsti da vari Paesi.

I dati del 2015 indicano (cfr figura 18¹³) vendite per circa 150.000 nuovi veicoli ibridi e elettrici plug-in, dei quali circa il 40% BEV. La distribuzione delle vendite è concentrata in sei Stati membri, che rappresentano quasi il 90% di tutte le vendite di veicoli elettrici: i Paesi Bassi, il Regno Unito, la Germania, la Francia, la Svezia e la Danimarca.

Il maggior numero di vendite di BEV all'interno dell'UE-28 è stato registrato in Francia (circa 17.650), in Germania (circa 12.350 veicoli) e nel Regno Unito (circa 9900 veicoli). Il maggior numero di vendite di PHEV è stato registrato nei Paesi Bassi (circa 41.000 veicoli) e nel Regno Unito (circa 18.800 veicoli)¹⁴.

La crescita del mercato delle auto elettriche sarà probabilmente sostenuta, nel prossimo futuro, dall'annuncio da parte di alcune nazioni di limitare la vendita di nuove autovetture con alimentazione tradizionale.

Ad esempio, esponenti dei governi di Francia e Gran Bretagna hanno annunciato che nel 2040 sarà vietata la vendita di nuove auto a benzina

o diesel. Il governo norvegese ha annunciato (anche se i dettagli non sono ancora chiari) che vieterà la vendita di mezzi con motori tradizionali a partire dal 2025. A questo proposito è interessante notare che nel mese di gennaio 2017 le vendite di auto ibride e elettriche sono state il 51,4% del totale delle auto immatricolate in Norvegia.

Anche l'India ha annunciato che vieterà la vendita di auto non elettriche già dal 2030.

Le infrastrutture per la ricarica

Uno dei motivi dei ridotti volumi di vendita delle auto elettriche è, come noto, il limitato numero delle stazioni di ricarica.

Attualmente in Europa sono disponibili circa 92.000 postazioni di ricarica pubbliche¹⁵. Alle postazioni pubbliche vanno aggiunti i punti di ricarica privati installati all'interno delle abitazioni o in aree private accessibili da utenti esterni, presenti nei parcheggi a pagamento, nei centri commerciali o presso le strutture per il tempo libero.

Ma qual è il numero ideale dei punti di ricarica e come dovrebbero essere distribuiti e con quali tempi di realizzazione?

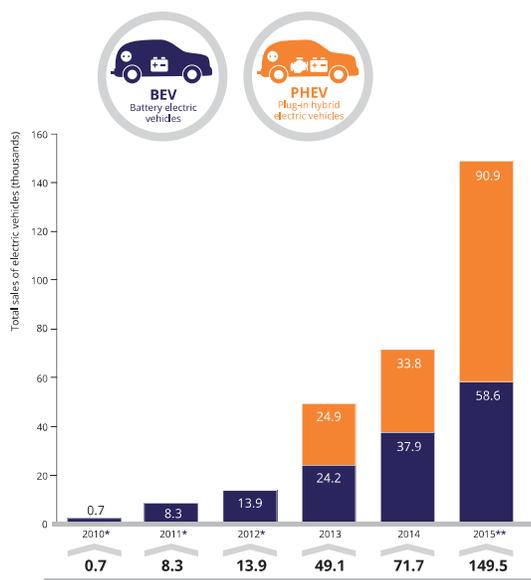
Le risposte a queste domande dipendono molto da come si svilupperà in futuro la tecnologia dei veicoli elettrici e delle relative vendite. Le vendite probabilmente non aumenteranno se l'infrastruttura dei punti di ricarica rimarrà la stessa. Tuttavia ha anche poco senso estendere in modo significativo l'infrastruttura senza tener conto di come la mobilità individuale e soprattutto il mercato dei veicoli elettrici si svilupperanno in futuro. Idealmente il mercato dei veicoli e l'infrastruttura dovrebbero crescere contemporaneamente.

La direttiva europea *L'infrastruttura dei combustibili alternativi del 2014* fornisce una stima del rapporto ideale dei punti di ricarica rispetto al numero dei veicoli elettrici: almeno un punto di ricarica pubblico ogni 10 veicoli, tenendo conto dei nuovi sviluppi dei veicoli, delle batterie e della tecnologia delle infrastrutture di ricarica e supponendo che la maggior parte dei proprietari dei veicoli elettrici dispongano di propri punti di ricarica.

Anche il documento della Commissione Europea del 2016 *La strategia europea per la mobilità a basse emissioni* evidenzia l'importanza di disporre di punti di ricarica pubblici al fine di consentire la diffusione dei veicoli elettrici.

Nella maggior parte dei paesi europei esistono solo poche migliaia di punti di ricarica pubblici, prevalentemente lenta. I Paesi Bassi conducono la classifica con una rete di oltre 23.000 postazioni pubbliche nel 2016; seguono la Germania (circa 14.000), la Francia (circa 13.000),

Figura 18



il Regno Unito (circa 11.500), la Norvegia (circa di 7.600). In fondo alla classifica, con meno di 40 stazioni di ricarica troviamo Bulgaria, Cipro, Islanda e Lituania¹⁶. Alcuni Paesi stanno rallentando l'installazione di nuovi punti pubblici di ricarica lenta, riversando una maggiore attenzione verso l'espansione di infrastrutture di ricarica rapida.

All'interno della Rete transeuropea dei trasporti (TEN-T), programma per sostenere la costruzione e il miglioramento delle infrastrutture del trasporto tra le Regioni, è prevista la distribuzione pilota di 115 punti di ricarica ad alta potenza sulle strade europee centrali, per consentire di coprire lunghe distanze dei veicoli elettrici e promuovere il trasporto sostenibile (TEN-T, 2016¹⁷).

La direttiva europea 2014/94/UE prevede la definizione di specifici piani d'azione nazionali sull'infrastruttura dei punti di ricarica e per l'installazione di un numero appropriato di punti di ricarica elettrica accessibili al pubblico entro la fine di 2020.

La prevista diffusione dei veicoli elettrici e le relative necessità di ricarica comporteranno una diretta e più significativa interazione tra il mondo della mobilità e quello dei sistemi elettrici nazionali e richiederà una diversa gestione dei flussi energetici in termini generali. Ciò anche in considerazione del maggiore rilievo assunto dall'incidenza delle fonti rinnovabili, per cui potranno assumere una certa importanza gli accumuli diffusi, incluse le batterie dei veicoli elettrici messe a disposizione quando i veicoli sono parcheggiati.

La ricarica dei veicoli elettrici in ambiente privato potrà, inoltre, essere impiegata dai possessori di impianti di produzione di media e piccola dimensione, prevalentemente fotovoltaici, per incrementare l'autoconsumo dell'energia generata in loco.

Ad oggi in Italia si contano circa 2.750 punti di ricarica per veicoli elettrici, distribuiti su circa 1.400 colonnine (fonte dati CEI-CIVES). A questi si aggiungono i punti di ricarica privati e circa 70 punti ad alta potenza (13 a Milano) e installati tra il 2013 e il 2016.

Il quadro normativo

Il quadro normativo europeo e nazionale riguardante lo sviluppo sostenibile della mobilità è quanto articolato e, soprattutto, in continua evoluzione. Ci limitiamo, pertanto, a indicare di seguito i principali contenuti del più recente riferimento normativo che disciplina anche lo sviluppo delle infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici.

Il Decreto Legislativo 16 dicembre 2016 n. 257:
Disciplina di attuazione della direttiva

2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi (GU n.10 del 13/01/2017 - Suppl. Ordinario n. 3).

Il Decreto recepisce una specifica direttiva comunitaria, la **2014/94/UE**, ed ha la finalità di ridurre la dipendenza dai combustibili di origine fossile e attenuare l'impatto ambientale dell'intero settore dei trasporti attraverso l'incremento dell'utilizzo di combustibili alternativi.

Il Decreto riguarda tutti i combustibili alternativi, intesi come *i combustibili o le fonti di energia che fungono, almeno in parte, da sostituti delle fonti fossili di petrolio nella fornitura di energia per il trasporto e che possono contri-*



buire alla sua decarbonizzazione e migliorare le prestazioni ambientali del settore trasporti. In concreto, sono l'elettricità, l'idrogeno, i biocarburanti, i combustibili sintetici e paraffinici, il gas naturale, il gas di petrolio liquefatto.

Il Decreto è attuato mediante il Quadro Strategico Nazionale (cfr articolo 3 e allegato III del Decreto) che stabilisce, tra l'altro, i tempi di realizzazione di un numero adeguato di infrastrutture per le diverse modalità di trasporto ed è articolato in quattro sezioni dedicate alla fornitura di: elettricità per il trasporto; idrogeno per il trasporto stradale; gas naturale per il trasporto e per altri usi; gas di petrolio liquefatto per il trasporto.

Per il trasporto stradale, le infrastrutture consi-

stano in punti di ricarica per i veicoli elettrici e di rifornimento di idrogeno, biocarburanti, combustibili sintetici e paraffinici, gas naturale, compresi il biometano in forma gassosa (GNC) e liquefatta (GNL) e il gas di petrolio liquefatto (GPL).

Le principali scadenze temporali fissate dal Decreto sono:

- il 2020 per i punti di ricarica per i veicoli elettrici;
- il 2025 per i punti di rifornimento dell'idrogeno e del gas naturale.

Il Decreto definisce, inoltre, le modalità e le informazioni da fornire agli utenti riguardo i veicoli e la dislocazione dei punti di ricarica e di rifornimento dei combustibili alternativi.



Per quanto riguarda i punti di ricarica, è previsto che i comuni adeguino entro il 31 dicembre 2017 i loro regolamenti in modo da prevedere che ai fini del conseguimento del titolo abilitativo edilizio gli edifici di nuova costruzione obbligatoriamente prevedano la predisposizione all'allaccio per l'installazione di punti di ricarica per veicoli elettrici.

Ai fini della diffusione dell'utilizzo del GNC, del GNL e dell'elettricità nel trasporto stradale, l'art. 18 prevede che *le pubbliche amministrazioni, gli enti e le istituzioni da esse dipendenti o controllate, le regioni, gli enti locali e i gestori di servizi di pubblica utilità per le attività svolte nelle province ad alto inquinamento di particolato PM10 di cui all'allegato IV, al momento della sostituzione del rispettivo parco autoveature, autobus e mezzi di servizio di pubblica utilità, ivi compresi quelli per la raccolta dei rifiuti urbani, sono obbligati all'acquisto di almeno il 25 per cento di veicoli a GNC, GNL e veicoli elettrici e veicoli a funzionamento ibrido bimodale e a funzionamento ibrido multimodale entrambi con ricarica esterna, nonché ibridi nel caso degli autobus.*

La percentuale è calcolata sugli acquisti programmati su base triennale a partire dalla data di entrata in vigore del Decreto (14/01/2017). Le gare pubbliche che non ottemperano a tale previsione sono nulle. Sono fatte salve le gare già bandite alla data di entrata in vigore del Decreto.

In sede di aggiornamento del quadro strategico, di cui all'allegato III del Decreto in questione, la quota di rinnovo flotte del 25 % potrà essere aumentata e potrà comprendere anche l'acquisto di veicoli a idrogeno.

L'allegato III del Decreto è costituito dal Quadro Strategico Nazionale, un corposo documento nel quale vengono illustrate, per le diverse modalità di trasporto, le politiche europee e nazionali, lo stato tecnologico, gli scenari, le misure di sostegno, l'interoperabilità a livello Europeo.

Per quanto riguarda i veicoli elettrici, il Quadro Strategico Nazionale rimanda al Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica (PNire), di cui all'articolo 17 septies della legge n. 134 del 7 agosto 2012.

Sempre riguardo il trasporto stradale, nell'allegato riferito ai veicoli alimentati con l'idrogeno (Fuel Cell Electric Vehicle) è interessante rilevare che gli scenari tra il 2020 ed il 2050 in Europa prevedono condizioni molto favorevoli per i BEV (veicoli elettrici a batteria) e per i FCEV (veicoli elettrici alimentati da celle a combustibile di idrogeno). Queste previsioni si basano:

- sulla convergenza del Costo Totale di Pro-

prietà (Total Cost of Ownership, TCO, che comprende i costi per la manutenzione e per il carburante) verso quello delle vetture dotate di motorizzazioni tradizionali ICE (Internal Combustion Engine);

- sulla valutazione delle emissioni specifiche di CO2 tra i sistemi di trazione alternativi nell'accezione WTW (Well to Wheel, dal pozzo alle ruote) comprensivi, pertanto, di tutte le emissioni generate per la produzione a partire dalla fonte energetica primaria;
- sull'aumento dell'autonomia di ambedue le tecnologie di veicoli elettrici.

Come detto, per le infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici, il DL 257 fa riferimento al **Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica** (PNire). Aggiornato l'ultima volta nell'estate 2016, il Piano ha come oggetto la realizzazione di reti infrastrutturali per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica ed i relativi interventi di recupero del patrimonio edilizio. Esso fornisce specifiche linee guida finalizzate a garantire lo sviluppo unitario del servizio di ricarica a livello nazionale, tenendo conto dell'effettivo fabbisogno presente nelle diverse realtà territoriali. Fabbisogno valutato sulla base dei profili della congestione di traffico veicolare privato, dei livelli d'inquinamento atmosferico e dello sviluppo della rete stradale urbana ed extraurbana.

Il testo prevede l'introduzione di procedure di gestione del servizio e di agevolazioni per l'ammmodernamento degli impianti, la promozione della ricerca tecnologica e la realizzazione di programmi integrati a sostegno dell'adeguamento tecnologico degli edifici esistenti. Il valore economico complessivo del progetto infrastrutturale ammonta a 72,2 milioni di euro, di cui il Ministero dei Trasporti finanzia parte degli interventi con un apposito Fondo.

Altra interessante norma riferita in modo specifico alla trazione elettrica è il regolamento emanato con il Decreto Ministeriale n° 219 del 1 dicembre 2015, pubblicato sulla GU Serie Generale n.7 del 11/01/2016: **Sistema di riqualificazione elettrica destinato ad equipaggiare autoveature M ed N1** e disciplina le procedure tecniche ed amministrative necessarie per poter sostituire il motore termico di alcune categorie di veicoli (autoveature, autobus e autocarri) con un sistema di propulsione elettrica.

Per il regolamento un sistema di riqualificazione elettrica è costituito da un motopropulsore, un pacco batterie, un'interfaccia con la rete per la ricarica del pacco batterie nonché dagli eventuali sottosistemi necessari al corretto funzionamento del veicolo trasformato.

Gli autoveicoli interessati sono quelli delle categorie M ed N1 del codice della strada:

- M, i veicoli a motore per il trasporto di persone con almeno quattro ruote (autovetture ed autobus);
- N1, i veicoli a motore per il trasporto merci con almeno quattro ruote e massa massima non superiore a 3.5 tonnellate (autocarri).

In concreto, il regolamento prevede:

- che il sistema di riqualificazione elettrica sia omologato da parte della Motorizzazione;
- che il Sistema sia installato da parte di un'impresa esercente l'attività di autoriparazione (installatore);
- che il Sistema non alteri le originarie caratteristiche del veicolo in termini di prestazioni e sicurezza;
- il preventivo nulla osta da parte del costruttore del veicolo o, in alternativa, il superamento di specifiche verifiche e prove da parte della Motorizzazione necessarie ad accertare il mantenimento del livello di sicurezza e delle prestazioni del veicolo origina-

rio nel caso in cui il Sistema richieda sostituzioni o modifiche di parti del veicolo al di fuori del sistema di propulsione stesso, ovvero di software per la gestione dei sistemi anti-bloccaggio, controllo della trazione e della stabilità del veicolo, con altri di caratteristiche diverse da quelli previsti dal costruttore.

La norma stabilisce che sui veicoli che siano stati oggetto di riqualificazione elettrica non è possibile ripristinare l'uso del motore termico. Nell'ambito del quadro normativo nazionale è utile segnalare, inoltre, il documento del maggio 2017 redatto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, dal Ministero dello Sviluppo Economico, dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e da Ricerca sul Sistema Energetico *Elementi per una roadmap della mobilità sostenibile: inquadramento generale e focus sul trasporto stradale*. Il corposo documento delinea lo stato dell'arte e le prospettive della mobilità sostenibile, con particolare riferimento al trasporto stradale.



La formula E ed il gran premio di Roma¹⁸

La trazione elettrica è presente nel motorismo sportivo da diversi anni. La tecnica ibrida è applicata in Formula 1 dal 2014 e nello stesso anno è nato il campionato mondiale di Formula E. Il prossimo 14 aprile si svolgerà a Roma su una pista di 2,8 km al quartiere dell' Eur il primo Gran Premio per vetture elettriche ospitato in Italia, valevole per la serie FIA (Federazione Internazionale dell'Automobile).

Giunto alla sua quarta edizione, il Campionato FIA FE prevede quest'anno quattordici corse, tutte su circuiti cittadini, nelle più importanti capitali: New York, Londra, Parigi, Santiago del Cile, Città del Messico, Montreal, e ancora Honk Kong, Marrakesch. In calendario anche Zurigo, ed è un altro avvenimento epocale, visto che in Svizzera dal 1954 c'era il divieto di correre in circuito.

La Formula E sta ribaltando perplessità e paletti. A Roma, dove l'ultimo Circuito di Caracalla risale al 1951, ci sono stati diversi tentativi di organizzare un Gran Premio in città, seguendo l'esempio di Montecarlo, e quello recente di Baku. Di tutti questi progetti non se ne è fatto nulla.

Invece l'e-prix del 14 aprile sembra aver messo tutti d'accordo. Il forte messaggio che ne deriva in termini di elettrificazione al 100% e di impatto zero sono gli elementi vincenti di uno spettacolo unico, capace di interessare anche il pubblico meno appassionato.

Le macchine, che derivano dall'iniziale monoposto Dallara, simile a quelle della Formula Indy, con strutture che impediscono eventuali agganci, sono belle e sicure, il livello di piloti alto. Lucas Di Grassi e Sébastien Buemi, che hanno vinto le prime tre stagioni, arrivano dalla F1, dove è difficile rimanere anche a dispetto dei risultati, se non si dispone di adeguati sponsor. Pure in F1 hanno corso Jean-Eric Vergne, Nick Heidfeld, Nelson Piquet jr, Jerome D'Ambrosio, Esteban Gutierrez. Il gruppo è completato dal tre volte campione del mondo del WTCC José Maria Lopez, Nicolas Prost e altri ancora.

Di monoposto spinte da un motore elettrico si è cominciato a parlare concretamente nel 2010. In realtà quest'ultima non è una novità assoluta per il motorsport.

Nell'ambito dei Gran Premi "dimostrativi" destinati alle vetture elettriche e solari tra fine anni



ottanta e inizio novanta, dove si misuravano prototipi abbastanza particolari o vetture "normali" come le Panda, con cui girò lo stesso Alain Prost all'epoca della sua militanza in Ferrari, Renault aveva presentato la Electro Campus, in pratica l'omonima monoposto addestrativa, dotata di un motore Siemens asincrono a comando vettoriale, capace di 170 km/h. Si trattava per la verità di un veicolo puramente sperimentale, che poi non ha avuto ulteriori sviluppi, e la Formula Campus ha percorso tutta la sua carriera internazionale con il solo motore benzina.

Stesso destino anche per la FORMULEC la EF01, nata da un progetto di SEGULA Matra Technologies, branca automobilistica del gruppo francese. Si trattava di una monoposto a trazione interamente elettrica, equipaggiata con due motori Siemens, cambio Hewland a due marce, e batterie agli ioni di litio della SAFT, con prestazioni simili a una F3 (vettura monoposto con motore due litri con circa 250 CV), a partire da una velocità di 250 km/h e un'accelerazione da 0 a 100 km/h in 3 secondi. Ma dopo una serie di test e presentazioni anche Formulec non va in porto.

A questo punto, nel 2012 interviene la FIA. Il concetto di monoposto elettrica viene promosso dal Presidente Jean Todt per dimostrare il potenziale della mobilità sostenibile. Su queste basi nasce una struttura guidata da Alejandro Agag, un industriale spagnolo, genero del Primo Ministro Aznar, già impegnato nelle corse come team-owner.

Un lungo lavoro di messa a punto, che coinvolge il meglio a livello tecnologico, come Williams, McLaren, Michelin e Dallara, e nel mese di settembre del 2014 si corre il primo e-prix a Beijing. In griglia ci sono 20 vetture schierate dai team Andretti, Audi Sport ABT, Renault, Virgin, e tra i piloti Bruno Senna, Nelson Piquet Jr e Nicolas Prost, che vincerà la gara.

Per la prima stagione tutti i team impiegano lo stesso tipo di vettura e di motore prodotto dalla McLaren Electronic Systems, che fornisce anche l'elettronica e il cambio. La stagione seguente diviene libera la tecnologia del motore. Sette costruttori realizzano nuove soluzioni per i motori elettrici, inverter e cambio, e la Formula E comincia a ispirare lo sviluppo delle automobili di serie.

Il cambio dal 2015 è libero e la scelta dei team



è molto varia, dal 5 marce al due marce. Il regolamento prevede un massimo di 2 MGU (Motor Generator Unit), collegate con l'asse posteriore. Per quanto riguarda le prestazioni l'accelerazione 0-100 km/h è circa 3 secondi e la velocità massima 230-240 km/h.

Il telaio in carbonio e kevlar è fornito dall'italiana Dallara, le batterie al litio dalla Williams. Il peso è fissato in 880 kg per l'intera vettura e 230 kg per le batterie.

Il format di gara prevede la formazione della griglia senza giro di formazione e la partenza da fermo. La durata è di circa 50 minuti, con una sosta obbligatoria per il cambio vettura. In configurazione gara la potenza è limitata a 170 kW, ma i primi tre piloti votati dal pubblico hanno a disposizione tre fan-boost di 100 kJ extra

di energia in una finestra compresa tra 180 e 200 kW. A Roma vedremo tuttavia delle Formula E un po' diverse da quelle iniziali, con una potenza in qualifica di 220 kW e potenza massima disponibile in gara 180 kW, i telai Spark Racing Technology, che s'è aggiudicata la fornitura per un biennio.

Ma siamo ancora all'inizio!

Come è noto sono già presenti Renault che appoggia il team DAMS, campione nei primi due campionati con Sébastien Buemi, Audi Motorsport rappresentata da ABT, Citroën-DS con il team Virgin, Mahindra, ed ora pronto al debutto Jaguar Racing, mentre hanno confermato il loro interesse BMW e Porsche. Insomma arrivano i grandi costruttori e la Formula E diventerà un vero campionato.



Note

- 1 European Environment Agency. www.eea.europa.eu/themes/transport.
- 2 Fonte dati Elementi per una roadmap della mobilità sostenibile. Inquadramento generale e focus sul trasporto stradale. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare; Ministero dello Sviluppo Economico; Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; RSE Ricerca Sistema Energetico. Maggio 2017.
- 3 Cfr nota 1.
- 4 Cfr nota 1.
- 5 Annuario Statistico 2017, Consistenza parco autoveicoli secondo l'alimentazione e la cilindrata al 31/12/2016.
- 6 Cfr nota 5.
- 7 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Centro Elaborazione dati, Mercato del Nuovo anno 2015.
- 8 Cfr nota 7.
- 9 Cfr nota 7.
- 10 Parte delle informazioni sono tratte da Nigel Burton: A history of electric cars, 2013.
- 11 Figura tratta da Electric Vehicles in Europe, European Environment Agency. Report No 20/2016.
- 12 L'auto 2016. Sintesi statistica. UNRAE (Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri).
- 13 Figura tratta da Electric Vehicles in Europe, European Environment Agency. Report No 20/2016.
- 14 Fonte dati EAFO (European Alternative Fuels Observatory).
- 15 Fonte dati EAFO (European Alternative Fuels Observatory), 2016.
- 16 Fonte dati EAFO (European Alternative Fuels Observatory), 2016.
- 17 Infrastructure TEN-T Connecting Europe. [//ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure_en](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure_en).
- 18 Le foto sono tratte da AUDI MEDIA CENTER -MEDIA DS PERFORMANCE - RENAULT PRESSE.

