

Per una transizione energetica eco-razionale della mobilità automobilistica

Valutazione del caso italiano

Ringraziamenti

Lo studio è stato realizzato grazie al lavoro congiunto dell'ACI del CNR-DIITET, dell'ENEA e della Fondazione Filippo Caracciolo. Un sentito ringraziamento va a tutti gli autori che hanno contribuito alla realizzazione del volume:

Per l'ACI:

Antida Aversa
Marco Cilione
Luigi Di Matteo

Per l'ENEA:

Bruno Baldissara
Cristian Chiavetta
Laura Cutaia
Antonino Genovese
Maria Lelli
Gabriella Messina
Pierluigi Porta
Maria Pia Valentini

Per il CNR-DIITET:

Carlo Beatrice
Clemente Capasso
Livia Della Ragione
Giovanni Meccariello
Gianpaolo Vitale

Per la Fondazione Filippo Caracciolo:

Oliviero Baccelli
Federica Cossu
Andrea Fiacco
Chiara Ronzoni
Francesco Ciro Scotto

Si ringrazia, infine, Vito Mauro, componente del Comitato scientifico dalla Fondazione, per il costante lavoro di guida, confronto e orientamento nonché gli altri componenti: Ennio Cascetta (presidente), Francesco Russo, Roberto Zucchetti e Stefano Zunarelli per le osservazioni e i preziosi suggerimenti formulati nel corso dei lavori.

Novembre 2019

© 2019 Fondazione Filippo Caracciolo

ISBN 9788832245011

“È difficile fare previsioni, soprattutto sul futuro”

Frase attribuita a Niels Bohr¹

¹ Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962), fisico danese, premio Nobel per la fisica.

| | |
|--|-----------|
| INTRODUZIONE | 9 |
| 1. I CAMBIAMENTI ENERGETICI GLOBALI, EUROPEI E NAZIONALI | 13 |
| 1.1 Premessa | 13 |
| 1.2 La domanda di energia primaria | 14 |
| 1.3 Il mix energetico | 16 |
| 1.4 Emissioni di CO ₂ : dati storici e traiettorie di breve-medio periodo | 17 |
| 1.5 Andamento del settore trasporti: dati storici e traiettorie di breve-medio periodo | 19 |
| 1.5.1 Consumi di energia nel settore trasporti | 19 |
| 1.5.2 Andamento delle emissioni settoriali | 20 |
| 1.5.3 Il contributo virtuoso dei trasporti ai processi di decarbonizzazione | 23 |
| 2. LA MOBILITÀ SU GOMMA NEL CONTESTO EUROPEO E NAZIONALE | 25 |
| 2.1 Premessa | 25 |
| 2.2 La domanda di trasporto in Europa | 25 |
| 2.2.1 Economia e trasporti | 25 |
| 2.2.2 Trasporto passeggeri | 26 |
| 2.3 I trasporti in Italia | 29 |
| 2.3.1 Le connessioni fra economia e trasporti in Italia | 29 |
| 2.3.2 Le caratteristiche del parco autoveicoli | 31 |
| 2.3.3 Gli spostamenti urbani verso la mobilità attiva | 34 |
| 2.3.4 Gli spostamenti e le caratteristiche del parco autoveicoli nei grandi comuni italiani | 35 |
| 2.3.5 Mia carissima automobile | 36 |
| 3. I SISTEMI DI PROPULSIONE. EVOLUZIONI E PROSPETTIVE DI SVILUPPO | 39 |
| 3.1 Premessa | 39 |
| 3.2 I veicoli elettrici | 39 |
| 3.3 Architetture ibride per la propulsione | 42 |
| 3.4 La trazione con motori termici | 43 |
| 3.4.1 Stato dell'arte delle tecnologie e sviluppi dei motori ad accensione comandata | 44 |
| 3.4.2 Stato dell'arte delle tecnologie e sviluppi futuri dei motori ad accensione per compressione (Diesel) 47 | |
| 4. LE EMISSIONI DI CO₂ “DALLA CULLA ALLA TOMBA” | 51 |
| 4.1 Premessa | 51 |
| 4.2 Valutazione LCA nella letteratura dal 2012 ad oggi | 55 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.3 | Considerazioni finali sull'analisi LCA | 63 |
| 5. | LA VIA ITALIANA DELLA DECARBONIZZAZIONE DELLA MOBILITÀ. GLI SCENARI POSSIBILI | 65 |
| 5.1 | Premessa | 65 |
| 5.1.1 | Gli indirizzi europei e le politiche nazionali e locali per la transizione energetica nei trasporti | 66 |
| 5.2 | I criteri per la definizione degli scenari | 69 |
| 5.3 | Le previsioni di diffusione dei veicoli ecosostenibili | 71 |
| 5.3.1 | Scenari di penetrazione dei veicoli elettrici | 71 |
| 5.3.2 | Previsioni sulla consistenza del parco autoveicoli alimentate a gas | 76 |
| 5.4 | Considerazioni preliminari e metodologiche sugli scenari previsionali | 77 |
| 5.4.1 | La valutazione delle performance energetiche ed ambientali delle autoveicoli | 77 |
| 5.4.2 | La valutazione delle performance energetiche ed ambientali dei servizi di trasporto collettivo | 81 |
| 5.4.3 | La valutazione delle emissioni di gas serra della fase dal pozzo al serbatoio (WTT) dei vettori energetici | 81 |
| 5.4.4 | La valutazione dei volumi di traffico | 83 |
| 5.5 | Elementi distintivi dei tre scenari | 83 |
| 5.5.1 | Scenario di Programma | 83 |
| 5.5.2 | Scenario Tecnologico accelerato | 87 |
| 5.5.3 | Scenario di Mobilità sostenibile | 90 |
| 5.6 | Confronto degli scenari | 93 |
| 5.6.1 | Sintesi degli scenari | 93 |
| 5.6.2 | Emissioni di CO ₂ dal pozzo alla ruota (WTW) | 94 |
| 5.6.3 | Consumi di carburanti ed energia elettrica in fase d'uso (TTW) | 95 |
| 6. | PER UNA TRANSIZIONE ECORAZIONALE. VALUTAZIONE SOCIO ECONOMICA DEI DIVERSI SCENARI EMISSIVI | 97 |
| 6.1 | Introduzione e obiettivi dell'approfondimento | 97 |
| 6.2 | I trend europei in tema di motorizzazione dei veicoli | 99 |
| 6.3 | La filiera del settore automotive in Italia: numeri chiave della rilevanza economica e trend industriali | 106 |
| 6.4 | La rete dei distributori di carburanti: numeri chiave e prospettive | 114 |
| 6.5 | Gli effetti sui costi di manutenzione e sulle autofficine | 120 |
| 6.6 | I potenziali effetti sulla fiscalità derivanti dalla evoluzione delle motorizzazioni | 121 |
| 6.7 | Il ruolo dei contributi pubblici per il sostegno all'evoluzione delle motorizzazioni negli scenari Tecnologico accelerato e di Mobilità sostenibile | 127 |

| | |
|--|------------|
| CONCLUSIONI | 135 |
| Dall'osservazione alla valutazione ecorazionale | 135 |
| L'importanza di considerare l'intero processo emissivo | 135 |
| Conoscere per deliberare | 136 |
| Gli scenari emissivi | 136 |
| L'industria automobilistica al 2030 | 138 |
| “Dietro un problema si nasconde un’opportunità” (G.Galilei) | 139 |
| Verso un modello di officine smart e a domicilio | 140 |
| Riduzione delle emissioni ed equilibrio finanziario, i termini di un difficile compromesso | 141 |
| Quadro regolatorio di ampio respiro per la neutralità tecnologica | 142 |
| Una politica ispirata all’ambiente e alla sicurezza | 142 |
| Il vantaggio dell’Italia e della sua industria nella lotta ai cambiamenti climatici | 143 |
| La centralità della ricerca | 144 |
| Una nuova cultura dei trasporti urbani | 145 |
| Il paradosso di una mobilità pulita e inaccessibile | 146 |
| L’energia del vicino è sempre più verde: il caso metano | 146 |
| Una politica europea ecorazionale basata sull’esempio e sulla creatività | 147 |
| APPENDICE | 149 |
| BIBLIOGRAFIA | 155 |
| INDICE TABELLE | 163 |
| INDICE FIGURE | 165 |
| GLOSSARIO | 169 |

Introduzione

L'ambiziosa sfida di riduzione delle emissioni di gas serra lanciata dall'Europa e, prima ancora, il buon senso civico e morale di offrire il proprio contributo di idee e di conoscenze al dibattito sulle possibili azioni da intraprendere per contrastare l'impatto ambientale dei trasporti, e in particolare delle autovetture, ha spinto l'ACI, nel 2017, a dedicare il suo più importante appuntamento annuale, la 72^a Conferenza del Traffico e della Circolazione, al tema dell'evoluzione energetica nei trasporti, invitando i principali operatori del settore, esperti nazionali e internazionali e istituzioni a rispondere alla difficile domanda: "quali energie muoveranno i trasporti?".

In tale occasione, tutti i partecipanti concordarono sull'opportunità di avviare un confronto tematico sulle prospettive di sviluppo dell'energia nei trasporti. Fu avvertita dai diversi operatori la necessità di un coordinamento centrale e l'opportunità di definire dei punti fermi e delle linee di indirizzo che non potessero essere considerate ideologiche, demagogiche o parziali.

Questo delicato compito ha preso la forma di un osservatorio permanente, promosso dall'ACI e coordinato dalla Fondazione Caracciolo, che ha visto la partecipazione dei principali operatori del processo evolutivo in atto (dal settore automotive a quello energetico e della ricerca). Il nome, "Muoversi con energia", ne ha delimitato il tema, ma ha anche – ci piace pensarla così – scandito un ritmo serrato di incontri, relazioni, approfondimenti che, nel corso degli ultimi due anni, hanno portato alla stesura di una relazione finale che la Fondazione Caracciolo ha presentato nel luglio scorso.

Il documento si è posto il difficile e delicato obiettivo di far sintesi di posizioni talvolta distanti, cercando, ove possibile, di individuare opinioni condivise e questioni ancora aperte. Merito del lavoro è stato anche quello di rilevare alcune lacune conoscitive legate, ad esempio, alla valutazione LCA (*Life Cycle Assessment*) dei livelli emissivi degli autoveicoli e, di fondamentale importanza, alla stima degli impatti economici e sociali che potranno determinarsi in virtù dei cambiamenti in atto.

Oltre a ribadire più volte l'urgenza di irrobustire la base conoscitiva su cui poggiare le future scelte di policy, nel corso dei lavori, la Fondazione Caracciolo, l'ENEA e il CNR hanno anche avviato un percorso di ricerca finalizzato ad offrire alcune iniziali risposte ai quesiti e alle tematiche rimaste aperte nel corso degli incontri dell'Osservatorio. Il presente studio rappresenta una ulteriore tappa di questo percorso, con il quale si è provato a valutare per l'Italia alcune "strategie possibili per una transizione ecorazionale² della mobilità privata".

² Carteni A. e Cascetta E. (2013) Eco-rationality and the "false friends" of sustainable mobility, in Environment, land use and transportation systems, Selected papers; a cura di A. Cappelli, A. Libardo e S. Nocera. Collana Trasporti, Franco Angeli srl, Milano; pp. 209-220. ISBN: 978-88-204-5655-9.

Una ricognizione degli impatti economici delle trasformazioni in atto e delle misure di policy necessarie a gestire il processo in atto ha richiesto una serie di approfondimenti preliminari sulle traiettorie di sviluppo energetico tendenziale, sulle caratteristiche della mobilità, sui principali campi di applicazione della ricerca sui sistemi di propulsione, sulle valutazioni emissive dell'intero ciclo di vita e, infine, sulla definizione e quantificazione degli scenari emissivi.

Le valutazioni sono state effettuate in chiave storica e prospettica, prendendo a riferimento come orizzonte temporale il 2030, anno relativamente vicino per rendere attendibili i dati di input, ma anche sufficientemente lontano per fornire ai decisori pubblici le opportune indicazioni di policy in tempo utile per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Nello specifico, nel primo capitolo è contenuta una ricognizione analitica dei dati storici e degli scenari previsionali sull'evoluzione energetica mondiale, europea e nazionale presentati nei più recenti studi di settore. Questo sforzo, oltre a costituire una ragionata introduzione al lavoro, ha il pregio di sintetizzare le diverse posizioni presenti in letteratura e di definire, sin nelle premesse del documento, la forbice delle possibili traiettorie energetiche.

Per garantire nel contempo completezza e semplicità di lettura, il complesso tema degli sviluppi energetici è stato affrontato in modo sintetico nel primo capitolo del lavoro. Entrambe le sezioni seguono il medesimo ordine di presentazione degli argomenti. In particolare, i diversi temi dell'evoluzione dei consumi di energia, dell'intensità energetica, dei livelli di emissioni di CO₂, del ruolo delle fonti rinnovabili nei processi di decarbonizzazione, dello specifico contributo che i trasporti avranno nel determinare le evoluzioni previste sono stati analizzati ipotizzando uno scenario di evoluzione tendenziale ed uno o più scenari caratterizzati da un forte impegno dei governi centrali teso a ridurre le emissioni previste.

Le analisi condotte hanno posto l'accento sul contributo dei trasporti ai consumi energetici e sull'importanza di adottare misure dedicate funzionali al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione. Nell'ottica di poter correlare, pertanto, le considerazioni sulle traiettorie di sviluppo energetico analizzate nel primo capitolo con i cambiamenti del comparto e con possibili interventi, si è ritenuto opportuno dedicare il secondo capitolo all'analisi di dettaglio delle caratteristiche della mobilità, in particolare, europea e nazionale.

Nella scelta delle variabili quantitative e qualitative che concorrono a determinare la domanda energetica, si è scelto di approfondire a livello urbano e interurbano il tema della ripartizione modale e delle misure tese a indirizzare le scelte individuali verso forme più sostenibili e dal minor impatto climalterante. Nel contempo, nel secondo capitolo è stata fornita una fotografia storica e attuale del parco veicolare. La descrizione dei fenomeni causali che hanno determinato l'evoluzione della composizione del parco veicolare è stata accompagnata da una riflessione sugli andamenti economici degli ultimi 20 anni, sulla spesa delle famiglie per i trasporti e sul costo economico associato a quello ambientale. Le analisi

di confronto del costo dell'auto nelle diverse motorizzazioni (termica ed elettrica), funzionale a valutare i potenziali contraccolpi sul tema dell'accessibilità e dell'esclusione sociale nei trasporti, sono state realizzate tenendo conto non solo del prezzo d'acquisto ma anche di quelli di gestione a lungo termine, nell'intero ciclo di vita (TCO – Total Cost of Ownership).

La dettagliata rappresentazione del parco veicolare suddivisa per tipologia di alimentazione e classe di Euro ha consentito di avere una percezione immediata dei livelli attuali di emissione allo "scarico". Nell'ottica di compiere una valutazione il più possibile completa (basata sull'intero ciclo di vita) e prospettica dei livelli emissivi futuri (al 2030) si è reso necessario approfondire due ulteriori argomenti: da un lato, tenuto conto del progressivo sviluppo che i sistemi di propulsione hanno avuto negli ultimi anni, si è cercato di comprendere, attraverso un'analisi qualitativa, quali saranno le principali tappe di sviluppo tecnologico dei motori e dei sistemi di accumulo dei prossimi anni, dall'altro la semplice lettura dell'impatto climalterante dei diversi sistemi di propulsione "allo scarico" è stata integrata attraverso una valutazione di Life Cycle Assessment (LCA) secondo l'approccio "cradle to grave" ("dalla culla alla tomba").

Tale valutazione consente di stimare le emissioni che un veicolo produce nel suo intero ciclo di vita e quindi anche di calcolare la quantità di CO₂ che viene emessa durante la fase di realizzazione del veicolo o di generazione dell'energia elettrica. L'analisi sullo sviluppo dei sistemi di propulsione è contenuta nel terzo capitolo. Il quarto è invece dedicato alla valutazione di Life Cycle Assessment dei diversi sistemi di propulsione.

Le analisi sul parco circolante, considerate in funzione dell'evoluzione tecnologica e dell'impatto misurato sull'intero ciclo di vita, unite alla descrizione delle caratteristiche della domanda di mobilità, valutati nella prima parte del lavoro, sono stati gli elementi su cui si è fondata l'analisi dei possibili Scenari emissivi contenuti nel quinto capitolo. In particolare, in questa sezione del lavoro, si è cercato di stimare alcune ipotetiche alternative emissive applicate ai trasporti. Per compiere questa valutazione si è fatto ricorso ad una metodologia complessa che tiene conto di una molteplicità di fattori fra cui: l'evoluzione delle scelte individuali di sostituzione del parco, in termini di età e tipologia di propulsione; il miglioramento dei motori e la conseguente riduzione dei livelli emissivi; la ripartizione delle percorrenze scalata in funzione dell'età del parco; le possibili modifiche nella ripartizione modale degli spostamenti derivanti da un incremento di utilizzo del mezzo pubblico o dal processo di digitalizzazione dei trasporti e dalla diffusione di forme di mobilità condivisa sul modello del *mobility as a service* (MAAS).

Da un punto di vista metodologico, si è provveduto in prima battuta a stimare le emissioni che potrebbero prodursi in uno *scenario Tendenziale* (o di "Programma") legato all'evolversi dell'innovazione tecnologica sulla base delle indicazioni europee e normative in atto al 2018. Si è successivamente valutata la coerenza dei risultati ottenuti con i programmi di riduzione delle emissioni previsti dall'agenda comunitaria. Sul delta rilevato, sono stati stimati due *scenari di progetto* tesi a riportare i livelli emissivi nel perimetro degli impegni comunitari.

Il primo, definito di *“evoluzione tecnologica accelerata”*, ha immaginato un’accelerazione *“guidata”* del processo di sostituzione dei veicoli e un orientamento nelle scelte individuali a vantaggio di modelli meno inquinanti, il secondo, definito di *“mobilità sostenibile”*, ha immaginato una modifica delle scelte individuali verso forme di mobilità collettiva o condivisa, frutto di un efficientamento o di un’implementazione dei servizi alternativi all’auto privata.

Il sesto capitolo ha avuto, infine, l’obiettivo di collegare gli scenari emissivi rilevati nel quinto capitolo con quelli economici e sociali attraverso una lettura degli effetti che i possibili interventi, atti a raggiungere gli obiettivi emissivi previsti, potrebbero avere sull’industria automobilistica; sul mercato del lavoro in termini di riduzione, aumento o riconversione della forza lavoro; sui servizi associati alla mobilità e sulla domanda, (mobilità privata e TPL); sulle entrate fiscali.

Merito di questa ultima sezione della ricerca è quello di valutare i possibili contraccolpi che il Paese dovrà affrontare in termini di salvaguardia dei livelli occupazionali o di corretta gestione dei conti pubblici, aspetti non trascurabili sui quali appare necessario ragionare sin da oggi, per prendere decisioni, appunto, *“ecorazionali”*.

Va infine sottolineata la profonda incertezza sul futuro prossimo della transizione energetica, connesso a fattori quali: la particolare combinazione di fonti di energia privilegiate per i trasporti, l’evoluzione delle tecnologie dei motori elettrici e di quelli a combustione interna, le modalità di uso dell’auto, i modelli di mobilità, la poco prevedibile reazione del mercato a tutte le scelte effettuate. Lo studio ci mostra inoltre come la ricerca non abbia ancora raggiunto conclusioni coerenti sulle emissioni di CO₂ nel corso del ciclo di vita dei veicoli e sulle soglie di percorrenza chilometriche che oggi per alcuni renderebbero più *“conveniente”* l’auto elettrica rispetto a quella a combustione. Per questo appare necessario ragionare per scenari, senza pensare di poter individuare un solo *“futuro”*, e dunque monitorare nel tempo tutti i fenomeni rilevanti al fine di *“aggiustare la rotta”* man mano che si manifestino variazioni nei diversi parametri chiave nel complesso sistema socio-economico-tecnologico di cui stiamo trattando.

1. I cambiamenti energetici globali, europei e nazionali

1.1 Premessa

L'ambizioso obiettivo di definire, seppur in modo approssimato, gli impatti economici e sociali delle profonde trasformazioni in atto nel settore dell'energia, non può prescindere da una ricognizione preliminare sull'evoluzione globale e locale della domanda di energia primaria, sul mix di fonti energetiche adoperate per generarla, sull'evoluzione delle emissioni di CO₂, nonché sui consumi di energia nel settore dei trasporti.

Il capitolo farà riferimento, da un lato, all'analisi dei dati storici, e dall'altro, alla descrizione di alcune tra le possibili traiettorie di sviluppo energetico per i prossimi venti-trenta anni.

Per quanto riguarda le proiezioni, si descriveranno i principali risultati di alcuni scenari disponibili in letteratura. Ciascuno degli scenari esaminati rientra in una delle seguenti macro-categorie:

- **scenari di riferimento** (o tendenziali) - rappresentano evoluzioni del sistema energetico analizzato basate sull'attuale quadro normativo vigente, una evoluzione quindi neutrale dal punto di vista della diffusione di tecnologie più performanti, ricorso a fonti di energia rinnovabili, contenimento dei gas serra;
- **scenari di policy** (o di intervento) – rappresentano invece delle evoluzioni del sistema energetico analizzato alternative a quelle tendenziali, che traggono il raggiungimento di obiettivi di contenimento delle emissioni più o meno stringenti, prevedendo una maggiore diffusione delle fonti energetiche rinnovabili (FER) e tecnologie e soluzioni per il contenimento di consumi ed emissioni.

Per il contesto globale ed europeo sono stati riportati i risultati di sei scenari, due di riferimento e 4 di intervento, tre realizzati dal JRC³ e tre dalla IEA⁴. Nei grafici che seguiranno gli scenari saranno indicati in legenda nel modo seguente: REF-JRC (scenario di riferimento elaborato da JRC), REF-WEO (scenario di riferimento elaborato da IEA), ACT-JRC e ACT+JRC (scenari di intervento elaborati da JRC), ACT-WEO e ACT+WEO (scenari di intervento elaborati da IEA).

Per l'Italia, si è fatto riferimento a cinque scenari, tre elaborati dalla Commissione UE, di cui uno di riferimento (REF PRIMES⁵) e due di intervento (ACT PRIMES e ACT+PRIMES⁶) e due delineati nel recente Piano Nazionale integrato per l'Energia e il Clima (PNiEC), di cui uno di riferimento (REF PNiEC) e l'altro di intervento (ACT PNiEC).

³ Fonte: Joint Research Centre (JRC), "Global Energy and Climate Outlook 2018", 2018.

⁴ Fonte: International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook 2018", 2018.

⁵ Fonte: CE, "EU Reference Scenario 2016- Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050", 2016.

⁶ Fonte: CE, "Technical report on Member State results of the EUCO policy scenarios", 2016.

1.2 La domanda di energia primaria

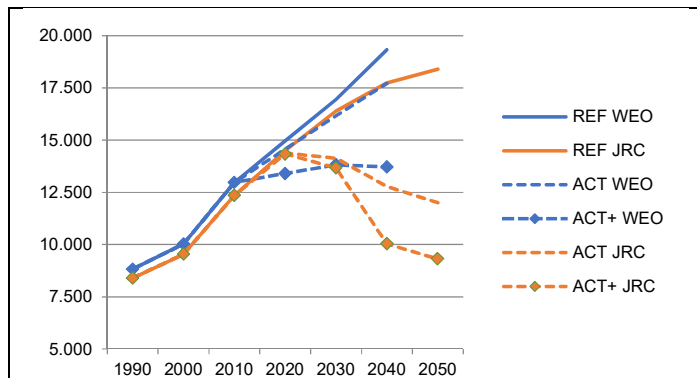


Figura 1 Consumi di energia primaria, World (Mtep)

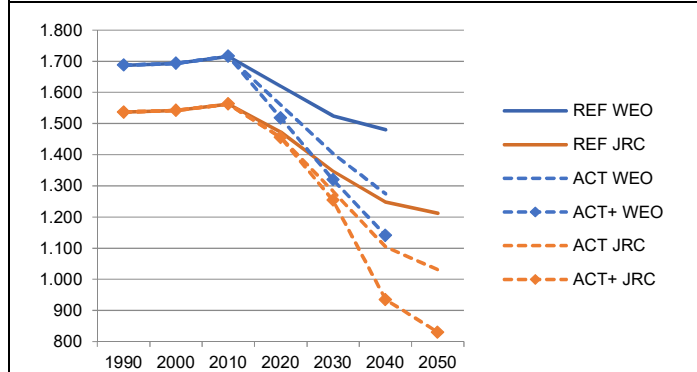


Figura 2 Consumi di energia primaria, UE28 (Mtep)

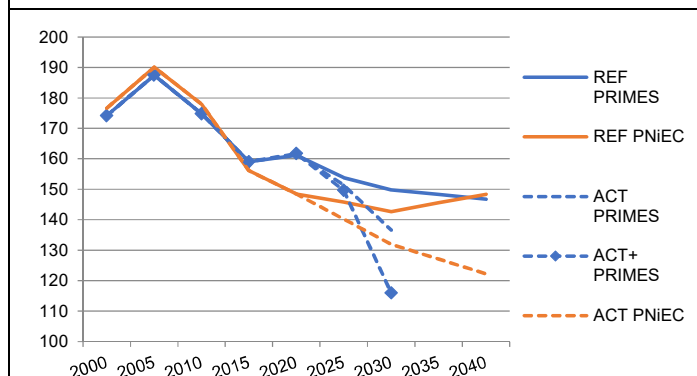


Figura 3 Consumi di energia primaria, Italia (Mtep)

La domanda mondiale di energia primaria è aumentata nel corso del ventennio 1990-2010 di quasi il 50% (Figura 1). Anche nel decennio in corso la richiesta di energia ha proseguito su tale trend, in primis per la crescente richiesta di energia proveniente dalle economie emergenti e per la crescita della popolazione mondiale.

Nel medesimo periodo i consumi di energia nell'Europa a 28 sono rimasti invece sostanzialmente stabili, pari a circa 1,5Gtep.

In Italia, il fabbisogno di energia primaria si è mosso, dai livelli massimi del 2005, lungo un trend di riduzione costante⁷ (fino al 2014) ad un ritmo particolarmente sostenuto negli anni della crisi economica⁸.

Successivamente il sistema nazionale ha poi proseguito su una tendenza opposta, di moderata crescita (circa l'1% medio annuo fino al 2018).

Per quanto riguarda le proiezioni, a livello mondiale la richiesta di energia è attesa in aumento anche nei prossimi venti-trenta anni, proseguendo quindi il trend di crescita degli anni passati, con una domanda di energia che al 2040 potrebbe raggiungere i 18-19Gtep.

Diverso invece il discorso europeo e nazionale. Dato il quadro normativo vigente, anche in assenza di nuove politiche di contenimento dei consumi, il fabbisogno di energia in Europa

⁷ Fonte: MiSE "Bilancio Energetico nazionale".

⁸ Tale trend è stato particolarmente rapido negli anni della crisi economica (-3% m.a tra il 2010 ed il 2014). A partire dal 2015 il sistema energetico nazionale ha poi proseguito su una tendenza opposta, di moderata crescita: nel corso del biennio 2015-2016, la domanda di energia primaria è infatti complessivamente aumentata rispetto ai valori minimi del 2014 (a fine 2016 +1%), così come nel 2017 (+1,2% rispetto al 2016). Secondo le stime preliminari ENEA anche nel 2018 i consumi di energia primaria sarebbero in aumento (+1% sul 2017).

è atteso in lieve riduzione nei prossimi anni, al 2040 tra il 15% ed il 20% in meno rispetto ai livelli del 2010. Allo stesso modo a livello nazionale, nonostante le recenti tendenze in atto, anche in assenza di nuove politiche di contenimento dei consumi, il fabbisogno di energia primario è atteso in lieve riduzione nei prossimi decenni: al 2040 tra i 147-148 Mtep (-0,3% medio annuo tra il 2015-2040).

Sia a livello globale che europeo, per raggiungere gli ambiziosi target di decarbonizzazione previsti dagli scenari di policy, la domanda di energia dovrebbe tuttavia evolvere in maniera decisamente diversa da quella prospettata nelle evoluzioni tendenziali:

- a livello mondiale (Figura 1) su traiettorie di crescita molto più moderate (scenario ACT+ WEO) o addirittura di riduzione (scenario ACT+ JRC), in netto calo comunque rispetto agli scenari di riferimento (tra il 30% e il 40% in meno nel 2040);
- su scala europea (Figura 2) gli scenari più ambiziosi prospettano sostenute contrazioni della domanda di energia primaria, -25% rispetto alle evoluzioni tendenziali al 2040;
- a livello nazionale (Figura 3), secondo lo scenario ACT PNIEC, la contrazione della domanda di energia dovrebbe procedere ad un ritmo dell'1% medio annuo tra il 2015-2040, quindi il 17% in meno rispetto all'evoluzione tendenziale nel 2040.

1.3 Il mix energetico

Oltre alla riduzione della domanda di energia, per raggiungere i target di decarbonizzazione del sistema energetico previsti negli scenari di intervento è necessario un profondo mutamento dell'attuale mix energetico a favore delle fonti rinnovabili (FER).

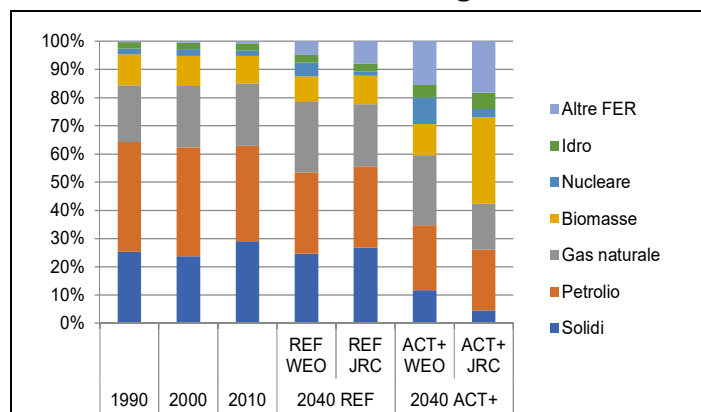


Figura 4 Consumi di energia primaria per fonte, Word (%)

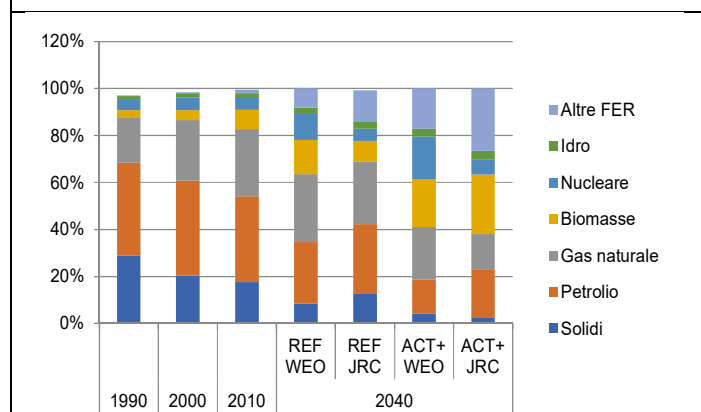


Figura 5 Consumi di energia primaria per fonte, UE28 (%)

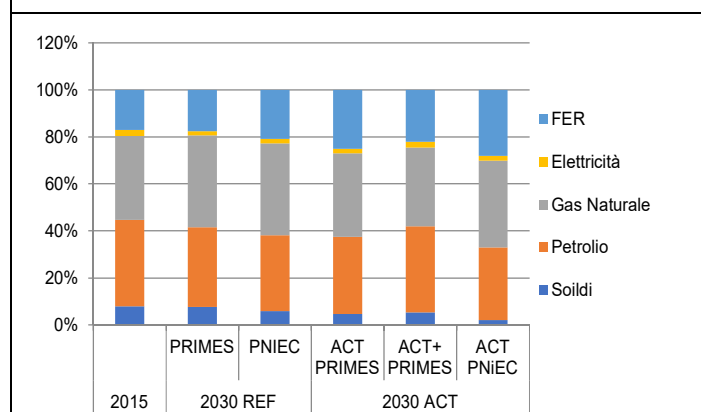


Figura 6 Consumi di energia primaria per fonte, Italia (%)

A livello globale (Figura 4) la quota di FER, pari a circa il 15% dal 1990 al 2010 (circa 1,5Gtep al 2010), negli scenari di policy è attesa in aumento fino a coprire nel 2040 tra il 30% ed il 55% del totale fabbisogno di energia primaria⁹. Per le rinnovabili destinate alla generazione elettrica, gli scenari di policy prospettano al 2040 un raddoppio della produzione idroelettrica (circa 600Mtep) rispetto ai livelli del 2010. In termini relativi, sono le altre FER, tra cui solare ed eolico in primis, a crescere in maniera più sostenuta, passando dai circa 100Mtep del 2010 ad oltre 1,8Gtep negli scenari di policy, mentre nelle proiezioni di riferimento la diffusione si ferma tra 1 ed 1,4Gtep.

In Europa (Figura 5) la quota di FER, pari a circa il 12% nel 2010 (circa 180Mtep), è in aumento negli scenari ACT+ fino ad arrivare a coprire nel 2040 tra il 41% ed il 56% del totale fabbisogno di energia primaria di quell'anno. In forte aumento il ricorso a biomasse e biocarburanti. Nella generazione elettrica, l'idroelettrico è atteso in aumento da 30Mtep del 2010 a circa 37 nel 2040 in entrambi gli scenari ACT+.

In Italia (Figura 6), la quota di FER sul totale consumi di energia primaria, pari a circa il 17% nel 2015, è in forte

⁹ Nell'ambito delle FER, negli scenari ACT+ è in forte aumento il ricorso a biomasse e biocarburanti, da 1Gtep del 2010 ad oltre 2Gtep nel 2040 nell'ACT+WEO, oltre i 3Gtep nel ACT+JRC.

aumento in entrambi gli scenari di intervento, arrivando a coprire nel 2030 tra il 25% ed il 28% del totale fabbisogno di energia primaria (circa 38Mtep nell'ACT PNIEC). Anche nelle evoluzioni di riferimento il ricorso alle FER è atteso in aumento, al 2030 quasi il 20%.

1.4 Emissioni di CO₂: dati storici e traiettorie di breve-medio periodo

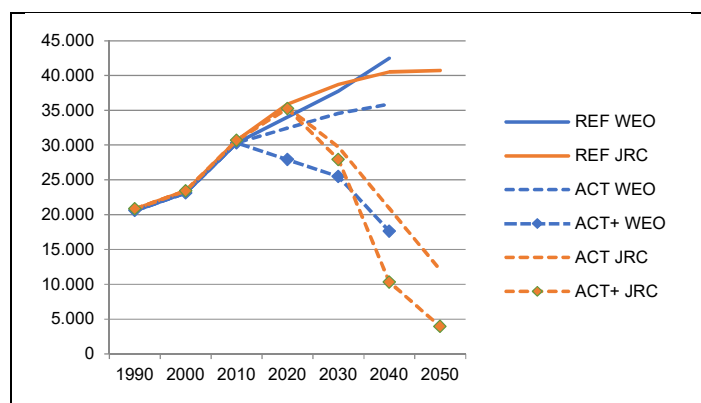


Figura 7 Emissioni di CO₂, World (MtCO₂)

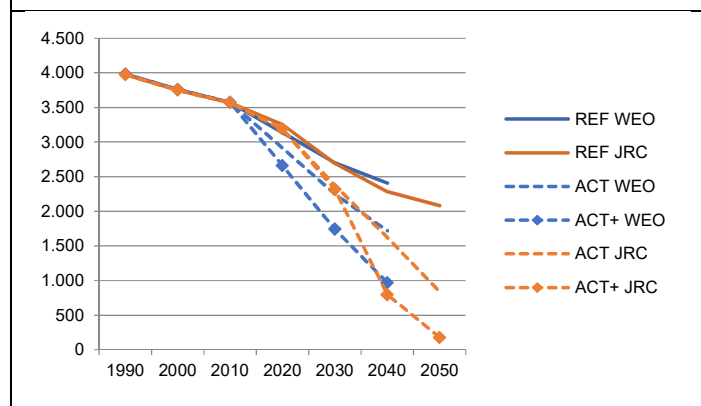


Figura 8 Emissioni di CO₂, UE28 (MtCO₂)

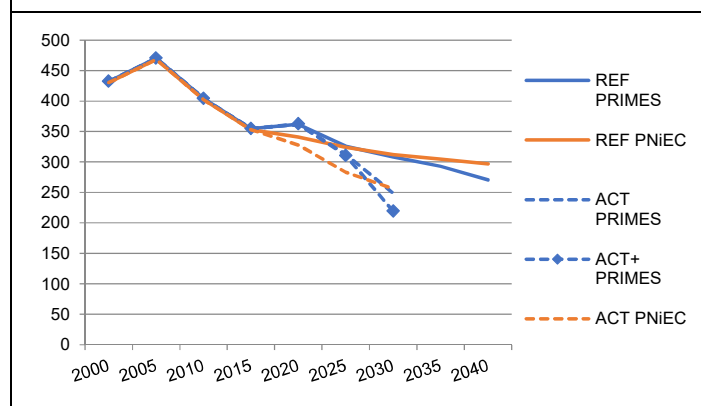


Figura 9 Emissioni di CO₂, Italia (MtCO₂)

In linea con l'andamento dei consumi di energia, anche le emissioni di CO₂, a livello globale (Figura 7), sono cresciute nel ventennio 1990-2010 ad un ritmo di quasi il 2% medio annuo, proseguendo nel decennio in corso sul trend di crescita, seppure ad un ritmo meno sostenuto. In assenza di nuove policy, l'andamento delle emissioni è previsto in crescita arrivando a fine 2040 oltre le 40 GtCO₂. Il contenimento della domanda di energia e la diffusione delle FER (sia per la generazione elettrica che negli usi diretti) prospettati negli scenari di policy, portano ad evoluzioni delle emissioni di CO₂ nettamente inferiori rispetto alle traiettorie descritte negli scenari di riferimento: al 2040 tra il 60% ed il 70% in meno (rispettivamente nell'ACT+ WEO ed ACT+JRC).

A livello europeo (Figura 8), le emissioni di CO₂ si sono ridotte nel corso del ventennio 1990-2010 di circa il 10%, proseguendo nel decennio in corso ad un'ulteriore riduzione dovuta in primis alla crisi economica. Anche in assenza di nuove policy in campo energetico e climatico, dato l'attuale quadro normativo, l'andamento delle emissioni nei due scenari di riferimento è atteso comunque in

riduzione, arrivando a fine 2040 a circa 2,3GtCO₂. La contrazione della domanda di energia e l'ampia diffusione delle FER prevista negli scenari di policy prospetta tuttavia evoluzioni

delle emissioni di CO₂ nettamente inferiori rispetto alle traiettorie di riferimento: al 2040 circa il 60% in meno rispetto alle evoluzioni tendenziali.

Anche in Italia (Figura 9), al pari di quanto riscontrato per l'ambito europeo, si registra un trend di riduzione costante, dai livelli massimi del 2005 fino ai minimi del 2014, con un ritmo più sostenuto negli anni della crisi economica (-5% medio annuo tra il 2010 ed il 2014). Anche in assenza di nuove policy in campo energetico e climatico, l'andamento delle emissioni nei due scenari di riferimento esaminati è proiettato nei prossimi decenni comunque in riduzione, quasi l'1% medio annuo tra il 2015-2040. La contrazione della domanda di energia e la diffusione delle FER prevista negli scenari di policy prospettano tuttavia evoluzioni delle emissioni di CO₂ nettamente inferiori rispetto alle traiettorie tendenziali: al 2030 il 18% in meno negli scenari ACT e -30% nell'ACT+PRIMES.

1.5 Andamento del settore trasporti: dati storici e traiettorie di breve-medio periodo

1.5.1 Consumi di energia nel settore trasporti

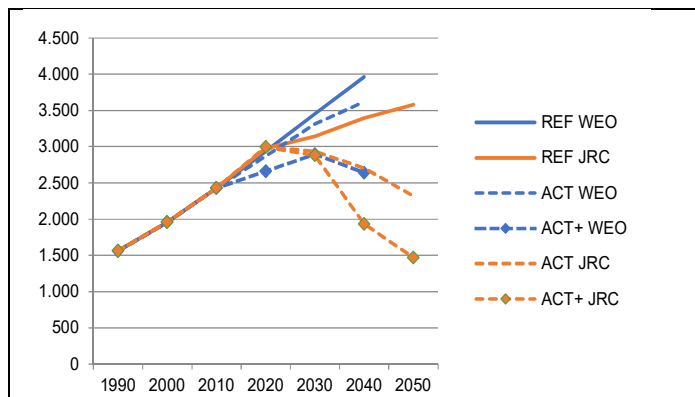


Figura 10 Consumi finali di energia settore trasporti, Word (Mtep)

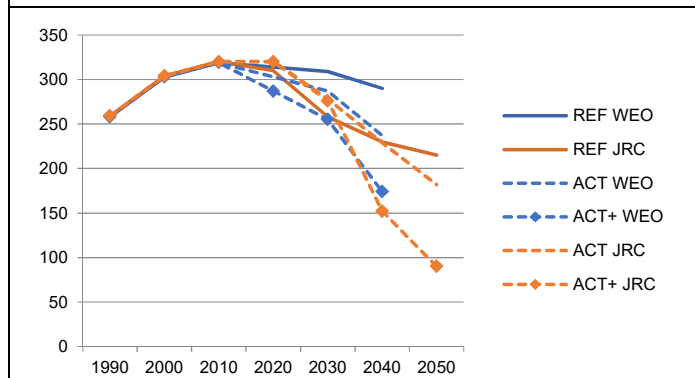


Figura 11 Consumi finali di energia settore trasporti, UE28 (Mtep)

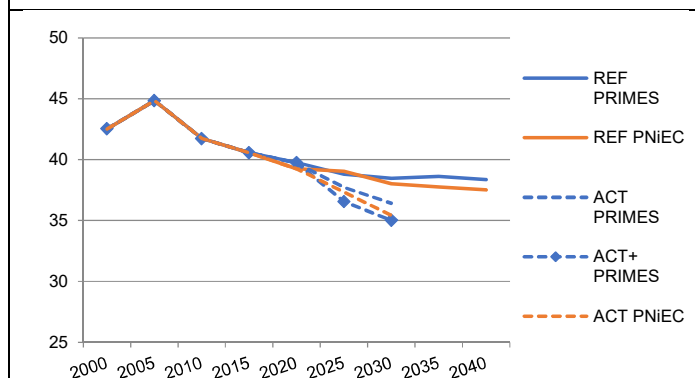


Figura 12 Consumi finali di energia settore trasporti, Italia (Mtep)

Focalizzando l'attenzione sul solo settore trasporti, si può osservare come a livello mondiale (Figura 10), nel corso del ventennio 1990-2010, si sia registrata una crescita dei consumi media annua superiore al 2%, anche più sostenuta di quella riscontrata nel totale dei consumi finali. Una crescita che è proseguita nel decennio in corso e che, in assenza di nuove politiche di contenimento, potrebbe procedere ad un ritmo di circa l'1,5% medio annuo. Secondo gli scenari più ambiziosi della IEA e del JRC, per raggiungere i target di decarbonizzazione a livello globale, la domanda di energia nei trasporti dovrebbe muoversi lungo traiettorie di crescita praticamente nulle, se non di contrazione, arrivando al 2040 tra i 2 ed i 2,6Gtep (rispetto alle evoluzioni tendenziali tra il 33% ed il 43% in meno al 2040).

Più contenuta, ma in ogni caso rilevante, è stata la crescita dei consumi di energia nel settore in Europa nel corso del ventennio 1990-2010 (Figura 11), con un aumento medio annuo dell'1%, anche più sostenuto di quello del totale dei consumi finali (+0,3% m.a.). Nel decennio in corso la domanda di energia nel settore trasporti sembra tuttavia, a differenza di quella globale, avere interrotto il trend di crescita, anche per effetto della crisi economica, ed essersi attestata al 2020¹⁰ sugli stessi livelli del 2010. Pur in assenza

di nuove politiche di contenimento dei consumi, il fabbisogno di energia per i trasporti, a livello europeo, è atteso in riduzione nei prossimi venti-trenta anni con una forbice che oscilla nei diversi studi tra il 10% ed il 30% rispetto ai livelli del 2010. Estremamente più virtuosa

¹⁰ Fonte JRC.

potrebbe essere invece la riduzione nel caso in cui si adottassero politiche di contenimento, con valori di riduzione più che doppi rispetto alle evoluzioni tendenziali.

I consumi di energia finale nel settore dei trasporti in Italia (Figura 12), dai livelli massimi del 2007, sono diminuiti notevolmente nel corso dei successivi sei anni, oltre il 15% a fine 2013, principalmente per effetto della crisi economica. Dopo la ripresa del biennio 2014-2015 (+1% medio annuo di variazione tendenziale), i consumi settoriali sono poi rimasti sostanzialmente invariati nel successivo biennio 2016-17. Pur in assenza di nuove politiche di contenimento dei consumi, per effetto del quadro normativo ora vigente, il fabbisogno di energia per i trasporti è proiettato in lieve riduzione in entrambi gli scenari di riferimento, ad un ritmo del -0,3% medio annuo (periodo 2015-2040). Al pari di quanto osservato per lo scenario europeo, decisamente più rilevante potrebbe essere invece la riduzione nelle proiezioni di policy, con traiettorie di diminuzione molto più decise, di circa il -1% medio annuo nel periodo 2015-2030 (ACT PNIEC).

1.5.2 Andamento delle emissioni settoriali

1.5.2.1 Mondo

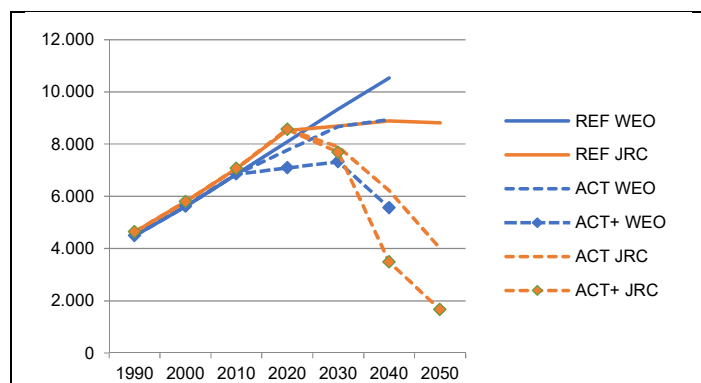


Figura 13 Emissioni di CO₂ settore trasporti, World (MtCO₂)

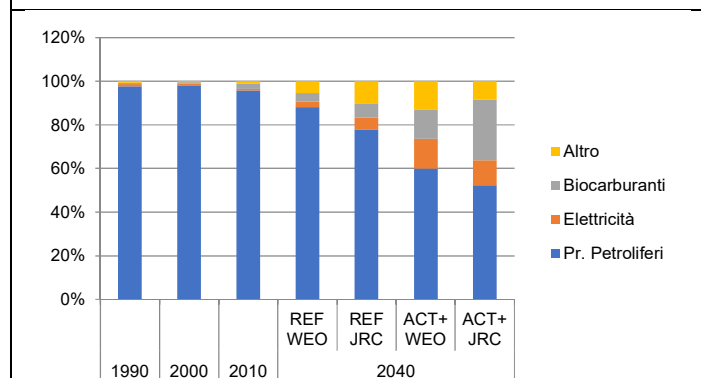


Figura 14 Mix energia finale settore trasporti, World (%)

Le emissioni di CO₂ settoriali a livello mondiale (Figura 13), pari nel 1990 a circa 4,6GtCO₂, sono aumentate fino al 2010 ad un tasso superiore al 2% medio annuo, proseguendo anche nel decennio in corso, secondo stime JRC al 2020, fino a circa 8,5GtCO₂. In assenza di nuove policy, l'andamento delle emissioni nei due scenari di riferimento è atteso in crescita anche nei prossimi venti-trenta anni. Secondo le proiezioni di intervento, l'evoluzione potrebbe tuttavia evolvere lungo traiettorie nettamente inferiori rispetto a quelle attese negli scenari di riferimento: tra il 5% ed il 60% in meno al 2040.

Risulta decisivo, ai fini del contenimento delle emissioni settoriali, oltre alla contrazione della domanda di energia, sia il ricorso ai biocarburanti che l'elettrificazione del settore. In riferimento ai biocarburanti, le proiezioni di intervento (Figura 14) prospettano un

importante incremento di quota: dal 2,5% del 2010 al 13%-28% del totale consumi del settore

al 2040. Sulla elettrificazione, da meno dell'1% nel 2010 (circa 20 Mtep) all'11% ed il 14% al 2040.

Buona parte della riduzione delle emissioni del settore su scala mondiale potrebbe ottenersi attraverso una riduzione dei consumi ed emissioni nel trasporto su strada, in aumento nel periodo 1990-2010 di circa il 60%, e attesi ancora in aumento nei prossimi anni. Secondo la proiezione ACT+JRC, i consumi per il trasporto stradale potrebbero evolvere su una traiettoria di moderata riduzione, arrivando al 2040 quasi a dimezzare i livelli di consumo prospettati dall'evoluzione tendenziale (-46%).

Su scala mondiale si è inoltre registrato un notevole aumento del traffico aereo: i consumi di energia sono infatti cresciuti dal 1990 al 2010 di quasi il 40% (oltre 250Mtep nel 2010). Anche per i prossimi venti-trenta anni la domanda di energia per il trasporto aereo è attesa in aumento in tutte le proiezioni JRC, per la crescente domanda proveniente dalle economie emergenti: nello scenario REF JRC i consumi aerei arrivano a superare i 500Mtep. Secondo le evoluzioni di policy, l'aumento dei consumi del trasporto aereo potrebbe tuttavia avvenire a ritmi molto meno sostenuti arrivando al 2040 a meno di 290Mtep.

1.5.2.2 Europa

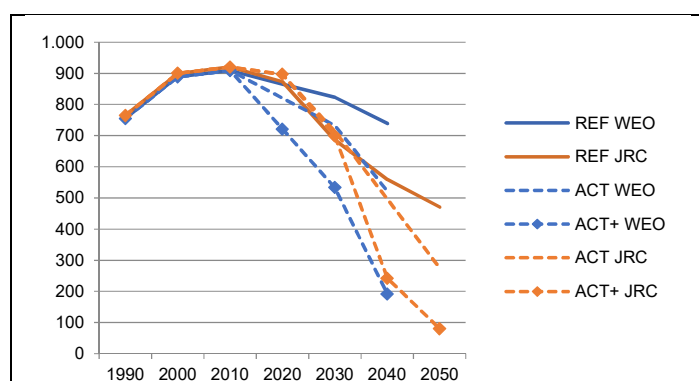


Figura 15 Emissioni di CO₂ settore trasporti, UE28 (MtCO₂)

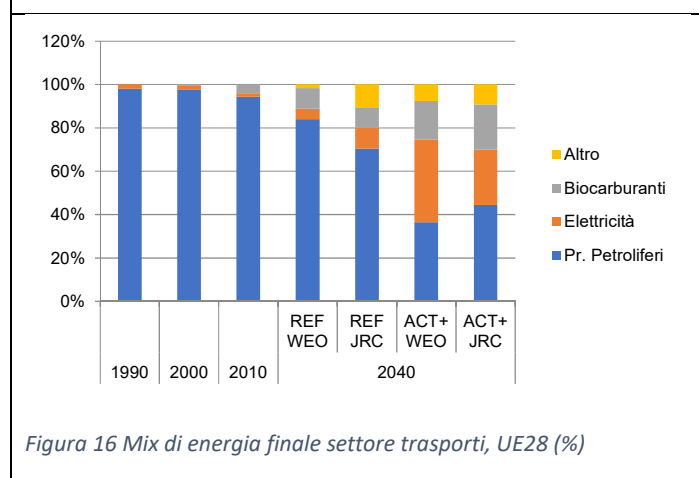


Figura 16 Mix di energia finale settore trasporti, UE28 (%)

Le emissioni di CO₂ del settore trasporti nell'Europa a 28 (Figura 15) sono cresciute di circa il 18% tra il 1990 ed il 2000 (900MtCO₂), per poi continuare su un trend di crescita più moderato fino al 2010 (920MtCO₂). I livelli hanno poi proseguito nel decennio in corso lungo una traiettoria di lieve riduzione, secondo le stime JRC al 2020 circa 870MtCO₂, in calo quindi del 5% rispetto ai livelli del 2010. Tale andamento è inoltre prospettato anche nel prossimo ventennio in entrambi gli scenari di riferimento, per effetto dell'attuale quadro normativo vigente: al 2040 in riduzione tra il 20% ed il 40% rispetto ai livelli del 2010. Secondo gli scenari di policy, tuttavia, le riduzioni delle emissioni del settore potrebbero essere decisamente più sostenute (circa il 5% medio annuo tra il 2010-2040).

Contributo rilevante alla riduzione delle emissioni, insieme al contenimento della domanda di energia, è il ricorso ai biocarburanti, pari a circa il 4% del totale dei consumi del settore nel 2010, atteso in aumento negli scenari di "policy" fino a coprire nel 2040 circa il 20% (Figura 16). Notevole, inoltre, il contributo

dell'elettrificazione del settore: i consumi di energia elettrica, nel 2010 circa 5Mtep, sono stimati, nei due scenari di policy, al 2040 superiori ai 40Mtep, raggiungendo una quota percentuale del 25% e 38% del totale consumi del settore.

Secondo gli scenari di riferimento e di policy considerati, buona parte della riduzione delle emissioni del settore dovrebbe derivare dal settore stradale. I consumi su strada, cresciuti nel corso del 1990-2010 di circa il 25%, sono attesi in riduzione al 2040 di circa 210Mtep già nello scenario REF JRC, ad un ritmo del -1% m.a. Secondo la proiezione ACT+ JRC i consumi per il trasporto stradale a livello UE potrebbero tuttavia evolvere lungo traiettorie di riduzione significativamente più sostenute (-2,5% m.a.), arrivando al 2040 a 140Mtep. I consumi su strada, che nel corso del ventennio 1990-2010 hanno coperto più del 90% del totale dei consumi del settore, sono attesi sostanzialmente invariati (in termini di peso sul totale) nella evoluzione tendenziale, in calo invece nella evoluzione ACT+JRC (84% al 2040), anche per effetto della riduzione dei consumi del trasporto aereo (-30% nel 2040 rispetto al 2010).

1.5.2.3 Italia

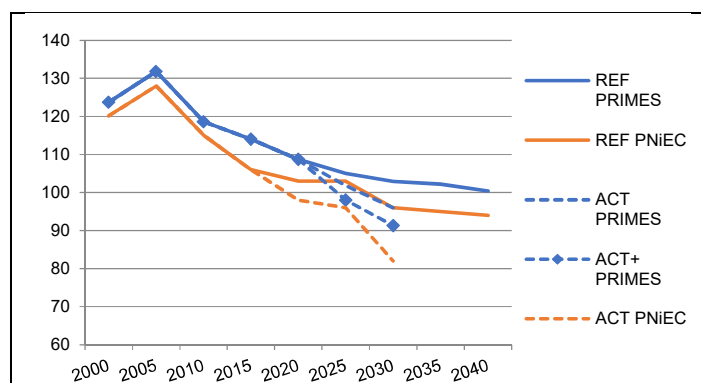


Figura 17 Emissioni di CO₂ settore trasporti, Italia (MtCO₂)

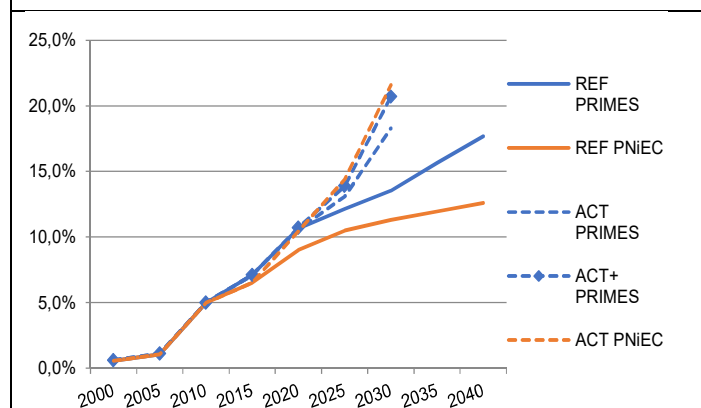


Figura 18 FER Trasporti, Italia (%)

Le emissioni di CO₂ del settore in Italia (Figura 17), in calo dai livelli del 2005 fino al 2015 di quasi il 2% medio annuo (favorite dal calo dei consumi per la crisi economica), sono proiettate in lieve riduzione (-0,5% m.a) anche per i prossimi decenni in entrambi gli scenari di riferimento. Gli scenari di intervento delineano tuttavia una più rapida e ripida riduzione delle emissioni del settore, circa l'1,5% medio annuo nel periodo 2015-2030.

In riferimento alla diffusione delle FER nel settore trasporti (calcolata come da Direttiva RED II), pari a circa il 7% del totale al 2015 (oltre 1Mtep), è attesa in aumento in tutti gli scenari di policy: nell'ACT PNIEC la quota arriva al 21% al 2030 (2,3Mtep), sostanzialmente in linea con le proiezioni di policy PRIMES (circa 2Mtep) (Figura 18).

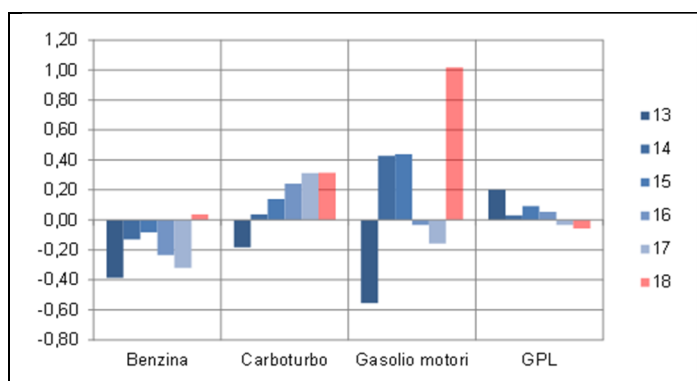


Figura 19 Consumi finali di energia nei trasporti per tipologia di carburante anni 2013-2018 (variazioni tendenziali, Mtep)

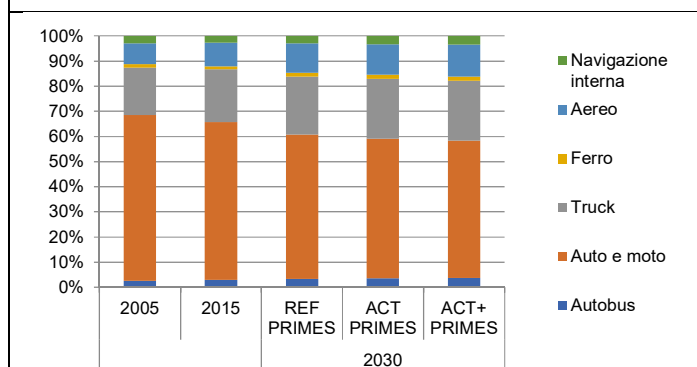


Figura 20 Consumi di energia per modalità di trasporto, Italia (%)

Come per l'ambito europeo, anche in Italia, secondo gli scenari considerati, buona parte della riduzione delle emissioni è attesa derivare dal trasporto stradale, i cui consumi sono previsti in riduzione nei prossimi anni anche in assenza di politiche aggiuntive: al 2030 circa il 12% in meno rispetto ai livelli del 2015 (scenario REF PRIMES). Secondo la proiezione ACT+ PRIMES, i consumi del trasporto stradale potrebbero tuttavia evolvere su una traiettoria di riduzione più spinta, arrivando al 2030 a 28Mtep, il 10% in meno rispetto all'evoluzione tendenziale nello stesso anno. Buona parte di tale risultato sarebbe da ricercare nel miglioramento dell'efficienza media del parco auto. Come emerge dalla Figura 20, i consumi di auto e moto, che rappresentavano il 63% del totale nel 2015, arrivano a coprire il 55% nel 2030 nello scenario

ACT+PRIMES.

1.5.3 Il contributo virtuoso dei trasporti ai processi di decarbonizzazione

Dall'analisi delle possibili evoluzioni del sistema energetico mondiale ed europeo, condotta tramite lo studio degli scenari WEO e JRC, così come del sistema italiano tramite gli scenari PRIMES e PNIEC, emerge come quello dei trasporti rappresenti un settore chiave per poter raggiungere gli sfidanti target di decarbonizzazione. A livello globale, infatti, il contributo del settore dei trasporti al totale delle emissioni di CO₂ evitate è dell'ordine del 20% nel 2040 (nelle proiezioni ACT+ rispetto alle evoluzioni tendenziali).

Su scala UE, al 2040 il contributo dei trasporti (sempre come differenza tra proiezioni di riferimento e di policy) è in media pari al 30%, quindi anche superiore rispetto a quanto visto per le proiezioni mondiali. Il motivo per il quale su scala globale il contributo del settore dei trasporti risulta inferiore rispetto a quanto prospettato nelle proiezioni UE è probabilmente da ricercare nella crescente domanda di mobilità attesa in tutti gli scenari nelle economie emergenti.

In riferimento al sistema energetico nazionale, emerge come il contributo dei trasporti al totale delle emissioni di CO₂ evitate nel 2030 (come differenza rispetto alle evoluzioni tendenziali) sia pari a circa il 13% negli scenari di policy PRIMES, più sostenuto invece nella proiezione ACT

PNiEC. In quest'ultimo, la riduzione delle emissioni nel solo settore dei trasporti al 2030 è infatti pari a circa un quinto delle emissioni complessivamente evitate nel 2030.

Secondo lo scenario di riferimento PNiEC le emissioni del settore trasporti in Italia, pari a circa 130 MtCO₂eq nel 2005, sono attese in lieve calo nel prossimo decennio (96 MtCO₂eq al 2030), per effetto delle misure già operative nel settore. I target più ambiziosi previsti dallo scenario di policy PNiEC prospettano tuttavia, come descritto, riduzioni più decise dei consumi energetici del settore, maggiore diffusione di biocarburanti ed elettricità, shift modale: al 2030 le emissioni di CO₂eq del settore trasporti sono stimate in 82 MtCO₂eq (14 MtCO₂eq in meno rispetto alla elaborazione di riferimento al 2030).

Secondo gli scenari PRIMES per l'Italia, la riduzione di emissioni di CO₂ al 2030 (come differenza tra lo scenario di riferimento e quello ACT+ PRIMES) è pari a circa 12 Mt CO₂. In tali scenari la riduzione dei consumi finali di energia nel settore, pari a 3,4 Mtep al 2030, è imputabile per circa 4/5 a minori consumi nel trasporto passeggeri, per il resto al trasporto merci. I consumi di energia per il trasporto passeggeri (che in Italia incide per circa il 70% dei consumi del settore) sono attesi infatti in calo nello scenario ACT+PNiEC di circa il 10% al 2030 (rispetto alla evoluzione tendenziale), mentre per il trasporto merci (responsabile di circa un quinto del totale dei consumi del settore), la riduzione al 2030 è inferiore, circa il 5% in meno al 2030 rispetto allo scenario di riferimento.

Secondo gli ultimi dati a disposizione (fonte UE), nel 2017 in Italia le emissioni del settore trasporti sono state pari a circa 98 Mt CO₂, circa un terzo del totale delle emissioni del sistema energetico nazionale. La quasi totalità delle emissioni settoriali (il 93%) è imputabile al trasporto su strada. Il contributo delle sole autovetture rappresenta invece circa il 60% delle emissioni del settore trasporti e quasi un quinto del totale delle emissioni di CO₂ del sistema energetico nazionale (19%), leggermente più elevato rispetto al dato medio europeo (17%).

Le emissioni di CO₂ del settore trasporti italiano rappresentano un decimo delle emissioni dei trasporti della intera UE. Mentre le autovetture italiane sono responsabili di circa il 7% delle emissioni di CO₂ del trasporto europeo e per il 2% delle emissioni totali di CO₂ in UE.

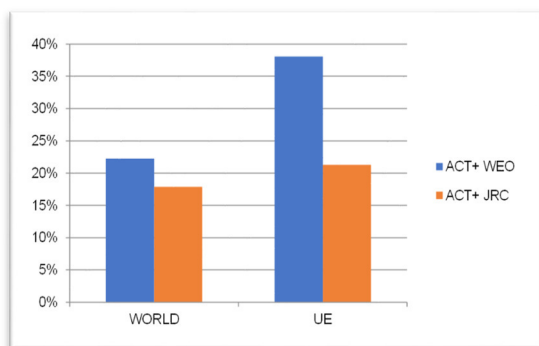


Figura 21 Contributo del settore Trasporti alla riduzione complessiva delle emissioni di CO₂ nel Mondo ed in UE28 (2040)

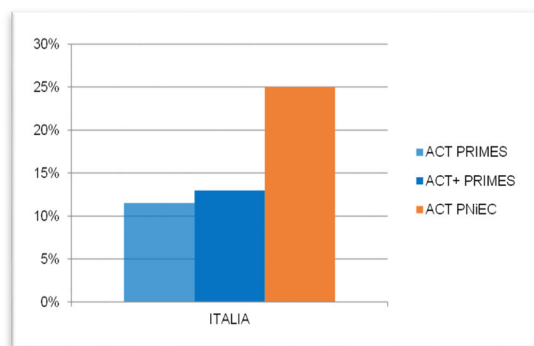


Figura 22 Contributo del settore Trasporti alla riduzione complessiva delle emissioni di CO₂ in Italia (2030)

2. La mobilità su gomma nel contesto europeo e nazionale

2.1 Premessa

L'analisi e la valutazione dei possibili scenari previsionali sul futuro dell'auto in relazione al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale indicati dall'Europa non può non tener conto degli sviluppi storici e dello stato attuale della mobilità su gomma. Questo capitolo si propone, da una parte, di illustrare l'andamento degli ultimi vent'anni della mobilità dei passeggeri in Europa, suddiviso per modalità di trasporto, e, dall'altra, di analizzare la situazione attuale della mobilità su gomma in Italia, anche attraverso un confronto – ove reso possibile dai dati disponibili – con alcuni Stati europei (EU-5), per poi approfondire il tema delle importanti correlazioni tra economia, ambiente e mobilità stradale privata nel nostro Paese.

In particolare, lo studio delle caratteristiche del parco circolante delle autovetture (alimentazione, età, livelli emissivi) nei grandi centri urbani italiani (sopra i 300.000 ab.) e l'analisi della spesa per l'auto, associata alle fasi di acquisto e utilizzo del bene, hanno permesso di valutare quali impatti ambientali ed economici possono avere le misure adottate a livello nazionale e locale per incentivare la sostituzione di un parco che ha un'età media di circa 11 anni, o per limitare e/o escludere dalla circolazione i veicoli considerati più inquinanti.

2.2 La domanda di trasporto in Europa

2.2.1 Economia e trasporti

L'Europa ha cominciato lentamente a riprendersi dalla Grande recessione a partire dal 2013, un recupero che si è andato sempre più consolidando negli anni a seguire, come confermano i dati sul PIL reale che, dopo aver fatto registrare nel 2009 una contrazione di oltre 4 punti percentuali, ha cominciato, dal 2014 al 2018, a conseguire tassi di crescita annui nell'ordine del 2%¹¹ circa. I livelli produttivi dei diversi settori hanno ripreso a crescere, anche se con andamenti ed intensità diverse, e il reddito disponibile delle famiglie, sceso di circa il 3%¹² nel periodo compreso tra il 2009 e il 2013, ha registrato un incremento del 6% nel 2017 rispetto al 2013¹³, aumentando la spesa per i consumi (e quindi la domanda) di beni e servizi.

Dal 2000 al 2018¹⁴ la popolazione europea (EU-28) è passata da 487,3 milioni a 512,4 milioni di abitanti. Un incremento demografico che prosegue ininterrotto dagli anni '60 del secolo scorso, sebbene con velocità sempre più rallentate, in modo particolare nell'ultimo decennio¹⁵, e che ha visto un parallelo aumento della domanda di trasporto (che rappresenta in Europa, al 2017, circa il 13% della spesa per consumi), come confermano i dati sul consumo energetico del settore dei trasporti, illustrato nel primo capitolo di questo studio.

¹¹ Indice Pil basato su valori concatenati in volume.

¹² Fonte: "The European economy since the start of the millennium – a statistical portrait", ed. 2019, Eurostat.

¹³ *Ibidem*.

¹⁴ Nel 2016 la popolazione EU-28 era pari a 510,3 milioni di abitanti. In Italia si è passati da 56,9 milioni di abitanti nel 2000 a 60,7 milioni nel 2016 e 60,5 milioni nel 2018 (fonte Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/visualisations>, estrazione dati del 18/04/2019).

¹⁵ Il maggior incremento della popolazione europea si è registrato tra gli anni '60 e '70 (+8%), nei decenni successivi i ritmi di crescita sono stati, infatti, inferiori (+ 5% tra gli anni '70 e '80, +3% tra gli '80 e '90 e +2,5% tra il '90 ed il Duemila). L'ultimo incremento di una certa entità è stato quello registrato nel primo decennio di questo secolo (+3,2% tra il 2000 e 2010), mentre dal 2010 a oggi l'aumento è stato dell'1,8%.

2.2.2 Trasporto passeggeri

I trasporti, come è noto, rappresentano un settore fondamentale per l'economia di ogni Stato, a tutti i livelli territoriali. In Europa, nell'arco degli ultimi 16 anni (al 2016, anno di cui si dispongono i dati più recenti comparabili), la domanda complessiva (misurata in passeggeri-km¹⁶) è passata da circa 5.900 miliardi a 6.800 miliardi (+13,3% nel periodo considerato). Un incremento, come illustrato nella Tabella 1, che ha avuto però tassi di crescita non costanti nell'arco dei tre quinquenni esaminati, in particolare, con una crescita molto ridotta nel decennio 2005-2010 rispetto alle variazioni registrate nell'arco dei periodi precedenti e successivi.

Tabella 1 Trasporto passeggeri: prestazioni per modalità di trasporto EU 28 - anni 2000-2005-2010-2015-2016 (mld p-km)

| Anno | Autovetture | Due ruote motorizzate | Autobus e pullman | Tram e Metro | Treno | Aereo | Nave | Totale |
|----------------------|-------------|-----------------------|-------------------|--------------|-------|-------|------|--------------|
| 2000 | 4.301 | 105 | 551 | 80 | 372 | 460 | 29 | 5.897 |
| 2005 | 4.508 | 121 | 549 | 86 | 378 | 530 | 29 | 6.201 |
| 2010 | 4.626 | 119 | 544 | 96 | 407 | 535 | 25 | 6.352 |
| 2015 | 4.712 | 125 | 550 | 102 | 443 | 640 | 22 | 6.593 |
| 2016 | 4.829 | 126 | 552 | 106 | 450 | 713 | 25 | 6.802 |
| Var.% anno base 2000 | 12% | 20% | 0,2% | 32% | 21% | 55% | -14% | |

Fonte: Statistical Pocketbook 2018 - EU Transport, Commissione europea

I dati di dettaglio dei singoli sistemi di trasporto confermano l'andamento sopra detto: le autovetture – che coprono in media più del 70% degli spostamenti totali –, ad esempio, registrano un +4,8% nel 2005 rispetto al 2000 e un +1,9% nel 2015 sul 2010; le *performance* dell'aereo (il 10% degli spostamenti nel 2016), che nel 2005 hanno registrato un incremento consistente (+15,3%) rispetto al 2000, registrano un "rallentamento" nella crescita e segnano un +0,9% nel 2010 sul 2005, per poi recuperare con una importante ripresa tra il 2010 e il 2015 (+20%). Questi divari sono ovviamente motivati dal fatto che l'autovettura, oltre a permettere maggiore autonomia e libertà di movimento, consente di coprire distanze di breve e medio raggio (spostamenti urbani, locali, tra regioni limitrofe e non solo), ma anche lunghe percorrenze. Le lunghe distanze vedono l'aereo come vettore più adatto, comodo e veloce per soddisfare le esigenze di mobilità delle persone e, in alcuni casi, i treni ed i pullman come quelli economicamente più convenienti.

Pur tenendo conto delle differenze numeriche in termini assoluti, l'evoluzione della domanda di mobilità per singolo vettore rivela come, a partire dall'anno base 2000, il mezzo che ha segnato la crescita maggiore sia stato l'aereo (+55%) – anche grazie alla diffusione dei voli *low cost*, che hanno fatto da traino all'intero settore aumentando l'offerta sia per i collegamenti nazionali sia per quelli internazionali – seguito dai mezzi di spostamento urbano, come tram e metro (+32%). Le autovetture hanno avuto un incremento del 12%, mentre la nave ha subito un calo del 14%.

Infine, i numeri relativi alla suddivisione dei passeggeri per modalità di trasporto nel tempo in Europa (EU28) mostrano come i vettori su gomma continuino ad essere i mezzi che meglio

¹⁶ Unità di misura della domanda di trasporto secondo Istat.

sembrano rispondere alle esigenze di mobilità (Figura 23). Nel 2016, infatti, il trasporto su strada ha rappresentato ancora più dell'80% del traffico passeggeri.

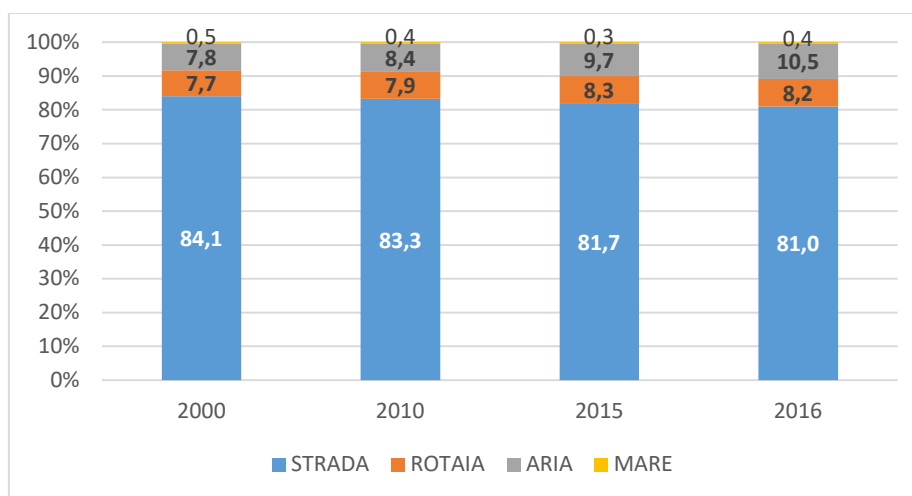


Figura 23 Trasporto passeggeri EU 28 (p-km) - Split modale anni 2000-2005-2010-2015-2016
Fonte: Statistical Pocketbook 2018 - EU Transport, Commissione Europea

2.2.2.1 Trasporto passeggeri via terra: confronto tra i Paesi EU-5

L'analisi del caso italiano, messo a confronto con i dati aggregati dell'Europa a 28 e con quello di altri quattro Stati comunitari quali Francia, Germania, Regno Unito e Spagna, mostra (Tabella 2) come qui la grande maggioranza degli spostamenti via terra avvenga su gomma (2016). Di questi più dell'80% rimane appannaggio delle autovetture¹⁷, mentre gli spostamenti su rotaia copre meno del 7%. Come si evince dalla tabella sotto riportata, non si riscontrano grandi differenze tra l'Italia e gli altri quattro Paesi selezionati; per tutti e cinque gli Stati l'autovettura supera il tetto dell'80% del traffico passeggeri (in Germania e Regno Unito arriva all'84-85%).

Tabella 2 Split modale trasporto passeggeri via terra, EU 28 ed EU 5 (p-km) - anno 2016 (valori in %)

| | Autovetture | Autobus e pullman | Tram e Metro | Treni |
|-------|-------------|-------------------|--------------|-------|
| EU-28 | 81,3 | 9,3 | 1,8 | 7,6 |
| DE | 84,3 | 5,7 | 1,5 | 8,5 |
| ES | 80,1 | 11,6 | 1,8 | 6,5 |
| FR | 80 | 8,7 | 1,8 | 9,5 |
| IT | 81,3 | 11,9 | 0,8 | 6 |
| UK | 85 | 4,6 | 1,7 | 8,7 |

Fonte: Statistical Pocketbook 2018, EU Transport - Commissione europea

L'analisi dell'evoluzione della distribuzione della consistenza dei passeggeri tra le varie modalità di trasporto nel tempo (Tabella 3) è ricavata dai dati Eurostat, i quali però, non considerando il vettore tram/metro, portano, per l'anno 2016, a numeri non perfettamente coincidenti con quelli della Tabella 2. Ciononostante, i dati forniscono una chiara idea di quale

¹⁷ Cfr. "Passenger Transport statistics - statistics explained", Eurostat, 2018.

sia stato l'andamento nel tempo delle scelte di mobilità e confermano l'assoluta prevalenza dell'autovettura ($\geq 82\%$), sebbene non più in significativa crescita.

Per quel che riguarda le autovetture, nelle realtà considerate non ci sono stati cambiamenti significativi nel corso degli ultimi 15-16 anni, solo la Francia presenta nel 2015 e 2016 valori d'uso dell'auto leggermente più bassi rispetto agli anni precedenti.

I dati relativi all'autobus/pullman rimangono stazionari nel tempo in ciascuno dei 5 Paesi, dove Germania, Francia e Regno Unito presentano valori d'uso più bassi.

Tabella 3 Evoluzione trasporto passeggeri a terra su autovettura, treno e autobus/pullman, EU 28 ed EU 5 (p-km) - anni 2000-2005-2010-2015-2016 (valori in %)

| Autovettura | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| EU-28 | 82,4 | 83,3 | 83,4 | 82,7 | 82,9 |
| DE | 85,2 | 85,8 | 86 | 85,7 | 85,7 |
| ES | 81 | 82 | 82,3 | 81,4 | 81,6 |
| FR | 86,1 | 85,8 | 85,5 | 81,6 | 81,5 |
| IT | 83,3 | 81,8 | 81,7 | 81,4 | 81,9 |
| UK | 88,1 | 88,3 | 86,3 | 85,9 | 86,5 |

| Treno | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 |
|-------|------|------|------|------|------|
| EU-28 | 7,2 | 6,9 | 7,2 | 7,8 | 7,7 |
| DE | 7,7 | 7,5 | 8 | 8,4 | 8,6 |
| ES | 5,4 | 5,1 | 5,4 | 6,7 | 6,6 |
| FR | 8,6 | 9,1 | 9,3 | 10,3 | 9,7 |
| IT | 5,8 | 6 | 5,5 | 6,3 | 6,1 |
| UK | 5,3 | 5,9 | 7,5 | 8,7 | 8,8 |

| Autobus/pullman | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| EU-28 | 10,4 | 9,8 | 9,4 | 9,5 | 9,4 |
| DE | 7,1 | 6,7 | 6 | 6 | 5,8 |
| ES | 13,5 | 12,9 | 12,3 | 11,9 | 11,8 |
| FR | 5,3 | 5,2 | 5,3 | 8 | 8,8 |
| IT | 10,9 | 12,2 | 12,8 | 12,3 | 12 |
| UK | 6,6 | 5,8 | 6,2 | 5,4 | 4,6 |

Fonte: Eurostat, dati 2018

I dati sul tasso di motorizzazione (numero di autovetture per 1.000 abitanti), nel periodo 2000-2016 (Figura 24), sembrano invece mostrare una tendenza di leggera crescita nell'Europa a 28 e nei Paesi singolarmente qui considerati, ad eccezione della Francia, che registra un decremento evidente a partire dal 2010, probabilmente a favore del TPL e altri mezzi di mobilità condivisa. In realtà, negli ultimi anni si assiste ad un sostanziale stabilizzarsi dei valori, con crescite modeste. L'auto, pur restando il mezzo di trasporto più usato, non ha avuto, nel corso degli ultimi 20 anni, margini di sviluppo sostanziali.

Tra i cinque Stati selezionati, l'Italia registra sempre i valori più alti (ben al di sopra della media EU-28), con le sue 625 autovetture ogni 1.000 abitanti nel 2016, seguita dalla Germania (che ne conta 555). Il dato italiano sul parco è condizionato dalla presenza di un 10% di auto Euro 0,

immatricolate dunque prima del 1993, che probabilmente sono da ritenersi non tutte effettivamente circolanti e comunque con percorrenze molto basse. Sottraendo dal totale tutte le autovetture Euro 0 italiane, pur non avendo a disposizione i dati relativi ai veicoli Euro 0 degli altri Paesi europei qui considerati, il tasso di motorizzazione, sempre al 2016, si attesterebbe comunque su 562 auto ogni 1.000 abitanti.

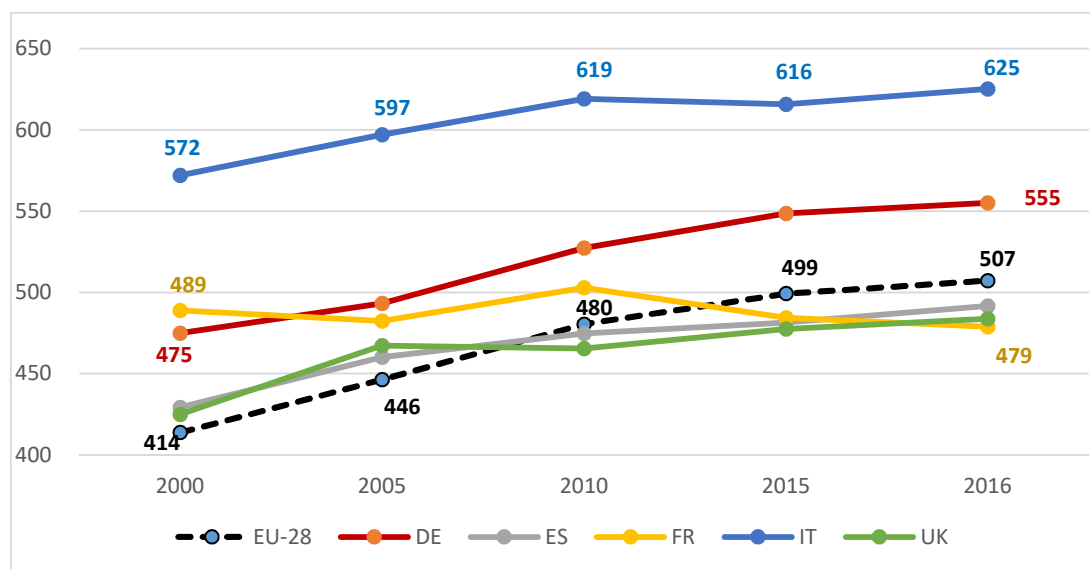


Figura 24 Tasso di motorizzazione EU-28 ed EU-5 - evoluzione anni 2000-2005-2010-2015-2016 (Valori in numeri assoluti)
Fonte: Statistical Pocketbook 2018, EU Transport - Commissione europea.

2.3 I trasporti in Italia

2.3.1 Le connessioni fra economia e trasporti in Italia

La descrizione dei fenomeni che hanno contribuito a determinare l'evoluzione del parco autovetture in Italia non può prescindere da una riflessione sugli andamenti economici degli ultimi 20 anni. Nell'ultimo ventennio, l'economia italiana – al pari di quella di tutti i Paesi dell'UE – è stata profondamente scossa dalla crisi del 2008, dalla quale ha cominciato a riprendersi solo a partire dal 2014, in ritardo rispetto ad altri Paesi occidentali. Il Prodotto Interno Lordo italiano (a prezzi di mercato) è così tornato a crescere, tuttavia nel corso di questi 20 anni il PIL in volume è rimasto quasi invariato ed è addirittura peggiorato in termini pro-capite (Figura 25 e Figura 26).

Nel 2018, secondo i dati ISTAT¹⁸, la crescita economica in Italia è continuata per il quinto anno consecutivo, portando il Prodotto Interno Lordo (PIL) del paese a 1.753.949 milioni di euro, con un aumento rispetto all'anno precedente dell'1,7% a prezzi correnti e dello 0,9% in termini di volume. Tuttavia nel 2018 si è registrato un rallentamento rispetto all'anno precedente, dovuto ad un minor contributo della domanda interna (soprattutto dei consumi privati) e delle esportazioni.

¹⁸ Fonte: ISTAT Statistiche in flash "Pil e indebitamento AP", anni 2016-2018.

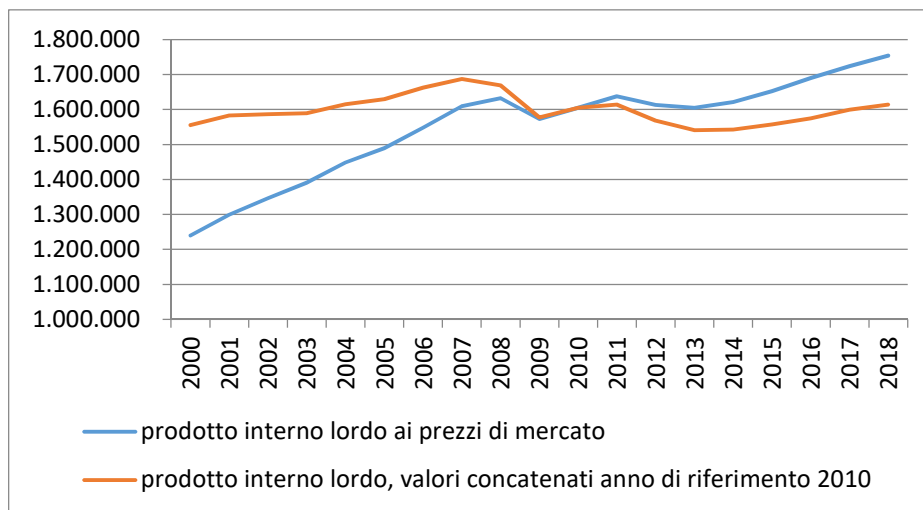


Figura 25 Evoluzione PIL italiano - Anni 2000-2018 (a prezzi di mercato e a valori concatenati)
Fonte: Elaborazione su dati ISTAT

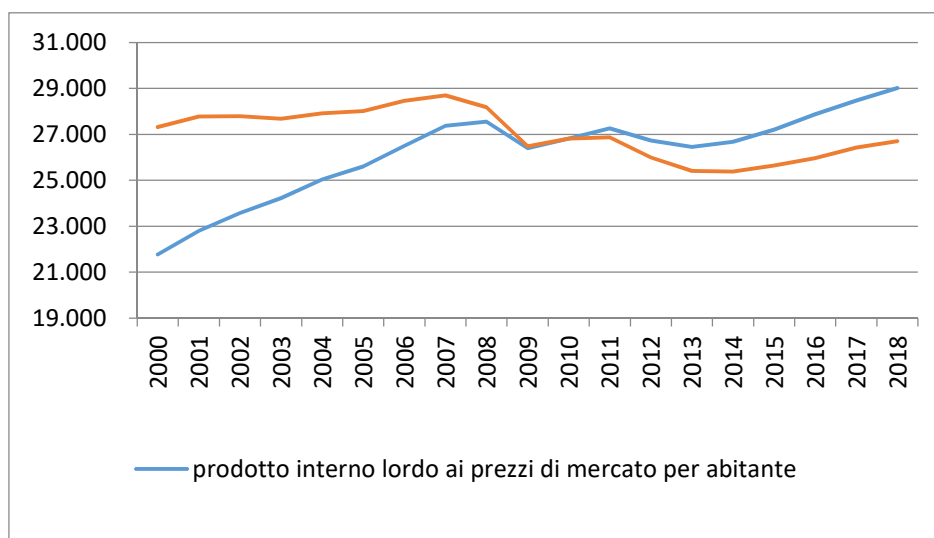


Figura 26 Evoluzione PIL per abitante (a prezzi di mercato e a valori concatenati - anno di riferimento 2010).
Fonte: Elaborazione su dati ISTAT

Anche secondo le analisi dell'OCSE¹⁹, il PIL pro capite reale in Italia è all'incirca lo stesso del 2000 e ben al di sotto del picco pre-crisi. Continuano a permanere grandi disparità a livello regionale, soprattutto per quanto riguarda il PIL pro-capite e nell'occupazione; differenze che si sono ulteriormente ampliate negli ultimi 20 anni.

Il Rapporto OCSE sostiene che, dopo una modesta ripresa, l'economia italiana si stia attualmente indebolendo e prevede che il PIL si ridurrà dello 0,2% nel 2019 e si espanderà di appena lo 0,5% nel 2020. Meno pessimistiche sono le previsioni riformulate dal Governo italiano che nel Documento di Economia e Finanza stimano una crescita del PIL di 0,2% nel 2019 e 0,8% nel 2020²⁰.

Le prime iscrizioni di veicoli nuovi al Pubblico Registro Automobilistico (PRA) e in parte la consistenza del parco circolante sono diretta conseguenza dell'andamento economico del PIL

¹⁹ OECD Economic Surveys "Italy" Overview, April 2019.

²⁰ Ministero dell'Economia e delle Finanze "Documento di Economia e Finanza 2019".

appena descritto. A dimostrarlo è il fatto che gli unici anni in cui tale aggregato è diminuito o rimasto stabile sono proprio quelli in cui la crisi economica ha colpito più duramente; questo perché il numero di radiazioni²¹ dei veicoli ha superato quello delle prime iscrizioni (comportando una diminuzione del parco), oppure le due quantità si sono equivate (comportando la stabilità dello stesso). In generale, comunque, nel periodo preso a riferimento (2000-2018), l'andamento della consistenza del parco è quello rappresentato nella Tabella 4.

Tabella 4 Consistenza del parco veicoli secondo la categoria

| ANNI | Motocicli | Autovetture | Autobus | Veicoli merci leggeri | Veicoli merci pesanti | Altro | Totale |
|------|-----------|-------------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------|
| 2000 | 3.375.782 | 32.583.815 | 87.956 | 3.493.531 | | 1.202.693 | 40.743.777 |
| 2005 | 4.938.359 | 34.667.485 | 94.437 | 3.330.394 | 997.438 | 1.156.988 | 45.185.101 |
| 2010 | 6.305.032 | 36.751.311 | 99.895 | 3.799.321 | 999.350 | 707.492 | 48.662.401 |
| 2015 | 6.543.612 | 37.351.233 | 97.991 | 3.874.452 | 918.258 | 702.947 | 49.488.493 |
| 2018 | 6.780.733 | 39.018.170 | 100.042 | 4.108.520 | 941.994 | 732.911 | 51.682.370 |

Fonte: ACI-Statistiche automobilistiche

A fronte dell'aumento, nel periodo considerato, di circa il 6% della popolazione (che a fine 2018 si aggirava intorno alle 60.400.000 unità), cui è corrisposto un incremento leggermente più consistente (poco più del 7%) dei potenziali conducenti (individui dai 18 anni in su), il volume totale dei veicoli su gomma in Italia è aumentato del 26,8%, quello delle autovetture del 19,7%. La categoria che ha registrato l'aumento più elevato è quella dei motocicli, che è più che raddoppiata (+100,9%).

2.3.2 Le caratteristiche del parco autovetture

I calcoli che nel prosieguo del lavoro saranno effettuati per misurare l'impatto che il parco circolante autovetture genera sull'ambiente, oltre che sul numero complessivo dei veicoli e sulle loro percorrenze, sono il risultato anche della sua composizione secondo le diverse alimentazioni e classi emissive.

L'esame condotto sul tipo di motorizzazione utilizzato (Tabella 5) – circoscritto in questa fase alle autovetture, che da sole costituiscono il 76% circa del totale veicoli – indica che le automobili a benzina sono diminuite di un terzo; questo calo è andato tutto a favore delle auto a gasolio, che hanno più che triplicato la presenza nel mercato italiano. Le alimentazioni considerate più ecologiche ancora non sono presenti in misura significativa, dato che rappresentano meno del 10% del totale (2018), ma sono anche quelle che hanno registrato, negli ultimi 3 anni, l'aumento percentuale maggiore: l'elettrico/ibrido ha quasi triplicato la sua presenza nel territorio nazionale, sebbene rappresenti al momento solo lo 0,7% del parco complessivo.

²¹ Cancellazione di un veicolo dal Pubblico Registro Automobilistico (PRA).

Tabella 5 Consistenza parco autovetture secondo l'alimentazione (valori in %)

| ANNI | BENZINA | BENZINA E GAS LIQUIDO | BENZINA E METANO | GASOLIO | ELETTRICO- IBRIDO | ALTRE/NON DEFINITO | TOTALE |
|------|---------|-----------------------------|------------------------|---------|----------------------|-----------------------|--------|
| 2000 | 80,4 | 4 | 0,9 | 14,7 | .. | 0 | 100 |
| 2010 | 55,6 | 4,8 | 1,8 | 37,8 | .. | 0 | 100 |
| 2015 | 49,7 | 5,7 | 2,4 | 41,9 | 0,2 | 0 | 100 |
| 2018 | 46,3 | 6,2 | 2,4 | 44,4 | 0,7 | 0 | 100 |

Fonte: ACI-Statistiche automobilistiche

Il confronto con il resto dell'Europa²² conferma un sostanziale allineamento nella presenza su strada di motorizzazioni tradizionali a benzina (la cui media europea si attesta in oltre il 50% del circolante) e diesel (che arriva al 42% circa), mentre segna, per il nostro territorio, il maggior peso dei veicoli a gas (in Europa le autovetture circolanti a metano/gpl arrivano appena al 3% dell'intero parco).

Costantemente orientata, a partire dagli anni '90 del secolo scorso, a rispondere all'emergenza ambientale determinata in buona parte anche dal trasporto stradale, l'Unione europea è intervenuta, nel tempo, per imporre una serie di standard emissivi sempre più restrittivi con l'obiettivo di contenere gli scarichi dei veicoli stradali. Tali standard, comunemente denominati con la sigla Euro, hanno permesso, grazie all'intenso lavoro di ricerca e sviluppo sulle tecnologie, di rendere i mezzi su strada sempre più ecologici. È importante, dunque, guardare la distribuzione del circolante autovetture secondo la classe Euro (Tabella 6): le classi che nel 2018 hanno raggiunto la maggiore numerosità sono le Euro 5 e Euro 6, complessivamente, con più di 14 milioni di unità circolanti. Va tuttavia rilevato come, ad oggi, le classi Euro 0-2 (le più inquinanti) rappresentino ancora un numero consistente: più di 1/5 del totale autovetture (21,6%). La Tabella riportata di seguito permette, inoltre, di osservare come nei tre anni considerati le auto Euro 0 (che rappresentano ancora il 9,5% del parco al 2018) non hanno subito un decremento significativo o comunque simile a quello riscontrato per le Euro 1, 2 e 3. Anche in questo caso, come già sottolineato nel paragrafo 2.2.2.1, il dato potrebbe trovare giustificazione nella mancata radiazione di auto non più effettivamente circolanti.

Tabella 6 Consistenza del parco autovetture secondo la classe Euro

| ANNI | EURO 0 | EURO 1 | EURO 2 | EURO 3 | EURO 4 | EURO 5/6 | NON IDENTIF. | TOTALE COMPLESSIVO |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------|-----------------------|
| 2010 | 4.609.044 | 2.208.812 | 7.532.950 | 8.036.183 | 13.301.508 | 1.035.092 | 27.722 | 36.751.311 |
| 2015 | 3.919.307 | 1.297.283 | 4.994.049 | 6.507.162 | 12.051.110 | 5.657.563 | 26.812 | 37.351.233 |
| 2018 | 3.696.273 | 1.032.945 | 3.696.804 | 5.317.852 | 11.072.552 | 14.167.547 | 46.353 | 39.018.170 |

Fonte: ACI-Statistiche automobilistiche

Direttamente collegata alla classe Euro dei veicoli alimentati a combustibili fossili (che rappresentano, al 2018, il 99% del parco autovetture) è l'età mediana degli stessi. La Tabella 7 proposta confronta i dati 2010 e 2018 relativi all'età mediana delle autovetture e mostra come, nel corso di appena otto anni, questa sia praticamente raddoppiata per le autovetture a gasolio,

²² Cfr. "Vehicles in use Europe 2018" Acea Report (dati 2017).

a benzina/GPL e a benzina/metano. Solo le autovetture a benzina hanno mostrato nel periodo considerato un invecchiamento meno intenso, ma partivano da un valore già estremamente elevato (più di 10 anni).

Tabella 7 Età mediana autovetture

| ALIMENTAZIONE | 2010 | 2018 |
|----------------|------------------|------------------|
| Benzina | 10 anni e 5 mesi | 14 anni e 4 mesi |
| Gasolio | 5 anni e 10 mesi | 9 anni e 8 mesi |
| Benzina/GPL | 4 anni e 10 mesi | 8 anni e 11 mesi |
| Benzina/Metano | 3 anni e 10 mesi | 8 anni e 10 mesi |
| Totale | 8 anni e 2 mesi | 11 anni e 4 mesi |

Fonte: Elaborazione Area Professionale statistica ACI su dati ACI-Statistiche automobilistiche

Di seguito si riporta l'evoluzione dei limiti emissivi raggiunti dalle autovetture a partire dalle Euro 1 (1993) fino all'Euro 6 (2014). Le Figure 27, 28 e 29 mostrano come lo sviluppo tecnologico e l'evoluzione dei propulsori abbia contribuito a ridurre le emissioni inquinanti negli ultimi vent'anni e oltre, in particolare si sottolinea la riduzione avvenuta tra le Euro 3 e 4.

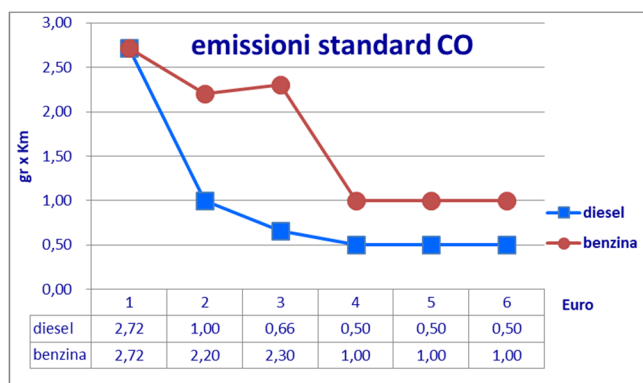


Figura 27 Emissioni standard Massa di monossido di carbonio (g/km) dei veicoli di categoria M (autovetture)
Fonte: elaborazione ACI su dati emissioni standard Direttive CE

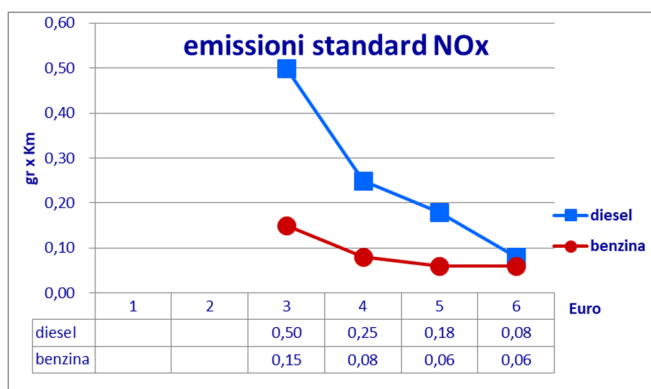


Figura 28 Emissioni standard Massa di Ossidi di azoto (g/km) dei veicoli di categoria M (autovetture)
Fonte: elaborazione ACI su dati emissioni standard Direttive CE

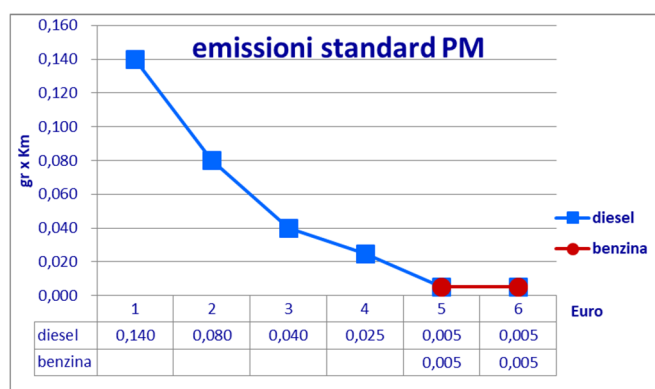


Figura 29 Emissioni standard Massa di particolato (g/km) dei veicoli di categoria M (autovetture)
Fonte: elaborazione ACI su dati emissioni standard Direttive CE

L'analisi dell'evoluzione del parco, associata ancora al tipo di alimentazione utilizzata, non può non tener conto di un altro rilevante aspetto emerso in modo evidente anche nella prima parte del documento (anche se riferito al settore dei trasporti in generale), quello correlato al consumo di carburanti del settore.

La Tabella 8 conferma poi quanto emerso nel primo capitolo a proposito del volume di emissioni di CO₂ prodotte in Italia dal settore dei trasporti su strada (Figura 17): dopo l'aumento del 2005, si è registrata una diminuzione continua di questo valore, nonostante l'incremento del 27% del parco veicoli. Due sono i motivi che spiegano questa apparente contraddizione: i veicoli consumano sempre meno (nel 2000 le autovetture avevano un consumo medio pari a 8,6 litri per 100 km; nel 2018 tale indice è passato a 6 litri per 100 km con una diminuzione del 30,2%) e sono aumentati molto i veicoli a gasolio, che rispetto a quelli a benzina hanno consumi unitari più bassi. Complessivamente, dal 2000 ad oggi le emissioni di anidride carbonica da trasporti stradali si sono ridotte del 6% circa.

Tabella 8 Emissioni totali di CO₂ da trasporti su strada (milioni di tonnellate)

| | Benzina | Gasolio | GPL | Metano | TOTALI |
|------|---------|---------|-----|--------|--------|
| 2000 | 54,5 | 58 | .. | 0,8 | 113,4 |
| 2005 | 43,3 | 77,9 | 3 | 0,9 | 125,1 |
| 2010 | 32,1 | 80,8 | 3,5 | 1,7 | 118,1 |
| 2015 | 25,2 | 74,2 | 4,7 | 2,2 | 106,4 |
| 2018 | 23,6 | 76,9 | 4,6 | 2 | 107,1 |

Fonte: Elaborazione Area Professionale statistica ACI su dati MiSE, UP e Assogasmetano

2.3.3 Gli spostamenti urbani verso la mobilità attiva

Un tema centrale nella descrizione delle caratteristiche della odierna mobilità è quella legata alla localizzazione degli spostamenti delle persone, che nel tempo tendono sempre di più a consistere di spostamenti urbani. Secondo i dati della Commissione europea, in Europa circa

360 milioni di persone (il 72% dell'intera comunità) vivono in città e sobborghi urbani, e questa quota pare sia destinata a salire ad oltre l'80% nel 2050²³.

Il forte fenomeno dell'urbanizzazione si traduce in una serie di sfide da affrontare: economiche, sociali, ma anche climatiche ed ambientali; è oramai opinione diffusa che tutti gli sforzi, ai vari livelli, debbano necessariamente essere convogliati affinché le città diventino, sempre più, luoghi accessibili e vivibili. In questo contesto, la mobilità urbana gioca un ruolo fondamentale, anche in relazione alle emissioni, che possono variare significativamente in ragione della modalità di trasporto prescelta e della classe Euro dei veicoli utilizzati.

Con riguardo agli spostamenti, i dati ISFORT sulla scelta delle modalità di trasporto urbano degli italiani confermano, ancora una volta, la preferenza per il trasporto individuale (Tabella 9). Se i mezzi motorizzati rimangono i più utilizzati, va notato come dal 2016 al 2017 sia cresciuto il peso di quelli non motorizzati (piedi e bici, che sono passati da un complessivo 31,6% del 2016 al 38,6% del 2017) a discapito di quello dell'auto che, nello stesso periodo, ha perso quasi 7 punti in percentuale.

Sebbene in calo, l'auto continua ad essere comunque, anche in città, il mezzo di trasporto preferito per gli spostamenti.

Tabella 9 La distribuzione degli spostamenti urbani per modo di trasporto utilizzato (valori in %)

| Mezzo di trasporto | 2017 | 2016 | 2008 |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Piedi | 31,5% | 26,9% | 27,6% |
| Bici | 7,1% | 4,7% | 5,2% |
| Mezzi privati (auto e moto) | 52,1% | 59,1% | 58,8% |
| Trasporto pubblico | 9,3% | 9,3% | 8,4% |
| Totale | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Fonte "15° Rapporto sulla mobilità degli italiani" – ISFORT, 2018

2.3.4 Gli spostamenti e le caratteristiche del parco autovetture nei grandi comuni italiani

Per comprendere quale possa essere l'impatto ambientale locale generato dal parco autovetture, soprattutto in ambito urbano, è utile indagare la composizione del parco stesso delle città italiane. Di seguito viene riportata l'analisi dei grandi comuni italiani, quelli con una popolazione pari e superiore ai 300.000 abitanti: Roma, Milano, Napoli, Torino, Palermo, Genova, Bologna, Firenze, Bari e Catania.

Le tabelle che seguono (Tabella 10 e Tabella 11) dettagliano il parco autovetture circolanti dei suddetti 10 comuni distinto per classe Euro e alimentazione. Dalla lettura dei dati si deduce che ad oggi nei grandi comuni sono, come prevedibile, presenti soprattutto autovetture a benzina e gasolio e, con riguardo alla classe emissiva, una percentuale più che consistente è rappresentata dalle auto Euro 0-2 (veicoli che hanno dai 20 anni in su). Il peso della vecchiaia del parco auto è particolarmente evidente a Napoli (dove il 44% circa del parco è costituito da auto Euro 0-2), Catania (con il 38%), Palermo (28%) e Roma (20%).

²³ Cfr. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, "La dimensione urbana delle politiche dell'Ue – elementi fondanti di una agenda urbana Ue" - COM (2014) 490 finale.

Se benzina e gasolio restano le alimentazioni più utilizzate in tutti i comuni selezionati, le auto a gas hanno una diffusione piuttosto difforme da città a città (probabilmente a causa della rete di distribuzione disponibile), per quanto riguarda le auto elettriche, i valori rimangono ovunque bassi, con percentuali più alte nelle città settentrionali, mentre sono quasi del tutto inesistenti nei capoluoghi del Meridione. Anche per le ibride, che fanno registrare tassi di penetrazione maggiori rispetto alle elettriche, la differenza tra Nord e Sud del Paese è piuttosto evidente.

Tabella 10 Parco autovetture circolanti nei 10 più grandi Comuni italiani distinto per classi Euro (valori in %)

| Comune | Euro 0 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6 | n.d | totale |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|
| Torino | 8,5 | 1,8 | 6,8 | 10,7 | 24,5 | 16,3 | 31,3 | 0,1 | 100,0 |
| Milano | 10,9 | 2,4 | 6,8 | 9,5 | 26,5 | 20,7 | 23,1 | 0,2 | 100,0 |
| Bologna | 6,3 | 1,6 | 6,1 | 9,4 | 29,2 | 21,9 | 25,4 | 0,1 | 100,0 |
| Firenze | 6,9 | 1,6 | 5,9 | 10,2 | 28,4 | 22,2 | 24,7 | 0,2 | 100,0 |
| Roma | 9,9 | 2,2 | 7,5 | 11,8 | 29,1 | 18,9 | 20,5 | 0,1 | 100,0 |
| Genova | 7,6 | 2,3 | 7,5 | 11,9 | 29,7 | 21,3 | 19,7 | 0,0 | 100,0 |
| Palermo | 13,0 | 3,3 | 11,3 | 15,5 | 30,2 | 14,6 | 12,1 | 0,1 | 100,0 |
| Napoli | 27,6 | 4,4 | 11,9 | 12,8 | 24,4 | 10,4 | 8,2 | 0,2 | 100,0 |
| Bari | 8,5 | 2,1 | 8,7 | 15,3 | 31,2 | 17,1 | 16,9 | 0,1 | 100,0 |
| Catania | 19,6 | 5,0 | 13,8 | 16,2 | 25,9 | 10,6 | 8,6 | 0,2 | 100,0 |

Fonte: elaborazioni Fondazione Caracciolo su dati ACI 2018

Tabella 11 Parco autovetture circolanti nei 10 più grandi comuni italiani distinto per alimentazione (valori in %)

| Comune | Benzina | Benzina e Gas liquido | Benzina e Metano | Gasolio | Elettrico | Ibrido | Totale |
|---------|---------|-----------------------|------------------|---------|-----------|--------|--------|
| Torino | 48,3 | 9,5 | 1,7 | 39,5 | 0,07 | 0,94 | 100,0 |
| Milano | 58,1 | 4,7 | 0,8 | 34,3 | 0,09 | 2,00 | 100,0 |
| Bologna | 46,2 | 10,7 | 6,4 | 33,9 | 0,05 | 2,68 | 100,0 |
| Firenze | 53,8 | 5,8 | 2,4 | 36,9 | 0,09 | 0,97 | 100,0 |
| Roma | 53,2 | 7,0 | 0,8 | 37,5 | 0,06 | 1,34 | 100,0 |
| Genova | 56,6 | 2,8 | 0,9 | 38,9 | 0,03 | 0,77 | 100,0 |
| Palermo | 57,8 | 6,0 | 0,7 | 35,2 | 0,02 | 0,33 | 100,0 |
| Napoli | 58,5 | 8,9 | 1,5 | 30,9 | 0,01 | 0,18 | 100,0 |
| Bari | 43,7 | 7,0 | 3,2 | 45,7 | 0,01 | 0,40 | 100,0 |
| Catania | 58,2 | 3,8 | 0,8 | 36,9 | 0,02 | 0,20 | 100,0 |

Fonte: elaborazioni Fondazione Caracciolo su dati ACI 2018

2.3.5 Mia carissima automobile

L'analisi territoriale collegata alle caratteristiche del parco autovetture rende evidente come il livello di reddito pro capite possa risultare decisivo nelle politiche di rinnovo dei veicoli. Sono infatti evidenti le differenze nella composizione del parco veicolare fra aree geografiche del Paese.

Rinviando le considerazioni economiche alla parte finale dello studio, si ritiene utile in questa fase effettuare alcune considerazioni legate esclusivamente alla spesa per i trasporti, riportando il costo al km dei veicoli suddivisi per tipo di alimentazione. A tal fine, sono prese in

considerazione le due fasi di vita dell'auto: il momento dell'acquisto e quello dell'uso. Le tabelle sotto riportate, che prendono in considerazione il costo medio di una automobile con percorrenza media stimata di 15.000 km, ne mostrano il confronto (il parametro di riferimento utilizzato è il costo chilometrico). Attualmente il costo km di una autovettura elettrica è molto più alto di una qualsiasi vettura (con cilindrata fino a 2.000 cc) a propulsione tradizionale. Questo perché il prezzo di acquisto per questi modelli è ancora molto più elevato degli altri; l'auspicabile diminuzione del costo delle batterie nei prossimi anni potrà attenuare tale gap e, anche al momento dell'acquisto, favorire una concorrenzialità di prezzo già dalla fase dell'acquisto. Viceversa, attualmente l'autovettura a batterie, nelle spese di utilizzo, è enormemente più economica di una vettura a combustione (da -24,1% a -51,5%), sia in virtù dei ridotti costi legati al rifornimento, ma anche in ragione dei minori oneri di manutenzione.

Tabella 12 Costi al km autovetture nell'anno 2018 (Percorrenza annua di 15.000 km)

| CILINDRATA | Benzina | Gasolio | GPL | Metano | Ibrida | Elettrica |
|---------------------|---------|---------|-------|--------|--------|-----------|
| da 1.000 a 1.300 cc | 0,433 | 0,386 | 0,357 | 0,387 | 0,438 | 0,707 |
| da 1.301 a 2.000 cc | 0,626 | 0,532 | 0,451 | 0,505 | 0,531 | |

Fonte: ACI-Costi km di esercizio delle autovetture

Tabella 13 Costi al km autovetture nell'anno 2018 escluso le quote di ammortamento (Percorrenza annua di 15.000 km)

| CILINDRATA | Benzina | Gasolio | GPL | Metano | Ibrida | Elettrica |
|---------------------|---------|---------|-------|--------|--------|-----------|
| da 1.000 a 1.300 cc | 0,3 | 0,286 | 0,254 | 0,253 | 0,303 | 0,192 |
| da 1.301 a 2.000 cc | 0,396 | 0,357 | 0,304 | 0,312 | 0,34 | |

Fonte: ACI-Costi km di esercizio delle autovetture

3. I sistemi di propulsione. Evoluzioni e prospettive di sviluppo

3.1 Premessa

La lettura dei dati riportati nel secondo capitolo lascia supporre come, rispetto ad uno scenario di mobilità ancora oggi fortemente incentrato sull'auto privata, la principale e più scontata leva di riduzione delle emissioni di CO₂ sia rappresentata da un vasto intervento di ammodernamento del parco e dall'introduzione nel mercato di veicoli a emissioni sempre più ridotte.

In questo contesto, le scelte individuali, unite o supportate da politiche sostenibili di rinnovo, dovranno coniugarsi con l'evoluzione tecnologica dei motori e dei loro standard emissivi. La sfida sarà quella di comprendere il percorso delle diverse motorizzazioni valutando, in modo non ideologico, l'attuale stadio di sviluppo nonché le prospettive di miglioramento per i prossimi anni.

Il presente capitolo, pertanto, dopo aver fornito alcune informazioni di base sul funzionamento dei principali sistemi di propulsione, proverà a declinare le prospettive di sviluppo delle diverse motorizzazioni con annesse alcune valutazioni qualitative sui correlati livelli emissivi attesi per i prossimi anni. Le considerazioni prospettiche sui livelli emissivi risulteranno funzionali alle assunzioni metodologiche presenti nel capitolo 5 dedicato agli scenari di emissione della CO₂, oltre che alle riflessioni sull'industria automobilistica presenti nell'ultima parte del lavoro.

3.2 I veicoli elettrici

L'impiego di azionamenti elettrici per i sistemi di propulsione dei veicoli stradali rappresenta una soluzione tecnologica di notevole interesse per le crescenti problematiche di inquinamento legate al settore dei trasporti. Infatti, tali sistemi sono caratterizzati da elevati valori di efficienza di conversione dell'energia a bordo ed offrono la possibilità di operare in aree urbane, in modalità completamente elettrica con totale assenza di emissioni allo scarico.

Lo sviluppo della propulsione elettrica su larga scala è strettamente legato ad alcuni componenti chiave che ne determinano prestazioni e costi. Tra questi, particolare rilievo assumono il sistema di accumulo dell'energia elettrica a bordo, la macchina elettrica di propulsione, con i relativi sistemi elettronici di controllo, ed il sistema di ricarica del veicolo.

Il sistema di accumulo dell'energia elettrica svolge un ruolo altamente strategico, in quanto da esso dipendono sia le prestazioni che l'autonomia del veicolo. È proprio nel progresso tecnologico delle batterie, e in generale di sistemi di accumulo, che verosimilmente potranno definirsi le probabilità di successo dell'auto elettrica.

Ad oggi, le batterie elettrochimiche basate su differenti composti del litio (ad esempio, LTO, Li-NMC *etc.*) rappresentano i principali sistemi di accumulo impiegati a bordo di veicoli con propulsione elettrica. Le tecnologie in commercio al 2019, in termini di densità, hanno compiuto importanti, seppur non risolutivi, passi in avanti rispetto al passato. Come si evince dalla Figura 30, soltanto negli ultimi 4 anni, a parità di peso, la quantità di energia accumulata nella batteria è più che raddoppiata e nei prossimi anni si prevede un ulteriore miglioramento.

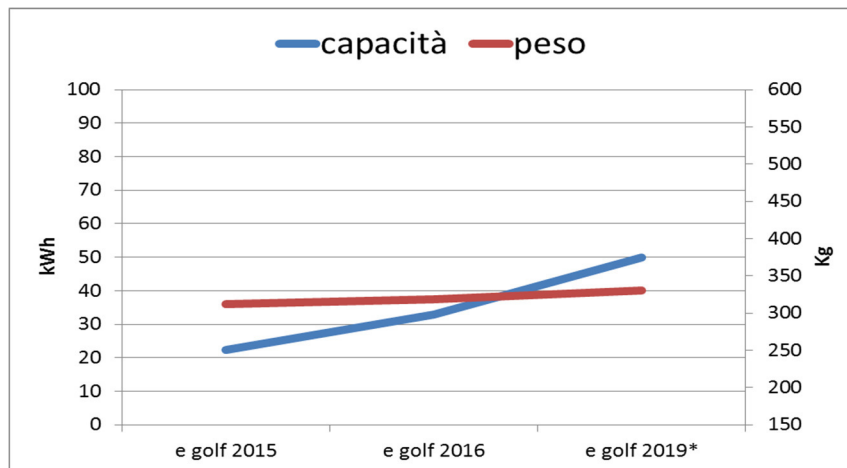


Figura 30 Andamento della crescita della capacità della batteria della e-Golf e del peso della batteria stessa. A fronte di un incremento di peso trascurabile; Kreisel Electric (e-Golf 2019 nel grafico) ha sviluppato un prototipo con una batteria da 55,7 kWh il cui peso è di 330 kg

La densità energetica e il peso delle batterie sono direttamente correlati anche alla quantità di materie prime impiegate e quindi ai costi di produzione. Sotto questo aspetto sono stati registrati importanti progressi che, tuttavia, non hanno consentito ancora ad oggi un livellamento dei costi rispetto ai veicoli termici, quantomeno per i modelli di bassa gamma. Il tema, anche in relazione ai profili occupazionali, sarà più ampiamente ripreso nell'ultimo capitolo del lavoro.

Soluzioni prototipali, non ancora ampiamente diffuse nel settore automotive, prevedono inoltre l'impiego combinato di batterie elettrochimiche con super-condensatori o con celle a combustibile alimentate a idrogeno. Allo stato attuale della tecnologia, le batterie elettrochimiche sono caratterizzate da valori di densità energetica significativamente inferiori, rispetto ai combustibili convenzionali. Pertanto, il peso complessivo di un veicolo elettrico o ibrido risulta in genere superiore a quello dei veicoli tradizionali. Tuttavia, questo svantaggio può essere in parte compensato dalla maggiore efficienza della propulsione elettrica rispetto ai sistemi di propulsione basati su motore endotermico.

Oltre agli attuali limiti tecnologici legati alla densità di energia, altri aspetti da prendere in considerazione nella scelta del sistema di accumulo riguardano densità di potenza, vita utile, costi e sicurezza. In particolare, nuove tecnologie sono caratterizzate da una maggiore densità di potenza, che consente di supportare il veicolo durante le fasi di accelerazione e ricaricare il pacco batteria in tempi piuttosto ridotti, senza andarne ad intaccare la vita utile. Le problematiche di sicurezza, relative all'elevata reattività dei sistemi di accumulo al litio, e di affidabilità sono in genere gestite attraverso l'impiego di Battery Management Systems (BMS). Tali sistemi sono rivolti a garantire il bilanciamento di tensione tra le singole celle del pacco batteria, durante le fasi sia di carica che di scarica, e a prevenire condizioni di funzionamento (temperature elevate, sovracorrenti, sovratensioni, etc.) che possano comportare rischi e/o danneggiare la vita utile del pacco batteria [1].

Le principali soluzioni di accumulo in fase di studio sono oggi rivolte a tecnologie elettrochimiche che consentano, come si è anticipato, un incremento della densità di energia e

la riduzione dei tempi di ricarica. A riguardo, una tecnologia promettente è rappresentata dalle batterie metallo (ad esempio, alluminio)-aria, il cui sviluppo futuro sembrerebbe poter garantire autonomie superiori rispetto ai livelli attuali. Al momento, la commercializzazione di questa tipologia di batterie non è ancora prevista ma applicazioni prototipali hanno fornito ottimi risultati, in termini di densità energetica, con valori teorici fino ad 8 kWh/kg. I principali limiti al momento riguardano la vita utile di tali batterie, le cui prestazioni tendono a decadere rapidamente a causa dei problemi di ossidazione del metallo [2]. Ulteriori sviluppi tecnologici per i sistemi di accumulo riguardano l'impiego di composti litio-zolfo con valori di densità energetica fino a 500 Wh/kg. Anche in questo caso la durata delle batterie, in termini di vita utile, è piuttosto esigua e sono in fase di studio possibili accorgimenti per migliorarne l'affidabilità e le prestazioni [3].

Per quanto riguarda la propulsione elettrica, gli azionamenti impiegati nei veicoli si basano su tecnologie ormai consolidate, che sono in grado di supportare o sostituire completamente i tradizionali motori endotermici per la propulsione. Infatti, rispetto a questi ultimi, gli azionamenti elettrici presentano notevoli vantaggi in termini di efficienza, silenziosità, robustezza, costi di manutenzione e durata. I primi sistemi di propulsione elettrici erano basati sull'impiego di macchine elettriche a corrente continua con spazzole, caratterizzate da un costo ridotto e da una maggiore semplicità di controllo. Tuttavia, a causa della presenza delle spazzole, tali macchine presentavano notevoli svantaggi in termini di massima velocità di rotazione e durata. Negli ultimi anni, lo sviluppo di nuove tecnologie di sistemi di controllo, basati su convertitori statici dell'energia elettrica ad IGBT, ha favorito la diffusione di macchine elettriche brushless (senza spazzole) a magneti permanenti e macchine asincrone. Queste tecnologie hanno di fatto sostituito l'impiego dei sistemi a spazzole e sono ormai presenti sulla gran parte dei sistemi di propulsione elettrici proposti dalle diverse case costruttrici di veicoli [4].

L'ultimo elemento chiave riguarda la connessione tra veicolo e rete mediante il sistema di ricarica del veicolo, basato su sistemi di conversione statica dell'energia elettrica. Allo stato attuale della tecnologia, la ricarica può avvenire mediante connessione del caricabatteria di bordo alla rete elettrica in corrente alternata (ricarica on-board) o mediante connessione diretta del pacco batteria di bordo ad una stazione di ricarica esterna, che lavora in corrente continua (ricarica off-board). I sistemi di ricarica on-board sono ampiamente impiegati sia per veicoli elettrici che per ibridi plug-in e sono generalmente caratterizzati da potenze di ricarica che vanno da 3.6 kW fino a 22 kW. Pertanto tali sistemi sono utilizzati per ricariche a bassa potenza, da eseguire durante lunghi periodi di sosta del veicolo, con tempi di ricarica che vanno da 8 ore fino a circa 2 ore. I sistemi off-board sono invece impiegati per potenze di ricarica più elevate che, in alcuni casi, possono anche superare i 50 kW, con tempi di ricarica fino a circa 10 minuti. I nuovi sistemi di ricarica con potenze che possono arrivare fino a 500 kW hanno dovuto superare il problema del surriscaldamento di cavi che per ragioni di semplicità di utilizzo non potevano crescere di diametro aumentando a dismisura il loro peso. La soluzione utilizzata è stata quella di impiegare cavi di ricarica raffreddati da un liquido refrigerante non conduttivo, che avvolge il rame e ne mantiene stabile la temperatura anche ad altissima tensione. Ovviamente, di pari passo con i sistemi di ricarica, dovrà aumentare anche la capacità delle batterie di assorbire energia a potenze elevate.

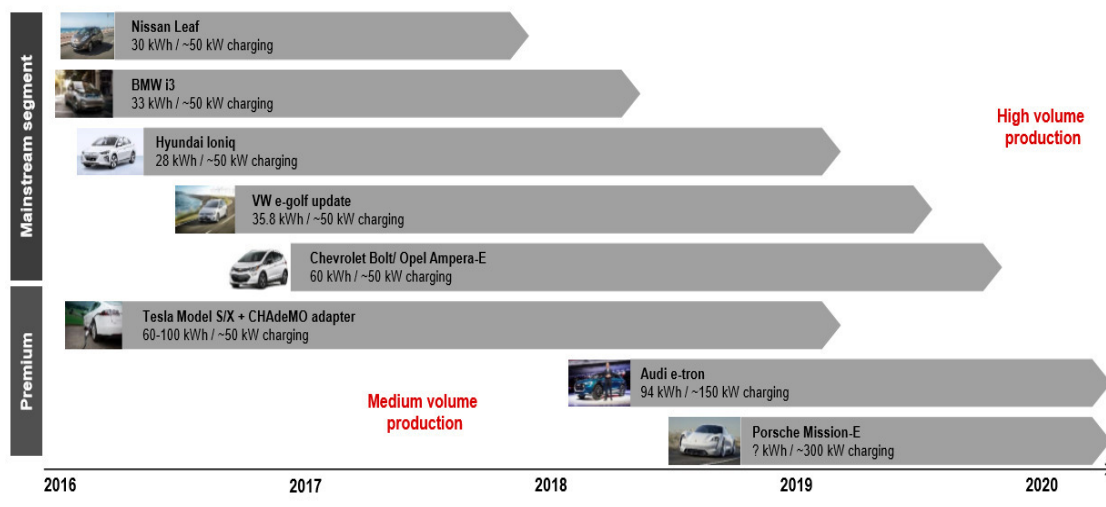


Figura 31 Situazione attuale e prospettive di evoluzione dei veicoli elettrici in termini di capacità delle batterie e potenza di ricarica
 Fonte: presentazione ABB ai lavori dell'Osservatorio ACI "Muoversi con Energia" (2018)

Fra i sistemi di ricarica, le principali aree di sviluppo tecnologico sono relative, inoltre, allo studio di sistemi di ricarica induttivi, in grado di effettuare anche operazioni di ricarica con veicolo in movimento, a sistemi di tipo bidirezionale, che favoriscono l'impiego dei veicoli in ricarica a supporto della rete elettrica mediante servizi vehicle-to-grid (V2G), ed alla riduzione dell'impatto in rete delle operazioni di ricarica mediante la gestione coordinata di sistemi di accumulo stazionario e fonti rinnovabili in una logica smart grid [6] e [8].

3.3 Architetture ibride per la propulsione

Già alla fine degli anni 90, l'industria automobilistica introdusse commercialmente la prima generazione di veicoli con sistema di propulsione ibrido termico-elettrico, anche noti con l'acronimo HEV (Hybrid Electric Vehicles) [9]. Tali veicoli sono caratterizzati da un sistema di propulsione basato su un motore a combustione interna (ICE), che funziona in combinazione con un motore elettrico con conseguenze positive legate alle prestazioni ed all'efficienza complessiva del veicolo. Al giorno d'oggi, i veicoli ibridi rappresentano una tecnologia matura e sono stati adottati da un cospicuo numero di utenti sia nel settore privato che in quello aziendale. Molti HEV con differenti configurazioni sono ora disponibili sul mercato e possono essere classificati in base al grado di ibridazione (micro, mild, full), che è correlato al rapporto tra le potenze del motore a combustione interna e dell'azionamento elettrico, o in base all'architettura del sistema di propulsione (parallelo, serie *etc.*) [1] e [10]. I recenti sviluppi nelle tecnologie di accumulo hanno supportato la diffusione sul mercato di una nuova generazione di veicoli ibridi, caratterizzata dalla capacità di coprire lunghe distanze in modalità puramente elettrica. In questo caso, la batteria del veicolo può essere ricaricata utilizzando l'energia proveniente dalla rete elettrica, collegando il veicolo a una presa di ricarica esterna mediante l'impiego di un connettore specifico. Per questo motivo, tali veicoli sono anche chiamati veicoli ibridi plug-in (PHEV) [11]. Una buona alternativa, soprattutto per l'utilizzo

urbano, è rappresentata dai veicoli elettrici a batteria (BEV o EV), in cui l'alimentazione per il sistema di propulsione elettrico è fornita dal pacco batteria, che rappresenta l'unica fonte di energia a bordo. In questo caso, il motore endotermico è completamente escluso, in quanto il pacco batteria del veicolo può garantire una percorrenza giornaliera media di circa 300 km. Anche quest'ultima tipologia di veicoli prevede un collegamento alla rete elettrica mediante specifiche prese di ricarica. Pertanto, i PHEV e BEV sono entrambi generalmente raggruppati in un'unica categoria indicata con l'acronimo PEV (Plug-in Electric Vehicles) [10]. A riguardo, si riporta in Figura 32 un confronto tra autonomia (sia complessiva che in modalità puramente elettrica) e capacità del sistema di accumulo di bordo, per alcuni modelli di veicoli presenti sul mercato con differenti gradi di ibridizzazione.

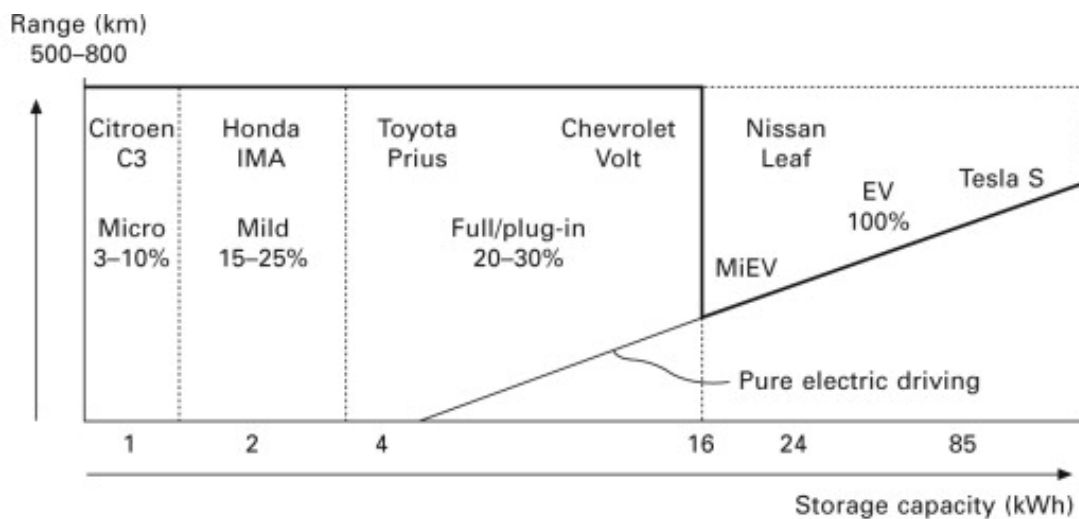


Figura 32 Confronto tra autonomia e capacità del sistema di accumulo per diversi gradi di ibridizzazione (Source [12])

La classificazione dei veicoli ibridi in funzione della architettura di propulsione può essere fatta in base alla interazione prevista tra motore endotermico, trasmissione, motore/generatore elettrico (comprensivo della elettronica di potenza) e sistema di accumulo. In particolare, oltre alla semplice configurazione *full-electric*, che non prevede l'impiego di un motore a combustione interna, possono essere identificate tre principali architetture di propulsione: ibrido serie, ibrido parallelo, ibrido serie-parallelo.

3.4 La trazione con motori termici

Nella centenaria storia del motore a combustione interna a pistoni in moto alternato, nonostante vi siano state numerose "varianti" architetture (ad esempio la più famosa e realmente applicata è il motore rotativo Wenkel), quella originale, concepita da Nikolaus August Otto nel 1867, è sopravvissuta nel tempo grazie alla robustezza strutturale del concetto ed al continuo sviluppo della tecnologia.

Il motore a combustione interna rappresenta tutt'oggi il propulsore più diffuso per la trazione stradale. Il suo successo nel sistema dei trasporti lo si deve principalmente all'elevato range di

potenza erogabile in rapporto al volume e peso del motore (da frazioni di kW a qualche decina di MW). Negli anni, inoltre, i motori a combustione interna hanno saputo rinnovarsi migliorando sensibilmente il loro standard emissivo.

Grazie all'evoluzione dei motori (e al contributo offerto dai progressi e dalla ricerca sui carburanti), negli ultimi 20 anni la qualità dell'aria nelle nostre città è migliorata moltissimo. I dati Ispra 2017 riportano che in Italia, nel settore dei trasporti, in 20 anni si è assistito a una riduzione del 60% dell'NO_x, del 58% del PM₁₀ e del 63% del PM_{2,5} (sulla riduzione delle emissioni inquinanti delle autovetture si veda anche il par. 2.3.2).

Sulle emissioni inquinanti non siamo all'anno zero...

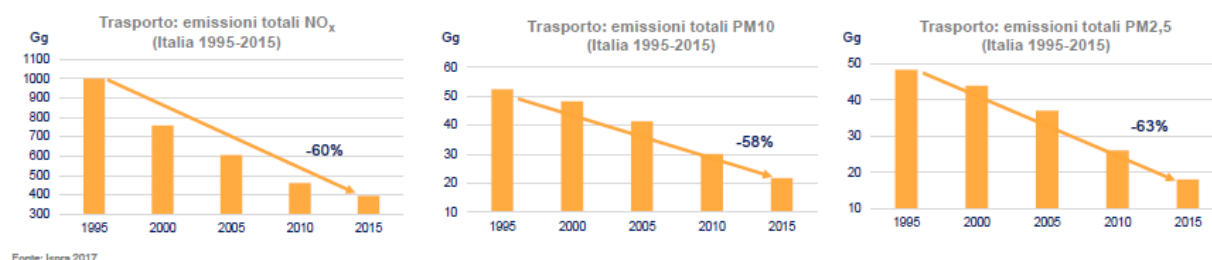


Figura 33 Evoluzione delle emissioni di NO_x, PM₁₀ e PM_{2,5} dei trasporti in Italia (1995-2015)

Fonte: intervento Unione petrolifera ai lavori dell'Osservatorio ACI "Muoversi con Energia" (2018)

I risultati raggiunti sono riconducibili a diversi percorsi di sviluppo specifici per ciascuna modalità di propulsione. Il sistema dei trasporti, infatti, è il settore in cui si ha il maggiore ventaglio di soluzioni motoristiche in termini di tipologia, dimensione, potenza massima *etc.*

In dipendenza del modo di funzionamento il motore a combustione interna si differenzia in due principali categorie: i motori a accensione comandata ed i motori diesel (anche denominati motori ad accensione per compressione).

3.4.1 Stato dell'arte delle tecnologie e sviluppi dei motori ad accensione comandata

I motori ad accensione comandata, alimentati con combustibili liquidi facilmente vaporizzabili come benzina, etanolo e metanolo, ad esempio, o con combustibili gassosi come GPL, gas naturale e idrogeno, sono così denominati perché l'innesco della combustione che genera l'energia necessaria alla produzione della potenza motrice è comandata dallo scoccare della scintilla della candela di accensione. Per le sue caratteristiche funzionali, il motore ad accensione comandata ben si presta per tutte le applicazioni automobilistiche, fino all'impiego per le vetture sportive, che richiedono propulsori con elevata densità di potenza, intesa come rapporto tra potenza massima e cilindrata e peso del motore. Le caratteristiche funzionali del motore ad accensione comandata fanno sì che esso abbia un'efficienza massima inferiore a quella del motore diesel, e nonostante il notevole miglioramento tecnologico avvenuto negli

anni abbia ridotto tale svantaggio (si pensi a titolo di esempio all'introduzione dell'iniezione diretta di benzina o del sistema di attuazione a controllo elettronico delle valvole), oggi questi motori sono ancora leggermente penalizzati in termini di consumi di carburante rispetto ai diesel. Tuttavia, le tecnologie in sviluppo, alcune derivanti dalle applicazioni nelle competizioni sportive, stanno mostrando ulteriori e significativi margini di miglioramento del consumo di combustibile per il prossimo futuro.

I motori ad accensione comandata funzionano prevalentemente con un'alimentazione stechiometrica di aria e combustibile, in altre parole all'interno del cilindro viene immessa una quantità proporzionale sia di aria che di benzina in modo tale che la prima sia sufficiente e non superiore per bruciare completamente la seconda. La miscela delle due componenti viene quindi fatta bruciare al momento opportuno all'interno dei cilindri. In base a questa modalità di funzionamento, il motore ad accensione comandata è caratterizzato da emissioni di idrocarburi incombusti e monossido di carbonio, derivanti dalle inefficienze nel controllo del processo di combustione, dalla quasi assenza di ossigeno residuo nella corrente di scarico del motore. La possibilità di funzionare con miscela stechiometrica, quindi in assenza di ossigeno nello scarico, permette, per questo tipo di motore, l'utilizzo di sistemi di abbattimento delle emissioni solo di tipo chimico, denominati catalizzatori trivalenti, in grado di ridurre gli inquinanti gassosi (idrocarburi, monossido di carbonio e ossidi di azoto) entro i limiti consentiti dalle attuali normative.

Relativamente alle emissioni di particolato carbonioso e particelle solide nanometriche (il cosiddetto "nanoparticolato"), che caratterizza le emissioni dei diesel, di cui si tratterà in seguito, i motori ad accensione comandata, grazie al funzionamento con miscele preformate prima dell'accensione, producono bassi livelli di particolato carbonioso e di particelle solide con diametro superiore a 23 nm (limite inferiore del diametro da misurare previsto nella metodologia di misura normata dalla legislazione). Tuttavia, per rispettare la normativa Euro 6, anche i motori di ultima generazione hanno seguito l'evoluzione dei diesel dotandosi di filtri di particolato, in tal caso denominati "Gasoline Particulate Filter" (GPF). La Figura 34 riporta uno schema del sistema di trattamento dei gas di scarico per un motore ad accensione comandata Euro 6d in cui sono visibili il catalizzatore trivalente (TWC) ed il GPF.

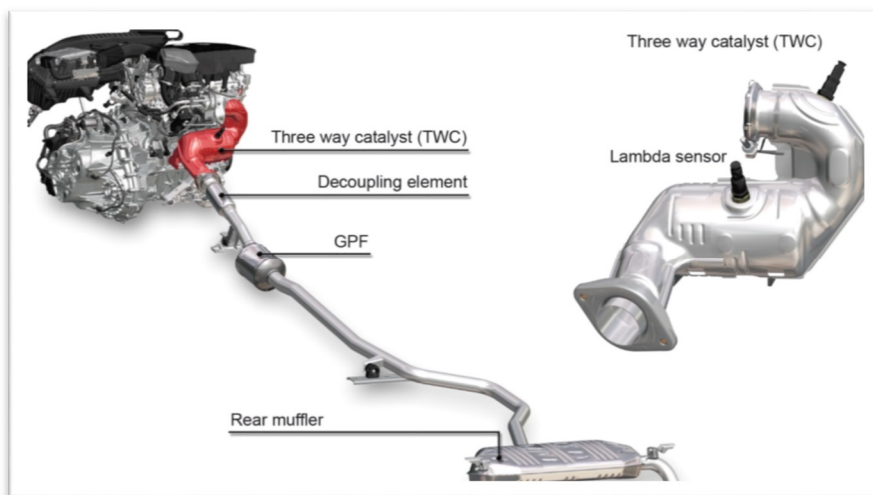


Figura 34 Esempio di sistema di post-trattamento dei gas di scarico per un motore ad accensione comandata benzina comprendente TWC e GPF

Come anticipato, i motori ad accensione comandata moderni sono principalmente caratterizzati dall'impiego di una serie di tecnologie volte soprattutto alla massimizzazione dell'efficienza meccanica (ovvero riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂), mentre il rispetto dei limiti normativi sulle emissioni inquinanti è demandato all'impiego del catalizzatore trivalente (per la riduzione di NO_x, idrocarburi incombusti e monossido di carbonio), e per le più recenti motorizzazioni, all'uso del GPF per il controllo delle emissioni di particelle e particolato entro i limiti previsti. La focalizzazione sull'incremento dell'efficienza (e quindi sulla riduzione dei consumi) è essenzialmente dettata dagli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ imposti dalla Commissione europea. La Figura 35 mostra gli obiettivi di decarbonizzazione del trasporto su gomma per il settore automobilistico richiesto dall'Europa (per un maggior dettaglio dei target europei si rimanda al capitolo 5).

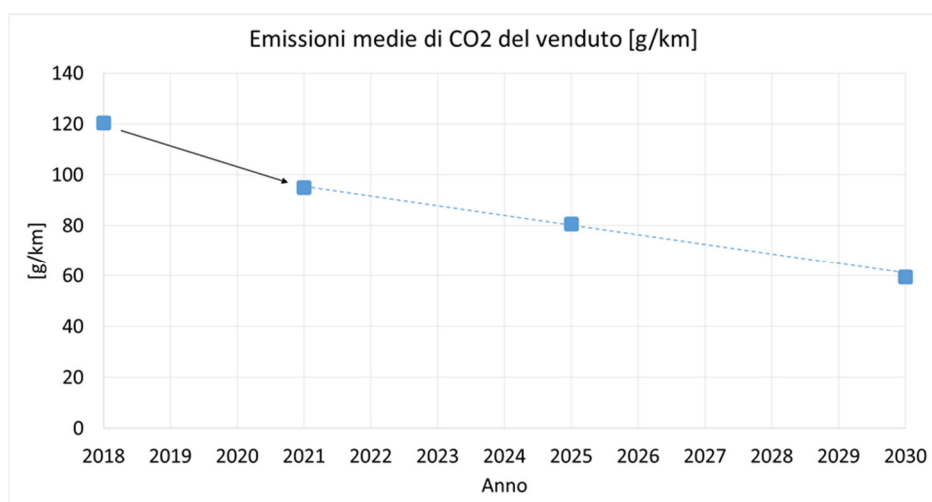


Figura 35 Obiettivi di decarbonizzazione del venduto nei 28 Paesi EU
[ref.: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en]

Lo stato dell'arte della tecnologia dei motori ad accensione comandata permette il raggiungimento di elevati valori di efficienza globale, con valori prossimi al 40% nel punto di funzionamento ottimale. Le nuove tecnologie motoristiche in fase di sviluppo si pongono come obiettivo il raggiungimento di valori di efficienza del 50% (obiettivo già raggiunto per alcuni motori da competizione) grazie all'impiego di soluzioni in grado di rimuovere alcuni vincoli funzionali delle attuali motorizzazioni, come ad esempio la scelta di bassi rapporti di compressione per limitare il fenomeno della detonazione o l'utilizzo di miscela aria-combustibile più magre del rapporto stechiometrico (eccesso di aria). Relativamente a quest'ultimo aspetto, senza entrare nel merito della tecnologia dei motori operanti con miscele magre, è possibile che l'impiego di tale soluzione richieda una riconfigurazione del sistema di controllo delle emissioni allo scarico, abbandonando l'utilizzo del catalizzatore trivalente.

Comunque, l'ambizioso obiettivo dell'efficienza del 50% dell'intero sistema di propulsione nell'uso stradale (caratterizzato da una variazione continua del punto di funzionamento del motore) si prevede raggiungibile solo attraverso una "ibridizzazione" del motore, ovvero l'utilizzo di motori elettrici alimentati a batteria. In tale ottica, le aziende automobilistiche sono impegnate a sviluppare architetture con il miglior rapporto tra incremento di costo dovuto all'incremento di complessità del sistema (motore termico e motore elettrico) e riduzione delle emissioni di CO₂.

Dal 2021 in poi è quindi prevedibile che il livello di ibridizzazione del propulsore progredirà velocemente su tutte le motorizzazioni, fino a far scomparire del tutto sistemi di propulsione basati solo su motore termico nel lungo periodo (>2030).

3.4.2 Stato dell'arte delle tecnologie e sviluppi futuri dei motori ad accensione per compressione (Diesel)

I motori ad accensione per compressione sono appunto caratterizzati dall'innesco della fiamma generato dall'alta temperatura dell'aria nel cilindro prodotta dalla compressione del pistone. Questa modalità di accensione permette l'utilizzo di combustibili meno volatili rispetto alla benzina, quali appunto il gasolio per autotrazione. Il principio di funzionamento di questi motori fu brevettato da Rudolf Diesel nel 1892, e per tale ragione essi sono denominati anche motori Diesel.

Per le sue caratteristiche funzionali, il motore diesel ha un'efficienza globale superiore al motore ad accensione comandata, e pertanto, rispetto a alle vetture a benzina, le diesel esprimono consumi di combustibile inferiori a parità di classe di veicolo, sebbene, come precedentemente accennato, il divario tra i due motori si sta progressivamente riducendo. Inoltre, il diesel è limitato in velocità di rotazione massima rispetto al motore ad accensione comandata, ma esprime in genere una coppia motrice più alta ai bassi regimi. Pertanto, esso ben si presta all'impiego in applicazioni dove è richiesta alta coppia a bassi regimi e consumi contenuti, ovvero per vetture più voluminose e più pesanti (Station-wagon, SUV, veicoli commerciali *etc.*)

Il processo di combustione che si sviluppa nei motori Diesel è molto diverso da quello di un motore ad accensione comandata, e proprio le caratteristiche di tale processo fanno sì che questo tipo di motore sia caratterizzato da emissioni di particolato carbonioso (osservabile dal nerofumo sprigionato allo scarico) e da una maggiore produzione di ossidi di azoto, mentre i livelli di idrocarburi incombusti e di monossido di carbonio sono significativamente inferiori rispetto ai motori a benzina. Proprio questa differenza nella qualità e quantità delle emissioni nocive richiede una differente architettura del sistema di trattamento dei gas di scarico, come lo schema riportato in Figura 36.

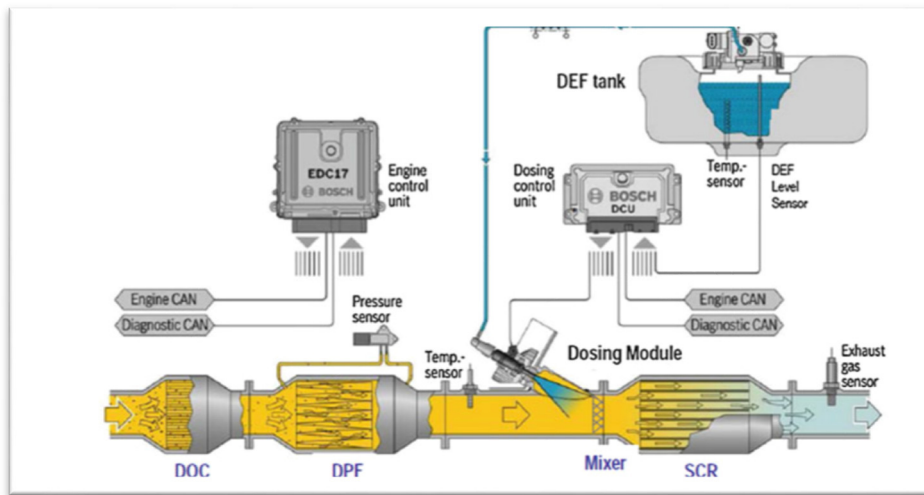


Figura 36 Esempio di sistema di post-trattamento dei gas di scarico per un motore ad accensione per compressione (Diesel) comprendente catalizzatore ossidante (DOC), filtro di particolato (DPF) e catalizzatore con urea per la riduzione degli ossidi di azoto

Negli ultimi anni, il motore Diesel è stato ritenuto troppo dannoso per l'ambiente a causa dell'elevata emissione di nerofumo prima e delle emissioni di ossidi di azoto poi, soprattutto nelle condizioni reali di utilizzo su strada rispetto a quelle riprodotte durante la fase di omologazione per la verifica del rispetto dei limiti normativi sugli inquinanti. In tale circostanza, sia grazie all'introduzione di una nuova normativa per l'omologazione dei veicoli che include una verifica su strada, sia ad un rapido incremento degli investimenti in ricerca e sviluppo, la tecnologia è stata ancora una volta in grado di soddisfare le richieste di compatibilità ambientale delle motorizzazioni diesel salvaguardandone la competitività economica. Sebbene caratterizzato da una architettura della linea di scarico dei gas più complessa (anche nella gestione da parte della centralina di controllo) e più costosa, il sistema di post-trattamento di ultima generazione (Euro 6d-temp) garantisce prestazioni tali da qualificare il motore Diesel quale propulsione termico riferimento in termini di emissioni inquinanti regolamentate in uso reale del veicolo [13,14,15].

A seguito della crisi commerciale del Diesel, lo sviluppo tecnologico di questo propulsore si è ridotto ma non fermato. Difatti vari centri di ricerca continuano lo sviluppo del motore e del sistema di post-trattamento per cercare di raggiungere un livello di emissioni "trascurabile"

(ovvero prossimo allo zero) rispetto all'inquinamento atmosferico urbano causato da altre fonti (riscaldamento, industria *etc.*).

Il lavoro dei ricercatori è concentrato in parte sull'incremento dell'efficienza del motore per ottenere valori obiettivo di oltre il 50%, ed in parte sul miglioramento dell'efficienza del sistema di post-trattamento, soprattutto nella fase di partenza a freddo. Per il raggiungimento di un livello emissivo di inquinanti "quasi zero", si prevede una variazione dell'architettura, inserendo altri elementi catalitici o dispositivi per l'aumento dell'efficienza di abbattimento degli inquinanti nella partenza a freddo. Una schematizzazione della Roadmap tecnologica per l'approccio alle emissioni di NOx prossime allo zero è illustrato nella Figura 37 [16].

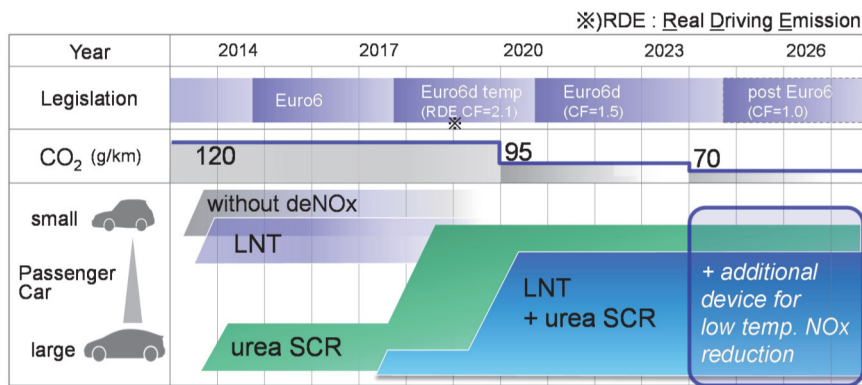


Figura 37 Roadmap tecnologica verso le emissioni quasi zero di NOx in uso reale per veicoli Diesel

Relativamente alle tecnologie per la riduzione dei consumi e della CO₂, la Figura 38 mostra i dispositivi allo studio da implementare sul motore Diesel e le potenzialità di riduzione di CO₂, espressa in g/km, mediante l'ibridizzazione del propulsore [17].

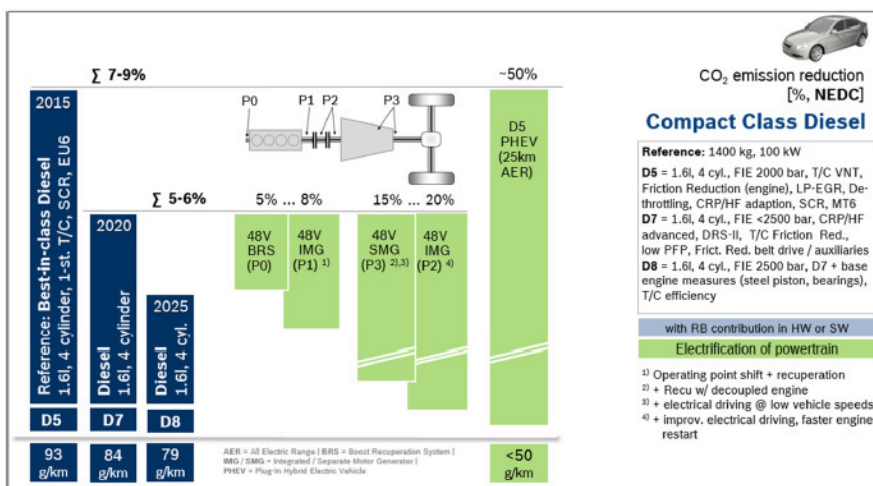


Figura 38 Roadmap tecnologica per la riduzione delle emissioni di CO₂ da propulsori Diesel

La Figura 38 mostra come, a fronte di un miglioramento della tecnologia motore e della ibridizzazione per i vari step, Brake Regenerator System (BRS), Integrated Motor Generator (IMG), Hybrid Electric (SMG/IMG) e Plug-in Hybrid (PHEV), anche per i veicoli Diesel è prevedibile il raggiungimento degli obiettivi europei di decarbonizzazione delle flotte al 2025 (80 g/km) e 2030 (60 g/km).

I sistemi di propulsione basati su motori a combustione interna non sono previsti esaurirsi nel medio termine, almeno secondo alcuni studi e scenari energetici. Per tale ragione sono allo studio delle tecnologie non convenzionali, comunque basate sulla generazione di energia meccanica o elettrica da un processo di combustione. Tali tecnologie sono principalmente orientate ad un incremento dell'efficienza globale, dal combustibile alle ruote, oltre quella prevedibile per i motori con architettura convenzionale da inglobarsi in sistemi di propulsione ibrida. Alcuni esempi sono raffigurati nella Figura 39 e Figura 40.

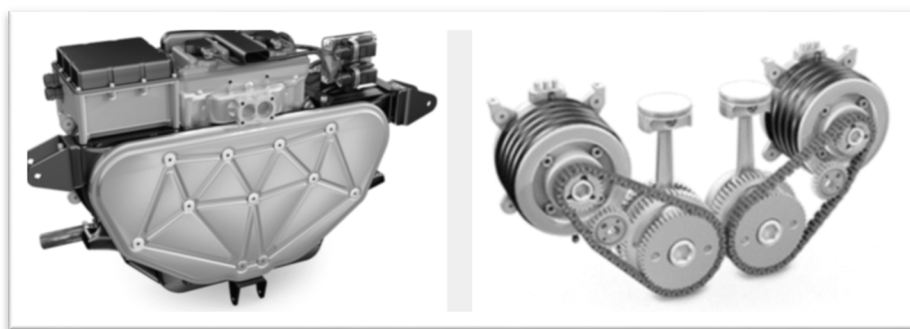


Figura 39 Motore bicilindrico ORBIST per generazione diretta di energia elettrica per applicazioni di range-extender (PHEV). Efficienza netta elettrica >40% .[ref. https://www.obrist-powertrain.com/fileadmin/user_upload/powertrain/Documents/HyperHybrid_Brochure_E

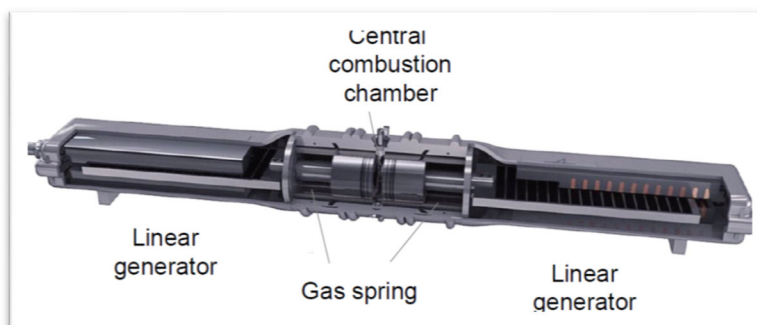


Figura 40 Motore a pistoni "liberi" (free piston engine) per generazione diretta di energia elettrica per applicazioni di range-extender (PHEV). Efficienza netta elettrica > 36%. [ref. X. Wang ed al. "A Review of the Design and Control of Free-Piston Linear Generator", *Energies* 2018, 11, 2179; doi:10.3390/en11082179

Questi sono solo alcuni esempi delle tecnologie ancora in fase di sviluppo iniziale. È prevedibile però che con la larga diffusione dei PHEV dal 2030 in poi, la ricerca sia sempre più indirizzata a questo tipo di generatori di energia, piuttosto che a propulsori collegati direttamente alle ruote.

4. Le emissioni di CO₂ “dalla culla alla tomba”

4.1 Premessa

In questa sezione dello studio, si focalizza l’attenzione sul confronto tra un’auto elettrica a batteria ed una con motore termico in termini di emissioni di CO₂ sul ciclo di vita. L’analisi è basata esclusivamente sui dati reperibili dalla letteratura scientifica, con l’obiettivo di estrapolare le informazioni ritenute più utili ed aggiornate per le valutazioni degli scenari energetici, economici ed ambientali oggetto dello studio.

La realizzazione di uno studio di Life Cycle Assessment di un autoveicolo secondo l’approccio “*cradle to grave*” (“*dalla culla alla tomba*”) necessita l’individuazione e la raccolta di molteplici informazioni riguardanti i diversi componenti del prodotto che si traduce in numerose criticità all’interno delle diverse fasi del ciclo di vita dell’autoveicolo. Solo a titolo esemplificativo, mentre le difficoltà nella valutazione degli impatti nella fase di produzione derivano principalmente dall’analisi di componenti molto diversi tra loro per materiale e processo produttivo, nell’analisi della fase di uso è importante seguire l’avanzamento scientifico e normativo sui cicli di guida di riferimento per l’omologazione del veicolo, dal NEDC fino al 2018, all’attuale WLTP.

Nel 1992, per omologare autovetture e veicoli commerciali leggeri, l’Unione europea ha introdotto un ciclo standardizzato denominato NEDC (*New European Driving Cycle*). Lo scopo di questa procedura di omologazione era quello di simulare in laboratorio l’uso tipico di una vettura in Europa così da poterne valutare il consumo di carburante e le emissioni fornendo risultati comparabili. Nello specifico, la procedura è composta dalla ripetizione di 4 cicli “urbani” (ECE-15 driving cycle) eseguiti ad una velocità massima di 50 km/h e un ciclo extraurbano (Extra-Urban driving cycle) eseguito ad una velocità massima di 120 km/h.

Il ciclo NEDC, il cui ultimo aggiornamento risale al 1997, è stato più volte valutato poco realistico per via delle accelerazioni in gioco ritenute troppo moderate. Per questo motivo, dal 1° settembre 2018, per omologare autovetture e veicoli commerciali leggeri è prevista una nuova procedura di omologazione, denominata WLTP (*Worldwide harmonized Light-Duty vehicles Test Procedure*). La procedura WLTP include diversi cicli di prova denominati WLTC (*Worldwide harmonized Light-Duty vehicles Test Cycle*) applicabili a categorie di veicoli con diverso rapporto potenza/massa (PMR) e velocità massima del veicolo dichiarata dal costruttore (v_{max}). La tabella seguente riassume le caratteristiche salienti di questi cicli (la Classe 3 è quella rappresentativa dei veicoli guidati in Europa).

| Categoria | PMR, W/kg | v_{max} , km/h |
|-----------|--------------------|--------------------|
| Classe 3b | PMR > 34 | $v_{max} \geq 120$ |
| Classe 3a | | $v_{max} < 120$ |
| Classe 2 | $34 \geq PMR > 22$ | - |
| Classe 1 | PMR ≤ 22 | - |

Cicli di prova WLTC

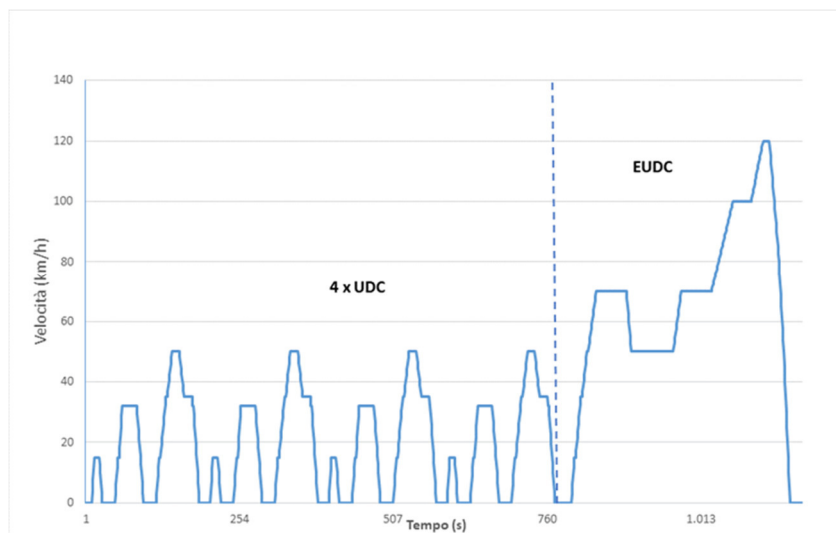


Figura 41 Rappresentazione del ciclo NEDC

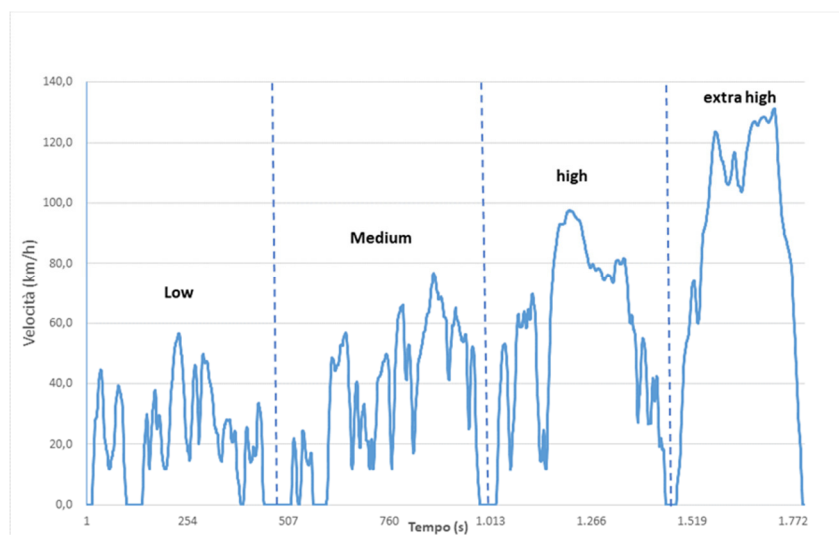


Figura 42 Rappresentazione del ciclo WLTC- Classe 3b - Europa

La procedura WLTP ridefinisce i parametri di prova prendendo in considerazione un profilo di guida più vicino alla realtà, riuscendo dunque a fornire risultati più realistici rispetto al precedente. Altro punto di forza di questa procedura standard è quello di aver fornito metodi di misura unificati a livello mondiale per tutte le tipologie di motori esistenti (benzina, diesel, metano e anche elettrici). La procedura permette di ottenere dati fra loro confrontabili indipendentemente dall'area geografica in cui viene condotta la prova.

Nella seguente tabella sono riassunti le principali differenze dei due cicli.

| NEDC | WLTC - Europa |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • La temperatura nella camera di prova era di 20-30°C • La distanza era di circa 11 km • La durata del ciclo era di circa 20 minuti • Il ciclo consisteva in due fasi: <ul style="list-style-type: none"> – circa 13 minuti di guida simulata in città – circa 7 minuti di guida simulata su strada extraurbana • La velocità media era di circa 33 km/h • Il veicolo non si muoveva il 25% delle volte • La velocità massima testata era di 120 km/h • I punti in cui le marce venivano innestate sui modelli a trasmissione manuale erano specificati con precisione • Gli equipaggiamenti speciali e l'aria condizionata non erano presi in considerazione. | <ul style="list-style-type: none"> • La temperatura nella camera di prova è di 23°C • La distanza è di circa 23 km • Il ciclo dura circa 30 minuti • Il ciclo consta di quattro fasi (bassa, media, alta, extra-alta) • La velocità media è di circa 47 Km/h • Il veicolo non si muove il 13% delle volte • La velocità massima testata supera i 130 km/h • I punti di cambio marcia sono calcolati singolarmente e in anticipo per ogni veicolo • Il peso del veicolo e gli equipaggiamenti aggiuntivi sono inclusi nella valutazione. |

Il settore dell'industria automobilistica è in continua evoluzione e necessita di continue investigazioni al fine di presentare dati aggiornati rispetto alle tecnologie in uso e/o le potenziali innovazioni. Per quanto riguarda la fase di uso gli impatti derivano dal consumo di energia, sia essa sotto forma di combustibili o di energia elettrica, e di tutti i prodotti necessari al funzionamento del veicolo, ad esempio fluidi o consumabili, soggetti a sostituzione periodica. L'individuazione delle condizioni al contorno in uno studio di questo tipo non può prescindere dalla definizione della vita utile dell'autoveicolo, ad esempio in km totali, che deve essere espressa con distanze totali coerenti rispetto all'utilizzo tipico del prodotto, e, come già anticipato, dal profilo di missione del veicolo secondo cicli d'uso provenienti da normative caratteristiche del settore o da valutazioni dirette. Il risultato di queste considerazioni è la necessità di disporre di numerosi dati oltre alla formulazione di ipotesi anche sulla metodologia e sull'indicatore più opportuno per la valutazione di impatto. Per una comparazione delle emissioni su ciclo vita tra differenti tipologie di veicoli, è di fondamentale importanza sia l'impiego di dati omogenei raccolti da un database comune (ad esempio periodo temporale, metodologia di raccolta del dato *etc.*) sia la medesima metodologia di calcolo delle emissioni. L'IPCC (International Panel on Climate Change) fornisce informazioni sul potenziale di riscaldamento globale derivante dai diversi gas serra che vengono periodicamente aggiornate. Nello specifico, per la valutazione dell'indicatore Global Warming Potential (GWP) si calcola la quantità prodotta di CO₂ equivalente nell'intero ciclo di vita del sistema analizzato "*from cradle to grave*" ovvero "dalla culla alla tomba". Una LCA completa dovrebbe considerare non solo gli impatti dovuti all'emissione dei gas serra ma anche altri indicatori di impatto ambientale, si possono ad esempio considerare sia effetti globali, come l'effetto serra, l'acidificazione o la riduzione dello strato di ozono, che effetti locali in termini di emissioni tossiche (particolato, NO_x, CO, HC) che ritroviamo ad esempio negli indicatori di tossicità sull'uomo o sull'ecosistema. Comunque, come riportato all'inizio, in questo lavoro l'attenzione è limitata essenzialmente alle emissioni di CO₂.

Se dal punto di vista delle emissioni inquinanti – PM₁₀, NO_x *etc.* – la differenza tra i BEV ed i veicoli mossi da motori termici (ICEV) è notevole, soprattutto se si considerano le

motorizzazioni di più vecchia tecnologia, in termini di CO₂ la comparazione non è semplice ed immediata, e si presta purtroppo a diverse strumentalizzazioni²⁴. Infatti, in questo caso devono essere computati tutti i fattori che concorrono alle emissioni di CO₂ legate alla fase produttiva. Una analisi del ciclo di vita dell'automobile dovrebbe considerare la CO₂ equivalente prodotta:

- nelle fasi di estrazione, raffinazione e distribuzione dei combustibili necessari per alimentare i motori termici o per produrre l'energia elettrica;
- per la produzione e trasmissione dell'energia elettrica;
- per la produzione delle componenti dei veicoli, compresi la batteria, il loro assemblaggio e smaltimento o riuso;
- per alimentare il veicolo.

In Figura 43 si riporta una rappresentazione schematica dei diversi stadi del ciclo di vita di un'automobile.

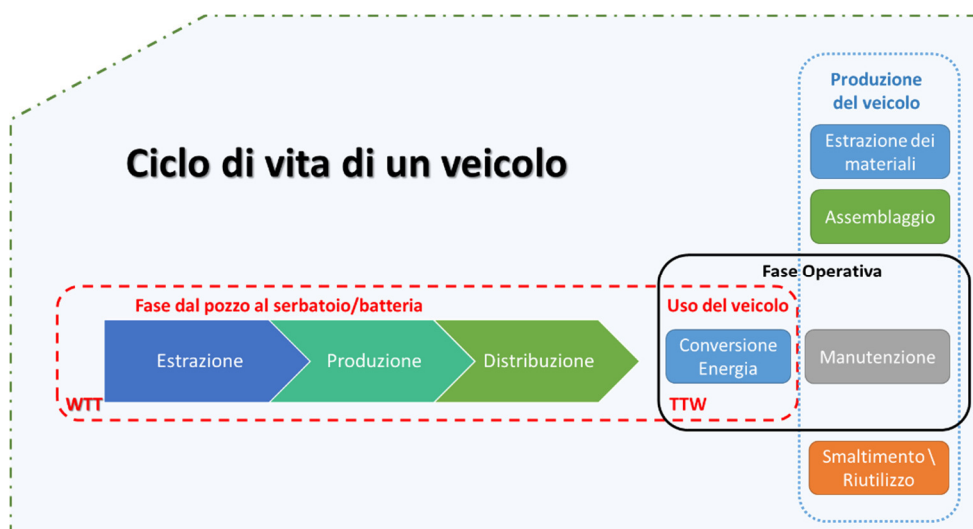


Figura 43 Rappresentazione schematica dei diversi stadi del ciclo di vita di un'automobile

Inoltre, un modello di stima riferito all'ambito italiano dovrebbe prevedere:

- la selezione del campione delle auto da confrontare (ad esempio, le auto maggiormente vendute in Italia);
- il calcolo delle emissioni di CO₂ medie per km percorso per i motori termici (benzina, diesel, GPL, metano, ibride) per le auto incluse nel campione;
- il calcolo del consumo di energia medio in kWh per km percorso per le auto elettriche in vendita in Italia;
- l'identificazione delle emissioni medie per produrre e distribuire l'energia in Italia;
- il calcolo delle emissioni di CO₂ per fabbricare e smaltire il veicolo in tutte le sue componenti (Glider);

²⁴ <http://www.ecodallecitta.it/notizie/374038/lca-dellauto-la-parola-alla-fondazione-telios/>

- il calcolo delle emissioni di CO₂ per fabbricare e smaltire le batterie, nel caso dei veicoli ibridi/elettrici;
- il calcolo delle emissioni di CO₂ per estrarre e raffinare le materie prime necessarie per produrre combustibili, energia, automobili e batterie.

4.2 Valutazione LCA nella letteratura dal 2012 ad oggi

L'analisi della letteratura raccolta (su ventidue articoli) ha messo in evidenza, come in parte atteso, i seguenti punti salienti:

1. il periodo temporale in cui ricadono i documenti scientifici è abbastanza lungo (2012 ad oggi) ed in questo tempo si è riscontrata una veloce evoluzione delle tecnologie dei sistemi di propulsione (ad esempio delle batterie, dei motori, dei veicoli *etc.*), delle regolamentazioni per l'omologazione dei veicoli e così via. Per tale ragione una comparazione diretta tra i valori assoluti, laddove riscontrati, tra i vari articoli è fonte di incertezza;
2. vi è un crescente interesse della comunità scientifica alla comparazione su ciclo vita delle differenti tipologie di mobilità. La Figura 44 riporta il numero di pubblicazioni per anno su questo tipo di studio. È ipotizzabile un'ulteriore crescita di pubblicazioni entro la fine del 2019 e per l'anno successivo;

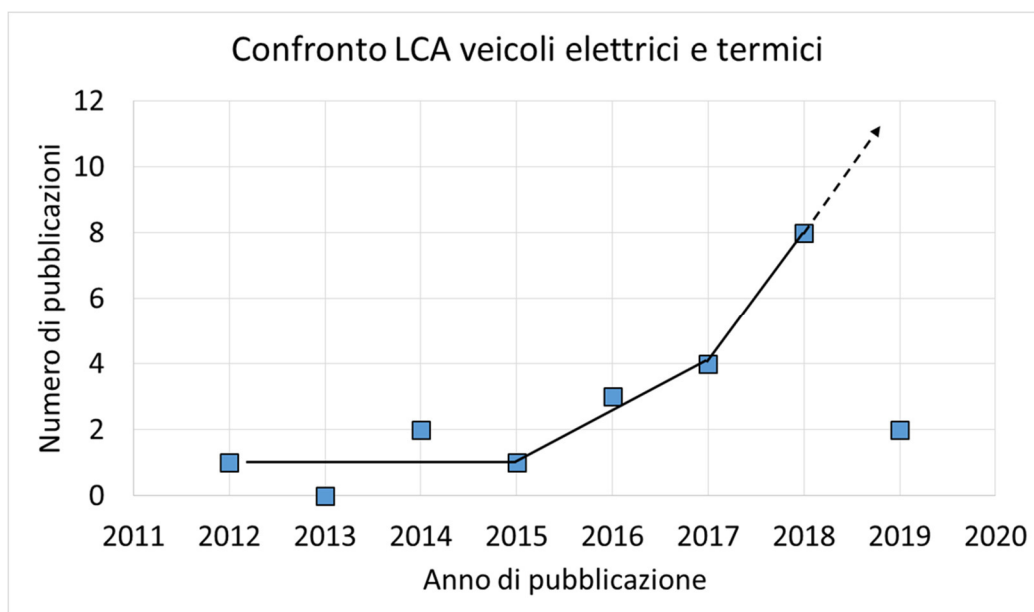


Figura 44 Numero di pubblicazioni su confronto LCA veicoli a batteria e termici rilevato dall'elenco bibliografico

3. gli studi sono contestualizzati su sistemi energetici diversi, Unione europea, USA, Italia, Cina *etc.*, i cui fattori di emissioni di CO₂ per kWh prodotto non sono paragonabili. Anche per questo i dati non sono direttamente comparabili tra di loro;
4. la maggior parte degli studi prendono come riferimento il ciclo di omologazione NEDC, in vigore fino al 1° Settembre 2018, mentre solo due di quelli più recenti (2018-2019)

- fanno riferimento al ciclo di omologazione attuale WLTP. Come noto, i consumi energetici dei veicoli in uso reale si discostano da quelli rilevati durante l'omologazione [26]. In aggiunta, le stime dovrebbero essere elaborate facendo riferimento al ciclo per la verifica su strada di consumi ed emissioni (Real Driving Emission Cycle – RDE);
5. le informazioni riguardanti le emissioni di CO₂ per lo smaltimento, riuso o riciclo delle materie prime sono praticamente assenti nella letteratura scientifica, come chiaramente evidenziato in diversi articoli;
 6. solo alcuni articoli prendono in considerazione veicoli con trazione ibrida e solo per alcune configurazioni, ma comunque non aggiornate al nuovo ciclo di omologazione WLTP, mentre non sono emersi dati relativi a sistemi di trazione basati su celle a combustibile.

Premesso ciò, la revisione è stata condotta partendo da una bibliografia selezionata per robustezza e rigore scientifico, che ha condotto alla costruzione della Tabella A, in Appendice, in cui sono riportati i valori di CO₂ equivalente emessi da motori termici ed elettrici a batteria presentati nella letteratura analizzata. Come premesso, è immediata la percezione dell'esistenza di una forte disomogeneità nei dati incontrati negli articoli analizzati, problema evidenziato anche a loro volta dagli autori degli articoli. Infatti dall'exkursus degli articoli si evince che, ancora come premesso, per effettuare un confronto utile, si dovrebbero considerare i valori basati sul più recente mix energetico italiano e sui dati di emissione calcolati almeno sui cicli WLTP se non RDE dell'ultima normativa vigente. Questo perché in entrambi i casi le efficienze energetiche in gioco sia dei BEV che degli ICEV sono molto cambiate rispetto alla normativa precedente. Dagli scarsi dati in letteratura si evince anche la difficoltà nel trarre conclusioni deterministiche sul confronto tra BEV ed ICEV.

Tuttavia, dalle pubblicazioni analizzate nella Tabella A (in Appendice) è possibile estrapolare alcune informazioni più o meno consolidate. Uno degli aspetti più controversi e dibattuti sulla comparazione tra BEV ed ICEV in termini di LCA riguarda la frazione di emissione di CO₂ per la produzione del veicolo, che nel caso dei BEV è in genere più alto degli ICEV, principalmente a causa della fase di produzione della batteria. Per alcuni degli articoli selezionati è stato possibile estrapolare questa informazione in termini percentuali ed i risultati sono riportati in Tabella 14, con indicazione degli articoli selezionati. È opportuno precisare che il valore di questa frazione dipende dal fattore di emissione equivalente di CO₂ per la produzione di energia elettrica spesa per la realizzazione di tutte le componenti del veicolo, tenendo conto delle fonti energetiche impiegate nei luoghi dove i componenti sono realizzati. Si evince che circa il 45% della CO₂ emessa sul ciclo di vita dei BEV è emessa durante la fase di produzione, e tra l'altro i dati sembrano abbastanza omogenei tra loro. Nel caso degli ICEV invece, i dati sembrano un po' più eterogenei, però tale frazione scende in media a circa il 18,5%, mentre lo scostamento percentuale tra i due tipi di trazione è in media del 26,8%.

Tabella 14 Impatti percentuali dovuti alla produzione di un autoveicolo in termini di GWP per BEV ed ICEV

| Articolo | BEV | ICEV | DELTA BEV-ICEV |
|----------|-----------|-----------|----------------|
| [27] | 50% circa | 30% circa | 20% |
| [28] | 50% circa | 18% circa | 32% |
| [29] | 40% circa | 15% circa | 25% |
| [34] | 40% circa | 20% circa | 20% |
| [35] | 47% circa | 17% circa | 30% |
| [25] | 45% circa | 11% circa | 34% |

Degli articoli selezionati è interessante osservare che l'articolo [35] della bibliografia riporta percentuali di emissione di CO₂ su ciclo vita molto vicine alle medie per entrambe le tipologie di veicoli, nel caso specifico il veicolo con motore a combustione è un benzina ad accensione comandata, esso inoltre prende in considerazione tecnologie motoristiche relativamente recenti (Euro 5), un veicolo con caratteristiche rappresentative della media dei veicoli in circolazione sul territorio europeo (massa inerziale 1357 kg per l'ICEV e 1500 kg per il BEV), la Tabella 15 riporta i parametri prestazionali ed inerziali dei veicoli messi a confronto:

Tabella 15 Caratteristiche principali dei veicoli ICEV e BEV confrontati in [35]

| Caratteristiche principali del veicolo | |
|--|--|
| ICEV | BEV |
| <p>Massa veicolo: 1357 kg</p> <p>Motorizzazione: Turbo benzina accensione comandata stechiometrico</p> <p>Potenza massima: 93 kW</p> <p>Cilindrata: 1.5 litri</p> <p>Standard emissivi: EURO5</p> <p>Consumo su ciclo WLTC: 5.8 l/100km / 136 gCO₂/km</p> | <p>Massa veicolo: 1595 kg</p> <p>Batteria: Ioni di Litio</p> <p>Potenza massima: 85 kW</p> <p>Consumo su ciclo WLTC: 16.7 kWh/100km / 420 gCO₂/kWh con energy mix EU 28</p> |

L'articolo [35] riporta informazioni sul punto di pareggio sulle emissioni di CO₂ tra ICEV e BEV nella fase di uso. Nell'articolo sono disponibili informazioni sufficienti per estrapolare dati di emissioni delle principali fasi del ciclo di vita, ovvero produzione del veicolo, produzione e distribuzione del vettore energetico ed uso del veicolo (Well-To-Wheel – WTW). Tali informazioni sono elencate nella Tabella 16. La Tabella fa riferimento ad un chilometraggio complessivo di fine vita di 250.000 km, ipotizzando una vita utile della batteria paragonabile a quella del veicolo.

Tabella 16 Fattori di contribuzione alla CO₂ su ciclo vita per produzione ed uso per BEV ed ICEV

| Metodo di valutazione | Mix Energetico | Propulsione alimentazione (BEV; ICEV ^{Benzina} ; ICEV ^{Diesel}) | Kg CO ₂ Eq. Totali [km totali 250000] | Equipment Life Cycle | | WTW | |
|-----------------------|-----------------|--|--|-----------------------------------|---|--|--|
| | | | | Kg CO ₂ Eq. Produzione | Kg CO ₂ Eq. Smaltimento Batterie | Uso del veicolo @250000 km; Kg CO ₂ Eq. | Uso del veicolo CO ₂ Eq. [g/km] |
| ILCD | EU28 energy mix | ICE SI | 47.795 | 4.878 | N/A | 42.917 Consumo combustibile: 5.8 l/100km su WLTC | 171,668 |
| | | BEV | 26.220 | 8.887 | N/A | 17.333 (Consumo energetico: 16.7 kWh/100km su WLTC) | 69,5 |

La LCA computata in [35], sviluppata secondo il metodo “International Reference Life Cycle Data System” (ILCD), tiene conto, oltre che della fase di produzione e di uso del veicolo, anche di quella di smaltimento e riciclo dei componenti, tranne che per la batteria. Nell’articolo viene espressamente dichiarato che la valutazione della fine del ciclo vita delle batterie (sia di bassa tensione che di alta tensione) è esclusa dall’analisi, in quanto si presume che esse siano rimosse dal veicolo in fase di disinquinamento e trasferite ad un uso secondario che è al di fuori dei confini del sistema.

I dati disponibili si limitano ad un confronto tra un veicolo spinto da un motore a benzina 1.5L ed un veicolo elettrico di potenza equivalente. Dalla tabella si evince un vantaggio di circa il 45% per i BEV rispetto agli ICEV benzina su un chilometraggio totale di 250.000 km, e circa 37% su un chilometraggio totale di 150.000 km. Nell’articolo è esplicitato che i valori di emissione in fase di uso sono computati facendo riferimento al mix energetico europeo.

Il risultato dello studio, in termini di emissione di CO₂ cumulativa durante la vita utile dei veicoli sono diagrammati nella Figura 45, semplicemente rieditata da quella riportata nell’articolo [35].

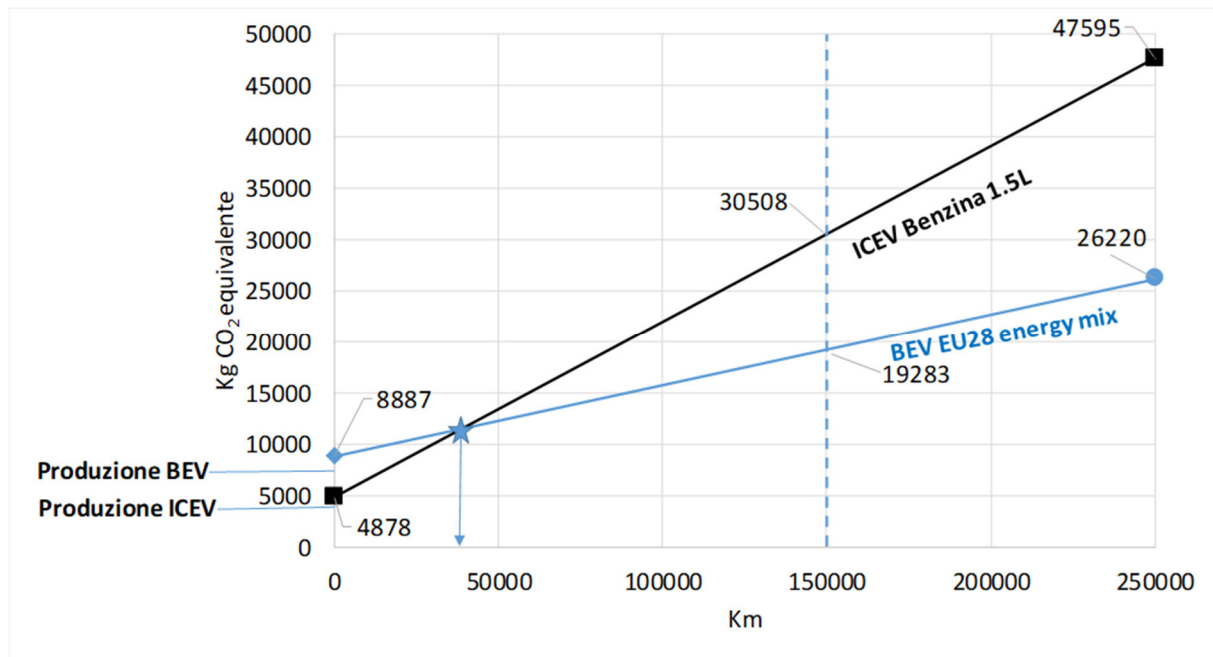


Figura 45 Emissioni di CO₂ nel ciclo vita in funzione del chilometraggio percorso per BEV e ICEV (benzina 1.5L – Euro 5). I dati sono estrapolati fino a 250000 km, oltre il chilometraggio totale preso a riferimento nello studio pari a 150000 km. Grafico rieditato da [35]

Dalla Figura 45 è osservabile il vantaggio in termini di emissioni di CO₂ del BEV rispetto all'ICEV sulla lunga percorrenza, ed il punto di pareggio del veicolo elettrico, secondo le condizioni al contorno imposte per questa analisi, si attesta a circa 45.000 km se si prende a riferimento il mix energetico europeo.

Nell'articolo analizzato purtroppo non sono considerate altre motorizzazioni; ad ogni modo, tenendo conto dei fattori di emissioni di CO₂ equivalente Well-To-Whell tra i vari vettori energetici, gasolio e gas naturale, e della differenza percentuale tra le differenti motorizzazioni, Diesel ed accensione comandata a gas, è ipotizzabile uno spostamento del punto di pareggio verso chilometraggi maggiori, soprattutto per le motorizzazioni a gas moderne che esprimono rendimenti globali prossimi a quelli dei benzina.

L'analisi comparativa tra un BEV ed un ICEV così come descritta precedentemente, e generalmente riportata negli studi di letteratura, è assolutamente importante per identificare il contributo dei vari fattori sulle emissioni di CO₂ su ciclo di vita della vettura. Tuttavia, per la valutazione globale dell'efficacia del processo di sostituzione degli ICEV con veicoli ibridi e/o BEV per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione, è necessario utilizzare i risultati delle analisi di LCA in combinazione con le stime di penetrazione degli ibridi e/o BEV nel parco circolante. Questo tipo di analisi è stata recentemente presentata da un importante stakeholder dell'ingegneria automobilistica ad un convegno internazionale [42]. Le Figure 46, 47 e 48, estratte da [42], con riferimento al sistema energetico europeo, senza tener conto della fase di riciclo del veicolo, e nei limiti delle condizioni al contorno assunte a riferimento dall'autore e riportate nelle didascalie dei grafici, mostrano interessanti risultati che sarebbe opportuno elaborare con riferimento al sistema di trasporto in Italia. Le Figure 46 e 47 mostrano analisi del tutto analoghe a quelle commentate nel dettaglio da quelle precedenti, tuttavia sono

riportate per descrivere la stima sull'effetto della penetrazione dei BEV nel parco circolante europeo.

Entro le condizioni al contorno e le ipotesi assunte in questo studio, la Figura 46 indica che allo stato attuale, tenendo conto della progressiva penetrazione di rinnovabili prevista a livello europeo, con un miglioramento del fattore di gCO_2/kWh da 425 attuali a 150 nel 2028, il pareggio di CO_2 tra BEV ed ICEV si attesta intorno ai 60.000 km, mentre tra un BEV ed un HEV arriva a 100.000 km.

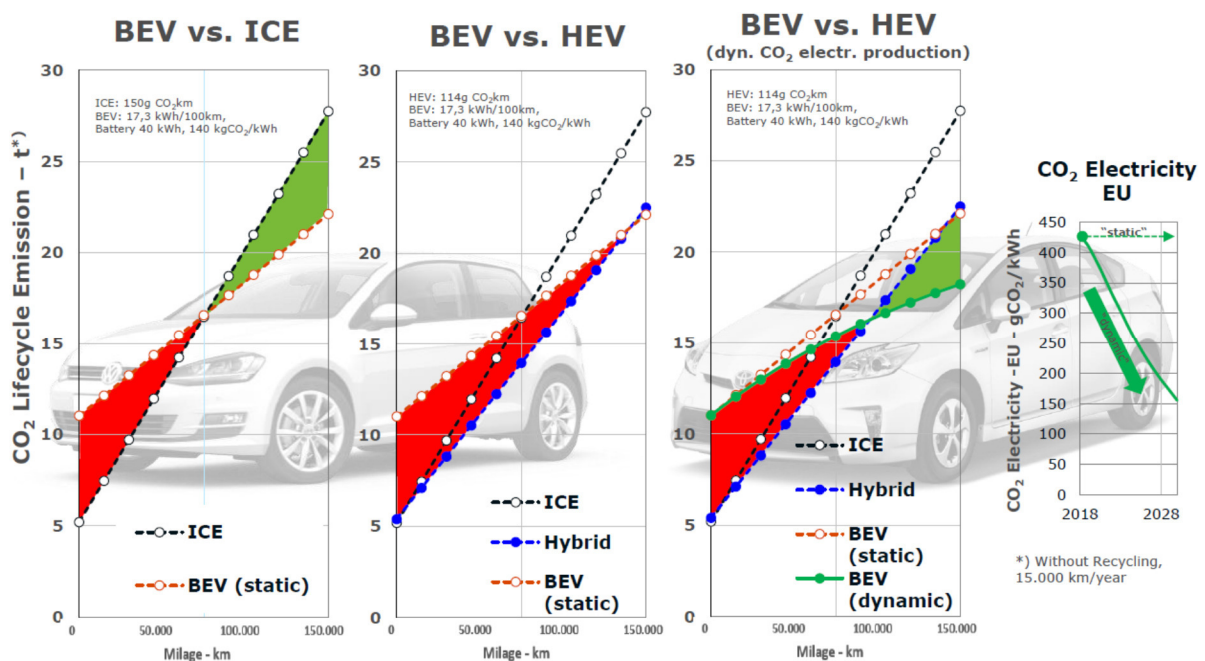


Figura 46 Emissioni di CO_2 nel ciclo vita in funzione del chilometraggio percorso per BEV, ICEV e ibrido HEV (non Plug-in)

I dati sono estrapolati fino a 150000 km, per un chilometraggio annuo di 15000 km. L'analisi LCA BEV considera due tipologie di scenario, uno "statico" in cui si adotta un fattore di emissioni gCO_2/kWh attuale e costante nel tempo, ed uno "dinamico" (fino al 2028), in cui è computato l'incremento di rinnovabili per la generazione di energia elettrica (grafico piccolo a destra) (Figura estratta da [42]).

La Figura 47 riporta lo stesso confronto della Figura 46 ma estrapolata a differenti scenari successivi (2025 e 2030), anche tenendo conto della progressiva riduzione del contributo legato alla produzione del veicolo BEV (si osservi il punto di partenza sulla ordinata all'anno zero). Si può osservare che i BEV potranno certamente beneficiare dell'aumento delle rinnovabili nel sistema energetico europeo che impatterà sui contributi legati alla fase di produzione e alla fase d'uso del veicolo, accorciando il punto di pareggio nel 2030 sotto i 50.000 km (grafico a destra).

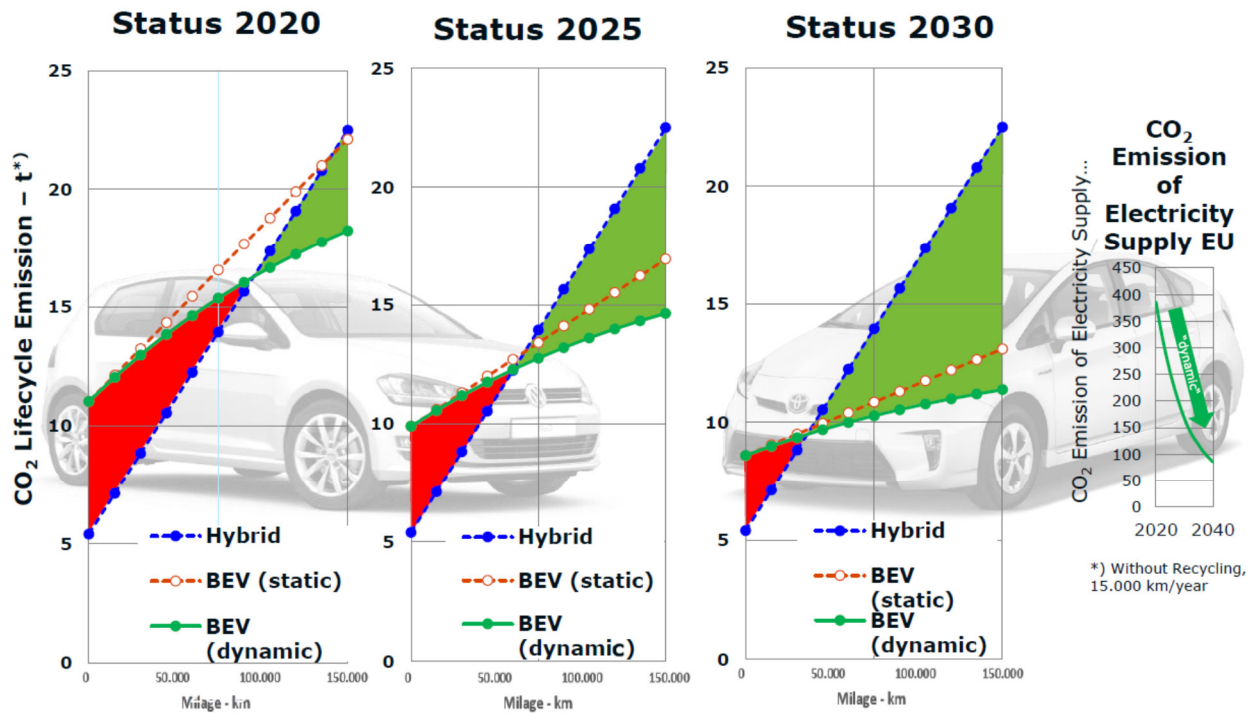


Figura 47 Emissioni di CO₂ nel ciclo vita in funzione del chilometraggio percorso tra HEV (non Plug-in) e BEV su differenti anni (2020, 2025 e 2030)

I dati sono estrapolati fino a 150.000 km, per un chilometraggio annuo di 15.000 km. L'analisi LCA BEV considera due tipologie di scenario, uno "statico" in cui si adotta un fattore di emissioni gCO₂/kWh attuale e costante nel tempo, ed uno "dinamico", in cui è computato l'incremento di rinnovabili per la generazione di energia elettrica (grafico piccolo a destra) (Figura estratta da [42]).

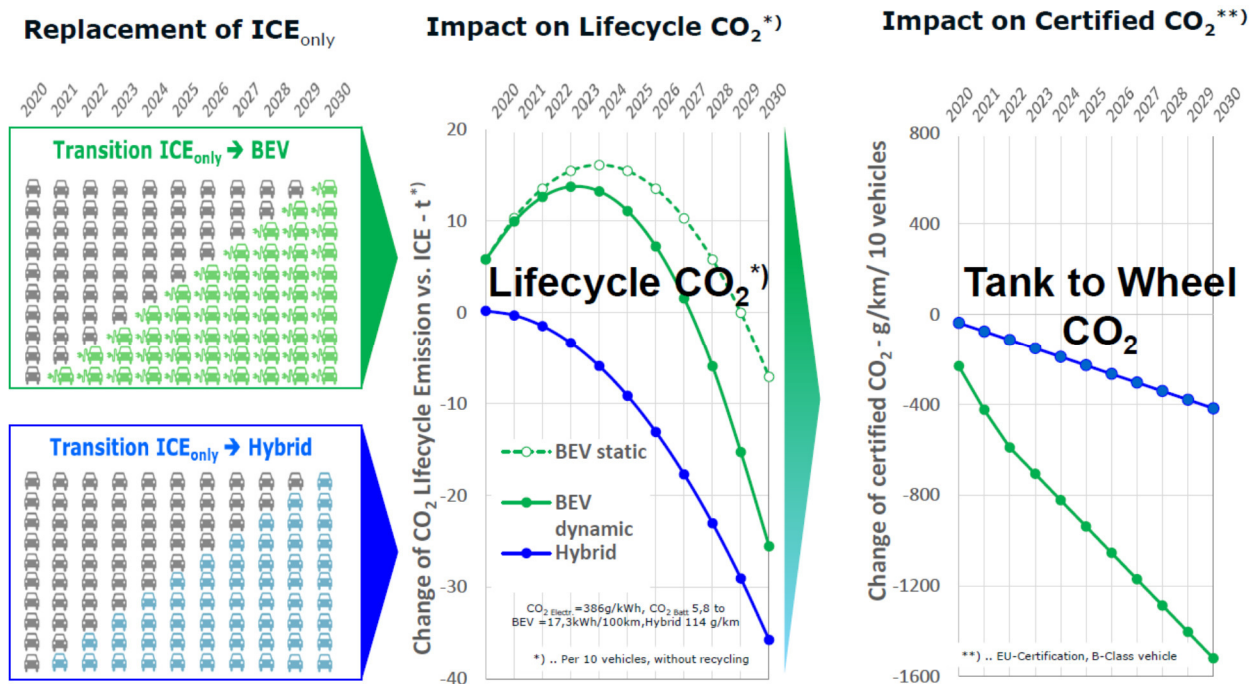


Figura 48 Variazione delle emissioni di CO₂ in relazione ad una completa sostituzione degli ICEV al 2030 con BEV o HEV (grafico a sinistra), tenendo conto delle emissioni su ciclo vita (grafico al centro), o delle sole emissioni allo scarico (grafico a destra), utilizzando i dati delle Figure 46 e 47 (Figura estratta da [42])

La Figura 48 evidenzia come la normativa incentrata solo sul controllo delle emissioni allo scarico, che sembra favorire nettamente i BEV (grafico a destra), non centri correttamente l'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂ del parco circolante. Infatti, secondo il grafico centrale, almeno nei limiti adottati dallo studio in analisi, appare che la sostituzione con ICEV sembra dare vantaggi superiori se l'analisi è condotta su ciclo vita del veicolo. Come premesso, lo studio citato fa riferimento a scenari europei tenendo conto di alcune ipotesi che potrebbero non essere del tutto ribaltabili al sistema italiano. Sarebbe auspicabile, nel prossimo futuro, effettuare un'analisi analoga riferita al sistema di trasporti italiano per valutare quale modello di sostituzione del parco autoveicolare attuale sia più efficace per centrare gli obiettivi di decarbonizzazione.

Difatti, negli articoli citati, non sono considerate altre motorizzazioni quali ibridi plug-in, veicoli a metano e diesel, né i fattori di emissioni di CO₂ equivalente Well-To-Tank degli altri vettori energetici, quali gasolio, gas naturale e idrogeno per le celle a combustibile. La percezione dell'urgenza di produrre analisi LCA aggiornate, con riferimento allo scenario italiano, alla variazione del fattore Well-To-Tank dei vettori energetici ed al miglioramento della tecnologia dei propulsori dei veicoli, è facilmente riscontrabile nella Tabella 17 in cui sono comparati, a titolo di esempio, i valori dei consumi energetici utilizzati nello studio [35], rispetto ad alcuni valori attuali rappresentativi dello stato dell'arte della tecnologia:

Tabella 17 Valori dei fattori principali incidenti sul WTW dei veicoli ICEV e BEV allo stato dell'arte della tecnologia rispetto ai valori riportati in [35]

| Parametro | Valori di riferimento riportati nello studio [35] | Valori Best-in-class 2019 (1.5 Litri) |
|---|---|---|
| Emissioni CO₂/km su WLTP ICEV benzina | 136.6 | 110 (-19.5% rispetto al ICEV benzina in [35]) [SEAT Leon 1.5 EcoTSI ACT 130 CV 5p. FR] |
| Emissioni CO₂/km su WLTP ICEV CNG | | 95 (-30.4% rispetto al ICEV CNG in [35]) [Audi A3 Sportback 30 g-tron S tronic (96 kW)] |
| Emissioni CO₂/km su WLTP BEV | 69.5 | 51.7 (-25.6% rispetto al ICEV in [35]) [Hyundai IONIQ Electric (12.3 kWh/100km; Energy mix EU 420 gCO ₂ /kWh)] |

Non sono stati presi in considerazione la variazione dei valori di Well-To-Tank per benzina ed energia dal quadro di riferimento utilizzato nello studio [35] ad oggi, né è riportata una comparazione tra l'intensità di emissioni di CO₂ per kWh tra la media Europea e l'Italia. Fattori che incidono sulle emissioni sia in fase di uso che per la produzione. Tuttavia, lo scopo della Tabella 17 è appunto quello di fornire un semplice esempio di come la tecnologia evolva rapidamente per incrementare l'efficienza dei veicoli, sia per i propulsori termici che per quelli elettrici; l'uso di informazioni aggiornate come quelle riportate nelle figure precedenti è essenziale per avere un quadro di riferimento corretto del "carbon footprint" per il parco autoveicolare.

4.3 Considerazioni finali sull'analisi LCA

Tutti gli studi concordano sul fatto che solo con una produzione globale di elettricità derivante da fonti pulite ed essenzialmente libere dalle emissioni di carbonio fossile, i veicoli BEV possono raggiungere il loro pieno potenziale nel mitigare il riscaldamento globale.

I principali punti cruciali emersi sono certamente l'incremento di consumo energetico dovuto alla produzione della batteria, il mix energetico utilizzato per la ricarica della batteria, il consumo energetico per smaltimento e riciclo del veicolo. Tutti questi fattori contribuiscono al posizionamento del punto di pareggio in termini di emissioni cumulative di CO₂ sul chilometraggio totale.

L'analisi dei dati ricavati dalla letteratura selezionata ha dato un'immediata percezione di una forte disomogeneità nei dati incontrati negli articoli analizzati, problema evidenziato anche dagli autori degli articoli. In particolare, la limitata quantità di articoli aggiornati al nuovo ciclo di omologazione europeo (WLTP) ed all'evoluzione tecnologica del motore a combustione interna.

Tuttavia è stato possibile ricavare una stima del punto di pareggio sulle emissioni di CO₂ su ciclo vita tra propulsore elettrico ed uno a benzina Euro 5 per un veicolo rappresentativo della flotta media europea (1570 kg di massa inerziale). Si è riscontrato quindi che, considerando il vantaggio in termini di emissioni di CO₂ del BEV rispetto all'ICEV benzina ad accensione comandata, il punto di pareggio si attesta a circa 45.000 km se si prende a riferimento il mix energetico europeo. Facendo riferimento ai dati della maggioranza degli articoli selezionati, quando vengono confrontati veicoli dello stesso segmento, sull'intero ciclo di vita e prendendo a riferimento un utilizzo secondo i cicli di omologazione, gli EV garantiscono (su una percorrenza di 150.000 km) un vantaggio variabile tra il 20 ed il 36% nelle emissioni di CO₂ rispetto agli ICEV alimentati con benzina e/o gasolio [26, 35 e 37], poiché l'impatto maggiore nella fase di produzione dei BEV è largamente compensato dall'impatto più basso della fase di uso (se, come già detto, il mix energetico non prevede un massiccio ricorso a fonti fossili).

Si evidenzia che i risultati riscontrati in letteratura tengono conto delle ipotesi di confronto adottate dove è univocamente definito un possibile ciclo di vita e di utilizzo del veicolo. Considerando che la mobilità privata è fortemente influenzata da parametri non ben definibili, quali il ciclo di vita del veicolo, stile di guida, missione del veicolo, ciclo di lavoro medio *etc.* i

risultati riscontrati possono fortemente variare in relazione alla tipologia del mezzo, city car, SUV, ed al suo reale utilizzo su strada.

Con un aggiornamento delle stime riportate in letteratura prendendo a riferimento non solo i cicli di omologazione ma anche i cicli d'uso reale, quali RDE, si potrebbero fornire risultati più rappresentativi della fase d'uso. A titolo di esempio, il passaggio del ciclo di omologazione dall'NEDC al WLTP ha fatto sì che l'efficienza media di un motore di una vettura di media taglia passasse dal 20-21% al 26-28%, mentre l'efficienza media della propulsione elettrica resta pressoché costante al variare del punto di funzionamento (complessivamente circa 85%), indicando un assottigliamento delle differenze in emissione di CO₂ in fase di uso tra BEV ed ICEV. Nel passaggio all'omologazione RDE, la velocità media del veicolo sarà ancora più alta ed il motore più sollecitato, con un probabile ulteriore assottigliamento della differenza in efficienza tra BEV ed ICEV, tuttavia non ci sono ancora dati di letteratura disponibili in tal senso. Comunque, ciò fa capire la necessità di adeguare le stime a parametri di impiego dei veicoli più realistici di un ciclo di omologazione.

Si ribadisce inoltre la necessità di arricchire le analisi di LCA includendo i veicoli con trazione ibrida per tutte le varie tipologie previste (sebbene in parte valutati nelle Figure 44, 45 e 46), tenendo conto della diversità e complessità delle architetture ibride ed il loro impatto sulle emissioni di CO₂ in fase di uso, anche in considerazione del fatto che i veicoli ibridi rappresenteranno nel medio termine la maggioranza delle unità a trazione alternativa rispetto agli ICEV.

Infine in relazione alla fase di dismissione/riciclo sono necessari ulteriori analisi, soprattutto su ciò che concerne le batterie, dal momento che sono pochi o quasi nulli i dati presenti in letteratura per permettere un confronto affidabile, in particolare per un riutilizzo delle batterie come accumulatori in impianti fissi.

In conclusione, allo stato dell'arte attuale delle tecnologie, si evince che il potenziale in termini di GWP dei BEV rispetto agli ICEV è evidentemente positivo, ma allo stesso tempo la variabilità dei fattori che concorrono alla valutazione delle emissioni complessive della CO₂ eq. sul ciclo di vita è tale da non consentire la generalizzazione dei risultati all'intero trasporto privato.

5. La via italiana della decarbonizzazione della mobilità. Gli scenari possibili

5.1 Premessa

In Italia, e tendenzialmente nell'intera Unione europea, le traiettorie di evoluzione dei livelli di consumo energetico ed emissioni climalteranti del settore trasporti, analizzati nel primo capitolo, sono in parte riconducibili all'impegno e agli obiettivi fissati a livello comunitario, che sin dagli anni '90, aveva iniziato a delineare una politica europea comune dei trasporti. Negli anni a seguire, e fino ad oggi, è continuato il percorso per la definizione di una strategia europea finalizzata a migliorare la sostenibilità dei trasporti e a intraprendere una transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio.

La valutazione del possibile contributo nazionale al processo di riduzione delle emissioni climalteranti, oltre a fondarsi su un'attenta lettura delle caratteristiche della mobilità nazionale ed europea, (capitolo 2), dello sviluppo tecnologico della motorizzazione (capitolo 3), dei livelli emissivi dell'intero ciclo di vita dei diversi veicoli suddivisi per tipo di alimentazione (capitolo 4), deve avere ben chiaro anche il panorama delle misure imposte agli Stati membri dall'Unione europea, che rappresenta per i singoli Paesi un parametro per la definizione degli obiettivi interni.

Pertanto, il presente capitolo si articola in una prima parte nella quale, dopo una sintetica descrizione delle linee di indirizzo comunitario e delle politiche nazionali, viene fornita una visione di insieme degli studi più significativi di rinnovo del parco auto e in una seconda parte nella quale vengono definiti e valutati in chiave prospettica tre scenari di sviluppo della mobilità: uno tendenziale e due di progetto.

Lo scenario tendenziale, detto "di Programma", prende in considerazione esclusivamente gli effetti dell'evoluzione del mercato auto in Italia, condizionato solo dai provvedimenti già in atto di matrice essenzialmente comunitaria (Clean Mobility Package, Direttiva DAFI); tali misure, congiuntamente ai Regolamenti EU 443/2009 e 631/2019 sui limiti delle emissioni di CO₂ del venduto, già da adesso spingono l'industria automobilistica a orientare la produzione e la commercializzazione verso nuove tecnologie rispetto al passato. In questo scenario si suppone che i comportamenti della domanda relativi a spostamenti effettuati e scelte modali non si modificino nel tempo rispetto ad oggi.

Il primo dei due scenari di progetto, detto "Tecnologico accelerato", è invece caratterizzato dalla spinta dello sviluppo e della diffusione di autovetture a basse emissioni alimentate da fonti energetiche alternative (energia elettrica e biocarburanti), accompagnato dall'evoluzione dei processi di produzione dei vari vettori energetici, a seguito di ulteriori misure orientate in tal senso.

Il secondo scenario di progetto, definito di "Mobilità sostenibile", è fondato su spinte istituzionali tese alla correzione delle scelte individuali di trasporto, in aggiunta alle politiche di promozione di fonti energetiche rinnovabili.

Le stime degli effetti dei diversi scenari sono effettuate guardando al 2030, anno di riferimento ritenuto sufficientemente lontano per consentire agli operatori di utilizzare i risultati della

ricerca a supporto di una programmazione di ampio respiro, ma anche ragionevolmente vicino per risultare abbastanza attendibili.

La scelta di non estendere oltre il 2030 l'orizzonte delle previsioni deriva dal fatto che le stime di penetrazione dei veicoli elettrici presenti negli studi analizzati per disporre di una adeguata panoramica delle analisi pregresse, già a quella data, sono risultate talvolta alquanto diverse. Numerosi fattori, infatti, influenzano tali previsioni. Fra questi rientrano certamente la diffidenza sin qui dimostrata dalla domanda italiana verso la nuova tecnologia, stante la consistenza ancora marginale di veicoli elettrici nel parco circolante, lo stadio per alcuni aspetti non completo della tecnologia, con prospettive non sempre ben definite circa l'evoluzione dei sistemi di accumulo, l'incertezza su possibili azioni di policy governative mirate alla diffusione della mobilità elettrica.

La difficoltà riscontrata nell'individuare previsioni omogenee di sviluppo dell'auto elettrica si accompagna ad una analoga, se non maggiore, difficoltà di valutare e "misurare" il cambiamento dei comportamenti degli utenti della strada, soprattutto a livello urbano, ambito in cui non solo il problema dei cambiamenti climatici, ma anche il tema delle polveri sottili o dell'inquinamento acustico spingono le amministrazioni locali verso interventi di promozione di modalità di trasporto a più basso impatto.

Le prospettive di evoluzione appaiono più complesse in quanto i cambiamenti che si profilano all'orizzonte, oltre che da logiche di governo del territorio, sono destinate ad essere influenzate anche dallo sviluppo delle tecnologie digitali, attraverso le quali si stanno affermando sempre di più nuovi servizi di mobilità condivisa e multimodale e un miglioramento dell'offerta del trasporto collettivo, specie nelle città metropolitane.

5.1.1 Gli indirizzi europei e le politiche nazionali e locali per la transizione energetica nei trasporti

Come si vedrà meglio nel prosieguo del lavoro, il livello di impatto energetico ed emissivo della mobilità risulta fortemente correlato ai comportamenti individuali di spostamento e di scelta modale del trasporto, oltreché alle performance di consumo e di emissione dei veicoli utilizzati. Così come è emerso dall'analisi del parco autovetture italiano, in particolare di quello dei 10 comuni più popolosi, e dalle scelte modali di spostamento negli ultimi anni, gli italiani scelgono l'auto e la moto per spostarsi in città (oltre il 50% degli spostamenti), auto che hanno un'età media di oltre 11 anni, quindi meno sicure e più inquinanti. Da qui l'opportunità di promuovere la sostituzione dei veicoli più vetusti con veicoli sempre più performanti dal punto di vista dei consumi, delle emissioni inquinanti e di quelle climalteranti, oltre che, fattore non meno importante, più sicuri, la riduzione del numero e della lunghezza degli spostamenti pro-capite, forme di mobilità meno impattanti correlate all'utilizzo di modalità di trasporto collettivo o condiviso e di veicoli a bassi consumi ed emissioni, o addirittura la mobilità cosiddetta "attiva", (spostamenti a piedi o su veicoli non motorizzati). In questo ambito trovano piena condivisione le strategie atte a promuovere e favorire la transizione energetica del settore individuate dalla Commissione europea nella comunicazione COM (2017) 283 finale.

Per l'Europa, la promozione di strumenti di *smart working*, il potenziamento del trasporto su rotaia e di quello collettivo urbano ed extra-urbano, così come gli interventi di limitazione della circolazione dei veicoli meno efficienti e più inquinanti e la promozione della mobilità condivisa basata sui servizi *sharing* a basse o zero emissioni allo scarico sono considerate tutte soluzioni utili e anzi necessarie.

Lo sviluppo di servizi di mobilità a elevato contenuto tecnologico, in grado di favorire il superamento del modello tradizionale di trasporto incentrato sull'utilizzo e possesso dell'auto privata, è visto come altro fattore cruciale verso una mobilità più sostenibile (informazioni in tempo reale su localizzazione dei mezzi pubblici, sul traffico e sui tempi di percorrenza; miglioramento dell'accessibilità, sicurezza e riconoscibilità delle fermate, promuovendo anche l'integrazione con altre forme di servizio social, quali *info point* o rete Wi-Fi; ottimizzazione della regolazione dei sistemi semaforici; *smart parking*).

La strada europea di riduzione delle emissioni

Il paradigma della mobilità del futuro è stato affermato dalla Commissione europea nel Libro Bianco sui trasporti del 2011, nel quale la strategia europea assume un carattere di più ampio respiro ponendo un obiettivo non vincolante al 2050 di riduzione delle emissioni di gas serra del settore trasporti (-60% rispetto ai livelli del 1990) e un obiettivo intermedio al 2030 (-20% rispetto ai livelli del 2008).

La Commissione ha poi, nel corso degli anni, perseguito il modello di sviluppo tracciato nel Libro Bianco, con l'emanazione di atti legislativi, in alcuni casi addirittura precedenti all'approvazione del Libro Bianco stesso. Un'azione incisiva si è avuta con l'emissione dei Regolamenti 443/2009, aggiornato nel 2014 e il Regolamento 510/2011, con limiti per le emissioni di CO₂ delle nuove auto e dei nuovi veicoli commerciali leggeri.

Con la pubblicazione del "Clean Mobility Package" del novembre 2017 la Commissione europea ha proposto una serie di misure finalizzate ad accelerare la transizione verso veicoli a basse emissioni, a promuovere l'utilizzo di carburanti alternativi e a sostenere la competitività delle case automobilistiche europee per far fronte alle sfide provenienti dalla Cina e dagli Stati Uniti²⁵.

Il dibattito sui limiti di emissione di CO₂ del venduto auto e van post 2020 è proseguito fino alla pubblicazione del nuovo Regolamento²⁶ (aprile 2019) che impone ai costruttori automotive di ridurre, al 2030, del 37,5% rispetto al target del 2021 le emissioni medie del venduto autovetture, e del 31% rispetto al target del 2020 le emissioni dei nuovi veicoli commerciali con un traguardo intermedio del -15% al 2025 per entrambe le categorie di veicoli.

²⁵ Tra le proposte vi sono:

- Nuovi standard di emissioni di CO₂ per auto e furgoni con obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ del 15% entro il 2025 e del 30% entro il 2030 rispetto al 2021
- "Clean Vehicles Directive" per promuovere soluzioni di mobilità pulita negli appalti pubblici
- Piano d'azione per la realizzazione di infrastrutture transeuropee per combustibili alternativi
- "Battery Initiative" che mira ad integrare le politiche industriali in modo da rafforzare il mercato europeo dei veicoli elettrici e dei suoi componenti

²⁶ Regolamento (UE) 2019/631 del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 aprile 2019 che definisce i livelli di prestazione in materia di emissioni di CO₂ delle autovetture nuove e dei veicoli commerciali leggeri nuovi e che abroga i regolamenti (CE) n. 443/2009 e (UE) n. 510/2011

In ultimo, il 13 marzo 2019 il Parlamento Europeo ha approvato una risoluzione²⁷ che esorta gli Stati membri ad attuare azioni e politiche finalizzate a migliorare la qualità dell'aria nelle aree urbane.

Le politiche per la gestione della qualità dell'aria

A fronte di una domanda di mobilità in continuo aumento, le misure nazionali per ridurre le emissioni di CO₂ da trasporti sono rivolte in particolare: ad incentivare l'acquisto di auto considerate più sostenibili (ad esempio, il recente Ecobonus auto, previsto con la Legge di bilancio 2019 in vigore fino al dicembre 2021, un meccanismo di bonus-malus ecologico per chi compra un'auto nuova); a realizzare più infrastrutture per i combustibili alternativi (recepimento della Direttiva DAFI) e a potenziare le infrastrutture per le ricariche elettriche (PNIRE); ad incentivare il biometano e gli altri biocarburanti avanzati; a potenziare le infrastrutture per il trasporto su ferro, in particolare a livello regionale; ad investire per il rinnovo del parco del TPL, con veicoli più efficienti e puliti (PNiEC), e allo sviluppo degli ITS per una gestione razionale del traffico (smart roads, infomobilità *etc.*).

La sostenibilità ambientale dei trasporti è divenuta un obiettivo politico centrale, e, accanto a quelle sopra elencate, un'altra misura che va in questa direzione è rappresentata dalla promozione di una maggiore ripartizione modale del trasporto passeggeri. Tale misura è volta a favorire una cultura della mobilità "altra" rispetto a quella individuale privata ed è tesa a spostare, in modo significativo, le scelte di trasporto quotidiane, in linea con le strategie promosse dalla Commissione europea. Tra le azioni utili a perseguire questo obiettivo è sicuramente centrale la creazione di un numero maggiore di parcheggi di scambio che permettano ai cittadini di lasciare la propria auto e trovare una facile connessione con altri mezzi di trasporto collettivo e/o condiviso (metropolitana, autobus e/o car sharing, bike sharing), aiutati nella pianificazione dei propri spostamenti dalle nuove tecnologie digitali per la mobilità.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con l'emanazione del documento "Connettere l'Italia" (Allegato Infrastrutture al DEF 2016) definisce le "Strategie per le infrastrutture di trasporto e logistica", fissando anche gli obiettivi per una mobilità sostenibile con un target al 2030 nella ripartizione modale della mobilità urbana pari al 10% per la mobilità ciclo pedonale e al 40% per il trasporto pubblico.

In vista del medesimo fine generale, negli anni recenti sono stati previsti investimenti significativi quali, ad esempio: 3,7 miliardi di euro (Legge di bilancio 2017²⁸) da destinare, nel periodo 2019-2033, al rinnovo del parco degli autobus e dei servizi di trasporto pubblico locale e regionale e al miglioramento della qualità dell'aria con tecnologie innovative²⁹; 1,5 miliardi di euro, del *Fondo per il rinnovamento del parco mezzi del trasporto pubblico locale e regionale*, da destinare al finanziamento di "progetti sperimentali e innovativi di mobilità sostenibile finalizzati all'introduzione di mezzi su gomma ad alimentazione alternativa e relative infrastrutture di supporto, presentati dai comuni e dalle città metropolitane" (Legge di bilancio 2018³⁰).

²⁷ Risoluzione del Parlamento europeo del 13 marzo 2019 su un'Europa che protegge: aria pulita per tutti.

²⁸ Art. 1, comm. 613- 615, L. 232/2016.

²⁹ "Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile" adottato, nell'aprile 2019, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.

³⁰ Art. 1, com 39, L. 205/2017.

A livello locale, le misure adottate, per rispondere all'esigenza di salvaguardare i cittadini dagli effetti nocivi dell'inquinamento, sono spesso orientate a limitare la circolazione delle auto più inquinanti, in particolare nei grandi centri urbani, dove, in alcuni periodi dell'anno, in certe situazioni climatiche e specifiche condizioni geomorfologiche, è maggiore il rischio di raggiungere valori emissivi elevati (PM10, PM2.5, NO₂) per periodi prolungati e oltre il limite consentito³¹.

Tenuto conto dell'età media del parco circolante nelle città italiane, questi provvedimenti, in alcuni casi emergenziali, in altri ormai strutturali, consentono alle amministrazioni di intervenire celermente nei casi di superamento delle soglie emissive stabilite, in particolare, di PM10 e NO₂, per cercare di evitare di incorrere nelle procedure di infrazione previste a livello europeo. Misure da alcuni però ritenute discriminanti nei confronti dei meno abbienti, da un lato, e comunque nel complesso non risolutive, dall'altro.

Un'indagine sui comuni italiani con più di 300.000 abitanti³², (Roma, Milano, Napoli, Torino, Palermo, Genova, Bologna, Firenze, Bari e Catania, che insieme raccolgono il 13% circa dell'intero parco autoveicoli nazionale, circa 5.000.000 di automobili) ha evidenziato che, secondo le informazioni disponibili, in 8 dei 10 comuni considerati vengono adottate misure restrittive della circolazione. Escluse Bari e Catania, negli altri 8 comuni sono oltre 1.000.000 (il 25% del parco qui complessivamente considerato) le auto colpite dalle limitazioni permanenti³³ alla circolazione – distinte tra limitazioni alle autoveicoli Euro 0, 1, 2, 3 per alimentazioni a benzina e/o diesel, in un caso³⁴ anche GPL e metano (limiti alle Euro 3 diesel in 6 comuni, considerando anche Roma dal 1 novembre 2019), e, in un caso (l'Area B e C di Milano), Euro 4 diesel³⁵, anche a Bologna dal 2020 la limitazione sarà estesa ai veicoli Euro 4 Diesel. Di questo milione di autoveicoli, più di 400.000 risiedono a Roma (il 24% del parco di appartenenza), poco meno di 290.000 a Napoli (il 53% del parco), quasi 129.000 a Palermo (33% del parco locale), oltre 177.000 a Milano (26% circa del totale) e, rispettivamente, circa 80.000, 29.000, 24.000, 17.000 nell'ordine a Torino, Genova, Bologna³⁶ e Firenze (per tutte l'impatto sul proprio parco circolante è superiore al 10%, ad eccezione di Firenze).

Se poi tutti gli 8 Comuni dovessero assumere il provvedimento per tutte le autoveicoli diesel fino alle Euro 4 comprese, si arriverebbe al blocco di oltre 1.600.000 veicoli complessivamente considerati.

5.2 I criteri per la definizione degli scenari

I tre scenari, uno tendenziale e due di progetto ("Tecnologico accelerato" e di "Mobilità sostenibile") sono stati costruiti partendo dagli obiettivi comunitari e dalle strategie di

³¹ D.Lgs. 155/2010 (che recepisce la Direttiva 2008/50/CE).

³² Fondazione Caracciolo, 2019, in via di pubblicazione.

³³ Limiti permanenti: a Roma, Euro 0-2 benzina e diesel (dal 1 novembre anche Euro 3) dal lunedì al venerdì; a Milano, Area C fino a Euro 1 benzina e fino a Euro 4 diesel (area B benzina Euro 0 e diesel fino a Euro 4) nei giorni feriali; a Napoli è stagionale nei giorni dispari feriali; Torino, benzina, diesel, GPL e metano Euro 0 (tutti i giorni) e Diesel fino a Euro 3 nei giorni feriali; a Palermo, benzina Euro 0-2 e diesel fino a Euro 3 nei giorni feriali; a Genova, benzina Euro 0-1 e diesel fino a Euro 2 (provvedimento in fase di attuazione); a Firenze, benzina Euro 0-1 e diesel fino a Euro 2 tutta la settimana; a Bologna, benzina fino a Euro 1 e diesel fino a Euro 3 nei giorni feriali.

³⁴ A Torino già presente e a Bologna a partire dal 2020.

³⁵ Tra le altre misure di limitazione alla circolazione annoveriamo il blocco stagionale per classe Euro (quello cioè riferito ad un periodo limitato dell'anno), il blocco di emergenza per classe Euro (che si applica in caso di superamento prolungato dei valori limite di emissioni inquinanti), le targhe alterne, le domeniche ecologiche.

³⁶ Sono escluse dal calcolo le autoveicoli che subiranno i provvedimenti di limitazione alla circolazione a partire dal 2020.

intervento già in atto o da prevedere e si riferiscono in particolare alla mobilità passeggeri, urbana ed extraurbana.

Lo scenario di Programma si basa su previsioni di evoluzione tendenziale del mercato auto in Italia considerando solo gli effetti dell'attuazione della direttiva DAFI e del Clean Mobility Package e non delle politiche nazionali di incentivazione all'acquisto di veicoli a basse emissioni entrate in vigore successivamente alla data nella quale è stato definito lo scenario. Riguardo alla penetrazione di biocombustibili per autotrazione ed energie rinnovabili nella produzione di energia elettrica si è assunto uno scenario in linea con la normativa già in vigore, senza ulteriori spinte.

Per gli scenari di progetto, stanti le difficoltà di immaginare a priori degli scenari di innovazione tecnologica e di modificazione dei comportamenti della domanda fra i tanti possibili, si è proceduto con un processo di tipo "reverse engineering".

Per lo scenario Tecnologico accelerato è stato immaginato un percorso del futuro mercato dell'automobile in Italia tale da consentire di raggiungere, nel 2030, gli obiettivi del Regolamento EU 631/2019 e cioè un'ulteriore riduzione dell'emissione media del venduto auto rispetto ai livelli precedentemente imposti per il 2021, del 15% nel 2025 e del 37,5% nel 2030; inoltre, si è ipotizzata una penetrazione spinta del biometano per autotrazione e delle fonti energetiche rinnovabili nella produzione dell'energia elettrica, in linea con le indicazioni contenute nel PNIEC. Dal percorso ipotizzato per il mercato dell'automobile, è stato possibile ipotizzare la composizione del parco circolante al 2030 e quindi calcolare la riduzione complessiva di emissioni di CO₂ del trasporto autoveicoli nell'anno obiettivo considerato rispetto allo scenario di Programma del mercato auto, a parità di modalità e livelli di utilizzazione dei veicoli da parte della domanda.

Lo scenario di Mobilità sostenibile è stato costruito, a sua volta, imponendo la medesima riduzione delle emissioni di CO₂ ottenuta al 2030 per lo scenario Tecnologico accelerato; questa volta, però, la leva utilizzata per raggiungere l'obiettivo è stata la composizione modale della mobilità passeggeri, in urbano ed extraurbano, a parità di composizione del parco autoveicoli rispetto allo scenario di Programma. Per quanto riguarda, invece, le politiche energetiche, sono state assunte le stesse ipotesi di utilizzazione di fonti energetiche alternative dello scenario Tecnologico accelerato, in applicazione del PNIEC.

In sostanza, quindi, lo scenario Tecnologico accelerato intende analizzare sino a che punto è necessario spingere verso l'acquisto di nuove tecnologie, perché vengano conseguiti gli ultimi obiettivi indicati dalla Commissione europea sull'emissione media del venduto auto al 2025 e al 2030, verificando quanti veicoli innovativi aggiuntivi, e di che tipologia, sono necessari rispetto allo scenario di Programma. Con tale output è possibile immaginare credibilmente le strategie da dover porre in essere per spingere l'utenza a "innovare" a sufficienza.

Lo scenario di Mobilità sostenibile, invece, vuole verificare quali siano gli obiettivi di composizione modale della domanda a cui debbano puntare i futuri provvedimenti di riorganizzazione dell'offerta per ottenere i medesimi effetti che si otterrebbero attraverso un orientamento esclusivamente tecnologico.

Dal confronto delle misure ipotizzabili in un caso e nell'altro può derivare un'indicazione sui livelli di costi-efficacia delle diverse strategie di intervento nel settore della mobilità passeggeri, che ovviamente possono e devono coesistere, così come peraltro indicato chiaramente dai documenti di indirizzo strategico per il contenimento delle emissioni climalteranti, sia a livello comunitario che nazionale.

5.3 Le previsioni di diffusione dei veicoli ecosostenibili

5.3.1 Scenari di penetrazione dei veicoli elettrici

L'elettrificazione della domanda di trasporto è un fenomeno che ormai si può affermare inarrestabile; tutte le case automobilistiche hanno nel loro listino modelli di auto elettriche e gli investimenti per i prossimi anni sono ingenti. Sono previsti 255 miliardi di euro di investimenti nella mobilità elettrica fino al 2023 a livello mondiale.

Studi ed analisi sui possibili scenari di penetrazione dei veicoli elettrici, al 2030 e anche oltre, sono stati elaborati sia a livello europeo che a livello nazionale da enti, istituzioni, case automobilistiche e dai principali operatori del settore.

A livello europeo la Commissione pubblica periodicamente "l'EU Reference scenario", documento che riporta le prospettive economiche, energetiche, climatiche e dei trasporti di medio/lungo periodo, per ciascuno dei Paesi europei facenti parte della CE. La Commissione specifica che gli scenari elaborati devono essere assunti come scenari di riferimento per la valutazione di politiche non come previsioni per il futuro.

Il "Reference Scenario 2016"³⁷, l'ultimo pubblicato, prevede, basandosi su politiche e misure esistenti al 2014, che al 2030 il parco circolante di veicoli (auto e veicoli commerciali leggeri) ad alimentazione elettrica raggiunga 1,5 milioni, gli ibridi non plug-in ricopriranno una quota intorno ai 4,4 milioni di veicoli con una penetrazione di ibridi diesel pari a 2,4 milioni, leggermente superiore a quella degli ibridi a benzina.

Questo scenario è stato successivamente rielaborato dal "Tavolo sulla decarbonizzazione dell'economia italiana", coordinato dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, che ha modificato alcune ipotesi sulle prestazioni delle diverse tecnologie veicolari, giungendo a risultati meno ambiziosi che prevedono la presenza di sole 405.000 auto elettriche nel parco veicoli nazionale circolante al 2030 (vedi dettagli in tabella) e circa 3,5 milioni di auto ibride.

Previsioni dello stesso ordine di grandezza, circa 500.000 auto elettriche, sono state riportate, nello studio³⁸ commissionato da ENEL ad Ambrosetti, per lo scenario "inerziale" basato sulla proiezione del tasso medio annuo di crescita composto del periodo 2005-2016 in Italia (+30,4%) e con una previsione di sviluppo dell'infrastruttura elettrica di 25.000 colonnine.

Fra gli scenari di riferimento più significativi e disponibili in letteratura, occorre menzionare lo scenario elaborato da UNRAE, che stima per le diverse motorizzazioni la quota di mercato

³⁷ <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-modelling>.

³⁸ The European House - Ambrosetti, ENEL "E-mobility Revolution", agosto 2017.

attesa al 2025 e al 2030. Le ipotesi elaborate per le auto elettriche prevedono che al 2030 le immatricolazioni di auto “full electric” copriranno una quota pari al 15% del totale immatricolato.

Scenari di policy sono stati elaborati dall’Ambrosetti a partire dalle stime di alcuni esperti (ANFIA, SEN, altri) ipotizzando oltre lo scenario di riferimento altri quattro possibili “scenari di penetrazione degli autoveicoli elettrici”. Per ogni scenario è stato stimato il volume di auto elettriche immatricolate annualmente dal 2016 al 2030 e la disponibilità di colonnine per la ricarica. Ne deriva, al 2030, un numero di auto elettriche (pure ed ibride plug-in) circolanti compreso tra i 2 milioni dello “scenario basso”, con una presenza di 29.000 colonnine, e i 9 milioni dello “scenario accelerato” con l’infrastruttura di ricarica di ben 45.000 colonnine; l’incidenza sul parco auto circolante, stimato in 37 milioni di veicoli, varia quindi tra il 5% e il 24% (Tabella 18). Lo “scenario medio”, elaborato a partire dalle previsioni degli operatori di mercato intervistati, prevede un parco di 3 milioni auto elettriche, corrispondente al 30% del venduto e all’8% del parco circolante e una infrastruttura di 30.000 colonnine.

Tabella 18 Scenari di diffusione delle auto elettriche e delle infrastrutture per la ricarica al 2025 e al 2030 – Ambrosetti

| Scenario | Parco Circolante Auto elettriche 2025 (Migliaia) | Colonnine per la ricarica elettrica 2025 (N.) | Parco Circolante Auto elettriche 2030 (Migliaia) | Colonnine per la ricarica elettrica 2030 (N.) |
|------------|--|---|--|---|
| Inerziale | 133 | 10.470 | 500 | 25.000 |
| Basso | 700 | 23.300 | 2000 | 28.600 |
| Medio | 1000 | 25.000 | 3000 | 30.000 |
| Alto | 1500 | 27.500 | 5000 | 33.000 |
| Accelerato | 3000 | 30.000 | 9000 | 45.000 |

Fonte Elaborazioni ENEA su dati The European House – Ambrosetti, ENEL

Si ritiene opportuno menzionare il documento³⁹ elaborato dal Tavolo tecnico sulla Mobilità Sostenibile, promosso, nel 2016, dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e coordinato da RSE, che raccoglie le ipotesi di penetrazione delle diverse tecnologie di trazione a basso impatto elaborate dai principali stakeholder del settore (istituzioni, costruttrici, operatori, associazioni *etc.*); nella tabella seguente una sintesi delle stime di penetrazione delle auto elettriche ipotizzate negli scenari di riferimento e di policy, per il periodo 2020-2030:

³⁹ RSE “Elementi per una Roadmap della mobilità sostenibile”, maggio 2017.

Tabella 19 Scenari di diffusione delle auto elettriche al 2020 e al 2030 - Roadmap della Mobilità sostenibile (Migliaia di auto)

| Autore | Scenario | Parco Circolante Auto elettriche 2020 (Migliaia) | Parco Circolante Auto elettriche 2030 (Migliaia) | Immatricolazioni auto elettriche 2030 % |
|------------------------|---|--|--|---|
| Commissione Europea | Reference Scenario 2016 | | 1536 * | |
| Unione Petrolifera | Previsioni 2016-2030 | | 150 | |
| ANFIA | Auto BEV Auto PHEV | | | 10% 9% |
| ENEL | Scenario Base | 90 | | |
| | Scenario Intermedio | 180 | | |
| | Scenario Limite | 360 | | |
| | Scenario Futuristico | 1000 | | |
| ENEL Foundation CERTeT | Scenario Base | 70 | 3,9** | |
| | Scenario DEM ⁴⁰ -HP1 ⁴¹ | 87 | 4,6** | |
| | Scenario DEM-HP2 ⁴² | 148 | 5,2** | |
| | Scenario DEM-HP3 ⁴³ | 352 | 6,5** | |
| | Scenario IND ⁴⁴ -HP1 | 98 | 5,2 ** | |
| | Scenario IND-HP2 | 168 | 5,9 ** | |
| | Scenario IND-HP3 | 402 | 7,3 ** | |
| | Scenario SOC ⁴⁵ -HP1 | 85 | 4,1** | |
| | Scenario SOC-HP2 | 143 | 4,6** | |
| CIVES | Scenario Base BEV | 522 | | |
| | Scenario Base BEV+PHEV | 750 | | |
| | Scenario Alto BEV | 797 | | |
| | Scenario Alto BEV+PHEV | 1.168 | | |

Fonte Elaborazioni ENEA su dati "Elementi per una Roadmap della mobilità sostenibile"

Note: * Auto e veicoli commerciali leggeri

** Anno di riferimento 2035

Più recentemente, lo studio "Electrify 2030"⁴⁶ dell'Ambrosetti, realizzato in collaborazione con Enel X e Fondazione Centro Studi Enel, completa l'analisi del potenziale di elettrificazione in Italia per le altre tipologie di veicoli elettrici elaborando i seguenti scenari:

- veicoli elettrici a due ruote: da 240.000 a 1,6 milioni di unità; con una previsione di stazioni di ricarica pubbliche da 857 a 2000;

⁴⁰ DEM: "demand oriented". Si prevedono incentivi economici per l'acquisto e defiscalizzazioni. Ammontare totale di incentivi pubblici nel periodo 2016-2035 ipotizzato pari a 1,144 mld di €, pari ad una media di 57 mln di Euro l'anno.

⁴¹ HP1: 20,2% del totale incentivi entro 2020.

⁴² HP2: 28,2% del totale incentivi entro 2020.

⁴³ HP3: 44,2% del totale incentivi entro 2020.

⁴⁴ The European House - Ambrosetti, in collaborazione con Enel X e Fondazione Centro Studi Enel, 2018.

⁴⁵ IND: "industry oriented", incentivi per veicoli, infrastrutture, attività di ricerca.

⁴⁶ SOC: "society oriented", politiche a supporto della mobilità sostenibile (TPL, car sharing etc.) destinandovi 570 mln di Euro nel periodo 2016-2035.

- autobus elettrici: da 3.307 a 10.188 veicoli; con una previsione di stazioni di ricarica dedicate da 413 a 637;
- veicoli commerciali leggeri elettrici: da 202.763 a 630.478 veicoli con una previsione di stazioni di ricarica pubbliche dedicate da 724 a 1.051;
- camion elettrici: da 0 a 34.336 veicoli con una previsione di stazioni di ricarica pubbliche dedicate di circa 8.500.

Tabella 20 Scenari di diffusione di veicoli elettrici – “Scenari Ambrosetti” (Migliaia di veicoli)

| Scenario | Parco Circolante Auto (Migliaia) | Parco Circolante Veicoli a 2 ruote (Migliaia) | Parco Circolante Autobus (Migliaia) | Parco Circolante Veicoli commerciali (Migliaia) | Parco Circolante Camion (Migliaia) |
|-------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| Base | 2.000 | 240 | 3,3 | 203 | 0 |
| Intermedio | 5.000 | 850 | 8,0 | 350 | 23 |
| Accelerato | 9.000 | 1.600 | 10,2 | 630 | 34 |

Fonte Elaborazioni ENEA su dati The European House – Ambrosetti, ENEL

Il Politecnico di Milano ha pubblicato, a settembre 2018, l’“E-mobility report 2018”⁴⁷ che oltre a riportare un’analisi dettagliata delle tecnologie, della normativa e del mercato attuale presenta i risultati di 3 scenari di mercato di auto elettriche al 2025 e al 2030 elaborati a partire da studi già esistenti. Di seguito una sintesi:

- “Scenario Base”: 1,8 milioni di auto elettriche (elettriche pure e ibride plug-in) circolanti con una quota di immatricolazioni pari al 20% del totale; nel corso degli anni si prevede una quota crescente di immatricolazioni di auto elettriche rispetto alle ibride plug-in.
- “Scenario Sviluppo Moderato”: 4,8 milioni di auto elettriche circolanti con una quota di immatricolazioni pari al 50% del totale.
- “Scenario Sviluppo Accelerato”: 7,5 milioni di auto elettriche (20% del circolante totale) con una quota di immatricolazioni che superano il 60%

Tabella 21 Scenari di diffusione di auto elettriche al 2025 e al 2030 – Politecnico di Milano (Migliaia di auto)

| Scenario | Parco Circolante Auto elettriche 2025 (Migliaia) | Parco Circolante Auto elettriche 2030 (Migliaia) |
|----------------------------|--|--|
| Base | 320 | 1.800 |
| Sviluppo Moderato | 1.000 | 4.800 |
| Sviluppo Accelerato | 2.000 | 7.500 |

Fonte: Elaborazioni ENEA su dati Politecnico di Milano

⁴⁷ Politecnico di Milano “E-mobility report 2018: le opportunità e le sfide per lo sviluppo della mobilità elettrica in Italia”.

Terna⁴⁸ nel 2018 ha elaborato due scenari di penetrazione di veicoli elettrici con stime praticamente analoghe a quelle del Politecnico di Milano: infatti lo “scenario base”, elaborato su un’ipotesi di sviluppo più conservativo, stima una crescita moderata di veicoli elettrici (auto e veicoli commerciali) di circa 1,6 milioni al 2030, mentre il secondo scenario che ipotizza il conseguimento degli obiettivi prevede che il parco di veicoli elettrici possa raggiungere i 4,5 milioni allo stesso orizzonte temporale.

Nel 2018 l’Unione Petrolifera⁴⁹ ha aggiornato le sue ipotesi di evoluzione del mercato autoveicoli nel medio periodo, a partire dalle prospettive per le immatricolazioni attese dall’industria automobilistica, ipotizzando così al 2030 una quota percentuale di immatricolazioni di auto elettriche e ibride plug-in pari al 7,8%. Per quanto riguarda il parco circolante (34 milioni di autoveicoli), stima che le ibride, principalmente a benzina, cresceranno fino ad arrivare a circa 3,5 milioni nel 2030, che le auto elettriche pure, sostenute anche da iniziative a livello locale e da incentivi pubblici, potrebbero raggiungere circa 460.000 autoveicoli, e le auto plug-in, anche in questo caso, prevalentemente a benzina, le 400.000 unità.

Infine, il Coordinamento Fonti Rinnovabili ed Efficienza Energetica (FREE)⁵⁰ ha pubblicato a fine 2018 un Position Paper⁵¹ con un’analisi di penetrazione dettagliata per le diverse tipologie di veicoli elettrici. Le stime, elaborate ipotizzando che vengano messe in atto misure volte a favorire la sostituzione dell’attuale parco circolante con mezzi a trazione elettrica, prevedono che fino al 2023 la quota delle auto elettriche rispetto al totale delle vendite sarà dell’ordine di qualche punto percentuale; dal 2024 in poi invece si ipotizza un trend progressivamente crescente delle vendite che consentirebbe di raggiungere un parco circolante al 2030 di circa 3,5 milioni di autoveicoli elettrici, con una ripartizione 60% “full elettrico” e 40% ibridi plug-in. L’analisi è stata estesa anche alle altre tipologie di veicoli; in Tabella 22 si riporta il dettaglio sintetico degli scenari di penetrazione al 2030.

Tabella 22 Scenari di diffusione di auto elettriche al 2030- Coordinamento FREE

| Tipologia veicolare | Parco Circolante (veicoli) |
|------------------------------------|----------------------------|
| Autoveicoli | 3.540.000 |
| Veicoli commerciali | 640.000 |
| Taxi e auto in condivisione | 300.000 |
| Totale | 4.480.000 |

Fonte: Coordinamento FREE

Infine, si ritiene utile riportare le previsioni elaborate nei più recenti documenti programmatici europei e nazionali che mirano al conseguimento degli obiettivi di decarbonizzazione, di

⁴⁸ Terna “Documento di descrizione degli scenari”, edizione 2018 <http://download.terna.it/terna/0000/1016/83.PDF>

⁴⁹ Unione Petrolifera “Previsioni di domanda energetica e petrolifera italiana 2018-2030”, maggio 2018.

⁵⁰ Coordinamento Fonti Rinnovabili ed Efficienza Energetica è un’Associazione che raccoglie attualmente, in qualità di Soci, 26 Associazioni ambientaliste, Cives, Polimi *etc.*

⁵¹Coordinamento FREE “Il Piano Nazionale Energia e Clima: Le proposte del Coordinamento FREE”.

efficienza energetica e di elettrificazione dei consumi. In particolare, facendo riferimento ai documenti strategici nazionali che riportano i risultati di scenari “obiettivo”, la SEN prevede 5 milioni di veicoli elettrici circolanti al 2030 mentre il PNIEC stima un parco circolante di circa 6 milioni di veicoli ad alimentazione elettrica dei quali quasi 1,6 milioni di elettrici puri. In entrambi i casi, si ipotizza che i target previsti vengano raggiunti anche grazie a misure e policy messe in atto per promuovere la diffusione della mobilità elettrica.

A completamento della rassegna, non esaustiva, degli scenari di elettrificazione del parco veicoli circolante, si riportano in una tabella di sintesi le previsioni ritenute più indicative:

Tabella 23 Confronto scenari di elettrificazione del parco autovetture al 2030 (migliaia autovetture)

| Autore | Documento | Anno di pubblicazione | SCENARIO | Circolante 2030 Auto elettriche (BEV+PHEV) (Migliaia) |
|-----------------------|---|-----------------------|---------------------|---|
| Ambrosetti | “Electrify 2030” | | Base | 2.000 |
| | | 2018 | Intermedio | 5.000 |
| | | | Accelerato | 9.000 |
| Politecnico di Milano | “E-mobility Report 2018” | | Base | 1.800 |
| | | 2018 | Sviluppo Moderato | 4.800 |
| | | | Sviluppo Accelerato | 7.500 |
| Coordinamento FREE | “Position Paper 2018 | 2018 | Policy | 3500 |
| Unione Petrolifera | “Previsioni di domanda energetica e petrolifera italiana 2018-2030” | 2018 | Policy | 860 |
| MiSE, MATTM, MIT | SEN | 2017 | Policy | 5.000 |
| MiSE, MATTM, MIT | PNIEC | 2019 | Policy | 6.000 |

5.3.2 Previsioni sulla consistenza del parco autovetture alimentate a gas

Per quel che riguarda le previsioni al 2030 del parco circolante delle auto alimentate a gas, lo scenario europeo “Reference 2016” prevede che dal 2025 cambierà la ripartizione percentuale tra auto alimentate a GPL e auto alimentate a metano, infatti si stima un parco circolante di auto a metano di circa 4 milioni, nettamente superiore ai circa 2,8 milioni di auto alimentate a GPL previste. Il Tavolo sulla decarbonizzazione ha invece ipotizzato la persistenza della ripartizione attuale anche per i prossimi anni con una prevalenza di auto a GPL che al 2030 viene stimata intorno ai 4,4 milioni di veicoli mentre il parco auto a metano, anche se previsto in crescita, non raggiunge i 2,7 milioni.

Le previsioni dell’Unione Petrolifera confermano la prevalenza del parco auto a GPL (circa 2 milioni di auto) rispetto a quello a metano per il quale stimano una crescita fino a 1,6 milioni avendo considerato gli effetti della Direttiva DAFI che dovrebbe portare ad una diffusione più capillare delle stazioni di rifornimento del metano.

L'Anfia nel 2017 ha elaborato, in collaborazione con altri stakeholder⁵², per il tavolo sulla "Roadmap della mobilità sostenibile", stime al 2025 sul parco circolante dei veicoli alimentati a gas naturale e sullo sviluppo della rete necessaria al rifornimento degli stessi veicoli. In un primo scenario, si ipotizza venga mantenuto lo stesso trend di crescita del parco circolante dei veicoli a gas registrato negli anni 2009-2014 ottenendo così la previsione di circa 1,8 milioni di veicoli alimentati a GNC, nel secondo scenario, più ambizioso, si stima vengano venduti circa 2,2 milioni di veicoli alimentati a GNC.

L'UNRAE, invece, ha elaborato stime sul mercato auto al 2030 e, se verranno attuate le misure indicate dalla direttiva DAFI e dal "Clean Mobility Package", ipotizza che le auto alimentate a GPL copriranno una quota di immatricolazioni del 7,5%, mentre vi sarà un aumento maggiore dell'immatricolato a metano che passerà dal 4,5%, atteso al 2025, al 6% al 2030.

5.4 Considerazioni preliminari e metodologiche sugli scenari previsionali

Prima di entrare nel merito dei risultati prodotti nelle simulazioni dei tre diversi scenari, si ritiene utile fornire alcune indicazioni sulla procedura di selezione e sulla stima dei dati di input utilizzati.

Al fine di valutare le emissioni complessive, sono state considerate le emissioni delle autovetture private, quelle dei mezzi del trasporto pubblico e quelle per la produzione dei vettori energetici. Le stime sono state effettuate in funzione dei volumi di traffico attesi e della ripartizione delle percorrenze in funzione della tipologia ed età del veicolo.

Nel seguito alcune indicazioni circa i dati e le procedure utilizzati.

5.4.1 La valutazione delle performance energetiche ed ambientali delle autovetture

Il parco circolante 2030 utilizzato per stimare le emissioni nei tre scenari è costituito dalla somma dei veicoli immatricolati dal 2011 al 2018 (dati storici) e di due diverse ipotesi di consistenza del venduto nel periodo di proiezione dal 2019 al 2030, una per lo scenario di Programma e per quello Tecnologico accelerato, l'altra per lo scenario di Mobilità sostenibile.

L'ipotesi che al 2030 circolino ancora tutti i veicoli immatricolati a partire dal 2011 deriva dalla imposizione di mantenere invariato, quantomeno nello scenario di Programma ed in quello Tecnologico accelerato, il numero di autovetture circolanti ad oggi (2018), escludendo i veicoli di standard emissivo Euro 0 che, seppur presenti nell'immatricolato, spesso non circolano effettivamente (e molto probabilmente mancano della copertura assicurativa). Tale assunzione discende dall'ipotesi che, nei due scenari suddetti, non si verifichino sostanziali cambiamenti nel comportamento della domanda rispetto ad oggi. Nello scenario di Mobilità sostenibile, invece, il parco circolante si riduce ma solo per effetto di una progressiva riduzione delle vendite dal 2019, dovuta a politiche volte specificatamente a ridurre l'uso dell'auto privata.

⁵² Fonte ANFIA, Anigas, Assogasmetano, Consorzio Italiano Biogas, ENI, Federmetano, NGV.

La necessità di utilizzare dati coerenti delle emissioni specifiche di CO₂, sulla base di banche dati comunitarie, ha richiesto, oltre che di conservare tutto l'immatricolato, anche il vincolo di rottamare tutto l'immatricolato precedente al 2011.

Le autovetture immatricolate dal 2011 al 2018, per un totale di poco più di 13 milioni di vetture, incluse nel parco circolante degli scenari, sono riportate nella Tabella 24.

Tabella 24 Immatricolazioni per alimentazione – anni 2011-2018

| Tecnologia | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Benzina | 685.335 | 469.594 | 403.022 | 395.502 | 492.118 | 599.916 | 629.750 | 673.896 |
| HEV benzina | 5.157 | 4.973 | 13.692 | 20.606 | 24.694 | 36.782 | 62.592 | 79.655 |
| Benzina+gpl | 54.946 | 128.117 | 114.867 | 124.645 | 120.701 | 101.632 | 128.709 | 124.445 |
| Benzina+metano | 38.405 | 52.113 | 67.555 | 71.508 | 62.980 | 43.800 | 32.751 | 37.175 |
| diesel | 965.405 | 746.636 | 703.337 | 746.209 | 872.187 | 1.040.245 | 1.112.294 | 983.255 |
| HEV diesel | 0 | 909 | 927 | 573 | 603 | 397 | 208 | 2.229 |
| PHEV benzina | 4 | 140 | 145 | 322 | 849 | 1.413 | 2.719 | 4.493 |
| PHEV Diesel | 0 | 0 | 166 | 88 | 48 | 97 | 121 | 45 |
| BEV | 292 | 521 | 862 | 1.098 | 1.485 | 1.398 | 1.962 | 4.975 |
| Idrogeno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Totale | 1.749.544 | 1.403.003 | 1.304.573 | 1.360.551 | 1.575.665 | 1.825.680 | 1.971.106 | 1.910.169 |

Fonte: elaborazioni ENEA su dati CNIT⁵³ e AEA⁵⁴

Per la valutazione degli standard emissivi si è supposto che i veicoli nei diversi scenari presentassero le stesse emissioni specifiche di CO₂ per alimentazione, variabili in funzione dell'anno di immatricolazione, per tener conto dell'evoluzione tecnologica delle diverse alternative.

Al fine di stimare il valore al 2030 dei veicoli termici, si è fatto riferimento all'andamento degli ultimi 20 anni (Figura 49). I dati del monitoraggio sulle emissioni medie di CO₂ del venduto negli ultimi 20 anni mostrano un trend di riduzione intorno al 1% annuo fino al 2007, e poi un'accelerazione nella riduzione che supera il 2% all'anno fino al 2015 per la benzina, e al 2016 per il diesel. Nel 2017 le emissioni medie si riducono molto poco, prefigurando un rallentamento nell'efficientamento energetico dei veicoli.

⁵³ <http://www.mit.gov.it/node/10877>.

⁵⁴ Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), *Monitoring of CO₂ emissions from passenger cars* – vari anni (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-16>).

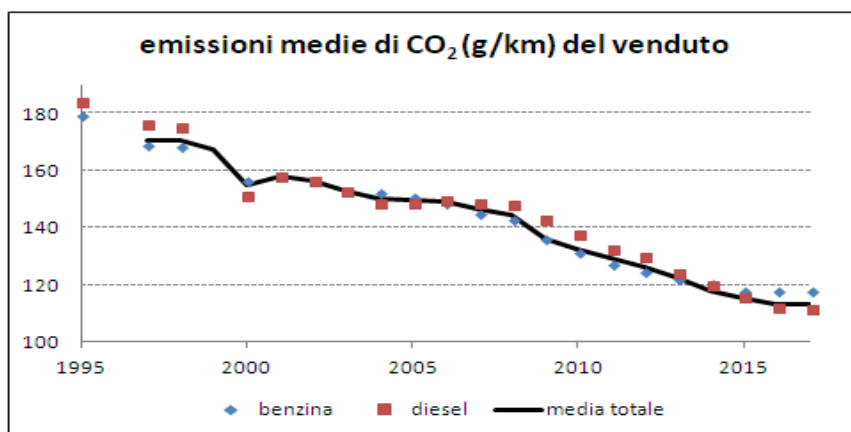


Figura 49 Andamento delle emissioni specifiche medie di CO₂ delle autovetture nuove
Fonte: Monitoraggio europeo del Regolamento CE/443/2009

Alla luce di queste evidenze, si è assunto un andamento pari all'1% di riduzione annua, applicandolo a tutte le diverse motorizzazioni, escluso il diesel, a partire dagli ultimi dati del monitoraggio, relativi all'anno 2017. Al diesel, sulla base delle prospettive di sviluppo tecnologico illustrate nel paragrafo 3.4.2, si è applicato un fattore di riduzione delle emissioni pari al 1,2% annuo.

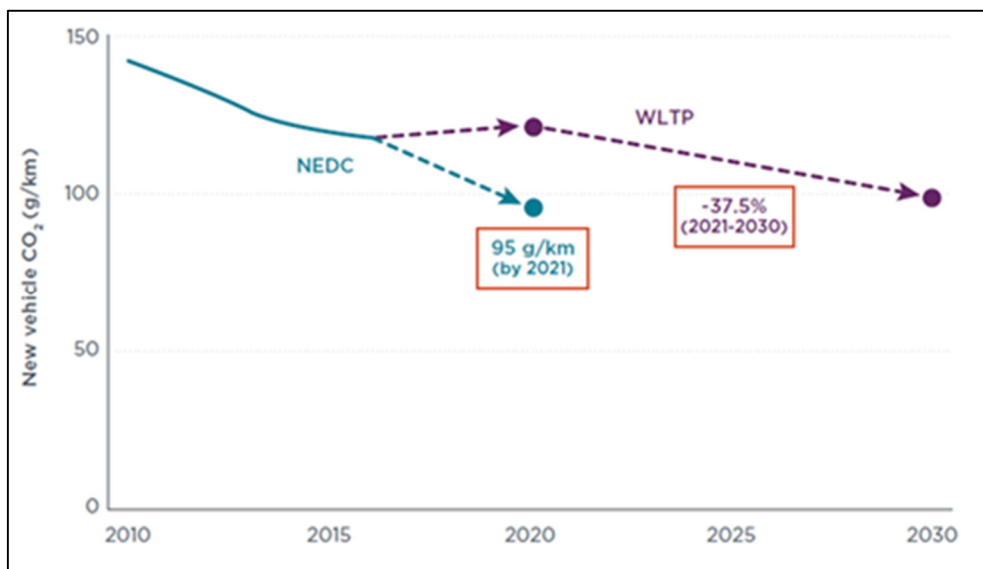
Per le autovetture BEV, PHEV e ad idrogeno, per le quali le emissioni di CO₂ allo scarico sono nulle, è importante definire il consumo specifico medio di elettricità caricata dalla rete, per la valutazione delle emissioni di gas serra durante le fasi di estrazione delle fonti primarie e produzione dell'energia elettrica (WTT – from well to tank). Dalla serie dei dati di monitoraggio del Regolamento 443, si nota una variabilità di questi consumi medi, legata ai pochi modelli in vendita negli anni passati, e con caratteristiche molto diverse tra loro, in termini di autonomia di km e potenza dei motori, sia elettrici che termici. Quindi non è possibile stabilire un trend di evoluzione dei consumi, e si ipotizza, in mancanza di altre informazioni, che questi rimangano gli stessi del 2017, considerando che un miglioramento energetico delle vetture possa essere annullato dall'aumento del peso delle batterie per una maggiore autonomia del veicolo.

Tabella 25 Consumi specifici medi dei veicoli con ricarica alla rete

| Alimentazione | Wh/km |
|---------------------|-------|
| PHEV benzina | 140 |
| PHEV Diesel | 170 |
| BEV | 160 |
| Idrogeno | 160 |

Sia le emissioni specifiche di CO₂ che i consumi sopra indicati, sono riferiti ad una procedura di omologazione su cicli di guida europei (NEDC – new European Driving Cycles). Si stima che le emissioni di CO₂ siano mediamente inferiori del 15% a quelle sul nuovo ciclo WLTC (Worldwide harmonized Light vehicle Test Cycle), che sarà obbligatorio ai fini del Regolamento 631 (che sostituisce il 443) sulle emissioni medie delle case automobilistiche dal 2021. Si valuta, inoltre,

che queste ultime siano circa un 20% minori delle emissioni su cicli reali di guida. Perciò nella valutazione di impatto degli scenari si applicherà un fattore di correzione alle emissioni indicate pari a 1,35.



Schematic illustration showing how the CO₂ target for 2021 will still be based on NEDC, while after 2021 a percentage CO₂ reduction applies, relative to the 2021 starting point in WLTP

Fonte: ICCT, CO₂ emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles in the European Union, 2019

I fattori di correzione dei consumi di BEV e PHEV sono stimati a partire da quello utilizzato per le emissioni, pesato però in funzione delle percentuali di utilizzo in ambito urbano ed extraurbano.

Questa correzione è resa necessaria anche per rendere omogenei i valori delle autovetture con quelli dei servizi di trasporto collettivo, basati sui dati reali di consumo effettivo, come descritto nel paragrafo successivo.

Ai fini della stima delle emissioni totali di gas serra WTW degli scenari, alle emissioni di CO₂ in fase d'uso dei veicoli alimentati con miscele di carburanti da fonti fossili e biocarburanti viene sottratta la quota delle emissioni dei biocarburanti, valutata come descritto nel paragrafo 5.4.3.

Infine, per l'altro gas serra emesso dalle autovetture, il metano, sono stati utilizzati i fattori di emissione dell'Inventario ISPRA⁵⁵, e si è ipotizzato una riduzione del 20% al 2030. Per la conversione in CO₂ eq, è stato utilizzato il potenziale di riscaldamento globale (GWP) su 100 anni della Quinta Relazione di Valutazione adottata dal gruppo di esperti intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC), pari a 28.

⁵⁵ Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per il settore Trasporti (ISFORT) (2017), 14° Rapporto sulla mobilità in Italia, April (www.isfort.it).

5.4.2 La valutazione delle performance energetiche ed ambientali dei servizi di trasporto collettivo

I servizi di trasporto pubblico, centrali nello scenario di Mobilità sostenibile per ridurre quote emissive attraverso fenomeni di cambio modale, sono considerati in relazione alle seguenti tipologie di mezzi:

- in ambito urbano: autobus, tram e metro;
- in ambito extraurbano: autolinee, sia a contratto con le amministrazioni locali che private, e treni.

Sono stati stimati i consumi specifici medi a passeggero-km delle cinque tipologie di servizio collettivo per l'anno 2017, in base ai dati di consumo di diverse fonti – tra cui principalmente l'Inventario Nazionale delle Emissioni ISPRA e il Bilancio Energetico Nazionale⁵⁶, oltre a dati statistici pubblicati dalle aziende di TPL e da Trenitalia –, e dati di traffico del Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti, edito dall'Ufficio di Statistica del MIT ogni anno, e delle aziende.

Per gli autobus elettrici, di cui non si hanno dati nell'Inventario, si utilizzano dati di consumo elaborati da ENEA nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico.

L'evoluzione delle emissioni specifiche di CO₂ al 2030 è così definita:

- per gli autobus urbani: si stima che i volumi di traffico siano equamente ripartiti tra veicoli diesel, a metano ed elettrici, ipotizzando un miglioramento energetico del 12% rispetto al 2017 dei bus a combustione interna per il rinnovo del parco mezzi;
- per le autolinee: si stima che il servizio sia ripartito a metà tra veicoli diesel e veicoli a metano, e si ipotizza lo stesso miglioramento considerato per i bus urbani.

Per quanto concerne i consumi di energia elettrica:

- per gli autobus elettrici si ipotizza, come per le autovetture, un'invarianza nei consumi specifici, in mancanza di informazioni sufficienti per fare ipotesi diverse. Per tram e metro si stima un miglioramento del 10% rispetto ai valori del 2017 legato al rinnovo del materiale rotabile ed a interventi di efficienza energetica sull'infrastruttura. Per i treni si ritiene ci sia più margine di miglioramento e si applica un coefficiente pari al 15%.

5.4.3 La valutazione delle emissioni di gas serra della fase dal pozzo al serbatoio (WTT) dei vettori energetici

Dal momento che sono in gioco emissioni di veicoli alimentati con diversi vettori energetici, le emissioni di gas serra degli scenari sono stimate comprendendo la fase dal pozzo alla ruota di carburanti ed energia elettrica (WTW).

⁵⁶ Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), *Bilancio Energetico Nazionale* – vari anni (<https://dgsaie.mise.gov.it/ben.php>).

Per i carburanti da fonti fossili (diesel, benzina, GPL e metano) sono stati assunti i fattori di emissione di gas serra del Rapporto JRC-CONCAWE⁵⁷ per unità energetica di carburante consumato (g CO₂ eq/MJ) che si è ipotizzato non cambino al 2030.

Per quanto riguarda i biocarburanti, si è stimato un fattore di emissione di gas serra per famiglia di biocarburante (biobenzina, biodiesel, biometano) sulla base dei fattori di emissione del JRC pesati, ove possibile, sui dati statistici pubblicati dal GSE⁵⁸ dei consumi in Italia. Per il biometano, il cui consumo attualmente è trascurabile, sono state fatte ipotesi sul mix di fonti primarie e processi di produzione a partire da quanto riportato nel PNIEC⁵⁹ e da documenti del Consorzio Italiano Biometano (CIB).

Nello scenario di Programma è stata considerata una percentuale di miscelazione pari al 10% per tutte e tre le famiglie di biocarburanti, mentre per gli scenari Tecnologico accelerato e di Mobilità sostenibile è stata considerata una percentuale di biodiesel e di biometano pari rispettivamente al 15% e al 30%, che comporta risultati compatibili con le previsioni del PNIEC sia per la quota delle rinnovabili, comprese le FER elettriche, sia per il consumo di biometano previsto.

Il fattore di emissione di GHG per unità di energia elettrica al 2030 – variabile in funzione dello scenario (pari a circa 288 g/kWh per lo scenario di Programma e a circa 162 g/kWh per gli scenari di progetto) – viene ricavato elaborando i dati di diverse fonti:

- i dati ISPRA sui fattori di emissione di CO₂ per fonte energetica (g/kWh) della produzione termoelettrica al 2017, che vengono considerati invariati al 2030⁶⁰;
- le previsioni di mix energetico del settore termoelettrico e della produzione da fonti rinnovabili del PNIEC nello scenario BASE 2030 e nello scenario di POLICY 2030.

Per l'emissione specifica della produzione di idrogeno vengono assunti i valori pubblicati dalla Agenzia Internazionale dell'Energia⁶¹ di emissione di CO₂ (kg/kg H₂ prodotto), perché più recenti rispetto ai dati JRC⁶², di cui si assume il Potere Calorifico Inferiore. Viene ipotizzato un miglioramento tecnologico pari al 10% nella produzione, e vengono trascurate le eventuali emissioni degli altri gas serra in mancanza di dati. Va sottolineato che per questo valore, stimato pari a circa 284 g CO₂/kWh di H₂, l'incertezza è molto alta, ma è altrettanto poco influente nella valutazione complessiva degli scenari, essendo l'uso dell'idrogeno trascurabile rispetto alle altre fonti energetiche.

⁵⁷ Joint Research Centre (JRC), *WELL TO TANK Appendix 2 – Summary of energy and GHG balance of individual pathways*,

⁵⁸ Gestore Servizi Elettrici (GSE), *Energia nel settore Trasporti – anni 2005-2018*,

(https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Energia%20nel%20settore%20Trasporti%202005-2018.pdf).

⁵⁹ MiSE, MIT, MATTM (2019), *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030 (PNIEC)*.

⁶⁰ <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-la-produzione-ed-il-consumo-di-energia-elettrica-in-italia/view>.

⁶¹ Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) (2019), *The Future of Hydrogen*.

⁶² Joint Research Centre (JRC), *WELL TO TANK Appendix 2 – Summary of energy and GHG balance of individual pathways*, (https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/wtt_appendix_2_v4a.pdf).

Viene applicato un fattore moltiplicativo di 1,15 alle emissioni WTW sia di elettricità che di idrogeno per tenere in conto le perdite energetiche nella distribuzione in rete e ricarica delle batterie per l'elettricità, e di trasporto e stoccaggio per l'idrogeno.

5.4.4 La valutazione dei volumi di traffico

Nella stima sulle emissioni totali si è tenuto conto dei volumi di traffico, espressi in termini di veicoli-km, afferenti alle diverse modalità di trasporto. I volumi di traffico derivano dalle assunzioni sui comportamenti della domanda nei diversi scenari. Nello scenario di Programma ed in quello Tecnologico accelerato, la domanda mantiene lo stesso comportamento "tendenziale", in termini di utilizzazione delle diverse modalità di trasporto e quindi, a meno di differenze trascurabili di cui si dirà in seguito, i volumi di traffico delle autovetture private (distanze percorse) sono i medesimi nei due scenari. La stima di tali volumi parte dalla numerosità e composizione del parco circolante, assumendo determinati valori di percorrenza media annua dei veicoli per alimentazione ed età.

Per le percorrenze annuali delle autovetture private distinte per alimentazione e classe di età è utilizzata la banca dati dell'Inventario Nazionale delle Emissioni Stradali di ISPRA, i veicoli-km annuali distinti per alimentazione e per età. I dati ISPRA sono utili anche per disaggregare le percorrenze in città da quelle in ambito extraurbano.

Nello scenario di Mobilità sostenibile, invece, si assume una riduzione della domanda su autovettura privata a favore delle modalità di trasporto collettive, insieme ad una riduzione degli spostamenti urbani, per cui anche la composizione modale del traffico veicolare si modifica, funzionalmente al raggiungimento di un certo target di riduzione delle emissioni complessive di CO₂.

Una volta impostata un'ipotesi di variazione del traffico veicolare privato e collettivo rispetto allo scenario tendenziale, è possibile risalire al nuovo comportamento della domanda, espresso in termini di passeggeri-km, attraverso l'impiego di coefficienti di riempimento medi dei diversi segmenti di mobilità, desumibili dal Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti pubblicato annualmente dal Ministero competente.

5.5 Elementi distintivi dei tre scenari

5.5.1 Scenario di Programma

Per il venduto autovetture al 2030 nello scenario di Programma sono stati utilizzati dati UNRAE che risultano essere disaggregati con un livello di dettaglio necessario per le analisi che si intende svolgere. Inoltre l'Associazione delle case automobilistiche è sicuramente uno degli stakeholder più importanti del settore che ha una visione del futuro basata anche sugli investimenti in ricerca e sviluppo che le case automobilistiche intendono intraprendere.

Le previsioni dell'UNRAE, che si fondano sull'ipotesi che vengano attuati gli interventi e le misure previsti dalla direttiva DAFI e dal "Clean Mobility Package", stimano, al 2030, una quota di immatricolazioni di auto elettriche pari al 15% del totale immatricolato e una quota di auto

ibride comprese le plug-in pari al 35%. La ripartizione percentuale, per motorizzazione, prevista al 2025 e al 2030 è riportata in Tabella 26.

Tabella 26 Ripartizione per motorizzazione del venduto – “Scenario UNRAE” (%)

| Motorizzazione | Scenario UNRAE : immatricolazioni auto (quote % per motorizzazione) | | |
|------------------------|--|------|------|
| | 2018 | 2025 | 2030 |
| Elettriche BEV | 0,3 | 7,0 | 15,0 |
| Ibride+ Ibride plug-in | 4,5 | 20,0 | 35,0 |
| GPL | 6,5 | 7,0 | 7,5 |
| Metano | 1,9 | 4,5 | 6,0 |
| Altre (idrogeno etc.) | 0 | 0,5 | 1,5 |
| Benzina+ Diesel | 87 | 61,0 | 35,0 |

Fonte Elaborazione ENEA su dati UNRAE

A partire dallo scenario UNRAE è stata effettuata, per i due anni di riferimento, una ripartizione per motorizzazione del parco immatricolato più dettagliata. Sono stati separati gli ibridi dagli ibridi plug-in e le auto a benzina da quelle ad alimentazione diesel mantenendo inalterata la quota percentuale complessiva delle due motorizzazioni rispetto al totale in entrambi i casi.

Per le ibride a benzina, già presenti sul mercato con una quota percentuale del 4,5% nel 2018, si è ipotizzato raggiungano una quota pari 13,5% nel 2025 e 18,2% nel 2030, mentre più contenuta è la crescita ipotizzata per le auto ibride plug-in a benzina (3,5% e 7,4% agli stessi orizzonti temporali). Infine si è preferito ridurre la quota delle auto ad idrogeno in considerazione del fatto che ad oggi non esiste né un mercato di autovetture alimentate ad idrogeno né la relativa infrastruttura di rifornimento dei veicoli.

Nella Tabella 27 si riporta il dettaglio della composizione del parco ipotizzata per lo Scenario tendenziale.

Tabella 27: Ripartizione per motorizzazione del venduto “Scenario di Programma “(%)

| Motorizzazione | 2025 | 2030 |
|----------------|-------|-------|
| Benzina | 30,5% | 17,5% |
| HEV benzina | 13,5% | 18,2% |
| Benzina+gpl | 7% | 7,5% |
| Benzina+metano | 5% | 6% |
| Diesel | 30,5% | 17,5% |
| HEV Diesel | 1,5% | 4,6% |
| PHEV benzina | 3,5% | 7,4% |
| PHEV Diesel | 1,5% | 4,9% |
| BEV | 8% | 16% |
| Idrogeno | 0 | 0,5% |

A partire dall'ipotesi di base che il mercato auto nazionale si attesti su un valore di 1.900.000 immatricolazioni annue dal 2019 al 2030 è stato elaborato l'andamento del mercato auto in Italia dal 2019 al 2030 tenendo in considerazione alcuni fattori ed ipotesi di seguito descritte.

Negli ultimi anni si è registrato, a causa del *dieselgate*, una forte diminuzione delle vendite di auto diesel che si ipotizza continui fino al 2030. Le auto a benzina dovrebbero continuare ad acquisire parte delle quote del mercato diesel ma dal 2025 anche loro dovrebbero registrare una fase di decrescita dovuta alla partenza del mercato delle auto elettriche.

Le auto ibride (HEV) a benzina, che si ipotizza acquisiscano quote di mercato principalmente dal mercato diesel, continueranno la crescita registrata negli ultimi anni fino al 2030. Anche il mercato delle auto alimentate a gas metano, per il quale si ipotizzano circa 114.000 immatricolazioni nel 2030, è previsto in aumento anche se in modo più contenuto rispetto a quello previsto per le ibride e tenderà a colmare il divario con il mercato delle auto a GPL (143.000 immatricolazioni nel 2030).

Per quanto riguarda le auto elettriche (BEV), in linea con le previsioni UNRAE, si è ipotizzato un andamento crescente che diventa più marcato a partire dal 2025 prevedendo così di arrivare nel 2030 alla vendita di 304.000 auto a sola batteria con un valore intermedio di 143.000 auto vendute nel 2025. Per le ibride plug-in a benzina la crescita è inferiore rispetto a quella attesa per le elettriche pure con una stima di vendita di circa 76.000 auto nel 2025 e circa 160.000 nel 2030; andamento crescente anche per le ibride plug-in diesel, anche se con quote di mercato inferiori, in linea con la situazione del mercato attuale. Il mercato delle auto a idrogeno, come già detto, si ipotizza del tutto trascurabile fino al 2025 con una lieve crescita negli anni a seguire che non consentirà però a questa tipologia veicolare di raggiungere quote significative di vendite.

In termini percentuali, il mercato si ripartisce per alimentazione come mostrato nella Figura 50, che riporta la composizione del venduto auto per i tre anni scelti come riferimento. Il diesel e la benzina complessivamente subiscono una forte diminuzione, in accordo con le previsioni UNRAE, passando dal 79% 2020 al 36% del 2030 con una quota intermedia del 62% al 2025.

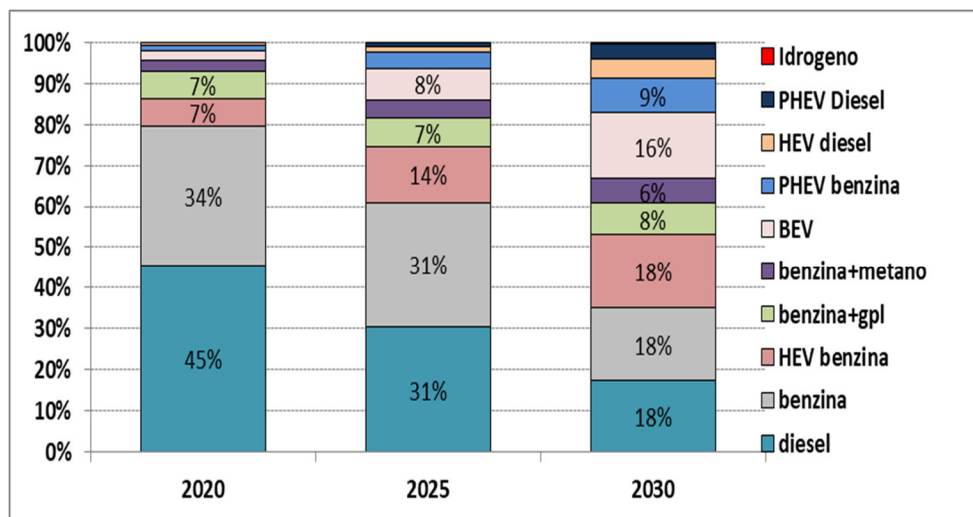


Figura 50 Scenario di Programma – Composizione percentuale del venduto nel 2020, 2025 e 2030

Analizzando separatamente le due alimentazioni si evidenzia che la benzina si riduce solo del 3% tra il 2020 e il 2025, mentre più marcata è la riduzione dal 2025 al 2030, si passa da circa il 30,5% al 17,5%. Si prevede, invece, un incremento delle ibride a benzina che passano da un valore iniziale del 7% ad un 18% finale superando così, anche se di poco, la quota delle auto a benzina.

L'alimentazione a gasolio subisce una contrazione significativa di 14 punti percentuali già tra il 2020 e il 2025 ai quali si aggiungono ulteriori 13 punti percentuali di decremento tra il 2025 e il 2030, passando così dal 45% del 2020 al 18% del 2030. Il contributo delle ibride diesel che passano dal 0,6% iniziale a circa un 5% finale non è in grado di attenuare in modo significativo la forte diminuzione prevista per le auto a gasolio.

La quota delle auto a gas, a metano o GPL, non subisce variazioni significative durante l'intero arco di 12 anni, passando da un valore iniziale complessivo del 10% al 13,5% finale.

Le auto a batteria (BEV) raggiungono al 2030 la quota del 16%. Aggiungendo anche le auto ibride plug-in a benzina o a gasolio, la percentuale del mercato elettrico supera il 28% del totale.

Per concludere, nello scenario di Programma, su un totale di 22,8 milioni di autovetture che si è ipotizzato vengano vendute nei dodici anni dal 2019 al 2030, circa 1,3 milioni sono ibride plug-in e circa 1,8 milioni sono elettriche pure, per un totale di circa 3,1 milioni di auto elettriche. Le auto alimentate a benzina e a diesel continuano a ricoprire la quota prevalente del mercato con circa 14 milioni di auto e le auto metano raggiungeranno quasi il milione di veicoli. Il dettaglio è riportato nella Tabella 28 seguente.

Tabella 28: Totale immatricolazioni per tecnologia anni 2019-2030 (migliaia) – Scenario di Programma

| Tecnologia | Immatricolazioni 2019-2030 |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Benzina | 6.485 |
| HEV benzina | 2.814 |
| Benzina+gpl | 1.597 |
| Benzina+metano | 966 |
| Diesel | 7.409 |
| HEV diesel | 437 |
| PHEV benzina | 958 |
| PHEV Diesel | 324 |
| BEV | 1.782 |
| Idrogeno | 29 |
| Totale | 22.800 |

Le emissioni specifiche medie del venduto al 2030, così elaborato, non raggiungono il target del Regolamento UE 2019/631, attestandosi a circa 82 g/km.

Il parco circolante al 2030 dello scenario di Programma, includendo le immatricolazioni dal 2011 al 2019, sarà quindi costituito da circa 35,9 Milioni di autovetture. Corrisponde al circolante ACI 2018, privato dell'80% delle vetture Euro 0 (cioè immatricolate prima del 1993), che vengono considerate non circolanti.

5.5.2 Scenario Tecnologico accelerato

Lo scenario Tecnologico accelerato, come anticipato, è costruito in funzione degli obiettivi di emissione media del venduto imposti dal Regolamento UE 2019/631 del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 aprile 2019, che definisce i livelli di prestazione in materia di emissioni di CO₂ delle autovetture nuove e dei veicoli commerciali leggeri nuovi, abrogando i regolamenti (CE) n. 443/2009 e (UE) n. 510/2011.

Il Regolamento in questione fissa a 95 g CO₂/km il valore massimo dell'emissione media del venduto nel 2020 (a meno dei fattori di correzione in funzione della massa).

Per il 2025 e il 2030, i valori massimi dell'emissione media del venduto sono fissati in quota al valore registrato nel 2021 (non soggetto a particolari vincoli) rispettivamente in proporzione dell'85% e del 62,5%. Inoltre viene stabilito che per il calcolo dell'emissione media, nei tre anni dal 2020 al 2022, ogni veicolo di tipo BEV, PHEV o a idrogeno conti per un valore maggiore dell'unità: 2 nel 2020, 1,67 nel 2021, 1,33 nel 2022.

A partire dal 2020 le emissioni specifiche sono da misurarsi applicando un nuovo ciclo di guida, il c.d. WLTP, al posto del già utilizzato ciclo NEDC; il nuovo ciclo è energeticamente più oneroso del precedente per cui il limite di 95 g CO₂/km imposto nel 2020 dovrà essere opportunamente rivisto al rialzo, senza che ciò alteri la sostanza delle cose.

A partire da tali indicazioni normative, sono state fissate le quote di venduto nello scenario Tecnologico accelerato per le diverse tecnologie, tali da soddisfare i target con sufficiente approssimazione ($\pm 5\%$). Per il 2021 si è ipotizzata un'emissione media del venduto pari a quella imposta nel 2020.

Per le prestazioni medie delle varie tecnologie, si è mantenuta invariata l'ipotesi di riferimento, ossia una riduzione annuale del 1,2% per il diesel e del 1% per tutte le altre alimentazioni.

Ovviamente, trattandosi di un sistema indeterminato, la ripartizione del venduto ipotizzata è solo una fra le infinite possibili combinazioni in grado di soddisfare lo stesso obiettivo di emissione media del venduto; per definirla sono state adottate alcune valutazioni relative al previsto livello di maturità commerciale delle diverse tecnologie nel corso del periodo di analisi e si è ipotizzata l'imposizione di vincoli stringenti sulla circolazione dei veicoli alimentati a benzina o a gasolio, anche in forma ibrida.

A partire da tali ipotesi risulta ben marcata la discesa ipotizzata per il mercato delle auto a benzina e a gasolio, mentre sino al 2025 crescono le vendite dei veicoli di tipo HEV, sia a benzina che a gasolio. Le autovetture a gas metano guadagnano quote di mercato soprattutto a scapito di quelle a GPL.

Sul fronte delle nuove tecnologie, PHEV, BEV e a idrogeno (Fuel Cell), è stata ipotizzata una decisa crescita dei veicoli a sola batteria e, a partire dal 2025, anche di quelle Fuel Cell, anche se i valori di partenza di queste ultime sono tali da non permettere che la quota finale di mercato risulti significativa (sia pure apprezzabile). Le vendite di autovetture elettriche pure invece raggiungono valori significativi a 3 cifre, sino ad arrivare, nel 2030, a più di 400.000 esemplari venduti. Aumentano anche le vendite delle ibride di tipo plug-in e quelle alimentate a gasolio raggiungono i valori della analoghe a benzina (circa 180.000 esemplari ciascuno nel 2030).

In termini percentuali, il mercato si ripartisce come mostrato nel seguente grafico (Figura 51) che riporta il venduto auto per i tre anni vincolati al rispetto di target secondo il recente regolamento. L'alimentazione a benzina, pura o ibrida elettrica di tipo HEV, passa dal 41% iniziale del 2020 al 29% del 2030; aggiungendo i veicoli di tipo PHEV la percentuale passa dal 45% al 39%.

L'alimentazione a gasolio si contrae di ben 25 punti percentuali, passando dal 41% iniziale al 16% finale, che diventa 26% se si considerano anche le autovetture di tipo PHEV che inizialmente hanno un peso molto basso.

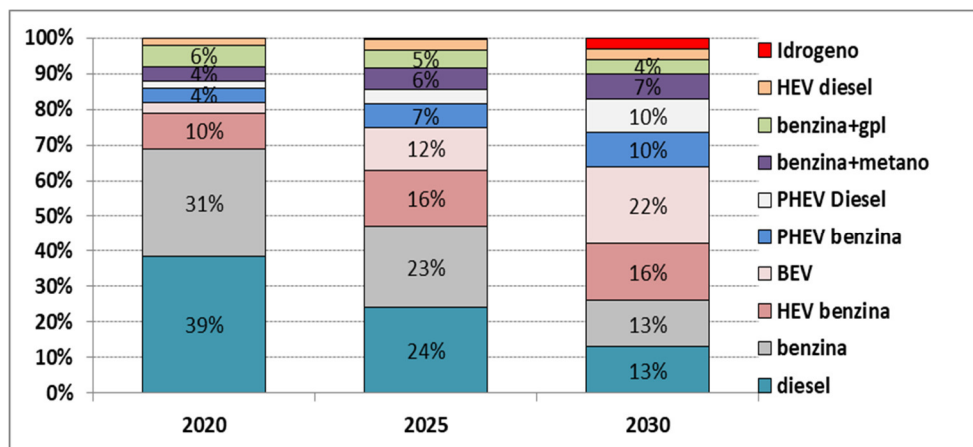


Figura 51 Scenario tecnologico accelerato – Composizione percentuale del venduto nel 2020, 2025 e 2030

Nonostante la forte contrazione, funzionale al raggiungimento dei target imposti dal Regolamento comunitario, i veicoli alimentati, anche solo parzialmente, a benzina o a gasolio, continuano ad occupare la quota di mercato maggioritaria, laddove i veicoli a batteria o a Fuel Cell di idrogeno nel 2030 raggiungono quota 25%, che diventa però 44% considerando anche le alternative di tipo PHEV a benzina o a gasolio. Stabile il mercato delle auto a gas, a metano o GPL, complessivamente intorno al 10%.

Sul totale dei 22,8 milioni di autovetture vendute nei dodici anni dal 2019 al 2030, circa 2,5 milioni sono ibride plug-in ed altrettante sono elettriche pure, per un totale di circa 5 milioni di auto con necessità di ricarica da rete elettrica. Sono solo circa 220.000 le immatricolazioni di auto a idrogeno (Tabella 29).

Tabella 29 Totale immatricolazioni per tecnologia 2019-2030 (migliaia) - Scenario Tecnologico accelerato

| Tecnologia | Immatricolazioni 2019-2030 |
|-----------------------|----------------------------|
| Benzina | 5.301 |
| HEV benzina | 3.139 |
| Benzina+gpl | 1.172 |
| Benzina+metano | 1.239 |
| Diesel | 6.127 |
| HEV diesel | 610 |
| PHEV benzina | 1.434 |
| PHEV Diesel | 1.042 |
| BEV | 2.518 |
| Idrogeno | 219 |
| Totale | 22.800 |

Il parco circolante al 2030 sarà quindi, al pari di quello dello scenario di Programma, costituito da circa 35,9 Milioni di autovetture.

Lo scenario Tecnologico accelerato così delineato è funzionale al raggiungimento degli obiettivi indicati dal Regolamento ed è coerente con quanto indicato nel PNIEC in merito alle strategie nazionali per ridurre le emissioni di gas serra ed i consumi energetici fossili.

Più specificatamente se lo scenario si realizzasse nel concreto, le emissioni medie di CO₂ del venduto auto nel 2030 si attesterebbero intorno ai 68,4 g/km.

5.5.3 Scenario di Mobilità sostenibile

Lo scenario di Mobilità sostenibile è costruito ipotizzando un cambiamento di comportamento dell'automobilista verso un minore possesso e uso dell'automobile privata, a fronte di politiche centrali e locali volte a favorire tale cambiamento "virtuoso".

Per quanto riguarda il rinnovo del parco, si ipotizza una riduzione progressiva del numero di immatricolazioni dal 2018, con circa 1,9 milioni di nuove autovetture, fino a 1,7 milioni al 2030. La ripartizione percentuale del venduto per alimentazione è la stessa dello scenario di Programma.

Considerando che al 2030 circolino ancora tutte le vetture registrate dal 2011 in poi, il parco che ne risulta, pari a 34,6 milioni di automobili, è inferiore a quello tendenziale del 3,6%.

A questa riduzione del parco, corrisponde una contrazione delle percorrenze veicolari, sia in ambito urbano che extraurbano, alla quale va aggiunta una ulteriore riduzione per raggiungere lo stesso risultato di emissioni di gas serra WTW ottenuto nello scenario Tecnologico accelerato. Viene scelto, alla luce anche delle politiche del PNIEC, di diminuire le percorrenze in ambito urbano, ritenendo che le politiche di potenziamento del TPL, insieme a misure a livello locale per il contenimento del traffico urbano, possano attrarre sui mezzi pubblici un volume extra di utenti.

Ne risulta una riduzione di veicoli-km in città del 11% e del 5% in ambito extraurbano.

La domanda di mobilità, convertita in termini di passeggeri-km, che non è più soddisfatta dall'autovettura privata viene ridistribuita come segue:

- Spostamenti in città:
 - o 10% evitati, grazie a politiche di Mobility Management aziendale e di area (pooling, telelavoro)
 - o 90% divisi al 50% tra mobilità attiva (a piedi, in bicicletta) e TPL
- Spostamenti extraurbani:
 - o 20% attratti da servizi di ride-sharing
 - o 80% divisi tra autolinee e treni.

Dal momento che i coefficienti medi di riempimento dei servizi pubblici di trasporto sono già ottimali, in linea con i valori europei, è ritenuto più plausibile che questi volumi aggiuntivi vengano soddisfatti da nuovi servizi, per cui devono essere considerate delle emissioni di gas serra WTW supplementari, a fronte della prevista riduzione di emissioni della mobilità su autovettura.

In conclusione, l'aumento totale di offerta di servizi di trasporto collettivo richiesta per soddisfare la domanda aggiuntiva ipotizzata risulta essere pari al 24% per il TPL urbano, e del 12% per autolinee e treni rispetto ai dati 2017 del CNIT, abbastanza stabili negli ultimi anni e considerati invariati al 2030 come riferimento. Le due seguenti Tabella 30 e Tabella 31 mostrano le ipotesi di spostamento modale della domanda e l'aumento di offerta richiesto rispettivamente in ambito urbano ed extraurbano.

Tabella 30 Shift modale in città – scenario di Mobilità sostenibile

| Trasporto urbano | Domanda TPL 2017 | Shift modale (Mln pax-km) | Mln vei-km riferimento | Offerta aggiunta (Mln vei-km) | Var.% offerta |
|--------------------------|------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------|
| Bus | 10.214 | 2.477 | 629* | 146 | +23% |
| Tram | 1.342 | 325 | 28 | 7 | +24% |
| Metro | 5.410 | 1.312 | 134 | 31 | +23% |
| Totale | 16.966 | 4.144 | | | |
| % aumento domanda | | 24,2% | | | |

*: dato ISPRA

Tabella 31 Shift modale in ambito extraurbano – scenario di Mobilità sostenibile

| Trasporto extraurbano | Mln pax-km 2017 | Shift modale (Mln pax-km) | Mln vei-km riferimento | Offerta aggiunta (Mln vei-km) | Var. % offerta |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|
| Autolinee | 92.048 | 11.455 | 3.016 | 375 | +12% |
| Treno | 52.558 | 6.541 | 331 | 41 | +12% |
| Totale | 144.606 | 17.996 | | | |
| % aumento domanda | | 12% | | | |

Insieme ad una maggiore offerta di servizi di trasporto collettivo, per la realizzazione dello scenario di Mobilità sostenibile devono essere implementate misure a favore della ciclo-pedonalità come la realizzazione di piste ciclabili, ampliamento delle ZTL e delle Zone 30, facilities di supporto all'impiego della bicicletta, per riuscire a spostare su queste modalità 5 Miliardi di passeggeri-km.

Naturalmente, sono necessarie precise e decise azioni di governance affinché il cambiamento previsto nello scenario di Mobilità sostenibile si verifichi in concreto.

Le misure necessarie possono e devono essere realizzate sia dalle amministrazioni centrali che da quelle locali.

Per quanto riguarda il trasporto ferroviario, prioritariamente bisogna lavorare dove ancora l'offerta presenta ampie sacche di sofferenza, e cioè sui collegamenti regionali e di media percorrenza; è necessario mettere mano ai Contratti di servizio regionali, rendendo disponibili

maggiori risorse finanziarie, migliorando la programmazione e l'integrazione modale con il servizio pubblico urbano e rinnovando il materiale rotabile, spesso obsolecente.

In questa direzione, gli interventi di ammodernamento e potenziamento della rete ferroviaria, previsti dall'ultimo contratto di programma con RFI approvato dal CIPE il 7 agosto 2017 per il periodo 2019-21, includono 1,3 miliardi di investimento per la valorizzazione delle reti regionali e 885 milioni di euro per il potenziamento e sviluppo infrastrutturale ferroviario nelle aree metropolitane (885 milioni); la holding FS dichiara di voler attribuire un'attenzione particolare agli interventi sulle reti regionali e locali in favore degli spostamenti pendolari, garantendo servizi superiori in quantità e qualità. Il nuovo Piano Industriale 2019-2023, inoltre, prevede un importante rinnovo della flotta adibita al trasporto locale con 600 nuovi treni regionali, e 1.421 bus di cui oltre 500 a zero emissioni (elettrici/ibridi/a metano).

Riguardo alle autolinee extraurbane, molto sta già facendo il regime di concorrenza internazionale, che ha favorito l'ingresso sul mercato di servizi low cost là dove l'offerta ferroviaria risultava carente (collegamenti con realtà urbane periferiche); alla stregua di quanto avvenuto per il trasporto aereo, questa politica di contenimento dei prezzi, invoglia la domanda ad abbandonare la propria autovettura in favore dei pullman. Certo questo fenomeno deve attentamente essere monitorato, per evitare che risulti presidiato soprattutto da compagnie estere, senza violare, naturalmente, i principi dell'equa concorrenza.

In città, le amministrazioni preposte (Comuni e Città Metropolitane) hanno il potere di intervenire in favore di una mobilità urbana più sostenibile ed in linea con gli standard nordeuropei.

Le realtà di maggiori dimensioni devono predisporre i Piani Urbani della Mobilità Sostenibile previsti dalla normativa nazionale, seguendo gli orientamenti comunitari in merito: promozione dell'intermodalità, della mobilità ciclo-pedonale e della sharing mobility, e sviluppo di sistemi di controllo e informazione all'utenza.

All'interno del documento programmatico del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Connettere l'Italia", allegato al DEF 2017, le strategie indicate per favorire lo "Sviluppo urbano sostenibile" sono:

- "cura del ferro" nelle aree urbane e metropolitane;
- accessibilità alle aree urbane e metropolitane;
- qualità ed efficienza del trasporto pubblico locale (TPL);
- sostenibilità del trasporto urbano;
- tecnologie per città intelligenti;
- politiche abitative nazionali.

5.6 Confronto degli scenari

5.6.1 Sintesi degli scenari

Ricapitolando, la stima del parco circolante al 2030 per i tre scenari è composta dalla somma delle immatricolazioni dal 2011 al 2018, comuni a tutti e tre, e dalla stima delle immatricolazioni totali del periodo 2019-2030, valutata in modo diverso nei 3 scenari (Tabella 32).

Tabella 32 Parco Circolante 2030 (numero autovetture)

| Tecnologia | Programma | Tecnologico accelerato | Mobilità sostenibile |
|-----------------------|------------|------------------------|----------------------|
| Benzina | 10.834.551 | 9.649.810 | 10.500.165 |
| HEV benzina | 3.062.238 | 3.387.428 | 2.874.075 |
| Benzina+gpl | 2.494.905 | 2.069.917 | 2.401.733 |
| Benzina+metano | 1.372.215 | 1.645.476 | 1.309.038 |
| Diesel | 14.578.171 | 13.296.628 | 14.221.639 |
| HEV diesel | 442.842 | 615.496 | 408.917 |
| PHEV benzina | 968.262 | 1.443.875 | 896.878 |
| PHEV Diesel | 324.172 | 1.042.437 | 298.232 |
| BEV | 1.794.434 | 2.530.723 | 1.661.264 |
| Idrogeno | 28.501 | 218.501 | 25.833 |
| Totale | 35.900.291 | 35.900.291 | 34.597.774 |

L'evoluzione delle emissioni specifiche medie annuali del venduto portano al raggiungimento del target del Regolamento UE 2019/631 solo nello scenario Tecnologico accelerato, costruito proprio su questo valore (Tabella 33). Gli scenari di Programma e di Mobilità sostenibile, per i quali non sono previste politiche ad-hoc, si fermano ad emissioni medie pari a poco più di 82 g/km.

Come in parte illustrato nel paragrafo 5.4.1, per meglio comprendere le valutazioni relative agli scenari, si ricorda che stimando un aumento del 15% di emissione media di CO₂ col nuovo ciclo di omologazione WLTP rispetto al ciclo NEDC, nel 2018 le emissioni di CO₂ del venduto sono valutate pari a circa 128 g/km e che gli obiettivi europei al 2020 con il ciclo WLTP salirebbero da 95 g/km, secondo il vecchio ciclo di omologazione, a 109 g/km.

Tabella 33 Emissioni specifiche medie del venduto (ciclo WLTP) – anno 2030

| Scenario | CO ₂ g/km |
|-------------------------------|----------------------|
| PROGRAMMA | 82,18 |
| TECNOLOGICO ACCELERATO | 68,39 |
| MOBILITÀ SOSTENIBILE | 82,18 |

Le percorrenze totali annue su autovettura privata di questi scenari si differenziano da quelle dello scenario di Programma nei seguenti modi:

- quelle del Tecnologico accelerato sono inferiori solo dello 0,7%, a causa della diversa composizione delle varie alimentazioni, con una maggiore quota di vetture caratterizzate da un uso più cittadino e con percorrenze minori;
- quelle dello scenario di Mobilità sostenibile sono inferiori del 5% in ambito extraurbano, conseguenza non solo della riduzione del parco (3,6%), ma anche della maggiore età media delle autovetture, con un peso più grande delle vecchie motorizzazioni. In ambito urbano la riduzione è molto più consistente (-11%) grazie alle politiche descritte nel paragrafo specifico.

Tabella 34 Dati descrittivi degli Scenari – anno 2030

| | RIF | TECN | GEST |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| Mln vetture-km | 364.404 | 361.823 | 340.973 |
| <i>di cui in città</i> | 75.703 | 75.106 | 80.985 |
| km/vettura-anno | 10.150 | 10.079 | 9.855 |
| Età media (anni) | 10,07 | 10,07 | 10,27 |

Per lo scenario di Mobilità sostenibile, si può valutare il cambiamento di share modale in ambito urbano conseguente alla riduzione degli spostamenti con autovetture private verso altre modalità di trasporto, sulla base dei dati CNIT (da fonte ISFORT). I risultati sono riportati in Tabella 35.

Tabella 35: % di SHARE modale in città

| SHARE URBANO (% passeggeri-km) | | |
|--------------------------------|-----------|----------------------|
| Modalità | Programma | Mobilità sostenibile |
| Auto+moto | 63% | 58% |
| TPL | 9% | 12% |
| Mobilità attiva | 28% | 31% |

5.6.2 Emissioni di CO₂ dal pozzo alla ruota (WTW)

Lo scenario di Mobilità sostenibile è stato costruito in modo da eguagliare la riduzione delle emissioni di CO₂ ottenuta nello scenario Tecnologico accelerato, per cui per entrambi gli scenari la riduzione di emissioni rispetto allo scenario di Riferimento è pari al 11%. Nella Tabella 36 è riportata la stima delle emissioni della mobilità privata e collettiva nei tre scenari.

Tabella 36 Emissioni di gas serra WTW (kt CO₂ eq)

| Emissioni di gas serra WTW (kt CO ₂ eq.) | Programma | Tecnologico | Mobilità sostenibile |
|---|---------------|---------------|----------------------|
| Autovetture | 54.582 | 48.869 | 48.405 |
| Servizi di trasporto collettivo | | | 465 |
| TOTALE | 54.582 | 48.869 | 48.870 |

L'impatto delle politiche del PNIEC in campo di penetrazione di biocarburanti nel settore dei trasporti e di FER nella produzione di energia elettrica sui due scenari di progetto, Tecnologico accelerato e di Mobilità sostenibile, può essere valutato per differenza dalle emissioni stimate utilizzando i fattori di emissione del PNIEC BASE. I risultati sono mostrati in Tabella 37, disaggregati per fonte energetica, ed evidenziano un contributo delle politiche PNIEC alla riduzione dei GHG emessi dal parco circolante al 2030 dei due scenari pari rispettivamente al 62% per il Tecnologico accelerato e al 46% per quello di Mobilità sostenibile.

Tabella 37 Contributo di riduzione delle emissioni di GHG di biocarburanti e FER elettriche (%)

| Fonti energetiche | Tecnologico accelerato | Mobilità sostenibile |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| BIODIESEL | 18% | 19% |
| BIOMETANO | 16% | 12% |
| FER ELETTRICHE | 28% | 15% |
| TOTALE | 62% | 46% |

5.6.3 Consumi di carburanti ed energia elettrica in fase d'uso (TTW)

I consumi dei carburanti sono stati calcolati a partire dalle emissioni di CO₂, utilizzando i coefficienti di conversione dell'Inventario ISPRA e del BEN.

I consumi totali delle autovetture stimati per i tre scenari e per vettore energetico sono riportati in Tabella 38. Il dettaglio dei consumi per vettore energetico dei servizi aggiunti di trasporto collettivo (scenario di Mobilità sostenibile) è riportato nella Tabella 39.

Tabella 38 Consumi totali TTW delle autovetture per vettore energetico– anno 2030

| Vettore energetico | Unità | Programma | Tecnologico accelerato | Mobilità sostenibile |
|--------------------|------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Benzina | Milioni | 5.553 | 5.193 | 5.169 |
| Diesel | Milioni | 10.200 | 9.370 | 9.683 |
| GPL | Milioni | 2.659 | 1.994 | 2.470 |
| GNC | Milioni mc | 1.251 | 1.549 | 1.151 |
| Elettricità | GWh | 6.758 | 11.767 | 6.129 |
| Idrogeno | ktonn | 2,1 | 13 | 2 |

Si ricorda che per benzina, diesel e GNC si è considerata una quota di biocarburanti in miscelazione pari al 10% nello scenario di Programma. Per i due scenari di progetto la percentuale bio è pari rispettivamente al 10% per la benzina, al 15% per il diesel e al 30% per il metano.

Tabella 39 Consumi TTW dei servizi di trasporto collettivo aggiunti per vettore energetico – anno 2030

| Vettore energetico | Unità | Trasporto urbano | Trasporto extraurbano | Totale |
|--------------------|---------------|------------------|-----------------------|--------|
| Diesel | Milioni litri | 20 | 54 | 74 |
| Metano | Milioni mc | 21 | 37 | 58 |
| Elettricità | GWh | 334 | 556 | 890 |

La riduzione dei consumi in termini di energia degli scenari Tecnologico accelerato e Mobilità sostenibile rispetto a quello di Programma è pari circa il 4% e 5% ed è riportata in Tabella 40.

Tabella 40 Consumi TTW degli Scenari 2030

| SCENARI | ktep | variazione | var.% |
|-------------------------------|--------|------------|-------|
| PROGRAMMA | 16.251 | - | - |
| TECNOLOGICO ACCELERATO | 15.586 | -666 | -4,1% |
| MOBILITÀ SOSTENIBILE | 15.443 | -809 | -5,0% |

Il risparmio dei consumi è più consistente per lo scenario di Mobilità sostenibile, in cui le politiche mirano soprattutto ad una riduzione dei volumi di traffico delle autovetture, mentre nello scenario Tecnologico accelerato, a parità di percorrenze rispetto allo scenario di Programma, il rinnovo del parco vede una quota importante di veicoli a zero emissioni, ma non a zero consumi.

Lo scenario di Mobilità sostenibile ha, inoltre, benefici – anche se non valutati e quantificati in questo documento – in termini di riduzione della congestione e aumento della sicurezza stradale. Per quest'ultimo impatto, va sottolineato come l'incremento di spostamenti pedonali e in bicicletta, e quindi una maggiore presenza di un'utenza debole in città, sia più che bilanciato dalla riduzione delle autovetture e dalla istituzione, da parte delle amministrazioni locali, di zone protette dal traffico veicolare.

6. Per una transizione ecorazionale. Valutazione socio economica dei diversi scenari emissivi

6.1 Introduzione e obiettivi dell'approfondimento

Questo capitolo ha come obiettivo quello di integrare la valutazione delle possibili alternative strategiche al 2030, sviluppata nel capitolo 5, con considerazioni di natura socio- economica, basate su una lettura sistemica degli effetti e considerando le diverse categorie di operatori impattate dalle evoluzioni dell'intera filiera della mobilità, sulla base dei diversi scenari individuati.

La valutazione degli effetti socio-economici risponde alle esigenze di comprensione degli strumenti di policy di natura industriale, fiscale e relativi all'innovazione e alla formazione necessari per accompagnare l'evoluzione del mercato automotive al 2030.

La metodologia prevede un approccio basato sulla sintesi degli elementi principali emersi negli studi europei e nazionali sul tema ritenuti più affidabili ed aggiornati, sia di natura governativa sia di associazioni di settore, oltreché della letteratura scientifica, con specifica attenzione alle peculiarità del contesto italiano.

Sulla base delle indicazioni derivanti dal capitolo 5 del presente studio, l'attenzione principale sarà dedicata a comprendere gli effetti socio-economici derivanti dall'evoluzione fra motori endotermici di tipo tradizionale (diesel e benzina - ICE) verso motori elettrici (BEV) o elettrificati (PHEV), in considerazione del fatto che negli scenari 2019-2030 si prevede che il mercato delle immatricolazioni di auto a gas, GPL e metano, rimanga pressoché stabile e complessivamente intorno al 12% al 2025 e 13,5% al 2030 nello scenario di Programma, mentre nei due scenari di progetto la quota rimane attorno al 10% sia al 2025 che al 2030 con un incremento della quota del metano a scapito del GPL nel caso dello scenario Tecnologico accelerato e viceversa nello scenario di Mobilità sostenibile.

L'obiettivo delle analisi di questo capitolo è di permettere la comprensione dei prevedibili effetti economici derivanti dalla transizione prevista nei diversi scenari proposti nel capitolo 5 (di programma, tecnologico accelerato e di mobilità sostenibile) e in particolare nei seguenti settori:

1. sul sistema industriale nazionale e sulla competitività internazionale dello stesso;
2. sul mercato del lavoro in termini di riduzione, aumento o riconversione della forza lavoro;
3. sui servizi associati alla mobilità e sulla domanda relativa alla mobilità privata;
4. sulla sostenibilità finanziaria pubblica ed in particolare sulle entrate fiscali;
5. sulla distribuzione del reddito ed in particolare sull'equità rispetto al diritto alla mobilità.

L'analisi degli effetti socio-economici nel settore dell'automotive derivante dall'evoluzione delle motorizzazioni è stata sviluppata da numerosi centri studi, società di consulenza e policy think-tank per poter accompagnare, con considerazioni di tipo scenaristico basate su dati oggettivi, un processo riorganizzativo del settore, che ha avuto una forte accelerazione nel

corso degli ultimi anni sia per scelte di policy e di regolazione sia per la rapida introduzione di nuove tecnologie rese disponibili nella sensoristica e nell'elettronica, oltreché nei software.

La tabella successiva (Figura 52) evidenzia in modo schematico i risultati di alcuni dei principali studi sul tema, sviluppati sia con approcci differenti, dall'accompagnamento di iniziative di politica industriale a elementi di scenario per investitori di lungo termine, sia con focus territoriali diversi. Lo schematicismo e la multidisciplinarietà delle analisi permettono di avere in modo sintetico una visione a 360° del tema e delle problematiche di natura macroeconomica, industriale, sociale e finanziaria che saranno sviluppate nei successivi paragrafi, evidenziando come approcci e metodi possano portare a risultati molto differenti.

| <i>Fonte</i> | <i>Sintesi dei risultati emersi rispetto agli effetti socio-economici</i> |
|---|---|
| Mckinsey Center for future mobility (2019) "Race 2050 – A vision for the European automotive industry" | Lo studio di carattere macro a livello europeo evidenzia la necessità di accompagnare l'evoluzione con importanti iniziative di formazione al 2030 per rispondere all'esigenze di nuove professionalità, pari a 0,5 milioni di nuovi occupati e per convertire le specializzazioni di 0,8 milioni di addetti attualmente impegnati nella produzione di motori ICE che vedranno una sostituzione dovuta sia a maggiori livelli di automazione sia ad una semplificazione dei motori. Il saldo complessivo fra il 2018 e il 2030 a livello europeo sarà negativo per circa 0,3 milioni di addetti diretti nel settore automotive, ma con un numero di addetti indiretti, nel settore dell'energia, della chimica e delle infrastrutture di ricarica che potenzialmente potrebbe più che compensare il saldo negativo degli addetti diretti. |
| Bruegel Policy Contribution Issue n°26 December 2018 "Is the European automotive industry ready for the global electric vehicle revolution?" | Lo studio di carattere macroeconomico a livello europeo, rimarca il ritardo rispetto ad altri contesti industriali, in particolare la Cina, ma evidenzia la forza industriale del settore automotive in Europa e le potenzialità di recupero della capacità competitiva (il parco auto in Cina è ancora inferiore al 50% di quello europeo, sebbene con tassi di crescita più rilevanti), se accompagnata da specifiche iniziative di formazione e di politiche dei trasporti. La transizione richiederà di essere accompagnata con politiche regionali nelle aree dove sono localizzati i produttori di componentistica non in grado di gestire la transizione verso nuove motorizzazioni. |
| UBS (2019) Longer Term Investments "Smart Mobility" | Lo studio ha l'obiettivo di accompagnare le scelte degli investitori di lungo periodo nel settore della smart mobility con focus su Europa e Nord America, con un approfondimento sulle prospettive dell'industria automotive più innovativa, evidenziando le rapide innovazioni tecnologiche, la crescente rilevanza della componentistica legata all'elettronica e alla sensoristica. Lo studio prevede un picco di vendite di auto su scala mondiale al 2026 per poi assistere ad una graduale ma costante decrescita del numero di nuove immatricolazioni su scala mondiale dovuta all'ingresso sul mercato di robotaxi elettrici, caratterizzati anche da forti semplificazioni nei motori ed in grado di impattare sugli occupati nel settore dei servizi di trasporto (taxisti, autisti di autobus). |
| European Climate Foundation (ECF) (2018) "Fuelling Italy's Future" | Lo studio ha un approccio macroeconomico ed è focalizzato sull'economia italiana, utilizzando una metodologia condivisa con studi similari a livello europeo. I risultati dello studio dimostrano che la transizione verso una mobilità a basse emissioni di carbonio può migliorare l'economia nazionale, ridurre la spesa totale per importazioni di combustibili fossili, aumentare la sicurezza energetica nazionale, ridurre l'esposizione dei consumatori alla volatilità dei prezzi del petrolio, rafforzare la resilienza macroeconomica del Paese e migliorare la salute dei cittadini. La riduzione delle importazioni di petrolio e del costo della mobilità genererà posti di lavoro e crescita economica; le emissioni di gas a effetto serra del parco autoveicoli saranno notevolmente ridotte; l'inquinamento atmosferico locale diminuirà drasticamente e le annesse esternalità negative evitate. La nuova occupazione al 2030 sarà pari a circa 19.000 addetti e il contributo allo sviluppo del PIL sarà di circa 4 mld di Euro all'anno. |

| | |
|--|--|
| <p>Fraunhofer Institute for Industrial Engineering (IAO) (2018) "<u>Effects of vehicle electrification on employment in Germany (ELAB 2.0)</u>", in collaborazione sindacati, industrie ed associazioni di settore tedesche</p> | <p>Lo studio ha un approccio solo settoriale ed evidenzia come sulla base degli scenari ritenuti più plausibili per il mercato tedesco, in cui al 2030 il 25% delle auto immatricolate in Germania saranno BEV, il 15% PHEV e il 60% ICE, l'effetto complessivo sull'occupazione nel settore automotive sarà negativo per 75.000 addetti (su 210.000 addetti alla produzione motori e 840.000 addetti totali nel settore automotive), in larga parte dovuto alla riduzione della produzione dei motori ICE da 3,2 a 2,4, milioni, non compensato dalla maggior occupazione nella produzione di motori elettrici e nelle infrastrutture di ricarica. Le PMI saranno la tipologia di impresa maggiormente impattata. Gli effetti potranno variare in base alla capacità competitive sui mercati esteri dei produttori tedeschi.</p> |
| <p>Mönning A., Schneemann C., Weber E., Zika G., Helmrich R. del Institute for Employment research (2019) "Electromobility 2035 Economic and labour market effects through the electrification of powertrains in passenger cars"</p> | <p>Lo studio ha uno specifico focus sugli aspetti occupazionali e formativi, e sottolinea come le stime al 2035 per il mercato tedesco relative agli effetti specifici per l'occupazione del settore automotive derivanti da una quota di immatricolati BEV pari al 23% al 2035 evidenziano una potenziale riduzione di 114.000 addetti, di cui 83.000 negli impianti di assemblaggio e presso i fornitori più rilevanti e 30.000 nelle catene delle forniture di secondo livello. Si prevedono a parziale compensazione circa 16.000 nuovi addetti nel settore delle infrastrutture di ricarica e nella componentistica elettrica. Nell'analisi non son presi in considerazione gli effetti positivi per l'occupazione derivanti dalla gestione della transizione che prevedono veicoli PHEV, che richiedono maggior componentistica e maggior numero di ore di manodopera.</p> |

Figura 52 Gli effetti socio-economici nel settore automotive derivanti dall'evoluzione delle motorizzazioni - Esempi tratti dalla letteratura

Fonte: elaborazione Fondazione Caracciolo sulla base di diversi studi

6.2 I trend europei in tema di motorizzazione dei veicoli

Il contesto delle analisi qui presentate è fortemente influenzato dall'evoluzione della regolamentazione comunitaria in tema di emissioni, il fattore di gran lunga più rilevante in grado di incidere sulle scelte in tema di motorizzazioni da parte delle imprese produttrici di veicoli in Europa e da parte degli acquirenti e utilizzatori di veicoli. La regolamentazione, infatti, ha avuto ed avrà importanti implicazioni lungo la filiera industriale in quanto inciderà sia sulle caratteristiche tecniche delle motorizzazioni sia sulle modalità di fruizione degli stessi mezzi di trasporto. Gli elementi di maggior rilievo derivano dal Regolamento (UE) 2019/631 contenente i nuovi target di riduzione di CO₂ al 2025 e 2030, che sulla base di stime sia degli stessi costruttori sia della Commissione europea potranno essere raggiunti solo attraverso la vendita di una consistente e sempre maggiore quota di veicoli elettrificati.

Nell'UE in 22 anni, dal 1995 (CO₂=186g/km) al 2017 (CO₂=118,5g/km), le emissioni di CO₂ delle autovetture immatricolate si sono ridotte del 36%. In soli 2 anni (dal 2018 al 2020) è richiesta un'ulteriore riduzione del 20% in un contesto in cui sia nel 2017 sia nel 2018 il livello medio delle emissioni di anidride carbonica delle nuove auto immatricolate è salito. Infatti, sulla base dei dati dell'Agenzia europea dell'ambiente (AEA) il dato per il 2017 è stato del +0,4% (118.5g/km) e per il 2018 +1,8% (118.7g/km), in entrambi i casi dovuto ad un forte incremento delle vendite di auto a motorizzazione a benzina rispetto ai diesel e ad una componente crescente di auto di tipo SUV, che hanno consumi medi più elevati a causa del peso maggiore.

Il Clean Mobility Package approvato in via definitiva dal Parlamento europeo nel marzo 2019 fissa standard emissivi per le auto al 2030 del 37% più bassi rispetto a quelli del 2021, che prevedono un livello di emissione di 95g/km. La riduzione richiesta ai produttori di veicoli commerciali leggeri nello stesso periodo è del 31%. In entrambi i settori gli indirizzi vincolanti per gli Stati dell'Unione europea sono molto ambiziosi, pertanto costituiscono l'elemento di indirizzo strategico più forte per le scelte di investimento dei costruttori. Per raggiungere gli

obiettivi medi sulla propria gamma i produttori potranno contare su un meccanismo di super-crediti per cui le auto fino a 50 g/km di CO₂ immesse a mercato avranno dei fattori di conversione maggiori rispetto alle altre. Inoltre, sono possibili accordi fra costruttori per lo scambio dei crediti ambientali, sul modello degli Emission Trading Scheme. Ad esempio, nel 2019 il gruppo FCA ha sottoscritto un accordo pluriennale di questo tipo con TESLA a partire dal 2020. La rigidità dell'attuale schema ETS nel settore automotive, che non permette lo scambio di certificati fra operatori di settori contigui, rallenta la possibilità di ridurre in modo efficace le emissioni di gas climalteranti in quanto non contempla, ad esempio, la possibilità di scambi con settori a monte (ad esempio raffinazione di bio-carburanti), interferendo in modo non ottimale così sul tema della neutralità tecnologica.

Queste evoluzioni sono accompagnate anche da un rilevante programma di investimenti in ricerca e sviluppo per il settore automotive avviato dalla Commissione europea nell'ambito del programma Horizon 2020. Nel periodo 2014-2020 a questo specifico ambito di ricerca industriale definito "Smart, Green and Integrated Transport" sono stati dedicati 6,5 miliardi di Euro di co-finanziamenti comunitari. Nell'ambito della revisione del programma avvenuta ad inizio del 2019 è stata inserita la priorità definita "Building a Low-Carbon, Climate Resilient Future: Next-Generation Batteries", tesa a valorizzare le sinergie fra gli operatori sul tema delle batterie elettriche a supporto dell'evoluzione del settore dei trasporti. Ai programmi di ricerca industriale dal Maggio del 2018 è stato affiancato l'Action Plan strategico per le batterie in Europa, con una visione olistica (dalla produzione al riuso e riciclo) per attrarre nuovi investimenti e nuovi operatori in Europa per sviluppare una catena del valore completa nel settore delle batterie. L'action plan rafforza l'iniziativa promossa dalla Commissione europea nell'ottobre del 2017⁶³ nell'ambito dell'European Batteries Alliance, sviluppata quale componente di una politica industriale tesa a promuovere tutte le iniziative di policy su un tema definito di interesse strategico comune allo scopo di permettere al sistema delle imprese europee di avere la leadership in un mercato stimato del valore di 250 miliardi di Euro al 2025. Anche grazie a consistenti finanziamenti agevolati della Banca Europea degli investimenti, la produzione di batterie su larga scala in Europa è stata avviata nell'aprile del 2019 nella gigafactory Northvolt Ett a Skellefteå in Svezia, che a regime avrà una capacità di 16 GWh/anno. La stessa Northvolt, fondata nel 2016 e che ha potuto trarre forti vantaggi dalla collaborazione con ABB, Vestas, Scania, Siemens e Epiroc per raccogliere sul mercato i 4 miliardi di dollari di investimento iniziali, ha avviato nell'ottobre del 2018 la costruzione di un impianto simile in Polonia, in modo da poter produrre nei due impianti le batterie necessarie per 500.000 auto all'anno. Nel settembre del 2019 Northvolt ha sottoscritto un accordo vincolante con Volkswagen per la realizzazione di un terzo impianto con caratteristiche similari in Germania. Le stime di Benchmark Mineral Intelligence indicano in una capacità complessiva di batterie

⁶³ In realtà l'iniziativa si inserisce in un filone di policy attivato da lungo tempo, in quanto già nel 1978 attraverso la DG Mercato Interno e Affari Industriali la Commissione Europea promuoveva la fondazione dell'European Association for Battery, Hybrid and Fuel cell Electric Vehicles - AVERE, strutturata in Sezioni Nazionali con l'incarico di sviluppare attività di analisi e di stimolo alla diffusione della E-Mobility, percepita già allora come una delle soluzioni di lungo termine per una mobilità sostenibile. Inoltre, la produzione di batterie in Europa, in impianti alimentati al 100% da fonti rinnovabili e con moderni processi industriali permetterà di ridurre drasticamente l'impatto in termini di emissioni di CO₂ all'interno della LCA delle auto elettriche, rispetto alla situazione attuale in cui gran parte delle batterie è prodotta in contesti asiatici dove oltre l'80% del mix energetico per la produzione di elettricità è basato su combustibili fossili.

pari a 131 GWh/anno nei sedici impianti di produzione in Europa che sono in fase di completamento e che saranno avviati alla produzione entro il 2023. La società Transport&Environment, nello stimare una capacità del tutto simile (130GWh/anno) al 2023 indica che questo permetterà la creazione di oltre 120.000 nuovi posti di lavoro a livello europeo. Il Progetto Litio del gruppo Seri è il principale investimento previsto in Italia in questo settore. L'impianto del gruppo Seri, sostenuto anche da Invitalia, prevede la valorizzazione dell'ex impianto Whirpool di Teverola per la produzione di 2 GWh/anno all'anno di celle al litio, più innovative di quelle attualmente sul mercato e derivanti dal riciclo del materiale esausto. L'attivazione della produzione dedicata al settore automotive è prevista dal 2021.

In fase di introduzione alle analisi è importante rimarcare come il sistema italiano di imprese appartenente al settore automotive sia pienamente integrato nelle dinamiche europee e mondiali, non solo perché FCA Group, la principale azienda del settore con maggioranza relativa in mano ad investitori nazionali, è di diritto olandese ed ha attività distribuite su scala mondiale con capacità produttiva simile in USA ed in Italia, ma soprattutto perché l'intero sistema di componentistica e di fornitura opera su scala quanto meno europea.

Inoltre, l'evoluzione delle motorizzazioni è solo uno degli elementi che costituiscono i driver dei rapidi cambiamenti in atto nel settore derivanti da continue innovazioni tecnologiche sempre più velocemente trasferite fra i diversi modelli delle case automobilistiche e fra i diversi continenti, alla luce di un sistema industriale che a valle delle recenti fusioni, acquisizioni e collaborazioni risulta sempre più integrato su scala mondiale. In particolare, il tema dell'introduzione di innovazioni per una maggior sicurezza della guida e per la guida autonoma richiede un importante adeguamento di tutte le componenti relative alla sensoristica e alla connessione con standard sempre più avanzati. La crescente attenzione al comfort e agli intrattenimenti di bordo e le nuove forme di organizzazione della mobilità come lo sharing, richiedono anch'essi investimenti in ammodernamenti continui da parte di tutti gli operatori della filiera, dalla prototipizzazione alla commercializzazione finale.

A livello europeo il settore automotive è di gran lunga il principale settore per investimenti in ricerca e sviluppo con oltre 57,4 miliardi di Euro investiti nel 2017 (+6,7% rispetto al 2016 e praticamente raddoppiati rispetto al 2007), rispetto ai 39,7 miliardi di Euro investiti dal settore farmaceutico e delle biotecnologie. In Europa vengono registrati il 53% dei brevetti mondiali in questo settore e questa quota è pressoché simile anche rispetto al totale degli investimenti in ricerca e sviluppo mondiale, pari al 45% sulla base dei dati EGVI- European Green Vehicle Initiative. La Cina in questo ambito ha investimenti inferiori al 10% di quelli europei.

Questi dati rimarcano la capacità competitiva del settore, che ha generato un beneficio per la bilancia dei pagamenti europei pari ad oltre 84 miliardi di Euro nel 2018 ed evidenziano anche un continuo sviluppo nelle relazioni fra gli operatori del settore per valorizzare le economie di scala e di specializzazione necessarie per poter avere un ritorno sugli investimenti adeguato ad attrarre i principali investitori mondiali. Ad esempio, Volkswagen e Ford hanno annunciato nel luglio del 2019 una piena condivisione dei programmi di sviluppo nella piattaforma unica per i veicoli elettrificati e per i dispositivi di assistenza alla guida, attraverso la creazione di due società frutto di due distinte joint venture in cui vengono condivisi gli investimenti per le

innovazioni in questi due ambiti. Iniziative simili sono state intraprese nell'ottobre del 2018 da General Motors e Honda che hanno creato una start-up denominata Cruise in cui far convergere e condividere le iniziative più innovative. Anche la proposta di fusione fra FCA Group e Renault Group presentata agli azionisti di riferimento a fine maggio del 2019, ma successivamente ritirata, aveva come razionale dell'aggregazione la necessità di poter disporre di economie di scala e di diversificazioni del rischio per poter cogliere su più mercati, differenziati per ambiti geografici e per tipologia di clienti target, le opportunità che si sono create nel settore automobilistico in campi come la connettività, l'elettrico e i veicoli a guida autonoma. Con presupposti simili nel corso del Novembre del 2019 il Gruppo FCA e il Gruppo PSA (che include i marchi Peugeot, Citroen, DS e Opel) hanno avviato un confronto sulle politiche industriali e commerciali al fine di poter giungere ad una nuova società frutto della fusione delle attività nel settore automotive con un ruolo paritetico degli attuali azionisti.

Sulla base delle indicazioni che emergono dallo studio del 2019 del McKinsey Center for future mobility dal titolo "Race 2050 – A vision for the European automotive industry" emerge come i driver del cambiamento del settore automotive precedentemente descritti agiscano in direzioni differenti per quanto riguarda la potenziale nuova occupazione diretta ed indiretta. In particolare, il grafico di seguito (Figura 53) evidenzia come saranno necessarie competenze sempre più rilevanti sia in termini assoluti (numero di nuovi occupati) sia in termini di sofisticazione delle specializzazioni nella componentistica dell'elettronica e dei software, che al 2030 permetterà di creare un numero di occupati aggiuntivi nel settore pari a 0,5 milioni di cui 0,1 impegnati nella realizzazione di nuovi motori elettrici e 0,4 per la guida autonoma e la sensoristica. Al contrario, i processi di automazione della produzione e di shift verso motorizzazioni più semplici rispetto a quelle a combustione interna come quelle completamente elettriche porterà ad una riduzione di circa 0,8 milioni di addetti. Questo numero deriva da un saldo negativo di 0,4 milioni dovuto all'automazione e 0,4 dovuto alla riduzione del numero di motori endotermici prodotti. Il saldo complessivo fra il 2018 e il 2030 a livello europeo sarà negativo per circa 0,3 milioni di addetti diretti nel settore automotive, ma con un numero di addetti indiretti, nel settore dell'energia, della chimica e delle infrastrutture di ricarica che potenzialmente potrebbe più che compensare il saldo negativo degli addetti diretti.

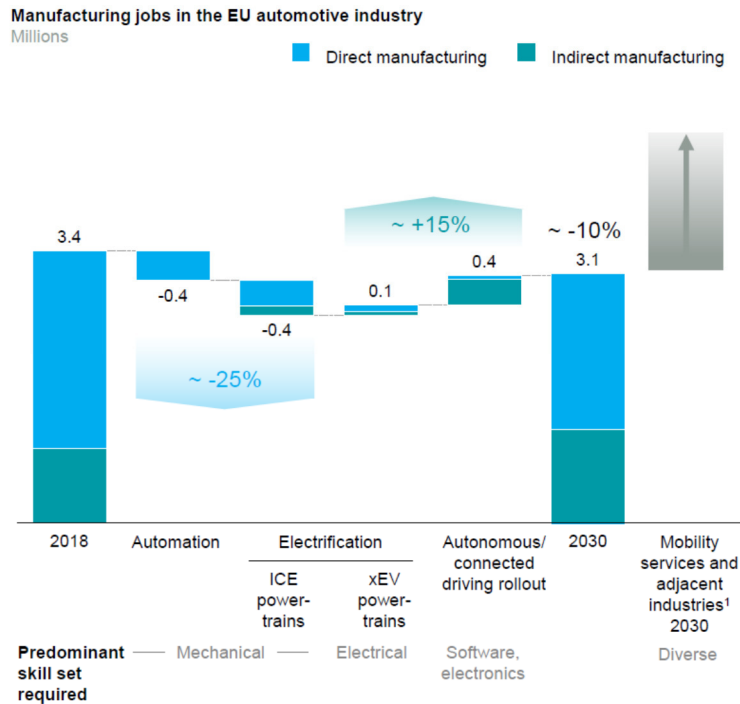


Figura 53 Le stime dell'occupazione nel settore automotive in Europa (2018-2030)
Fonte: Mckinsey Center for future mobility (2019)

Tutti i principali studi (Alixpartners 2017 e UBS 2019) evidenziano come il numero di ore di lavoro necessarie per il completamento della motorizzazione dei veicoli elettrici sia molto inferiore rispetto a quelli endotermici, mentre le motorizzazioni ibride plug-in richiedono maggior complessità, rispettivamente pari a 3,2 ore, 6,7 ore e 9,7 ore. La figura di seguito (Figura 54) evidenzia la diversa distribuzione dei costi fra un motore elettrico ed uno endotermico.

BloombergNEF nel rapporto Electric Vehicle Outlook 2019 evidenzia come nel corso degli ultimi 9 anni il prezzo delle batterie a ioni di litio, ponderato per il volume necessario ad esprimere una capacità di 1 kWh, sia passato da 1.160 USD (a parità di potere d'acquisto al 2018) del 2010, ai 577 USD del 2014 e ai 176 USD del 2018. La velocità della riduzione dei costi delle batterie è l'elemento principale per la riduzione di uno degli ostacoli alla diffusione delle auto elettriche, insieme all'autonomia delle batterie e alla disponibilità di una rete di infrastrutture di ricarica capillare. BloombergNEF prevede per il 2025 un numero di immatricolazioni di auto elettriche su scala mondiale cinque volte superiore rispetto al 2018, passando da 2 a 10 milioni di auto elettrificate, per poi salire a 28 milioni al 2030. BloombergNEF prevede che su scala mondiale al 2038 il 50% delle auto immatricolate saranno elettrificate.

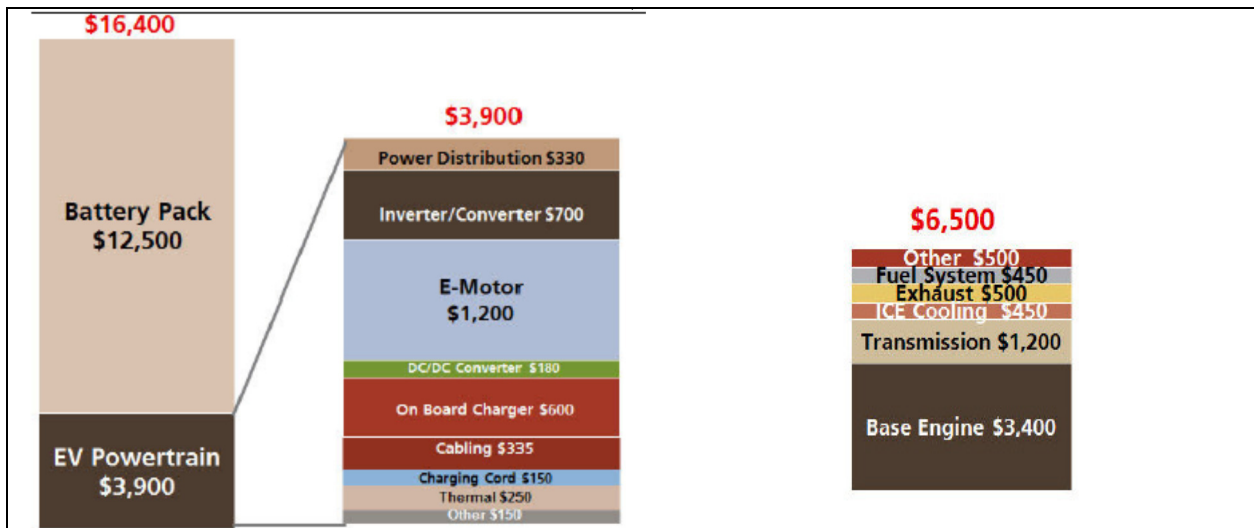


Figura 54 Le differenti componenti di costo fra motori elettrici ed endotermici (in USD)
Fonte: UBS (2019)

La capacità competitiva del settore automotive europeo sui mercati mondiali non è dimostrata solo dalla rilevanza delle produzioni e delle esportazioni, ma anche dal trend relativo al numero di nuovi modelli immessi nel mercato mondiale con motorizzazioni elettriche o ibride per far fronte alle richieste del mercato in rapida evoluzione. Inoltre, sulla base dei report dell'Associazione Europea delle Case Automobilistiche (ACEA), fra il 2013 e il 2017 il numero di addetti diretti ed indiretti nel settore automotive è aumentato del 12,2%, salendo a 13,8 milioni, pari al 11,4% degli addetti nel settore manifatturiero. Considerando solo gli addetti diretti questo valore scende al 8,5% per l'Europa e al 4,4% per l'Italia, che fra le principali nazioni d'Europa è quella con la minor dipendenza dal settore automotive rispetto al totale della manifatture, in quanto Germania, Spagna e Francia hanno valori significativamente più elevati, pari rispettivamente al 11,8%, al 8,3% e al 7,7%.

Come dettagliato nella figura successiva (Figura 55), tratta dal report "10 years impact assesment" di EGVI- European Green Vehicle Initiative, la partnership pubblico privata promossa dalla Commissione europea con 84 imprese del settore automotive di tutti i paesi europei per iniziative di collaborazione nella ricerca industriale, il numero di nuovi modelli elettrici o ibridi disponibili nei mercati europei è in continua crescita, passando da 18 del triennio 2009-2011 a 134 del periodo 2021-2023 per la categoria elettrici (di cui il 36% di case produttrici europee) e da 27 a 515 per gli ibridi (full e mild), di cui il 37% di case produttrici europee. Per entrambe le motorizzazioni si è assistito ad un avvio lento delle case produttrici europee, sino al 2012-14, dopodiché per rispondere alle continue iniziative di natura regolatoria da parte della Commissione europea in tema di restrizioni alle emissioni, il ruolo dei produttori europei in questi segmenti di mercato è divenuto molto più rilevante.

NUMBER OF ELECTRIC AND HYBRID MODELS PER OEM ORIGIN
TOTAL NUMBERS, 3 YEARS AVERAGE, 2009-2026

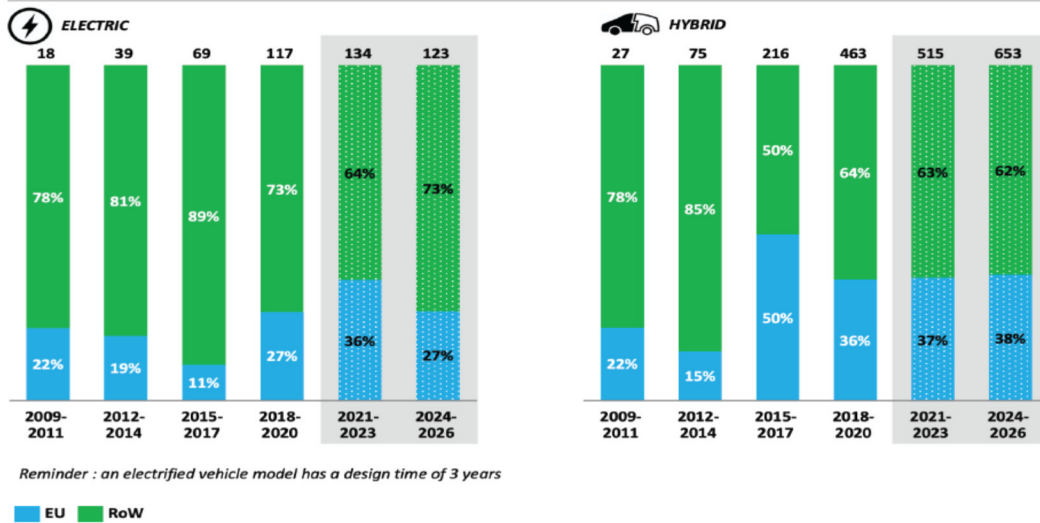


Figura 55 Il numero di nuovi modelli elettrici o ibridi (full e mild) introdotti nel mercato europeo dai produttori mondiali suddiviso per continente dei produttori (2009-2026)

Fonte: EGVI- European Green Vehicle Initiative (2019)

Il grafico successivo (Figura 56) evidenzia le motorizzazioni dei nuovi modelli introdotti in Europa da parte delle case europee produttrici di automobili dal 2009 al 2020 ed una stima dei trend sino al 2026. I dati evidenziano la crescente rilevanza delle motorizzazioni ibride (full e mild) che costituiranno il 36% dei nuovi modelli nel periodo 2021-2023 rispetto al 1% del decennio precedente.

NUMBER OF NEW MODELS PER TYPE OF PROPULSION SYSTEM PER YEAR
TOTAL NUMBERS, 3 YEARS AVERAGE, 2009-2026

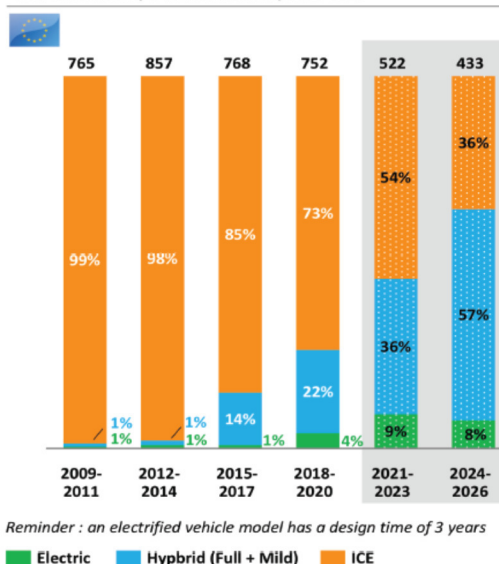


Figura 56 Il numero di nuovi modelli introdotti nel mercato europeo da produttori europei suddiviso per motorizzazione (2009-2026)

Fonte: EGVI- European Green Vehicle Initiative (2019)

Il rapporto di Transport & Environment (T&E) “Electric Surge: Carmakers’ electric car plans across Europe 2019-2025”, aggiornato sulla base dei dati disponibili al Luglio del 2019 nel database dell’industria automotive europea IHS Markit prevede al 2025 per gli impianti europei una produzione di auto di circa il 5% in più rispetto al 2019, pari a circa 0,9 milioni di auto aggiuntive per superare i 20 milioni di auto, di cui il 21,7% elettrificate (di cui 9,32% PHEV e 12,82% BEV) e con una quota di motorizzazioni diesel del 25,05% e a benzina del 51,43%, come dettagliato nella figura successiva (Figura 57).

Per rispettare i requisiti minimi imposti dall’Unione Europea relativi agli standard di emissioni, le case automobilistiche europee al 2025 dovrebbero produrre il 15% circa di auto elettrificate, ma le indicazioni che emergono dai piani industriali, che sommati portano ad indicare intorno al 22% questo valore, evidenziano come gli operatori stimino una domanda di questi modelli trainata non solo da fattori derivanti da restrizioni ambientali, ma anche da esigenze della domanda da parte dei consumatori.

Sulla base delle stime indicate nel rapporto T&E relative all’Europa, le motorizzazioni a gas avranno una quota di circa l’1% (circa 200.000 auto l’anno al 2025 in Europa⁶⁴) e saranno auto prodotte esclusivamente dal Gruppo FCA e dal Gruppo Volkswagen, in quanto nessun altro produttore ha investito in nuovi modelli con questa motorizzazione. Le auto ad idrogeno rimarranno una nicchia, con una produzione prevista inferiore alle 10.000 auto all’anno.

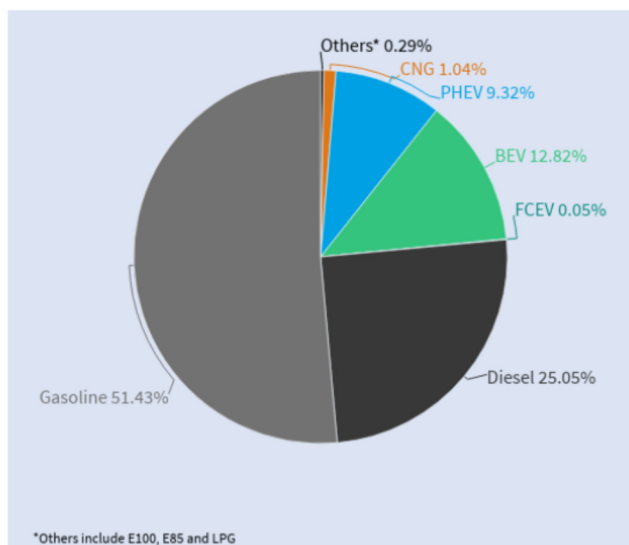


Figura 57 Stima della ripartizione per motorizzazione della produzione di auto in Europa al 2025
Fonte: Transport & Environment (2019)

6.3 La filiera del settore automotive in Italia: numeri chiave della rilevanza economica e trend industriali

Per comprendere i potenziali effetti socio-economici derivanti dalla transizione energetica nella mobilità è necessario tener conto del posizionamento competitivo del sistema industriale

⁶⁴ Questo dato è compatibile con quanto previsto negli scenari al 2025 presentati nel 2025, in cui si prevede che a livello italiano, che storicamente assorbe fra il 70 e l’80% delle auto a gas in Europa, un numero di auto immatricolate con queste motorizzazioni compreso fra i 200.000 e i 219.000 a seconda degli scenari. Una quota parte dei veicoli a gas, infatti, è importata dai produttori asiatici quali DR, Hyundai, Kia, Mitsubishi, Nissan e SSang Yong.

italiano legato al settore automotive al fine di evidenziare la capacità o meno di poter far fronte all'evoluzioni richieste dai trend verso nuove motorizzazioni. Questo posizionamento nel medio e lungo periodo sarà influenzato in modo rilevante dagli sviluppi degli accordi industriali e commerciali fra il gruppo FCA e PSA avviati nel novembre 2019.

La filiera del settore automotive in Italia è stata soggetta ad andamenti fortemente altalenanti nel corso degli ultimi anni, derivanti da una profonda ristrutturazione produttiva, che ha portato ad un incremento della concentrazione (in tre impianti si producono il 90% delle auto nuove), una crescente propensione all'export dovuta anche ad un posizionamento di mercato più elevato rispetto al recente passato ed un ruolo sempre più rilevante delle auto importate sul totale delle immatricolate. Nel settore della componentistica la maggior parte delle imprese, il 73% sulla base delle statistiche dell'Osservatorio sulla componentistica ANFIA relativamente al 2018, è vocata all'export e in media il 40% del fatturato è sui mercati internazionali. Sicuramente la propensione all'internazionalizzazione, in uno scenario economico in cui la domanda interna ha avuto andamenti molto irregolari nell'ultimo decennio e complessivamente in forte calo se si allarga la prospettiva al ventennio 1998-2018, resta una delle condizioni sostanziali perché il comparto si mantenga competitivo.

Questi cambiamenti derivano anche dalla necessità per i produttori di diversificare il rischio rispetto ad un mercato, quello italiano, in cui le immatricolazioni hanno avuto degli andamenti altalenanti con un punto di minimo nel 2013, con 1,30 milioni pari al - 48% rispetto al 2007, per poi risalire a 1,97 nel 2017 e ridiscendere a 1,91 nel 2018. La figura successiva evidenzia i trend decennali (Figura 58). I dati dei primi nove mesi del 2019 indicano un ulteriore calo del 2% rispetto allo stesso periodo del 2018, con una previsione di immatricolazioni a fine anno di 1,81 milioni di auto.



Figura 58 Immatricolazioni di autovetture, trend annuale, milioni di unità e variazioni%
Fonte: ANFIA, agosto 2019

Sulla base delle informazioni provenienti da ANFIA, l'Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica, nel 2018 in Italia il settore automotive si compone di oltre 5.700 imprese e circa 260.000 addetti diretti ed indiretti, di cui 160.000 diretti e coinvolti nella produzione di autoveicoli, carrozzerie per autoveicoli, rimorchi e semirimorchi, componenti elettrici ed

elettronici per autoveicoli, parti e accessori per autoveicoli. Questo valore è pari al 4,4% degli occupati nel settore manifatturiero in Italia, percentuale inferiore alla media UE pari a 8,5% e a quella di altri grandi paesi simili, come la Germania (11,6%), la Spagna (8,35%) e la Francia (7,7%). Il fatturato delle imprese coinvolte direttamente è pari a circa 93 miliardi di euro. Questi dati devono essere confrontati con quelli messi a disposizione da ACEA- European Automobile Manufacturers' Association che evidenzia come in Europa il settore automotive coinvolge direttamente 2,6 milioni di addetti nel 2017, segnando un +13,8% rispetto al 2013.

In particolare, secondo le rilevazioni ISTAT per attività economica, la Fabbricazione di autoveicoli e loro motori (codice Ateco 29.1) conta in Italia oltre 66.600 occupati, un fatturato di oltre 51 miliardi di euro e investimenti per 2,2 miliardi di euro. Gli occupati diretti del Settore Automotive (Codice Ateco 29) sono pari ad oltre 162mila nel 2016, in aumento del 1,1% rispetto agli occupati del 2015, ma in calo del 11,8% rispetto ai 183.824 del 2008.

Il grafico successivo (Figura 59) evidenzia gli andamenti fortemente altalenanti nel corso degli ultimi anni, tenendo conto che la produzione di auto in Italia nel corso degli ultimi quindici anni ha raggiunto un picco nel 2007, con 910.860 auto prodotte negli stabilimenti italiani, ed un punto di minimo nel 2013 con 388.465 auto. Nel 2018 la produzione è stata di 670.932 auto, con un calo del 10% rispetto all'anno precedente. Secondo i dati preliminari raccolti da ANFIA tra le aziende costruttrici, nei primi 8 mesi del 2019, la produzione di autovetture continua a calare, segnando una riduzione del 21%, in un contesto di trend negativo della produzione sia nell'Unione Europea sia su scala mondiale, (rispettivamente -6,8% e -7,9% nel primo semestre 2019 sulla base dei dati AEA).

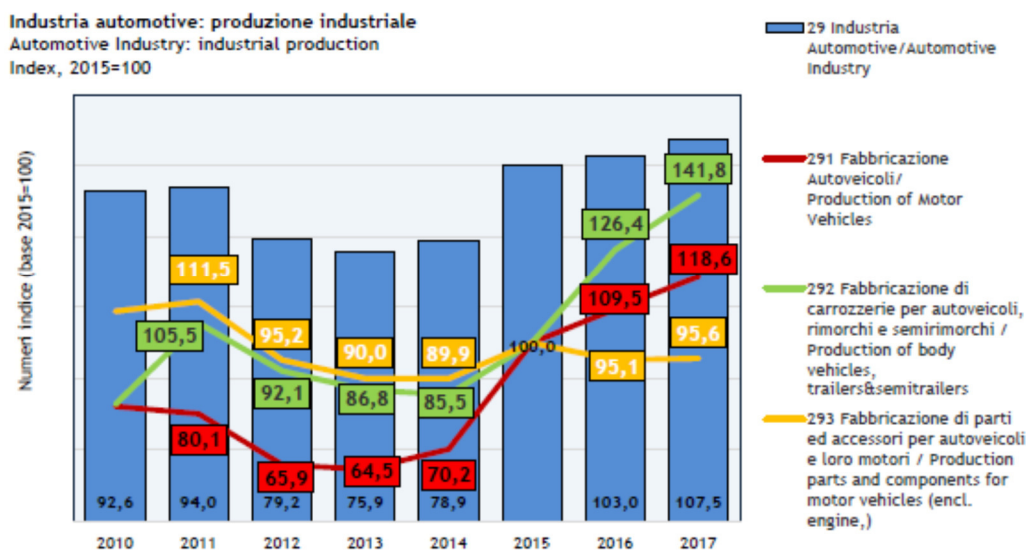


Figura 59 I trend delle diverse componenti industriali del settore automotive in Italia
Fonte: ANFIA, 2018

I dati del 2018 evidenziano come in Italia siano immatricolati circa il 2,2% delle auto su scala mondiale, mentre la produzione di auto è pari allo 0,84% di quella mondiale e il 4% di quella

europea, tenendo conto che in Europa si producono 16,5 milioni di auto pari al 21% della produzione mondiale.

L'Italia per numeri di addetti diretti nel settore automotive è al 6° posto in UE, dopo Germania, Francia, Polonia, Romania, Repubblica Ceca, seguita da Regno Unito e Spagna. Se si considerano anche gli addetti indiretti del settore automotive, cioè coloro che sono impegnati gli occupati salgono a 258mila, pari a circa il 7% degli addetti del settore manifatturiero.

Nel 2017 sono stati immatricolati in Italia oltre 2 milioni di veicoli, dei quali il 90% è costituito da auto. Come dettagliato nella tabella e nei grafici successivi l'84% delle auto immatricolate è importato (oltre 1,6 milioni di unità). I veicoli prodotti in Italia ammontano a 1,142 milioni, dei quali 742 mila (65%) auto. Di queste, il 56% è destinato all'esportazione, quota inferiore rispetto al complesso dei veicoli (il 65% del totale dei veicoli prodotti in Italia viene esportato) che è fortemente influenzata dalla produzione di veicoli commerciali leggeri negli impianti in Abruzzo e Molise della joint-venture fra Gruppo FCA e il gruppo francese PSA. Il successo di questa joint venture nel settore dei veicoli commerciali leggeri evidenzia le potenzialità di una simile iniziativa anche nel settore delle auto.

Tabella 41 Mercato dell'auto, Informazioni di sintesi, 2017, Italia

| | Auto | Tot autoveicoli |
|--|-----------|-----------------|
| Immatricolazioni | 1.971.074 | 2.192.346 |
| Produzione | 742.642 | 1.142.210 |
| Esportazioni | 418.324 | 742.418 |
| Importazioni | 1.646.756 | 1.792.554 |
| Export/Produzione | 56% | 65% |
| Produzione/Immatricolazioni | 38% | 52% |
| Import/Immatricolazioni | 84% | 82% |
| Produzione auto/tot autoveicoli | 65% | |
| Immatricolazioni auto/totale autoveicoli | 90% | |
| Export auto/tot | 56% | |
| Import auto/tot | 92% | |

Fonte: Elaborazione su dati ANFIA (marzo 2018)

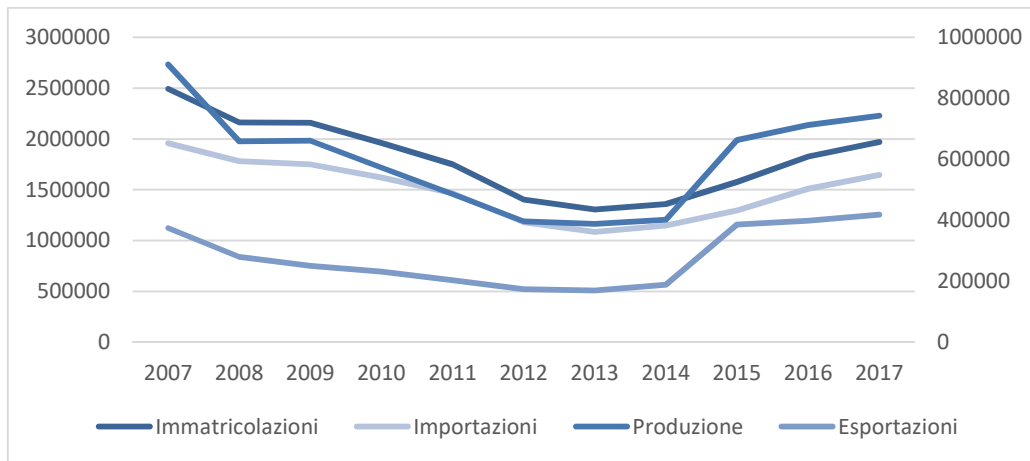


Figura 60 Auto prodotte, immatricolate, esportate e importate, 2007-2017

Fonte: Elaborazione su dati ANFIA marzo 2018 (per produzione ed esportazione scala a dx, per immatricolazioni e importazioni scala a sx)

Tabella 42 Auto prodotte, immatricolate, esportate e importate, var% 2007-13 e 2013-17

| | Immatricolazioni | Produzione | Esportazioni | Importazioni |
|-----------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| Minimo (anno) | 1.304.842 (2013) | 388.465 (2013) | 169.576 (2013) | 1.085.953 (2013) |
| Massimo (anno) | 2.494.115 (2007) | 910.860 (2007) | 418.324 (2017) | 1.957.432 (2007) |
| 2007-2013 | -48% | -57% | -55% | -45% |
| 2013-2017 | 51% | 91% | 147% | 52% |

Fonte: Elaborazione su dati ANFIA marzo 2018

L'analisi ISTAT sulle multinazionali del settore automotive presenti in Italia del 2017⁶⁵ evidenzia come le imprese del settore automotive a controllo estero presenti in Italia siano 116, con 36.377 addetti, circa 10,8 miliardi di euro di fatturato e 2,8 miliardi di valore aggiunto.

Nonostante il ridimensionamento della produzione italiana di autoveicoli (media annuale 1988-1997 pari a 1,8 milioni di autoveicoli, scesa a circa 1,4 nel decennio 1998-2007 e a 878mila nel decennio 2008-2017), reso ancora più evidente dal confronto con la Germania (5,96 milioni la media annuale degli autoveicoli nell'ultimo decennio) e in particolare con il Regno Unito (1,56 milioni la media annuale di autoveicoli prodotti nel periodo 2008-2017), che ha saputo attrarre costruttori esteri e fronteggiare il pericolo di veder scomparire la propria industria, in Italia le aziende della componentistica hanno fatto leva sui fattori di competitività, dirottando una parte crescente delle loro produzioni alle commesse estere. L'80% delle 2.207 imprese italiane della componentistica è localizzato in sole 4 regioni italiane, tutte nel Nord del Paese (34,1% in Piemonte, 27,1% in Lombardia, 10,4% in Emilia Romagna e 8,4% in Veneto) ed in media il 37% del fatturato è legato al Gruppo FCA, mentre il 63% ad altri produttori di auto, principalmente gruppi di matrice tedesca.

Nel 2017, il valore delle esportazioni di Autoveicoli (codice ATECO 29.1, sulla base dei dati del commercio estero di ISTAT) ammonta a 23,69 miliardi di euro, il 5,3% del totale esportato, in

⁶⁵ Appendice statistica multinazionali del report struttura e competitività delle imprese multinazionali, Istat Novembre 2017

crescita dell'11,3%, mentre l'import vale 33,27 miliardi di euro e l'8,3% del totale dell'import italiano, il 9,7% in più rispetto al 2016. Il saldo è negativo ed ammonta a 9,6 miliardi di Euro. Nel 2017, il valore delle esportazioni del settore dei componenti per autoveicoli (che considera anche i trasferimenti intra-aziendali) cresce del 6% rispetto al 2016 e ammonta a 21,2 miliardi di euro; l'import vale 15,4 miliardi di euro, in aumento tendenziale del 6%. L'interscambio internazionale del settore componenti e parti per autoveicoli genera un saldo commerciale positivo di circa 5,7 miliardi di euro, circa 327 milioni in più del saldo 2016 (+6%), secondo le elaborazioni ANFIA su dati ISTAT.

I dati più recenti, presentati da ANFIA nell'ottobre del 2019 e relativi ai primi otto mesi dello stesso anno, evidenziano un trend di mercato particolarmente negativo. Infatti, nei primi otto mesi del 2019 la fabbricazione di autovetture vede il proprio indice in diminuzione del 15,2% rispetto allo stesso periodo del 2018, mentre quello della fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori subisce un calo inferiore, pari al 6,3%. Il calo di produzione congiunturale è particolarmente rilevante nell'impianto di Cassino dove la produzione dedicata ai modelli Alfa Romeo Giulia e Stelvio del primo semestre del 2019 ha registrato un calo del 40%⁶⁶. L'unico comparto con andamento differente è quello relativo alla fabbricazione di carrozzerie per autoveicoli, rimorchi e semirimorchi, che evidenzia una crescita 7,2% nel corso degli ultimi dodici mesi.

La produzione di autoveicoli in Italia si concentra in tre aree geografiche definite, ovvero l'area di Torino, l'Emilia Romagna tra Modena e Bologna, e la macro-area dell'Italia centro-meridionale dove sono presenti i tre stabilimenti produttivi di gran lunga più rilevanti, ovvero Melfi in Basilicata, Pomigliano d'Arco in Campania e Cassino nel Lazio. Nel 2017 nell'area di Torino sono state prodotte circa 62.000 auto di fascia alta (Maserati e Alfa Romeo MiTo negli stabilimenti di Grugliasco e Mirafiori), pari a circa l'8% della produzione nazionale. In Emilia Romagna, negli impianti di Modena, Maranello e Sant'Agata Bolognese, vengono prodotte circa il 2% delle auto italiane, pari a circa 14.500 auto, di fascia molto alta per Ferrari, Lamborghini e Maserati. Circa il 90% della produzione nazionale è concentrato nei tre impianti del gruppo FCA di Melfi (338 mila auto, pari al 46% della produzione nazionale nel 2017, rispetto al 30% del 2014), di Pomigliano d'Arco (25%) e di Cassino (19%). Nel 2017 rispetto al 2013, anno di minimo sia per quanto riguarda la produzione industriale di auto sia per quanto riguarda le immatricolazioni di auto nuove in Italia, sono aumentati in modo importante tutti gli indicatori, in particolare la produzione in generale (+91%), di cui quella destinata all'esportazione di ben il +147%, grazie ad un'accelerazione avvenuta nel 2015 in corrispondenza dell'aumento della produzione a Melfi di Jeep e 500X.

Nel corso degli ultimi anni la produzione di auto nazionale ha subito una notevole trasformazione, guidata dalle strategie del gruppo FCA. Infatti, grazie ai modelli Alfa Romeo Stelvio, Maserati Levante, Jeep Renegade e Fiat 500X prodotti negli stabilimenti in Italia, il segmento dei SUV vale il 49% della produzione totale di auto contro il 7,7% del 2014.

⁶⁶ L'impianto di Cassino è oggetto di un investimento di circa 800 milioni di euro da parte del Gruppo FCA in quanto verrà utilizzato per la costruzione della nuova linea di produzione del modello "utility vehicle" di Maserati, che prenderà il via alla fine del primo trimestre del 2020. L'uscita dalla linea delle prime auto pre-serie è prevista entro il 2021.

L'evoluzione del principale sito produttivo italiano, quello di Melfi, è un esempio della rapida evoluzione avvenuta nel corso degli ultimi anni nel settore automotive in Italia. Quando nel 1994 venne inaugurato, infatti, lo stabilimento produceva un solo modello, la Fiat Punto, e serviva un solo mercato, l'Europa. A seguito della ristrutturazione terminata nel 2014, il sito ha una capacità produttiva di oltre 400.000 auto ed è dedicato alla produzione di mini-SUV, quali la Fiat 500X e la Jeep Renegade, due modelli destinati all'esportazione in oltre 100 paesi nel mondo, con particolare attenzione al mercato del Nord America, dove è destinata oltre il 50% della produzione. La flessibilità della piattaforma Small Wide e l'adozione del modello di fabbrica integrata modulare, gli elevati standard di qualità ed efficienza garantiti del programma World Class Manufacturing (WCM) e una serie di ulteriori innovazioni tecnologiche, quali ad esempio il nuovo centro metrologico, hanno avuto un ruolo fondamentale nel trasformare Melfi in un polo d'eccellenza nel sistema produttivo automobilistico mondiale.

Nell'ambito della presentazione del piano industriale per l'Italia 2019-2021 avvenuta nel novembre 2018 da parte del Gruppo FCA, che prevede investimenti in nuove linee o in ammodernamento delle esistenti per oltre 5 miliardi di Euro e l'utilizzo ottimale della capacità produttiva e la piena occupazione per gli impianti italiani, è emerso come nell'arco del triennio tutte le produzioni di autovetture previste a Melfi avranno anche una motorizzazione o ibrida (modelli Jeep Renegade e Fiat 500X) o ibride plug-in come nel caso della Jeep Compass che sarà prodotta anche a Melfi affiancando la produzione di altri tre impianti su scala mondiale per poi essere distribuita nell'area EMEA per la versione termica. Nell'impianto di Melfi saranno concentrate le produzioni nella versione PHEV dei due modelli più diffusi della gamma Jeep, il Renegade e il Compass, per essere successivamente distribuiti su scala mondiale. Sfruttando la stessa piattaforma e tecnologia PHEV di Jeep saranno anche avviate le attività propedeutiche alla produzione di un nuovo SUV compatto Alfa Romeo (modello Tonale) nello stabilimento di Pomigliano d'Arco, dove sarà anche prodotta una Fiat Panda MHV (Mild Hybrid Vehicle).

Per quanto riguarda gli stabilimenti dedicati alla sola produzione di motori per il gruppo FCA è previsto il completamento di un nuovo modulo produttivo a Termoli per i propulsori benzina FireFly 1.0 e 1.3 turbo, aspirati e ibridi, evidenziando la necessità di continui investimenti nelle motorizzazioni endotermiche tradizionali per far fronte alle esigenze della domanda, in particolare per quanto riguarda le motorizzazioni a benzina, che costituiscono il 43% delle immatricolazioni nel primo semestre del 2019 in Italia, superando per la prima volta da oltre un decennio il numero di auto diesel.

Nel piano industriale del Gruppo FCA 2019-2021 nel secondo trimestre del 2020 è previsto l'avvio della prima catena di montaggio di auto elettriche su larga scala in Italia, presso lo stabilimento Mirafiori del gruppo FCA. Il sito, ammodernato con un investimento specifico di oltre 700 milioni di Euro, avrà una capacità produttiva di circa 80.000 autovetture BEV l'anno e 1.200 addetti. Sempre a Torino è prevista da fine del 2020 l'avvio della produzione delle Maserati Ghibli elettriche. Anche il marchio Fiat Professional produrrà in Italia a partire dal 2020, presso gli impianti di Atessa della SEVEL, la joint venture fra Gruppo FCA e Gruppo PSA, un nuovo veicolo leggero con batterie elettriche che amplia la gamma dei Ducato e denominato MY2020.

Nel giugno del 2019 FCA ha siglato due accordi per lo sviluppo di nuove soluzioni dedicate alla mobilità elettrica a sostegno della produzione e commercializzazione dei modelli ibridi plug-in (PHEV) e a batteria (BEV) previsti nel piano industriale di Gruppo per il 2018-2022. Attraverso questi accordi, sottoscritti con ENEL X ed ENGIE e relativi ai mercati di 18 paesi europei, circa ottomila concessionari di FCA offriranno soluzioni di ricarica e servizi innovativi dedicati ai clienti privati e a quelli business. L'accordo prevede anche l'installazione di mille ricariche nei parcheggi degli impianti FCA e quattromila presso il Leasy Store. L'iniziativa prevede inoltre lo studio e la sperimentazione di nuove tecnologie rivolte alla riduzione del costo totale di possesso dei veicoli elettrici a vantaggio del cliente finale, basate su logiche di smart-grid e vehicle to grid (V2G). Questo obiettivo viene perseguito anche attraverso un Memorandum of Understanding sottoscritto da FCA e TERNA per la sperimentazione congiunta di tecnologie e servizi di mobilità sostenibile, come il V2G, su un parco di 700 vetture dotate di ricarica bidirezionale basate a Mirafiori. Queste sperimentazioni hanno lo scopo di permettere alle vetture elettriche di interagire con la rete grazie a un'infrastruttura di ricarica 'intelligente', contribuendo a stabilizzare la rete e, al contempo, ridurre il costo complessivo di esercizio della vettura stessa, grazie al beneficio economico derivante dai servizi forniti proprio alla rete elettrica.

Sulla base delle dettagliate indicazioni che emergono dal rapporto di Transport & Environment (T&E) del Luglio 2019 "Electric Surge: Carmakers' electric car plans across Europe 2019-2025," le strategie del gruppo FCA sono parzialmente differenti rispetto alle scelte di gruppi simili per dimensioni, come BMW, PSA o Renault-Nissan Mitsubishi. Infatti, gli analisti di T&E, che hanno utilizzato i dati di IHS Markit basati sulle capacità produttive dei singoli impianti in Europa, evidenziano come il gruppo FCA abbia investito in maniera particolarmente rilevante sui modelli PHEV, con 17 modelli attesi al 2025. Questo numero è superiore rispetto a quelli indicati da Toyota (15), BMW (14) e PSA (14), mentre per il gruppo Volkswagen si prevede un numero di modelli PHEV al 2025 pari a 27. T&E stima che il gruppo FCA raggiungerà una produzione annua di 250.000 auto con motorizzazione PHEV al 2025, divenendo il terzo produttore europeo di auto con questa motorizzazione, alle spalle di PSA (circa 350.000) e di Volkswagen (300.000).

Il sistema industriale italiano, sebbene in ritardo rispetto ad altri contesti produttivi europei, ha in atto un processo di parziale conversione produttiva verso modelli PHEV, in particolare SUV di categoria media e alta nei poli di Melfi e Cassino, oltreché a Sant'Agata Bolognese per il modello Ursus della Lamborghini. L'impianto di Mirafiori avrà una specifica specializzazione nella produzione di auto BEV. Il gruppo FCA ha un piano di investimenti nel triennio 2019-2021 di 5,8 miliardi di Euro per accompagnare questa evoluzione verso l'elettrificazione, che riguarderà a livello europeo solo gli impianti italiani.

Sulla base delle stime ANFIA la produzione di auto in Italia a fine 2019 sarà di circa 550-570.000, pertanto stimando la produzione complessiva invariata nei prossimi anni e sommando le ipotesi relative alla produzione di PHEV e di BEV al 2025 in Italia stimata in circa 330.000 auto, si ottiene che fra il 53 e il 55% della produzione di auto in Italia sarà elettrificata. Nel rapporto di Transport & Environment (T&E) "Electric Surge: Carmakers' electric car plans

across Europe 2019-2025” le stime per il Gruppo FCA in Europa nel suo complesso (inclusi gli impianti in Polonia e in Serbia) indicano una produzione di BEV e PHEV concentrata solo in Italia e pari al 27% del totale della capacità produttiva al 2025, indicata in 1,22 milioni di auto l’anno. Inoltre, il rapporto T&E prevede per il sistema Italia nel suo complesso al 2025 rispetto al 2018 un incremento della produzione, derivante dalla differenza fra nuova produzione di auto elettrificate (PHEV e BEV) e ICE del 7,5%.

In considerazione dell’incremento complessivo di produzione di auto e dell’elevata percentuale dei più complessi PHEV l’occupazione si stima in lieve crescita nei prossimi anni anche in un contesto di continuo incremento del ruolo della digitalizzazione e dell’automazione dei processi produttivi.

Se la principale casa automobilistica pare abbia una strategia di medio periodo ben tracciata per quanto riguarda le produzioni in Italia, il sistema di imprese della componentistica, che garantisce in media il 75% del valore dell’autovettura, è ancora in una fase di sospensione, come definito dallo specifico Osservatorio Anfia nel 2019. Sebbene siano presenti delle eccellenze nel settore, come COMAU che è impegnata sui sistemi delle linee produttive sia per la scocca sia per la parte del modulo delle batterie in diversi impianti di case automobilistiche che producono BEV fra cui TESLA, l’osservatorio ANFIA evidenzia che solo il 24% delle imprese è coinvolto in progetti di accompagnamento verso l’elettrificazione del prodotto. In ogni caso questa evoluzione deve essere inserita in un quadro più ampio in cui alcuni elementi classici della componentistica, come quelli della filtrazione (olio), lubrificanti, trasmissione (alberi a camme ed a gomito), valvole, lubrificanti, componenti motore classici per motori a combustione interna, specchietti retrovisori, componenti in metallo, sistemi di trasmissione tradizionali saranno progressivamente prodotti in quantità minori fino a sparire del tutto nei prossimi decenni, una volta venuta meno la presenza nel parco circolante complessivo tale da giustificare dei lotti di produzione per l’aftermarket.

Questi sviluppi, che riguardano nell’80% dei casi imprese del Nord Italia, andranno accompagnati da politiche per il sostegno all’innovazione tecnologica, allo sviluppo delle esportazioni e per il consolidamento del comparto in modo da poter sostenere gli investimenti necessari nella gestione della transizione, che in ogni caso si prospetta molto graduale in quanto nei primo 8 mesi del 2019 a livello di Unione Europea le immatricolazioni di auto elettrificate sul totale sono ancora molto marginali, pari al 2,4% (1,5% BEV e 0,9% PHEV), sebbene in crescita rispetto al 1% del 2016 e 0,2% del 2012. In Italia nel 2019 la percentuale si ferma allo 0,7% (0,5% BEV e 0,2% PHEV).

6.4 La rete dei distributori di carburanti: numeri chiave e prospettive

L’evoluzione delle motorizzazioni avrà un impatto sul ridisegno della rete di distributori di carburanti, tenendo conto che, sulla base delle esperienze dei mercati più evoluti, per le auto elettriche nel 90% dei casi la ricarica avviene o a casa o presso l’ambito lavorativo.

La ricarica in ambito pubblico sono residuali anche a causa dei maggiori costi sia dell’ammortamento dell’infrastruttura sia per le potenze impegnate rispetto al contesto

domestico o in ambito privato. Al 2019 il costo per la ricarica privata è in media di 0,25 Euro per kWh, mentre per le ricariche pubbliche veloci il costo è in media di 0,5 Euro per kWh.

La potenziale capillarità della rete di infrastrutture di ricarica elettrica deriva anche dalla facilità delle procedure di rilascio autorizzativo da parte dei comuni, in quanto non è possibile negare l'autorizzazione all'installazione delle infrastrutture di ricarica su suolo privato aperto all'uso pubblico con la motivazione che questo cambierebbe la destinazione d'uso del suolo, come avviene invece nel caso di un distributore di carburante. La Direttiva Comunitaria DAFI chiarisce, infatti, che la colonnina non è assimilabile ad un impianto di carburante, per ingombri, occupazione, sicurezza, trattamento esausti - rischi ambientali, etc.

La rete di distribuzione di carburanti in Italia è particolarmente frammentata, con un erogato medio molto al di sotto della media europea ed in continuo calo e con un'età media degli impianti particolarmente elevata. Questi elementi di debolezza strutturali sono ben noti al legislatore che è intervenuto con due provvedimenti normativi per accompagnare il processo di razionalizzazione, il d.lgs. n. 32 del 11 febbraio 1998 e la Legge 124 del 2017, che ha istituito l'anagrafe degli impianti di distribuzione di benzina, gasolio, GPL e metano della rete stradale e autostradale. Quest'ultimo intervento normativo in particolare ha come obiettivo quello di chiarire il processo di ridimensionamento e chiusura degli impianti incompatibili ai fini della sicurezza della circolazione stradale e non adeguabili in modo da innalzare gli standard di sicurezza a vantaggio dei clienti, degli automobilisti e di chi opera presso i punti vendita.

Sulla base delle rilevazioni effettuate annualmente dalle Associazioni petrolifere europee (Indagine NOIA), al 1 Gennaio 2018 l'Italia risultava il Paese con il numero più elevato di impianti di carburanti (ca. 21.000), cioè un numero pressoché triplo rispetto al Regno Unito (ca. 8.500), doppio rispetto a Francia e Spagna (ca. 11.200) e superiore anche a quello della Germania (ca. 14.500). Inoltre, sulla base della rilevazione effettuata da Unione Petrolifera (UP), la presenza di impianti poco strutturati (cd. chioschi) risulta ancora considerevole in Italia (16% della rete) e l'erogato medio in continuo calo, passando da 1.621 metri cubi di diesel e benzina del 2005, ai 1.486 del 2010 e ai 1.367 del 2017.

Tabella 43 La rete di distribuzione carburanti al 1 gennaio 2018

| Nazione | Numero totale punti vendita | Erogato medio complessivo |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|
| Francia | 11.194 | 3.912 |
| Germania | 14.502 | 3.460 |
| Italia | 21.000 | 1.367 |
| Regno Unito | 8.476 | 4.075 |
| Spagna | 11.188 | 2.339 |

Fonte: Elaborazione su dati Unione Petrolifera (2019)

La razionalizzazione della rete può essere accelerata e resa più ordinata se, ad esempio, si sostituiscono i depositi di carburanti sotterranei che attualmente alimentano gli impianti poco

strutturati, tipicamente localizzati nelle aree più centrali delle città o nei paesi sotto i 5.000 abitanti, con batterie di stazionamento in grado di contribuire alla stabilizzazione della rete e a fornire l'alimentazione ad infrastrutture di ricarica rapida per auto elettrica. Il dual use (a supporto della rete elettrica e ad integrazione della rete di ricarica pubblica) è necessario per poter avere un business model a supporto della riconversione degli impianti che potenzialmente potrebbe trovare un equilibrio economico e trovare, quindi, l'interesse di investitori privati. In ambito urbano queste aree potrebbero divenire anche la base per servizi di car sharing con auto elettriche. Il processo, che prevedibilmente avverrà in maniera molto graduale e in parallelo rispetto allo sviluppo del mercato delle auto elettrificate (BEV e PHEV), dovrà tener conto del posizionamento dei chioschi, situato tipicamente in aree marginali dove la domanda di ricarica rapida avrà dimensioni tali da giustificare l'investimento solo nel medio-lungo periodo e, comunque, in ritardo rispetto ad altri contesti considerati prioritari come le aree di servizio autostradali o lungo le principali statali.

Favorire la logica dual use per le infrastrutture di ricarica è oggetto di uno schema di decreto⁶⁷, trasmesso dal Ministero dello Sviluppo Economico con comunicazione del 5 agosto 2019, in cui stabilisce criteri e modalità per favorire la diffusione della tecnologia denominata vehicle to grid (V2G), che permette l'integrazione tra i veicoli elettrici e la rete elettrica. Questa tecnologia consente ai veicoli elettrici di erogare, attraverso le infrastrutture di ricarica, i seguenti servizi ancillari:

- riserva terziaria, bilanciamento e risoluzione delle congestioni, nelle modalità "a salire" e "a scendere";
- ulteriori servizi, tra i quali la regolazione primaria e secondaria di frequenza e la regolazione di tensione.

L'obiettivo è di ridurre i costi delle infrastrutture a supporto della diffusione delle auto elettriche e di gestione del mezzo attraverso la riduzione dei costi della ricarica. Gli effetti attesi per il proprietario del EV sono di ottenere dei ricavi aggiuntivi derivanti sia dalla vendita di energia sul mercato di dispacciamento sia dalla riduzione dei costi derivanti dalla non applicazione degli oneri di sistema e di rete, qualora i prelievi di energia elettrica dalla rete di infrastrutture di ricarica rispondano ad ordini per l'erogazione di servizi di dispacciamento. Lo studio di RSE elaborato a supporto dello schema di decreto evidenzia potenziali benefici pari a 146 Euro l'anno nel caso più semplice della ricarica domestica (derivanti dalla differenza fra 391 Euro e 245 Euro nelle due ipotesi di ricarica), mentre nel caso di V2G aziendali i benefici possono salire a 395 Euro l'anno (differenza fra 603 e 208 Euro). Lo schema di decreto ha avuto nel settembre del 2019 il parere positivo dell'Autorità di Regolazione per l'Energia Reti e Ambiente (ARERA) ed è previsto possa essere approvato in via definitiva entro il 2020.

Gli studi dell'Università di Berkeley⁶⁸ analizzando il caso della California, che ha caratteristiche simili a quelle del contesto italiano per quanto riguarda il mercato dell'energia elettrica,

⁶⁷ In attuazione dell'articolo 1, comma 11 della legge 27 dicembre 2017 n°205.

⁶⁸ I principali risultati emersi attraverso l'utilizzo del Vehicle-to-Grid Simulator (V2G-Sim) sviluppato al Lawrence Berkeley National Laboratory sono sintetizzati nel seguente articolo: Coignard J., Saxena S., Greenblatt J. e Wang D (2018), *Clean vehicles as an enabler for a clean electricity grid*, Environmental Research Letters (2018)

evidenziano come l'utilizzo delle batterie dei veicoli elettrici per bilanciare e stabilizzare la distribuzione di energia elettrica attraverso il V2G possa permettere la miglior integrazione delle fonti rinnovabili ad intermittenza e può ridurre i costi dei meccanismi di storage stazionario. Questi risultati si stima possano permettere importanti risparmi in infrastrutture nell'ordine di 12-15 miliardi di dollari fra il 2020-2030 in California altrimenti necessari per raggiungere l'obiettivo di avere una produzione di energia elettrica basata al 50% su fonti rinnovabili.

Accompagnare lo sviluppo delle motorizzazioni con una visione olistica degli effetti industriali e favorire la diffusione della tecnologia di integrazione tra i veicoli elettrici e la rete elettrica può ampliare notevolmente le ricadute economiche a livello locale della transizione energetica eco-razionale della mobilità privata e del trasporto pubblico locale.

L'evoluzione del parco auto verso motorizzazioni elettrificate richiede una rete di infrastrutture di ricarica che può essere schematizzata, come da tabella successiva, tenendo conto che i costi tendenzialmente saranno completamente a carico degli utenti e solo nel caso di alcuni specifici contesti (e.g. ricariche pubbliche in aree remote) è prevedibile la necessità di una contribuzione pubblica all'investimento per la rete di ricarica.

Tabella 44 Tipologie di infrastrutture di ricarica e costi (dati di costo aggiornati a fine 2017)

| Tipologia di infrastruttura | Potenza (KW) | Tempi di ricarica per una batteria da 25kWh (approx) | Costi (in .000 di Euro) | |
|---|--------------------------------------|--|-------------------------|---------------|
| | | | Infrastruttura | Installazione |
| Residenziale autonomo (1 presa) | 3 KW/7 KW | 4-8 ore | 0,6 | 0,7 |
| Condominiale (2 prese) | 3 KW/7 KW | 4-8 ore | 0,8 | 2,5 |
| Uffici/Luogo di lavoro (2 prese) | 7 KW | 4-8 ore | 0,8 | 2,5 |
| Parcheggi (centri commerciali, ristoranti, etc) (2 prese) | 11 KW o 22 KW | 2,5 ore o 1 ora per i 22KW | 2,5 | 5,0 |
| Ricariche rapide (strade statali o autostrade) (3 prese) | 50 KW (in aumento nei prossimi anni) | 30 minuti | 30 | 104,4 |

Fonte: Elaborazione su dati Cambridge Econometrics (2018) *Low carbon cars in Italy: a socio economic assesment*

Sulla base delle analisi emerse nel corso del progetto “Low carbon cars in Italy: a socio economic assesment” condotto da un team composto dai ricercatori di Cambridge Econometrics, Element Energy e CERTeT- Università Bocconi, i parametri utilizzati per il calcolo delle infrastrutture di ricarica necessarie al 2030 per lo scenario base è pari ad una infrastruttura di ricarica di tipo residenziale ogni 3 auto elettrificate, una ricarica in ufficio ogni 17,5, una ogni 12 nei parcheggi ed una ricarica rapida ogni 250 BEV (dedicata esclusivamente alle auto BEV e non alle PHEV).

Sulla base delle indicazioni emerse nel capitolo 5, relative allo scenario di programma, in cui fra il 2019 e il 2030 sono previste immatricolazioni di 1,783 milioni di auto BEV e 1,282 milioni di PHEV, sono necessari nuovi investimenti per la rete di ricarica pubblica e privata pari ad oltre 5,469 miliardi di Euro fra il 2019 e il 2030, come dettagliato nella tabella successiva.

Tabella 45 Investimenti necessari per le infrastrutture di ricarica in caso di scenario di programma 2019-2030

| Tipologia di infrastruttura | Auto EV/infrastrutture | Costo (Euro) | Investimento necessario (Euro) |
|---|------------------------|--------------|--------------------------------|
| Residenziale (autonomo e condominiale) | 1 su 3 | 1.300 | 1.328.166.667 |
| Uffici/Luogo di lavoro | 1 su 17,5 | 3.300 | 577.971.429 |
| Parcheggi (centri commerciali, ristoranti, etc) | 1 su 12 | 7.500 | 1.915.625.000 |
| Ricariche rapide (strade statali o autostrade) | 1 su 250 | 134.400 | 1.647.744.000 |
| Totale | | | 5.469.507.095 |

Fonte: Elaborazione su dati Cambridge Econometrics (2018) *Low carbon cars in Italy: a socio economic assesment*

Nel caso dello scenario tecnologico accelerato, in cui fra il 2019 e il 2030 sono previste 2,519 milioni di auto BEV e 2,481 milioni di PHEV, sono necessari nuovi investimenti per la rete di ricarica pubblica e privata pari ad oltre 7,535 miliardi di Euro fra il 2019 e il 2030, derivanti da un rapporto fra auto elettrificate e infrastrutture leggermente diverso rispetto allo scenario di programma per quanto riguarda le infrastrutture nei parcheggi e per le ricariche rapide, in virtù di un ipotesi in cui le autonomie delle auto immatricolate siano maggiori e l'utilizzo delle infrastrutture sia più frequente, essendoci sul mercato 5 milioni di auto elettrificate rispetto ai poco più di 3 milioni dello scenario di programma.

Tabella 46 Investimenti necessari per le infrastrutture di ricarica in caso di scenario tecnologico accelerato 2019-2030

| Tipologia di infrastruttura | Auto EV/infrastrutture | Costo (Euro) | Investimento necessario (Euro) |
|---|------------------------|--------------|--------------------------------|
| Residenziale (autonomo e condominiale) | 1 su 3 | 1.300 | 2.166.666.667 |
| Uffici/Luogo di lavoro | 1 su 17,5 | 3.300 | 942.857.143 |
| Parcheggi (centri commerciali, ristoranti, etc) | 1 su 11 | 7.500 | 3.409.090.909 |
| Ricariche rapide (strade statali o autostrade) | 1 su 333 | 134.400 | 1.016.677.477 |
| Totale | | | 7.535.292.196 |

Fonte: Elaborazione su dati Cambridge Econometrics (2018) *Low carbon cars in Italy: a socio economic assesment*

Nel caso dello scenario di Mobilità sostenibile, in cui fra il 2019 e il 2030 sono previste 1,648 milioni di auto BEV e 1,182 milioni di PHEV, sono necessari nuovi investimenti per la rete di ricarica pubblica e privata pari ad oltre 4,414 miliardi di Euro fra il 2019 e il 2030, derivanti da un rapporto fra auto elettrificate e infrastrutture identico a quello dello scenario di programma

e da un numero complessivo di auto elettrificate pari a 2,83 milioni, cioè il più basso fra i tre scenari considerati, derivante dalla contrazione complessiva del parco auto circolante rispetto agli altri due scenari.

Tabella 47 Investimenti necessari per le infrastrutture di ricarica in caso di scenario di Mobilità sostenibile 2019-2030

| Tipologia di infrastruttura | Auto EV/infrastrutture | Costo (Euro) | Investimento necessario (Euro) |
|---|------------------------|--------------|--------------------------------|
| Residenziale (autonomo e condominiale) | 1 su 3 | 1.300 | 1.226.333.333 |
| Uffici/Luogo di lavoro | 1 su 17,5 | 3.300 | 533.657.143 |
| Parcheggi (centri commerciali, ristoranti, etc) | 1 su 12 | 7.500 | 1.768.750.000 |
| Ricariche rapide (strade statali o autostrade) | 1 su 250 | 134.400 | 885.964.800 |
| Totale | | | 4.414.705.276 |

Fonte: Elaborazione su dati Cambridge Econometrics (2018) *Low carbon cars in Italy: a socio economic assesment*

La tabella successiva sintetizza in termini numerici il rilevante sforzo in termini di nuove infrastrutture di ricarica necessarie al completamento degli scenari previsti per la transizione energetica eco-razionale.

Tabella 48 Numero di infrastrutture di ricarica necessarie fra il 2019-2030 nei tre scenari

| Tipologia di infrastruttura | Scenario di programma | Scenario tecnologico accelerato | Scenario di mobilità sostenibile |
|---|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Residenziale (autonomo e condominiale) | 1.021.667 | 1.666.667 | 943.333 |
| Uffici/Luogo di lavoro | 175.143 | 285.714 | 161.714 |
| Parcheggi (centri commerciali, ristoranti, etc) | 255.417 | 454.545 | 235.833 |
| Ricariche rapide (strade statali o autostrade) | 7.132 | 7.565 | 6.592 |
| Totale | 1.459.358 | 2.414.491 | 1.347.473 |

Fonte: Elaborazione su dati Cambridge Econometrics (2018) *Low carbon cars in Italy: a socio economic assesment*

I costi di infrastrutturazione precedentemente evidenziati potranno essere mitigati dalla diffusione della tecnologia di integrazione tra i veicoli elettrici e rete elettrica (V1G e V2G) che potrà permettere benefici integrativi di cui prevedibilmente trarranno un vantaggio maggiore le flotte aziendali e i gestori di servizi di TPL in quanto si presume potranno avvalersi in modo più strutturato di tecnici di supporto alle scelte delle modalità di ricarica più avanzate, avvalendosi, ad esempio, di energy managers.

L'impatto sulla rete di distribuzione di carburanti fossili è nei tre casi, scenario di programma, tecnologico accelerato e di mobilità sostenibile, limitato. Infatti, se si stima che l'erogato medio a supporto di tutte le altre motorizzazioni (benzina, ibrido benzina, benzina/gpl, benzina/metano, diesel, ibrido diesel) non cambi nel totale, compensando fenomeni di segno

diverso (shift verso motorizzazioni a benzina rispetto al diesel, efficientamenti delle motorizzazioni, maggior peso dell'auto per maggior accessori legati alla sicurezza, percorrenze medie invariate) e che le auto PHEV abbiano un utilizzo paritario fra elettrico e combustibile fossile, la riduzione dell'erogato dovuto all'elettrificazione delle flotte al 2030 sarà del 6,47% nello scenario di mobilità sostenibile, del 6,75% nello scenario di programma e del 10,47% nello scenario tecnologico accelerato. Queste percentuali sono strettamente legate all'ipotesi di invarianza complessiva del parco auto circolante per lo scenario di programma e lo scenario tecnologico accelerato, che si stima possa rimanere intorno ai 35,9 milioni di veicoli anche al 2030, e che pertanto nello scenario di programma le auto elettrificate costituiscono l'8,54% del totale, mentre nello scenario tecnologico accelerato il 13,93%. Nello scenario di mobilità sostenibile, il parco circolante al 2030 scende a 34,6 milioni di auto e l'8,18% di queste è elettrificato.

6.5 Gli effetti sui costi di manutenzione e sulle autofficine

La graduale riduzione delle auto a motori endotermici e il parallelo incremento delle auto elettrificate comporta una riduzione complessiva dei costi di manutenzione, rappresentati dalla somma dei costi manutenzione ordinaria e straordinaria dell'automobile più quelli relativi all'eventuale manutenzione delle batterie (questa considerazione perde di significato nel momento in cui i valori medi di percorrenza totale non si discostano da quelli previsti dalle case di produzione - per la maggior parte delle case automobilistiche la garanzia sulle batterie è di 8 anni o 160.000 km - e pertanto non causare un'eccessiva usura delle batterie al punto da richiedere una specifica manutenzione). Rispetto alle automobili endotermiche, la manutenzione degli EVs richiede meno attenzioni per i seguenti motivi:

- Minor numero di parti mobili;
- Assenza di liquidi combustibili;
- Assenza di operazioni di cambio olio e filtro;

Questi aspetti riducono in modo sostanziale il costo di manutenzione dell'auto elettrica, di circa il 30-42% (Diez, W., 2014 e McKinsey 2017), passando per un veicolo di classe media da 445 Euro annui per un veicolo endotermico diesel a 312 Euro per un veicolo BEV, mentre nel caso di utilitarie questo valore passa da 379 (auto a benzina) a 219 Euro (BEV). Il risparmio medio può quindi essere indicato in circa 150 Euro⁶⁹.

Data la maggior complessità della motorizzazione PHEV rispetto alle motorizzazioni ICE non si prevedono differenze nei costi di manutenzione.

Nel caso dello scenario di programma, in cui è previsto un parco auto BEV al 2030 di 1,783 milioni di veicoli il risparmio medio annuo di costi di manutenzione può essere stimato in 267,45 milioni di Euro. Per lo scenario tecnologico accelerato il risparmio sale a 377,85 milioni di Euro, mentre nello scenario di mobilità sostenibile questo valore è stimato pari a 247,2

⁶⁹ Le stime del Politecnico di Milano presentate nello Smart Mobility Report del 2019 indicano in 350 Euro il risparmio annuale in manutenzione nel caso specifico del contesto italiano per un'automobile di classe B, ma non essendo dettagliate in via prudenziale si è ritenuto opportuno utilizzare i dati più circostanziati sebbene riferiti a contesti europei.

milioni di Euro. Se si considerano i risparmi di manutenzione in modo cumulato fra il 2019 e il 2030, l'importo complessivo nel caso dello scenario di programma è pari ad 1,198 miliardi di Euro, nel caso di scenario tecnologico accelerato di 1,668 miliardi di Euro. Nello scenario di mobilità sostenibile il risparmio complessivo è di 1,126 miliardi di Euro.

Gli effetti occupazionali sul settore delle autofficine degli scenari qui proposti sono difficilmente valutabili in quanto dovranno tener conto di due fenomeni contrastanti, che in entrambi casi richiedono una formazione integrativa degli addetti nel settore nell'ambito della meccatronica. Infatti, la semplificazione della manutenzione delle automobili BEV potrà essere compensata da una maggior complessità dei motori PHEV, ma soprattutto dalla maggior complessità delle componenti di sensoristica, sicurezza ed elettronica di intrattenimento a bordo che caratterizzeranno i trend del settore automotive nei prossimi anni.

6.6 I potenziali effetti sulla fiscalità derivanti dalla evoluzione delle motorizzazioni

Fra i costi della transizione verso motorizzazioni che non prevedono l'utilizzo di combustibili fossili vi è quello derivante dai minori introiti per la fiscalità generale derivanti dall'imposta sul valore aggiunto (IVA) e dalle accise su gasolio, benzina, GPL e metano per autoveicoli che hanno permesso all'erario nazionale di incassare 18,474 miliardi di Euro nel 2018, sulla base dei dati forniti da Unione Petrolifera. La componente derivante dalle accise e dall'IVA sulla benzina è pari a 7,206 miliardi di Euro, quella sul gasolio è pari a 10,591, quella sul GPL a 0,609 e quella sul metano a 0,069. Questo importo deriva da una tassazione di 1,017 Euro al litro per la benzina (pari al 63,8% del costo alla pompa, rispetto ad una media nell'area Euro del 61%) e di 0,886 Euro al litro per il diesel (59,7% rispetto al 55,4%).

Gli andamenti del gettito fiscale sui combustibili fossili dipendono non solo dalle scelte del legislatore, ma anche dal rinnovo del parco circolante, dal comportamento dei proprietari di auto, che nel corso dell'ultimo decennio hanno ridotto le percorrenze medie, e dall'incremento generale dell'efficienza delle motorizzazioni che ha permesso una riduzione dei consumi espressi in litro*km. In particolare sia per le auto a benzina sia per le auto diesel fra il 2010 e il 2018 la riduzione delle percorrenze medie è stata particolarmente marcata, passando da 8.980 a 7.370 km annui (-18%) per le prime e da 17.250 a 13.900 km annui (-19%) per le seconde.

Il riordino degli strumenti fiscali sarà necessario per mantenere l'equilibrio del gettito, tenendo conto anche delle differenze di costo del bollo auto regionale, che in quasi tutte le regioni prevede differenze rilevanti fra auto BEV, PHEV e ICE. In particolare, per le auto BEV cinque Regioni (Lazio, Piemonte, Sicilia, Emilia Romagna e Toscana) prevedono un'esenzione dal bollo auto per 5 anni, mentre la Lombardia prevede l'esenzione senza limiti temporali. Inoltre, le principali aree metropolitane hanno adottato meccanismi incentivanti che prevedono l'accesso gratuito alle zone a traffico limitato e il libero utilizzo dei parcheggi a pagamento delimitati dalle strisce blu, con l'effetto indiretto di ottenere una riduzione degli introiti fiscali su scala locale.

Nelle prospettive di riordino della fiscalità sui prodotti energetici destinati al settore dei trasporti si dovrà sicuramente tener conto anche del tema del "tax gap" evidenziato negli studi del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) e dall'Agenzia delle Dogane. Infatti, incrociando

i dati relativi ai “consumi in rete”, verificati dal MISE e i dati dell’Agenzia delle Dogane sui “ritorni in rete”, ossia dei carburanti ceduti originariamente ad operatori commerciali extrarete (rivenditori o grossisti), successivamente venduti ai distributori “no logo” (pompe bianche) emergono rilevanti discrasie. Infatti, la differenza tra i due macro aggregati fornirebbe, secondo gli studi del MISE e dell’Agenzia delle Dogane, una stima quantitativa di prodotto, espressa in litri, per i quali non sarebbe stata pagata l’accisa. I risultati ottenuti in termini di “tax gap” evidenzerebbero per il periodo 2012-2016 una costante crescita sostanziale per tutte e due le principali categorie di carburanti. In particolare, per la benzina la differenza tra i consumi rilevati dal MISE e quelli rilevati dall’Agenzia delle Dogane passa dall’ 1,7 per cento del 2012 al 2,8 per cento del 2016; mentre per il gasolio la differenza per lo stesso periodo passa dal 6,6 per cento all’11,1 per cento. In proposito, è interessante rilevare che la crescita del “tax gap” delle due categorie di prodotto sarebbe pressoché uguale: per la benzina il 64,7 per cento per il gasolio il 68,2 per cento. L’evoluzione verso sistemi di distribuzione più facilmente controllabili, come il sistema di distribuzione elettrica, potenzialmente potrebbe portare ad una graduale riduzione del fenomeno del “tax gap”.

Il vantaggio in termini di efficienza delle motorizzazioni dei veicoli elettrici ed elettrificati, comporta che anche a livelli simili di tassazione per unità di energia, le auto BEV e PHEV saranno soggette ad una tassazione inferiore per chilometro rispetto ai veicoli endotermici. Questo effetto è più rilevante se il livello di tassazione del carburante per unità di energia non è lo stesso per i prodotti petroliferi e l’elettricità. Questa differenza potrebbe divenire ancor più marcata se i carburanti sono tassati in base al contenuto di carbonio e se il mix energetico immesso nella rete elettrica sarà composto sempre più da fonti rinnovabili o con emissioni di anidride carbonica inferiore rispetto al mix di combustibili fossili liquidi utilizzati dalle auto.

In assenza di un adeguamento degli attuali regimi fiscali, la graduale diffusione di veicoli elettrici e PHEV nel medio-lungo periodo prevedibilmente andrà ad incidere negativamente in modo progressivo sulla base del gettito fiscale derivante dalle tasse sui veicoli e sui carburanti. La Tabella 49 permette una schematizzazione delle considerazioni sopra esposte.

Tabella 49 Sintesi dei principali effetti sulla fiscalità derivanti da una progressiva evoluzione del parco autoveicoli in Italia 2019-2030

| Principali tipologie di effetti sulla fiscalità | Effetti sulla fiscalità nazionale | Effetti sulla fiscalità regionale | Effetti sulle entrate comunali |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| IVA e accise sui combustibili fossili | Negativa | Negativa per le regioni autonome | |
| Introduzione di incentivi attraverso la riduzione del bollo regionale e dell’IPT | | Negativa | |
| Introduzione di incentivi indiretti attraverso riduzione dei costi dei parcheggi a pagamento e di accesso alle ZTL | | | Negativa |
| Riduzione del fenomeno del “tax gap” | Positiva | | |

Fonte: elaborazione Fondazione Caracciolo

Le possibili soluzioni, che il legislatore potenzialmente potrà introdurre al fine della riduzione degli effetti negativi sulla fiscalità complessiva derivanti da una progressiva evoluzione del parco autovetture a vantaggio delle auto BEV e PHEV rispetto alle ICE, comprendono:

- a) adeguamenti delle soglie di emissione che definiscono la misura in cui le tasse di immatricolazione dei veicoli sono soggette a tariffe differenziate;
- b) adeguamenti delle imposte applicate ai combustibili fossili;
- c) revisione dei pedaggi per l'utilizzo delle infrastrutture stradali, differenziando in base alle prestazioni ambientali del mezzo ed ampliando il perimetro della viabilità soggetta a pedaggio.

Le entrate fiscali derivanti dai pedaggi, dal bollo auto, dalle accise e dall'IVA sui carburanti fossili costituiscono una fonte importante per il finanziamento delle manutenzioni e dello sviluppo della rete stradale. Queste voci costituiscono anche una componente rilevante per le spese delle famiglie, pertanto la piena comprensione degli effetti potenzialmente regressivi sulle famiglie è un elemento di attenzione rilevante nel potenziale riordino fiscale nel medio-lungo periodo. Inoltre, fattori quali il livello di congestione, che ha conseguenze dirette sul livello delle emissioni inquinanti dei veicoli endotermici perché rende meno efficienti i motori, potrebbero essere presi in considerazione nella fase di riordino e potenzialmente sono ritenuti più accettabili da parte dei contribuenti, se associati ad investimenti mirati all'efficientamento della rete di trasporto. Questo ad esempio è il caso dell'area C a Milano.

Una stima della potenziale evoluzione del gettito IVA e accise derivante dall'evoluzione delle motorizzazioni del parco circolante in Italia è stata effettuata dall'Unione Petrolifera (UP), sulla base di due scenari, che non differiscono per alcuni parametri base (ad esempio percorrenze o consumi medi annue delle diverse motorizzazioni), ma solo in base all'evoluzione delle caratteristiche del parco autovetture rispetto alle motorizzazioni. Fra i parametri principali considerati da UP vi è un'ulteriore riduzione delle percorrenze medie previste per le auto a benzina, che si stima passino da una media annua di 7.370 km del 2018 a 6.800 nel 2030, ed un leggero incremento per le auto diesel, che passano da 13.900 km a 15.000 km al 2030. L'efficienza di entrambe le principali motorizzazioni è prevista aumentare leggermente, tenendo conto che per le auto a benzina il consumo specifico, espresso in Km/litri è previsto passare dagli attuali 16,2 a 17,9 km/litro. Per il diesel questi valori sono previsti passare fra il 2018 e il 2030 da 18,8 a 20,4 km/litro con un efficientamento previsto del 8,5%, inferiore rispetto a quello delle motorizzazioni a benzina che si prevede sia del 10,5%.

Il primo scenario predisposto da UP ha stimato gli effetti sul gettito fiscale sulla base dell'ipotesi che al 2025 vi sia una percentuale del 7% di auto EV rispetto al totale, di cui 430 mila BEV e 765 mila PHEV. Al 2030 le stime sono di un parco circolante di un leggero calo, dagli stimati 35 milioni del 2018 ai 34,3 milioni, ed una percentuale di EV pari al 17% sul totale, di cui 1 milione di EV e 2,5 mln di PHEV. I risultati delle stime dell'Unione Petrolifera sono riassunti nella Tabella 50 e prevedono un calo del gettito fiscale complessivo pari a 3,45 miliardi di Euro al 2030 rispetto all'anno base del 2018.

Tabella 50 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto stimato da UP in mld di Euro

| | 2018 | 2020 | 2025 | 2030 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Benzina (incluse HEV e PHEV) | 7,206 | 7,000 | 6,442 | 6,350 |
| Gasolio motori (incluse HEV) | 10,591 | 10,598 | 9,698 | 7,861 |
| GPL | 0,609 | 0,617 | 0,628 | 0,576 |
| Metano | 0,069 | 0,098 | 0,170 | 0,234 |
| TOTALE (in mld di Euro) | 18,474 | 18,313 | 16,939 | 15,020 |

Fonte: Unione Petrolifera

L'UP ha stimato un secondo scenario relativo agli effetti sul gettito fiscale derivante dall'evoluzione delle motorizzazioni del parco circolante in Italia, sulla base dell'ipotesi che lo scenario previsto dalla bozza del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima del gennaio 2019 presentato dall'Italia alla Commissione sia pienamente rispettato nel settore dei trasporti al 2030 grazie ad un forte sviluppo delle auto elettrificate. Questo scenario prevede 4,5 milioni di auto PHEV e 1,6 milioni di auto BEV al 2030, mentre le auto a combustibili fossili si ridurranno con l'eccezione delle autovetture con motori a GPL e metano. In particolare, questo scenario PNIEC prevede un parco circolante complessivo di 36,6 milioni di auto, di cui 17,534 mln a benzina, 7,469 mln diesel, 3,103 mln a GPL e 2,40 mln a metano. I risultati di queste stime dell'Unione Petrolifera relative allo scenario PNIEC sono schematizzati nella Tabella 51 e prevedono un calo del gettito fiscale complessivo pari a 5,063 miliardi di Euro al 2030 rispetto all'anno base del 2018.

Tabella 51 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito PNIEC stimato da UP in mld di Euro

| | 2018 | 2030 |
|--------------------------------|---------------|---------------|
| Benzina (incluse HEV e PHEV) | 7,206 | 7,794 |
| Gasolio motori (incluse HEV) | 10,591 | 4,604 |
| GPL | 0,609 | 0,720 |
| Metano | 0,069 | 0,283 |
| TOTALE (in mld di Euro) | 18,474 | 13,411 |

Fonte: Unione Petrolifera

La stima dell'evoluzione del gettito fiscale derivante dalla tassazione sui carburanti per autotrazione di autovetture al 2030 sulla base dei tre scenari proposti nel capitolo 5, definiti come di programma, tecnologico accelerato e di mobilità sostenibile, può essere effettuata tenendo in considerazione alcuni elementi parametrici offerti dagli scenari predisposti dall'Unione Petrolifera (ad esempio i consumi annui per vettura, i valori parametrici dell'IVA e delle accise per le diverse forme di energia), con alcuni adattamenti legati al maggior dettaglio delle tipologie di vetture previste negli scenari (ad esempio, distinguendo fra PHEV a benzina e diesel).

Nel caso dello “scenario di programma”, che prevede un parco auto complessivo di 35,9 milioni di mezzi, di cui circa 1,8 milioni BEV e 1,3 milioni PHEV, il gettito fiscale stimato scende di 2,130 miliardi di Euro all’anno, passando da 18,474 del 2018 a 16,344 miliardi di Euro del 2030.

Tabella 52 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito di Programma in mld di Euro

| Scenario di programma | Parco auto complessivo stimato al 2030 | Stima gettito fiscale IVA e accise al 2030 (Euro) |
|-----------------------|--|---|
| Benzina | 10.833.133 | 4.225.268.530 |
| HEV benzina | 3.063.151 | 1.159.513.907 |
| Benzina+gpl | 2.496.062 | 587.113.672 |
| Benzina+metano | 1.374.287 | 162.246.248 |
| Diesel | 14.577.568 | 9.623.521.460 |
| HEV diesel | 442.846 | 169.833.283 |
| PHEV benzina | 969.085 | 209.576.725 |
| PHEV Diesel | 323.565 | 207.202.225 |
| BEV | 1.795.593 | |
| Idrogeno | 30.001 | |
| Totale | 35.905.291 | 16.344.276.051 |

Fonte: elaborazione Fondazione Caracciolo sulla base di stime del capitolo 5 ed UP

Nel caso dello scenario definito Tecnologico accelerato, che prevede un parco auto complessivo di 35,9 milioni di mezzi, di cui circa 2,5 milioni BEV e 3,5 milioni PHEV come dettagliato nella Tabella 53, il gettito fiscale stimato scende di 2,772 miliardi di Euro all’anno, passando da 18,474 del 2018 a 15,702 miliardi di Euro del 2030.

Tabella 53 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito tecnologico accelerato in mld di Euro

| Scenario tecnologico accelerato | Parco auto complessivo stimato al 2030 | Stima gettito fiscale IVA e accise al 2030 (Euro) |
|---------------------------------|--|---|
| benzina | 9.651.133 | 3.764.250.706 |
| HEV benzina | 3.388.151 | 1.282.538.211 |
| benzina+gpl | 2.070.062 | 486.911.664 |
| benzina+metano | 1.688.287 | 199.316.614 |
| diesel | 13.256.568 | 8.751.450.628 |
| HEV diesel | 615.846 | 236.179.503 |
| PHEV benzina | 1.447.085 | 312.950.191 |
| PHEV Diesel | 1.044.565 | 668.911.014 |
| BEV | 2.531.593 | |
| Idrogeno | 221.001 | |
| Totale | 35.914.291 | 15.702.508.531 |

Fonte: elaborazione Fondazione Caracciolo sulla base di stime del capitolo 5 ed UP

La Tabella 54 dettaglia gli esiti delle stime relative al caso “scenario di Mobilità sostenibile”, che prevede un parco auto complessivo di 34,6 milioni di mezzi, di cui circa 1,66 milioni BEV e 1,2milioni PHEV. In questo scenario il gettito fiscale stimato scende di 2,640 miliardi di Euro all’anno, passando da 18,474 del 2018 a 15,834 miliardi di Euro del 2030.

Tabella 54 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito di Mobilità sostenibile in mld di Euro

| Scenario di Mobilità sostenibile | Parco auto complessivo stimato al 2030 | Stima gettito fiscale IVA e accise al 2030 (Euro) |
|----------------------------------|--|---|
| Benzina | 10.502.133 | 4.096.167.938 |
| HEV benzina | 2.874.151 | 1.087.970.543 |
| Benzina+gpl | 2.403.062 | 565.238.586 |
| Benzina+metano | 1.308.287 | 154.454.388 |
| Diesel | 14.223.568 | 9.389.824.961 |
| HEV diesel | 409.846 | 157.177.646 |
| PHEV benzina | 896.085 | 193.789.564 |
| PHEV Diesel | 296.565 | 189.912.159 |
| BEV | 1.660.593 | |
| Idrogeno | 27.001 | |
| Totale | 34.601.291 | 15.834.535.786 |

Fonte: elaborazione Fondazione Caracciolo sulla base di stime del capitolo 5 ed UP

Come evidenziato nei precedenti capitoli, gli scenari relativi all’evoluzione del gettito fiscale qui descritta derivano principalmente dall’ipotesi di rispetto di accordi internazionali e comunitari frutto di scelte di policy di natura ambientale e sanitaria giuridicamente vincolanti a livello europeo. Le policy mirano a ridurre i costi sociali per la collettività derivanti dalle esternalità del settore dei trasporti, pertanto i minori introiti per lo Stato legati alla minor tassazione sui vettori energetici sono accompagnati dalla riduzione degli impatti socio-economici derivanti da inquinanti locali e da gas climalteranti. In particolare, sulla base di stime basate sui dati estratti dal Handbook on the external costs of transport edito dalla Commissione europea nel 2019, emerge che nel caso di un veicolo che compie 12.000 km annui, di cui il 50% in ambito urbano e il 50% in ambito rurale, la differenza in termini di costi esterni fra un veicolo BEV ed uno Euro 6 a benzina rispetto alle tre tipologie di esternalità che costituiscono elementi differenziali (inquinanti locali, gas climaalteranti ed effetti wheel to tank calcolati sulla base di un mix energetico medio europeo) è pari a 76,3 Euro all’anno. Nel caso di motorizzazione diesel è di 141,3 Euro all’anno⁷⁰. Queste differenze divengono molto più rilevanti nel caso di auto a prevalente uso urbano (taxi o auto in car sharing), che compiono distanze annue superiori. Ad esempio, nel caso di auto che percorrono 20.000 km annui in ambito urbano la differenza sale

⁷⁰ Nel caso di sostituzione di auto Euro 3 benzina o diesel con auto BEV, obiettivo di politiche nazionali e regionali, questi valori salgono rispettivamente a 320 e 326 Euro.

rispettivamente a 163,3 e 314 Euro. Nell'ipotesi, molto comune fra gestori di flotte di BEV e come policy industriale fra i gestori di infrastrutture di ricarica⁷¹, di strategie di approvvigionamento energetico dell'elettricità da fonti 100% rinnovabili la differenza in questo secondo caso sale ulteriormente a 424 e 574 Euro all'anno. L'efficacia delle strategie verso la sostenibilità, misurata attraverso il rapporto fra il valore economico degli effetti ambientali attesi ed eventuali sussidi pubblici tesi al rinnovo della flotta, diventa particolarmente elevata nel caso di sostegno all'ammodernamento dei mezzi utilizzati per il trasporto pubblico urbano, elemento che caratterizza lo scenario di mobilità sostenibile proposto nel capitolo 5. Infatti, utilizzando i parametri proposti dalla Handbook della Commissione europea relativi agli autobus, con percorrenza annua media di 50.000 km e alimentazione con solo energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili⁷², la differenza in termini di esternalità ambientali fra i più moderni bus diesel e i bus elettrici è pari a 8.670 Euro all'anno. Questo valore sale a 24.055 Euro l'anno se la sostituzione è di un bus Euro 3 diesel. Nei due esempi qui descritti relativi ai bus i benefici per la collettività in termini di riduzione delle esternalità sono rispettivamente pari ad oltre 60 ed oltre 170 volte superiori rispetto a quanto ottenuto nel caso di un cambio di motorizzazione rispetto ad un veicolo diesel utilizzato sulla base dei parametri medi nazionali⁷³. Inoltre, la riduzione dei rumori e delle vibrazioni rese possibili dai bus elettrici contribuiscono ad aumentare l'attrattività del sistema del trasporto pubblico locale, come previsto nello scenario di mobilità sostenibile al 2030.

In sintesi, l'efficacia in termini di contributo alla sostenibilità ambientale del supporto all'evoluzione energetica della flotta di bus in ambito urbano è molto più elevata rispetto al sussidio al rinnovo del parco auto privato che opera con valori medi. L'efficacia per la collettività, infatti, è strettamente legata a quanto più elevati sono i km annui percorsi dai nuovi mezzi e quanto più le percorrenze avvengono in ambito urbano, oltreché alle differenze nei consumi dei motori.

6.7 Il ruolo dei contributi pubblici per il sostegno all'evoluzione delle motorizzazioni negli scenari Tecnologico accelerato e di Mobilità sostenibile

Per poter perseguire gli obiettivi di decarbonizzazione del settore dei trasporti in modo più incisivo rispetto allo scenario di programma, i due scenari di progetto, quello Tecnologico accelerato e quello di Mobilità sostenibile richiedono un supporto alla transizione che prevede importanti contributi pubblici a livello europeo, nazionale e regionale.

I contributi pubblici nazionali e delle sei regioni con programmi ad hoc, che si stima abbiano un valore complessivo nell'ordine dei 250 milioni nel triennio 2019 – 2021, sono da considerarsi dei costi per la collettività derivanti dal sostegno alla transizione verso motorizzazioni più efficienti.

⁷¹ Ad esempio sono i casi di BeCharge, il secondo gestore per numero di infrastrutture di ricarica pubbliche in Italia, o dei veicoli ausiliari che compongono la flotta di ATM.

⁷² Questo è il caso ad esempio delle principali aziende di trasporto pubblico locale operanti a Torino e Milano.

⁷³ I parametri medi nazionali qui utilizzati per il confronto sono relativi ad un auto Euro 6 diesel che compie 12.000 km di cui il 50% in ambito urbano e il 50% in ambito rurale.

Il ruolo incentivante del supporto pubblico, giustificato da logiche di sostenibilità ambientale e teso a ridurre le barriere all'efficientamento del settore dei trasporti, ha come obiettivo quello di incrementare la diffusione di auto elettriche attraverso policies in grado di incidere su tre aspetti specifici in grado di influenzare la domanda:

- il differenziale di costo fra le auto elettrificate e le auto a motori endotermici;
- lo sviluppo delle rete di ricarica sia in ambito privato sia pubblico;
- il superamento della "range anxiety" attraverso campagne informative rispetto alla diffusione della rete di ricarica e alle modalità di gestione delle ricarica.

Gli incentivi europei, oltre a quelli dedicati agli sviluppi industriali e ricadenti all'interno del programma Horizon2020 precedentemente descritti, sono tesi allo sviluppo di ricariche fast ed ultrafast lungo i corridoi dei transeuropean networks (TEN-T), prevedendo un co-finanziamento a fondo perduto del 20% del costo dell'investimento, e alla promozione di campagne informative sui benefici della transizione energetica.

A livello italiano, l'attuale set di iniziative governative e regionali prevede un mix di contributi, il più rilevante dei quali è messo in atto dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti con il fondo da 200 milioni di Euro per il periodo 2019-2021, di cui 60 milioni per il 2019 e 70 milioni annui per il biennio 2020-2021, previsto per il rinnovo del parco autoveicoli con logica mutuata da iniziative similari portate avanti in Francia e definito bonus/malus.

Dal 1° marzo 2019 è entrato in vigore il meccanismo bonus/malus in cui è previsto un bonus incentivante i veicoli a basse emissioni ed un malus (ecotassa), che colpisce invece i veicoli al di sopra dei 160 gCO₂/km. Da 71 a 160 g/km di emissione di CO₂ i veicoli sono esclusi sia dal bonus che dall'ecotassa; questa fascia comprende molti modelli di auto alimentati a gpl e a metano. L'ecobonus è parametrato al numero dei grammi di biossido di carbonio emessi per chilometro, che in caso di contestuale rottamazione (di un veicolo Euro 1,2,3,4) è pari a 2.500 euro se le emissioni sono comprese tra 21 e 70 g/km, e a 6.000 euro se comprese tra 0 e 20 g/km. Sono ammessi al contributo i veicoli di categoria M1 nuovi di fabbrica acquistati, anche in locazione finanziaria, ed immatricolati in Italia, nel periodo dal 1° marzo 2019 al 31 dicembre 2021, con prezzo risultante dal listino prezzi ufficiale della casa automobilistica produttrice inferiore a 50.000 euro IVA esclusa. Il contributo è riconosciuto ai veicoli, che producono emissioni di anidride carbonica (CO₂) allo scarico non superiori a 70 g/km. Il contributo statale è corrisposto dal venditore all'acquirente mediante compensazione con il prezzo di acquisto e non è cumulabile con altri incentivi di carattere nazionale, mentre è cumulabile con le iniziative di carattere regionale, creando forti differenze fra ambiti geografici in Italia. Le imprese costruttrici o importatrici del veicolo nuovo rimborsano al venditore l'importo del contributo e recuperano tale importo sotto forma di credito d'imposta, da utilizzare esclusivamente in compensazione. In assenza di rottamazione varia anche il contributo, che è pari a 1.500 euro se le emissioni sono comprese tra 21 e 70 g/km e a 4.000 euro se comprese tra 0 e 20 g/km. Le auto con emissioni superiori a 160 gCO₂/km sono soggette all'ecotassa in misura dei livelli di emissione, compresa fra i 1.100 e i 2.500 Euro in fase di acquisto.

Le stime di accompagnamento delle policies nazionali indicano in un range compreso fra le 35.000 e le 45.000 auto che potrebbero ottenere il bonus a seconda del rapporto fra PHEV e BEV acquistate. I modelli potenzialmente beneficiari nel 2019 sono solo 22 BEV e 13 PHEV, ma è prevedibile che potranno raddoppiare già nel 2020. I dati relativi ai primi sei mesi di operatività della misura governativa indicano in 8.250 i veicoli BEV e PHEV beneficiari del contributo, di cui 5.000 immatricolati da società di noleggio o aziende.

Le politiche regionali più incisive ad integrazione di quelle nazionali sono sicuramente quelle sviluppate in Lombardia. Infatti, in attuazione del Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell'Aria (PRIA) e dell'Accordo di bacino padano del 2017, la Regione Lombardia ha messo a disposizione per questo tema per il periodo 2019-2020, 26,5 milioni di euro così ripartiti: 8,5 sono destinati alle imprese per la sostituzione dei veicoli leggeri dedicati al trasporto merci e 18 sono destinati ai cittadini per le automobili.

Il contributo a fondo perduto in favore dei privati cittadini segue un principio di vantaggio nei confronti dei veicoli che producono meno emissioni di PM, NOX e CO₂. Lo stanziamento di 18 milioni di euro prevede le seguenti specifiche:

- Radiazione per demolizione di un autoveicolo per il trasporto persone con alimentazione a benzina fino ad Euro 2/II incluso o diesel fino ad Euro 5/V incluso.
- Acquisto, anche nella forma del leasing finanziario, un'autovettura di nuova immatricolazione oppure usata in grado di garantire basse emissioni di inquinanti.
- Applicazione da parte del venditore di uno sconto di almeno il 12% sul prezzo di listino del modello base, al netto di eventuali allestimenti opzionali, con uno sconto di almeno 2.000 € (IVA inclusa).
- Cumulabilità con altri incentivi diversi dalla presente misura.
- Ammissibilità degli interventi (radiazione e acquisto) effettuati a partire dal 2 agosto 2018 (data di approvazione della delibera che ha introdotto nuove limitazioni della circolazione dei veicoli inquinanti).

È previsto un contributo per chi demolisce veicoli inquinanti (fino a Euro1 a benzina e fino a Euro3 a gasolio) e l'esenzione triennale dal pagamento della tassa auto per chi acquista autovetture nuove o usate Euro 5 o 6, a benzina, bifuel (benzina/GPL o benzina/metano) o ibride (benzina/elettrica).

È poi previste la riduzione del 50% della tassa auto per cinque anni per veicoli a doppia alimentazione benzina/elettrico, compresi quelli a ricarica esterna o GPL/elettrico o metano/elettrico, immatricolati nel 2019, e l'esenzione permanente per i veicoli a idrogeno.

Il contributo stanziato da Regione Lombardia per le automobili private oscilla da 2.000 a 8.000 euro in funzione dei valori delle emissioni inquinanti.

- Da 2.000 a 4.000 euro sono erogati alle vetture con emissioni di CO₂ superiori a 95 g/km e fino a 130 g/km e con e NOX compresi fra i 60 e i 126 mg/km.
- Da 3.000 a 5.000 per emissioni di CO₂ superiori 60 g/km e fino a 95 g/km e con emissioni di NOX fra i 60 e i 126 mg/km.

- Da 4.000 a 6.000 euro per auto con emissioni di CO₂ fino a 60 g/km e di NO_x fra i 60 e i 126 mg/km.

Le auto elettriche, ovvero quelle con emissioni di CO₂ e NO_x zero, ricevono 8.000 euro di contributo regionale in Lombardia, mentre i veicoli destinati alle imprese ricevono contributi che variano da 2.000 a 20.000 euro a seconda della categoria di emissioni.

La cumulabilità dell'incentivo nazionale e regionale in Lombardia può portare in caso di rottamazione ad ottenere un incentivo complessivo di 16.000 Euro per l'acquisto di un'auto elettrica, derivante dalla somma di 6.000 Euro di incentivo nazionale, 8.000 di quello regionale e 2.000 di sconto del concessionario.

In parallelo al meccanismo di incentivazione al parco auto, la Regione Lombardia, con l'obiettivo di mitigare gli effetti sui comportamenti derivanti dalle diverse forme di restrizione al traffico dei possessori di auto con oltre 10 anni o comunque molto più inquinanti della media (attualmente quelle classificate a benzina Euro 0 e diesel Euro 0,1,2,3) che non sono economicamente in grado di affrontare la spesa per l'acquisto di un'auto più recente, mette a disposizione un nuovo strumento di policy. Da ottobre 2019, infatti, Regione Lombardia ha avviato un progetto sperimentale, definito Move-In (Monitoraggio dei Veicoli Inquinanti). Lo scopo è quello di promuovere modalità innovative per il controllo delle emissioni degli autoveicoli più inquinanti nelle zone regionali soggette ai blocchi del traffico, differenziando per livello di inquinanti e per tipologie di aree (urbane e metropolitane rispetto alle periurbane o di campagna). I cittadini proprietari di questi veicoli hanno la possibilità di richiedere una deroga chilometrica ai blocchi vigenti, monitorabile in base all'uso effettivo del veicolo e allo stile di guida adottato. Una scatola nera (black-box), installata sul veicolo, consente di rilevare le percorrenze reali attraverso il collegamento satellitare ad un'infrastruttura tecnologica dedicata. L'adesione al progetto Move-In comporta l'applicazione di una diversa articolazione delle limitazioni e delle deroghe vigenti per la circolazione degli autoveicoli più inquinanti, prevedendo la possibilità di avvalersi di una "deroga chilometrica", misurabile e controllabile, che estende le limitazioni vigenti a tutti i giorni della settimana e a tutte le ore del giorno (24 ore) consentendo così di prevedere un risparmio di emissioni. Tale risparmio emissivo può essere trasformato in chilometri che possono così essere redistribuiti nell'arco della giornata e della settimana, rispetto a quelli attualmente percorribili dagli autoveicoli limitati (per i veicoli ante Euro 3 esiste un articolato sistema di limitazioni in cui il transito è consentito in molti casi solo nelle giornate di sabato, domenica e festivi e nelle ore notturne dalle 19.30 alle 7.30). Il meccanismo è partito in fase sperimentale nell'ottobre del 2019 ed una volta superati alcuni temi relativi alle modalità di sanzione e di identificazione del numero di chilometri proporzionali alle logiche di incentivo alla sostenibilità, oltreché di controllo del comportamento degli utenti, può essere una formula utile sia per mitigare gli effetti ambientali in generale, ma soprattutto attenuare le forme di esclusione e di penalizzazione del diritto alla mobilità di chi, pur percorrendo un numero di chilometri annui limitati, si troverebbe obbligato ad acquistare una nuova auto per garantirsi il diritto alla mobilità.

L'esempio della Lombardia, che valorizza le nuove tecnologie per identificare in modo più chiaro le reali esternalità ambientali generate dal comportamento degli utenti, derivante dal

tipo di auto e dai contesti in cui viene utilizzata, permette l'attivazione di meccanismi incentivanti ed è pertanto, considerabile quale virtuoso esempio di accompagnamento alla transizione verso una mobilità eco-razionale. Questo strumento permette di tener conto dell'equità sociale, altrimenti non garantita da forme restrittive nei confronti di soggetti economicamente non in grado di acquistare auto più recenti.

Le iniziative della Regione Lombardia hanno anche l'obiettivo di essere complementare a quelle del Comune di Milano, che nel corso degli ultimi anni ha sperimentato diverse iniziative per la riduzione dei livelli di inquinamento dell'aria. Il Comune di Milano dall'ottobre del 2018 ha avviato anche una serie di politiche tese ad accompagnare l'introduzione dell'Area B, una vasta area che coincide con quasi tutto il perimetro amministrativo della città in cui non sono previsti pedaggi (al contrario di quanto accade nella più ristretta Area C attiva con diverse evoluzioni dal 2008), ma il traffico è limitato dal 25 Febbraio 2019 con divieto di accesso e circolazione per i veicoli più inquinanti oltre a quelli con lunghezza superiore ai 12 metri che trasportano merci. L'area B è entrata in vigore dal lunedì al venerdì dalle 7:30 alle 19:30, festivi esclusi. Il Comune ha stanziato circa 5,3 milioni di Euro per il 2018 e il 2019 per accompagnare queste misure restrittive all'accesso al traffico che colpiscono tutti i veicoli ante Euro 4 diesel (auto e veicoli leggeri), con un incentivo al massimo di 5.000 Euro per l'acquisto di veicoli nuovi o usati con motorizzazione meno inquinante (comprese le Euro 6 benzina, a metano, a GPL, ibride ed elettriche) accompagnato dalla rottamazione dei veicoli ante Euro 4. Nel periodo 11 Ottobre 2018 - 1 Agosto 2019 il numero di veicoli sussidiati è stato di soli 36, per un importo complessivamente erogato di 168.300 Euro per una media di 4.675 Euro a veicolo. Il successo molto limitato di questa politica di accompagnamento evidenzia come i soli criteri di incentivo economico non siano sufficienti per accompagnare lo sviluppo verso la modernizzazione delle motorizzazioni.

Le integrazioni all'intervento statale in altre Regioni hanno importi minori, tenendo conto che, ad esempio il fondo in Piemonte per il 2019 è pari a 4 milioni di Euro ed ha come target principale i veicoli commerciali delle piccole e medie imprese. Anche in Sardegna la consistenza del fondo è pari a 4 milioni di euro e il target sono le imprese. In questo caso gli interventi di sussidio sono destinati alle sole imprese e consistono nella sostituzione di un veicolo a motore di proprietà dell'impresa richiedente con un nuovo veicolo elettrico (full electric), della stessa tipologia di quello dismesso e giustificato dalla specifica attività svolta. L'incentivo consiste in una sovvenzione fino a un massimo del 75% dei costi ammissibili ed entro i massimali stabiliti dal bando per tipologia di veicolo elettrico, pari a 15.000 euro per auto, 20.000 euro per furgone e 25.000 per pulmino.

In Emilia Romagna, provincia di Bolzano, Provincia di Trento e Regione Friuli Venezia Giulia, il contributo a cittadini ed imprese oscilla fra i 2.000 e i 6000 euro a seconda della tipologia di auto (PHEV o BEV) e in alcuni casi il contributo è limitato alle famiglie sotto una determinata soglia di reddito (caso Emilia Romagna) o solo a fronte di riduzioni di prezzo da parte dei concessionari (caso Province di Trento e di Bolzano).

In Valle d'Aosta i contributi regionali stanziati per il 2020 sono pari a 1,4 milioni di Euro. Gli incentivi sono rivolti ai privati, con una residenza in Valle d'Aosta di almeno due anni, anche

non consecutivi, agli enti locali e loro forme associative, agli enti pubblici non economici dipendenti dalla Regione e agli enti strumentali, con un contributo a fondo perduto, pari al massimo al 25 per cento della spesa ammissibile nella misura massima di 5.000 euro a veicolo.

| Regione | BEV/PHEV | Finanziamenti regionali 2019-2020 | Esenzione bollo 5 anni BEV | Esenzione bollo elettriche ibride (anni) ⁱⁱⁱ |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|
| Piemonte | BEV e PHEV* | 4 milioni | ✓ ⁱ | 5 |
| Valle d'Aosta | | ND | ✓ | 4 |
| Lombardia | BEV e PHEV** | 26,5 milioni | ✓ | 5 |
| Trentino Alto Adige | BEV e PHEV | 20 milioni | ✓ | 5 |
| Friuli Venezia | BEV e PHEV | 1.400.000 | ✓ | |
| Veneto | BEV e PHEV | 500.000 | ✓ | 3 |
| Emilia Romagna | BEV e PHEV (con ISEE <35.000 €) | 485.000 | ✓ | 2 |
| Liguria | | | ✓ | 4 |
| Toscana | | | ✓ | 5 |
| Marche | | | | 5 |
| Umbria | | | ✓ | |
| Lazio | | | ✓ | 3 |
| Abruzzo | | | ✓ | 5 |
| Molise | | | ✓ | |
| Campania | | | ✓ | 3 |
| Puglia | | | ✓ | 5 |
| Basilicata | | | ✓ | 5 |
| Calabria | | | ✓ | |
| Sicilia | | | ✓ | |
| Sardegna | BEV*** | 4 milioni | ✓ | |

* solo per aziende che operano sul territorio

ⁱ Esenzione permanente

** BEV, PHEV e auto meno inquinanti oltre alimentazioni nuove e usate

*** solo per aziende che operano sul territorio da almeno 5 anni

ⁱⁱ gli anni di esenzione variano da regione a regione

ⁱⁱⁱ Molte Regioni hanno introdotto, a partire dal 2014-2016, esenzioni al pagamento del bollo auto anche per veicoli ibridi con durata variabile da 2 a 5 anni, tra queste: la Toscana è stata la prima nel 2009, l'Abruzzo l'ultima nel 2019; Campania, Emilia Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Piemonte, Puglia, Umbria, Veneto etc.

La specificità dell'intervento è il focus sulla rottamazione di auto degli Enti locali e loro forme associative, agli enti pubblici non economici dipendenti dalla Regione e agli enti strumentali. Infatti, in questi casi l'incentivo a fondo perduto per l'acquisto e il leasing di veicoli elettrici, ibridi plug-in e a celle di combustibili sale a 15.000 Euro a veicolo, o comunque pari al massimo al 50% della spesa ammissibile.

Le policy nazionali e regionali si stima potranno complessivamente permettere di accelerare in modo limitato l'evoluzione del parco auto verso motorizzazioni più sostenibili in quanto i meccanismi incentivanti non andranno ad incidere su più di 70-80.000 auto nel complesso di oltre 5,5 milioni di auto che si stima possano essere immatricolate nel triennio 2019-2021 (pari al 1,4%) e rispetto ai 35,9 milioni di auto del parco totale in Italia (0,22%).

In ogni caso questi strumenti incentivanti possono avere un ruolo importante per avviare un processo di informazione, attraverso l'esemplificazione, in grado di modificare l'approccio culturale alla mobilità e la percezione delle potenzialità della mobilità elettrica anche per un numero più ampio di utenti, in attesa che le case automobilistiche propongano un numero di modelli più ampio, con autonomia più elevata e a minori costi, come previsti nei prossimi anni.

In realtà ai fini della sostenibilità ambientale il focus dei meccanismi incentivanti dovrebbe essere più mirato ed in particolare rivolto ai settori che si avvalgono di mezzi che compiono gran parte delle distanze nell'ambito metropolitano, ad iniziare dalle flotte dei taxi, degli operatori di car-sharing, dei mezzi commerciali per la distribuzione di merci ai negozi e ai pubblici esercizi, oltreché ad operatori di trasporto pubblico locale. È, infatti, negli ambiti metropolitani dove i vantaggi ambientali ed economici del cambio della motorizzazione sono più rilevanti e con un miglior rapporto fra benefici e costi del sussidio pubblico effettuato, che altrimenti rischia di cadere su utilizzatori saltuari, o su detentori di più auto, o utilizzatori in ambiti rurali.

In particolare, sono due gli elementi chiave che evidenziano come siano le grandi città e in particolare quelle della Pianura Padana dove il numero di giorni all'anno in cui vi è uno sfioramento del livello di guardia delle polveri sottili è superiore in media di quasi tre volte rispetto a quanto consentito dai regolamenti comunitari, il contesto specifico su cui si dovrebbero incentrare le politiche in grado di favorire la sostituzione dei motori alimentati a combustibili fossili con quelli elettrici o elettrificati. Il primo elemento è evidente: il vantaggio ambientale e sanitario derivante dall'azzeramento delle emissioni allo scarico, che permette l'annullamento di tutti gli inquinanti locali ad eccezione dei particolati dovuti agli attriti, è a vantaggio diretto di un gran numero di persone che abitano o lavorano nelle aree metropolitane rispetto ad altri contesti rurali o di territori più ventosi⁷⁴. A questa componente di benefici, che si possono tradurre in termini economici in risparmi di costi sanitari e di riduzione di giorni di lavoro persi per malattie respiratorie e cardiovascolari, si aggiunge un ulteriore specifico elemento operativo strettamente legato al recupero dell'energia generata in fase di frenatura. Questo costituisce una componente di efficienza operativa differenziale rispetto alle alimentazioni dei motori con combustibili fossili rilevante nei contesti in cui lo "stop and go" tipico delle aree urbane dove la presenza di code ai semafori e agli incroci è molto frequente. In questi contesti le differenze di efficienza nei consumi delle alimentazioni EV rispetto agli ICE sono molto marcate e con risparmi di costi operativi superiori al 62% (costo per veicolo*km pari a 4 centesimi nella versione BEV rispetto a 10,50 centesimi nella versione ICE benzina⁷⁵). In sintesi, vi è una relazione diretta fra il numero di chilometri annui percorsi in ambito metropolitano con livelli di traffico elevato, dove le velocità medie sono basse e i rallentamenti sono frequenti, e i benefici socio-economici derivanti dall'uso di mezzi elettrici rispetto a mezzi alimentati con combustibili fossili e sarebbe, pertanto, un segnale corretto ed importante

⁷⁴ Sulla base delle indicazioni che derivano dal Handbook on the external costs of transport edito nel 2019 dalla Commissione Europea, il rapporto fra il costo degli inquinanti locali (particolati, ossido di azoto e ossido di zolfo) emessi da un'auto elettrica in ambito metropolitano rispetto ad un'auto a benzina Euro 6 è di 1 a 2,8 e rispetto ad un'auto diesel Euro 6 è di 1 a 17,2. Questo rapporto scende rispettivamente a 1 a 1,6 e a 1 a 9,2 nel caso di contesti rurali.

⁷⁵ Stima riferita ad una Nissan Leaf in ambito urbano con consumo stimato di 16 kWh per 100 km nella versione BEV e 7 litri per 100 km nella versione di un'auto simile (Opel Astra) a benzina.

avviare le politiche nazionali e regionali di sostegno all'elettrificazione della mobilità partendo in modo più mirato da questi contesti.

Conclusioni

Dall'osservazione alla valutazione ecorazionale

Il presente rapporto di ricerca, frutto della collaborazione scientifica tra la Fondazione Caracciolo-ACI, l'ENEA e il CNR-DIITET, è stato realizzato con l'obiettivo di fornire un supporto conoscitivo utile, anche se non esaustivo, per una pianificazione ecorazionale della necessaria transizione energetica nel campo dell'autotrazione. Il rapporto propone una valutazione indipendente, oggettiva e neutrale di alcune possibili strategie per la transizione energetica nel campo della mobilità e pone le basi per una pianificazione capace di considerarne i possibili effetti, di medio e lungo periodo, ambientali, economici e sociali. Questo approccio è di particolare importanza in un settore come quello dell'automobile in cui la traiettoria evolutiva delle fonti energetiche e delle tecnologie di trazione lasciano ampi margini di incertezza sulle modalità e sui tempi.

L'analisi delle caratteristiche della mobilità nazionale, dell'evoluzione dei sistemi di propulsione, la valutazione del dibattito scientifico sulle emissioni prodotte nell'intero ciclo di vita dei veicoli (elettrico e termico in particolare), la stima degli scenari emissivi e dell'impegno necessario a conseguire gli sfidanti obiettivi comunitari, nonché alcune considerazioni sugli impatti economici e sociali delle misure possibili hanno permesso di integrare le valutazioni espresse nel corso dei lavori dell'Osservatorio "Muoversi con Energia" in questi ultimi due anni.

Lo studio fornisce, inoltre, alcune valutazioni quantitative sullo sforzo che l'Italia dovrà affrontare per centrare l'obiettivo di riduzione delle emissioni imposto dai parametri comunitari ed offre alcuni elementi di riflessione sulle possibili ricadute occupazionali, di equilibrio finanziario e di equità sociale che si profilano sulla linea dell'orizzonte energetico al 2030.

La ricerca, oltre a fornire idee e soluzioni nuove, deve assolvere anche la delicata funzione di fornire le informazioni corrette, basate su una valutazione complessiva delle problematiche, oltre che delle possibili soluzioni e dei loro costi, attraverso strumenti di analisi costantemente aggiornati, sviluppati e calibrati da enti e centri di ricerca indipendenti, ove possibile realizzati in collaborazione con i principali stakeholders del settore.

L'importanza di considerare l'intero processo emissivo

In linea con le conclusioni dell'Osservatorio sono apparse le riflessioni sull'importanza del metodo Life Cycle Assessment (LCA). Nel corso dei lavori gli operatori avevano espresso infatti l'esigenza di proseguire negli investimenti, potendo contare su un quadro di riferimento che tenesse conto degli impatti ambientali, dal punto di vista delle emissioni inquinanti allo scarico, ma soprattutto in termini di emissioni di gas serra, che un veicolo produce durante il suo intero ciclo di vita (dalla produzione alla distribuzione del vettore energetico, dalla produzione all'uso del veicolo, fino alla sua dismissione/rottamazione/riciclo). Lo studio ha dimostrato come l'estensione delle stime emissive di CO₂ anche alla fase di produzione del veicolo e di generazione dell'energia possa restituire risultati più accurati, superando i limiti di un metodo basato esclusivamente sulle emissioni allo scarico.

Dal punto di vista degli esiti finali, premessa la molteplicità delle variabili in gioco, che possono spostare significativamente i risultati, è possibile ritenere che, se vengono confrontati veicoli dello stesso segmento sull'intero ciclo di vita, i veicoli elettrici (EV) garantiscono un vantaggio variabile tra il 20 ed il 36% nelle emissioni di CO₂ rispetto ai veicoli a combustione interna (ICEV) alimentati con benzina e/o gasolio, poiché l'impatto maggiore nella fase di produzione dei veicoli elettrici (BEV) è più che compensato dall'impatto più basso della fase di uso. La variabilità della forbice dipende da diversi fattori. In uno degli studi più recenti e completi sull'argomento, l'analisi di due modelli di segmento medio (veicolo con 1500cc a benzina e veicolo BEV di potenza equivalente) ha consentito di misurare l'andamento delle emissioni in funzione dei chilometri percorsi e del mix energetico utilizzato.

La misurazione delle emissioni generate nella sola fase di fabbricazione consente di concludere che la produzione del veicolo BEV comporti l'82% in più di emissioni di CO₂ rispetto a quella di un analogo veicolo ICE a benzina. Questo differenziale si riduce in funzione dei chilometri, raggiungendo il punto di pareggio a circa 45.000 km (la stima è calcolata prendendo a riferimento il mix energetico europeo). Su percorrenze superiori, il vantaggio dei BEV risulta maggiore, con una differenza del 37% a 150.000 km e del 45% su 250.000 km, senza tenere conto delle possibili variazioni del fattore emissivo della filiera del vettore energetico durante il ciclo di vita del veicolo.

Conoscere per deliberare

La complessiva analisi delle pubblicazioni di settore dedicate al tema degli impatti secondo l'approccio "cradle to grave" (dalla culla alla tomba) ha fornito alcuni chiarimenti iniziali ed ha rilevato anche quali campi di ricerca sono ancora da esplorare. Con un aggiornamento delle stime riportate in letteratura, prendendo a riferimento non solo i cicli di omologazione ma anche i cicli d'uso reale (RDE), si potrebbero, ad esempio, fornire risultati – ancora oggi non disponibili in letteratura – più rappresentativi della fase d'uso. Altrettanto carenti appaiono oggi le informazioni relative alle analisi LCA di veicoli con trazione ibrida per tutte le varie tipologie previste, tenendo conto della diversità e complessità delle architetture. La struttura e le caratteristiche d'uso di alcuni modelli plug-in fanno pensare che questi veicoli, in grado di percorrere anche 50 km in modalità totalmente elettrica, possano rivelarsi altamente efficienti sotto il profilo ambientale in città.

In relazione alla fase di dismissione/riciclo, sono necessarie ulteriori analisi, soprattutto su ciò che concerne le batterie, dal momento che sono pochi o quasi nulli i dati presenti in letteratura, per consentire un'analisi completa, in particolare sullo smaltimento o l'eventuale riutilizzo delle batterie come accumulatori in impianti fissi.

Gli scenari emissivi

La declinazione di un piano strategico di interventi, oltre che su una valutazione emissiva di tipo LCA, deve potersi poggiare su una lettura attenta all'intero quadro di riferimento. Assumendo a faro dell'azione di governo gli obiettivi comunitari, risulta prioritario valutare

quali possano essere gli impatti emissivi legati all'evolversi naturale del mercato e quanto gli stessi si discostino dai paletti europei e quindi necessitino di ulteriori interventi di policy.

Al riguardo, i risultati dello studio portano a concludere che, pur in assenza di interventi di governance, l'evoluzione naturale del processo tecnologico e di mercato consentirà di contenere le emissioni di CO₂ su livelli assai prossimi agli obiettivi fissati dall'Europa al 2030.

Guardando agli obiettivi europei del venduto, si è stimato che, in una proiezione tendenziale basata sui programmi e sulle azioni già adottate, le emissioni medie di CO₂ dei veicoli immatricolati al 2030 saranno pari a 82,18 g/km, un valore prossimo rispetto all'obiettivo comunitario di 68,39 (il valore è stimato sul ciclo di omologazione WLTP). Si tratta di un dato sensibilmente più basso rispetto a quello attuale (2018) valutato in circa 128 g/km.

Con l'obiettivo di considerare le emissioni complessive del comparto, si è deciso, inoltre, di stimare anche le emissioni complessivamente generate dall'intero settore automobilistico. Nello specifico, pur nella difficoltà di valutare congiuntamente tutte le variabili in continua evoluzione, che condizioneranno gli scenari emissivi nei prossimi dieci anni, si è stimato che, in mancanza di azioni del Governo nazionale e dei governi locali (cd. scenario di Programma), le emissioni totali del parco autovetture circolante in Italia al 2030 saranno pari a 54,5 Mt CO₂ eq.

Una proiezione, sviluppata in coerenza agli obiettivi comunitari, fa ritenere che per il raggiungimento dei target imposti, le emissioni totali al 2030, non dovrebbero superare 48,8 Mt CO₂ eq., e quindi ridursi rispetto alle proiezioni inerziali dell'11%.

Una distanza che potrà modificarsi in futuro in funzione di eventi ad oggi non misurabili legati all'evoluzione tecnologica dei motori e alle scelte di acquisto dei consumatori; una distanza che, tuttavia, appare ad oggi alla portata del Paese.

Merito di questa sezione di ricerca è quello di aver valutato l'impatto emissivo tenendo conto di aspetti legati a diverse variabili. Lo studio in particolare non tiene conto soltanto delle emissioni "dal serbatoio alla ruota", ma valuta anche quelle dei vettori energetici secondo l'approccio WTW ("dal pozzo alla ruota"). Nel contempo tiene conto del miglioramento del mix energetico per la generazione elettrica, oltre che dell'incremento dell'utilizzo dei biocarburanti. La valutazione delle emissioni del parco è effettuata stimandone percorrenze decrescenti in funzione dell'età.

L'analisi non tiene conto delle emissioni in fase di produzione e smaltimento del veicolo. Questa scelta è motivata dalla consapevolezza che, specie per l'elettrico, le emissioni in fase di produzione sono altamente variabili e possono portare a risultati opinabili.

Altro aspetto di rilievo della ricerca è quello di aver declinato due delle possibili strategie per raggiungere gli obiettivi. La prima basata su meccanismi di orientamento delle scelte di acquisto verso vetture meno inquinanti (cd. scenario Tecnologico accelerato). La seconda più orientata al governo della mobilità. Attesa la crescente quota di spostamenti urbani rilevata nello studio, si è immaginato che il differenziale necessario a consentire il rispetto dei vincoli europei possa essere colmato attraverso politiche di riequilibrio modale orientate al trasporto collettivo, condiviso e alla mobilità ciclopedonale (cd. scenario di Mobilità sostenibile).

È verosimile che la soluzione concreta possa passare per una combinazione delle due alternative; quello che, tuttavia, emerge dal confronto è che la soluzione di mobilità sostenibile, oltre a comportare un livello di emissioni complessivo analogo a quello ottenuto con processi di orientamento delle scelte di acquisto di autovetture considerate meno inquinanti, si dimostra anche più idonea a risolvere alcuni storici problemi di squilibrio modale, di ecosostenibilità e di accessibilità che caratterizzano la mobilità delle città italiane.

L'industria automobilistica al 2030

Un processo spontaneo o condizionato di riduzione delle emissioni è inevitabilmente destinato ad avere ripercussioni sul sistema industriale, sul mercato del lavoro, sui servizi per la mobilità, nonché sulle entrate fiscali del Paese e, di riflesso, sugli equilibri di finanza pubblica.

Le valutazioni condotte nello studio hanno cercato di comprendere la portata dei cambiamenti in atto e gli spazi di intervento pubblico. L'analisi ha valutato i processi di globalizzazione industriale del comparto automotive nonché l'evolversi del fabbisogno di manodopera.

Le analisi operate non hanno trascurato di considerare come l'industria italiana dell'auto sia stata interessata da una profonda ristrutturazione produttiva, che ha portato ad un incremento della concentrazione (in tre impianti si produce il 90% delle auto nuove) e a una crescente propensione all'export. Le trasformazioni intervenute hanno restituito al Paese un settore che si compone di oltre 5.000 imprese e circa 260.000 addetti diretti e indiretti, con un fatturato pari a 100 miliardi di Euro che equivalgono al 6% del PIL nazionale. In termini di veicoli significa 670.932 autovetture al 2018 (il 4% della produzione totale europea). Di questi, il 56% è destinato all'esportazione. Appare subito evidente come, rispetto al passato, da un lato, i veicoli prodotti in Italia vengano sempre di più commercializzati sui mercati esteri e, al tempo stesso, come la gran parte delle immatricolazioni in Italia riguardino auto importate. In valori assoluti, su 1,8 milioni di autovetture immatricolate nel 2017, 1,5 milioni di veicoli (pari all'84%) è stato costruito fuori dai confini nazionali. Diretta conseguenza di queste trasformazioni sono la verticalizzazione delle strategie industriali, oggi decise presso centri decisionali sovranazionali, e la sensibile attenuazione degli effetti indiretti di politiche di incentivo sul mercato industriale interno.

La globalizzazione del processo produttivo non esclude che, su scala più ampia, possano comunque essere delineate al 2030 delle linee di tendenza. In particolare, sembra che i driver del cambiamento globale del settore automotive siano destinati ad agire in direzioni differenti e in alcuni casi opposte. Da un lato, l'aumento delle motorizzazioni elettriche, che comportano processi di realizzazione più semplici (il numero di ore di lavoro necessarie per il completamento della motorizzazione dei veicoli elettrici risulta inferiore rispetto a quelli endotermici, mentre le motorizzazioni ibride plug-in, più complesse, ne richiedono un numero superiore, rispettivamente pari a 3,2 ore, 6,7 ore e 9,7 ore), e l'ammodernamento e l'automazione delle catene produttive potranno portare le imprese a ridurre il numero degli addetti. Viceversa, l'atteso incremento di motorizzazioni ibride – che al 2030 sembrano destinate a giocare un ruolo importante – così come le nuove tecnologie per la guida connessa e autonoma, la guida condivisa, le innovazioni nel sistema di rifornimento (si pensi alle

colonnine di ricarica) o l'adeguamento delle infrastrutture per le comunicazioni a corto raggio veicolo-infrastruttura potranno agire in direzione opposta riuscendo – si stima – a recuperare il saldo negativo attraverso una nuova filiera occupazionale.

Guardando al caso italiano, sembrerebbe che il sistema industriale, sebbene in ritardo rispetto ad altri contesti produttivi europei, abbia in atto un processo di parziale conversione produttiva verso modelli PHEV, in particolare SUV di categoria media e alta nei poli di Melfi e Cassino, oltretutto a Sant'Agata Bolognese per il modello Ursus della Lamborghini. Inoltre, l'impianto di Mirafiori avrà una specifica specializzazione nella produzione di auto BEV. Il gruppo FCA ha un piano di investimenti nel triennio 2019-2021 di 5,8 miliardi di Euro per accompagnare questa evoluzione verso l'elettrificazione, che riguarderà a livello europeo solo gli impianti italiani. Al 2025 si stima che poco più del 50% della produzione di auto in Italia sarà elettrificata, con una capacità di oltre 250.000 auto PHEV e 80.000 BEV, quest'ultime concentrate nel nuovo polo europeo di FCA dedicato allo sviluppo di auto elettriche e di servizi integrativi, fra cui il vehicle to grid, basato nell'area di Torino.

Se la principale casa automobilistica pare abbia una strategia di medio periodo ben tracciata per quanto riguarda le produzioni in Italia, il sistema di imprese della componentistica, che garantisce in media il 75% del valore dell'autovettura, è ancora in una fase di sospensione, come definito dall'Osservatorio Anfia nel 2019, in quanto solo il 24% delle imprese è coinvolto in progetti di accompagnamento verso l'elettrificazione del prodotto.

In considerazione dell'incremento complessivo di produzione di auto e dell'elevata percentuale dei più complessi PHEV, l'occupazione si stima in lieve crescita nei prossimi anni anche in un contesto di continuo incremento del ruolo della digitalizzazione e dell'automazione dei processi produttivi. Questa considerazione tiene in conto anche le rilevanti ricadute derivanti dalla graduale elettrificazione dei motori sulle reti elettriche in termini di nuovi investimenti in infrastrutture di ricarica e possibili valorizzazioni del ruolo delle batterie delle auto a supporto della rete, in logica vehicle to grid (V2G).

Accompagnare il sistema industriale e dei servizi attraverso lo sviluppo di specifici percorsi di formazione e di riconversione delle competenze dei lavoratori potrà rappresentare un elemento chiave delle politiche industriali di accompagnamento all'evoluzione del mercato.

“Dietro un problema si nasconde un'opportunità” (G.Galilei)

Più delicati da valutare sono gli effetti che l'evoluzione del parco e dei sistemi di alimentazione avranno sulla rete di distribuzione. L'impatto legato alla diffusione di nuove motorizzazioni ibride ed elettriche sembra, infatti, destinato ad innestarsi, a livello nazionale, su una rete di distribuzione di carburanti, che, anche a causa dell'orografia del territorio e delle caratteristiche del sistema viario nazionale, risulta già particolarmente frammentata.

Gli ultimi dati disponibili descrivono una rete di distribuzione dall'età media particolarmente elevata e con una presenza di impianti in sovrannumero, ca. 21.000, un valore pressoché triplo rispetto al Regno Unito (ca 8.500), doppio rispetto a Francia e Spagna (ca. 11.200) e superiore anche a quello della Germania (ca. 14.500). La conseguenza diretta di tale frammentazione è

rappresentata da un erogato medio al di sotto dei valori europei. Questi dati fanno pensare ad una possibile esigenza di riassetto.

L'eventuale processo di trasformazione e gli ingenti sforzi necessari a realizzarlo potranno considerarsi ben indirizzati se il percorso di riorganizzazione saprà far convergere le esigenze di rinnovamento con i nuovi bisogni provenienti sia dal settore trasporti che da quello del mercato energetico.

In particolare, nel settore trasporti appare crescente la domanda di alimentazioni diverse dai carburanti tradizionali (elettrico, a metano, a idrogeno), mentre nel settore energetico emergono nuove esigenze legate al bisogno di stabilizzazione della rete o alla gestione della sovrapproduzione energetica delle rinnovabili.

Mettendo insieme i pezzi del puzzle, l'esigenza del comparto di essere riformato e nel contempo i nuovi bisogni che una rete moderna deve soddisfare costituiscono una criticità, ma anche un'opportunità per realizzare sinergicamente obiettivi molteplici.

Oltre alla presenza di sistemi di ricarica domestica (per chi può usufruire di questa possibilità), non è da escludersi che in futuro presso le stazioni di rifornimento possano essere installate colonnine per ricariche cosiddette "rapide". L'erogazione di un servizio di ricarica veloce potrebbe creare problemi di approvvigionamento oppure essere gestito in modo smart, attraverso la realizzazione di sistemi di accumulo presso gli impianti che siano in grado di assorbire energia dalla rete nelle ore di sovrapproduzione. Una soluzione di questo tipo non solo non mette a rischio la sicurezza degli approvvigionamenti, ma al contrario può contribuire al miglioramento della stabilità di rete oltre che all'aumento del contributo di fonti rinnovabili al mix energetico.

Anche le modalità di costruzione degli impianti (con pannelli sui tetti o altri strumenti di risparmio energetico) nonché la possibilità degli stessi di ricaricare i veicoli attraverso connessioni dirette di prossimità con impianti per la produzione di energia rinnovabile, di idrogeno o di biometano – potrebbero incidere in modo significativo sull'entità delle emissioni prodotte.

In ogni caso sembra ragionevole ipotizzare che un processo di ristrutturazione della rete di distribuzione avverrà in maniera molto graduale e parallela rispetto allo sviluppo del mercato delle auto elettrificate (BEV e PHEV), oltre che di quelle alimentate a idrogeno o metano. Questa evoluzione, ove realizzata, potrà richiedere ingenti investimenti.

Si ritiene, al riguardo, che il solo costo legato alla costruzione di una rete di punti di ricarica di veicoli elettrici potrà richiedere, in funzione dello scenario ipotizzato, un investimento compreso fra 5,4 e 7,5 miliardi di Euro fra il 2019 e il 2030.

Verso un modello di officine smart e a domicilio

La graduale riduzione delle auto con motori endotermici e il parallelo incremento delle auto elettrificate avrà, a parità di percorrenze, anche ripercussioni sulla filiera manutentiva. Rispetto

alle automobili endotermiche, la manutenzione degli EV richiede meno attenzioni per la minore presenza di parti mobili, per l'assenza di liquidi combustibili nonché di operazioni di cambio olio e filtro. Questi aspetti riducono il costo di manutenzione dell'auto elettrica di circa il 30-42% (ovviamente, questo risparmio non interesserà i veicoli ibridi che, al contrario, richiedono la manutenzione combinata del motore termico e di quello elettrico).

In valori assoluti, il risparmio annuale medio può quindi essere indicato in circa 150 Euro. Nei veicoli di classe media, il costo annuo passa da 445 Euro annui per un veicolo endotermico Diesel a 312 Euro per un veicolo BEV, mentre nel caso di utilitarie questo valore passa da 379 (auto a benzina) a 219 Euro (BEV).

In Italia, nel caso dello scenario di Programma, in cui è previsto un parco BEV al 2030 di 1,782 milioni di veicoli, il risparmio medio annuo di costi di manutenzione può essere stimato in 267 milioni di Euro; nello scenario Tecnologico accelerato in 378 milioni di Euro e in quello di Mobilità sostenibile in 247 milioni.

Questi cambiamenti potranno avere ripercussioni sulla filiera manutentiva in più direzioni: da un lato ci saranno dei cambiamenti legati all'evoluzione dei sistemi di propulsione (modelli elettrici o ibridi); per altro verso, invece, il comparto delle officine dovrà acquisire nuove competenze per intervenire su nuovi sistemi tecnologici per la guida cooperativa e connessa. Da ultimo, la possibilità di effettuare sistemi di diagnostica in remoto consentirà una programmazione degli interventi favorendo anche riparazioni nella sede del cliente secondo un modello già adottato da alcuni car maker anche in Italia.

Riduzione delle emissioni ed equilibrio finanziario, i termini di un difficile compromesso

La diminuzione del carburante erogato comporterà minori introiti per la fiscalità generale derivanti dalle tassazioni e, in particolare, dalle accise su gasolio, benzina, GPL e metano per autoveicoli, che hanno consentito all'Erario nazionale di incassare 18,474 miliardi di Euro nel 2018.

La potenziale riduzione del gettito complessivo deve essere valutata tenendo conto della riduzione dell'erogato dovuta alla sostituzione dei veicoli termici con veicoli elettrici o ibridi (che ad oggi godono di sistemi fiscali meno gravosi).

In assenza di un adeguamento degli attuali regimi fiscali, appaiono inevitabili le potenziali ripercussioni sul gettito del comparto. Assumendo lo scenario di Riferimento al 2030 rispetto al 2018, dovrebbero essere trovate nuove coperture per 2,1 mld di Euro l'anno. Maggiore e pari a 2,6 e a 2,7 miliardi di Euro è la perdita di gettito che si realizzerebbe al verificarsi delle ipotesi previste, rispettivamente nello scenario di Mobilità sostenibile e Tecnologico accelerato. Oltretutto, non può sottovalutarsi il fatto che alcune componenti fiscali (si pensi alle addizionali regionali) finanziano servizi specifici che rimarrebbero privi di copertura finanziaria a livello nazionale, regionale e locale. La diffusione di veicoli elettrici avrà impatti anche sul finanziamento di alcuni servizi di mobilità locale. In molte città fra cui Roma o Milano i veicoli

elettrici o ibridi sono esonerati dal pagamento della sosta tariffata, i cui proventi sono funzionali all'erogazione di servizi di mobilità sostenibile.

Quadro regolatorio di ampio respiro per la neutralità tecnologica

Accompagnare un processo, per alcuni aspetti ancora incerto, nel tentativo di orientare le scelte verso logiche di sostenibilità che al tempo stesso non sacrificino necessità altrettanto meritevoli come la salvaguardia dei livelli occupazionali o la tenuta dei conti pubblici, richiede prima di tutto una pianificazione strategica di medio e lungo periodo.

Rispetto ad una prospettiva tecnologica nella quale l'industria sta lavorando su tutti i fronti e in cui le diverse alternative presentano, ciascuna a suo modo, difficoltà peculiari, potrebbe essere importante evitare – salvo evidenze al momento non rilevabili – di alterare il virtuoso processo di sviluppo del mercato, nel rispetto del principio – più volte e da più parti auspicato – della neutralità tecnologica. Un quadro regolatorio di ampio respiro potrà scongiurare il rischio di generare incertezza tra gli operatori dei settori maggiormente interessati dalla transizione energetica (dalla ricerca alla produzione e distribuzione dei prodotti energetici, dallo sviluppo tecnologico alla costruzione di autoveicoli e componentistica), i quali potrebbero sospendere o quanto meno rallentare gli investimenti per la presenza di politiche poco chiare.

Al tempo stesso, sarà importante evitare che la neutralità tecnologica possa essere compromessa da una disattenta politica di informazione. Pare doveroso prestare la dovuta attenzione a non ingenerare confusione nei potenziali consumatori-acquirenti di auto, che potrebbero essere disincentivati all'acquisto, e quindi al ricambio del parco circolante esistente, a causa della ricezione di informazioni contraddittorie su quali saranno i vincoli, le fonti ed i sistemi per l'autotrazione del futuro con l'effetto di produrre risultati eco-irrazionali, opposti a quelli voluti.

Una politica ispirata all'ambiente e alla sicurezza

Sotto l'egida di un approccio imparziale, che valuti l'intero ciclo emissivo, appaiono declinabili alcune strategie di policy. La principale delle leve che potranno consentire il raggiungimento degli obiettivi comunitari definiti negli scenari di progetto non potrà che passare da politiche di sostegno al rinnovo del parco circolante.

Dallo studio è emerso come lo sviluppo tecnologico in corso condurrà alla produzione di motori tradizionali ad emissioni inquinanti quasi nulle (CO, PM10, PM2,5, NOx etc.). I dati ad oggi disponibili confermano che i veicoli Euro 6d soddisfano le severe normative ambientali in RDE, con notevoli margini di ulteriore miglioramento per il post-2020, lasciando presagire la reale possibilità di arrivare ad un impatto praticamente trascurabile rispetto alle altre sorgenti emmissive in area urbana (riscaldamento e industria).

Volendo definire una scala di priorità non si dovrebbe evitare di considerare che interventi apparentemente simili possono risultare molto diversi in termini di benefici ambientali. Nello studio, partendo dai valori pubblicati dalla Commissione europea nell'Handbook on the

external costs of transport, si è stimato, ad esempio, che la sostituzione di autobus Diesel Euro 3, con un modello elettrico alimentato con energie rinnovabili, può comportare una riduzione dei costi derivanti da impatti legati a inquinanti locali e gas climalteranti, pari a 24.055,00 Euro l'anno. Si tratta di un valore considerevolmente più elevato di quello che può derivare dalla sostituzione di un veicolo a benzina Euro 6, con un modello BEV. In quest'ultimo caso il beneficio ambientale è stimato, infatti, in 76,30 Euro l'anno.

La sostituzione dei veicoli più vecchi rappresenta una priorità motivata anche dalla possibilità di ridurre significativamente il rischio di incidentalità stradale connesso al miglioramento dei sistemi di sicurezza attiva e passiva di cui dispongono oggi i modelli di ultima generazione. Da un recente studio pubblicato dalla Fondazione Caracciolo, emerge come un veicolo con oltre 10 anni di età presenti il 50% di probabilità in più di essere coinvolto in un incidente stradale, rispetto ad uno di recente immatricolazione.

Sul fronte della mobilità elettrica un elemento critico, anche a livello comunitario, potrebbe essere ravvisato nel fatto che all'interno della categoria dei veicoli elettrici non viene operato nessun distinguo né sulla grandezza della batteria, né sui materiali utilizzati, né sul processo di produzione, eppure gli impatti ambientali possono risultare profondamente diversi al modificarsi di queste variabili.

Il vantaggio dell'Italia e della sua industria nella lotta ai cambiamenti climatici

Il capitolo dedicato alla valutazione delle emissioni "dalla culla alla tomba" ha posto l'accento sull'importanza del mix energetico utilizzato nella produzione di energia. Il confronto internazionale consente di constatare come attualmente la produzione di un kWh di energia elettrica in Paesi asiatici come la Cina possa implicare emissioni di CO₂ doppie rispetto all'Europa (637 g CO₂ eq per ogni kWh di energia prodotto in Cina contro i 322 g CO₂ eq per ogni kWh prodotto in Europa) e ancora di più rispetto all'Italia che in Europa è uno dei Paesi più virtuosi in materia di penetrazione delle fonti rinnovabili.

In questa prospettiva, guardando allo specifico segmento dell'auto elettrica, al fine di evitare che il potenziale accrescersi del fabbisogno di energia elettrica possa essere soddisfatto attraverso il ricorso a fonti emissive particolarmente impattanti (come il carbone), appare prioritario monitorare e stimolare un processo virtuoso di miglioramento del mix energetico.

La scelta fra soluzioni alternative di riduzione complessiva delle emissioni non può, inoltre, non valutare il ritorno degli investimenti nelle diverse misure adottate. In quest'ottica, le linee di finanziamento destinate a favorire interventi sul territorio nazionale (ad esempio per l'installazione di impianti di energia rinnovabile) presentano positive ripercussioni sul tessuto locale.

La possibilità di produrre energia in modo pulito è strettamente legata alle scelte nazionali di politica energetica, ma anche alle coordinate geografiche e alle condizioni climatiche di un territorio. L'Italia sotto questo aspetto ha dimostrato lungimiranza e presenta oggi, come emerso, un mix energetico fortemente competitivo. Al tempo stesso, il Paese, in modo

particolare, il Meridione costituisce una preziosa miniera di energia solare per la costruzione di siti produttivi ad impatto zero. Altamente strategico ai fini commerciali risulta anche il posizionamento del Paese, che oltre ad essere crocevia di importanti assi commerciali dispone di siti portuali oggi estremamente funzionali ad un'industria automobilistica che commercializza i suoi prodotti su mercati sovranazionali.

Ovviamente l'attenzione rivolta al miglioramento della generazione elettrica dovrà essere prestata anche nei confronti dei carburanti tradizionali, comparto nel quale è stato già da tempo avviato, con risultati positivi, un processo di miglioramento delle miscele grazie agli investimenti in ricerca e alla normativa sulla diffusione dei biocarburanti.

La lettura del posizionamento italiano nella processo di transizione energetica non può non tener conto, infine, dell'impegno industriale che le imprese energetiche del Paese hanno realizzato in passato e della posizione conquistata affrontando ingenti investimenti. Una politica ecorazionale non può prescindere da questi aspetti perché è importante non sprecare risorse e non perdere vantaggi competitivi, ma anzi rafforzarsi mediante la spinta all'innovazione e alla modernizzazione per assicurare al Paese un sistema di approvvigionamenti e una rete di trasporto delle fonti fossili, petrolio e metano, idonea a garantire la diversificazione, la sicurezza e la economicità.

La centralità della ricerca

Fra gli investimenti prioritari per l'Europa c'è anche il tema dei fondi per la ricerca sullo sviluppo tecnologico di motori verdi. Per quel che riguarda le auto elettriche, l'intera industria automobilistica europea sembra scontare oggi un grave ritardo nel know how tecnologico legato alla produzione delle batterie e dei sistemi di propulsione elettrica.

La faticosa rincorsa di standard emissivi sempre più sfidanti, unita alla fondata paura di perdere importanti quote di mercato e alle incertezze sul futuro delle tecnologie sta portando i vari operatori a scegliere soluzioni diversificate.

In un quadro previsionale ancora incerto nel quale tuttavia l'industria europea sembra soffrire il vantaggio competitivo di operatori americani e asiatici, una politica che guardi solo ai limiti emissivi del venduto potrebbe spingere l'industria europea verso una rincorsa affannosa, nel quale tutti gli sforzi potrebbero essere tesi ad evitare il pagamento delle sanzioni ricorrendo a vendite sottocosto dei veicoli elettrici, al pagamento di sanzioni o all'acquisto di certificati verdi all'interno dei medesimi comparti industriali. La conseguenza di tutto questo è il rischio di disperdere possibili energie che invece potrebbero essere efficacemente destinate alla ricerca o a processi di riduzione delle emissioni altrettanto virtuosi.

In quest'ottica potrebbe essere considerata la circolazione (anche parziale) dei certificati fra ambiti contigui (ad esempio fra car makers e produttori di biocarburanti), valutando quindi complessivamente vettore energetico e veicolo e non solo quest'ultimo, o immaginare misure premiali legate all'emissione di certificati verdi anche per attività di ricerca industriale verso motorizzazioni a impatto zero. Una circolazione parziale dei certificati potrebbe rivelarsi

idonea a conseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni, favorendo nel contempo una ripresa dell'industria europea. Una misura di questo tipo appare anche più coerente con il principio di neutralità tecnologica fra car maker del comparto elettrico e termico.

L'industria italiana, in passato, ha potuto contare per molto tempo sui fondi dei Progetti Finalizzati Trasporti (PFT e PFT2). A distanza di anni, si deve riconoscere che attraverso quegli stanziamenti sono state realizzate importanti innovazioni tecnologiche come il primo motore diesel ad iniezione diretta per autovetture (Fiat Croma i.d.), tecnologia esportata poi su tutte le motorizzazioni automobilistiche diesel mondiali, o, ad esempio, l'invenzione del Common Rail, che ha consentito un cambio di passo nel miglioramento della combustione e quindi dei consumi e delle emissioni dei veicoli Diesel, sistema ormai presente su tutte le motorizzazioni delle più grandi case automobilistiche. Si tratta di un'invenzione italiana realizzata presso il Centro Ricerche Fiat anche grazie agli stanziamenti previsti nel PFT.

Insieme alla ricerca industriale svolta in prima battuta dalle imprese, gli approfondimenti scientifici possono assolvere anche alla delicata funzione di offrire ai decisori pubblici strumenti di analisi costantemente aggiornati, sviluppati e calibrati da soggetti indipendenti, colmando fra l'altro quelle lacune conoscitive come l'impatto emissivo delle auto ibride o la valutazione delle emissioni (WTT) legate alla generazione elettrica proveniente da fonti più inquinanti, che ad oggi impediscono di effettuare scelte ecorazionali. La collaborazione che ha portato alla realizzazione di questo studio è un chiaro esempio della potenzialità della comunità scientifica italiana al servizio della collettività, e nella fattispecie, degli automobilisti.

Una nuova cultura dei trasporti urbani

Lo studio ha individuato nell'evoluzione tecnologica (Scenario di progetto Tecnologico accelerato) e nel miglioramento dei comportamenti individuali (Scenario di Mobilità sostenibile) le due principali leve di accelerazione del processo di riduzione delle emissioni tendenziali. Gran parte delle misure concrete dello scenario di Mobilità sostenibile dovranno essere realizzate a livello urbano, ambito nel quale appaiono molteplici le azioni che possono essere messe in campo per accelerare un reale cambiamento, anche culturale, della mobilità. Un aiuto potrà arrivare anche dallo sviluppo dei sistemi ITS (Intelligent Transportation System) sia per il trasporto privato che per quello pubblico.

Nel corso dei lavori dell'Osservatorio "Muoversi con Energia" è emerso come la sempre più diffusa condivisione e la locazione delle auto rappresentano un'interessante alternativa al loro tradizionale uso fondato sul possesso; allo stesso modo, il potenziamento e rinnovo, in termini di sostenibilità, del trasporto pubblico locale su gomma e su rotaia, la sostituzione dei veicoli commerciali di ultimo miglio, una pianificazione efficiente dei tragitti casa-lavoro, la diffusione del lavoro da casa, l'implementazione di servizi di infomobilità (tesi anche ad una scelta razionale e intermodale dei trasporti), le azioni volte ad incentivare la mobilità ciclopedonale sono solo alcune delle possibili politiche che, coordinate, potrebbero contribuire a risolvere, almeno in parte, il problema delle emissioni urbane.

Una linea di intervento tesa a favorire forme di spostamento più razionali è destinata a generare una serie di esternalità positive sui livelli di sicurezza stradale, sulla congestione e, in generale, sulla qualità della vita urbana.

Il paradosso di una mobilità pulita e inaccessibile

Gli obiettivi di sostenibilità ambientale non possono, infine, trascurare il tema dell'accessibilità economica, elemento imprescindibile per garantire che il diritto alla mobilità, sancito costituzionalmente, sia assicurato a tutta la popolazione. Questo mette in evidenza un punto centrale: qualsiasi soluzione elitaria non può essere sostenibile dal punto di vista sociale.

Al riguardo, lo studio ha rilevato come, a fronte di un contenuto costo di utilizzo, l'auto elettrica presenti ancora un elevato costo di acquisto che rende il veicolo di difficile accesso per le categorie meno abbienti. In questa prospettiva lo sviluppo dell'auto elettrica potrebbe generare ingiustificati vantaggi sul piano sociale, in modo particolare in presenza di un rilevante piano di incentivi. Le misure di bonus malus attualmente in vigore consentono agli acquirenti di auto elettriche di beneficiare di un sostegno all'acquisto, cumulabile anche con altri finanziamenti regionali e/o locali. In alcuni casi di rottamazione di un veicolo più vecchio e in alcune regioni, il risparmio ottenuto può arrivare a 16.000 Euro per veicolo.

Alle misure di incentivazione economica si aggiungono poi una serie di provvedimenti adottati dai Comuni che creano, per i proprietari di veicoli elettrici, condizioni di vantaggio legate al permesso di entrare in aree a traffico limitato o al diritto di sostare gratuitamente in spazi riservati alla sosta tariffata.

Il paradosso risiede nel fatto che una quota importante dei proventi dello Stato deriva dall'accisa sui carburanti, di fatto, corrisposta da chi non si trova nella condizione di acquistare un veicolo elettrico in virtù dell'elevata spesa iniziale. Guardando alle motorizzazioni di ultimissima generazione, si ritiene che un vantaggio di complessiva riduzione delle emissioni urbane potrebbe essere ottenuto attraverso un processo di sostituzione con modelli usati purché ibridi, a metano o di classe 6.

L'energia del vicino è sempre più verde: il caso metano

La lettura delle più recenti pubblicazioni in materia di LCA e un'attenta valutazione di tutte le alternative strategiche esistenti ci ha indotto a focalizzare l'attenzione anche sul tema del metano, risultato altamente competitivo sotto il profilo delle emissioni. L'idea di veicoli con alimentazioni a benzina trasformati con processi di retrofit è stata oggi superata dai progressi della tecnologia e dalle politiche dei car maker che hanno incrementato la produzione diretta di veicoli a metano.

Parallelamente sta ampliandosi il numero degli impianti di distribuzione, con ulteriori prospettive di crescita. Quest'evoluzione consente di considerare la tecnologia a metano una soluzione immediatamente disponibile e capace di integrarsi con processi di generazione energetica circolari derivanti dalla produzione di biometano.

Al fine di verificare le emissioni di CO₂ di veicoli a metano, si è operato un confronto fra modelli di uguale segmento. Per il modello a metano si è scelto di considerare le emissioni allo scarico, mentre per il modello BEV, sono state misurate le emissioni secondo l'approccio WTT. In particolare il contributo emissivo legato alla generazione elettrica è stato valutato secondo il mix energetico europeo. Dal confronto è emerso come, in fase d'uso, il modello a metano presenti valori emissivi molto contenuti e inferiori per la CO₂ a 95 g/km anche per modelli di fascia più elevata. Tenuto conto del fatto che i veicoli a metano, rispetto ai modelli BEV, presentano emissioni più basse in fase di produzione del mezzo, si può ritenere che tali veicoli in un'ottica LCA possano offrire un contributo concreto e immediato alla riduzione della CO₂.

Oltre agli aspetti ambientali, non può tralasciarsi di considerare come le motorizzazioni a metano rappresentino una tecnologia europea e prima ancora italiana e tedesca. Altro aspetto strategico per l'Italia riguarda, inoltre, la qualità della rete di distribuzione che risulta fra le più efficienti con valori estremamente ridotti di dispersione e quindi di rilascio di sostanze climalteranti.

Una politica europea ecorazionale basata sull'esempio e sulla creatività

Dal confronto dei diversi scenari previsivi effettuato nel primo capitolo è emerso come il futuro delle emissioni di CO₂ globali sarà fortemente condizionato dallo sviluppo economico di un'estesa area del pianeta che oggi presenta elevati tassi di crescita del prodotto interno lordo. Paesi come l'India o la Cina, con popolazione superiore al miliardo di persone, stanno crescendo a ritmi vertiginosi. Parallelamente, in questi territori aumenta – e continuerà a farlo per molti anni – il tasso di motorizzazione pro capite, nonché i servizi legati al consumo di energia elettrica. Pur nella consapevolezza del significativo impatto che questi cambiamenti avranno nel contributo al surriscaldamento globale, la prospettiva di accesso a servizi essenziali da parte di miliardi di persone non può non essere giudicata una conquista. In questa prospettiva, la lotta al cambiamento climatico non dovrà rallentare il processo di affrancamento dalla povertà provando a contemperare le esigenze complessive attraverso altre strade (ad es. soluzioni tecnologiche legate all'intensità energetica, allo sviluppo delle rinnovabili o altre politiche non necessariamente legate ai trasporti).

Come emerso nel capitolo dedicato agli scenari emissivi, l'Italia per rispettare gli obiettivi di riduzione delle emissioni al 2030, così come richiesto dall'Europa, dovrà contrarre le emissioni totali delle autovetture dello scenario tendenziale da 54,5 Mt di CO₂ eq a 48,5 Mt di CO₂ eq. Un taglio di 6 Mt di CO₂ eq se rapportato agli oltre 8.000 Mt di CO₂ eq attesi a livello globale nel settore trasporti e ancora di più agli oltre 30.000 Mt di CO₂ eq che potranno derivare dalle emissioni globali potrebbe indurre a pensare che l'Italia e l'Europa possano giocare un ruolo marginale nella complessiva partita delle emissioni globali. In realtà, la storia dell'Europa e dell'Italia suggeriscono di percorrere una strada virtuosa basata sull'esempio e sulla creatività. L'esempio dell'Europa deve essere quello di continuare ad investire nell'efficienza energetica e nella correzione dei comportamenti. La creatività deve manifestarsi nella capacità di scoprire, riprogettare e innovare.

L'appuntamento annuale della Conferenza ricade quest'anno nel centenario della morte di Enrico Bernardi, ingegnere italiano che nel 1882 depositò un rivoluzionario brevetto per la costruzione di veicoli con motore a scoppio.

Bernardi, insieme a Bersanti e Matteucci, può considerarsi uno dei padri della scuola di ingegneria italiana dei motori, una scuola che ha dato al mondo prima di tutto un contributo di idee che hanno permesso di compiere importanti passi avanti nel progresso dei motori. Negli anni di sviluppo dell'automotive in Italia sono stati registrati importanti brevetti che sono oggi alla base dei più efficienti motori Diesel (Common Rail) e benzina (il motore F.I.R.E., considerato fra i più semplici, affidabili e di facile realizzazione in commercio). Ancora oggi alcune imprese italiane, fondate da ingegneri italiani, sono chiamate a supportare i più importanti produttori di veicoli elettrici del mondo nei loro processi di automazione delle catene produttive. Il senso di responsabilità e la creatività sono i pilastri su cui l'Italia può realizzare una *transizione ecorazionale della mobilità*.

Appendice

Tabella A: Tabella sinottica per la comparazione dei fattori contributivi al GWP su ciclo vita per motori termici ed elettrici a batteria ricavati in letteratura.

| Articolo | N° Rif. | Metodo di valutazione | Unità Funzionale | Mix Energetico | Tipo di veicolo | Tipologia di alimentazione (BEV; ICEV ^{Benzina} ; ICEV ^{Diesel}) | CO ₂ Eq. g/km Totali | Equipment Life Cycle | | | | WTTW | | Ciclo di Omologazione Provato (Es: RDE, WLPT, NEDC,) | Km medi percorsi (Es.:150.000-250.000) | Anno di Stima CO ₂ eq. g/km | |
|-----------------|---------|--|------------------|---|-----------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|---|--|---|--|---------|--|--|--|------------------|
| | | | | | | | | CO ₂ eq. g/km Produzione | CO ₂ eq. g/km Smalimento Veicolo | CO ₂ eq. g/km Smalimento Batterie | CO ₂ eq. g/km WTT[1] | Usa del veicolo CO ₂ eq. g/km TTW | | | | | |
| [18]; [19];[24] | | ReCiPe 2008 | | Mix Energetico | | ICEV | | Base veicolo (Glider) | Motore | Batteria | CO ₂ eq. g/km Smalimento Veicolo | CO ₂ eq. g/km Smalimento Batterie | WTT[1] | 51,098 | 150.000 | 2013* | |
| | | | | | | | | 34 | 2,7 | 31 | 3,4 | 1,3 | | | | | 7,2 [^] |
| | | | | | | | | 34 | 4 | 0,6 | 3,4 | - | | | | | 8,9 [^] |
| [20] | | ReCiPe 2008 [GWP] | | The EU 28 mix of 2015 emits 300g CO ₂ /kWh | | BEV (Nissan leaf 30) | | 46-81 | 110 Kg CO ₂ /kWh ^{battery capacity} | | | | | NEDC | 150.000 | 2015 | |
| | | | | | | | | 12,2 | 2 | | 202 | | 36,3 | | | | 151,5 |
| | | | | | | | | 13,2 | 3,4 | | | | 60 | | | | 11,4 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [21] | | CML | | | compact-sized | BEV | | 46 | | | | | NEDC | 150.000 | 2014 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [27] | | CML 2001 baseline (IPCC 100 years; 2007) | 1km driven | European electricity grid mix | Nissan Leaf | BEV | | | | | Vantaggio per impatti evitati | NEDC | 250.000 | Letteratura | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 61-66% | | |
| | | | | | | | | | | | Vantaggio per impatti evitati | | | | | | |

| Articolo | Metodo di valutazione | Unità Funzionale | Energia | Tipo di veicolo | Tipologia di alimentazione (BEV; ICEV _{light-duty} ; ICEV _{pass}) | CO ₂ Eq./km Totali | Equipment Life Cycle | | | WTT | | Ciclo di Omologazione Provato (Es: RDE, WLPT, NEDC) | Km medi percorsi (Es: 150.000÷250.000) | Anno di Stima CO ₂ eq g/km |
|----------|------------------------|--------------------------|---|-------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|--|--------------------------------|---|--|---|--|
| | | | | | | | CO ₂ eq/g/km Produzione | CO ₂ eq/g/km Smaltimento Veicolo | CO ₂ eq/g/km Smaltimento Batterie | CO ₂ eq/g/km WTT | Usi del veicolo CO ₂ eq/g/km TTW | | | |
| [28] | Recipe | 1 km driving distance | Belgian electric mix | small passenger car | BEV | 24-31 g of CO ₂ eq | Base veicolo (Glider) | | | | | | 209470 | |
| | | | | | | | Motore | | | | | 18 kWh/100 km (based on real-time monitoring of test vehicles) | | |
| [29] | PAS 2050:2011 | Lifetime (150000 km) | Chinese electricity mix (691.5 gCO ₂ e/kWh) | mid-size passenger vehicle | BEV | 31.4 CO ₂ e/vehicle | | | | | | 150000 | 2014 | |
| | | | | | | | ICEV-B | | | | | | | 15.5 kWh/100 km in 2014 |
| [30] | CML (GWP 500 years) | 1 km driving distance | UCTE mix electricity | | BEV | 0.15 kg CO ₂ eq km ⁻¹ | | | | | | 150000 | | |
| | | | | | | | ICEV-B | | | | | | | 20 kWh/100km |
| | | | | | ICEV-D | 0.29 g of CO ₂ eq | | | | | | | | |

| Articolo | N° Rif. | Metodo di valutazione | Unità Funzionale | Mix Energetico | Tipo di veicolo | Tipologia di alimentazione (BEV, (CEV) _{benzina} , (CEV) _{diesel}) | CO ₂ Eq. g/km Totali | Equipment Life Cycle | | | | WTW | | Ciclo di Omologazione Provato (Es: RDE, WIP, NEDC) | Km medi percorsi (Es: 150.000÷250.000) | Anno di stima CO ₂ Eq. g/km |
|----------|---------|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------------|--|------------------------------------|--|---|--|---------------------------------|--|--|--|---|---|
| | | | | | | | | CO ₂ Eq. g/km Produzione | CO ₂ Eq. g/km Smaltimento Veicolo | CO ₂ Eq. g/km Smaltimento Batterie | CO ₂ Eq. g/km WTT | Usi del veicolo CO ₂ Eq. g/km TTW | | | | |
| [31] | Recipe | 1.km driven | Poland energy mix | Nissan Leaf | BEV | 0,276 kgCO ₂ eq./km | Base Veicolo (Glider) | | | | | | | 150.000 km | 2015 | |
| | | | | | | | Motore | | | | | | | | | |
| [32] | Recipe | 1.km driven | Czech republic energy mix | Nissan Leaf | BEV | 0,214 kgCO ₂ eq./km | Base Veicolo (Glider) | | | | | | | 150.000 km | 2015 | |
| | | | | | | | Motore | | | | | | | | | |
| [33] | Recipe | 1.km driven | UCE mix (European mix) | Not specified | BEV | 0,17 kgCO ₂ eq./km | Base Veicolo (Glider) | | | | | | | 150.000 km (i.e. 239.000 km * 1,59-1,6 utilization factor) | 2015 | |

| Articolo | N° R/E | Metodo di valutazione | Unità Funzionale | Materiale Energetico | Tipo di veicolo | Tipologia di alimentazione (BEV, ICEV _{gasoline} , ICEV _{gas}) | CO ₂ eq./km Totali | Equipment Life Cycle | | | WTW | | Ciclo di Omologazione Privato (Es: RDE, WLPT, NEDC) | Km medi percorsi (Es: 150.000-250.000) | Anno di Stima CO ₂ e g/km |
|----------|--------|-----------------------|------------------|-----------------------------|---|--|----------------------------------|------------------------------------|---|--|-------------------------------|--|--|--|---|
| | | | | | | | | CO ₂ g/km Produzione | CO ₂ g/km Smaltimento Veicolo | CO ₂ g/km Smaltimento Batterie | CO ₂ e g/km WTT | CO ₂ e g/km Usò del veicolo CO ₂ e g/km TTW | | | |
| [34] | | CML2 Baseline | 1 km driven | Brazilian energy mix | Compact passenger automobile (Volkswagen Golf A4) | ICEV _{gasoline} | 0,291 kgCO ₂ eq./km | Base Veicolo (Glider) | | | | | | 160.000 (1,6 persons as utilization factor, 14 years lifespan) | |
| | | | | | | | | Motore | Batteria | | | | 0,170 kWh/km | | |
| [35] | | ILCD | 25000 km | European average energy mix | | ICEV _g | 47,595 kgCO ₂ eq. | Base Veicolo (Glider) | | | | | | 250000 km | |
| | | | | | | | | Produzione | Smaltimento Veicolo | Smaltimento Batterie | CO ₂ e g/km WTT | CO ₂ e g/km Usò del veicolo CO ₂ e g/km TTW | WLTTC | | |

| Articolo | N° Rif. | Metodo di valutazione | Unità Funzionale | Mix Energetico | Tipo di veicolo | Tipologia di alimentazione (BEV; ICEV _{gasolinea} ; ICEV _{diesel}) | CO ₂ Eq. g/km Totali | Equipment Life Cycle | | | | WTW | | Ciclo di Omologazione Provato (Es: RDE, WLPT, NEDC.) | Km medi percorsi (Es: 150.000-250.000) | Anno di Stima CO ₂ Eq. g/km | |
|----------|---------|-----------------------|--------------------|------------------------|-----------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|---|--|------------------------------|---|--|---|---|--|--|
| | | | | | | | | CO ₂ Eq. g/km Produzione | CO ₂ Eq. g/km Simaltimento Veicolo | CO ₂ Eq. g/km Simaltimento Batterie | CO ₂ Eq. g/km WTT | Usò del veicolo CO ₂ Eq. g/km TTW | | | | | |
| | | | | | | | | Base veicolo (Glider) | Motore | Batteria | | | | | | | |
| [36] | | | | | ICEV | | | 9172.5 kg CO2 | | | | | | | | | |
| | | | kg CO ₂ | | EV-NCM | | | 14642.5 kg CO2 | | | | | | | | | |
| | | | | | EV-LFP | | | 14746.1 kg CO2 | | | | | | | | | |
| [37] | | | | | Minicar | ICEV | | 7 | | | | 0.5 | | 13.7 | | | |
| | | | | | Medium car | | | 10 | | | | 0.6 | | 15.5 | | | |
| | | | | | Large car | | | 12 | | | | 0.7 | | 18 | | | |
| | | | | | Luxury car | | | 15 | | | | 0.7 | | 20 | | | |
| | | | | | Minicar | | | 3.7 | | | | 0.5 | | 22.3 | | | |
| | | | | | Medium car | | | 5.5 | | | | 0.4 | | 27.2 | | | |
| | | | | | Large car | | | 8.7 | | | | 0.4 | | 30.3 | | | |
| | | | | | Luxury car | | | 11 | | | | 0.3 | | 37.3 | | | |
| | | | | ton CO ₂ eq | | | | | | | | | | | 180.000 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Articolo N° Rif. | Metodo di valutazione | Unità Funzionale | Mix Energético | Tipo di veicolo | Tipologia di alimentazione (BEV; ICEV ^{benzina} ; ICEV ^{diesel}) | Equipment Life Cycle | | | | WTW | | Ciclo di Omologazione Provato (Es: RDE, WLPT, NEDC) | Km medi percorsi (Es: 150.000;250.000) | Anno di stima CO ₂ eq g/km |
|---------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|--|--------------------------------------|--|---|-------------------------------|--------------------------|--------|---|---|--|
| | | | | | | CO ₂ eq./km Produzione | CO ₂ eq./km Smaltimento Veicolo | CO ₂ eq./km Smaltimento Batterie | CO ₂ eq./km WTT | Base veicolo (Glider) | Motore | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | BEV | | | | | | | | | |
| | | | | | E-REV | | | | | | | | | |
| [38] | | g CO ₂ eq./km | | | PHEV | | | | | | | | | |
| | | | | | ICEV diesel | | | | | | | | | |
| | | | | | EV | | | | | | | | | |
| | | g CO ₂ eq su ciclo vita | | | EV+ [2] | | | | | | | | | 2013 |
| | | | | | ICEV gasoline | | | | | | | | | |
| | | | | | EV | | | | | | | | | |
| | | | | | EVP36 | | | | | | | | | |
| | | | | | EVP50 | | | | | | | | | |
| | | | | | EV/LB | | | | | | | | | |
| [39] | | | | | ICEV gasoline | | | | | | | | | 2030 |

2 - EV con consumo più elevato (22 kWh/100 km invece di 19 kWh) and minore vita batterie (100,000 km invece di 150,000)

Bibliografia

- Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), *Monitoring of CO₂ emissions from passenger cars* – vari anni (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-cars-emission-16>).
- Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) (2019), *The Future of Hydrogen*.
- [9] Alawi A., Baha M., Bradley T.H.(2013), *Review of hybrid, plug-in hybrid, and electric vehicle market modeling studies*, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 21, pp. 190-203.
- Alonso Raposo M. (Ed.), Ciuffo, B. (Ed.) (2019) *The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility*, EUR 29748 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- [14] Anderson J. et al (2018), *Euro 6 Diesel Emissions Control System Approaches & Impacts on Chassis Dyno and Real-World Emissions*, 6th IQPC International Conference, Real Driving Emissions, Berlin 15 – 17 October 2018.
- Associazione Nazionale Filiera Industria Automotive (ANFIA) (2018), *L'industria autoveicolistica in Italia 2008-2017*, Torino.
- Associazione Nazionale Filiera Industria Automotive (ANFIA) (2019), *Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2019*, Edizioni Ca' Foscari, Settembre 2019, Venezia.
- Associazione Nazionale Filiera Industria Automotive (ANFIA) (2019), *Focus Italia mercato autovetture*, Luglio 2019, Torino.
- Associazione Nazionale Filiera Industria Automotive (ANFIA) (2019), *Focus UE-Italia: Energia e Clima, Overview sul comparto*, Torino.
- Automobile Club d'Italia (ACI), *Autoritratto ACI* - vari anni, <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>.
- Automobile Club d'Italia (ACI), *Costi km di esercizio delle autovetture ACI*, <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>.
- Automobile Club d'Italia (ACI), *Statistiche automobilistiche ACI*, <http://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche.html>.
- Berzina K., Chase P., Coppola G., Di Rosa D., Hengel D., Montesano G. (2019), *E-Vehicles and the Energy Transformation*, The German Marshall Fund of the United States Policy Paper.
- [33] Bicer Y., Dincer I. (2017), *Comparative life cycle assessment of hydrogen methanol and electric vehicles from well to wheel*, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 42, Issue 6, , Pages 3767-3777, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.07.252>.
- [30] Bicer Y., Dincer I. (2018), *Life cycle environmental impact assessments and comparisons of alternative fuels for clean vehicles*, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 132,

2018, Pages 141-157, ISSN 0921-3449,
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.036>.

Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2019), *Electric Vehicle Outlook 2019*.

Building Strategic Battery Value Chain in Europe (COM 176/2019).

- [31] Burchart-Korol D., Jursova S, Folega P., Korol J., Pustejovska P., Blaut A. (2018), *Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic*, Journal of Cleaner Production, Volume 202, Pages 476-487, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.145>.
- [11] Mi C., Masrur A., Gao D.W. (2011), *Hybrid electric vehicles: principles and applications with practical perspective*, Wiley, Chichester.
- Cambridge Econometrics, Element Energy, CERTeT-Università Bocconi (2018), *Low carbon cars in Italy: a socio economic assessment*.
- Carteni A. e Cascetta E. (2013), *Eco-rationality and the “false friends” of sustainable mobility, in Environment, land use and transportation systems*, Selected papers; a cura di A. Cappelli, A. Libardo e S. Nocera, Collana Trasporti, Franco Angeli srl, Milano; pp. 209-220. ISBN: 978-88-204-5655-9.
- Cassa depositi e prestiti, SACE SIMEST, ANFIA (2019), *Il bilancio a 4 ruote*.
- [43] CE, *Clean Mobility Package*, maggio 2017.
- [8] Chen F., Taylor N., Kringos N. (2015), *Electrification of roads: Opportunities and challenges*, Applied Energy 150: 109-119.
- Coordinamento Fonti Rinnovabili ed Efficienza Energetica (FREE) (2018), *Il Piano Nazionale Energia e Clima: Le Proposte Del Coordinamento FREE*.
- Directive alternative fuel initiative (DAFI) 2014/94/Dgls 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*.
- [18] Danielis R., Giansoldati M., Rotaris, L. (2018), *A probabilistic total cost of ownership model to evaluate the current and future prospects of electric cars uptake in Italy*, Energy Policy, 119, pp. 268-281.
- Danielis R., Giansoldati M., Scorrano M. (2019), *Comparing the life-cycle CO₂ emissions of the best-selling electric and internal combustion engine cars in Italy*, Working papers SIET – ISSN 1973-3208.
- [35] Del Pero F., Delogu M., Pierini M. (2018), *Life Cycle Assessment in the automotive sector: a comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car*, Procedia Structural Integrity, Volume 12, 2018, Pages 521-537, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.11.066>.
- [25] Delogu M., Del Pero F., Zanchi L., Ierides M. et al (2018), *Lightweight Automobiles ALLIANCE Project: First Results of Environmental and Economic Assessment from a Life-Cycle Perspective*, SAE Technical Paper 2018-37-0027, doi:10.4271/2018-37-0027.

- Diez W. (2014), *Mehr Profit durch Kundenbindung*, Institut für Automobilwirtschaft.
- [2] Egan D.R., et al (2013), *Developments in electrode materials and electrolytes for aluminium–air batteries*, *Journal of Power Sources* 236: 293-310.
- [24] EEA (2018), *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report*. EEA Report No 13/2018, ISSN 1977-8449.
- European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2018), *Vehicles in use Europe 2018*.
- European Commission (2019), *Handbook on the external costs of transport*, Brussels.
- European Green Vehicle Initiative (EGVI) (2019), *10 years impact assessment*.
- [4] Ehsani M. et al (2018), *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*, CRC press.
- Element Energy (2019), *Batteries on wheels: the role of battery electric cars in the EU power system and beyond*.
- [37] Ellingsen L. A. W., Singh B., Strømman, A. H. (2016), *The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles*, *Environmental Research Letters*, 11(5), 054010.
- EU COM (2011) 144 DEF, *Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile*, Bruxelles 28.03.2011.
- EU COM (2014) 490 finale, *Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni "La dimensione urbana delle politiche dell'Ue - elementi fondanti di una agenda urbana Ue"*, Bruxelles 18.7.2014.
- EU COM (2017) 283 finale, *Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni "l'Europa in movimento - Un'agenda per una transizione socialmente equa verso una mobilità pulita, competitiva"*, Bruxelles 31.12.2017.
- EU Reference Scenario (2016), <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-modelling>
- European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2019-2020), *Automobile Industry Pocket Guide*.
- European Commission (2018), *Statistical Pocketbook 2018 - EU Transport*.
- European Commission (2019), *The Implementation of the Strategic Action Plan on Batteries*.
- European House – Ambrosetti, Enel Foundation, Enel X, "Electrify 2030 ",201.
- European Parliament (2018), *Directorate general for internal policies- Policy Department for Structural and Cohesion Policies - Research for TRAN Committee - Battery-powered electric vehicles: market development and lifecycle emissions*.

Eurostat (2018), *Passenger Transport statistics – statistics explained, dati estratti a maggio 2018*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger_transport_statistics#Modal_split_of_inland_passengers.

Eurostat (2019), *The European economy since the start of the millennium – a statistical portrait*, https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digpub/european_economy/index.html.

[12] Folkson R. (ed.) (2014), *Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance: towards zero carbon transportation*, Elsevier.

[26] Fontaras G., Zacharof N.G., Ciuffo B. (2017) *Fuel consumption and CO₂ emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions*, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 60, Pages 97-131, ISSN 0360-1285, <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2016.12.004>.

[42] Fraidl G. (2019), *Future Energy Carriers and their Impact on Powertrain Systems*, Keynote speech at 2019 JSAE/SAE, Powertrain, Fuels and Lubricants, Kyoto, August 26 29 2019 (www.pfl2019.jp).

Fraunhofer Institute for Industrial Engineering (IAO) (2018), *Effects of vehicle electrification on employment in Germany (ELAB 2.0)*.

Gestore Servizi Elettrici (GSE), *Energia nel settore Trasporti – anni 2005-2018*, (https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Energia%20nel%20settore%20Trasporti%202005-2018.pdf).

[39] Girardi P., Gargiulo A. e Brambilla P. C. (2015), *A comparative LCA of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle using the appropriate power mix: the Italian case study*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 20(8), 1127-1142.

[19] Hawkins T.R., Singh B., Majeau-Bettez G., Strømman A.H. (2012), *Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*, DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x, Volume 17, Number 1.

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/visualisations>.

<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-la-produzione-ed-il-consumo-di-energia-elettrica-in-italia/view>.

Institut Für Angewandte Sozialwissenschaft (InFAS), Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR), (2008), *Mobilität in Deutschland 2008*, By order of the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure.

International Council on Clean Transportation (ICCT) (2019), *CO₂ emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles in the European Union*, Policy update, January 2019.

International Energy Agency (IEA) (2019), *Global EV Outlook 2019 Scaling-up the transition to electric mobility*.

Istituto nazionale di statistica (Istat) (2019), *Pil e indebitamento AP, anni 2016-2018*, Statistiche in flash.

Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per il settore Trasporti (ISFORT) (2017), *14° Rapporto sulla mobilità in Italia*, April (www.isfort.it).

Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per il settore Trasporti (ISFORT) (2018), *15° Rapporto sulla mobilità degli italiani*.

- [3] Islam M.M., Bryantsev V.S., van Duin A.C.T. (2014), *ReaxFF Reactive Force Field Simulations on the Influence of Teflon on Electrolyte Decomposition during Li/SWCNT Anode Discharge in Lithium-Sulfur Batteries*, Journal of the Electrochemical Society.

Istituto Superiore per la Protezione dell'Ambiente (ISPRA), *Informative Inventory Report – vari anni* (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>).

Istituto Superiore per la Protezione dell'Ambiente (ISPRA), *National Inventory Report – Year 2018* (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-greenhouse-gas-inventory-system-in-italy/view>).

Joint Research Centre (JRC), *WELL TO TANK Appendix 2 – Summary of energy and GHG balance of individual pathways*, (https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/wtt_appendix_2_v4a.pdf).

- [7] Kalwar K.A., Muhammad A., Saad M. (2015), *Inductively coupled power transfer (ICPT) for electric vehicle charging – A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 47: 462-475.

- [13] Kufferath A. et al (2017), *Fuel consumption in accordance with real driving emissions: The future of Diesel Passenger Car*, Vienna, Motorsymposium.

- [17] Kufferath A. et al (2017), *Fuel consumption in accordance with real driving emissions The future of Diesel Passenger Car*, Vienna, Motorsymposium.

- [34] La Picirelli de Souza L., Silva Lora E.E., Escobar Palacio J.C., Rocha M.H., Grillo Renó M.L., Venturini O.J. (2018), *Comparative environmental life cycle assessment of conventional vehicles with different fuel options, plug-in hybrid and electric vehicles for a sustainable transportation system in Brazil*, Journal of Cleaner Production, Volume 203, Pages 444-468, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.236>.

- [38] Le Petit Y. (2017), *Electric vehicle life cycle analysis and raw material availability*, October 2017, Clean vehicles and mobility officer Transport & Environment.

Mckinsey Center for future mobility (2017), *Electrifying insights: how automakers can drive electrified vehicle sales and profitability*.

Mckinsey Center for future mobility (2019), *Race 2050 – A vision for the European automotive industry*.

- [20] Messagie M. (2014), *Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles*, Vrije Universiteit Brussel - research group MOBI (TE - report).

Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF) (2019), *Documento di Economia e Finanza 2019*.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), *Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti – vari anni* (<http://www.mit.gov.it/node/10877>).

Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), *Bilancio Energetico Nazionale* – vari anni (<https://dgsaie.mise.gov.it/ben.php>).

Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) (2019), *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030 (PNIEC)*.

Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), Presidenza Consiglio dei Ministri (2017), *Strategia Energetica Nazionale*.

Mönnig A., Schneemann C., Weber E., Zika G., Helmrich R. (2019), *Electromobility 2035 Economic and labour market effects through the electrification of powertrains in passenger cars*, Institute for Employment research.

[6] Mwasilu F., et al (2014), *Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration*, Renewable and sustainable energy reviews 34: 501-516.

[21] Nordelöf A., Messagie M., Tillman A., Söderman M.L., Van Mierlo J. (2014), *Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles—what can we learn from life cycle assessment?*, Int J Life Cycle Assess 19:1866–1890. DOI 10.1007/s11367-014-0788-0.

[15] Ntziachristos L. (2018), *Measuring automotive exhaust particles down to 10 nanometres – DownToTen*, SYNERGY workshop on “High Efficiency Hybrid Powertrains”, 12 November 2018, Aachen.

[10] O. Veneri (ed.) (2016), *Technologies and applications for smart charging of electric and plug-in hybrid vehicles*, Springer.

[22] ONDA VERDE, Periodico bimestrale online edito dall'Automobile Club d'Italia - Anno V - n.23 - maggio-giugno 2019.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019), *Economic Surveys “Italy” Overview*, Prigi, aprile 2019.

Parlamento Europeo (2019), *Un'Europa che protegge: aria pulita per tutti*, Strasburgo, 13 marzo 2019.

Politecnico di Milano (2019), *Smart Mobility Report*, Milano.

Politecnico di Milano, *E-mobility report 2018: le opportunità e le sfide per lo sviluppo della mobilità elettrica in Italia*.

[36] Qiao Q., Zhao F., Liu Z., Jiang S., Hao H. (2017), *Comparative study on life cycle CO₂ emissions from the production of electric and conventional vehicles in China*, Energy Procedia, 105, 3584-3595.

[32] Raugei M., Hutchinson A., Morrey D. (2018), *Can electric vehicles significantly reduce our dependence on non-renewable energy? Scenarios of compact vehicles in the UK as a case in point*, Journal of Cleaner Production, Volume 201, Pages 1043-1051, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.107>.

Regolamento (UE) 2019/631 del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 aprile 2019.

Ricerca di Sistema Energetico (RSE) (2019), *Fornitura di servizi di bilanciamento da parte di veicoli elettrici in ricarica: valutazione delle possibili implicazioni economiche su alcuni casi di studio*, Milano, dicembre 2018.

Ricerca di Sistema Energetico (RSE), *Elementi per una Roadmap della mobilità sostenibile*, maggio 2017.

- [5] Rubino L., Clemente C., Ottorino V. (2017), *Review on plug-in electric vehicle charging architectures integrated with distributed energy sources for sustainable mobility*, Applied Energy 207: 438-464.

Rusich, A., Danielis R. (2013), *The private and social monetary costs and the energy consumption of a car. An estimate for seven cars with different vehicle technologies on sale in Italy*, Working papers, SIET (Società Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica), <http://www.sietitalia.org/wpsiet/WP%20SIET%20-%20Rusich-Danielis.pdf>.

Rusich, A., Danielis, R. (2015), *Total cost of ownership, social lifecycle cost and energy consumption of various automotive technologies in Italy*, Research in Transportation Economics 50, pp. 1-14.

Scorrano M., Danielis R., Giansoldati M. (2017), *Conviene acquistare un'automobile elettrica? Un'applicazione all'Italia del modello del costo totale di possesso*, Rivista di Economia e Politica dei Trasporti, N. 2.

- [1] Scrosati B., Jürgen G., Werner T. (eds.) (2015), *Advances in battery technologies for electric vehicles*. Woodhead Publishing, 2015.

- [27] Tagliaferri C., Evangelisti S., Acconcia F., Domenech T., Ekins P., Barletta D., Lettieri P. (2016), *Life cycle assessment of future electric and hybrid vehicles: A cradle-to-grave systems engineering approach*, Volume 112, Pages 298-309, ISSN 0263-8762, <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.07.003>.

Terna (2018), *Documento di descrizione degli scenari*, edizione 2018, <http://download.terna.it/terna/0000/1016/83.PDF>.

The European House – Ambrosetti per ENEL (2017), *E-mobility Revolution*, agosto 2017.

The European House – Ambrosetti per Enel X (2019), *Electrification, industrial value chains and opportunities for a sustainable future in Europe and Italy*.

The European House – Ambrosetti per Esso Italiana (2019), *L'evoluzione energetica nei trasporti – Una prospettiva per il sistema paese nel contesto europeo*.

The Oxford Institute for Energy studies (2019), *A review of prospects for natural gas as a fuel in road transport*, Energy Insight 50, Oxford.

Transport & Environment (T&E) (2019), *Electric Surge: Carmakers' electric car plans across Europe 2019-2025*, Brussels.

- [23] Tsiakmakis S., Fontaras G., Cubito C., Pavlovic J., Anagnostopoulos K., Ciuffo B. (2017), *From NEDC to WLTP: effect on the type-approval CO₂ emissions of light-duty vehicles*, JRC Science report EUR 28724 EN., ISBN 978-92-79-71642-3.

UBS (2019), *Longer Term Investments Smart Mobility*.

Unione Petrolifera (UP) (2018), *Previsioni di domanda energetica e petrolifera italiana 2018-2030*, maggio 2018.

Unione Petrolifera (UP) (2019), Annual Report.

Unione Petrolifera (UP) (2019), *Previsioni domanda energetica e petrolifera*.

Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri (UNRAE), Crisci M. (2018), *La visione strategica della mobilità secondo UNRAE*.

- [41]** *Valore del fattore emissivo relativo all'energia elettrica fornita ai veicoli stradali a trazione elettrica*, GSE Report 2018,
https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Servizi%20per%20te/EMISSI%20ONI%20DI%20CO2%20NEI%20TRASPORTI/Valore%20FE%20GHG%20energia%20elettrica%20fornita%20ai%20veicoli%20stradali%20elettrici.pdf.
- [28]** Van Mierlo J., Messagie M., Rangaraju S. (2017), *Comparative environmental assessment of alternative fueled vehicles using a life cycle assessment*, Transportation Research Procedia, Volume 25, Pages 3435-3445, ISSN 2352-1465,
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.244>.
- [40]** Vehicle Certification Agency (VCA) (2016), *Car and Van Fuel Consumption / CO₂ Databases*, <http://www.dft.gov.uk/vca/index.asp>.
- [29]** Wu Z., Wang M., Zheng J., Sun X., Zhao M., Wang X. (2018), *Life cycle greenhouse gas emission reduction potential of battery electric vehicle*, Journal of Cleaner Production, Volume 190, Pages 462-470, ISSN 0959-6526,
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.036>.
- [16]** Yahata S. ed al (2018), *Innovative Low Temperature NO_x Reduction Technology with Plasma for Diesel Zero Emission in Real World Driving*, 27th Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology 2018.

Indice Tabelle

| | |
|---|----|
| Tabella 1 Trasporto passeggeri: prestazioni per modalità di trasporto EU 28 - anni 2000-2005-2010-2015-2016 (mld p-km) | 26 |
| Tabella 2 Split modale trasporto passeggeri via terra, EU 28 ed EU 5 (p-km) - anno 2016 (valori in %) | 27 |
| Tabella 3 Evoluzione trasporto passeggeri a terra su autovettura, treno e autobus/pullman, EU 28 ed EU 5 (p-km) - anni 2000-2005-2010-2015-2016 (valori in %) | 28 |
| Tabella 4 Consistenza del parco veicoli secondo la categoria | 31 |
| Tabella 5 Consistenza parco autovetture secondo l'alimentazione (valori in %)..... | 32 |
| Tabella 6 Consistenza del parco autovetture secondo la classe Euro | 32 |
| Tabella 7 Età mediana autovetture..... | 33 |
| Tabella 8 Emissioni totali di CO ₂ da trasporti su strada (milioni di tonnellate)..... | 34 |
| Tabella 9 La distribuzione degli spostamenti urbani per modo di trasporto utilizzato (valori in %).35 | |
| Tabella 10 Parco autovetture circolanti nei 10 più grandi Comuni italiani distinto per classi Euro (valori in %) | 36 |
| Tabella 11 Parco autovetture circolanti nei 10 più grandi comuni italiani distinto per alimentazione (valori in %) | 36 |
| Tabella 12 Costi al km autovetture nell'anno 2018 (Percorrenza annua di 15.000 km) | 37 |
| Tabella 13 Costi al km autovetture nell'anno 2018 escluso le quote di ammortamento (Percorrenza annua di 15.000 km) | 37 |
| Tabella 14 Impatti percentuali dovuti alla produzione di un autoveicolo in termini di GWP per BEV ed ICEV | 57 |
| Tabella 15 Caratteristiche principali dei veicoli ICEV e BEV confrontati in [35] | 57 |
| Tabella 16 Fattori di contribuzione alla CO ₂ su ciclo vita per produzione ed uso per BEV ed ICEV .. | 58 |
| Tabella 17 Valori dei fattori principali incidenti sul WTW dei veicoli ICEV e BEV allo stato dell'arte della tecnologia rispetto ai valori riportati in [35]..... | 62 |
| Tabella 18 Scenari di diffusione delle auto elettriche e delle infrastrutture per la ricarica al 2025 e al 2030 – Ambrosetti | 72 |
| Tabella 19 Scenari di diffusione delle auto elettriche al 2020 e al 2030 - Roadmap della Mobilità sostenibile (Migliaia di auto)..... | 73 |
| Tabella 20 Scenari di diffusione di veicoli elettrici – “Scenari Ambrosetti “(Migliaia di veicoli) | 74 |
| Tabella 21 Scenari di diffusione di auto elettriche al 2025 e al 2030 – Politecnico di Milano (Migliaia di auto) | 74 |
| Tabella 22 Scenari di diffusione di auto elettriche al 2030- Coordinamento FREE | 75 |
| Tabella 23 Confronto scenari di elettrificazione del parco autovetture al 2030 (migliaia autovetture) | 76 |
| Tabella 24 Immatricolazioni per alimentazione – anni 2011-2018 | 78 |
| Tabella 25 Consumi specifici medi dei veicoli con ricarica alla rete | 79 |
| Tabella 26 Ripartizione per motorizzazione del venduto – “Scenario UNRAE” (%) | 84 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 27: Ripartizione per motorizzazione del venduto “Scenario di Programma “(%)..... | 84 |
| Tabella 28: Totale immatricolazioni per tecnologia anni 2019-2030 (migliaia) – Scenario di Programma..... | 87 |
| Tabella 29 Totale immatricolazioni per tecnologia 2019-2030 (migliaia) - Scenario Tecnologico accelerato..... | 89 |
| Tabella 30 Shift modale in città – scenario di Mobilità sostenibile | 91 |
| Tabella 31 Shift modale in ambito extraurbano – scenario di Mobilità sostenibile..... | 91 |
| Tabella 32 Parco Circolante 2030 (numero autovetture)..... | 93 |
| Tabella 33 Emissioni specifiche medie del venduto (ciclo WLTP) – anno 2030 | 93 |
| Tabella 34 Dati descrittivi degli Scenari – anno 2030 | 94 |
| Tabella 35: % di SHARE modale in città | 94 |
| Tabella 36 Emissioni di gas serra WTW (kt CO ₂ eq) | 95 |
| Tabella 37 Contributo di riduzione delle emissioni di GHG di biocarburanti e FER elettriche (%).... | 95 |
| Tabella 38 Consumi totali TTW delle autovetture per vettore energetico– anno 2030 | 95 |
| Tabella 39 Consumi TTW dei servizi di trasporto collettivo aggiunti per vettore energetico – anno 2030..... | 96 |
| Tabella 40 Consumi TTW degli Scenari 2030 | 96 |
| Tabella 41 Mercato dell’auto, Informazioni di sintesi, 2017, Italia | 109 |
| Tabella 42 Auto prodotte, immatricolate, esportate e importate, var% 2007-13 e 2013-17 | 110 |
| Tabella 43 La rete di distribuzione carburanti al 1 gennaio 2018..... | 115 |
| Tabella 44 Tipologie di infrastrutture di ricarica e costi (dati di costo aggiornati a fine 2017)..... | 117 |
| Tabella 45 Investimenti necessari per le infrastrutture di ricarica in caso di scenario di programma 2019-2030 | 118 |
| Tabella 46 Investimenti necessari per le infrastrutture di ricarica in caso di scenario tecnologico accelerato 2019-2030 | 118 |
| Tabella 47 Investimenti necessari per le infrastrutture di ricarica in caso di scenario di Mobilità sostenibile 2019-2030..... | 119 |
| Tabella 48 Numero di infrastrutture di ricarica necessarie fra il 2019-2030 nei tre scenari | 119 |
| Tabella 49 Sintesi dei principali effetti sulla fiscalità derivanti da una progressiva evoluzione del parco autovetture in Italia 2019-2030..... | 122 |
| Tabella 50 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto stimato da UP in mld di Euro | 124 |
| Tabella 51 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito PNIEC stimato da UP in mld di Euro | 124 |
| Tabella 52 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito di Programma in mld di Euro | 125 |
| Tabella 53 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito tecnologico accelerato in mld di Euro.. | 125 |
| Tabella 54 Stima gettito fiscale al 2030 su autoveicoli (accise ed IVA basate su costi dei carburanti a prezzi costanti del 2018) su scenario parco auto definito di Mobilità sostenibile in mld di Euro .. | 126 |

Indice Figure

| | |
|--|----|
| Figura 1 Consumi di energia primaria, Word (Mtep)..... | 14 |
| Figura 2 Consumi di energia primaria, UE28 (Mtep) | 14 |
| Figura 3 Consumi di energia primaria, Italia (Mtep)..... | 14 |
| Figura 4 Consumi di energia primaria per fonte, Word (%)..... | 16 |
| Figura 5 Consumi di energia primaria per fonte, UE28 (%) | 16 |
| Figura 6 Consumi di energia primaria per fonte, Italia (%)..... | 16 |
| Figura 7 Emissioni di CO ₂ , Word (MtCO ₂) | 17 |
| Figura 8 Emissioni di CO ₂ , UE28 (MtCO ₂)..... | 17 |
| Figura 9 Emissioni di CO ₂ , Italia (MtCO ₂) | 17 |
| Figura 10 Consumi finali di energia settore trasporti, Word (Mtep)..... | 19 |
| Figura 11 Consumi finali di energia settore trasporti, UE28 (Mtep) | 19 |
| Figura 12 Consumi finali di energia settore trasporti, Italia (Mtep)..... | 19 |
| Figura 13 Emissioni di CO ₂ settore trasporti, Word (MtCO ₂)..... | 20 |
| Figura 14 Mix energia finale settore trasporti, World (%)..... | 20 |
| Figura 15 Emissioni di CO ₂ settore trasporti, UE28 (MtCO ₂) | 21 |
| Figura 16 Mix di energia finale settore trasporti, UE28 (%) | 21 |
| Figura 17 Emissioni di CO ₂ settore trasporti, Italia (MtCO ₂)..... | 22 |
| Figura 18 FER Trasporti, Italia (%) | 22 |
| Figura 19 Consumi finali di energia nei trasporti per tipologia di carburante anni 2013-2018 (variazioni tendenziali, Mtep) | 23 |
| Figura 20 Consumi di energia per modalità di trasporto, Italia (%)..... | 23 |
| Figura 21 Contributo del settore Trasporti alla riduzione complessiva delle emissioni di CO ₂ nel Mondo ed in UE28 (2040) | 24 |
| Figura 22 Contributo del settore Trasporti alla riduzione complessiva delle emissioni di CO ₂ in Italia (2030) | 24 |
| Figura 23 Trasporto passeggeri EU 28 (p-km) - Split modale anni 2000-2005-2010-2015-2016 | 27 |
| Figura 24 Tasso di motorizzazione EU-28 ed EU-5 - evoluzione anni 2000-2005-2010-2015-2016 (Valori in numeri assoluti) | 29 |
| Figura 25 Evoluzione PIL italiano - Anni 2000-2018 (a prezzi di mercato e a valori concatenati..... | 30 |
| Figura 26 Evoluzione PIL per abitante (a prezzi di mercato e a valori concatenati - anno di riferimento 2010). | 30 |
| Figura 27 Emissioni standard Massa di monossido di carbonio (g/km) dei veicoli di categoria M (autovetture)..... | 33 |
| Figura 28 Emissioni standard Massa di Ossidi di azoto (g/km) dei veicoli di categoria M (autovetture) | 33 |
| Figura 29 Emissioni standard Massa di particolato (g/km) dei veicoli di categoria M (autovetture)..... | 34 |

| | |
|---|----|
| Figura 30 Andamento della crescita della capacità della batteria della e-Golf e del peso della batteria stessa. A fronte di un incremento di peso trascurabile; Kreisel Electric (e-Golf 2019 nel grafico) ha sviluppato un prototipo con una batteria da 55,7 kWh il cui peso è di 330 kg..... | 40 |
| Figura 31 Situazione attuale e prospettive di evoluzione dei veicoli elettrici in termini di capacità delle batterie e potenza di ricarica | 42 |
| Figura 32 Confronto tra autonomia e capacità del sistema di accumulo per diversi gradi di ibridizzazione (Source [12]) | 43 |
| Figura 33 Evoluzione delle emissioni di NOx, PM10 e PM2,5 dei trasporti in Italia (1995-2015)..... | 44 |
| Figura 34 Esempio di sistema di post-trattamento dei gas di scarico per un motore ad accensione comandata benzina comprendente TWC e GPF | 46 |
| Figura 35 Obiettivi di decarbonizzazione del venduto nei 28 Paesi EU [ref.: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en]..... | 46 |
| Figura 36 Esempio di sistema di post-trattamento dei gas di scarico per un motore ad accensione per compressione (Diesel) comprendente catalizzatore ossidante (DOC), filtro di particolato (DPF) e catalizzatore con urea per la riduzione degli ossidi di azoto | 48 |
| Figura 37 Roadmap tecnologica verso le emissioni quasi zero di NOx in uso reale per veicoli Diesel | 49 |
| Figura 38 Roadmap tecnologica per la riduzione delle emissioni di CO ₂ da propulsori Diesel | 49 |
| Figura 39 Motore bicilindrico ORBIST per generazione diretta di energia elettrica per applicazioni di range-extender (PHEV). Efficienza netta elettrica >40% .[ref. https://www.obrist-powertrain.com/fileadmin/user_upload/powertrain/Documents/HyperHybrid_Brochure_E | 50 |
| Figura 40 Motore a pistoni “liberi” (free piston engine) per generazione diretta di energia elettrica per applicazioni di range-extender (PHEV). Efficienza netta elettrica > 36%. [ref. X. Wang ed al. “A Review of the Design and Control of Free-Piston Linear Generator”, Energies 2018, 11, 2179; doi:10.3390/en11082179 | 50 |
| Figura 41 Rappresentazione del ciclo NEDC | 52 |
| Figura 42 Rappresentazione del ciclo WLTP | 52 |
| Figura 43 Rappresentazione schematica dei diversi stadi del ciclo di vita di un’automobile | 54 |
| Figura 44 Numero di pubblicazioni su confronto LCA veicoli a batteria e termici rilevato dall’elenco bibliografico | 55 |
| Figura 45 Emissioni di CO ₂ nel ciclo vita in funzione del chilometraggio percorso per BEV e ICEV (benzina 1.5L – Euro 5). I dati sono estrapolati fino a 250000 km, oltre il chilometraggio totale preso a riferimento nello studio pari a 150000 km. Grafico rieditato da [35] | 59 |
| Figura 46 Emissioni di CO ₂ nel ciclo vita in funzione del chilometraggio percorso per BEV, ICEV e ibrido HEV (non Plug-in)..... | 60 |
| Figura 47 Emissioni di CO ₂ nel ciclo vita in funzione del chilometraggio percorso tra HEV (non Plug-in) e BEV su differenti anni (2020, 2025 e 2030) | 61 |
| Figura 48 Variazione delle emissioni di CO ₂ in relazione ad una completa sostituzione degli ICEV al 2030 con BEV o HEV (grafico a sinistra), tenendo conto delle emissioni su ciclo vita (grafico al centro), o delle sole emissioni allo scarico (grafico a destra), utilizzando i dati delle Figure 46 e 47 (Figura estratta da [42]) | 61 |
| Figura 49 Andamento delle emissioni specifiche medie di CO ₂ delle autovetture nuove | 79 |

| | |
|--|-----|
| Figura 50 Scenario di Programma – Composizione percentuale del venduto nel 2020, 2025 e 2030 | 86 |
| Figura 51 Scenario tecnologico accelerato – Composizione percentuale del venduto nel 2020, 2025 e 2030..... | 89 |
| Figura 52 Gli effetti socio-economici nel settore automotive derivanti dall’evoluzione delle motorizzazioni - Esempi tratti dalla letteratura..... | 99 |
| Figura 53 Le stime dell’occupazione nel settore automotive in Europa (2018-2030)..... | 103 |
| Figura 54 Le differenti componenti di costo fra motori elettrici ed endotermici (in USD) | 104 |
| Figura 55 Il numero di nuovi modelli elettrici o ibridi (full e mild) introdotti nel mercato europeo dai produttori mondiali suddiviso per continente dei produttori (2009-2026) | 105 |
| Figura 56 Il numero di nuovi modelli introdotti nel mercato europeo da produttori europei suddiviso per motorizzazione (2009-2026)..... | 105 |
| Figura 57 Stima della ripartizione per motorizzazione della produzione di auto in Europa al 2025 | 106 |
| Figura 58 Immatricolazioni di autovetture, trend annuale, milioni di unità e variazioni% | 107 |
| Figura 59 I trend delle diverse componenti industriali del settore automotive in Italia..... | 108 |
| Figura 60 Auto prodotte, immatricolate, esportate e importate, 2007-2017 | 110 |

Glossario

ACEA – Associazione Europea delle Case Automobilistiche
ACI – Automobile Club d'Italia
ANFIA – Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica
ARERA – Autorità di Regolazione per l'Energia Reti e Ambiente
BEN – Bilancio Energetico Nazionale
BEV – Battery Electric Vehicle
BMS – Battery Management System
BRS – Brake Regeneration System
CERTeT – Centro di Economia Regionale, dei Trasporti e del Turismo
CIB – Consorzio Italiano Biometano
CIPE – Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica
CNIT – Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni
CNR – Centro Nazionale delle Ricerche
DAFI – Directive Alternative Fuel Initiative
DIITET – Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti
DOC – Diesel Oxidation Catalyst
DPF – Diesel Particular Filter
ECF – European Climate Foundation
EEA – European Environment Agency
EGVI – European Green Vehicle Initiative
EMEA – Europe, Middle-East, Africa
ENEA – Ente Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
EV – Electric Vehicle
FC – Fuel Cell
FER – Fonti Energetiche Rinnovabili
FREE – Coordinamento Fonti Rinnovabili ed Efficienza Energetica
GHG – GreenHouse Gas
GNC – Gas Naturale Compresso
GPF – Gasoline Particular Filter

GPL – Gas di Petrolio Liquefatti
GWP – Global Warming Potential
HEV – Hybrid Electric Vehicle
ICCT – International Council on Clean Transportation
ICE - Internal Combustion Engine
ICEV – Internal Combustion Engine Vehicles
IEA – International Energy Agency
IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor
ILCD – International Reference Life Cycle Data system
IMG – Integrated Motor Generator
IPCC – International Panel on Climate Change
ISFORT – Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per i Trasporti
ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica
ITS – Intelligent Transportation System
JRC – Joint Research Centre
LCA – Life Cycle Assessment
Li-NMC – Batterie al Litio-Nickel Manganese Cobalto
LTO – Batterie al Litio-Titanato
MAAS – Mobility As A Service
MHV – Mild Hybrid Vehicle
MISE – Ministero per lo Sviluppo Economico
MIT – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
MOVE-IN – Monitoraggio Veicoli Inquinanti
NEDC – New European Driving Cycle
OCSE – Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico
PEV – Plug-in electric vehicles
PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PIL – Prodotto Interno Lordo
PM 10 – Particulate Matter 10µm
PM 2,5 – Particulate Matter 2,5µm
PNiEC – Piano Nazionale integrato per l’Energia e il Clima

PNIRE – Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati ad Energia elettrica

PRA – Pubblico Registro Automobilistico

PRIA – Piano Regionale degli Interventi per la qualità dell’Aria

PRIMES – Price-included Market Equilibrium System

RDE – Real Driving Emissions

RED – Renewable Energy Directive

RSE – Ricerca sul Sistema Energetico

SEN – Servizio Elettrico Nazionale

T&E – Transport & Environment

TCO – Total Cost of Ownership

tep – tonnellata equivalente di petrolio

TPL – Trasporto Pubblico Locale

TTW – Tank To Wheel

TWC – Three Way Catalyst

UNRAE – Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri

UP – Unione Petrolifera

V2G – Vehicle to Grid

WCM – World Class Manufacturing

WEO – World Economic Outlook

WLTC – Worldwide harmonized Light-vehicles Test Cycles

WLTP – Worldwide harmonized Light-vehicles Test Procedure

WTT – Well To Tank

WTW – Well To Wheel

Finito di stampare nel mese di Novembre 2019

ISBN 9788832245011