

Per una transizione ecorazionale della mobilità automobilistica italiana

Fondazione **Filippo Caracciolo**
Centro Studi



Lo studio è stato realizzato dalla Fondazione Caracciolo, con il supporto dell'Area professionale statistica dell'ACI, grazie alla preziosa collaborazione di un gruppo di lavoro composto da:

Per l'ACI: Marco Cilione, Alessia Grande, Lucia Pennisi

Per la Fondazione Caracciolo: Federica Cossu, Chiara Ronzoni, Federica Rullo, Francesco Ciro Scotto, Cecilia Tortora.

Si ringrazia il Comitato scientifico della Fondazione Caracciolo per il costante lavoro di confronto e orientamento: Ennio Cascetta (Presidente), Vito Mauro, Francesco Russo, Roberto Zucchetti, Stefano Zunarelli.

Un doveroso ringraziamento va, infine, alla presidente Giuseppina Fusco che ha tracciato le linee guida e ha saputo cogliere sin dall'inizio la rilevanza del tema qui trattato.

Novembre 2021

© 2021 Fondazione Filippo Caracciolo

ISBN 9788832245097

Sommario

1. Introduzione	5
1.1 I risultati delle analisi 2019 per il traguardo degli obiettivi emissivi dei veicoli al 2030	6
1.2 La pandemia e le iniziative per la ripresa e la resilienza dell'Europa verde	9
2. Dalle emissioni nella "vita utile" alle valutazioni sull'intero ciclo di vita	21
2.1 I criteri di misurazione delle emissioni dei veicoli, dal TTW all'LCA	21
2.2 Le valutazioni in LCA in considerazione del consumo energetico aggiuntivo	25
2.3 Una centrale da un GW e 1 milione di centrali da 1 kW	35
2.4 Politiche eco-razionali di sostituzione dei veicoli ed effetti sulla riduzione delle emissioni in LCA e in considerazione del consumo energetico elettrico	38
3. Anche i confronti emissivi più accurati non forniscono tutte le risposte	43
3.1 Per una politica mirata di rinnovo del parco. L'importanza di un indicatore sintetico dei costi socio-economici legati alle emissioni dei veicoli circolanti	43
3.2 Analisi dei costi socio-economici derivanti dal rischio di incidentalità stradale dei veicoli più vecchi	50
3.3 Analisi degli effetti degli incentivi secondo il livello di maturità tecnologica dei veicoli e delle infrastrutture collegate	53
3.4 Valutazione del livello di accessibilità degli incentivi per evitare sperequazioni sociali	56
3.6 Auto meno inquinanti o meno auto inquinanti	59
4. Conclusioni	61
Glossario	67
Appendice	69

1. Introduzione

L'ACI, in coerenza con la propria missione istituzionale e alla luce dei profondi cambiamenti che si prospettano per il settore dell'*automotive* e, più in generale, per il sistema dei trasporti, ha focalizzato, negli ultimi anni, i propri studi e ricerche soprattutto sull'analisi degli scenari evolutivi del settore e sulla valutazione degli impatti che potranno derivare dalle innovazioni tecnologiche e dalle politiche ambientali ed energetiche volte al raggiungimento degli obiettivi, da un lato, di riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti e, dall'altro, di miglioramento della sicurezza stradale.

In particolare, con il contributo scientifico della Fondazione Caracciolo, l'ACI ha sviluppato studi e approfondimenti relativi a due temi centrali nello sviluppo del sistema dei trasporti: il progresso tecnologico per la connettività dei veicoli (tra loro e con le infrastrutture) e l'automazione e l'evoluzione delle fonti energetiche per l'autotrazione. Due temi sempre più interconnessi verso il triplice obiettivo di rendere il settore della mobilità su strada sempre più sicuro, accessibile ed ecosostenibile.

Tali approfondimenti, svolti anche attraverso il costante confronto con esperti e operatori dei settori coinvolti in quella che oggi, per le ricadute attese, possiamo definire, sempre più, come una vera e propria rivoluzione industriale indotta, lasciano ancora aperti, e anzi sollevano, alcuni nodi critici, in particolare legati alle valutazioni emissive dei veicoli e agli impatti energetici, ambientali, economici e sociali che una transizione accelerata può determinare sull'intero sistema a livello nazionale e sovranazionale.

Nel frattempo, il mondo è stato sconvolto dalla diffusione improvvisa di un nuovo coronavirus, il Sars Cov-2. Una pandemia che ancora oggi produce i suoi effetti in termini sanitari, sociali e economici, condizionando la mobilità di persone e cose e tutti gli ambiti della società moderna. Un evento che ha messo a nudo le fragilità di un sistema articolato e globale, dove ogni parte è connessa all'altra in un rapporto di interdipendenza e che produce effetti che superano i confini settoriali come quelli spaziali e che come tali devono essere affrontati, per trovare soluzioni efficaci e sostenibili.

Appare oggi quanto mai necessario poter disporre di strumenti adeguati di conoscenza per pianificare e decidere sulla base di informazioni accurate e verificabili; attraverso un modello di analisi teso a superare approcci settoriali, ciechi al quadro d'insieme (come ad esempio quello ancora oggi dominante sulla sola misurazione delle emissioni allo scarico dei veicoli), e aperto a valutare gli effetti di scelte alternative in ottica sistemica.

È in questa prospettiva che si colloca il lavoro della Fondazione, un documento che cerca di far sintesi di alcuni importanti elementi chiave, secondo un approccio di valutazione d'insieme utile a supportare scelte eco-razionali per raggiungere in maniera efficace gli obiettivi di una riduzione delle emissioni di gas serra e di quelle inquinanti, senza dimenticare la sicurezza sulle strade.

Il documento si apre con una sintetica illustrazione dei risultati delle ultime analisi pre-pandemiche relative a tre possibili scenari di sviluppo della mobilità per il raggiungimento degli

obiettivi di sostenibilità ambientale, come definiti dalle linee di indirizzo comunitario¹ e dalle politiche nazionali al 2019² e una illustrazione delle nuove prospettive e sfide poste in essere dall'Italia e dall'Europa per contrastare gli effetti della crisi sanitaria, economica e climatica, con riferimento al settore della mobilità, che molto condizioneranno nei prossimi trent'anni tutto il settore energetico e *automotive*, per poi addentrarsi nell'analisi critica dei diversi approcci alla misurazione degli impatti emissivi dei veicoli e delle possibili soluzioni per un eco-razionale processo di sostituzione degli stessi, verso una mobilità più sostenibile ed accessibile. Nello specifico, lo studio prova a stimare i benefici, in termini ambientali e di sicurezza, di possibili interventi pubblici calibrati sulla misurazione delle emissioni in funzione dell'età, del segmento e dello stadio di maturità dei veicoli e delle loro tecnologie.

Una sezione importante dello studio è dedicata alla rappresentazione dei criteri di valutazione delle emissioni – dal TTW (dal serbatoio alla ruota) al WTW (dal pozzo alla ruota), fino all'LCA (il più completo, benché di difficile misurazione, teso a calcolare le emissioni nell'intero ciclo di vita del veicolo) –, mettendone in evidenza potenzialità e limiti, attraverso analisi comparate. Infine, viene proposto un approccio, per quello che è stato possibile accertare, inedito, che prova ad analizzare le emissioni dei veicoli correlate all'incremento e al decremento dei consumi energetici ad essi connessi in fase d'uso. In particolare, lo studio arriva a conclusioni interessanti sul confronto fra veicoli termici, ibridi, elettrici e a idrogeno, dimostrando l'importanza di continuare a sviluppare criteri di confronto sempre più accurati che tengano conto delle connessioni energetiche che esistono fra il settore trasporti, quello industriale e quello degli impieghi civili.

L'analisi viene completata con una prospettiva ecologica basata su un cambio di approccio alla mobilità. Il senso del ragionamento è ben descritto nel titolo: *Auto meno inquinanti o meno auto inquinanti?* La soluzione di questo quesito apre a scenari di risoluzione del problema energetico secondo logiche di gestione della domanda di mobilità, legata al ricorso massiccio allo smart working e, in generale, a tutte le forme di contenimento della domanda attraverso il ricorso alla tecnologia (sportelli telematici on line, mercati a km0, riunioni a distanza), oltre che a forme di promozione di sistemi di trasporto a più basso impatto (TPL, mobilità ciclabile e pedonale). Se lo svecchiamento del parco rappresenta una tappa obbligata, le misure di ottimizzazione della domanda appaiono un alleato sinergico ed essenziale per il raggiungimento degli obiettivi ambientali.

1.1 I risultati delle analisi 2019 per il traguardo degli obiettivi emissivi dei veicoli al 2030

Nel 2019, la Fondazione Caracciolo ha realizzato, in collaborazione con l'ENEA e il CNR, uno studio³ su alcune possibili strategie orientate al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti indicati dall'Unione europea, e sulle loro ricadute dal

¹ Come ad esempio, il Clean Mobility Package, Direttiva DAFI, i Regolamenti EU 443/2009 e 631/2019 sui limiti delle emissioni di CO₂ e la *Risoluzione del Parlamento europeo del 13 marzo 2019 su un'Europa che protegge: aria pulita per tutti*.

² *Per una transizione energetica eco-razionale della mobilità automobilistica. Valutazione del caso italiano*, Fondazione Caracciolo, ENEA, CNR-DIITET, 2019.

³ *Ibidem*.

punto di vista ambientale, economico e sociale. Uno studio volto a valutare, su basi scientifiche, le possibili traiettorie evolutive delle tecnologie (sistemi di propulsione e vettori energetici) che muovono e muoveranno l'automobile, la capacità dell'industria energetica e dell'*automotive* di raggiungere gli obiettivi ambientali indicati dall'Unione europea al 2030 e, infine, i possibili impatti della "transizione" sul sistema industriale ed economico-sociale del Paese.

Lo studio ha stimato che, già sulla base delle politiche in atto al 2019 e in programma ("scenario tendenziale"), grazie a un immatricolato nuovo annuo di 1,9 milioni di veicoli, la riduzione delle emissioni di CO2 risultava assai prossima ai target europei allora definiti, in virtù degli ingenti investimenti in ricerca e sviluppo tecnologico, realizzati e pianificati dai diversi operatori, e che, al fine di allinearli con gli obiettivi europei, ulteriori abbattimenti dei livelli emissivi potevano essere ottenuti mediante una maggiore penetrazione (>2,5Mln di BEV e 2,5Mln di PHEV) dei veicoli più performanti sotto il profilo ambientale ("scenario tecnologico accelerato") o, alternativamente, mediante politiche di intervento sull'offerta di mobilità e di orientamento dei comportamenti degli utenti della strada ("scenario di mobilità sostenibile"). Di seguito si riportano i dati del parco circolante italiano per alimentazione nei tre scenari stimati al 2030 (Tabella 1) e i livelli emissivi raggiunti (Tabella 2).

Tabella 1: Scenari parco circolante al 2030

	Sc. Programma	Sc. Tec. Accelerato	Sc. Tec. Mob. Sostenibile
	(%)	(%)	(%)
BENZINA	30,2	26,9	30,3
B/GPL*	7,0	5,8	6,9
B/MET**	3,8	4,6	3,8
GASOLIO	40,6	37,0	41,1
ELETTRICO	5,0	7,0	4,8
IBRIDO BENZINA/ELETTRICO	8,5	9,4	8,3
IBRIDO GASOLIO/ELETTRICO	1,2	1,7	1,2
PHEV BENZINA	2,7	4,0	2,6
PHEV DIESEL	0,9	2,9	0,9
IDROGENO	0,0	0,6	0,1
TOTALE	100	100	100
PARCO CIRCOLANTE AUTOVETTURE	35.900.291	35.900.291	34.597.774

*Comprende GPL; **Comprende Metano.

Fonte: Fondazione Caracciolo, ENEA, CNR, 2019.

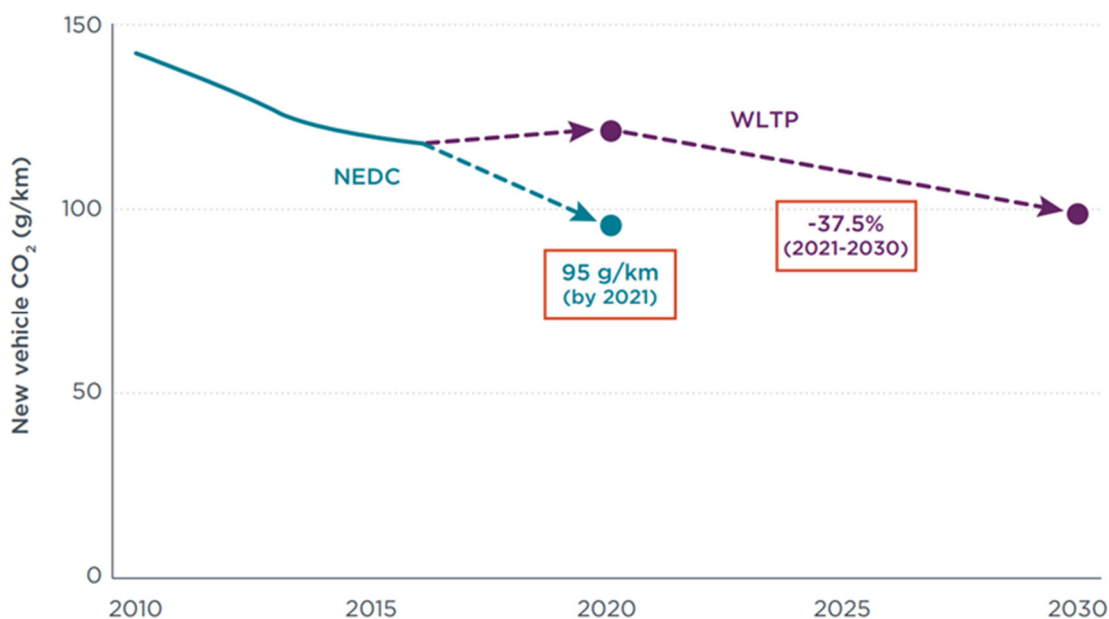
Tabella 2: Emissioni di gas serra WTW (kt CO2 eq)

Emissioni di gas serra WTW (kt CO2 eq)	Sc. Programma	Sc. Tecnologico accelerato	Sc. Mobilità sostenibile
Autovetture	54.582	48.869	48.405
Servizi di trasporto collettivo			465
TOTALE	54.582	48.869	48.870

Fonte: Fondazione Caracciolo, ENEA, CNR, 2019.

Le valutazioni emissive di scenario hanno tenuto conto delle modifiche introdotte dal passaggio dal ciclo di omologazione dei veicoli NEDC (*New European Driving Cycle*, che simulava in laboratorio l'uso tipico di una vettura in Europa, per poterne calcolare il consumo di carburante e le emissioni), alla nuova procedura WLTP (*Worldwide harmonized Light-Duty vehicles Test Procedure*, in vigore dal 2021)⁴. La procedura WLTP ridefinisce i parametri di prova prendendo in considerazione un profilo di guida più vicino alla realtà, riuscendo a fornire risultati più realistici rispetto al precedente e fornisce 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. Il passaggio del ciclo di omologazione dal 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. Si stima dunque che le emissioni di CO₂ calcolate su ciclo WLTP siano mediamente superiori del 15% a quelle in NEDC (gli obiettivi europei al 2020 passano quindi da 95 g/km del vecchio ciclo di omologazione a 109 g/km del nuovo). Si valuta, inoltre, che queste ultime siano circa un 20% minori delle emissioni su cicli reali di guida. Di seguito si riporta l'evoluzione attesa degli obiettivi di riduzione delle emissioni del nuovo venduto autovetture con nuovo ciclo WLTP dal 2021.

Figura 1: Target emissioni di CO₂ nel nuovo venduto



Le emissioni fino al 2021 sono valutate secondo il ciclo NEDC, mentre la stima di riduzione in percentuale al 2030 è calcolata in WLTP.

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

⁴ Per un maggiore approfondimento sui cicli di omologazione dei veicoli Cfr. *Per una transizione energetica eco-razionale della mobilità automobilistica. Valutazione del caso italiano*, Fondazione Caracciolo, ENEA, CNR, 2019.

Elemento centrale dello studio del 2019, da cui questo nuovo documento di approfondimento prende il via, è stato quello di allargare la prospettiva di osservazione, ponendo l'accento su alcune importanti questioni come la valutazione dei tempi della transizione, della valenza strategica degli investimenti in infrastrutture e sul ruolo delle valutazioni di impatto in termini di ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*), temi ancora oggi centrali, ma all'epoca ancora poco radicati nel dibattito pubblico, focalizzato su un modello di analisi basato sulla valutazione delle sole emissioni allo scarico, senza tener conto degli impatti di sistema, oggi, ancor più di ieri, globale. Ed è in particolare su questo aspetto che qui si torna a ragionare, con alcune valutazioni di impatto che intendono superare alcuni approcci di carattere settoriale.

Era il 2019 e il dibattito era focalizzato sui nuovi limiti, imposti dall'Europa⁵, alle emissioni di CO₂ del venduto auto e van post 2020, che impegnava i costruttori automotive a ridurre le emissioni medie del venduto autovetture al 2030 del 37,5% rispetto al target del 2021, con un traguardo intermedio del -15% al 2025.

A fronte di una domanda di mobilità in continuo aumento, le misure nazionali per ridurre le emissioni di CO₂ da trasporti sono state rivolte in particolare: ad incentivare l'acquisto di auto considerate più sostenibili (Ecobonus auto, previsto con la Legge di bilancio 2019, in vigore fino al dicembre 2021, e rinforzato nel 2020); a realizzare più infrastrutture per i combustibili alternativi (recepimento della Direttiva DAFI); 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); infine, allo sviluppo degli ITS per una gestione razionale del traffico (*smart roads*, infomobilità *etc.*).

Tabella 3: Fondi Ecobonus per veicoli M1

Fondi Ecobonus - Veicoli di categoria M1 (2019, 0-70 g/km CO ₂ ; dal 2020 0-60 g/km CO ₂)			
2019	2020	2021	Totale
60 mln €	262 mln €	283 mln € *	592 mln €

*270 mln + 13.348.500 (risorse residue relative al 2019).

1.2 La pandemia e le iniziative per la ripresa e la resilienza dell'Europa verde

Nel 2020 il mondo si è fermato. La crisi sanitaria globale dovuta alla pandemia da Sars-CoV-2 e le relative misure di contrasto messe in atto dai Governi hanno prodotto profondi cambiamenti nello stile di vita individuale e familiare delle persone, con profonde ripercussioni economiche e sociali.

Un impatto dirompente dal quale è scaturito un nuovo quadro di riferimento, caratterizzato da una profonda crisi economica (in Italia -8,9% del Pil) e da un inevitabile rallentamento nei

⁵ 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

processi di rinnovo del parco, ma anche da aspetti positivi come un forte impulso agli investimenti pubblici o, circostanza di estremo interesse per quel che riguarda i trasporti, la riscoperta del valore strategico di alcune misure di gestione della domanda di mobilità, legata alla diffusione dello *smart working* e in generale a tutte le forme di contenimento della domanda attraverso il ricorso alla tecnologia digitale (sportelli telematici on line, mercati a km0, riunioni a distanza).

Una crisi che ha colpito tutti i settori della mobilità, in particolare, quello automotive; un settore al centro di un processo di evoluzione industriale che vede nell'automazione e nell'elettrificazione dei veicoli i *driver* di una sfida tecnologica che non ha altri precedenti negli ultimi cinquant'anni. Una sfida fra costruttori, fra strategie industriali e scommesse sul futuro energetico. Nel contempo, una sfida fra continenti giocata sul filo dell'innovazione, degli aiuti di Stato, delle materie prime, nonché sugli accordi fra colossi del settore automotive, in un mercato dell'auto sempre più globalizzato e fatto di catene produttive de-localizzate e di centri decisionali sovranazionali.

In sintesi, si tratta di una partita complessa nella quale si fondono traiettorie di sviluppo globale con problemi che impongono misure trasversali a tutti i livelli territoriali. Tali problemi sono connessi, da un lato, alle emissioni climalteranti e all'inquinamento da polveri sottili e, dall'altro, ai rischi legati all'aumento dell'incidentalità stradale. In questo panorama, la composizione del parco circolante gioca un ruolo importante nel miglioramento degli standard ambientali e di sicurezza stradale.

Uno primo importante segnale di supporto al settore automotive è arrivato dal Governo a partire dal mese di agosto 2020, con il Decreto L. Rilancio e Decreto L. Scostamento-Agosto, che hanno permesso di rinnovare e ampliare il piano incentivi finalizzato al rinnovo dell'auto. Una boccata d'aria, benché insufficiente, in un momento di grave crisi per il settore *automotive*. Le misure sono state calibrate in funzione del livello emissivo dei veicoli, predisponendo gli incentivi più pesanti a favore delle auto elettriche e ibride. Anche in questo caso gli effetti sulla sostituzione dei veicoli più vecchi sono stati irrisonanti⁶.

Tabella 4: Stanziamenti per acquisto veicoli nuovi 2020 (DL Rilancio e DL Agosto)

Stanziamenti - Veicoli di categoria M1 (DL Rilancio e DL Agosto 2020)			
DL Rilancio (incentivi a partire dal 1° agosto al 31 dicembre 2020)	DL Agosto (incentivi a partire dal 1° agosto al 31 dicembre 2020)	DL Agosto (incentivi a partire dal 15 agosto al 31 dicembre 2020)	DL Agosto (incentivi a partire dal 15 agosto al 31 dicembre 2020)
0-110 g/km CO2	0-60 g/km CO2	61-90 g/km CO2	91-110 g/km CO2
50 mln €	50 mln €	150 mln € *	100 mln €

⁶ Per un maggior dettaglio sugli effetti delle misure di incentivazione all'acquisto di auto nuove, *Il rinnovo del parco veicolare italiano per una mobilità più sicura, equa e sostenibile*, Fondazione Filippo Caracciolo, Gennaio 2021.

Tabella 5: Incentivi auto DL Rilancio e DL Scostamento/Agosto 2020

Anno	Tipologia e requisiti	Entità incentivo
DL Rilancio DL Scostamento/Agosto 2020	Acquisto veicolo nuovo, con limite di prezzo e contributo differenziato sulla base delle emissioni: da 0 a 20, da 21 a 60, da 61 a 90 e, infine, da 91 a 110 g/km di CO ₂ , con e senza rottamazione di un veicolo usato con almeno 10 anni, oltre allo sconto obbligatorio del costruttore	Scadenza dicembre 2020 (si veda grafico in allegato)

Tabella 6: Piano incentivazione 2020 DL Rilancio

Piano di incentivazione per il rinnovo del parco 2020 - DL Rilancio				
Limiti di emissione	Bonus con rottamazione di un veicolo di almeno 10 anni	Bonus senza rottamazione	Validità del bonus	Limite di prezzo del veicolo
0-20 g/km CO ₂ (elettriche)	10.000 euro	6.000 euro	1/8 - 31/12/2020	50.000 euro (IVA e messa in strada escluse)
21-60 g/km CO ₂ (ibride plug-in)	6.500 euro	3.500 euro	1/8 - 31/12/2020	50.000 euro (IVA e messa in strada escluse)
61-110 g/km di CO ₂ (Euro 6)	3.500 euro	1.750 euro	1/8 - 31/12/2020	40.000 euro (IVA e messa in strada escluse)

Tabella 7: Piano di incentivazione 2020 DL Scostamento

Piano di incentivazione per il rinnovo del parco 2020 – DL Scostamento-Agosto				
Limiti di emissione	Bonus con rottamazione di un veicolo di almeno 10 anni	Bonus senza rottamazione	Validità del bonus	Limite di prezzo del veicolo
0-20 g/km CO ₂ (elettriche)	10.000 euro	6.000 euro	1/8 - 31/12/2020	50.000 euro (IVA e messa in strada escluse)
21-60 g/km CO ₂ (ibride plug-in)	6.500 euro	3.500 euro	1/8 - 31/12/2020	50.000 euro (IVA e messa in strada escluse)
61-90 g/km di CO ₂	3.750 euro	2.000 euro	15/8 - 31/12/2020	40.000 euro (IVA e messa in strada escluse)
91-110 g/km di CO ₂ (Euro 6)	3.500 euro	1.750 euro	15/8 - 31/12/2020	40.000 euro (IVA e messa in strada escluse)

Dal confronto tra gli anni 2018, 2019 e 2020, si evidenzia come la campagna a favore dell'acquisto dei veicoli meno inquinanti, in particolare delle auto elettriche, ha, sì, determinato un incremento delle auto a batteria (+115% nel 2019 rispetto al 2018 e +193% nel 2020 sul 2019), che però in termini di incidenza sul parco rappresentano ancora al 2020 solo lo 0,1% e, come si vedrà più avanti, lo 0,2% nel 2021, ma non ha avuto quell'effetto sostitutivo necessario per eliminare i veicoli più vecchi e inquinanti dalla circolazione. Il saldo radiazioni-immatricolazioni resta infatti ancora negativo. Se nel 2019 si è registrato un incremento delle radiazioni del 2,2% rispetto al 2018, con un saldo comunque negativo rispetto alle immatricolazioni di 409.000 auto non radiate, nel 2020, anno Covid, le radiazioni sono scese del 15% rispetto al 2019 (ma con un saldo sempre negativo, pari a 130.000 auto non radiate

rispetto alle immatricolazioni. Se si analizzano gli stessi dati rispetto alle radiazioni per standard Euro (Tabella 9), si può constatare come, le radiazioni dei veicoli più vecchi (Euro 0-2) si riducono di 6 punti percentuali, passando dal 31% del 2018 al 27% nel 2019 e al 25% del 2020.

Al contrario, è interessante notare che nello stesso periodo sono cresciute le radiazioni dei veicoli più recenti (Euro 5 e 6) che passano dal 10,7% del 2018 al 13,2% del 2020 (dovuto in particolare alle radiazioni delle Euro 6).

Tabella 8: Immatricolazioni e Radiazioni Autovetture per alimentazione anni 2018-2019-2020

Alimentazione	Immatricolazioni			Radiazioni		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Benzina/Gpl	126.829	137.184	95.170	72.879	74.739	63.109
Benzina/Metano	30.612	8.265	3.812	19.949	20.092	19.381
Benzina	706.155	890.118	587.181	774.591	727.966	626.477
Elettrica	4.943	10.618	31.144	464	342	837
Gasolio	999.469	780.315	486.855	632.809	709.647	591.681
Ibrido Benzina/Elettrico	68.796	79.636	188.321	4.187	5.109	6.030
Ibrido Gasolio/Elettrico	1.500	13.512	20.194	228	328	477
Idrogeno			8	-	-	-
Metano	6.816	29.906	28.700	2.206	2.449	2.248
Non Definito/Altre				20	8	4
Totale	1.945.120	1.949.554	1.441.385	1.507.333	1.540.680	1.310.244

Tabella 9: Immatricolazioni e Radiazioni Autovetture per classe Euro anni 2018-2019-2020

	IMMATRICOLAZIONI			RADIAZIONI		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Euro 0				24.076	17.786	13.373
Euro 1				55.368	46.172	33.804
Euro 2				393.910	356.280	275.278
Euro 3				421.775	438.664	365.284
Euro 4				384.487	446.509	416.199
Euro 5				88.408	97.921	80.595
Euro 6	1.940.177	1.938.936	1.410.233	72.209	94.429	92.183
Elettriche	4.943	10.618	31.144	464	340	832
Non Definito/Altre			8	66.636	42.579	32.696
Totale	1.945.120	1.949.554	1.441.385	1.507.333	1.540.680	1.310.244

Dal gennaio 2021 sono stati stanziati ulteriori fondi per incentivare l'acquisto di autovetture nuove, meno inquinanti e più sicure. Dalla Legge di Bilancio 2021 sono stati stanziati 630

milioni, così ripartiti: 180 milioni di euro per i veicoli da 0 a 60 g/km di CO2 e 450 milioni di euro per le autovetture da 61 a 135 g/km di CO2.

Tabella 10. Stanziamenti incentivi auto 2021

Stanziamenti - Veicoli di categoria M1 (fondi dalla Legge di Bilancio 2021 ⁷ e rifinanziamento DL – art. 73 del 2021 ⁸ più Decreto Rifinanziamento automotive ottobre 2021 ⁹)					
Fondi dalla Legge di Bilancio 2021	Rifinanziamento DL – art.73 del 2021	Decr. fiscale. Rifinaz. automotive 2021 ¹⁰	Fondi dalla Legge di Bilancio 2021	Rifinanziamento DL – art.73 del 2021	Decr. fiscale. Rifinaz automotive 2021 ¹¹
0-60 g/km CO2	0-60 g/km CO2	0-60 g/km CO2	61-135 g/km CO2	61-135 g/km CO2	61-135 g/km CO2
120 mln €	60 mln €	65 mln €*	250 mln €	200 mln €	10 mln €**
245 mln € totali			460 mln € totali		

*integra quanto previsto all'articolo 1, comma 1031, della legge n. 145 del 2018 (Legge di Bilancio 2018 per il 2019 e bilancio pluriennale 2019, 2020, 2021¹²).

** integra all'articolo 1, comma 654, della legge n. 178 del 2020 (Legge di Bilancio 2020 per il 2021¹³)

Secondo quanto riportato dal sito del MiSE¹⁴, i fondi Ecobonus per le auto a basse emissioni (0-60 g/km di CO2) alla fine del mese di settembre risultano esauriti, mentre per la fascia emissiva 61-135 g/km, i fondi residui sono pari a circa 63 milioni di euro. Per questo motivo, dal 14 settembre 2021 il MiSE ha aperto le prenotazioni per accedere agli incentivi per l'acquisto di veicoli con emissioni 0-60g/km di CO2, grazie alla riallocazione con il Decreto Infrastrutture di 57 milioni di euro Extrabonus. Si tratta di risorse inizialmente stanziati per l'Extrabonus con la legge di conversione del decreto Sostegni bis¹⁵. Infine, nel mese di ottobre 2021, sono stati stanziati ulteriori 100 milioni con Decreto fiscale¹⁶, di cui, come illustrato nella tabella sopra riportata, 65 milioni di contributi per l'acquisto di auto con emissioni pari o inferiori a 60 g/km CO2 e 10 milioni per auto con emissioni da 61 a 135 g/km CO2.

Ma, senza ovviamente poter tener conto degli ultimi stanziamenti, quale effetto hanno avuto le misure sopra descritte sul parco circolante italiano?

⁷ Legge di Bilancio 2020 per il 2021.

⁸ Contributi stanziati ai sensi della legge 23 luglio 2021 n. 106 art. 73-quinquies di conversione del Decreto Legge - art. 73 del 2021 e rifinanziano i fondi definiti dalla Legge di Bilancio 2021.

⁹ Decreto-legge recante misure urgenti in materia economica e fiscale, a tutela del lavoro e per esigenze indifferibili in fase di conversione, Art. 8, comma 1, lett. a, c.

¹⁰ Dotazione del fondo di cui all'art. 1 co. 1041 della legge 30 dicembre 2018 n.145.

¹¹ *Idem*.

¹² Legge 30 dicembre 2018, n. 145, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2019 e bilancio pluriennale per il triennio 2019-2021. (18G00172) (GU Serie Generale n.302 del 31-12-2018 - Suppl. Ordinario n. 62).

¹³ Legge 30 dicembre 2020, n. 178, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2021 e bilancio pluriennale per il triennio 2021-2023. (20G00202) (GU Serie Generale n.322 del 30-12-2020 - Suppl. Ordinario n. 46).

¹⁴ <https://ecobonus.mise.gov.it/>

¹⁵ Contributi stanziati ai sensi della Legge 23 luglio 2021 n. 106 art. 73-quinquies.

¹⁶ DL Fiscale 21 ottobre 2021, n. 146, recante misure urgenti in materia economica e fiscale, a tutela del lavoro e per esigenze indifferibili. Alla data di redazione dello studio in fase di prima lettura al senato.

Di seguito si riporta una tabella di confronto che mette in evidenza le variazioni, indotte anche dalle ultime misure incentivanti, sul parco circolante autovetture al primo ottobre 2021.

Le autovetture ad alimentazione tradizionale (benzina e diesel) pur registrando un calo del 1%, rappresentano ancora quasi il 90% dell'intero parco. Crescono in valori assoluti le auto ibride e quelle elettriche, raggiungendo una incidenza sul parco pari al 2,5% (era l'1,5% nel 2020).

Tabella 11: Variazione Parco Circolante Autovetture per alimentazione al 1° Ottobre 2021

Alimentazione	Parco Circolante 2020		Immatricolazioni e Radiazioni Gennaio-Settembre 2021		Stima Parco Circolante AV al 1° Ottobre 2021		Var % parco circ 2021 su 2020 (n.a)
	(n.a.)	%	Immatricolazioni	Radiazioni	(n.a.)	%	
Benzina	18.072.495	45,5	397.305	540.610	17.929.190	45,1	-0,8
B/Gpl*	2.678.656	6,7	83.017	57.324	2.704.349	6,8	1,0
B/Metano**	978.832	2,5	26.687	21.039	984.480	2,5	0,6
Elettriche	53.079	0,1	48.928	2.908	99.099	0,2	86,7
Gasolio	17.385.843	43,8	287.425	517.590	17.155.678	43,1	-1,3
Ibrido Benzina/Elettrico	501.868	1,3	324.202	8.357	817.713	2,1	62,9
Ibrido Gasolio/Elettrico	40.860	0,1	46.215	584	86.491	0,2	111,7
Non Definito	6.241	0,0	0	8	6.233	0,0	-0,1
Totale	39.717.874	100,0	1.213.779	1.148.420	39.783.233	100,0	0,2

Fonte: ACI

*Comprende GPL; ** comprende Metano.

Tabella 12: Variazione Parco Circolante Autovetture per classe Euro al 1° Ottobre 2021

Classe Euro	Parco Circolante 2020		Immatricolazioni e Radiazioni Gennaio-Settembre 2021		Stima Parco Circolante AV al 1° Ottobre 2021		Var % Parco Circolante 2021 su 2020
	(n.a.)	%	Immatricolazioni	Radiazioni	(n.a.)	%	
Euro 0	3.616.626	9,1		10.851	3.605.775	9,1	-0,3
Euro 1	922.772	2,3		25.900	896.872	2,3	-2,8
Euro 2	3.054.196	7,7		211.858	2.842.338	7,1	-6,9
Euro 3	4.510.808	11,4		305.960	4.204.848	10,6	-6,8
Euro 4	10.236.001	25,8		407.121	9.828.880	24,7	-4,0
Euro 5	6.896.040	17,4		81.650	6.814.390	17,1	-1,2
Euro 6	10.406.409	26,2	1.164.851	75.017	11.496.243	28,9	10,5
Elettrico	53.079	0,1	48.928	2.891	99.116	0,2	86,7
Non Definito	21.943	0,1		27.172			
TOTALE	39.717.874	100,0	1.213.779	1.148.420	39.783.233*	100,0	0,2

Fonte: ACI

*Il totale tiene conto del saldo negativo del non definito (-5.229).

Grazie ad un finanziamento di 40 milioni, contributi stanziati ai sensi della Legge 23 luglio 2021 n. 106¹⁷, il 28 settembre 2021 sono state aperte le prenotazioni per accedere agli incentivi per l'acquisto di autovetture usate a basse emissioni (non inferiore a Euro 6), con prezzo medio non superiore ai 25.000 euro e con emissioni tra 0 e 160 g/km di CO₂. Un contributo differenziato sulla base delle fasce emissive secondo i seguenti parametri: 2.000 euro per le auto da 0 a 60 g/km; 1.000 per quelle da 61 a 90 g/km; infine, 750 euro per i veicoli da 91 a 160 g/km. Una iniziativa meritoria, perché tesa a supportare la reale sostituzione del vecchio, poiché gli incentivi, per la prima volta negli ultimi tre anni, prevedono la rottamazione obbligatoria di un veicolo di almeno 10 anni. Come sarà possibile vedere nel prosieguo di questo documento, la Fondazione propone i risultati di alcune elaborazioni che mostrano come un paniere limitato, se indirizzato a sostenere la rottamazione dei veicoli più vecchi, ad esempio Euro 1 e 2, che ancora rappresentano il 9% del parco circolante, consente di ottenere dei benefici emissivi maggiori della sola immatricolazione di veicoli elettrici.

Con Decreto fiscale, nel mese di ottobre 2021¹⁸, è previsto un rifinanziamento¹⁹ (art. 8, comma 1 lett. c) di 5.000.000 di euro per l'acquisto di auto usate con standard emissivo non inferiore ad Euro 6. Per un totale di contributi, per l'anno 2021, indirizzati anche alle auto usate Euro 6 di 45 milioni.

Next Generation EU

Per far fronte alla crisi pandemica, l'Europa ha promosso un robusto programma di investimenti per accelerare la transizione ecologica e digitale e far ripartire i Paesi membri, il Recovery Plan Next Generation EU (NGEU). Un'opportunità unica per l'Italia che beneficerà dei due principali strumenti del NGEU: il Dispositivo per la ripresa e la resilienza (RRF), che garantisce risorse pari a 191,5 miliardi di euro per la realizzazione di investimenti e riforme nel periodo 2021-2026 (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), e il Pacchetto di Assistenza alla Ripresa per la Coesione e i Territori d'Europa (REACT-EU), pari a 13,5 miliardi per progetti da realizzare entro il 2023 e, tra questi, investimenti nella *smart grid* e in iniziative per la transizione verde e digitale nelle Città metropolitane.

Il PNRR italiano

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, approvato nel mese di luglio dal Consiglio Ecofin dell'Unione europea, è strutturato in 6 Missioni e, tra queste, di particolare rilievo sono quelle relative alla "Digitalizzazione del Paese" (Missione 1), alla "Rivoluzione verde e transizione energetica" (Missione 2) e alla Missione 3 "Infrastrutture per una mobilità sostenibile". Tre obiettivi fortemente interconnessi e che racchiudono alcune importanti sfide indicate dalla Commissione europea: 1) *Power up (Accendere)*, incrementare a livello europeo di 500 GW la produzione energetica da rinnovabili entro il 2030 (di cui il 40% entro il 2025) e l'installazione di 6 GW di capacità di elettrolisi e la produzione e il trasporto di 1 milione di tonnellate di idrogeno entro il 2025; 2) *Renovate (Ristrutturare)*, ristrutturare gli edifici privati e migliorare l'efficienza energetica, anche attraverso l'autoproduzione di elettricità; 3) *Recharge and refuel*

¹⁷ Art. 73-quinquies di conversione al Decreto Legge – art. 73 del 2021.

¹⁸ Decreto-legge recante misure urgenti in materia economica e fiscale, a tutela del lavoro e per esigenze indifferibili in fase di conversione; A integrazione dei contributi di cui all'articolo 73-quinquies, comma 2, lettera d), del decreto legge 25 maggio 2021, n. 73, convertito, con modificazioni, dalla legge 23 luglio 2021, n. 106.

¹⁹ Rifinanziamento Fondo automotive.

(*Ricaricare e Ridare energia*), dare un forte impulso alla mobilità sostenibile, attraverso la costruzione di 3 milioni di punti di ricarica per auto elettriche e 1.000 stazioni di rifornimento a idrogeno (il 50% dell'obiettivo da raggiungere entro il 2025); 4) *Connect (Connettere)*, favorire la rapida diffusione delle connessioni a banda ultra-larga, utilizzando anche le tecnologie radio 5G; 5) *Modernise (Ammodernare)*, digitalizzare alcuni importanti servizi pubblici; 6) *Scale up (Crescere)*, raddoppiare la produzione in Europa di semiconduttori avanzati e che siano dieci volte più efficienti dal punto di vista energetico. Il raggiungimento dell'obiettivo consentirebbe ad esempio l'utilizzo su auto connesse; 7) *Reskill and upskill (dare nuove e più elevate competenze)*, sostenere la transizione verde e digitale e promuovere l'inclusione economica e sociale, per cui sarà necessario investire nell'apprendimento di nuove competenze e nel miglioramento di quelle esistenti, migliorare le competenze digitali e professionali attraverso investimenti in istruzione e formazione.

Come sarà meglio illustrato più avanti nel documento, in un ragionamento sistemico che tenda a individuare le soluzioni più efficaci per rendere sostenibile il sistema della mobilità e, in particolare, di quella delle persone, ma non solo, di essenziale importanza saranno gli investimenti per il miglioramento del mix energetico italiano, a favore delle energie rinnovabili, oltre a quelli per la diffusione delle infrastrutture di ricarica elettrica.

Il Piano italiano risponde alle sfide poste in essere con progetti che puntano ad incrementare la capacità produttiva di energia da fonti rinnovabili innovative e non ancora in "*grid parity*"²⁰ per circa 3,5 GW, oltre ad accelerare lo sviluppo dell'eolico e solare onshore, attraverso specifiche riforme volte a semplificare le complessità autorizzative, con una revisione al rialzo degli obiettivi già fissati dal PNIEC al 2025 (un incremento di 15 GW rispetto al 2017) e a finanziare lo sviluppo di 1GW di elettrolizzazione, nonché la produzione e il trasporto di idrogeno per un ammontare che sarà dettagliato nella *Strategia Idrogeno* di prossima pubblicazione.

Si stima che per coprire il fabbisogno energetico richiesto dai veicoli elettrici al 2030 sarà necessaria l'installazione di oltre 3,4 milioni di infrastrutture di ricarica, di cui 32.000 pubbliche, veloci e ultraveloci. Il programma inserito nella componente M2C2 del Piano consente di installare 21.355 punti di ricarica pubblici veloci e ultraveloci, oltre a finanziare lo sviluppo di 40 stazioni di rifornimento per veicoli su ruota a idrogeno e 9 per il trasporto ferroviario.

In particolare, il Piano prevede un investimento di 23,78 miliardi di euro per progetti tesi a incrementare le FER, potenziare e digitalizzare le infrastrutture di rete per accogliere l'aumento di produzione da Rinnovabili, promuovere la produzione, trasporto e distribuzione dell'idrogeno (in entrambi i casi, compresa la semplificazione delle procedure per la valutazione e autorizzazione dei progetti *etc.*), sviluppo di un trasporto locale più sostenibile (ciclomobilità, trasporto rapido di massa, rinnovo bus e treni verdi, infrastrutture di ricarica elettrica) e rafforzamento di una leadership industriale e di ricerca e sviluppo nelle principali filiere della transizione (rinnovabili, batterie, idrogeno) .

Negli ultimi 30 anni, le emissioni totali di gas serra in Italia si sono ridotte del 19% (*Total CO2 equivalent emissions*), passando da 519 Mt CO₂eq a 418 Mt CO₂eq²¹. Una riduzione importante,

²⁰ Il cui costo di produzione dell'energia elettrica è uguale al costo di acquisto dell'energia dalla rete, quindi, l'energia prodotta da fonti rinnovabili ha lo stesso prezzo dell'energia prodotta da fonti energetiche convenzionali o dal nucleare.

²¹ Fonte: www.isprambiente.gov.it

ma ancora lontana dal perseguimento degli obiettivi 2030 e 2050 secondo i nuovi target del PNIEC in corso di aggiornamento.

Il 45% delle emissioni totali è prodotto dai settori dell'industria energetica (22%) e dei trasporti (25%).

L'obiettivo del Piano è di contribuire al raggiungimento degli obiettivi strategici di decarbonizzazione attraverso linee di riforme e investimenti in particolare indirizzate a questi due settori:

L'attuale obiettivo italiano per lo sviluppo delle FER al 2030 è pari al 30% dei consumi finali. Per raggiungere questo obiettivo il PNRR prevede di far leva sulle seguenti iniziative: i) *sbloccare il potenziale di impianti utility-scale, in molti casi già competitivi in termini di costo rispetto alle fonti fossili ma che richiedono in primis riforme dei meccanismi autorizzativi e delle regole di mercato per raggiungere il pieno potenziale, e valorizzando lo sviluppo di opportunità agro-voltaiche*; ii) *accelerare lo sviluppo di comunità energetiche e sistemi distribuiti di piccola taglia, particolarmente rilevanti in un Paese che sconta molte limitazioni nella disponibilità e utilizzo di grandi terreni ai fini energetici*; iii) *incoraggiare lo sviluppo di soluzioni innovative, incluse soluzioni integrate e offshore*; iv) *rafforzare lo sviluppo del biometano*.

Per abilitare e accogliere l'aumento di produzione da fonti rinnovabili, ma anche per aumentarne la resilienza a fenomeni climatici estremi sempre più frequenti, la seconda linea di intervento ha l'obiettivo di potenziare (aumento della capacità per 6 GW, miglioramento della resilienza di 4.000 km della rete elettrica) e digitalizzare le infrastrutture di rete.

Altra leva importante è la crescita del ruolo dell'idrogeno verde. L'Italia, in linea con la strategia europea, intende promuovere la produzione e l'utilizzo di idrogeno, in particolare i) *nei settori industriali hard-to-abate, a partire dalla siderurgia*; ii) *favorendo la creazione di "hydrogen valleys", facendo leva in particolare su aree con siti industriali dismessi*; iii) *abilitando – tramite stazioni di ricarica – l'utilizzo dell'idrogeno nel trasporto pesante e in selezionate tratte ferroviarie non elettrificabili*; iv) *supportando la ricerca e sviluppo e completando tutte le riforme e regolamenti necessari a consentire l'utilizzo, il trasporto e la distribuzione di idrogeno*.

Con riferimento al trasporto locale, il Piano prevede investimenti: i) *in mobilità "soft", favorendo l'intermodalità e l'utilizzo di biciclette (realizzazione di percorsi ciclabili urbani per circa 570 km e di percorsi ciclabili turistici per oltre 1.200 km) e trasporto pubblico (costruzione di 240 km di infrastrutture equipaggiate per trasporto di massa)*; ii) *per lo sviluppo di un'adeguata rete infrastrutturale di ricarica elettrica pubblica (sviluppo di 7.500 punti di ricarica nelle superstrade e di circa 13.750 punti di ricarica in centri urbani)*; iii) *sul rinnovo del parco bus oramai obsoleto verso soluzioni a basse/zero emissioni (es., rinnovo parco autobus composto da 5.540 mezzi e ritiro dei mezzi Euro 0, 1, 2 e parte degli Euro 3), e di treni verdi (ad esempio, acquisto di 53 treni elettrici)*.

Infine, sono previsti investimenti per promuovere lo sviluppo in Italia di *supply chain* competitive nelle aree a maggior crescita che consentano di ridurre la dipendenza da importazioni di tecnologie ed anzi di farne motore di occupazione e crescita. In particolare: i) *tecnologie per la generazione rinnovabile (ad esempio, moduli fotovoltaici innovativi, aerogeneratori di nuova generazione e taglia medio-grande) e per l'accumulo elettrochimico*; ii) *tecnologie per la produzione di elettrolizzatori*; iii) *mezzi per la mobilità sostenibile (e.g. bus elettrici)*; iv) *batterie per il settore dei trasporti*.

In linea con quanto previsto dal PNIEC, la Terza Missione del PNRR, *Infrastrutture per una mobilità sostenibile*, ha tra gli obiettivi principali quello di investire in un significativo spostamento modale del trasporto passeggeri e merci dalla “gomma” alla “rotaia”, con un investimento di 24,77 miliardi di euro nelle infrastrutture ferroviarie, in particolare nelle aree più disagiate (Mezzogiorno e collegamenti Est-Ovest dell’area Centro). Attualmente il 90% circa degli spostamenti passeggeri avviene su strada, mentre quelli su rotaia rappresentano solo il 6%, così come il trasporto merci avviene per quasi il 55% su gomma, mentre solo l’11% su rotaia, con impatti ambientali e sulla sicurezza rilevanti. Un trend che l’Europa vuole provare a limitare raddoppiando il traffico ferroviario ad alta velocità e aumentando del 50% del traffico merci su rotaia entro il 2030²².

Il settore dei trasporti contribuisce per circa il 5-7% al PIL dell’UE e dà lavoro a oltre 14 milioni di persone in Europa (direttamente o indirettamente, nella produzione, nelle vendite, nella manutenzione, nella costruzione e nei trasporti e servizi di trasporto); allo stesso tempo, i trasporti non sono privi di costi per la società, in termini di emissioni di gas a effetto serra (il 20% circa delle emissioni totali europee) e di sostanze inquinanti, rumore, incidenti stradali e congestione del traffico, soprattutto quando i mezzi sono particolarmente vecchi (parco autovetture, parco autobus, treni etc.) e le infrastrutture non sono ben mantenute.

Fit for 55

L’obiettivo dell’Unione europea di essere il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050 richiede cambiamenti ambiziosi che inevitabilmente coinvolgono anche il settore dei trasporti. Un’ambizione quella europea che ha portato nel mese di giugno²³ ad un inasprimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni totali di gas serra di almeno il 55% al 2030. Il 14 luglio la Commissione ha presentato il pacchetto con le prime 11 proposte legislative che tradurranno i target della legge in normative settoriali specifiche. La nuova legge sul clima trasforma dunque l’impegno politico del Green Deal europeo per la neutralità climatica al 2050 in obbligo vincolante.

Tra le proposte:

- una più rapida diffusione dei modi di trasporto a basse emissioni e delle infrastrutture (punti di ricarica elettrica e di rifornimento per i carburanti alternativi) e dei nuovi combustibili necessari;
- un rafforzamento del sistema europeo di scambio dei permessi di emissione (Emission Trade System - ETS) e la sua applicazione a nuovi settori (aviazione civile, settore marittimo, trasporti stradali ed edilizia); dal 2026 il trasporto su strada sarà coperto dallo scambio di quote di emissione, dando un prezzo all’inquinamento, stimolando un uso più pulito di carburante e reinvestendo in tecnologie pulite.
- un aumento della produzione dell’uso di energie rinnovabili;
- obiettivi vincolanti per l’aumento dell’efficienza energetica;
- l’allineamento delle politiche fiscali (in particolare la tassazione dell’energia) con gli obiettivi del Green Deal europeo;

²² *Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente*, “Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future”, COM (2020) 789 final.

²³ Giugno 2021, il Consiglio UE approva l’accordo sulla neutralità climatica entro il 2050 e un obiettivo vincolante per l’Unione di riduzione del 55% delle emissioni di gas serra entro il 2030.

- misure ("dazi climatici" all'importazione) per prevenire il "*carbon leakage*" e rilocalizzazione fuori dall'UE delle industrie ad alta intensità di emissioni;
- strumenti per preservare e potenziare la capacità dei "pozzi naturali di assorbimento del carbonio", ovvero le aree agricole e forestali.

Relativamente agli obiettivi più strettamente legati al settore automotive, di particolare impatto sono: la riduzione delle emissioni di CO₂ del 55% delle autovetture nuove e del 50% dei van al 2030 e l'obiettivo zero emissioni per le nuove autovetture al 2035, con il blocco delle vendite di auto diesel e benzina dal 2035; l'aumento della tassazione minima sulla benzina, da 0,359 a 0,385 centesimi al litro, e sul gasolio da 0,330 a 0,419. Mentre è proposto un calo delle imposte minime sull'elettricità da 1 euro a 58 centesimi MW/ora.

Un traguardo, che se confermato, potrebbe mettere in seria difficoltà molte case costruttrici e, di conseguenza, tutto il settore già in grave sofferenza; così come il consumatore finale, che vedrà aumentare ancora il prezzo dei carburanti, oltre agli oneri di sistema in bolletta, per riuscire a coprire i costi dello sforzo di conversione green del sistema energetico.

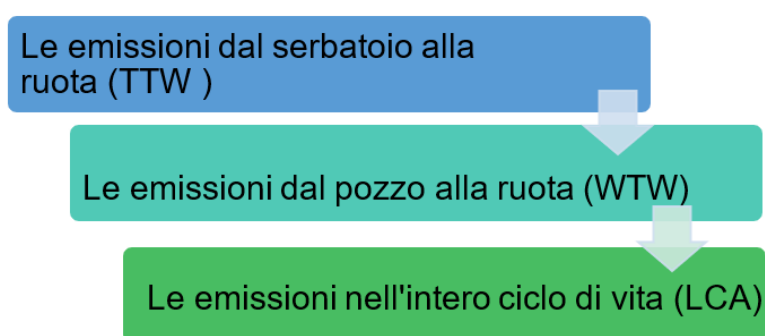
Il nuovo Piano nazionale energetico (PNIEC) prevedrà per l'Italia al 2030, 114 GW di capacità produttiva da fonti rinnovabili (contro i 56 GW al 2020) e deve essere aggiornato per rispettare il nuovo target di riduzione delle emissioni fissato di recente dalla Ue (-55% al 2030 per l'intera Unione rispetto al 1990). Dei 56 GW di potenza rinnovabile installata in Italia al 2020, 24 sono di rinnovabili programmabili (idroelettrico, biomasse e geotermico) e 32 di non programmabili (eolico e fotovoltaico). Il nuovo PNIEC prevede al 2030, 27 GW di programmabili e 87 di non programmabili, quindi 58 GW di nuove rinnovabili in nove anni. Il PNIEC attualmente in vigore (approvato prima che la Ue di recente alzasse dal 40% al 55% il suo obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030) prevede 96 GW di rinnovabili al 2030. La percentuale di taglio delle emissioni al 2030 per l'Italia (-51%) è inferiore a quella complessiva della Ue (-55%) perché ogni singolo stato ha emissioni diverse, e quindi target di riduzione diversi. Tutte le riduzioni nazionali complessivamente devono arrivare al 55% nell'intera Unione²⁴.

²⁴ Analisi pre Cop 26.

2. Dalle emissioni nella “vita utile” alle valutazioni sull’intero ciclo di vita

Il tema delle emissioni di CO₂ legate alla circolazione dei veicoli rappresenta forse uno degli argomenti più frequenti all’interno del dibattito scientifico sui trasporti. All’esigenza di poter disporre di criteri di valutazione semplici e comparabili si contrappone la necessità di tenere in considerazione aspetti più complessi come le emissioni prodotte dai veicoli in fase di produzione o di generazione dei vettori energetici.

Al fine di favorire un’esposizione più schematica, si illustrano, di seguito, i tre criteri di valutazione delle emissioni. Si tratta in sostanza di 3 approcci caratterizzati da un livello di approfondimento crescente, in cui le valutazioni più accurate considerano tutti gli aspetti di quelle precedenti con ulteriori elementi aggiunti.



2.1 I criteri di misurazione delle emissioni dei veicoli, dal TTW all’LCA

Il primo criterio di misurazione valuta soltanto le emissioni allo scarico del veicolo, dal serbatoio alla ruota (TTW - *Tank to Wheel*). È il criterio di valutazione di riferimento per la misurazione del rispetto dei limiti emissivi in Europa (standard Euro) e negli Stati Uniti, così come per la definizione dei piani di incentivazione all’acquisto di auto meno inquinanti e di freno all’uso dei veicoli considerati più inquinanti (limiti alla circolazione). Questo modello considera soltanto le emissioni prodotte dal veicolo durante il suo utilizzo e di fatto trascura una serie importante di aspetti finendo per fornire informazioni molto parziali.

Il secondo criterio di misurazione, dal pozzo alla ruota (WTW - *Well to Wheel*), più accurato del primo, seppur non esaustivo, valuta congiuntamente le emissioni allo scarico (TTW) e quelle connesse alla fonte primaria (“pozzo”), dall’estrazione, alla raffinazione e trasformazione, al trasporto fino al punto di distribuzione e rifornimento del veicolo (WTT - *Well to Tank* - dal pozzo al serbatoio) termico come elettrico (produzione di energia elettrica). L’analisi WTW del veicolo elettrico tiene conto del mix di generazione dell’energia elettrica (come viene prodotta e quanta CO₂ viene emessa in media per kWh prodotto). Una semplificazione che permette però di avere maggiori informazioni e valutazioni più profonde a supporto di politiche per una mobilità più sostenibile. Infatti, come è noto, in un sistema energetico fortemente caratterizzato dall’impiego di fonti fossili, i benefici ottenuti dall’eliminazione delle emissioni allo scarico rischiano di essere compromessi e vanificati dalle emissioni generate nella fase dal pozzo al serbatoio.

Lo sviluppo tecnologico di alcuni sistemi di produzione energetica rinnovabile, unito all’impegno globale per la riduzione dei gas effetto serra, apre la strada a prospettive di

riduzione delle emissioni clima-alteranti, ma i tempi della transizione energetica, secondo le previsioni degli Organismi internazionali (IEA – International Energy Agency), sono ancora lunghi.

Per quel che riguarda le politiche di riduzione delle emissioni derivanti dal settore dei trasporti, basandosi sui dati attuali, quello che emerge con chiarezza è che i benefici ambientali legati alla diffusione dei veicoli elettrici o a idrogeno (prodotto con energia ricavata dalla rete) sia fortemente legata al mix energetico.

L'Italia, nel confronto internazionale, presenta un mix energetico virtuoso. Al tempo stesso, per posizione, dotazioni infrastrutturali di rete, caratteristiche di irraggiamento appare un candidato ideale per lo sviluppo di energie rinnovabili, prima fra tutte quella solare. Una tecnologia, quella fotovoltaica, molto promettente che, tuttavia, per ragioni economiche, burocratiche o tecnologiche, nella partita per la generazione elettrica offre un contributo inferiore non solo rispetto al gas naturale, ma anche rispetto a fonti fossili molto più inquinanti come il carbone, con un trend di crescita che si attesta su valori prossimi a 1GW di potenza nuova installata ogni anno. Come sottolineato nell'Introduzione, per consentire un significativo ridimensionamento delle fonti fossili nel Mix energetico italiano, si stima – secondo le previsioni al 2030 – che possano servire, per i prossimi 9 anni, ulteriori 58 GW derivanti da nuovi impianti rinnovabili, con una percentuale sul totale complessivo (114 GW) di quasi il 77% di rinnovabili non programmabili (di cui 64 GW da solare e 23 GW da eolico). La tabella 7 riporta la composizione del mix energetico (2020) per la produzione di energia elettrica immessa nel sistema elettrico di alcuni paesi europei, oltre che di quelli della Cina, USA e India. Il confronto evidenzia il forte contributo delle rinnovabili in particolare nei paesi del nord Europa, ma con ancora un contributo del carbone significativo, ad esempio, in Danimarca e Germania. L'Italia e la Spagna registrano una percentuale elevata di gas naturale (Italia ~49%). Il peso delle rinnovabili in Italia, in crescita, è comunque superiore alla media europea (41% Italia e 37,4% EU-28).

Tabella 13: Confronto Mix energetico elettrico – EU-28, INDIA, USA, CINA (val. % - Anno 2020)

	Coal	Oil	Nat. gas	Biofuels	Waste	Nuclear	Hydro	Wind	Solare PV	Other sources	Tot	FER %
EU-28	12,3	1,5	21,3	5,5	1,6	25,7	11,9	14,8	4,8	0,1	100*	37,4
INDIA	72,5	0,3	4,2	1,9	0,1	2,7	10,4	4,1	3,8	-	100	20,2
USA	20,0	0,9	39,3	1,2	0,4	19,4	7,4	8,0	2,7	0,1	100**	20,0
CINA	64,2	0,1	3,1	1,5	0,1	4,5	17,1	6,0	3,5	-	100	28,0

*EU-28 conta anche uno 0,2 di Solare termico e uno 0,2 di geotermico; **USA contano uno 0,1 di solare termico e uno 0,5 di geotermico.

Fonte: IEA.

Tabella 14: Confronto Mix energetico elettrico – Alcuni Paesi Europei (Val. % - Anno 2020) ²⁵

	Coal	Oil	Nat. gas	Biofuels	Waste	Nuclear	Hydro	Wind	Solar PV	Other sources	Tot	FER %
Danimarca	10,7	0,9	4,1	17,3	6	-	0,1	56,9	4,1	-	100	78,4
Francia	1,0	1,0	6,6	1,2	0,8	66,5	12,5	7,6	2,6	0,1	100*	24,0
Germania	25,5	0,8	17,1	7,7	2,1	11,1	4,3	22,5	8,7	0,2	100	43,2
Italia	4,6	3,5	48,9	6,2	1,7	-	17,3	6,6	8,9	0,2	100**	41,1
Norvegia	0,1	0,1	0,9	0	0,3	-	92	6,4	0	0,2	100	98,4
Spagna	2,3	4,2	26,5	1,9	0,7	22,2	12,9	21,5	5,9	0,1	100***	44,1
Svezia	1,1	0,2	0,1	4,7	2,1	30,1	44,2	16,9	0,6	-	100	66,4
Regno Unito	2,0	0,3	36,5	11,2	3,2	16,1	2,5	24,2	4,1	-	100	42,0

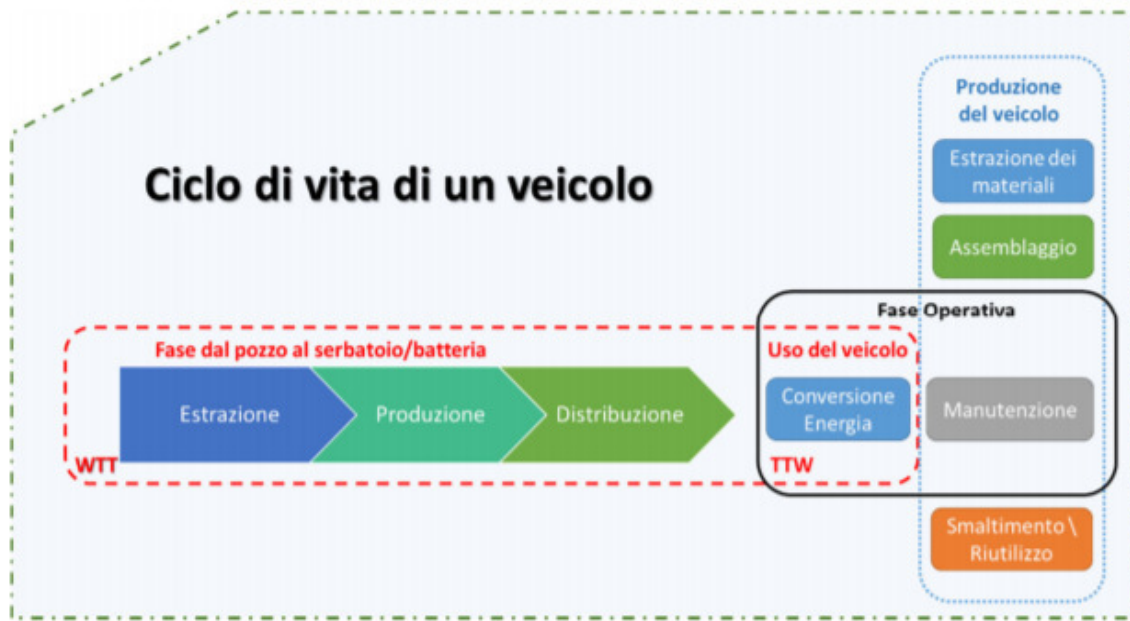
*La Francia conta anche uno 0,1% di Marea; **L'Italia conta anche un 2,1% di Geotermico; ***La Spagna conta anche un 1,9% di Solare termico.

Fonte: IEA.

Come sottolineato nella parte iniziale del paragrafo, anche le valutazioni emissive stimate attraverso il metodo WTW (dal pozzo alla ruota) non riescono a tener conto di tutti gli aspetti del processo emissivo, suggerendo l'adozione del terzo sistema di misurazione, quello delle valutazioni nell'intero ciclo di vita (LCA - *Life Cycle Assessment*), a partire dall'estrazione delle materie prime grezze, alla lavorazione, alla fabbricazione e assemblaggio, alla vita utile (fase d'uso) fino alla "fine vita" o "rinascita" (*cradle to grave*, dalla culla alla tomba, o *cradle to cradle*, dalla culla alla culla), con il recupero parziale o totale dei materiali riutilizzabili. La Figura 2 illustra in modo dettagliato gli stadi delle valutazioni LCA.

²⁵Fonte IEA, per Paese: Danish Energy Agency, Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Ministero Sviluppo Economico; Terna, Statistics Norway, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Statistics Sweden; Swedish Energy Agency (Energimyndigheten), Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS).

Figura 2: Rappresentazione schematica dei diversi stadi del ciclo di vita di un'automobile



Fonte: *Per una Transizione energetica ecorazionale della mobilità automobilistica. Valutazione del caso italiano*, Fondazione Caracciolo 2019

Questa prospettiva restituisce centralità al tema delle emissioni generate in fase di produzione del veicolo. Nello studio *Per una transizione energetica ecorazionale della mobilità automobilistica*²⁶ ampio spazio era stato dedicato alle valutazioni emissive in LCA dei veicoli, approfondendo le più recenti analisi di letteratura e sottolineando l'importanza di un approccio che tenesse conto di tutte le fasi emissive di un veicolo dalla "culla alla tomba", comprensive della produzione del veicolo, produzione e distribuzione del vettore energetico ed uso del veicolo²⁷. I confronti tra le emissioni complessive di alcuni modelli valutate in funzione delle percorrenze dei veicoli, hanno rimandato un quadro non scontato sulle reali differenze emissive dei diversi tipi di alimentazione²⁸. Dall'analisi di letteratura emergono ancora molte criticità, dovute ad esempio alle difficoltà di inseguire lo sviluppo tecnologico dei sistemi di propulsione, dei combustibili, così come delle batterie, di confrontare le emissioni in fase di produzione del veicolo, che devono necessariamente tener conto della sede di produzione e dei differenti mix energetici collegati, così come, di poter usufruire di dati sul fine vita delle batterie. Pur tenendo conto di queste importanti lacune conoscitive, dalla ricognizione degli studi effettuata, aggiornata dove possibile con i dati delle tecnologie più recenti, si evince che il potenziale di riscaldamento globale (GWP - *Global Warming Potential*) 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 equivalente sul ciclo di vita è tale da non consentire la generalizzazione dei risultati all'intero trasporto privato.

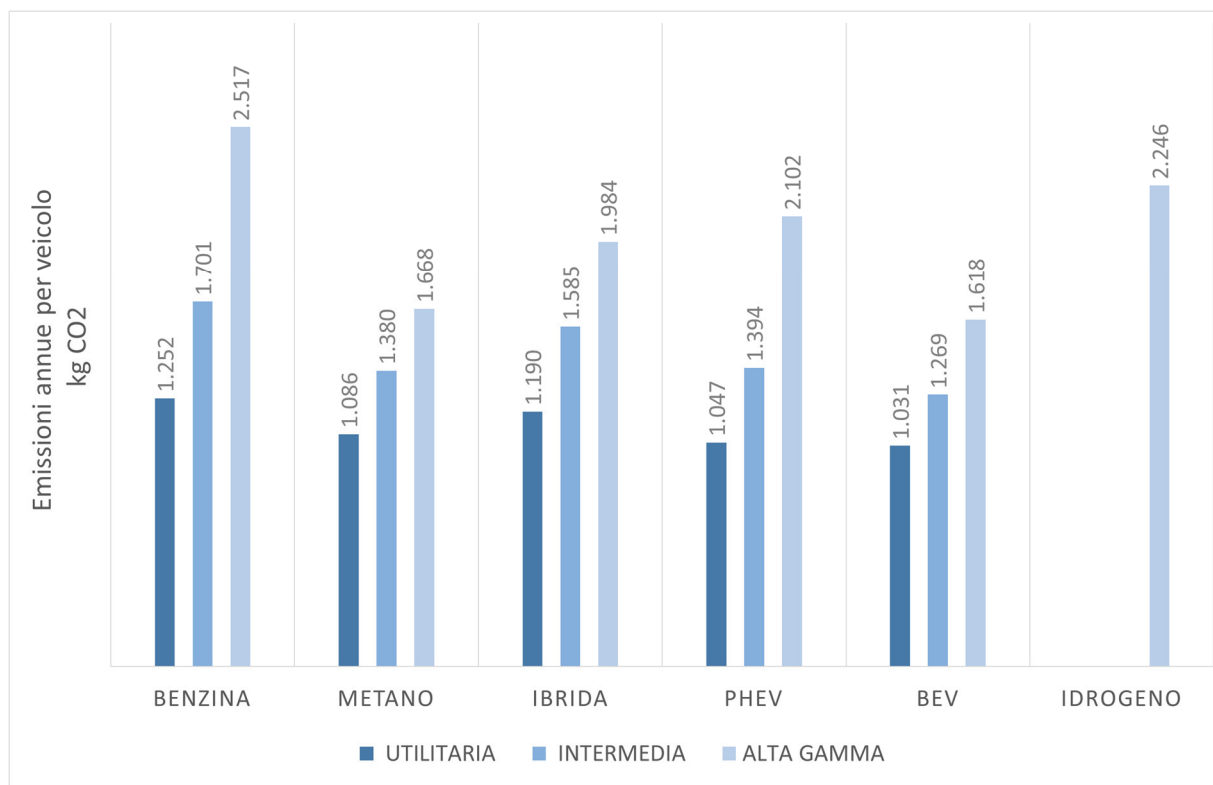
²⁶ Op. cit.

²⁷ Si sottolinea che nella letteratura scientifica le informazioni riguardanti le emissioni di CO₂ per lo smaltimento, riuso o riciclo delle materie prime sono praticamente assenti.

²⁸ Cfr. Fondazione Caracciolo, ENEA, CNR 2019, pp. 51-64.

La Figura 3 mostra un confronto tra i livelli emissivi medi annui di CO₂ di alcuni modelli di autovetture per alimentazione e segmento, tenendo conto del mix energetico europeo per la fase di produzione del veicolo e del mix energetico italiano per la fase d'uso.

Figura 3: Confronto delle emissioni annue di CO₂ per singolo veicolo per alcune alimentazioni: benzina, metano, ibride Hev, ibride PHEV, elettriche, a idrogeno (valutazioni comprensive della fase d'uso* e della produzione del veicolo) – Valori assoluti in kg di CO₂



Fonte: Fondazione Caracciolo

* per le valutazioni emissive in fase d'uso è stato considerato il Mix energetico italiano al 2019

** per le valutazioni emissive in di produzione del veicolo sono stati usati dati da letteratura

2.2 Le valutazioni in LCA in considerazione del consumo energetico aggiuntivo

Il *Life Cycle Assessment*, pur tenendo in considerazione gli impatti emissivi derivanti dal mix energetico, non si preoccupa, tuttavia, di considerare un altro aspetto altrettanto importante legato all'impatto di una nuova vettura, tanto termica quanto elettrica, sull'andamento dei consumi energetici. In un sistema come il nostro nel quale le fonti rinnovabili lavorano a pieno impiego, un aumento dei consumi energetici produce un aumento delle emissioni più che proporzionale. Tale incremento, per le auto elettriche, implica un aumento delle emissioni complessivamente rilasciate in atmosfera più elevato rispetto a quello ricavato nelle analisi di tipo LCA. In altri termini, una parte delle emissioni è generata dal veicolo in ragione del suo utilizzo e questa quota è ben misurata dalle analisi di tipo LCA e un'altra parte è legata all'aumento più che proporzionale delle emissioni correlate all'incremento dei consumi energetici complessivi.

Per comprendere il senso di questa affermazione e valutare le emissioni nel loro insieme, occorre considerare anche gli eventuali impatti che quel veicolo produce sul sistema energetico. In altri termini, quando un veicolo – e in modo particolare un veicolo elettrico (o a idrogeno nel caso di elettrolisi) – assorbe energia, determina un aumento dei consumi energetici e di riflesso – per ragioni che vedremo più in dettaglio nel prosieguo della trattazione – un’alterazione del rapporto fra fonti fossili e fonti rinnovabili.

Un’analisi accurata sull’impatto emissivo dei veicoli dovrebbe tenere in debita considerazione questo aspetto. Di seguito si propone, pertanto, una simulazione che trova la sua giustificazione nel desiderio di considerare alcuni eventi emissivi che da altri tipi di analisi come le valutazioni WTW o LCA non vengono contemplati. Si ritiene utile precisare che prima di iniziare il percorso di ricerca si è tentato, senza successo, di reperire in letteratura altri esercizi simili. La mancanza di studi di confronto rende i risultati del lavoro di maggiore interesse, ma suggerisce anche molta cautela nella valutazione degli stessi.

Nel merito, questo esercizio si basa sul presupposto che le fonti rinnovabili utilizzate per la produzione di energia elettrica lavorino a pieno impiego e che quelle fossili, per natura modulabili (il metano più di tutte), assolvano la fondamentale funzione di coprire la distanza, fra l’offerta di fonti rinnovabili e la domanda complessiva di energia. Le traiettorie di sviluppo auspicano un modello energetico a pieno impiego di rinnovabili, ma questo richiederà tempo. Se, ragionando al contrario e per assurdo, volessimo sostenere che l’eventuale aumento dei consumi energetici possa essere coperto a piacimento da fonti rinnovabili, dovremmo spiegare perché il loro impiego fino ad oggi non sia divenuto esclusivo.

In questa prospettiva, calata nel contesto energetico attuale, dobbiamo considerare che le emissioni medie del mix sono continuamente influenzate da due fattori, uno di riduzione, legato all’immissione in rete di nuove fonti rinnovabili o alla sostituzione di impianti a carbone con turbine a gas, l’altro (positivo o negativo) legato alla variazione dei consumi energetici.

Anche in consessi tecnici, si è soliti affermare che la crescente domanda di auto elettrica non porterà ad un aumento delle emissioni perché potrà essere coperta dalla più rapida diffusione delle fonti rinnovabili. Questa considerazione, certamente corretta, omette di evidenziare il fatto che la nuova energia pulita prodotta in assenza di nuove auto elettriche non verrebbe sprecata, ma andrebbe a migliorare le emissioni di altri comparti.

In conclusione, nel valutare l’impatto emissivo di un veicolo elettrico appare corretto chiedersi qual è l’impatto che l’aumento dei consumi energetici produce sull’intero sistema energetico, tenendo in considerazione alcune voci che le valutazioni di tipo LCA non considerano.

La Tabella 15 illustra, al riguardo, tre scenari al 2030 di produzione energetica totale, a copertura del consumo complessivo nazionale, in cui:

1) lo **Scenario tendenziale** prende come valori della produzione di energia elettrica per fonte quelli proposti come obiettivo per il 2030 dalla Strategia Energetica Nazionale (SEN, 2017), mentre il numero di veicoli elettrici si rifà alle previsioni del PNIEC 2020 con 4.002.882 veicoli BEV e circa 360 mila veicoli a idrogeno in uno scenario (tendenziale) che non preveda incentivi;

2) lo **Scenario accelerato BEV** ipotizza un incremento di circa 800.000 veicoli BEV rispetto allo scenario tendenziale (+20%), grazie ad un piano di incentivi da 1,5 mld di euro;

3) lo **Scenario accelerato BEV+H2** prevede un incremento del 20% di auto BEV e auto a idrogeno, sempre rispetto allo scenario tendenziale, per un totale di circa 4,8 milioni di BEV e 430.804 veicoli a idrogeno.

I dati riportati nella tabella mostrano la variazione incrementale dei consumi energetici nazionali dovuti ad un possibile aumento dei veicoli elettrici e di quelli a idrogeno, prodotto attraverso elettrolisi con energia prelevata dalla rete. Nel primo scenario (+20% di veicoli BEV), l'aumento stimato è di 1,10 TWh, nel secondo (+20% veicoli a idrogeno) è di 1,39 TWh. Data la natura non programmabile delle fonti rinnovabili l'aumento dei consumi energetici implica, per le considerazioni formulate nei paragrafi precedenti, il maggiore impiego di fonti fossili.

Stando alle previsioni del SEN, al 2030 e ai più sfidanti programmi collegati al PNRR, l'energia elettrica sarà prodotta in modo prevalente da fonti rinnovabili e in via residuale da gas naturale. Le fonti rinnovabili, pur rappresentando la quota più rilevante del mix energetico, ne costituiscono anche la componente fissa, rispetto a quella variabile e flessibile rappresentata dal gas naturale.

Tabella 15: Scenario al 2030 delle variazioni dei consumi energetici per fonte di produzione in funzione del parco circolante, secondo tre scenari di diffusione di auto elettriche e a idrogeno – Valori in TWh

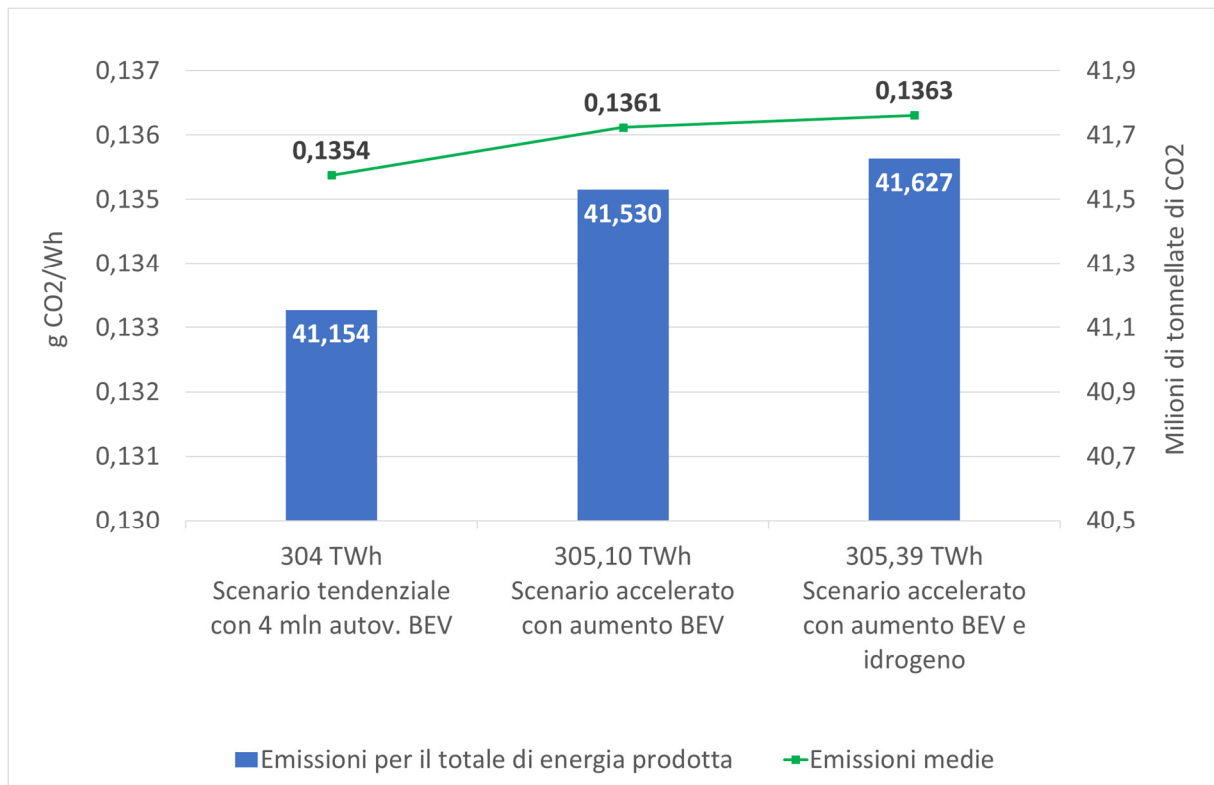
Fonte di produzione energia	Scenario tendenziale con 4 mln auto BEV e 360 mila a idrogeno	Scenario accelerato con 4,8 mln auto BEV e 360 mila auto a idrogeno	Scenario accelerato con 4,8 mln auto BEV e 430 mila auto a idrogeno
Rinnovabili	184	184	184
Gas naturale	118	119,10	119,39
Petrolio	2	2	2
Carbone	0	0	0
Altri combustibili**	0	0	0
Totale energia	304	305,10	305,39

** Nella categoria Altri combustibili sono considerati, le biomasse e i rifiuti solidi urbani e industriali

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati ISPRA e SEN

Da un punto di vista emissivo, come anticipato, l'incremento o il decremento dei consumi di gas è destinato a produrre una variazione nelle emissioni totali, ma anche nelle emissioni medie per unità di energia generata. In questa prospettiva, l'aumento dei consumi energetici legati alla maggiore diffusione di auto elettriche o a idrogeno (se prodotto da elettrolisi) implica un peggioramento delle emissioni medie destinato a ripercuotersi non solo sul comparto automotive, ma su tutti quelli che utilizzano energia elettrica (industria, consumi domestici etc.).

Figura 4: Emissioni totali (in Mt) e medie (in gCO₂/Wh) di CO₂ rispetto alla produzione totale di energia negli scenari tendenziale e accelerati con l'incremento di circa 800 mila veicoli BEV e 72 mila veicoli a Idrogeno (mix energetico nazionale)



Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati SEN e ISPRA

Nel tentativo di verificare ulteriormente i dati emersi nelle elaborazioni effettuate, si è deciso di ripetere l'esercizio provando a valutare gli effetti dell'incremento dei veicoli elettrici rispetto ad uno scenario caratterizzato da una più elevata presenza di fonti rinnovabili.

In particolare nello scenario accelerato, si è supposto che la quota di rinnovabili passi da 184 a 262 TWh, con corrispondente diminuzione dell'energia prodotta da fonti fossili (gas naturale).

Tabella 16: Confronto delle emissioni totali per consumo energetico in uno scenario tendenziale rispetto all'ipotesi di incremento di Auto BEV o a idrogeno, secondo due diversi scenari di approvvigionamento di energia (Mix energ. SEN e Mix accel. FER) a parità di quantità di energia disponibile al 2030 (incremento consumi dovuto alla sola fase d'uso dei veicoli)

Quota di energia disponibile al 2030 - TWh					Emissioni per consumo energetico totale al 2030				
					Mt CO2				
					BASE Emissioni totali per consumo energetico	Incremento AV		Variazione emissioni rispetto allo scenario tendenziale	
1	2	Δ n°1- BASE	Δ n°2 - BASE						
SCENARI	Rinnovabili	CNG	Petroliferi e altro	Prod.energia totale	Scenario tendenziale (4 mln AV BEV + 360 mila AV H2)	(Sc. accelerato BEV) + 800 mila AV BEV	(Sc. accelerato BEV + H2) +800 mila BEV +71 mila AV H2	Δ n°1- BASE	Δ n°2 - BASE
SEN 2030	184	118	2	304	41,15	41,53	41,63	0,38	0,47
Accelerato 2030	262	40	2	304	14,62	15,00	15,09	0,38	0,47

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati SEN e ISPRA

I valori relativi alle emissioni dello scenario tendenziale sono ottenuti dalla somma di ciascuno dei contributi energetici moltiplicato per il fattore emissivo relativo alla rispettiva fonte. Per il calcolo dell'incremento del contributo emissivo, apportato dall'aumento dei veicoli elettrici e a idrogeno nel parco rispetto allo scenario tendenziale, è stato considerato l'aumento di energia necessario, quantificandolo in + 1,10 TWh annui per i veicoli elettrici e + 1,39 TWh annui laddove si aggiungano anche i veicoli a idrogeno - considerandone l'uso per percorrenze medie annue di 6.500 km annui per le auto appartenenti ai segmenti piccoli (A+B), 8.500 km annui per il segmento medio (C+D) e 10.500 km annui per il segmento grande (E+F). Questa quota extra di energia è stata considerata a carico del gas naturale, sempre secondo l'ipotesi che le fonti rinnovabili siano già completamente sfruttate da altri settori - e anche dai 4 milioni di veicoli già considerati nello scenario tendenziale.

Il risultato di questa simulazione dimostra come un rapido sviluppo delle fonti rinnovabili consenta una significativa riduzione delle emissioni; nel contempo l'analisi evidenzia anche come all'aumento dei veicoli elettrici corrisponda un aumento costante delle emissioni rispetto allo scenario tendenziale. Sia nello scenario SEN che in quello accelerato il delta emissivo legato all'immissione nel parco di 800 mila veicoli elettrici comporta una variazione costante delle emissioni pari a 0,38 Mt, che aumentano a 0,47 Mt se l'immissione coinvolge anche i veicoli a idrogeno.

Tabella 17: Variazione percentuale rispetto allo scenario tendenziale della produzione di energia e delle corrispettive emissioni di CO2 secondo due scenari di diffusione dell'auto elettrica e a idrogeno

	Produzione energia		Emissioni CO2	
	TWh	Variazione %	Mt CO2	Variazione %
Scenario tendenziale	304	-	41,15	-
Scenario accelerato con 4,8 mln AV BEV	305,10	+ 0,36	41,53	+ 0,91
Scenario accelerato con 4,8 mln AV BEV e 512 ml 72 mila AV a idrogeno	305,39	+ 0,45	41,63	+ 1,15

Fonte: Elaborazioni di Fondazione Caracciolo

Chiaramente l'aumento delle emissioni prodotte dall'arrivo sul mercato di veicoli elettrici o a idrogeno (prodotto da elettrolisi) è compensato dalla diminuzione delle emissioni prodotta da veicoli termici.

Al fine di valutare il reale impatto sostitutivo, nella Figura 5 sono riportate le emissioni complessive annue previste per il 2030 per singola autovettura elettrica, ibrida, a idrogeno, a metano e a benzina, con una distinzione per tipologia di vetture in cui la gamma denominata utilitaria comprende i veicoli dei segmenti A e B, la gamma intermedia i veicoli dei segmenti C e D e l'alta gamma i veicoli dei segmenti E ed F. Le emissioni considerate risultano dalla somma di quelle dovute alla fase di produzione ed uso del veicolo, oltre a quelle derivanti dalla produzione dei vettori energetici²⁹.

Con l'obiettivo di quantificare la variazione delle emissioni medie per kWh, il calcolo sulle emissioni in fase d'uso dei veicoli BEV e a idrogeno è stato effettuato imputando al veicolo elettrico e a idrogeno, tutto il differenziale emissivo legato all'incremento delle emissioni dovuto alla accresciuta domanda energetica. In questo modo, il valore incrementale e quindi l'impatto sull'intero sistema sono stati ricondotti nell'ambito delle valutazioni emissive del singolo veicolo. In particolare è stata stimata una vita media dei veicoli di 12 anni e una percorrenza media annua di 6.500 km per la auto dei segmenti A e B, 8.500 km annui per le auto dei segmenti C e D e 10.500 km annui per le auto dei segmenti E ed F. Il consumo dell'auto elettrica è stato valutato di circa 160 Wh/km per le auto utilitarie, 180 Wh/km per la gamma intermedie e 220 Wh/km per le auto di alta gamma.

Per l'auto a idrogeno si è considerato un consumo di 0,89 kg H₂/100 km per le auto di alta gamma, che con le percorrenze indicate sono equivalenti a un consumo annuo di 64 kg di idrogeno, mentre per le auto utilitarie e di gamma intermedia in mancanza di dati da letteratura, i valori delle emissioni sono stati riproporzionati sulla base di quelli ottenuti per i veicoli di alta gamma. In modo analogo per i veicoli PHEV in assenza di dati di letteratura per i veicoli di più piccole dimensioni è stato effettuato un ridimensionamento proporzionalmente ai veicoli identificati con le gamme intermedia e alta. Nello specifico sono stati considerati i valori di 16,6 l/100 km e 14,8 kWh/100km per i consumi rispettivamente di carburante ed

²⁹ La base dati impiegata per le successive analisi deriva da estrapolazione effettuate da Fondazione Caracciolo rispetto a veicoli di categoria Euro 6 attualmente sul mercato. Trattandosi di proiezioni al 2030 si è ritenuto opportuno non considerare nell'analisi le categorie auto inferiori.

elettricità per la gamma intermedie e di 21,4 l/100 km per i consumi di carburante e di 23,3 kWh/100km per i consumi elettrici per la gamma alta.

Per le emissioni in fase di produzione si è fatto riferimento alla letteratura esistente, in particolare, le emissioni in fase di produzione dei veicoli BEV suddivise per 12 anni di vita, sono state stimate in 10.200 kg di CO₂ nel caso delle auto di alta gamma, 9.200 kg di CO₂ per la gamma intermedie e 8.200 kg di CO₂ per le auto utilitarie. Il valore in fase di produzione di tutte le altre autovetture è stato stimato in 4.100 kg di CO₂ per le utilitarie, 4.600 per le auto intermedie e 5.100 kg di CO₂ per le auto di gamma alta. Per la stima delle emissioni in fase di uso dei veicoli termici a benzina, metano e ibridi si è fatto riferimento ai valori presenti in letteratura, oltre ai dati dichiarati dalle case costruttrici dei veicoli più diffusi per gamma e alimentazione³⁰. In particolare per le auto utilitarie, per i modelli termici si è partiti da un valore in WLTP di 124 gCO₂/km, per quelli ibridi HEV 112,5 gCO₂/km e per quelli a metano 102,75 gCO₂/km. Per i veicoli di gamma intermedia sono stati considerati valori emissivi in fase di uso pari a 140 gCO₂/km per i motori a benzina, 125,25 gCO₂/km per i motori ibridi HEV, 34,71 gCO₂/km per gli ibridi PHEV e 105,83 gCO₂/km per i motori a metano. Per i veicoli di alta gamma sono stati considerati i valori di emissione in fase di uso nella misura di 187 gCO₂/km per i motori a benzina, 140 gCO₂/km per i motori ibridi HEV, 49,87 gCO₂/km per gli ibridi PHEV e 107 gCO₂/km per i motori a metano. Per tutte le categorie di veicoli i valori usati per le emissioni dei vettori energetici sono stati, sempre da letteratura, 25 g CO₂/km per i veicoli a benzina, 18 gCO₂/km per i veicoli ibridi HEV e 19 gCO₂/km per i veicoli a metano, mentre per i veicoli PHEV ed elettrici questo valore è variabile in funzione del consumo elettrico.

Va inoltre tenuto in considerazione il contributo positivo in termini di riduzione delle emissioni apportato dall'uso dei biocarburanti. Le FER derivate da biomasse e convertite in biocarburanti permettono la riduzione delle emissioni di gas serra anche per i veicoli con motore a combustione interna, mostrando inoltre una ampia diffusione e applicabilità anche nei veicoli più vecchi del parco auto con vantaggi diretti e immediati. La miscelazione dei biocarburanti è attualmente regolamentata dal D.M. 30 dicembre 2020³¹ che indica per gli anni successivi al 2021 una percentuale obbligatoria del 10% di immissione in consumo di biocarburanti di cui il 2% di biocarburanti avanzati. In prima istanza le valutazioni che seguono tengono in considerazione l'obiettivo del 16% di biocarburanti in miscelazione, percentuale costruita sulla RED II, che punta ad una progressiva sostituzione di quelli di prima generazione con le altre tipologie (anche sintetiche) che presentano contenuti in carbonio minori e ulteriormente migliorabili; inoltre riducendo il peso dei biocarburanti di prima generazione, diminuisce lo sfruttamento agricolo dovuto alle colture dedicate alla produzione di biocarburanti³². In base a

³⁰ Per la valutazione dei veicoli più diffusi si è fatto riferimento alle classifiche per le nuove immatricolazioni di veicoli distinti per alimentazione e segmento in Italia pubblicate da UNRAE nel 2021

³¹ D.M. 30 dicembre 2020 (modifica al D.M. 10 ottobre 2014) relativamente all'obbligo di immissione in consumo di biocarburanti compresi quelli avanzati

³² La normativa europea indica inoltre la metodologia per il calcolo della riduzione percentuale delle emissioni di gas serra dei biocarburanti rispetto ai loro analoghi di origine fossile nell'intero ciclo di vita. Viene indicato come totale delle emissioni derivanti dall'uso del carburante la somma delle emissioni derivanti dall'estrazione o dalla coltivazione delle materie prime, emissioni annualizzate risultanti da modifiche delle scorte di carbonio a seguito del cambiamento della destinazione d'uso dei terreni, emissioni derivanti dalla lavorazione, emissioni derivanti dal trasporto e alla distribuzione ed emissioni derivanti dal carburante al momento dell'uso a cui vanno sottratte le riduzioni delle emissioni grazie all'accumulo di carbonio nel suolo mediante una migliore gestione agricola, le riduzioni delle emissioni grazie alla cattura e al sequestro del CO₂ e la riduzione delle emissioni grazie alla cattura e alla sostituzione del CO₂. Per i biocarburanti di

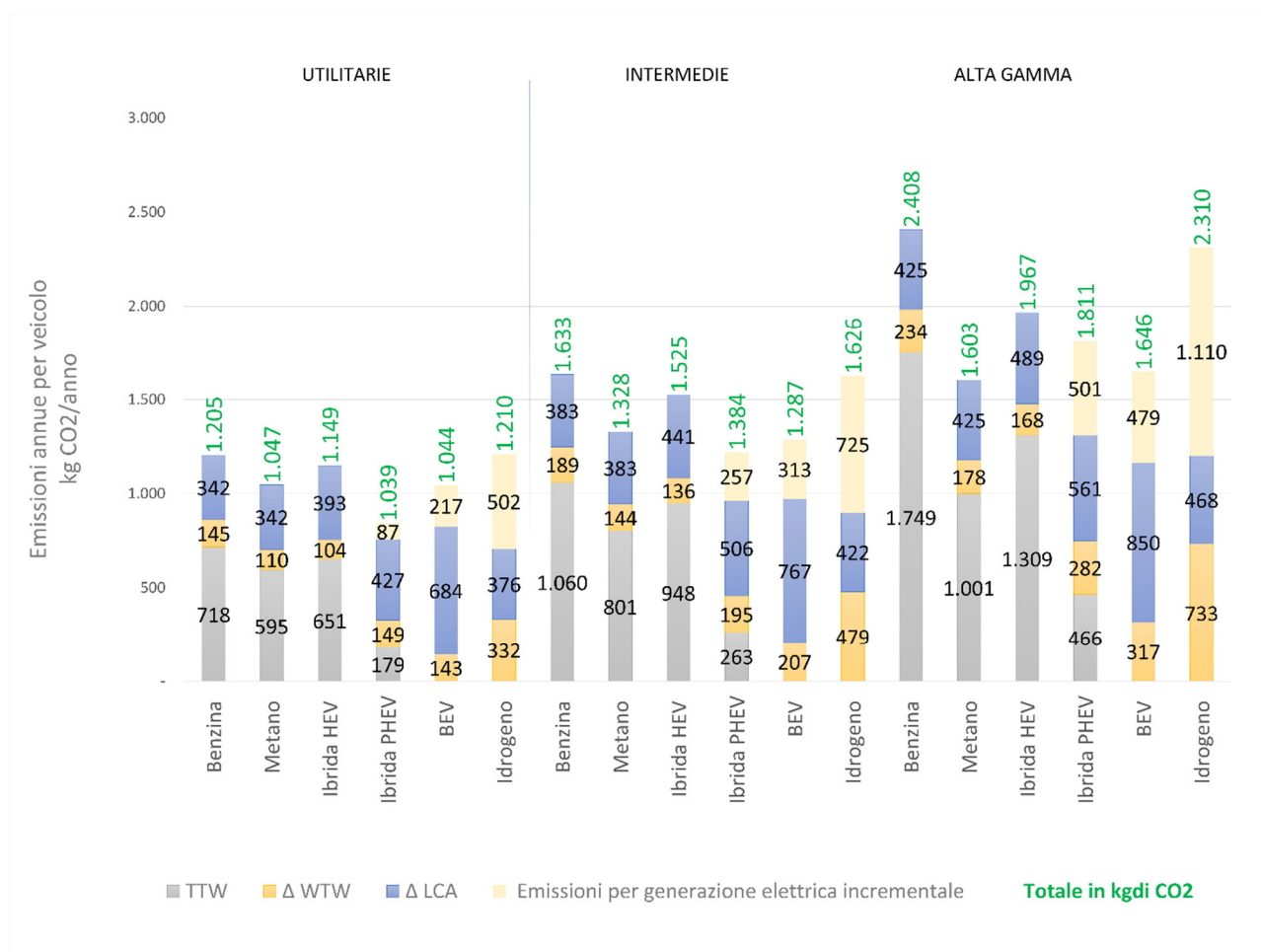
queste considerazioni e ai valori percentuali di riduzione standard riportati dalla Direttiva per i vari biocarburanti, nelle analisi presentate in questo studio si è fatto riferimento ad un valore medio di riduzione delle emissioni del 65% per i biocarburanti di prima generazione e l'80% di riduzione per i biocarburanti avanzati. Per la miscelazione sono stati presi in considerazione i valori indicati dalla direttiva Europea, più cautelativi rispetto al PNIEC.

Per le emissioni legate alla generazione elettrica si è fatto riferimento alle stime SEN al 2030, che prevedono una produzione affidata esclusivamente a fonti rinnovabili e gas naturale. Anche in questo caso, tenendo conto del trend di efficientamento dei sistemi di generazione elettrica, partendo dai valori storici, per le emissioni per kWh del gas naturale al 2030, si è stimata una riduzione dello 0,59% annuo. Con tale sistema di calcolo le emissioni specifiche per kWh del gas naturale al 2030 sono state stimate in 340 g/kWh. Nella produzione di idrogeno da elettrolisi si è ipotizzata un'efficienza pari 58 kWh di energia per kg di idrogeno prodotto. Da tenere presente che per la produzione di idrogeno da elettrolisi, non è stato considerato l'uso del mix energetico fornito dalla rete, ma è stata valutata la possibilità che l'energia elettrica necessaria fosse prodotta da centrali termoelettriche a metano.

I risultati, certamente migliorabili, mostrano conclusioni di estremo interesse e ancora prima mettono in luce i limiti del metodo di LCA. Rispetto alle valutazioni in LCA, nelle quali le performance ambientali dei veicoli elettrici risultavano molto più competitive rispetto a quelle dei modelli termici, in questo caso valutando gli effetti delle ricadute sugli altri consumi energetici, il risultato cambia in modo significativo.

le emissioni derivanti dall'uso del carburante nel veicolo sono considerate nulle perché compensate dalla cattura della CO₂ nella coltivazione delle materie prime. A partire dal 2021 la riduzione delle emissioni da biocarburanti deve essere superiore al 65% e deve essere di almeno il 70% la riduzione di CO₂ per i biocarburanti ottenuti dal riciclo del carbonio.

Figura 5: Contributo emissivo dell'analisi Tank to Whell (TTW), Well to Wheel (WTW), analisi in LCA e di impatto per generazione elettrica incrementale delle emissioni annue di CO2 per singolo veicolo distinte per alimentazione e gamma – valori assoluti in kg di CO2



Fonte: Fondazione Caracciolo

I veicoli elettrici BEV finiscono per avere emissioni pari o di poco superiori a quelle dei veicoli termici, dei veicoli a metano e soprattutto di quelli ibridi. L'idrogeno prodotto attraverso l'elettrolisi con elettricità prelevata dalla rete (scenario mix italiano al 2030) risulta il vero fallimento delle politiche energetiche di breve periodo

Ovviamente anche questo metodo presenta molte imprecisioni. Una valutazione più accurata richiederebbe uno studio attento dei flussi energetici, che riesca a valutare gli impatti in funzione delle fasce orarie di consumo. Nel caso dei veicoli è facile supporre che le ricariche lente potranno concentrarsi nelle ore serali o notturne mentre quelle rapide o ultrarapide nelle fasce orarie diurne.

Altro aspetto importante riguarda la prospettiva delle auto elettriche e dell'idrogeno, come sistemi di accumulo nonché strumento di stabilizzazione del sistema. Un sistema energetico che punti sullo sviluppo di sistemi fotovoltaici avrà inevitabilmente dei picchi produttivi nelle ore centrali della giornata. Riuscire ad immagazzinare quanta più energia solare possibile rappresenta un obiettivo sfidante per massimizzare i benefici legati all'impiego delle

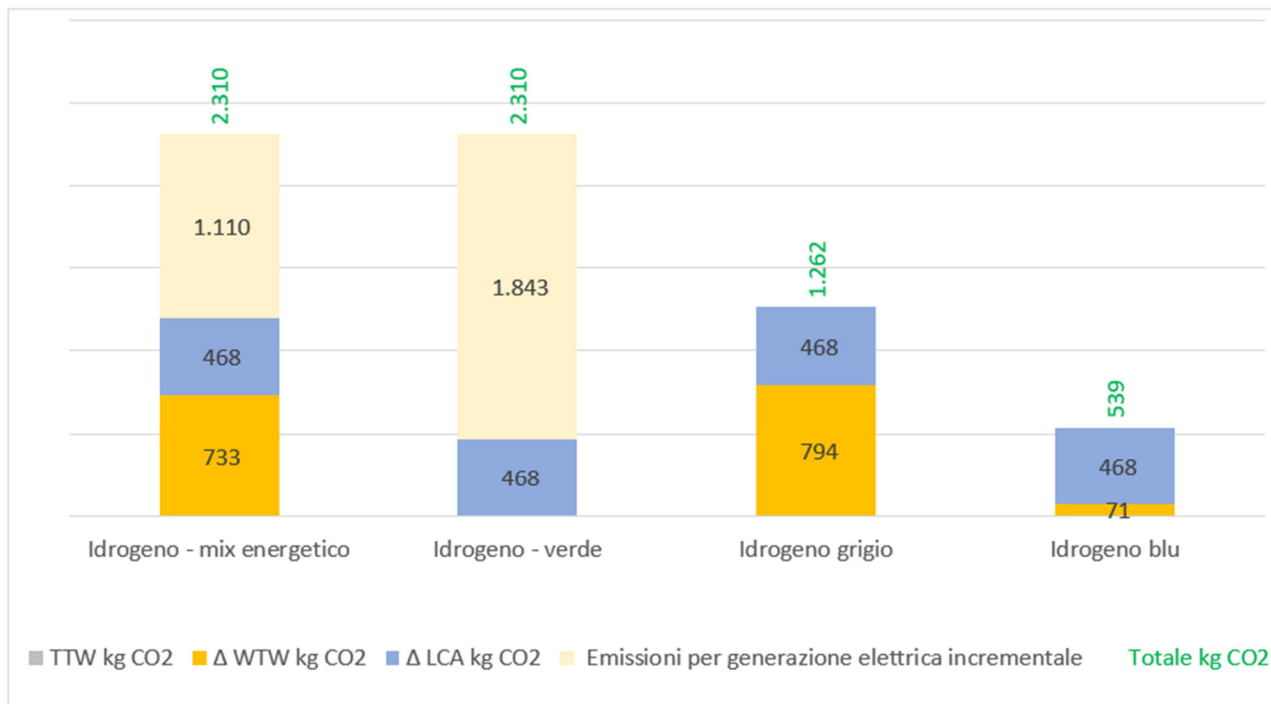
rinnovabili. Anche questo obiettivo non appare tuttavia facilmente raggiungibile con le tecnologie attuali. Per quanto riguarda le batterie, il problema principale riguarda i limiti connessi ai cicli di ricarica. Un sistema sottoposto a cicli frequenti di carico e scarico potrebbe in poco tempo compromettere il funzionamento delle batterie. Sull'impiego dell'idrogeno, il limite principale è legato al costo degli elettrolizzatori, ancora troppo costosi per poter essere impiegati per poche ore al giorno.

La Figura 6 riporta le emissioni annuali incrementali di CO₂ derivanti dall'utilizzo di un veicolo elettrico alimentato ad idrogeno di alta gamma, con idrogeno prodotto attraverso sistemi diversi. Il valore riportato nella prima colonna coincide con quello della figura precedente e simula l'ipotesi di estrazione dell'idrogeno dall'acqua tramite elettrolisi con energia attinta dalla rete. Le altre ipotesi stimano le emissioni derivanti dall'utilizzo di idrogeno verde (prodotto esclusivamente da fonti rinnovabili), grigio (ricavato da metano con processi di *steam reforming*), blu (ricavato dal metano con *steam reforming*, cattura e stoccaggio della CO₂). In tutte e quattro le ipotesi analizzate, le emissioni allo scarico sono inesistenti, così come sono invariate le emissioni prodotte nella fase di costruzione del veicolo. Quello che cambia (e non di poco) nelle diverse tipologie di idrogeno, sono le emissioni derivanti dalla generazione dei vettori energetici nonché quelli legati all'alterazione del mix energetico correlato all'incremento della domanda di energia.

- Nel primo caso (idrogeno prodotto con elettrolisi ricavata dalla rete), le emissioni derivanti dalla generazione dei vettori energetici, rappresentano il 32% del totale (733 kg di CO₂). Più rilevante e pari al 48% del totale è invece la componente emissiva derivante dall'aumento del consumo di metano (impiegato per generare l'energia incrementale necessaria).
- Il secondo esercizio, basato sull'impiego di idrogeno verde (idrogeno ricavato dall'acqua con fonti rinnovabili), simula l'ipotesi in cui una quantità di idrogeno sia prodotto con energia proveniente da una fonte rinnovabile. In questo caso, la percentuale di energia non riversata sulla rete elettrica si suppone sostituita con energia prodotta da metano, con conseguente aumento delle emissioni correlate all'incremento della domanda energetica. L'effetto è sostanzialmente un'invarianza del risultato finale, almeno fino a quando la percentuale di fonti rinnovabili all'interno del mix non sia così abbondante da riuscire a coprire i fabbisogni incrementali senza sacrificare quelli già soddisfatti.
- Il terzo esercizio, simula l'impiego di idrogeno grigio (ricavato da metano con processi di *steam reforming*). In tale ipotesi le emissioni dei vettori energetici rimangono simili a quelle ottenute con energia ricavata dalla rete e processi di trasformazione elettrolitici. Manca in questo caso, un'ipotesi di alterazione del mix energetico e quindi manca in altri termini la voce legata al costo opportunità correlato all'alterazione del mix energetico conseguente all'aumento dei consumi. Il risultato finale è molto interessante, in quanto consente un abbattimento significativo delle emissioni complessive incrementalmente annue che passano da 2.310 a 1.262 kg di CO₂.
- Ancora più interessante è il quarto e ultimo esercizio che simula l'impiego di idrogeno blu (ricavato dal metano con *steam reforming*, cattura e stoccaggio della CO₂). In questo caso, le emissioni di CO₂ appaiono estremamente contenute. Guardando alle emissioni in WTW il risparmio emissivo è superiore al 95% rispetto a un modello a idrogeno prodotto con elettrolisi e del 90% rispetto a un modello elettrico a batteria. L'idrogeno blu rappresenta

una delle frontiere tecnologiche più interessanti, ma il suo sviluppo è ancora ad uno stadio embrionale. La tecnologia è nota, ma per ora applicata solo su piccola e piccolissima scala.

Figura 6: Emissioni annuali incrementali di CO2 di un'autovettura di alta gamma ad idrogeno prodotto con processi elettrolitici e di steam reforming. Valori in kg annui.



2.3 Una centrale da un GW e 1 milione di centrali da 1 kW

Nella prima sezione della ricerca si è più volte sottolineata l'importanza di sostenere il processo di decarbonizzazione attraverso un piano di sviluppo dell'energia rinnovabile. Il tema esula dal campo di indagine della presente ricerca. Quello che si ritiene utile chiarire in questa sede è che il raggiungimento di un sistema di produzione energetica a zero emissioni, oltre che per azioni centralizzate tese al miglioramento del mix energetico derivanti da impianti imponenti, può essere ottenuto anche attraverso piccole centrali fotovoltaiche installate sui tetti o i balconi di case e condomini. Da sempre la possibilità di creare un sistema energetico diffuso con tante piccole centrali proprietarie è stato uno dei punti di forza degli impianti fotovoltaici. Un sistema di questo tipo, magari con sistemi di accumulo integrato, oltre ad accorciare la catena produttiva, consente anche di ridurre la dispersione e i costi di trasporto dell'energia.

Se l'utilizzo di un'autovettura elettrica alimentata con mix energetico caratterizzato da elevate presenze di carbone è forse l'esempio più evidente di una transizione irrazionale, un modello speculare basato sulla ricarica domestica da pannelli fotovoltaici, appare quella più intelligente specie se connessa ad una rete altrettanto "smart".

Da un punto di vista dei trasporti, come si evince dalla tabella sottostante, la produzione domestica di energia consente, rispetto all'impiego dell'energia proveniente dalla rete, un abbattimento delle emissioni in fase d'uso dell'82%.

Tabella 18: Rendimento medio annuo di trasporto e distribuzione e fattore di emissione dell'energia elettrica per diversi scenari di produzione e distribuzione dell'energia elettrica

Scenario produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica	Rendimento trasporto e distribuzione	Fattore di Emissione energia elettrica [kg/kWh]
100% in loco con elevato autoconsumo	96,8%	0,06505
100% in loco con basso autoconsumo	92,5%	0,06505
50% in loco con elevato autoconsumo, 50% da rete pubblica con contratto standard	93,0%	0,21572
50% in loco con elevato autoconsumo, 50% da rete pubblica con contratto 100% rinnovabili	90,9%	0,21572
50% in loco con basso autoconsumo, 50% da rete pubblica con contratto standard	93,0%	0,06385
50% in loco con basso autoconsumo, 50% da rete pubblica con contratto 100% rinnovabili	90,9%	0,06385
Prelievo dell'energia elettrica da rete pubblica con contratto di fornitura standard	89,3%	0,36639
Prelievo dell'energia elettrica da rete pubblica con contratto di fornitura 100% rinnovabili	89,3%	0,06265

Fonte: Fondazione Caracciolo

Prendendo a riferimento i dati contenuti nella tabella sottostante che riporta i consumi specifici (kWh/km) in urbano, extraurbano e autostrada, calcolati a partire dai dati di omologazione dei veicoli analizzati e rielaborati in base ai risultati ottenuti in prove su strada in condizioni reali di utilizzo, possono essere ottenute informazioni di grande interesse³³.

Tabella 19: Consumi per diversi modelli di auto elettrica

Auto	Consumi dichiarati [Wh/km]	Consumi Urbano [Wh/km]	Consumi Extraurbano [Wh/km]	Consumi Autostrada [Wh/km]
2020 Smart EQ fortwo coupè	160,0	140,8	152,0	200,0
2019 Peugeot e-208 GT	147,1	129,4	139,7	183,9
2019 Nissan Leaf SL Plus	179,2	157,7	170,2	224,0
2021 Tesla Model 3 Performance AWD	156,8	138,0	149,0	196,0

Fonte: Fondazione Caracciolo

In particolare, unendo i dati riportati nelle due tabelle, si può stimare che un'autovettura ricaricata esclusivamente a casa produca di fatto emissioni di CO2 del tutto marginali.

³³ Nei percorsi urbani, il veicolo elettrico, al contrario di quello termico, in virtù del recupero di energia in frenata e dell'azzeramento dei consumi durante le soste, fa registrare un consumo più contenuto, in media il 20% più basso rispetto a quello registrato in autostrada.

Tabella 20: Valutazione emissiva di autoveicoli per tipologia di alimentazione e sistema di ricarica (g/km)

Veicolo per tipo di alimentazione	Emissioni del vettore energetico	Emissioni allo scarico	Totale
Autovettura BEV ricaricata esclusivamente a casa	10,4	0	10,4
Autovettura BEV ricaricata su rete pubblica	58,56	0	58,56
Autovettura termica	100	29	129

Fonte: Fondazione Caracciolo

Analoghe considerazioni valgono anche per l'Idrogeno. Allo stato attuale il costo degli elettrolizzatori e le tecnologie di trasporto e stoccaggio dell'idrogeno rendono tale tecnologia ancora inutilizzabile a livello domestico, tuttavia, anche all'interno della categoria idrogeno esistono sfumature cromatiche, sfumature peraltro ben definite dalla letteratura.

L'utilizzo esclusivo di energia elettrica da produzione domestica è ovviamente un caso polarizzato. Guardando all'impatto sul sistema energetico, va tuttavia considerato che l'installazione di pannelli fotovoltaici oltre a migliorare l'impatto emissivo dei veicoli elettrici ha anche benefici sulle emissioni derivanti dall'impiego di elettrodomestici o sistemi di riscaldamento. Da ultimo, merita di essere considerato come l'energia prodotta da un impianto di medie dimensioni (3 kW), in una zona di medio irraggiamento possa consentire la produzione giornaliera di ca 13 kWh, valore assolutamente superiore rispetto al fabbisogno medio potenziale di un'autovettura, pari a 3,7 kWh (si è stimata una percorrenza annua di 8.500 km e un consumo km di 160 Wh). Da qui l'esistenza di un surplus di energia utilizzabile per altri impieghi anche attraverso lo scambio sul posto.

2.4 Politiche eco-razionali di sostituzione dei veicoli ed effetti sulla riduzione delle emissioni in LCA e in considerazione del consumo energetico elettrico

Nel tentativo di tracciare una fotografia dell'impatto legato a possibili interventi di incentivazione all'acquisto di auto a basso impatto, è stato realizzato un confronto delle emissioni annuali strutturato secondo uno scenario tendenziale (senza incentivi), prospettando due soluzioni alternative basate sulla promozione di veicoli BEV e a idrogeno nel primo caso e HEV e Metano nel secondo e infine prevedendo una forte riduzione degli spostamenti e dei veicoli circolanti basata sulla promozione dello smart working e in generale degli strumenti di contenimento della domanda di mobilità privata. Nella Tabella 21 viene riportata una ipotesi di ripartizione per alimentazione dei veicoli del parco auto secondo gli scenari proposti.

Tabella 21: Confronto di diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030 secondo cinque diversi scenari di incentivazione rispetto allo scenario tendenziale non incentivato – Valori in percentuale rispetto al totale di 35.900.288 autoveicoli

Scenari	Tendenziale %	Incentivato su BEV %	Incentivato su Idrogeno %	Incentivato su Ibride %	Incentivato su Metano %	Incentivato su Mobilità Sostenibile %
Termiche	65,25	63,02	63,02	63,02	63,02	65,25
Ibride HEV	13,00	13,00	13,00	15,23	13,00	13,00
Metano	4,00	4,00	4,00	4,00	6,23	4,00
Ibride PHEV	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
BEV	11,15	13,38	11,15	11,15	11,15	11,15
Idrogeno	1,00	1,00	3,23	1,00	1,00	1,00

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo

La previsione per il 2030 della ripartizione percentuale del parco auto secondo le classi di appartenenza (definizione dei segmenti secondo UNRAE), è stata valutata mantenendo invariata la tendenza delle immatricolazioni negli anni dal 2013 al 2019 (Fonte UNRAE). È stato inoltre valutato un parco auto complessivo al 2030 pari a circa 36 milioni di veicoli. Le emissioni medie del periodo, differenziate sulla base dei diversi sistemi di alimentazione, sono state stimate valutando come valide quelle intermedie calcolate su modelli in produzione al 2020.

Tabella 22: Distribuzione previsionale del parco auto per segmento al 2030

	Valore % parco per segmento		N° di veicoli	Scenario mobilità sostenibile
	2019	2030	2030	2030
A-City car	16,40%	13,58%	4.876.637	4.701.078
B- Utilitarie	35,44%	29,59%	10.622.755	10.240.336
C- Medie	34,03%	43,49%	15.612.782	15.050.722
D - Medio grandi	12,00%	11,38%	4.084.077	3.937.050
E - Grandi	1,85%	1,57%	562.528	542.277
F - Lusso	0,29%	0,39%	141.511	136.416
Totale			35.900.291	34.607.881

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati UNRAE

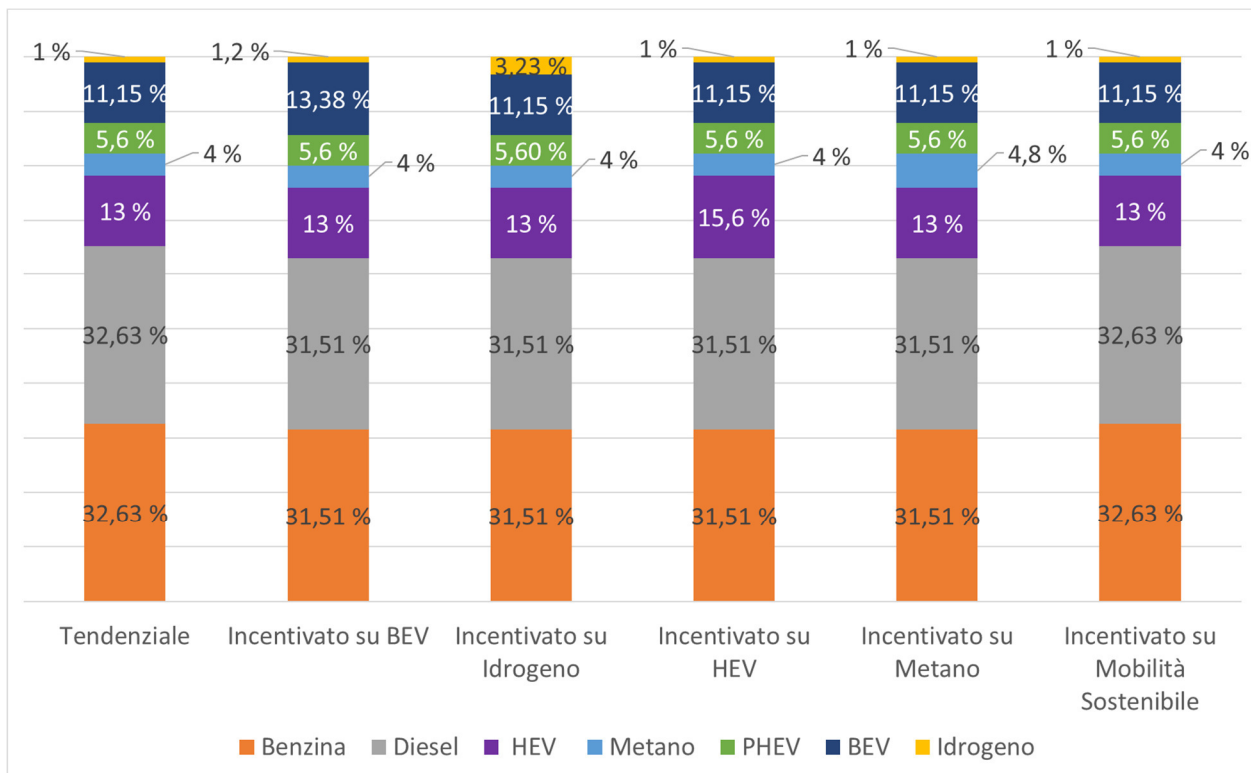
La distribuzione dei veicoli per alimentazione, mostrata nella Tabella 23 (e in Appendice riproposta con una ulteriore differenziazione per le categorie utilitarie, intermedie e alta gamma), è stata realizzata a partire dagli scenari precedentemente descritti e in base alle percentuali di diffusione descritte nelle tabelle 21 e 22.

Tabella 23: Diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030

Scenari	Tendenziale	Incentivato su BEV	Incentivato su Idrogeno	Incentivato su Ibride	Incentivato su Metano	Incentivato su Mobilità Sostenibile
Benzina	11.712.469	11.312.181	11.312.181	11.312.181	11.312.181	11.290.820
Diesel	11.712.469	11.312.181	11.312.181	11.312.181	11.312.181	11.290.820
Ibride HEV	4.667.038	4.667.038	4.667.038	5.467.614	4.667.038	4.499.025
Metano	1.436.011	1.436.011	1.436.011	1.436.011	2.236.587	1.384.315
Ibride PHEV	2.010.416	2.010.416	2.010.416	2.010.416	2.010.416	1.938.041
BEV	4.002.882	4.803.458	4.002.882	4.002.882	4.002.882	3.858.778
Idrogeno	359.003	359.003	1.159.579	359.003	359.003	346.079
Totale	35.900.288	35.900.288	35.900.288	35.900.288	35.900.288	34.607.878

Fonte: Fondazione Caracciolo

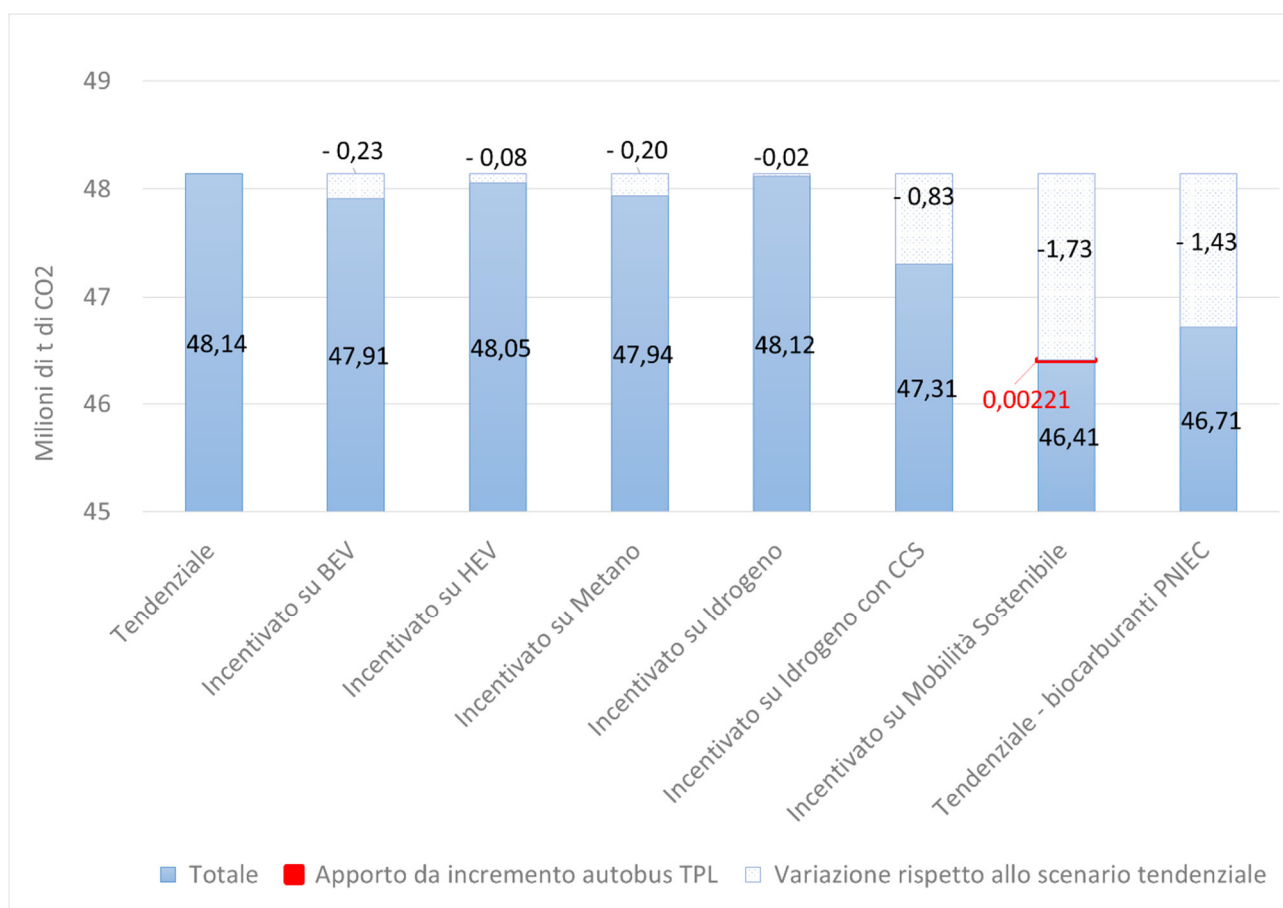
Figura 7: Diffusione percentuale delle autovetture per alimentazione al 2030



Fonte: Fondazione Caracciolo

I valori totali delle emissioni di CO2 annue (al 2030) per gli scenari individuati, partendo dalla distribuzione per tipo di alimentazione sopra descritta, con l'aggiunta di un'ulteriore ipotesi di incremento di veicoli ad idrogeno prodotto da *steam reforming* del metano (SMR) con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS), sono stati valutati in base al numero dei veicoli.

Figura 8: Confronto rispetto allo scenario tendenziale non incentivato delle emissioni totali di CO2 del parco auto circolante al 2030 secondo sei diversi scenari di incentivazione per il rinnovo delle auto – Valori in Milioni di t



Fonte: Fondazione Caracciolo

Dal confronto emissivo emerge come, tenendo conto degli impatti che si verificano sull'intero sistema energetico, in caso di diffusione di veicoli BEV e a Idrogeno, le emissioni di CO2 complessivamente prodotte non giustificano interventi tesi ad accelerare alcune tecnologie rispetto ad altre.

Le tre soluzioni che si dimostrano realmente soddisfacenti nella battaglia per la riduzione delle emissioni sono quelle derivanti dagli investimenti per la produzione di idrogeno blu (con i limiti tecnologici evidenziati), quelli derivanti da politiche per la mobilità sostenibile nonché quelli basati su una maggiore miscelazione dei biocarburanti. Vantaggi che richiedono la collaborazione dell'amministrazione centrale, ma anche, in modo particolare per quel che riguarda le politiche per la mobilità sostenibile, l'impegno degli Enti Locali. Vantaggi, che al tempo stesso, potrebbero anche cumularsi e ottenere risultati sinergici.

Nel caso dell'idrogeno si può ritenere che a parità di parco, la sola modifica dei sistemi di produzione (da elettrolisi a *steam reforming* con cattura), possa consentire nel medio periodo un risparmio nelle emissioni di CO₂ di poco inferiore a 1 Mt l'anno.

Il risultato più promettente è legato ai vantaggi derivanti dalle misure di riduzione della domanda di mobilità privata previste nello Scenario di Mobilità sostenibile. Per la valutazione di questa ipotesi sono state impiegate le considerazioni sull'aumento dell'offerta della mobilità collettiva, in seguito alla riduzione della mobilità privata, già avanzate nello studio *Per una transizione energetica eco-razionale della mobilità automobilistica - Valutazione del caso italiano* del 2019, condotto da ENEA, CNR e Fondazione Caracciolo. Nello studio si ipotizzava un sostanziale cambiamento di comportamento degli automobilisti verso il minore possesso e uso dell'auto privata, arrivando al 2030 ad una riduzione delle immatricolazioni a 1,7 milioni a fronte dei 1,9 milioni nel 2019, con una corrispondente riduzione del parco a 34,6 milioni di veicoli pur mantenendo la ripartizione percentuale dello scenario tendenziale. L'offerta di servizio di trasporto collettivo per soddisfare una parte della domanda di mobilità non più a carico dell'autovettura privata, veniva ridistribuita tra TPL urbano ed extraurbano con valori rispettivamente del +24% e +12% rispetto ai dati 2017 del CNIT.

Lo *shift* modale in uno scenario di mobilità sostenibile in ambito urbano porterebbe ad una variazione dell'offerta, rispetto ai valori di domanda di TPL del 2017, del +23% solo nel caso dei bus, corrispondente ad una offerta di 146 milioni di veicoli per km in aggiunta al panorama della mobilità urbana.

Sebbene nello Scenario di Mobilità sostenibile le emissioni dovute alla mobilità privata siano chiaramente ridotte rispetto allo scenario tendenziale di diffusione delle autovetture, vanno tenute in considerazione le emissioni aggiuntive apportate da un aumento della mobilità collettiva, a seguito dello *switch* modale necessario per il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione della mobilità privata.

Considerando la possibilità di rispondere alla necessità di autobus introducendo nel 2030 solo veicoli diesel di classe Euro 6 - con una estrema semplificazione - e sulla base dei dati di letteratura dei bus di questa classe attualmente disponibili, si considera un valore di emissioni pari a 2,56 kg/l con consumi medi di carburante di circa 59 l/100 km, è possibile stimare le emissioni globali date dall'aumento dell'offerta di autobus in ambito urbano in circa 2.200 t di CO₂. Quindi questo valore va considerato come un supplemento rispetto alle emissioni delle autovetture, in quanto va a colmare parte del gap delle mancate emissioni delle automobili a seguito della riduzione del parco auto nello scenario di mobilità sostenibile, pur non comportando una variazione sostanziale rispetto ai risultati ottenuti in precedenza, che sono dell'ordine dei milioni di tonnellate, a confermare che la riduzione della domanda di mobilità privata sia la scelta ecologicamente più vantaggiosa in termini di riduzione delle emissioni di CO₂.

Nel grafico di confronto degli scenari incentivati è stato inserito anche un confronto con uno scenario tendenziale (senza alcun incentivo) in cui l'obiettivo di sostituzione con i biocarburanti è più ambizioso rispetto alla percentuale costruita sulla RED II del 16%, e raggiunge il 22% di biocarburanti di cui il 4% di tipo avanzato, (percentuali costruite in funzione del dibattito di revisione normativa). Si osserva come il valore delle emissioni in questo scenario sia nettamente inferiore allo scenario tendenziale realizzato con le percentuali della direttiva europea, e sia invece molto più simile allo scenario con incentivazione della

mobilità sostenibile, suggerendo che un aumento della porzione di biocombustibile nel parco auto sia paragonabile ad una riduzione del numero di veicoli in circolazione.

Un risultato di questo tipo invita a riflettere sull'attualità di alcune valutazioni e soprattutto mette in evidenza la necessità di continuare a studiare gli impatti di una transizione energetica che, se fondata su presupposti sbagliati, rischia di calibrare in modo inappropriato gli sforzi economici.

3. Anche i confronti emissivi più accurati non forniscono tutte le risposte

L'analisi compiuta nel capitolo precedente ha messo a confronto le emissioni di veicoli con diversi sistemi di alimentazione. Queste valutazioni provano a mettere insieme veicoli con caratteristiche dimensionali e di utilizzo comparabili. Proprio per questa ragione pur offrendo spunti di riflessione metodologicamente corretti e interessanti in ottica di confronto imparziale non sono idonei a rappresentare l'insieme delle variabili che colorano il quadro dell'impatto emissivo.

Pur partendo dai dati sugli impatti ambientali per sistema di alimentazione, un piano globale di riduzione delle emissioni deve considerare una molteplicità di altri aspetti, svincolati dai primi, ma non per questo meno rilevanti. Questa sezione della ricerca si prefigge di raccogliere alcuni di questi aspetti al fine di fornire indicazioni a supporto di azioni di policy ecorazionali.

3.1 Per una politica mirata di rinnovo del parco. L'importanza di un indicatore sintetico dei costi socio-economici legati alle emissioni dei veicoli circolanti

Come sottolineato nella parte introduttiva a questo lavoro, nel 2019, la Fondazione, in collaborazione con ENEA e CNR, aveva ipotizzato³⁴ un percorso virtuoso di riduzione delle emissioni basato su un processo costante di rinnovo del parco auto circolante. In particolare si era stimato che per conseguire gli obiettivi comunitari al 2030 fosse necessario procedere ad un profondo rinnovo del parco circolante italiano con l'immatricolazione di 1,9 milioni di nuove autovetture ogni anno. Punto di partenza del ragionamento era la fotografia del parco circolante autovetture italiano. Un parco caratterizzato da un'età media molto elevata. Come si evince dalla tabella e dal grafico sottostanti, oltre la metà delle autovetture in Italia ha più di 10 anni e appartiene alle classi Euro da 0 a 4.

Tabella 24: Suddivisione del parco auto circolante per fasce di età, valori percentuali- Anno 2020

Fino ai 2 anni	Dai 3 ai 5 anni	Dai 6 ai 10 anni	Da 11 a 20 anni	Oltre 20 anni
8,9	14,8	17,8	39,4	19,1

Fonte: dati ACI

Tabella 25: Suddivisione del parco auto per classe di Euro - Anno 2020

Euro	0	1	2	3	4	5	6	ND
%	9	2,3	7,7	11,4	25,8	17,4	26,2	0,2

Fonte: dati ACI

Con la pandemia e la conseguente crisi economica, il normale e auspicato trend di rinnovo del parco ha avuto una battuta d'arresto. Come illustrato nell'Introduzione (Tabella 8), a fronte delle 1,9 milioni di nuove immatricolazioni ipotizzate in uno scenario tendenziale, nel 2020, se ne sono registrate poco più di 1,4 milioni e 1,3 milioni di radiazioni.

³⁴ Fondazione Caracciolo, ENEA, CNR, 2019 (Op. cit).

Tabella 26. Immatricolazioni e Radiazioni Autovetture anni 2018-2019-2020

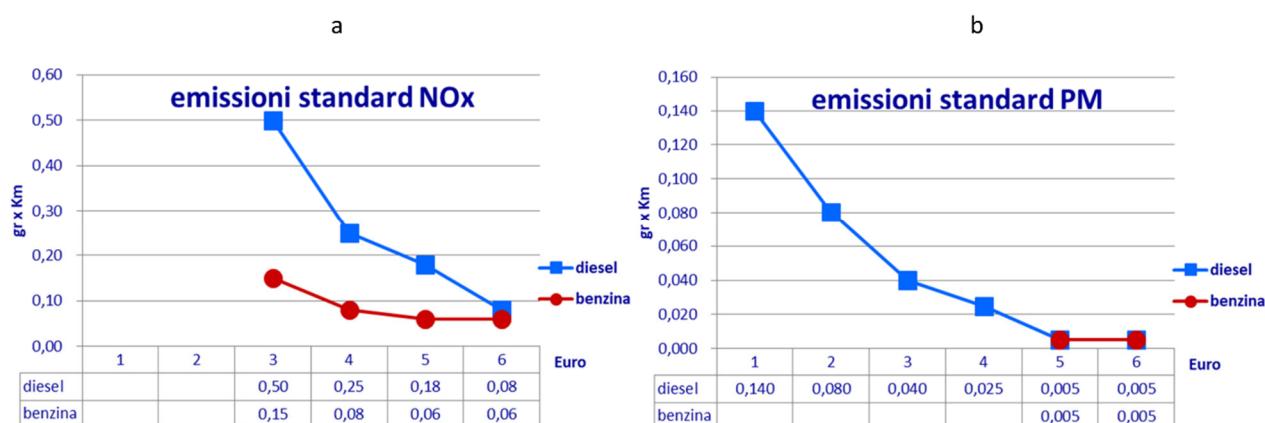
	Immatricolazioni			Radiazioni		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Totale	1.945.120	1.949.554	1.441.385	1.507.333	1.540.680	1.310.244

In una prospettiva, quanto mai attuale, di corretta allocazione delle risorse pubbliche, occorre prima di tutto definire in modo scientifico una scala di priorità. Sul fronte delle emissioni inquinanti, i progressi ottenuti dalle case costruttrici ci consentono di constatare il significativo divario che esiste fra veicoli di classe Euro 0 o 1 con modelli di classe Euro 6.

Prendendo ad esempio il caso del particolato, si può concludere come un veicolo Euro 1 abbia delle emissioni medie paragonabili a quelle di 28 veicoli Euro 6.

Figura 9: Veicoli di categoria M (autovetture):

a) Emissioni standard Massa di Ossidi di azoto (g/km) e b) Emissioni standard Massa di Particolato (g/km)



Fonte: elaborazione ACI su dati emissioni standard Direttive CE

Un piano di incentivi, basato su una rigorosa e scientifica definizione delle priorità, dovrebbe partire dalla lettura di questi dati. Alcune ipotesi di scenario possono essere utili per capire l'importanza di analisi quantitative di questo tipo.

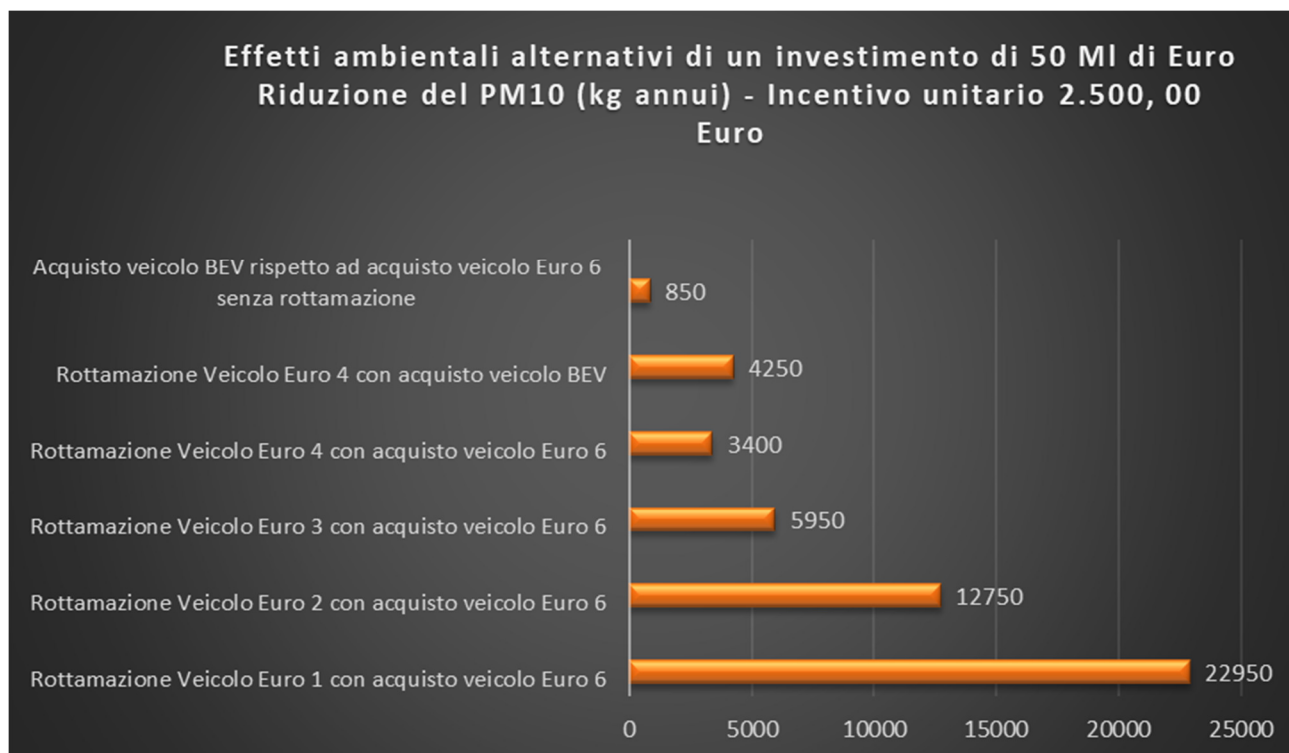
Assumendo, ad esempio, l'ipotesi di un investimento di 50 milioni di Euro in incentivi unitari di 2.500,00 Euro e 20.000 autovetture che potrebbero accedere a tale beneficio, sono stati calcolati i possibili effetti in termini di riduzione delle emissioni annue di PM10 ottenibili con diverse strategie di incentivo:

- 1) nell'ipotesi in cui tutti gli incentivi vadano a favorire l'acquisto di un veicolo elettrico rispetto ad uno termico di categoria Euro 6d-temp, senza rottamazione, il vantaggio complessivo (calcolato su una percorrenza media di 8.500 km) sarà di 850 kg/anno;
- 2) nell'ipotesi in cui gli incentivi siano subordinati alla rottamazione di veicoli più inquinanti (ad esempio modelli Euro 1), il vantaggio in termini di riduzione sarebbe pari a 20 tonnellate di PM10 ogni anno, un valore assolutamente superiore rispetto a quello di 0,8 tonnellate registrato con l'acquisto di un modello elettrico o termico senza rottamazione. Se invece si rottamassero veicoli pre-Euro 4, si otterrebbe un risparmio di circa 5 tonnellate di PM10.

I benefici ottenuti dal solo acquisto del nuovo appare tutto sommato modesto e assolutamente più basso di quello che si otterrebbe da incentivi tesi a favorire nello specifico la rottamazione dei veicoli più vecchi.

Fondamentali appaiono ai fini del contenimento emissivo le classi di Euro dei veicoli rottamati. L'aumento (esponenziale) delle emissioni è, infatti, inversamente proporzionale alla classe di Euro.

Figura 10: Effetti ambientali sulla riduzione del PM10 (kg annui) a fronte di un investimento di 50 Mln di Euro - Incentivo unitario di 2.500 Euro

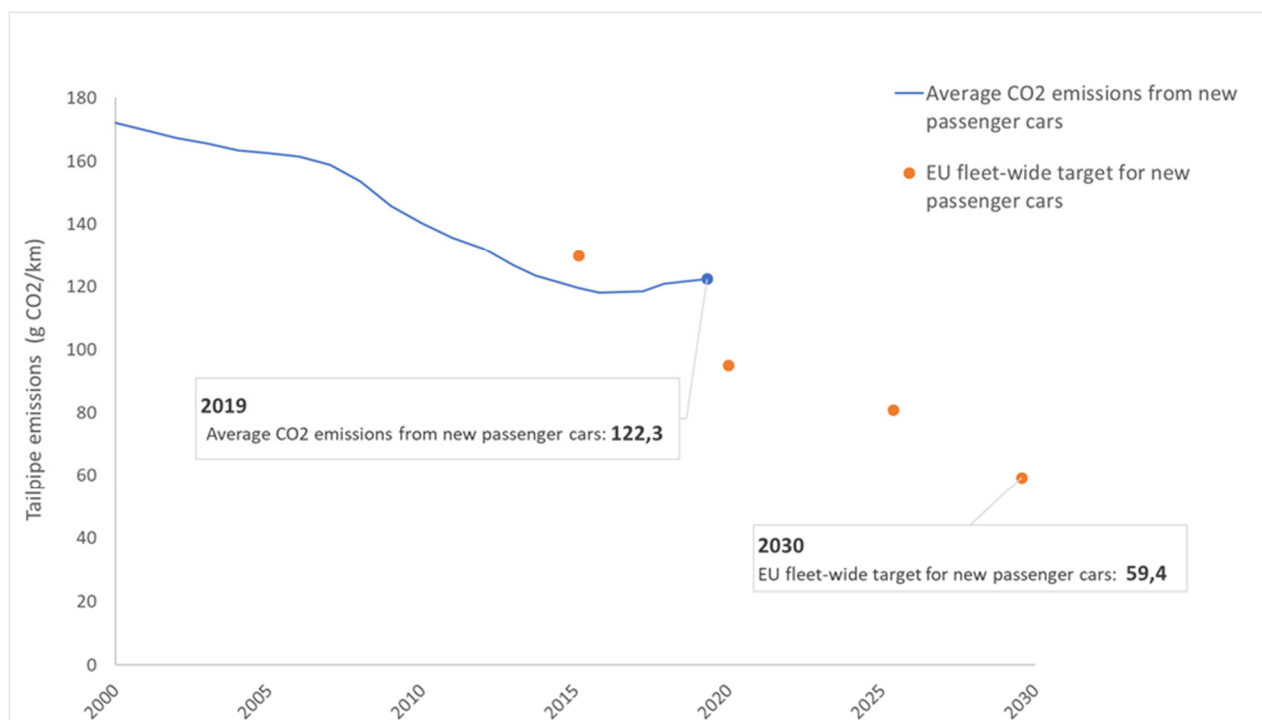


Fonte: Fondazione Caracciolo

*Sono valutate le sole emissioni allo scarico (TTW)

La corretta definizione di un piano di incentivi ovviamente non può riferirsi ad un solo indicatore. I risultati ottenuti sul fronte delle emissioni climalteranti non sono in linea con quelli delle emissioni inquinanti. L'efficienza ha consentito di fare passi in avanti, ma non in modo così netto così come avvenuto sul fronte del PM10 o degli Ossidi di Azoto. Secondo i dati riportati dall'attività di monitoraggio europeo del Regolamento CE/443/2009, le emissioni di CO2 del venduto sono passate da una media di 170 g/km del 1997 ad una media di 110 g/km del 2018.

Figura 11: Andamento delle emissioni specifiche medie di CO2 delle autovetture nuove (g/km) – Anno 2019



Fonte: EEA³⁵, 2019

Nel tempo infatti, i miglioramenti conseguiti nell'efficienza dei veicoli sono stati compensati da un aumento del volume medio delle vetture, ma anche dall'introduzione di tecnologie energivore per il comfort e la sicurezza.

In questa prospettiva, standard di Euro, sistema di alimentazione, dotazioni di sicurezza, dimensione del veicolo rappresentano variabili che finiscono per incidere in modo diverso sulle emissioni inquinanti, su quelle climalteranti e infine sugli standard di sicurezza.

Nella tabella seguente, al fine di effettuare una valutazione del peso specifico di ciascun indicatore di impatto (climalterante, inquinante e di sicurezza) si è provato a trovare un denominatore comune che consentisse di tirare una linea sulla visione di insieme.

Al riguardo si è provveduto ad effettuare una stima degli impatti socio-economici derivanti da inquinanti locali e da gas climalteranti, prodotti annualmente dalle autovetture (Well to Wheel). Prendendo a riferimento i dati estratti dall'*Handbook on the external costs of transport* (2019)³⁶, è stato misurato l'impatto economico dei danni ambientali (emissioni inquinanti di Particolato, Ossidi di Azoto, Monossido di Carbonio e climalteranti di CO2) in relazione alla cilindrata, al sistema di alimentazione dei diversi veicoli e alla classe di Euro.

³⁵ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-co2-emissions-from-motor-vehicles-1/assessment>

³⁶ *Handbook on the external costs of transport*, European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport

Tabella 27: Costi socio-economici annuali legati alla circolazione dei veicoli per alimentazione e classe di Euro (€/km)

	Benzina			Diesel		
	Small	Medium	Large-SUV	Small	Medium	Large-SUV
Euro 0	465,72	723,45	1.042,97	462,33	655,20	838,34
Euro 1	193,15	290,59	395,53	320,77	444,25	558,40
Euro 2	170,07	257,00	374,80	314,82	433,16	538,48
Euro 3	157,08	241,16	319,14	295,46	412,67	519,79
Euro 4	160,29	245,43	378,10	268,20	377,62	478,65
Euro 5	157,26	241,47	373,78	243,01	345,14	440,73
Euro 6	157,31	241,54	373,86	226,20	323,52	415,51
	Ibrido benzina			Metano		
	Small	Medium	Large-SUV	Small	Medium	Large-SUV
	73,29	73,29	110,04	114,38		
	Elettrico					
	Small	Medium	Large-SUV			
	98,21					

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati propri ed estratti dall'Handbook on the external cost of Transport, Commissione Europea, 2019

Come si evince dalla Tabella 27, il peso e la dimensione dei veicoli assumono una valenza strategica ai fini della valutazione di impatto. La rottamazione di un'utilitaria inquinante di classe Euro 2 o Euro 3 con contestuale acquisto di un SUV produce un effetto negativo sull'ambiente anche nel caso in cui sia sostituito con modelli basso emissivi. Si tratta di un dato che trova la sua spiegazione in una serie di considerazioni tecniche legate allo sviluppo dei motori e dei veicoli stessi. I veicoli moderni, pur risultando più efficienti, sono anche più energivori. Molti dei dispositivi di assistenza alla guida, ad esempio il controllo di trazione, fondamentali per l'innalzamento degli standard di sicurezza, comportano anche un importante dispendio energetico. Per altro verso, le vetture di ultima generazione sono più accessoriate, in termini di monitor, aria condizionata, aspetti che implicano maggiori consumi. Da ultimo, l'inefficienza dei veicoli più vecchi implicava anche uno spreco in termini di carburante non combusto. Questo fenomeno rendeva certamente più costosi gli spostamenti e comportava uno spreco di risorse, ma al tempo stesso evitava l'emissione di CO₂ per la parte di propellente non utilizzata.

In conclusione, se da un lato non si può disconoscere il valore degli sforzi messi in campo dall'industria automobilistica per rendere i moderni sistemi di propulsione sempre più sostenibili, dalla lettura dei dati presenti in tabella si evince chiaramente come le dimensioni del veicolo rappresentino una delle variabili più rilevanti nella determinazione dei livelli emissivi. Una politica di incentivi non dovrebbe prescindere da queste valutazioni. Da ultimo, anche attraverso quest'ulteriore percorso di ricerca, si confermano le conclusioni illustrate nelle pagine precedenti e, in particolare, l'efficienza emissiva dei veicoli a metano, oltre che dei veicoli ibridi, assolutamente competitivi sotto il profilo ambientale con i modelli elettrici. Un dato significativo, soprattutto se si considera che la valutazione di costo presentata in tabella

non tiene conto delle emissioni generate in fase di produzione del veicolo, aspetto sul quale i modelli elettrici presentano emissioni più elevate rispetto alle vetture a combustione interna.

Oltre alla valutazione dei costi sociali ed economici, il merito della tabella è quello di offrire una stima sintetica e ponderata (in funzione del tasso di lesività) del danno prodotto da tutte le componenti emissive (tanto inquinanti quanto climalteranti) in gioco. La valenza ricognitiva generale di questo strumento la rende possibile parametro di definizione di misure incentivanti che tengano in considerazione tutti i possibili danni ambientali, attribuendo a ciascuno dei parametri un peso basato su una valutazione scientifica di impatto.

Con l'obiettivo di far comprendere il potenziale disallineamento fra un sistema di incentivi basato sulle sole emissioni allo scarico e il reale impatto climalterante degli stessi, nella tabella seguente sono confrontati le emissioni di CO2 prodotto nell'intero ciclo di vita del veicolo con modelli di segmento e alimentazione diversi.

In particolare, la tabella prende in considerazione un modello alimentato a batteria di segmento medio alto, che di fatto oggi accede alla fascia più elevata di incentivi, con altri modelli termici che invece accedono alla fascia più bassa peraltro non sempre capiente per carenza di fondi.

Come si evince dalla tabella, veicoli paragonabili ricevono un trattamento differente giustificato da valutazioni parziali. Nello specifico, una utilitaria a benzina che percorra 75.000 km presenta emissioni di CO2 simili ad un veicolo BEV di segmento medio alto, mentre una utilitaria ibrida ne emette circa il 20% in meno di quelle prodotte da una BEV di alta gamma (e neanche il 10% in meno di una elettrica pura di medie dimensioni). Anche il risparmio emissivo di una BEV, su 150.000 km, rispetto alle altre tipologie di alimentazione messe a confronto, non risulta poi così significativo.

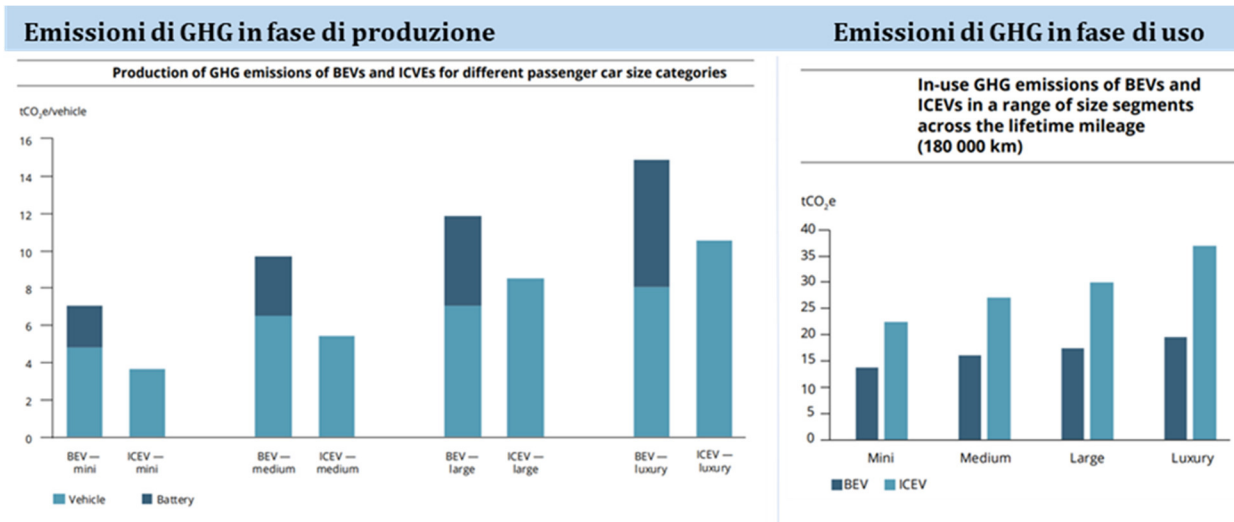
Tabella 28: Emissioni di CO2 nell'intero ciclo di vita di autovetture Euro 6, BEV e idrogeno, per tipo di alimentazione e segmento

	Emissioni CO2 in fase di uso [kg/km]	Emissioni CO2 in fase di produzione del veicolo [kg]	Emissioni CO2 del vettore energetico [kg/km]	Emissioni tot di CO2 a 75.000 km [kg]	Emissioni tot di CO2 a 150.000 km [kg]	Prezzo di listino del veicolo [€]
UTILITARIE						
Benzina	0,124	4.103	0,023	15.165	26.227	16.300
Metano	0,103	4.103	0,018	13.148	22.194	17.000
Ibrida HEV	0,113	4.103	0,017	13.809	23.515	19.000
BEV	-	8.206	0,053	12.217	16.228	31.400
INTERMEDIE						
Benzina	0,140	4.600	0,023	16.862	29.124	26.000
Metano	0,106	4.600	0,018	13.876	23.153	32.500
Ibrida HEV	0,125	4.600	0,017	15.262	25.925	29.400
Ibrida PHEV	0,035	6.072	0,040	11.713	17.354	37.700
BEV	-	9.200	0,059	13.629	18.058	41.600
ALTA GAMMA						
Benzina	0,187	5.100	0,023	20.887	36.674	42.200
Metano	0,107	5.100	0,018	14.464	23.828	48.000
Ibrida HEV	0,140	5.100	0,017	16.869	28.637	60.400
Ibrida PHEV	0,05	6.732	0,049	14.220	21.708	71.500
BEV	0	10.200	0,073	15.687	21.174	74.000
Idrogeno	0	5.610	0,169	17.802	30.503	66.000

Fonte: Fondazione Caracciolo

I valori illustrati appaiono coerenti con alcune recenti pubblicazioni internazionali sull'argomento³⁷ che dimostrano come i veicoli ibridi o termici di bassa cilindrata possano ottenere nell'intero ciclo di vita livelli emissivi assolutamente paragonabili a quelli dei veicoli elettrici puri di segmento alto.

Figura 12: Emissioni di gas a effetto serra nell'intero ciclo di vita in funzione di modelli diversi per tipo di alimentazione e segmento suddivisi per fase di produzione e fase d'uso (simulazione a 180.000 km)



Fonte: EEA, 2018³⁸

³⁷ 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).

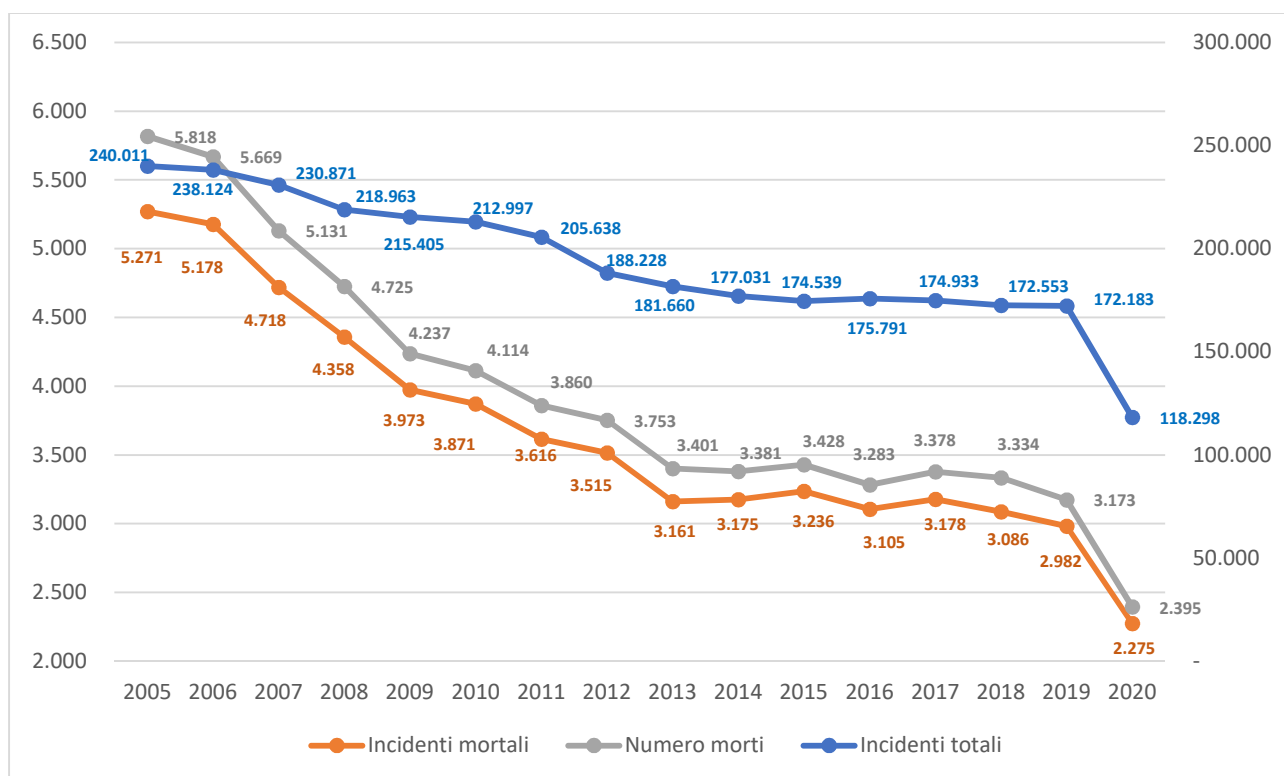
³⁸ Report No 13/2018, *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives*, 2018.

3.2 Analisi dei costi socio-economici derivanti dal rischio di incidentalità stradale dei veicoli più vecchi

Per analizzare in modo completo il valore della rottamazione dei veicoli più vecchi, alle valutazioni ambientali devono aggiungersi quelle relative alla sicurezza stradale.

I dati sull'evoluzione degli incidenti e dei morti per incidentalità stradale mostrano come, pur in presenza di un significativo trend di riduzione, dovuto anche agli effetti delle tecnologie di sicurezza passiva e attiva introdotte nei veicoli, soprattutto di ultima generazione, il numero dei morti risulti ancora elevato (oltre 3.000 nel 2019). Il 2020, anno segnato dalla pandemia e dalla contenuta circolazione delle persone, ha fatto registrare un minor numero di sinistri e di decessi stradali dovuto sia ai mesi di lockdown (9 marzo - 18 maggio), sia alle misure successivamente introdotte con il DPCM del 3 novembre 2020 (che ha imposto, a partire dai mesi autunnali, il coprifuoco sull'intero territorio nazionale nella fascia oraria compresa tra le 22.00 e le 5.00 del giorno seguente³⁹; nuove limitazioni alla circolazione sono poi intervenute nel periodo natalizio con il DL 172 del 18 dicembre⁴⁰. Fatte queste dovute precisazioni sull'andamento degli incidenti del 2020, si evince tuttavia come i trend annuali di riduzione abbiano subito, dal 2013 in poi, un evidente rallentamento rispetto ai positivi risultati raggiunti nel decennio 2000-2010.

Figura 13: Evoluzione degli incidenti totali, incidenti mortali e numero di morti in incidenti stradali in Italia dal 2005 al 2020



Fonte: dati ACI

³⁹ Oltre alle misure restrittive imposte alle regioni sulla base dei livelli di diffusione del contagio da Covid-19 (sistema a colori).

⁴⁰Fonte "Incidenti stradali 2020" Istat-Aci.

Gli ultimi studi condotti dalla Fondazione Caracciolo⁴¹ hanno consentito di valutare il rischio di incidentalità derivante dai diversi modelli di auto in funzione delle tecnologie per la sicurezza presenti a bordo, attraverso l'analisi dei dati di incidentalità di veicoli dotati di scatole nere, anche in funzione della percorrenza annua. I risultati indicano che un veicolo con più di 10 anni di età presenta il doppio delle probabilità di essere coinvolto in un incidente stradale rispetto ad un modello di recente immatricolazione.

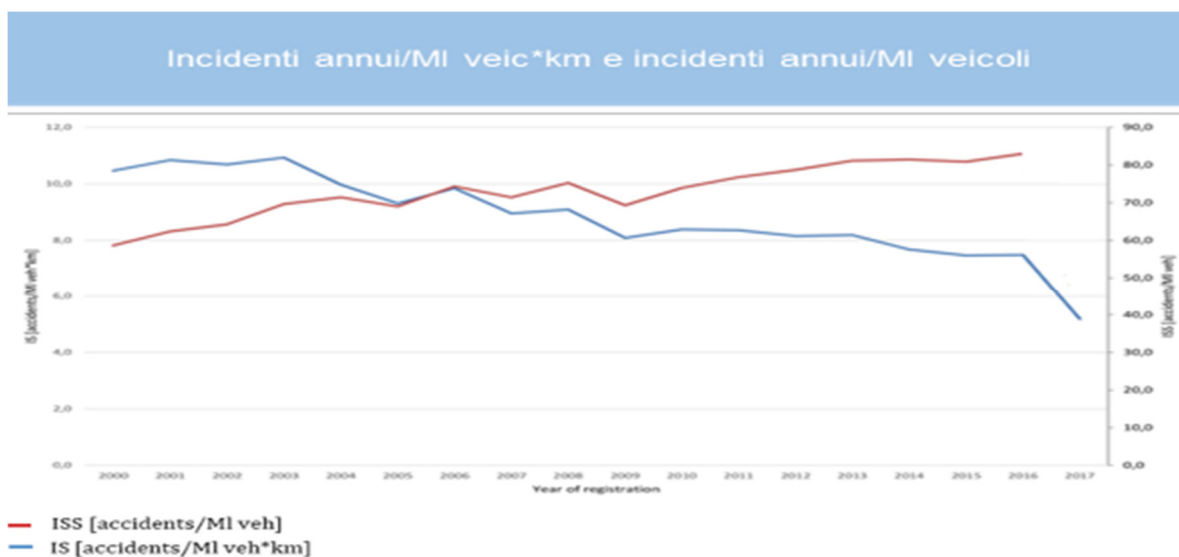
Dai dati presentati nella ricerca del 2019 (sopra citata) emerge, inoltre, come la presenza di sistemi di sicurezza attivi nei veicoli possa comportare una diminuzione degli incidenti del 35%. In questa prospettiva, la presenza di sistemi avanzati di supporto alla guida (ADAS) costituisce una voce fondamentale nella valutazione dei modelli e dovrebbe essere tenuta in considerazione nella programmazione di nuovi piani incentivanti.

Gli strumenti di assistenza alla guida presenti, in misura più o meno diffusa, sui veicoli più moderni hanno il merito di supportare il conducente ad evitare una delle cause di incidente più frequenti: la distrazione, oggi sempre più insidiosa anche in virtù del frequente e pericoloso utilizzo dei telefoni cellulari durante la guida. Numerosi studi dimostrano che i sistemi di *warning* o di correzione automatica del veicolo possono rivelarsi fondamentali nell'evitare o ridurre la lesività dei sinistri stradali. Insomma la tecnologia di assistenza alla guida aiuta a ridurre i rischi derivanti dalla diffusione delle tecnologie di comunicazione.

Purtroppo gli standard di sicurezza attiva e passiva non sono uguali su tutti i veicoli. Alcune case e alcuni modelli ne hanno fatto una bandiera, altre sono indietro. Analizzando la curva di incidentalità rapportata ai km percorsi ci si accorge che la sicurezza dipende dall'anno di immatricolazione del veicolo, nonché dal segmento di appartenenza. Infatti, lo studio ha evidenziato che, i modelli di autovetture di segmento elevato (E-F) o di grandi dimensioni (Large – SUV) sono mediamente coinvolti in incidenti il 18% in meno rispetto ai modelli di segmento medio (C – D) e che le utilitarie sono i veicoli più esposti al rischio di incidente: in relazione al numero di km percorsi, infatti, i veicoli di segmento A e B hanno il 38% di probabilità in più di essere coinvolti in incidente rispetto al quelli di fascia media (C – D).

⁴¹ *La frontiera tecnologica nella lotta agli incidenti stradali. Il ruolo degli ADAS*, Fondazione Filippo Caracciolo, 2019; *Gli effetti dell'AEB nella riduzione dei sinistri. Il sostegno della tecnologia nella lotta agli incidenti*, Fondazione Filippo Caracciolo, 2020.

Figura 14: Confronto tra Indice di sinistrosità IS e Indice di sinistrosità semplificato ISS



Fonte: Fondazione Caracciolo, 2019

Partendo dai dati elaborati dalla Commissione europea nella valutazione dei costi socio-economici determinati dall'incidentalità stradale, si è provato a stimare il costo socio-economico medio annuo prodotto dai diversi veicoli suddivisi per segmento e anno di età.

Nello specifico, assumendo come valore medio il costo socio-economico, stimato dalla Commissione Ue per gli incidenti stradali, di 7,2 Euro per 100 km percorsi, si è provveduto a parametrare tale valore al rischio di incidente misurato in funzione dei km, valutando in modo dettagliato i diversi modelli suddivisi per anno di immatricolazione e segmento. Successivamente si è provveduto a ipotizzare una percorrenza media uniforme di 8.000 km annui.

Questa analisi ha permesso di stimare il danno socio-economico degli incidenti stradali in relazione all'anno di immatricolazione del veicolo (rappresentato dalla classe di Euro) ed al segmento di appartenenza: piccolo (A+B), Medio (C+D) e grande (E+F).

I valori ottenuti, riportati nella tabella che segue, dimostrano l'importanza di favorire la sostituzione dei veicoli più vecchi e, al tempo stesso, investire sulla sicurezza dei veicoli, favorendo la diffusione dei sistemi di assistenza anche sui modelli di segmento meno elevato.

Tabella 29. Costi socio-economici annuali dovuti a incidenti stradali per classe di Euro su percorrenza stimata di 8.000 km (Euro per veicolo)

Classe di Euro/Segmento	Piccola (A+ B)	Media (C+ D)	Grande (E+ F)
Euro 2	979,372	709,690	581,945
Euro 3	882,317	639,360	524,275
Euro 4	794,880	576,000	472,320
Euro 5	715,392	518,400	425,088
Euro 6	643,853	466,560	382,579

Fonte: Fondazione Caracciolo, 2020

3.3 Analisi degli effetti degli incentivi secondo il livello di maturità tecnologica dei veicoli e delle infrastrutture collegate

Una pianificazione razionale di misure di supporto all'acquisto di nuove tecnologie, anche per l'autotrasporto, non può prescindere dall'analisi dello stadio di sviluppo di queste ultime. Infatti, un piano di incentivi erogato in una fase di "immaturità tecnologica" può favorire la "curva di apprendimento", favorendo la familiarità degli automobilisti con le nuove tecnologie, ma non sembra risolutivo per campagne di rinnovo del parco circolante e rischia di avere impatti marginali in termini di auto sostituite anche in presenza di stanziamenti significativi.

L'attuale⁴² disciplina di incentivo all'acquisto riservata ai veicoli elettrici (BEV) e ibridi plug-in (PHEV) prevede una contribuzione statale particolarmente elevata (in alcuni casi pari a 10.000,00 € per veicolo acquistato), eppure la diffusione di questi modelli in rapporto al totale dei veicoli immatricolati si attesta su percentuali bassissime. Le immatricolazioni di veicoli BEV nei primi nove mesi del 2021 hanno rappresentato solo il 4% del totale. Questa percentuale è stata raggiunta nonostante l'importo unitario degli incentivi in alcuni casi riesca a colmare il differenziale di prezzo che esiste fra i veicoli termici e quelli elettrici.

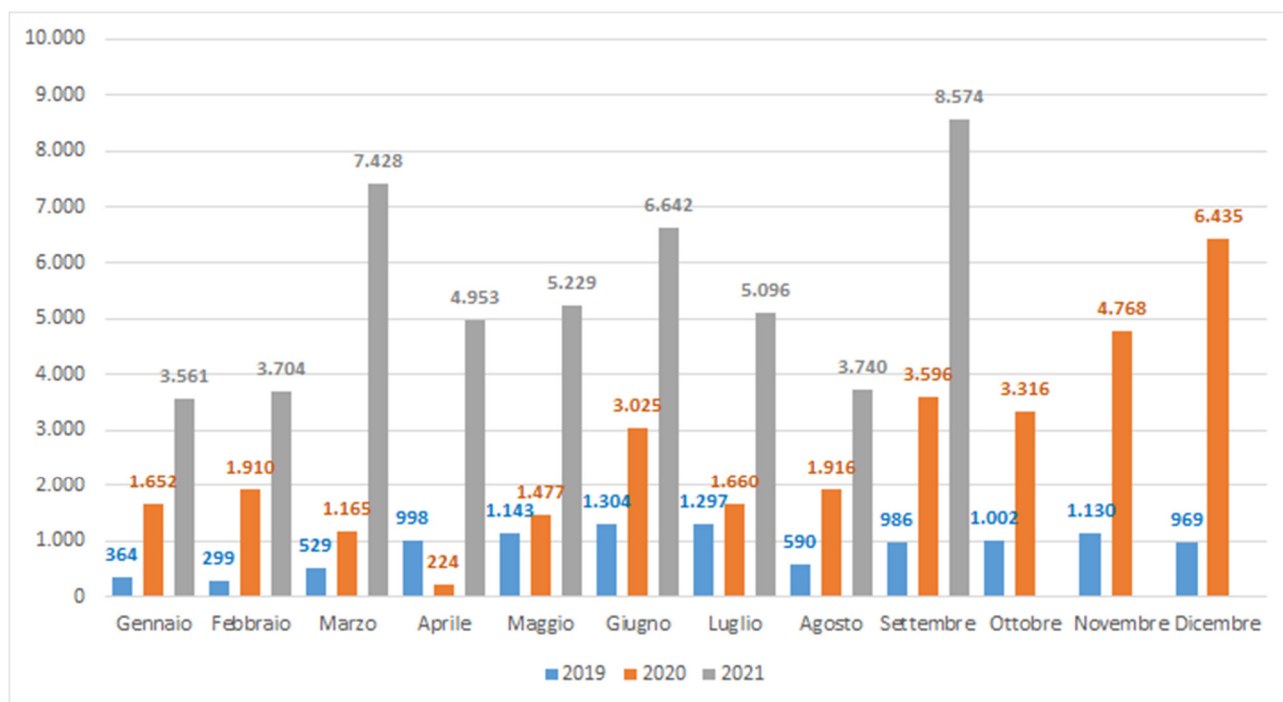
L'analisi dei lavori più recenti sullo sviluppo dei sistemi di propulsione, tanto elettrici quanto termici, e la valutazione dell'evoluzione attesa nei prossimi anni, anche in relazione al costo di produzione, ha evidenziato che, mentre la curva di costo dei sistemi di propulsione rimarrà tendenzialmente stabile (le due tecnologie hanno raggiunto uno stadio di maturità che non lascia supporre salti tecnologici rilevanti), il costo delle batterie avrà una curva decrescente, rendendo la produzione dei modelli BEV molto meno costosa.

Qualora l'importo unitario di incentivi continuasse ad essere calibrato in funzione della differenza di costo di modelli fra vetture termiche ed elettriche, gli importi dell'incentivo potrebbero quindi essere più contenuti nel tempo e consentire un rinnovo più significativo del parco.

Come si evince nel grafico sottostante, e come meglio illustrato nella parte introduttiva di questo lavoro, a cui si rimanda per un maggior dettaglio sulle campagne di supporto all'acquisto e analisi delle immatricolazioni autovetture, l'aumento delle immatricolazioni è stato certamente legato al vigoroso piano di incentivi promosso a partire dall'Ecobonus 2019 (per gli anni 2019, 2020, 2021), agli stanziamenti previsti nel mese di agosto 2020 (DL Agosto e DL Rilancio), fino agli ultimi Fondi di bilancio 2021 e Rifinanziamento (DL - art.73 del 2021); ma quello che emerge chiaramente dall'andamento dei dati è come la crescita sia tendenzialmente progressiva e correlata al progresso tecnologico e alla costante messa in commercio di nuovi modelli.

⁴² Degli ultimi 3 anni.

Figura 15: Immatricolazioni mensili autovetture BEV – Italia anni 2019-2020-2021



Fonte: ACI

Altro elemento da tenere in considerazione nella valutazione dei piani incentivanti è l'effetto che gli stessi producono non tanto sulla percentuale di veicoli immatricolati, quanto sulla modifica della composizione dell'intero parco circolante. Si ritiene al riguardo che un percorso completo di rinnovo del parco debba essere valutato su un arco temporale di almeno 20 anni. In questa prospettiva, anche qualora la percentuale di veicoli elettrici immatricolati nei prossimi anni dovesse diventare analoga a quella dei modelli termici, al 2030 l'incidenza dei modelli elettrici a batteria (BEV) sul totale risulterebbe in ogni caso molto modesta.

Si aggiunga, inoltre, che, lato infrastrutture abilitanti, una voce rilevante in un piano di investimenti complessivi per l'elettrificazione della mobilità è rappresentato dal costo per la costruzione di una efficiente rete di punti di ricarica. In chiave prospettica, si può stimare che il costo di una rete idonea a soddisfare le esigenze di ricarica di 1,9 milioni di veicoli elettrici (pari a poco più del 5% del parco) abbia un costo superiore a 5 miliardi di Euro. L'investimento per i sistemi di ricarica domestica, così come quello presso i parcheggi di ristoranti o i centri commerciali, potrà essere sostenuto in tutto o in parte anche da privati interessati a fare margine sulla vendita di energia o a creare sistemi di promozione di attività commerciali come negozi e ristoranti o, semplicemente, per gli impianti domestici, da utenti che preferiscono ricaricare la propria autovettura presso il domicilio.

In ogni caso, lo Stato dovrà svolgere un ruolo attivo in questo processo, al fine di garantire uno sviluppo che sia più rapido e più "smart", da un lato, incentivando (come in parte già avviene) l'installazione dei diversi sistemi di ricarica (lenta domestica, rapida nei luoghi di aggregazione, rapida o ultrarapida sulla rete viaria), dall'altro, favorendo la necessaria semplificazione delle procedure di approvazione degli interventi. Il sistema di regole adottato in Italia per l'installazione di colonnine elettriche è estremamente variegato e cambia da comune a comune. Per citare alcuni esempi, alcune amministrazioni locali hanno optato per un sistema di gare per

concessioni di lotti, altre per la definizione di protocolli, altre ancora per un sistema regolato nel quale gli operatori possono presentare una segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) e avviare in questo modo l'iter per l'installazione.

Lo Stato, e più nello specifico gli operatori energetici, dovranno anche preoccuparsi di creare un sistema di colonnine smart che tenga conto dei problemi legati alla stabilità della rete. La diffusione di auto elettriche con capacità di ricarica più elevata lascia supporre una maggiore diffusione di colonnine ad alta potenza. Lo studio della Fondazione Caracciolo sulla transizione energetica, presentato nel 2019⁴³, ha stimato al riguardo che la richiesta energetica incrementale proveniente dai veicoli elettrici nei prossimi 10 anni dovrebbe comportare un aumento complessivo dei consumi di poco superiore all'1% rispetto a quelli attuali, valori che tuttavia rischiano di concentrarsi in alcune aree specifiche o in alcune fasce orarie nelle quali l'apporto crescente delle fonti rinnovabili è molto ridotto.

In questa prospettiva, più che un problema, l'auto elettrica, in chiave infrastrutturale, dovrebbe iniziare ad essere studiata e pensata anche come un'opportunità. Alcuni dei moderni veicoli a batteria consentono, ovviamente quando sono attaccati alla rete elettrica, di restituire parte dell'energia ricevuta. In un sistema energetico che oggi sempre di più punta sullo sviluppo di fonti rinnovabili, poter disporre di strumenti di stabilizzazione, che nelle ore centrali della giornata possano accumulare energia per poi restituirla nel corso della notte, appare un vantaggio rilevante.

⁴³ *Per una transizione ecorazionale della mobilità privata automobilistica*, Fondazione Caracciolo-ACI, ENEA e CNR, 2019.

3.4 Valutazione del livello di accessibilità degli incentivi per evitare sperequazioni sociali

Altro importante elemento di riflessione riguarda la valutazione sui destinatari degli incentivi e, in particolare, sul rischio che i contributi economici all'acquisto siano utilizzati da chi ne ha meno bisogno. Le analisi e le riflessioni condotte nei lavori della Fondazione portano purtroppo esattamente a questa conclusione.

Secondo i dati Istat (2020), il 18% delle famiglie italiane vive in uno stato di povertà assoluta e relativa (rispettivamente il 7,7% e 10,1%)⁴⁴. L'incidenza della povertà assoluta, proprio nell'anno della pandemia, ha fatto registrare il valore più elevato degli ultimi 15 anni. Le famiglie sono state così spinte a risparmiare e a ridurre la spesa per i consumi finali.

Analizzando i prezzi medi di listino dei modelli che usufruiscono dei maggiori incentivi, si comprende come la maggior parte di questi sia economicamente inaccessibile da gran parte della popolazione. Il prezzo medio di listino di un veicolo BEV è di 36.028,00 euro (la tabella prende in considerazione soltanto i veicoli BEV che accedono all'incentivo), quello di un ibrido plug-in (PHEV) è ancora più alto.

Tabella 30: Prezzo minimo, massimo e medio di listino delle prime 5 autovetture più vendute nel primo semestre 2021 fra elettriche a batteria (BEV), ibride plug-in (PHEV) e Ibride (HEV)

Tipologia di modelli per fascia di incentivo	Modelli elettrici a batteria Emissioni CO2 0-20	Modelli Ibridi Plug-in Emissioni CO2 1-60	Modelli Ibridi (HEV) CO2 61-90	Modelli termici Emissioni CO2 oltre 100
Prezzo minimo di listino	€ 22.450,00	€ 42.650,00	€ 14.000,00	€ 12.000,00
Prezzo massimo di listino	€ 61.970,00	€ 54.300,00	€ 29.000,00	€ 34.500,00
Prezzo medio di listino	€ 36.028,15	€ 44.647,71	€ 20.290,00	€ 22.832,00

Fonte: Fondazione Caracciolo da listini case automobilistiche

Come era già stato sottolineato nello studio sulla transizione energetica per l'autotrazione realizzato dalla Fondazione Caracciolo, in collaborazione con l'ENEA e il CNR nel 2019⁴⁵, lo sviluppo dell'auto elettrica e ibrida plug-in, visto da questa prospettiva, potrebbe generare ingiustificati vantaggi sul piano sociale.

Oltretutto, le misure 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.

⁴⁴ Cfr. "Torna a crescere la povertà assoluta" Le statistiche dell'Istat sulla povertà, anno 2020 - Report 16 giugno 2021.

⁴⁵ Op. cit.

Il paradosso è 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.

Nell'erogazione degli incentivi, sembra doveroso dare priorità alle categorie meno abbienti con strumenti molteplici legati alle tipologie di veicoli acquistabili o al reddito dei possibili acquirenti.

La valutazione sull'efficacia degli incentivi adottati negli anni passati ha dimostrato forti correlazioni fra reddito ed efficacia delle misure incentivanti. Una politica di incentivi indirizzati a favorire l'acquisto di veicoli con prezzi di listino più elevato, oltre a porre problemi di equità sociale, rischia anche di risultare meno efficace nel promuovere la rottamazione dei veicoli più vecchi.

La scelta di sostituire un'autovettura e, in caso positivo, di sostituirla con un veicolo nuovo o usato e con un tipo di alimentazione rispetto a un'altra, è condizionata da numerosi fattori, tra gli altri, dalle particolari esigenze d'uso, dalle condizioni economiche, e, sempre di più, da scelte culturali. La promozione di nuovi modelli culturali e l'adozione di politiche pubbliche che incentivino l'utilizzo del trasporto pubblico o della mobilità condivisa possono giocare un ruolo nell'orientare le scelte individuali.

La storia del lungo periodo di crisi da cui l'Italia stava iniziando a riprendersi (2008-2014) e gli effetti analizzati sul settore della mobilità⁴⁶, messi a confronto con la grave situazione economica in cui si trova oggi il Paese a causa della pandemia di Covid-19, non possono che indurre a considerare gli aspetti finanziari come decisivi oggi nelle scelte di acquisto. Questa considerazione appare in modo abbastanza chiaro se si mette a raffronto il livello di reddito pro capite delle diverse regioni italiane con la penetrazione percentuale dei modelli di auto più recenti.

Guardando i dati contenuti nella figura di seguito riportata, si può osservare come le regioni a più alto reddito pro capite (> 30.000,00 euro) presentino anche una percentuale più elevata di veicoli Euro 6 e di veicoli BEV sul parco autovetture del proprio territorio.

⁴⁶ Cfr. *Rottamazione e rinnovo del parco, una condizione per lo sviluppo, la sicurezza e l'ambiente*, ACI e Fondazione Caracciolo, 2014.

Figura 16: Distribuzione Pil procapite a valori correnti (num. ass. in migliaia di Euro) e quota autovetture ad alimentazione elettrica (val %) per regione

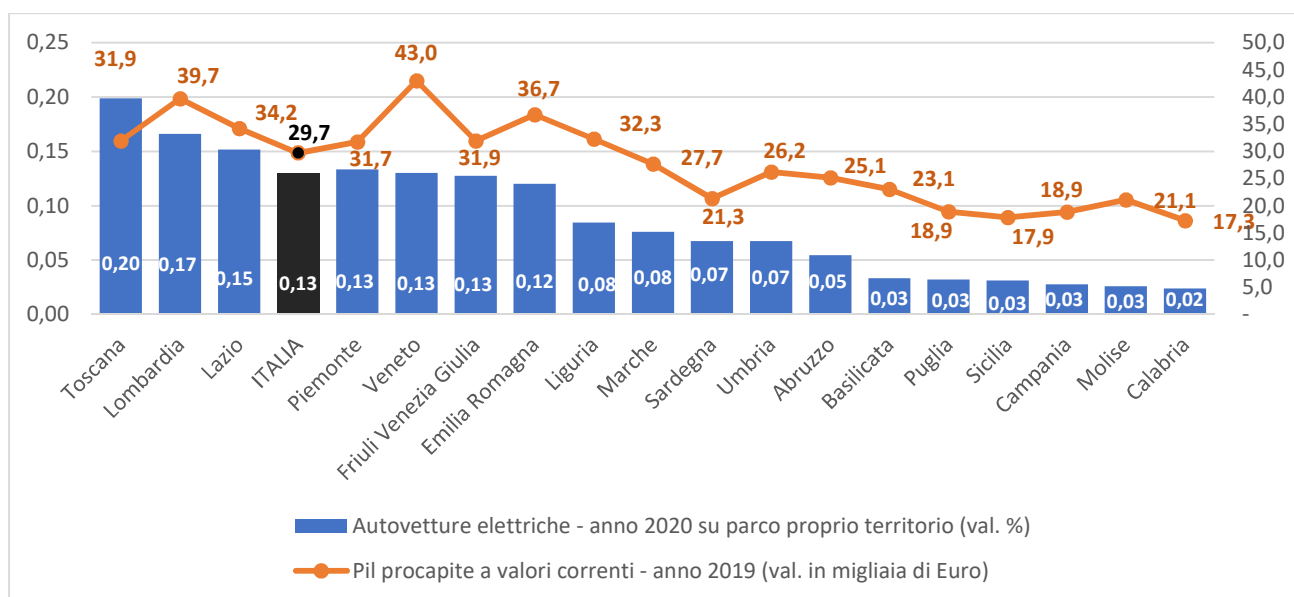
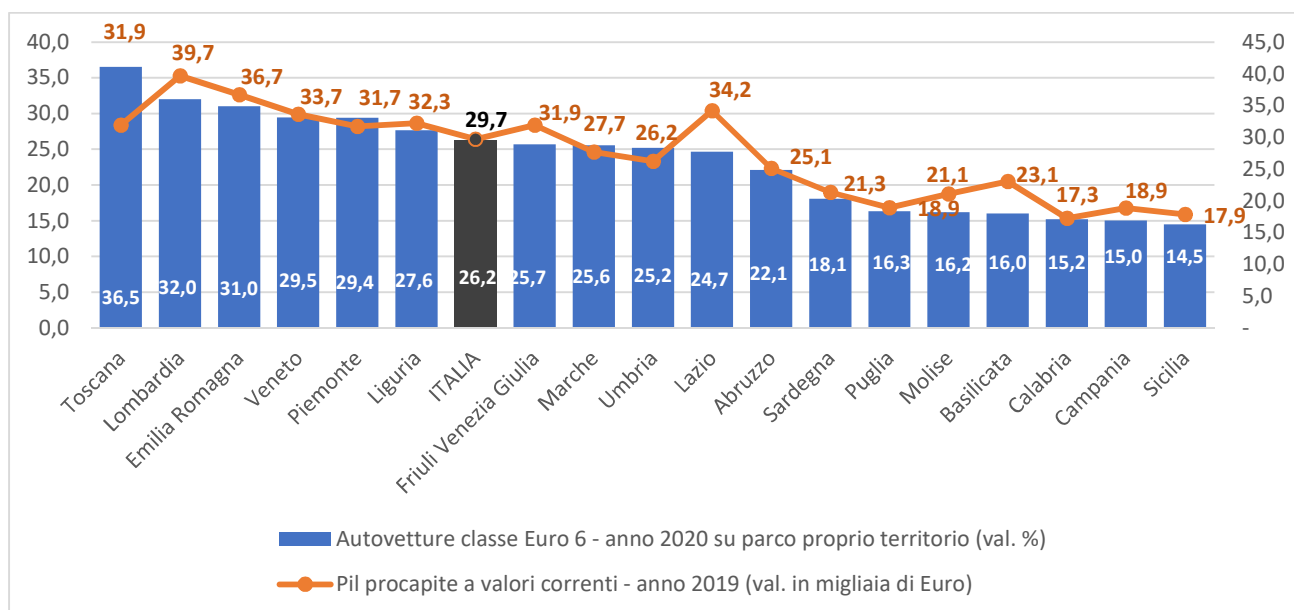


Figura 17: Distribuzione Pil procapite a valori correnti (num. ass. in migliaia di Euro) e quota autovetture classe Euro 6 (val. %) per regione



*Per evitare possibili distorsioni nella lettura dei dati, le colonne riferite al peso delle autovetture elettriche e di classe emissiva Euro 6 delle regioni della Valle d'Aosta e Trentino Alto Adige sono state omesse per sottolineare il differente regime di tassazione praticato negli ultimi 8-9 anni sull'immatricolazione dei veicoli in queste due regioni (in Trentino Alto Adige le quote di elettrico ed Euro 6 toccano rispettivamente il 1,07% e il 57,9% del proprio parco circolante, in Valle d'Aosta, le stesse, si attestano sullo 0,12% e 68,8%).

Fonte: elaborazioni Fondazione Caracciolo su dati Istat e ACI

3.6 Auto meno inquinanti o meno auto inquinanti

Nello studio *Per una transizione ecorazionale della mobilità automobilistica*⁴⁷ si era ritenuto che il pieno raggiungimento degli obiettivi comunitari di riduzione delle emissioni di CO₂, oltre che per misure di accelerazione nel rinnovo del parco, potesse arrivare anche attraverso provvedimenti di riequilibrio modale. Al riguardo era stato costruito uno scenario *target oriented*, definito di Mobilità sostenibile nel quale era stato ipotizzato un cambiamento di comportamento dell'automobilista caratterizzato da un minore possesso e uso dell'automobile privata, a fronte di politiche centrali e locali volte a favorire un riequilibrio modale "virtuoso".

Sul fronte delle politiche di rinnovo del parco più che una sostituzione si era ipotizzata una riduzione progressiva del numero di immatricolazioni dal 2018, con una contrazione del parco pari al 3,6% rispetto alle proiezioni tendenziali. Oltre alle misure di riequilibrio modale, elemento centrale dello scenario di mobilità sostenibile era la pianificazione di un modello di mobilità basato sulla riduzione complessiva di spostamenti e percorrenze.

Con l'avvento drammatico della pandemia, molte delle assunzioni utilizzate per la costruzione dello scenario, meritano oggi di essere riconsiderate. Più di ogni altra quella relativa alla gestione della domanda di mobilità. Se fino a prima della pandemia, soluzioni di contenimento degli spostamenti attraverso il ricorso allo *smart working* sembrano più che altro slogan nei libri di ingegneria del traffico oppure soluzioni riservate ai Paesi del Nord Europa, oggi la possibilità di utilizzare questa potente leva appare assolutamente concreta.

In un recente studio, intitolato *La mobilità al tempo del coronavirus Indagine sulla mobilità dei soci dell'ACI Roma*, la Fondazione Caracciolo, in collaborazione con l'AC di Roma, si è interrogata sull'impatto che l'esperienza pandemica, ancora in atto, avrà sulle abitudini di spostamento degli italiani quando l'onda di questo drammatico tsunami si sarà ritirata.

Per indagare questi aspetti, tra le attività di ricerca, si è ritenuto utile e interessante promuovere, in collaborazione con l'Automobile Club di Roma, un'indagine rivolta ai soci dell'ACI Roma, i quali rappresentano una popolazione territorialmente concentrata di grandi dimensioni, ovvero una platea di oltre 64.000 iscritti. A tal fine, è stato approntato un questionario che è stato somministrato per via telematica nei mesi di aprile, maggio e luglio 2020.

Hanno risposto, compilando interamente il questionario, circa 1.200 soci; un campione che, anche raffrontato con diverse ricerche effettuate su scala territoriale più ampia, ad esempio nazionale, ha una consistenza notevole in relazione alla popolazione da cui è tratto. Per poter analizzare le diverse scelte di mobilità dei soci ACI, il questionario ha previsto un set di domande tese ad indagare il tipo di mezzo di trasporto più frequentemente utilizzato in tre diversi ambiti temporali: prima del diffondersi della pandemia (gennaio 2020), in un possibile periodo post-pandemico (maggio 2021) e, infine, in un ipotetico mondo ideale.

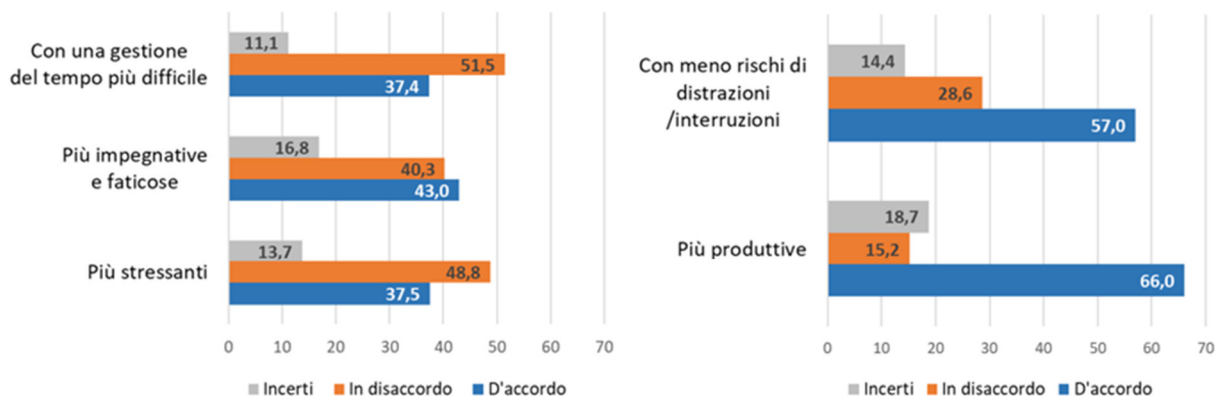
Uno dei quesiti più interessanti e certamente il più pertinente ai fini della costruzione dello scenario riguarda la valutazione degli intervistati sull'esperienza di *smart working* nonché sulle prospettive di utilizzo di questa leva di gestione della domanda di mobilità.

La maggioranza dei rispondenti (il 73%) che ha sperimentato questa modalità ha dichiarato di essersi trovata "bene" e "molto bene" a lavorare da casa, mentre solo l'8% sembra non aver avuto una buona esperienza. Inoltre, quasi il 57% ritiene realisticamente che in futuro i

⁴⁷ Fondazione Filippo Caracciolo, 2019, Op. cit.

lavoratori e gli studenti potranno lavorare e studiare per la maggior parte del tempo da casa e che questo permetterà di avere meno stress da spostamenti, un risparmio economico dovuto alla riduzione del consumo di carburanti e anche una maggiore attenzione all'ambiente.

Figura 18: Posizione dei rispondenti rispetto ad alcuni giudizi sullo smart working esperito in fase di lockdown



	Con una gestione del tempo più difficile	Con meno rischi di distrazioni /interruzioni	Più impegnative e faticose	Più produttive	Più stressanti
Del tutto d'accordo	11,5	24,1	17,1	34,2	16,4
Abbastanza d'accordo	25,9	32,9	25,9	31,8	21,1
Incerto	11,1	14,4	16,8	18,7	13,7
Abbastanza in disaccordo	20,2	20,0	22,1	8,4	23,5
Del tutto in disaccordo	31,3	8,6	18,2	6,8	25,3
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Fondazione Filippo Caracciolo⁴⁸

In estrema sintesi, le prospettive di diffusione dello *smart working* e in generale il ricorso alle piattaforme telematiche per i servizi di *learning*, per la presentazione delle pratiche amministrative sembrano aprire nuovi scenari in cui gli spostamenti possono essere ridotti o quantomeno riprogrammati dalle ore di punta a quelle di morbida

⁴⁸ La mobilità al tempo del Coronavirus. Indagine sulla mobilità dei soci ACI Roma, Fondazione Caracciolo 2020.

4. Conclusioni

Dai recenti negoziati di Glasgow è emerso come la “riduzione” dell’uso delle fonti fossili o anche soltanto del carbone presenti nella realtà un livello di complessità di gran lunga più elevato rispetto a quello percepibile dalla lettura di un foglio Excel.

Compito di questo documento è di non sottovalutare la complessità di questo passaggio che richiederà spazi e tempi adeguati.

È essenziale definire una lista delle priorità per il breve, il medio e il lungo periodo, che non sottovaluti i contraccolpi economici e sociali, né prescinda dalle inerzie di un sistema geopolitico e produttivo che, per oltre un secolo, ha fondato le leve del proprio sviluppo sulle fonti fossili. È fondamentale pianificare il cambiamento tenendo distinti gli strumenti dagli obiettivi, dando applicazione concreta al principio di neutralità tecnologica e di eco-razionalità.

L’obiettivo è la massima riduzione delle emissioni inquinanti nel minor tempo possibile, attraverso l’ottimizzazione dell’uso degli investimenti e della semplificazione normativa verso **tutte le tecnologie abilitanti**. Un obiettivo che dovrà essere raggiunto tenendo conto di ogni fase del processo emissivo, secondo un approccio che valuti le emissioni nell’intero ciclo di vita del veicolo.

Valutare le emissioni nell’intero ciclo di vita del veicolo secondo l’approccio di LCA

Seguendo l’approccio per priorità, una delle più rilevanti appare il **miglioramento del mix energetico**. Lo studio ha mostrato come i vantaggi emissivi dell’auto elettrica possano realizzarsi solo nel momento in cui la domanda incrementale di energia sarà soddisfatta in modo pressoché esclusivo dall’impiego di fonti rinnovabili. Si tratta di ipotesi che, anche guardando ai programmi più sfidanti dei Paesi più virtuosi, si verificherà ben oltre il 2030.

Investire nelle fonti rinnovabili per sostenere la domanda di energia elettrica

Fino ad allora, è necessario non sottovalutare le diverse alternative sul tavolo, anche in virtù del fatto che a quella data, almeno il 70% del parco sarà ancora costituito da veicoli endotermici. È verosimile che la soluzione debba passare per un mix di interventi e, tra questi, un ruolo fondamentale, in ottica di economia circolare e di decarbonizzazione dei trasporti, giocano sicuramente i **biocarburanti**.

Promuovere i biocarburanti avanzati come soluzione di primo piano nei processi di decarbonizzazione dei trasporti

Un capitolo a parte deve essere dedicato ai **rischi e alle opportunità dell’idrogeno**. I rischi sono analoghi a quelli derivanti dall’aumento dei veicoli BEV e riguardano il pericolo di un’impennata dei consumi energetici nei processi di produzione del vettore energetico (in

particolare in quelli elettrolitici) e, di riflesso, il rallentamento del processo di riduzione graduale delle fonti fossili. Ridurre le fonti fossili in Italia significa principalmente riduzione dell'uso del metano, ma in gran parte del pianeta significa riduzione dell'uso del carbone. Le opportunità riguardano invece l'impiego **dell'idrogeno grigio** (ricavato dal metano con *steam reforming*) e **l'idrogeno blu** che prevede anche la cattura e stoccaggio della CO2. Queste tipologie di idrogeno non incidono sulla generazione elettrica e al tempo stesso consentono una riduzione delle emissioni carboniche in fase d'uso del veicolo.

Promuovere lo sviluppo dell'Idrogeno per consentire importanti risparmi emissivi

Un tema fondamentale appare invece quello di calibrare in modo oculato gli investimenti per il rinnovo del parco. Nello studio sono stati condotti diversi approfondimenti al riguardo. Un primo aspetto riguarda il tema della **maturità tecnologica dei veicoli**. Lo studio ha messo in evidenza il grande potenziale tecnologico dei veicoli BEV. Un potenziale legato all'efficienza dei motori elettrici, nonché ai progressi dell'industria delle batterie, oggi sempre più efficienti ed economiche, con prospettive di sviluppo ulteriori.

Partendo dal presupposto che gli incentivi all'acquisto servano a coprire la distanza di prezzo fra modelli, si può ritenere che spostando gli incentivi di un solo biennio, si possano ottenere target di elettrificazione del parco analoghi se non maggiori di quelli attuali a fronte di stanziamenti pubblici dimezzati.

Calibrare gli incentivi in funzione della curva di maturità tecnologica dei veicoli BEV

Sempre in materia di rinnovo, meritano di essere richiamate le conclusioni emerse sulle emissioni dei veicoli calcolate in relazione **alla classe di Euro e alla cilindrata**. Nello specifico, con l'obiettivo di individuare un indicatore complessivo, lo studio ha stimato in modo sintetico il costo economico e sociale del danno ambientale e di sicurezza prodotto dai singoli veicoli, pervenendo a conclusioni di estremo interesse. Il danno ambientale legato, ad esempio, alla circolazione di un veicolo di dimensioni Large- SUV è risultato più che doppio rispetto a quello legato alla circolazione di un veicolo di dimensioni Small.

In questa prospettiva si ritiene che politiche che tengano conto dell'età e soprattutto della cilindrata possano ridurre le emissioni complessive in misura maggiore rispetto a provvedimenti incentivanti fondati sulle emissioni allo scarico.

Commisurare gli incentivi alla CO2 effettivamente risparmiata grazie alla sostituzione e rottamazione del veicolo

Tanto le valutazioni ambientali, quanto quelle di sicurezza indicano, nella rottamazione dei veicoli più vecchi e nella loro sostituzione con modelli di cilindrata contenuta e dotati di ADAS, la vera priorità ambientale e di sicurezza.

Alle valutazioni sulla classe di Euro si aggiungono poi quelle sulle classi di reddito. L'analisi sulla distribuzione territoriale degli incentivi e sulla penetrazione dei modelli di ultima generazione BEV o endotermici e alla correlazione con il prodotto interno lordo regionale mette in evidenza il rischio di porre in essere politiche elitarie riservate alle aree più ricche del Paese.

Le regioni a più alto reddito pro capite (> 30.000 Euro) presentano una percentuale di veicoli elettrici a batteria quattro volte più elevata rispetto a quella esistente nelle regioni con reddito pro capite inferiore a 25.000 Euro. Nell'erogazione degli incentivi, sembra doveroso dare, pertanto, priorità alle categorie meno abbienti con strumenti molteplici legati alle tipologie di veicoli acquistabili, anche usati, o al reddito dei possibili acquirenti. Un'idea illuminata della sostenibilità non può prescindere dalle valutazioni di equità.

Calibrare gli incentivi favorendo le categorie con minore capacità di acquisto

Infine, lo studio mostra come la vera leva alla riduzione delle emissioni nocive e climalteranti sia rintracciabile in una combinazione di azioni tese, da un lato, a ridurre complessivamente gli spostamenti (*smart working*, digitalizzazione dei servizi), e, dall'altro, a favorire una maggiore intermodalità, con interventi di **promozione e sviluppo del trasporto pubblico**, collettivo e condiviso (*sharing*), sempre più green, oltre che della mobilità dolce.

Favorire politiche di contenimento della domanda di mobilità e di rilancio del servizio di trasporto pubblico plurimodale, collettivo e condiviso, per tagliare le emissioni nocive e di gas serra

INDICE TABELLE

Tabella 1: Scenari parco circolante al 2030	7
Tabella 2: Emissioni di gas serra WTW (kt CO2 eq)	7
Tabella 3: Fondi Ecobonus per veicoli M1	9
Tabella 4: Stanziamenti per acquisto veicoli nuovi 2020 (DL Rilancio e DL Agosto)	10
Tabella 5: Incentivi auto DL Rilancio e DL Scostamento/Agosto 2020	11
Tabella 6: Piano incentivazione 2020 DL Rilancio	11
Tabella 7: Piano di incentivazione 2020 DL Scostamento	11
Tabella 8: Immatricolazioni e Radiazioni Autovetture per alimentazione anni 2018-2019-2020.....	12
Tabella 9: Immatricolazioni e Radiazioni Autovetture per classe Euro anni 2018-2019-2020	12
Tabella 10. Stanziamenti incentivi auto 2021	13
Tabella 11: Variazione Parco Circolante Autovetture per alimentazione al 1° Ottobre 2021	14
Tabella 12: Variazione Parco Circolante Autovetture per classe Euro al 1° Ottobre 2021	14
Tabella 13: Confronto Mix energetico elettrico – EU-28, INDIA, USA, CINA (val. % - Anno 2020).....	22
Tabella 14: Confronto Mix energetico elettrico – Alcuni Paesi Europei (Val. % - Anno 2020)	23
Tabella 15: Scenario al 2030 delle variazioni dei consumi energetici per fonte di produzione in funzione del parco circolante, secondo tre scenari di diffusione di auto elettriche e a idrogeno – Valori in TWh.....	27
Tabella 16: Confronto delle emissioni totali per consumo energetico in uno scenario tendenziale rispetto all’ipotesi di incremento di Auto BEV o a idrogeno, secondo due diversi scenari di approvvigionamento di energia (Mix energ. SEN e Mix accel. FER) a parità di quantità di energia disponibile al 2030 (incremento consumi dovuto alla sola fase d’uso dei veicoli)	29
Tabella 17: Variazione percentuale rispetto allo scenario tendenziale della produzione di energia e delle corrispondenti emissioni di CO2 secondo due scenari di diffusione dell’auto elettrica e a idrogeno	30
Tabella 18: Rendimento medio annuo di trasporto e distribuzione e fattore di emissione dell’energia elettrica per diversi scenari di produzione e distribuzione dell’energia elettrica.....	36
Tabella 19: Consumi per diversi modelli di auto elettrica	36
Tabella 20: Valutazione emissiva di autoveicoli per tipologia di alimentazione e sistema di ricarica (g/km)	37
Tabella 21: Confronto di diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030 secondo cinque diversi scenari di incentivazione rispetto allo scenario tendenziale non incentivato – Valori in percentuale rispetto al totale di 35.900.288 autoveicoli	38
Tabella 22: Distribuzione previsionale del parco auto per segmento al 2030	38
Tabella 23: Diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030	39
Tabella 24: Suddivisione del parco auto circolante per fasce di età, valori percentuali– Anno 2020	43
Tabella 25: Suddivisione del parco auto per classe di Euro – Anno 2020	43
Tabella 26. Immatricolazioni e Radiazioni Autovetture anni 2018-2019-2020.....	44
Tabella 27: Costi socio-economici annuali legati alla circolazione dei veicoli per alimentazione e classe di Euro (€/km).....	47
Tabella 28: Emissioni di CO2 nell’intero ciclo di vita di autovetture Euro 6, BEV e idrogeno, per tipo di alimentazione e segmento	48
Tabella 29. Costi socio-economici annuali dovuti a incidenti stradali per classe di Euro su percorrenza stimata di 8.000 km (Euro per veicolo)	52
Tabella 30: Prezzo minimo, massimo e medio di listino delle prime 5 autovetture più vendute nel primo semestre 2021 fra elettriche a batteria (BEV), ibride plug-in (PHEV) e Ibride (HEV)	56

INDICE FIGURE

Figura 1: Target emissioni di CO2 nel nuovo venduto.....	8
Figura 2: Rappresentazione schematica dei diversi stadi del ciclo di vita di un'automobile	24
Figura 3: Confronto delle emissioni annue di CO2 per singolo veicolo per alcune alimentazioni: benzina, metano, ibride Hev, ibride PHEV, elettriche, a idrogeno (valutazioni comprensive della fase d'uso* e della produzione del veicolo) – Valori assoluti in kg di CO2	25
Figura 4: Emissioni totali (in Mt) e medie (in gCO2/Wh) di CO2 rispetto alla produzione totale di energia negli scenari tendenziale e accelerati con l'incremento di circa 800 mila veicoli BEV e 72 mila veicoli a Idrogeno (mix energetico nazionale).....	28
Figura 5: Contributo emissivo dell'analisi Tank to Whell (TTW), Well to Wheel (WTW), analisi in LCA e di impatto per generazione elettrica incrementale delle emissioni annue di CO2 per singolo veicolo distinte per alimentazione e gamma – valori assoluti in kg di CO2.....	33
Figura 6: Emissioni annuali incrementalmente di CO2 di un'autovettura di alta gamma ad idrogeno prodotto con processi elettrolitici e di steam reforming. Valori in kg annui.	35
Figura 7: Diffusione percentuale delle autovetture per alimentazione al 2030	39
Figura 8: Confronto rispetto allo scenario tendenziale non incentivato delle emissioni totali di CO2 del parco auto circolante al 2030 secondo sei diversi scenari di incentivazione per il rinnovo delle auto – Valori in Milioni di t.....	40
Figura 9: Veicoli di categoria M (autovetture):	44
Figura 10: Effetti ambientali sulla riduzione del PM10 (kg annui) a fronte di un investimento di 50 Mln di Euro – Incentivo unitario di 2.500 Euro.....	45
Figura 11: Andamento delle emissioni specifiche medie di CO2 delle autovetture nuove (g/km) – Anno 2019	46
Figura 12: Emissioni di gas a effetto serra nell'intero ciclo di vita in funzione di modelli diversi per tipo di alimentazione e segmento suddivisi per fase di produzione e fase d'uso (simulazione a 180.000 km).....	49
Figura 13: Evoluzione degli incidenti totali, incidenti mortali e numero di morti in incidenti stradali in Italia dal 2005 al 2020	50
Figura 14: Confronto tra Indice di sinistrosità IS e Indice di sinistrosità semplificato ISS.....	52
Figura 15: Immatricolazioni mensili autovetture BEV – Italia anni 2019-2020-2021.....	54
Figura 16: Distribuzione Pil procapite a valori correnti (num. ass. in migliaia di Euro) e quota autovetture ad alimentazione elettrica (val %) per regione	58
Figura 17: Distribuzione Pil procapite a valori correnti (num. ass. in migliaia di Euro) e quota autovetture classe Euro 6 (val. %) per regione.....	58
Figura 18: Posizione dei rispondenti rispetto ad alcuni giudizi sullo smart working esperito in fase di lockdown	60

Glossario

ADAS: Advanced Driver Assistance Systems (Sistemi avanzati di assistenza al guidatore)

AEB: Autonomous Emergency breaking (Frenata autonoma di emergenza)

AV: Autoveicoli

BEV: Battery Electric Vehicle (Veicolo elettrico a batteria)

CCS: Carbon Capture and Storage (Cattura e stoccaggio del carbonio)

CNIT: Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

CO2: Anidride Carbonica

CO2eq: Anidride Carbonica Equivalente

DAFI: Directive on Alternative Fuel Infrastructure (Direttiva sulle infrastrutture per i carburanti alternativi)

DL: Decreto Legge

DM: Decreto Ministeriale

ENEA: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

ETS: Emission Trade System (Sistema di scambio di emissioni)

FER: Fonti di Energia Rinnovabile

GHG: Green House Gases (Gas ad effetto serra)

GPL: Gas di Petrolio Liquefatto

GW: Giga Watt (=1.000.000 kW)

GWP:Global Warming Potential (Potenziale di riscaldamento globale)

H2: Idrogeno

HEV: Hybrid Electric Vehicle (Veicolo elettrico ibrido)

ICEV: Internal Combustion Engine Vehicle (Veicolo con motore a combustione interna)

IEA: International Energy Agency

IS: Indice di sinistrosità

ISS: Indice di sinistrosità semplificato

ITS: Intelligent Transport Systems (Sistemi di trasporto intelligenti)

kW: kilo Watt

kWh: kilo Watt ora

kt: kilo tonnellata (= 1.000.000 kg)

LCA: Life Cycle Assessment (Valutazione del ciclo di vita)

M: Categoria di veicoli per il trasporto persone aventi almeno quattro ruote

M1: Categoria di veicoli per il trasporto persone con al massimo otto posti a sedere oltre al conducente

MiSE: Ministero dello Sviluppo Economico

mld: miliardi

mln: milioni

Mt: Mega tonnellata (=100.000.000 kg)

NEDC: New European Driving Cycle (Nuovo ciclo di guida europeo)

NGEU: Next Generation EU

NOx: Ossidi di azoto

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Veicolo elettrico ibrido plug-in)

PIL: Prodotto Interno Lordo

pkm: Passenger car per km (Autoveicoli per km)

PM10: Materiale Particolato con diametro inferiore a 10µm

PNIEC: Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima

PNIRE: Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli Elettrici

PNRR: Piano Nazionale Ripresa e Resilienza

REACT-EU: Recovery Assistance for Cohesion and the Territories of Europe (Assistenza alla ripresa per la coesione e i territori dell'Europa)

RRF: Recovery and Resilience Facility (Dispositivo di finanziamento per la ripresa e la resilienza)

SEN: Strategia Energetica Nazionale

SMR: Steam Methane Reforming (Steam reforming del metano)

TPL: Trasporto Pubblico Locale

TTW: Tank To Wheel (dal serbatoio alla ruota)

TWh: tera Watt ora (=1.000.000.000 kWh)

WLTP: Worldwide harmonized Light-Duty vehicles Test Procedure (Procedura di prova per veicoli leggeri armonizzata a livello mondiale)

WTT: Well To Tank (Dal pozzo al serbatoio)

WTW: Well To Wheel (Dal pozzo alla ruota)

Appendice

Proiezioni del Parco Auto al 2030

Tabella A.1: Andamento delle immatricolazioni in Italia di autovetture e fuoristrada per segmento e proiezione al 2030

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2030
A-City car	252.622	251.488	273.947	307.190	323.613	292.176	316.266	389.304
B- Utilitarie	540.991	579.475	655.847	714.710	736.625	688.249	683.281	848.020
C- Medie	331.082	348.994	446.584	560.725	630.019	660.759	656.064	1.246.376
D - Medio grandi	159.938	163.294	181.050	227.093	256.496	244.043	231.348	326.034
E - Grandi	27.663	27.400	29.821	36.286	39.016	34.682	35.577	44.907
F - Lusso	2.664	4.255	4.610	4.857	5.223	5.448	5.610	11.297
Totale	1.314.960	1.374.906	1.591.859	1.850.861	1.990.992	1.925.357	1.928.146	2.865.937

Fonte: Dati dal 2013 al 2019 UNRAE. Per il 2030 elaborazioni di Fondazione Caracciolo

Tabella A.2: Andamento delle immatricolazioni In Italia di autovetture in percentuale rispetto al totale degli autoveicoli immatricolati

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2030
A-City car	19,21	18,29	17,21	16,60	16,25	15,18	16,40	13,58
B- Utilitarie	41,14	42,15	41,20	38,62	37,00	35,75	35,44	29,59
C- Medie	25,18	25,38	28,05	30,30	31,64	34,32	34,03	43,49
D - Medio grandi	12,16	11,88	11,37	12,27	12,88	12,68	12,00	11,38
E - Grandi	2,10	1,99	1,87	1,96	1,96	1,80	1,85	1,57
F - Lusso	0,20	0,31	0,29	0,26	0,26	0,28	0,29	0,39

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati UNRAE e ACI

Tabella A.3: Variazione percentuale delle immatricolazioni in Italia di autovetture e fuoristrada per segmento dal 2013 al 2019

	Variazione % 2013 - 2019	Variazione % annua
A-City car	0,25	0,02
B- Utilitarie	0,26	0,02
C- Medie	0,98	0,08
D - Medio grandi	0,45	0,04
E - Grandi	0,29	0,02
F - Lusso	1,11	0,09
Totale	0,47	0,04

Fonte: Elaborazioni di Fondazione Caracciolo su dati UNRAE

Tabella A.4: Proiezione dell'andamento delle del parco auto circolante per segmento secondo uno scenario base e uno scenario di mobilità sostenibile

	Anno 2019	Previsione al 2030						
		Scenario Base			Scenario Mobilità sostenibile			
	% per segmento	% per segmento	#di veicoli	Gamma	#di veicoli	Gamma		
A-City car	16,40	13,58	4.876.637	15.499.393	A+B	4.701.078	14.941.415	A+B
B- Utilitarie	35,44	29,59	10.622.755			10.240.336		
C- Medie	34,03	43,49	15.612.782	19.696.859	C+D	15.050.722	18.987.772	C+D
D - Medio grandi	12,00	11,38	4.084.077			3.937.050		
E - Grandi	1,85	1,57	562.528	704.039	E+F	542.277	678.694	E+F
F - Lusso	0,29	0,39	141.511			136.416		
Totale	100,00	100,00	35.900.291			34.607.881		

Fonte: Elaborazioni di Fondazione Caracciolo

Tabella A.5: Diffusione delle autovetture per alimentazione e segmento al 2030

	Scenari	Tendenziale	Incentivato su BEV	Incentivato su Idrogeno	Incentivato su HEV	Incentivato su Metano	Incentivato su Mobilità Sostenibile
A+B: diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030	Termiche	10.113.354	9.767.717	9.767.717	9.767.717	9.767.717	9.749.273
	Metano	619.975	619.975	619.975	619.975	965.612	597.656
	Ibride HEV	2.014.921	2.014.921	2.014.921	2.360.558	2.014.921	1.942.384
	PHEV	867.966	867.966	867.966	867.966	867.966	867.966
	Elettriche	1.728.182	2.073.819	1.728.182	1.728.182	1.728.182	1.665.968
	Idrogeno	154.994	154.994	500.630	154.994	154.994	149.414
	Totale	15.499.393	15.499.393	15.499.393	15.499.393	15.499.393	15.499.393

C+D: diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030	Termiche	12.852.201	12.412.961	12.412.961	12.412.961	12.412.961	12.389.521
	Metano	787.874	787.874	787.874	787.874	1.227.114	759.511
	Ibride HEV	2.560.592	2.560.592	2.560.592	2.999.832	2.560.592	2.468.411
	PHEV	1.103.024	1.103.024	1.103.024	1.103.024	1.103.024	1.103.024
	Elettriche	2.196.200	2.635.440	2.196.200	2.196.200	2.196.200	2.117.137
	Idrogeno	196.969	196.969	636.209	196.969	196.969	189.878
	Totale	19.696.859	19.696.859	19.696.859	19.696.859	19.696.859	19.696.859

E+F: diffusione delle autovetture per alimentazione al 2030	Termiche	459.386	443.685	443.685	443.685	443.685	442.848
	Metano	28.162	28.162	28.162	28.162	43.862	27.148
	Ibride HEV	91.525	91.525	91.525	107.225	91.525	88.230
	PHEV	39.426	39.426	39.426	39.426	39.426	38.007
	Elettriche	78.500	94.200	78.500	78.500	78.500	75.674
	Idrogeno	7.040	7.040	22.740	7.040	7.040	6.787
	Totale	704.039	704.039	704.039	704.039	704.039	704.039

Fonte: Elaborazioni di Fondazione Caracciolo

Stime energetiche

Tabella A.6: Scenario di evoluzione del fattore emissivo del gas naturale al 2030 - gCO₂/kWh

			Variazione percentuale	Variazione annua	Variazione %	Valore al 2030
Anno	2005	2017	2005-2017	2005-2017	2017-2030	
gCO₂/kWh	396	368	-7,07%	-0,59%	-7,66%	339,81

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo su dati ISPRA

Tabella A.7: Fattori di emissione delle fonti energetiche presenti nel mix energetico nazionale del 2018 e previsto per il 2030 - gCO₂/kWh

	Gas Naturale	Prodotti Petroliferi	Gas Derivati	Altri Combustibili	Solidi - Carbone	Fattore ponderato
Scenario SEN 2030	340	506,6	-	-	-	135,31
Mix energetico 2018	367,3	545,7	1651,2	1194,0	884,3	374,69

Fonte: ISPRA

Tabella A.8: Fabbisogno energetico aggiuntivo dovuto all'incremento dei veicoli elettrici e a idrogeno

Alimentazione	Gamma	Incremento di veicoli rispetto a Scenario Base	Incremento del fabbisogno energetico TWh/anno
Idrogeno	Utilitaria	30.999	0,284
	Media	39.394	
	Alta	1.408	
	Totale	71.801	
Elettrico	Utilitaria	345.636	1,104
	Media	439.240	
	Alta	15.700	
	Totale	800.576	

Fonte: Elaborazione di Fondazione Caracciolo

Base dati veicoli per il calcolo delle emissioni per tipo di autovettura e alimentazione

Tabella A.9: Auto Utilitarie – Segmento A+B

		Anno 2019 mix energetico nazionale	Anno 2030 Scenario energetico SEN	Anno 2030 Analisi di impatto	
Vita media dei veicoli		anni	12	12	
Percorrenza media annua		km	6.500	6.500	
Consumo dell'auto elettrica		kWh/km	0,163	0,163	
Biocarburanti 1a generazione	PNIEC ⁱ	%	7,8	18	
Biocarburanti avanzati		%	1,2	4	
Biocarburanti 1a generazione	UE ⁱⁱ	%	7,8	12,5	
Biocarburanti avanzati		%	1,2	3,5	
Peso biocarburanti 1a gen.		%	65	65	
Peso biocarburanti avanzati		%	80	80	
Consumo benzina PHEV		l/km	0,013	0,013	
Consumo elettrico PHEV		kWh/km	0,175	0,175	
Emissioni per produzione elettrica		gCO ₂ /kWh	328,08	135,26	
Energia per produzione idrogeno da elettrico		kWh/kg	58,00	58,00	
Consumo dell'auto idrogeno		kg H ₂ /100 km	0,65	0,65	
Emissioni in fase di produzione dei veicoli BEV		kg CO ₂	8.206	8.206	
Emissioni in fase di produzione dei veicoli PHEV		kg CO ₂	5.129	5.129	
Emissioni in fase di produzioni dei veicoli a idrogeno		kg CO ₂	4.513	4.513	
Emissioni in fase di produzione altri veicoli		kg CO ₂	4.103	4.103	
Emissioni in fase di uso	Veicoli benzina (WLTP)		gCO ₂ /km	124,00	124,00
	Veicoli metano		gCO ₂ /km	102,75	102,75
	Veicoli ibridi HEV (WLTP)		gCO ₂ /km	112,50	112,50
	Veicoli ibridi PHEV (WLTP)		gCO ₂ /km	31,00	31,00
	Benzina	PNIEC	gCO ₂ /km	116,52	105,52
	Metano		gCO ₂ /km	96,55	87,44
	Ibridi HEV		gCO ₂ /km	105,72	95,74
	Ibridi PHEV		gCO ₂ /km	29,13	26,38
	Benzina	UE	gCO ₂ /km	116,52	110,45
	Metano		gCO ₂ /km	96,55	91,52
	Ibridi HEV		gCO ₂ /km	105,72	100,21
	Ibridi PHEV		gCO ₂ /km	29,13	27,61
Intensità delle emissioni	Idrogeno da	elettricità da rete	kgCO ₂ /kgH ₂	19,03	7,85
		100% Rinnovabili	kgCO ₂ /kgH ₂	0	19,72
		SMR ⁱⁱⁱ senza CCS ^{iv}	kgCO ₂ /kgH ₂	8,5	8,5
		SMR con CCS	kgCO ₂ /kgH ₂	0,76	0,76
Emissioni dei vettori energetici	Benzina		gCO ₂ /km	25,00	25,00
	Metano		gCO ₂ /km	19,00	19,00
	Ibridi HEV		gCO ₂ /km	18,00	18,00

			Anno 2019 mix energetico nazionale	Anno 2030 Scenario energetico SEN	Anno 2030 Analisi di impatto		
	Ibridi PHEV		gCO2/km	41,21	24,34	42,25	
	BEV		gCO2/km	53,48	22,05	55,42	
	Idrogeno da	elettricità da rete		gCO2/km	123,79	51,04	128,29
		100% Rinnovabili		gCO2/km	0	0	128,29
		SMR senza CCS		gCO2/km	55,30	55,30	55,30
		SMR con CCS		gCO2/km	4,94	4,94	4,94
Emissioni dei vettori energetici al netto dell'uso dei biocarburanti	Benzina		PNIEC	gCO2/km	23,49	21,28	21,28
	Metano			gCO2/km	17,85	16,17	16,17
	Ibridi HEV			gCO2/km	16,91	15,32	15,32
	Ibridi PHEV			gCO2/km	40,45	22,47	40,39
	Benzina		UE	gCO2/km	23,49	22,27	22,27
	Metano			gCO2/km	17,85	16,92	16,92
	Ibridi HEV			gCO2/km	16,91	16,03	16,03
	Ibridi PHEV			gCO2/km	40,45	22,97	40,88

ⁱ PNIEC: biocarburanti in miscelazione al 22% di cui 4% avanzati al 2030

ⁱⁱ DM 10 ottobre 2014: nel 2019 miscelazione dei biocarburanti al 9% di cui 1,2% avanzati, Direttiva UE n. 2018/2001: nel 2030 miscelazione dei biocarburanti al 16% di cui 3,5 % avanzati

ⁱⁱⁱ SMR: Steam reforming del metano

^{iv} CCS: Cattura e stoccaggio del carbonio

Tabella A.10: Auto Intermedie – Segmento C+D

		Anno 2019 - mix energetico nazionale	Anno 2030 - Scenario energetico SEN	Anno 2030 - Analisi di impatto
Vita media dei veicoli	anni	12	12	12
Percorrenza media annua	km	8.500	8.500	8.500
Consumo dell'auto elettrica	kWh/km	0,180	0,180	0,180
Biocarburanti 1a generazione	PNIEC*	%	7,800	18,000
Biocarburanti avanzati		%	1,200	4,000
Biocarburanti 1a generazione	UE**	%	7,800	12,500
Biocarburanti avanzati		%	1,200	3,500
Peso biocarburanti 1a gen.	%	65,000	65,000	65,000
Peso biocarburanti avanzati	%	80,000	80,000	80,000
Consumo benzina PHEV	l/km	0,0166	0,0166	0,0166
Consumo elettrico PHEV	kWh/km	0,175	0,175	0,175
Emissioni per produzione elettrica	gCO2/kWh	328	135	340
Energia per produzione idrogeno da elettrico	kWh/kg	58,00	58,00	58,00
Consumo dell'auto idrogeno	kg H2/100 km	0,72	0,72	0,72

		Anno 2019 - mix energetico nazionale	Anno 2030 - Scenario energetico SEN	Anno 2030 - Analisi di impatto			
Emissioni in fase di produzione dei veicoli BEV		kg CO2	9.200	9.200			
Emissioni in fase di produzione dei veicoli PHEV		kg CO2	6.072	6.072			
Emissioni in fase di produzione dei veicoli a idrogeno		kg CO2	5.060	5.060			
Emissioni in fase di produzione altri veicoli		kg CO2	4.600	4.600			
Emissioni in fase di uso	Veicoli benzina (WLTP)		gCO2/km	140,00	140,00	140,00	
	Veicoli metano		gCO2/km	105,83	105,83	105,83	
	Veicoli ibridi HEV (WLTP)		gCO2/km	125,25	125,25	125,25	
	Veicoli ibridi PHEV (WLTP)		gCO2/km	34,71	34,71	34,71	
	Benzina	PNIEC	gCO2/km	131,56	119,14	119,14	
	Metano		gCO2/km	99,45	90,06	90,06	
	Ibridi HEV		gCO2/km	117,70	106,59	106,59	
	Ibridi PHEV		gCO2/km	32,62	29,54	29,54	
	Benzina	UE	gCO2/km	131,56	124,71	124,71	
	Metano		gCO2/km	99,45	94,27	94,27	
	Ibridi HEV		gCO2/km	117,70	111,57	111,57	
	Ibridi PHEV		gCO2/km	32,62	30,92	30,92	
Intensità delle emissioni	Idrogeno da	elettricità da rete		kgCO2/kgH2	19,03	7,85	19,72
		100% Rinnovabili		kgCO2/kgH2	0	0	19,72
		SMR senza CCS		kgCO2/kgH2	8,5	8,5	8,5
		SMR con CCS		kgCO2/kgH2	0,76	0,76	0,76
Emissioni dei vettori energetici	Benzina		gCO2/km	25,00	25,00	25,00	
	Metano		gCO2/km	19,00	19,00	19,00	
	Ibridi HEV		gCO2/km	18,00	18,00	18,00	
	Ibridi PHEV (benzina +elettrico)		gCO2/km	41,26	24,36	42,30	
	BEV		gCO2/km	59,05	24,35	61,20	
	Idrogeno da	elettricità da rete		gCO2/km	136,63	56,33	141,59
		100% Rinnovabili		gCO2/km	0	0	141,59
		SMR senza CCS		gCO2/km	61,03	61,03	61,03
SMR con CCS		gCO2/km	5,46	5,46	5,46		
Emissioni dei vettori energetici al netto dell'uso dei biocarburanti	PNIEC	Benzina	gCO2/km	23,49	21,28	21,28	
		Metano	gCO2/km	17,85	16,17	16,17	
		Ibridi HEV	gCO2/km	16,91	15,32	15,32	
		Ibridi PHEV	gCO2/km	40,50	22,49	40,44	
	UE	Benzina	gCO2/km	23,49	22,27	22,27	
		Metano	gCO2/km	17,85	16,92	16,92	
		Ibridi HEV	gCO2/km	16,91	16,03	16,03	
		Ibridi PHEV	gCO2/km	40,50	22,99	40,94	

* PNIEC: biocarburanti in miscelazione al 22% di cui 4% avanzati al 2030

** DM 10ottobre 2014: nel 2019 miscelazione dei biocarburanti al 9% di cui 1,2% avanzati, Direttiva UE n. 2018/2001: nel 2030 miscelazione dei biocarburanti al 16% di cui 3,5 % avanzati

Tabella A.11: Auto Alta Gamma – Segmento E+F

		Anno 2019 - mix energetico nazionale	Anno 2030 - Scenario energetico SEN	Anno 2030 - Analisi di impatto		
Vita media dei veicoli		anni	12	12		
Percorrenza media annua		km	10.500	10.500		
Consumo dell'auto elettrica		kWh/km	0,223	0,223		
Biocarburanti 1a generazione	PNIEC ** UE ***	%	7,800	18,000		
Biocarburanti avanzati		%	1,200	4,000		
Biocarburanti 1a generazione		%	7,800	12,500		
Biocarburanti avanzati		%	1,200	3,500		
Peso biocarburanti 1a gen.		%	65,000	65,000		
Peso biocarburanti avanzati		%	80,000	80,000		
Consumo benzina PHEV		l/km	0,0214	0,0214		
Consumo elettrico PHEV		kWh/km	0,233	0,233		
Emissioni per produzione elettrica		gCO2/kWh	328	135		
Energia per produzione idrogeno da elettrico		kWh/kg	58,00	58,00		
Consumo dell'auto idrogeno		kg H2/100 km	0,89	0,89		
Emissioni in fase di produzione dei veicoli BEV		kg CO2	10.200	10.200		
Emissioni in fase di produzione dei veicoli PHEV		kg CO2	6.732	6.732		
Emissioni in fase di produzione dei veicoli a idrogeno		kg CO2	5.610	5.610		
Emissioni in fase di produzione altri veicoli		kg CO2	5.100	5.100		
Emissioni in fase di uso	Veicoli benzina (WLTP)		gCO2/km	187,00	187,00	
	Veicoli metano		gCO2/km	107,00	107,00	
	Veicoli ibridi HEV (WLTP)		gCO2/km	140,00	140,00	
	Veicoli ibridi PHEV (WLTP)		gCO2/km	49,87	49,87	
	Benzina	PNIEC	gCO2/km	175,72	159,14	
	Metano		gCO2/km	100,55	91,06	
	Ibridi HEV		gCO2/km	131,56	119,14	
	Ibridi PHEV		gCO2/km	46,86	42,44	
	Benzina	UE	gCO2/km	175,72	166,57	
	Metano		gCO2/km	100,55	95,31	
	Ibridi HEV		gCO2/km	131,56	124,71	
	Ibridi PHEV		gCO2/km	46,86	44,42	
	Intensità delle emissioni	Idrogeno da	elettricità da rete	kgCO2/kgH2	19,03	7,85
			100% Rinnovabili	kgCO2/kgH2	0	0
SMR senza CCS			kgCO2/kgH2	8,5	8,5	
SMR con CCS			kgCO2/kgH2	0,76	0,76	
Emissioni dei vettori energetici	Benzina		gCO2/km	25,00	25,00	
	Metano		gCO2/km	19,00	19,00	
	Ibridi HEV		gCO2/km	18,00	18,00	
	Ibridi PHEV (benzina +elettrico)		gCO2/km	50,72	28,26	
	BEV		gCO2/km	73,16	30,16	

				Anno 2019 - mix energetico nazionale	Anno 2030 - Scenario energetico SEN	Anno 2030 - Analisi di impatto
	Idrogeno da	elettricità da rete	gCO2/km	169,36	69,82	175,51
		100% Rinnovabili	gCO2/km	0	0	175,51
		SMR senza CCS	gCO2/km	75,65	75,65	75,65
		SMR con CCS	gCO2/km	6,76	6,76	6,76
Emissioni dei vettori energetici al netto dell'uso dei biocarburanti	Benzina	PNIEC	gCO2/km	23,49	21,28	21,28
	Metano		gCO2/km	17,85	16,17	16,17
	Ibridi HEV		gCO2/km	16,91	15,32	15,32
	Ibridi PHEV		gCO2/km	49,97	26,40	50,25
	Benzina	UE	gCO2/km	23,49	22,27	22,27
	Metano		gCO2/km	17,85	16,92	16,92
	Ibridi HEV		gCO2/km	16,91	16,03	16,03
	Ibridi PHEV		gCO2/km	49,97	26,89	50,74

Stima delle emissioni di CO2

Tabella A.12: Sintesi delle emissioni per singolo veicolo

Segmento	Alimentazione	Anno - 2019	Anno 2030					
			Analisi di impatto	Scenario SEN	Contributo Analisi di impatto	Δ LCA	TTW	Δ WTW
			kg CO2	kg CO2	kg CO2	kg CO2	kg CO2	kg CO2
Utilitaria A+B	Benzina	1.252	1.205	1.205	-	342	718	145
	Metano	1.086	1.047	1.047	-	342	595	110
	Ibrida HEV	1.190	1.149	1.149	-	393	651	104
	Ibrida PHEV	1.047	1.039	866	173	427	179	149
	BEV	1.031	1.044	827	217	684	-	143
	Idrogeno da rete elettrica	-	1210	708	502	376	-	332
	Idrogeno da rinnovabili	-	1210	376	834	376	-	0
	Idrogeno da SMR senza CCS	-	736	736	-	376	-	359
	Idrogeno da SMR con CCS	-	408	408	-	376	-	32
Intermedia C+D	Benzina	1.701	1.633	1.633	-	383	1.060	189
	Metano	1.380	1.328	1.328	-	383	801	144
	Ibrida HEV	1.585	1.525	1.525	-	441	948	136
	Ibrida PHEV	1.394	1.384	1.128	257	506	263	195
	BEV	1.269	1.287	974	295	767	-	207
	Idrogeno da rete elettrica	-	1625	900	725	422	-	479
	Idrogeno da rinnovabili	-	1625	422	1.204	422	-	-
	Idrogeno da SMR senza CCS	-	940	940	-	422	-	519
	Idrogeno da SMR con CCS	-	468	468	-	422	-	46
Alta Gamma E+F	Benzina	2.517	2.408	2.408	-	425	1.749	234
	Metano	1.668	1.603	1.603	-	425	1.001	178
	Ibrida HEV	2.048	1.967	1.967	-	489	1.309	168
	Ibrida PHEV	2.102	2.093	1.592	501	561	466	282
	BEV	1.618	1.646	1.167	479	850	-	317
	Idrogeno da rete elettrica	2.246	2.310	1.201	1.110	468	-	733
	Idrogeno da rinnovabili	468	2.310	468	1.843	468	-	-
	Idrogeno da SMR senza CCS	1262	1.262	1.262	-	468	-	794
	Idrogeno da SMR con CCS	539	539	539	-	468	-	71

Tabella A.13: Emissioni di CO2 per il parco auto per scenari di diffusione e incentivazione dei veicoli al 2030 – valori in migliaia di t di CO2 (% biocarburanti secondo prospettiva UE)

Scenari	Tendenziali	Incent. su BEV	Incent. su Idrogeno *	Incent. su Idrogeno con CCS **	Incent. su HEV	Incent. su Metano	Incent. su Mobilità Sostenibile	Tendenziale - Biocarb. PNIEC
Utilitarie A+B	Termiche	12.183	11.766	11.766	11.766	11.766	11.744	11.793
	Metano	649	649	649	649	649	626	630
	Ibride HEV	2.315	2.315	2.315	2.315	2.700	2.231	2.247
	Ibride PHEV	656	656	656	656	656	633	647
	Elettriche	1.429	1.790	1.429	1.429	1.429	1.378	1.429
	Idrogeno	110	110	528	251	110	106	110
	Totale	17.342	17.286	17.344	17.067	17.311	17.287	16.718
Intermedie C+D	Termiche	20.983	20.266	20.266	20.266	20.266	20.227	20.266
	Metano	1.047	1.047	1.047	1.047	1.047	1.009	1.013
	Ibride HEV	3.906	3.906	3.906	3.906	4.576	3.765	3.782
	Ibride PHEV	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064	1.025	1.046
	Elettriche	2.138	2.695	2.138	2.138	2.138	2.061	2.138
	Idrogeno	177	177	873	383	177	171	177
	Totale	29.314	29.155	29.293	28.802	29.267	29.180	28.259
Alta Gamma E+F	Termiche	1.106	1.068	1.068	1.068	1.068	1.066	1.065
	Metano	45	45.156	45.156	45.156	45.156	43.530	43.675
	Ibride HEV	180	180	180	180	211	174	174
	Ibride PHEV	52	52	52	52	52	50	51
	Elettriche	92	117	92	92	92	88	92
	Idrogeno	8	8	45	17	8	8	8
	Totale	1.483	1.471	1.481	1.449	1.476	1.430	1.434
Totale - mln di t di CO2	48,14	47,91	48,12	47,31	48,05	47,94	46,41	46,71

*Idrogeno prodotto da rete con mix energetico nazionale

**Idrogeno prodotto da rete e idrogeno blu (da SMR con CCS)

Fondazione **Filippo Caracciolo**
Centro Studi



ISBN 9788832245097