



**POLITECNICO
MILANO 1863**



"Auto elettrica: impatti globali e locali"

Prof. Mario GROSSO

Milano, 18 settembre 2026

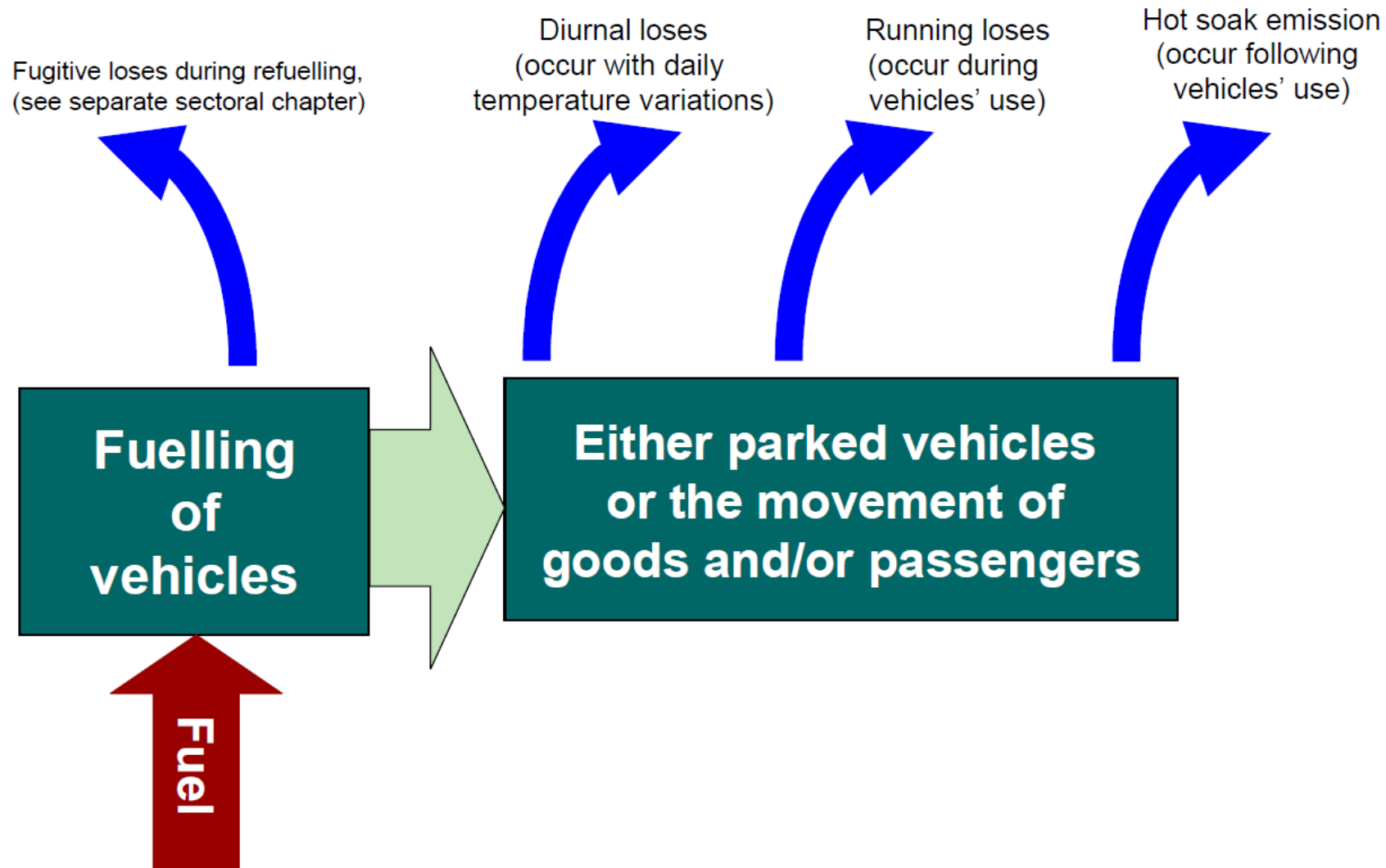
LA MOBILITA' ELETTRICA

- Riduzione degli impatti locali
 - ✓ Qualità dell'aria → emissioni allo scarico ed **evaporative**
 - ✓ **Materiale particolato → consumo dei freni**
 - ✓ Impatto acustico
 - ✓ **Isola di calore urbana**

- Riduzione delle emissioni globali? (analisi del ciclo di vita)
 - ✓ **Energia elettrica utilizzata per la ricarica**
 - ✓ **Produzione e riciclo delle batterie**
 - ✓ **Dimensione della batteria**

LA MOBILITA' ELETTRICA

Emissioni evaporative dai veicoli a benzina (*Fonte: EEA*)



RIDUZIONE DEGLI IMPATTI LOCALI

Fattori di emissione medi da traffico in Lombardia nel 2014 per tipo di veicolo - public review

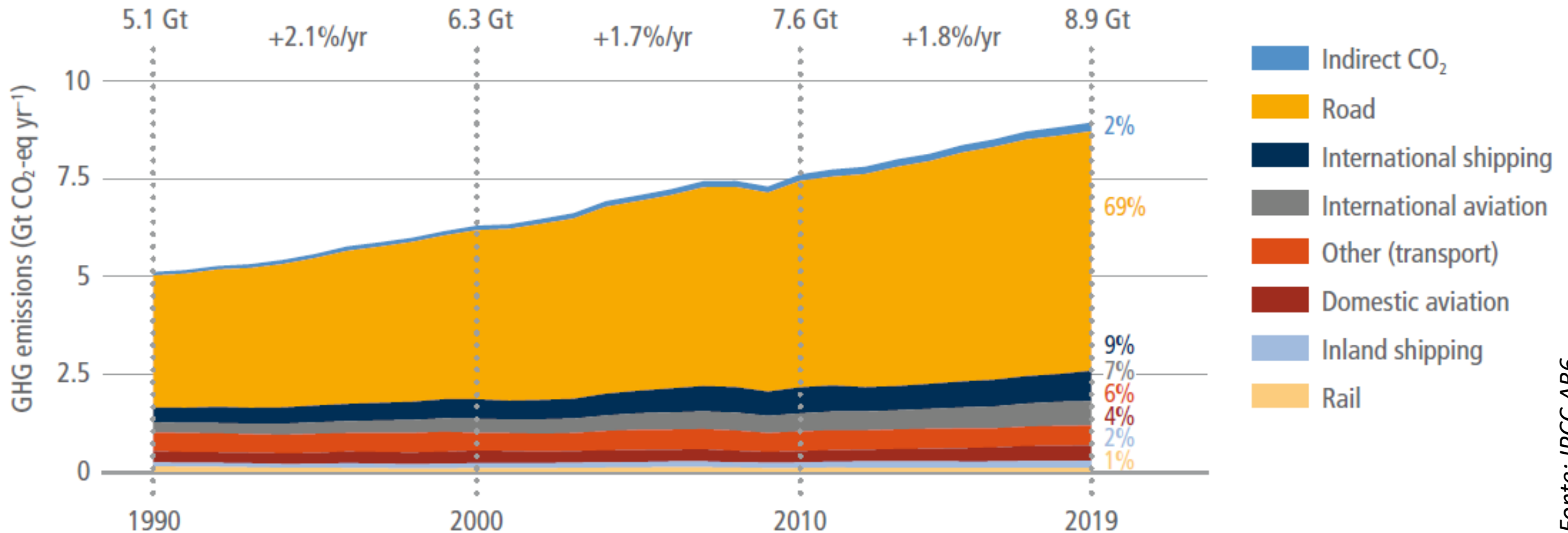
Tipo di veicolo	Consumo specifico	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM2.5	PM10	PTS
	g/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	g/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
Automobili	55	1,0	433	36	9,2	442	167	5,9	13	28	40	53
Veicoli leggeri < 3.5 t	79	1,5	864	59	4,3	434	237	7,9	2,8	60	77	94
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	203	4,0	5.572	256	43	1.408	612	22	5,4	169	218	276
Ciclomotori (< 50 cm3)	21	0,4	142	3.651	78	6.535	68	1,0	1,0	69	75	81
Motocicli (> 50 cm3)	33	0,6	156	1.116	97	6.302	102	2,0	2,0	25	31	37
Veicoli a benzina - Emissioni evaporative				136								

(Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)

IMPATTI GLOBALI

Emissioni globali di gas serra dal settore dei trasporti → il trasporto su strada rappresenta più dei 2/3 del totale

(a) Transport global GHG emissions trends



Fonte: IPCC AR6

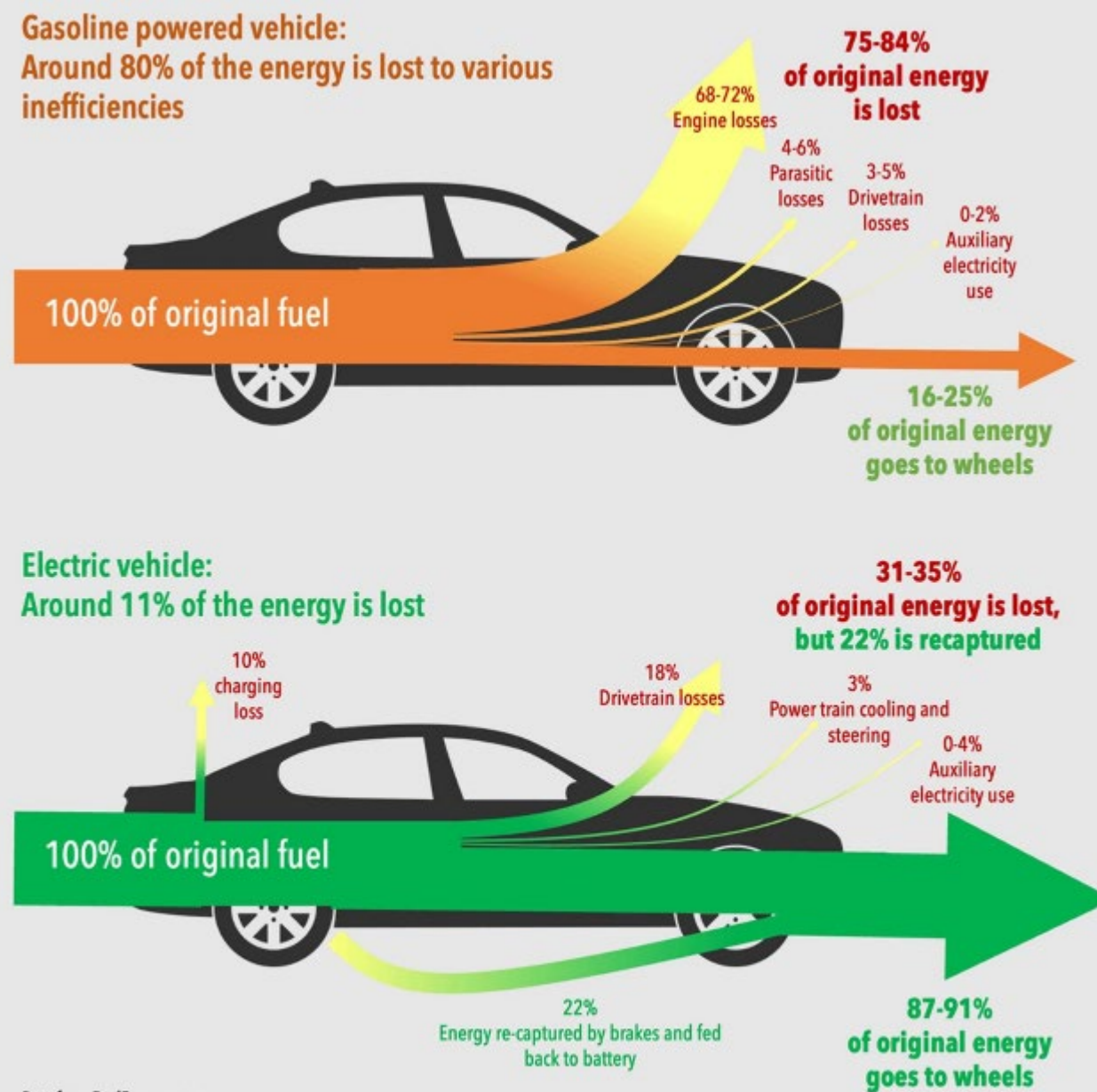
L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

Non più miglioramenti incrementali (Euro 1,2,3,...6,7) ma una rivoluzione a 360 gradi, in termini di:

- ✓ **Efficienza** di utilizzo dell'energia
- ✓ Possibilità di alimentazione con **energia rinnovabile**
- ✓ Possibilità di supporto/**integrazione con la rete elettrica**
- ✓ Possibilità di **ricarica wireless**, anche in movimento
- ✓ Sfruttamento dei **tempi morti** di inutilizzo del veicolo
- ✓ **Miglioramento** delle prestazioni ambientali complessive **nel tempo**

L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

Efficienza di utilizzo dell'energia



Data from FuelEconomy.gov
Image by Karin Kirk for Yale Climate Connections

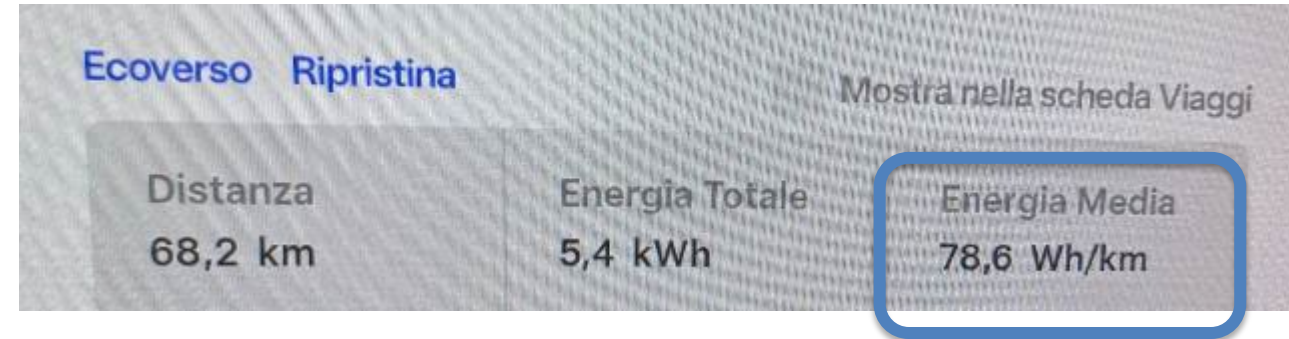
L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

Efficienza di utilizzo
dell'energia



L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

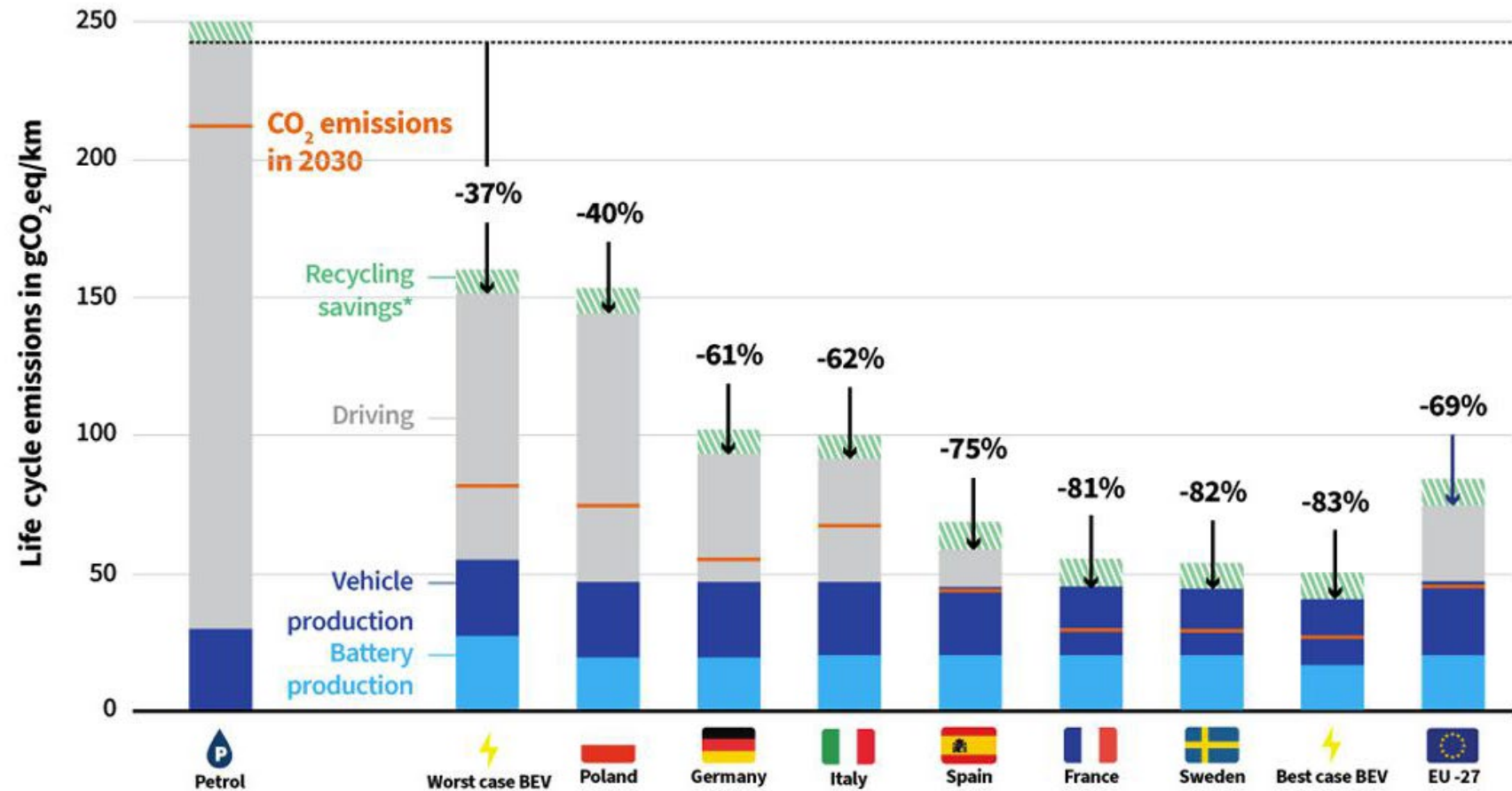
Efficienza di utilizzo dell'energia



= 1 litro di
gasolio

L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

Emissioni di gas serra sul ciclo di vita

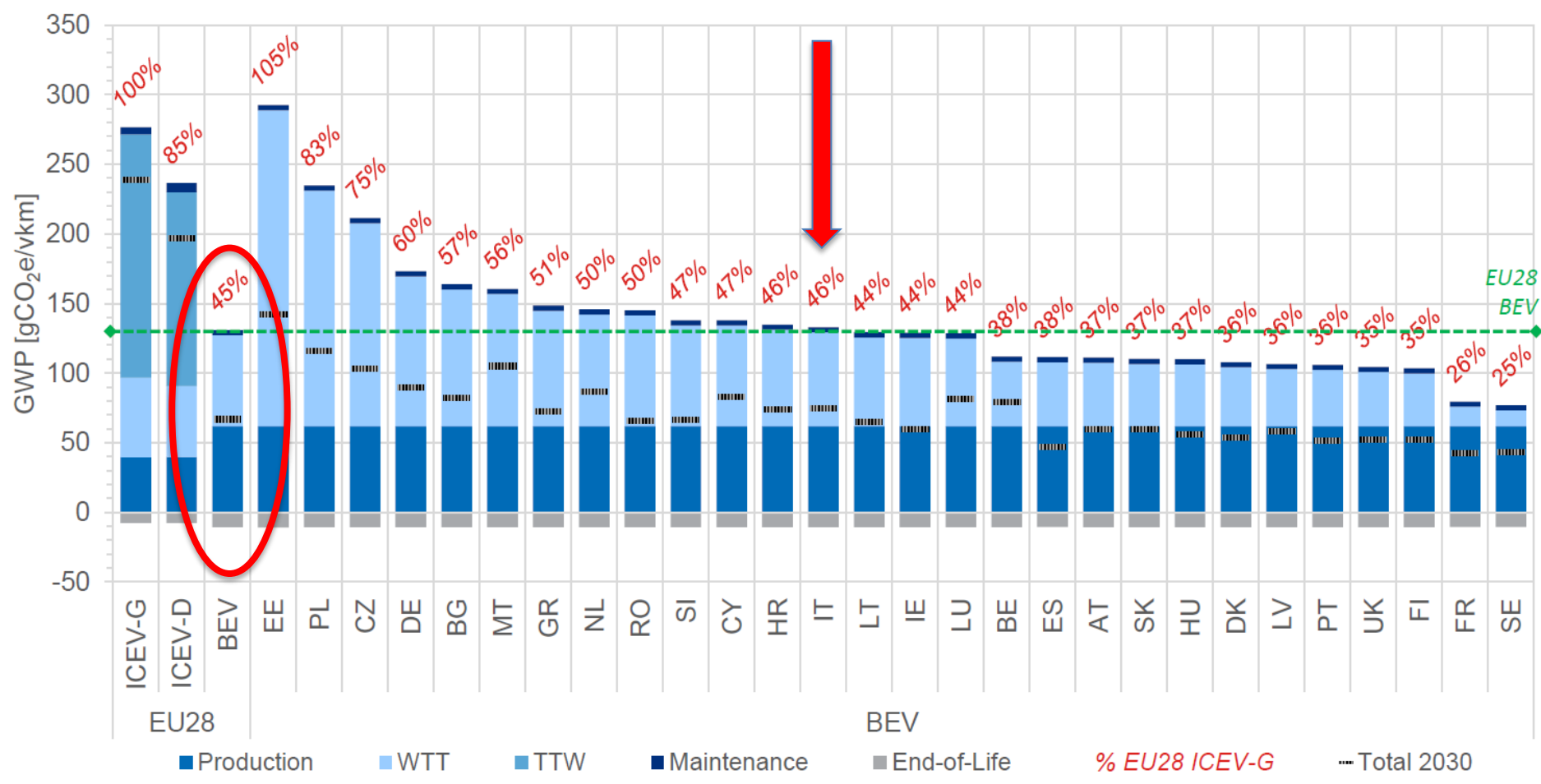


*Recycling savings apply to the production phase

Note: T&E LCA analysis of a medium-sized car, battery assumed to be produced with the EU27 average grid. Worst case: battery produced in China, charging in Poland. Best case: battery produced in Sweden, charging in Sweden.

IMPATTI GLOBALI

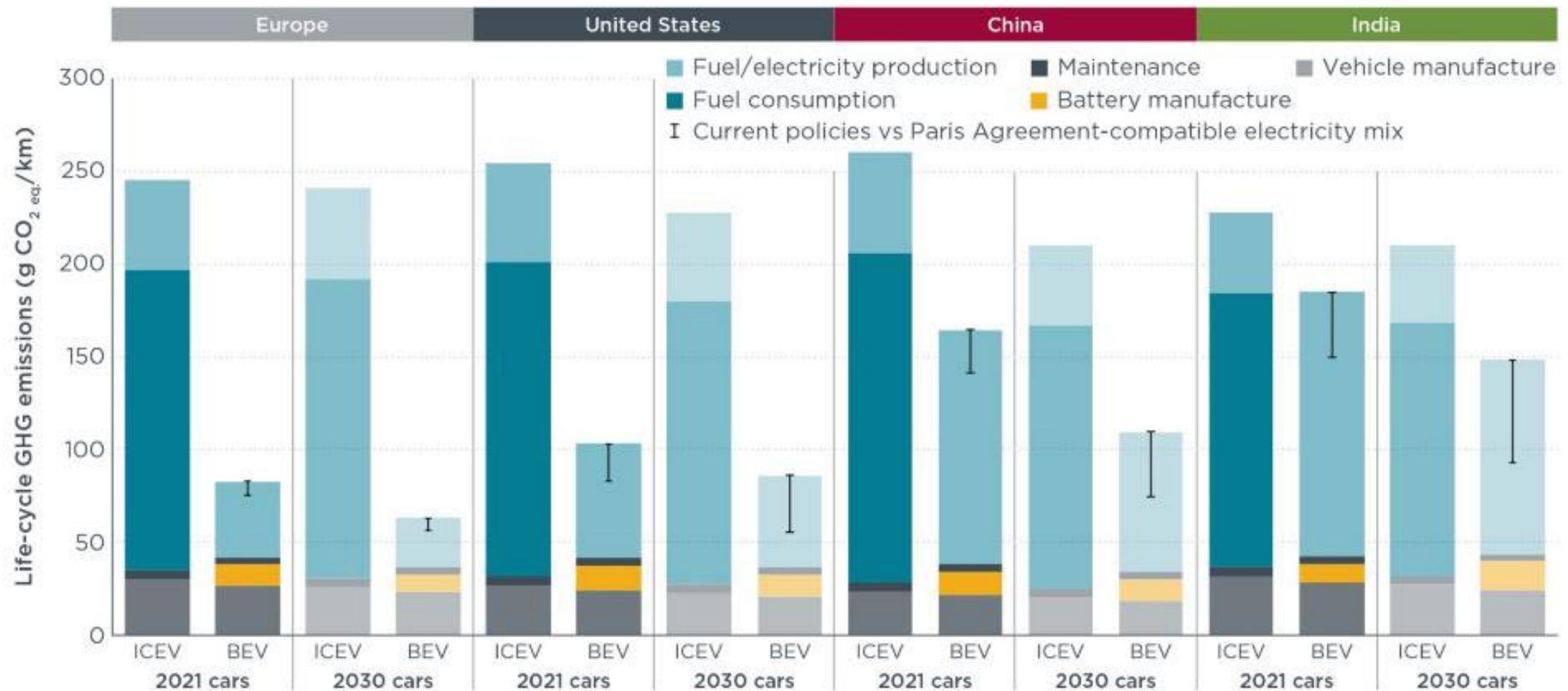
Emissioni di gas serra sul ciclo di vita



Fonte: Commissione Europea, "Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA", Luglio 2020

IMPATTI GLOBALI

Emissioni di gas serra sul ciclo di vita

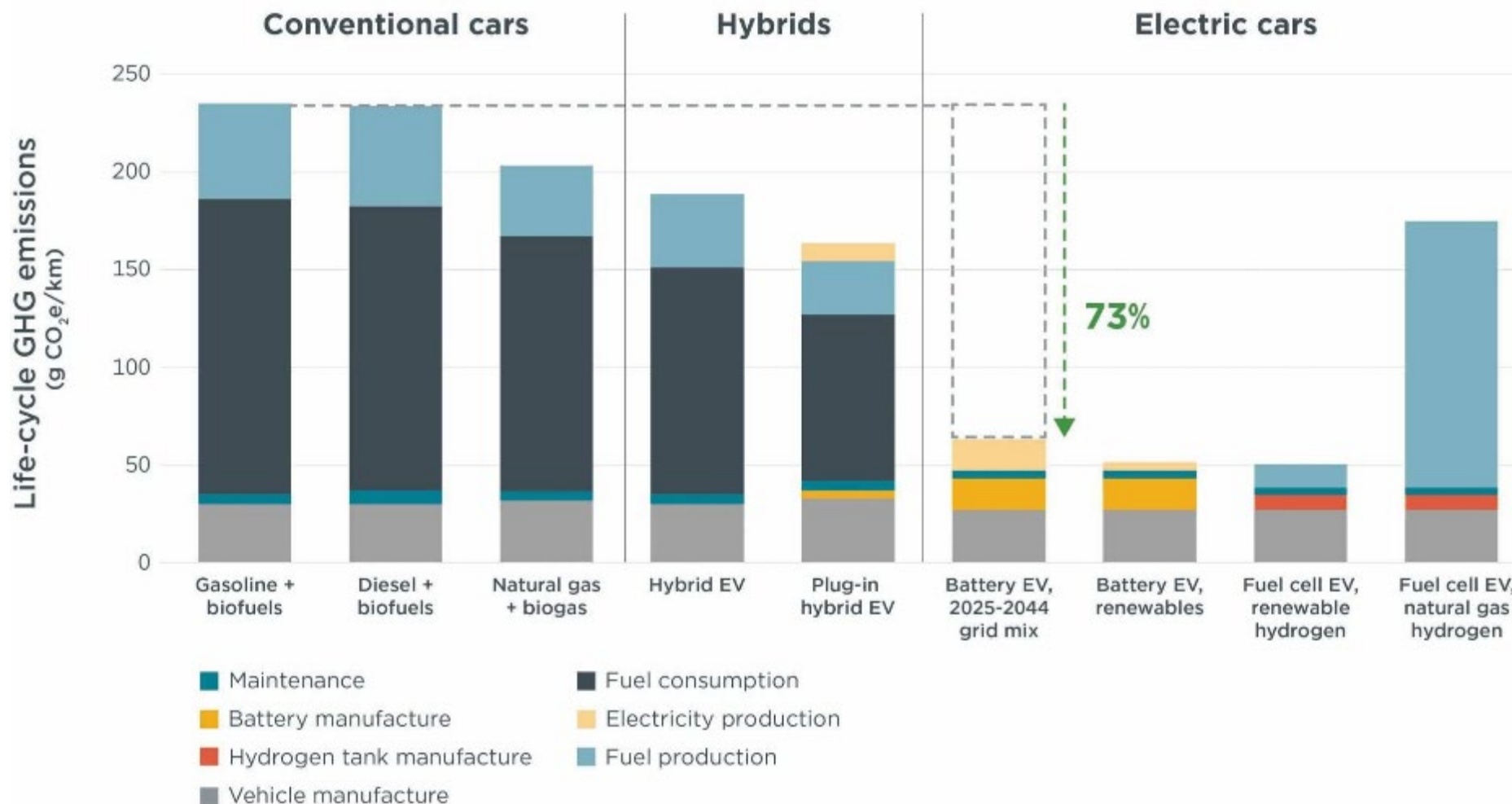


Fonte: The ICCT, "A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars", Luglio 2021

L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

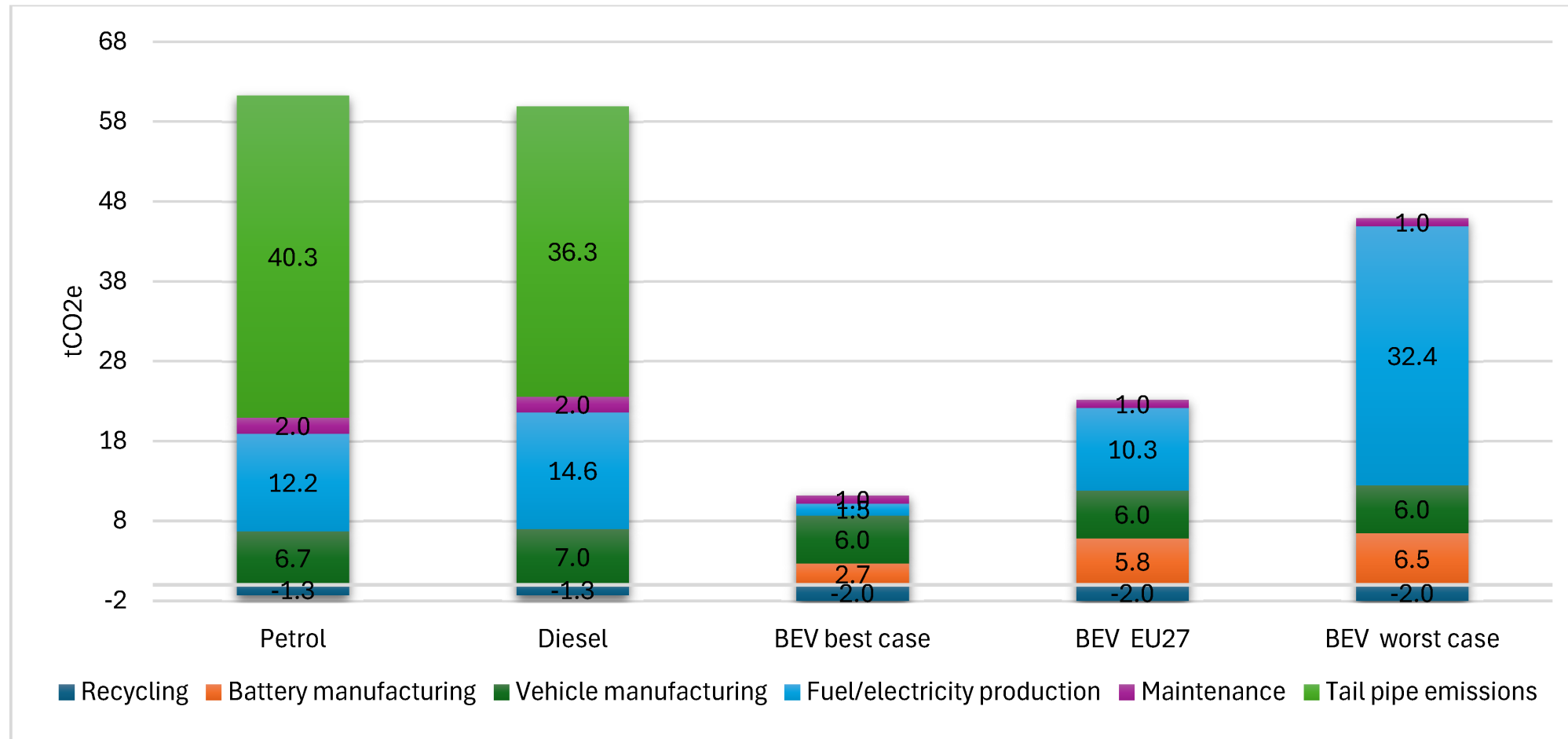
Emissioni di gas serra sul ciclo di vita

Life-cycle greenhouse gas emissions of passenger cars sold in the European Union in 2025



IMPATTI GLOBALI

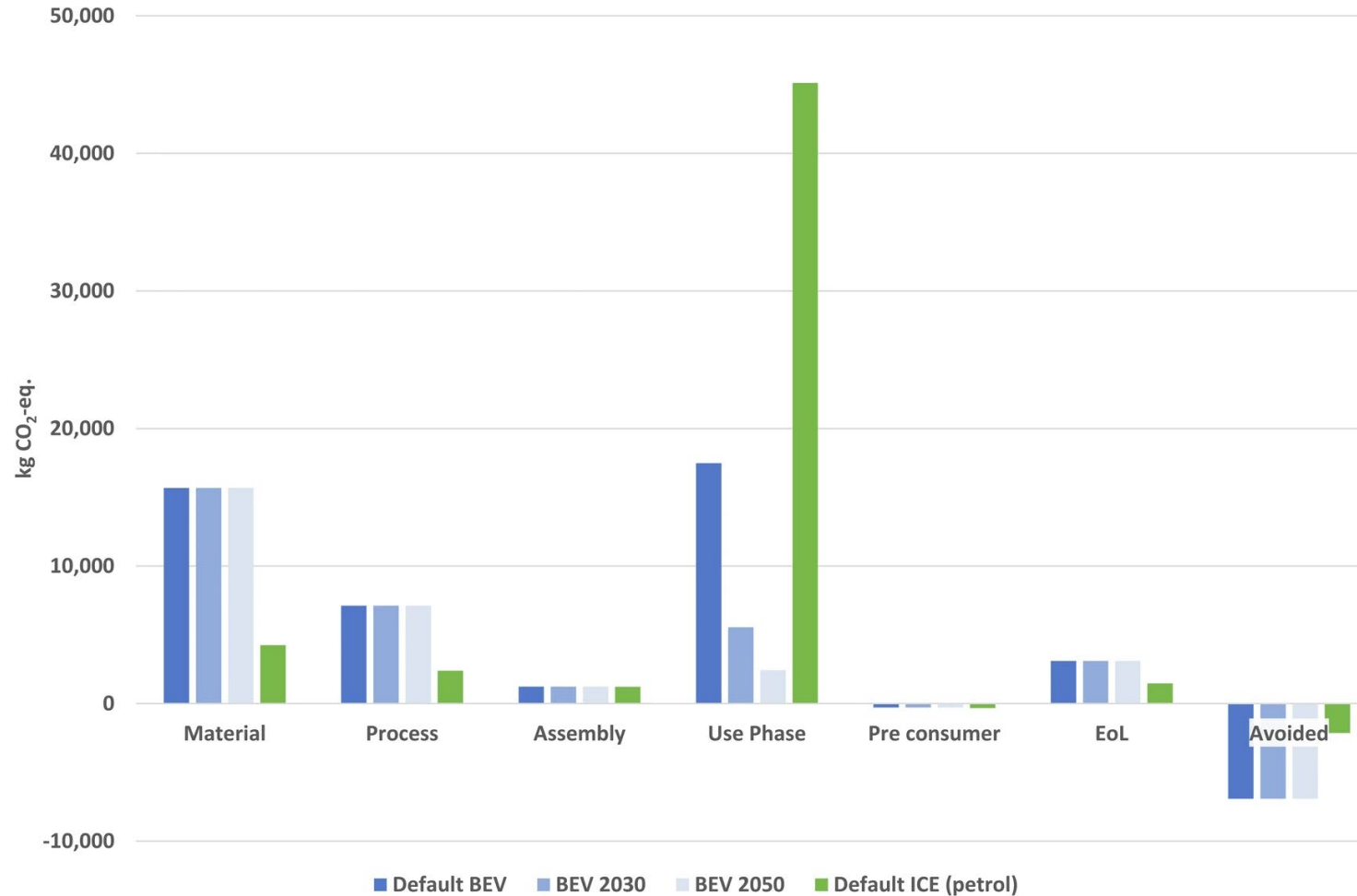
Emissioni di gas serra sul ciclo di vita



Fonte: Vieira et al., 2025. Comparison of Battery Electrical Vehicles and Internal Combustion Engine Vehicles–Greenhouse Gas Emission Life Cycle Assessment. Applied Sciences.

IMPATTI GLOBALI

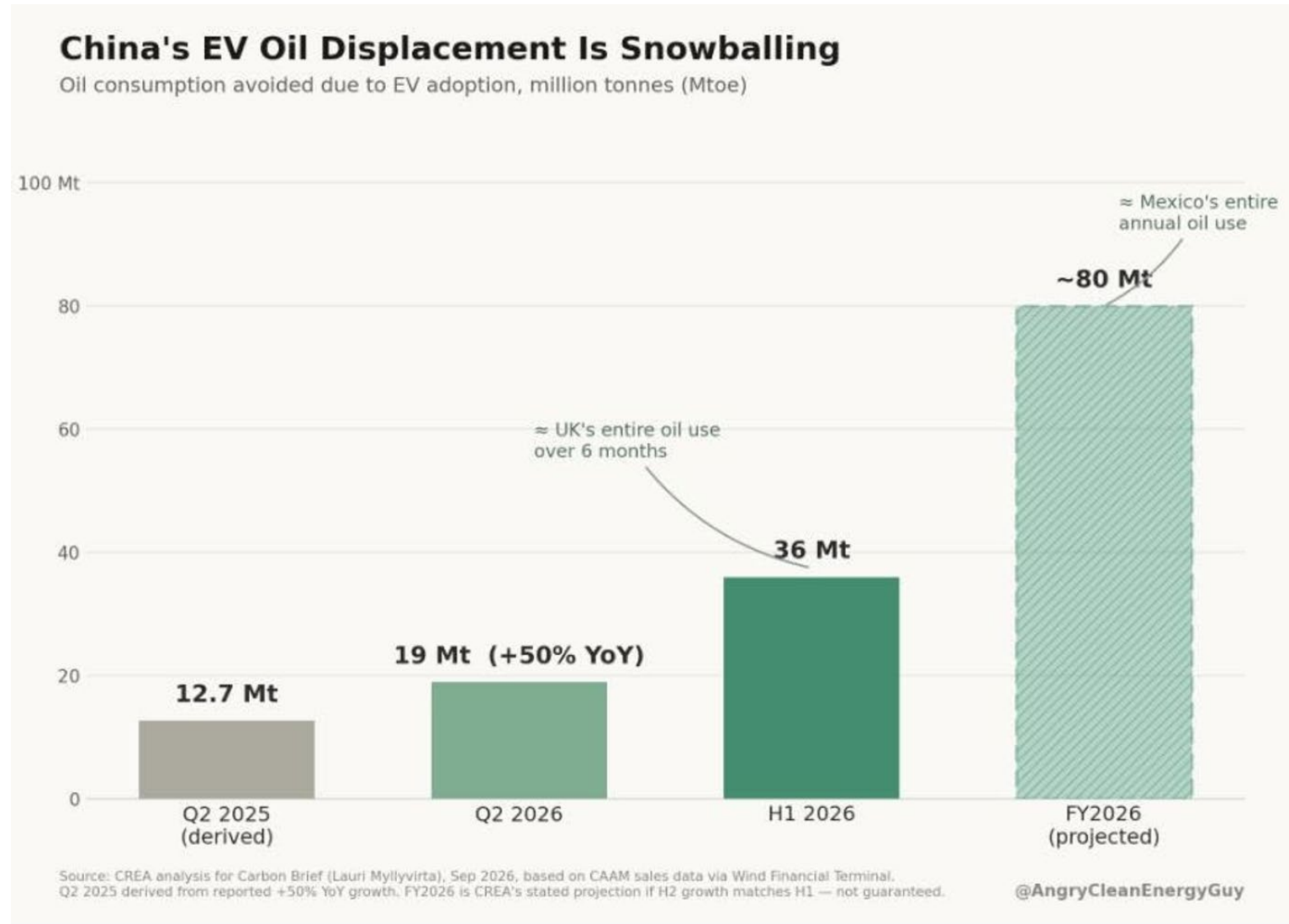
Emissioni di gas serra sul ciclo di vita



Fonte: Golkaram et al., 2025. Evaluating future powertrain and recycling technologies and their impact on the life cycle assessment and costing of mid-size and large passenger vehicles. npj Sustainable Mobility and Transport.

IMPATTI GLOBALI

Gli effetti sulla diminuzione del consumo di combustibili



L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

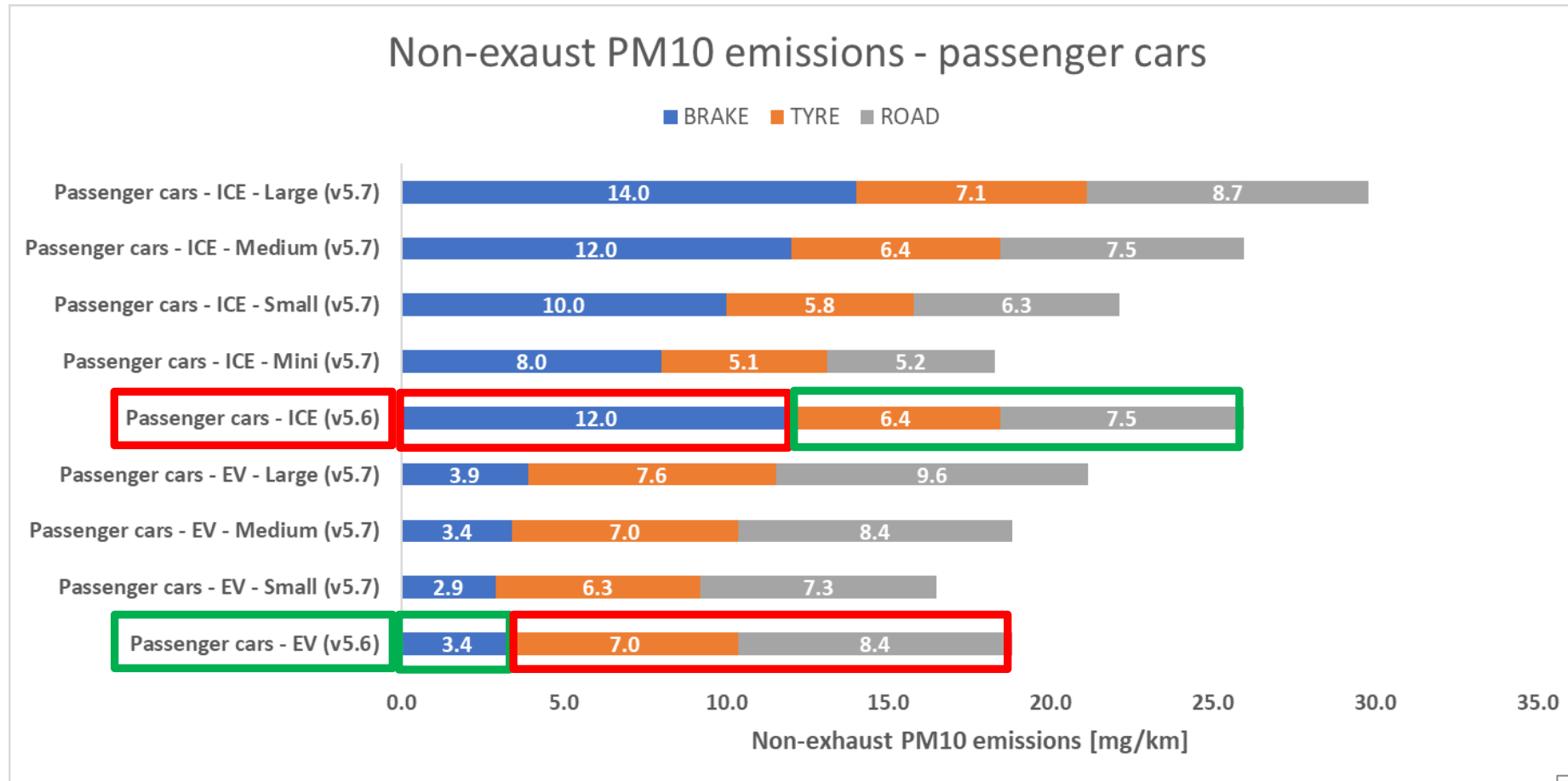
Efficienza di utilizzo dell'energia

→ la rigenerazione in frenata
e in discesa



L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

Emissioni da consumo di materiali



Beddows & Harrison, 2021
Liu et al, 2021
Woo et al, 2022
Oroumiyeh & Zhu, 2021

L'AUTO ELETTRICA E' IL VERO "GAME CHANGER"

Emissioni da consumo di materiali

La frenata rigenerativa può ridurre le emissioni di particolato da usura dei freni:

- ✓ fino al 48% per i veicoli ibridi (HEV)
- ✓ fino al 66% per i veicoli elettrici ibridi plug-in (PHEV)
- ✓ **fino all'83% per i veicoli elettrici a batteria (BEV)**

STUDY ON NON-EXHAUST EMISSIONS IN ROAD
TRANSPORT May 2025

'PMP 54th session, UNECE Particle
Measurement Programme PMP', Geneva, Sep.
2024. [Online].

	PM _{2.5}	PM _{2.5-10}
Brake Wear	Transition metals (Cu, Fe), Sb (III), Sb (V), Sn, Ba, Zr, Al, S, OC>>EC	FeO, Fe ₂ O ₃ , Cu oxides, Sb (III), Sb (V), Sn, Ba, Zr, Al
Tyre Wear	Zn, organic Zn, Cu, S, Si, Organic carbon, EC	Zn, organic Zn, Cu, Si, Mn

"Non-exhaust traffic related emissions. Brake and tyre wear PM – Literature review" (JRC, 2014)

COME SI PRODUCE L'ENERGIA CHE ALIMENTA I VEICOLI ELETTRICI?

In Italia:

✓ **Caso base:** mix nazionale → 52% rinnovabile

Composizione del mix medio nazionale
utilizzato per la produzione dell'energia elettrica
immessa nel sistema elettrico italiano nei due
anni precedenti

	Anno 2017	Anno 2024	
Fonti rinnovabili	36,42%	51,83%	
Carbone	13,69%	1,52%	
Gas Naturale	42,63%	42,01%	
Prodotti petroliferi	0,76%	0,90%	
Nucleare	3,62%	0,00%	
Altre fonti	2,88%	4,17%	

Fonte: bolletta di fornitura energia elettrica

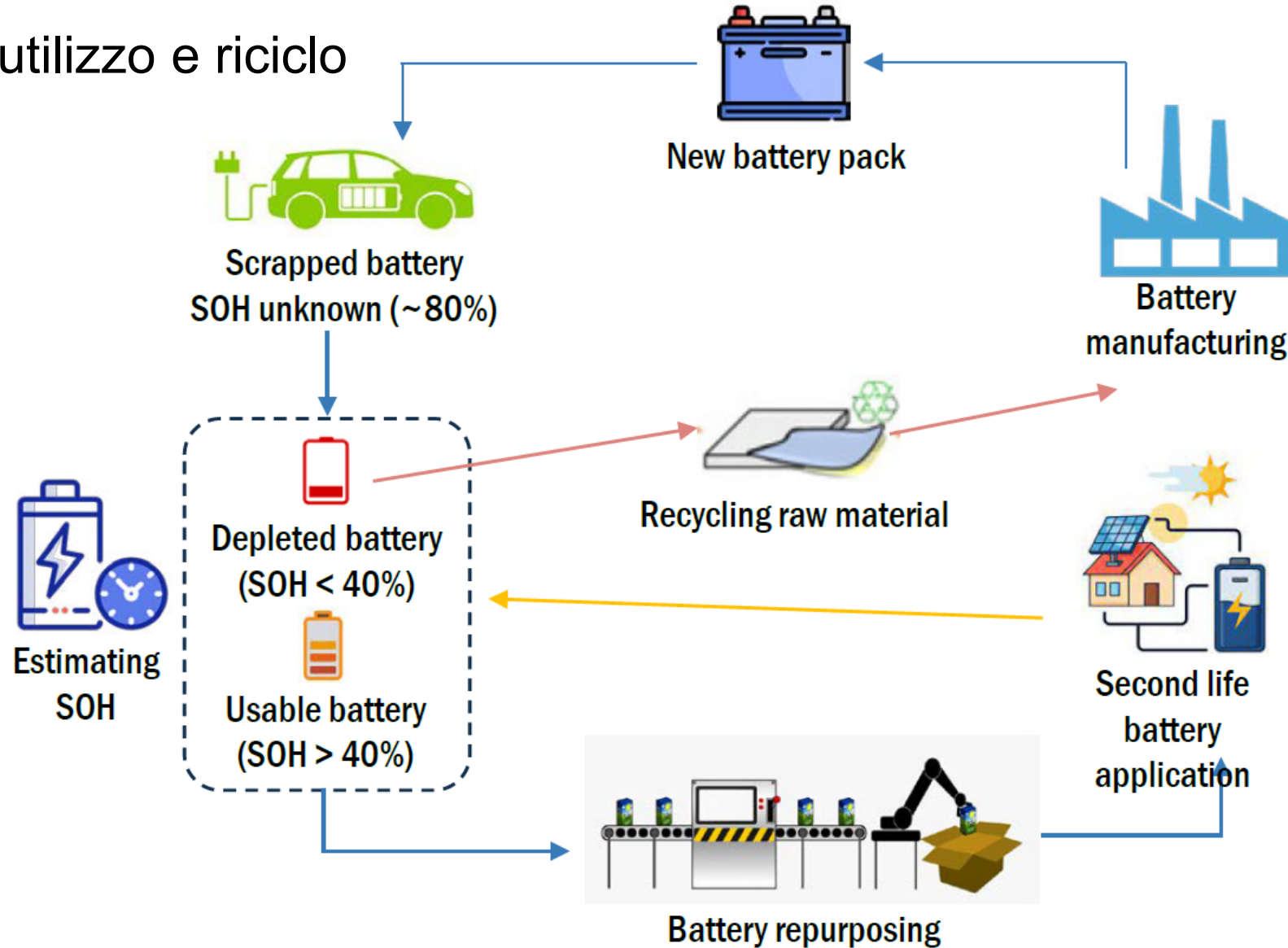
COME SI PRODUCE L'ENERGIA CHE ALIMENTA I VEICOLI ELETTRICI?

In Italia:

- ✓ **Caso base:** mix nazionale → 52% rinnovabile
- ✓ **Caso migliore:** fotovoltaico/eolico/idroelettrico
- ✓ **Caso peggiore:** la componente fossile è quasi esclusivamente gas naturale ad alto rendimento (...il meno "sporco")
- ✓ Emissioni da pochi camini monitorati rigorosamente e in continuo vs. emissioni da milioni di tubi di scarico ad altezza strada e monitorati "come sappiamo" (revisione ogni 4/2 anni???... dieselgate...)

LA GESTIONE DELLE BATTERIE USATE

Riutilizzo e riciclo

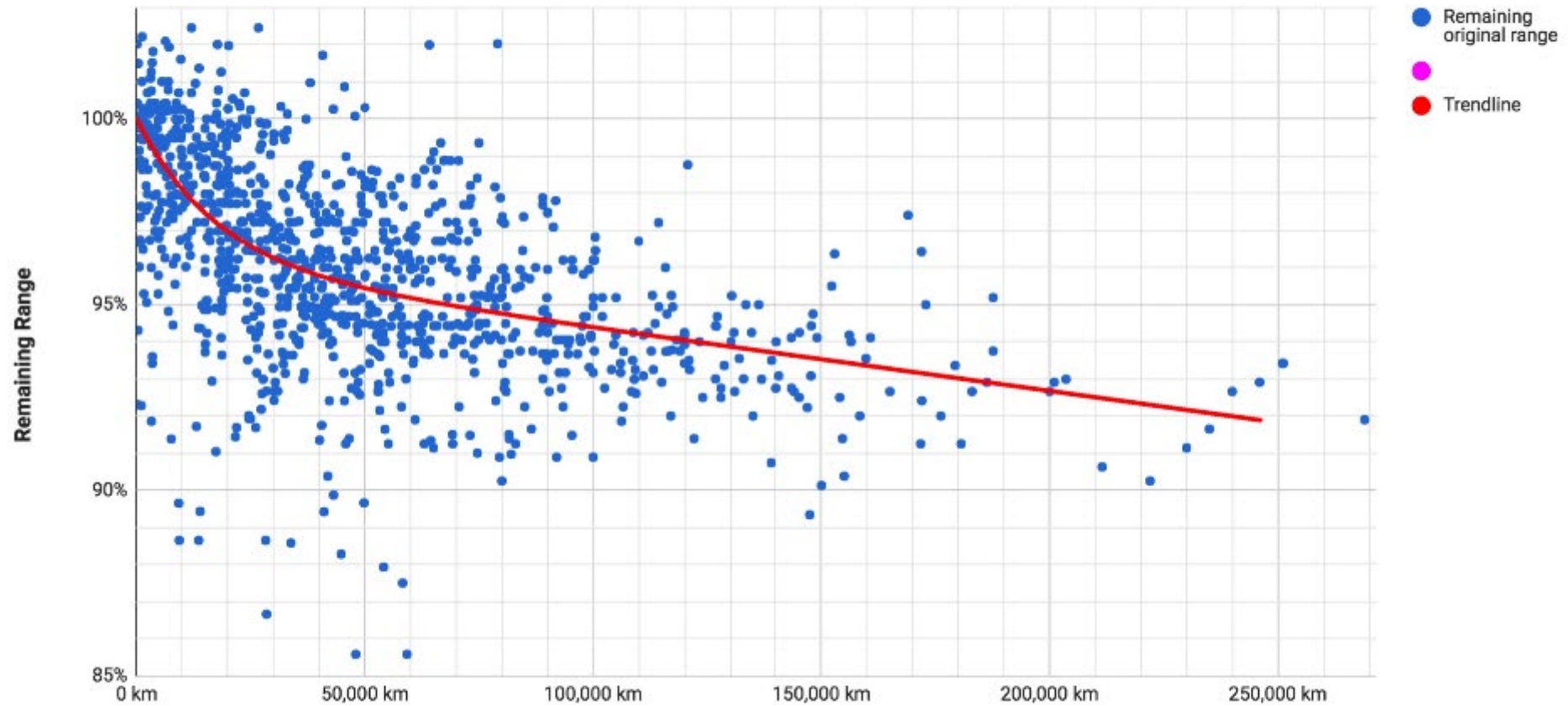


Fonte: Second Life EV Battery Market - Forecast to 2030, Markets&Markets

LA GESTIONE DELLE BATTERIE USATE

E quanto dura?

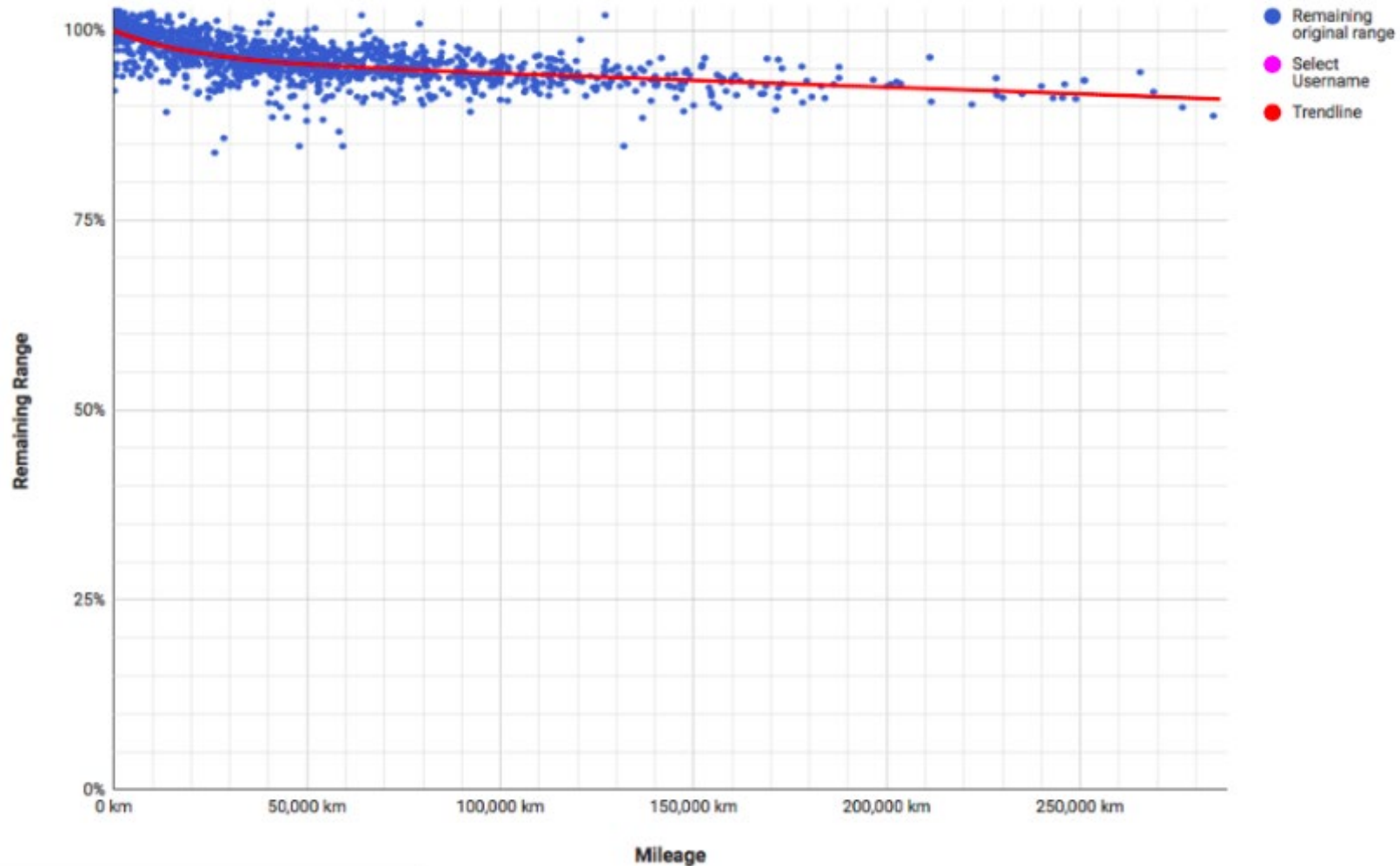
Tesla Model S/X Mileage vs Remaining Battery Capacity



LA GESTIONE DELLE BATTERIE USATE

Occhio alla scala...

Tesla Model S/X Mileage vs Remaining Battery Capacity (Same chart as above but at full scale for better perspective)



Existing EV batteries may last up to 40% longer than expected

Consumers' real-world stop-and-go driving of electric vehicles benefits batteries more than the steady use simulated in almost all laboratory tests of new battery designs, Stanford-SLAC study finds.

"La guida reale con accelerazioni frequenti, frenate che ricaricano un po' le batterie, fermarsi per entrare in un negozio e lasciare riposare le batterie per ore alla volta, aiuta le batterie a durare più a lungo di quanto avessimo pensato"

Nature Energy, 2024

MESSAGGI CONCLUSIVI

- ✓ E' necessario un forte ridimensionamento dell'uso dell'auto privata, soprattutto in città. E lo si può fare già oggi!
- ✓ L'auto elettrica può contribuire a risolvere molti problemi ambientali, ma non tutti
- ✓ Il suo sviluppo deve essere indissolubilmente legato alla transizione verso le energie rinnovabili
- ✓ Per sua natura dovrebbe essere associata ad un utilizzo più intelligente e razionale dell'auto (*cambiamento comportamentale*)