

Veicoli a guida autonoma, smart road, carburanti alternativi per trasporti più sostenibili

Ilaria Henke

**Prof.ssa Pianificazione dei Trasporti
Universitas Mercatorum**

Webinar 19 maggio 2025



PROGRAMMA
INFRASTRUTTURE



UNIONCAMERE
EMILIA-ROMAGNA



SISTEMA CAMERALE
DELL'EMILIA-ROMAGNA



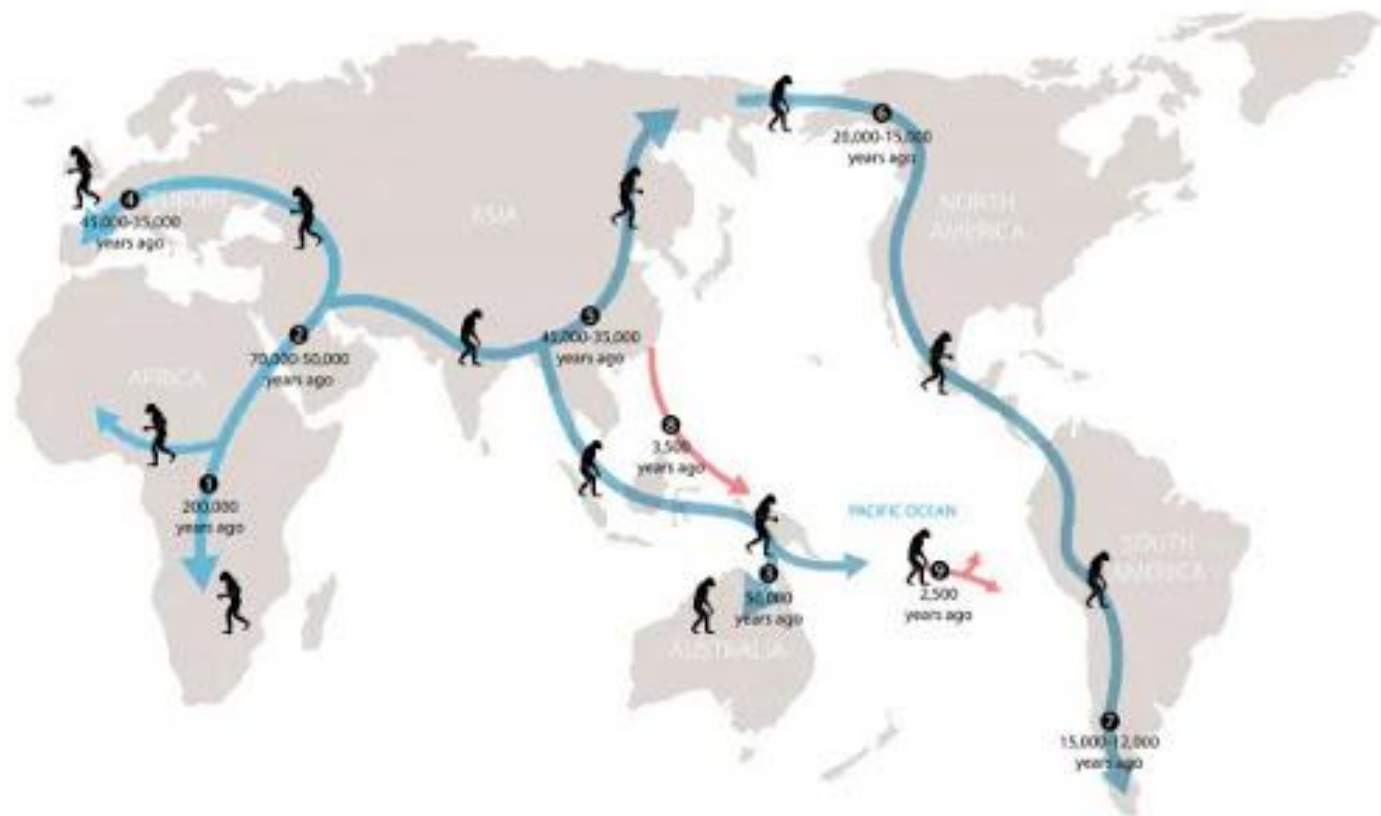
UNIONTRASPORTI

Sommario

- 1) Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti
- 2) I tre motori della settima rivoluzione
 - ✓ Digitalizzazione delle infrastrutture e guida autonoma
 - ✓ Decarbonizzazione
 - ✓ Nuovi servizi di mobilità
- 3) Le opportunità ed i rischi della settima rivoluzione dei trasporti sulla sostenibilità sociale, economica ed ambientale

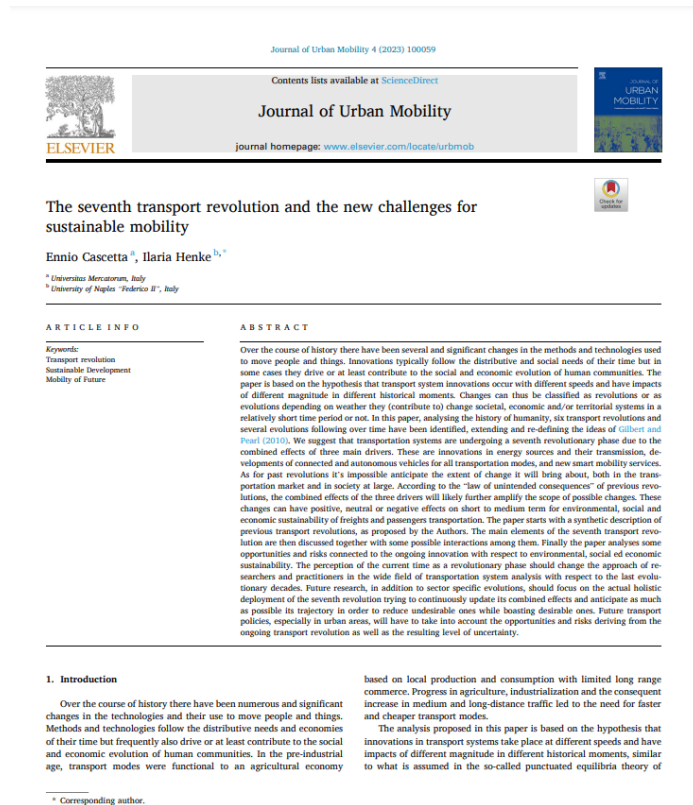
Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti

L'“homo sapiens” da 250.000 anni fa si è spostato solo a piedi in gruppi di decine o centinaia di individui cacciatori – raccoglitori



Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti

Rivoluzione dei Trasporti :Innovazioni «disruptive» della offerta dei sistemi di mobilità ... ma non solo



Cascetta, E., & Henke, I. (2023). The seventh transport revolution and the new challenges for sustainable mobility. Journal of Urban Mobility, 4, 100059.

Rivoluzione dei trasporti, è un'innovazione nei sistemi di trasporto che producono e/o consentono cambiamenti sociali significativi, si verificano in un arco di tempo relativamente limitato e orientano le successive evoluzioni che avvengono in un periodo di tempo più lungo.



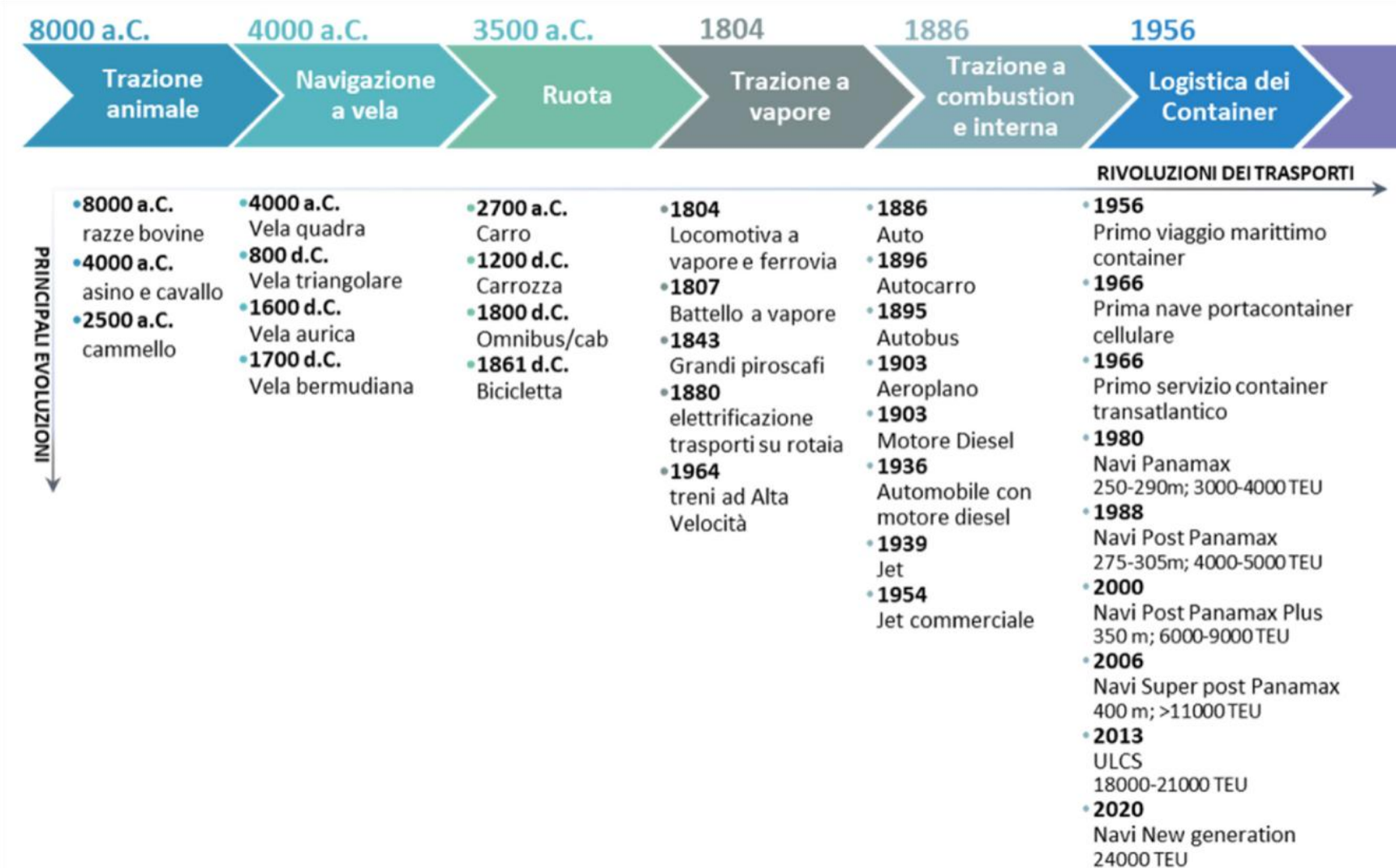
Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti

Innovazioni tecnologiche, rivoluzioni ed evoluzioni

La tecnologia da sola non basta, c'è bisogno che essa modifichi il funzionamento della società.

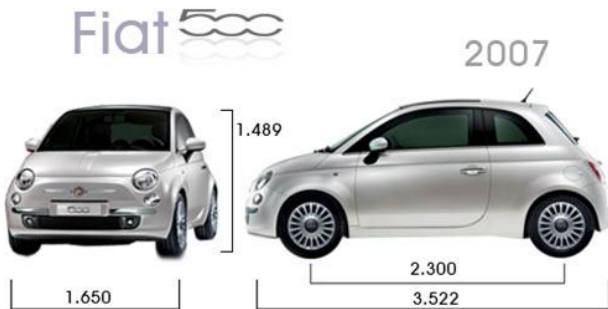
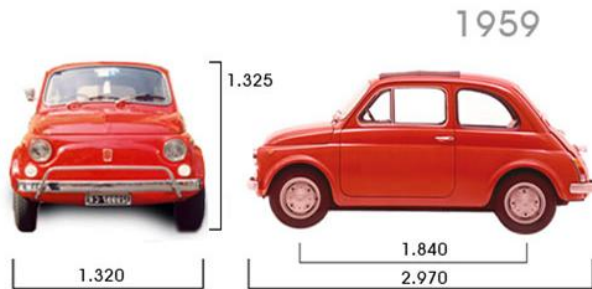
Ovviamente una tecnologia simboleggia l'innovazione anche se l'innovazione riguarda tutto il sistema: infrastrutture, organizzazione, normative, mercati

Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti



Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti

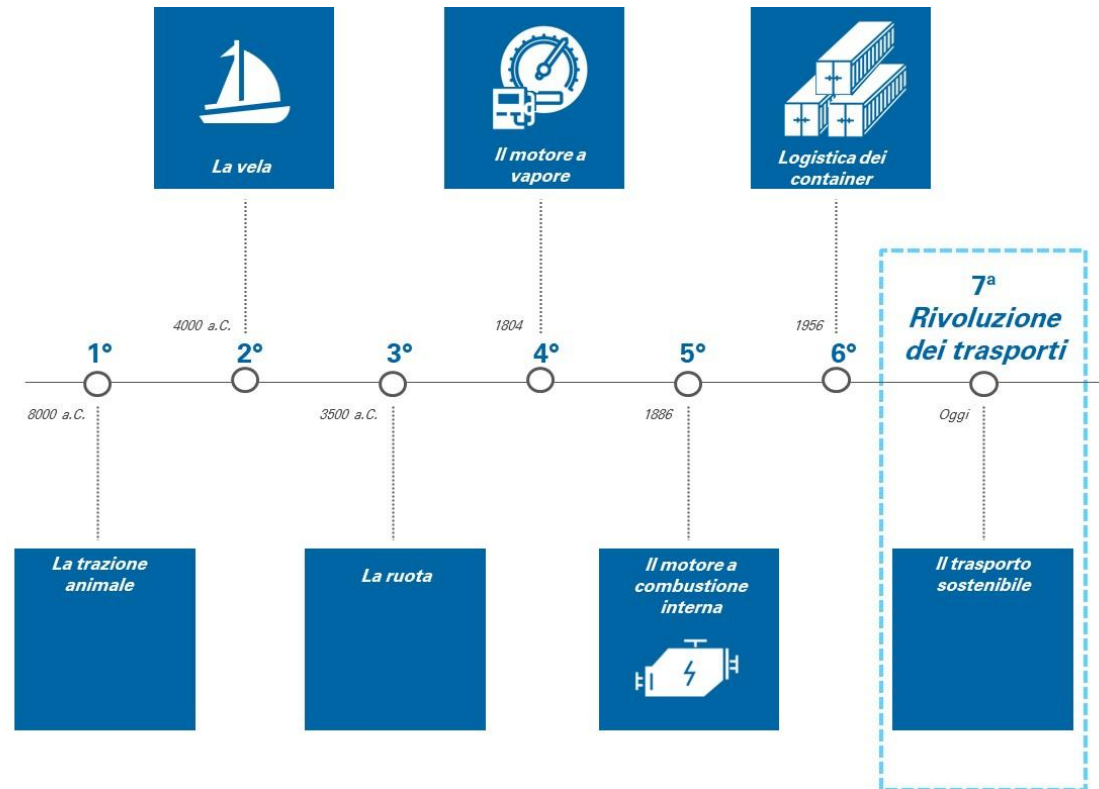
- Dal 1960 evoluzioni dei sistemi di trasporto per viaggiatori e merci
- Negli ultimi 60 anni si è verificata solo un'evoluzione di ciò che era già disponibile 60 anni fa ma sostanzialmente non sono cambiate le tecnologie in uso.



Le 7 rivoluzioni dei trasporti

Nel corso della storia abbiamo assistito a delle rivoluzioni e successive evoluzioni che hanno interessato il modo di spostarci

Ad oggi siamo nel corso della 7 rivoluzione dei trasporto

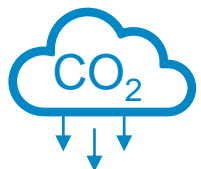


Le prime 6 rivoluzioni dei trasporti



I 3 driver della 7° rivoluzione dei trasporti

Le componenti della 7° rivoluzione della mobilità sostenibile e digitale



DECARBONIZZAZIONE: in corso la **trasformazione di motori** di trazione, **fonti di energia, reti di approvvigionamento**. Gli obiettivi mondiali, europei e nazionali puntano al 2050 come traguardo carbon-neutral



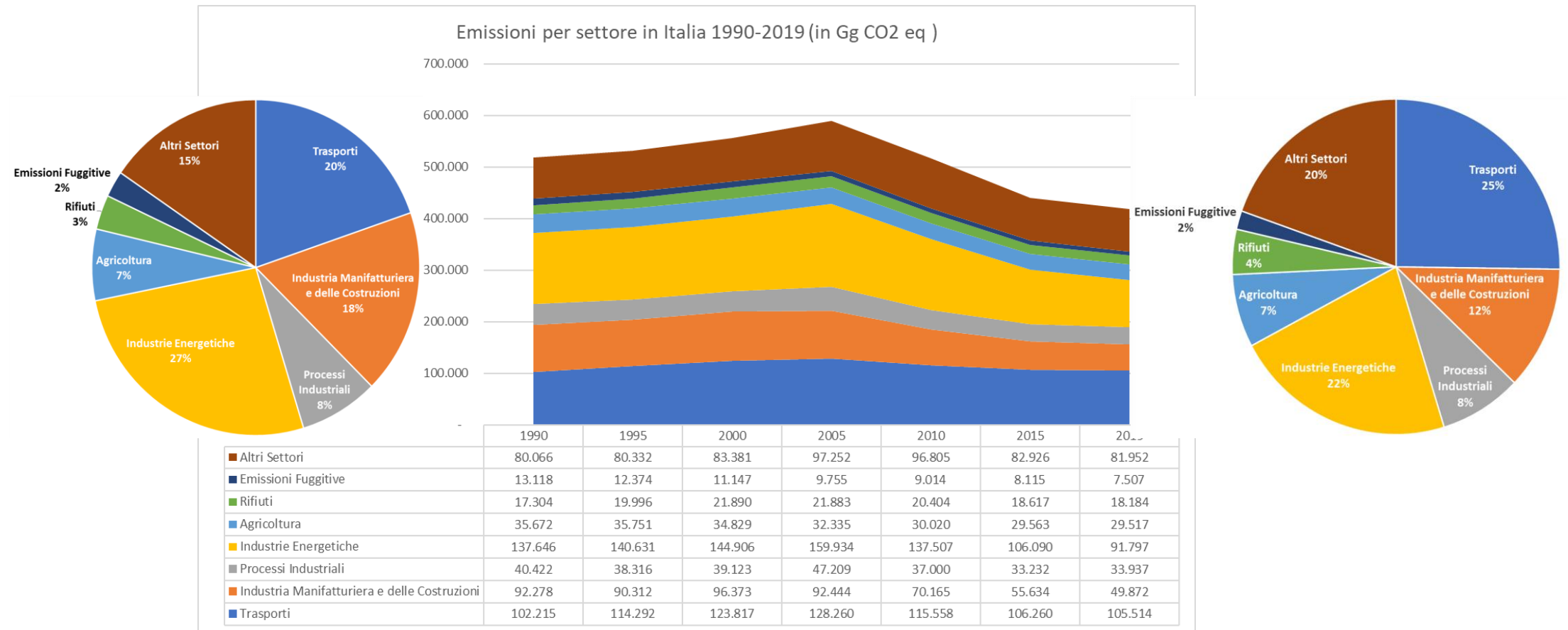
GUIDA AUTONOMA : Sistemi innovativi di guida che porteranno a livelli sempre maggiori di **automazione** grazie alle Tecnologie dell'informazione e della Comunicazione (**ICT**), alla **digitalizzazione** dell'automazione, **all'intelligenza artificiale** e alla **tecnologia 5G**



SMART MOBILITY: Mobilità condivisa, interconnessa e intelligente, grazie alle innovazioni tecnologiche legate alla ICT e alla APP-economy che rendono possibili **nuovi servizi di mobilità e per la mobilità**

1) La decarbonizzazione

Peso crescente del settore trasporti sulle emissioni di gas serra



1) La decarbonizzazione



Sole, vento e batterie In attesa di nuove invenzioni

ora però i 194 governi che hanno scritto alle Nazioni Unite tracciano il profilo di un fallimento. Secondo l'Onu entro il 2030 serve un taglio delle emissioni di gas serra del 45% (dal livello del 2010) solo per contenere il riscaldamento globale a 1,5 gradi Celsius sopra alle temperature dell'era pre-industriale. Gli Stati della Cop26 non vanno in quella direzione. Gli impegni dei principali Paesi (tutti salvo la Cina) prevedono un calo delle emissioni del 2030, ma di un quarto del necessario. Se poi si aggiunge che la Cina, l'Onu prevede al 2030 un aumento del gas serra del 50%, a Glasgow, gli sherpa del clima hanno già capito che i loro negoziati non avrebbero dissolto la minaccia. Solo le nuove tecnologie possono farlo. Ma sono pronte?

L'innovazione che serve Il World Energy Outlook per il 2020 dell'agenzia internazionale dell'energia (Iea) fornisce la risposta più sincera.

Il necessario abbattimento della CO₂ presupporrebbe — si legge — un cambio di passo nella velocità alla quale l'innovazione tecnologica avviene e nella scala alla quale vengono dispiante le tecnologie determinanti come la cattura, l'utilizzazione e il sequestro del carbonio, l'idrogeno e le piccole centrali nucleari modulari. Al elenco va aggiunta la risposta per ora più importante: le

Il testimonial

Leo DiCaprio e la spilla ecologista



Ambasciatore Leonardo DiCaprio a Cop26

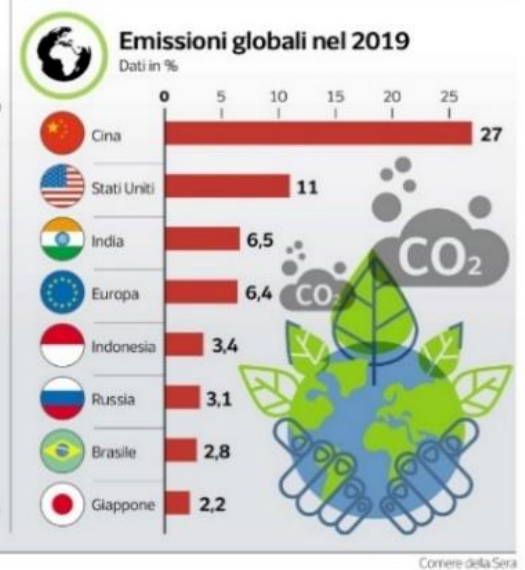
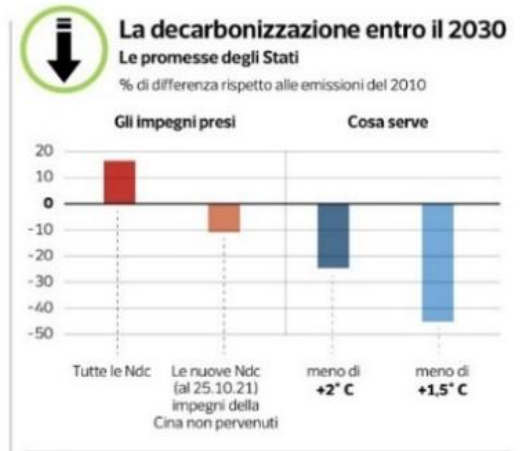
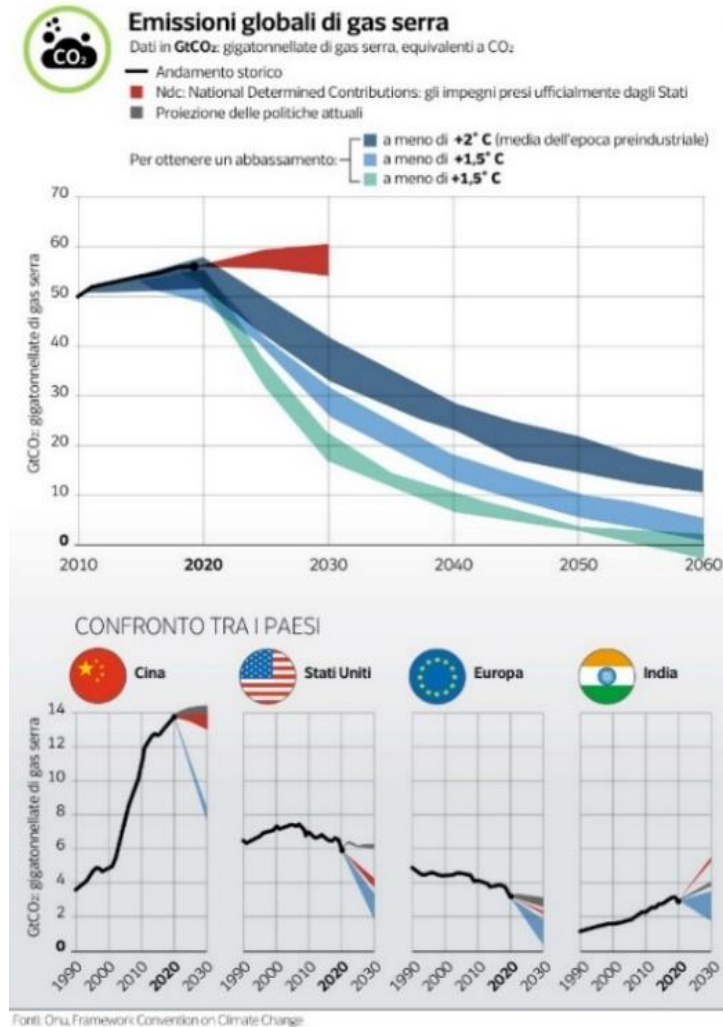
Anche Leonardo DiCaprio tra i delegati. L'attore, storico ambientalista, dal 2014 testimonial Onu sui rischi del cambiamento climatico, nella sala della conferenza è stato circondato dalle telecamere: abito blu, vistosa spilla multicolore simbolo della sua adesione alla battaglia ecologista. È profilo Instagram aggiornato con l'hashtag dell'evento, #COP26.

oltre quattro quinti del totale. Ma proprio i calcoli sull'Italia rivelano come questa sia una risposta all'emergenza, allo stesso tempo, necessaria e in sé alla lunga insufficiente. Un problema di fondo delle rinnovabili è infatti la loro intermittenza di notte non c'è il sole e il vento non spira sempre. Ciò rende necessario immagazzinare l'elettricità accumulata in batterie che oggi richiedono

2030 potrà coprire solo l'8% della domanda.

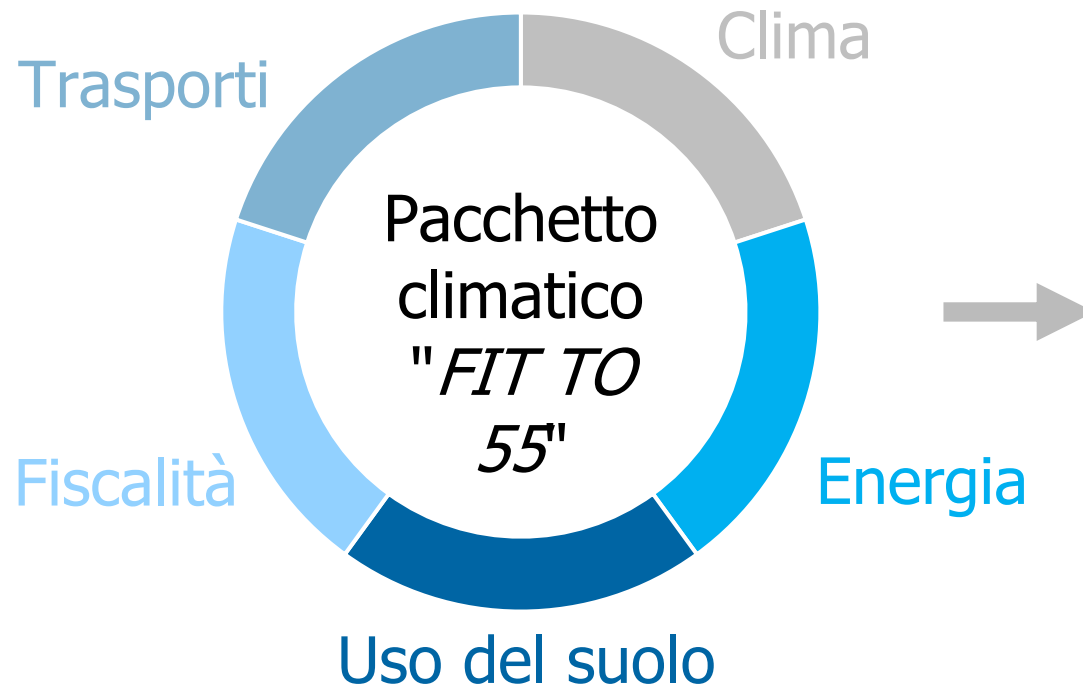
La cattura della CO₂
Dal 1996 Equator, il colosso norvegese degli idrocarburi, cattura la CO₂ alla fuoriscia nel suo giacimento di Sleipner nel mare del Nord. Dan- que la tecnologia esiste e può essere applicata alle centrali elettriche alimentate a gas o a ciminiere di acciaierie e cementifici. Catturare le emissioni costa circa 70 euro a tonnellata, poco più del prezzo attuale dei diritti di emissione. Ma alla lunga mancherebbe spazio per sequestrare il carbonio catturato. E la cattura della CO₂ in atmosfera, dove è molto più dispersa, richiede quantità enormi di energia. Su questa modalità punta Bill Gates, ma servono molti progressi.

Mini centrali nucleari
Le centrali nucleari «modulari», non più grandi di un container, alimentano già sottomarini e portuali. I prossimi dieci anni diranno se sono replicabili per uso civile. E i prossimi decenni diranno quando sarà accessibile la fusione nucleare, che può risolvere molti problemi perché non produce scorie. «L'unica strada è trovare nuove tecnologie», dice Zolli. «Per ora non possiamo permetterci di escludere nessun approccio». Il viaggio è iniziato. L'Onu, al momento, è segnata a matita sulla carta.



14 Luglio 2021 "Fit for 55"

Pacchetto climatico EU in discussione



OBIETTIVI

- Entro il 2030 emissioni di gas a effetto serra - 55% rispetto al 1990
- Entro il 2050 «carbon neutrality»

Regolamento (UE) 2023/857 (aprile 2023): stabilito obiettivi specifici per ciascuno Stato membro per l'Italia -43,7% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005

Gli obiettivi di decarbonizzazione internazionali

- ❑ Il **Regolamento sulla Condivisione degli Sforzi (Effort Sharing Regulation - ESR)** stabilisce **obiettivi vincolanti** di riduzione delle emissioni per ciascuno Stato membro dell'UE **nei settori non coperti dal Sistema di Scambio delle Quote di Emissione (ETS)**, come trasporti, edilizia, agricoltura e rifiuti
- ❑ Nel **marzo 2023**, nell'ambito del pacchetto "Fit for 55", l'UE ha adottato il **Regolamento (UE) 2023/857**, che **aggiorna e modifica** il precedente Regolamento, **rivedendo** al rialzo **gli obiettivi** di riduzione delle emissioni **degli Stati membri per il 2030 rispetto ai livelli del 2005**

BRIEFING

EU Legislation in Progress



Revising the Effort-sharing Regulation for 2021-2030: 'Fit for 55' package

OVERVIEW

The EU's effort-sharing legislation covers greenhouse gas (GHG) emissions in sectors not included in the EU emissions trading system. A wide range of sources account for these emissions, such as petrol and diesel used for road transport, energy used for heating and cooling in buildings, animal digestion and fertilisers used in agriculture, waste treatment, and small industries. To cut the emissions in these sectors, the EU effort-sharing legislation establishes binding targets and sets up annual emissions allocations for each Member State for the 2013-2020 and 2021-2030 periods. On 14 July 2021, the European Commission submitted a proposal on a regulation amending the binding annual emissions reductions by Member States from 2021 to 2030. It reviews the collective and national targets set up in the Effort-sharing Regulation (ESR). The proposal is part of the 'fit for 55' package, which aims to adapt EU climate and energy legislation to the new EU objective of an at least 55 % reduction in net GHG emissions by 2030 compared to 1990, in accordance with the recent European Climate Law. In order to contribute to the new climate ambition, sectors covered by the ESR should achieve a collective reduction of 40 % in their emissions by 2030 compared to 2005.

The European Parliament adopted its position on 8 June 2022, while the Council agreed its general approach on 29 June 2022, enabling the launch of interinstitutional negotiations (trilogues).

26.4.2023

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

L 111/1

I

(Atti legislativi)

REGOLAMENTI

REGOLAMENTO (UE) 2023/857 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

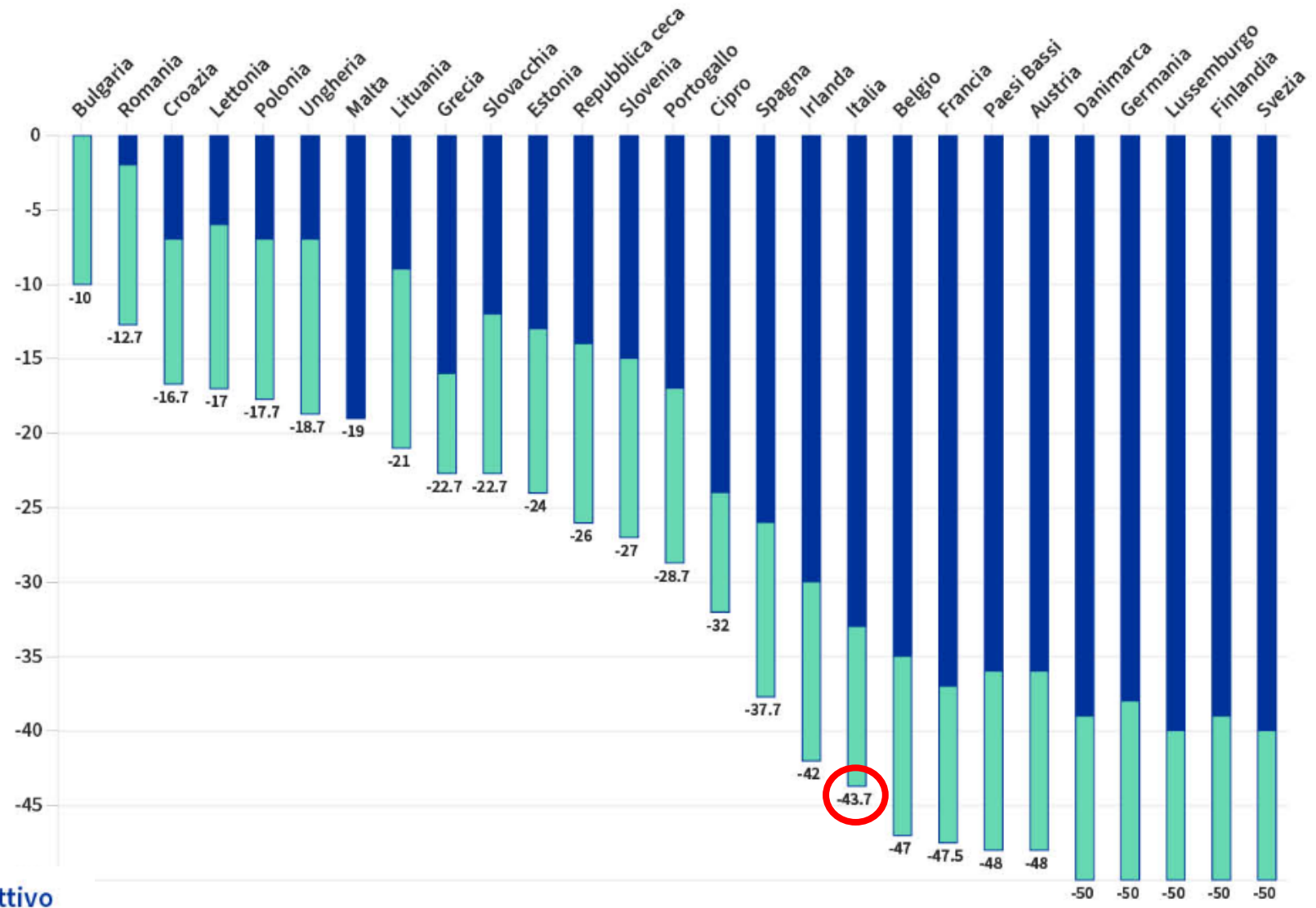
del 19 aprile 2023

che modifica il regolamento (UE) 2018/842, relativo alle riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas serra a carico degli Stati membri nel periodo 2021-2030 come contributo all'azione per il clima per onorare gli impegni assunti a norma dell'accordo di Parigi, nonché il regolamento (UE) 2018/1999



“Fit for 55”: ESR Effort Sharing Regulation

- Per ogni stato membro, sono fissati in modo equo in termini di costi ter delle circostanze naziona
- L'Italia passa da un obbie ad uno di -43,7%



Obiettivo attuale

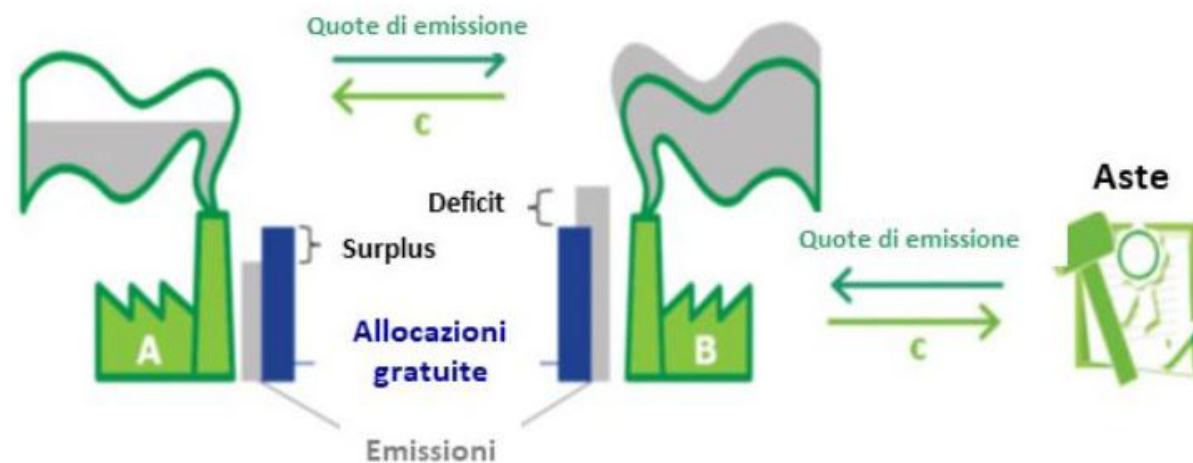
Aumento dell'obiettivo

"Fit for 55": ETS Emissions Trading System (1/4)

L' **Emission Trading System (ETS)**, o scambio di quote di emissione, è un approccio basato sul mercato per affrontare il problema delle emissioni di gas serra e mitigare i cambiamenti climatici

Principi chiave:

- ✓ Si basa sul principio "chi inquina paga"
- ✓ Ha l'obiettivo di abbattere le emissioni e finanziare la transizione green dell'UE
- ✓ È stato introdotto dalla Direttiva 2003/87/CE (Direttiva ETS)



“Fit for 55”: ETS Emissions Trading System (2/4)

Come funziona:

- **Meccanismo Cap:** Il governo/autorità competente stabilisce un **limite massimo** (quote) di emissioni di gas serra che possono essere emesse da determinate industrie/settori in un anno
- **Meccanismo Trade:** Le aziende ricevono o acquistano un numero di quote equivalente alle loro attuali emissioni o a una parte del limite complessivo (1 quota = 1 tonnellata di CO₂ equivalente). Queste quote rappresentano il diritto di emettere una determinata quantità di gas serra
- **Scambio di quote:** Le aziende che riescono a ridurre le proprie emissioni al di sotto del limite possono **vendere le loro quote in eccesso** ad altre aziende che superano i limiti. Ciò crea un incentivo economico per ridurre le emissioni
- **Penalità per superamento dei limiti:** Le aziende che superano i loro limiti e non hanno abbastanza quote devono **pagare multe** o affrontare altre sanzioni

“Fit for 55”: ETS Emissions Trading System (3/4)

Le tappe principali dell'ETS e l'introduzione dell'ETS 2

 **2003** – L'**ETS (Emissions Trading System)** viene istituito con la **Direttiva 2003/87/CE**, in risposta agli obblighi del Protocollo di Kyoto

 **2005** – Iniziano le operazioni ufficiali dell'ETS, che copre settori come **energia, industria e aviazione**

 **Aprile 2023** – Il Parlamento europeo **approva la riforma** dell'ETS (**Direttiva 2023/959/UE**)

 **Giugno 2023** – **Entra in vigore** la Direttiva (UE) 2023/959, che introduce il nuovo **ETS 2 per il trasporto su strada** e gli edifici

“Fit for 55”: ETS Emissions Trading System (4/4)

Tappe specifiche per il trasporto su strada (ETS 2)

- ✓ **2025** – Inizio della **fase di monitoraggio e rendicontazione** delle emissioni dei carburanti per il trasporto su strada
- ✓ **2027** – Avvio della **fase di mercato**: verranno messe all'asta le quote di emissione e il sistema entrerà in piena operatività
- ✓ **31 maggio 2028** – Prima scadenza per la **restituzione delle quote** da parte degli operatori



Trasporto su strada: trasporti pubblici e privati (escluso uso dei mezzi agricoli su strade asfaltate)



Edifici: residenziali, commerciali e istituzionali



Piccole industrie energetiche / manifatture / settore costruzioni che impiegano calore di processo (non in ETS)

La regolamentazione/ direttive europee (1/2)

Normativa UE Articolata, incompiuta e contraddittoria

Il quadro normativo e regolatorio di riferimento - che viene definito a livello europeo per poi essere recepito anche a livello nazionale - è piuttosto complesso, e non è ancora concluso e mostra delle incoerenze e assenza di neutralità tecnologica

Ciò non deve distogliere le Istituzioni, gli operatori, i cittadini e le imprese dall'obiettivo di proseguire verso la transizione energetica del trasporto su gomma

Ambito	Regolamenti/Direttive	Percorso legislativo
Policies sul settore dei trasporti su gomma	Regolamento sulle emissioni di CO ₂ relativo alle auto e ai veicoli commerciali leggeri di nuova immatricolazione	✓
	Regolamento per gli standard emissivi dei veicoli pesanti di nuova immatricolazione	✓
	Regolamento sulle emissioni di inquinanti	✓
	Regolamento sulle infrastrutture per le alimentazioni alternative (c.d. AFIR)	✓
Policies a più ampio spettro su settore della mobilità con vincoli di sostenibilità ed emissioni per la commercializzazione dei vettori energetici	Direttiva sulle energie rinnovabili (c.d. RED III)	✓
	Direttiva sulla qualità dei carburanti (c.d. Fuel Quality Directive - FQD) – con gli emendamenti introdotti dalla direttiva c.d. ILUC	✓
	Direttiva sul sistema dello scambio di quote di emissioni serra (c.d. ETS)	✓
	Regolamento sulla Tassonomia	✓
	Regolamento Effort Sharing che disciplina la riduzione delle emissioni GHG per i settori attualmente esclusi dall'ETS	✓
	Direttiva "ETD - Energy Taxation Directive" sulla tassazione dei prodotti energetici	✓

✓ Atteso nel 2024

✓ Approvato

24

La regolamentazione/ direttive europee (2/2)

Normativa UE
Articolata, incompiuta e contraddittoria

Il quadro normativo e regolatorio di riferimento - che viene definito a livello europeo per poi essere recepito anche a livello nazionale

- è piuttosto complesso, e non è ancora concluso e mostra delle incoerenze e assenza di neutralità

Il **Regolamento (UE) 2024/1610** è stato adottato il **14 maggio 2024** ed emenda il Regolamento 2019/1242, con l'obiettivo di **rafforzare gli standard di emissioni di CO₂** per i veicoli pesanti

Introduce nuovi **obiettivi più ambiziosi** per la riduzione delle **emissioni di CO₂** e aggiorna le disposizioni di **monitoraggio e reporting** per i **produttori di veicoli**

Ambito	Regolamenti/Direttive	Percorso legislativo
Policies sul settore dei trasporti su gomma	Regolamento sulle emissioni di CO ₂ relativo alle auto e ai veicoli commerciali leggeri di nuova immatricolazione	✓
	Regolamento per gli standard emissivi dei veicoli pesanti di nuova immatricolazione	✓
	Regolamento sulle emissioni di inquinanti	✓
	Regolamento sulle infrastrutture per le alimentazioni alternative (c.d. AFIR)	✓
Policies a più ampio spettro su	Direttiva sulle energie rinnovabili (c.d. RED III)	✓
	Direttiva sulla mobilità sostenibile (c.d. MIV) e la direttiva c.d. "Fit for 55"	✓
	Direttiva sul sistema dello scambio di quote di emissioni serra (c.d. ETS)	✓
	Regolamento sulla Tassonomia	✓
	Regolamento sulla "Energy Taxation Directive" sulla tassazione dei prodotti energetici	✓

✓ Atteso nel 2024

✓ Approvato

24

Regolamento UE CO2 per veicoli pesanti

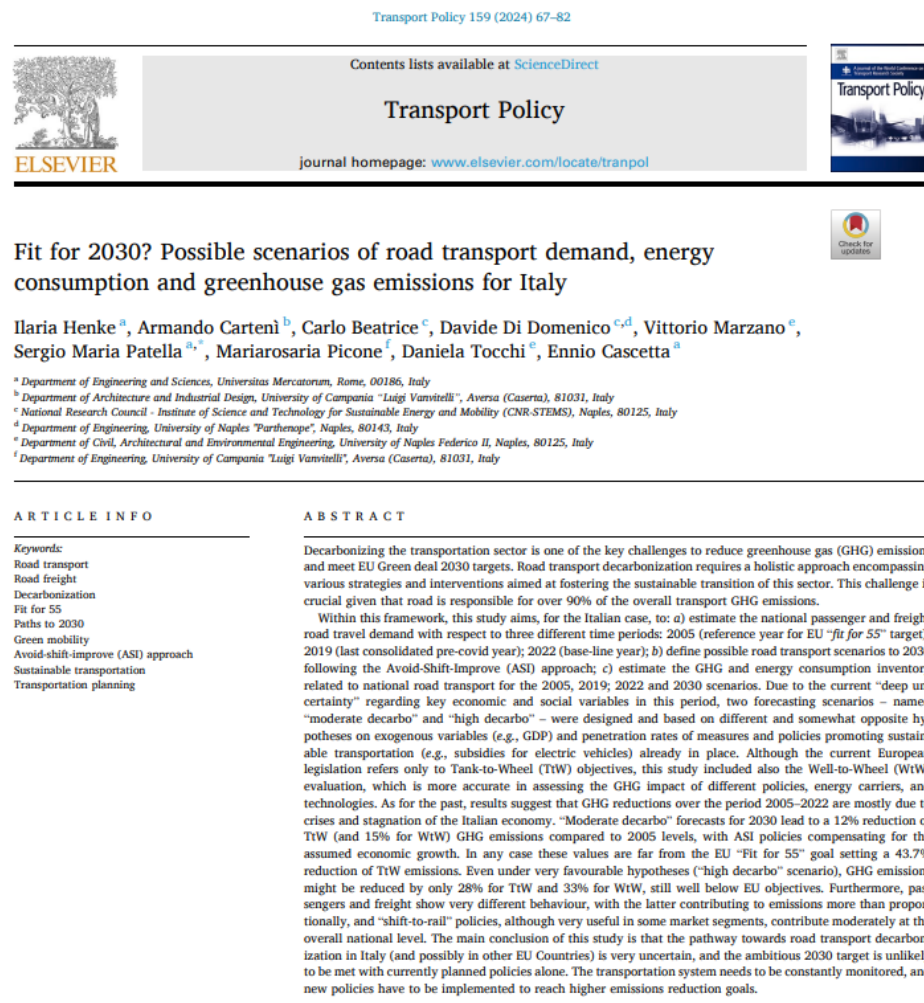
A novembre 2023 il Consiglio Europeo ha raggiunto un accordo ("orientamento generale") sulla proposta di revisione del regolamento sulle norme di emissione di CO2 dei veicoli pesanti. (EU) 2019/1242

Il Regolamento (UE) 2024/1610, adottato il 14 maggio 2024, introduce nuovi e più severi standard di emissione CO2 per i veicoli pesanti a partire dal 2030

Obiettivi di riduzione di CO ₂ r_{fsg} e $r_{fp_{sg}}$					
Sottogruppi sg		Periodo di riferimento degli anni			
		2025 – 2029	2030 – 2034	2035 – 2039	Dal 2040 in poi
Autocarri medi	53, 54	0	43 %	64 %	90 %
Autocarri pesanti > 7,4 t	1s, 1, 2, 3	0	43 %	64 %	90 %
Autocarri pesanti > 16 t con configurazioni degli assi 4x2 e [...] <u>6x2</u>	4-UD, 4-RD, 4-LH, 5-RD, 5-LH, 9-RD, 9-LH, 10-RD, 10-LH	15 %	43 %	64 %	90 %
Autocarri pesanti > 16 t con configurazioni speciali degli assi	11, 12, 16	0	43 %	64 %	90 %

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14284-2023-INIT/it/pdf>

La decarbonizzazione del settore dei trasporti (1/2)



Libro verde di Autostrade per l'Italia: “La rivoluzione della mobilità sostenibile parte dalle autostrade. Sicure, digitali, decarbonizzate”, 2023



<https://libroverde.autostrade.it/>

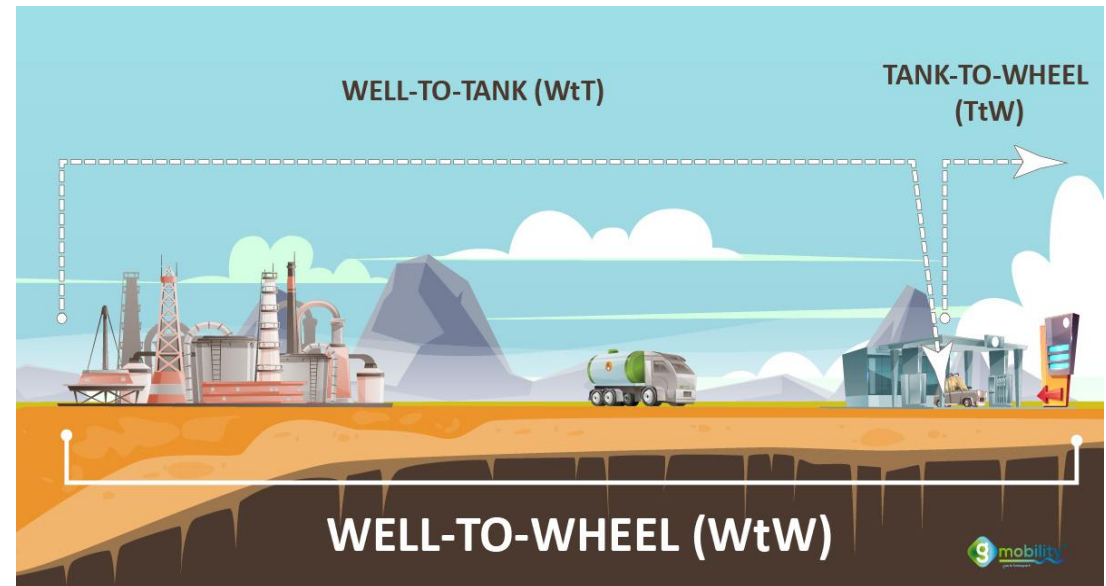
La decarbonizzazione del settore dei trasporti (2/2)

Obiettivi di ricerca

- 1 Stime - per il settore del trasporto su strada - domanda, consumo energetico e emissioni di gas serra sia per il trasporto passeggeri che per il trasporto merci nel 2019 e nel 2022 in Italia
- 2 Prevedere l'evoluzione del mercato del trasporto su strada (domanda, consumo energetico, emissioni di gas serra) in Italia fino al 2030 utilizzando il framework ASI
- 3 Valutare i possibili scenari per l'Italia al fine di raggiungere gli obiettivi dell'UE per il 2030

Metodologia: ipotesi (1/3)

- Modalità di trasporto: strada (>90% delle emissioni totali di CO₂eq nel settore dei trasporti in Italia)
- Tipologie di veicoli:
 - Passeggeri: auto, autobus, motocicli
 - Merci: veicoli leggeri e pesanti
- Disaggregazione per:
 - Segmento: trasporto urbano, interurbano, trasporto merci, trasporto passeggeri
 - Classe Euro: Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
 - Tipo di motore/carburante: motori a combustione interna (benzina, diesel, gas), motori elettrici, ibridi, a idrogeno
 - Tipologie di strada: urbana, rurale, autostrade



- Ambito
 - Tank-To-Wheel (TTW) e Well-To-Wheel (WTW)

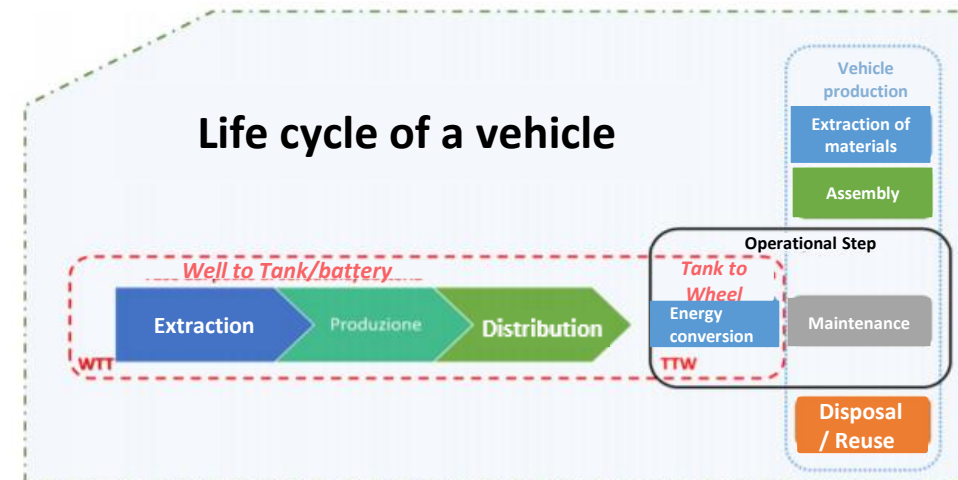
* in linea con la classificazione stradale ufficiale italiana

Metodologia: ipotesi (2/3)

- **TTW** = *Tank to Wheel* → Emissioni prodotte dalle operazioni dei veicoli

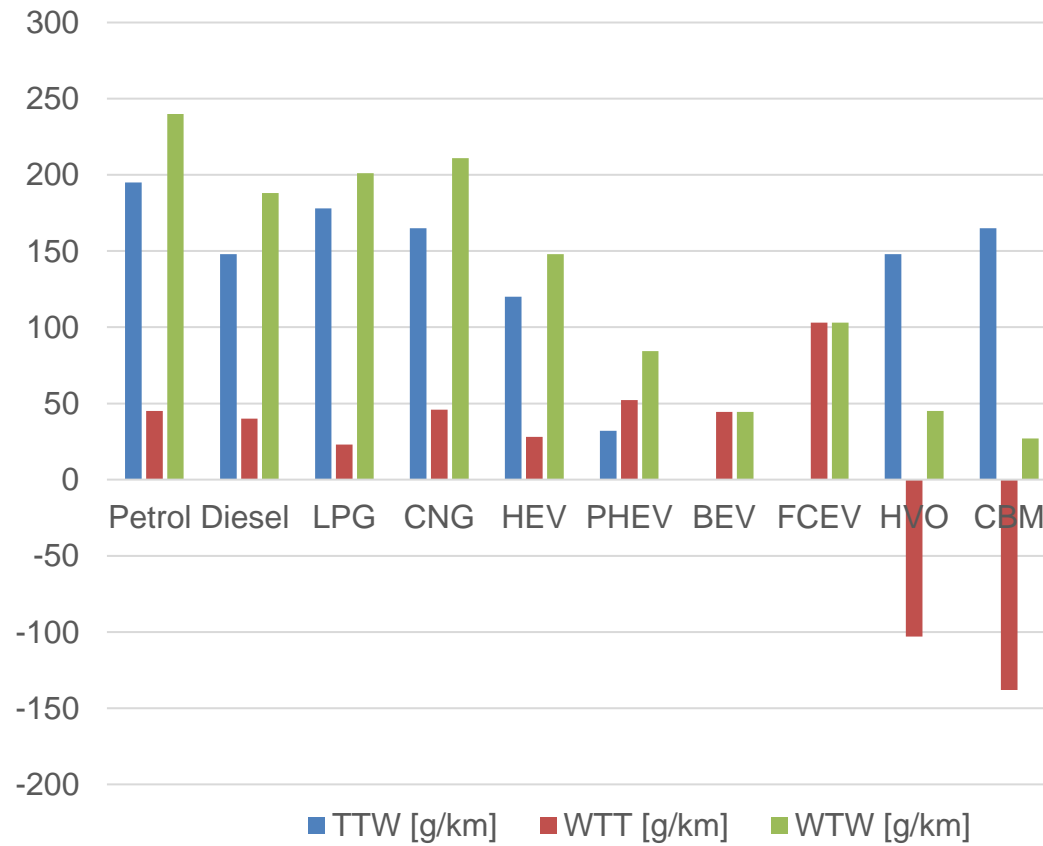
- **WTW** = *Well to Wheel*
 - **WTT** = *Well to Tank* → Emissioni derivanti dal l'estrazione, dalla raffinazione, dalla trasformazione, dal trasporto e dalla distribuzione di combustibili
 - **TTW** = *Tank to Wheel* → Emissioni prodotte dalle operazioni dei veicoli

- **LCA** = *Life Cycle Assessment*
 - **WTT**
 - **TTW**
 - **Smaltimento o riutilizzo**



Metodologia: ipotesi (3/3)

GREENHOUSE GAS EMISSIONS, AVERAGE
CO2 EQUIVALENTS FOR A CAR



Legenda

Benzina	Benzina
Diesel	Gasolio
LPG	Gas di petrolio liquefatto
CNG	Gas naturale compresso
HEV	Interamente ibrido
PHEV	Ibrido plug-in
BEV	Veicolo elettrico a batteria
FCEV	Veicoli elettrici a idrogeno
CBM	Biometano compresso

Risultati stime Mobilità in Italia 2019

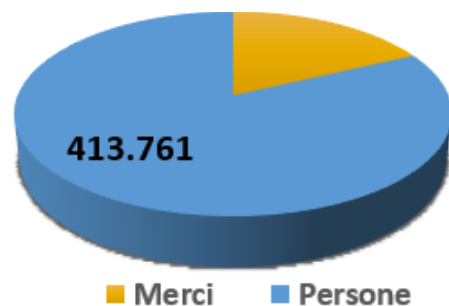
Risultati Bottom-up Totale 503.891 Mln veicoli*km

**Mobilità
Delle
persone**

	Mln veicoli *km (2019)			
	Urbano	Extraurbano	Autostrade	Totale
Auto	80.540	228.763	76.832	386.135
Motocicli	14.915	9.561	309	24.784
Bus	777	1.311	754	2.842
Totale	96.232	239.635	77.894	413.761

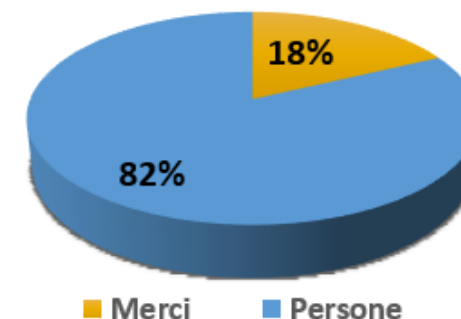
**Mobilità
Delle
merci**

	Mln veicoli *km (2019)			
	Urbano	Extraurbano	Autostrade	Totale
HGV	5.463	15.374	15.577	36.414
LGV	14.653	30.946	8.116	53.715
Totale	20.116	46.320	23.693	90.129



	Mln veicoli *km (2019)			
	Urbano	Extraurbano	Autostrade	Totale
Auto	19,5%	55,3%	18,6%	93,3%
Motocicli	3,6%	2,3%	0,1%	6,0%
Bus	0,2%	0,3%	0,2%	0,7%
Totale	23,3%	57,9%	18,8%	100,0%

	Mln veicoli *km (2019)			
	Urbano	Extraurbano	Autostrade	Totale
HGV	6,1%	17,1%	17,3%	40,4%
LGV	16,3%	34,3%	9,0%	59,6%
Totale	22,3%	51,4%	26,3%	100,0%



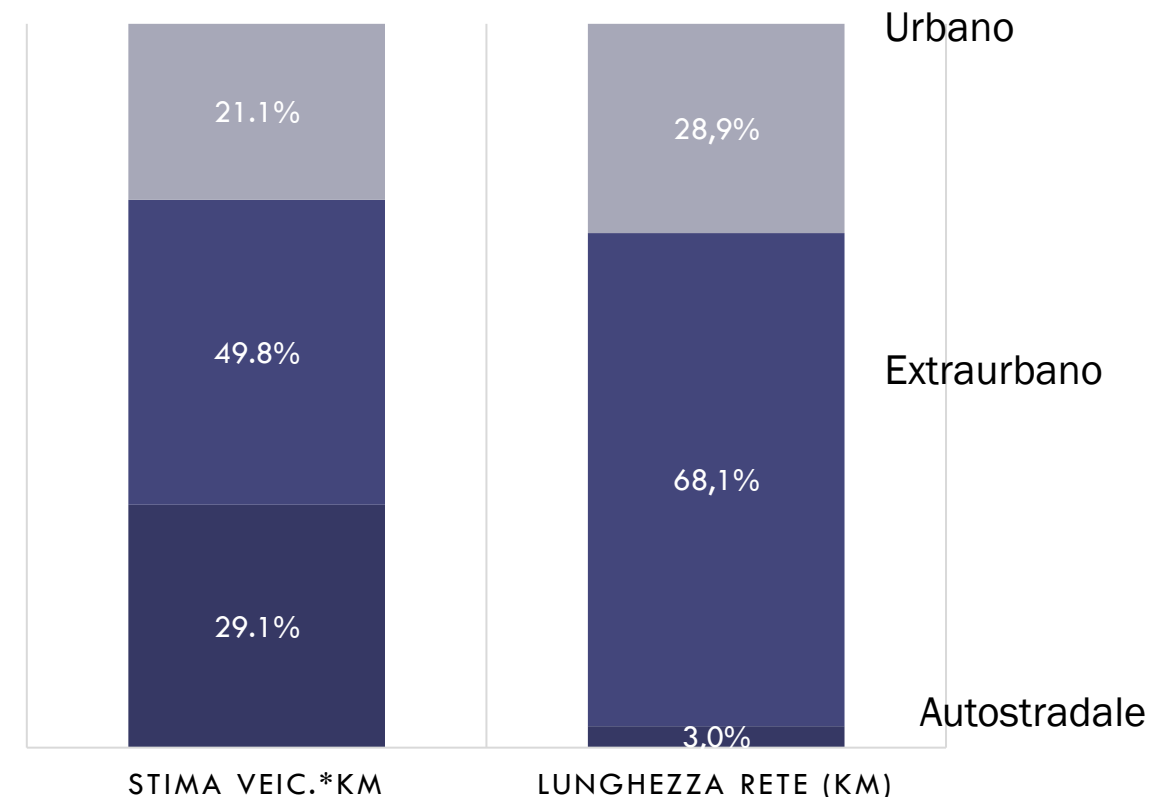
La rete autostradale conta solo per il 3% dei km ma serve circa il 18,8% dei passeggeri e 26,3% del trasporto merci

Uso più estensivo della rete autostradale

Il ruolo delle autostrade per il trasporto merci

- Nonostante la rete autostradale, per estensione, pesa solo il 3% dell'intera rete, il 29% dei km percorsi per trasporto merci è su rete autostradale
- Uso molto più estensivo della rete autostradale (+26 punti percentuali) a discapito dell'extraurbano

Confronto stima veicoli*km totali vs. lunghezza rete stradale (2019)

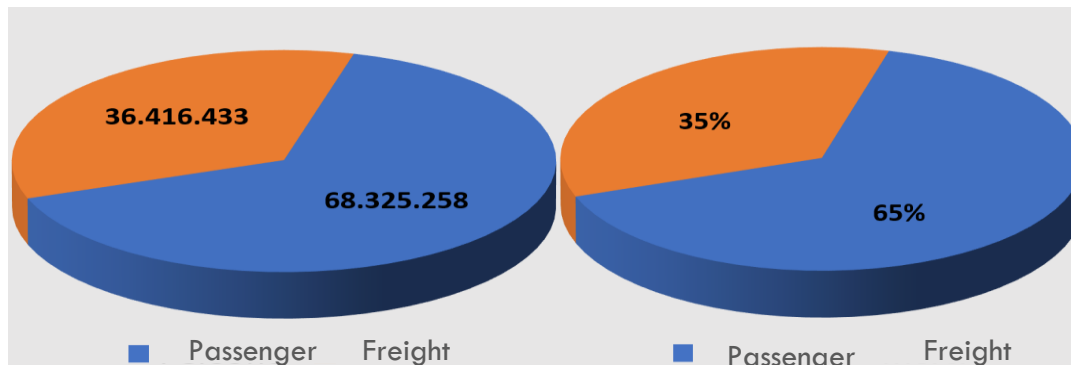


Emissioni al 2019

Emissioni di gas serra TTW e WTW (Mln tCO_{2eq} - 2019)

TTW (Mln tCO _{2eq} - 2019)	Urban	Rural	Highway	Total
Car	19,46	32,70	11,45	63,61
Motorcycles	1,58	0,88	0,04	2,49
Bus	0,87	0,92	0,43	2,22
Freight HGV	5,70	9,14	9,09	23,93
Freight LGV	4,62	5,88	1,99	12,49
Total	32,23	49,51	23,00	104,74

WTW (Mln tCO _{2eq} - 2019)	Urban	Rural	Highway	Total
Car	24,12	40,87	14,30	79,29
Motorcycles	1,94	1,08	0,04	3,06
Bus	1,09	1,16	0,54	2,79
Freight HGV	7,23	11,57	11,45	30,24
Freight LGV	5,85	7,45	2,53	15,83
Total	40,23	62,13	28,86	131,22



- mobilità dei passeggeri: 82% del chilometraggio totale vs. 65% delle emissioni del trasporto su strada
- mobilità delle merci: 18% della distanza in miglia totale vs. 35% delle emissioni del trasporto su strada
- maggior parte dei gas a effetto serra sulle strade rurali (47%)
- Emissioni di TTW circa l'80% delle emissioni di WTW

Il percorso di decarbonizzazione del trasporto su strada in Italia (1/3)

3 Ipotesi di contesto



AVOID: si traduce in politiche volte alla riduzione del numero di veicoli*km (meno viaggi, meno km, maggior riempimento) e degli sprechi di energia



SHIFT: si traduce in politiche (push e/o pull) di diversione modale vs modalità di trasporto più efficienti (es. modifiche comportamenti utenti)



IMPROVE: si traduce in politiche di incentivazione/promozione dello sviluppo tecnologico e del rinnovo del parco veicolare circolante (es. veicoli a basso impatto ambientale)

2 Scenari al 2030



Scenario tendenziale di massima decarbonizzazione: risulta dall'insieme di tutte le ipotesi più favorevoli alla riduzione del footprint del settore stradale (per es. circa **6,3 mln auto BEV**)



Scenario tendenziale di decarbonizzazione moderata: in ragione di ipotesi meno favorevoli ad una riduzione della CO₂ emessa (per es. circa **2,9 mln auto BEV**)

Il percorso di decarbonizzazione del trasporto su strada in Italia (2/3)

Gli scenari «accelerati» e combinati di Mod e Max decarbonizzazione al 2030

- I due scenari tendenziali di Mod e Max decarbonizzazione al 2030 fin qui rappresentati, come vedremo presentano risultati di riduzione delle emissioni di CO₂eq insufficienti a raggiungere gli obiettivi europei fissati dal «Fit for 55»
- Per tale motivo, partendo da tali scenari tendenziali e rafforzando alcune ipotesi formulate alla base del modello, si sono delineati 3 diversi scenari accelerati e combinati:

Il percorso di decarbonizzazione del trasporto su strada in Italia (3/3)

Scenari accelerati


- 1




2030 Tendenziale + MaxBioFuel




Scenario tendenziale con hp di diffusione incentivata per biofuel (HVO e biometano), sfruttando un'infrastruttura già capillare
- 2




2030 Tendenziale + Comportamenti Sostenibili



Scenario tendenziale con hp di promozione di comportamenti sostenibili degli utenti della strada (es. riempimento dei veicoli, eco-driving, digitalizzazione)
- 3















2030 Tendenziale + MaxBioFuel + Comportamenti Sostenibili



Scenario tendenziale che tiene conto di entrambe le azioni accelerate (la diffusione incentivata per biofuel e la promozione di comportamenti sostenibili degli utenti della strada)

Ipotesi scenari tendenziali per le merci

	Scenario Massima Decarbonizzazione al 2030	Scenario Minima Decarbonizzazione al 2030
Evoluzione della domanda	+0,8% anno (circa -50% vs scenario di Min Decarb.) ¹	+1,9% anno (HP tassi annui paragonabili a quelli ottimistici osservati dagli anni Novanta) ¹¹
A-Avoid	Riduzione della domanda a fronte di un aumento del riempimento medio dei veicoli ²	Riduzione della domanda (-50% di HP scenario Max Decarb.)
S-Shift	HP di pieno raggiungimento degli obiettivi UE 30/30 (P.I. di FS) ³ e HP attivi gli incentivi «marebonus» e «sconto traccia» ⁴ nel 2030	HP attivi gli incentivi «marebonus» e «sconto traccia» nel 2030 e HP di raggiungimento al 70% degli obiettivi UE 30/30
I-Improve	<p>Tassi annui di rinnovo del parco veicolare</p> <p> 5,6% all'anno per veicoli merci leggeri⁵</p> <p> 2,4% all'anno per veicoli merci pesanti⁶</p> <p>Tassi di nuove immatricolazioni</p> <p> BEV -30% vs HP scenario Max Decarb. per auto⁷</p> <p> BEV Tale che al 2030 è 3,6% del parco circolante merci pesanti (0,7% del totale)⁸</p> <p> FCEV/HICE Tale che al 2030 è 0,8% del parco circolante merci pesanti (0,1% del totale)⁹</p> <p> ICE A vantaggio di decarbonizzazione (tassi di immatricolazioni (bio) L-CNG tali da ottenere una quota di mercato dello 7% del parco circolante merci pesanti¹⁰ al 2030), HP rottamazione come le auto</p>	<p>Tassi annui di rinnovo del parco veicolare</p> <p> 3,4% all'anno (prudenziali, costanti a stime 2022)</p> <p> 1,7% all'anno (prudenziali, costanti a stime 2022)</p> <p>Tassi di nuove immatricolazioni</p> <p> BEV -30% vs HP scenario Min Decarb. per auto</p> <p> BEV -50% vs HP tasso scenario Max Decarb.</p> <p> FCEV/HICE -50% vs HP tasso scenario Max Decarb.</p> <p> ICE A vantaggio di decarbonizzazione (tassi di immatricolazioni (bio) L-CNG tali da ottenere una quota di mercato dell'1% del parco circolante merci pesanti¹⁰ al 2030), HP rottamazione come le auto</p> <p>nessuna penetrazione nel mercato 2030 per veicoli merci PHEV, FEV</p>

Gli impatti delle Policy sul trasporto merci

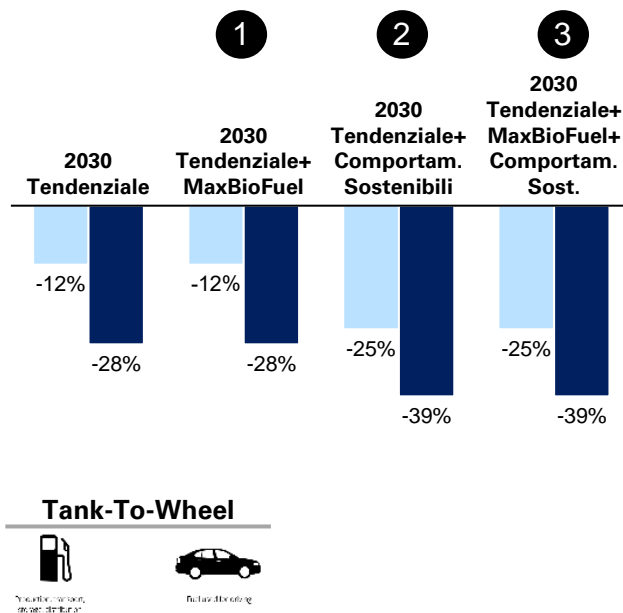
	Evoluzione della domanda	Avoid	Shift	Improve			
Scenario	(var.% veicoli*km 2030-2022)			% parco rinnovato (2030-2022)	Composizione parco circolante al 2030		
Moderata decarbonizzazione	+11.4% LGV +18.1% HGV	-2.5% LGV -3.7% HGV	0.0% LGV -5.0% HGV	27% LGV 14% HGV		LGV	HGV
					BEV	1.8%	1.8%
					PHEV/HEV	0.0%	0.0%
					FCEV/HICE	0.0%	0.4%
Alta decarbonizzazione	+5.6% LGV +8.1% HGV	-5.0% LGV -7.3% HGV	0.0% LGV -7.2% HGV	45% LGV 19% HGV	BEV	7.5%	3.6%
					PHEV/HEV	0.0%	0.0%
					FCEV/HICE	0.0%	0.8%

Impatti stimati sulle emissioni CO2 eq. Scenari a confronto

2005*

Emissioni CO₂ eq TTW : ~120 mil ton

Impatti su Emissioni CO₂ eq TTW
Confronto tra scenari al 2030



Target EU Emissioni CO₂ eq TTW : ~70 mil ton

2030

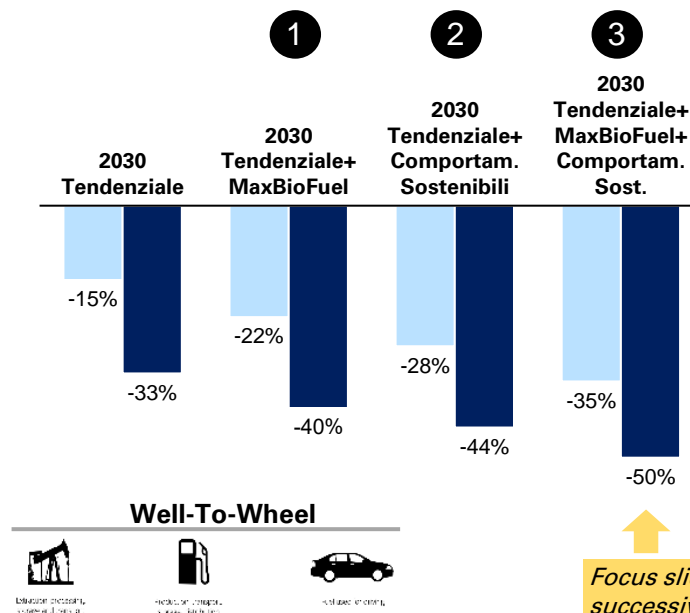
Target EU - CO₂ eq TTW

2030 Target EU "Fit for 55"



Emissioni CO₂ eq WTW : ~150 mil ton

Impatti su Emissioni CO₂ eq WTW
Confronto tra scenari al 2030



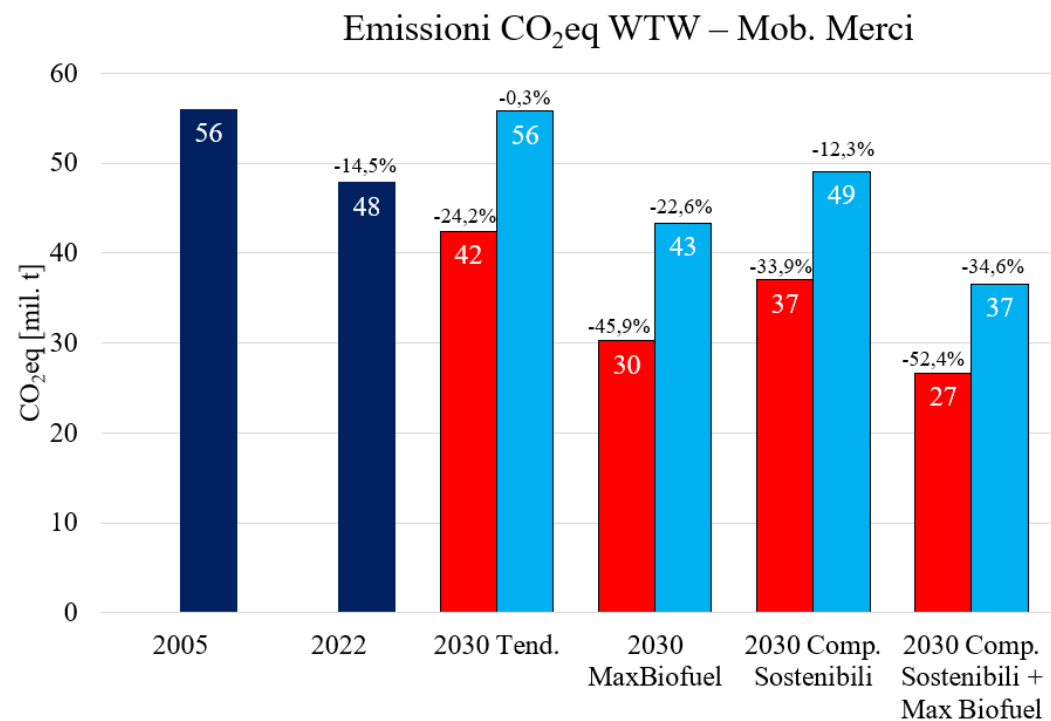
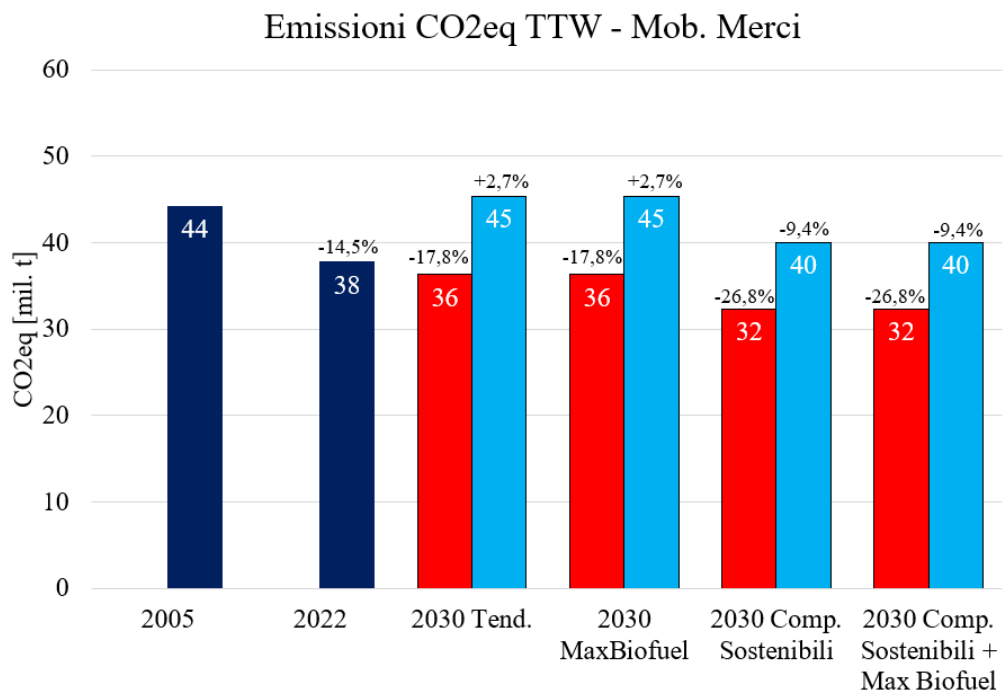
Target EU Emissioni CO₂ eq WTW : ~90 mil ton

Target EU
Mod Dec.
Max Dec.

Henke, I., Cartenì, A., Beatrice, C., Di Domenico, D., Marzano, V., Patella, S. M., ... & Cascetta, E. (2024). Fit for 2030? Possible scenarios of road transport demand, energy consumption and greenhouse gas emissions for Italy. *Transport Policy*, 159, 67-82.

Gli impatti sulle emissioni: trasporto merci

- Alta Decarb.
- Mod Decarb.



Quali sono i percorsi futuri?



*Quali sono
i possibili
percorsi?*



Nasce l'Osservatorio SUNRISE (SUstaiNable Road InfraStructure Evolution) relativo al trasporto su gomma con l'obiettivo di monitorare l'evoluzione della mobilità stradale e la sua sostenibilità

L'Osservatorio nasce dalla collaborazione di 7 soci e coinvolgerà numerosi consulenti esperti del settore

Almaviva

cdp

autostrade
per l'Italia



OSSERVATORI
MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



IVECO • GROUP

Fondazione Filippo Caracciolo



2) Veicoli a guida autonoma e connessi tra loro e con le infrastrutture

Un'auto a guida autonoma, dotata di combinazione di sensori, telecamere, radar e intelligenza artificiale (AI), consente di effettuare spostamenti senza necessità di intervento umano.



La diffusione di veicoli autonomi e connessi ha il potenziale di modificare profondamente costi, prestazioni, disponibilità, modelli di possesso e utilizzo per viaggiatori e merci.

Guida assistita vs guida autonoma



GUIDA ASSISTITA: Il ruolo del conducente è fondamentale

Le tecnologie supportano il conducente non intervengono con manovre automatiche in modo continuativo (possono intervenire in emergenza)

GUIDA AUTONOMA: Il ruolo del conducente è **sostituito in alcune o tutte le manovre in condizioni ordinarie**



2) Veicoli a guida autonoma e connessi tra loro e con le infrastrutture

I 6 livelli di automazione



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You <u>are</u> driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You <u>are not</u> driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	

Copyright © 2021 SAE International.







	These are driver support features			These are automated driving features	
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none">• automatic emergency braking• blind spot warning• lane departure warning	<ul style="list-style-type: none">• lane centering OR• adaptive cruise control	<ul style="list-style-type: none">• lane centering AND• adaptive cruise control at the same time	<ul style="list-style-type: none">• traffic jam chauffeur	<ul style="list-style-type: none">• local driverless taxi• pedals/steering wheel may or may not be installed
					<ul style="list-style-type: none">• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Smart road





«Le infrastrutture stradali per le quali è compiuto, secondo le specifiche funzionali, un **processo di trasformazione digitale** orientato a introdurre piattaforme di osservazione e monitoraggio del traffico, modelli di elaborazione dei dati e delle informazioni, servizi avanzati ai gestori delle infrastrutture, alla pubblica amministrazione e agli utenti della strada, nel quadro della creazione di un ecosistema tecnologico favorevole all'interoperabilità tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione». (**DM 70/2018**).

Servizi smart road previsti da ANAS s.p.a.





SERVIZI PER L'UTENTE DELLA STRADA

-  Informazioni relative alla sicurezza e al traffico;
-  Informazioni meteorologiche e sui percorsi alternativi;
-  "SOS on board;
-  Informazioni relative ai punti d'interesse turistico;
-  Informazioni relative ai servizi forniti dalle aree di sosta;
-  Informazioni riservate ai mezzi pesanti

SERVIZI PER IL GESTORE STRADALE

-  Monitoraggio delle infrastrutture
-  Analisi Dinamica del Rischio;
-  Soluzioni di trasporto sostenibile;
-  Energia rinnovabile

COMUNICAZIONE TRA GLI UTENTI V2V (Vehicle To Vehicle)

-  Avviso di ingorgo stradale
-  Notifica di posizione pericolosa
-  Avviso cooperativo di rischio di collisione;
-  Guida sbagliata:

Analisi Costi/Benefici (ACB) per smart road A2

Henke, Ilaria, Gennaro Nicola Bifulco, Armando Carteni, Luigi Di Francesco, and Antonio Di Stasio. "A Smart Road Application: The A2 Mediterranean Highway Project in Italy." In International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 690-700. Cham: Springer International Publishing, 2021.

		Periodo di analisi 25 anni- Scenario medio		
		Totale a prezzi costanti	Totale a prezzi 2020 (r=3%)	% benefici
COSTI	C1 - Costi investimento [mln€]	-60.397.166,67	-53.065.608,49	
	C2 - Valore residuo investimento (10% investimento) [mln€]	5.871.600,00	2.888.438,13	
	C3 - Manutenzione straordinaria, ordinaria, (15% investimento) [mln€]	-8.807.400,00	-5.667.534,27	
	Totale Costi	-63.332.966,67	-55.844.704,63	
BENEFICI	B1 - Benefici percepiti (valore del tempo)	11.743.287,08	7.792.791,34	6,04%
	B2 - Benefici percepiti (aumento del comfort)	14.566.188,61	9.396.319,75	8,49%
	Benefici utenti	26.309.475,70	17.189.111,09	14,53%
	B3 - Emissioni inquinanti CO2	890.513,05	587.748,00	0,45%
	B4 - Emissioni inquinanti PM10	146.550,44	96.798,92	0,05%
	B5 - Emissioni inquinanti CO	57.960,43	38.248,73	0,03%
	B6 - Incidentalità	155.369.231,83	97.202.615,66	84,94%
	Benefici non utenti	156.464.255,76	97.925.411,30	85,47%
	Totale Benefici (B1+B2+B3+B4+B5+B6)	182.773.731,46	115.114.522,40	100%
	Saldo netto attuale (Benefici - Costi)	119.440.764,79	59.269.817,76	
INDICATORI DI REDDITIVITÀ	Cumulata (Benefici - Costi)		8.489.700,90	
	R	3%		
	Valore Attuale Netto (VAN)	59.269.817,8		
	Saggio Rendimento Interno (SRI)	10,9%		
	RAPPORTO B/C	2,1		
	Pay-Back Period (PBP)	16		

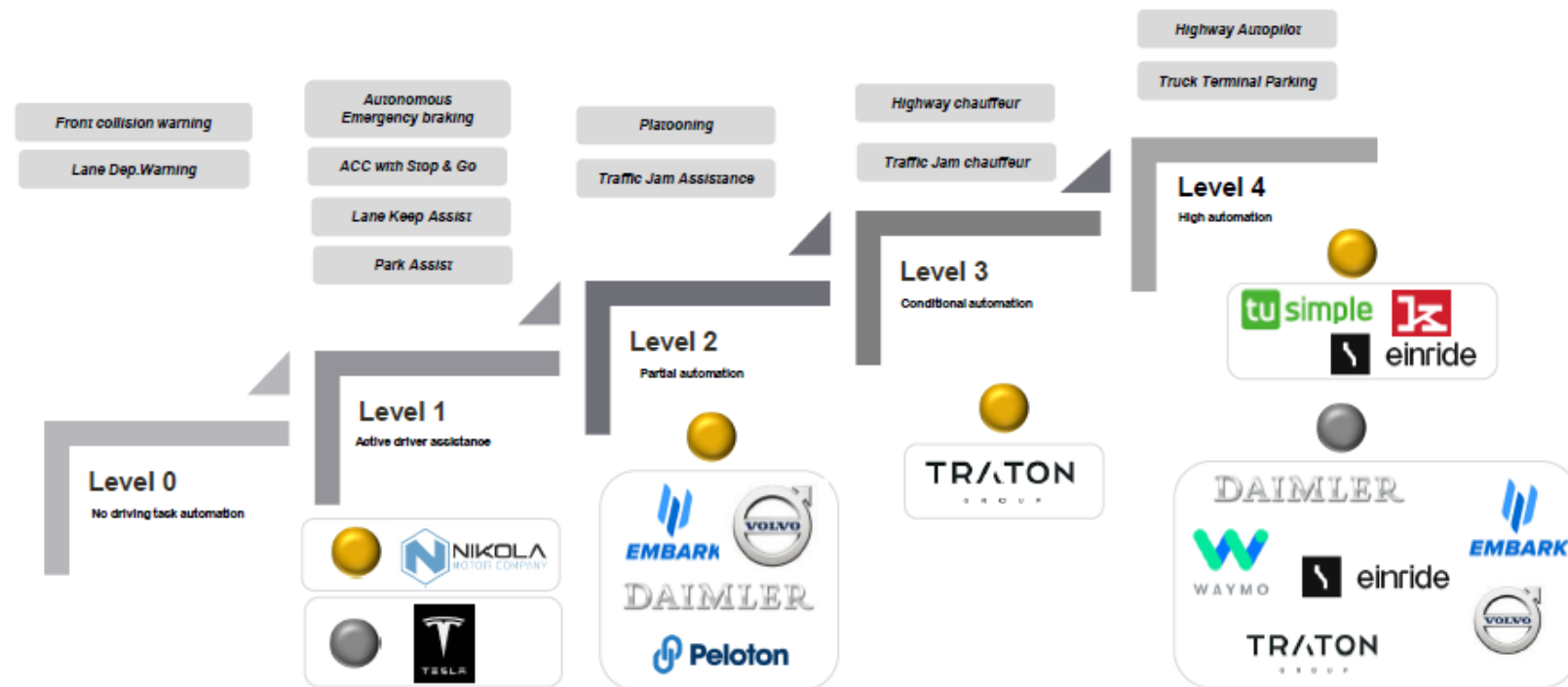
Livelli di automazione per i veicoli merci



MOBILITY INDUSTRY INSIDER

Autonomy in Commercial Vehicles Transportation

Several enabling technologies for ADAS & autonomy are in planning or deployment phase. One of the key automation strategies here will be the deployment of truck platoons.



3

Industry Pulse | Q2 2020



= Current Offering



= Trials

*Not exhaustive list

A FutureBridge Initiative. Copyright © 2020 by FutureBridge

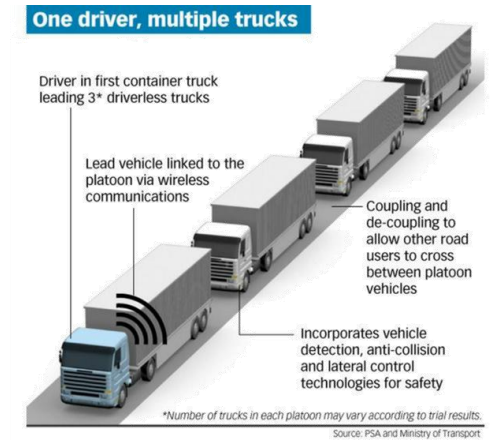
FutureBridge

Fonte: Future Bridge, ADAS in commercial vehicles, Q2'20 Pulse

Guida assistita e autonoma

Truck platooning: livelli tecnologici

- Livello 1
 - leader e followers con autista a bordo
 - possibilità di "plotonamento" opportunistico (on-the-fly) o su appuntamento
 - Richieste solo comunicazioni V2V
- Livello 2
 - leader con autista a bordo, followers a guida autonoma o con autista in riposo (cambio norme)
 - necessità di truck platooning stations su porzioni della rete (autostrade)
 - necessità di comunicazioni V2V e V2I (smart road)
- Livello 3
 - leader e followers a guida autonoma
 - necessità di truck platooning stations su porzioni della rete (autostrade)
 - necessità di comunicazioni V2V e V2I (smart road)

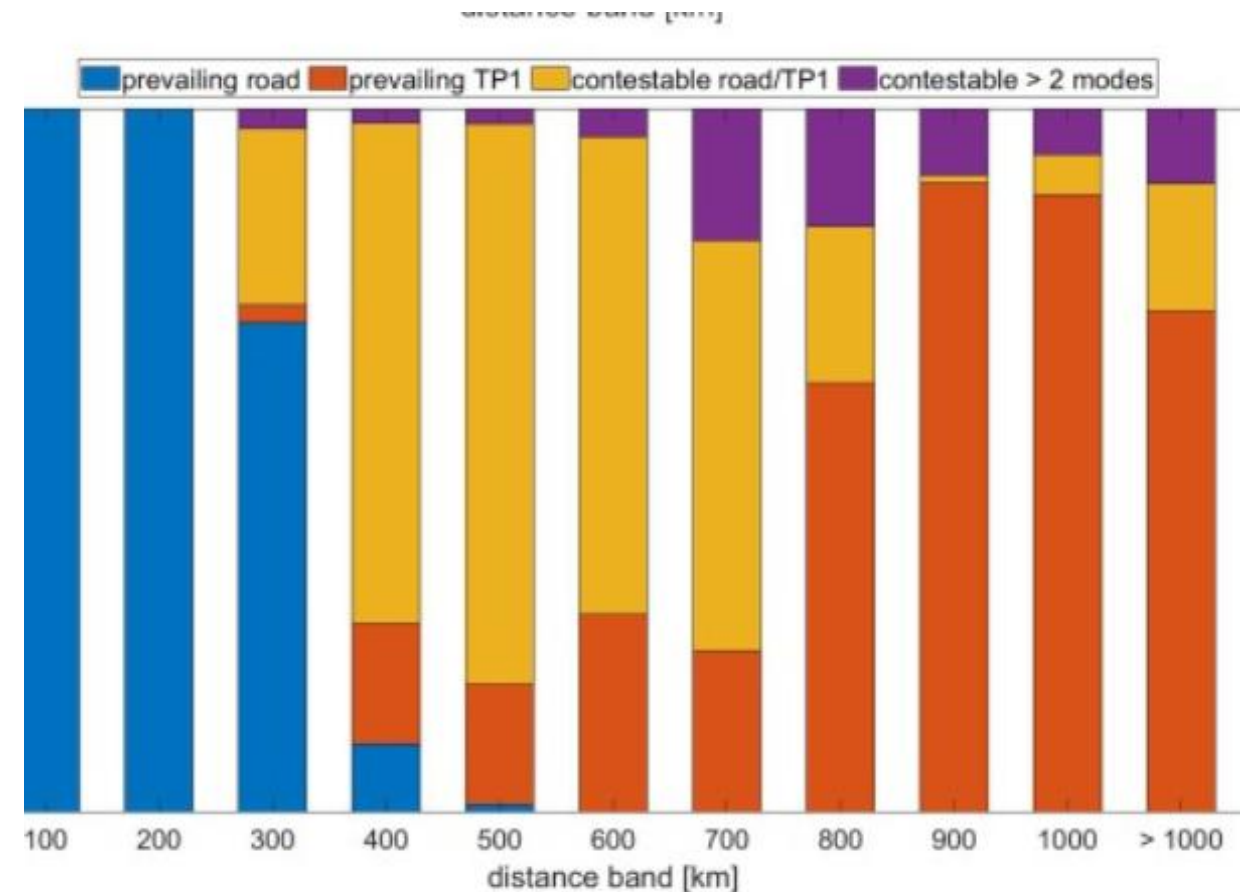


Truck platooning (1/2)

Quanto il truck platooning possa competere con le altre modalità di trasporto merci in Italia?

Marzano et al. (2022) hanno confrontato i 3 livelli di TP con altre modalità di trasporto (strada tradizionale, ferrovia e mare).

Marzano, V., Tinessa, F., Fiori, C., Tocchi, D., Papola, A., Aponte, D., Cascetta, E. and Simonelli, F., 2022. Impacts of truck platooning on the multimodal freight transport market: An exploratory assessment on a case study in Italy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 163, pp.100-125.



Truck platoonig (2/2)

Livello 1:

Poco conveniente: solo il 2,1%–2,2% delle merci in Italia sceglierebbe TP1 come modello preferito. Su distanze sopra i 400 km, TP1 diventa molto più competitivo con la ferrovia.

Livello 2:

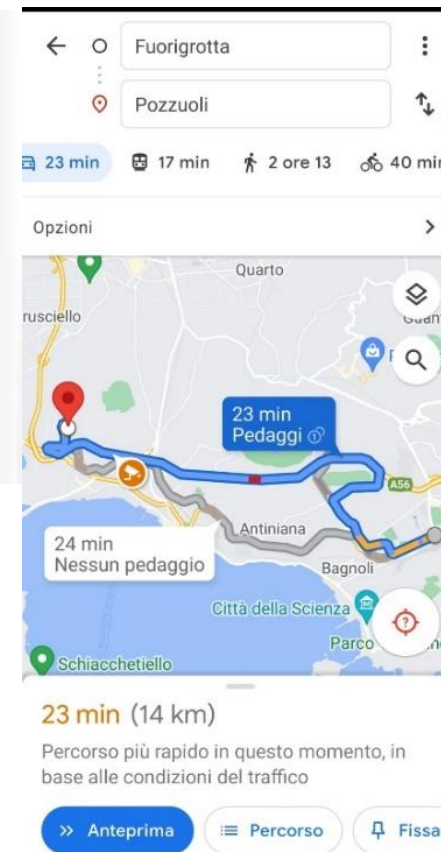
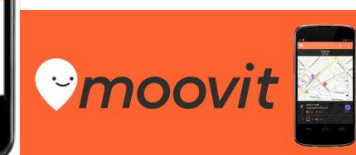
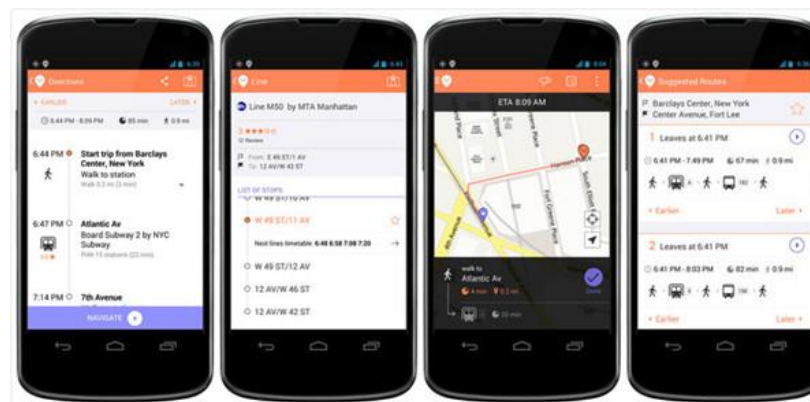
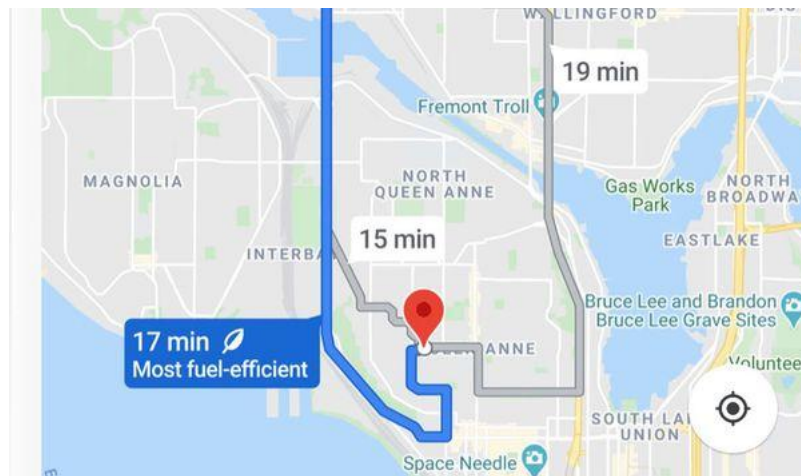
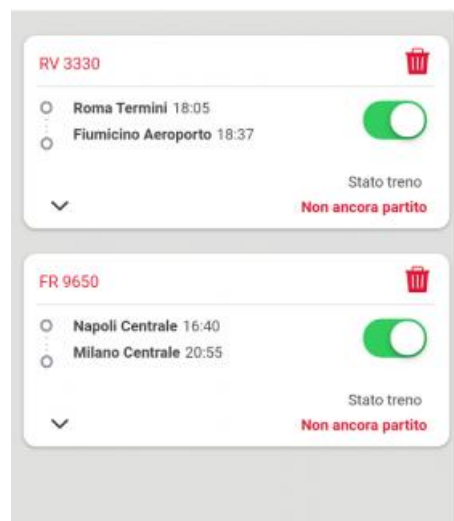
più competitivo: 3,6%–8% del mercato lo sceglierebbe subito come modalità preferita. Può rubare traffico sia alla ferrovia che al mare, specialmente sopra i 300–400 km. La riduzione dei costi di personale è un vantaggio chiave.

Livello 3:

Il più efficiente: 12%–13% del mercato italiano passerebbe subito a TP Livello 3. È direttamente competitivo con trasporto marittimo e sorpassa spesso la ferrovia. È lo scenario con il maggior impatto sul mercato.

3) Trasformazioni nei servizi di mobilità – Infomobilità (1/4)

Informazioni (waze, Google maps, moovit, Citymapper)



3) Trasformazioni nei servizi di mobilità - Infomobilità (2/4)

Google, la potenza dell'intelligenza artificiale associata ai dati degli utenti e ai modelli storici riescono a garantire **previsioni sul percorso affidabili al 97%**



geolocalizzazione basata su, GPS, Wi-Fi, accesso wireless, WAP pubblici o commerciali

Utente sceglie il percorso e verrà monitorata la sua posizione e la sua velocità di percorrenza



Informazioni in tempo reale (posizione e velocità percorrenza) + dati storici + algoritmi di minimo percorso--
--- stima e propone all'utente diversi percorsi tra o/d

3) Trasformazioni nei servizi di mobilità (3/4)

Nuovi servizi di mobilità (MaaS)

- Sharing dei veicoli
- Uber



3) Trasformazioni nei servizi di mobilità (4/4)

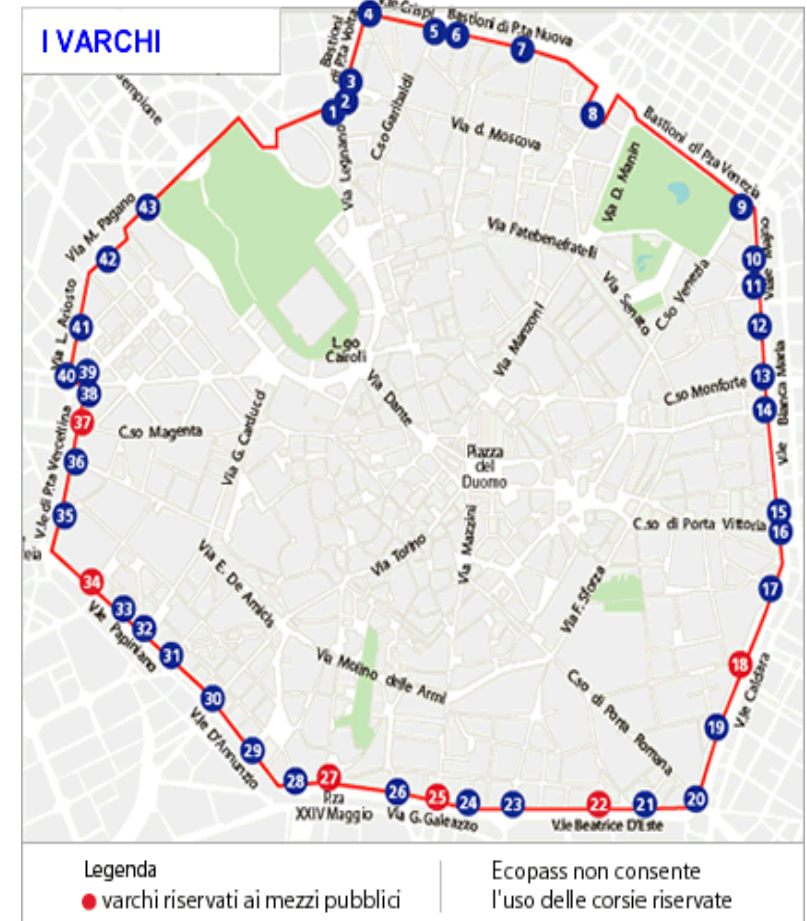
Smart pricing



- **road pricing** pedaggio uso delle strade in relazione ai livelli di congestione e le fasce orarie (es. Londra), tipo del veicolo Euro (es. Milano)



- **trip pricing** pedaggiamento dell' intero viaggio in relazione alla congestione (es. Singapore), alle alternative di percorso e di modo disponibili



Trasformazioni nei servizi di mobilità

Smart control

- Gestione flotta (AVL, ottimizzazione marcia veicoli ibridi, ecc.)
- Gestione degli accessi in specifiche aree in funzione della congestione/ore della giornata ecc.
- Geo-fencing
- Promuovere comportamenti safety and green attraverso bonus/incentivi assicurativi

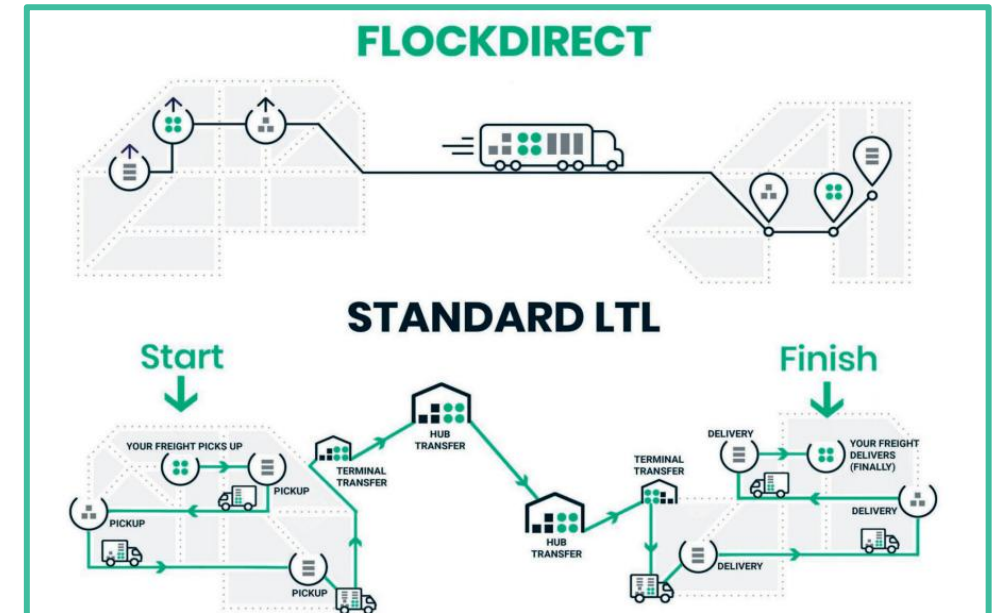


Smart mobility

Aumento dell'utilizzazione

L'esempio del servizio FLOCKDIRECT

- le nuove tecnologie permettono la condivisione del camion che viaggia sempre carico
- Aumento del coefficiente di utilizzazione
- Riduzione dei costi per le aziende
- Riduzione dei km percorsi



La mobilità del futuro ?

Servizio | Guida autonoma



San Francisco, ok ai robotaxi Cruise e Waymo. Sono davvero sicuri?

La Commissione per i servizi pubblici ha detto sì ai mezzi senza conducente. Potranno operare in tutta la città facendo pagare una tariffa

di Alberto Annicchiarico

11 agosto 2023

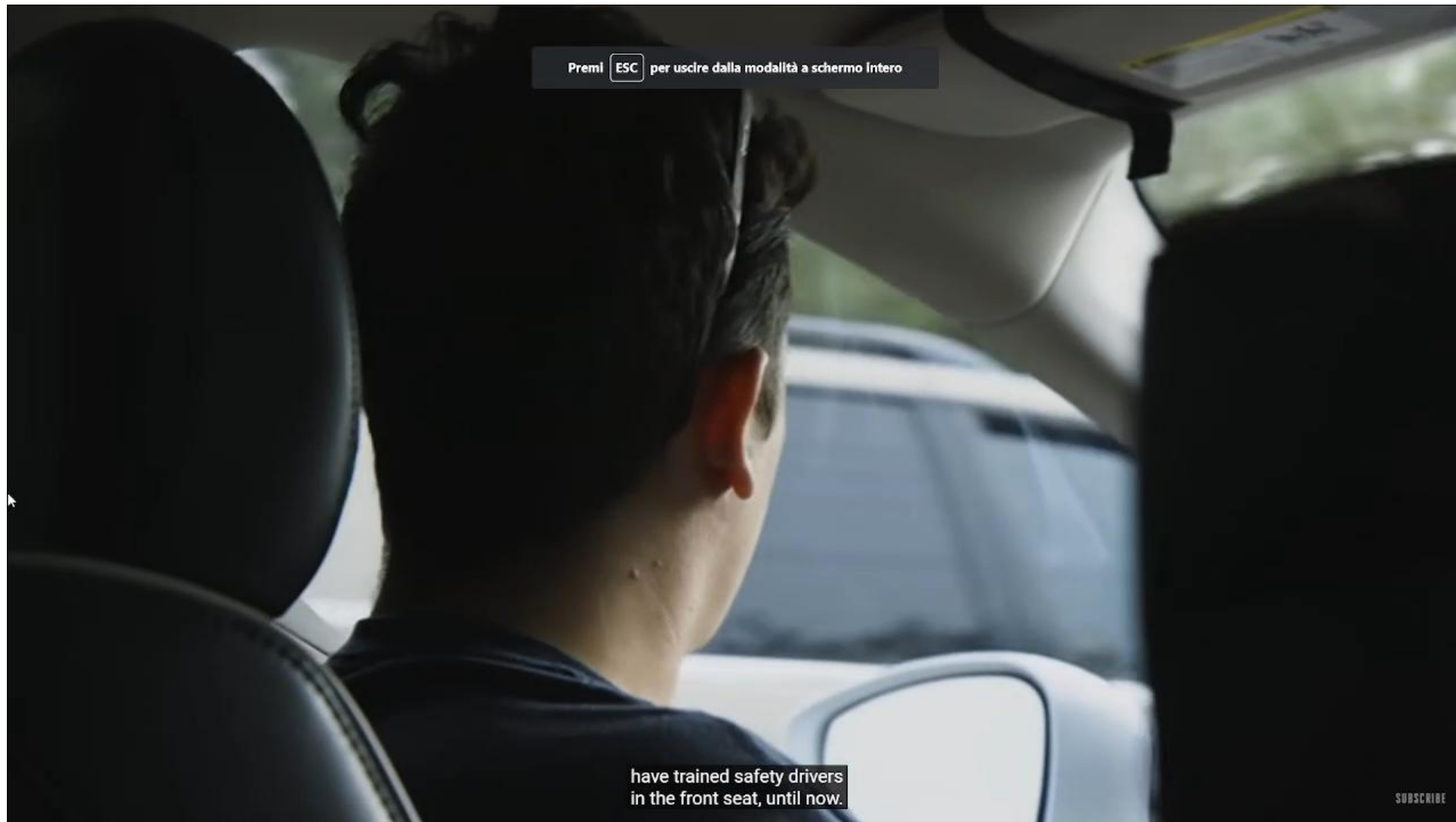


Waymo lancia i test dei robotaxi su un'autostrada di Phoenix

Di: Bohdan Kaminskyi | 09.01.2024, 15:07



2+3 sharing con veicoli a guida autonoma



Le opportunità ed i rischi della settima rivoluzione

Lo sviluppo Sostenibile è definito dal Programma the United Nations Environment Programme (UNEP) come *la capacità di soddisfare i bisogni correnti senza compromettere le future generazioni* (FAO, 2020), *gestendo le risorse della terra e minimizzando l'esternalità negative ed i cambiamenti climatici*

I 3 pilastri della sostenibilità:

- ❖ Ambientale
- ❖ Sociale
- ❖ Economico



I driver della 7 rivoluzione rappresentano delle opportunità ma anche dei possibili rischi per la sostenibilità futura

Le opportunità ed i rischi della settimana rivoluzione (1/2)

AVOIDE	SHIFT	IMPROVE
<p>SMART MOBILITY:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ride-sharing- aumento coefficiente di riempimento delle auto e camion (e.g. carpooling, FAAS); • info mobility- pianificazione dinamica del percorso, smart parking systems, comportano una riduzione dei km di viaggio "non necessari", riduzione della congestione ottimizzando i percorsi • Eco-driving- politiche di nudging per guida sostenibile 	<p>LA DECARBONIZZAZIONE DEI TRASPORTI + SMART MOBILITY auto/ scooter/ bici elettrici in sharing può accelerare lo shift da motori a combustione interna verso veicoli elettrici.</p> <p>AUTONOMOUS AND CONNECTED VEHICLES: riduzione dei costi di produzione e più flessibilità del TPL può incrementare lo shift verso TPL</p> <p>Smart mobility:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maas- incremento della qualità percepita del viaggio con TPL conseguente shift verso TPL • Smart pricing- Schemi tariffari di pricing progettati per incrementare lo shift verso TPL 	<p><u>LA DECARBONIZZAZIONE DEI TRASPORTI</u> le nuove tecnologie possono ridurre impatti ambientali dei viaggi</p> <p><u>AUTONOMOUS AND CONNECTED VEHICLES:</u> la trasformazione digitale dei veicoli e delle infrastrutture può produrre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riduzione dei consumi di carburante ed emissioni inquinanti per effetto della guida eco-sostenibile • possibilità di incrementare la capacità delle strade esistenti senza necessità di costruirne di nuove, <p><u>SMART MOBILITY:</u> Smart pricing può promuovere una riduzione del consumo energetico del percorso o del tempo di viaggio</p>

Le opportunità ed i rischi della settimana rivoluzione (2/2)

OPPORTUNITÀ

DECARBONIZZAZIONE DEI TRASPORTI:

Riduzione delle emissioni inquinanti con impatti positivi sulla salute

AUTONOMOUS AND CONNECTED VEHICLES + SMART MOBILITY

- Incremento della sicurezza
- Incremento delle opportunità di mobilità per i gruppi sociali limitati
- Incremento dei servizi di trasporto
- Migliora l'inclusione sociale nelle città
- Riduzione dei tempi di viaggio incremento del tempo disponibile per altre attività non relative al viaggio
- Incremento dello spazio pubblico nelle città per effetto della delocalizzazione dei parcheggi

RISCHI

- **Incremento dell'attrattività di viaggio** con l'auto con conseguente aumento della congestione stradale e relative emissioni con effetti negativi sulla salute
- **Incremento della inequità sociale** dovute ad un aumento dei costi dei veicoli elettrici o a guida autonoma
- **Riduzione dei posti di lavoro** per effetto della guida autonoma (autisti di bus e trasporto merci)

Grazie per l'attenzione

Ilaria Henke

**Prof.ssa Pianificazione dei Trasporti
Universitas Mercatorum**



PROGRAMMA
INFRASTRUTTURE



UNIONCAMERE
EMILIA-ROMAGNA



SISTEMA CAMERALE
DELL'EMILIA-ROMAGNA



UNIONTRASPORTI