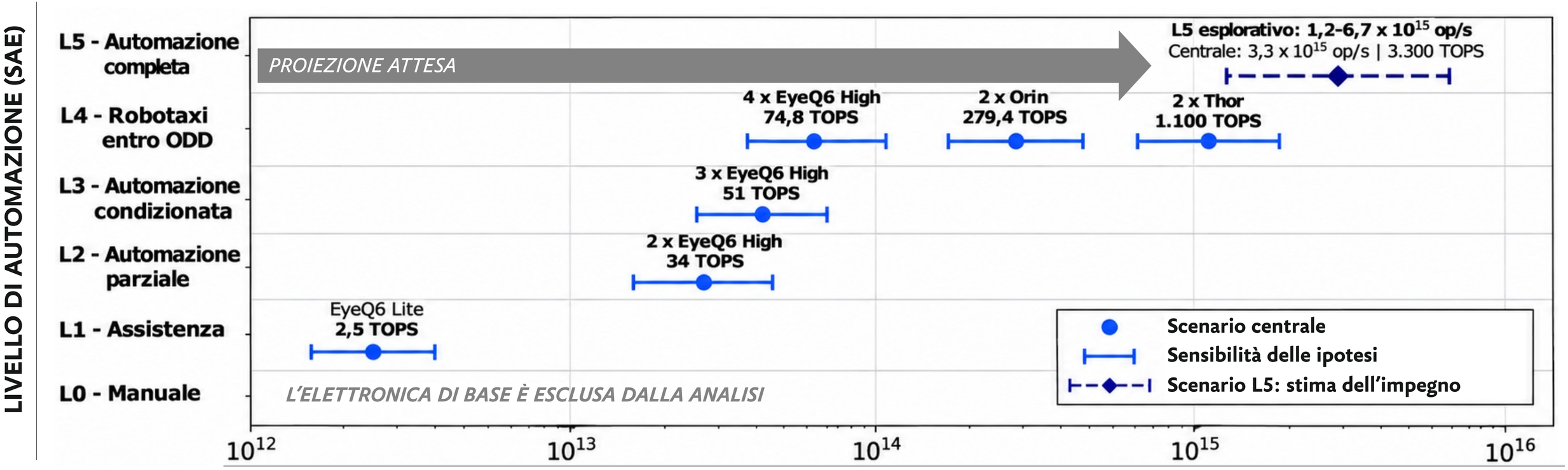
AUTOMAZIONE E CARICO COMPUTAZIONALE

Bordo + Terra per veicolo | scenario mediano



ipotesi L1-L4: utilizzo medio al 50% (variabilità 30÷70%); terra ≃ +10% del bordo per L4, 0% per L1-L3

ipotesi L5: 4-8 unità equivalenti da 1.000 TOPS; utilizzo medio 30÷70%; quota terra ≃ +5÷20% del bordo; stima centrale 6 unità al 50% x 1,10 = 3.300 TOPS

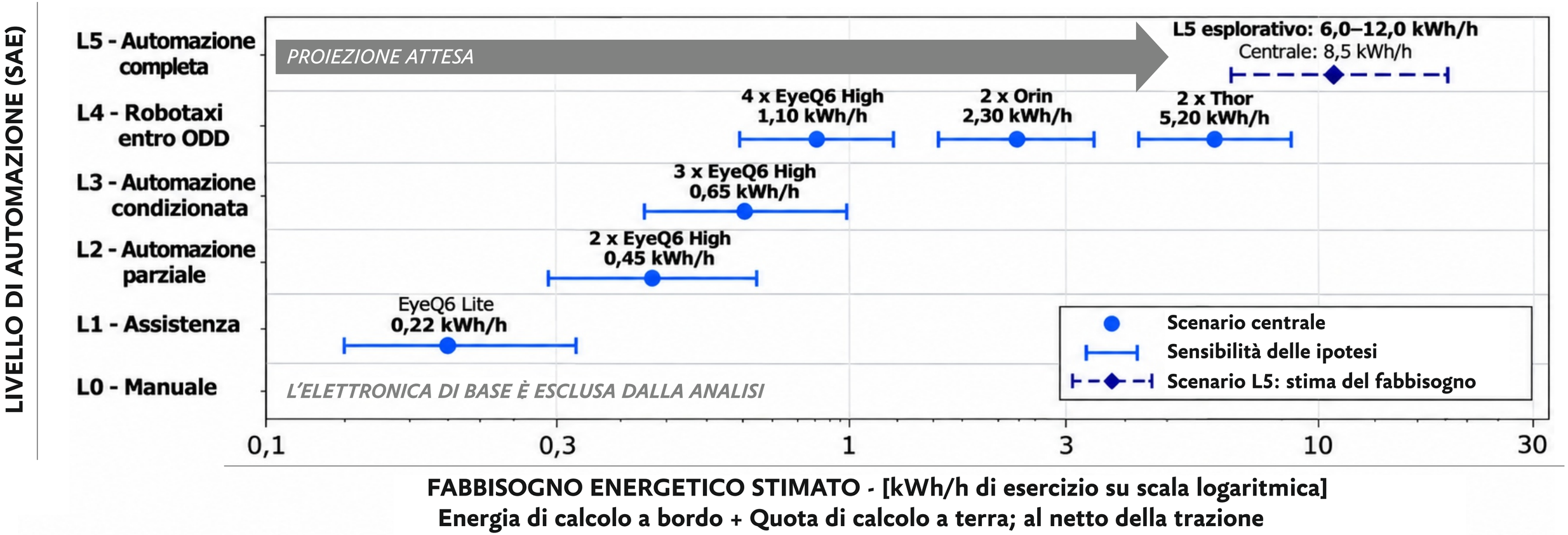
proxy AI in INT8: non comprende il conteggio completo di base CPU/DSP/rete, Addestramento e simulazioni offline sono esclusi

livelli SAE: descrivono le funzioni di guida. Le associazioni hardware/software sono ipotesi di scenario

riferimenti: Mobileye EyeQ; Nvidia Drige AGX; SE J3016; lo scenario L5 è una elaborazione parametrica

AUTOMAZIONE E FABBISOGNO ENERGETICO

Bordo + Terra per veicolo | scenario mediano



ipotesi L1-L4: energia media di calcolo a bordo + terra: include calcolo, sensori, raffreddamento, rete e quota minore di calcolo da remoto

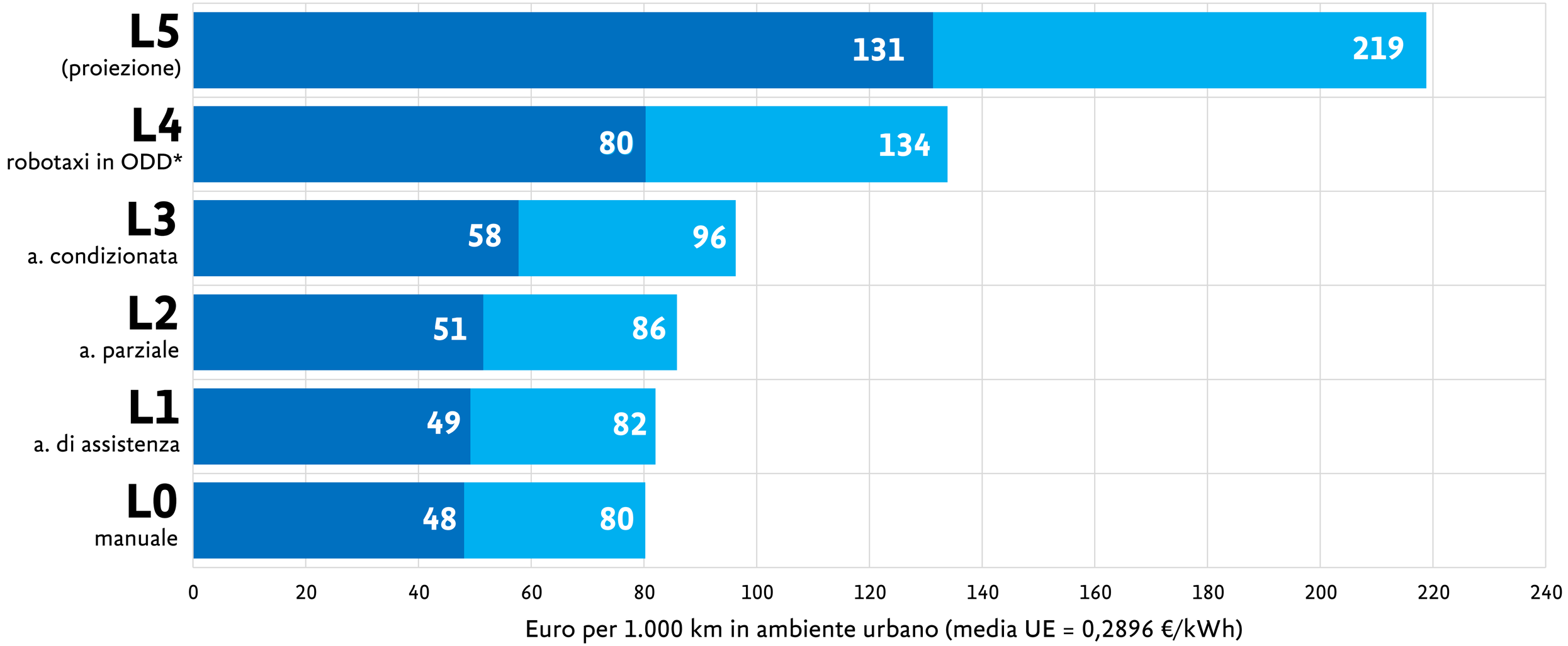
sensibilità: diversi livelli di utilizzo, sensoristica e ridondanza; L1-L3 senza quota significativa di supporto da remoto; L4 con quota da remoto ≃ +5÷20% del bordo

ipotesi L5: 4-8 unità equivalenti di calcolo ad alta ridondanza; quota terra, cautelativamente ≃ +5÷20% del bordo

la trazione è esclusa: il grafico non mostra il fabbisogno del veicolo per il movimento, ma solo quello della funzione di guida automatizzata
per riferimento, il consumo di trazione è assumibile in 18 kWh/100 km (140÷250 kWh/100 km); in città 20÷60 kWh/h

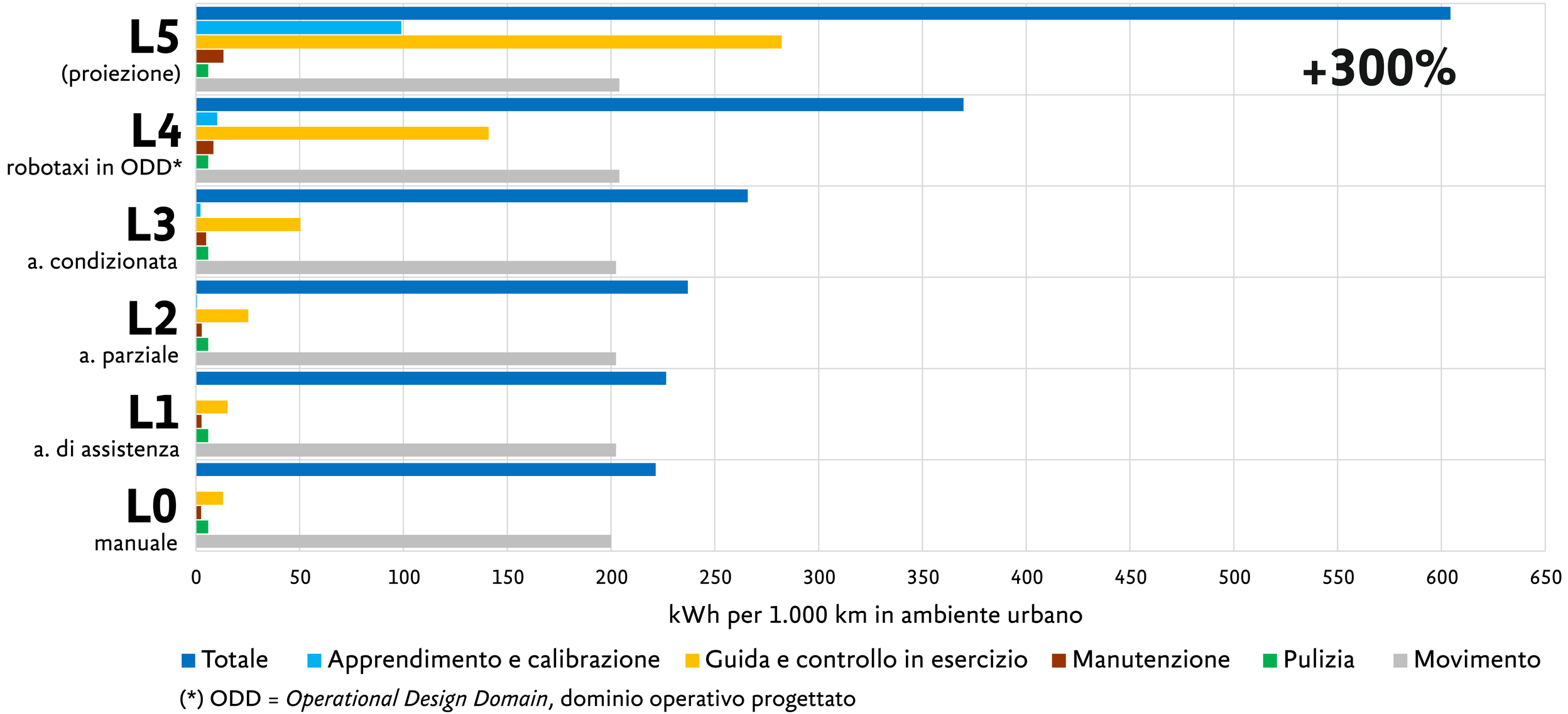
riferimenti: Mobileye EyeQ; Nvidia Drige AGX; SE J3016; lo scenario L5 è una elaborazione parametrica

AUTOMAZIONE E FABBISOGNO ENERGETICO



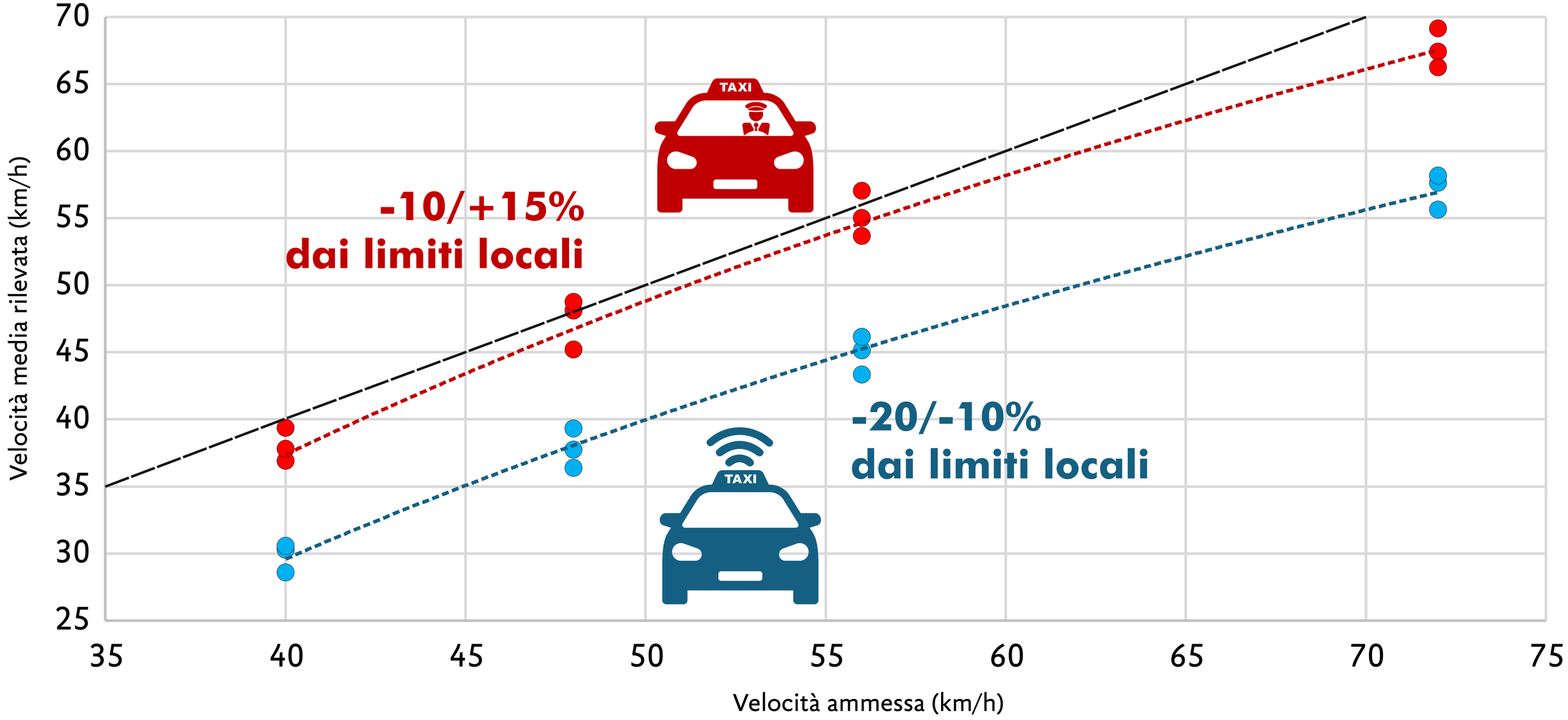
(*) ODD = *Operational Design Domain*, dominio operativo progettato

FABBISOGNO ENERGETICO IN CITTÀ



(*) ODD = *Operational Design Domain*, dominio operativo progettato

CHI VA PIANO VA LONTANO...



Dati interpolati: (1) Waymo Austin, Los Angeles, Phoenix, San Francisco; (2) Tom Tom Index sulle stesse aree operative

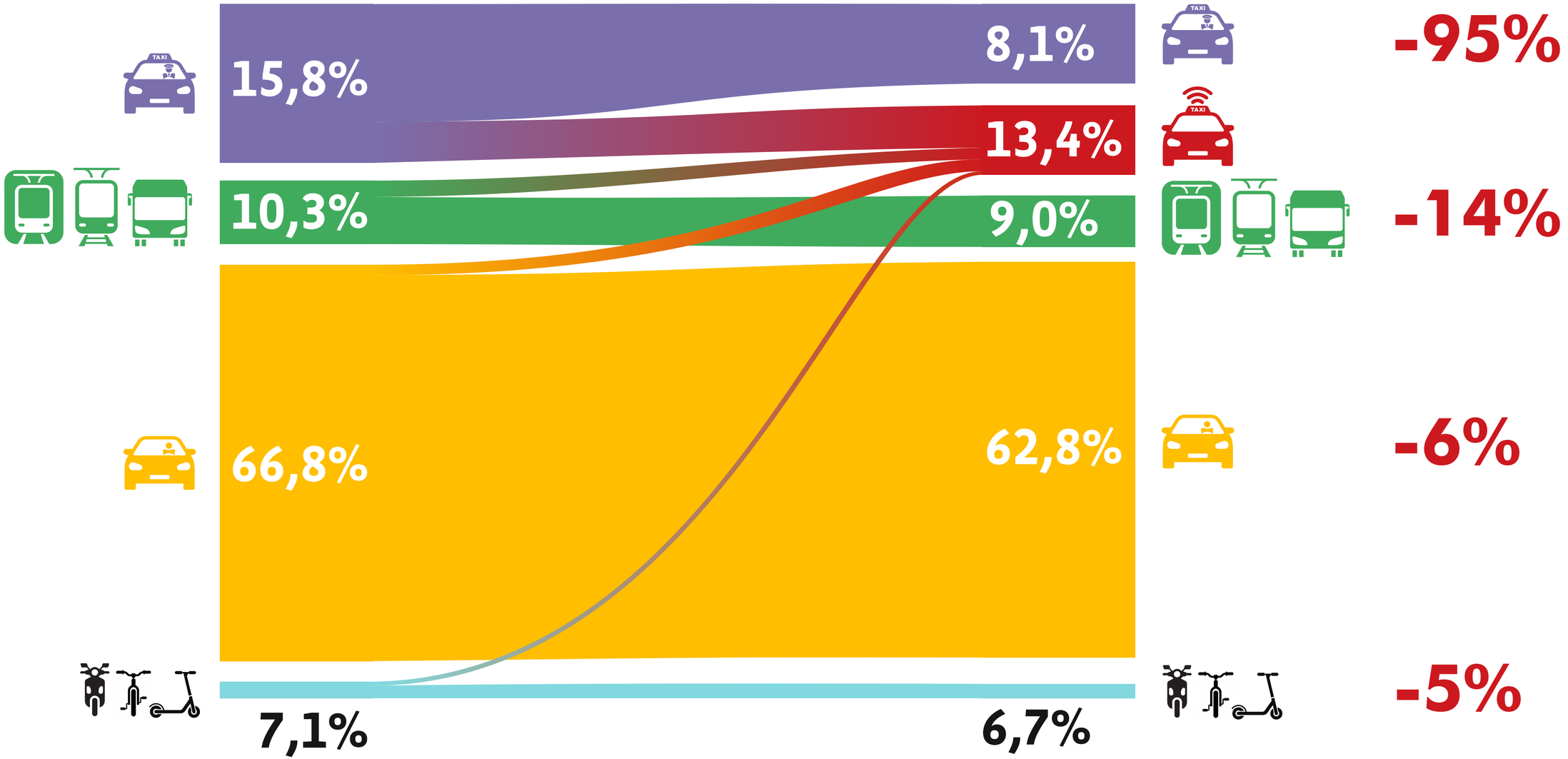
...E CI VA SANO

Esito del sinistro	Eventi	Tasso (per Mkm)	Riferimento (per Mkm)	Riduzione stimata (IC 95%)
Qualsiasi lesione segnalata	183	0,419	2,345	**-82,1%** [-78,9/-85,0%]
Airbag attivato in almeno un veicolo coinvolto	80	0,183	1,004	**-81,7%** [-76,6/-86,0%]
Lesione grave sospetta o o decesso indiretto	3	0,007	0,133	**-94,8%** [-83,2/-99,2%]
Almeno un decesso diretto	2	0,005	0,022	**-79,3%** **[-15,3/-98,3%]**

Dati: Waymo, *Safety Impact Data Hub* del 24/09/2026 con dati al 01/06/2026 riferito a 458.627 milioni di km percorsi

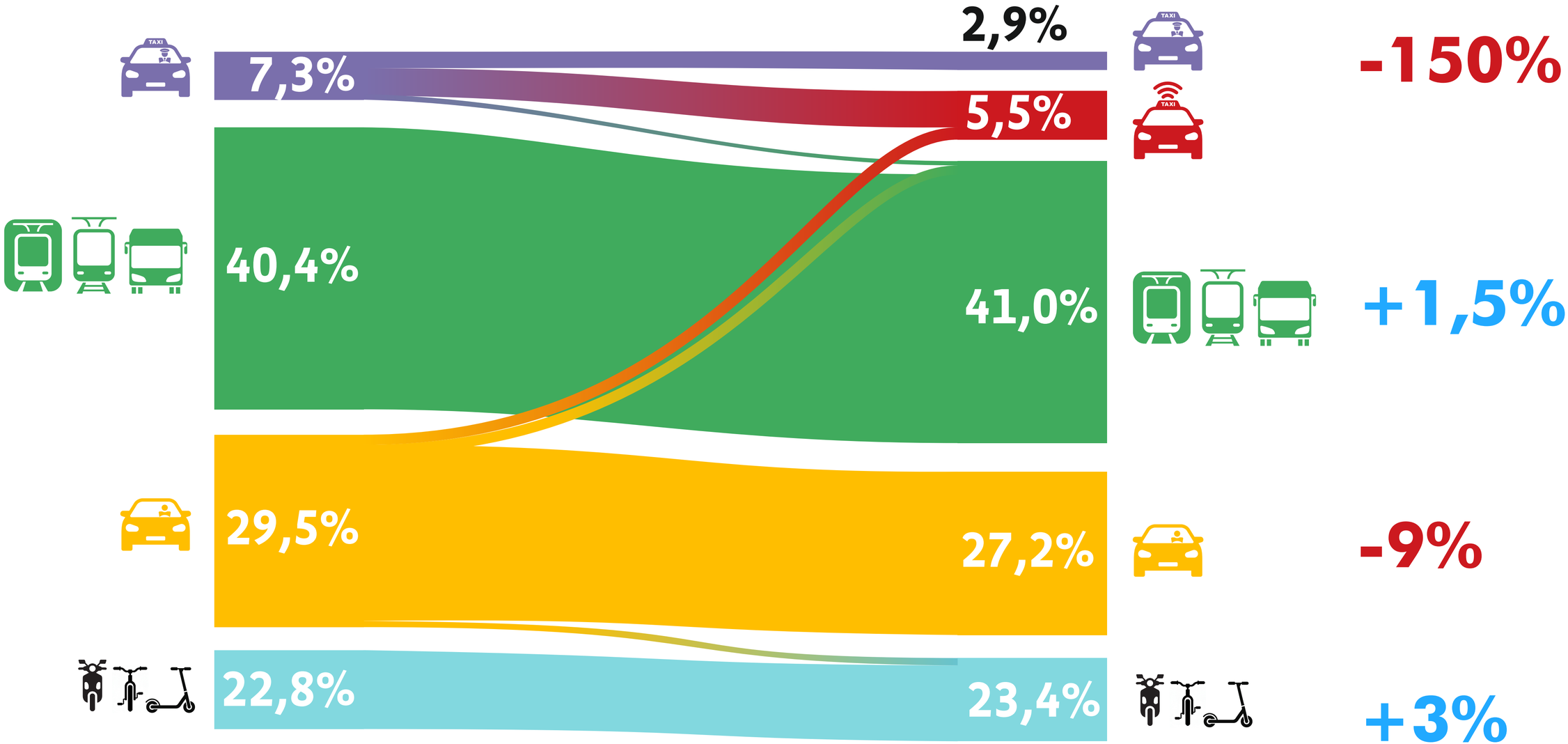
Nel campione comparativo i coinvolgimenti mortali sono soltanto due.
L'intervallo della riduzione stimata risulta pertanto ancora troppo ampio: circa 15-98%.

CHI UTILIZZA I ROBOTAXI A SAN FRANCISCO?



Dati Municipalità della Baia di San Francisco, sul periodo 06/2022-06/2026

CHI UTILIZZA I ROBOTAXI A SHANGHAI?



Dati Municipalità di Shanghai, sul periodo 03/2019-03/2025

I 3 DILEMMI DELLA GUIDA AUTONOMA

1. **sacrificabilità**

tra l'utente a bordo e quello esterno,
quale deve essere difeso ad ogni costo?

colposità ? **preterintenzionalità**

2. **responsabilità**

in caso di sinistro
di chi è la responsabilità?

colpa ? **concorsualità**

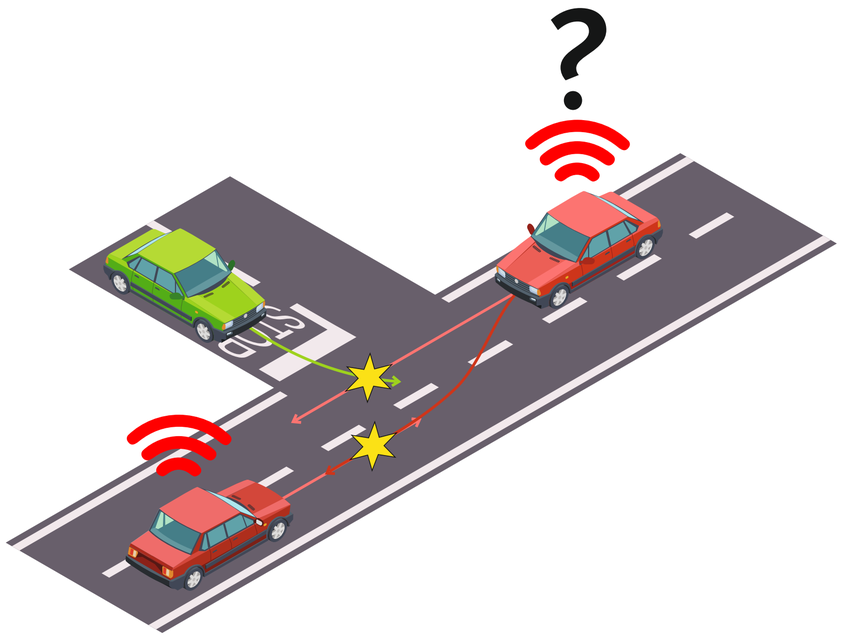
3. **sostenibilità**

qual è il livello di rischio
economicamente accettabile?

10^{-6} ? 10^{-9}

PROMISCUITÀ O SEPARAZIONE?

A **con gli altri veicoli**



soluzione:

nessuna promiscuità

Violeta Bulc, Commissario UE Trasporti (2016)

B **con pedoni e ciclisti**



soluzioni:

- protezione delle sedi?

- separazione dei flussi?

MODELLI REGOLATORI

CALIFORNIA (USA)

SISTEMA FORTE CON DOPPIA AUTORITÀ DI CONTROLLO

LIVELLO FEDERALE
NHTSA
Standard di sicurezza del veicolo, vigilanza sui difetti e richiami. [1]

DOVE E QUANDO PUÒ OPERARE
Ambito operativo (ODD) e condizioni dei permessi
Area e strade · orari · velocità · meteo ammessi. [2, 3]

DOPPIA AUTORITÀ DI REGOLAZIONE

DMV
Department of Motor Vehicles

CIRCOLAZIONE AUTONOMA
Percorso verso il robotaxi senza conducente

1. **Test con conducente**
   Safety driver a bordo
2. **Test senza conducente**
   Validazione del sistema autonomo
3. **Deployment**
   Circolazione autorizzata

Nuovi ingressi: prove progressive e dimostrazione di sicurezza (safety case). [2]

CPUC
California Public Utilities Commission

SERVIZIO AI PASSEGGERI
Quattro programmi di trasporto autorizzato

	PILOT corse gratuite	DEPLOYMENT tariffe ammesse
Con conducente	Drivered Pilot	Drivered Deployment
Senza conducente	Driverless Pilot	**Driverless Deployment**

Driverless: piano di sicurezza dei passeggeri.
Passenger Safety Plan · titolo di esercizio TCP [3, 4]

PER LE CORSE A PAGAMENTO SENZA CONDUCENTE

DMV Deployment + **CPUC** Driverless Deployment = **SERVIZIO AUTORIZZATO**
Nei limiti dei due permessi. [2, 3]

OBBLIGHI DI SERVIZIO

UTENTI
Piano di sicurezza, assistenza ai passeggeri, accessibilità e copertura assicurativa. [4]

DATI
CPUC: report trimestrali.
DMV: collisioni, immobilizzazioni e percorrenze. [2, 5]

VIGILANZA
DMV: restrizioni, sospensione o revoca dei permessi. [2]
Aeroporti: consenso dell'autorità aeroportuale. [6]

DAL 1° LUGLIO 2026 · ROBOTAXI LEGGERI L4/L5 [2]

ENTRO **30 s**
Contatto dei soccorritori con l'assistenza remota.

ENTRO **2 min**
Dalla ricezione dell'avviso: invio alla flotta dell'ordine di lasciare o evitare l'area.

INFRAZIONI
Avviso formale di non conformità al costruttore per le violazioni stradali.

FONTI UFFICIALI

[1] NHTSA · standard e vigilanza
[2] DMV · regolamenti del 2026
[3] CPUC · programmi e permessi
[4] CPUC · guida alle autorizzazioni
[5] CPUC · report trimestrali
[6] CPUC · accesso agli aeroporti

MODELLI REGOLATORI

NEVADA (USA)

AUTOCERTIFICAZIONE MA GARANZIE ELEVATE

LIVELLO FEDERALE
NHTSA
Standard di sicurezza del veicolo, vigilanza sui difetti e richiami. [1]

CIRCOLAZIONE SENZA CONDUCENTE
L4/L5: nell'ambito operativo previsto (ODD)
Requisiti di sicurezza e condizione di rischio minimo in caso di guasto. [3]

DUE AUTORITÀ COMPLEMENTARI

DMV
Nevada Department of Motor Vehicles

AUTOCERTIFICAZIONE DEL VEICOLO
Conformità dichiarata da costruttore o sviluppatore

TEST SU STRADA
Certificate of Compliance e targhe di prova. [2]

OPERAZIONI E IMMATRICOLAZIONE
Certificate of Compliance e registrazione.
Dossier per marca, modello e anno. [2]

Il DMV verifica la documentazione;
non collauda la tecnologia di guida. [2]

NTA
Nevada Transportation Authority

PERMESSO PER IL SERVIZIO AVNC
Servizio remunerato: app o centrale operativa

Domanda e istruttoria
Requisiti societari, finanziari e operativi

Condizioni di esercizio
Area, flotta e parametri autorizzati

Verifiche prima dell'avvio
Ispezioni, assicurazione e tariffe

Provvedimenti NTA 2026: modifiche a ODD,
geofence e parametri previa approvazione. [6]

OBBLIGHI DI SERVIZIO

UTENTI E PREZZI
Accessibilità e non discriminazione.
Tariffe dichiarate, preventivo disponibile e ricevuta elettronica.
[4, 5]

DATI E SICUREZZA
Ispezioni almeno annuali.
Registri e relazione annuale NTA.
Report di sinistrosità.
[4, 5]

REGIA STATALE
Regole AV definite dallo Stato.
Restano le disposizioni generali locali e le competenze aeroportuali.
[3, 4]

GARANZIE ECONOMICHE E ACCESSO AEROPORTUALE

TEST SU STRADA
5 milioni $
Garanzia assicurativa o finanziaria richiesta per la sperimentazione. [3]

SERVIZIO AVNC
1,5 milioni $
Minimo per sinistro durante il servizio: assicurazione o autoassicurazione.
[4]

HARRY REID
Autorizzazione del Clark County Department of Aviation
per servire l'aeroporto. [6]

PER IL SERVIZIO COMMERCIALE SENZA CONDUCENTE

DMV Conformità e immatricolazione + **NTA** Permesso AVNC = **SERVIZIO AUTORIZZATO**
Nei limiti del permesso. [2, 4, 6]

FONTI UFFICIALI

[1] NHTSA · standard e vigilanza
[2] Nevada DMV · autocertificazione
[3] NRS 482A · veicoli autonomi
[4] NRS 706B · imprese AVNC
[5] NAC 706B · disciplina del servizio
[6] NTA · provvedimenti agosto 2026

MODELLI REGOLATORI

CINA

REGOLE NAZIONALI, AUTORIZZAZIONI LOCALI, SPERIMENTAZIONE PER AMBITI

TRE AMBITI DI **REGOLAZIONE**

VEICOLO
Prodotto e standard

CIRCOLAZIONE
Strade e condizioni ammesse

SERVIZIO
Trasporto passeggeri

PRESIDIO UMANO E AMBITO OPERATIVO

Driverless nei programmi che lo autorizzano
Regole specifiche per area, orari, supervisione e intervento remoto. [3-5]

QUADRO NAZIONALE, REGOLAMENTAZIONE LOCALE

STATO
Ministeri e autorità nazionali

REGOLE SU PRODOTTO E SERVIZIO
Competenze coordinate su veicoli e trasporti

- **MIIT · industria**
  Standard, requisiti industriali e ammissione.
- **MPS · pubblica sicurezza**
  Regole sui veicoli e sicurezza stradale.
- **MOT · trasporti**
  Requisiti di operatori e servizi di trasporto.

Pilota nazionale L3/L4 dal 2023: MIIT, MPS, MOT e ministero dell'edilizia. [1-3]

AUTORITÀ LOCALI
Province, municipalità e zone pilota

PERMESSI E CONDIZIONI LOCALI
Valutazioni, veicoli e aree autorizzate

Test su strada → **Dimostrazione**

- **Pilota locale remunerato**
  Condizioni del programma
- **Esercizio commerciale**
  Ammissione del veicolo e titoli di trasporto

Schema di principio: titoli e requisiti dipendono dal programma locale. [4-6]

OBBLIGHI DI SERVIZIO

SICUREZZA
Assicurazioni, piani di emergenza e monitoraggio dei veicoli. Report, verifiche e sospensioni. [1-3]

SISTEMI DIGITALI
Cybersecurity, aggiornamenti software e registrazione dei dati. Standard obbligatori dal 2026. [7]

UTENTI E DATI
Informativa ai passeggeri e privacy. Protezione dei dati e regole per i trasferimenti all'estero. [3, 8]

REGOLE E SPERIMENTAZIONI LOCALI · TRE ESEMPI

PECHINO
2025
Valutazione di sicurezza e titolo locale per i progetti pilota su strada. [4]

SHANGHAI
2026
Requisiti distinti per test, dimostrazione ed esercizio commerciale. [5]

WUHAN
2022
Avvio di corse a pagamento senza personale a bordo, in un pilota locale. [6]

IL PRINCIPIO DEL MODELLO

QUADRO NAZIONALE + **PERMESSI LOCALI** = **ESERCIZIO DELIMITATO**

Standard, prodotto e trasporti + Veicoli, strade, tempi e attività = Alle condizioni del programma. [1-5]

FONTI UFFICIALI

[1] Test e dimostrazioni · 2021
[2] Accesso e circolazione · 2023
[3] MOT · sicurezza del servizio
[4] Pechino · regolamento 2025
[5] Shanghai · misure 2026
[6] Wuhan · pilota dal 2022
[7] Standard digitali · dal 2026
[8] Dati · trasferimenti all'estero





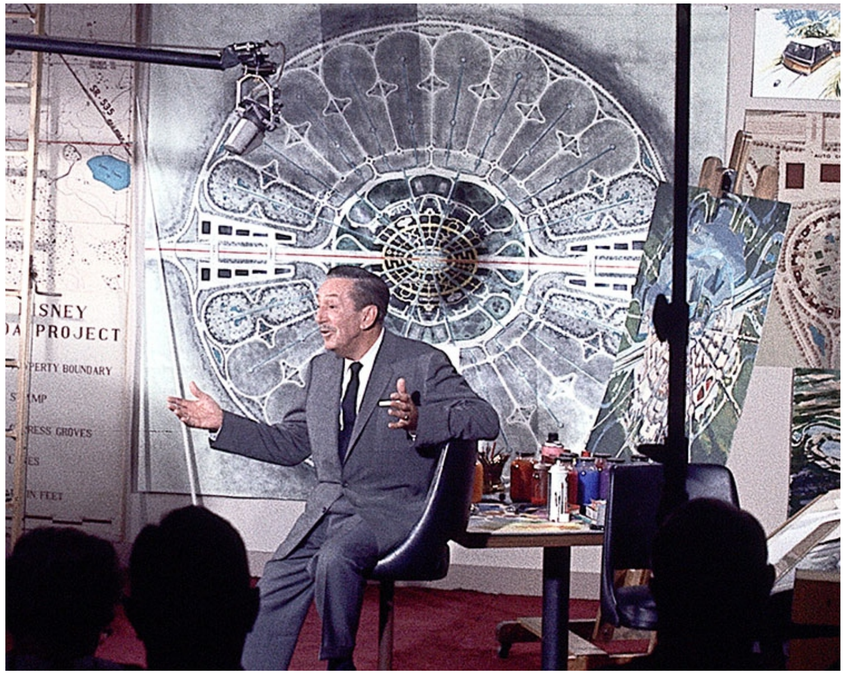


1. il marciapiede come infrastruttura
2. accosti gestiti come nodi
3. depositi e centri di manutenzione

DI VISIONE IN VISIONE...







...LA TECNOLOGIA È STRUMENTO O UN OBIETTIVO?

Visione tecnofuturista	Anno	Tecnologia	Apparati innovativi	Visione
Futurama 1	1939	Ingegneria	Cemento armato e valvole (termoioniche)	Zero incidenti (guida libera dalle interferenze)
Futurama 2	1964	Elettronica	Transistor, ricerca aereonautica e aerospaziale	Velocità e sicurezza (verso chi è dentro l'auto)
Futurama 3	Novanta	Microelettronica	Microprocessori	Guida assistita dalla tecnologia
Futurama 4 (Autonorama)	2015-...	Autonomia (guidata dai big-data)	Sensori, Intelligenza artificiale	Guida autonoma

Trasposizione da Peter Norton, 2021, Autonorama: The Illusory Promise of High-Tech Driving, Island Press / Princeton University Press


ATTENZIONE:
TRAFFICO INTENSO
SU TUTTA LA RETE