

Domande e risposte | Roma Mobilità

Tramvia Termini Vaticano Aurelio (TVA)

Perché il tram?

[Perché non potenziare il servizio bus con moderni mezzi elettrici?](#)

La scelta di potenziare il sistema tranviario capitolino è stata fatta all'interno del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) di Roma Capitale, approvato con Delibera n.14/2022 e dal PUMS della Città Metropolitana di Roma Capitale adottato con decreto del Sindaco metropolitano n. 220 del 28/12/2022 e in via di approvazione definitiva. I due piani, ognuno alla propria scala, delineano concordemente le azioni da sviluppare nel medio e lungo periodo per raggiungere gli obiettivi fissati a livello comunitario e nazionale in termini di aumento dell'accessibilità, riduzione degli impatti climateranti, tutela della salute, aumento della sicurezza stradale, miglioramento della vivibilità e della qualità urbana.

La strategia fondamentale che sottende i due piani, per quanto riguarda la mobilità nel Centro Storico e nella corona novecentesca è la definizione di una rete complementare a quella portante costituita da metropolitane e ferrovie regionali in grado di superare i limiti di capacità dell'attuale offerta di trasporto pubblico e di offrire al contempo una alternativa attraente all'utilizzo del mezzo privato anche per spostamenti diversi da quelli casa-scuola e casa-lavoro con una chiara riconoscibilità del servizio di trasporto pubblico nel suo complesso.

L'attuale sistema di trasporto pubblico su gomma ha da tempo raggiunto il proprio limite di capacità sulle principali direttrici della rete urbana e accusa una progressiva difficoltà di circolazione dovuta all'aumento del livello di congestione della rete stradale. Le gravose condizioni di circolazione dei mezzi pubblici di superficie comportano da un lato l'aumento dei costi di esercizio e dall'altro il peggioramento del livello di servizio sia in termini di tempi di percorrenza sia di regolarità e puntualità.

Le ragioni per le quali l'esclusivo potenziamento della rete bus con moderni mezzi a trazione elettrica, che certamente rispondono alle esigenze ambientali di ridurre gli inquinanti atmosferici (soprattutto in confronto con i mezzi di trasporto privati), non sarebbe in grado di garantire gli obiettivi previsti dal PUMS sono:

la minore capacità di carico del mezzo rispetto al tram: un bus articolato elettrico ha una capienza di circa 105-115 passeggeri (calcolando un affollamento di 4 passeggeri per metro quadrato di superficie utile a bordo). Occorre inoltre tenere presente che la lunghezza massima ammessa dal codice della strada per i veicoli su gomma è di 18,75 metri e, quindi, non possono essere introdotti in circolazione mezzi su gomma più capienti come i mezzi biarticolati da 24 metri (140-150 posti a seconda dell'allestimento) in quanto, ai sensi dell'articolo 61 comma 2bis devono transitare esclusivamente su itinerari in corsia riservata appositamente autorizzata dal Ministero dei Trasporti; Per contro il nuovo tram di Roma ha lunghezza di 33,5 metri a cui corrisponde - con un affollamento di 4 passeggeri per metro quadrato di superficie utile a

bordo - una capienza di 215 passeggeri: è evidente come un servizio organizzato con mezzi di maggiore capienza consenta di dare risposta a una maggiore domanda di trasporto senza dovere aumentare ulteriormente la frequenza dei passaggi;

la qualità e la regolarità del servizio: il progetto della nuova tranvia TVA prevede che il tracciato si snodi su sede in gran parte riservata; inoltre, i tram viaggeranno disponendo della precedenza semaforica agli incroci rispetto agli altri mezzi in circolazione. Queste condizioni permettono di garantire una elevata puntualità e regolarità e dunque di poter offrire un servizio di qualità superiore, impossibile da raggiungere con mezzi su gomma. È opportuno evidenziare come i tram abbiano una larghezza inferiore a quella dei mezzi pubblici su gomma (2,40 metri anziché 2,55 metri) e, viaggiando su binari, richiedano una larghezza di corsia inferiore a quella dei mezzi su gomma (larghezza lorda di 6,50 metri contro 7,80 metri): ciò rende più semplice l'inserimento di tratti di percorso in sede riservata rispetto alle corsie preferenziali dei bus;

l'accessibilità al mezzo e il comfort di marcia: il tram, rispetto agli autobus, grazie alla via guidata, permette un imbarco a raso con accoppiamento perfetto del pianale di ingresso a quello della banchina di attesa garantendo a tutte le persone un maggiore comfort di marcia e una accessibilità perfetta: con carrozzine, passeggini e qualunque tipo di supporto alla deambulazione salire sul tram è come passeggiare sul marciapiede.

[Perché non costruire una metropolitana in via Nazionale?](#)

La scelta tra diversi sistemi di trasporto deve tenere conto di valutazioni di tipo trasportistico (domanda di trasporto attuale e futura) ed economiche. La pianificazione della rete metropolitana per la città di Roma si è da tempo consolidata sul sistema 2+2: alle linee A e B/B1 vede l'affiancamento della linea C in via di completamento sulla direttrice est-nord-est e della nuova linea D sulla direttrice nord-est-sud/sud-ovest.

In questa rete il tram è la tecnologia ideale per assolvere alla funzione complementare di collegamento/distribuzione su direttrici di traffico per le quali la scelta di un sistema di trasporto tipo metropolitana risulterebbe scarsamente motivato e di difficile sostenibilità.

La domanda di trasporto prevista per la TVA varia tra 2.500 e 4.000 passeggeri/ora per direzione di massimo carico. La domanda di trasporto minima che giustifica una metropolitana – ancorché “leggera” ovvero del tipo a sagoma ridotta rispetto alle metropolitane tradizionali come le linee A, B e C - è di almeno 8.000/10.000 passeggeri/ora per direzione e di 15.000 per un sistema “pesante”.

[Perché non potenziare la rete metropolitana?](#)

Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) della Città metropolitana di Roma Capitale, concordemente con quello comunale, ha l'obiettivo di creare una rete di mobilità più connessa, capillare ed efficiente, che sia in grado di superare i limiti di capacità dell'attuale offerta di trasporto pubblico e di offrire un'alternativa competitiva all'utilizzo dell'auto privata anche per spostamenti diversi da quelli casa-scuola e casa-lavoro. Per far questo il piano punta sulla rete delle metropolitane e delle ferrovie urbane come elemento portante della mobilità urbana e metropolitana.

Parametro	Metro	Ferrovie urbane (Nord e Lido)	Totale	Δ situazione attuale
Estesa impianti (in metri)	124.619	55.587	180.206	+80%
Estesa rete (metri)	286.182	74.036	360.218	+134%
Posti km in ora di punta	4.000.425	1.216.944	5.217.369	+130%
Treni km in ora di punta	4.211,0	1.281,0	12.422,3	+56%
Treni km anno	20.898.358	4.798.807	25.697.165	+92%
Milioni di posti km anno	19.853,44	4.244,62	24.098,06	+144%
Parco treni	187	49	236	+111%

Figura 1 – PUMS della Città metropolitana di Roma Capitale, indicatori di sviluppo della rete metropolitana

Al contempo si prevede di sviluppare la rete tranviaria come sistema complementare alle metropolitane e ferrovie urbane per distribuire i flussi nel Centro storico e nella corona dei quartieri novecenteschi.

Parametro	Situazione attuale	Scenario di Piano	Δ
Estesa impianti (in metri)	49.611	147.069	+196%
Linee	7	20	+186%
Estesa rete (in metri)	49.611	288.911	+482%
Posti km in ora di punta	112.980	983.975	+771%
Tram km in ora di punta	665	4.920	
Tram km anno	3.829.799	28.351.526	+640%
Parco tram	77	365	+374%

Figura 2 - PUMS della Città metropolitana di Roma Capitale, indicatori di sviluppo della rete tranviaria

Filovie e busvie elettriche ricoprono un ruolo parimenti importante come sistemi complementari di secondo livello per completare la copertura territoriale e la completa elettrificazione del sistema del trasporto pubblico.

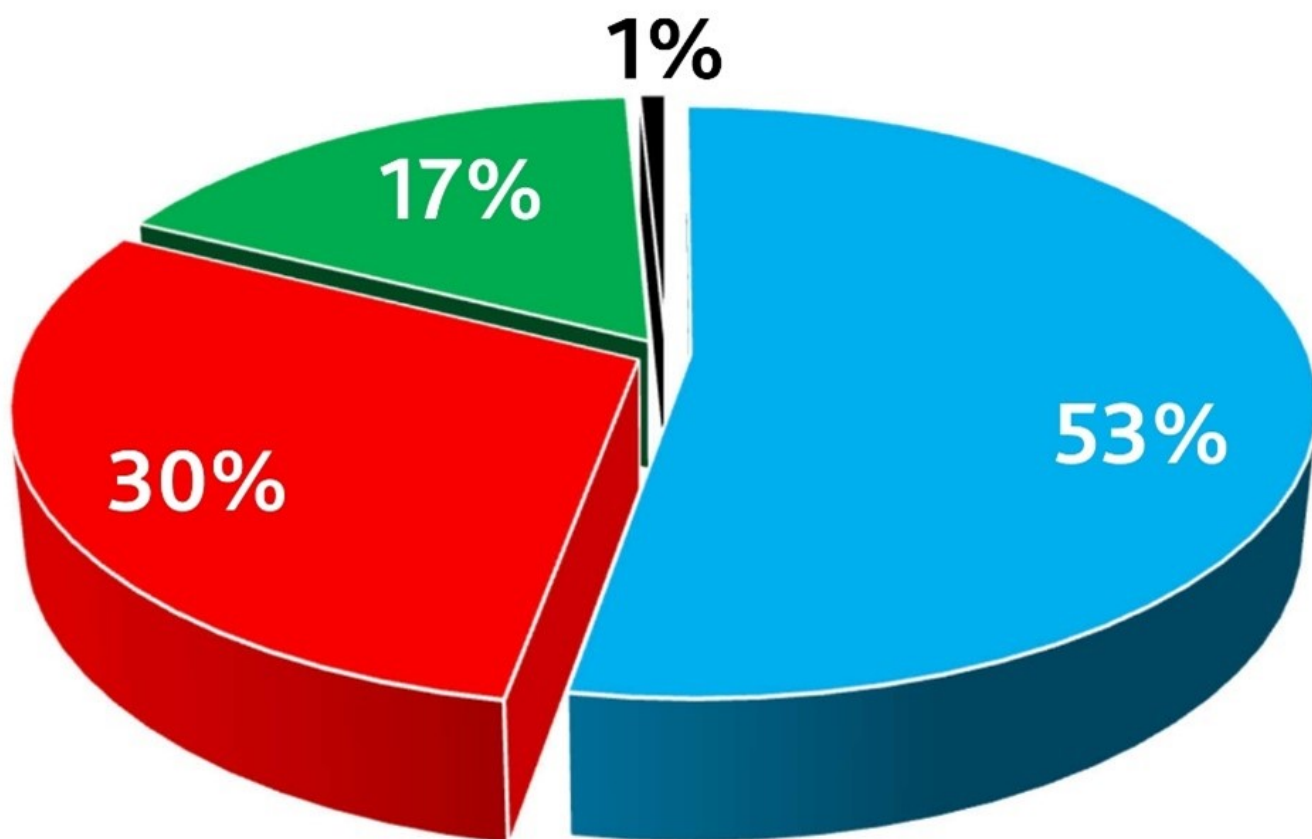
Parametro	Situazione attuale	Scenario di Piano	Δ
------------------	---------------------------	--------------------------	----------

Estesa impianti (metri)	21.350	96.894	+354%
Linee	3	9	+200%
Estesa rete (metri)	26.553	112.237	+323%
Posti km in ora di punta	61.197	253.371	
Vetture km in ora di punta	556	2.303	
Vetture km anno	3.205.993	13.273.526	+314%
Parco vetture	65	182	+180%

Figura 3 - PUMS della Città metropolitana di Roma Capitale, indicatori di sviluppo della rete filoviaria e di busvie elettriche (BRT)

[Il tram è una tecnologia del passato?](#)

È un luogo comune, smentito nei fatti da numerosissime nuove realizzazioni in tutto il mondo. Oggi, tra ferrovie adibite al servizio urbano e suburbano, metropolitane, tranvie e sistemi ettometrici (funicolare, people-mover e funivie) nel mondo sono attivi poco meno di 2.000 impianti per un totale 106.500 km (fonte UITP, Associazione Internazionale del Trasporto Pubblico). Di questi il 17% sono tranvie in 480 città e 18.000 km di sedi a doppio binario.



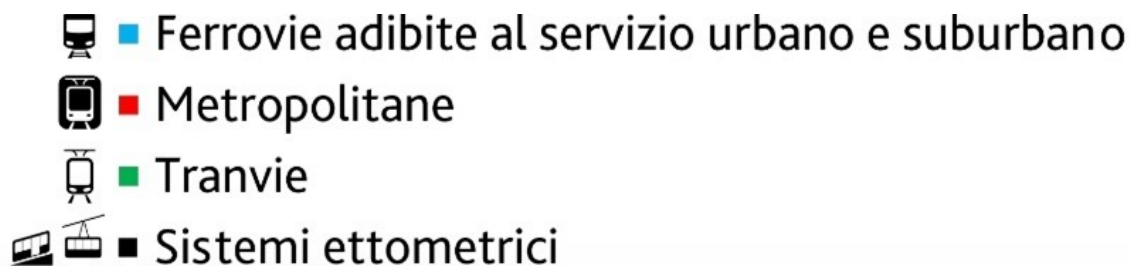


Figura 4 – Ripartizione delle tecnologie di trasporto sul totale dei sistemi di trasporto rapido di massa attivi nel mondo

Oggi solo in Europa ci sono 220 città con reti tranviarie ed è significativo che in 70 casi si tratta di nuove realizzazioni, dal 1980 in poi. Emblematico lo sviluppo delle reti tranviarie, dal 1980 a oggi, nella sola Europa occidentale.

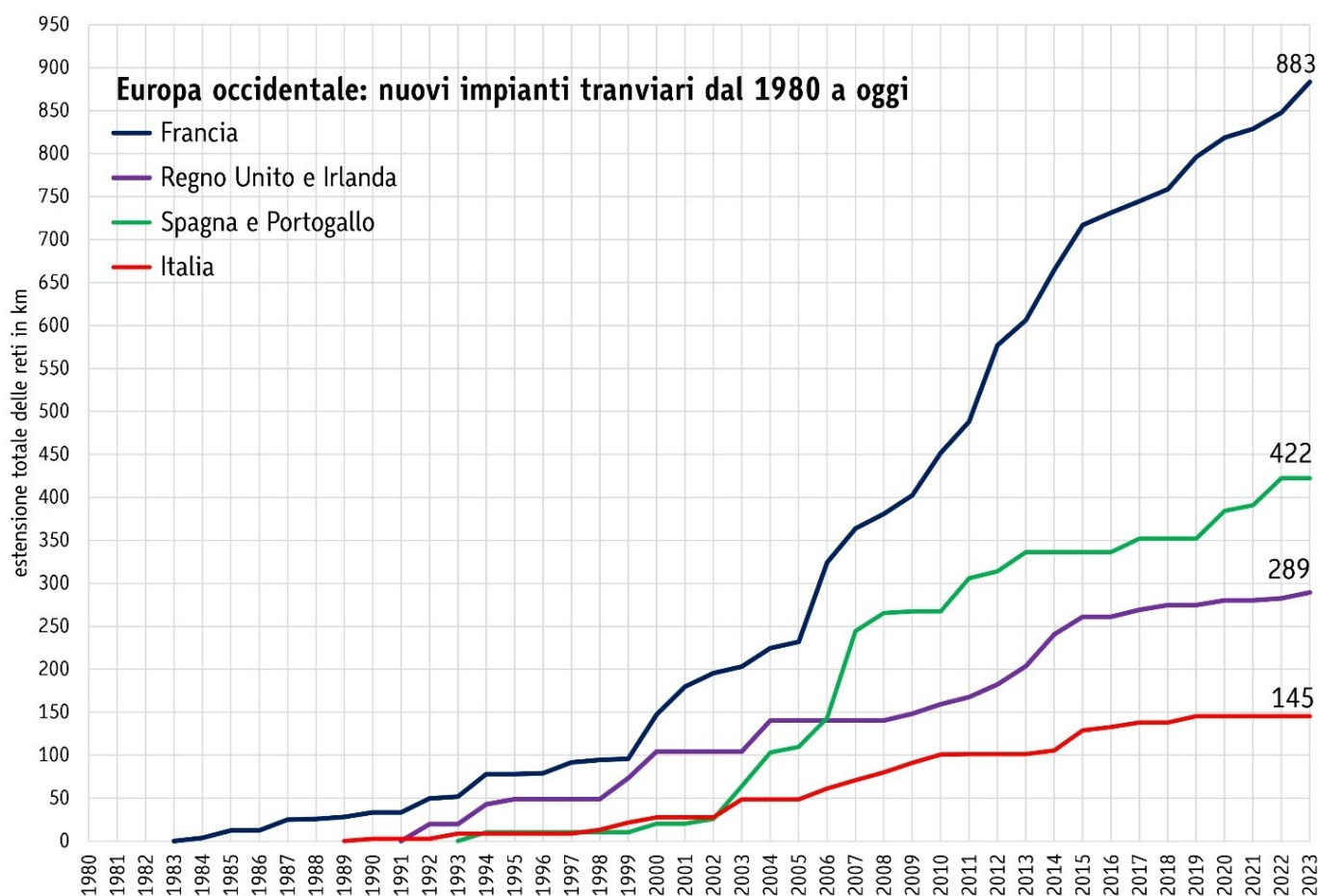


Figura 5 – Sviluppo degli impianti tranviari moderni in Europa occidentale: tra il 1980 e il 2023 sono stati aperti all'esercizio 1.740 km di impianti in 65 città

Guardando in prospettiva, tra progetti approvati e opere in corso di realizzazione, nel mondo ci sono 2.500 km di nuovi impianti tranviari la cui entrata in esercizio è programmata entro il 2030, in 30 città. Le tranvie vengono scelte in ragione della maggiore economicità, sull'intero ciclo di vita, per funzioni differenti:

Nelle città di medie dimensioni per costituire la rete portate del sistema di mobilità, rispetto agli altri sistemi su gomma;

Nelle città più grandi, dotate di metropolitane, le tranvie assolvono a una importante funzione integrativa e complementare in termini di copertura territoriale e accessibilità.

[Il tram ha ancora senso con l'avvento dei moderni bus elettrici?](#)

Elettrico o no, l'autobus ha un ruolo diverso dal tram. Il tram è un sistema intermedio, che ha il suo campo di impiego tra quello delle busvie/filovie e quello delle metropolitane.

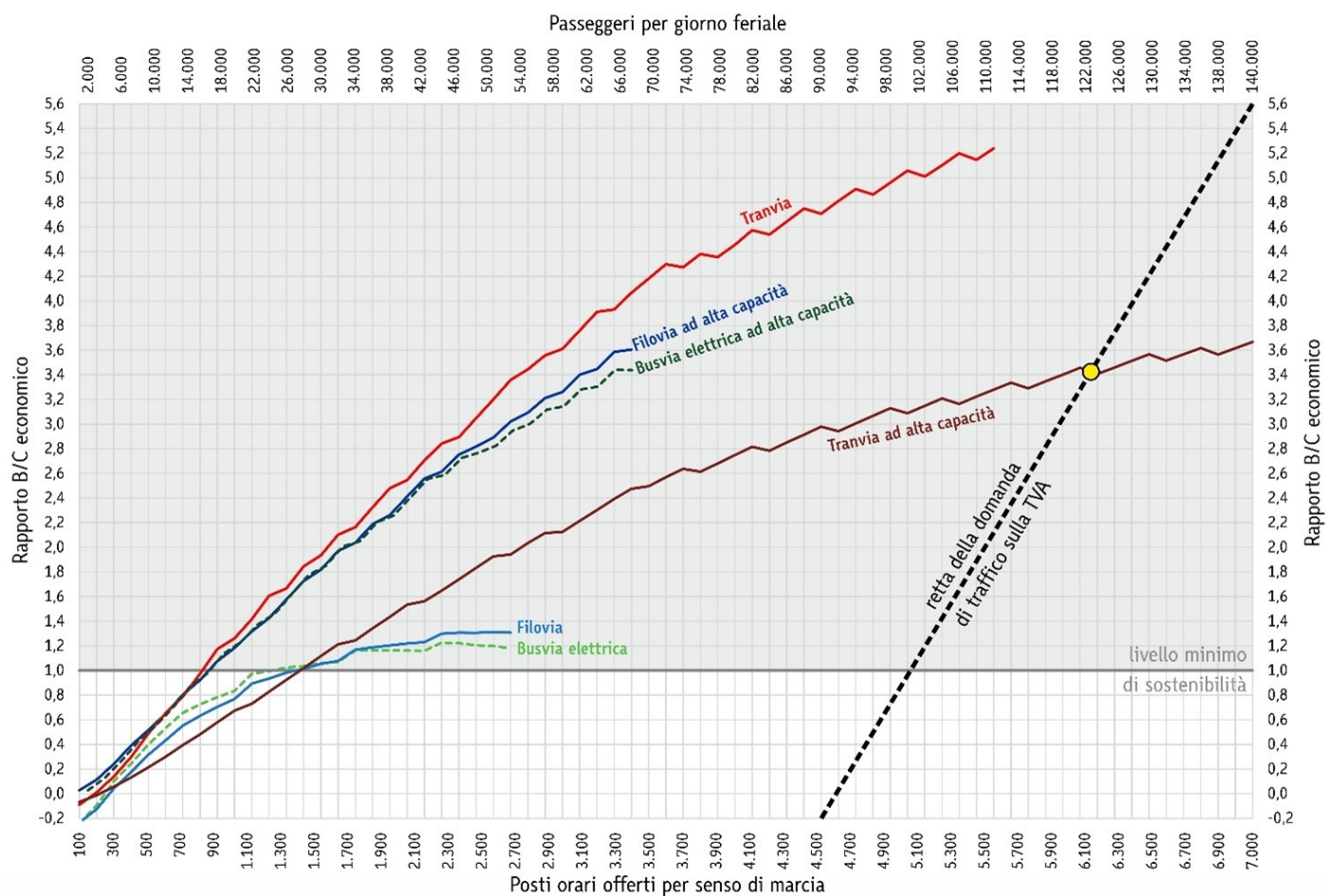


Figura 6 – Curve standard (cioè, su costo capitale medio e non effettivo) di convenienza economica per diversi sistemi intermedi di trasporto rapido di massa: si vede che per la domanda attesa sul corridoio TVA la tranvia ad alta capacità è l'alternativa non solo più sostenibile ma anche l'unica possibile in relazione ai livelli di domanda attesa e ai posti realisticamente offribili

[I moderni bus elettrici sono tram su gomma?](#)

No, conteggiando i posti in piedi con un indice di affollamento pari a 4 passeggeri per metro quadro di superficie utile (ovvero, effettivamente occupabile), un filosnodato da 18 metri di lunghezza ha una capienza di 120 posti: un moderno articolato elettrico da 18 metri ha una capacità media di 110 posti. I nuovi tram di Roma avranno una capacità di 215 posti, pari a circa 2,5 bus elettrici da 12 metri e quasi 2 articolati elettrici da 18 metri.

 | posti offerti per singolo veicolo

85



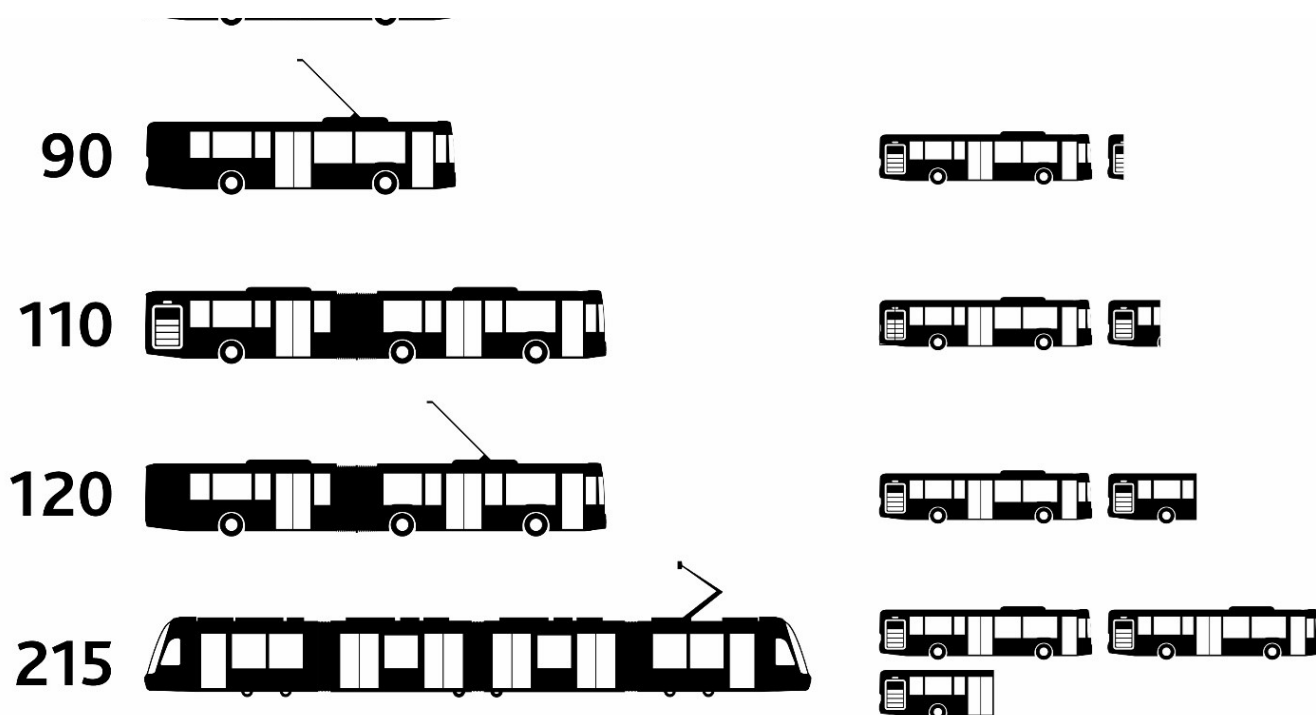


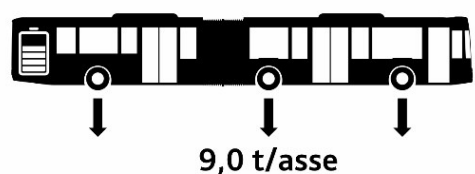
Figura 7 – Capacità di bus elettrici e filobus da 12 e 18 metri, in raffronto a quella dei nuovi tram di Roma

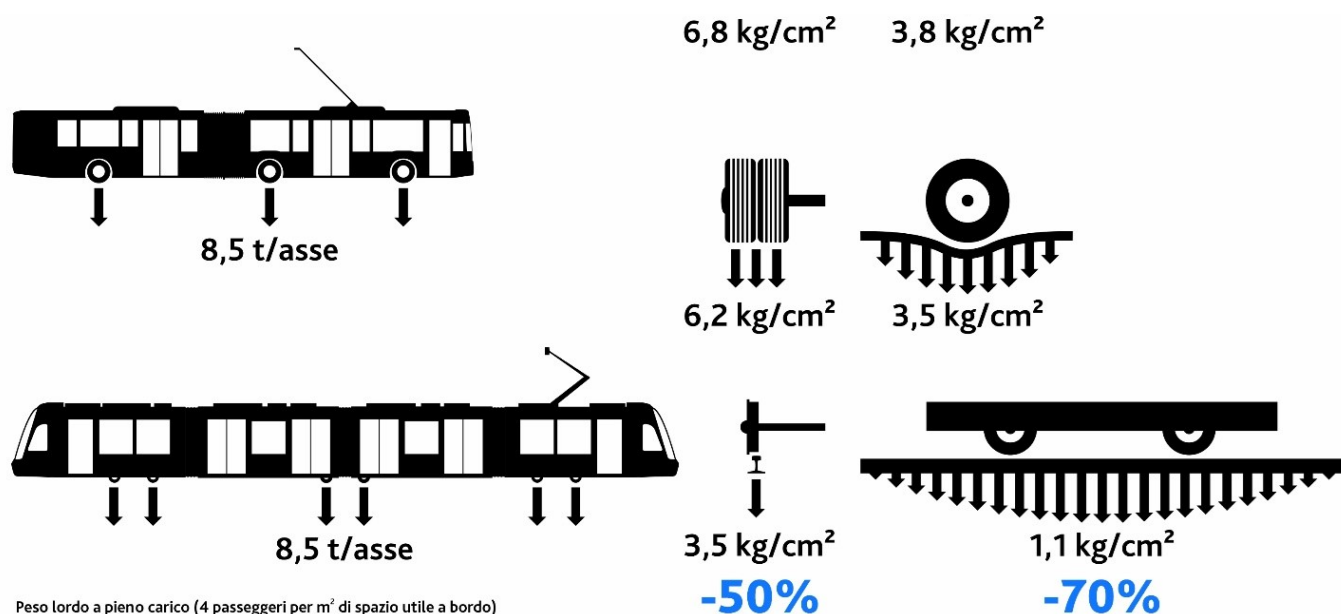
È importante confrontare sempre i dati corretti: il cosiddetto dato di targa che si legge nelle targhette metalliche apposte sui mezzi accanto al posto di guida, in genere, fa riferimento alla capacità massima calcolata togliendo la tara dal massimo carico per asse concesso dalla Motorizzazione civile nel certificato di omologazione del veicolo e autorizzazione alla circolazione. Quel numero, andando a ritroso ovvero dividendolo per l'area utile a bordo (al netto delle sedute, dei corrimani e di altri ostacoli o sporgenze) e ancora per 70 kg (valore indicativo del peso di un passeggero) restituisce coefficienti di riempimento compresi tra 6 e 7 passeggeri per metro quadro: ragionevolmente impossibili da raggiungere in condizioni reali.

[Il tram è un mezzo troppo pesante per il delicato Centro storico di Roma?](#)

Nella determinazione del cemento e delle sollecitazioni trasmesse da un mezzo in circolazione stradale non conta tanto il peso in sé, quanto come questo viene trasmesso alla pavimentazione e al sottofondo sottostanti. Premesso che un tram è un veicolo ammesso dalla Motorizzazione civile alla circolazione stradale promiscua e pertanto soggiacente ai medesimi limiti di carico per asse di tutti gli altri mezzi su gomma, tra i tram in commercio si trovano pesi (a pieno carico) per asse uguali o leggermente inferiori a quelli di un bus elettrico.

peso trasmesso sul sottofondo stradale





Per quanto riguarda la trasmissione di questo peso, le rotaie dei binari agiscono come le travi di un edificio, contribuendo a diffondere il peso esercitato dagli assi in maniera maggiormente diffusa di quanto non avvenga con gli pneumatici che invece esercitano un cimento di forma triangolare. Ne risulta una forza per unità di superficie (qui espressa per una maggiore comprensibilità in chilogrammi per centimetro quadrato, rispetto all'unità di misura ufficiale che sono i Newton per millimetro quadro e che si trovano sui documenti ufficiali) che per il tram è più bassa del 50% rispetto a quella esercitata da bus elettrici e filobus.

La pavimentazione flessibile in asfalto trasmette poi sul terreno sottostante un cimento di 3-4 chilogrammi per centimetro quadrato: se si ricorresse invece alle – poco usate in Italia, a dire il vero – pavimentazioni rigide ovvero a una piastra in calcestruzzo per la via di corsa il cimento scenderebbe a circa 2 chilogrammi per centimetro quadrato.

L'accoppiata tra rotaia e piastra in calcestruzzo sottostante, trasmesso al terreno sottostante un cimento molto più basso: appena 1 chilogrammo circa per centimetro quadrato.

[Il tram consuma più energia di un bus elettrico?](#)

L'economicità di un servizio di trasporto pubblico va ponderata non tanto sulle percorrenze dei veicoli - ovvero veicoli per chilometri percorso – quanto sui posti offerti. Così un tram da 32-33 metri come quello di Roma ha un consumo medio di 3,25 kWh per km che è più alto di quello di un bus elettrico (2,60 kWh/km).

Ma in termini di posti offerti il tram è nettamente più conveniente: con 15.100 kWh per milione di posti km c'è un risparmio del 36% rispetto ai 23.600 kWh per milione di posti km con bus elettrico.



consumo energetico medio

1,75 kWh per veicolo km

20.500 kWh per milione di posti km



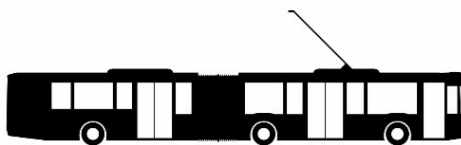
1,00 kWh per veicolo km
17.700 kWh per milione di posti km



2,60 kWh per veicolo km
23.600 kWh per milione di posti km



2,35 kWh per veicolo km
19.500 kWh per milione di posti km
-17% rispetto al bus elettrico articolato



3,25 kWh per tram km
15.100 kWh per milione di posti km
-36% rispetto al bus elettrico articolato



[L'esercizio dei tram costa di più di quello con moderni bus elettrici?](#)

Come per i consumi energetici, il costo di esercizio deve essere riferito non al veicolo ma al posto offerto. Grazie alla maggiore capacità del tram, si trova un costo operativo netto (ovvero decurtato dei costi finanziari, ammortamenti e canoni) di 30.600 euro per milione di posti km offerti, il 30% in meno dei 44.000 euro per milione di posti km offerti del bus elettrico.

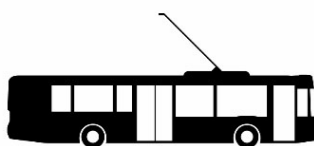


costo operativo netto (esclusi costi finanziari, ammortamenti e canoni)

4,20 Euro per veicolo km
49.800 Euro per milione di posti km



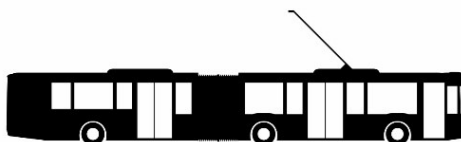
4,15 Euro per veicolo km
46.600 Euro per milione di posti km



4,80 Euro per veicolo km
44.000 Euro per milione di posti km



4,75 Euro per veicolo km
39.500 Euro per milione di posti km
-10% rispetto al bus elettrico articolato



6,60 Euro per tram km
30.600 Euro per milione di posti km
-30% rispetto al bus elettrico articolato



[Perché il tram è migliore come investimento rispetto ai moderni bus elettrici? >](#)

Quando acquistiamo un'automobile o un elettrodomestico, pensiamo sia al costo che alla durata: giustamente, quando una Amministrazione realizza – o, meglio, acquista – una infrastruttura di trasporto per la collettività deve valutarne anche la durata.

Filovie e tramvie hanno una vita utile media che è maggiore di quella delle busvie elettriche sia in termini di vita media dei veicoli che di opere e impianti. In particolare, il tram ha una vita media di 32 anni circa, contro i 28 del filobus e i 24 di una busvia elettrica. Questa maggiore durata si traduce in un uso più efficace delle risorse ovvero in una minore incidenza dei rinnovi e delle manutenzioni straordinarie (rispetto al capitale iniziale investito per la realizzazione e l'acquisto dei veicoli).



anni di vita utile

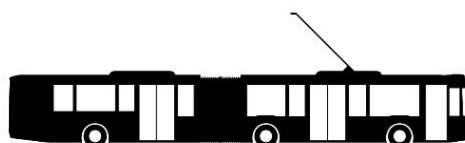
15 veicoli

18 opere e impianti



15 veicoli

25 opere e impianti



+15% rispetto a una busvia elettrica

30 veicoli

32 opere e impianti



+30% rispetto a una busvia elettrica

[Qual è l'impatto climalterante della tranvia TVA?](#)

Misurerà l'impatto climalterante di una infrastruttura di trasporto – come di qualunque altro oggetto urbano – significa conteggiare:

l'energia grigia incorporata da opere, impianti e veicoli e da tutti i pezzi di ricambio che saranno necessari nella vita utile;

l'energia necessaria a muovere i veicoli e al funzionamento di tutti gli apparati, le attrezzature e gli ambienti collegati all'esercizio quotidiano.

Adottando a riferimento le norme tecniche UNI/TS 11300 per la valutazione delle prestazioni energetiche, su un periodo di vita utile di 30 anni (per le Linee guida operative per la valutazione degli investimenti nel Trasporto Rapido di Massa, documento MIT del 2022 è la vita media di un impianto tranviario) e l'attuale costo emissivo di produzione – in grammi di CO2 equivalente - del kWh dalla rete elettrica nazionale (Ispra, 2023) si trova per l'esercizio di progetto della nuova TVA l'emissione di 2.208 tonnellate di CO2, il 47% in meno di quanto si avrebbe utilizzando articolati elettrici (3.242 tonnellate di CO2).



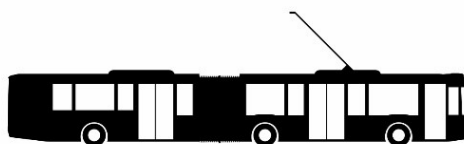
impatto climalterante in 30 anni di esercizio

tonnellate di anidride carbonica equivalenti tra energia grigia per opere e materiali ed energia di processo

126 per opere, impianti e veicoli
4.359 compreso l'esercizio



123 per opere, impianti e veicoli
3.242 compreso l'esercizio
-26% rispetto a una busvia elettrica



109 per opere, impianti e veicoli
2.208 compreso l'esercizio
-47% rispetto a una busvia elettrica



[Il tram è ingombrante?](#)

Tanto nella tecnica dei trasporti quanto nella vita quotidiana vale il principio di Pareto: Vilfredo Pareto nel 1897 partendo dalla distribuzione dei redditi, generalizzò che l'80% dei risultati proviene dal 20% delle cause. Trasponendolo alla circolazione stradale si può dimostrare che il 20% dei veicoli causa l'80% della congestione stradale. Si tratta di un assunto apparentemente controintuitivo, ma che è stato ampiamente dimostrato nella realtà quotidiana.

L'osservazione di Pareto ha come corollario la necessità di riservare spazio al trasporto pubblico per avere un servizio efficiente, che attragga nuovi utenti, migliorando la ripartizione modale e riducendo così la congestione del traffico. Ora, considerando l'uso effettivo di un'automobile (circa 1,3 posti rispetto ai 4 disponibili) in termini di portata oraria una corsia riservata al trasporto pubblico ha comunque una capacità di trasporto maggiore di una dedicata al traffico ordinario.

Tipo di mezzo	Posti per veicolo	velocità media (km/h)	veicoli ora per direzione	posti ora per direzione	Δ
sole automobili	4	20,0	1.200	4.800	
	1,3	20,0	1.200	1.560	
<i>corsia riservata al solo TPL</i>					
eBus 12 m	85	15,0	20	1.700	+9%
Filobus 12 m	90	15,0	20	1.800	+15%
eBus 18 m	110	15,0	20	2.200	+41%
Filobus 18 m	120	15,0	20	2.400	+54%
Tram	215	15,0	20	4.300	+176%

Figura 8 – Confronto sull’uso di una corsia stradale tra il solo traffico automobilistico e la riservazione al TPL

Assumendo una velocità media di deflusso di 20 km/h una corsia stradale ha una capacità nominale di 4.800 posti in autovetture e una capacità effettiva di 1.560 posti.

Riservando la corsia al solo trasporto pubblico locale e assumendo un intertempo dei passaggi a 3’ per direzione, la capacità effettiva oraria sale del 41% con bus elettrici articolati, del 54% con filobus e del 176% con veicoli tramviari.

Una nota sulla capacità effettiva delle nostre strade: di primo acchito può sembrare un confronto non equo quello di considerare il mezzo privato pieno al 30% circa e i mezzi pubblici al 100% della capacità ordinaria (coefficiente di carico detto C2 pari a 4 passeggeri per metro quadro anziché i 6 nominali – coefficiente C1 - del dato di targa). Ma è un dato di fatto: analizzando sia i conteggi di traffico periodicamente condotti a Roma, che i dati di letteratura delle altre grandi città europee, in ora di punta il tasso medio di riempimento delle automobili non supera il 30% mentre quello dei mezzi pubblici di trasporto oscilla tra il 90% e il 110% della capacità con coefficiente di carico C2.

[Il tram è rumoroso?](#)

La rumorosità prodotta dal traffico urbano è un fattore estremamente importante per garantire una elevata qualità della vita per residenti e utenti della città. La rumorosità del tram, come quella dei mezzi su gomma, è strettamente legata allo stato di manutenzione dei veicoli e della via di corsa: tram su rotaie “marezzate ” (cioè, non molate regolarmente) sono rumorosi così come il transito di bus elettrici e filobus su sottofondi stradali dissestati (le famose “buche”).

Ragionando su sistemi di nuova realizzazione e correttamente mantenuti è possibile confrontare la








rumorosità media – da letteratura scientifica e misure in campo – di mezzi su gomma e tram. Assumendo a riferimento la rumorosità di un moderno bus elettrico che si muove su una via di corsa realizzata correttamente e regolarmente mantenuta si trova che le pavimentazioni rigide (con piastre di calcestruzzo) hanno un comportamento eufonico migliore rispetto alle pavimentazioni in asfalto.

Per quanto riguarda i tram, mezzi storici su armamenti che non prevedono presidi eufonici, la rumorosità può essere anche molto più elevata di quella di un bus elettrico. Per quanto concerne i tram di nuova generazione, la rumorosità è uguale o leggermente inferiore a quella di un bus elettrico: il rotolamento delle ruote di acciaio sulla superficie liscia delle rotaie genera molto meno rumore di quello degli pneumatici sull'asfalto o, peggio, sulle pavimentazioni lapidee. Le vibrazioni sono invece annullate dall'uso, per l'armamento, di tecniche con vari stadi di smorzamento elastico (negli attacchi delle rotaie, con la fasciatura elastica delle rotaie stesse, con l'adozione di soluzioni “massa-molla” (costituite da materassini elastici sotto la platea della sovrastruttura).



rumorosità

Rumorosità media del passaggio di un mezzo in dB(A) a 5 metri dalla via di corsa⁽¹⁾

		in rettilineo a 30 km/h	$\Delta^{(2)}$	in curva di raggio $R \leq 23$ metri	$\Delta^{(2)}$
 Busvia con mezzi diesel	su pavimentazione elastica (asfalto)	75,6	+8,3	77,4	+7,7
 Busvia con mezzi CNG	su pavimentazione elastica (asfalto)	73,1	+5,8	74,0	+4,3
 Busvia elettrica	su pavimentazione rigida	67,3		69,7	
 Busvia elettrica	su pavimentazione elastica (asfalto)	69,5	+2,2	69,8	+0,1
 Filovia	su pavimentazione rigida	66,5	-0,8	68,9	-0,9
	su pavimentazione elastica (asfalto)	68,8	+1,5	69,9	+0,1
 Tramvia storica	su armamento non eufonico	75,5	+8,2	86,8	+17,1
 Tramvia di nuova generazione	su armamento regolarmente mantenuto posato su materassino antivibrante	67,0	-0,3	74,1	+4,4
	su armamento regolarmente mantenuto posato su materassino antivibrante e sistemi di riduzione dell'attrito ruota/rotaia			69,3	-0,4

(1) Dati mediati su una rassegna di 20 pubblicazioni scientifiche (periodo 2000-2022) di analisi comparata della rumorosità prodotta da sistemi tranviari

(2) Confronto con il sistema di busvia elettrica su pavimentazione rigida

(2) La ruota di un tram può presentare una sfaccettatura (per esempio a seguito di una frenata di emergenza) e allora genererà ad ogni giro un battito oppure la rotaia può divenire rugosa o “marezzata” (con profilo seghettato) e allora si avranno micro-distacchi e micro-attacchi tra le due superfici, e di conseguenza un rumore che tuttavia avrà livelli inferiori a quelli generato da uno pneumatico sull'asfalto.

[Il tram provoca pericolose vibrazioni?](#)

Al pari della rumorosità le vibrazioni (più correttamente, microtremori) prodotte dal traffico urbano sono un fattore estremamente importante per la qualità della vita e la salvaguardia del patrimonio storico. Le vibrazioni prodotte da un tram, come quelle dei mezzi su gomma, sono strettamente legate allo stato di manutenzione dei veicoli e della via di corsa: ancor più del rumore, però, le vibrazioni possono essere del tutto eliminate proprio dalla particolare natura della via di corsa del tram.







Le vibrazioni, per propagarsi, hanno bisogno di contiguità diretta tra mezzi rigidi: frapponendo strati elastici tra mezzo e mezzo si rompe questa continuità. Se lo strato elastico ha densità adeguate, l'onda vibratoria non solo viene attenuata ma si dissipa del tutto all'interno di tale strato.

Assumendo a riferimento la soglia di percezione umana delle vibrazioni – che è circa un centesimo del valore minimo di pericolosità per gli edifici – si vede che i mezzi su gomma a trazione termica producono vibrazioni rilevanti, mentre quelli elettrici – su sottofondo regolare - sono in genere al di sotto della soglia percettiva. Ebbene per il tram, l'apposizione di uno strato antivibrante sotto la piastra di fondazione, comporta un netto abbattimento delle vibrazioni che risultano inferiori di quelle dei mezzi elettrici su gomma qualsiasi sia la velocità di marcia.



vibrazioni

Microtremori causati dal passaggio di un mezzo in dB(A) equivalenti a 5 metri dalla via di corsa⁽¹⁾

		in rettilineo a 30 km/h	Δ ⁽²⁾	in rettilineo a 40 km/h	Δ ⁽²⁾
Soglia di percezione		71,0		71,0	
 Busvia diesel	su pavimentazione elastica (asfalto)	84,6	+13,6	87,8	+16,8
 Busvia CNG	su pavimentazione elastica (asfalto)	81,8	+10,8	84,9	+13,9
 Busvia elettrica	su pavimentazione rigida	66,7	-4,3	69,2	-1,8
	su pavimentazione elastica (asfalto)	69,0	-2,0	71,9	+0,9
 Filovia	su pavimentazione rigida	65,9	-5,1	68,4	-2,6
	su pavimentazione elastica (asfalto)	68,1	-2,9	71,1	+0,1
 Tramvia storica	su armamento senza antivibrante	75,0	+4,0	77,8	+6,8
 Tramvia di nuova generazione	su armamento regolarmente mantenuto posato su materassino antivibrante	65,1	-5,9	67,5	-3,5

(1) Dati mediati su una rassegna di 17 pubblicazioni scientifiche (periodo 2000-2022) di analisi comparata dei microtremori prodotti da sistemi tranviari

(2) Confronto con la soglia umana di percezione dei microtremori

[Il tram rilascia polveri sottili?](#)







L'elettrificazione della mobilità migliorerà certamente la qualità dell'aria nelle città, ma non annullerà del tutto le fonti di particelle sottili e ultrafini (PM10 e PM2.5). eliminata la combustione interna, negli autobus

elettrici e nei filobus, tale particolato è prodotto dal contatto degli pneumatici sul sottofondo stradale (meno dalle pavimentazioni rigide rispetto all'asfalto), dai freni e, in misura nettamente minore rispetto ai mezzi a combustione termica, dagli organi di trasmissione del moto.

Nei tram il particolato è prodotto prevalentemente dal contatto ruota/rotaia e dai sistemi di frenatura (grazie ai carrelli motorizzati i tram non hanno organi di trasmissione del moto): assumendo a riferimento il particolato totale prodotto da una moderna busvia elettrica (su pavimentazione rigida) si vede che il particolato prodotto dal tram è inferiore (-18%) già con mezzi storici (come quelli in circolazione sulla rete capitolina). Ed è nettamente inferiore (-33%) con mezzi tranviari moderni.

polveri aerodisperse

Particolato sottile e ultrafine emesso per 1.000 posti km (valori medi)⁽¹⁾

		grammi per veicolo km	grammi per milione di posti km	Δ ⁽²⁾
 Busvia diesel	su pavimentazione elastica (asfalto)	7,98	69.391	+354%
 Busvia CNG	su pavimentazione elastica (asfalto)	4,88	42.435	+178%
 Busvia elettrica	su pavimentazione rigida	1,68	15.282	
	su pavimentazione elastica (asfalto)	2,06	18.764	+23%
 Filovia	su pavimentazione rigida	1,69	14.042	-8%
	su pavimentazione elastica (asfalto)	2,05	17.092	+12%
 Tramvia storica	su armamento regolarmente mantenuto	2,70	12.558	-18%
 Tramvia di nuova generazione	su armamento regolarmente mantenuto	2,20	10.233	-33%

(1) Dati mediati su una rassegna di 10 pubblicazioni scientifiche (periodo 2000-2022) di analisi comparata delle polveri sottili prodotte dai sistemi di trasporto urbano

(2) Confronto con il sistema di busvia elettrica su pavimentazione rigida

COME SARANNO I VEICOLI E L'INFRASTRUTTURA DELLA TVA?

[Come sarà la sede tranviaria della TVA?](#)

Il tram viaggerà per circa il 90% del suo percorso su sede riservata. Oltre al tram la circolazione in questa sede sarà consentita solo ai mezzi di emergenza e soccorso. Questa è una delle più importanti differenze tra il tram e gli altri mezzi. Questa caratteristica, aggiunta alle specifiche tecniche del mezzo, rende il tram estremamente regolare nel servizio, puntuale nei tempi, nonché confortevole e sicuro, in quanto le accelerazioni e frenature saranno graduali e mai improvvise.

[Come saranno le fermate della TVA?](#)

Le fermate saranno parallele alla nuova linea tramviaria, poste in alcuni casi a lato dei binari, in altri in posizione centrale tra i due binari di progetto. L'accesso sarà garantito attraverso due passaggi pedonali (dotati di rampe di lieve pendenza) posti alle due testate delle banchine, garantendone la piena accessibilità per tutti.

[Gli attraversamenti pedonali saranno sicuri?](#)

La sede tranviaria potrà essere agevolmente attraversata dai pedoni, come una qualsiasi strada, utilizzando gli appositi attraversamenti pedonali regolati dai semafori dotati di idonei avvisatori acustici e visuali. In corrispondenza di tali attraversamenti non esisterà differenza di quota tra la sede tranviaria e la sezione stradale.

[Si potrà attraversare la sede tranviaria con altri mezzi?](#)

L'attraversamento trasversale dei tratti di sede tramviaria riservata sarà consentito agli altri mezzi, regolando i punti di intersezione tramite impianti semaforici. La circolazione tramviaria avrà comunque priorità: all'arrivo del tram il semaforo diventa rosso per gli altri veicoli che potranno ripartire una volta che il tram avrà liberato l'incrocio.

[Come si viaggerà sulla tranvia?](#)

I tram moderni sono mezzi estremamente accessibili e grazie alle loro caratteristiche tecniche, permettono un viaggio sicuro e confortevole. Come dimostrato dalle più recenti realizzazioni estere e nazionali, il tram moderno è un mezzo di trasporto che permette indipendenza e conferisce sicurezza agli anziani, ai genitori che viaggiano con passeggini e a chi necessita di carrozzine o strumenti di ausilio alla deambulazione.

Grazie al fatto che non compie brusche frenate, il tram permetterà agli utenti di approfittare dello spostamento per svolgere altre attività: leggere, navigare, godersi la città vista dalle ampie finestrature come un'interrotta vetrina e socializzare in completa sicurezza.

Il tram disporrà di porte su entrambi i lati del mezzo, consentendo un'agevole entrata e uscita alle persone e la possibilità di disporre le fermate a destra o a sinistra della linea a seconda del contesto.

[Alcune strade sono troppo strette per il passaggio del tram?](#)

A seconda delle dimensioni della sezione stradale, il progetto prevede specifiche e differenti configurazioni di inserimento della nuova tranvia. Nella maggior parte del tracciato, entrambi i sensi di marcia della tranvia viaggeranno nella carreggiata stradale parallelamente alle corsie delle automobili e alle piste ciclabili.

In alcuni casi specifici invece l'assetto stradale avrà una conformazione diversa:

in corrispondenza dell'attraversamento del Tevere i due sensi di marcia della tranvia percorreranno assi stradali diversi (quindi le strade saranno interessate dalla realizzazione di un solo binario in una sola

direzione);

in altri brevi tratti, il tram viaggerà in sede promiscua con il traffico privato;

In tutti i casi, la sezione stradale sarà riprogettata totalmente da facciata a facciata, con l'obiettivo di riqualificare lo spazio pubblico nella sua totalità, valorizzando spazi pubblici oggi nascosti dal traffico stradale e promuovendo la socialità e la mobilità attiva come camminare e andare in bicicletta.

[Ci sarà un aumento del rumore e delle vibrazioni?](#)

Le vibrazioni trasmesse agli edifici circostanti dai mezzi pesanti su gomma sono maggiori rispetto a quelle trasmesse dai veicoli su rotaie, nei quali vengono adottate adeguate misure sui due sistemi che generano il fenomeno: l'armamento (pacchetto composto dai binari e dalla sottostante platea di calcestruzzo) e i tram. Per ridurre al minimo il fenomeno della trasmissione di rumore e vibrazioni generate dal contatto tra ruota e rotaia, viene utilizzato un sistema di armamento denominato allettato (in inglese ERS - Embedded Rail System): le rotaie - prive di sistemi di attacco alla piastra sottostante - sono avvolte con continuità in una massa di materiale elastomerico, che le isola dallo strato sottostante di supporto e fondazione. A sua volta, la piastra di calcestruzzo, nei tratti più sensibili, è posata su un materassino elastico ad alta densità e resistenza che assorbe dissipandole vibrazioni e microtremori prodotti dal transito dei tram, impedendone la trasmissione per continuità al terreno circostante.

Va anche evidenziato che le sollecitazioni trasmesse a livello di carico sul terreno dalla vettura tranviaria sono minori di quelle generate dalle vetture su gomma, grazie all'effetto "trave" di distribuzione lineare prodotto dai binari e dalla sottostante piastra di calcestruzzo.

Per quanto riguarda il rumore generato dal tram va tenuto presente che si tratta di un mezzo a trazione elettrica dove il contatto di trazione avviene tra due corpi metallici – ruota e rotaia - lisci risultando estremamente silenzioso. Possibili problemi di rumore possono verificarsi a causa dello stridio delle ruote in corrispondenza di curve più strette o scambi (in gergo deviatoi): per ovviare a tale fenomeno vengono predisposti sulle rotaie e sui veicoli dei dispositivi ungibordo che lubrificano il contatto tra ruota e rotaia. Alcuni tram di ultima generazione possono inoltre utilizzare ruote indipendenti, che riducono ulteriormente i fenomeni di frizione tra ruota e rotaia in curva: è il caso dei nuovi tram di Roma che avranno 4 carrelli, di questi i due più esterni saranno pivottanti cioè con assi indipendenti in grado di adattarsi all'andamento planimetrico; quelli centrali avranno assi fissi, ma la maggiore vicinanza al centro della vettura ne riduce l'angolo di deviazione rispetto alla curvatura della rotaia che significa un minore rischio di stridio.

[I mezzi di emergenza potranno percorrere la sede tranviaria?](#)

In condizioni ordinarie, i mezzi di emergenza percorreranno la carreggiata stradale. In caso di necessità, tuttavia, la sede tranviaria potrà essere utilizzata come corsia preferenziale per consentire il passaggio ai mezzi di emergenza e soccorso quali ambulanze e autocisterne dei vigili del fuoco.

L'ingresso dei mezzi sarà comunicato dal Posto Centrale di Controllo dell'esercizio tranviario, presso la

nuova Centrale della Mobilità capitolina, a tutti i macchinisti. Quando il conducente del tram sentirà e vedrà il mezzo di soccorso procedere lungo la sede tranviaria, essendo quella tranviaria una marcia “a vista” completamente controllata dal conducente, arresterà il moto del mezzo aspettando che la sede venga liberata dal mezzo di emergenza.

[In caso di blocco della sede, si ricorrerà sempre a bus sostituiti?](#)

Nell’esercizio tranviario attuale, sulla rete storica della città di Roma, il blocco dell’esercizio tranviario è causato da due tipi di situazioni:

riduzione dell’energia disponibili a causa di un guasto a una delle sottostazioni di alimentazione;

presenza di situazioni di blocco lungo i binari, come un tram in avaria oppure un altro veicolo fermo sui binari.

Nel progetto di una linea moderna come la TVA, i sistemi di alimentazione elettrica sono progettati in maniera ridondante: ciò significa che in caso di fuori servizio di una sottostazione elettrica, l’alimentazione viene garantita “a sbalzo” dalle altre sottostazioni. Questa configurazione permetterà di ridurre al minimo le probabilità di interruzioni del caso [1].

Per quanto concerne interruzioni del caso [2], il progetto della TVA prevede appositi punti di “collegamento” (in gergo tecnico, comunicazioni) tra i binari delle due direzioni, dislocati lungo tutta la linea mediamente ogni 2.000-2.500 metri: in caso di impedimento lungo la linea, il servizio tranviario potrà essere mantenuto “isolando” la sezione bloccata con corse “barrate”. Anche per questo motivo, i nuovi tram saranno bidirezionali, con una cabina di guida su entrambe le estremità: in questo modo, se necessario, il tram potrà invertire la direzione di marcia in qualunque fermata della linea.

[Il progetto prevede una riqualificazione degli spazi urbani?](#)

Con l’obiettivo complessivo di incrementare la qualità dello spazio urbano nel suo complesso, il progetto della TVA prevede di intervenire lungo il tracciato, sulla totalità della sezione stradale “da facciata a facciata”, rendendo così più accessibile, funzionale e attraente lo spazio pubblico che oggi, purtroppo, è quasi sempre destinato alla circolazione viaria e al parcheggio delle automobili.

Il progetto sarà quindi l’occasione per intervenire in maniera significativa su alcuni ambiti e spazi adiacenti alla nuova tramvia (si pensi a via Nazionale e Corso Vittorio) per i quali, il progetto interverrà in maniera più complessa con interventi architettonici di riqualificazione dello spazio pubblico, finalizzati a integrare al meglio la nuova infrastruttura con gli ambiti attraversati, incrementando la qualità e la quantità di aree pedonali, parchi, giardini e in generale di spazi pubblici oggi poco o per nulla percepiti in quanto tali e tantomeno fruibili.

Il progetto finanziato realizza l’infrastruttura e le sistemazioni superficiali legate alla funzionalità della tramvia: Roma Capitale ha per questo affidato all’Università La Sapienza uno studio per accompagnare la realizzazione della tramvia ad un progetto più ampio di riqualificazione dell’intero asse che sarà realizzato

contestualmente.

[I tram saranno alimentati da linea aerea di contatto?](#)

La nuova tranvia TVA è stata progettata con le più innovative e collaudate tecnologie disponibili sul mercato. Questa particolare attenzione permetterà ai tram, in piazza Venezia oppure sui ponti del Tevere di procedere con alimentazione a batteria e quindi senza la necessità di prevedere la linea aerea di contatto. Questa soluzione permetterà di azzerare l'impatto percettivo in punti così delicati del Centro storico.

[Perché non è stata eliminata del tutto la linea di contatto?](#)

In fase di progettazione degli impianti di alimentazione è stato valutato anche lo scenario di esercizio esclusivamente con batterie di bordo: tale scenario non è risultato economicamente sostenibile nell'analisi sull'intero ciclo di vita dell'opera, perché:

Il dimensionamento dei sistemi di accumulo a bordo non sarebbe stato compatibile – per peso e dimensioni – con la necessità di massimizzare l'offerta di posti per ciascun veicolo;

Per garantire un esercizio compatibile con il cadenzamento obiettivo di 3' per senso di marcia, sarebbe stato necessario prevedere almeno due punti intermedi di ricarica parziale: le potenze necessarie (ovvero i picchi di intensità della corrente di ricarica) non sono compatibili con le prestazioni della rete di alimentazione elettrica del Centro storico, né nella configurazione attuale né in quella prevista per il futuro.

D'altro canto, come concordato con le Soprintendenze, è possibile limitare in maniera rilevante l'impatto paesaggistico dei sistemi di supporto della linea aerea di alimentazione:

Riducendo l'utilizzo dei pali di sostegno, ricorrendo ove possibile all'ancoraggio ad appositi occhielli sui fabbricati adiacenti alla tranvia;

Ottimizzando la presenza e il ritmo dei diversi pali di sostegno, tra linea di contatto, pubblica illuminazione e segnaletica verticale ottenendo una maggiore pulizia visiva dello spazio urbano nel suo complesso;

Utilizzando materiali e supporti di ultima generazione, con la possibilità di avere campate e tesate più lunghe ovvero rese cromatiche concordi con i colori di sfondo della città e del cielo: ad es. evitando il colore nero per i pali oppure utilizzando supporti con rese cromatiche argentate che alla luce del giorno risultano quasi trasparenti.

I CANTIERI DELLA TRANVIA TVA

[Come saranno organizzati i lavori?](#)

I cantieri sono organizzati per limitare il più possibile i disagi alla circolazione e per garantire, nella quasi totalità dei casi, il transito veicolare su almeno una delle corsie oggi disponibili.

Il piano di cantierizzazione della tranvia TVA prevede cantieri permanenti ai terminali di Termini e di largo

Giureconsulti e a largo Cardinal Micara e cantieri mobili, che avanzano lungo linea da più direzioni in modo da massimizzare le fasi in parallelo.

La cantierizzazione sarà pianificata attentamente in modo da operare su singole tratte di lunghezza limitata, evitando il più possibile la compresenza di lavori su interi assi stradali: all'apertura di nuovi cantieri, corrisponderà il termine dei lavori in alcuni dei precedenti in modo da interferire il meno possibile con la mobilità stradale grazie a un'organizzazione per fasi che prevede di impegnare parzialmente i tratti stradali coinvolti dai lavori.

[Il passaggio dei mezzi di soccorso sarà possibile durante il cantiere?](#)

Durante le varie fasi dei cantieri, l'assetto della viabilità e le relative modifiche verranno preventivamente comunicati alle autorità sanitarie per definire di concerto adeguate modalità di circolazione dei mezzi di soccorso.

[Come sarà modificato il trasporto pubblico?](#)

Nel periodo di cantierizzazione il trasporto pubblico potrà subire delle modifiche temporanee, continuando ad assicurare livelli di servizio il più possibile analoghi a quelli ordinari. Ad esempio, alcune fermate degli autobus interessate dall'area di cantiere potranno essere spostate lungo lo stesso asse stradale o in aree adiacenti: nessuna direttrice verrà lasciata sguarnita dal servizio.

[Come verrà modificata la viabilità durante i lavori?](#)

La mobilità convenzionale verrà modificata durante i lavori in base all'assetto stradale e alla posizione dei singoli cantieri. Nella quasi totalità dei casi, non è comunque prevista l'interdizione completa della circolazione; al contrario, una parte della carreggiata resterà aperta e saranno disponibili anche percorsi pedonali lungo i tratti interessati dai cantieri e passaggi pedonali trasversali.

Per ogni apertura/spostamento di cantiere o micro-cantiere di concerto con la Polizia Municipale verrà individuata la modifica temporanea alla viabilità più conveniente per la minimizzazione dei disagi. Ogni variazione sarà comunicata ai cittadini mediante una batteria di strumenti di informazione appositamente attivati (sito web, infopoint e call center, in aggiunta ai canali ufficiali di Roma Capitale).

[L'accesso ai passi carrabili in prossimità dei cantieri sarà garantito?](#)

Sì, l'accesso ai passi carrabili posti in prossimità di cantieri sarà sempre garantito anche durante i lavori, fatte salve interclusioni momentanee che saranno anticipatamente comunicate ai titolari del passo carrabile (ad esempio per la posa di una condotta). Limitazioni d'accesso potranno avvenire solo per i pochi tratti stradali nei quali i lavori verranno effettuati con chiusura dell'intera carreggiata.

[Come conviveranno le attività produttive con i cantieri?](#)

I cantieri sono stati progettati per interferire il meno possibile con la vita della città, quindi anche con le attività economiche e commerciali. Nella quasi totalità dei casi, ad esempio, l'accesso carrabile, oltre a quello pedonale, è sempre garantito, proprio per preservare e dare continuità alla vita economica e sociale di ogni zona e quartiere. Tuttavia, in alcuni casi, possono determinarsi interferenze che vengono affrontate di volta in volta con i soggetti coinvolti e con un confronto sempre aperto con le associazioni di categoria.

Per gli esercizi interferenti che risiedono in strutture amovibili (come i **chioschi**) è prevista la ricollocazione in spazi adeguati nelle vicinanze.

Per i **dehors** interferenti con le attività di cantiere potrà essere necessario revocare l'autorizzazione per tutta la durata dei lavori, con l'impegno a reinstallare la struttura a fine cantiere. Solo per i dehors che risultassero interferenti con lo spazio occupato dalla nuova tranvia l'autorizzazione sarà ritirata definitivamente.

Su questo sito via via pubblicati tutti gli avvisi e le notizie dedicate alle attività economiche interessate dai cantieri. Consultaci periodicamente per restare sempre aggiornati.

TRANVIA TVA E SALUTE PUBBLICA

[I cantieri avranno impatti sul verde pubblico?](#)

Anche in sede di progetto esecutivo è stata data la massima attenzione alla tutela del patrimonio arboreo. Quando la rimozione di alberi risulta inevitabile, ove possibile, si procede con il trapianto della pianta; in tutte le restanti situazioni si provvederà invece a un nuovo impianto sostitutivo. Per ogni albero che sarà necessario rimuovere ne saranno ripiantumati altri in sostituzione, incrementando la quota finale del verde urbano. Gli esemplari saranno scelti con il supporto di specialisti, per individuare le specie arboree più adatte al contesto.

[La nuova tranvia comporterà un miglioramento per l'ambiente e per la salute dei cittadini?](#)

L'obiettivo del progetto della nuova tranvia è migliorare la qualità della vita delle persone che abitano e vivono la città di Roma, incrementando la protezione della loro salute e offrendo un servizio più efficiente, adeguato e di maggior qualità per spostarsi in maniera più sostenibile in città.

L'area metropolitana di Roma, pur essendo prossima alla costa e non ospitando complessi industriali rilevanti, risulta tra le più inquinate del Paese: un sistema di trasporto alimentato elettricamente e ad alta capacità, che promuove l'aumento dell'utilizzo dei mezzi pubblici e la riduzione dell'uso dell'automobile, comporterà certamente un miglioramento per l'ambiente e per la salute di tutti.

Le azioni del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) – inclusa la nuova tranvia TVA - mirano a ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici del 40% entro il 2030. Questo obiettivo è condiviso da tutti i Paesi firmatari dell'Accordo di Parigi (COP2015) che, per l'Italia, è trasposto dal Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC). Gli studi di domanda mostrano che la nuova TVA porterà:

un incremento di 3,944 milioni di nuovi passeggeri all'anno sul trasporto pubblico;

una riduzione degli spostamenti con mezzo privato pari a 4,620 milioni di veicoli equivalenti per km percorsi.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI PER MISURARE L'IMPATTO DEL TRAM

[Energia grigia](#)

2023, Major, Z., et al., Ecological Footprint Analysis of Tramway Track Structures, CET, volume 107, <https://www.cetjournal.it/cet/23/107/048.pdf>

2022, Lokesh, L., et al., Report: Measuring Railway Infrastructure Carbon: A 'critical' in transport's journey to net-zero, DecarboN8, <https://decarbon8.org.uk/embodiedemissions-rail/>

2022, Haddad, A.N.; Sedrez, M.M.; Najjar, M.K.; Hammad, A.W.A.; Soares, C.A.P. Characterizing Embodied Energy in Construction Activities Using Energy Inventory Life Cycle Assessment Method. Buildings 2023, 13, 52. <https://doi.org/10.3390/buildings13010052>

2021, Public Transport Users Association (Victoria, Australia), Myth: Trams have more greenhouse emissions than cars, <https://www.ptua.org.au/myths/tram-emissions/>

2019, Olugbenga, O., et al., Embodied emissions in rail infrastructure: a critical literature review, Environmental Research Letters, volume 14, numero 12, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab442f>

2018, Gassner, A., Extended ecological footprint for different modes of urban public transport: The case of Vienna, Austria, Land Use Policy, volume 72, marzo 2018, pagine 85-99, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.012>

2009, Transport for Scotland, Forth Replacement Crossing: Sustainability Appraisal and Carbon Management Report - Appendix 6: Energy and Carbon Report, ISBN 978 1 906006 82 2, <https://www.transport.gov.scot/publication/forth-replacement-crossing-su...>

[Rumorosità e vibrazioni](#)

2022, Governì, L., et al., State of the art about solutions for tram noise reduction in the framework of the Life SNEAK project, Atti del Convegno Inter.Noise 2022, Glasgow

2022, Misanovic, S., et al., Measurement noise level of E-bus HIGER KLQ6125GEV3 on the polygon, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1271/1/012018>

2018, Byrne, S., An assessment of the effectiveness of noise reduction systems on Dublin's light rail system (Luas), Atti del convegno Euronoise 2018, Heraklion

2018, Haniszewski, T., et al., Traffic noise experienced on buses, trams and cars in the urban agglomeration of the city of Katowice, Scientific Journal of Silesian University of Technology Series Transport 98:101-109, <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2018.98.10>

2017, Coquel, G., et al., Analysis of ground-borne noise and vibration levels generated by buses, Procedia

- Engineering, volume 199, pagine 2699-2704, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.564>
- 2017, Panulinová, E., Input Data for Tram Noise Analysis, Procedia Engineering, volume 190, pagine 371-376, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.351>
- 2016, Champelovier, P., et al., Perception du bruit du tramway dans des situations contrastées de bruit de trafic routier urbain, HAL Id: hal-01346757, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01346757>
- 2016, Cik., M., et al., Analysis of Psychoacoustic and Vibration-Related Parameters to Track the Reasons for Health Complaints after the Introduction of New Tramways, MDPI Special Issue Noise and Vibration Control in the Built Environment, <https://doi.org/10.3390/app6120398>
- 2016, Lakušić, et al., The Effect of Rail Fastening System Modifications on Tram Traffic Noise and Vibration, Hindawi Publishing Corporation Shock and Vibration, volume 2016, Article ID 4671302, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4671302>
- 2016, Panulinová, E., et al., Tram Squealing Noise and Its Impact on Human Health, Noise & Health, volume 18(85), pagine 329–337, <https://doi.org/10.4103/1463-1741.195799>
- 2012, Reducing railway noise pollution, Report del Parlamento Europeo, DG IPOL study, <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/tran/studiesdownload.html?la...>
- 2009, Vanhonacker, T., et al., QCITY - Quiet City Transport, TIP4-CT-2005-516420, Brussels - Quiet tram vehicles on quiet tracks, Final Report
- 2008, Sandrock, S., et al., Experimental studies on annoyance caused by noises from trams and buses, Journal of Sound and Vibration, volume 313, numeri 3–5, pagine 908-919, ISSN 0022-460X, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2007.12.003>
- 2008, Pallas, A., et al., Tram noise emission: spectral analysis of the noise source contribution, The Journal of Acoustical Society of America, volume 123, numero 5, supplemento, <https://doi.org/10.1121/1.2934034>
- 2007, Volz, R., et al., Noise and vibration measurements of curve squeal noise due to trams on the track, Atti del convegno ICA 2007, Madrid
- 2005, Vincent, N., et al., Curve squeal of urban rolling stock – part 1 State of the art and field measurements, Journal of Sound and Vibration 293 (2006) 691–700, Volume 293, volumi 3–5, pagine 691-700, ISSN 0022-460X, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.12.008>
- 2005, Vincent, N., et al., Curve squeal of urban rolling stock – part 2 Parametric study on a 1/4 scale test rig, Journal of Sound and Vibration 293 (2006) 691–700, Volume 293, volumi 3–5, pagine 701-709, ISSN 0022-460X, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.12.009>
- 2005, Vincent, N., et al., Curve squeal of urban rolling stock – part 3 Theoretical model, Journal of Sound and Vibration 293 (2006) 691–700, Volume 293, volumi 3–5, pagine 710-727, ISSN 0022-460X, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.12.010>
- 2001, Staiano, M., A., et al., Comparison of light-rail and bus transit noise impact estimates per federal and

industry criteria, Transportation Research Record, volume 1756, pagine 45-56,

<https://www.worldtransitresearch.info/research>

[/1007/#:~:text=At%2015%20m%20\(50%20ft,known%20with%20the%20least%20confidence.](#)

1988, Wijnia, Y., K., Noise emission from trams, Journal of Sound and Vibration, volume 120, numero 2, pagine 281-286, ISSN 0022-460X, [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(88\)90436-1](https://doi.org/10.1016/0022-460X(88)90436-1)

[Produzione di particolato fine e ultrasottile](#)

2022, Database Progetto FAIRMODE, Contribution of Tram Abrasion Emissions to PM10 Concentrations in Berlin, Leibniz Institute for Tropospheric Research (TROPOS)

2018, Nhu Nhoc, L., T., Particulate Matter Exposure of Passengers at Bus Stations: A Review, Int J Environ Res Public Health, <https://doi.org/10.3390/ijerph15122886>

2018, Strasser, G., et al., Commuter exposure to fine and ultrafine particulate matter in Vienna, Wien Klin Wochenschr. 2018; 130(1): 62–69, <https://doi.org/10.1007/s00508-017-1274-z>

2015, Moreno, T., et al., Urban air quality comparison for bus, tram, subway and pedestrian commutes in Barcelona, Environmental Research, volume 142, pagine 495-510, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.022>.

2010, Fridell, E., et al., Emissions of particulate matters from railways – Emission factors and condition monitoring, Transportation Research Part D: Transport and Environment, volume 15, numero 4, pagine 240-245, ISSN 1361-9209, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.02.006>.