

**Coordinato da:**



**Organizzato da:**



evento realizzato in collaborazione con



## Area tematica n. 2 "Tram, metro e treni nelle aree urbane e metropolitane"

### Stato dell'arte del sistema tram nel mondo e prospettive future

*Autore:* Andrea Spinosa

*Ente di Appartenenza:* Università "Sapienza" di Roma, Scuola di dottorato in Ingegneria civile e Architettura, Curriculum Pianificazione dei trasporti e del territorio

*Contatti:* [andrea.spinosa@uniroma1.it](mailto:andrea.spinosa@uniroma1.it)

*Liberatoria per la privacy*

Si autorizza l'Organizzazione all'inserimento dei dati precedenti negli atti del Seminario.

## Indice della relazione

<b>1. Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Stato dell'arte del sistema tram nel mondo .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Nuove realizzazioni tranviarie di frontiera .....</b>	<b>12</b>
3.1. Il tram come evoluzione delle linee ferroviarie vicinali: il prolungamento a Teufen della linea ferroviaria vicinale dell'Appenzello .....	12
3.2. Il tram per i servizi ferroviari leggeri come integrazione tra le reti: il nuovo servizio tra le città di Szeged e Hódmezővásárhely .....	24
3.2.1. Il progetto .....	24
3.2.2. Il nuovo servizio tram-treno .....	25
3.2.3. Il materiale rotabile .....	31
3.3. La soluzione del singolo binario per completare le reti urbane: l'esperienza della linea 2 di Valenciennes e le estensioni di Bordeaux .....	32
3.3.1. Valenciennes e la ricerca di un tram <i>low-cost</i> .....	32
3.3.2. Bordeaux: sezioni a singolo binario per il completamento della rete .....	40
<b>4. Spunti di riflessione sul futuro del sistema tram .....</b>	<b>46</b>
<b>5. Postfazione .....</b>	<b>65</b>
5.1. Piccolo compendio di storia del tram .....	65
5.2. Il tram moderno .....	78
5.3. Il tram in Italia, oggi .....	80
<b>6. Bibliografia .....</b>	<b>84</b>
6.1. Determinazione dei costi del trasporto urbano di massa .....	84
6.2. Analisi dei costi del trasporto elettrico di massa .....	84
<b>7. Database dei sistemi tranviari in esercizio nel mondo .....</b>	<b>86</b>
7.1. Lista degli impianti tranviari attualmente operativi nel mondo .....	87
7.2. Lista degli impianti di tram moderno (realizzati a partire dal 1980 in poi) .....	97

## 1. Premessa

Al 2021 risultavano in esercizio 420 sistemi tranviari in altrettante città per una lunghezza equivalente di 17.966 km di doppio binario. L'esercizio è organizzato su un totale di 2.371 linee servite da 40.898 mezzi in circolazione di lunghezza variabile tra i 9,85 metri dei servizi storici e i 56 metri dei nuovi tram di Budapest. I passeggeri complessivamente trasportati per il giorno feriale medio (al 2019, ultimo anno di servizio pre-pandemico) sono 54,7 milioni. La realizzazione delle linee di tram moderno, avvenute nelle città europee a iniziare dagli anni Ottanta del secolo scorso, ha ampiamente dimostrato come si possano ottenere con il mezzo tranviario numerosi e significativi risultati a livello trasportistico e urbanistico. A ben guardare questo successo non è stato del tutto intenzionale: nelle città francesi degli anni Ottanta il tram moderno da mezzo di trasporto efficiente è diventato occasione per una (ri)progettazione dello spazio urbano che altrimenti non si avrebbe avuto la forza di realizzare. Oggi la scala si è amplificata passando dall'urbano al metropolitano ma le problematiche sembrano le stesse. Ancora stentano a riemergere "schemi forti" di organizzazione dello spazio, i flussi rappresentano una *atout* decisiva per restituire una prospettiva ordinatrice di "urbanità" all'indifferenziato metropolitano. Agire sull'organizzazione e gestione dei flussi diviene oggi come allora uno dei cardini fondamentali di produzione della nuova urbanità della città non più *intra-muros* ma metropolitana.

Letta sotto questa lente, la fase pandemica diventa anticipazione delle problematiche che la mobilità dovrà affrontare nell'immediato futuro: il ritorno a un *business-as-usual* operativamente legato all'insostenibilità delle ore di punta e altrettante fasi di morbida poco remunerative per gli esercenti del trasporto pubblico oppure il ripensamento delle abitudini che stanno a monte del bisogno di mobilità. È il caso dell'adozione di modelli basati sulla complementarità degli orari: ad esempio sfasamento dell'orario di entrata alle scuole primarie e secondarie rispetto a quello degli uffici e delle università. Oppure l'adozione sistematica di una quota di telelavoro e didattica a distanza. Azioni più incisive sono possibili coinvolgendo gli strumenti di pianificazione e regolazione dell'uso del territorio: è il caso del "*Plan ¼ Heure*" che la sindaca Anne Hidalgo<sup>1</sup> ha proposto per Parigi con servizi pubblici essenziali entro non più di 15' di cammino o bicicletta per tutti gli abitanti.

Tutto questo apre una nuova fase nella mobilità locale che vede protagoniste anche le realtà urbane minori e le vaste aree delle regioni urbane. Il mezzo di trasporto che si rivelerà vincente è quello che potrà garantire la capacità e le prestazioni dei sistemi urbani su ferro ma anche la flessibilità e le economie dei sistemi di lunga percorrenza. Sembra così aprirsi quello che potrebbe rappresentare

---

<sup>1</sup> Si veda: <https://annehidalgo2020.com/thematique/ville-du-1-4h/>

un ulteriore campo di applicazione del tram moderno: quello dell'estensione delle reti del trasporto rapido di massa nello spazio suburbano e metropolitano.

La memoria espone i risultati di tre distinti lavori di ricerca, armonizzandoli, per indagare quali siano le prospettive della tecnologia tranviaria nel costruire una rete complementare a quella ferroviaria nello spazio metropolitano contemporaneo. Spazio che è generato dall'azione di richiamo delle grandi città ma che più spesso è fatto di città in nuce<sup>2</sup>, nuove forme territoriali – intercomunali e disperse – che della città hanno sia la dimensione spaziale sia quella relazionale ma non il carattere costitutivo, ovvero l'identità politica. La memoria è così strutturata:

1. Stato dell'arte del sistema tram nel mondo: disamina dei sistemi in esercizio, numero di linee, parco rotabile per Paesi e macroaree geografiche. La fotografia è estesa anche alla frequentazione di queste reti, con una istantanea al 2019 (riferimento pre-pandemico) in termini di:
  - PPD, passeggeri totali registrati nel giorno medio feriale invernale;
  - PPH, passeggeri totali registrati nell'ora di punta mattutina (tipicamente 7:30-8:30) nel giorno medio feriale invernale;
  - PPH<sub>D</sub>, valore massimo dei passeggeri cumulati su una delle due direzioni di marcia a bordo delle vetture transitanti nell'ora di punta. È il valore assunto per il dimensionamento del servizio in termini di cadenzamento minimo dei passaggi per direzione.
2. Nuove realizzazioni tranviarie di frontiera:
  - Il tram come evoluzione delle linee ferroviarie vicinali: il prolungamento a Teufen<sup>3</sup>, come tranvia, della linea ferroviaria vicinale dell'Appenzello (San Gallo, Svizzera);
  - Il tram per i servizi ferroviari leggeri come integrazione tra le reti: il nuovo servizio<sup>4</sup> tra le città di Szeged e Hódmezővásárhely (Ungheria);
  - La soluzione del singolo binario per completare le reti urbane: l'esperienza della linea 2 di Valenciennes<sup>5</sup> (in servizio dal 2014) e le estensioni di Bordeaux<sup>6</sup> (in programma sul periodo 2018-2024).
3. Elementi econometrici e di sostenibilità del sistema tram: dai summenzionati casi di studio agli elementi generalizzabili a future applicazioni, anche alla luce della transizione ecologica e della tassonomia verde.

---

<sup>2</sup> Si veda A.G. Calafati, "Economie in cerca di città. La questione urbana in Italia", 2010, Donzelli Editore.

<sup>3</sup> Si veda: <https://zukunft-teufen.ch/>

<sup>4</sup> Si veda: <https://www.mavcsoport.hu/mav-start/bemutakozas/tram-train-jarmubeszerzes-szeged-hodmezovasarhely-viszonylatra>

<sup>5</sup> Realizzata per il 78% dei 15 km di sviluppo a *voie unique*: <https://www.youtube.com/watch?v=63-QqZ36Xak>

<sup>6</sup> La Fase 3 dello sviluppo della rete forse più famosa di Francia: <https://www.bordeaux-metropole.fr/Grands-projets/Mieux-se-deplacer/Tramway/Phase-3-2008-2020>



## 2. Stato dell'arte del sistema tram nel mondo

Al gennaio 2022 risultano in esercizio 420 sistemi tranviari in altrettante città per una lunghezza equivalente di 17.966 km di doppio binario. L'esercizio è organizzato su un totale di 2.371 linee servite da 40.898 mezzi in circolazione di lunghezza variabile tra i 9,85 metri dei servizi storici e i 56 metri dei *Caf Urbos* di Budapest. I passeggeri complessivamente trasportati per il giorno feriale medio (al 2019, ultimo anno di servizio pre-pandemico) sono 54,7 milioni.

<i>Numero sistemi</i>	<i>Lunghezza (km)</i>	<i>Linee</i>	<i>PPD (2019)</i>	<i>Parco mezzi</i>	<i>PPD per km di sede</i>
<b>420</b>	<b>18.076,9</b>	<b>2.377</b>	<b>54.730.131</b>	<b>40.898</b>	<b>3.046</b>

Tabella 2.1 – Numeri del tram nel mondo al 2022. PPD = passeggeri totali per giorno feriale invernali

I grafici seguenti restituiscono una panoramica globale del sistema tram. Per maggiori dettagli sui singoli sistemi si rimanda alle tabelle riportate nel capitolo 7.

Figura 2.1 - Numero impianti tranviari per Stato

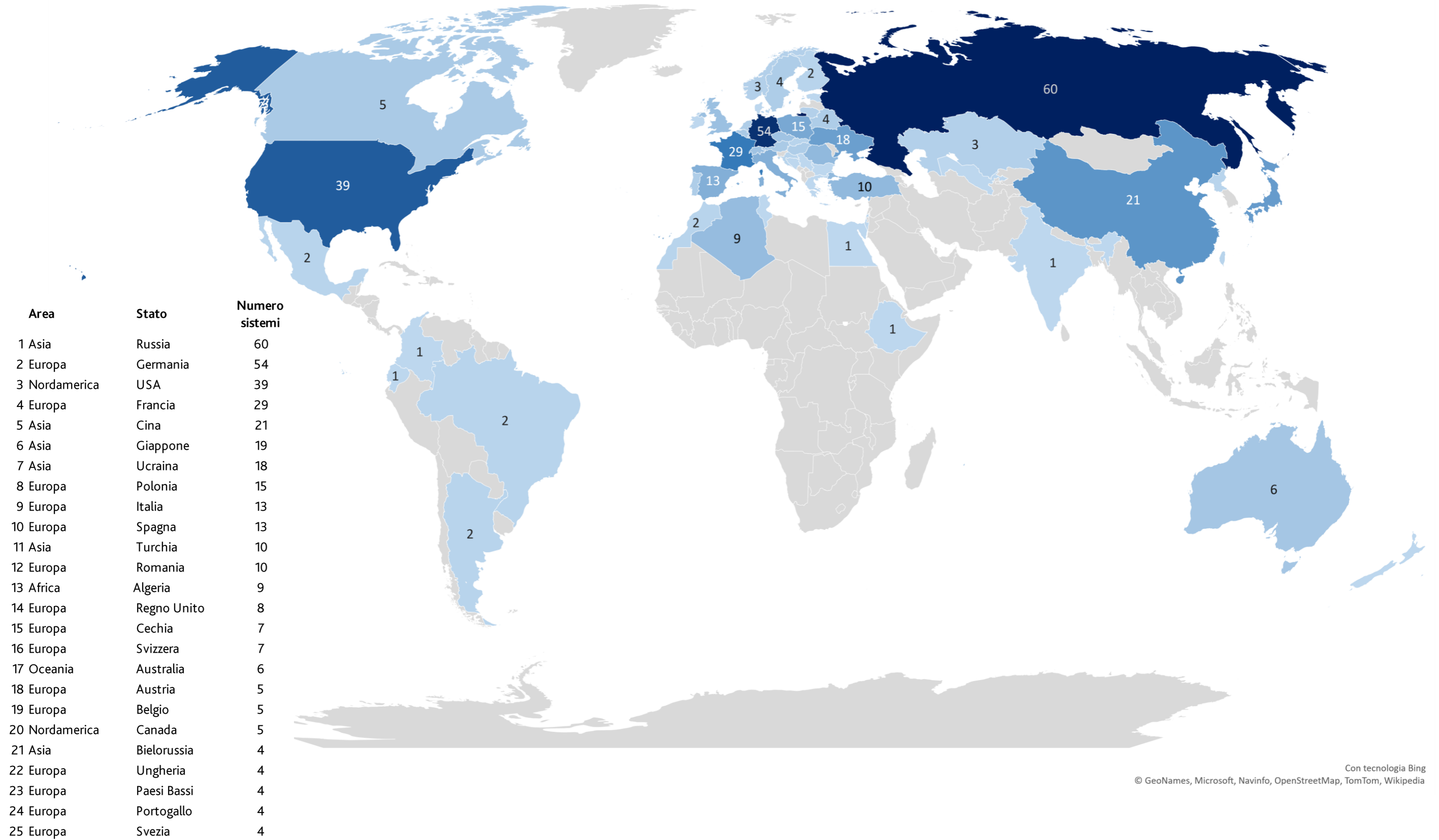


Figura 2.2 - Estensione totale degli impianti tranviari per Stato

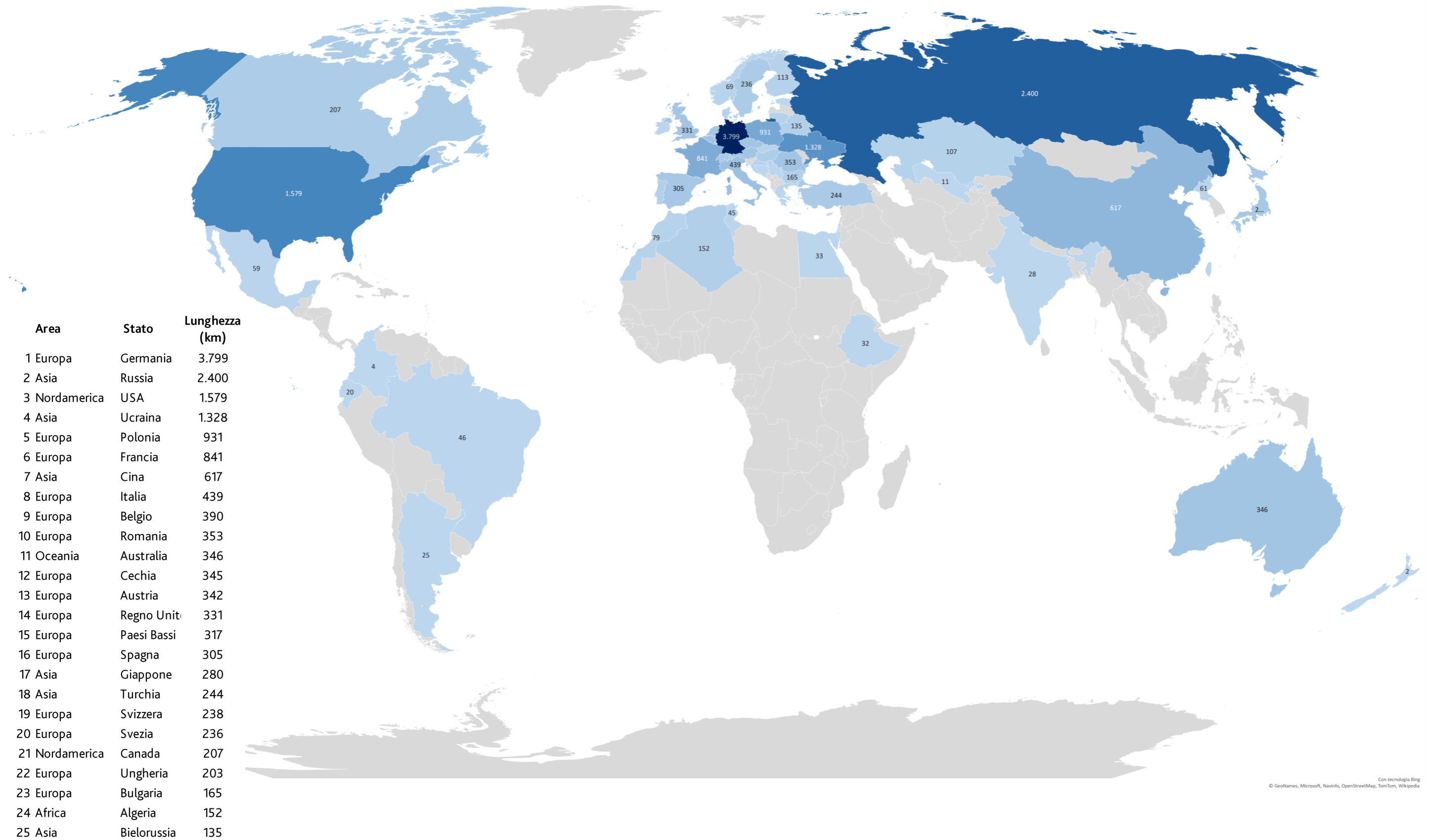


Figura 2.3 - Numero totale di linee tranviarie per Stato

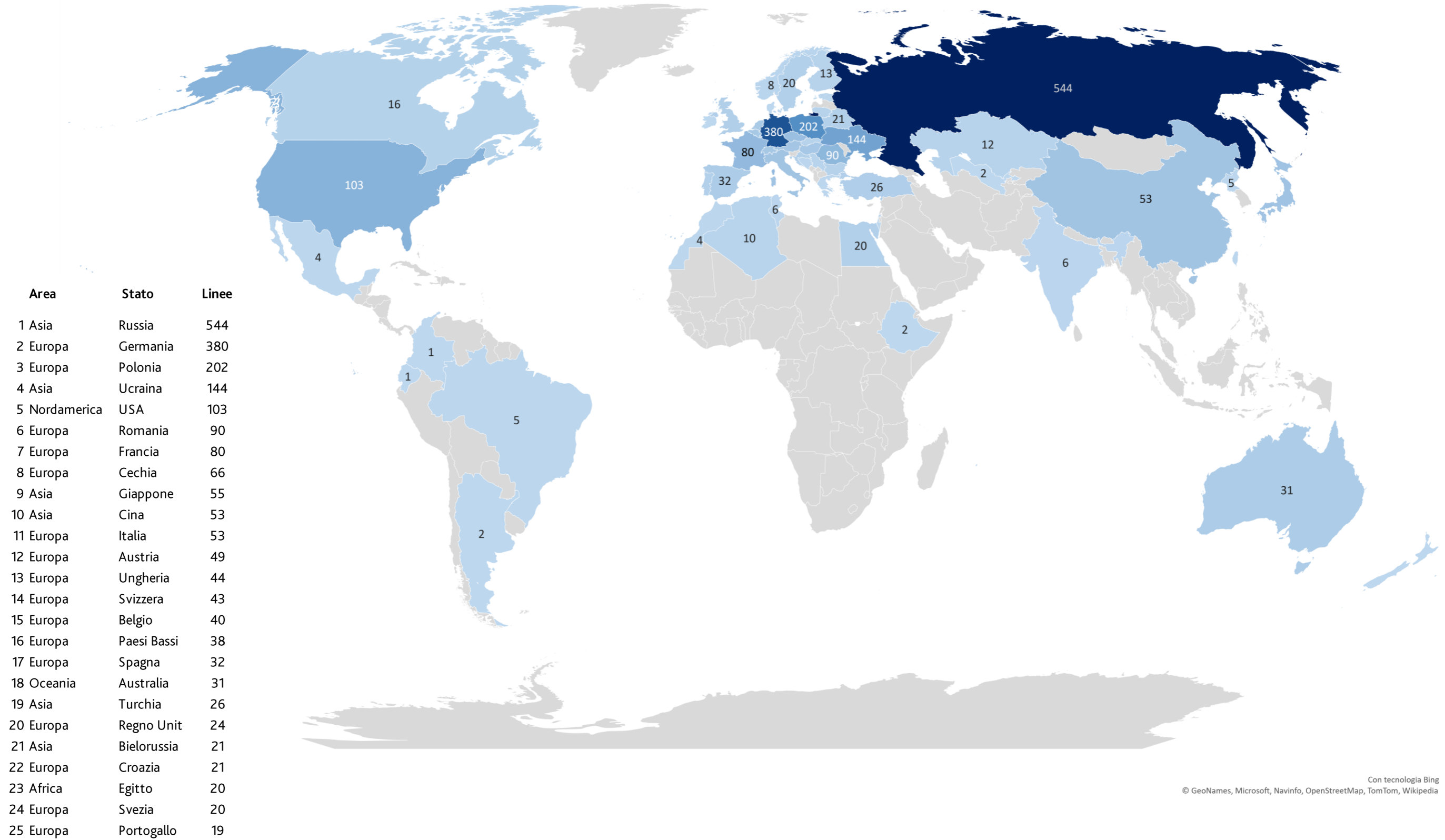


Figura 2.4 - Totale dei passeggeri giornalieri feriali (PPD) al 2019 dagli impianti tranviari per Stato

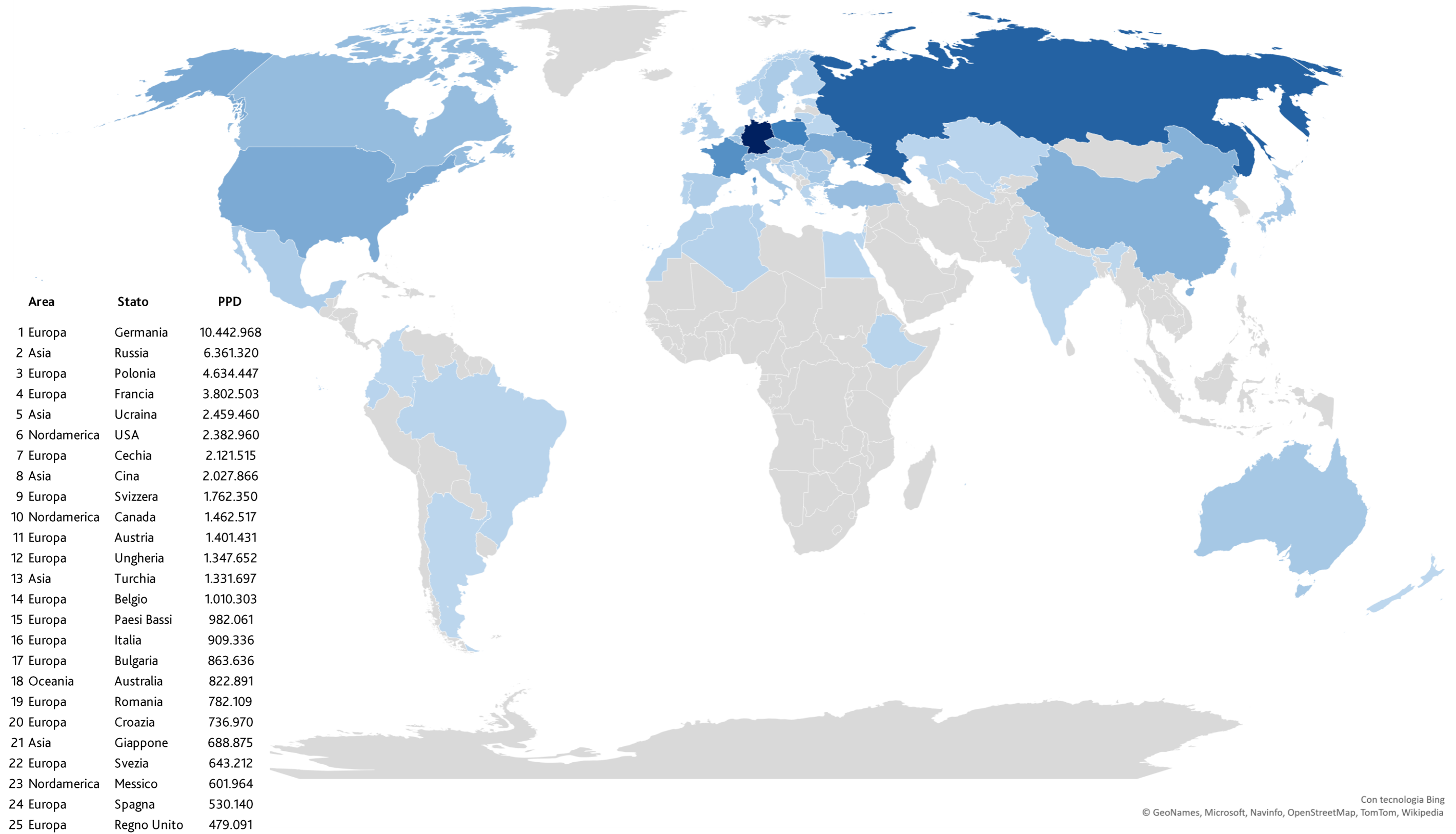


Figura 2.5 - Produttività specifica (PPD/km) totale degli impianti tranviari per Stato

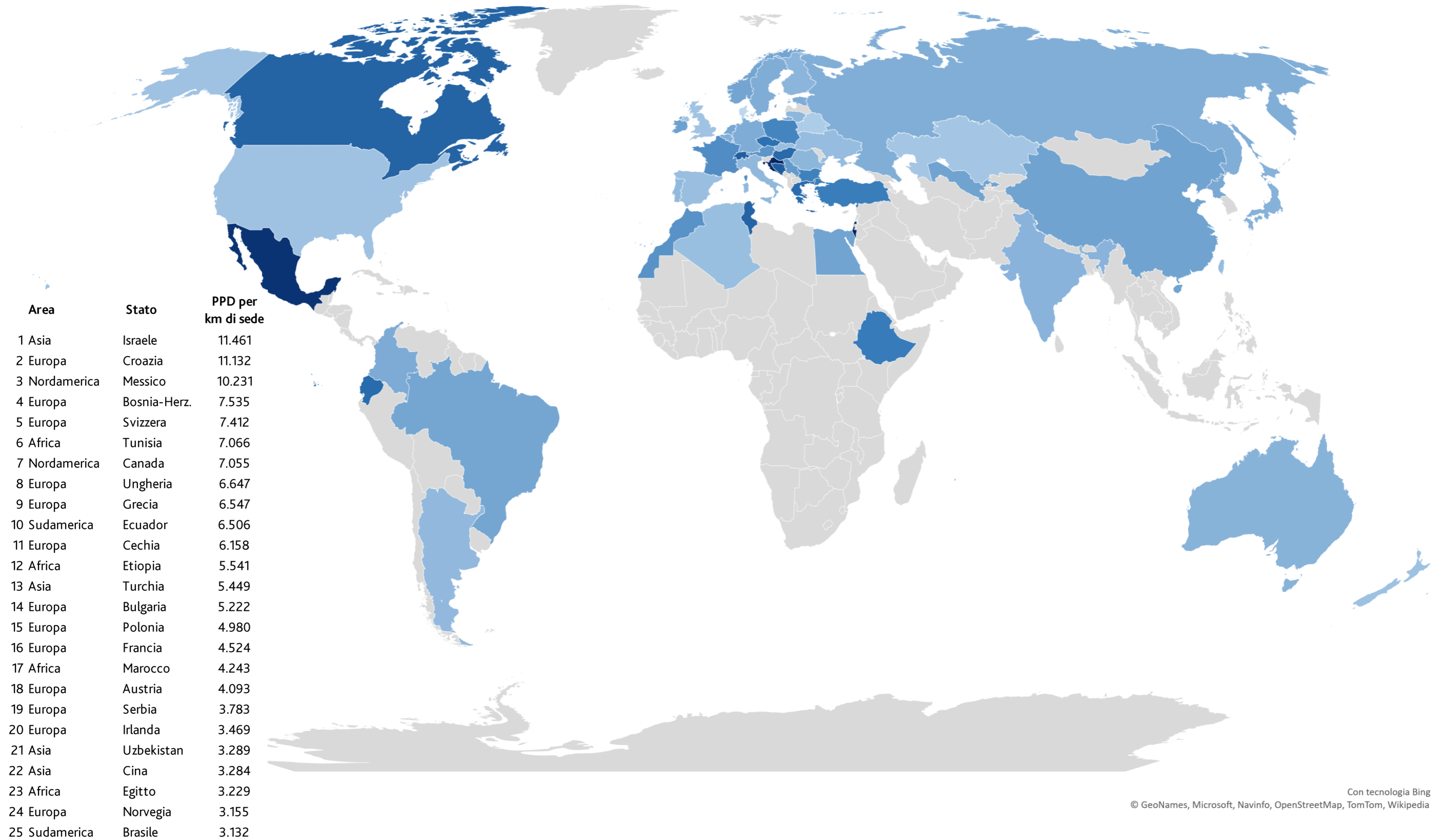
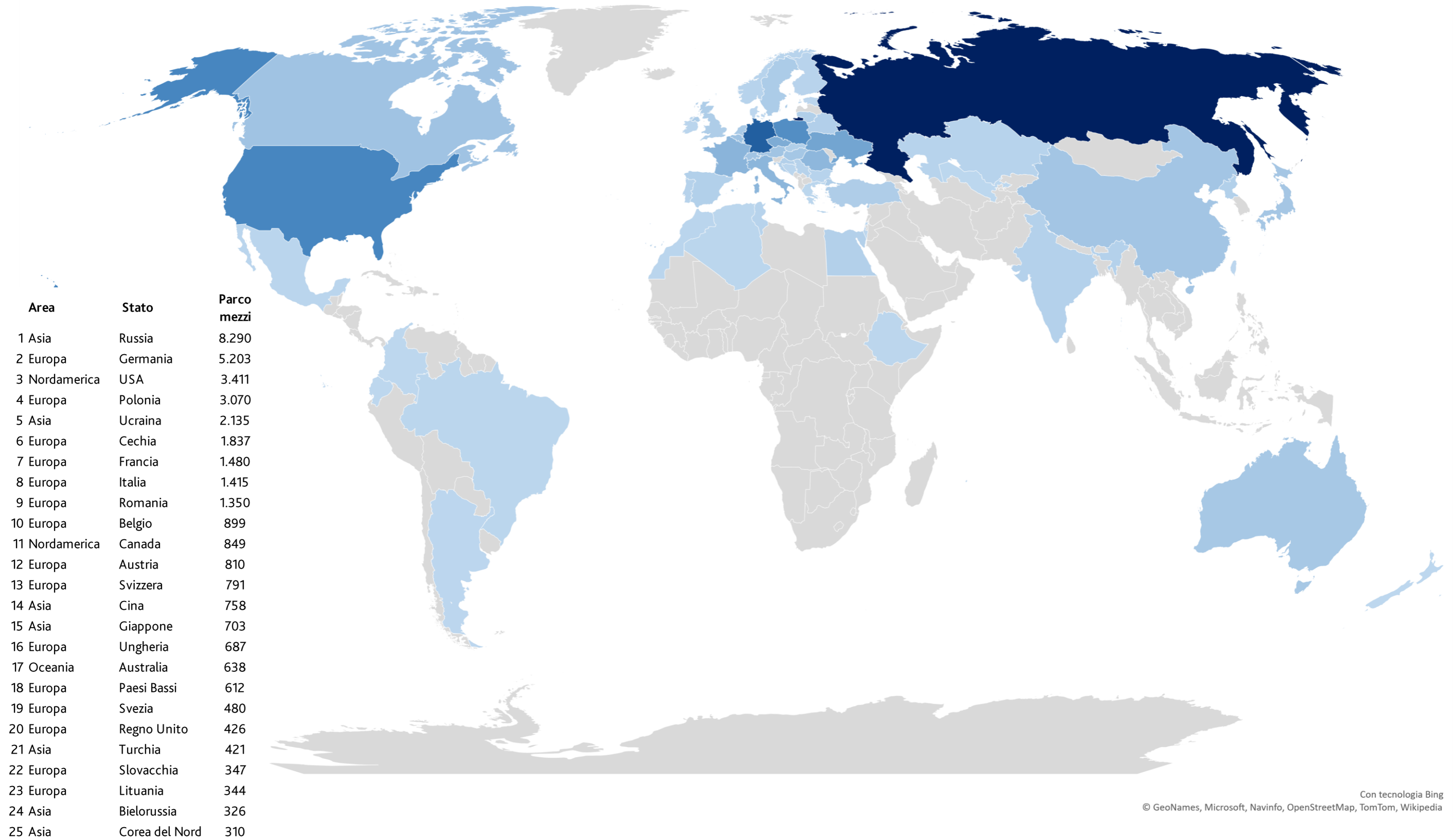




Figura 2.6 - Parco mezzi tram in servizio per Stato



### 3. Nuove realizzazioni tranviarie di frontiera

#### 3.1. Il tram come evoluzione delle linee ferroviarie vicinali: la sezione San Gallo - Teufen della linea ferroviaria vicinale dell'Appenzello

San Gallo (*Sankt Gallen*) è una città della Svizzera orientale, ottava della Confederazione elvetica per numero di abitanti e capoluogo dell'omonimo cantone. Comune di 39,4 km<sup>2</sup> e 76.912 ab. (1/1/20) è una area urbana di 12 Comuni estesa su 189,3 km<sup>2</sup> con 162.978 ab.

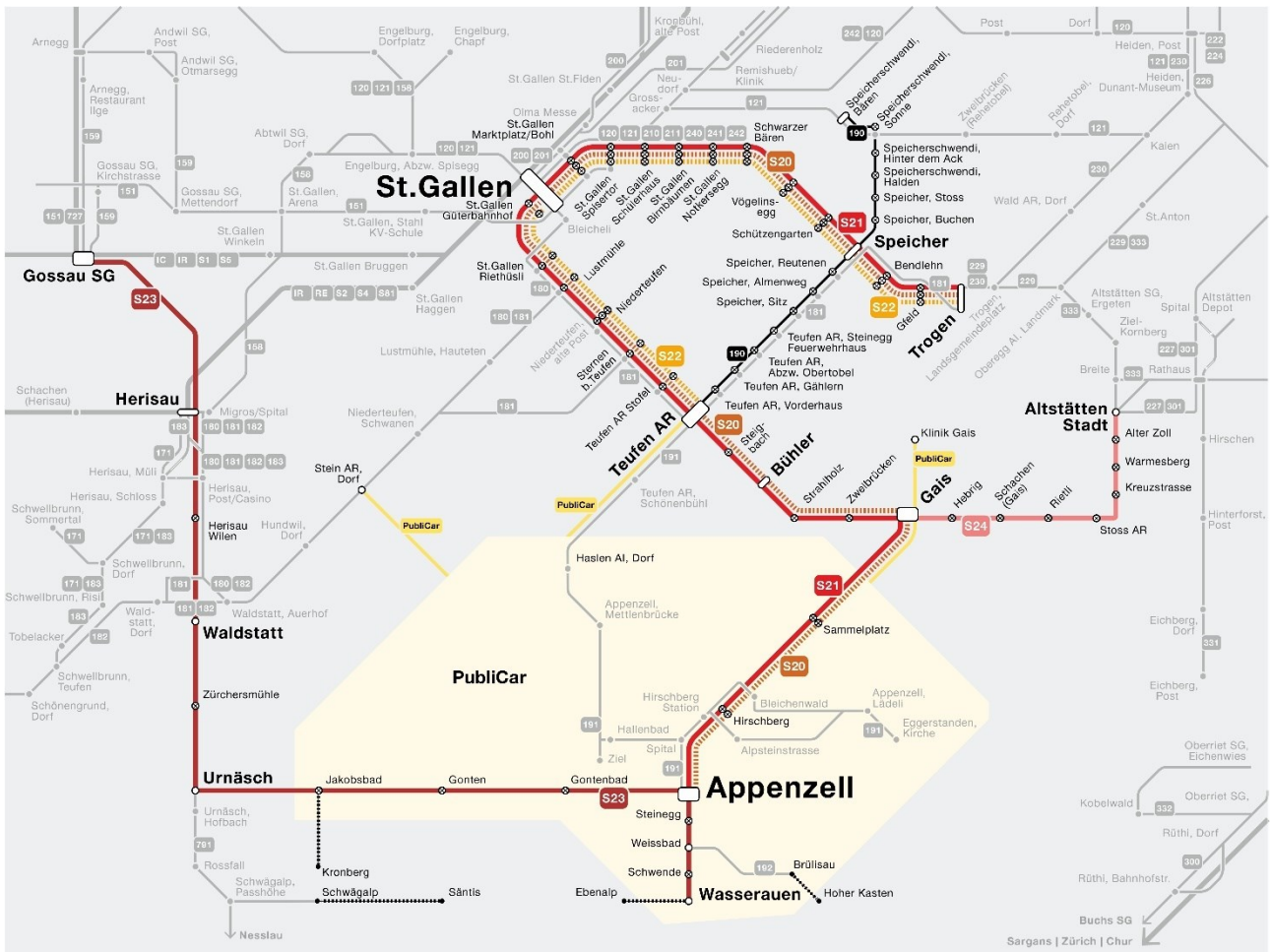
La rete del trasporto urbano comprende 4 linee filoviarie per uno sviluppo di 22,6 km esercite con filosnodati da 18 metri e bisnodati da 24 metri; 12 linee urbane e suburbane di autobus. Oltre alla rete su gomma la città è servita anche da una serie di linee in concessione, le ferrovie dell'Appenzell. La rete *Appenzeller Bahnen* comprende 5 linee a scartamento ridotto integrate nel servizio ferroviario suburbano che dalla città si dirama entro un raggio di 80 km. Di queste linee, la linea Trogen - San Gallo – Gais è quella più interessante in termini di servizio ferroviario *leggero*. Si tratta di una ferrovia elettrificata a +1.000 Vcc. La pendenza massima raggiunta dal percorso, tutto in aderenza naturale, è del 76 per mille: dopo la ferrovia della Valle della Sihl-Zurigo-Uetliberg<sup>7</sup>, si tratta del valore massimo in Europa senza l'aiuto di una cremagliera. La linea misura 9,8 km e in parte del suo percorso si svolge su tratta urbana in promiscuo con la circolazione stradale in maniera analoga alle tranvie. La tensione di linea in tale tratto è abbassata a 600 Vcc.

Dal 2015 al 2018 sono stati eseguiti importanti lavori di riqualificazione e potenziamento della linea: sia lato Trogen che lato Appenzello sono stati adeguati tratti di tipo tramviario ovvero con marcia a vista (in particolare con presso Teufen, cittadina di 6.390 ab. nell'Appenzello Esterno) e sono stati acquistati rotabili di moderna concezione, capaci sia di prestazioni tranviarie che di tipo ferroviario regionale (velocità massima 110 km/h). Si tratta di 11 unità ABe 8/12, modello *Tango* di Stadler Rail: il costo della commessa è stato di 84 milioni di franchi (al valore 2017, 68 milioni di euro per 6 milioni a vettura). Per l'utilizzo da parte di *Appenzeller Bahn*, Stadler Rail ha aggiornato il *Tango* con una maggiore resistenza all'urto frontale e predellini (sono larghi 240 cm a fronte di una sagoma preesistente che è di 265 cm).

---

<sup>7</sup> Il ramo della Uetlibergbahn raggiunge il 79 per mille, <https://it.wikipedia.org/wiki/Uetlibergbahn>





- Appenzeller Bahnen**
- S20 Appenzell-Trogen
  - S21 Appenzell-Trogen\*
  - S22 Teufen AR-Trogen
  - S23 Gossau SG-Wasserauen\*
  - S24 Altstätten Stadt-Gais\*
  - S25 Rorschach Hafen-Heiden
  - S26 Rheineck-Walzenhausen
  - 190 Teufen AR, Bahnhof-Speicherschwendli, Bären
- \* Bei einzelnen Verbindungen am Abend stehen Busse im Einsatz.  
Bitte Angaben zu den Halteorten im Fahrplan beachten.

Figura 3.1 - Mappa schematica della rete Appenzellerbahn

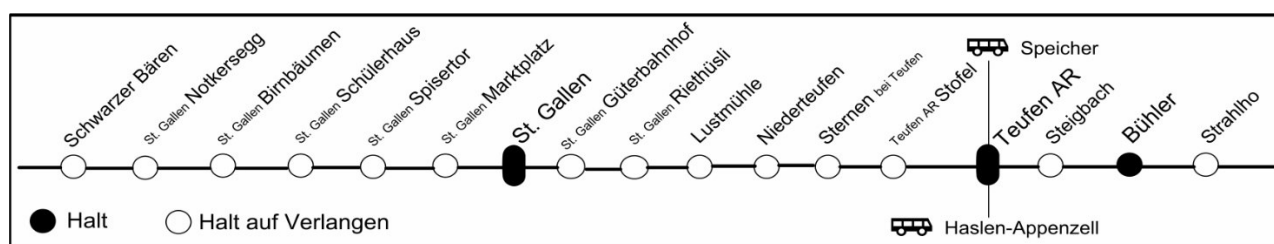


Figura 3.2 – Linea di Togen, sezione periurbana di San Gallo. Il servizio<sup>8</sup> è cadenzato su orario mnemonico, organizzato su un intertempo di un treno ogni 10' in ora di punta, ogni 20' il resto della giornata

<b>7 00</b>			
Ⓐ	7 00	S20	Trogen
Ⓐ	7 10	S22	St. Gallen-Teufen
	7 15	S21	Trogen
	7 25	S21	St. Gallen-Gais-Appenzell
Ⓐ	7 30	S22	Trogen
Ⓐ	7 40	S22	St. Gallen
	7 45	S21	Trogen
	7 55	S21	St. Gallen-Gais-Appenzell

Figura 3.3 – Passaggi in banchina in ora di punta: la direzione di Trogen è quella del ramo est della linea; Teufen/Gais/Appenzell è quella del ramo ovest

<b>11 00</b>			
	11 18	S21	Trogen
	11 28	S21	St. Gallen-Gais-Appenzell
	11 48	S21	Trogen
	11 58	S21	St. Gallen-Gais-Appenzell

Figura 3.4 – Passaggi in banchina in ora di morbida: la direzione di Trogen è quella del ramo est della linea; Teufen/Gais/Appenzell è quella del ramo ovest

<sup>8</sup> Si veda: <https://appenzellerbahnen.ch/de/reiseinformationen/fahrplan.html>

La sagoma di larghezza 2,40 m etri e la distanza di 7,70 metri tra il punto di articolazione del carrello di estremità e il giunto successivo sono basati sui parametri della Trogenerbahn: sulla linea San Gallo - Gais - Appenzell (SGA) la sagoma è di 2,65 metri di larghezza pertanto sono state inserite delle pedane estraibili.



Figura 3.5 - Profilo del nuovo rotabile ABe 8/12 di Stadler

Dopo i lavori la tensione di alimentazione è stata portata a 1.500 Vcc al pari della SGA, ma a San Gallo la tensione è rimasta a 600 Vcc per non modificare le intersezioni con i bifilari: per questo gli ABe 8 / 12 sono dotati di un commutatore per entrambe le alimentazioni.

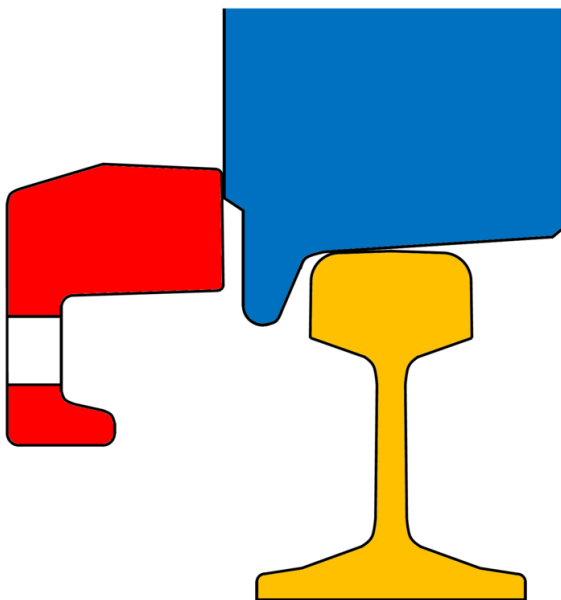


Figura 3.6 - Controrotaia sulla linea San Gallo - Gais - Appenzell (SGA), a +30 mm dall'estradosso del fungo della rotaia (dal piano del ferro)

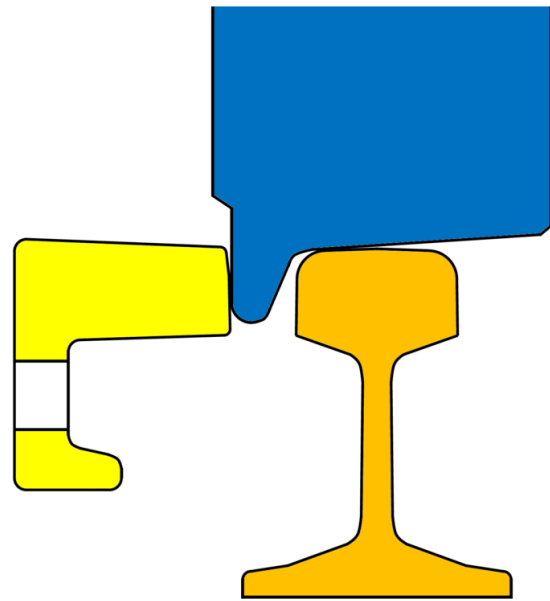


Figura 3.7 - Controrotaia della linea di Trogen, senza sopraelevazione rispetto al piano del ferro

Per poter utilizzare i nuovi treni Tango anche sul ramo della linea SGA, a causa delle diverse altezze di battuta delle ruote - 30 millimetri per la SGA e 0 millimetri per la TB - i bordini sono stati modificati come nel modello Karlsruhe. Poiché questo profilo richiede una riprofilatura almeno una volta all'anno, l'AB ha appositamente acquistato un tornio per sale montate per internalizzare questa attività. Rispetto ai modelli in uso sulle reti tramviarie tradizionali di Basilea e Ginevra, i Tango della Appenzeller sono progettati per una resistenza alla compressione normale di 400 kN invece che 200. I veicoli sono bidirezionali con porte su entrambi i lati: sono costituiti da due unità indipendenti Be 4/6 4001-4011 e ABe 4/6 4101-4111, con la prima classe sul lato Trogen. Le unità sono sempre usate in coppia, ma le composizioni possono essere separate per la manutenzione: cosa che secondo il gestore dovrebbe ridurre i costi generali.

Come tutti i sistemi prototipali, anche quello di San Gallo non è stato esente da problematiche risolte, al momento sembra efficacemente, nel primo periodo di esercizio. Due mesi dopo la messa in servizio dell'ABe 8/12 si sono verificate diverse interruzioni di esercizio dovute alle nuove unità



multiple. Dal 19 al 26 ottobre 2018, il servizio è stato sospeso perché quattro dei sette treni Tango consegnati all'epoca presentavano una eccessiva usura dei bordini. La causa successivamente accertata è stata un'insufficienza della lubrificazione tra la testa della rotaia e i bordini. Dal 26 al 30 gennaio 2019, il servizio è stato nuovamente sospeso a causa di due anomale sospensioni dell'alimentazione elettrica. In entrambi i casi si è trattato di uno stacco dell'extrarapido di sezione a causa di sovratensioni durante la frenatura elettrica quando i treni Tango attraversano il passaggio dalla rete da 1500 volt a quella da 600 volt. La causa è stata individuata nell'errore del software di bordo che avrebbe dovuto rilevare automaticamente la variazione di tensione. Nel 2019 a Teufen sono stati installati degli ungibordo per ridurre il rumore da stridio prontamente segnalato da un comitato locale di residenti.

Figura 3.8 - Pedana estraibile per garantire l'accessibilità sulle banchine con sagoma ferroviaria



Figura 3.9 - Vista della linea alla periferia di San Gallo verso Trogen





Figura 3.10 - Linea Appenzell-San Gallo-Trogen, profilo altimetrico

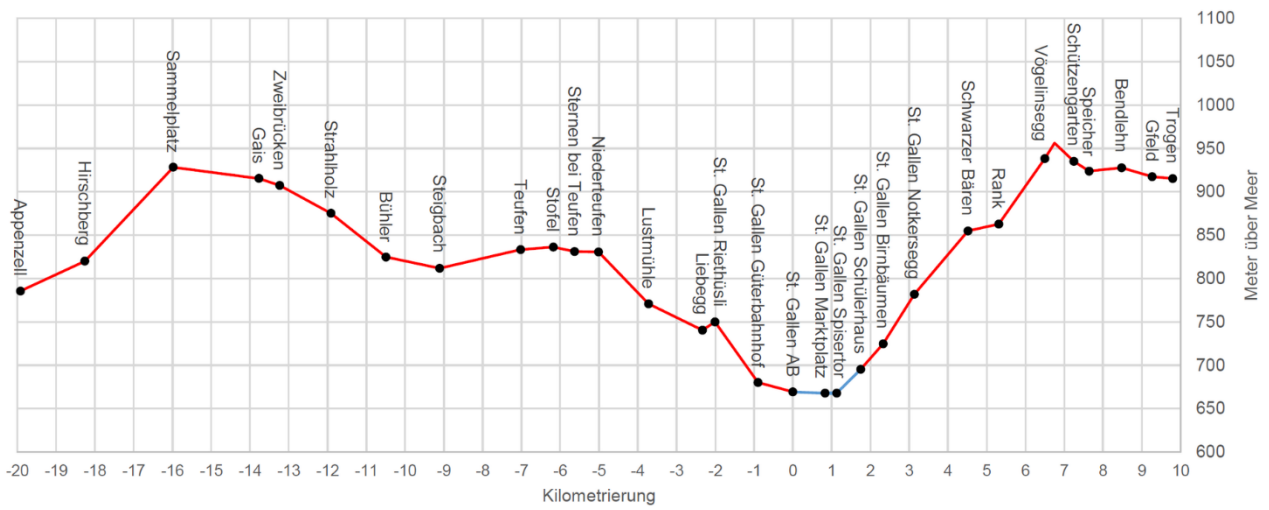


Figura 3.11 - Elettrotreno BDe 4/8 23 del 1991 presso Marktplatz, San Gallo (foto del 2008)





Figura 3.12 - Attestamento della *Appenzeller Bahn* presso la stazione ferroviaria di San Gallo



Figura 3.13 - Nuova variante tranviaria urbana presso la cittadina di Teufen (*Appenzell Ausserrhoden*)





Figura 3.14 - Nuova tratta urbana presso la cittadina di Teufen: si vede la prosecuzione a binario unico oltre l'attuale attestamento con inserimento del binario lato strada



Figura 3.15 - Nuovo tracciato urbano di Teufen, disposizione dei sostegni della linea di contatto





Figura 3.16 - Lavori di realizzazione della nuova sede di Teufen



Figura 3.17 - Nuova fermata a banchina centrale su sedime di tipo ferroviario





Figura 3.18 - Veicolo tipo tram-treno ABe 8/12 in sosta accanto un veicolo ferroviario



Figura 3.19 - Veicolo tram-treno su un tratto a singolo binario adiacente alla carreggiata stradale





Figura 3.20 - Teufen: vista prima dei lavori di realizzazione della sede tranviaria



Figura 3.21 - Teufen: lavori di installazione dei sostegni della linea di contatto





Figura 3.22 - Inaugurazione della nuova tratta di Teufen, nel dicembre 2018



Figura 3.23 - Sezione extraurbana a binario singolo



Al di là delle contingenze locali, il "Modello San Gallo" è assolutamente paradigmatico in termini di valorizzazione del patrimonio ferroviario esistente. L'analisi dei dati di mobilità lungo il bacino della linea di Trogen in evidenza un cambiamento radicale sulla scelta dei mezzi di trasporto pubblici utilizzati per recarsi sul luogo di lavoro. Nel 2010 gli spostamenti in mezzo pubblico verso le altre località dell'area vasta di San Gallo si attestavano al 25% del totale; nel 2019 tale quota era salita al 34% catturando utenti che prima utilizzavano il mezzo privato.

In particolare, l'approccio seguito nella rivitalizzazione della linea di Trogen mostra come:

- il servizio tranviario (o, meglio, ferroviario leggero) è stato in grado di capitalizzare ed aggiungere valore al modello di trasporto pubblico su ferro tradizionale;
- Il bacino servito ha guadagnato accesso a un più ampio range di opportunità che include un più largo bacino d'utenza per i lavoratori pendolari e uno sviluppo del mercato per i servizi offerti;
- una miscela attenta e bilanciata della pianificazione dell'uso del territorio destinata per agire in qualità di elemento ricettore e sviluppata attorno ai nodi chiave del trasporto pubblico, può essere introdotta per aiutare, rafforzare e garantire nuova vitalità alle aree locali e, soprattutto a quelle più remote.

### **3.2. Il tram per i servizi ferroviari leggeri come integrazione tra le reti: il nuovo servizio tra le città di Szeged e Hódmezővásárhely**

Il tram-treno Szeged – Hódmezővásárhely è un sistema di tram-treno di tipo proprio di 31,6 km tra le città ungheresi di Szeged (Seghedino, 159.074 ab. all'1/1/21) e Hódmezővásárhely (42.304 ab.). Nonostante i diversi progetti di trasformazione di linee ferroviarie vicinali in tranvie periurbane/suburbane, quello ungherese è il primo sistema di *tram-treno proprio* (ovvero con effettiva promiscuità di servizio) attivato in Europa dal 2010, quando entrò in servizio il *tram-train Mulhouse Vallée de la Thur*.

#### **3.2.1. Il progetto**

Tra Szeged e Hódmezővásárhely, nei giorni feriali transitano 80 coppie di servizi di autobus tra suburbani, regionali e lunga percorrenza, che trasportano circa 4.500 passeggeri al giorno. Le due città sono collegate dalla Superstrada 47, a 2 corsie per senso di marcia, nella cui sezione più trafficata - a nord dello svincolo Szeged-Città con l'autostrada M43 - secondo rilievi del 2017 di Magyar Közút, il traffico giornaliero supera i 21.000 transiti, di cui quasi 15.000 autovetture. A Szeged nella punta mattutina, il traffico agli incroci di Diadal utcai és e Budapesti körúti è spesso congestionato. Inoltre, dopo il 2015 le frequenti limitazioni al traffico pesante del ponte sul Tibisco ad Algy, dovute ai lavori sugli argini per la manutenzione della funzionalità della cassa di espansione, hanno aumentato significativamente la congestione in città. I servizi bus Szeged – Hódmezővásárhely coprono una distanza di 26,2 km in 30-37 minuti da orario ufficiale, ma i ritardi medi sono nell'ordine dei 10 minuti a causa del traffico lungo il tragitto.

Nonostante i problemi evidenziati, la ripartizione modale è ancora favorevole la quota del trasporto pubblico. Secondo i citati rilievi del 2017, il 60% degli spostamenti tra le due città è effettuato con mezzi pubblici (90% con autobus), mentre il trasporto privato rappresenta poco meno del 40% del totale dei viaggi. La linea ferroviaria Szeged – Békéscsaba (linea 135 sull'orario nazionale) a binario singolo, esercitata con treni diesel, non svolge alcun ruolo in termini di appetibilità dell'offerta sul traffico locale essendo utilizzata solo per spostamenti regionali o di lunga distanza. Prima dell'attivazione del tram-treno, il servizio vedeva un treno ogni 2 ore e ogni ora tra le 6:30 e le 8:30, per un totale di 15 coppie giorno. La linea, ricostruita per il transito a velocità massima di 100 km/h negli anni Settanta, i treni viaggiano con velocità limitata a 80 km/h. A rendere così poco attrattivo il mezzo ferroviario per gli spostamenti locali è la frequenza molto inferiore rispetto agli autobus e il



fatto che tutte le stazioni e le fermate della linea 135 tra Hódmezővásárhely e Szeged sono piuttosto periferiche rispetto agli insediamenti. E questo vale anche per le stazioni di Hódmezővásárhely, Kopáncs, Algyő e Szeged-Rókus. Da queste stazioni, per raggiungere le principali aree residenziali, è necessario o ricorrere a un altro mezzo oppure percorrere tragitti superiori ai 30' in bicicletta.

L'obiettivo progettuale del tram-treno è stato quello di creare un sistema integrato che utilizzasse in modo efficace l'infrastruttura ferroviaria esistente, contribuendo a migliorare la competitività del trasporto pubblico, riducendo il traffico stradale e le relative esternalità. Un obiettivo così ambizioso era possibile solo integrando l'infrastruttura ferroviaria con il tram, eliminando così ogni rottura di carico tra i due centri urbani. Tutto ciò ha richiesto la creazione di una connessione tra la linea ferroviaria 135 e la linea 1 del tram di Szeged alla stazione di Rókus e la costruzione di una tranvia completamente nuova nel centro di Hódmezővásárhely, che percorre il centro urbano mantenendo la stessa copertura dei servizi su gomma. Al fine di ridurre i tempi di percorrenza e aumentare il numero dei servizi, sulla ferrovia è stata ripristinata la velocità di progetto di 100 km/h realizzando nuovi posti di movimento per gestire le precedenza tra i servizi ferroviari e quelli tranviari (o, meglio, ferroviari leggeri). La norma per la gestione della sicurezza dell'esercizio è ispirata alla Direttiva tedesca VFL, "Condizioni speciali per la circolazione di veicoli ferroviari leggeri (VFL) in modalità mista con il controllo dei veicoli ferroviari di trasporto pubblico".

L'elettrificazione della linea è stata scartata per motivi economici, essendo valutata in almeno 200 milioni di HUF/km (5,5 milioni di euro al km). Le opere civili e impiantistiche del tram-treno hanno avuto un costo di 32,1 miliardi di HUF (88,1 milioni di euro, al cambio del dicembre 2021): 9,1 miliardi di HUF sono stati spesi per la sezione tranviaria di Hódmezővásárhely e 23 miliardi per il rinnovamento degli impianti ferroviari tra le due città.

### 3.2.2. Il nuovo servizio tram-treno

I servizi ferroviari tranviari circolano come sviluppo della linea 1 del tram di Szeged dalla stazione centrale alla stazione di Szeged-Rókus. Presso la stazione di Szeged-Rókus, il binario di collegamento SZKT (tram) - MÁV (ferrovie ungheresi) è stato completamente ricostruito parallelamente ai binari del fascio ferroviario per circa 800 metri. Il nuovo binario di transizione si unisce alla linea ferroviaria a monte del piazzale ferroviario di Szeged-Rókus direzione Algyő. Da qui al cavalcavia dell'autostrada M43 (svincolo di Baktó), la linea ferroviaria è stata raddoppiata per circa 3 km ma il secondo binario può essere utilizzato solo dai treni tram-treno, perché solo il binario 1 entra nel piazzale ferroviario di Rókus. Il collegamento anche del binario 2 al servizio ferroviario avrebbe richiesto la modifica del segnalamento della stazione ferroviaria di Szeged-Rókus, un'opzione scartata perché ritenuta troppo onerosa.

Dal bivio Baktó alla stazione di Algyő, l'impianto è rimasto a singolo binario. I treni tram-treno si fermano alla stazione di Algyő che funge anche da posto di movimento. I treni Szeged – Békéscsaba, invece passeranno senza fermare con diritto di precedenza. Per velocizzare il transito ferroviario, la stazione è stata dotata di nuove comunicazioni percorribili a 80 km/h; la comunicazione lato nord è stata estesa a valle del ponte sul fiume Tibisco (Tisza, in ungherese) portando la tratta raddoppiata a circa 2 km. Superato il ponte Algy, è stata raddoppiata la tratta fino al bivio Sártó a Kopáncs per circa 4 km. Kopáncs rimane una stazione a doppio binario in termini di traffico ferroviario, ma né i tram né i treni passeggeri la utilizzeranno. La fermata di Hódmezővásárhely, un tempo passante è stata equipaggiata con una nuova comunicazione tra le linee di Szentés e quella proveniente da Szeged.

Il tram-treno dalla fermata Hódmezővásárhelyi Népkert esce dalla linea ferroviaria passando in modalità tram. Oltre al fabbricato della stazione MÁV, è stata realizzata una comunicazione e una fermata per i tram in modo da rendere il servizio tranviario indipendente da quello ferroviario.

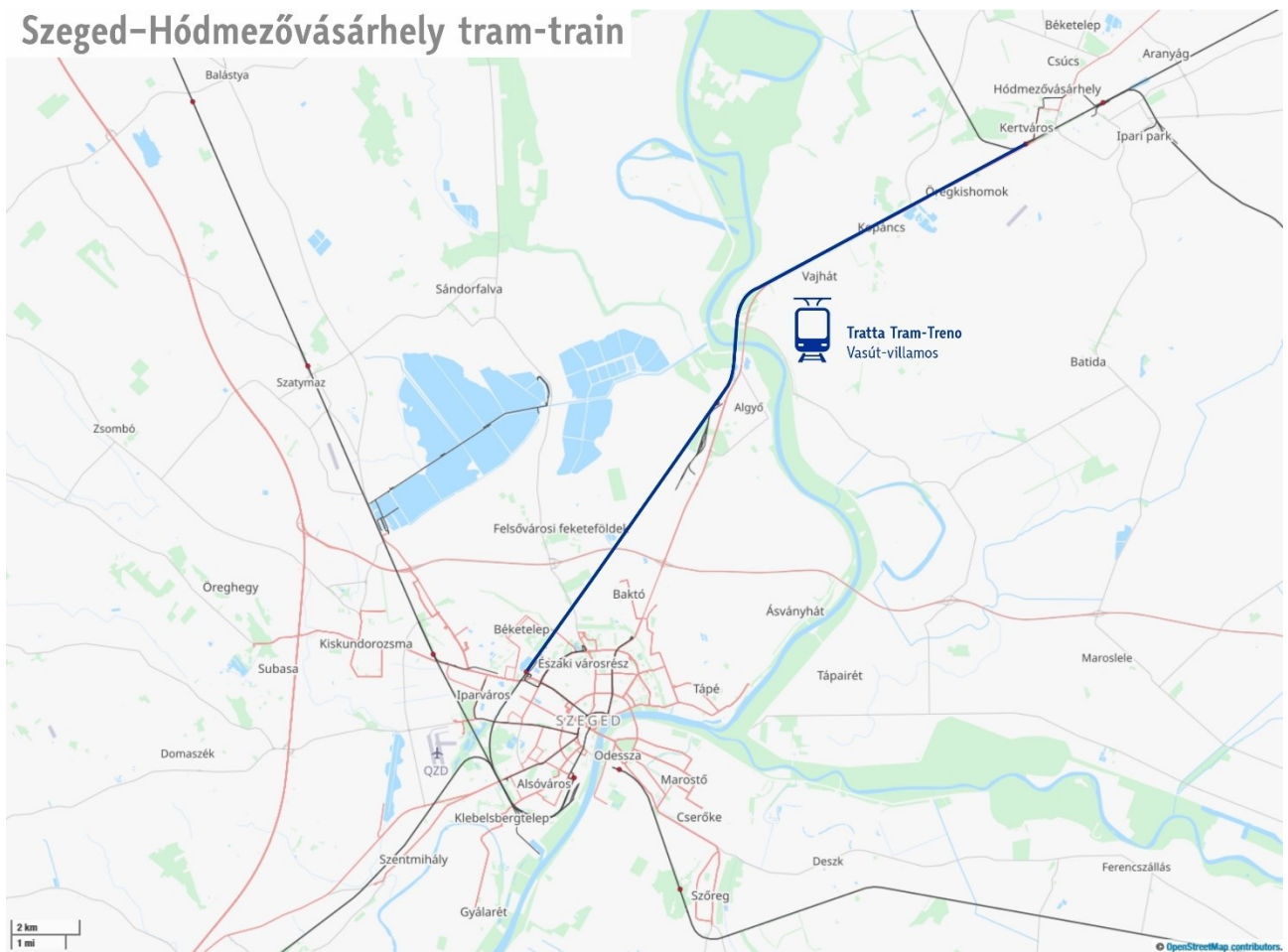


Figura 3.24 – Inquadramento della nuova linea di tram-treno (elaborazione dell'autore su base *OpenStreetMap*)

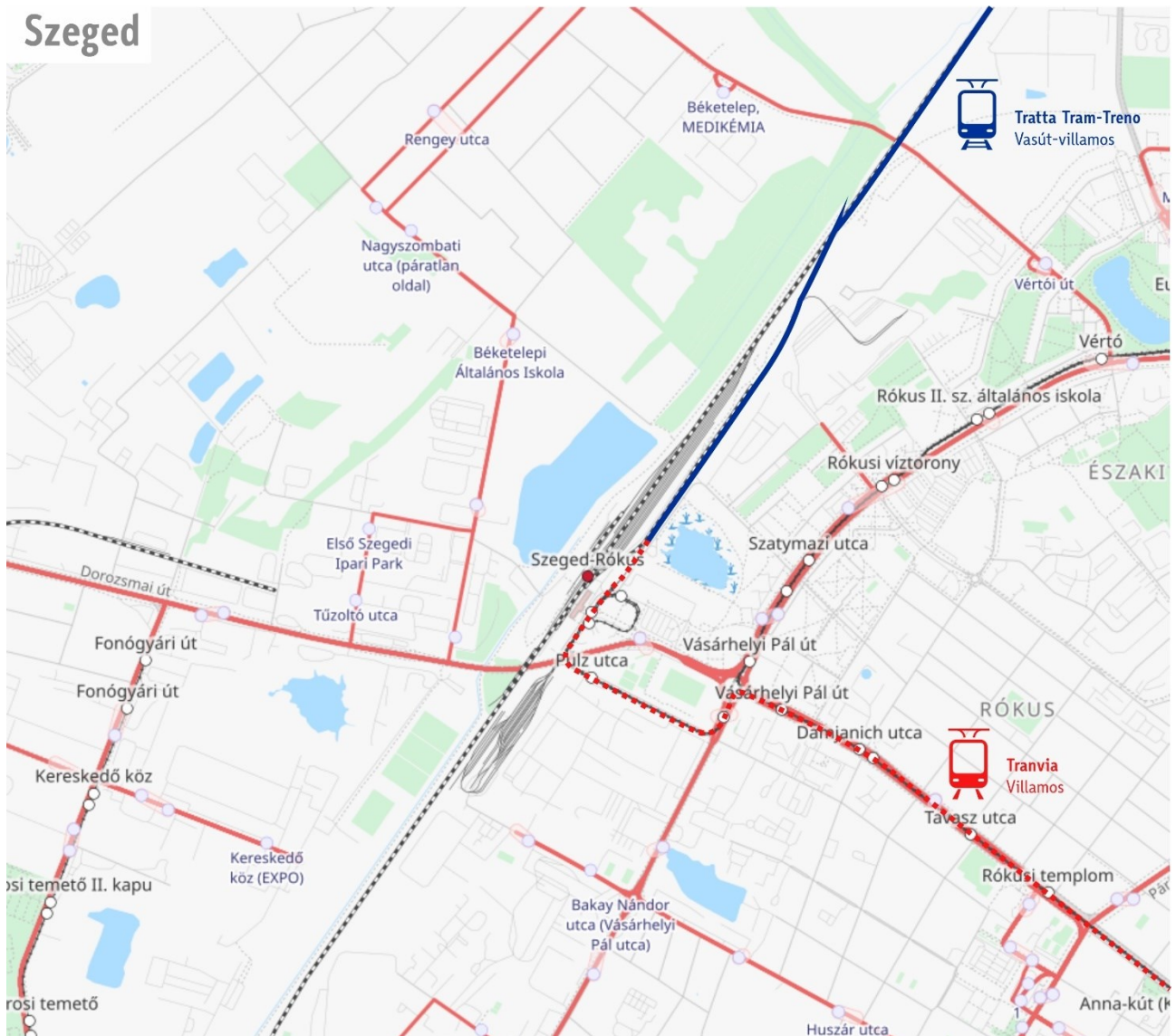


Figura 3.25 – Dettaglio lato Szeged: in blu il binario tram-treno e, tratteggiato in rosso, l'innesto sulla rete tranviaria urbana preesistente (elaborazione dell'autore su base *OpenStreetMap*)

## Hódmezővásárhely

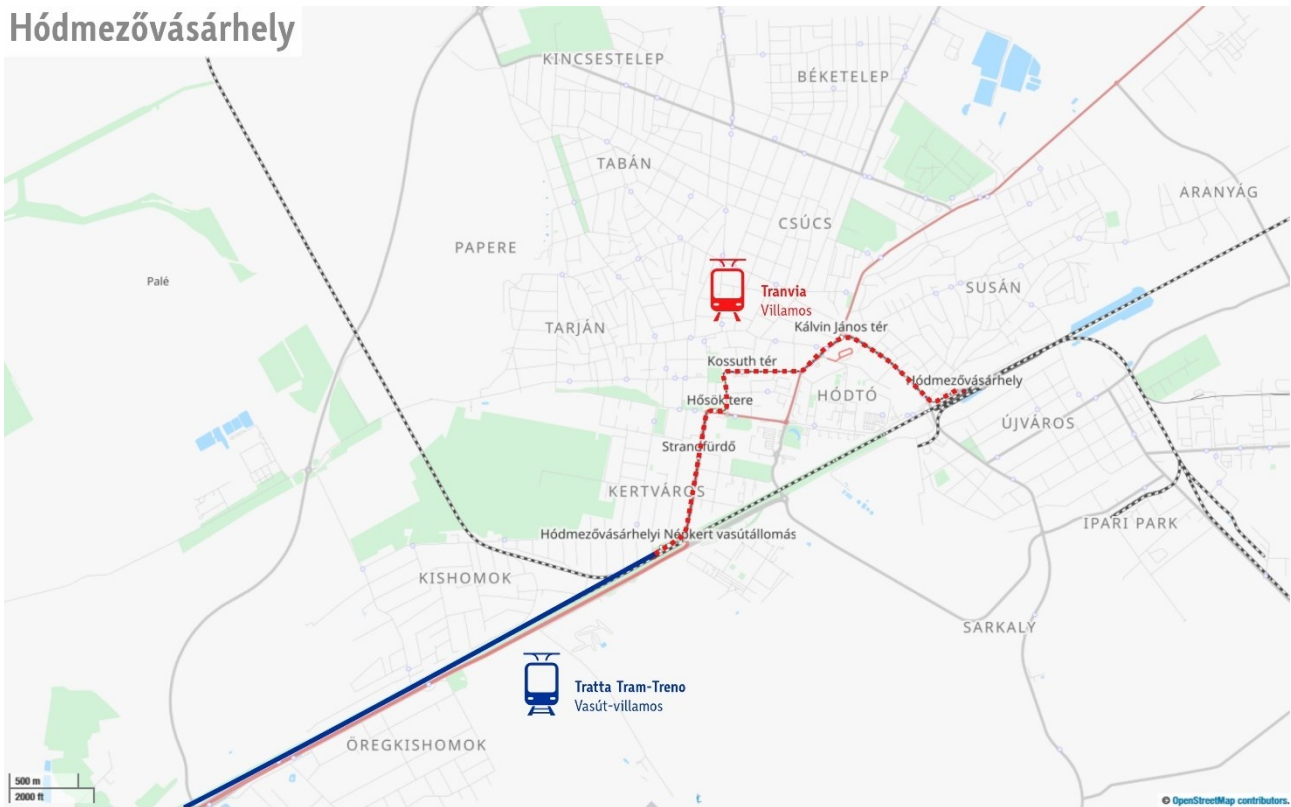


Figura 3.26 - Dettaglio lato Hódmezővásárhely: in blu il binario tram-treno e, tratteggiato in rosso, il nuovo impianto tranviario a singolo binario con raddoppio alla fermata centrale di Kossuth tér (elaborazione dell'autore su base OpenStreetMap)

## A Szeged – Hódmezővásárhely tram-train útvonala és megállóhelyei

Route and stops of the tram-train between Szeged and Hódmezővásárhely

Ervényes: 2021. november 29-től visszavonásig. / Valid from 29 November 2021 until further notice.

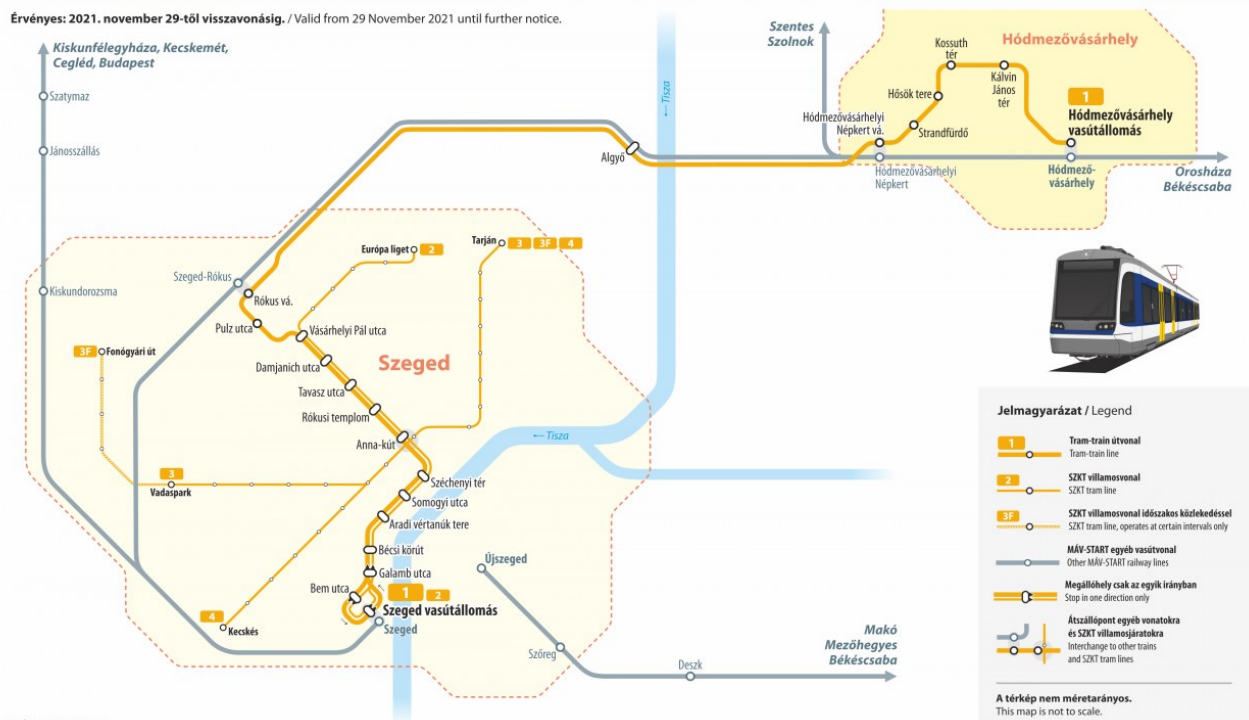


Figura 3.27 – Mappa schematica del servizio (fonte MÁV-START Zrt.)



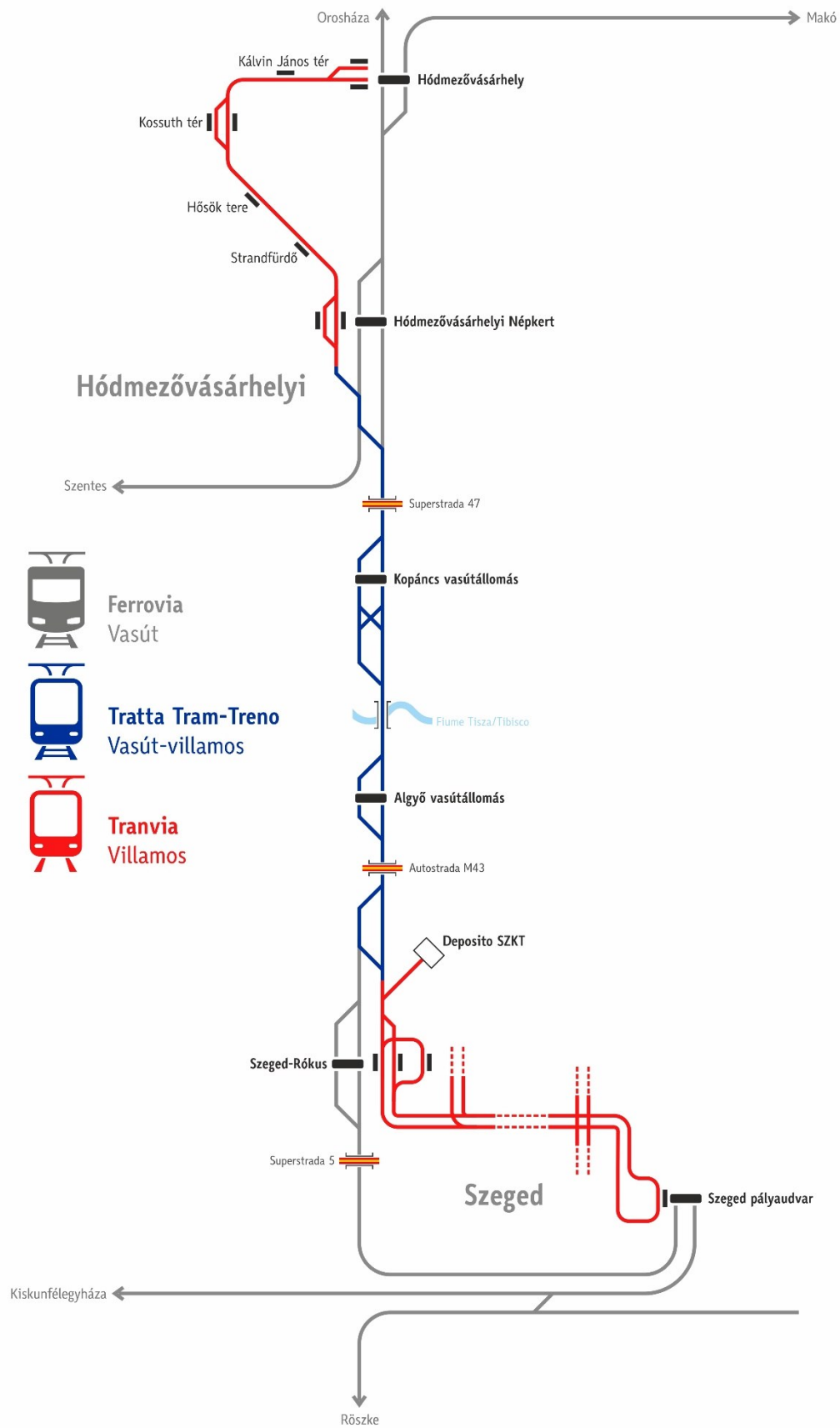


Figura 3.28 – Piano schematico dell'impianto

1

## Hódmezővásárhely vasútállomás → Szeged vasútállomás

○ Hódmezővásárhely vasútállomás	3:31	:31	23:31
○ Kálvin János tér	3:33	:33	23:33
○ Kossuth tér	3:35	:35	23:35
○ Hősök tere	3:36	:36	23:36
○ Strandfürdő	3:38	:38	23:38
○ Hódmezővásárhelyi Népkert vasútállomás	3:42	:42	23:42
○ Algyő	3:53	:53	23:53
○ Rókus vasútállomás	4:05	:05	0:05
○ Pulz utca	4:06	:06	0:06
○ Vásárhelyi Pál utca	4:07	:07	0:07
○ Damjanich utca	4:09	:09	0:09
○ Tavasz utca	4:10	:10	0:10
○ Rókusi templom	4:11	:11	0:11
○ Anna-kút	4:13	:13	0:13
○ Széchenyi tér	4:15	:15	04:15
○ Somogyi utca	4:17	:17	0:17
○ Aradi vértanúk tere	4:18	:18	0:18
○ Bécsi körút	4:20	:20	0:20
○ Galamb utca	4:21	:21	0:21
○ Szeged vasútállomás (érkezés)	4:22	:22	0:22

Tovább minden egész óra jelzett percében

Figura 3.29 - Quadro orario Hódmezővásárhely >> Szeged. Il servizio è cadenzato su un intertempo di 60' basato su orario mnemonico. Il servizio parte molto presto, con prima corsa alle 3:31 da Hódmezővásárhely e ultima partenza alle 23:38 da Szeged.

Dalla stazione di Hódmezővásárhely Népkert, i tram continuano il percorso su un nuovo tragitto tranviario urbano sul tragitto Ady Endre út - Tóalj utca - Szőnyi utca - Kossuth tér - Andrássy út - Kálvin tér - Bajcsy út-Zut. La nuova tranvia è a binario unico e si sviluppa per 3,2 km con sei fermate: Hódmezővásárhely Népkert, Bartók Béla utca, Hősök tere, Kossuth tér, Kálvin János tér, Stazione di Hódmezővásárhely. Alle fermate di Hódmezővásárhely Népkert e Kossuth tér il tracciato è a doppio binario per gestire l'incrocio di due vettue in senso contrario. Il capolinea di Hódmezővásárhely è di testa con tronchino di manovra.

In futuro si prevede di realizzare una nuova connessione alla ferrovia per prolungare il servizio sempre in modalità tram-treno verso Orosháza.



Figura 3.30 - Il nuovo veicolo (foto Stadler)

### 3.2.3. Il materiale rotabile

Il nuovo parco tram-treno è stato acquistato e gestito da MÁV-Start (SZKT, che gestisce la rete di Szeged, letteralmente non se l'è sentita di gestire un servizio così diverso dal proprio), una divisione delle ferrovie nazionali ungheresi, mentre il nuovo impianto tranviario di Hódmezővásárhely è gestito da MÁV. MÁV-Start ha lanciato una gara per l'acquisto di 8 (con un'opzione per ulteriori 4) veicoli ibridi diesel-elettrici nel gennaio 2017. La gara è stata vinta da Stadler Rail Valencia con i tram Stadler CityLink. Ma Stadler, in un periodo molto congestionato in termini di produzione per le imprese europee, è stata l'unica offerente con un prezzo d'acquisto per i 12 tram più alto di quello messo a base di gara: 28 miliardi di HUF contro i 10 miliardi HUF a base gara. Dopo un lungo contenzioso, Stadler ritiene impossibile scendere sotto un prezzo (al cambio 2017) di 6,395 milioni a vettura: 28 miliardi di HUF per 8+4 veicoli equipaggiati con servizi igienici oppure 15,5 miliardi di HUF senza servizi igienici (opzione scelta dall'Amministrazione).



I tram sono lunghi 37 metri con un peso di 70 tonnellate. L'alimentazione è a 600 Vcc tranviaria e diesel per la tratta ferroviaria. I posti sono 175 dei quali 92 a sedere e 83 in piedi (a 4 passeggeri per metro quadro di superficie utile).



Figura 3.31 - Nuovo veicolo a Szeged (foto MTI/Rosta Tibor)

Il primo veicolo è stato consegnato il 9 gennaio 2021 e la consegna si è conclusa a fine novembre. I veicoli sono ricoverati presso la stazione di Szeged-Rendező. Nel luglio 2020 il Governo ha approvato la decisione di attivare l'opzione per la produzione degli ulteriori 4, come previsto dal capitolato di gara.

### 3.3. La soluzione del singolo binario per completare le reti urbane: l'esperienza della linea 2 di Valenciennes e le estensioni di Bordeaux

#### 3.3.1. Valenciennes e la ricerca di un tram *low-cost*

Valenciennes sorge al centro del bacino carbonifero dell'Hainaut, una regione transfrontaliera che si estende tra Francia (oltre a Valenciennes, capoluogo, Maubege) e Belgio (Mons). È un comune di 43.471 ab. (13,8 km<sup>2</sup>; densità di 3.141 ab/km<sup>2</sup>) con una area urbana di 399.677 ab. (597 km<sup>2</sup> di cui 27 in parte belga; 670 ab/km<sup>2</sup>). Nell'ambito di un ambizioso programma di riqualificazione urbana – principalmente per portare la città fuori dalle secche della deindustrializzazione forzata -, il 3 luglio 2006 viene inaugurata una prima linea tranviaria di 18,3 km di lunghezza, dall'Università all'*Espace Villars* nel popoloso comune di Deniers. La linea 1 è una ordinaria tranvia a doppio binario secondo l'ormai consueto *modello francese*, particolarmente attento all'inserimento urbanistico e al raccordo progettuale dell'infrastruttura con il contesto.

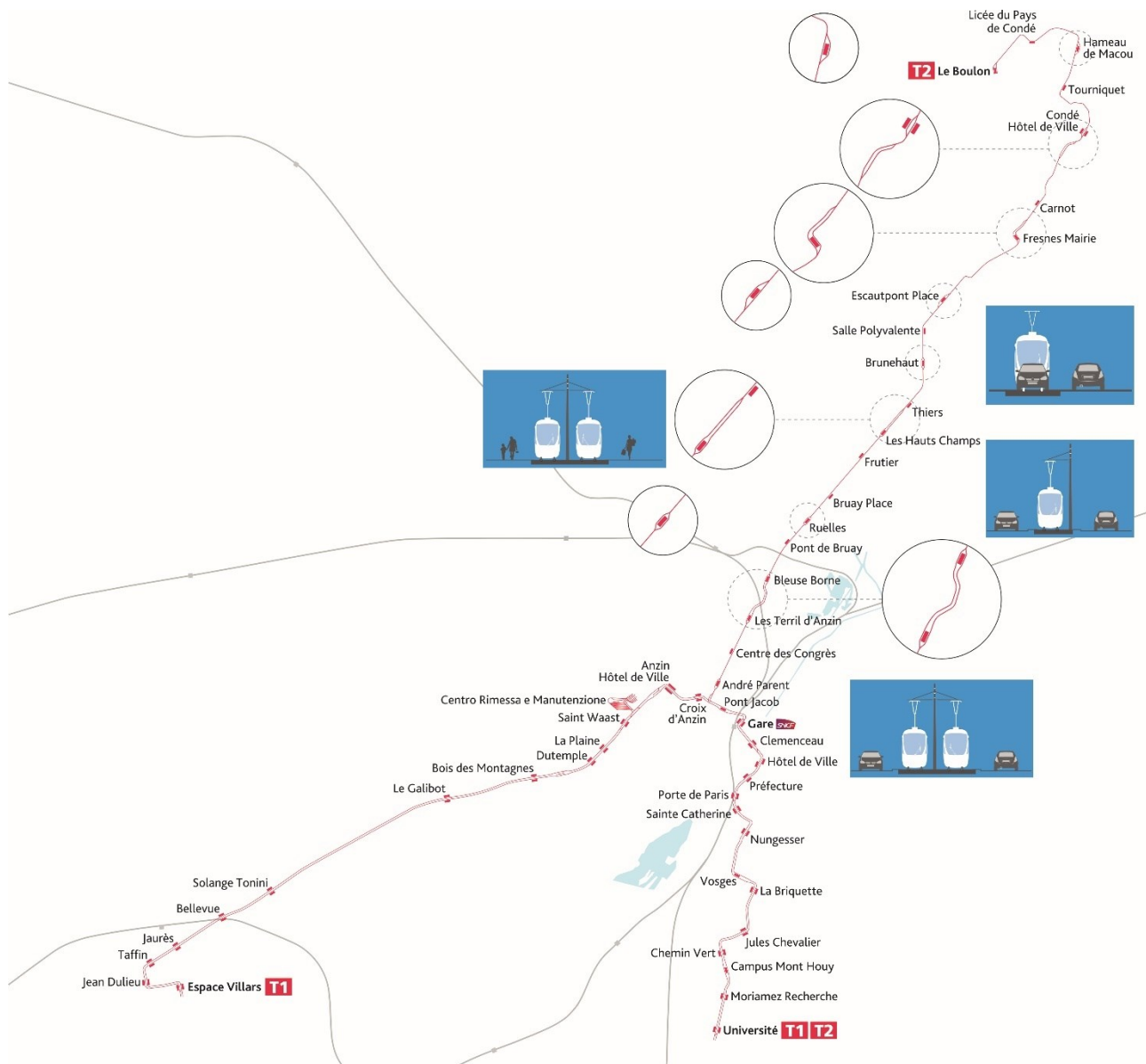


Figura 3.32 – Valenciennes, schema della rete tranviaria. La linea 1 percorre l'area urbana centrale con un percorso a ferro di cavallo dall'Università (in basso a destra nello schema) all' *Espace Villars* passando per la stazione ferroviaria. La linea 2 ha carattere periurbano: si distacca a valle della stazione con un percorso rettilineo verso nord-est. Elaborazione dell'autore su dati aggiornati SIMOUV e basi di Franklin Jarrier (<https://cartometro.com/tramway-valenciennes/>)

18,3 km di tracciato con 28 fermate. Un bacino di 83.800 spostamenti giornalieri: la domanda al 2019 è stata di 31.410 passeggeri per giorno feriale. 242,7 milioni di euro di investimento, di cui: 118,2 per la via di corsa; 35,3 per le finiture stradali; 11,6 per il nuovo deposito di Saint-Waast; 26,7 per opere civili; 50,8 per il parco rotabile costituito da 21 Alstom *Citadis* 302 (33 m di lunghezza per 2,40 di larghezza; 295 posti; 2,42 milioni l'uno). Il costo delle sole opere di linea è stato di 8.394 euro/m ovvero 4.197 euro per m di binario.

Il 24 febbraio 2014 viene inaugurata una seconda linea, questa molto più particolare della prima. La linea 2 si dirama presso Pont Jacob dalla linea 1, per dirigersi verso nord/nord-est sino alla frontiera belga. Le fermate sono 36, di cui 15 in comune con la linea 1. Il parco rotabile è costituito da 8 *Citadis* 302 che si aggiungono ai 21 già in servizio sulla linea 1. Il deposito è lo stesso, situato presso Saint-Waast (70.000 m<sup>2</sup>). Il piano degli spostamenti dell'agglomerazione del 2011 ne prevedeva la continuazione da Vieux-Condé alla stazione di Blanc-Misseron a Crespin presso la frontiera belga:

nel 2015 l'Amministrazione della *Communauté d'agglomération de Valenciennes Métropole* ha optato per una riduzione della spesa allocata per il trasporto impianto fisso, sostituendo questa tratta con una busvia.

La linea 2 si presenta come una antenna di diramazione della 1, in un contesto metropolitano-periurbano. Il bacino della linea è di 62.000 spostamenti al giorno (feriale) per una domanda attesa sulla linea pari a 22.100 spostamenti per giorno feriale. Si opta per una soluzione innovativa (figure 3.33-3.34), nel campo delle nuove tranvie: realizzare una linea a binario unico banalizzato con raddoppi in fermata per gestire gli incroci delle vetture precedenti nelle due direzioni. La sede è protetta da cordoli per segnalare alle auto in transito nelle corsie adiacenti il doppio senso dell'esercizio tranviario; nei tratti banalizzati (a doppio senso) la velocità massima è limitata a 30 km/h: questo alza la percorrenza sulla linea da 37' a 51'.

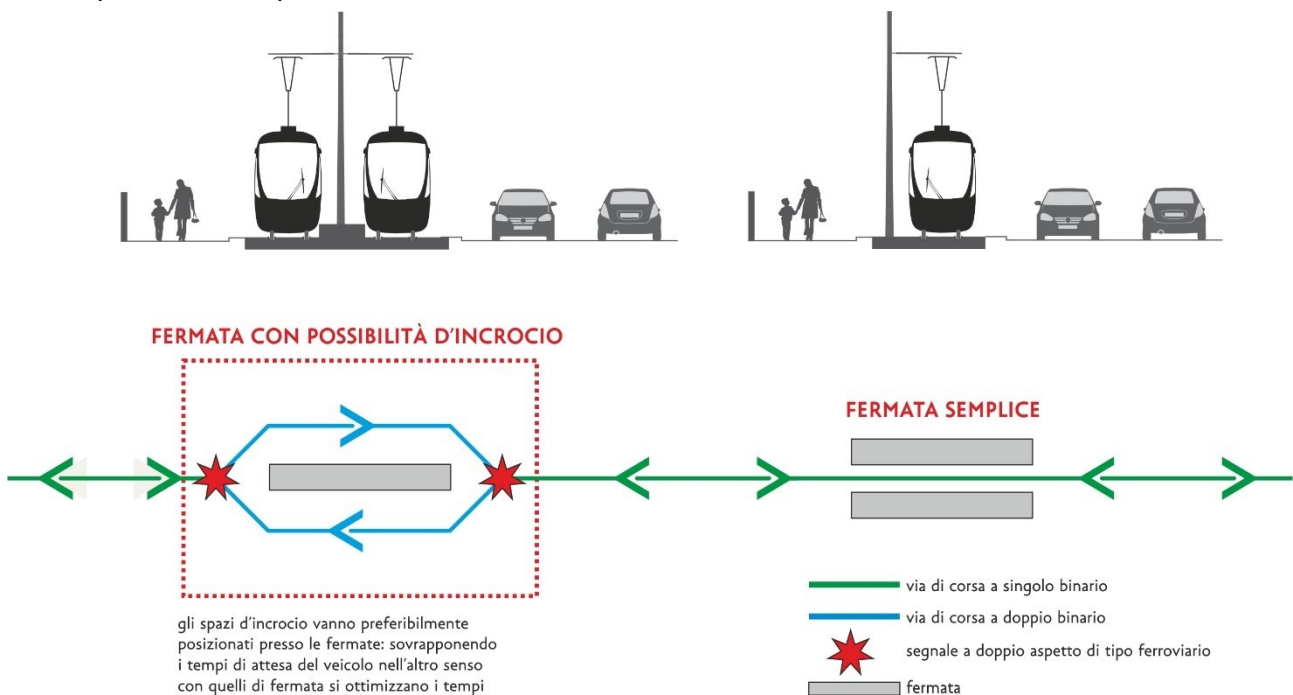


Figura 3.33 – Valenciennes, schema funzionale dell'esercizio della linea 2. I tratti in raddoppio sono 7 e sono disposti mediamente ogni 2 fermate

La linea 2 si sviluppa per 15,5 km con 37 fermate. Il costo è stato di 161,2 milioni di euro di cui: 74,0 per la via di corsa; 15,0 per le finiture stradali; 18,8 per il nuovo ponte della *Bleuse-Borne* (con demolizione del precedente); 32,0 per opere complementari; 21,8 per l'acquisto di 9 veicoli. Il costo della sola via di corsa della linea 2 è stato di 4.774 euro/m ovvero 3.178 euro per m di binario (-11% rispetto alla linea 1). La differenza è dovuta all'aver adottato una piattaforma "a spessore" (in francese *pose en voie jaquette*) in luogo del classico armamento su soletta in calcestruzzo. Le rotaie sono fornite in opere inglobate in una trave di sostegno in calcestruzzo e vengono posate su un fondo stabilizzato a calce.

La potenzialità di servizio è di un passaggio (alternato) ogni 7' ovvero 15' sullo stesso senso: si opta per un esercizio meno frequente, a 20'. I posti giorno, offerti sono 14.160 per senso di marcia (servizio dalle 6:00 alle 22:00) ovvero 29.000 posti totali (il 93% della domanda).

In esercizio, l'accesso dei tram in marcia alle sezioni a singolo binario è disabilitato con segnale di via impedita. La protezione consta di due sistemi:

1. segnalamento con circuiti di binario di rilevazione delle vetture;
2. dispositivo di arresto automatico dei tram (DAAT) composto da quattro elementi dei quali tre a bordo e uno a terra.



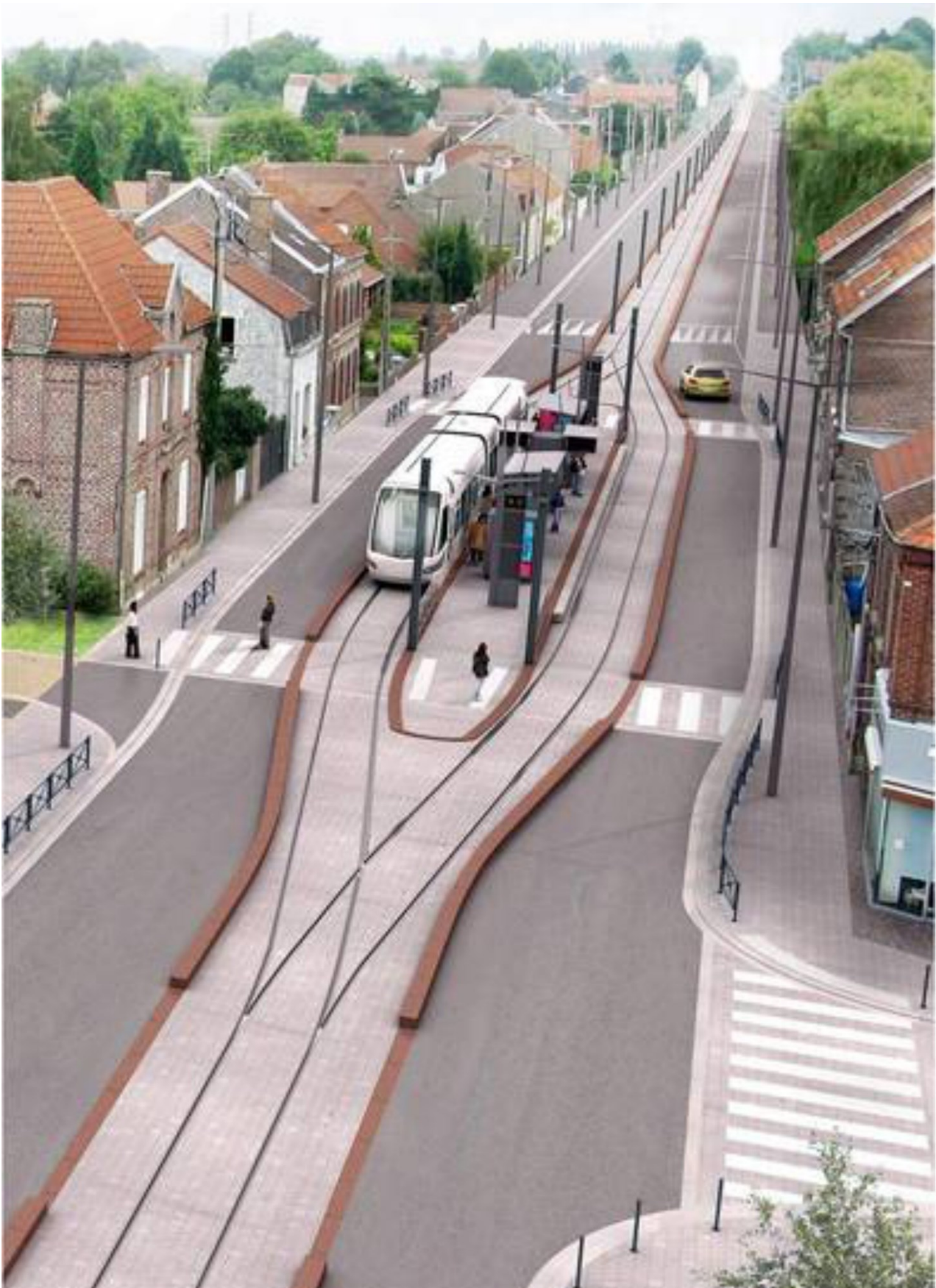


Figura 3.34 – Valenciennes, *concept* della linea 2 (fonte SIMOUV/Transvilles)

La prima apparecchiatura di bordo, CE-KFS, è un rilevatore montato sotto il carrello centrale. Questo rilevatore è collegato a una unità di calcolo situata in copertura attraverso una scatola relè. L'unità di calcolo elabora il segnale captato dal CE-KFS al passaggio di speciali boe (KFSI) in ingresso e uscita dalle sezioni a singolo binario.

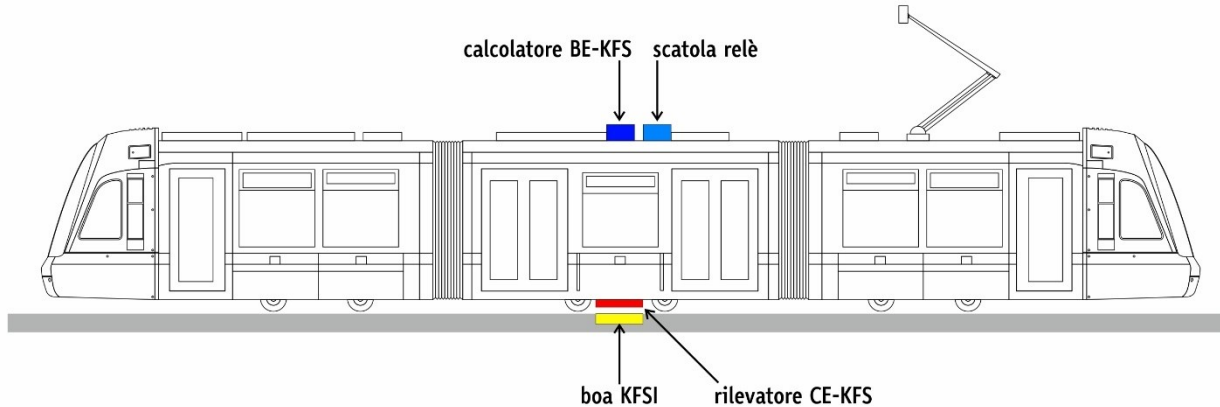


Figura 3.35 – Schema del DAAT lungo la sede e sulle vetture della linea 2 di Valenciennes

Lo scopo del DAAT è di impedire l'ingresso di un tram nella sezione banalizzata qualora questa sia già occupata. Il sistema deve essere certificato al minimo SIL2 per consentirne l'uso sul servizio passeggeri. Ora, proprio questo sistema è stato oggetto di un contenzioso durato cinque anni.

Subito dopo la messa in servizio, sono comparsi i seguenti fenomeni:

1. impossibilità di passare i veicoli sul tornio in fossa per la rettifica delle ruote senza rimuovere i supporti del rilevatore CE-KFS (operazione effettuata ogni 20mila km di esercizio che sui 30 tram della rete si traduce operativamente in un passaggio al tornio ogni 2 giorni);
2. rottura dei rivelatori CE-KFS e dei loro supporti durante la marcia dei veicoli;
3. comparsa continua e reiterata di frenature d'emergenza (FU) inopportune rispetto alle condizioni di esercizio, con conseguenze anche rilevanti in termini di ferimenti (prognosi massima 30 giorni) occorsi ai passeggeri a bordo.

In particolare, le rotture di cui al punto 2 (figura 3.36), si sono verificate quasi immediatamente man mano che i nuovi veicoli equipaggiati con DAAT entravano in servizio.



Figura 3.36 – Casi di rottura delle forcelle di aggancio del rilevatore CE-KFS sotto le vetture tranviarie

La parte più dibattuta del contenzioso ha visto le parti contestarsi vicendevolmente: il RTI di costruzione verso il gestore che non avrebbe realizzato in maniera opportuna le saldature di



riposizionamento dei rilevatori in sede di manutenzione programmata in fossa; l'Amministrazione verso l'RTI che avrebbe realizzato un sistema non conforme al capitolato e verso il gestore che non avrebbe rispettato i manuali di manutenzione; il gestore verso l'Amministrazione che non avrebbe vigilato alla corretta esecuzione dell'opera e delle vetture.

Il dibattito - che ha visto coinvolto nella perizia tecnica d'ufficio tra gli altri l'*Institut de Soudure*, centro privato d'eccellenza nella verifica e ricerca sulle giunzioni metalliche - ha provato che le saldature non fossero all'origine del distacco del blocco del rilevatore dal fondo delle vetture. Rotture che invece derivavano da una errata progettazione: eccessiva sollecitazione indotta dalle vibrazioni (tramite accelerometri sono state misurate accelerazioni superiori a 20g fino a 35g) in fase ordinaria di marcia e urti (appena 7 cm di luce tra rilevatore e piano strada) con oggetti o ostacoli accidentalmente presenti sulla sede. Le prove tecniche nello stabilimento Alstom di La Rochelle hanno mostrato che le frenature di emergenza venivano attivate in seguito alla trasmissione erronea di segnali fittizi generati dalle stesse eccessive vibrazioni sul rilevatore.

Grazie al supporto progettuale del *Centre Technique des Industries Mécaniques* (CETIM) è stato progettato a spese del RTI un nuovo tipo di rilevatore che in esercizio ha mostrato funzionalità e resistenza adeguate alle richieste di capitolato.

Per quanto riguarda l'attivazione della frenatura d'emergenza c'è un altro elemento progettuale degno di essere qui rappresentato: tra le varie perizie tecniche intervenute nei complessivi sei anni di dibattito è emersa una corresponsabilità nella posa in opera. La distanza tra la boa KFSI e l'inizio della sezione protetta (banalizzata) è di appena 10 cm, ovvero al limite delle tolleranze del fissaggio dei sostegni del rilevatore di bordo. Per evitare l'inserimento del segnale di blocco per mancata rilevazione del segnale di terra, tale distanza avrebbe dovuto essere almeno di 150 cm: avendo scelto di non realizzare lavori lungolinea che sarebbero apparsi troppo invasivi, si è scelto di agire sul Regolamento d'esercizio della linea imponendo ai conducenti il limite di 20 km/h. La vettura, che normalmente arresta in banchina in attesa del via libera a impegnare la tratta banalizzata, deve ripartire avendo la sede completamente libera da pedoni in attraversamento o veicoli stradali eventualmente in manovra in procinto di impegnare la sede tranviaria.

Per tutto il periodo della causa giudiziaria (quindi dal febbraio 2015 al maggio 2021), il servizio sulla linea 2 si è svolto con modalità ridotta: 8 vetture in servizio (sulle 13 di progetto) con un intertempo di 24 minuti rispetto ai 12 di progetto. Per tutto il periodo il servizio tranviario è stato affiancato da un servizio sostitutivo su gomma (T2bus).

Terminata la fase giudiziaria, i nuovi rilevatori CE-KFS hanno ricevuto autorizzazione al montaggio e messa in servizio con nota prefettizia del 17 maggio 2021. L'offerta di servizio di progetto sulla linea 2 è stata attivata con il nuovo orario di giugno 2021; da allora la linea è esercitata secondo l'orario seguente:

- 16 ore di servizio (prima corsa alle 5:12, ultima alle 21:10);
- 76 corse per direzione e intertempo a 12' da lunedì a venerdì; 61 corse per direzione e intertempo a 15' il sabato e i giorni non scolastici; 32 corse per direzione e intertempo a 30' la domenica.

La produzione è stata di 869.000 tram km anno nel periodo 2015-maggio 2021 mentre quella programmata dal giugno 2021 è di 1.448.327 tram km anno.

A questo è opportuno indagare la sicurezza effettiva del sistema della linea 2 di Valenciennes<sup>9</sup> in relazione alla linea 1 e ai parametri di riferimento rilevati nel resto<sup>10</sup> delle reti francesi.

---

<sup>9</sup> Dati SIMOUV, *Syndicat Intercommunal de Mobilité et d'Organisation Urbaine du Valenciennois*, <https://www.simouv.fr/le-syndicat/linstitution>

<sup>10</sup> Dati STRMTG, *Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés* del ministero francese dei trasporti. L'ufficio pubblica annualmente i *Rapports annuels sur le parc, le trafic et les événements*

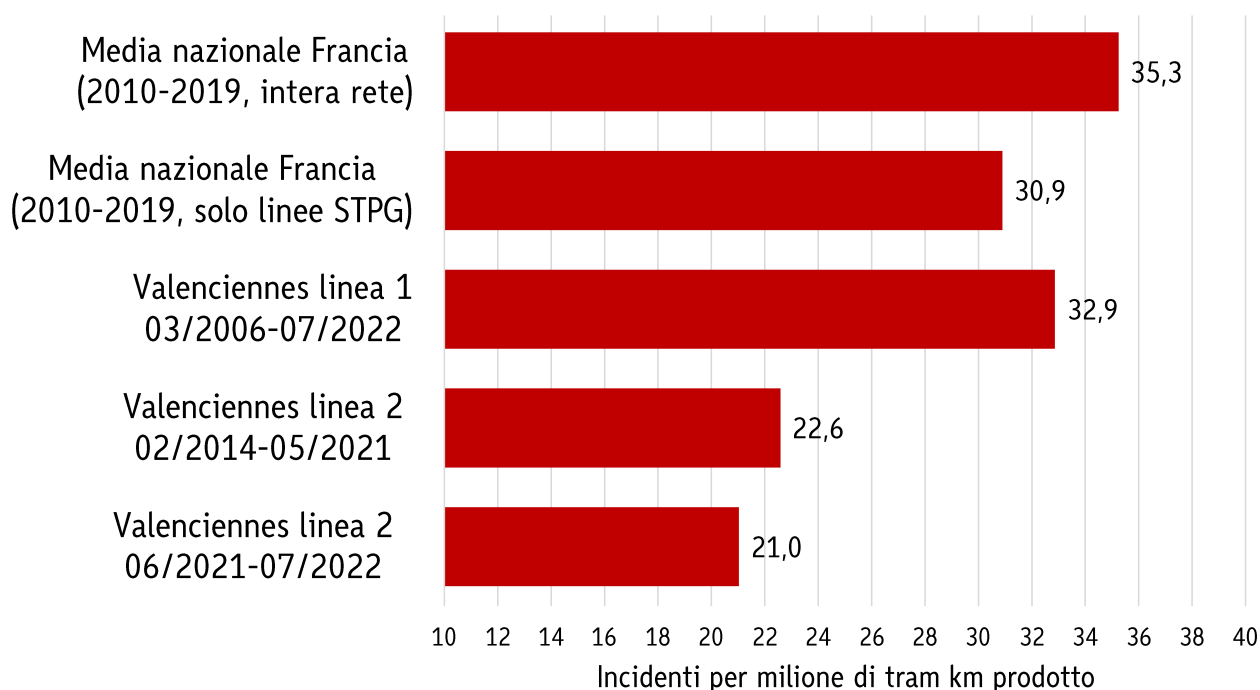


Figura 3.37 – Tasso medio di incidentalità medio sulle reti tranviarie francesi (complessivo e calcolato solo sugli impianti definibili come *Systèmes de Transports Publics Guidés* puri – ovvero progettati secondo il decreto 2003-425 del 9 maggio 2003 detto anche *décret STPG*); sulla linea 1 di Valenciennes dall'attivazione a oggi e sulla linea 2 di Valenciennes, dall'attivazione ai lavori di adeguamento di impianti e veicoli e successivi a tali lavori

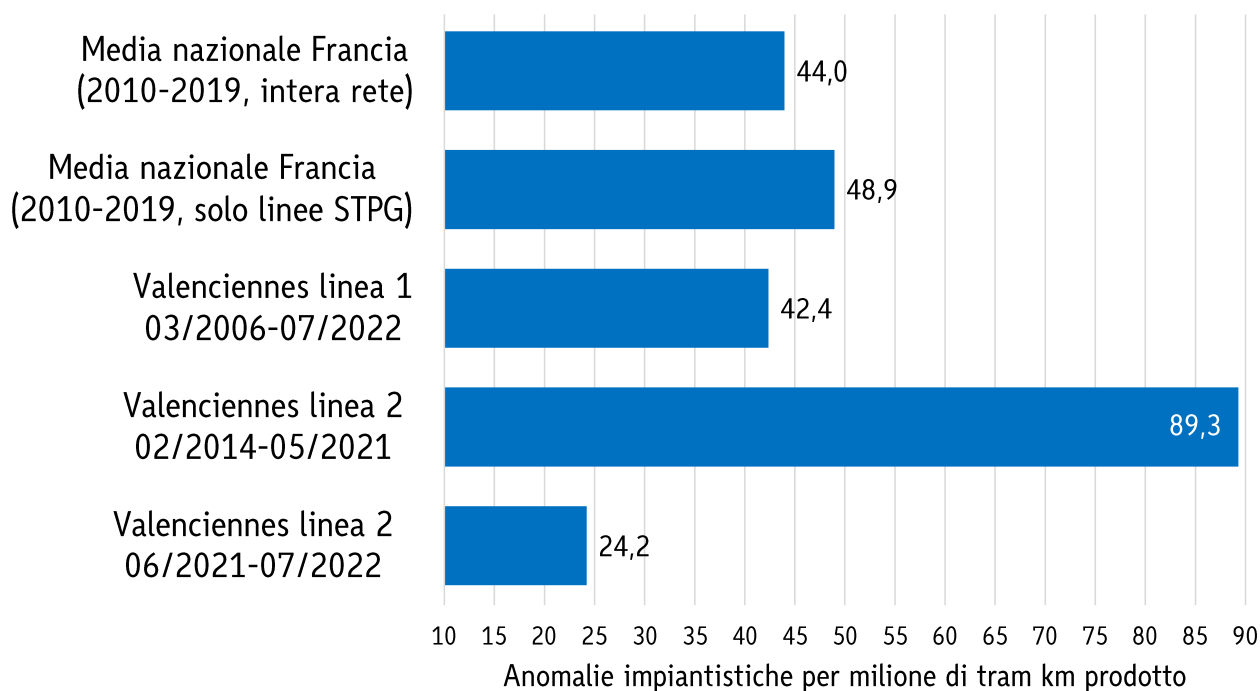


Figura 3.38 – Tasso medio di occorrenza di anomalie impiantistiche calcolato sulle classi di cui alla figura precedente. L'anomalia impiantistica è un evento che comporta una momentanea interruzione dell'esercizio non ascrivibile a cause o perturbative esterne

*d'exploitation des systèmes de tramways*, ad accesso libero: <http://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/rapports-annuels-sur-le-parc-le-traffic-et-les-a556.html>

Definita **incidentalità** l'occorrenza di un sinistro tra vetture tranviarie in esercizio o fuori linea ovvero tra una vettura tranviaria ed elementi esterni all'esercizio siano essi veicoli a motore, cicli o pedoni si trova (figura 3.37) un valore di riferimento sul totale degli impianti francesi in esercizio tra il 2010 e il 2019 pari a 35,3 casi ogni milione di km prodotto (Mkm). Tale valore scende a 30,9 casi per milione di km (-12,3%) se si considera solo gli impianti cosiddetti STPG puri ovvero quelli progettati secondo il decreto<sup>11</sup> 2003-425 del maggio 2003 sulla sicurezza dei *Systemes de Transports Publics Guidés*.

La linea 1 di Valenciennes è leggermente sotto la media nazionale con 32,9 sinistri ogni Mkm (-6,8% rispetto al dato nazionale). La linea 2 – anche per le limitazioni dell'esercizio, con una frequenza dimezzata rispetto a quella di progetto – è a 22,6 sinistri per Mkm (-35,9% rispetto al dato nazionale). A seguito degli interventi post-giudiziari apportati in particolare al sistema di rilevazione della posizione delle vetture tale valore (calcolato su un periodo di 13 mesi) è sceso a 21,6 sinistri per Mkm (-6,9% rispetto al periodo di esercizio precedente). Per la linea 2 di Valenciennes, siamo quindi ben al di sotto della media nazionale – anche ridotta ai soli sistemi *STPG puri*. Tale valore è afferibile tanto all'attenzione indotta dai problemi impiantistici (di cui vedremo più avanti) sia a livello di controllo da remoto che soprattutto sui macchinisti quanto alle limitazioni di velocità e, soprattutto, alla natura stessa degli impianti (con il passaggio su molti più deviatori di quanti se ne avrebbe in una linea ordinaria a doppio binario).

Definita **anomalia impiantistica** un evento che comporta una momentanea interruzione dell'esercizio non ascrivibile a cause o perturbative esterne si trova (figura 3.38) un'occorrenza media sul totale delle reti francesi esercizio tra il 2010 e il 2019 pari a 44,0 eventi per Mkm. Restringendo l'analisi ai sistemi *STPG puri* ovvero attivati a seguito del 2006 si trova un valore leggermente maggiore, pari a 48,9 eventi per Mkm (+11,3%): un incremento controintuitivo rispetto a quello che si si aspetterebbe da impianti più nuovi. Secondo la documentazione resa disponibile dai locali *Syndicat Intercommunal de Mobilité*<sup>12</sup> sistemi più recenti, realizzati sotto un piano normativo più stringente in termini di sicurezza, hanno maggiore sicurezza rispetto ai sinistri ma anche una maggiore complessità impiantistica che si traduce in una maggiore presenza di apparati e logiche di controllo – non sempre in regime di ridondanza, anche per scelte legate al contenimento dei costi generali - a loro volta soggetti a episodi di malfunzionamento con temporanei fuorilinea. Sistemi più recenti significa soprattutto non standardizzati ovvero protetti da brevetto e quindi non facilmente ponderabili preliminarmente in termini di affidabilità d'esercizio.

In questo quadro generale, la linea 1 di Valenciennes è leggermente sotto la media nazionale dei fuorilinea (-3,6%) con 42,4 eventi per Mkm. La linea 2, fino al maggio 2021, è stata come detto affitta da numerosi disservizi legati in particolare a eventi di arresto automatico delle vetture: con 89,3 eventi ogni Mkm prodotto siamo ben oltre la media nazionale (+103,1%). Il periodo di esercizio successivo mostra, nonostante la brevità del periodo, un considerevole miglioramento: 24,2 eventi di fuorilinea ogni Mkm ovvero -72,9% rispetto al periodo precedente e -44,9% rispetto al valore di riferimento nazionale.

Si nota, infine, che sulla stessa linea 2 in tutto il periodo di esercizio esaminato ovvero dal febbraio 2014 al luglio 2022, non è stato registrato alcuna collisione tra tram procedenti in direzione opposta né casi di occupazione illegale delle tratte a singolo binario.

---

<sup>11</sup> Qui: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000787176/>; la statistica include quindi impianti o prolungamenti di impianti esistenti inaugurati progettati a partire dal giugno 2003 e inaugurati a partire dal 2006 in poi

<sup>12</sup> Le autorità locali incaricate della pianificazione, progettazione e realizzazione degli impianti e delle infrastrutture di trasporto collettivo; della realizzazione del *Plan de Déplacements Urbains* (PDU) e dello *Schéma de Cohérence Territoriale* (SCoT), ovvero della pianificazione territoriale coordinata di livello metropolitano.



### 3.3.2. Bordeaux: sezioni a singolo binario per il completamento della rete

Quella della città di Bordeaux (comune di 44,0 km<sup>2</sup> e 265.008 ab.; area urbana di 913,4 km<sup>2</sup> e 877.155 ab. al 1/1/22) è una delle reti tranviarie moderne più celebri<sup>13</sup> tra quelle della *Reinassance* tranviaria successiva al *concours Cavaillé*<sup>14</sup>. Aperta all'esercizio il 21 dicembre 2003 oggi consta di un impianto di 77,3 km con 142 fermate (con ulteriori 5 km e 5 nuove fermate in costruzione) su cui sono esercite 4 linee.

L'impianto di Bordeaux è stato sviluppato per fasi con macrolotti funzionali:

- Prima fase: tra il 2000 e il 2005 con la costruzione di 24,5 km di impianti, 54 stazioni e due depositi per un investimento di 690 milioni di euro;
- Seconda fase: tra il 2006 e il 2008 con l'estensione contemporanea di tutte e 3 le linee attivate per un totale di 19,6 km e contestuale realizzazione di un totale di 5.000 stalli in parcheggi di scambio;
- Terza fase: tra il 2019 e il 2025 di 38,0 km di impianti per l'estensione ulteriore delle tre linee, la diramazione della linea C a Blanquefort in affiancamento alla linea ferroviaria e la realizzazione della nuova linea D.

Attualmente la terza fase è in corso di completamento con i cantieri della diramazione della linea A all'aeroporto di Mérignac che si concluderanno nel 2025. Come si evince dalla planimetria della rete (figura 3.39) la terza fase presenta una novità rispetto alle precedenti: le tratte di completamento più esterne sono realizzate a singolo binario con (figure 3.40-3.41, raddoppi mediamente ogni due fermate per l'incrocio tra vetture procedenti in senso opposto). Complessivamente le tratte a singolo binario si estenderanno per 23,6 km, ovvero poco meno del 29% dell'intera rete al 2025 (82,3 km).

Le tratte con i relativi servizi sono le seguenti:

- Linea A, capolinea nordovest; tratta Les Pins - Le Haillan Rostand (0,75 km; senza fermate intermedie) attivata il 24/01/2015;
- Linea A, diramazione ovest Quatre Chemins - Aéroport de Bordeaux Mérignac (4,47 km; 4 fermate intermedie tutte con raddoppio del binario) prevista per il 12/2022;
- Linea B, capolinea nord, tratta Claveau – Berges de la Garonne (0,87 km; senza fermate intermedie) attivata il 20/06/2014;
- Linea B, diramazione sudovest Bournard – France Alouette (3,55 km; 4 fermate intermedie tutte con raddoppio del binario) attivata il 22/06/2015;
- Linea C, diramazione Cracove – Blanquefort, tratta La Vache – Blanquefort (5,82 km; 3 fermate intermedie tutte con raddoppio del binario) attivata il 17/12/2016;

---

<sup>13</sup> Tanto per l'equilibrato inserimento urbano (si pensi alle riprese dei veicoli tranviari in primo piano in *place de la Bourse*, patrimonio Unesco) quanto per essere l'impianto in cui è stato testato per la prima volta e applicato in maniera più estesa (15,2 km, circa il 20% della rete anche se l'impianto che oggi detiene il primato è quello del Lusail, di Doha, che monta l'APS di Alstom - con parco Avenio/Siemens – sulla totalità dei 19,1 km dell'impianto attivato l'1/1/2022) il sistema di alimentazione dal suolo (APS, *Alimentation par le sol*). L'APS, che alimenta la trazione senza necessità di realizzare la linea di contatto e i relativi sostegni, consta di un contattore strisciante sulla parte posteriore dei veicoli e di un cavidotto posto sub-superficialmente al centro del binario. Nel cavidotto è posato un nastro segmentato (in porzioni da 75 cm) che in posizione normale giace sul fondo e non è alimentato. Al sopraggiungere del veicolo, il contattore (ferromagnetico) induce il sollevamento del nastro nel cavidotto: la singola sezione di cavidotto che si trova istantaneamente sotto il contattore aderendo al coperchio superiore (conduttore) del cavidotto entra in tensione alimentando il contattore. Istante per istante, man mano che il contattore avanza, risultano alimentate tre sezioni del nastro: quella corrispondente al contattore, la precedente e la seguente.

<sup>14</sup> Il concorso *Cavaillé* è una procedura concorsuale di interesse pubblico avviata nel 1975 da Marcel Cavaillé, allora Segretario di Stato per i Trasporti, per promuovere il ritorno del tram e la creazione di un modello standard di tram francese moderno.

- Linea D, tratta terminale nordovest, sezione Picot – Cantinolle attivata il 29/02/2020 e Cantinolle - Carré de Jalles prevista per il 12/2022 (in tutto 8,12 km; 6 fermate intermedie tutte con raddoppio del binario).

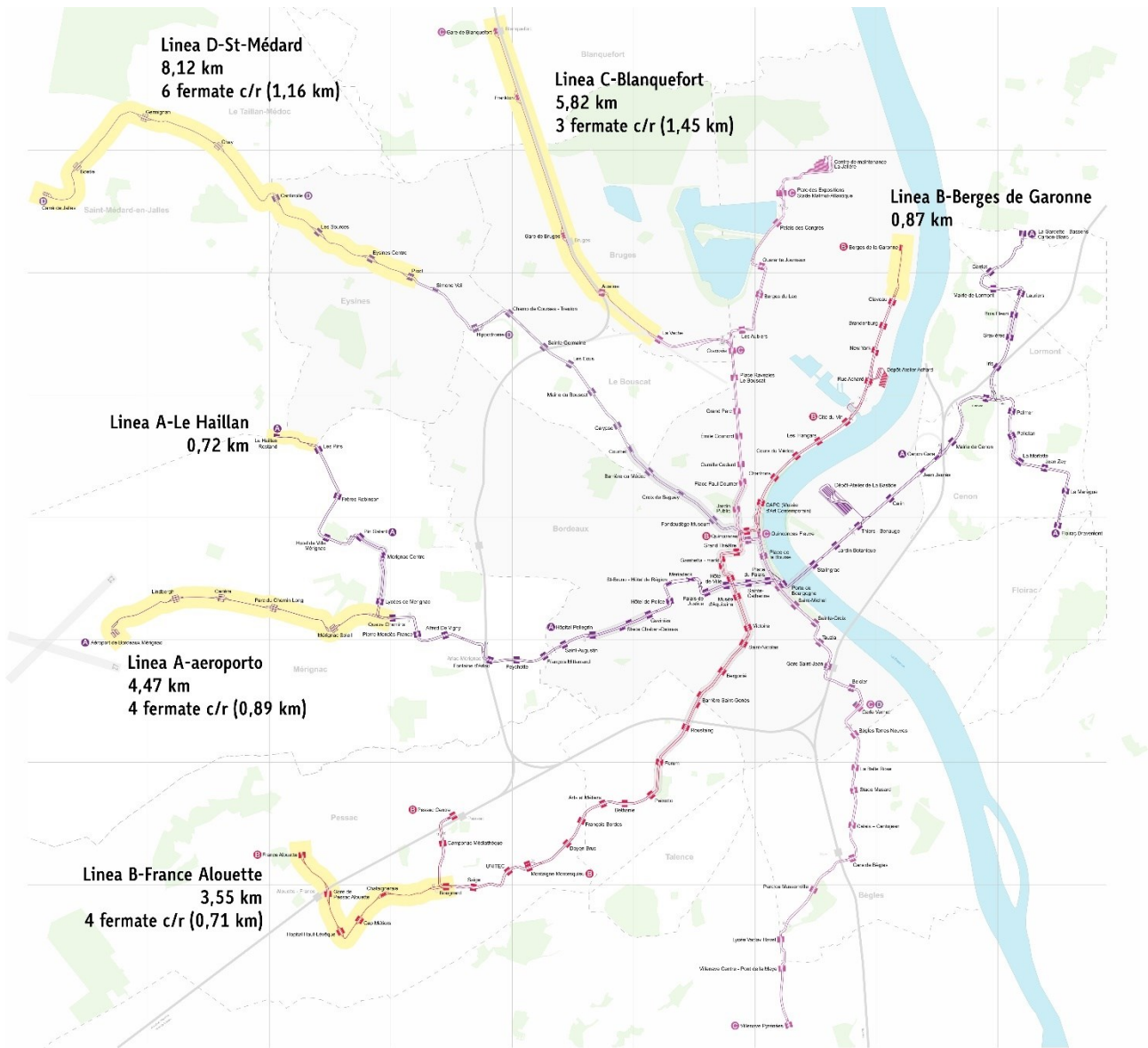


Figura 3.39 – Bordeaux, schema della rete tranviaria completa dei prolungamenti in corso di realizzazione (linea A all'aeroporto di Mérignac). In giallo sono evidenziate le tratte a singolo binario: complessivamente al 2025 queste complessivamente si estenderanno per 23,6 km, ovvero poco meno del 29% dell'intera rete al 2025 (82,3 km). Nella planimetria fermate c/r indica la presenza del raddoppio di binario, il valore tra parentesi l'interdistanza media tra le fermate). Elaborazione dell'autore su dati aggiornati *Bordeaux Métropole* e basi di Franklin Jarrier (<https://cartometro.com/tramway-bordeaux/>)

L'esercizio<sup>15</sup> è il seguente:

- Linea A, capolinea nordovest; tratta Les Pins - Le Haillan Rostand interdistanza massima a singolo binario 0,75 km, servizio a 5' nei giorni feriali, 10' la domenica e festivi;

<sup>15</sup> Orari aggiornati qui: <https://www.infotbm.com/fr/lignes> (ultima consultazione settembre 2022)

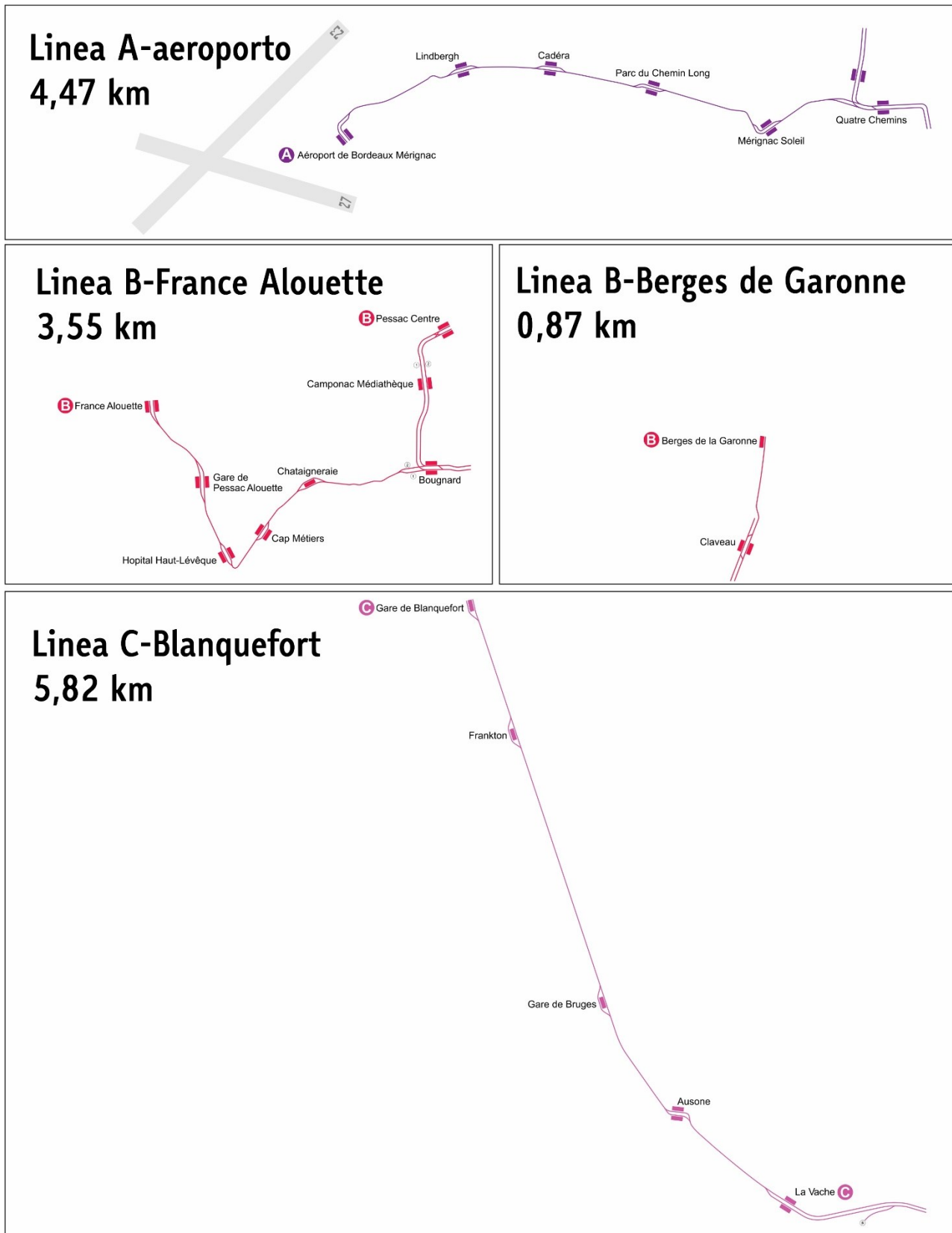


Figura 3.40 – Bordeaux, schemi delle tratte a singolo binario linee A, B e C. Elaborazione dell'autore su dati aggiornati Bordeaux Métropole e basi di Franklin Jarrier (<https://cartometro.com/tramway-bordeaux/>)



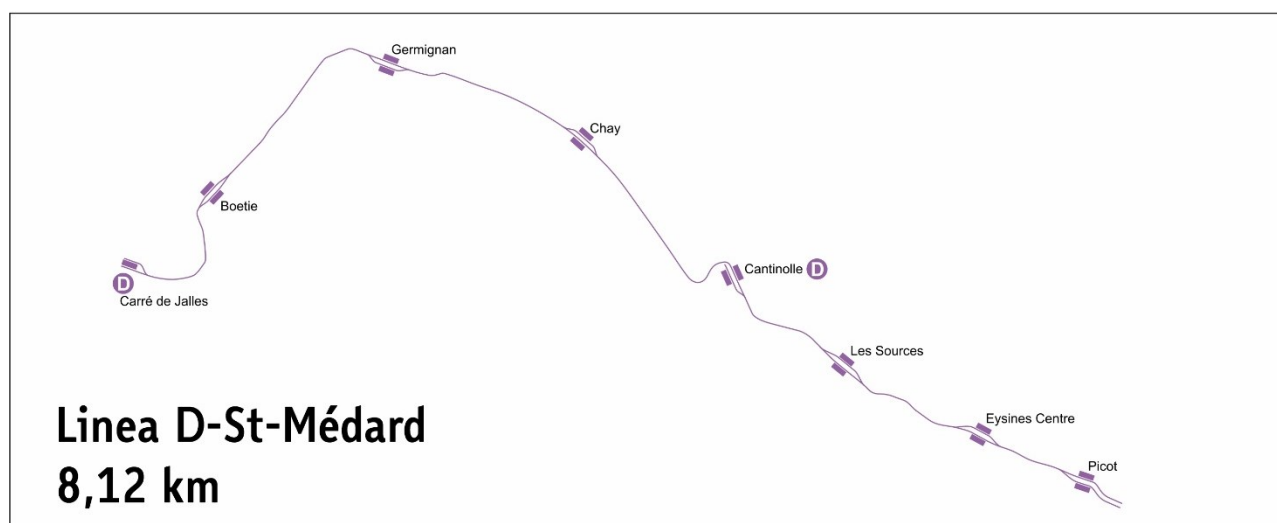


Figura 3.41 - Bordeaux, schemi della tratta a singolo binario sulla linea D, la più lunga della rete. Elaborazione dell'autore su dati aggiornati *Bordeaux Métropole* e basi di Franklin Jarrier (<https://cartometro.com/tramway-bordeaux/>)

- Linea A, diramazione ovest Quatre Chemins - Aéroport de Bordeaux Mérignac interdistanza massima a singolo binario 0,75 km, servizio a 10' nei giorni feriali, 20' la domenica e festivi;
- Linea B, capolinea nord, tratta Claveau – Berges de la Garonne interdistanza massima a singolo binario 0,87 km, servizio a servizio a 10' nei giorni feriali, 20' la domenica e i festivi con limitazione di una corsa ogni due a Claveau;
- Linea B, diramazione sudovest Bougnard – France Alouette interdistanza massima a singolo binario 1,28 km, servizio a 10' nei giorni feriali, 20' la domenica e i festivi;
- Linea C, diramazione Cracove – Blanquefort, tratta La Vache – Blanquefort interdistanza massima a singolo binario 2,79 km, servizio a 10' nei giorni feriali, 20' la domenica e i festivi;
- Linea D, tratta terminale nordovest, sezione Picot - Carré de Jalles interdistanza massima a singolo binario 1,89 km, servizio a 14' il giorno feriale e 30' la domenica e festivi.

Il caso di Bordeaux presenta degli elementi generalizzabili<sup>16</sup> rispetto all'uso del binario singolo per il completamento delle reti tranviarie di nuova realizzazione:

- permette di estendere la copertura territoriale del servizio alle aree periferiche a un costo parametrico di circa il 65% rispetto alla soluzione a doppio binario;
- permette di realizzare delle tranvie con una occupazione ridotta del 40% rispetto alla soluzione a doppio binario: 400 cm di larghezza lorda della sede a fronte dei 620 cm al minimo. Essendo l'esercizio del binario banalizzato, quindi percorribile in entrambi i sensi la soluzione a binario singolo deve necessariamente essere separata dal resto della circolazione viaria;
- presenta una maggiore efficacia nell'impiego delle risorse con un distanziamento maggiore delle fermate, ove si privilegi una maggiore velocità commerciale con fermate polarizzanti rispetto ai servizi di ultimo miglio e all'accessibilità in genere. Una soluzione maggiormente idonea laddove la densità territoriale si riduce al di sotto dei 2.500 ab. per km<sup>2</sup> (ovvero 25 ab. per ha).

In particolare, relativamente all'efficacia trasportistica di estendere la rete tranviaria alla periferia più esterna (tabella 3.1), il caso bordolese è di estremo interesse (tabella 3.2).

<sup>16</sup> Sempre in Francia è il modello adottato per il completamento della rete tranviaria della città di Montpellier: 14,0 km di impianti su un totale di 60,5 km (il 23% del totale) sono a singolo binario.

Tabella 3.1 –Bordeaux, estensione della rete tranviaria e passeggeri annui trasportati nel periodo 2004-2019. Fonte: TBM, *Transports Bordeaux Métropole*

Anno	Passeggeri per anno (in milioni)		Estensione della rete (in km)	
	Valore	Delta rispetto all'anno precedente	Valore	Delta rispetto all'anno precedente
2004	18,0	-	21,3	-
2005	30,0	12,0	24,5	3,2
2006	41,3	11,3	24,5	0,0
2007	48,2	6,9	36,8	12,3
2008	54,7	6,5	44,3	7,5
2009	59,4	4,7	44,3	0,0
2010	62,0	2,6	44,3	0,0
2011	66,5	4,5	44,3	0,0
2012	72,4	5,9	44,3	0,0
2013	74,8	2,4	44,3	0,0
2014	75,2	0,4	45,7	1,4
2015	79,6	4,4	59,2	13,5
2016	86,3	6,7	66,4	7,2
2017	96,8	10,5	66,4	0,0
2018	105,5	8,7	66,4	0,0
2019	109,1	3,6	71,3	4,9

Tabella 3.2 – Bordeaux, effetti trasportistici delle 3 fasi di espansione della rete tranviaria

Indicatore	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Incremento passeggeri annuali dopo 3 anni di esercizio (al netto dell'incremento tendenziale sullo scenario di Riferimento)	41,30	14,55	15,09
Incremento passeggeri annuali al 2019	63,51	22,38	23,20
Incremento dell'estensione della rete (in km)	24,50	19,80	22,10
<b>Incremento dei passeggeri annuali per 10 km di nuova tranvia (al netto dell'incremento tendenziale sullo scenario di Riferimento)</b>	<b>16,86</b>	<b>7,35</b>	<b>6,83</b>
Densità territoriale di bacino (ab. /km <sup>2</sup> )	5.048	1.796	771
Densità territoriale entro 1 km per lato dal tracciato	9.138	3.108	1.172
<b>Incremento dei passeggeri annuali per 10 km di nuova tranvia per 1.000 ab. /km<sup>2</sup></b>	<b>1,84</b>	<b>2,36</b>	<b>5,83</b>

La **Fase 1** del tram di Bordeaux ha portato all'attivazione di 24,5 km di nuova tranvia a doppio binario con 41,3 milioni di passeggeri anno, cresciuti tendenzialmente a 63,5 milioni al 2019 (al netto del contributo delle ulteriori estensioni).

La **Fase 2** ha portato alla prima estensione della rete con 19,8 km di nuova tranvia a doppio binario: l'effetto addizionale sulla frequentazione è stato di 14,5 milioni di passeggeri anno, cresciuti tendenzialmente a 22,4 milioni al 2019. Un incremento traducibile in:

- +7,35 milioni di passeggeri anno per 10 km di nuova tranvia;
- +2,36 milioni di passeggeri anno per 10 km di nuova tranvia per 1.000 ab. /km<sup>2</sup>.

La **Fase 3** ha portato alla seconda estensione della rete (non ancora del tutto completata) con 22,1 km di nuova tranvia di cui 15,2 a singolo binario: l'effetto addizionale sulla frequentazione è stato di 15,1 milioni di passeggeri anno, cresciuti tendenzialmente a 23,1 milioni al 2019. Un incremento traducibile in:

- +6,83 milioni di passeggeri anno per 10 km di nuova tranvia;
- +5,83 milioni di passeggeri anno per 10 km di nuova tranvia per 1.000 ab. /km<sup>2</sup>.

La Fase 3 ha riguardato la prima corona periferica dell'area urbana bordolese con estensioni realizzate per il 54% con nuove sezioni a singolo binario. A fronte di un tessuto edilizio più rarefatto e una densità territoriale più bassa (a livello di bacino -57% rispetto a quello della Fase 2) l'incremento di passeggeri sull'intera rete per 10 km di nuova sede è stato più basso di quello della Fase 2 di appena il 5,5%. Riferendo l'incremento dei passeggeri ai 10 km di nuova tranvia per 1.000 ab. /km<sup>2</sup> la Fase 3 è stata più efficace della Fase 2 del 147%.

Quindi la soluzione con sezioni più snelle – ovvero a singolo binario, compatibilmente con il programma di esercizio - per il completamento di una rete tranviaria matura come quella bordolese si mostra capace di rispondere alle esigenze di mobilità della cittadinanza in maniera ugualmente efficace. Una considerazione tutt'altro che secondaria se si ricorda il ruolo esiziale delle roture di carico nella mobilità d'area vasta: come confermano i dati raccolti a Bordeaux, un servizio tranviario porta-porta su intertempi maggiori è più attraente di un servizio tranviario più frequente ma che necessita di almeno un cambio di mezzo per essere raggiunto.



## 4. Spunti di riflessione sul futuro del sistema tram

Quando si parla di tram moderno si pensa subito alla Francia che dal 1985 a oggi è passata dall'aver pochi spezzoni di reti residuali (42 km in tutto) a 900 km di impianti realizzati in gran parte negli ultimi 22 anni al ragguardevole ritmo medio di 35 km all'anno.

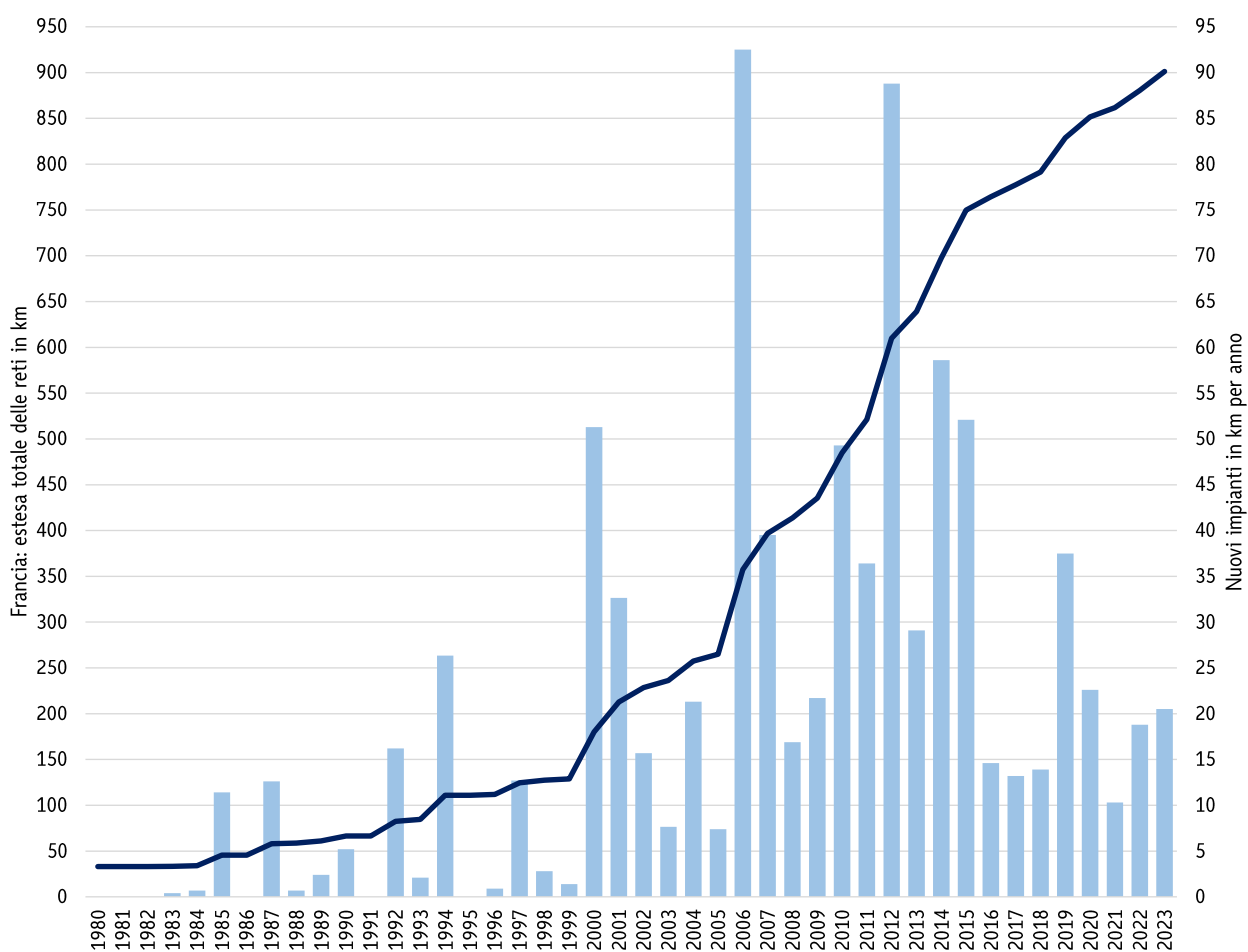


Figura 4.1 – Francia: crescita degli impianti tranviari. A partire dal Duemila, in 22 anni, sono stati aperti 772 km di nuovi impianti per una media di 35 km all'anno

Al di là dell'indiscutibile record raggiunto e del successo di quella che è stata una operazione pianificata con lungimiranza dal Governo centrale (a partire dall'operato di Marcel Cavallé) l'esperienza francese è finita con il tramutarsi in una sineddoche del sistema tram. Un successo tale da far diventare il tram moderno quello che si vede oggi in Francia. Eppure, il sistema tram è stato tanto altro: continua ad esserlo ancora oggi in tutti quei Paesi che non hanno ceduto al fascino del nuovo che avanza, dismettendo in massa gli impianti del primo e secondo Novecento come era accaduto in Francia e, ovviamente, in Italia. Ma per capire cosa è oggi e, soprattutto, cosa potrà essere il tram in futuro è indispensabile ricordare cosa è stato – e cosa ha rappresentato questo sistema di trasporto - nel passato più o meno recente.



Figura 4.2 – Carrellata sui diversi sistemi tranviari francesi con le loro vetture tipizzate sui caratteri locali

Più che un racconto (per il quale rimando alla postfazione) le immagini<sup>17</sup>, senza ombra di dubbio, possono rendere in un colpo d'occhio gli elementi principali della questione tranviaria.

<sup>17</sup> Nei grafici delle figure a seguire le macroaree geografiche includono i seguenti Paesi:

- America del Nord: Canada, Messico, Stati Uniti d'America
- America del Sud: Piccole e Grandi Antille, Argentina, Bolivia, Cile, Ecuador, Colombia, Guyana, Guyana francese, Paraguay, Perù, Suriname, Uruguay, Venezuela
- Europa centrale e Scandinavia: Austria, Belgio, Finlandia, Germania, Lussemburgo, Norvegia, Paesi Bassi, Svezia, Svizzera;
- Europa occidentale: Francia, Irlanda, Italia, Portogallo, Spagna, Regno Unito
- Europa orientale: Bosnia-Erzegovina, Bulgaria, Cechia, Estonia, Grecia, Ungheria, Lituania, Polonia, Romania, Serbia, Slovacchia
- Area ex URSS: Armenia, Azerbaigian, Bielorussia, Federazione Russa, Kazakistan, Kirghizistan, Uzbekistan

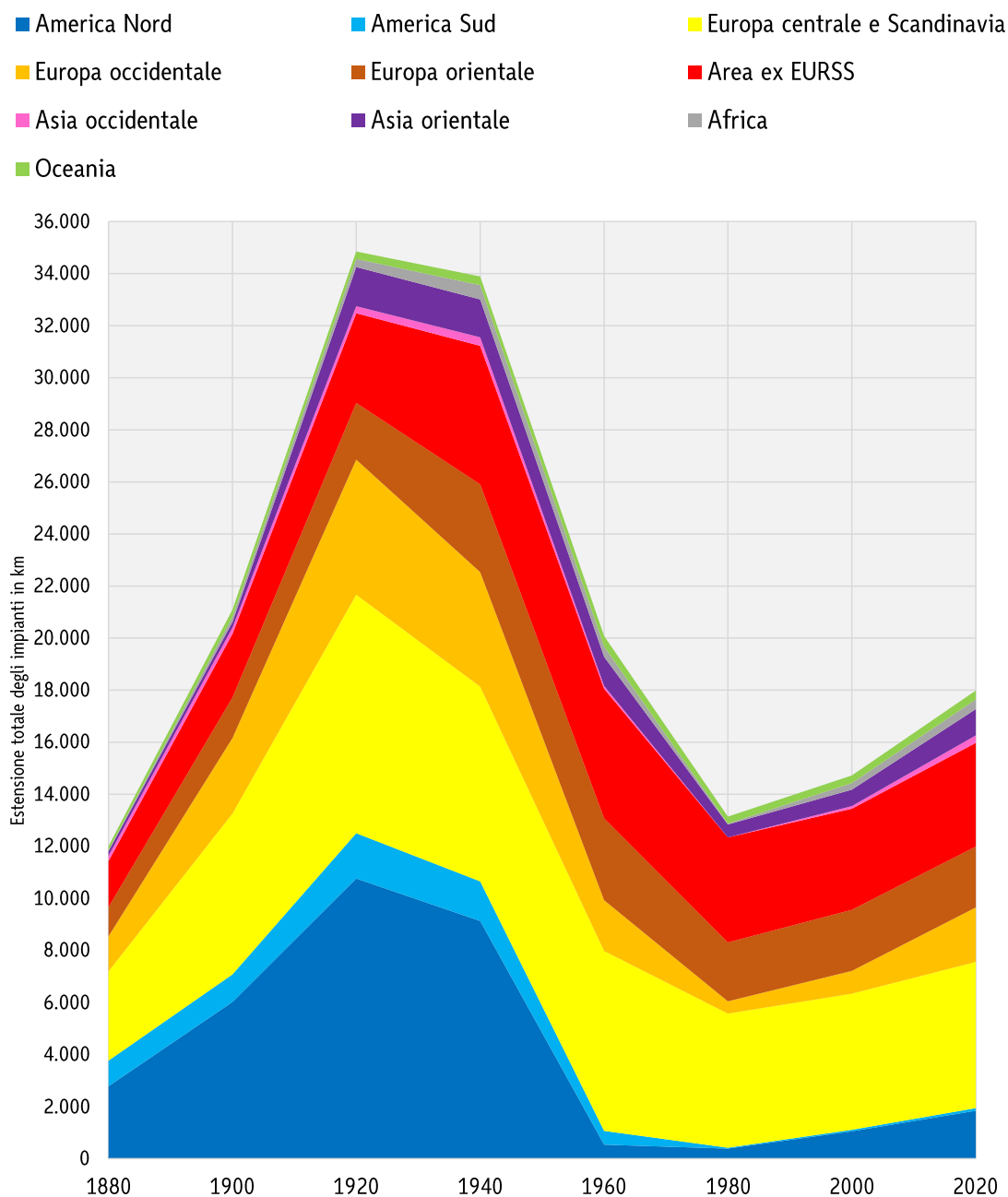


Figura 4.3 – Evoluzione dell'estensione delle reti tranviarie per macroarea geografica tra il 1880 e il 2020

Dopo vari tentativi la prima tranvia fu realizzata a New York nel 1842 dal francese Alphonse Loubat che inventò anche la rotaia a gola. Da quel momento il tram - a trazione prima animale e poi a motore elettrico – rappresentò il trasporto pubblico urbano: se il primo omnibus a vapore fu brevettato da Julius Griffith, in Inghilterra, nel 1821 si dovrà attendere il 18 marzo 1895 per vedere il primo servizio di linea a motore (in Germania, tra Siegen e Netphen).

- Asia occidentale: Afghanistan, Iran, Iraq, Israele, Paesi del Golfo, Pakistan, Turchia
- Asia orientale: Cina, Corea del Nord, Corea del Sud, Filippine, Giappone, India, Indonesia, Laos, Malaysia, Mongolia, Myanmar, Taiwan, Thailandia
- Oceania: Australia, Melanesia, Micronesia, Nuova Zelanda, Polinesia



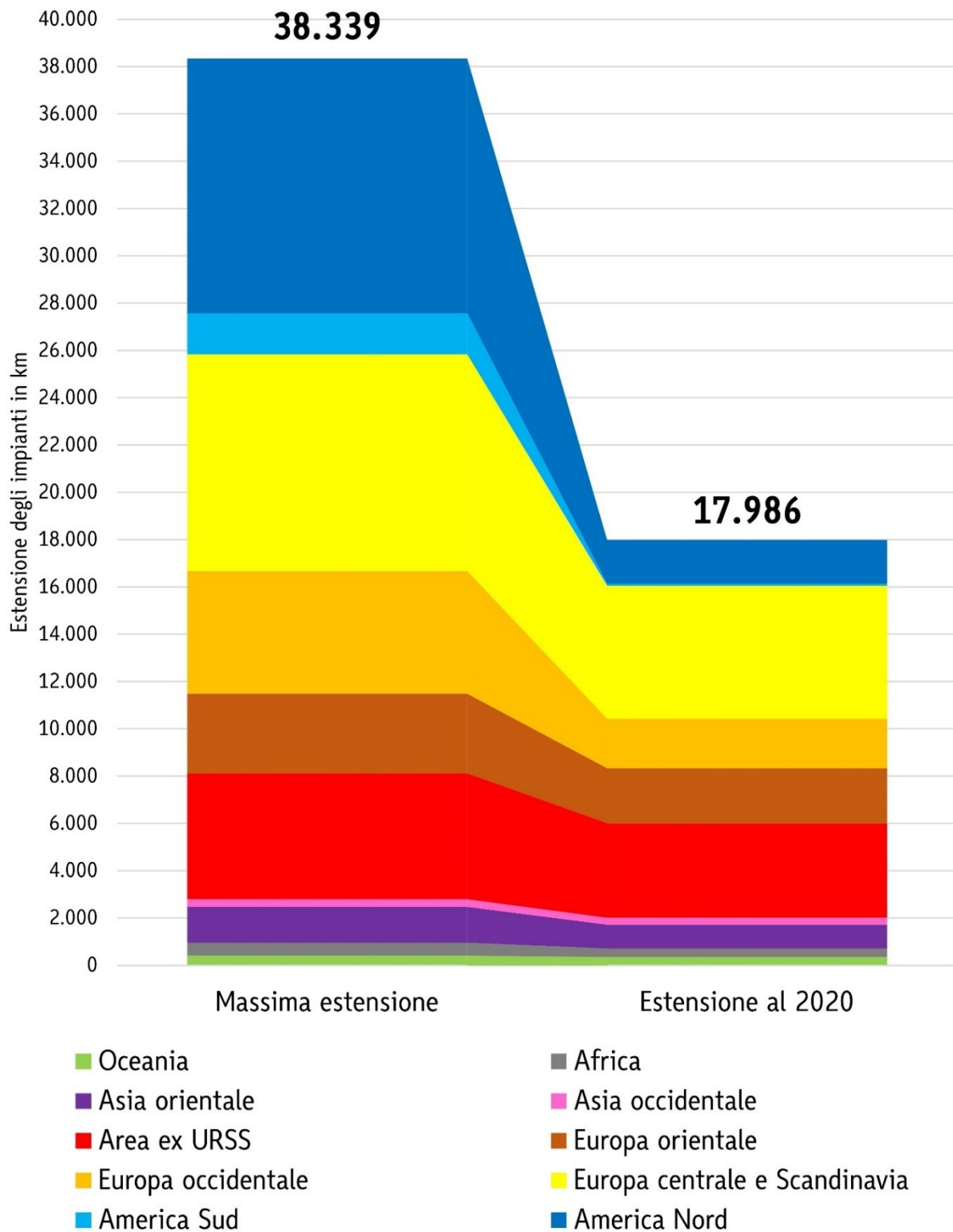


Figura 4.4 - Estensioni delle reti tranviarie: valore massimo (non contemporaneo) e valore al 2020

I primi autobus Benz di Siegen presentavano una bassissima maneggevolezza e il servizio fu sospeso dopo appena un anno. I primi motori diesel per autotrazione arriveranno solo nel 1924 a opera degli ingegneri MAN Sturm e Wiebicke ma si diffonderanno solo a partire dal secondo Dopoguerra: fino ad allora i servizi di trasporto pubblico urbano saranno appannaggio del tram i cui impianti toccheranno la massima estensione mondiale di 36.000 km proprio intorno al 1922.

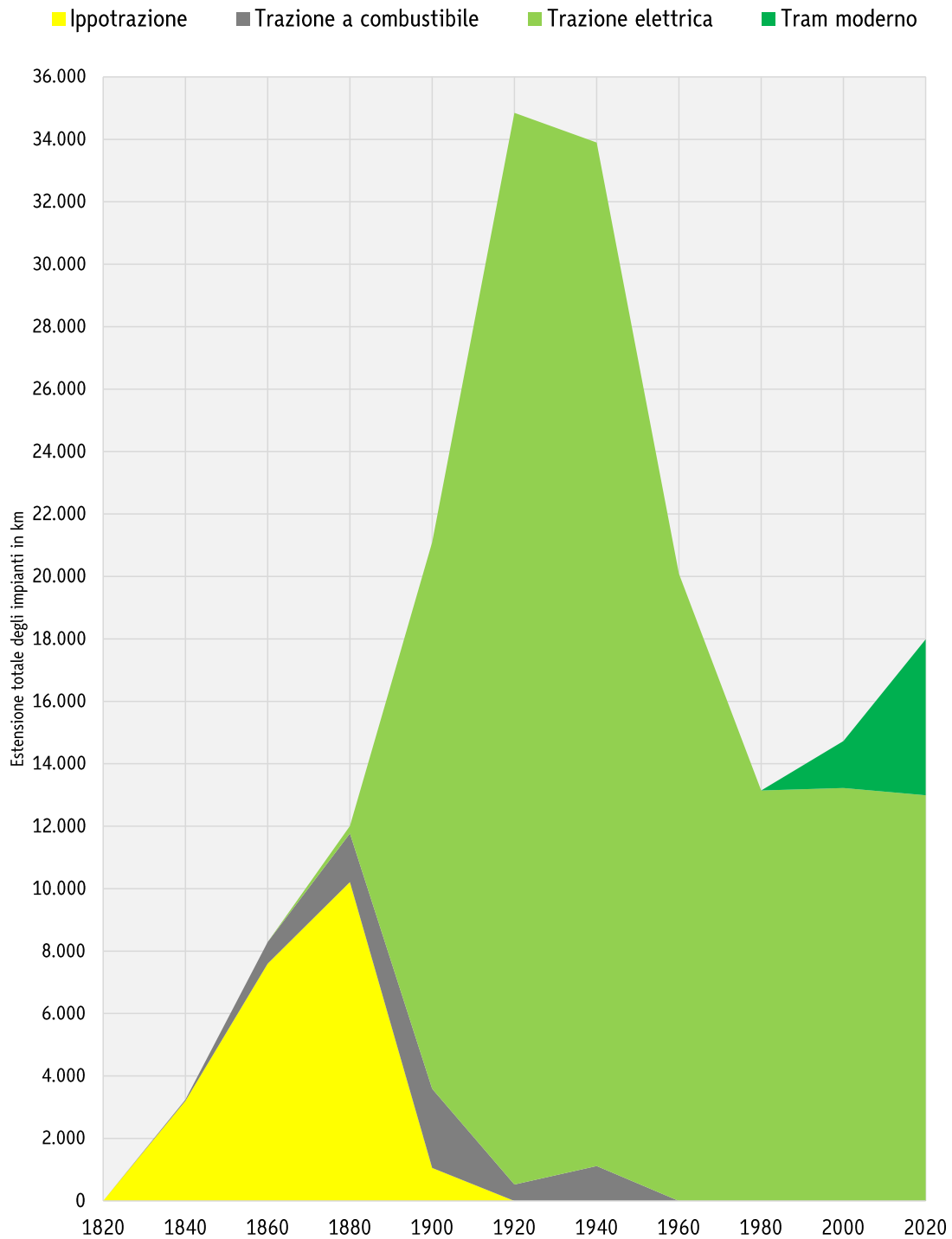


Figura 4.5 – Evoluzione del totale degli impianti tranviari nel mondo per tipo di trazione

Sebbene l'esercizio tranviario prese dalle diligenze la trazione a cavalli quasi subito iniziarono gli esperimenti con trazione a motore. Si sperimentarono vagoni trainati da motrici a vapore e a gas mentre il primo servizio elettrico regolare fu attivato nel 1881 a Berlino tra Gross e Lichterfelde. Da allora la trazione elettrica si diffuse rapidamente diventando – a parte le soluzioni alternative del periodo bellico - lo standard con impianti alimentati in corrente continua a 500-600 volt.

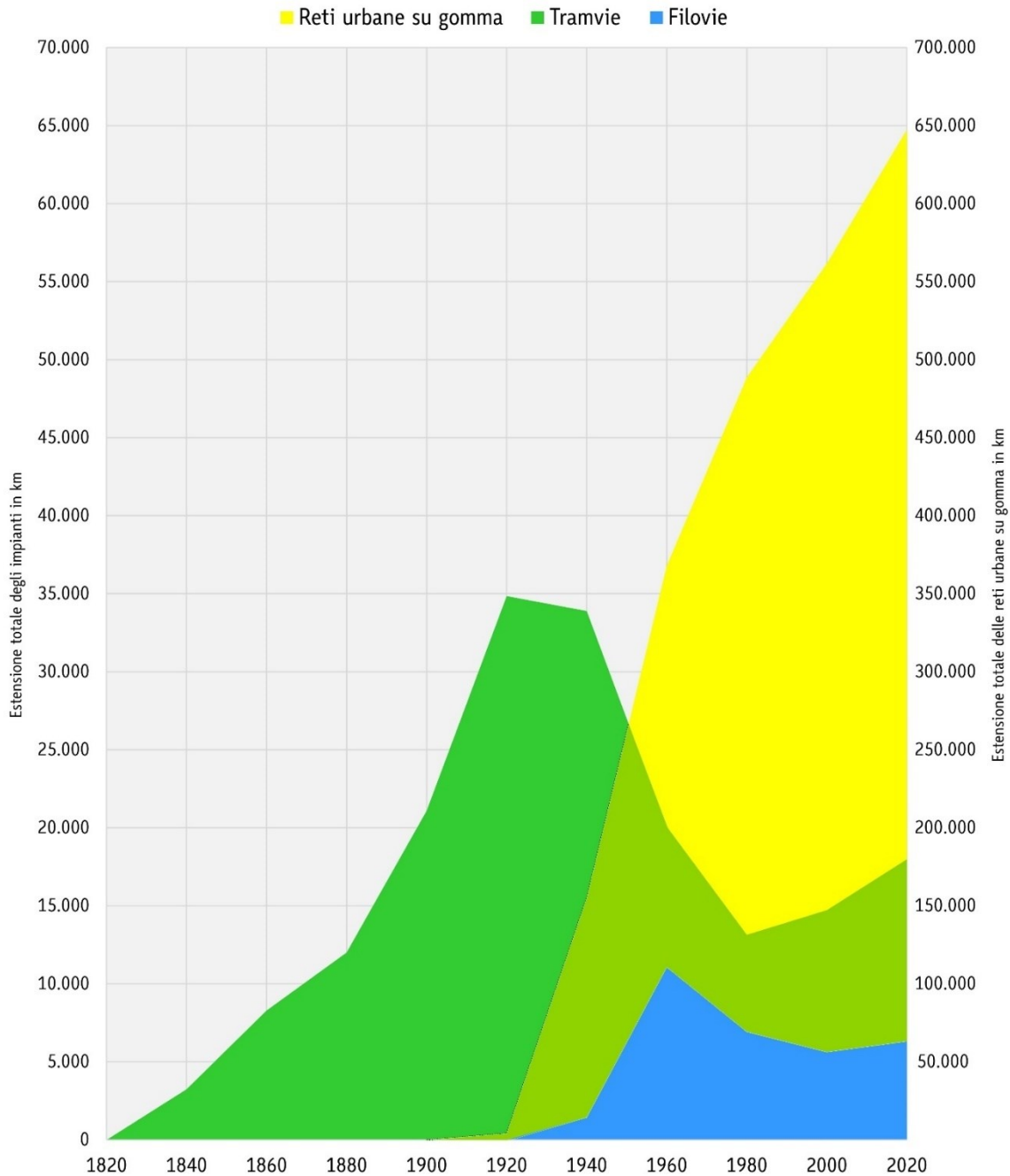


Figura 4.6 – Evoluzione delle reti tranviarie e filoviarie rispetto al totale delle reti urbane su gomma (scala 1:10 tra filobus/tram e reti su gomma)

Nel 1924 il primo motore diesel a iniezione diretta su veicolo commerciale M.A.N.-Saurer ebbe un successo dirompente: finalmente era possibile utilizzare il potere energetico del petrolio. Il 27 agosto 1859 venne infatti aperto il primo pozzo redditizio del mondo ma fino ad allora era utilizzato per la produzione elettrica e l'illuminazione pubblica. Lo pneumatico viene messo in produzione in formato liscia da John Dunlop nel 1889 ma la produzione industriale dell'ordito arriva nel 1916 con la gomma sintetica: questa scoperta porta alla nascita dell'autobus moderno, passando prima per il filobus. La sostituzione del tram nei servizi di trasporto pubblico arriva prima gradualmente poi in maniera dirompente a partire dalla ricostruzione postbellica quando in meno di 20 anni gli impianti in esercizio nel mondo si riducono di quasi il 70%.



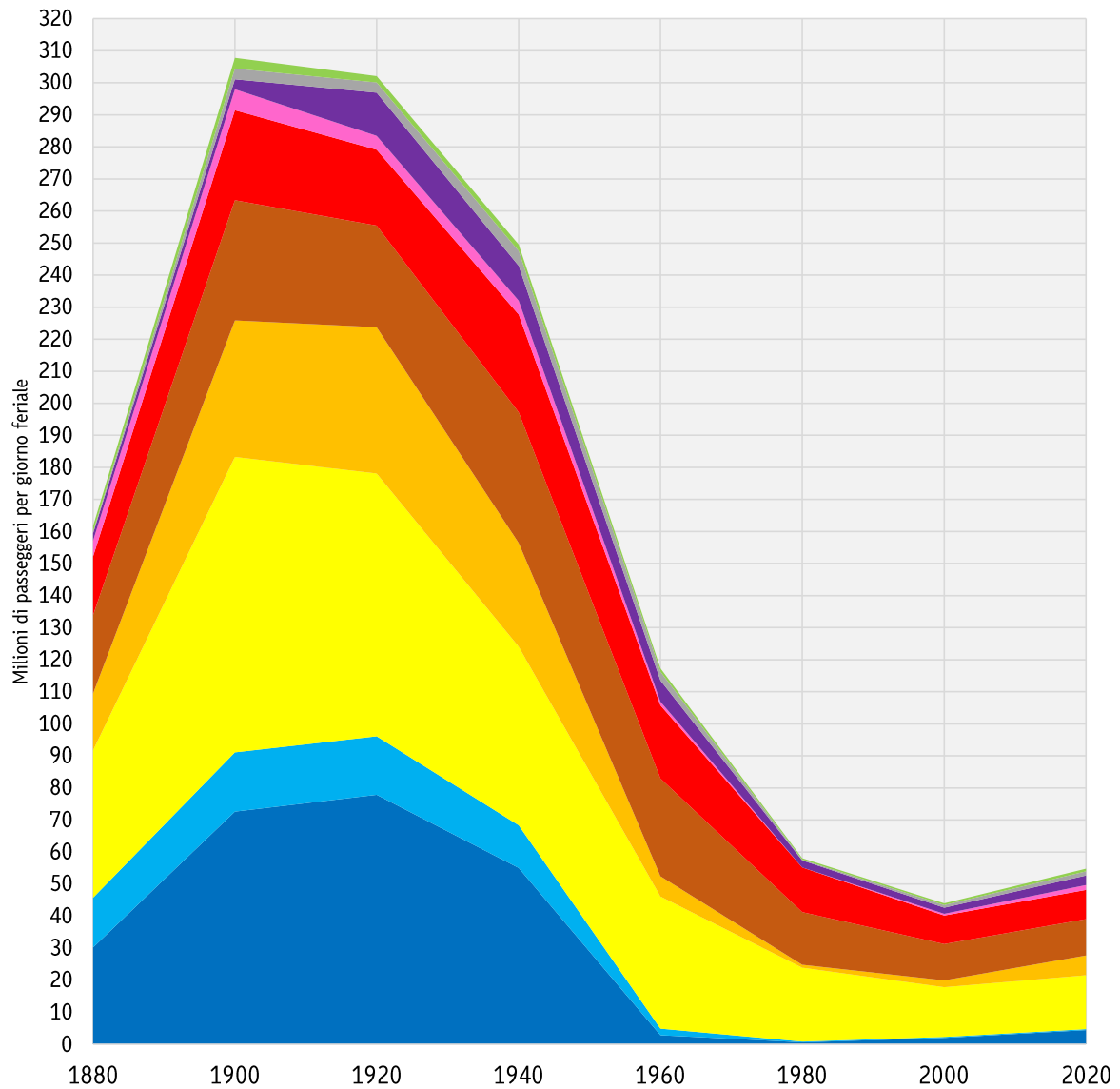
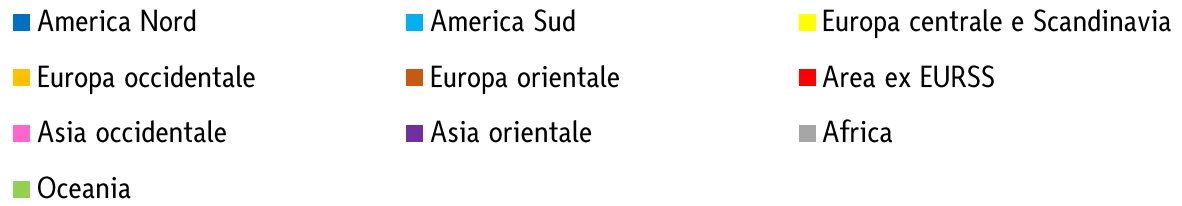


Figura 4.7 – Milioni di passeggeri trasportati per giorno feriale medio per macroarea geografica dai sistemi tranviari nel mondo tra il 1880 e il 2020

Il passaggio del tram da prima (e unica almeno fino agli anni Venti del Novecento) scelta disponibile per il trasporto pubblico urbano a mezzo residuale negli anni Ottanta oppure prioritario per i corridoi a maggiore domanda delle moderne reti non è solo legato alla inevitabile competizione tecnologica. È la diffusione della motorizzazione privata – iniziata nel 1908 con la *model-T* di Henry Ford – ad aver costituito quella discontinuità che porterà il trasporto pubblico tutto da forma principale di spostamento nelle città a scelta di serie B (obbligata in mancanza di alternative) con una quota modale che difficilmente supera il 30% degli spostamenti quotidiani compiuti utilizzando un mezzo di trasporto.

Il tram (nella sua versione moderna di **sistema tram** ovvero nell'integrazione tra infrastruttura e progetto urbano) si è giustamente affermato come sistema idoneo all'ambiente urbano lungo i corridoi portanti della rete del trasporto pubblico. Nelle città più grandi questa declinazione si è tradotta nel fare del tram quel succedaneo della metropolitana: una tecnologia da adottare ove sistemi pesanti non fossero economicamente sostenibili ma anche una alternativa di ripiego ove non ci fosse la forza di intraprendere iter approvativi e realizzativi più complessi e onerosi.

Sta di fatto che con il passare del tempo il tram (moderno) si è via via standardizzato sul modello francese dei primi anni Duemila: il progetto *façade-façade* di una tranvia a doppia via di corsa in sede in gran parte protetta con un sistema di segnalamento e controllo della marcia di tipo centralizzato sempre più marcatamente di derivazione ferroviaria. Non che questa declinazione del sistema tram presenti errori o svantaggi: l'errore piuttosto è nell'averne fatto una sineddoche del tram. Oggi il tram in Europa occidentale ha smesso di esistere in altre forme: messa in altri termini, il futuro del sistema tram può vederne applicazioni difformi da questo standard? La risposta è sì.

In occasione dell'8° *Seminario nazionale sul Tram* è stato presentato un modello di calcolo<sup>18</sup> della analisi economica della sostenibilità del tram ampliata all'energia grigia. Si tratta di una euristica di conteggio e controllo dell'*exergia* urbana, frazione della spesa energetica lorda richiesta dai processi di mobilità al netto dei costi sanitari diretti:  $W = E - C_H$ . Misurare il livello di *exergia* di un processo urbano significa controllarne direttamente l'efficienza:

$$W = \sum C_R^{\text{energia}} = \sum C_A^{\text{energia}} - \sum C_H^{\text{energia}}$$

Dove  $C_R$  è il costo energetico effettivo;  $C_A$  il costo d'acquisto e  $C_H$  il costo sanitario.  $W$  è negativa, perché  $C_A < C_H$ : è un valore che indica una passività, quindi, che va contenuta. L'intervento si propone di trattare lo stato dell'arte dei metodi di calcolo dell'impiego di materie prime<sup>19</sup> ed energia sull'intero ciclo di vita del prodotto "mezzo di trasporto" impostando un confronto tra le varie alternative tecnologiche ai differenti livelli di carico in relazione alle differenti condizioni al contorno. Al variare della domanda (figure 4.8-4.10) il modello distingue tre fasce di convenienza economica:

- A. domanda compresa tra 5.000 e 25.000 passeggeri per giorno feriale: campo degli elettrobus;
- B. domanda compresa tra 25.000 e 120.000 passeggeri per giorno feriale: campo delle tranvie;
- C. domanda superiore a 120.000 passeggeri per giorno feriale: campo delle metropolitane.

Si tratta di campi di efficacia da intendersi in senso lato per le tranvie e le metropolitane, che, come classi tecnologiche, possono differenziarsi in una vasta gamma di prodotti e realizzazioni. Infatti, assumendo per il tram un costo di realizzazione ridotto (12.500 anziché 14.500 euro/metro con veicoli da 25-27 anziché 32-35 e quindi un costo di 2,5 milioni anziché 3,0 milioni cadauno) la soglia di sostenibilità del tram scende a 20.000 passeggeri giornalieri.

<sup>18</sup> A. Spinosa, 8° Convegno nazionale "Sistema tram" del 29-30 maggio 2019. Metodologia e fogli di calcolo relativi alle calcolazioni sono consultabile qui:

[https://drive.google.com/file/d/1SRS\\_3Mz2Vm\\_c4jQQaVXlxFncPvaKbFis/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1SRS_3Mz2Vm_c4jQQaVXlxFncPvaKbFis/view?usp=sharing)

<sup>19</sup> Con particolare attenzione all'impiego di terre rare legato da una proporzionalità diretta alla crescente complessità dei sistemi di alimentazione e controllo dei trasporti.

Figura 4.8 – Modello comparato di confronto delle tecnologie intermedie (A. Spinosa, 2019): costo economico lordo per 1.000 posti/anno offerti

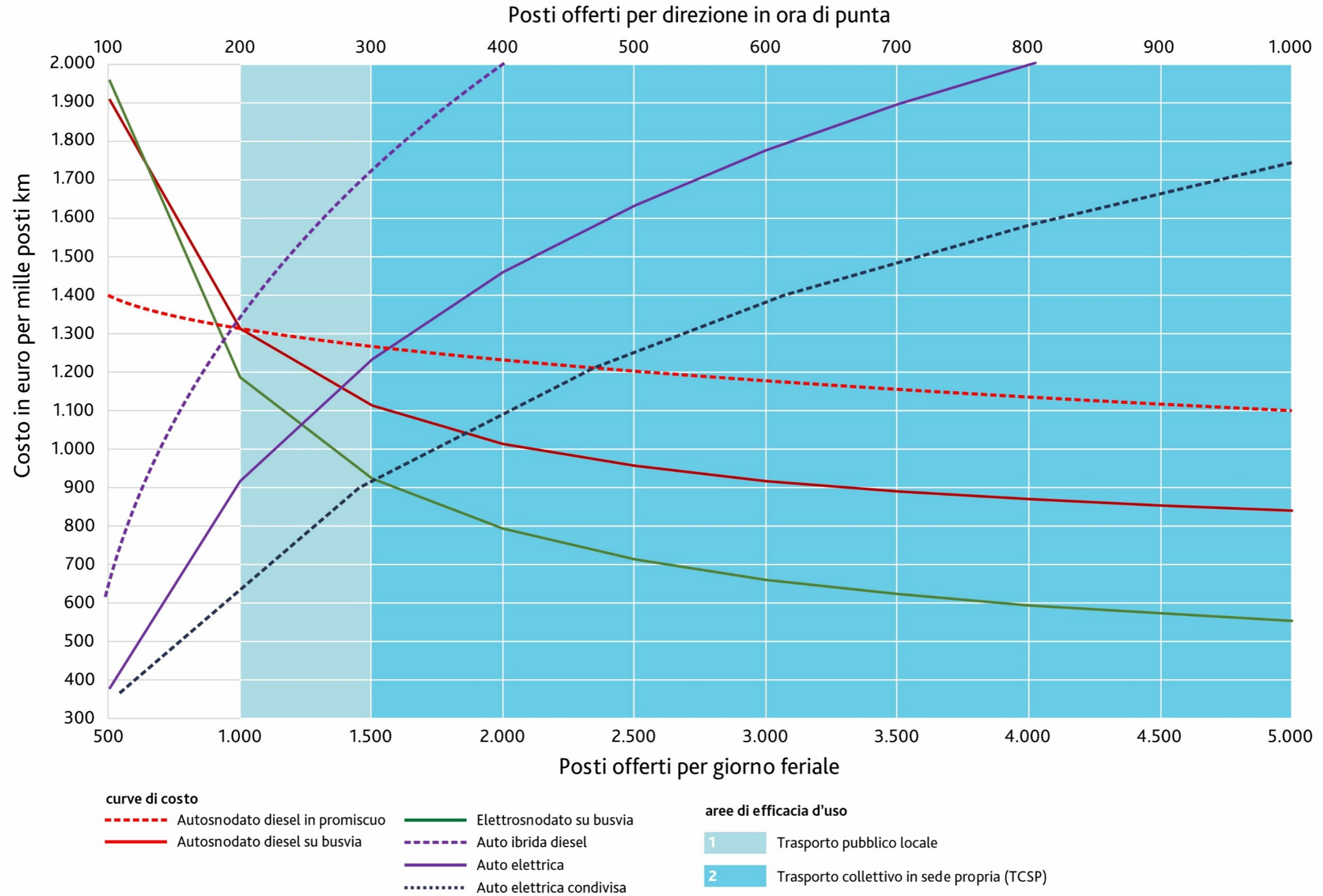




Figura 4.9 - Modello comparato di confronto delle tecnologie intermedie (A. Spinosa, 2019): costo economico sul ciclo di vita compresa l'energia grigia

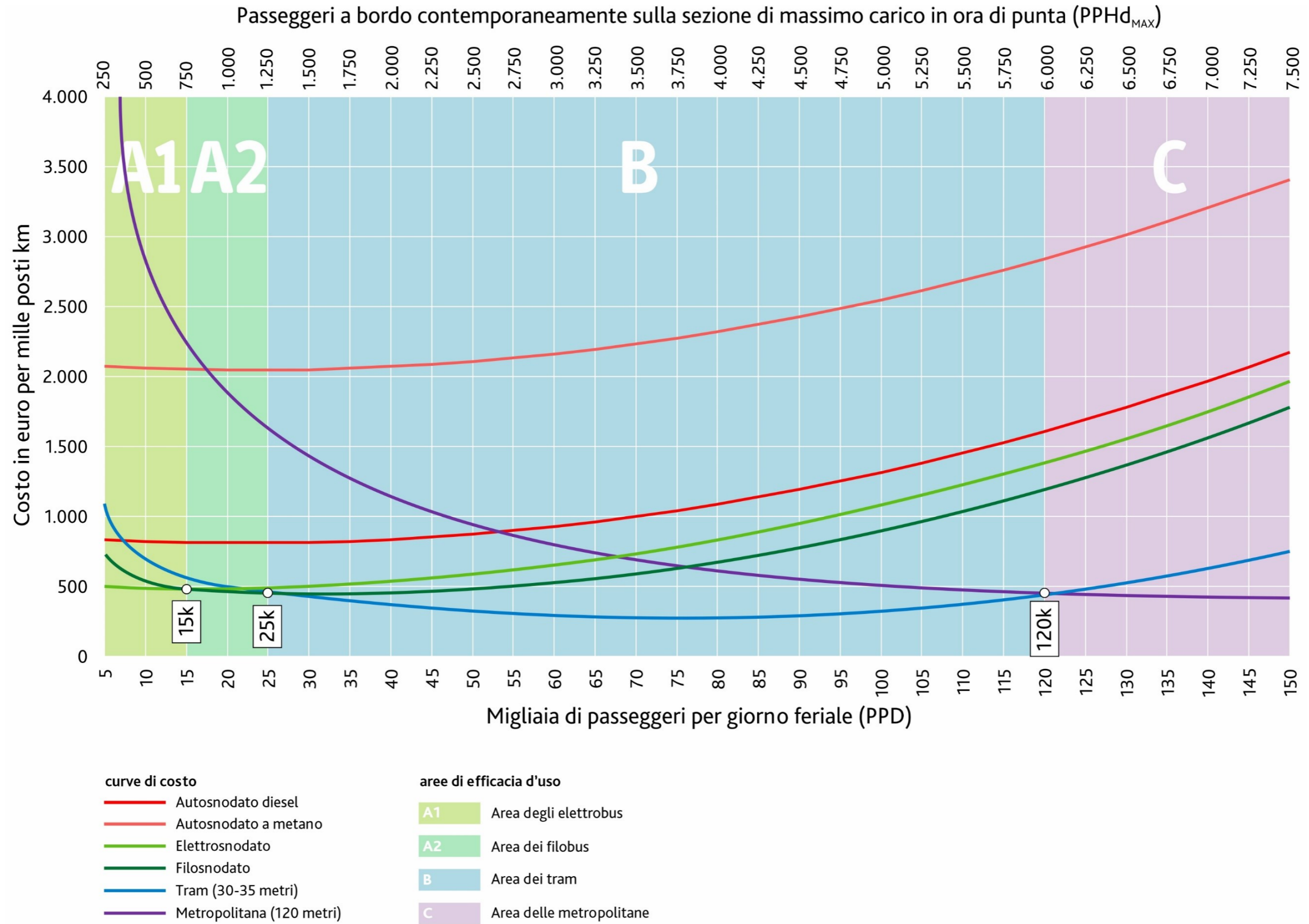
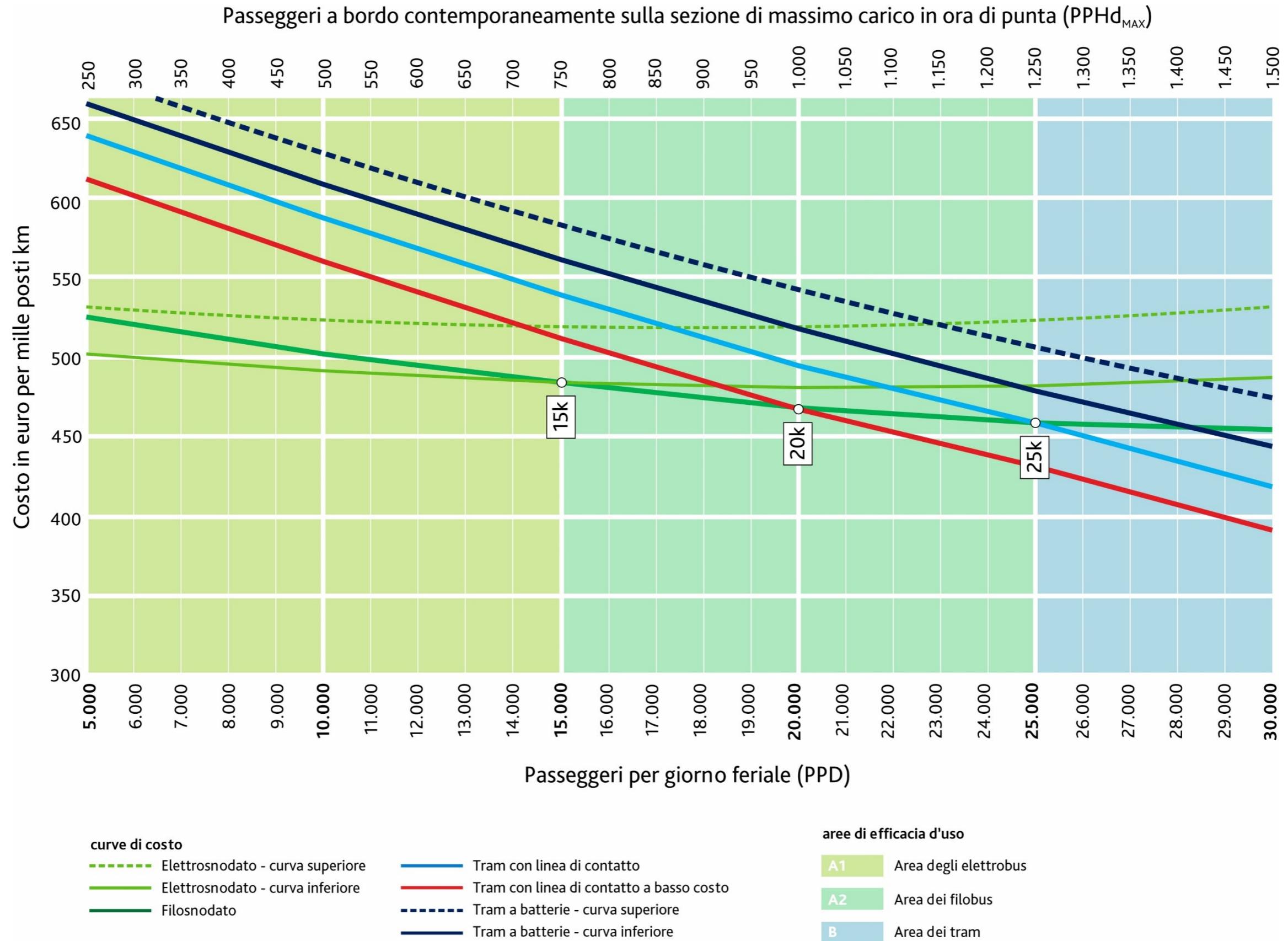


Figura 4.10 - Modello comparato di confronto delle tecnologie intermedie (A. Spinosa, 2019): Costo economico sul ciclo di vita compresa l'energia grigia – dettaglio



Il modello conferma quasi lapalissianamente che l'elettificazione del trasporto di massa è la scelta più efficace in termini di riduzione dei costi economici della mobilità urbana. Il dibattito si dovrebbe concentrare non tanto, quindi, se destinare o no delle risorse all'elettificazione diffusa ma a come questa possa avvenire.

Per quanto attiene alla trazione termica, la trazione a gas naturale non si pone come valida alternativa al diesel, principalmente a causa della produzione di ossidi di azoto. E gli ossidi di azoto sono, allo stato attuale delle conoscenze<sup>20</sup>, i prodotti della combustione a maggiore morbilità in ambito urbano. In definitiva si trovano le soglie di sostenibilità della tabella seguente.

Tabella 4.1 - Soglie inferiori di sostenibilità dal modello economico ampliato. PPD = passeggeri per giorno ferialo, PPHd<sub>MAX</sub> rappresenta il carico massimo che si registra a bordo dei mezzi in ora di punta nella direzione maggiormente carica

<i>Tecnologia/soluzione</i>	<i>Soglia inferiore di sostenibilità</i>	
	<i>Domanda giornaliera (PPD)</i>	<i>Cumulata a bordo in ora di punta per direzione (PPHd<sub>MAX</sub>)</i>
Servizio e-bus su corsia riservata	1.000	200
BRT elettrico (eBRT)	1.500	300
Filobus	15.000	750
Tram a basso costo	20.000	1.000
Tram ordinario	25.000	1.250
Metropolitana	120.000	6.000

Ora tutto si ferma queste soglie? Evidentemente no. Differenziando i costi unitari per tipo di realizzazione ovvero per complessità progettuale ove:

- **minimo costo** = minore grado di protezione della sede e separazione dal resto dei flussi viari, veicoli di minore capacità, a parità di standard normativi una minore complessità degli impianti di segnalamento e controllo della marcia. Nella analisi dei quadri economici è individuato come l'85° percentile del gruppo di studio;
- **maggiore costo** = maggiore grado di protezione della sede e separazione dal resto dei flussi viari, veicoli di maggiore capacità, a parità di standard normativi maggiore complessità degli impianti di segnalamento e controllo della marcia. Nella analisi dei quadri economici è individuato come il 15° percentile del gruppo di studio.

a partire dai progetti (realizzati o finanziati e in fase realizzativa) nel periodo 2010-2022 per busvie elettriche, filovie e tranvie in Italia<sup>21</sup> (tabelle 4.2-4.4) si trova che le soglie della tabella 4.1. sono piuttosto delle fasce sovrapposte la cui lettura varia di caso in caso.

Entro il campo di esistenza delle tranvie (ovvero entro la massima capacità esprimibile, figura 4.11) si trova che busvie elettriche, filovie e tranvie tra gli estremi dell'85° e 15° percentile tendono a sovrapporsi più che ripartirsi in fasce distinte di convenienza. In particolare, la divaricazione dei casi e delle relative performance del tram (minori costi quindi minori capacità e velocità commerciali e viceversa) tende da subito ad abbracciare le stesse soglie di sostenibilità delle altre alternative.

<sup>20</sup> Si veda in particolare: *COMEAP Statement on the evidence of health effects from exposure to nitrogen dioxide*: <https://www.gov.uk/government/publications/nitrogen-dioxide-health-effects-of-exposure>

<sup>21</sup> Per le busvie elettriche, dati i pochi esempi italiani, sono stati considerati anche i costi unitari delle realizzazioni di Amiens (sistema *Nemo*), Ginevra (linea 23 e tecnologia *TOSA*®), Nantes (busvia *ad alto livello di servizio* – ovvero *BHNS bus à haut niveau de service* - linea 4).



Tabella 4.2 – Costi medi di realizzazione di una busvia elettrica: analisi su 8 progetti italiani (realizzati o finanziati e in fase realizzativa) nel periodo 2010-2022 e 3 realizzazioni europee (Amiens, Ginevra – TOSA© e Nantes – linea 4)

Gruppo	Indice	Componente progetto	Unità	Media pesata	P(50%)	P(90%)	Media	Min	Max
Costi generali	C801	Studi preliminari e progettazione	Euro/m	220,77	47,78	326,94	162,01	77,49	216,87
	C802	Costi generali dell'ente appaltante	Euro/m	222,75	87,25	334,71	114,12	24,79	131,60
	C803	Direzione dei lavori e supervisione	Euro/m	217,20	66,27	323,61	135,78	80,64	136,71
	C804	Espropri	Euro/m	146,82	73,18	188,35	144,46	131,03	354,87
	C805	Lavori preliminari e impianto cantiere	Euro/m	13,04	0,34	37,91	14,24	-	90,47
	C806	Allacciamenti ai pubblici servizi	Euro/m	22,57	3,24	48,49	19,37	-	42,58
Costi opere civili, impianti civili e sistemi di comunicazione e sicurezza	C807	Risoluzione interferenze pubblici servizi	Euro/m	213,77	8,58	488,80	64,91	35,12	164,34
	C808	Gallerie di linea e stazioni	Euro/m	-	-	-	17,92	-	186,63
	C809	Pozzi e manufatti di inter-tratta	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C810	Ponti	Euro/m	-	-	-	100,16	-	734,44
	C811	Edifici diversi da stazioni e deposito (opere al rustico e finiture)	Euro/m	146,89	-	321,91	272,05	-	303,48
	C812	Piattaforma sede ferroviaria o stradale	Euro/m	942,50	116,12	1.479,03	787,07	918,83	1.629,51
	C813	Sovrastuttura ferroviaria/tramviaria	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C814	Sovrastuttura stradale dedicata	Euro/m	73,23	-	202,47	173,35	108,60	370,36
	C815	Stazioni/fermate tram o filobus	Euro/m	122,99	84,16	222,48	230,18	153,31	654,34
	C816	Stazioni metro aperte	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C817	Stazioni metro chiuse sotterranee superficiali	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C818	Stazioni metro chiuse sotterranee profonde	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C819	Deposito (opere al rustico e finiture, escluso impianti)	Euro/m	305,60	170,55	495,81	385,90	190,28	428,81
	C820	Sistemazioni urbanistiche	Euro/m	62,42	-	295,75	57,55	-	398,20
	C821	Opere complementari	Euro/m	264,73	75,35	368,91	147,71	113,21	316,88
	C822	Impianti di ventilazione di linea e di stazione	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C823	Impianti di prevenzione e protezione incendi di linea e di stazione	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C824	Impianti di telecomunicazione e sicurezza di linea e di stazione	Euro/m	22,48	-	83,36	22,51	-	63,32
	C825	Impianti di traslazione	Euro/m	-	-	-	-	-	-
C826	Altri impianti civili	Euro/m	534,95	-	939,84	963,82	108,47	1.025,30	
C827	Sistemi di distribuzione e validazione biglietti	Euro/m	6,81	0,40	10,42	8,27	-	42,22	
Costi impianti elettro-ferroviari	C828	Sistema di alimentazione e sezionamento	Euro/m	807,54	236,55	1.017,19	807,54	283,86	915,47
	C829	Linea di contatto	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C830	Sistema di automazione (SCADA)	Euro/m	25,46	0,75	34,55	25,46	0,89	31,09
	C831	Segnalamento, telecomunicazioni T/B e sistemi di gestione esercizio	Euro/m	158,41	65,01	284,68	158,41	78,01	256,21
	C832	Deposito	Euro/m	41,73	31,03	78,71	41,73	37,24	70,84
	C833	Altro	Euro/m	4,70	-	6,42	4,70	-	5,78
Veicoli	C834	Materiale rotabile (filobus)	Euro	2.204,98	984,88	2.730,62	2.204,98	1.181,86	2.457,56
	C835	Materiale rotabile (tram/metro)	Euro	-	-	-	-	-	-
	C836	Materiale rotabile (altro TPL)	Euro	-	-	-	-	-	-
Totale	<b>C8</b>	<b>Costo base</b>	<b>Euro/m</b>	<b>6.786,15</b>	<b>2.051,41</b>	<b>10.320,95</b>	<b>7.064,20</b>	<b>3.523,64</b>	<b>11.027,88</b>
	CS	Costi sicurezza	Euro/m	155,32	61,33	218,70	169,31	80,23	190,72
	CD	Somme a disposizione	Euro/m	240,12	49,60	441,91	261,75	64,88	385,38
	CI	Imprevisti	Euro/m	270,37	119,34	424,11	294,73	156,11	369,85
	CT	IVA e altri trasferimenti (ad es. tasse, contributi, ecc.)	Euro/m	904,15	-	-	1.041,81	531,86	1.514,47
	<b>CC</b>	<b>Costo complessivo (QEG)</b>	<b>Euro/m</b>	<b>8.356,11</b>			<b>8.831,81</b>	<b>4.356,72</b>	<b>13.488,30</b>
	Sviluppo impianto	km	152,16						
	Rotabili - numero	N.	279						
	Rotabili - lunghezza	m	19,18						
	Costo rotabili	€/m	76.329,18	37.715,77	96.223,20	166.669,35	162.713,35	243.735,25	
	C819	Deposito (opere al rustico e finiture, escluso impianti)	Euro/N. rotabili	166.669,35	162.713,35	243.735,25	22.756,99	29.285,56	46.980,87
	C832	Deposito	Euro/N. rotabili	22.756,99	29.285,56	46.980,87	22.756,99	29.285,56	46.980,87

Tabella 4.3 - Costi medi di realizzazione di una filovia: analisi su 7 progetti italiani (realizzati o finanziati e in fase realizzativa) nel periodo 2010-2022

Gruppo	Indice	Componente progetto	Unità	Media pesata	P(20%)	P(90%)	Media	Min	Max
Costi generali	C801	Studi preliminari e progettazione	Euro/m	275,38	109,76	409,59	275,38	131,71	368,63
	C802	Costi generali dell'ente appaltante	Euro/m	193,98	35,11	248,54	193,98	42,14	223,69
	C803	Direzione dei lavori e supervisione	Euro/m	230,79	114,23	258,19	230,79	137,07	232,37
	C804	Espropri	Euro/m	245,55	185,60	670,24	245,55	222,72	603,21
	C805	Lavori preliminari e impianto cantiere	Euro/m	24,21	-	170,86	24,21	-	153,77
	C806	Allacciamenti ai pubblici servizi	Euro/m	32,93	-	80,42	32,93	-	72,38
Costi opere civili, impianti civili e sistemi di comunicazione e sicurezza	C807	Risoluzione interferenze pubblici servizi	Euro/m	64,91	29,27	182,60	64,91	35,12	164,34
	C808	Gallerie di linea e stazioni	Euro/m	17,92	-	207,37	17,92	-	186,63
	C809	Pozzi e manufatti di inter-tratta	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C810	Ponti	Euro/m	100,16	-	816,05	100,16	-	734,44
	C811	Edifici diversi da stazioni e deposito (opere al rustico e finiture)	Euro/m	272,05	-	337,20	272,05	-	303,48
	C812	Piattaforma sede ferroviaria o stradale	Euro/m	925,97	900,82	2.130,08	925,97	1.080,98	1.917,08
	C813	Sovrastruttura ferroviaria/tramviaria	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C814	Sovrastruttura stradale dedicata	Euro/m	173,35	90,50	411,51	173,35	108,60	370,36
	C815	Stazioni/fermate tram o filobus	Euro/m	230,18	127,76	727,05	230,18	153,31	654,34
	C816	Stazioni metro aperte	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C817	Stazioni metro chiuse sotterranee superficiali	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C818	Stazioni metro chiuse sotterranee profonde	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C819	Deposito (opere al rustico e finiture, escluso impianti)	Euro/m	385,90	-	476,45	385,90	190,28	428,81
	C820	Sistemazioni urbanistiche	Euro/m	57,55	-	442,45	57,55	-	398,20
	C821	Opere complementari	Euro/m	147,71	94,34	352,09	147,71	113,21	316,88
	C822	Impianti di ventilazione di linea e di stazione	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C823	Impianti di prevenzione e protezione incendi di linea e di stazione	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C824	Impianti di telecomunicazione e sicurezza di linea e di stazione	Euro/m	22,51	-	70,36	22,51	-	63,32
C825	Impianti di traslazione	Euro/m	-	-	-	-	-	-	
C826	Altri impianti civili	Euro/m	963,82	90,39	1.139,22	963,82	108,47	1.025,30	
C827	Sistemi di distribuzione e validazione biglietti	Euro/m	8,27	-	46,91	8,27	-	42,22	
Costi impianti elettro-ferroviari	C828	Sistema di alimentazione e sezionamento	Euro/m	473,12	166,10	529,01	473,12	199,33	476,11
	C829	Linea di contatto	Euro/m	331,59	316,79	453,83	331,59	380,15	408,44
	C830	Sistema di automazione (SCADA)	Euro/m	56,55	18,10	64,50	56,55	21,72	58,05
	C831	Segnalamento, telecomunicazioni T/B e sistemi di gestione esercizio	Euro/m	214,03	237,37	718,22	214,03	284,84	646,40
	C832	Deposito	Euro/m	8,77	-	24,52	8,77	-	22,07
	C833	Altro	Euro/m	376,59	-	457,92	376,59	-	412,13
Veicoli	C834	Materiale rotabile (filobus)	Euro	2.435,18	1.466,18	2.640,25	2.435,18	1.759,41	2.376,22
	C835	Materiale rotabile (tram/metro)	Euro	-	-	-	-	-	-
	C836	Materiale rotabile (altro TPL)	Euro	-	-	-	-	-	-
Totale	<b>C8</b>	<b>Costo base</b>	<b>Euro/m</b>	<b>8.185,50</b>	<b>6.284,38</b>	<b>9.013,11</b>	<b>8.268,98</b>	<b>4.969,07</b>	<b>12.658,88</b>
	CS	Costi sicurezza	Euro/m	175,15	135,45	206,26	175,15	162,54	165,01
	CD	Somme a disposizione	Euro/m	231,79	221,36	573,14	231,79	265,63	458,51
	CI	Imprevisti	Euro/m	377,01	156,75	462,48	377,01	188,10	369,98
	CT	IVA e altri trasferimenti (ad es. tasse, contributi, ecc.)	Euro/m	716,07			1.239,46	772,07	1.749,52
	<b>CC</b>	<b>Costo complessivo (QEG)</b>	<b>Euro/m</b>	<b>9.685,52</b>			<b>10.292,39</b>	<b>6.357,41</b>	<b>15.401,91</b>
	Sviluppo impianto	km	79,06						
	Rotabili - numero	N.	188						
	Rotabili - lunghezza	m	18,70						
	Costo rotabili	€/m	56.495,41	56.991,80	61.891,07	56.495,41	68.390,16	49.512,86	
	C819	Deposito (opere al rustico e finiture, escluso impianti)	Euro/N. rotabili	162.283,04	84.940,30	208.275,61	162.283,04	84.940,30	208.275,61
	C832	Deposito	Euro/N. rotabili	3.688,41	7.613,76	16.182,13	3.688,41	7.613,76	16.182,13

Tabella 4.4 - Costi medi di realizzazione di una tranvia: analisi su 17 progetti italiani (realizzati o finanziati e in fase realizzativa) nel periodo 2010-2022

Gruppo	Indice	Componente progetto	Unità	Media pesata	P(20%)	P(90%)	Media	Min	Max
Costi generali	C801	Studi preliminari e progettazione	Euro/m	760,61	536,93	1.618,61	760,61	644,32	1.294,89
	C802	Costi generali dell'ente appaltante	Euro/m	210,22	66,94	377,95	210,22	80,32	302,36
	C803	Direzione dei lavori e supervisione	Euro/m	657,49	464,90	1.113,59	657,49	557,88	890,87
	C804	Espropri	Euro/m	229,90	74,17	342,35	229,90	89,01	273,88
	C805	Lavori preliminari e impianto cantiere	Euro/m	60,06	-	292,60	60,06	-	234,08
	C806	Allacciamenti ai pubblici servizi	Euro/m	87,86	-	402,08	87,86	-	321,66
Costi opere civili, impianti civili e sistemi di comunicazione e sicurezza	C807	Risoluzione interferenze pubblici servizi	Euro/m	1.110,34	432,56	2.026,84	1.110,34	519,07	1.621,47
	C808	Gallerie di linea e stazioni	Euro/m	608,74	-	2.224,96	608,74	-	1.779,97
	C809	Pozzi e manufatti di inter-tratta	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C810	Ponti	Euro/m	732,06	9,93	1.724,65	732,06	11,91	1.379,72
	C811	Edifici diversi da stazioni e deposito (opere al rustico e finiture)	Euro/m	153,06	-	212,40	153,06	-	169,92
	C812	Piattaforma sede ferroviaria o stradale	Euro/m	1.854,84	1.158,43	3.504,08	1.854,84	1.390,11	2.803,26
	C813	Sovrastuttura ferroviaria/tramviaria	Euro/m	2.862,34	1.656,90	7.061,80	2.862,34	1.988,28	5.649,44
	C814	Sovrastuttura stradale dedicata	Euro/m	245,14	-	1.409,11	245,14	-	1.127,28
	C815	Stazioni/fermate tram o filobus	Euro/m	437,57	253,59	815,25	437,57	304,30	652,20
	C816	Stazioni metro aperte	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C817	Stazioni metro chiuse sotterranee superficiali	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C818	Stazioni metro chiuse sotterranee profonde	Euro/m	-	-	-	-	-	-
	C819	Deposito (opere al rustico e finiture, escluso impianti)	Euro/m	724,07	43,49	2.265,92	724,07	52,19	1.812,74
	C820	Sistemazioni urbanistiche	Euro/m	1.489,59	601,99	2.741,08	1.489,59	722,38	2.192,87
	C821	Opere complementari	Euro/m	232,49	-	1.193,62	232,49	-	954,90
	C822	Impianti di ventilazione di linea e di stazione	Euro/m	12,66	-	-	12,66	-	-
	C823	Impianti di prevenzione e protezione incendi di linea e di stazione	Euro/m	17,16	-	49,46	17,16	-	39,57
	C824	Impianti di telecomunicazione e sicurezza di linea e di stazione	Euro/m	259,88	33,81	666,22	259,88	40,58	532,98
C825	Impianti di traslazione	Euro/m	20,00	-	-	20,00	-	-	
C826	Altri impianti civili	Euro/m	536,26	80,92	1.520,59	536,26	97,11	1.216,47	
C827	Sistemi di distribuzione e validazione biglietti	Euro/m	65,53	10,86	142,15	65,53	13,03	113,72	
Costi impianti elettro-ferroviari	C828	Sistema di alimentazione e sezionamento	Euro/m	807,62	677,85	1.354,84	807,62	813,42	1.083,87
	C829	Linea di contatto	Euro/m	488,56	264,34	1.228,77	488,56	317,21	983,02
	C830	Sistema di automazione (SCADA)	Euro/m	124,83	21,49	297,66	124,83	25,79	238,13
	C831	Segnalamento, telecomunicazioni T/B e sistemi di gestione esercizio	Euro/m	670,20	285,14	1.795,00	670,20	342,17	1.436,00
	C832	Deposito	Euro/m	388,49	132,97	933,50	388,49	159,56	746,80
	C833	Altro	Euro/m	-	-	-	-	-	-
Veicoli	C834	Materiale rotabile (filobus)	Euro	-	-	-	-	-	-
	C835	Materiale rotabile (tram/metro)	Euro	4.576,21	2.723,57	8.014,42	4.576,21	3.268,28	6.411,53
	C836	Materiale rotabile (altro TPL)	Euro	-	-	-	-	-	-
Totale	<b>C8</b>	<b>Costo base</b>	<b>Euro/m</b>	<b>19.075,37</b>	<b>10.977,30</b>	<b>37.097,60</b>	<b>20.423,77</b>	<b>11.436,92</b>	<b>36.263,60</b>
	CS	Costi sicurezza	Euro/m	632,92	512,19	1.192,69	632,92	614,63	954,15
	CD	Somme a disposizione	Euro/m	398,97	251,31	806,96	398,97	301,57	645,57
	CI	Imprevisti	Euro/m	576,64	52,94	1.318,48	576,64	63,53	1.054,79
	CT	IVA e altri trasferimenti (ad es. tasse, contributi, ecc.)	Euro/m	2.543,26	-	-	1.825,49	981,45	3.383,34
	<b>CC</b>	<b>Costo complessivo (QEG)</b>	<b>Euro/m</b>	<b>23.240,85</b>			<b>23.857,80</b>	<b>13.398,10</b>	<b>42.301,44</b>
	Sviluppo impianto	km	189,67						
	Rotabili - numero	N.	268						
	Rotabili - lunghezza	m	32,05						
	Costo rotabili	€/m	99.465,35	92.434,15	113.846,15	99.465,35	110.920,98	91.076,92	
	C819	Deposito (opere al rustico e finiture, escluso impianti)	Euro/N. rotabili	512.442,18	1.257.322,85	1.610.151,89	512.442,18	1.257.322,85	1.610.151,89
	C832	Deposito	Euro/N. rotabili	274.940,20	711.910,11	1.136.132,86	274.940,20	711.910,11	1.136.132,86

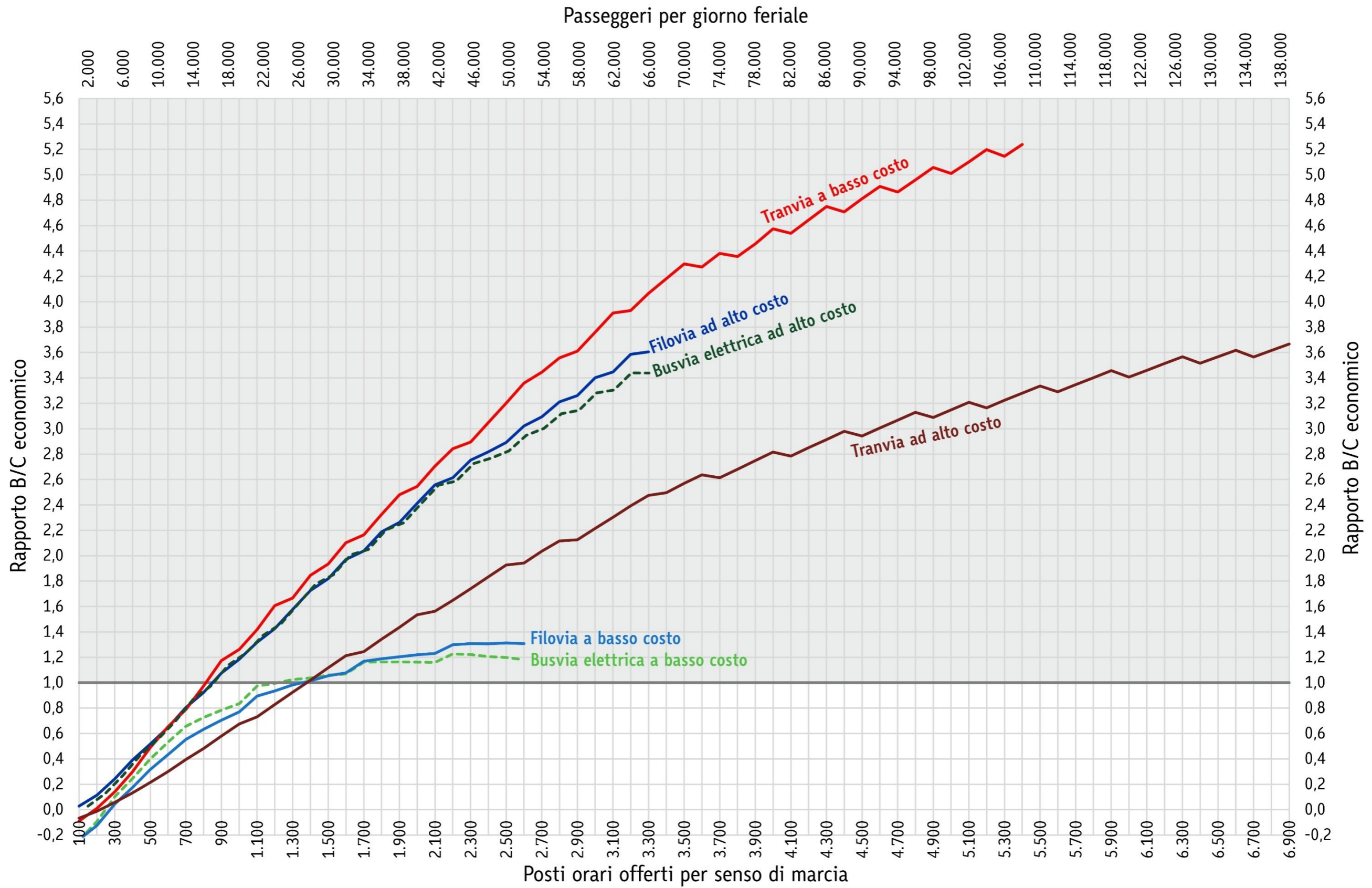


Figura 4.11 – Analisi ampliata dei sistemi intermedi: curve di convenienza disaccoppiate tra progetti a basso costo/performance e progetti ad alto costo/performance. Analisi entro il campo di esistenza delle tranvie (ovvero entro la massima capacità esprimibile)



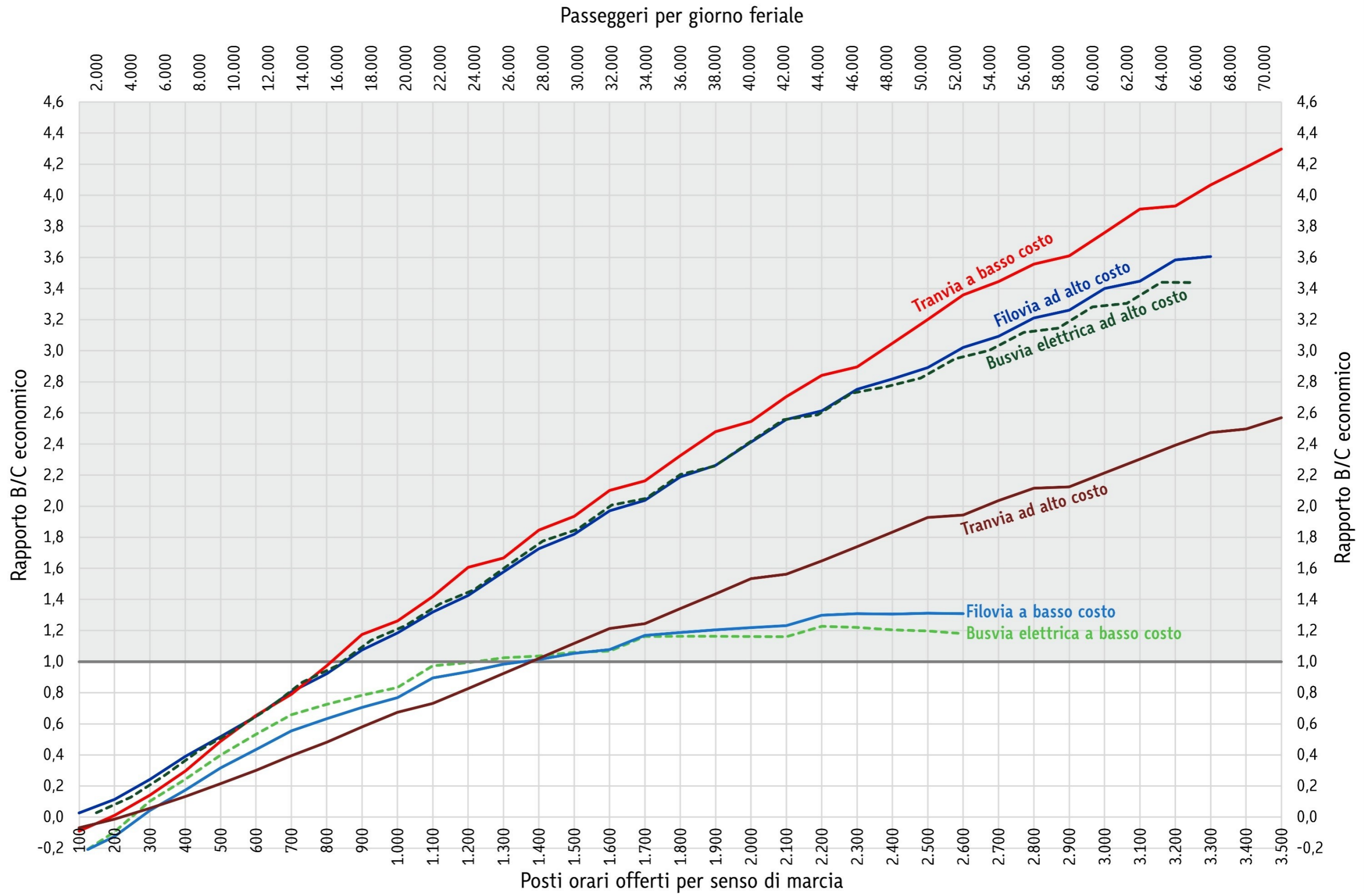


Figura 4.12 - Analisi ampliata dei sistemi intermedi: curve di convenienza disaccoppiate tra progetti a basso costo/performance e progetti ad alto costo/performance. Dettaglio entro la fascia di domanda di 70mila passeggeri giornalieri

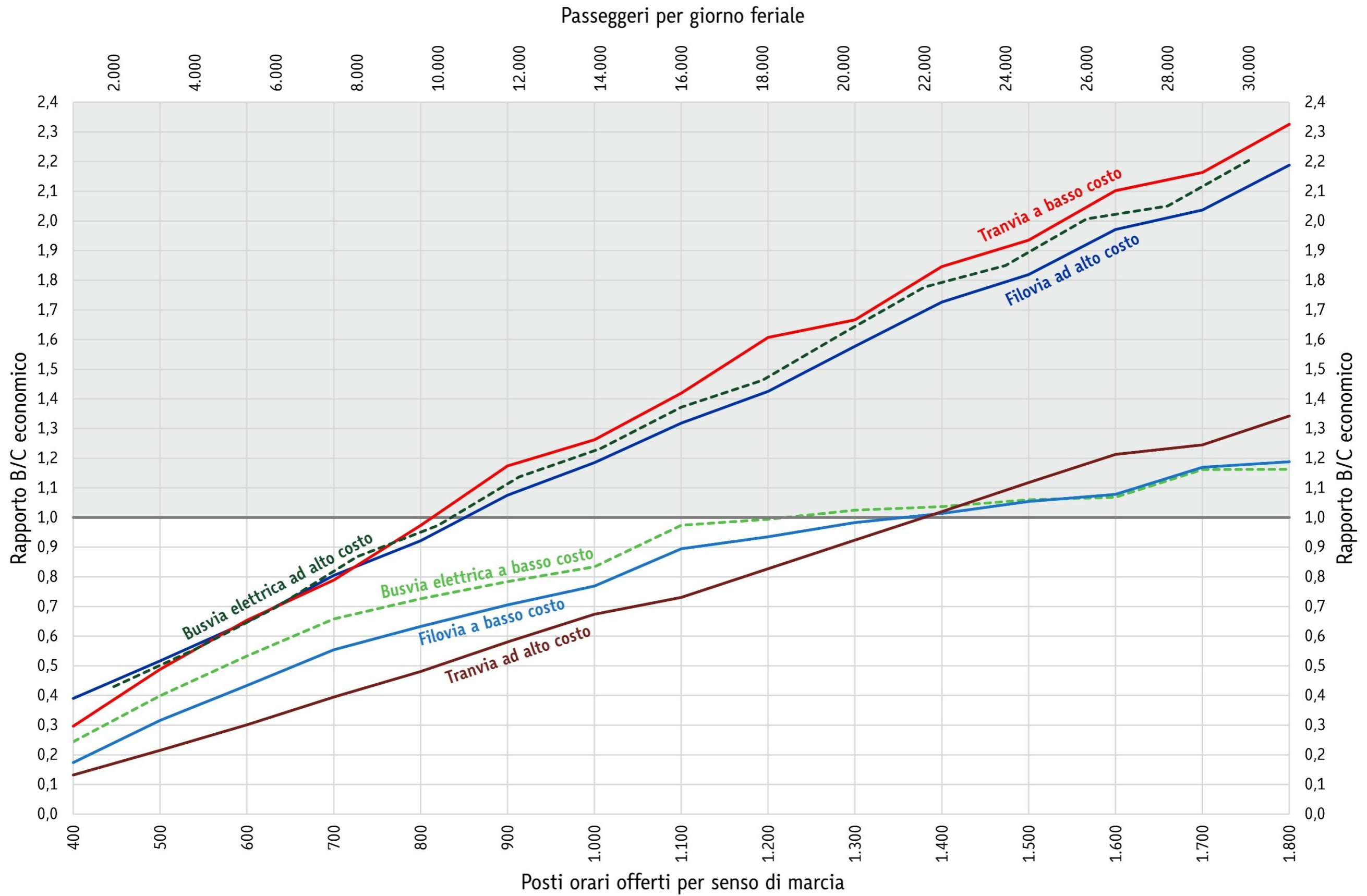


Figura 4.13 - Analisi ampliata dei sistemi intermedi: curve di convenienza disaccoppiate tra progetti a basso costo/performance e progetti ad alto costo/performance. Dettaglio entro la fascia di domanda di 30mila passeggeri giornalieri

In sintesi, sia per i livelli di domanda intermedi (entro i 70mila passeggeri giorno) che per i livelli di domanda bassi (per i sistemi intermedi, ovvero entro i 30mila passeggeri giorno), il sistema tram si presenta potenzialmente come l'alternativa economicamente più sostenibile. A parità di una maggiore complessità tecnologica dei sistemi su gomma – che in ragione delle maggiori performance richieste presentano ormai anch'essi elevati livelli di separazione della sede e sistemi di segnalamento e controllo (basati su spire magnetiche poste al di sotto della superficie stradale) formalmente simili a quelli tranviari – il tram presenta una minore larghezza della sede propria (quando questa sia preclusa al transito ordinario di altri veicoli), una trazione maggiormente efficace (a parità di motore elettrico, data dal contatto ferro-ferro anziché pneumatico-asfalto) e una maggiore capacità espletabile<sup>22</sup>.

Quindi, al momento in cui l'ingiusta – e tecnicamente errata – concorrenza tra gomma e ferro si pone su un piano meno sleale (ovvero confrontare una tranvia con una linea di bus in servizio semi-promiscuo oppure celare le esternalità dei combustibili fossili entro analisi parzializzate) il sistema tram non è più quella alternativa idonea solo a certi livelli di domanda e quindi adatta a città di dimensioni maggiori. Premesso che la prima regola sia di salvaguardare gli impianti fissi esistenti – inclusi i rami ferroviari marginali o locali – ogni volta che si redige una analisi della fattibilità tecnologica delle alternative di progetto per un nuovo corridoio di trasporto si dovrebbe valutare la giusta soluzione tranviaria ovvero declinare il progetto tram al contesto. Che significa non pretendere di trasportare il tram di Grenoble o Strasburgo in altri contesti: se così si fosse fatto molto probabilmente la linea di Trogen dell'Appenzellerbahn (si veda il capitolo 3.1) sarebbe finita per essere considerata un *ramo secco* non essendo idonea per le geometrie del tracciato al transito di elettrotreni ferroviari ordinari. Parimenti il tram-treno Szeged – Hódmezővásárhely (capitolo 3.2) non avrebbe visto la luce come lo stesso impianto tranviario di Hódmezővásárhely, una cittadina di poco più di 40mila abitanti: eppure nei primi 6 mesi di servizio la domanda<sup>23</sup> di trasporto pubblico di Hódmezővásárhely è salita del 48% mentre la quota modale degli spostamenti con mezzo privato tra Szeged e Hódmezővásárhely è scesa del 25%.

Fatto tesoro delle esperienze (come quella di Valenciennes, paragrafo 3.3.2) le più interessanti prospettive di sviluppo dei sistemi tranviari sono proprio sulla frontiera delle realizzazioni degli ultimi trent'anni con un occhio particolare ai Paesi dell'Europa centrale, ovvero a quei sistemi che non essendo stati dismessi si sono trasformati gradualmente nel tempo adattandosi alle esigenze dell'utente contemporaneo (non cedendo al contrario ai dettami del mercato, che da mezzo diventa fine come sovente accade nelle nuove realizzazioni):

- impianti periferici e suburbani anche con l'adozione ragionata del binario singolo a completamento delle reti esistenti con servizi rapidi (quindi fermate distanziate) per evitare le rotture di carico negli spostamenti degli utenti tra periferia e aree centrali;
- impianti interurbani di prolungamento regionale di una rete esistente anche attraverso l'uso promiscuo di rami ferroviari locali (ovvero non dichiarati di interesse nazionale);
- nuovi impianti nati dalla riconversione all'uso ferroviario leggero o tranviario di rami ferroviari locali, raccordi merci, cosiddetti rami secchi che così resterebbero in esercizio per futuri riutilizzi anche ferroviari (il passato insegna che le esigenze possono essere più fluide di quanto si creda).

---

<sup>22</sup> Il distanziamento sociale del periodo pandemico di Sars-Cov-2 ha riacceso i riflettori su una grave dimenticanza di amministratori, gestori e - non ultimi - tecnici. Il tram è l'unico mezzo di trasporto urbano accoppiabile ovvero in grado di raddoppiare o triplicare l'offerta a parità di macchinisti.

<sup>23</sup> Dati preliminari primo semestre 2022, Szegedi Közlekedési Társaság. Il servizio ha avuto un periodo di difficoltà tra maggio e giugno 2022 con indice di regolarità delle corse sceso al 74% per problemi al segnalamento ferroviario. Da agosto il servizio sembra completamente ripristinato ma il Governo ha deciso di sostenere l'opera con un semestre prova di gratuità degli abbonamenti.

## 5. Postfazione

### 5.1. Piccolo compendio di storia del tram

La parola tram ha origine dall'inglese antico con un'etimologia molto incerta. Diversi studi la fanno risalire al Cinquecento per indicare *beam or shaft of a barrow or sledge* [trave, manico di carriola oppure slitta] oppure (1510) *a barrow or truck body* [carriola stessa oppure carrello]. In Scozia il vocabolo fa riferimento ai carrelli in legno e metallo usati per trasportare il carbone fuori dalle miniere: l'uso potrebbe derivare dal Medio Fiammingo *beam, handle of a barrow, bar, rung* [trave, manico di carriola, sbarra, piolo] e tram avrebbe origine nel dialetto tedesco del Mare del Nord. L'uso come *track for a barrow, tramway* [binario per carrello, sede per tram] viene registrato per la prima volta nel 1826. La parola *streetcar* viene usata per la prima volta nel 1879, abbreviazione di tram-car ovvero *car used on a tramway* (1873).

In italiano *tranvài* (o *tramvài*), s. m., è un adattamento dell'inglese *tramway* (ora quasi completamente sostituiti, indistintamente per indicare la vettura, da tram, e per indicare la linea, gli impianti, da tranvia): *per acchiappare il tramvai, verso sera, fecero un bel tratto di strada a piedi* (Verga); *dopo pochi minuti di tranvai scesero nel viale* (Palazzeschi).

È importante capire che il tram è l'evoluzione naturale della diligenza attraverso l'invenzione di un sottofondo più adatto allo scorrere delle ruote cerchiate rispetto agli sterrati che hanno caratterizzato il panorama urbano fino agli anni Venti del Novecento, con l'arrivo del catrame e delle miscele bituminose. Il treno, invece, è l'ulteriore evoluzione del carro su rotaie attraverso l'introduzione della macchina a vapore per la sostituzione della trazione animale (ovvero del passaggio dal cavallo alimentato a foraggio al *cavallo vapore*).

Nel 1750 l'ingegnere inglese Benjamin Outram inventa il carro su binari per facilitare la movimentazione delle terre di scavo derivanti dalla costruzione dei canali di navigazione. La trazione è animale (buoi o cavalli) e le rotaie sono dei profilati ad L, con testa portante su suola orizzontale.

Nel 1804, a Cardiff in Galles, entra in servizio la prima linea omnibus su rotaie per il trasporto pubblico. La prima tranvia a cavalli venne aperta in Inghilterra l'11 settembre 1795 a Crich, nel Derbyshire: la linea Little Eaton Gangway, tra Crich e Little Eaton. Lunga 10 km, era adibita a fini industriali e correva a fianco del canale di Derby; essa fu attiva fino al 1905.



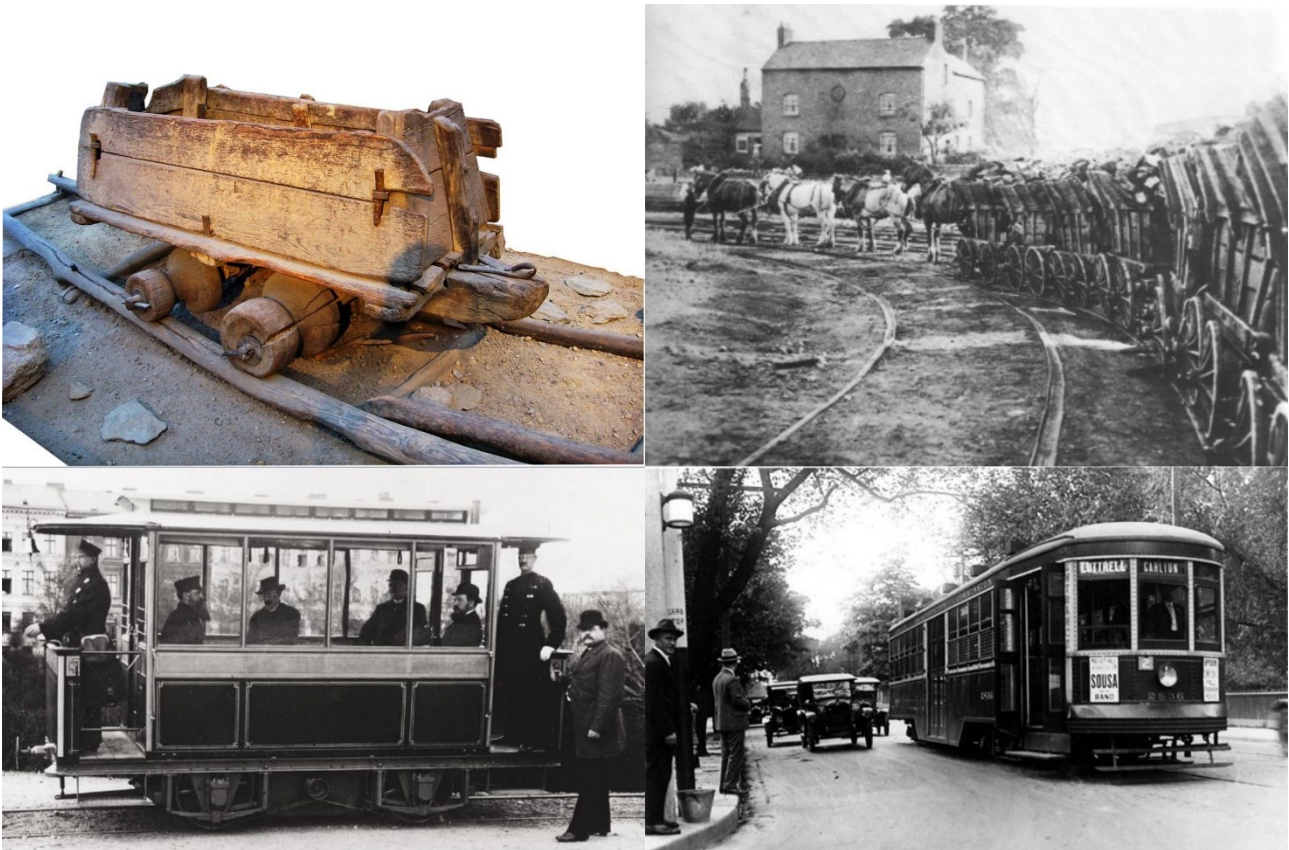


Figura 5.1 – L'incredibile percorso del tram, dalle miniere alle città è stato del tutto indipendente da quello del treno

Sempre in Inghilterra e sempre nel Derbyshire, il 31 agosto 1796 entrò in servizio la seconda linea: la Peak Forest Railway, tra Chapel Milton e Dove Holes, nel Derbyshire. Misurava 12 km con scartamento (ovvero la distanza tra le rotaie) di 1.270 mm.

Nel 1832 a New York appare il primo *street-car* a cavalli per il trasporto pubblico di persone. Le carrozze erano mutate dalla Diligenza ed erano di due tipologie: carrozze aperte estive e carrozze chiuse per l'inverno. A bordo gli spazi ristretti delle città implicavano inoltre anche particolari adattamenti. Le prime vetture tranviarie avevano spesso panconi lunghi o trasversali con un corridoio centrale. In seguito, vennero installate biglietterie di bordo con un grande spazio di accettazione all'entrata. Lo *streetcar* si diffonde rapidamente in tutta l'America assumendo (finalmente) la denominazione di tram.

In città non è ritenuto accettabile utilizzare la trazione a vapore (per i fumi emessi e il rischio di esplosione della caldaia) sin dalle prime realizzazioni l'alternativa plausibile alla trazione animale è il motore elettrico alimentato a filo. Nel 1881 a Berlino, sulla scorta degli esperimenti di Fyodor Pirotsky, è messa in esercizio la prima linea di tram completamente elettrificata (*Gross-Lichterfelde Tramway*).

La corsa del tram continua da un lato all'altro dell'Atlantico. Nel 1885 a Denver (Usa) entra in esercizio la seconda linea di tram elettrificata del mondo: in questo caso l'elettrica è prelevata da una linea elettrica bipolare disposta al suolo in un cavidotto interrato tra i binari. La captazione è realizzata con pattini striscianti sulle barre conduttrici disposte nello stesso cavidotto. Inizialmente l'alimentazione dal suolo si diffonde anche in molte reti tranviarie europee ma viene presto abbandonata per la più affidabile e sicura linea di contatto aerea. In alcune città degli Stati Uniti, come nella capitale, Washington, alcune linee alimentate da terra sopravvivranno fino alla soppressione dei tram avvenuta dagli anni Sessanta.

Nel 1890, su progetto del Capitano Michelangelo Cattori entra esercizio la prima linea di tram elettrificato di Roma. Il progetto prevede un complicato sistema di alimentazione in serie delle vetture: il progetto viene però abbandonato per l'inadeguatezza della soluzione. Il conduttore del Cattori è formato da sezioni successive, reciprocamente isolate; le estremità di due sezioni contigue sono collegate da interruttori comandati in modo da interrompere la continuità della linea quando una motrice si trovi in corrispondenza del sezionamento, ristabilendo poi la stessa continuità in assenza della motrice. In condizioni normali (ossia in assenza di motrici in linea) le sezioni di linea e gli interruttori costituiscono un circuito chiuso; gli interruttori sono comandati meccanicamente dal passaggio delle motrici da un dispositivo che serve simultaneamente da organo di presa di corrente.

Nel 1895 a Roma parte l'avvio sperimentale del primo tram elettrico con vetture alimentate in parallelo. Il percorso scelto è quello della preesistente linea esercita con omnibus a cavalli piazza San Silvestro, via del Traforo, via Nazionale, Stazione Termini: sono gli anni in cui il veicolo tranviario è una vettura a giardiniera (aperta su entrambi i lati) e, nonostante la trazione elettrica la faccia da padrona, si sperimentano i primi motori a benzina (ciclo otto).

Nel 1900 in Inghilterra fanno la loro comparsa le vetture a imperiale: vetture a due piani, con piano superiore coperto o scoperto, con due classi di viaggio.

Nel 1920 l'ingegner Peter Witt, consigliere nella città di Cleveland e presidente della locale Agenzia di Trasporto dal 1911 al 1915, introduce un modello di vettura che avrà un grande successo. Le vetture tipo Peter Witt erano caratterizzate dall'aver una porta anteriore d'ingresso e una centrale d'uscita, a fianco della quale era la postazione del bigliettaio. L'ambiente interno era così diviso in due parti: la parte anteriore, a panche longitudinali, destinata ai brevi tragitti; la parte posteriore, a panche trasversali, destinata ai tragitti più lunghi. Le Peter Witt si diffusero rapidamente in altre città americane; nel 1927, anche l'ATM di Milano scelse di rinnovare il proprio parco (allora costituito solo di piccole vetture a due assi, tipo *Edison* e serie 600), ottenendo un clamoroso successo, che ne consentì la diffusione in altre città europee. Si noti che le Peter Witt risultano a tutt'oggi in servizio regolare a Milano (serie 1500).

Nel 1923 sul classico telaio tranviario a due assi fu implementato il freno pneumatico Westinghouse. Aumentano le potenze installate e le capacità di trasporto con l'aggiunta di moduli rimorchiati. Il telaio rigido a due assi era causa di emissione di elevatissimi livelli di stridore in curva. Questo fenomeno, all'epoca, era combattuto con la scrupolosa pulizia del binario per mezzo di appositi "carri netta binario", nonché con l'ingrassaggio delle tratte in curva fatto con carrelli ungitori mossi a mano.

Ma una nuova rivoluzione tecnologica inizia a profilarsi all'orizzonte del mondo dei trasporti. Il motore Diesel, brevettato nel 1892 da Rudolf Diesel, è un tipo di motore alternativo a combustione interna, alimentato a gasolio, che sfrutta il principio della compressione per ottenere l'accensione del combustibile e non l'azione delle candele d'accensione impiegate invece da un motore ad accensione comandata. Seppure applicato su vasta scala in marina in impianti fissi ancor prima della guerra del 1914-18 è solo con i progressi nella ricerca aeronautica che di ritorno si sviluppa l'autotrazione. Nel 1909 l'ingegnere tedesco Prosper L'Orange, in forza alla Benz & Cie., brevetta la precamera di combustione. Nel 1914 la Junkers realizza il primo prototipo di motore Diesel aeronautico, il 4 cilindri Mo3. Nel 1927 viene prodotto il primo omnibus a trazione diesel: è il primo mezzo che si mostra come vera alternativa al tram, che fino ad allora ha rappresentato la mobilità urbana ed extraurbana.

Le esigenze di trasporto si moltiplicavano, il trasporto privato sarebbe stato per molti anni un'opportunità per pochi. In una grande città come Roma c'era la necessità di portarsi anche fuori porta, sia per motivi di lavoro che di diporto, ed ecco che la fabbrica Lancia, in collaborazione con la carrozzeria Macchi, mette sul mercato romano il modello Omicron a due piani, attorno al 1930; questo tipo di vetture viene immesso con successo dall'ATAG sulla affollata linea Roma-Tivoli. Viste le affluenze e ricordando che anche i tram dei castelli erano a due piani, sempre Lancia propone un

veicolo a due piani e mezzo, con 90 posti su telaio Omicron, carrozzato Macchi, da impiegarsi sulla linea Roma-Tivoli. Questo mezzo venne tecnicamente definito "vettura duplex" o "autoalveare duplex".

Al giorno d'oggi si tende a dare per scontato, quasi naturale, il passaggio dagli sferraglianti e obsoleti tram ai nuovi e fiammanti autobus e soprattutto all'auto privata avvenuto alla metà del Novecento. A vincere le leggi della fisica e dell'economia energetica – il motore elettrico è sempre stato più efficace di entrambi i cicli termodinamici, otto e diesel – furono una serie di fattori, endogeni ed esogeni. Prima di tutto basti pensare al potere energetico di una tanica di benzina da 5 litri: con un motore a scoppio, di elementare fattura, si possono percorrere oltre 100 km.

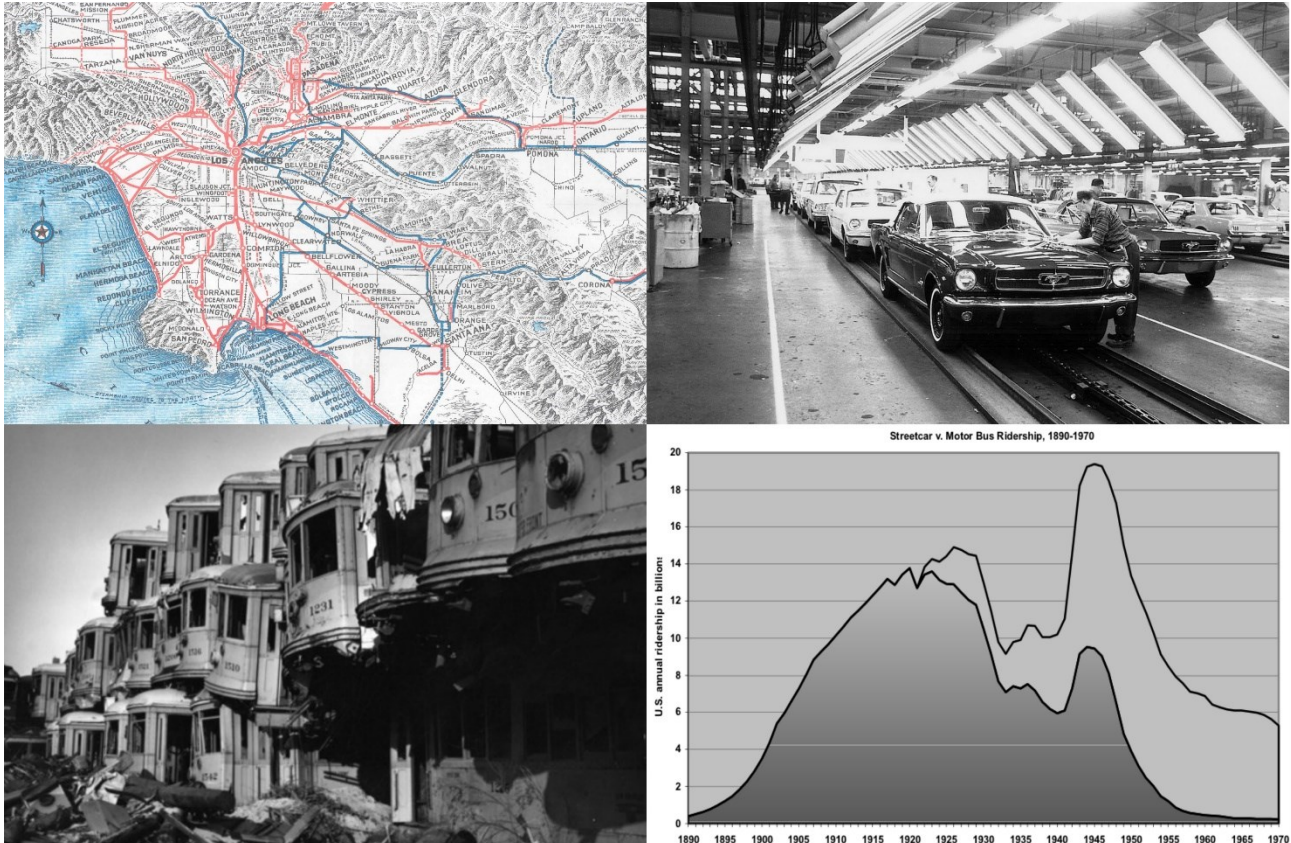


Figura 5.2 – L'epopea delle *streetcar* nordamericane dal boom (1.857 km di impianti a Los Angeles e 1.754 a Chicago nel 1922) alle dismissioni in massa con l'arrivo della motorizzazione per tutti, rappresentato dalla catena fordista

L'innesto di fatti accaduti<sup>24</sup> e suggestioni<sup>25</sup> contribuisce alla nascita del mito della *conspiracy*<sup>26</sup> contro il tram. All'inizio degli anni Venti si assisteva in pieno al boom dell'industria tramviaria. Negli Stati Uniti esistevano qualcosa come 1.200 compagnie tramviarie e ferroviarie a gestire una rete di circa 50.000 km. Tutte insieme arrivavano a trasportare annualmente tra i 12 ed i 15 miliardi di passeggeri. Nella sola Los Angeles<sup>27</sup> la rete tranviaria misura 1.460 km e trasportava il 70% dei pendolari. Gli *streetcar* dominavano la scena urbana, ma la concorrenza – è il caso di dirlo – scaldava i motori. Negli stessi anni Venti il numero di automobili supera i 20 milioni, ma mentre

<sup>24</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=0WORIrhPc8M>

<sup>25</sup> <https://www.streetcar.org/gm-conspiracy-kill-streetcars/>

<sup>26</sup> <https://la.curbed.com/2017/9/20/16340038/los-angeles-streetcar-conspiracy-theory-general-motors>

<sup>27</sup> <https://www.theguardian.com/cities/2016/apr/25/story-cities-los-angeles-great-american-streetcar-scandal>



montava la pressione per l'utilizzo dell'automobile, il tram restava la tecnologia più importante di trasporto pubblico urbano. Perché, come abbiamo visto, il tram era il trasporto pubblico urbano.

È stato un passaggio che ha mutato radicalmente l'aspetto dei paesaggi urbani nel Nord America e in Europa occidentale (nel mondo *Occidentale*, resta esclusa solo l'allora Repubblica Federale di Germania). I fatti: nel 1922 il capo di General Motors Alfred P. Sloan crea un gruppo di lavoro con l'incarico di screditare e sostituire il tram elettrico in favore del motore a scoppio. La prima azione del gruppo è stata la messa in strada su una via centrale di Los Angeles, di un nuovo prototipo di autobus che seguiva lo stesso identico percorso di uno *streetcar*. Il progetto fu accompagnato da una campagna mediatica senza precedenti: il bus era sempre più veloce del tram, anche solo di qualche minuto. L'esito della gara era scontato: le immagini seguivano lo standard di quello pubblicitario che mostrano il prima e dopo l'applicazione di una miracolosa crema antirughe. Prima, la città è grigia con i suoi tram nell'oscurità. Dopo è raggianti con i nuovi autobus in piena luce. Inevitabilmente la linea di tram fu chiusa alla fine del primo mese di convivenza. Al tempo vi erano centinaia di linee tramviarie a Los Angeles, così il caso della chiusura di una di esse appariva un fatto degno di nota. I primi segni delle grandi rivoluzioni passano spesso inosservati e General Motors (GM) è determinata, per prima, all'eliminazione della concorrenza. In qualità di seconda compagnia mondiale dopo la Ford, GM offre ai politici municipali delle Cadillac gratis, affinché approvassero emendamenti favorevoli alla compagnia. GM stringe degli accordi con le compagnie di trasporto merci su ferrovia che si occupano del trasporto degli autoveicoli usciti dagli stabilimenti. La stessa GM esercita tutta la pressione finanziaria originata dalle sue finanze in vorticoso crescita sulle banche nelle piccole comunità, perché chiudessero i cordoni della borsa alle compagnie di trasporto locale. Nel giro di qualche anno è la stessa GM a ordinare di ridare respiro a quelle compagnie ridotte alla fame. Ma ad una condizione: che sostituiscano i loro tram con autobus, magari proprio di GM.

Nel 1932 GM fonda la United Cities Motor Transportation (UCMT), per l'acquisto di compagnie tramviarie in aree urbane e la riconversione (per motivi di efficienza operativa) all'esercizio su gomma. In seguito all'acquisto delle reti tramviarie, la stessa UCMT procede alla rimozione di rotaie e rete aerea dalle strade. Completata la conversione, la UCMT rivende l'esercizio delle reti di autobus a prezzi vantaggiosi. Unica clausola vincolante che per trent'anni non venissero riconvertite a tram. In particolare, si chiedeva che "il parco rotabile adottato non utilizzasse combustibile o altri metodi di propulsione alternativi, a eccezione di diesel o benzina". La vantaggiosità unidirezionale dei contratti era spiegata dall'altra clausola favorevole a GM come produttrice dei nuovi autobus.

Nell'anonimato della piccola Galesburg nell'Illinois, la UCMT chiude la sua prima acquisizione nel 1933. Aveva già smantellato le reti tramviarie in tre centri urbani, prima di ricevere il richiamo ufficiale dell'American Transit Association. A seguito di quel richiamo, nel 1935 GM scioglie la UCMT. GM cambia strategia: non segue più una sola linea alla luce del sole ma moltiplica la sua azione sia sul mercato che in chiave di lobbying politica.

Nel 1936 GM si unisce con la Greyhound per formare il National City Lines. Nel 1938 le due società collaborano con la Standard Oil della California per creare la Pacific City Lines. Nel 1939 Phillips Petroleum e Mack Truck si uniscono alla National City Lines.

Nel 1943 nasce American City Lines: obiettivo le grandi metropoli delle due coste dove la strategia di conversione coatta di GM trova gli ostacoli maggiori. Nelle aree urbane più grandi le linee dei tram erano spesso di proprietà delle compagnie elettriche, le quali con i guadagni della vendita dell'energia elettrica, potenziavano la rete e confermano il loro monopolio in un circolo tutto sommato virtuoso. Le compagnie elettriche beneficiano di sconti fiscali che gli permettono di assorbire i deficit del servizio tranviario.

Intanto, mentre negli Stati Uniti era ormai in atto una espulsione del trasporto elettrico dalle città, in Europa la rivoluzione muoveva i primi timidi passi. Un allineamento che nasce dall'opera di



persuasione di un Henry Ford che faceva la spola mensile tra le capitali del vecchio continente e Detroit e culmina nel monito pronunciato da Mussolini di "togliere dalla vista quegli orrendi mezzi sferraglianti" indicando i tranvetti di Piazza Venezia. Eppure, in tempi di autarchia, il trasporto elettrico era l'unico modo di aggirare il salatissimo prezzo delle sanzioni sulla vendita petrolio ai Paesi dell'Asse.

Intanto GM punta dritta a Washington dove la sua azione persuasiva trova nei lobbisti del mercato elettrico una muraglia apparentemente invalicabile. Tra il 1927 e il 1931 produce quasi 6.000 pagine di dossier per il Congresso, sottolineando il danno erariale conseguente a questi sconti. Ma erano anni in cui nessuno si occupava di inquinamento ambientale e dei danni alla salute dalla combustione – perlomeno non al Congresso degli Stati Uniti. La strategia di GM fu un successo.

Il Public Utility Holding Company Act del 1935 vietò il cumulo dei servizi per aziende di pubblico esercizio. Le compagnie elettriche non potevano svolgere servizi di mobilità e viceversa. Le compagnie erano troppe per accordarsi in una reazione condivisa: l'efficacia lobbistica a direzione centralizzata di GM, con l'appoggio di Ford e Chrysler era sproporzionata.

Così le compagnie locali di trasporto, che in precedenza avevano rifiutato le avance di GM, accettano a una a una le proposte d'acquisto: ma ora è GM a tenere il coltello per il manico e a gestire la trattativa. In appena 19 mesi GM smantella 148 km di rete tramviaria nella sola Manhattan. Dopo aver trasformato con (proprio) successo il sistema tramviario di New York, GM & co. puntano a Tulsa, Philadelphia, Montgomery, Cedar Rapids, El Paso, Baltimora, Chicago e Los Angeles. In meno di dieci anni, sono 45 le grandi città che perdono le proprie *streetcar* network a favore dei nuovi autobus.

Nel 1954 il 90% della dote tramviaria statunitense è stato letteralmente mandato al macero. GM nega che ci sia mai stato un complotto, alcuni economisti sostengono perfino che GM abbia salvato il traffico pubblico. Ma le prove ci sono e, con le mutate sensibilità, assumono contorni imbarazzanti quando non allarmanti. Edwin Black<sup>28</sup> nel libro "*Internal Combustion*", racconta ad esempio che GM<sup>29</sup> e altre compagnie minori sono state condannate dal Dipartimento di Giustizia, da una Commissione del Senato e diverse corti (da quella di una insignificante contea del Nebraska alla Corte Suprema) per pratiche antitrust, parte di un premeditato complotto internazionale. In una sezione dell'arringa del 1947, i pubblici accusatori<sup>30</sup> davanti al Grand Jury hanno dichiarato:

*"Con inizio attorno al 1 gennaio 1937, poiché la data esatta è sconosciuta al Grand Jury, inclusa la data del rinvio di quest'Accusa, i difensori, assieme ad altre persone sconosciute al Grand Jury, sono stati coinvolti coscientemente e in forma continuata in un accordo sleale e illecito parte di un complotto per l'acquisizione di un reale interesse finanziario in una parte maggioritaria delle compagnie che forniscono il servizio di trasporto locale in varie città, grandi e piccole, e contee di alcuni stati degli Stati Uniti per eliminare ed escludere la concorrenza nella vendita degli autobus, dei derivati del petrolio, dei pneumatici e delle camere d'aria alle compagnie locali di trasporto in possesso o controllate oppure nelle quali la National City Lines [...] aveva un reale interesse finanziario."*

Il verdetto fu di colpevolezza: eppure la condanna per aver distrutto un modello di trasporto di massa fino ad allora efficiente è stata commutata in una multa di 5.000 dollari. Non proprio un deterrente

---

<sup>28</sup> <https://internalcombustionbook.com/>

<sup>29</sup> Audizione del Senato degli Stati Uniti (1974). *Hearings before the Sub-Committee on Antitrust and Monopoly of the Committee on the Judiciary United States Senate, Ninety-third Congress, Second Session on S.1167 Part 4 Ground Transportation Industries, April 4, 9, 10 and 11*, <https://openlibrary.org/books/OL13510163M>

<sup>30</sup> Snell, Bradford (26 febbraio 1974a), *Statement of Bradford C. Snell Before the United States Senate Subcommittee on Antitrust and Monopoly*, [http://libraryarchives.metro.net/DPGTL/testimony/1974\\_statement\\_bradford\\_c\\_snell\\_s1167.pdf](http://libraryarchives.metro.net/DPGTL/testimony/1974_statement_bradford_c_snell_s1167.pdf)

per una compagnia che allora ne valeva milioni di dollari. Dopo il verdetto del 1947, la National City Lines sospende le sue attività anti-tram: ormai il processo era irreversibile. È sul modello statunitense che in meno di un ventennio si smantellano il 100% delle reti spagnole e inglesi, il 97% di quelle francesi, l'85% di quelle italiane.



Figura 5.3 – La dismissione degli impianti tranviari italiani ha seguito un percorso diverso da quello nordamericano, restando molto incentrata sul trasporto pubblico – la motorizzazione di massa arriverà solo negli anni Sessanta – e quindi presentandosi come adeguamento ai nuovi e più prestanti mezzi su gomma, prima filobus poi autobus

Dunque, le parole<sup>31</sup> pronunciate nel 1925 da Mussolini durante la cerimonia d'insediamento del Cremonesi a capo del Governatorato - organismo amministrativo direttamente dipendente dal Ministro dell'Interno, carica sempre ricoperta dallo stesso Mussolini – si riassume il programma del duce per il trasporto pubblico di Roma e non solo. Queste erano le direttive del capo del fascismo (sovente tutt'altro che autocratico), che la potenziata struttura tecnologica denominata dal 1927 ATAG, Azienda Tramvie e Autobus del Governatorato, si accingeva a realizzare. E negli anni Trenta, il regime riuscì davvero a dare volto alla città fascista, concretizzando in forme monumentali e percorsi urbani consolidati la sua visione di *Romanità*. Nel decennio che precede la Seconda guerra mondiale vengono portati a termine i grandi piani di isolamento delle emergenze archeologiche, demoliti interi brani di storia urbana per creare gli spazi d'esibizione dei riti di massa del regime. E sarebbe stata completata la "bonifica sociale" dei rioni storici, deportato nelle lontane "borgate" in via di costruzione il popolo, un po' anarchico e irruento, dai mille mestieri poveri, che li abitava da

<sup>31</sup> "Voi toglierete dalle strade monumentali di Roma la stolta contaminazione tranviaria, ma darete modernissimi mezzi di comunicazione alle nuove città che sorgeranno, ad anello, intorno alla antica", dal Discorso di Benito Mussolini, in Campidoglio, il 31 dicembre 1925, <http://www.adamoli.org/benito-mussolini/pag0342-.htm>

secoli. A tutto ciò fu dunque funzionale la "rivoluzione" del traffico partita il 1° gennaio 1930, quando "venne attuata, in modo simultaneo, una completa trasformazione dell'esercizio, consistente principalmente nella sostituzione nel centro della città delle tramvie con autobus": già nel 1927 era stata riacquisita dall'ATAG l'accresciuta rete degli autobus che nel 1924 era stata appaltata dall'amministrazione Cremonesi alla privata "Società anonima trasporti Ugolini".

Il ruolo della grande industria - specie quella automobilistica - nel finanziamento dei regimi europei della prima parte del Novecento è cosa nota. Ma l'interesse di un settore come quello dell'automobile - e del trasporto su gomma - andava oltre: l'obiettivo era costruire un quadro esigenziale che avrebbe avuto nello sviluppo della rete stradali - attraverso la diffusione del mezzo privato - la più ovvia delle risposte. Al di là della connotazione politico-ideologica era inevitabile che il tram finisse con il rappresentare quel pericolo *comunista* di un bene condiviso e accessibile a tutti, pertanto da eradicare senza sé e senza ma. Il tram era l'unico concorrente: la ferrovia sulla lunga distanza non è mai stata concorrenziale con l'auto quanto al più complementare. Lo sviluppo del trasporto su gomma, invece, trovava nei servizi pubblici in concessione una via di sviluppo preferenziale.

Il vero competitor del rumoroso tram era il filobus, inizialmente l'efficiente autobus elettrico. La loro diffusione iniziale era affare europeo essendo quasi sconosciuti in Nordamerica. Ma il filobus era il sostituto ideale del tram: una volta su gomma, però, la convenienza energetica di *una tanica di gasolio* rese il passaggio alla trazione termica una ovvietà.

In questo quadro così articolato, la ricerca tranviaria si era fermata a fine Ottocento: cospirazione o no, era evidente che filobus e autobus apparissero moderni in confronto alle vetuste vetture ferrate. Un primo cambiamento ci fu nel 1936 a Roma, quando compare il prototipo di vettura articolata ottenuta utilizzando motrici e rimorchi dei rotabili "otto finestrini" del 1923. Le vetture vennero chiamate *Mater* dal nome della ditta romana che realizzò l'integrazione.

Oltreoceano, sempre nel 1936 terminano i lavori del PCC<sup>32</sup>, *Presidents' Conference Committee* (Comitato dei Presidenti delle Aziende esercenti *Streetcar*). In senso a questo comitato fu elaborato il primo progetto per la produzione di una vettura tranviaria standardizzata comune a tutti gli *States*. Il successo fu enorme, vennero prodotti oltre 5.000 esemplari del modello denominato proprio PCC che, dopo la conclusione della II guerra mondiale, si diffonderà anche in Europa. Un contributo significativo del successo di queste vetture fu dovuto all'attenzione prestata per ridurre a livelli mai visti prima lo stridio in curva e più in generale la rumorosità e le tipiche vibrazioni in marcia mediante l'impiego leghe migliorate per le ruote e sospensioni in gomma: la vetusta *vettura ferrata* non era più sferragliante.

Inizialmente, le vetture PCC furono costruite dalle ditte nord-americane St. Louis Car Company e Pullman Standard, con equipaggiamenti elettrici forniti da General Electric e Westinghouse. Successivamente le PCC si diffusero anche in Europa, dove vennero costruite su licenza dalla belga La Brugeoise et Nivelles, per numerose città belghe e francesi, e dall'italiana Fiat, che ne fornì un lotto alla città di Madrid.

Dopo la Seconda guerra mondiale, il modello PCC conobbe un'enorme diffusione nei paesi del blocco socialista, grazie ai modelli T1, T2 e soprattutto T3 costruiti su licenza dalla cecoslovacca Tatra. Altre ditte (ad esempio la DUEWAG tedesco-occidentale o la Konstal polacca) svilupparono progetti propri ispirandosi alle PCC. Ma nel 1954 ČKD Tatra di Praga acquistò la licenza PCC e costruì 18.680 vetture tipo PCC per l'Est europeo e, soprattutto, l'Unione Sovietica. Un successo unico: negli anni Sessanta Mosca contava 2.250 PCC (7.398 in tutta la Russia); Varsavia 1.399; Praga, 1.328. In Nordamerica invece la Toronto Transit Commission elaborò un proprio prototipo PCC: il parco cittadino arrivò a contarne 765, il quantitativo maggiore fuori dall'Europa.

---

<sup>32</sup> Si veda: <https://www.hawthorntramdepot.org.au/papers/pcc.htm>

Nonostante questi successi che attestavano l'arrivo del tram nella catena di montaggio fordista, il declino tranviario procede inesorabile. Giunte ad una notevole estensione attorno agli anni Trenta, sia come linee urbane che extraurbane, le tranvie restano vittima di scelte politiche a favore della gomma come di un colpevole aggiornamento tecnico che ne ha segnato la massiccia rimozione, in Europa come in America. In Europa gran parte delle reti vengono smantellate. Poche le eccezioni: Milano, Torino, Roma e Napoli in Italia; Lille, Marsiglia e Saint-Étienne in Francia; Blackpool in Inghilterra, la sola Lisbona nella penisola iberica. Fanno eccezione i Paesi dell'area germanica e, soprattutto, i Paesi dell'area sovietica dove la pianificazione urbana socialista non può ammettere la diffusione della mobilità privata quanto il potenziamento dei trasporti condivisi. Così le reti tranviarie e filoviarie vengono preservate e fortemente incentivate a partire dai primi anni Sessanta.

Sta di fatto che l'obsolescenza tecnologica del tram novecentesco è riassumibile in pochi numeri: lunghezza 14-15 metri; 19 tonnellate di tara; 50-60 posti per una velocità massima di 60 km/h.

Se la prima trasformazione tecnologica si palesa negli Stati Uniti con la PCC la seconda si realizza in Francia, ed è una rivoluzione. Nel nord-est francese e in particolare nella Vallonia belga resta, nonostante le incipienti dismissioni nel resto dell'Europa occidentale, un certo interesse per il tram. Non è un caso che resti operativo l'unico tram interurbano del continente, il *tramway della côte Knokke-Panne*. È qui che nasce l'idea di restituire competitività al tram sui bus, mettendoli sotto le strade: è il concetto del premetro, che trova d'altronde pochi ostacoli anche nei fautori della motorizzazione privata per i quali, in fondo, nei depositi o sotto le strade, l'importante è che le strade restino libere ad accogliere la motorizzazione di massa.

La *Renaissance du tramway* affonda le radici nella crisi petrolifera del 1973, uno choc improvviso e di scala planetaria che innesca una serie di riflessioni sul modello di mobilità completamente affidato ai combustibili fossili. Inizialmente si punta sulle metropolitane: Lione e Marsiglia le inaugurano nel 1978, mentre in Italia si estende la rete milanese e a Roma si conclude la linea A. Il premetro non era un discorso limitato alla Vallonia, però: era un modo di concepire la metropolitana che contraddistingueva un approccio ben distinto opposto a quello anglosassone e che si diffonderà come *Stadtbahn* nella Germania occidentale e spesso a scapito del tram su strada (*Strassenbahn*).

Per continuare la storia tranviaria del Secondo Novecento è necessario introdurre una nuova tecnologia, la metropolitana, che al momento è rimasta fuori dalla scena. Nella prima metà del XIX secolo, l'Inghilterra conosce un rapido e intenso sviluppo delle linee e del traffico ferroviario che innerva tutto il Paese verso il centro nevralgico dell'Impero britannico, Londra. Lo sviluppo è vertiginoso e non pianificato: ogni linea ha il suo terminale e moltissimi dei capolinea erano collocati a diversi chilometri dal centro e talvolta addirittura nella prima periferia. Negli anni Trenta dell'Ottocento furono stanziati dei fondi per costruire la cosiddetta *New Road* (oggi corrispondente a Euston Road e Marylebone Road). Il governo colse l'occasione per dare vita ad un progetto di costruzione di una ferrovia protetta lungo il corso del fiume Fleet. Nel 1844 furono presentati diversi progetti per far fronte al crescente traffico stradale che restava bloccato nelle arterie principali della città: la maggior parte veniva scartata senza troppe discussioni. Nel 1851, in seguito alla celebre Grande Esposizione mondiale (quella del Crystal Palace), venne avanzata una nuova idea circa il piano di costruzione della linea lungo la valle del fiume Fleet: si trattava di distanziare i rami ferroviari che convergevano sulla stazione di Paddington. Tale stazione aveva il difetto di essere la più lontana dalla città e formalmente isolata dal resto della rete. Ma il traffico continuava ad aumentare: il collasso avvenne con il completamento della linea per Birmingham e le Midlands. Sulle prime si pensò di chiamare questo nuovo sistema di trasporto come *Bayswater, Paddington and Holbourn Bridge Railway* ma, senza alcun indugio, il nome fu rapidamente sostituito con l'espressione più efficiente di *North Metropolitan Railway*. Finalmente, il 7 agosto del 1854, i progetti di unione di questa nuova linea alle altre furono approvati e il complesso venne definito *Metropolitan Railway* (abbreviato con MetR): in quel preciso momento era nata la metropolitana. Ed era nata con un atto



specifico, quello di mettere sottoterra il traffico ferroviario: questo significa che la metropolitana "alla londinese" si porterà dietro la tecnologia e gli standard ferroviari.

Oltre Manica, la metropolitana di Parigi trae le sue origini da anni di dibattiti, di progetti più o meno velleitari e del braccio di ferro tra lo Stato, favorevole a una rete sotterranea a scartamento metrico<sup>33</sup> connessa a quella nazionale e la città di Parigi, che voleva un collegamento esclusivamente urbano, con stazioni molto ravvicinate e scartamento ridotto. Una scelta che avrebbe estromesso dalla gestione del nuovo sistema urbano le grandi compagnie ferroviarie. Fu l'avvento anche qui dell'Expo (1900, quello della Tour Eiffel e del Grand Palais) ad accelerare il processo: intanto nel 1896, è Budapest inaugura la prima linea tranviaria interamente sotterranea, il Földalatti. Il 20 aprile 1896 il consiglio municipale di Parigi approva il progetto degli ingegneri Fulgence Bienvenüe e Edmond Huet e il *chemin de fer métropolitain* è dichiarato d'interesse pubblico. Così nel modello parigino di metropolitana, a dispetto del nome, sono i tram a finire sottoterra e non i treni. Questo significa che la metropolitana adotta standard non ferroviari: si pensi prima di tutto alla sagoma ridotta dei treni e delle gallerie della metropolitana parigina. Sarà questa differenziazione dall'immutabile standard ferroviario che porterà a sperimentazioni impensabili in ferrovia, come l'adozione di carrelli con pneumatici al posto di quelli tradizionali.



**Marcel Cavallé**

*Secrétaire d'État aux Transports, 1974-1978*

**Concours Cavallé**



Figura 5.4 – Marcel Cavallé, con il suo concorso nazionale, porterà alla nascita del tram francese moderno

<sup>33</sup> Cioè con una distanza tra le rotaie di un metro, inferiore alle distanze che si andavano diffondendo sulle nuove linee ferroviarie che andavano da 1,4 metri in su. Si noti che al tempo non esisteva alcuno standard per lo scartamento ferroviario: ogni impresa tentava di superare le altre per numero di realizzazioni, tentando di assurgere il proprio modo di costruire a standard riconosciuto.

Circa settanta anni dopo, è il ministro dei Trasporti Marcel Cavaillé<sup>34</sup> a rilanciare il tram, con un concorso pubblico bandito nel 1975: il *Concours Cavaillé* ha lo scopo di definire un modello nazionale per la reintroduzione del tram. L'industria non si mobilita subito, ma il concorso prepara il campo progettuale a quella rinascita che, a partire dal 1985 ad oggi porterà alla realizzazione di 30 nuove reti tranviarie 3 tre superstiti agli smantellamenti degli anni Sessanta per una estensione di 1.110<sup>35</sup> km di impianti.

Marcel Cavaillé nasce il 3 febbraio 1927 a L'Isle-sur-Tarn. Ingegnere EDF di formazione e militante del Centro Destra nel 1971 viene eletto senatore per il Dipartimento dell'Haute Garonne. Nel 1974, sotto la presidenza di Valéry Giscard d'Estaing, con Jacques Chirac primo ministro, viene nominato Ministro dei Trasporti: resterà noto per l'introduzione della *carte Orange* e, soprattutto, per il concorso nazionale che legherà per sempre il suo nome a quello del tram. Il 27 febbraio 1975, Cavaillé manda una lettera ai sindaci di 8 grandi città francesi: Bordeaux, Grenoble, Nancy, Nizza, Rouen, Strasburgo, Tolone e Tolosa. Chiede di partecipare al processo di riabilitazione nazionale del tram come mezzo di trasporto ingiustamente considerato obsoleto (in Francia il soprannome popolare del tram è schiaccianoci), studiando, ciascuno per la propria città, delle proposte progettuali che permettano di sfruttare al massimo la viabilità attuale e riducendo al minimo, per contro, le opere civili. Nell'agosto 1975 Cavaillé bandisce il concorso aperto ai costruttori francesi per definire le linee di un nuovo prodotto industriale, a metà strada tra il bus e la metropolitana, il *tramway français standard*, TFS. È il 1975 e, come detto, il tram nell'esagono è relegato a tre sistemi residuali: Lille-Roubaix-Tourcoing (1909); linea 68 di Marsiglia (1893) e linea 1 di Saint-Étienne (1881). All'estero il tram resta relegato all'universo sovietico (con 285.5 km nella sua massima estensione, è San Pietroburgo la rete più estesa di tutti i tempi), ai Paesi alpini (Zurigo, 172 km), alla Germania, al Belgio e all'Olanda, in Europa. Nel resto del mondo in pochissime città: Melbourne (254 km di rete), Toronto (93 km), Calcutta (63 km), San Francisco (59 km), Changchun (53 km), Alessandria d'Egitto (32 km), Sapporo (25 km), Hong Kong (13 km).

La prima a rispondere è Nancy, con un progetto di *Personal Rapid Transit*: una monorotaia lunga 10 km a 5 m d'altezza in pieno centro città che non sposa proprio l'*esprit* del progetto Cavaillé. La prima città francese a vedere il ritorno del tram, anzi l'avvento del tram moderno è una città che per ironia della sorte non era tra le destinatarie dell'invito di Cavaillé: Nantes, nel 1985. Segue Grenoble, nel 1987, Rouen e Strasburgo, nel 1994.

Lato industria, prima classificata nel concorso è l'idea di Alstom (oggi Alstom) e Francorail-MTE; seconda la proposta del gruppo Matra, Brugeoise et Nivelles, TCO. Il primo TFS è un articolato a due casse poggianti su due carrelli motore e un carrello portante centrale. La trazione è effettuata da due motori asincroni in corrente continua. Il pianale non è ancora ribassato. I veicoli sono accoppiabili: la terza cassa viene aggiunte a fine anni Novanta, con la crescita della domanda sulla linea 2 di Nantes.

Strasburgo, Nantes, Grenoble e Parigi mostreranno l'efficacia del tram come elemento di ristrutturazione e rilancio delle aree urbane: sono gli anni Novanta e i progetti per nuove reti tranviarie si susseguono sia in Europa che in Nordamerica. La realizzazione delle linee di tram moderno, avvenute nelle città europee, dimostra come si possano ottenere con il mezzo tranviario numerosi e significativi risultati.

In questa nuova stagione tranviaria, la storia del ritorno del tram a Strasburgo è particolarmente emblematica del processo gestazionale di un progetto tranviario integrato. Nel 1989 le auto circolanti quotidianamente nel centro cittadino erano 240 mila (+20% rispetto a dieci anni prima), cifra enorme in rapporto ai 435 mila residenti nell'area gestita dalla Comunità urbana di Strasburgo (Cus), di cui

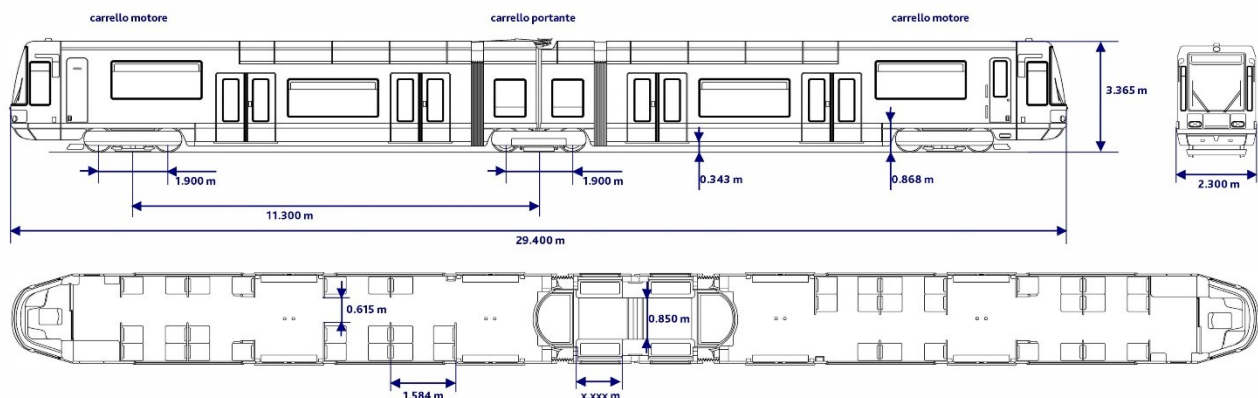
---

<sup>34</sup> Si veda: <https://journals.openedition.org/rhcf/2132>

<sup>35</sup> Dato al 2021, considerando anche i cantieri aperti.

255 mila nel capoluogo. La configurazione viaria della città era tale da incentivare l'attraversamento del centro, soprattutto in senso nord-sud; le conseguenze erano evidenti, basti pensare che nella Rue 22 Novembre, vicino alla centralissima Place Kleber, si registrava giornalmente il passaggio di 50 mila veicoli che determinavano concentrazioni orarie di monossido di carbonio fino a 56 milligrammi per metro cubo (cinque volte il limite odierno OMS), fenomeno aggravato dalle condizioni climatiche particolarmente sfavorevoli. La scelta modale era sempre più sbilanciata a favore dell'auto privata: nel 1988 su un milione di spostamenti/giorno meccanizzati nella Cus, appena l'11% avveniva con i trasporti pubblici e il 15 % con le due ruote; gli autobus, che negli anni Cinquanta e Sessanta avevano sostituito tram e filobus, mostravano una qualità del servizio sempre più scadente.

## Tramway français standard (TFS)



Nantes



Grenoble



Rouen

Figura 5.5 – Il tram francese standard in tre declinazioni locali

La prima idea di dotare il capoluogo alsaziano di un sistema di trasporto pubblico in sede propria risale al 1973, nell'ambito dello *Schema direttore di sviluppo e d'urbanistica*; seguendo l'invito del ministero dei Trasporti a riprendere in considerazione il tram in versione moderna, come soluzione per le città medie francesi (1975), la Cus elaborò un progetto di massima per una prima linea tranviaria sulla direttrice sud, presentato nel 1976 e modificato nel 1979. Fra il 1981 e il 1984 vennero predisposti un progetto più dettagliato, il dossier di inchiesta di utilità pubblica e lo studio di impatto; parallelamente venivano avviati i lavori delle reti tranviarie di Nantes e di Grenoble, rispettivamente attivate nel 1985 e nel 1987.

<sup>(36)</sup> Il successo riscontrato a Lille con il Val<sup>37</sup>, metropolitana leggera automatica attivata nel 1983, indusse la Cus ad approfondire questa soluzione anche per Strasburgo, in alternativa al tram,

<sup>36</sup> Passaggio da E. Porcu, "Il tram di Strasburgo", 1995, Kineo numero 7.

<sup>37</sup> Veicolo automatico leggero, la metropolitana in uso nella metropoli delle Fiandre e che si ritrova, oggi, anche nella linea 1 della metropolitana di Torino.



*soluzione che però si rivelò eccessivamente costosa e ingiustificata per l'entità della domanda della città alsaziana. Nel 1989 la Cus decide quindi di ritornare al progetto tram e affidò alla Cts (azienda dei trasporti pubblici) la concessione della costruzione del tram e dell'esercizio della rete integrata tram più autobus. Il Dossier Tramway, presentato nell'aprile 1990, è un vero e proprio Piano integrato della mobilità, che non si limita a descrivere i progetti inerenti al tram, ma individua interventi integrati sulla viabilità, sui parcheggi, sulla rete degli autobus e sul controllo del traffico e della sosta nel centro, con riferimento a fasi temporali di attuazione dal breve al lungo termine. Le argomentazioni del dossier in favore del tram sono: contenimento dei costi di costruzione; limitazione degli spazi per l'automobile; contestuale operazione di riqualificazione degli spazi urbani; accessibilità garantita dal percorso in superficie con fermate ravvicinate; possibilità di realizzare una rete completa; introduzione di un elemento vitalizzante per la città. Il dossier assume come riferimento di lungo termine una rete di tre linee con alcune diramazioni, per un totale di nove direttrici, con priorità per la linea nord-sud, con attraversamento diametrale del centro secondo il tracciato già individuato dai progetti degli anni Settanta. Questa prima linea, una volta completata, si estenderebbe secondo uno schema a X, comprendente 49 stazioni per uno sviluppo complessivo di 23 chilometri.*

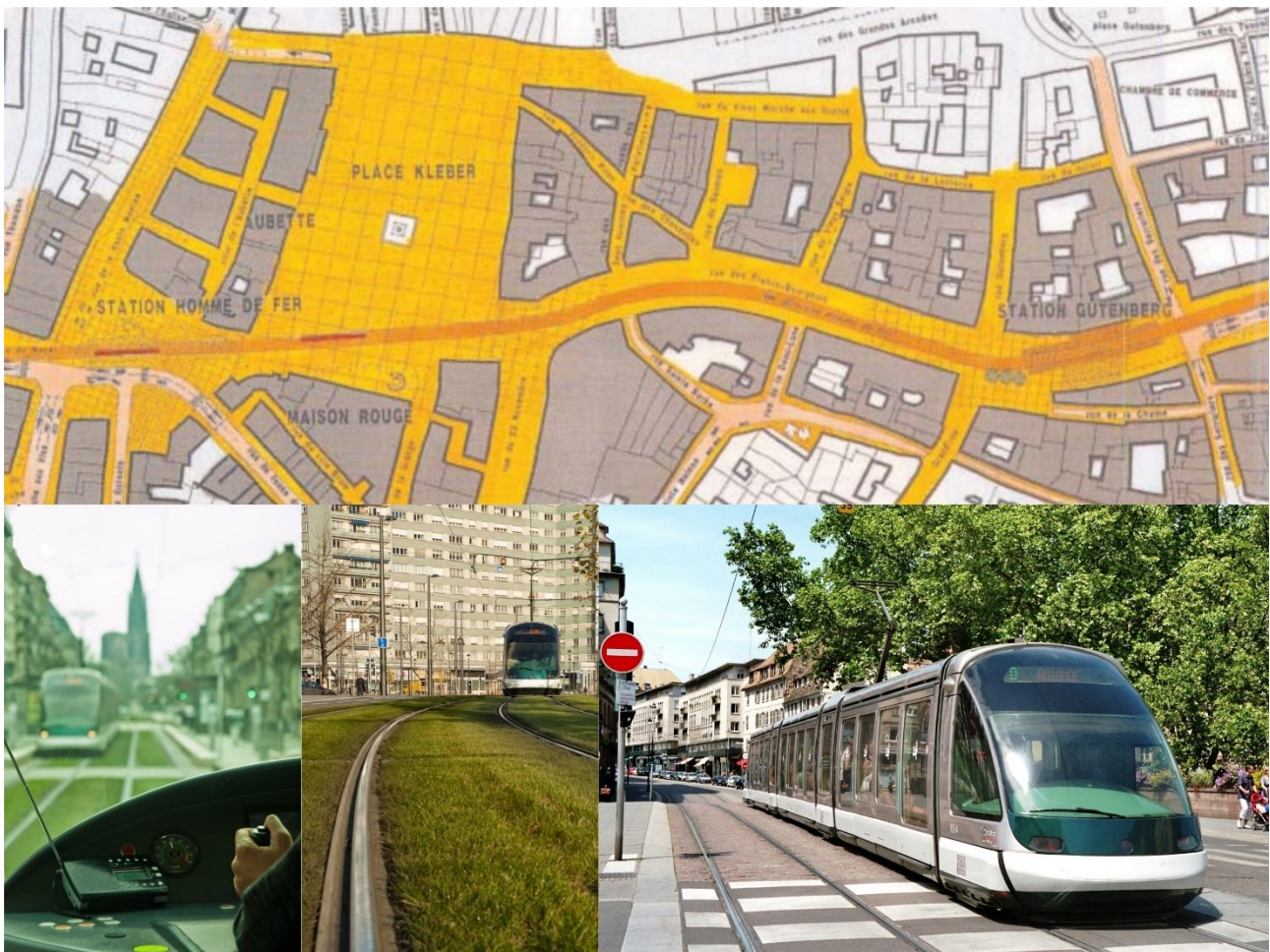


Figura 5.6 – La città di Strasburgo: non la prima ma senza dubbio la più coraggiosa e nota realizzazione tranviaria

*Per la prima fase, comprendente la connessione Hautepierre (nord ovest) - Illkirch (sud), con 26 stazioni (di cui una sotterranea in corrispondenza del sottoattraversamento del fascio ferroviario della stazione) e 12,7 chilometri (di cui 1,4 in galleria), si prevedeva la messa in servizio commerciale per settembre 1994, scadenza quasi perfettamente rispettata per quanto riguarda i 9,8 chilometri da Hautepierre a Baggersee. La seconda fase, prevista per il 1997, presenta ancora due alternative di*



*tracciato da risolvere. Il costo di costruzione della prima linea viene valutato in 1.940 milioni di franchi (valuta 1990), di cui 412 per il materiale rotabile e 392 per il sottopasso della stazione e altre opere minori. Il finanziamento statale incide per soli 330 milioni di franchi, mentre ammonta a ben 518 milioni la quota ottenuta con il Versamento Trasporti<sup>38</sup> (VT).*

A Strasburgo il tram si scopre occasione per un ripensamento degli spazi urbani sia del centro che delle periferie. Nella piazza della stazione, già frequentata ogni giorno da 35 mila persone, si è creata un'ampia piastra pedonale con una vetrata che si affaccia sulla sottostante stazione del tram, profonda 17 metri, che integra il preesistente parcheggio e la nuova galleria commerciale *en-verre* di 3.700 metri quadrati. Era nato il tram moderno: non più un sistema di trasporto ma il frutto di una pianificazione mutuamente integrata dei modi di trasporto dei cittadini e al contempo dello spazio urbano.



Figura 5.7 – La rete tranviaria più estesa oggi al mondo è quella di Melbourne, Australia che oggi conta 24 linee e 255 km di impianti. Trasporta 770mila passeggeri per giorno feriali con una crescita costante dell'1,5% anno

## 5.2. Il tram moderno

Al 2021 risultano in esercizio 420 sistemi tranviari in altrettante città per una lunghezza equivalente di 17.966 km di doppio binario. L'esercizio è organizzato su un totale di 2.371 linee servite da 40.898 mezzi in circolazione di lunghezza variabile tra i 9,85 metri dei servizi storici e i 56 metri dei nuovi

---

<sup>38</sup> La tassa sulle imprese con almeno 9 dipendenti che negli ultimi 20 anni ha consentito il risanamento dei deficit e il potenziamento di molte reti urbane e la realizzazione di metropolitane, tranvie e filovie in diverse città francesi

tram di Budapest. I passeggeri complessivamente trasportati per il giorno feriale medio (al 2019, ultimo anno di servizio pre-pandemico) sono 54,7 milioni.

La realizzazione delle linee di tram moderno, avvenute nelle città europee a iniziare dagli anni Ottanta del secolo scorso, dimostra come si possano ottenere con il mezzo tranviario numerosi e significativi risultati. Il grande vantaggio di una linea tranviaria risiede nel possedere i vantaggi tecnici di una ferrovia uniti alla capacità di percorrere le strade cittadine. La marcia su rotaia garantisce stabilità, confort e ridotti consumi energetici rispetto a veicoli su gomma equivalenti. La guida vincolata permette inoltre di far circolare in sicurezza vetture articolate e accoppiate, ottenendo maggiore capacità per singolo vettore e riducendo il costo umano del servizio. Le linee tranviarie risultano inoltre molto affidabili rispetto alle diverse condizioni climatiche e garantiscono una migliore qualità di servizio percepita presso il pubblico.

L'alimentazione avviene attraverso un pantografo, quindi con una sola linea aerea e senza possibilità di sgancio, mentre il ritorno avviene direttamente sui binari, che fungono anche la messa a terra. Le rotaie hanno inoltre il compito di scaricare uniformemente il peso su tutta la sede viaria, permettendo un carico per asse fino a 11 t. Sempre grazie alle rotaie è tecnicamente possibile il segnalamento in radiofrequenza per servizi ausiliari alla circolazione e per posizionamento. Il disegno geometrico dei binari nel centro cittadino ha in aggiunta un fortissimo contenuto semantico. La circolazione di veicoli tranviari di nuova generazione su linee con armamento di buona qualità garantisce infine una estrema silenziosità, fino a raggiungere valori di 10-12 decibel inferiori rispetto al rumore generato da mezzi su gomma; i moderni veicoli tranviari sono inoltre capaci di accelerazioni elevate, fino a  $1,3 \text{ m/s}^2$ , e frenatura molto efficace grazie alla presenza di freni idraulici e pattini elettromagnetici.

I veicoli tranviari godono, infine, di un ciclo di vita estremamente lungo: affidabilità meccanica, manutenibilità e soprattutto bassa obsolescenza presso il pubblico permettono di ipotizzare una vita utile di almeno 40 anni, contro un valore di 10 - 12 anni per gli autobus, rendendo i maggiori costi facilmente ammortizzabili. In Europa è frequente trovare ancora in servizio vetture tranviarie di 60 o 70 anni, non solo per servizi turistici, anche se una simile longevità di servizio non è plausibilmente ipotizzabile per le vetture di nuova fabbricazione.

L'emergenza del nuovo coronavirus sta mettendo a dura prova la resistenza dei sistemi locali di mobilità. Vale per le grandi e lungimiranti metropoli europee come anche per le più piccole città italiane. Alla fine, ne usciranno prima le città dotate di una governance che precedentemente era stata capace di creare una visione. Pianificazione e programmazione sono i soli elementi capaci di garantire la resilienza tale per risolvere tanto le debolezze strutturali che molte città italiane si trovano ordinariamente ad affrontare quando ad affrontare le sfide di un mondo sempre più complicato: dalla COVID19 alle richieste di un mercato globale che ha trasformato il vecchio confronto tra Stati in una koinè di città in perenne sfida le une con le altre per presentarsi come il posto più allettante dove aprire una nuova sede amministrativa, un nuovo punto vendita o un nuovo centro di ricerca.

La fase pandemica può essere letta come una anticipazione delle problematiche che la mobilità dovrà affrontare nell'immediato futuro: il ritorno a un *business-as-usual* operativamente legato all'insostenibilità delle ore di punta e altrettante fasi di morbida poco remunerative per gli esercenti del trasporto pubblico oppure il ripensamento delle abitudini che stanno a monte del bisogno di mobilità. È il caso dell'adozione di modelli basati sulla complementarità degli orari: ad esempio sfasamento dell'orario di entrata alle scuole primarie e secondarie rispetto a quello degli uffici e delle università. Oppure l'adozione sistematica di una quota di telelavoro e didattica a distanza. Azioni più incisive sono possibili coinvolgendo gli strumenti di pianificazione e regolazione dell'uso del territorio: è il caso del "*Plan ¼ Heure*" che la sindaca Anne Hidalgo<sup>39</sup> ha proposto per Parigi con servizi pubblici essenziali entro non più di 15' di cammino o bicicletta per tutti gli abitanti.

---

<sup>39</sup> Si veda: <https://annehidalgo2020.com/thematique/ville-du-1-4h/>

Alla luce di queste mutate esigenze e nuove consapevolezze, promuovere oggi il tram significa non ripetere l'errore che fu commesso negli anni Sessanta quando il tram fu ingiustamente ritenuto un sistema di trasporto obsoleto e ormai sorpassato. In quegli anni si procedette, troppo velocemente, ad emettere un verdetto - a detta dei più, inevitabile - di condanna del sistema tranviario, che comportò una massiccia dismissione delle reti esistenti, senza che in alcun modo entrassero in gioco concetti come conservazione e modernizzazione.

25 città in Francia, 22 in Italia, 14 in Spagna decisero di rinunciare a quelle sferraglianti vetture, a quei veicoli lenti che intralciavano il sempre più veloce traffico automobilistico, a quei binari e a quella ragnatela di fili sospesi che "abbruttivano" così pesantemente le belle città europee.

A trent'anni di distanza, il tram è considerato senza alcun dubbio una delle soluzioni più efficaci al traffico che attanaglia i centri storici di quelle stesse città, alle polveri di scarico prodotte anche da quelle stesse vetture – gli autobus a motore diesel – che allora apparivano come la soluzione più intelligente al trasporto pubblico.

### 5.3. Il tram in Italia, oggi

Il ritorno del tram moderno in Italia viene istituzionalizzato con legge<sup>40</sup> 211/92 "Interventi nel settore dei sistemi di trasporto rapido di massa". L'importanza di questo dispositivo è riassunta all'art. 1:

*"Ai fini dello sviluppo del trasporto pubblico nelle aree urbane e per favorire l'installazione di sistemi di trasporto rapido di massa a guida vincolata in sede propria e di tramvie veloci, a contenuto tecnologico innovativo atti a migliorare in tali aree la mobilità e le condizioni ambientali, possono avvalersi dei benefici previsti dalla presente legge le città metropolitane, nonché i comuni individuati, su proposta delle regioni interessate, dal Ministro per i problemi delle aree urbane, di concerto con il Ministro dei trasporti, sulla base delle indicazioni del piano generale dei trasporti e, ove esistenti ed aggiornati, dei piani regionali dei trasporti".*

Si tratta del primo tentativo<sup>41</sup> di realizzare una procedura nazionale per l'analisi e la valutazione dei benefici-costi dei progetti di trasporto rapido di massa e successivamente cofinanziarli per una quota variabile tra il 40 e il 70%, lasciando il resto al cofinanziamento degli enti locali, con non poche difficoltà per gli stessi beneficiari. La legge 211, come rilevato dalla Corte dei Conti<sup>42</sup>, non riuscirà nell'intento, lasciando uno iato legislativo per il trasporto rapido di massa, fino alla legge di bilancio 2018 istituisce il Fondo investimenti per le infrastrutture. Il Fondo è istituito ai sensi dell'articolo 1, comma 140 della legge 232 dell'11/12/2016 e la Direzione Generale per i sistemi di trasporto ad impianti fissi e il trasporto pubblico locale del Ministero dei trasporti attiva, attraverso la pubblicazione di un apposito Avviso<sup>43</sup>, le procedure per utilizzare le risorse del Fondo da destinarsi ai sistemi di trasporto rapido di massa.

La 211 finanzia complessivamente 76 interventi per un valore di 11,2 miliardi e una contribuzione statale di 4,4 miliardi: a 25 anni gli interventi attuati o in corso di completamento sono 56, 20 sono le opere definanziate. Restringendo l'analisi ai soli sistemi tranviari, la legge 211 porta – con architetture finanziarie differenti per la copertura della contribuzione locale – al ritorno del tram a Bergamo, Cagliari, Firenze, Messina, Sassari e, come tecnologia *innovativa*<sup>44</sup> a Padova e Venezia.

<sup>40</sup> [http://pont.infrastrutturetrasporti.it/pdf/documentazione/normativa\\_nazionale/legge\\_26\\_febbraio\\_1992.pdf](http://pont.infrastrutturetrasporti.it/pdf/documentazione/normativa_nazionale/legge_26_febbraio_1992.pdf)

<sup>41</sup> Prima si procedeva con l'allocatione del contributo di finanziamento una-tantum in legge ordinaria.

<sup>42</sup> Si veda:

[http://www.rivistacorteconti.it/export/sites/rivistaweb/RepositoryPdf/2017/fascicolo\\_16\\_2017/30\\_CDC\\_gestione\\_4.pdf](http://www.rivistacorteconti.it/export/sites/rivistaweb/RepositoryPdf/2017/fascicolo_16_2017/30_CDC_gestione_4.pdf)

<sup>43</sup> Avviso numero 1: <https://www.mit.gov.it/node/9047>

<sup>44</sup> Il sistema *Translohr* di Lohr Industrie, oggi Alstom, uscito di produzione nel dicembre 2019.

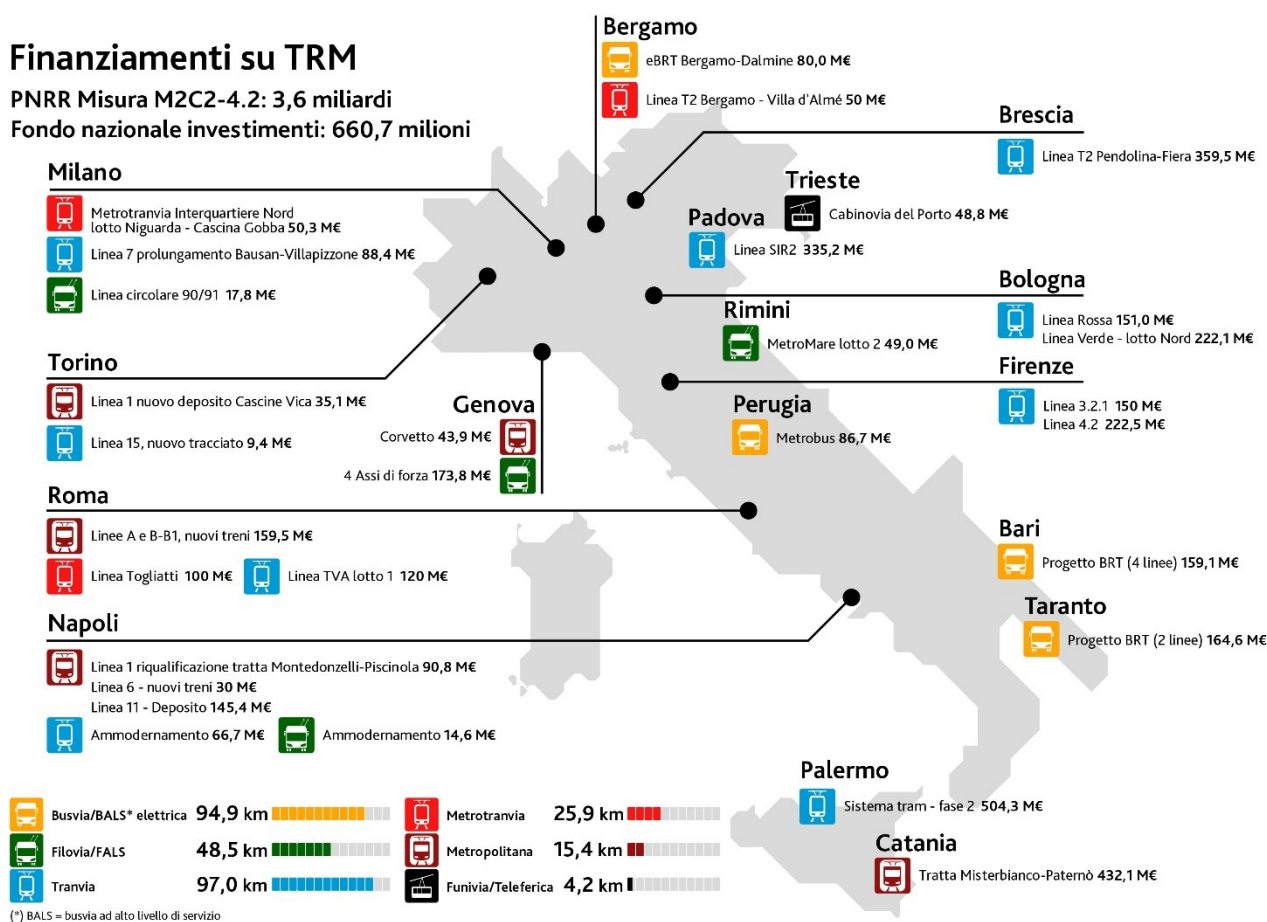


Figura 5.8 – Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, misura M2C2-4.2 Trasporto Rapido di Massa, progetti finanziati

Sono naturalmente finanziati anche nuovi interventi nelle reti storiche, come le 'metrotranvie' di Milano oppure la tratta Argentina – Casaletto, in parte riqualificata e in parte di nuova realizzazione, della linea 8 di Roma. Nel calderone finiscono anche progetti tranviari (il TRC Rimini-Riccione) e poi realizzati come altra tecnologia (filovia ad alto livello di esercizio), oppure (Verona) commutati in altra tecnologia e ancora non attivati e ancora lasciati nel limbo (Latina) quando non parzialmente realizzati (L'Aquila, sistema simile a quello padovano e veneziano) e smantellati perché ritenuti non sostenibili per una città di quelle dimensioni.

La vera trasposizione italiana della *Reinassance* francese è il tram di Firenze che oggi vanta (la linea 1) una delle linee con il maggiore carico feriale (114 mila passeggeri al 2019) e un ambizioso piano di sviluppo delle due linee in esercizio (16,8 km) dalla città alla piana per una estensione della rete al 2030 di circa 50 km. Altri progetti non sono stati altrettanto fortunati: perché interrotti a uno stato embrionale (Sassari, appena 4,3 km) oppure perché affetti da alcuni vizi progettuali e limitati da una gestione discutibile (Messina).

Nel solco della legge 211 si passa dai 336 km degli impianti sopravvissuti alla stagione degli smantellamenti (Napoli, Milano, Roma, Torino e Trieste) si passa a 438 km con poco meno di 102 km di nuove tranvie in 8 città. A questi si aggiungono i 23 km della rete di Palermo, realizzati con fondi europei.

Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, divenuto nel frattempo MIMS, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, è riuscito a fare tesoro degli inciampi ex-post della 211/92 strutturando un percorso di accesso al finanziamento (questa volta al 100%, anche se sono ammesse forme di cofinanziamento locale o forme di partenariato pubblico-privato entro un limite



del 40%) che da un lato ha potenziato la fase di istruttoria dei progetti dedicando il giusto spazio alle analisi benefici-costi e di sostenibilità finanziaria e dall'altro ha vincolato l'emissione del finanziamento all'obbligo giuridicamente vincolante di affidamento dei lavori entro e non oltre il secondo anno successivo all'ammissione, pena la perdita del finanziamento stesso. Si cerca altresì di limitare l'umoralità degli avvicendamenti politici di Giunta tanto in termini di riassegnazione dei fondi ad altri progetti che di variante rilevante del progetto finanziato, anche in questo caso pena la restituzione dei fondi, anticipazioni comprese. Condizione sine qua non l'apertura dell'istruttoria è che la città proponente abbia almeno adottato il PUMS<sup>45</sup>, Piano Urbano della Mobilità Sostenibile e che l'opera oggetto della richiesta di finanziamento sia prevista nello scenario di piano come parte della visione programmatica della città entro i dieci anni di validità del piano stesso.

## Nuovi progetti tranviari ammessi a finanziamento

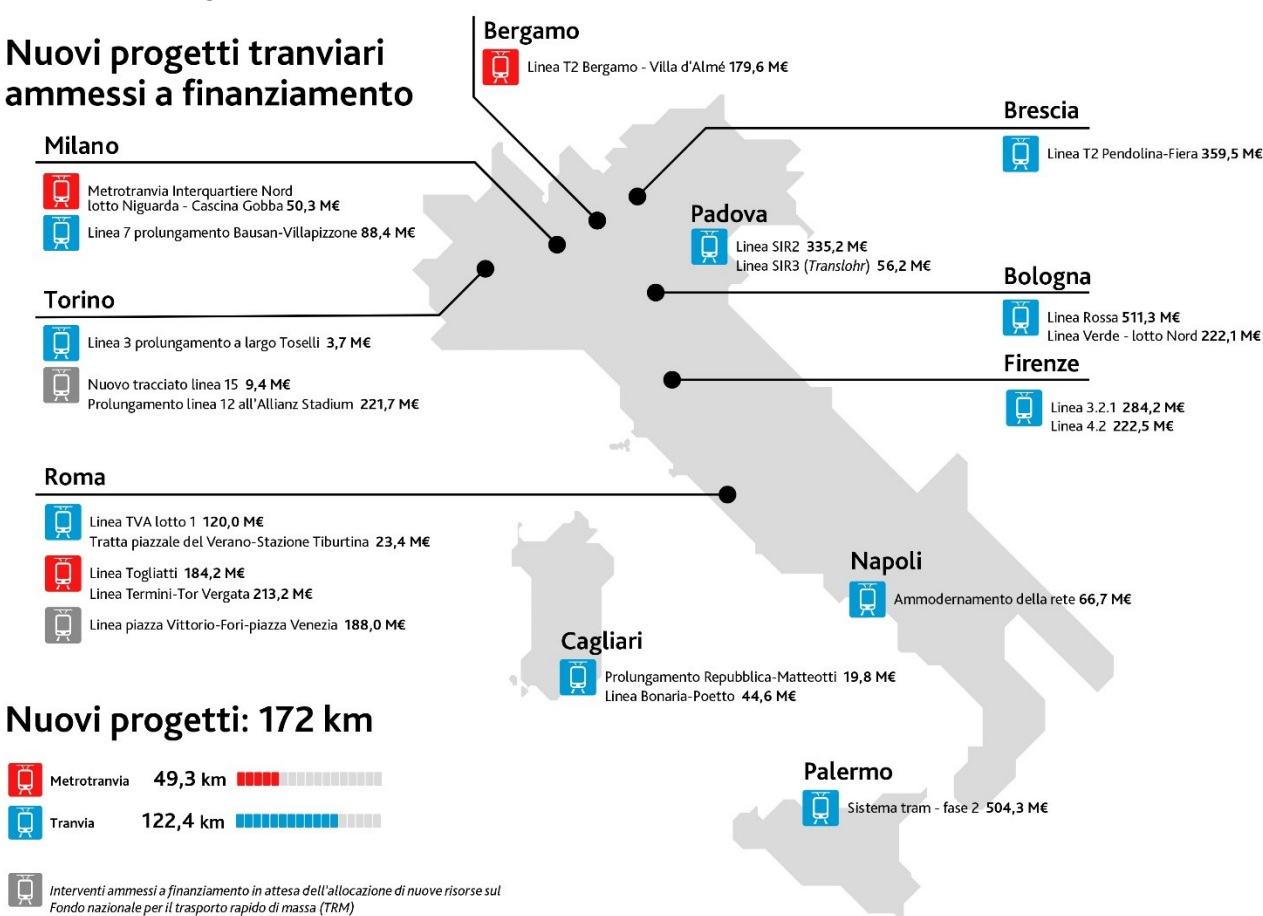


Figura 5.9 - Progetti tranviari finanziati attualmente in Italia da fondi PNRR e ordinari

Ad oggi sono stati banditi due Avvisi<sup>46</sup> per la presentazione di istanze da ammettere a finanziamento, uno con scadenza il 31 dicembre 2018 e il secondo il 15 gennaio 2020. Per quanto riguarda i tram,

<sup>45</sup> Regolati dal DM 4 agosto 2017, "Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile, ai sensi dell'articolo 3, comma 7, del decreto legislativo 16 dicembre 2016, n. 257", <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/10/05/17A06675/sg>

<sup>46</sup> Per l'ultimo, l'Avviso numero 2, è possibile approfondirne la procedura di valutazione alla pagina: <https://www.mit.gov.it/documentazione/addendum-allavviso-n2-presentazione-istanze-per-accesso-alle-risorse-destinate-al>

dal primo Avviso<sup>47</sup> sono scaturiti il finanziamento di una seconda linea a Bergamo; della prima linea di Bologna, del primo lotto della prosecuzione della seconda linea di Firenze da piazza della Libertà a Bagno a Ripoli; a Roma della tranvia Togliatti e della riqualificazione dell'ultimo residuo della linea vicinale a scartamento metrico Roma-Fiuggi-Frosinone come linea Termini-Tor Vergata; a Palermo la fase 2 di completamento della rete tranviaria esistente (oggi divisa in due sistemi distinti) con 40 km di nuove tranvie; interventi minori di riarrangiamento sulla rete storica romana e in quella di Torino.

L'esito dell'istruttoria del secondo Avviso si è sovrapposto allo stanziamento di 3,6 miliardi per il Trasporto rapido di massa da parte del *Recovery Fund* ovvero del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, PNRR, che ha inglobato (in parte come cofinanziamento, in modo da liberare risorse ordinarie per altri interventi) progetti precedentemente ammessi a finanziamento e progetti nuovi tralasciando tutti a una seconda obbligazione vincolante che come è noto è quella della conclusione dei lavori entro il 31/12/2026. Tra i nuovi progetti c'è una seconda linea di tram a Bologna, una linea a Brescia con funzione di integrazione della metropolitana, una linea est-ovest (su ferro questa volta) a Padova, il secondo lotto di una quarta linea a Firenze (il primo lotto finanziato con fondi europei). A Cagliari intanto è finanziato, sempre con fondi comunitari, il prolungamento della linea esistente come tranvia urbana da Repubblica a piazza Matteotti ed è stata finanziata una nuova tratta Bonaria – Poetto mentre a Palermo è finanziata la fase 2 di estensione della rete, per 23 km.

Tra risorse ordinarie e fondi comunitari in appena quattro anni sono stati finanziati 155 km di impianti: vedremo se questo evidente miglioramento porterà al superamento della faticosa soglia dei 100 km realizzati in trent'anni dalla legge 211/92. La complessità e la trasversalità dei progetti maturati soprattutto dalle città di medie dimensioni – quelle cioè dove è più difficile migliorare la ripartizione modale riducendo la quota di viaggi con mezzo privato – come Bologna, Brescia e Padova lascia sperare che sia la volta buona – finalmente anche in Italia - per un cambiamento dei paradigmi sui quali si fonda la pianificazione della mobilità urbana.

---

<sup>47</sup> Si veda il DM607/2019, <https://www.mit.gov.it/normativa/decreto-ministeriale-n-607-del-27-dicembre-2019> e, per la sola linea Termini-Tor Vergata, <https://mit.gov.it/normativa/decreto-ministeriale-08-giugno-2020-n-235>

## 6. Bibliografia

### 6.1. Determinazione dei costi del trasporto urbano di massa

- a) 2004, ITA Working Group Number 13, **Underground or aboveground? Making the choice for urban mass transit systems - A report by the International Tunnelling Association (ITA). Prepared by Working Group Number 13 (WG13). 'Direct and indirect advantages of underground structures'**, Tunnelling and Underground Space Technology 19 (2004) 3–28
- b) 2008, Bent Flyvbjerg, Nils Bruzelius, Bert van Wee, **Comparison of Capital Costs per Route-Kilometre in Urban Rail**, EJTIR, 8, no. 1 (2008), pp. 17-30
- c) 2018, Peter E.D. Lovea, Dominic D. Ahiaga-Dagbui, **Debunking fake news in a post-truth era: The plausible untruths of cost underestimation in transport infrastructure projects**, Transportation Research Part A 113 (2018) 357–368
- d) 2018, Bent Flyvbjerga, Atif Ansara, Alexander Budziera, Søren Buhl, Chantal Cantarellic, Massimo Garbuiod, Carsten Glentinge, Mette Skamris Holmf, Dan Lovallod, Daniel Lunng, Eric Molinh, Arne Rønneisti, Allison Stewartj, Bert van Wee, **Five things you should know about cost overrun**, Transportation Research Part A 118 (2018) 174–190
- e) 2019, Peter E.D. Lovea, Michael C.P. Singb, Lavagnon A. Ikac, Sidney Newton, **The cost performance of transportation projects: The fallacy of the Planning Fallacy account**, Transportation Research Part A 122 (2019) 1–20

### 6.2. Analisi dei costi del trasporto elettrico di massa

- f) 2013, AA.VV., **Etude comparative trolleybus-bus hybrids**, Transitec Ingénieurs-Conseils SA per il Service de l'urbanisme et de l'environnement Ville de La Chaux-de-Fonds, Novembre 2013
- g) 2015, Frances C. Moore, Delavane B. Diaz, **Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy**, Nature Climate Change volume 5, pages 127–131 (2015)
- h) 2016, Moataz Mahmoud, Ryan Garnett, Mark Ferguson, Pavlos Kanaroglou, **Electric buses: A review of alternative powertrains**, Renewable and Sustainable Energy Reviews 62 (2016) 673–684
- i) 2016, A. Ritter, P. Elbert, C. Onder, **Energy Saving Potential of a Battery-Assisted Fleet of Trolley Buses**, IFAC-PapersOnLine 49-11 (2016) 377–384
- j) 2016, Patrick Jochem, Claus Doll, Wolf Fichtner, **External costs of electric vehicles**, Transportation Research Part D 42 (2016) 60–76
- k) 2016, Nam P. Suh, Dong Ho Cho, **Wireless Electric Ground Transportation Systems**, Springer - The On-line Electric Vehicle
- l) 2016, Young Jae Jang, Eun Suk Suh, Jong Woo Kim, **System Architecture and Mathematical Models of Electric Transit Bus System Utilizing Wireless Power Transfer Technology**, IEEE Systems Journal, vol. 10, n. 2, Giugno 2016
- m) 2017, Gert Berckmans, Maarten Messagie, Jelle Smekens, Noshin Omar, Lieselot Vanhaverbeke, Joeri Van Mierlo, **Cost Projection of state-of-the-art Lithium-Ion Batteries for electric vehicles up to 2030**, Energies 2017, 10, 1314; doi:10.3390/en10091314
- n) 2017, D. Connolly, **Economic viability of electric roads compared to oil and batteries for all forms of road transport**, Energy Strategy Reviews 18 (2017) 235e249
- o) 2017, Zicheng Bi, Robert De Kleine, Gregory A. Keoleian, **Integrated Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost Model for Comparing Plug-in versus Wireless Charging for an Electric Bus System**, Yale University, Journal of Industrial Ecology, DOI: 10.1111/jiec.12419
- p) 2017, Fan Tonga, Chris Hendricksonb, Allen Biehlerd, Paulina Jaramillob, Stephanie Seki, **Life cycle ownership cost and environmental externality of alternative fuel options for transit buses**, Transportation Research Part D 57 (2017) 287–302

- q) 2017, Mia Romare, Lisbeth Dahllöf, **The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries**, IVL Swedish Environmental Research Institute 2017, ISBN 978-91-88319-60-9
- r) 2017, **Roadmap to climate-friendly land freight and buses in Europe**, European Federation for Transport and Environment AISBL, Transport & Environment, Giugno 2017
- s) 2017, A. Spinosa, **Enhanced financial analysis to evaluate mass transit proposals in terms of contribution on resilience increasing of urban systems**, in Dell'Acqua G., Wegman F. (2017, a cura di), Transport Infrastructure and Systems: Proceedings of the AIIT International Congress on Transport Infrastructure and Systems (Rome, Italy, 10-12 April 2017), CRC Press, Taylor & Francis Group
- t) 2018, AA.VV., **Electric Buses in Cities**, Bloomberg Finance L.P.2018
- u) 2018, Maria Xylia, Sylvain Leduc, Achille-B. Laurent, Piera Patrizio, Yvonne van der Meer, Florian Kraxner, Semida Silveira, **Impact of bus electrification on carbon emissions: the case of Stockholm**, Journal of Cleaner Production, 10.1016/j.jclepro.2018.10.085
- v) 2018, Matthias Roggea, Evelien van der Hurkc, Allan Larsenc, Dirk Uwe Sauer, **Electric bus fleet size and mix problem with optimization of charging infrastructure**, Applied Energy 211 (2018) 282–295
- w) 2018, Antti Lajunen, **Lifecycle costs and charging requirements of electric buses with different charging methods**, Journal of Cleaner Production 172 (2018) pagg. 56 e 67



## 7. Database dei sistemi tranviari in esercizio nel mondo

Le tabelle seguenti riportano il dettaglio di tutti i sistemi tranviari in esercizio nel mondo al 1° gennaio 2022. I dati passeggeri sono relativi all'ultimo anno disponibile prima dell'inizio dell'emergenza da Cov-Sars-2 (2019, e comunque non antecedenti al 2014).

Le fonti dati sono, nell'ordine di disponibilità:

- L'Amministrazione comunale che ospita il sistema o l'Agenzia distrettuale per la mobilità;
- L'esercente del servizio sull'impianto in esame;
- Il ministero nazionale dei trasporti – o equivalente – del Paese della città in esame;
- L'Agenzia nazionale di statistica.

### *Legenda delle abbreviazioni*

PPD = passeggeri totali per giorno feriale invernale

PPDH = passeggeri totali saliti nell'ora di punta

PPDHd = passeggeri cumulati a bordo sulla direzione di massimo carico in ora di punta

LAC = alimentazione con linea di contatto

APS© = *Alimentation électrique par le sol*, brevetto Alstom per l'alimentazione con pattino strisciante da conduttore inserito tra le rotaie

*TramWave* = sistema di alimentazione da terra di Ansaldo (oggi Hitachi Rail)

BA = alimentazione con accumulatori di bordo, quindi senza sistemi continui lungolinea

*Translohr* = sistema di filovia a vincolo meccanico con pulegge di guida su rotaia unica centrale omologato come tram. Già prodotto di punta di *Lohr Industrie* oggi è un prodotto Alstom che lo ha dichiarato fuori produzione nel dicembre 2019

## 7.1. Lista degli impianti tranviari attualmente operativi nel mondo

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Algeria	Algeri	2011	Tram	23,2	1	69.968	3.016	7.805	3.189	1.435	750	LAC	48
Algeria	Constantine	2013	Tram	18,2	1	38.482	2.618	4.063	1.702	1.435	750	LAC	27
Algeria	Oran	2013	Tram	18,7	1	62.971	3.367	6.959	2.786	1.435	750	LAC	30
Algeria	Ouargla	2018	Tram	9,7	1	17.888	1.844	1.752	779	1.435	750	LAC	23
Algeria	Sétif	2018	Tram	22,4	1	40.815	1.822	4.333	1.931	1.435	750	LAC	34
Algeria	Sidi Bel Abbès	2017	Tram	13,8	1	31.486	2.282	3.261	1.399	1.435	750	LAC	30
Argentina	Buenos Aires	1987	Metrotram	7,4	1	3.893	526	322	173	1.435	750	LAC	17
Argentina	Mendoza	2012	Tram treno	17,1	1	45.517	2.662	4.882	2.039	1.435	750	LAC	11
Aruba	Oranjestad	2012	Tram	1,9	1	1.094	576	77	41	1.435	-	SC	2
Argentina	Buenos Aires	1987	Metrotram	7,4	1	3.893	526	322	173	1.435	750	LAC	17
Argentina	Mendoza	2012	Tram treno	17,1	1	45.517	2.662	4.882	2.039	1.435	750	LAC	11
Australia	Adelaide	1873	Tram	15,2	1	32.593	2.144	3.387	1.469	1.500	600	LAC	20
Australia	Canberra	2019	Metrotram	33	1	15.259	463	1.470	804	1.435	750	LAC	14
Australia	Gold Coast	2014	Metrotram	20,4	1	42.296	2.073	4.506	1.965	1.435	750	LAC	18
Australia	Melbourne	1884	Tram, Metrotram	250,3	24	665.484	2.659	89.230	3.107	1.435	600	LAC	501
Australia	Newcastle	2019	Metrotram	2,7	1	17.630	6.529	1.724	606	1.435	750	BA	6
Australia	Sydney	1997	Metrotram	24,7	3	49.630	2.009	5.366	784	1.435	750	LAC	79
Austria	Linz	1880	Tram	30,4	5	242.424	7.974	30.057	2.024	900	600	LAC	64
Austria	Gmunden	1894	Tram	3,1	1	2.340	757	182	93	1.000	600	LAC	15
Austria	Graz	1878	Tram	70,3	6	168.788	2.512	20.316	1.429	1.435	600	LAC	86
Austria	Innsbruck	1891	Tram/Tram extraurbano	37,6	6	39.394	1.048	4.168	338	1.000	900	LAC	80
Austria	Vienna	1873	Tram/Tram Treno	204,1	31	948.485	4.647	130.536	3.171	1440/1435	600/850	LAC	565
Belgio	Anversa	1873	Tram	116,6	14	409.091	3.508	52.861	3.000	1.000	600	LAC	229
Belgio	Brussels	1869	Tram	142,3	18	451.818	3.214	58.831	2.640	1.435	600	LAC	397
Belgio	Charleroi	1976	Metrotram	33,1	4	24.545	742	2.481	318	1.000	600	LAC	98
Belgio	Gand	1874	Tram	31,8	3	72.727	2.287	8.141	1.164	1.000	600	LAC	116
Belgio	Kusttram	1885	Tram extraurbano	67,5	1	52.121	772	5.661	2.882	1.000	600	LAC	59
Bielorussia	Mazyr	1988	Tram	20,3	4	2.417	119	188	30	1.524	600	LAC	56
Bielorussia	Minsk	1892	Tram	62,9	10	88.182	1.402	10.041	467	1.524	600	LAC	142
Bielorussia	Navapolatsk	1974	Tram	16	2	5.696	356	493	139	1.524	550	LAC	33
Bielorussia	Vitebsk	1898	Tram	36,1	5	31.727	879	3.289	329	1.524	600	LAC	95
Bosnia-Herzegovina	Sarajevo	1884	Tram	11,1	6	83.636	7.535	9.480	539	1.435	600	LAC	95
Brasile	Rio de Janeiro	1877	Metrotram/Tram	34,4	4	119.625	3.477	13.987	1.392	1435/1100	600/750	LAC/APS®	38
Brasile	Santos	2016	Metrotram	11,5	1	24.138	2.099	2.436	1.060	1.435	750	LAC	22
Bulgaria	Sofia	1901	Tram	165,4	15	863.636	5.222	118.050	5.792	1009/1435	600	LAC	176
Canada	Edmonton	1978	Metrotram	24,3	2	322.670	13.279	40.929	6.120	1.435	600	LAC	120
Canada	Calgary	1981	Metrotram	59,9	2	289.221	4.828	36.369	6.797	1.435	600	LAC	218
Canada	Kitchener-Waterloo	2019	Metrotram	19	1	21.015	1.106	2.092	1.009	1.435	750	LAC	14
Cechia	Brno	1869	Tram	70,2	12	591.515	8.426	78.615	4.358	1.435	600	LAC	322

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Cechia	Liberec	1897	Tram	13,4	1	45.455	3.392	4.875	1.949	1.000	600	LAC	33
Cechia	Most-Litvínov	1901	Tram	18,6	2	5.758	310	499	144	1.435	600	LAC	45
Cechia	Olomouc	1899	Tram	15,1	8	77.879	5.158	8.771	404	1.435	600	LAC	66
Cechia	Ostrava	1894	Tram	62,8	15	140.909	2.244	16.706	959	1.435	600	LAC	259
Cechia	Plzeň	1899	Tram	21,7	3	117.576	5.418	13.727	1.671	1.435	600	LAC	121
Cechia	Praga	1891	Tram	142,7	25	1.142.424	8.006	159.353	4.289	1.435	600	LAC	991
Cina	Anren	2016	Tram	1,9	1	7.550	4.081	674	260	1.435	600	LAC	4
Cina	Changchun	1941	Tram/Metrotram	113,5	7	464.545	4.094	60.618	3.342	1.435	600/750	LAC	54
Cina	Chengdu	2018	Tram	39,3	1	54.370	1.383	5.928	2.763	1.435	550	LAC	32
Cina	Dalian	1909	Tram	23,4	2	100.376	4.290	11.560	2.211	1.435	550	LAC	36
Cina	Foshan	2019	Tram	26,9	2	30840	1147	3572	1560	1.435	550	FC	14
Cina	Guangzhou	2014	Tram	22	2	57.622	2.619	6.316	1.323	1.435	550	BA	46
Cina	Hong Kong	1904	Tram	49,6	12	700.136	14.116	94.232	4.626	1067/1435	550/750	LAC	221
Cina	Huai'an	2015	Tram	20,1	1	24.333	1.211	2.458	1.170	1.435	550	BA	27
Cina	Mengzi	2020	Tram	62,3	1	29.740	478	3.063	1.668	1.435	550	BA	38
Cina	Nanjing	2014	Tram	17,2	2	34.212	1.989	3.572	784	1.435	550	BA	24
Cina	Pechino	2017	Metrotram	8,8	1	29.980	3.407	3.090	1.235	1.435	750	LAC	14
Cina	Qingdao	2016	Tram	9	1	19.883	2.209	1.968	849	1.435	550	LAC	18
Cina	Sanya	2019	Tram	8,4	1	24.839	2.968	2.514	1.030	1.435	550	BA	12
Cina	Shanghai	2010	Tram/Translohr	42,1	3	76.383	1.814	8.588	1.277	1.435	550	LAC	18
Cina	Shenyang	2013	Tram	62,4	6	85.830	1.375	9.750	758	1.435	550	BA	40
Cina	Shenzhen	2017	Tram	11,7	2	64.020	5.472	7.085	1.291	1.435	550	SC	22
Cina	Suzhou	2014	Tram	18,1	2	44.733	2.471	4.790	1.014	1.435	550	LAC	18
Cina	Tianjin	2007	Translohr	7,9	1	13.540	1.723	1.288	579	-	750	LAC	8
Cina	Tianshui	2020	Metrotram	12,9	1	31.300	2.426	3.240	1.376	1.435	550	SC	38
Cina	Wuhan	2017	Tram	41,9	3	92.549	2.209	10.583	1.522	1.435	550	BA	42
Cina	Zhuhai	2017	Tram	27,7	2	51.364	1.854	5.571	1.238	1.435	750	TramWave®	32
Colombia	Medellín	2015	Translohr	4,3	1	12.093	2.812	1.137	470	-	750	LAC	12
Corea del Nord	Chongjin	1999	Tram	7,3	1	15.940	2.184	1.542	667	1.435	600	LAC	28
Corea del Nord	Pyongyang	1991	Tram	53,5	4	164.839	3.081	19.802	2.014	1000/1435	600	LAC	282
Corea del Sud	Kaoshiung	2015	Metrotram	14,6	1	11.390	780	2.080	1.452	1.435	750	BA	24
Croazia	Osijek	1926	Tram	12	2	27.879	2.323	2.854	610	1.000	600	LAC	26
Croazia	Zagreb	1891	Tram	54,2	19	709.091	13.083	95.527	3.018	1.000	600	LAC	271
Danimarca	Aarhus	2017	Metrotram	110,3	2	36.364	330	3.819	1.092	1.435	750	LAC	26
Emirati Arabi Uniti	Dubai	2014	Tram	10,6	1	12.891	1.216	1.220	580	1.435	750	APS®	11
Ecuador	Cuenca	2020	Tram	20,4	1	132.727	6.506	15.657	5.507	1.435	750	LAC	14
Egitto	Alessandria	1863	Tram	32,5	20	104.952	3.229	12.134	490	1.435	600	LAC	283
Estonia	Tallinn	1888	Tram	19,7	4	54.317	2.757	5.922	615	1.067	600	LAC	70
Etiopia	Addis Ababa	2015	Metrotram	31,6	2	175.086	5.541	21.138	3.843	1.435	750	LAC	41
Finlandia	Helsinki	1891	Tram	96,2	11	218.182	2.268	26.821	2.095	1.000	600	LAC	132
Finlandia	Tampere	2021	Tram	16,3	2	34.000	2.086	3.548	773	1.435	750	LAC	19

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Francia	Angers	2011	Tram	12,3	1	37.890	3.081	3.995	1.626	1.435	750	LAC/APS®	37
Francia	Aubagne	2014	Tram	2,8	1	3.086	1.110	248	120	1.435	750	LAC	7
Francia	Avignon	2019	Tram	5,2	1	8.517	1.638	771	350	1.435	750	LAC	10
Francia	Besançon	2014	Tram	14,5	2	38.880	2.681	4.109	857	1.435	750	LAC	19
Francia	Bordeaux	2003	Tram	77,3	4	330.909	4.281	42.057	4.023	1.435	750	LAC/APS®	130
Francia	Brest	2012	Tram	14,3	1	46.880	3.278	5.042	2.029	1.435	750	LAC	20
Francia	Caen	2019	Tram	16,2	3	53.332	3.292	5.805	778	1.435	750	LAC	26
Francia	Clermont-Ferrand	2006	Translohr	15,9	1	69.974	4.401	7.806	2.971	-	750	LAC	31
Francia	Digione	2012	Tram	19	2	85.949	4.524	9.765	1.848	1.435	750	LAC	33
Francia	Grenoble	1987	Tram	43,7	5	224.373	5.134	27.645	2.041	1.435	750	LAC	103
Francia	Le Havre	2012	Tram	13	2	64.221	4.940	7.109	1.323	1.435	750	LAC	22
Francia	Le Mans	2007	Tram	18,9	2	51.384	2.719	5.574	1.160	1.435	750	LAC	34
Francia	Lille	1909	Tram	17,5	2	40.815	2.332	4.333	926	1.000	750	LAC	24
Francia	Lione	2001	Tram/Tram Treno	72,7	6	346.485	4.766	44.196	2.760	1.435	750	LAC	91
Francia	Marsiglia	1893	Tram	12,7	3	74.635	5.877	8.374	1.003	1.435	750	LAC	26
Francia	Montpellier	2000	Tram	60,5	4	293.524	4.852	36.954	3.450	1.435	750	LAC	84
Francia	Mulhouse	2006	Tram/Tram Treno	35,2	4	65.374	1.857	7.249	805	1.435	750	LAC	24
Francia	Nancy	2000	TVR	11,1	1	43.231	3.895	4.615	1.798	-	750	LAC	25
Francia	Nantes	1985	Tram	44,3	3	236.061	5.329	29.205	3.568	1.435	750	LAC	91
Francia	Nizza	2007	Tram	24,2	3	213.470	8.821	26.195	2.875	1.435	750	LAC/BA	39
Francia	Orléans	2000	Tram	29,3	2	82.667	2.821	9.360	1.935	1.435	750	LAC/APS®	43
Francia	Parigi	1992	Tram/Tram Treno/Translohr	126,4	10	849.297	6.719	115.947	4.051	1.435	750	LAC	286
Francia	Reims	2011	Tram	11,2	2	45.918	4.100	4.929	951	1.435	750	LAC/APS®	18
Francia	Rouen	1994	Tram	15,1	1	63.745	4.222	7.052	2.706	1.435	750	LAC	28
Francia	Saint-Etienne	1881	Tram	11,7	3	58.939	5.037	6.474	800	1.000	600	LAC	56
Francia	Strasburgo	1994	Tram	49,1	6	234.242	4.773	28.962	1.808	1.435	750	LAC	94
Francia	Tolosa	2010	Tram	17,2	2	39.697	2.308	4.204	900	1.435	750	LAC	28
Francia	Tours	2013	Tram	15,5	1	64.231	4.144	7.111	2.738	1.435	750	LAC/APS®	21
Francia	Valenciennes	2006	Tram	33,8	2	34.777	1.029	3.637	887	1.435	750	LAC	30
Germania	Augsburg	1881	Tram	50,1	5	136.970	3.017	16.200	1.323	1.000	750	LAC	86
Germania	Bad Schandau	1898	Tram	7,9	1	2.182	276	168	98	1.000	600	LAC	9
Germania	Berlino	1865	Tram	196,3	22	630.303	3.256	84.170	3.083	1.435	600	LAC	386
Germania	Bielefeld	1991	Stadtbahn	38	4	106.364	2.799	12.311	1.274	1.000	750	LAC	81
Germania	Bochum, Gelsenkirchen	1894	Stadtbahn/Tram	100,9	7	157.576	1.562	18.858	1.231	1.000	600/750	LAC	109
Germania	Bonn	1975	Stadtbahn/Tram	125,3	3	136.364	1.088	16.122	2.600	1.435	750	LAC	56
Germania	Brandenburg an der Havel	1897	Tram	16,3	4	2.788	171	221	34	1.000	600	LAC	18
Germania	Braunschweig	1879	Tram	39,6	6	96.970	2.447	11.134	787	1.100	600	LAC	74
Germania	Brema	1876	Tram	79,3	8	275.758	3.477	34.545	1.719	1.435	600	LAC	153
Germania	Chemnitz	1880	Tram/Tram-train	82,9	9	324.242	3.911	41.144	1.780	1.435	600/15 kVca	LAC	58
Germania	Colonia	1968	Stadtbahn	198,5	12	657.576	3.313	88.091	5.896	1.435	750	LAC	383
Germania	Cottbus	1903	Tram	26,1	4	36.364	1.393	3.819	444	1.000	600	LAC	21
Germania	Darmstadt	1886	Tram	42,3	9	69.697	1.648	7.773	391	1.000	600	LAC	78



Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Germania	Dessau	1894	Tram	12,5	2	13.182	1.055	1.251	304	1.435	750	LAC	10
Germania	Dortmund	1976	Stadtbahn	75,1	8	506.061	6.738	66.468	2.901	1.435	750	LAC	121
Germania	Dresda	1872	Tram	134,4	12	624.242	4.645	83.301	5.229	1.450	600	LAC	190
Germania	Duisburg	1881	Tram	43,7	2	145.455	3.328	17.291	3.469	1.435	750	LAC	56
Germania	Düsseldorf	1876	Stadtbahn	154	11	659.394	4.282	88.353	6.147	1.435	750	LAC	311
Germania	Erfurt	1997	Stadtbahn	45,2	6	127.576	2.822	14.998	1.033	1.000	750	LAC	76
Germania	Essen	1893	Stadtbahn/Tram	72,1	10	436.364	6.052	56.667	2.023	1.000	750	LAC	127
Germania	Francoforte (Oder)	1898	Tram	19,5	5	43.030	2.207	4.591	396	1.000	600	LAC	24
Germania	Francoforte sul Meno	1872	Stadtbahn/Tram	132,2	17	624.848	4.728	83.388	3.682	1.435	600	LAC	373
Germania	Friburgo in Bresgovia	1901	Tram	35,7	6	197.576	5.534	24.092	1.460	1.000	750	LAC	61
Germania	Gera	1883	Tram	18,5	3	29.697	1.605	3.058	464	1.000	600	LAC	40
Germania	Görlitz	1882	Tram	11,4	2	11.212	984	1.046	257	1.000	600	LAC	19
Germania	Gotha	1894	Tram	24,7	5	16.364	662	1.588	165	1.000	600	LAC	24
Germania	Halberstadt	1887	Tram	11,7	2	6.970	596	617	163	1.000	600	LAC	16
Germania	Halle	1882	Tram	87,1	12	260.909	2.996	32.540	2.218	1.000	600	LAC	105
Germania	Hannover	1975	Stadtbahn	123	12	461.818	3.755	60.235	3.939	1.435	600	LAC	261
Germania	Heidelberg	1885	Tram	25,1	6	135.758	5.409	16.045	977	1.000	750	LAC	38
Germania	Heilbronn	1996	Tram-Treno	12,7	3	34.545	2.724	3.610	501	1.435	750/15 kVca	LAC	14
Germania	Jena	1901	Tram	23,3	5	32.424	1.394	3.368	314	1.000	660	LAC	38
Germania	Karlsruhe	1877	Stadtbahn/Tram/Tram treno	80,4	23	540.606	6.967	71.362	2.151	1.435	750/15 kVca	LAC	335
Germania	Kassel	1877	Tram/Tram treno	75,6	11	151.212	2.000	18.034	1.439	1.435	600/15 kVca	LAC	130
Germania	Krefeld	1883	Tram	36,7	4	230.303	6.275	28.436	2.519	1.000	700	LAC	46
Germania	Lipsia	1872	Tram	148,3	15	374.848	2.528	48.109	2.704	1.458	600	LAC	277
Germania	Magdeburg	1877	Tram	65,1	9	69.697	1.087	7.773	418	1.435	600	LAC	108
Germania	Mainz	1883	Tram	29,7	5	103.636	3.489	11.969	952	1.000	750	LAC	35
Germania	Mannheim, Ludwigshafen	1878	Tram/Tram extraurbano	93,8	13	218.485	2.329	26.862	1.767	1.000	750	LAC	110
Germania	Monaco	1876	Tram	82,6	13	385.455	4.667	49.578	2.870	1.435	750	LAC	106
Germania	Mülheim, Oberhausen	1897	Tram	36,2	3	89.091	2.461	10.154	1.433	1.000	750	LAC	25
Germania	Naumburg (Saale)	1892	Tram	2,8	1	665	238	43	26	1.000	600	LAC	34
Germania	Nordhausen	1900	Tram/Tram treno	18	3	16.970	943	1.653	272	1.000	600	LAC	12
Germania	Norimberga	1881	Tram	38,4	5	143.030	3.725	16.979	1.334	1.435	600	LAC	48
Germania	Plauen	1894	Tram	30,1	5	69.091	2.295	7.699	660	1.000	600	LAC	23
Germania	Potsdam	1880	Tram	28,9	7	87.576	3.030	9.966	581	1.435	750	LAC	57
Germania	Rostock	1881	Tram	35,6	6	134.242	3.771	15.851	1.036	1.435	750	LAC	53
Germania	Saarbrücken	1997	Stadtbahn/Tram treno	43,4	1	132.424	3.051	15.618	6.366	1.435	750/15 kVca	LAC	34
Germania	Schwerin	1908	Tram	21	4	37.515	1.786	3.951	442	1.435	600	LAC	48
Germania	Stoccarda	1985 (1867)	Stadtbahn	134,3	17	523.939	3.996	68.998	3.147	1.435	750	LAC	204
Germania	Strausberg	1893	Tram	6,2	1	5.758	929	499	247	1.435	750	LAC	7
Germania	Ulm	1897	Tram	19,1	2	38.485	2.015	4.063	890	1.000	600	LAC	22
Germania	Würzburg	1892	Tram	21,3	5	59.545	2.796	6.547	542	1.000	750	LAC	41
Germania	Zwickau	1894	Tram	19,5	4	29.818	1.529	3.072	352	1.000	600	LAC	32

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Giappone	Fukui	1933	Tram extraurbano/Tram Treno	21,4	1	27.430	1.282	2.803	1.322	1.067	600	LAC	28
Giappone	Hakodate	1913	Tram	10,9	2	14.459	1.327	1.385	325	1.362	600	LAC	33
Giappone	Hiroshima	1912	Tram, Tram extraurbano	35,6	8	121.667	3.418	14.246	711	1.435	600	LAC	192
Giappone	Kagoshima	1912	Tram	13,1	4	24.333	1.858	2.458	273	1.435	600	LAC	38
Giappone	Kamakura, Fujisawa	1902	Tram extraurbano	10	1	29.860	2.986	3.077	1.259	1.067	600	LAC	24
Giappone	Kitakyūshū	1956	Tram extraurbano	16,1	1	27.485	1.707	2.809	1.266	1.435	600	LAC	16
Giappone	Kōchi	1904	Tram	25,3	4	55.303	2.186	6.039	653	1.067	600	LAC	14
Giappone	Kumamoto	1924	Tram	12,4	2	34.288	2.765	3.581	743	1.435	600	LAC	19
Giappone	Kyoto	1910	Tram extraurbano	11	2	15.485	1.408	1.494	347	1067/1435	600	LAC	21
Giappone	Kyoto, Ōtsu	1912	Tram extraurbano	21,6	2	70.788	3.277	7.905	1.590	1.435	1.500	LAC	33
Giappone	Matsuyama	1911	Tram	7,7	5	30.085	3.907	3.102	242	1.435	600	LAC	17
Giappone	Nagasaki	1915	Tram	11,5	5	37.606	3.270	3.962	319	1.435	600	LAC	44
Giappone	Okayama	1912	Tram	4,7	2	12.167	2.589	1.144	240	1.067	600	LAC	12
Giappone	Osaka	1911	Tram	19,5	1	15.153	777	1.459	742	1.435	600	LAC	35
Giappone	Sapporo	1918	Tram	8,9	2	46.455	5.220	4.992	919	1.067	600	LAC	39
Giappone	Takaoka, Imizu	1948	Tram	12,8	2	26.103	2.039	2.655	581	1.067	600	LAC	28
Giappone	Tokyo	1913	Tram/Metrotram	17,2	2	34.398	2.000	3.593	788	1.372	600	LAC	41
Giappone	Toyama	1913	Tram/Metrotram	14,9	6	48.667	3.266	5.252	352	1.067	600	LAC	53
Giappone	Toyohashi	1925	Tram	5,4	3	17.144	3.175	1.671	225	1.067	1.500	LAC	16
Grecia	Atene	2004	Tram	34,9	3	212.121	6.547	26.016	3.046	1.435	750	LAC	50
India	Kolkata	1873	Tram	28,4	6	66.917	2.356	7.435	529	1.435	550	LAC	257
Irlanda	Dublino	2004	Metrotram	42,1	2	146.061	3.469	17.369	3.458	1.435	750	LAC	74
Israele	Gerusalemme	2011	Metrotram	13,8	1	158.167	11.461	18.935	5.868	1.435	750	LAC	45
Italia	Bergamo	2009	Metrotram	12,5	1	12.791	1.023	1.210	591	1.435	750	LAC	14
Italia	Cagliari	2008	Metrotram	12,4	2	11.981	965	1.125	277	950	750	LAC	9
Italia	Firenze	2010	Tram	16,8	2	114.491	6.813	13.336	2.323	1.435	750	LAC	41
Italia	Messina	2003	Tram	7,7	1	9.812	1.274	902	426	1.435	750	LAC	15
Italia	Milano	1881	Tram	181,8	18	293.997	1.617	37.018	1.869	1.445	600	LAC	709
Italia	Napoli	1875	Tram	12,8	3	35.789	2.796	3.753	518	1.435	750	LAC	128
Italia	Padova	2007	Translohr	10,3	1	25.315	2.458	2.567	1.087	-	750	LAC	16
Italia	Palermo	2015	Tram	17,8	4	29.755	1.674	3.065	346	1.435	750	LAC	17
Italia	Roma	1877	Tram	45,2	7	142.586	3.155	16.922	979	1445/950	600/1500	LAC	194
Italia	Sassari	2006	Tram	4,3	1	4.328	1.006	362	177	950	750	LAC	6
Italia	Torino	1871	Tram	91,8	10	180.116	1.963	21.796	959	1.445	600	LAC	239
Italia	Trieste	1902	Tram/Crema	5,2	1	5.689	1.100	492	238	1.000	600	LAC	7
Italia	Venezia	2010	Translohr	20	2	42.686	2.134	4.551	988	-	750	LAC	20
Kazakistan	Oskemen	1959	Tram	10,3	4	33.489	3.251	3.489	351	1.524	550	LAC	40
Kazakistan	Pavlodar	1965	Tram	85,4	7	82.419	965	9.330	657	1.524	550	LAC	112
Kazakistan	Temirtau	1959	Tram	10,9	1	23.049	2.115	2.315	1.007	1.524	550	LAC	25
Lituania	Liepaja	1899	Tram	7,9	1	23.697	3.000	2.387	976	1.000	600	LAC	16
Lituania	Riga	1901	Tram	61,7	8	157.879	2.559	18.897	994	1.524	600	LAC	278

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Marocco	Casablanca	2012	Tram	47,5	2	250.938	5.283	31.199	5.727	1.435	750	LAC	74
Marocco	Rabat-Salé	2011	Tram	31,0	2	82.125	2.649	9.293	1.943	1.435	750	LAC	25
Mauritius	Port Louis	2020	Metrotram	26,0	1	51.328	1.974	5.567	2.448	1.435	750	LAC	18
Messico	Città del Messico	1986	Metrotram	13,0	1	238.007	18.252	29.465	8.120	1.435	750	LAC	24
Messico	Guadalajara	1989	Metrotram	45,8	3	363.956	7.947	46.604	5.235	1.435	750/1500	LAC	78
Norvegia	Bergen	2010	Metrotram	20,4	1	59.091	2.897	6.492	2.671	1.435	750	LAC	12
Norvegia	Oslo	1875	Tram	39,6	6	154.848	3.910	18.505	1.201	1.435	750	LAC	159
Norvegia	Trondheim	1901	Tram	8,8	1	3.142	357	253	143	1.000	600	LAC	13
Nuova Zelanda	Christchurch	1968	Tram	1,5	1	2.390	1.593	186	85	1.435	600	LAC	8
Paesi Bassi	Amsterdam	1875	Tram	95,7	14	350.606	3.664	44.763	2.520	1.435	600	LAC	208
Paesi Bassi	L'Aia	1864	Tram	117,4	12	270.303	2.302	33.808	2.414	1.435	600/750	LAC	211
Paesi Bassi	Rotterdam	1878	Tram	75,3	9	309.333	4.108	39.106	1.676	1.435	600	LAC	118
Paesi Bassi	Utrecht	1983	Tram	28,7	3	51.818	1.806	5.625	837	1.435	750	LAC	75
Polonia	Bydgoszcz	1888	Tram	40,8	9	342.879	8.404	43.700	1.616	1.000	600	LAC	116
Polonia	Cracovia	1903	Tram	90,1	27	587.879	6.525	78.095	2.034	1.435	600	LAC	208
Polonia	Częstochowa	1959	Tram	14,5	3	8.788	606	798	140	1.435	600	LAC	43
Polonia	Elbląg	1895	Tram	15	5	73.636	4.909	8.252	615	1.000	600	LAC	42
Polonia	Gdańsk	1873	Tram	58,1	11	506.061	8.710	66.468	3.990	1.435	600	LAC	157
Polonia	Gorzów Wielkopolski	1899	Tram	12,9	5	9.565	741	877	90	1.435	600	LAC	30
Polonia	Grudziądz	1896	Tram	7,8	2	4.270	547	357	95	1.000	600	LAC	34
Polonia	Katowice (Konurbacji Śląskiej)	1898	Tram/Metrotram	178,2	35	530.435	2.977	69.919	1.636	1.435	600	LAC	357
Polonia	Łódź	1898	Tram	124,1	21	686.957	5.536	92.327	3.198	1.000	600	LAC	453
Polonia	Olsztyn	2015	Tram	10,8	3	23.478	2.174	2.363	341	1.435	600	LAC	24
Polonia	Poznań	1880	Tram/Metrotram	75,8	19	483.913	6.469	63.343	2.348	1.435	600	LAC	431
Polonia	Szczecin	1879	Tram	65,5	12	291.739	4.454	36.711	2.323	1.435	600	LAC	199
Polonia	Toruń	1891	Tram	22	5	81.818	3.719	9.255	728	1.000	600	LAC	58
Polonia	Varsavia	1908	Tram	133,2	25	648.485	4.913	86.783	2.586	1.435	600	LAC	668
Polonia	Wrocław	1877	Tram	85,5	20	354.545	4.221	45.306	1.738	1.435	660	LAC	250
Portogallo	Almada-Seixal	2007	Metrotram	13,5	3	12.242	907	1.152	191	1.435	750	LAC	24
Portogallo	Lisbona	1901	Tram	28,3	6	76.364	2.698	8.586	596	900	600	LAC	57
Portogallo	Porto	2002	Metrotram/Tram	81	9	184.959	2.283	22.432	1.069	1.435	750/600	LAC	115
Portogallo	Sintra	1904	Tram	11,5	1	2.430	211	189	115	1.000	600	LAC	7
Regno Unito	Birmingham	1999	Tram/Metrotram	21,7	1	24.545	1.131	2.481	1.193	1.435	750	LAC	21
Regno Unito	Blackpool	1885	Tram	17,7	1	16.364	924	1.588	787	1.435	600	LAC	33
Regno Unito	Edinburgh	2014	Tram	14,2	1	22.727	1.601	2.280	1.038	1.435	750	LAC	27
Regno Unito	London	2000	Tram/Metrotram	28	4	82.424	2.944	9.330	957	1.435	750	LAC	40
Regno Unito	Manchester	1992	Tram/Metrotram	105,2	8	134.242	1.276	15.851	935	1.435	750	LAC	147
Regno Unito	Newcastle	1980	Metrotram	77,5	2	110.303	1.423	12.807	2.971	1.435	1.500	LAC	89
Regno Unito	Nottingham	2004	Tram/Metrotram	32,1	2	56.667	1.765	6.202	1.389	1.435	750	LAC	37
Regno Unito	Sheffield	1994	Tram/Tram Treno	34,6	5	31.818	920	3.299	327	1.435	750	LAC	32
Romania	Arad	1946	Tram	48	19	21.576	449	2.153	124	1.000	750	LAC	138
Romania	Brăila	1900	Tram	22,7	4	27.636	1.217	2.826	336	1.435	600	LAC	14

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Romania	Bucarest	1871	Metrotram/Tram	137,4	25	377.879	2.750	48.528	1.612	1.435	750	LAC	647
Romania	Cluj-Napoca	1987	Tram	11,7	3	25.939	2.217	2.636	379	1.435	750	LAC	38
Romania	Craiova	1987	Tram	17,6	3	19.455	1.105	1.921	309	1.435	600	LAC	49
Romania	Galați	1900	Tram	20,4	9	35.758	1.753	3.749	187	1.435	750	LAC	62
Romania	Iași	1900	Tram	35	7	85.745	2.450	9.740	590	1.000	600	LAC	178
Romania	Oradea	1906	Tram	23	8	42.424	2.210	4.521	244	1.435	600	LAC	72
Romania	Ploiești	1987	Tram	10,3	2	12.061	1.171	1.133	271	1.435	750	LAC	33
Romania	Timișoara	1869	Tram	30,9	10	133.636	4.325	15.773	602	1.435	600	LAC	119
Russia	Kazan	1899	Tram	59,1	5	636.364	10.768	85.041	5.350	1.524	550	LAC	106
Russia	Smolensk	1901	Tram	21	4	125.212	5.962	14.697	1.316	1.524	550	LAC	71
Russia	Achinsk	1967	Tram	14,2	3	11.818	832	1.108	186	1.524	600	LAC	58
Russia	Angarsk	1953	Tram	33,1	8	24.152	730	2.437	156	1.524	550	LAC	49
Russia	Barnaul	1948	Tram	54	8	164.545	3.047	19.763	1.007	1.524	550	LAC	249
Russia	Biysk	1960	Tram	33,7	7	13.636	405	1.298	103	1.524	600	LAC	90
Russia	Chelyabinsk	1932	Tram	61,4	16	203.636	3.317	24.893	1.249	1.524	550	LAC	293
Russia	Cherepovets	1956	Tram	13,7	4	16.364	1.194	1.588	189	1.524	550	LAC	59
Russia	Cheryomushki	1991	Tram	5,9	1	2.303	390	178	100	1.524	600	LAC	6
Russia	Irkutsk	1947	Tram	23,4	6	69.091	2.953	7.699	526	1.524	600	LAC	77
Russia	Izhevsk	1935	Tram	35,5	11	75.758	2.134	8.512	672	1.524	550	LAC	238
Russia	Kaliningrad	1895	Tram	10,8	1	22.424	2.076	2.246	980	1.000	600	LAC	25
Russia	Kemerovo	1940	Tram	56,1	5	166.970	2.976	20.079	1.644	1.524	550	LAC	80
Russia	Khabarovsk	1956	Tram	33	5	106.061	3.214	12.273	991	1.524	660	LAC	54
Russia	Kolomna	1948	Tram	18	9	57.576	3.199	6.311	283	1.524	550	LAC	56
Russia	Komsomol'sku-na-Amure	1957	Tram	15,7	5	40.303	2.567	4.274	359	1.524	600	LAC	39
Russia	Krasnodar	1900	Tram	61,8	16	69.697	1.128	7.773	467	1.520	550	LAC	251
Russia	Krasnoturyinsk	1954	Tram	3,5	1	5.472	1.563	471	215	1.524	550	LAC	4
Russia	Krasnoyarsk	1958	Tram	28,5	4	153.030	5.369	18.269	1.671	1.524	550	LAC	72
Russia	Kursk	1898	Tram	38	6	52.576	1.384	5.715	444	1.524	600	LAC	105
Russia	Lipetsk	1947	Tram	37	3	73.394	1.984	8.223	1.204	1.524	600	LAC	65
Russia	Magnitogorsk	1935	Tram	73,8	38	237.879	3.223	29.448	626	1.524	550	LAC	280
Russia	Mosca	1872	Tram	164,2	40	830.303	5.057	113.167	2.096	1.524	550	LAC	820
Russia	Naberezhnye Chelny	1973	Tram	50,6	11	92.333	1.825	10.557	855	1.524	550	LAC	131
Russia	Nizhnekamsk	1967	Tram	28,6	7	53.939	1.886	5.877	372	1.524	550	LAC	71
Russia	Nizhny Novgorod	1896	Tram	98,5	15	255.152	2.590	31.765	1.778	1.524	600	LAC	320
Russia	Nizhny Tagil	1937	Tram	39,5	11	70.273	1.779	7.843	638	1.524	600	LAC	106
Russia	Novocherkassk	1954	Tram	19,5	4	47.758	2.449	5.145	545	1.524	600	LAC	20
Russia	Novokuznetsk	1933	Tram	52,2	6	67.697	1.297	7.530	591	1.524	600	LAC	116
Russia	Novosibirsk	1934	Tram	68,7	11	91.030	1.325	10.395	887	1.524	600	LAC	129
Russia	Novotroitsk	1956	Tram	11,4	5	35.455	3.110	3.714	302	1.524	550	LAC	64
Russia	Omsk	1936	Tram	31,7	6	121.152	3.822	14.181	924	1.520	550	LAC	96
Russia	Orsk	1948	Tram	34,3	10	51.848	1.512	5.629	259	1.524	600	LAC	121
Russia	Oryol	1898	Tram	17	3	40.242	2.367	4.267	606	1.524	600	LAC	90



Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Russia	Osinniki	1960	Tram	14,1	2	15.939	1.130	1.542	371	1.524	550	LAC	16
Russia	Perm	1929	Tram	48,5	9	121.485	2.505	14.223	667	1.524	550	LAC	181
Russia	Prokopyevsk	1936	Tram	36,1	7	58.303	1.615	6.398	416	1.524	550	LAC	88
Russia	Pyatigorsk	1904	Tram	23,1	8	50.424	2.183	5.460	295	1.000	550	LAC	75
Russia	Rostov-on-Don	1902	Tram	62,7	5	155.455	2.479	18.583	1.572	1.435	550	LAC	30
Russia	Salavat	1957	Tram	16,7	4	22.121	1.325	2.213	260	1.524	550	LAC	68
Russia	Samara	1915	Tram	69,5	24	187.576	2.699	22.775	791	1.525	550	LAC	432
Russia	San Pietroburgo	1902	Tram	206,9	43	467.879	2.277	61.086	1.220	1.524	550	LAC	785
Russia	Saratov	1908	Tram	54,3	10	164.273	3.025	19.728	805	1.524	550	LAC	234
Russia	Stary Oskol	1981	Tram	23,5	8	29.788	1.268	3.069	181	1.524	550	LAC	88
Russia	Taganrog	1932	Tram	21,6	9	22.909	1.061	2.300	124	1.524	550	LAC	55
Russia	Tomsk	1949	Tram	16,7	4	78.485	4.700	8.846	831	1.524	550	LAC	44
Russia	Tula	1927	Tram	37,4	12	100.303	2.682	11.551	803	1.524	550	LAC	106
Russia	Ufa	1937	Tram	33,5	10	191.818	5.726	23.333	843	1.524	550	LAC	134
Russia	Ulan-Ude	1958	Tram	56,5	4	53.939	955	5.877	725	1.524	550	LAC	83
Russia	Ulyanovsk	1954	Tram	55,6	18	37.576	676	3.958	228	1.524	550	LAC	211
Russia	Usolye-Sibirskoye	1967	Tram	11	4	14.545	1.322	1.394	164	1.524	550	LAC	94
Russia	Ust-Ilimsk	1988	Tram	14,5	2	12.758	880	1.206	301	1.524	550	LAC	53
Russia	Vladikavkaz	1904	Tram	26,3	9	16.091	612	1.559	91	1.524	550	LAC	28
Russia	Vladivostok	1912	Tram	5,1	1	17.182	3.369	1.676	671	1.524	550	LAC	31
Russia	Volchansk	1951	Tram	7,9	1	2.182	276	168	98	1.524	550	LAC	3
Russia	Volgograd	1913	Tram/Metrotram	58,3	12	109.636	1.881	12.723	940	1.520	550	LAC	364
Russia	Volzhsky	1963	Tram	31,1	7	38.061	1.224	4.014	272	1.524	550	LAC	86
Russia	Yaroslavl	1900	Tram	19,7	4	57.909	2.940	6.351	652	1.524	600	LAC	67
Russia	Yekaterinburg	1929	Tram	80,6	30	217.182	2.695	26.688	742	1.524	550	LAC	459
Russia	Zlatoust	1934	Tram	22,5	2	32.061	1.425	3.326	771	1.524	550	LAC	64
Serbia	Belgrade	1892	Tram	43,5	11	164.545	3.783	19.763	1.408	1.000	600	LAC	204
Slovacchia	Bratislava	1895	Tram	41,8	5	52.121	1.247	5.661	536	1.000	600	LAC	244
Slovacchia	Košice	1914	Tram	33,7	7	82.788	2.457	9.375	567	1.435	600	LAC	103
Spagna	Alicante	1999	Tram/Tram treno	110,7	6	36.642	331	3.851	367	1.000	750	LAC	41
Spagna	Barcellona	1901	Tram	29,2	7	90.394	3.096	10.316	599	1.435	750	LAC	41
Spagna	Bilbao	2002	Tram	5,6	1	9.067	1.628	826	375	1.000	750	LAC	12
Spagna	Granada	2017	Metrotram	15,9	1	35.512	2.233	3.721	1.602	1.435	750	LAC	15
Spagna	Madrid	2007	Metrotram	27,8	3	52.152	1.878	5.665	837	1.435	750	LAC	42
Spagna	Murcia	2011	Tram	17,5	2	23.182	1.325	2.330	547	1.435	750	LAC	11
Spagna	Parla	2007	Tram	8,3	1	16.182	1.950	1.568	691	1.435	750	LAC	8
Spagna	Santa Cruz de Tenerife	2007	Tram	15,1	2	45.061	2.984	4.829	988	1.435	750	LAC	26
Spagna	Saragozza	2011	Tram	12,8	1	90.097	7.039	10.279	3.556	1.435	750	LAC/SC	21
Spagna	Siviglia	2007	Metrotram/Tram	20,3	2	72.677	3.580	8.135	1.610	1.435	750	LAC/BA	21
Spagna	Sóller (Maiorca)	1913	Tram	4,9	1	3.985	820	330	167	914	600	LAC	12
Spagna	Valencia	1994	Metrotram	27,2	3	29.644	1.090	3.052	492	1.000	750	LAC	39

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Spagna	Vitoria-Gasteiz	2008	Tram	9,6	2	25.545	2.653	2.592	542	1.000	750	LAC	18
Svezia	Göteborg	1879	Tram	171,8	12	430.606	2.506	55.862	3.930	1.435	750	LAC	263
Svezia	Lund	2020	Tram	5,5	1	11.121	2.022	1.036	454	1.435	750	LAC	7
Svezia	Norrköping	1904	Tram	18,7	2	15.727	841	1.520	382	1.435	750	LAC	16
Svezia	Stoccolma	1901	Tram/Metrotram	40,6	5	185.758	4.703	22.536	1.693	1.435	750	LAC	194
Svizzera	Basilea	1895	Tram	65,7	13	432.424	6.582	56.116	3.029	1.000	600	LAC	327
Svizzera	Berna	1890	Tram	39,6	5	203.548	5.140	24.881	1.837	1.000	600	LAC	57
Svizzera	Ginevra	1862	Tram	35,2	5	304.568	9.193	38.457	2.509	1.000	600	LAC	117
Svizzera	Losanna	1991	Metrotram	7,8	1	45.419	5.830	4.871	1.753	1.435	750	LAC	17
Svizzera	Neuchâtel	1892	Tram	8,9	1	17.613	1.990	1.722	756	1.000	600	LAC	6
Svizzera	San Gallo (AB Trogen)	1903	Tram-Treno	9,8	1	13.593	1.387	1.294	603	1.000	600/1500	LAC	9
Svizzera	Zurigo	1882	Tram	72,9	17	745.185	10.222	100.759	3.774	1.000	600	LAC	258
Taiwan	Kaohsiung	2015	Metrotram	12,8	2	10.497	820	972	245	1.435	750	SC	23
Taiwan	Taipei	2018	Metrotram	7,3	1	26.545	3.636	2.704	1.067	1.435	750	LAC	15
Tunisia	Tunis	1985	Metrotram	45,2	6	319.375	7.066	40.478	2.332	1.435	750	LAC	173
Turchia	Antalya	1999	Tram, Metrotram	36,6	4	159.273	5.291	19.078	2.334	1.435	750	LAC	16
Turchia	Bursa	2011	Tram	9,2	2	34.288	3.727	3.581	703	1.435	750	LAC	32
Turchia	Eskişehir	2004	Tram	37,4	7	136.045	3.638	16.082	907	1.435	750	LAC	33
Turchia	Gaziantep	2011	Tram	19,7	3	90.697	4.604	10.353	1.302	1.435	750	LAC	14
Turchia	Istanbul	1990	Tram/Metrotram	41,6	3	518.742	12.470	68.262	6.910	1.435	750	LAC	170
Turchia	İzmir	2017	Tram	21,6	2	127.197	5.889	14.950	2.684	1.435	750	LAC	38
Turchia	İzmit	2017	Tram	9,2	1	35.394	3.847	3.707	1.448	1.435	750	LAC	20
Turchia	Kayseri	2009	Tram	34,5	2	57.515	1.667	6.304	1.425	1.435	750	LAC	22
Turchia	Konya	1992	Tram	25,5	2	74.106	2.906	8.310	1.709	1.435	750	LAC	60
Ucraina	Dnipro	1897	Tram	87,9	13	238.148	2.709	29.484	1.889	1.524	600	LAC	294
Ucraina	Donetsk	1928	Tram	65,7	12	272.593	4.149	34.117	2.189	1.524	550	LAC	160
Ucraina	Druzhkivka	1945	Tram	10,7	3	16.852	1.575	1.640	250	1.524	550	LAC	17
Ucraina	Horlivka	1933	Tram	28,4	5	14.259	502	1.364	148	1.524	550	LAC	10
Ucraina	Kamianske (Dniprodzerzhynsk)	1935	Tram	39,5	4	24.370	617	2.462	323	1.524	600	LAC	32
Ucraina	Kharkiv	1906	Tram	217,6	13	380.889	1.750	48.945	3.378	1.524	600	LAC	276
Ucraina	Kiev	1892	Tram/Metrotram	162,2	23	357.519	2.204	45.716	1.716	1.524	600	LAC	440
Ucraina	Konotop	1949	Tram	27,8	3	15.222	548	1.466	261	1.524	550	LAC	20
Ucraina	Kryvyi Rih	1986	Tram	18,7	2	82.963	4.437	9.397	1.785	1.520	750	LAC	37
Ucraina	Lviv	1894	Tram	78,4	11	205.481	2.621	25.137	1.914	1.000	600	LAC	133
Ucraina	Mariupol	1933	Tram	100,3	12	106.296	1.060	12.303	996	1.524	550	LAC	69
Ucraina	Mykolaiv	1922	Tram	72,8	7	90.170	1.238	10.288	697	1.524	550	LAC	55
Ucraina	Odessa	1910	Tram	197,3	15	276.085	1.399	34.589	2.145	1.524	550	LAC	227
Ucraina	Vinnytsia	1913	Tram	44,5	6	219.126	4.924	26.947	1.672	1.000	600	LAC	150
Ucraina	Yenakieve	1932	Tram	39,7	3	14.630	369	1.403	264	1.524	600	LAC	10
Ucraina	Yevpatoria	1914	Tram	20	4	38.667	1.933	4.084	451	1.000	600	LAC	30
Ucraina	Zaporizhia	1932	Tram	99,3	7	98.333	990	11.305	792	1.524	600	LAC	150
Ucraina	Zhytomyr	1899	Tram	17,5	1	7.856	449	705	387	1.000	600	LAC	25

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Ungheria	Budapest	1866	Tram	148,6	35	1.220.682	8.217	171.078	3.270	1.435	600	LAC	583
Ungheria	Debrecen	1911	Tram	19,2	2	29.697	1.547	3.058	700	1.435	600	LAC	30
Ungheria	Hódmezővásárhely	2021	Tram/Tram-Treno	3,8	1	-	-	-	-	1.435	600	LAC	6
Ungheria	Miskolc	1897	Tram	11,8	2	39.394	3.338	4.168	836	1.435	600	LAC	34
Ungheria	Szeged	1908	Tram	24,2	5	57.879	2.495	6.347	536	1.435	600	LAC	40
USA (Stati Uniti)	Atlanta	2014	Tram	4,3	1	1.625	378	120	67	1.435	750	LAC	4
USA (Stati Uniti)	Baltimore	1992	Metrotram	48,3	3	35.333	732	3.700	633	1.435	750	LAC	53
USA (Stati Uniti)	Boston	1897	Tram/Metrotram	37,4	1	205.752	5.501	25.173	9.166	1.435	600	LAC	239
USA (Stati Uniti)	Buffalo	1984	Metrotram	10,3	1	25.415	2.467	2.578	1.091	1.435	650	LAC	27
USA (Stati Uniti)	Camden/Trenton	2004	Metrotram diesel	29,1	1	16.763	576	1.631	865	1.435	-	Diesel	14
USA (Stati Uniti)	Charlotte	2007	Metrotram	35,1	1	40.420	1.300	4.287	2.018	1.435	750	LAC	42
USA (Stati Uniti)	Cincinnati	2016	Tram	5,8	1	5.430	936	467	231	1.435	750	LAC	5
USA (Stati Uniti)	Cleveland	1913	Metrotram	29,3	2	14.600	498	1.400	379	1.435	600	LAC	48
USA (Stati Uniti)	Dallas	1989	Tram/Metrotram	160,1	6	106.259	664	12.298	1.066	1.435	750/600	LAC	169
USA (Stati Uniti)	Denver	1994	Metrotram	94,1	8	91.037	967	10.396	640	1.435	750	LAC	176
USA (Stati Uniti)	Detroit	2017	Tram	5,3	1	4.434	837	372	187	1.435	750	LAC/BA	6
USA (Stati Uniti)	El Paso	2018	Tram	7,7	2	2.163	281	166	48	1.435	650	LAC	6
USA (Stati Uniti)	Houston	2004	Metrotram	36,5	3	68.526	1.877	7.630	1.128	1.435	750/600	LAC	156
USA (Stati Uniti)	Hudson County, New Jersey	2000	Metrotram	27,4	3	70.214	2.563	7.835	1.098	1.435	750	LAC	52
USA (Stati Uniti)	Kansas City	2016	Tram	3,5	1	7.741	2.212	693	299	1.435	750	LAC	4
USA (Stati Uniti)	Little Rock	2004	Tram	5,5	1	1.259	229	90	54	1.435	600	LAC	5
USA (Stati Uniti)	Los Angeles	1990	Metrotram	139,9	4	265.812	1.900	33.201	3.674	1.435	750	LAC	406
USA (Stati Uniti)	Memphis	1993	Tram	10,1	1	4.741	469	401	219	1.435	600	LAC	11
USA (Stati Uniti)	Milwaukee	2018	Tram	3,4	1	2.962	871	237	118	1.435	750	LAC	5
USA (Stati Uniti)	Minneapolis	2004	Metrotram	35,1	2	102.031	2.907	11.767	2.419	1.435	750	LAC	64
USA (Stati Uniti)	New Orleans	1835	Tram	35,9	5	29.200	813	3.002	303	1.588	600	LAC	142
USA (Stati Uniti)	Newark	1935	Metrotram	10,1	2	20.111	1.991	1.993	438	1.435	750	LAC	21
USA (Stati Uniti)	Norfolk	2011	Metrotram	11,9	1	5.678	477	491	267	1.435	750	LAC	9
USA (Stati Uniti)	Oklahoma City	2018	Tram	7,7	1	5.330	692	457	237	1.435	750	LAC/BA	7
USA (Stati Uniti)	Philadelphia	1906	Tram/Metrotram	110,7	9	210.152	1.898	25.755	1.267	1435/1581	600	LAC/TR	493
USA (Stati Uniti)	Phoenix	2008	Metrotram	44,8	1	67.605	1.509	7.519	3.456	1.435	750	LAC	56
USA (Stati Uniti)	Pittsburgh	1984	Metrotram	42,2	2	35.779	848	3.752	942	1.588	650	LAC	83
USA (Stati Uniti)	Portland	1986	Metrotram/Tram	107,7	8	185.543	1.723	22.508	1.266	1.435	750	LAC	162
USA (Stati Uniti)	Sacramento	1987	Metrotram	69,1	3	49.748	720	5.380	922	1.435	750	LAC	76
USA (Stati Uniti)	Salt Lake City	1999	Metrotram/Tram	75,3	4	87.042	1.156	9.900	1.186	1.435	750	LAC	151
USA (Stati Uniti)	San Diego	1981	Metrotram	103,5	3	159.113	1.848	19.058	2.825	1.435	600	LAC	128
USA (Stati Uniti)	San Francisco	1878	Metrotram/Tram	59,2	9	221.556	3.742	27.270	1.189	1435/1067	600	LAC	259
USA (Stati Uniti)	San Jose	1987	Metrotram	67,9	3	36.094	532	3.788	678	1.435	750	LAC	150
USA (Stati Uniti)	Seattle	2007	Metrotram/Tram	42,3	2	111.910	3.168	13.010	2.634	1.435	1.500	LAC	69
USA (Stati Uniti)	St. Louis	1993	Metrotram	73,6	2	69.134	939	7.704	1.905	1.435	750	LAC	87
USA (Stati Uniti)	Tacoma	2003	Tram	2,6	1	4.203	1.617	351	159	1.435	750	LAC	3
USA (Stati Uniti)	Tampa	2002	Tram	4,4	1	3.380	777	275	140	1.435	600	LAC	9

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
USA (Stati Uniti)	Tucson	2014	Tram	6,3	1	4.108	652	342	178	1.435	750	LAC	8
USA (Stati Uniti)	Washington	2016	Tram	3,9	1	4.757	1.220	403	191	1.435	750	LAC	6
Uzbekistan	Samarcanda	2017	Tram	11,4	2	37.494	3.289	3.949	794	1.524	550	LAC	20

## 7.2. Lista degli impianti di tram moderno (realizzati a partire dal 1980 in poi)

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Algeria	Algeri	2011	Tram	23,2	1	69.968	3.016	7.805	3.189	1.435	750	LAC	48
Algeria	Constantine	2013	Tram	18,2	1	38.482	2.618	4.063	1.702	1.435	750	LAC	27
Algeria	Oran	2013	Tram	18,7	1	62.971	3.367	6.959	2.786	1.435	750	LAC	30
Algeria	Ouargla	2018	Tram	9,7	1	17.888	1.844	1.752	779	1.435	750	LAC	23
Algeria	Sétif	2018	Tram	22,4	1	40.815	1.822	4.333	1.931	1.435	750	LAC	34
Algeria	Sidi Bel Abbès	2017	Tram	13,8	1	31.486	2.282	3.261	1.399	1.435	750	LAC	30
Argentina	Buenos Aires	1987	Metrotram	7,4	1	3.893	526	322	173	1.435	750	LAC	17
Argentina	Mendoza	2012	Tram treno	17,1	1	45.517	2.662	4.882	2.039	1.435	750	LAC	11
Aruba	Oranjestad	2012	Tram	1,9	1	1.094	576	77	41	1.435	-	SC	2
Australia	Canberra	2019	Metrotram	33	1	15.259	463	1.470	804	1.435	750	LAC	14
Australia	Gold Coast	2014	Metrotram	20,4	1	42.296	2.073	4.506	1.965	1.435	750	LAC	18
Australia	Newcastle	2019	Metrotram	2,7	1	17.630	6.529	1.724	606	1.435	750	BA	6
Australia	Sydney	1997	Metrotram	24,7	3	49.630	2.009	5.366	784	1.435	750	LAC	79
Bielorussia	Mazyr	1988	Tram	20,3	4	2.417	119	188	30	1.524	600	LAC	56
Brasile	Santos	2016	Metrotram	11,5	1	24.138	2.099	2.436	1.060	1.435	750	LAC	22
Canada	Calgary	1981	Metrotram	59,9	2	289.221	4.828	36.369	6.797	1.435	600	LAC	218
Canada	Kitchener-Waterloo	2019	Metrotram	19	1	21.015	1.106	2.092	1.009	1.435	750	LAC	14
Canada	Ottawa	2001	Metrotram	20,5	1	214.944	10.485	26.391	8.353	1.435	1.500	LAC/Diesel	44
Cina	Anren	2016	Tram	1,9	1	7.550	4.081	674	260	1.435	600	LAC	4
Cina	Chengdu	2018	Tram	39,3	1	54.370	1.383	5.928	2.763	1.435	550	LAC	32
Cina	Foshan	2019	Tram	26,9	2	30840	1147	3572	1560	1.435	550	FC	14
Cina	Guangzhou	2014	Tram	22	2	57.622	2.619	6.316	1.323	1.435	550	BA	46
Cina	Huai'an	2015	Tram	20,1	1	24.333	1.211	2.458	1.170	1.435	550	BA	27
Cina	Jiaxing	2021	Tram	11,2	1	-	-	-	-	1.435	550	BA	16
Cina	Mengzi	2020	Tram	62,3	1	29.740	478	3.063	1.668	1.435	550	BA	38
Cina	Nanjing	2014	Tram	17,2	2	34.212	1.989	3.572	784	1.435	550	BA	24
Cina	Pechino	2017	Metrotram	8,8	1	29.980	3.407	3.090	1.235	1.435	750	LAC	14
Cina	Qingdao	2016	Tram	9	1	19.883	2.209	1.968	849	1.435	550	LAC	18
Cina	Qiubei	2022	Metrotram	14,0	1	-	-	-	-	1.435	750	BA	15
Cina	Sanya	2019	Tram	8,4	1	24.839	2.968	2.514	1.030	1.435	550	BA	12
Cina	Shanghai	2010	Tram/Translohr	42,1	3	76.383	1.814	8.588	1.277	1.435	550	LAC	18
Cina	Shenyang	2013	Tram	62,4	6	85.830	1.375	9.750	758	1.435	550	BA	40



Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Cina	Shenzhen	2017	Tram	11,7	2	64.020	5.472	7.085	1.291	1.435	550	SC	22
Cina	Suzhou	2014	Tram	18,1	2	44.733	2.471	4.790	1.014	1.435	550	LAC	18
Cina	Tianjin	2007	Translohr	7,9	1	13.540	1.723	1.288	579	-	750	LAC	8
Cina	Tianshui	2020	Metrotram	12,9	1	31.300	2.426	3.240	1.376	1.435	550	SC	38
Cina	Wuhan	2017	Tram	41,9	3	92.549	2.209	10.583	1.522	1.435	550	BA	42
Cina	Zhuhai	2017	Tram	27,7	2	51.364	1.854	5.571	1.238	1.435	750	TramWave®	32
Colombia	Medellín	2015	Translohr	4,3	1	12.093	2.812	1.137	470	-	750	LAC	12
Corea del Nord	Chongjin	1999	Tram	7,3	1	15.940	2.184	1.542	667	1.435	600	LAC	28
Corea del Nord	Pyongyang	1991	Tram	53,5	4	164.839	3.081	19.802	2.014	1000/1435	600	LAC	282
Corea del Sud	Kaoshiung	2015	Metrotram	14,6	1	11.390	780	2.080	1.452	1.435	750	BA	24
Danimarca	Aarhus	2017	Metrotram	110,3	2	36.364	330	3.819	1.092	1.435	750	LAC	26
Emirati Arabi Uniti	Dubai	2014	Tram	10,6	1	12.891	1.216	1.220	580	1.435	750	APS®	11
Ecuador	Cuenca	2020	Tram	20,4	1	132.727	6.506	15.657	5.507	1.435	750	LAC	14
Etiopia	Addis Ababa	2015	Metrotram	31,6	2	175.086	5.541	21.138	3.843	1.435	750	LAC	41
Finlandia	Tampere	2021	Tram	16,3	2	34.000	2.086	3.548	773	1.435	750	LAC	19
Francia	Angers	2011	Tram	12,3	1	37.890	3.081	3.995	1.626	1.435	750	LAC/APS®	37
Francia	Aubagne	2014	Tram	2,8	1	3.086	1.110	248	120	1.435	750	LAC	7
Francia	Avignon	2019	Tram	5,2	1	8.517	1.638	771	350	1.435	750	LAC	10
Francia	Besançon	2014	Tram	14,5	2	38.880	2.681	4.109	857	1.435	750	LAC	19
Francia	Bordeaux	2003	Tram	77,3	4	330.909	4.281	42.057	4.023	1.435	750	LAC/APS®	130
Francia	Brest	2012	Tram	14,3	1	46.880	3.278	5.042	2.029	1.435	750	LAC	20
Francia	Caen	2019	Tram	16,2	3	53.332	3.292	5.805	778	1.435	750	LAC	26
Francia	Clermont-Ferrand	2006	Translohr	15,9	1	69.974	4.401	7.806	2.971	-	750	LAC	31
Francia	Digione	2012	Tram	19	2	85.949	4.524	9.765	1.848	1.435	750	LAC	33
Francia	Grenoble	1987	Tram	43,7	5	224.373	5.134	27.645	2.041	1.435	750	LAC	103
Francia	Le Havre	2012	Tram	13	2	64.221	4.940	7.109	1.323	1.435	750	LAC	22
Francia	Le Mans	2007	Tram	18,9	2	51.384	2.719	5.574	1.160	1.435	750	LAC	34
Francia	Lione	2001	Tram/Tram Treno	72,7	6	346.485	4.766	44.196	2.760	1.435	750	LAC	91
Francia	Montpellier	2000	Tram	60,5	4	293.524	4.852	36.954	3.450	1.435	750	LAC	84
Francia	Mulhouse	2006	Tram/Tram Treno	35,2	4	65.374	1.857	7.249	805	1.435	750	LAC	24
Francia	Nancy	2000	TVR	11,1	1	43.231	3.895	4.615	1.798	-	750	LAC	25
Francia	Nantes	1985	Tram	44,3	3	236.061	5.329	29.205	3.568	1.435	750	LAC	91
Francia	Nizza	2007	Tram	24,2	3	213.470	8.821	26.195	2.875	1.435	750	LAC/BA	39
Francia	Orléans	2000	Tram	29,3	2	82.667	2.821	9.360	1.935	1.435	750	LAC/APS®	43
Francia	Parigi	1992	Tram/Tram Treno/Translohr	126,4	10	849.297	6.719	115.947	4.051	1.435	750	LAC	286
Francia	Reims	2011	Tram	11,2	2	45.918	4.100	4.929	951	1.435	750	LAC/APS®	18
Francia	Rouen	1994	Tram	15,1	1	63.745	4.222	7.052	2.706	1.435	750	LAC	28
Francia	Strasburgo	1994	Tram	49,1	6	234.242	4.773	28.962	1.808	1.435	750	LAC	94
Francia	Tolosa	2010	Tram	17,2	2	39.697	2.308	4.204	900	1.435	750	LAC	28
Francia	Tours	2013	Tram	15,5	1	64.231	4.144	7.111	2.738	1.435	750	LAC/APS®	21
Francia	Valenciennes	2006	Tram	33,8	2	34.777	1.029	3.637	887	1.435	750	LAC	30
Germania	Bielefeld	1991	Stadtbahn	38	4	106.364	2.799	12.311	1.274	1.000	750	LAC	81

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Germania	Heilbronn	1996	Tram-Treno	12,7	3	34.545	2.724	3.610	501	1.435	750/15 kVca	LAC	14
Germania	Erfurt	1997	Stadtbahn	45,2	6	127.576	2.822	14.998	1.033	1.000	750	LAC	76
Germania	Saarbrücken	1997	Stadtbahn/Tram treno	43,4	1	132.424	3.051	15.618	6.366	1.435	750/15 kVca	LAC	34
Germania	Stoccarda	1985 (1867)	Stadtbahn	131,1	17	523.939	3.996	68.998	3.147	1.435	750	LAC	204
Grecia	Atene	2004	Tram	34,9	3	212.121	6.547	26.016	3.046	1.435	750	LAC	50
Irlanda	Dublino	2004	Metrotram	42,1	2	146.061	3.469	17.369	3.458	1.435	750	LAC	74
Israele	Gerusalemme	2011	Metrotram	13,8	1	158.167	11.461	18.935	5.868	1.435	750	LAC	45
Italia	Bergamo	2009	Metrotram	12,5	1	12.791	1.023	1.210	591	1.435	750	LAC	14
Italia	Cagliari	2008	Metrotram	12,4	2	11.981	965	1.125	277	950	750	LAC	9
Italia	Firenze	2010	Tram	16,8	2	114.491	6.813	13.336	2.323	1.435	750	LAC	41
Italia	Messina	2003	Tram	7,7	1	9.812	1.274	902	426	1.435	750	LAC	15
Italia	Padova	2007	Translohr	10,3	1	25.315	2.458	2.567	1.087	-	750	LAC	16
Italia	Palermo	2015	Tram	17,8	4	29.755	1.674	3.065	346	1.435	750	LAC	17
Italia	Sassari	2006	Tram	4,3	1	4.328	1.006	362	177	950	750	LAC	6
Italia	Venezia	2010	Translohr	20	2	42.686	2.134	4.551	988	-	750	LAC	20
Lussemburgo	Lussemburgo	2017	Tram	7,6	1	9.697	1.276	890	420	1.435	750	LAC	33
Marocco	Casablanca	2012	Tram	47,5	2	250.938	5.283	31.199	5.727	1.435	750	LAC	74
Marocco	Rabat-Salé	2011	Tram	31	2	82.125	2.649	9.293	1.943	1.435	750	LAC	25
Mauritius	Port Louis	2020	Metrotram	26	1	51.328	1.974	5.567	2.448	1.435	750	LAC	18
Messico	Città del Messico	1986	Metrotram	13	1	238.007	18.252	29.465	8.120	1.435	750	LAC	24
Messico	Guadalajara	1989	Metrotram	45,8	3	363.956	7.947	46.604	5.235	1.435	750/1500	LAC	78
Norvegia	Bergen	2010	Metrotram	20,4	1	59.091	2.897	6.492	2.671	1.435	750	LAC	12
Paesi Bassi	Utrecht	1983	Tram	28,7	3	51.818	1.806	5.625	837	1.435	750	LAC	75
Polonia	Olsztyn	2015	Tram	10,8	3	23.478	2.174	2.363	341	1.435	600	LAC	24
Portogallo	Almada-Seixal	2007	Metrotram	13,5	3	12.242	907	1.152	191	1.435	750	LAC	24
Portogallo	Porto	2002	Metrotram/Tram	81	9	184.959	2.283	22.432	1.069	1.435	750/600	LAC	115
Qatar	Doha (Lusail)	2022	Metrotram	5,5 (25)	1 (3)	-	-	-	-	1.435	750	LAC	35
Regno Unito	Birmingham	1999	Tram/Metrotram	21,7	1	24.545	1.131	2.481	1.193	1.435	750	LAC	21
Regno Unito	Edinburgh	2014	Tram	14,2	1	22.727	1.601	2.280	1.038	1.435	750	LAC	27
Regno Unito	Nottingham	2004	Tram/Metrotram	32,1	2	56.667	1.765	6.202	1.389	1.435	750	LAC	37
Regno Unito	London	2000	Tram/Metrotram	28	4	82.424	2.944	9.330	957	1.435	750	LAC	40
Regno Unito	Manchester	1992	Tram/Metrotram	105,2	8	134.242	1.276	15.851	935	1.435	750	LAC	147
Regno Unito	Newcastle	1980	Metrotram	77,5	2	110.303	1.423	12.807	2.971	1.435	1.500	LAC	89
Regno Unito	Sheffield	1994	Tram/Tram Treno	34,6	5	31.818	920	3.299	327	1.435	750	LAC	32
Romania	Cluj-Napoca	1987	Tram	11,7	3	25.939	2.217	2.636	379	1.435	750	LAC	38
Romania	Craiova	1987	Tram	17,6	3	19.455	1.105	1.921	309	1.435	600	LAC	49
Romania	Ploiești	1987	Tram	10,3	2	12.061	1.171	1.133	271	1.435	750	LAC	33
Russia	Cheryomushki	1991	Tram	5,9	1	2.303	390	178	100	1.524	600	LAC	6
Russia	Sary Oskol	1981	Tram	23,5	8	29.788	1.268	3.069	181	1.524	550	LAC	88
Russia	Ust-Ilimsk	1988	Tram	14,5	2	12.758	880	1.206	301	1.524	550	LAC	53
Spagna	Alicante	1999	Tram/Tram treno	110,7	6	36.642	331	3.851	367	1.000	750	LAC	41
Spagna	Bilbao	2002	Tram	5,6	1	9.067	1.628	826	375	1.000	750	LAC	12

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
Spagna	Granada	2017	Metrotram	15,9	1	35.512	2.233	3.721	1.602	1.435	750	LAC	15
Spagna	Madrid	2007	Metrotram	27,8	3	52.152	1.878	5.665	837	1.435	750	LAC	42
Spagna	Santa Cruz de Tenerife	2007	Tram	15,1	2	45.061	2.984	4.829	988	1.435	750	LAC	26
Spagna	Saragozza	2011	Tram	12,8	1	90.097	7.039	10.279	3.556	1.435	750	LAC/SC	21
Spagna	Siviglia	2007	Metrotram/Tram	20,3	2	72.677	3.580	8.135	1.610	1.435	750	LAC/BA	21
Spagna	Valencia	1994	Metrotram	27,2	3	29.644	1.090	3.052	492	1.000	750	LAC	39
Spagna	Vitoria-Gasteiz	2008	Tram	9,6	2	25.545	2.653	2.592	542	1.000	750	LAC	18
Svezia	Lund	2020	Tram	5,5	1	11.121	2.022	1.036	454	1.435	750	LAC	7
Svizzera	Losanna	1991	Metrotram	7,8	1	45.419	5.830	4.871	1.753	1.435	750	LAC	17
Taiwan	Kaohsiung	2015	Metrotram	12,8	2	10.497	820	972	245	1.435	750	SC	23
Taiwan	Taipei	2018	Metrotram	7,3	1	26.545	3.636	2.704	1.067	1.435	750	LAC	15
Tunisia	Tunis	1985	Metrotram	45,2	6	319.375	7.066	40.478	2.332	1.435	750	LAC	173
Turchia	Antalya	1999	Tram, Metrotram	36,6	4	159.273	5.291	19.078	2.334	1.435	750	LAC	16
Turchia	Bursa	2011	Tram	9,2	2	34.288	3.727	3.581	703	1.435	750	LAC	32
Turchia	Eskişehir	2004	Tram	37,4	7	136.045	3.638	16.082	907	1.435	750	LAC	33
Turchia	Gaziantep	2011	Tram	19,7	3	90.697	4.604	10.353	1.302	1.435	750	LAC	14
Turchia	Istanbul	1990	Tram/Metrotram	41,6	3	518.742	12.470	68.262	6.910	1.435	750	LAC	170
Turchia	İzmir	2017	Tram	21,6	2	127.197	5.889	14.950	2.684	1.435	750	LAC	38
Turchia	İzmit	2017	Tram	9,2	1	35.394	3.847	3.707	1.448	1.435	750	LAC	20
Turchia	Kayseri	2009	Tram	34,5	2	57.515	1.667	6.304	1.425	1.435	750	LAC	22
Turchia	Konya	1992	Tram	25,5	2	74.106	2.906	8.310	1.709	1.435	750	LAC	60
Turchia	Samsun	2010	Tram	15,6	1	98.439	6.310	11.318	4.006	1.435	750	LAC	16
Ucraina	Kryvyi Rih	1986	Tram	18,7	2	82.963	4.437	9.397	1.785	1.520	750	LAC	37
Ungheria	Hódmezővásárhely	2021	Tram/Tram-Treno	3,8	1	-	-	-	-	1.435	600	LAC	6
USA (Stati Uniti)	Atlanta	2014	Tram	4,3	1	1.625	378	120	67	1.435	750	LAC	4
USA (Stati Uniti)	Baltimore	1992	Metrotram	48,3	3	35.333	732	3.700	633	1.435	750	LAC	53
USA (Stati Uniti)	Buffalo	1984	Metrotram	10,3	1	25.415	2.467	2.578	1.091	1.435	650	LAC	27
USA (Stati Uniti)	Camden/Trenton	2004	Metrotram diesel	29,1	1	16.763	576	1.631	865	1.435	-	Diesel	14
USA (Stati Uniti)	Charlotte	2007	Metrotram	35,1	1	40.420	1.300	4.287	2.018	1.435	750	LAC	42
USA (Stati Uniti)	Cincinnati	2016	Tram	5,8	1	5.430	936	467	231	1.435	750	LAC	5
USA (Stati Uniti)	Dallas	1989	Tram/Metrotram	160,1	6	106.259	664	12.298	1.066	1.435	750/600	LAC	169
USA (Stati Uniti)	Denver	1994	Metrotram	94,1	8	91.037	967	10.396	640	1.435	750	LAC	176
USA (Stati Uniti)	Detroit	2017	Tram	5,3	1	4.434	837	372	187	1.435	750	LAC/BA	6
USA (Stati Uniti)	El Paso	2018	Tram	7,7	2	2.163	281	166	48	1.435	650	LAC	6
USA (Stati Uniti)	Houston	2004	Metrotram	36,5	3	68.526	1.877	7.630	1.128	1.435	750/600	LAC	156
USA (Stati Uniti)	Hudson County, New Jersey	2000	Metrotram	27,4	3	70.214	2.563	7.835	1.098	1.435	750	LAC	52
USA (Stati Uniti)	Kansas City	2016	Tram	3,5	1	7.741	2.212	693	299	1.435	750	LAC	4
USA (Stati Uniti)	Little Rock	2004	Tram	5,5	1	1.259	229	90	54	1.435	600	LAC	5
USA (Stati Uniti)	Los Angeles	1990	Metrotram	139,9	4	265.812	1.900	33.201	3.674	1.435	750	LAC	406
USA (Stati Uniti)	Memphis	1993	Tram	10,1	1	4.741	469	401	219	1.435	600	LAC	11
USA (Stati Uniti)	Milwaukee	2018	Tram	3,4	1	2.962	871	237	118	1.435	750	LAC	5
USA (Stati Uniti)	Minneapolis	2004	Metrotram	35,1	2	102.031	2.907	11.767	2.419	1.435	750	LAC	64

Stato	Città	Anno di apertura	Tipologia	Lunghezza impianto (km)	Linee	PPD	PPD generati ogni km	PPDH	Valore massimo di PPDHd	Scartamento (mm)	Alimentazione (Vcc)	Presacorrente	Parco mezzi
USA (Stati Uniti)	Norfolk	2011	Metrotram	11,9	1	5.678	477	491	267	1.435	750	LAC	9
USA (Stati Uniti)	Oklahoma City	2018	Tram	7,7	1	5.330	692	457	237	1.435	750	LAC/BA	7
USA (Stati Uniti)	Phoenix	2008	Metrotram	44,8	1	67.605	1.509	7.519	3.456	1.435	750	LAC	56
USA (Stati Uniti)	Pittsburgh	1984	Metrotram	42,2	2	35.779	848	3.752	942	1.588	650	LAC	83
USA (Stati Uniti)	Portland	1986	Metrotram/Tram	107,7	8	185.543	1.723	22.508	1.266	1.435	750	LAC	162
USA (Stati Uniti)	Sacramento	1987	Metrotram	69,1	3	49.748	720	5.380	922	1.435	750	LAC	76
USA (Stati Uniti)	Salt Lake City	1999	Metrotram/Tram	75,3	4	87.042	1.156	9.900	1.186	1.435	750	LAC	151
USA (Stati Uniti)	San Diego	1981	Metrotram	103,5	3	159.113	1.848	19.058	2.825	1.435	600	LAC	128
USA (Stati Uniti)	San Jose	1987	Metrotram	67,9	3	36.094	532	3.788	678	1.435	750	LAC	150
USA (Stati Uniti)	Seattle	2007	Metrotram/Tram	42,3	2	111.910	3.168	13.010	2.634	1.435	1.500	LAC	69
USA (Stati Uniti)	St. Louis	1993	Metrotram	73,6	2	69.134	939	7.704	1.905	1.435	750	LAC	87
USA (Stati Uniti)	Tacoma	2003	Tram	2,6	1	4.203	1.617	351	159	1.435	750	LAC	3
USA (Stati Uniti)	Tampa	2002	Tram	4,4	1	3.380	777	275	140	1.435	600	LAC	9
USA (Stati Uniti)	Tucson	2014	Tram	6,3	1	4.108	652	342	178	1.435	750	LAC	8
USA (Stati Uniti)	Washington	2016	Tram	3,9	1	4.757	1.220	403	191	1.435	750	LAC	6
Uzbekistan	Samarcanda	2017	Tram	11,4	2	37.494	3.289	3.949	794	1.524	550	LAC	20