



Una panoramica su metropolitane, tram e monorotaie entrati in esercizio e in costruzione in tutto il mondo alla fine del 2019

An overview of metros, trams and monorails in revenue service and under construction worldwide at the end of 2019

Christos PYRGIDIS ^(*)

Dimitra TSIPi ^(*)

Alexandros DOLIANITIS ^(*)

Michele BARBAGLI ^(*)

Sommario - Negli ultimi anni, c'è stato un continuo e rapido aumento del numero di sistemi di trasporto ferroviario urbano di massa entrati in esercizio in tutto il mondo. Man mano che nuovi sistemi di metropolitana, tram e monorotaia sono messi in circolazione, vengono integrati da innovazioni nel materiale rotabile, nelle infrastrutture e nelle apparecchiature/procedure operative. Di conseguenza, forniscono un trasporto pubblico più efficiente a più persone. Di conseguenza, vi è la necessità di frequenti aggiornamenti dei dati pertinenti. Questo documento inizialmente tenta di registrare sistematicamente i tram, le metropolitane e le monorotaie attualmente entrati in esercizio e in costruzione in tutto il mondo. Continua con un'analisi statistica delle loro caratteristiche di base nel tentativo di presentare e confrontare le tendenze. Per acquisire informazioni significative, l'acquisizione dei dati si basa su definizioni chiare di tali sistemi. Sotto questo aspetto, il documento fornisce criteri chiari per la distinzione dei sistemi ferroviari urbani di massa. I risultati sono stati registrati alla fine del 2019.

1. Introduzione

Negli ultimi anni, vi è stato un continuo e rapido aumento del numero di sistemi di trasporto ferroviario urbano di massa entrati in esercizio in tutto il mondo. Man mano che nuovi sistemi di metropolitana, tram e monorotaia sono messi in circolazione, vengono integrati da innovazioni nel materiale rotabile, nelle infrastrutture e nelle apparecchiature/procedure operative. Di conseguenza, forniscono un trasporto pubblico più efficiente a più persone. Pertanto, vi è la necessità di frequenti aggiornamenti dei dati pertinenti.

Questo documento inizialmente tenta di registrare si-

Summary - In recent years, there has been a continuous and rapid increase in the number of urban mass railway transportation systems put in revenue service worldwide. As new metro, tramway, and monorail systems are being put into circulation, they are supplemented by innovations in rolling stock, infrastructure, and operational equipment / procedures. As a result, they provide more efficient public transport to more people. Consequently, the need arises for frequent updates of relevant data. This paper initially attempts to systematically record the tramways, the metros, and the monorails currently in revenue service and under construction worldwide. It continues with a statistical analysis of their basic characteristics in an effort to showcase and compare trends. For meaningful information to be acquired, data acquisition is based on clear definitions of such systems. In this aspect, the paper provides clear criteria for the distinction of urban mass railway systems. The findings were recorded at the end of 2019.

1. Introduction

In recent years, there has been a continuous and rapid increase in the number of urban mass railway transportation systems put in revenue service worldwide. As new metro, tramway, and monorail systems are being put into circulation, they are supplemented by innovations in rolling stock, infrastructure, and operational equipment/procedures. As a result, they provide more efficient public transport to more people. Consequently, the need arises for frequent updates of relevant data.

This paper initially attempts to systematically record the tramways, the metros, and the monorails currently in revenue service and under construction worldwide. It subse-

^(*) Università Aristotele di Salonicco, Dipartimento di Ingegneria Civile, Grecia.

^(*) Aristotle University of Thessaloniki, Civil Engineering Department, Greece.

stematicamente i tram, le metropolitane e le monorotaie attualmente entrati in esercizio e in costruzione in tutto il mondo. Continua con un'analisi statistica delle loro caratteristiche di base nel tentativo di presentare e confrontare le tendenze. I risultati possono essere considerati aggiornati, in quanto registrati a fine 2019.

Tuttavia, per acquisire informazioni significative, l'acquisizione dei dati si basa su definizioni chiare di tali sistemi. Poiché, in particolare nel caso dei sistemi ferroviari urbani, le caratteristiche possono essere condivise, la loro distinzione a volte può essere soggettiva. Questo fatto, insieme al rapido sviluppo e alla variabilità dei sistemi ferroviari urbani, ostacola ulteriormente i tentativi di acquisire un quadro chiaro dello stato attuale del mercato mondiale.

Seguono due sezioni dedicate rispettivamente alla metodologia e all'analisi statistica, mentre il documento si conclude con una sezione che riporta le conclusioni degli autori.

2. Definizioni, classificazioni e caratteristiche di base dei sistemi di trasporto ferroviario urbano di massa

Tram

Il tram moderno è un treno elettrico con ruote in acciaio, che viaggia quasi esclusivamente a livello lungo strade urbane o periferiche. Condivide la stessa infrastruttura del resto del traffico stradale (Fig. 1), si muove su un corridoio appositamente costruito o, infine, su una corsia separata (protetta) (Fig. 2), posta su un lato, su due lati opposti (Fig. 3) o in mezzo a una strada. Tipicamente, i tram utilizzano due linee di traffico unidirezionali (a doppio binario), costruite con binari scanalati incorporati nella pavimentazione o con binari convenzionali a fondo piatto [1].



(Fonte – Source: foto di A. KLONOS - photo taken by A. KLONOS)
Figura 1 – Tram su sede “stradale” non protetta (classe E), Oslo, Norvegia.

Figure 1 – Tram on ‘common’ corridor (class E), Oslo, Norway.

quently continues with a statistical analysis of their basic characteristics in an effort to showcase and compare trends. The findings may be considered as up-to-date, as they were recorded at the end of 2019.

For meaningful information to be acquired, however, data acquisition must be based on clear definitions of such systems. Since, particularly in the case of urban railway systems, characteristics may be shared, their distinction may at times be subjective. This fact, along with the rapid development and variability of urban railway systems, further hinders attempts at acquiring a clear picture of the current state of the world market.

This is followed by two sections dedicated to methodology and statistical analysis respectively, while the paper concludes with a section stating the authors’ conclusions.

2. Definitions, classifications and basic characteristics of urban mass railway transport systems

Tram

The modern tramway is a steel wheel electric train, running almost exclusively at grade along urban or suburban roads. It shares the same infrastructure as the rest of the road traffic (Fig. 1), moves on a specially built corridor or, finally, on a segregated (protected) lane (Fig. 2), placed at one side, at two opposite sides (Fig. 3), or in the middle of a road. Typically, tramways use two, one-way traffic lines (double track), which are constructed either with grooved rails embedded in the pavement or with conventional flat bottom rails [1].

The basic characteristics of a tramway system are summarized in Tab. 1. Trams may be classified based on corridor category, train formation, system functionality, vehicle floor height, and power supply (Fig. 4b).



(Fonte – Source: foto di A. KLONOS - photo taken by A. KLONOS)
Figura 2 – Tram sul corridoio protetto “esclusivo” (classe B), Atene, Grecia.

Figure 2 – Tram on ‘exclusive’ protected corridor (class B), Athens, Greece.

Le caratteristiche di base di un sistema tranviario sono riassunte nella Tab. 1. I tram possono essere classificati in base alla categoria del corridoio, alla formazione del treno, alla funzionalità del sistema, all'altezza del pianale del veicolo e all'alimentazione (Fig. 4a).

I tram urbani servono l'area urbana della città e per la maggior parte sono indicati con uno dei seguenti termini: tram, tramvia, streetcar, *strassenbahn*, *stadtbahn*. In alcuni casi sono indicati con i termini *metro léger*, metropolitana leggera, ma hanno le caratteristiche del tram sopra descritto.

I tram-treni di solito servono viaggi lunghi 15-50 km, collegando i centri urbani alle aree periferiche e periurbane. La velocità massima di marcia che può essere sviluppata è 80-120 km/h e la velocità commerciale è di circa 60 km/h. I tram sono operati su infrastrutture che sono utilizzate non solo dai tram ma anche da altre categorie di sistemi ferroviari (trenipasseggeri periferici, pendolari/regionali e treni merci) [1]. I tram del patrimonio culturale o turistico servono alle esigenze ricreative. Han-



Figura 3 – Posizionamento di un unico binario tranviario sui due lati opposti della carreggiata [2].

Figure 3 – Placement of a single tramway track at the two opposite sides of the roadway [2].

Tabella 1 – Table 1

Caratteristiche di base della tramvia ([1] [3] [4])
Basic tramway characteristics ([1] [3] [4])

Lunghezza percorso (km) Route length (km)	Raggio minimo di allineamento orizzontale (m) Minimum horizontal alignment radius (m)	Distanza tra le fermate (m) Distance between stops (m)	Velocità commerciale (km/h) Commercial speed (km/h)	Capacità massima di trasporto (passeggeri/h per direzione) Maximum transport capacity (passengers/h per direction)
5 - 20	20 - 25	400 - 600	15 - 25	15.000

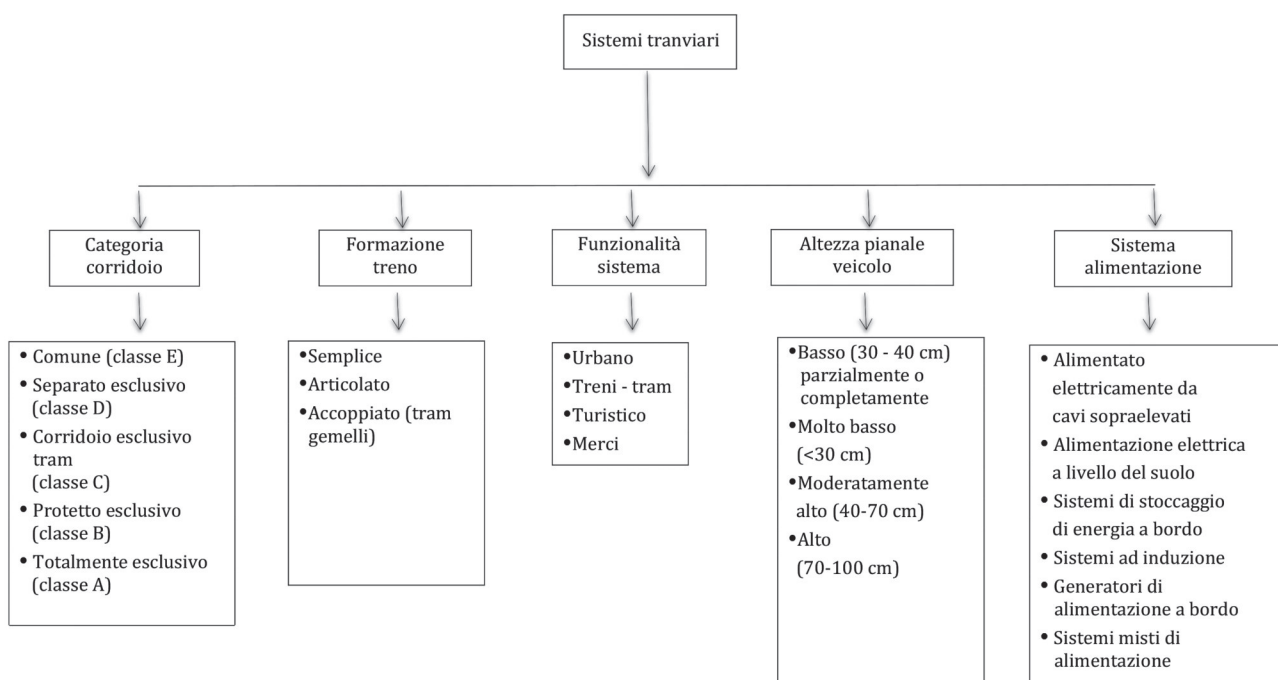


Figura 4a – Classificazione dei sistemi tranviari [1].

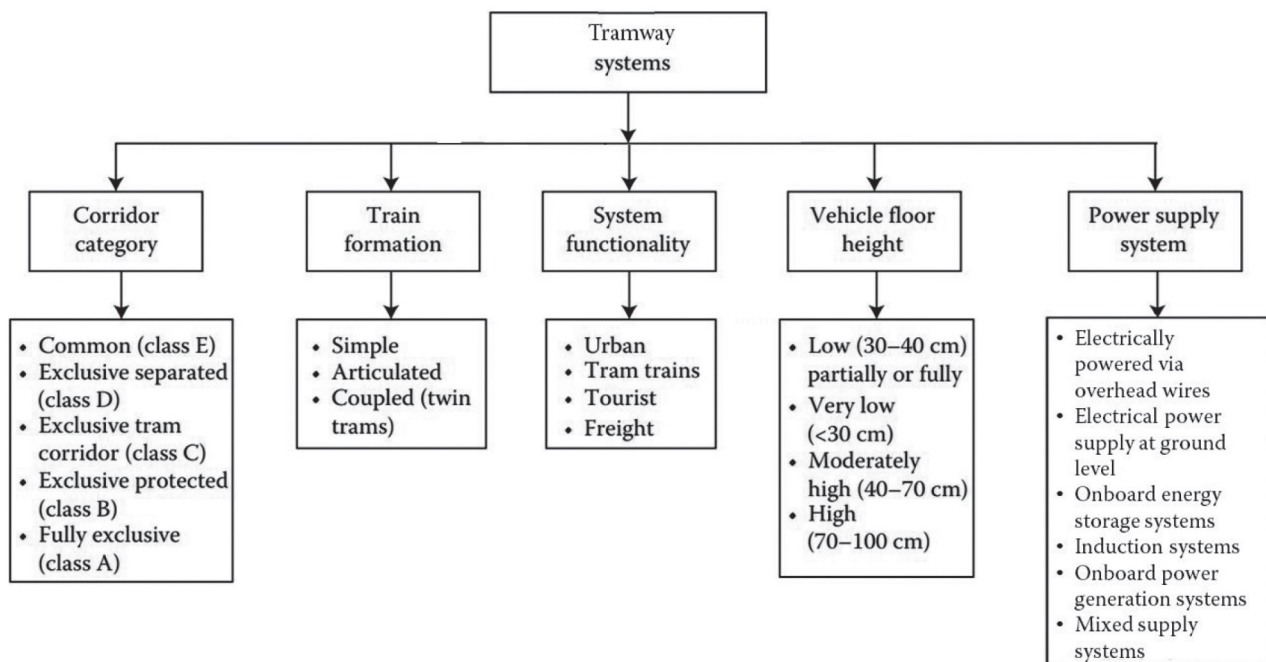


Figure 4b – Classification of tramway systems [1].

no una lunghezza di connessione breve e si muovono a velocità commerciali inferiori. Tra i tram urbani in grado di trasportare anche merci vi sono quelli di Dresda, Colonia (Germania) e Zurigo (Svizzera). Ad Amsterdam, tali tram sono stati sperimentati, ma alla fine non sono stati commissionati per entrati in esercizio.

Metropolitana

Le metropolitane sono sistemi che utilizzano esclusivamente la trazione elettrica e tradizionalmente ruote in acciaio (anche se a volte sono utilizzate ruote gommate) su un sistema di guida ferroviario la maggior parte del quale è sotterraneo ed è sempre separato dal resto della strada urbana e del traffico pedonale (Fig. 5 e Fig. 6) [1].

In base alla loro capacità di trasporto, le metropolitane possono essere distinte in pesanti o leggere. Hanno caratteristiche differenti come indicato nella Tab. 2. Le metropolitane possono anche essere classificate in base al loro sistema di guida (ruote in acciaio o gommate), al loro Grado di Automazione (GoA), alla loro integrazione nel paesaggio e al layout della rete (Fig. 7a).

Le reti metropolitane servono principalmente il centro urbano di una città, si spostano sottoterra per la maggior parte del loro percorso e sviluppano velocità massime comprese tra 90 e 110 km/h, mentre la loro velocità commerciale varia tra 25 e 50 km/h.

La maggior parte dei sistemi di cui sopra sono indicati nella città in cui operano, con i termini “Metro, Subway, Underground, Metropolitan Railway, Metrorail, U-Bahn”. In alcuni casi sono indicati con vari termini o

Urban trams serve the city’s urban space, and by majority are referred to by one of the following terms: tram, tramway, streetcar, strassenbahn, stadtbahn. In some cases, they are referred to by the terms metro léger, light rail, but they have the characteristics of the tram described above.

Tram-trains usually serve trips that are 15-50 km long, connecting city centers to suburban and peri-urban areas. The maximum running speed that can be developed is 80-120 km/h, and the commercial speed is around 60 km/h. Tram-trains are operated on infrastructure which is used



(Fonte – Source: foto di A. KLONOS - photo taken by A. KLONOS)

Figura 5 – Sistema metropolitano di Atene (ruote in acciaio, conducente).

Figure 5 – Athens metro system (steel wheels, driver).



(Fonte – Source: foto di A. PANAGIOTOPOULOS
photo taken by A. PANAGIOTOPOULOS)

Figura 6 – Metropolitana leggera senza conducente, Copenhagen, Danimarca.

Figure 6 – Driverless light metro, Copenhagen, Denmark.

marchi come 'Rapid Transit', 'Rail Transit', 'Sky Train', 'Light Rail Transit System', 'Tren Urbano', ma tutti presentano le caratteristiche del sistema della metropolitana descritto sopra.

Monorotaia

La monorotaia è un sistema elettrificato di trasporto passeggeri su rotaia. Tipicamente è formato da un numero limitato di veicoli (2-6 e raramente 8) e, nella maggior parte dei casi, si viaggia con ruote gommate, sull'armamento (guida) (Fig. 8 e Fig. 9). La guida è essenzialmente una trave, che assume i carichi del traffico, guida e sostiene i veicoli [1]. Nella maggior parte dei casi, il binario è sopraelevato, ma le monorotaie possono anche funzionare a livello, sotto il livello o nei tunnel della metropolitana [5]. Tradizionalmente la monorotaia è stata scelta come mezzo di trasporto per il movimento all'interno di parchi di divertimento, zoo, ecc. e per il trasporto di passeggeri su brevi distanze e attraverso aree di particolare

Tabella 2 – Table 2
Caratteristiche di base della metropolitana [1]
Basic metro characteristics [1]

	Metropolitana leggera <i>Light metro</i>	Metropolitana pesante <i>Heavy metro</i>
Distanza tra le fermate <i>Distance between stops</i>	400 - 800 m	500 - 1.000 m
Velocità commerciale <i>Commercial speed</i>	25 - 35 km/h	30 - 40 km/h
Integrazione al paesaggio <i>Integration to the ground surface</i>	A livello e sotterranea <i>At grade and underground</i>	Principalmente sotterranea <i>Mainly underground</i>
Massima capacità di trasporto <i>Maximum transport capacity</i>	35.000 passeggeri/h/direzione <i>35.000 passengers/h/direction</i>	45.000 passeggeri/h/direzione <i>45.000 passengers/h/direction</i>
Lunghezza del treno <i>Train length</i>	60 - 90 m (2 - 4 veicoli) <i>60 - 90 m (2 - 4 vehicles)</i>	70 - 150 m (4 - 10 veicoli) <i>70 - 150 m (4 - 10 vehicles)</i>
Larghezza del veicolo <i>Vehicle width</i>	2.10 - 2.65 m	2.60 - 3.20 m
Raggio di curva minimo orizzontale <i>Minimum horizontal alignment radius</i>	150m	150 - 250 m

not only by trams but also by other categories of railway systems (suburban, commuter/regional passenger trains, and freight trains) [1].

Tourist or cultural heritage trams serve recreational needs. They have a short connection length and move at lower commercial speeds.

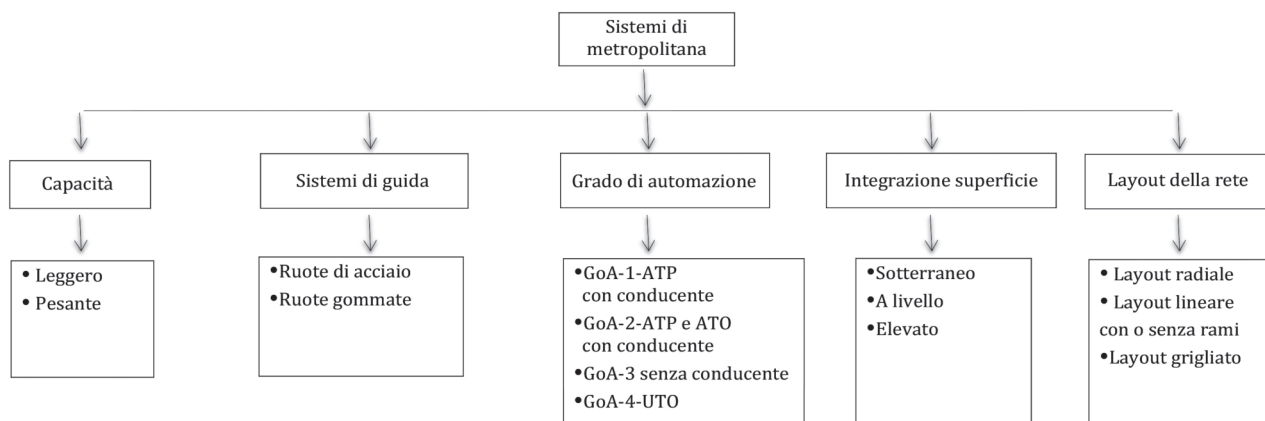


Figura 7a – Classificazione dei sistemi metropolitani ([1] [4]).

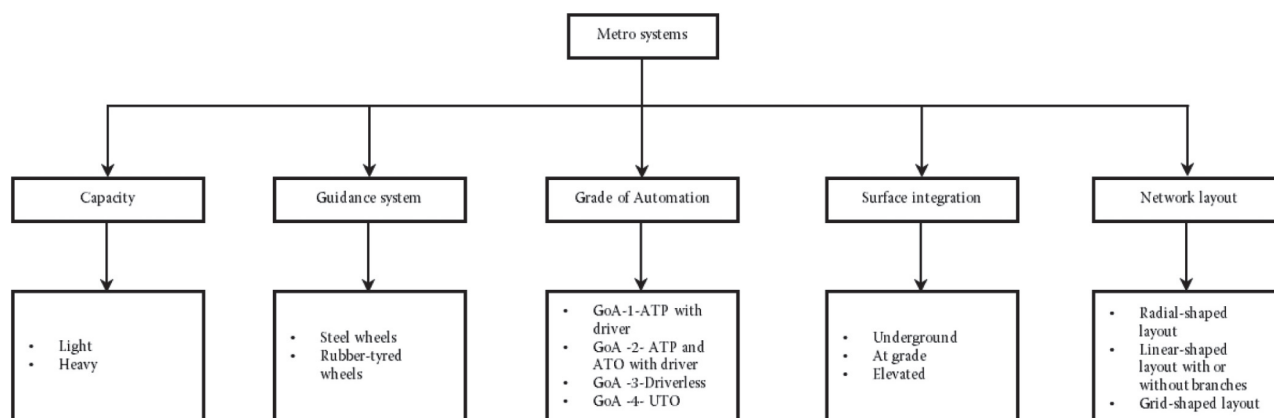


Figura 7b – Classification of metro systems ([1] [4]).

interesse dal punto di vista visivo. Negli ultimi anni, le monorotaie sono sempre più utilizzate per scopi che vanno oltre l'uso ricreativo e recentemente sono anche introdotte per collegamenti aereo-ferroviari o servizi interni negli aeroporti, come mezzo per aggirare i problemi di scarsità di terreno nelle città congestionate (ad esempio Cina, Indonesia, Corea del Sud), per gli spostamenti all'interno di centri commerciali, ecc.

La Tab. 3 riassume le caratteristiche di base dei sistemi monorotaia, mentre la Fig. 10a fornisce una classificazione basata su una serie di criteri.

3. Metodologia

I vari sistemi attualmente in esercizio e in costruzione nel mondo, che rispondono alle caratteristiche tecniche e

Urban trams that are able to carry also goods include those at Dresden, Cologne (Germany), and Zurich (Switzerland). In Amsterdam, such trams were pilot tested, but ultimately not commissioned for revenue service.

Metro

Metros are systems that exclusively use electric traction and traditionally steel wheels (though sometimes rubber-tyred wheels are used) on a rail guidance system the largest part of which is underground and is always grade-separated from the rest of the urban road and pedestrian traffic (Fig. 5 and Fig. 6) [1].

Based on their transport capacity, metros may be distinguished into heavy or light. These have different characteristics as indicated in Tab. 2. Metros may also be classified based on their guidance system (steel or rubber-tyred



(Fonte – Source: foto di C. PYRGIDIS
photo taken by C. PYRGIDIS)

Figura 8 – Monorotaia su impalcato a Dubai, Emirati Arabi Uniti.

Figure 8 – Straddle monorail in Dubai, UAE.



(Fonte – Source: foto di C. PYRGIDIS
photo taken by C. PYRGIDIS)

Figura 9 – Monorotaia sospesa a Chiba, Giappone (nell'area del deposito).

Figure 9 – Suspended monorail in Chiba, Japan (in depot area).

Tabella 3 – Table 3

Caratteristiche di base della monorotaia [1] [4] [5]
Basic monorail characteristics [1] [4] [5]

Lunghezza percorso (km) <i>Route length (km)</i>	Raggio minimo di allineamento orizzontale (m) <i>Minimum horizontal alignment radius (m)</i>	Velocità massima di marcia (km/h) <i>Maximum running speed (km/h)</i>	Velocità commerciale (km/h) <i>Commercial speed (km/h)</i>	Capacità massima di trasporto (passeggeri/h/ per direzione) <i>System transport capacity (passengers/h/ per direction)</i>
10 - 30 (per servizio urbano) 10 - 30 (for urban service)	40 - 70	60 - 100	15 - 40	2.000 - 12.500 (valore massimo 20.000) 2,000 – 12,500 (max value 20,000)

wheels), their Grade of Automation (GoA) that ranges from Automatic Train Protection (ATP) with a driver up to Unattended Train Operation (UTO), their integration to the ground surface, and their network layout (Fig. 7b).

Metro systems mainly serve the urban center of a city, move underground for the largest part of their route, and develop maximum speeds between 90 and 110 km/h, while their commercial speed varies between 25 and 50 km/h.

The majority of the above systems are referred to in the city in which they operate, by the terms 'Metro, Subway, Underground, Metropolitan Railway, Metrorail, U-Bahn'. In some cases they

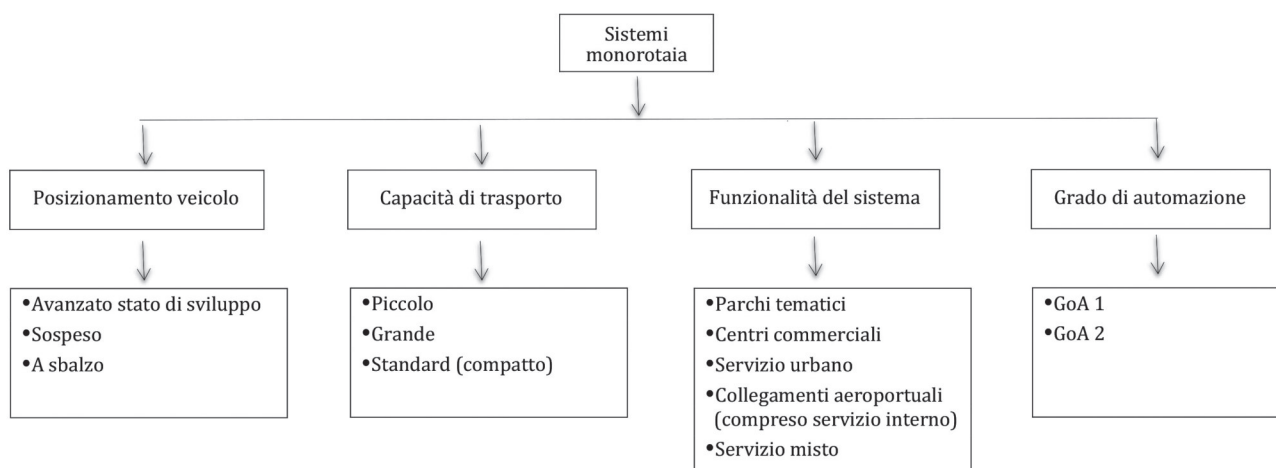


Figura 10a – Classificazione dei sistemi monorotaia ([1] [5] [6]).

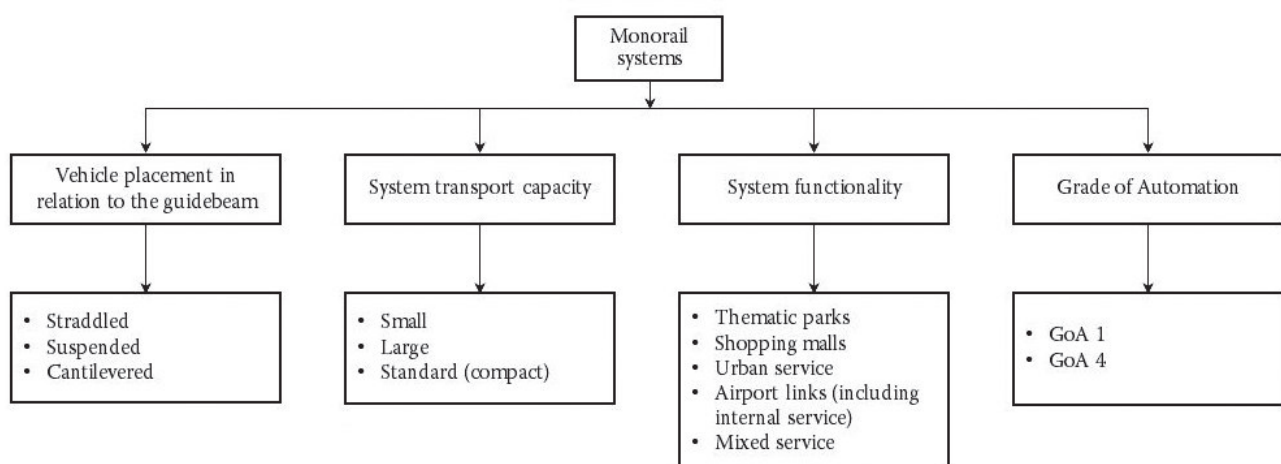


Figura 10b – Classification of monorail systems ([1] [5] [6]).

operative descritte nella sezione precedente, sono stati registrati e classificati come tramvia, metro o monorotaia.

Si registrano le seguenti informazioni per tutti i sistemi:

- città;
- paese;
- continente;
- lunghezza della rete;
- anno di inizio attività.

Per i tram, sono state registrate anche informazioni aggiuntive riguardanti il tipo (urbano, storico o tram-treno), lo scartamento dei binari e l'altezza del pianale. In particolare, per i tram, in diverse città sono stati identificati più sistemi distinti con diverse date di inizio attività. In questi casi, è stato esaminato se questi sistemi sono collegati senza problemi o meno. Se lo sono, sono stati conteggiati come un unico sistema e se non lo sono, come più sistemi. Per quanto riguarda la lunghezza della rete, quando più tram sono stati contati come un unico sistema, la loro lunghezza totale è stata aggiunta e associata alla data di inizio attività del primo sistema cronologicamente [4].

Per i sistemi metropolitani, sono state registrate anche informazioni aggiuntive riguardanti lo scartamento dei binari, il materiale delle ruote, la GoA, il tipo (leggero o pesante) e il numero di linee. Per quanto riguarda il sistema di guida, se una singola linea utilizza ruote gommate, il sistema è stato classificato come gommato. Per quanto riguarda l'automazione, le metropolitane sono state classificate in base al loro più alto livello di automazione tra le loro linee. I sistemi sono stati classificati come senza conducente o con conducente. Va notato che nel caso di città in cui sono presenti più sistemi metropolitani gestiti da operatori diversi, tali sistemi sono stati registrati come un unico sistema [4].

Per i sistemi monorotaia, sono state raccolte informazioni aggiuntive riguardanti la tecnica di guida, la funzionalità del sistema e il GoA. Per l'automazione, è stata seguita la stessa procedura utilizzata per le metropolitane.

Le reti metropolitane di tutto il mondo servono il trasporto pubblico. Al fine di effettuare confronti significativi con le altre due modalità di trasporto, l'analisi principale è effettuata considerando anche solo le tipologie di tram e monorotaia che servono il trasporto pubblico (Tram urbani e tram-treni / monorotaie urbane e monorotaie che servono aeroporti).

Le voci relative a sistemi in costruzione si riferiscono solo a sistemi completamente nuovi e non comprendono ampliamenti o nuove linee di sistemi esistenti. Tutti i dati registrati e analizzati nella sezione seguente si riferiscono alla fine dell'anno 2019. I dati grezzi sono stati ottenuti per paese, per città e per linea, da varie fonti disponibili e verificate (principalmente da fonti Internet e da una serie di numeri delle pubblicazioni di Railway Gazette International). Successivamente, sono stati ulteriormente manipolati per le esigenze di questo documento.

are referred to by various terms or brands such as 'Rapid Transit', 'Rail Transit', 'Sky Train', 'Light Rail Transit System', 'Tren Urbano', but they all feature the characteristics of the metro system, described above.

Monorail

The monorail is an electrified light rail passenger transportation system. Typically, it is formed of a small number of vehicles (2-6 and rarely 8) and, in most cases, it moves via rubber-tyred wheels, on a permanent way (guideway) (Fig. 8 and Fig. 9). The guideway is essentially a beam, which takes over the traffic loads and guides and supports the vehicles [1]. In most cases, the rail is elevated, but monorails can also run at grade, below grade, or in subway tunnels [5]. Traditionally, the monorail was selected as a means of transport for serving movement within amusement parks, zoos, etc. and for the transportation of passengers along short distances and through areas that are of particular interest in terms of view. In recent years, monorails are increasingly used for purposes exceeding recreational use and are also lately being introduced for air-rail links or internal service at airports, as a means to circumvent land scarcity issues in congested cities (e.g. China, Indonesia, S. Korea), for movement within shopping malls, etc.

Tab. 3 summarizes the basic characteristics of monorail systems, while Fig. 10b provides a classification based on a series of criteria.

3. Methodology

The various systems currently in operation and under construction worldwide, that meet the technical and operational characteristics described in the previous section, were recorded and classified as tramway, metro, or monorail.

The following information is recorded for all systems:

- city;
- country;
- continent;
- network length;
- starting year of operation.

For trams, additional information regarding type (urban, heritage, or tram-train), track gauge, and floor height were also recorded. Particularly for trams, in several cities, multiple distinct systems have been identified with various dates of commencement of operations. In these cases, it was investigated whether these systems are connected seamlessly or not. If they are, they were counted as a single system and if not as multiple systems. Concerning network length, when multiple tramways were counted as a single system, their total length was added and associated with the date of commencement of operation of the chronologically first system [4].

For metro systems, additional information regarding track gauge, wheel material, GoA, type (light or heavy), and the number of lines were also recorded. Regarding the guid-

4. Analisi statistica

Tram

In totale, sono stati identificati 483 sistemi di tram ancora in funzione in un totale di 458 città. Di questi sistemi 29 (6%) possono essere caratterizzati come tram-treni, 54 (11%) sono tram storici, mentre 400 (83%) sono tram urbani (Tab. 4). In totale 55 paesi possiedono almeno un sistema di tram.

Delle 458 città, 25 sono state identificate in quanto in possesso di più di un sistema (Tab. 5). In 11 di queste città (Tab. 5, città indicate in grassetto) i sistemi sono collegati senza soluzione di continuità (condividono binari e/o stazioni) e, come indicato nella metodologia, sono stati conteggiati come un unico sistema.

Per effettuare confronti con gli altri due sistemi, nell'analisi statistica che segue, sono stati presi in considerazione solo i sistemi che servono il trasporto pubblico urbano, il che significa che non sono stati considerati i sistemi del patrimonio (ad eccezione di quelli fusi con i sistemi attuali).

Il risultato del processo di cui sopra è di 420 sistemi di trasporto pubblico (tram urbani e tram-treni) da includere nell'analisi, la maggior parte dei quali si trova in Europa (299), seguita da Asia (57), Nord America (41), Africa (11), Oceania (7) e Sud America (5). La Tab. 6 mostra i 5 paesi con il maggior numero di sistemi tranviari di trasporto pubblico al mondo. La Tab. 7 mostra la classificazione dei 29 tram-treni per continente, paese e città. Il sistema di tram più lungo opera a Karlsruhe in Germania. È lungo 262,4 km ed è classificato come tram-treno.

Tabella 4 – Table 4

Classificazione dei sistemi tranviari per continente e per tipologia (dati 2019)

Basic Classification of tramway systems per continent and per type (2019 data)

Continente <i>Continent</i>	Urbano <i>Urban</i>	Tram-Treno <i>Tram-Train</i>	Turistico <i>Tourist</i>	Totale <i>Total</i>
Africa	11	0	1	12
Asia	57	2	6	65
Europa	283	22	12	317
Nord America <i>North-America</i>	37	5	19	61
Oceania	7	0	7	14
Sudamerica <i>South-America</i>	5	0	9	14
Totale <i>Total</i>	400	29	54	483

Tabella 5 – Table 5

Città con più sistemi tranviari
Cities in possession of multiple tram systems

	Città <i>City</i>	Numero Sistemi <i>Number of systems</i>	Inizio attività <i>Start date of operations</i>
1	Pechino <i>Beijing</i>	2	2008, 2017 [7]
2	Toyama	2	1913, 2006 [8]
3	Pyongyang	2	1991, 1996 [9]
4	Adalia Antalya	2	1999, 2009 [10]
5	Lione Lyon	2	2000, 2013 [11]
6	Mulhouse	2	2006, 2010 [12]
7	Nantes	2	1985, 2011 [13]
8	Parigi <i>Paris</i>	3	1992, 2007, 2014 [14]
9	Chemnitz	2	1960, 2002 [15]
10	Karlsruhe	2	1877, 1991 [16] [17]
11	Kassel	2	1877, 2006 [18] [19]
12	Nordhausen	2	1900, 2004 [20]
13	Bergen	2	1998, 2010 [21]
14	Porto	2	1872, 2002 [22]
15	Volgograd	2	1913, 1984 [23]
16	Barcellona <i>Barcelona</i>	2	1872, 2004 [24]
17	Edmonton	2	1978, 1995 [25]
18	Dallas	2	1989, 2015 [26]
19	San Diego	2	1981, 2011 [27]
20	Seattle	2	2007, 2009 [28] [29]
21	Buenos Aires	2	1980, 1987 [30]
22	Rio de Janeiro	2	1887, 2016 [31]
23	Santos	2	1984, 2016 [32]
24	Stoccolma <i>Stockholm</i>	2	1877, 1991 [33]
25	Bursa	2	2011, 2013 [34]

Tabella 6 – Table 6

Paesi in possesso della maggior parte dei sistemi tranviari di trasporto pubblico

Countries in possession of the most public transport tramway systems

Paese Country	Numero di sistemi tramviari del trasporto pubblico in funzione Number of public transport tramway systems in operation
Russia	62
Germania Germany	56
USA	35
Francia France	33
Ucraina Ukraine	20

Come mostrato nella Fig. 11, la maggior parte dei 420 sistemi di trasporto pubblico attualmente in esercizio sono a scartamento normale (220 sistemi; 52,3%), mentre un numero significativo (85 sistemi; 20,2%) ha scartamento largo (1,524 mm) seguito da (72 sistemi; 17,1%) con scartamento metrico (1,000mm). La maggior parte dei sistemi utilizza materiale rotabile a pianale ribassato o basso/alto (rispettivamente 191 e 112 sistemi tranviari). Tuttavia, come indicato nella Fig. 12, i veicoli a pianale alto sono ancora in circolazione per un numero significativo di sistemi (117 sistemi; 28%).

Fig. 13 e Fig. 14 rappresentano rispettivamente l'evoluzione dei 420 sistemi tranviari di trasporto pubblico nel corso degli anni sia in termini di numero di sistemi entrati in esercizio (e ad oggi rientrati in esercizio) che di lunghezza totale delle loro reti. I valori sono stati aggregati per decennio.

Fig. 13 indica un picco di costruzione durante la fine del 1800 seguito da un periodo di declino. Negli ultimi 4 decenni si è nuovamente osservato un aumento del tasso di costruzione.

Attualmente, 20 sistemi di tram sono in costruzione in 16 paesi e si prevede che copriranno un totale di 348 km (Tab. 8). Tutti devono adottare veicoli a pianale ribassato e 17 di loro devono essere con scartamento normale. Dei 20 sistemi in costruzione, due si riferiscono a sistemi pianificati tram-treno.

Metropolitane

In totale, sono stati identificati 181 sistemi di metropolitana in esercizio dal 2019, la maggior parte dei quali (166) sono sistemi di metropolitana pesante. La maggior parte dei sistemi si trova in Asia (89), seguita da Europa

Tabella 7 – Table 7

Classificazione dei tram-treni per continente, paese e città

Continente Continent	Paese/Città Country/City	Numero Number
Asia	Giappone/Toyama Japan/Toyama Giappone/Fukui Japan/Fukui	2
America	Canada, Calgary Canada/Edmonton Messico/Puebla Mexico/Puebla USA/Salt Lake City USA/Seattle	5
Europa	Austria/Gmunden Belgio/Oostende Belgium/Oostende Danimarca/Aarhus Denmark/Aarhus Francia/Esbly- Cr�cy France/Esbly- Cr�cy Francia/Lione France/Lyon Francia/Mulhouse France/Mulhouse Francia/Nantes France/Nantes Francia/Parigi France/Paris Francia/Villejuif-Athis-Mesi France/Villejuif-Athis-Months Germania/Chemnitz Germany/Chemnitz Germania/Karlsruhe Germany/Karlsruhe Germania/Kassel Germany/Kassel Germania/Heidelberg Germany/Heidelberg Germania/Nordhausen Germany/Nordhausen Germania/Saarbrücken Germany/Saarbrücken Germania/Zwickau Germany/Zwickau Italia/Sassari Italy/Sassari Paesi Bassi/Rotterdam/Hauge Netherlands/Rotterdam/Hauge Spagna/Alicante Spain/Alicante Spagna/Cadice Spain/Cadiz Svizzera/Bex-Villars-Bretaye Switzerland/Bex-Villars-Bretaye Regno Unito/Sheffield United Kingdom/Sheffield	22
Totale Total		29

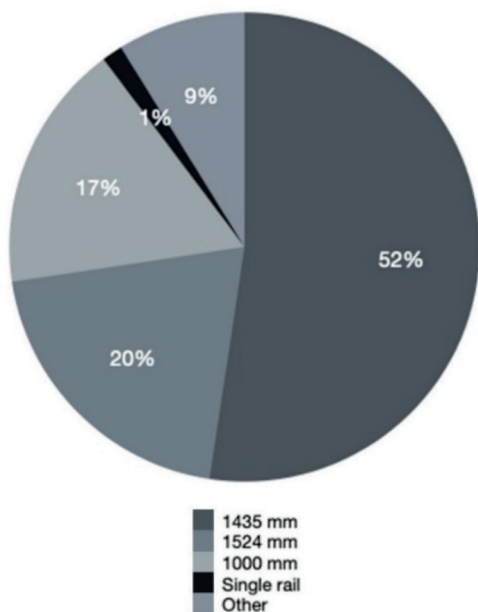


Figura 11 – Distribuzione dei 420 sistemi tranviari di trasporto pubblico in base allo scartamento dei binari.
Figure 11 – Distribution of the 420 public transport tramway systems based on track gauge.

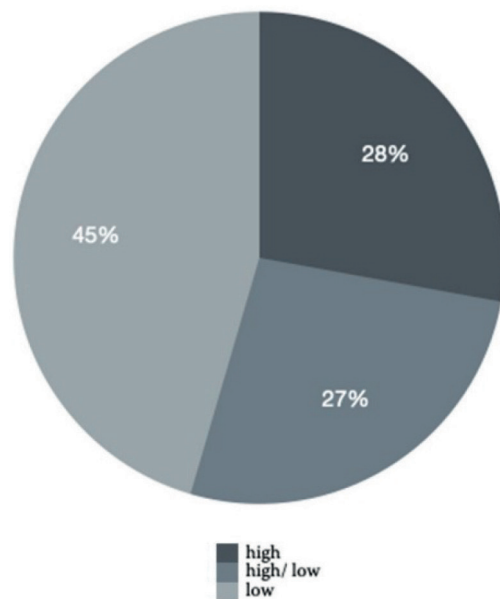


Figura 12 – Distribuzione dei 420 sistemi tranviari di trasporto pubblico in base all'altezza del pianale.
Figure 12 – Distribution of the 420 public transport tramway systems based on floor height.

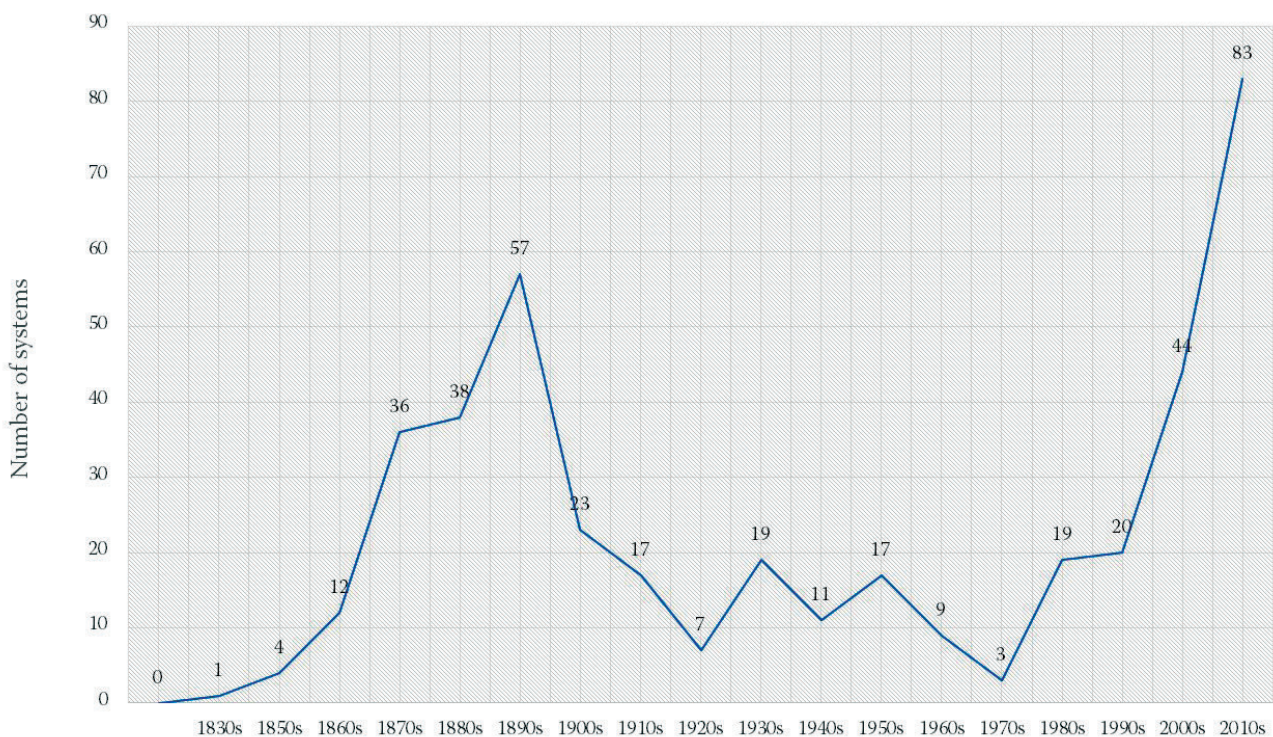


Figura 13 – Numero per decennio di sistemi tranviari di trasporto pubblico che sono stati messi in servizio e che devono ancora rientrare in servizio nel 2019.
Figure 13 – The number per decade of public transport tramway systems that were put into service and are still in revenue service as of 2019.

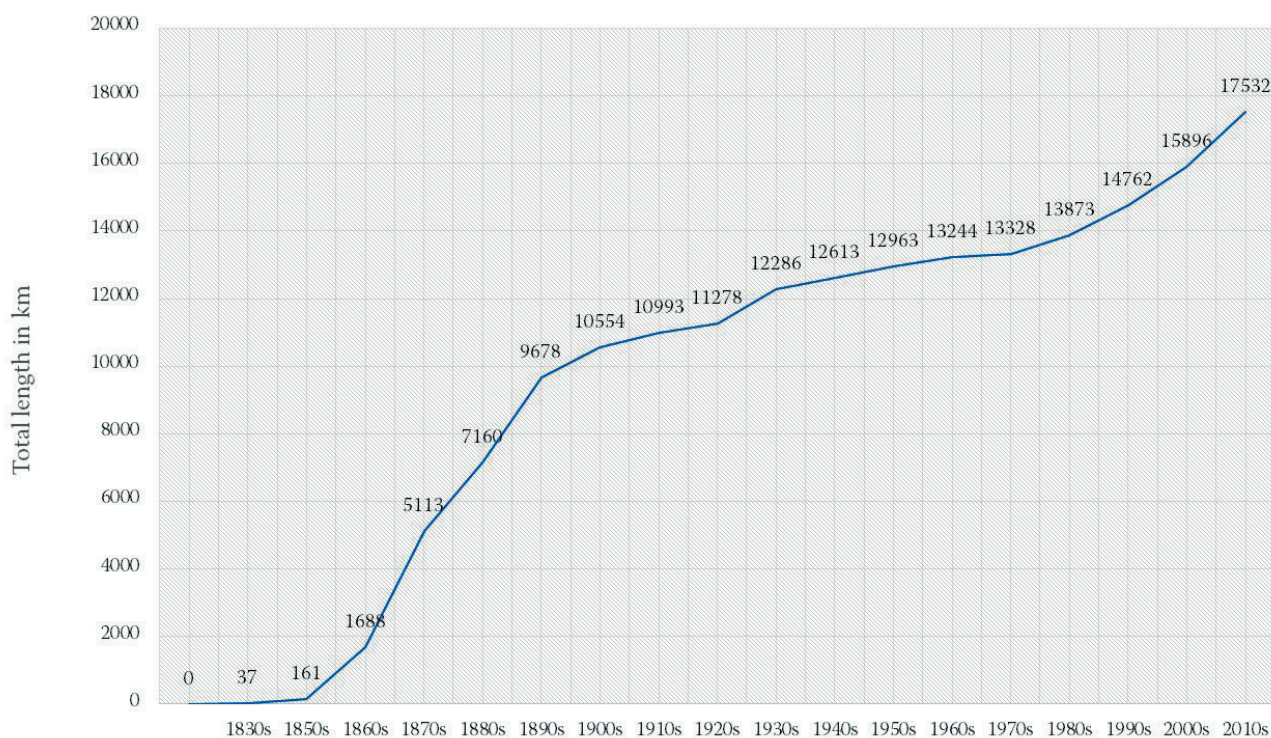


Figura 14 – Evoluzione delle tramvie entrate in esercizio nel mondo in termini di lunghezza totale della rete.
 Figure 14 – Evolution of tramways that are still in revenue service around the world in terms of the total network length.

Tabella 8 – Table 8

Sistemi tranviari attualmente in costruzione
 Tramway systems currently under construction

Paese Country	Città City	Tipo Type	Lunghezza della rete (km) Network length (km)	Scartamento (mm) Gauge (mm)	Altezza piano calpestio Floor height
Algeria	Annaba	Tram urbano Urban tram	21.7	1.435	Basso Lowered
Algeria	Batna	Tram urbano Urban tram	14	1.435	Basso Lowered
Algeria	Mostagnem	Tram urbano Urban tram	14.2	1.435	Basso Lowered
Australia	Parramatta	Tram urbano Urban tram	21	1.435	Basso Lowered
Belgio Belgium	Hasselt–Maastricht	Tram-treno Tram-train	32	1.435	Basso Lowered
Belgio Belgium	Liegi	Tram urbano Urban tram	11.7	1.435	Basso Lowered
Bolivia	Cochabamba	Tram urbano Urban tram	42	1.435	Basso Lowered
Brasile Brazil	Cuiabá	Tram urbano Urban tram	22.2	1.435	Basso Lowered
Canada	Mississauga	Tram urbano Urban tram	18	1.435	Basso Lowered
Cina China	Tianshui	Tram urbano Urban tram	12.9	1.435	Basso Lowered

(segue)

Sistemi tranviari attualmente in costruzione
Tramway systems currently under construction

Paese <i>Country</i>	Città <i>City</i>	Tipo <i>Type</i>	Lunghezza della rete (km) <i>Network length (km)</i>	Scartamento (mm) <i>Gauge (mm)</i>	Altezza piano calpestio <i>Floor height</i>
Danimarca <i>Denmark</i>	Odense	Tram urbano <i>Urban tram</i>	14.7	1.435	Basso <i>Lowered</i>
Finlandia <i>Finland</i>	Tampere	Tram urbano <i>Urban tram</i>	16	1.435	Basso <i>Lowered</i>
Israele <i>Israel</i>	Tel Aviv	Tram urbano <i>Urban tram</i>	23	1.435	Basso <i>Lowered</i>
Italia <i>Italy</i>	Cosenza	Tram urbano <i>Urban tram</i>	9.4	950	Basso <i>Lowered</i>
Giappone <i>Japan</i>	Utsunomiya	Tram urbano <i>Urban tram</i>	14.6	1.065	Basso <i>Lowered</i>
Qatar	Lusail	Tram urbano <i>Urban tram</i>	19	1.435	Basso <i>Lowered</i>
Svezia <i>Sweden</i>	Lund	Tram urbano <i>Urban tram</i>	5.5	1.435	Basso <i>Lowered</i>
Svizzera <i>Switzerland</i>	Lugano	Tram-treno <i>Tram-train</i>	5.9	1.000	Basso <i>Lowered</i>
USA	Bethesda-New Carrollton	Tram urbano <i>Urban tram</i>	26.1	1.435	Basso <i>Lowered</i>
USA	Tempe	Tram urbano <i>Urban tram</i>	4.8	1.435	Basso <i>Lowered</i>

(54), Nord America (18), Sud America (17), Africa (2) e Oceania (1) come indicato nella Fig. 15. La Tab. 9 evidenzia i cinque paesi in possesso del maggior numero di sistemi di metropolitana.

La stragrande maggioranza dei sistemi (143 sistemi, 78,5%) sono con scartamento normale. La maggior parte dei sistemi (153 sistemi, 84,5%) utilizza solo ruote in acciaio e solo 35 sistemi hanno almeno una linea senza conducente.

Fig. 16 e Fig. 17 rappresentano rispettivamente l'evol-

ance system, if a single line utilizes rubber-tyred wheels, the system was classified as rubber-tyred. Regarding automation, metros were classified based on their highest level of automation amongst their lines. Systems were classified as either driverless or with driver. It should be noted that in the case of cities where there are more than one metro systems that are managed by different operators, these systems were registered as one system [4].

For monorail systems, additional information regarding guidance technique, system functionality, and GoA was

Tabella 9 – Table 9

Paesi in possesso della maggior parte dei sistemi di metropolitana

Countries in possession of the most metro systems

Paese <i>Country</i>	Numero di metropolitane <i>Number of metros</i>
Cina <i>China</i>	36
India	12
USA	12
Giappone <i>Japan</i>	10
Brasile <i>Brazil</i>	9

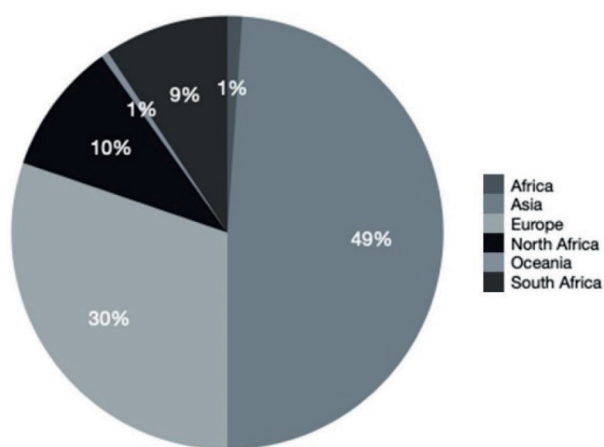


Figura 15 – Distribuzione dei sistemi di metropolitana in base alla posizione.

Figure 15 - Distribution of metro systems based on location.

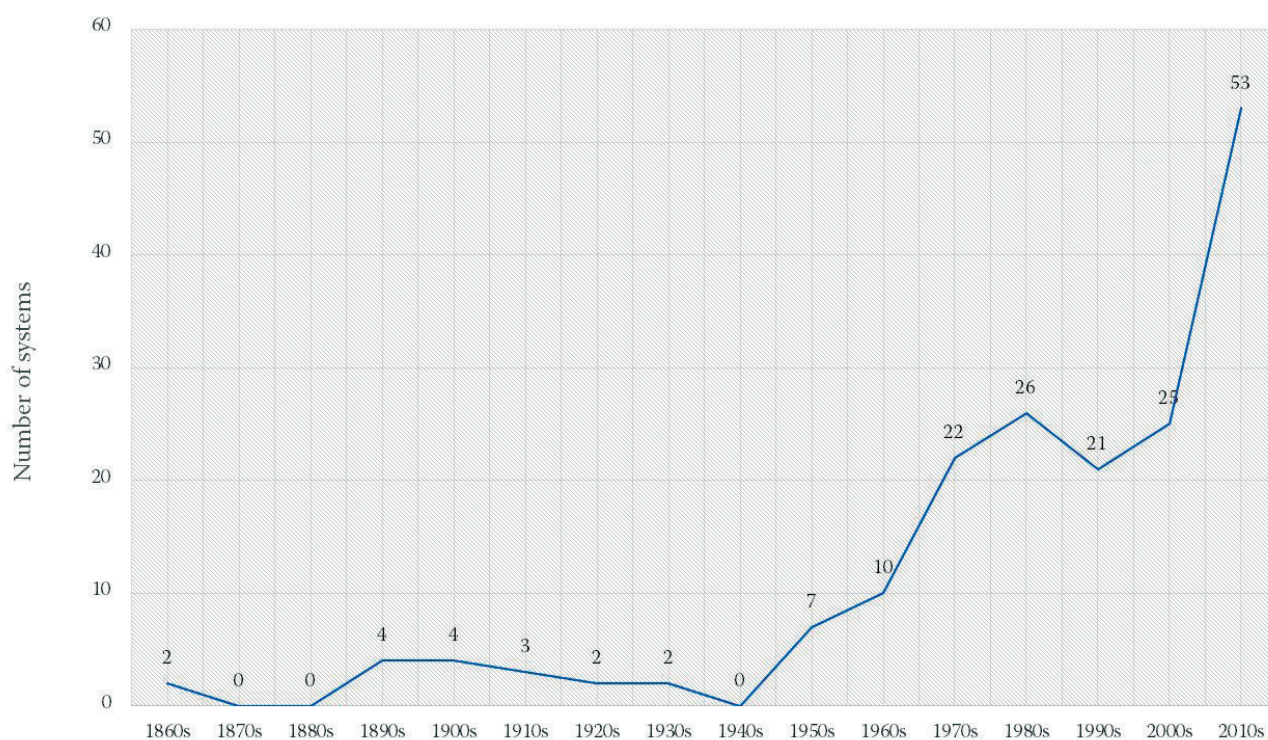


Figura 16 – Numero per decennio di sistemi di metropolitana messi in servizio.

Figure 16 – The number per decade of metro systems that were put into service.

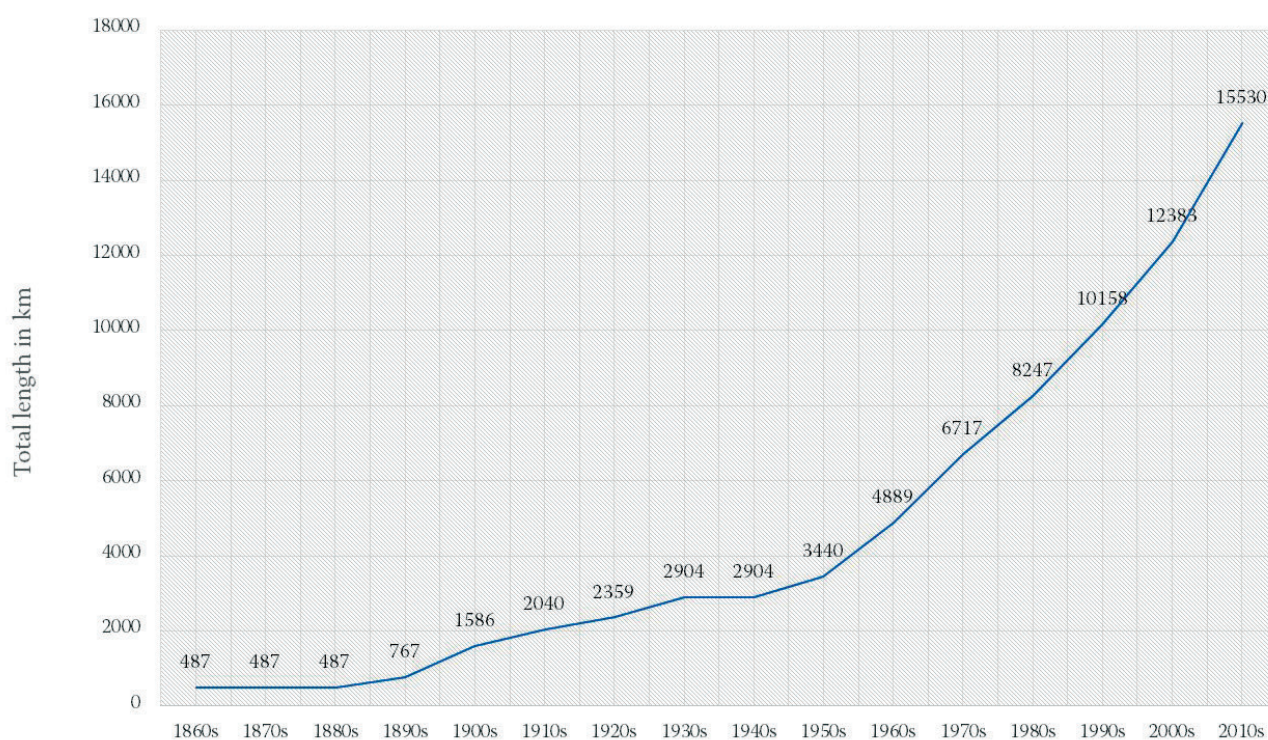


Figura 17 – Evoluzione delle metropolitane nel mondo in termini di lunghezza totale della rete.

Figure 17 – Evolution of metros around the world in terms of the total network length.

luzione delle metropolitane nel corso dell'anno sia in termini di numero di sistemi che hanno iniziato la loro operatività che di lunghezza totale delle loro reti.

Come indicato dalla Fig. 16, la popolarità dei sistemi di metropolitana sembra aumentare notevolmente dopo gli anni '50.

La Tab. 10 mostra le 10 città con la maggiore lunghezza della rete metropolitana al mondo. Da notare che la città con la minore lunghezza della rete metropolitana è la città di Catania in Italia; la lunghezza della sua rete metropolitana è di soli 3,8 km.

La Tab. 11 mostra i sistemi di metropolitana che operano esclusivamente o parzialmente con un Go3 o GoA4.

Come mostrato nella Tab. 12, attualmente sono in costruzione 16 sistemi di metropolitana in 13 paesi e si prevede che si estendano per oltre 590 km. La maggior parte deve essere con scartamento normale e pesante.

Monorotaia

Ci sono 49 sistemi monorotaia in esercizio nel mondo, di cui 24 in Asia, 11 in Europa, 10 in Nord America, 2 in Sud America. Oceania e Africa hanno 1 sistema ciascuna. A livello di paese, la maggior parte dei sistemi operativi si trova negli Stati Uniti e in Giappone, entrambi con 9 sistemi.

La Fig. 18 illustra la distribuzione dei sistemi mono-

gathered. For automation, the same process as the one used for metros was followed.

The metro systems all over the world serve public transport. In order to make meaningful comparisons with the other two transport modes, the main analysis is made also considering only the tramway and monorail types that serve public transport (Urban trams and tram-trains / urban monorails and monorails serving airports).

Entries concerning systems that are under construction refer only to entirely new systems and do not include extensions or new lines of existing systems. All the data recorded and analysed in the following section relate to the end of the year 2019. The raw data were obtained per country, per city, and per line, from various available sources and cross-checked (mainly from internet sources as well as from a number of issues of the Railway Gazette International publications). Afterwards, they were further manipulated for the needs of this paper.

4. Statistical Analysis

Tram

In total, 483 tram systems have been identified to still be in operation in a total of 458 cities. Of these systems 29 (6%) can be characterized as tram-trains, 54 (11%) are heritage trams, while 400 (83%) are urban trams (Tab. 4). In total 55 countries possess at least one tram system.

Of the 458 cities, 25 were identified to possess more than one system (Tab. 5). In 11 of these cities (Tab. 5, cities indicated in bold) the systems are connected seamlessly (they share track and/or stations) and as mentioned in the methodology they were counted as a single system.

In order to make comparisons with the other two systems, in the statistical analysis that follows, only systems that serve urban public transport were taken into account, meaning that heritage systems were not considered (except for those merged with current systems).

The above process left 420 public transport systems (urban trams and tram-trains) to be included in the analysis, most of which are located in Europe (299), followed by Asia (57), North America (41), Africa (11), Oceania (7) and South America (5). Tab. 6 showcases the 5 countries with the most public transport tramway systems worldwide. Tab. 7 showcases the classification of the 29 tram-trains per continent, country, and city. The

Tabella 10 – Table 10

Dieci città con la maggior lunghezza della rete metropolitana del mondo
Ten cities with the largest metro network length in the world

No. No.	Paese Country	Città City	Lunghezza totale (km) Total length (km)
1	Cina China	Pechino Beijing	699.5
2	Cina China	Shanghai	676
3	Cina China	Guangzhou	514.8
4	Russia	Mosca Moscow	408.1
5	Regno Unito United Kingdom	Londra London	402
6	Stati Uniti United States	New York	394
7	Cina China	Nanchino Nanjing	377
8	India	Delhi	368
9	Corea del Sud South Korea	Seoul	353.2
10	Cina China	Wuhan	339

Tabella 11 – Table 11

Sistemi di metropolitana con un grado di automazione di 3 o 4 (dati 2019)
Metro systems with a Grade of Automation of 3 or 4 (2019 data)

No. No.	Paese Country	Città City	No. No.	Paese Country	Città City
1	Australia	Sydney	19	Giappone Japan	Osaka
2	Brasile Brazil	San Paolo São Paulo	20	Giappone Japan	Tokyo
3	Canada	Vancouver	21	Giappone Japan	Yokohama
4	Cina China	Guangzhou	22	Malesia Malaysia	Kuala Lumpur
5	Cina China	Hangzhou	23	Portogallo Portugal	Lisbona Lisboa
6	Cina China	Hong Kong	24	Qatar	Doha
7	Danimarca Denmark	Copenhagen	25	Singapore	Singapore
8	Francia France	Lilla Lille	26	Corea del Sud South Korea	Seoul
9	Francia France	Lione Lyon	27	Spagna Spain	Barcellona Barcelona
10	Francia France	Parigi Paris	28	Svizzera Switzerland	Losanna
11	Francia France	Rennes	29	Taiwan	Taipei
12	Francia France	Tolosa Toulouse	30	Thailandia Thailand	Bangkok
13	Germania Germany	Norimberga Nurnberg	31	Turchia Turkey	Ankara
14	Ungheria Hungary	Budapest	32	Emirati Arabi Uniti United Arab Emirates	Dubai
15	Italia Italy	Brescia	33	Regno Unito United Kingdom	Glasgow
16	Italia Italy	Milano Milan	34	Regno Unito United Kingdom	Londra London
17	Italia Italy	Torino Turin	35	USA	Miami
18	Giappone Japan	Nagoya			

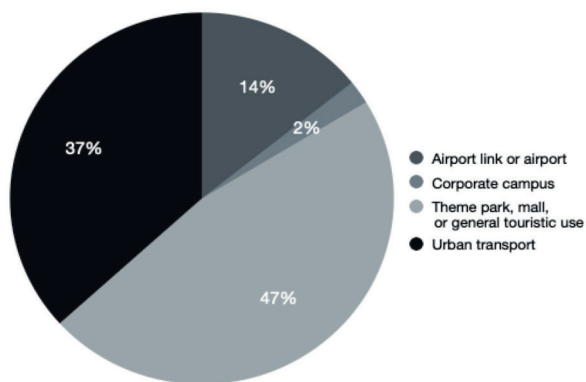


Figura 18 – Distribuzione dei 49 sistemi monorotaia in base all'uso operativo.

Figure 18 – Distribution of the 49 monorail systems based on operational use.

longest tram system operates in Karlsruhe Germany. It is 262.4 km long and is classified as a tram-train.

As shown in Fig. 11, most of the 420 public transport systems currently in operation are of normal gauge (220 systems; 52.3%), while a significant number (85 systems; 20.2%) has wide gauge (1,524mm) followed by (72 systems; 17.1%) metric gauge (1,000mm). Most systems utilize either low or low/high floor rolling stock (191 and 112 tramway systems respectively). However, as indicated in Fig. 12, high-floor vehicles are still in circulation for a significant number of systems (117 systems; 28%).

Fig.13 and Fig. 14 depict respectively the evolution of the 420 public transport tramway systems over the years both in terms of the number of systems that commenced their operation (and are up to today in revenue service) and the total length of their networks. Values were aggregated per decade.

Tabella 12 – Table 12

Sistemi di metropolitana in costruzione (dati 2019)
Metro systems under construction (2019 data)

Paese <i>Country</i>	Città <i>City</i>	Lunghezza della rete (km) <i>Network length (km)</i>	Scartamento (mm) <i>Gauge (mm)</i>	Tipo <i>Type</i>
Argentina	Cordoba	32.9	1.000	Pesante <i>Heavy</i>
Canada	Montréal	80	1.435	Leggero <i>Light</i>
Costa d'Avorio <i>Cote D'Ivoire</i>	Abidjan	37.5	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Equador <i>Ecuador</i>	Quito	22	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Grecia <i>Greece</i>	Salonicco <i>Thessaloniki</i>	9.6	1.435	Leggero <i>Light</i>
Pakistan	Lahore	27.1	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
India	Pune	54.6	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Iraq	Baghdad	22	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Kazakistan	Astana	22.6	1.524	Leggero <i>Light</i>
Russia	Chelyabinsk	5.7	1.524	Pesante <i>Heavy</i>
Russia	Krasnojarsk <i>Krasnoyarsk</i>	23	1.524	n.d.
Arabia Saudita <i>Saudi Arabia</i>	Riad <i>Riyadh</i>	176	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Taiwan	Taichung	31.8	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Turchia <i>Turkey</i>	Gebze	15.6.	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Vietnam	Hanoi	13.1	1.435	Pesante <i>Heavy</i>
Vietnam	Ho Chi Minh City	19.7	1.435	Pesante <i>Heavy</i>

rotaia in base al loro utilizzo operativo. Come mostrato in questa figura, l'utilizzo principale dei sistemi monorotaia è il servizio di parchi tematici, aree ricreative, centri commerciali e campus universitari (24 sistemi in totale, 49%), mentre il loro utilizzo come modalità di trasporto urbano è in aumento negli ultimi anni, con 18 sistemi (36,7%) di puro trasporto urbano e 7 sistemi (14,3%) che servono gli aeroporti. Quarantuno dei 49 sistemi (cioè circa l'84%) sono entrati in esercizio. La lunghezza totale delle 49 reti monorotaia è di oltre 410 km.

Fig. 13 indicates a peak of construction during the late 1800s followed by a period of decline. An increased rate of construction is once again observed in the past 4 decades.

Currently, 20 tram systems are in construction across 16 countries and planned to span a total of 348km (Tab. 8). All of them are to adopt low floor vehicles and 17 of them are to be of normal gauge. Of the 20 systems under construction, two of them refer to planned tram-train systems.

Metros

In total, 181 metro systems have been identified to be in operation as of 2019, most of which (166) are heavy metro systems. Most systems are located in Asia (89), followed by Europe (54), North America (18), South America (17), Africa (2), and Oceania (1) as indicated in Fig.15. Tab. 9 highlights the five countries in possession of the most metro systems.

The vast majority of systems (143 systems, 78.5%) are of normal gauge. Most systems (153 systems, 84.5%) utilize only steel wheels and only 35 systems are in possession of at least one line that is driverless.

Fig. 16 and Fig. 17 depict respectively the evolution of metros over the year both in terms of the number of systems that commenced their operation and the total length of their networks.

As indicated by Fig. 16, metro systems appear to rise significantly in popularity after the 1950s.

Tab. 10 presents the 10 cities with the largest metro network length worldwide. It should be noted that the city with the smallest metro network length is the city of Catania in Italy; the length of its metro network is only 3.8 km.

Tab. 11 presents the metro systems that operate either exclusively or partially at a Go3 or GoA4.

Currently, as shown in Tab. 12, 16 metro systems are in construction across 13 countries and are planned to span over 590 km. Most of them are to be of normal gauge and heavy.

Monorail

There are 49 monorail systems in operation worldwide,

Dei 25 sistemi che servono aree urbane e aeroporti (monorotaie di trasporto pubblico):

- 7 (28%) sono di Grado di Automazione 4 (senza conducente), mentre i restanti 18 (72%) hanno un conducente;
- 18 (72%) sono entrate in esercizio e 7 (28%) sono in attesa;
- il Giappone ha il maggior numero di sistemi (7), seguito dagli Stati Uniti.

La Fig. 19 e la Fig. 20 rappresentano rispettivamente l'evoluzione delle 25 monorotaie di trasporto pubblico nel corso degli anni sia in termini di numero di sistemi che hanno iniziato il loro esercizio che di lunghezza totale delle loro reti.

La lunghezza totale delle 25 monorotaie del trasporto pubblico è di poco più di 300 km.

Secondo i dati del 2019, 9 sistemi monorotaia sono in costruzione in 5 paesi e si prevede che copriranno un totale di 291,1 km (Tab. 13). Otto di loro devono essere posti in esercizio e tutti sono adibiti al trasporto pubblico.

5. Conclusioni

I tram sembrano essere i più popolari in Europa, mentre le metropolitane e in particolare le monorotaie

of which 24 are in Asia, 11 in Europe, 10 in North America, 2 in South America. Oceania and Africa each have 1 system. At the country level, most operational systems are located in the United States and in Japan both of which have 9 systems.

Fig. 18 illustrates the distribution of monorail systems according to their operational use. As shown in this figure, the main use for monorail systems is the service of thematic parks, recreational areas, malls, and university campuses (24 systems in total, 49%), whereas their use as an urban transport mode is increasing in recent years, with 18 systems (36.7%) being of pure urban transportation use and 7 systems (14.3%) serve airports. Forty-one out of the 49 systems (i.e. approximately 84%) are straddled. The total length of the 49 monorail networks is over 410 km.

Of the 25 systems that serve urban areas and airports (public transport monorails):

- 7 (28%) are of Grade of Automation 4 (driverless), while the remaining 18 (72%) have a driver;
- 18 (72%) are straddled and 7 (28%) are suspended;
- Japan has the most systems (7), followed by the USA.

Fig. 19 and Fig. 20 depict respectively the evolution of the 25 public transport monorails over the years both in terms of the number of systems that commenced their operation and the total length of their networks.

The total length of the 25 public transport monorails is just over 300 km.

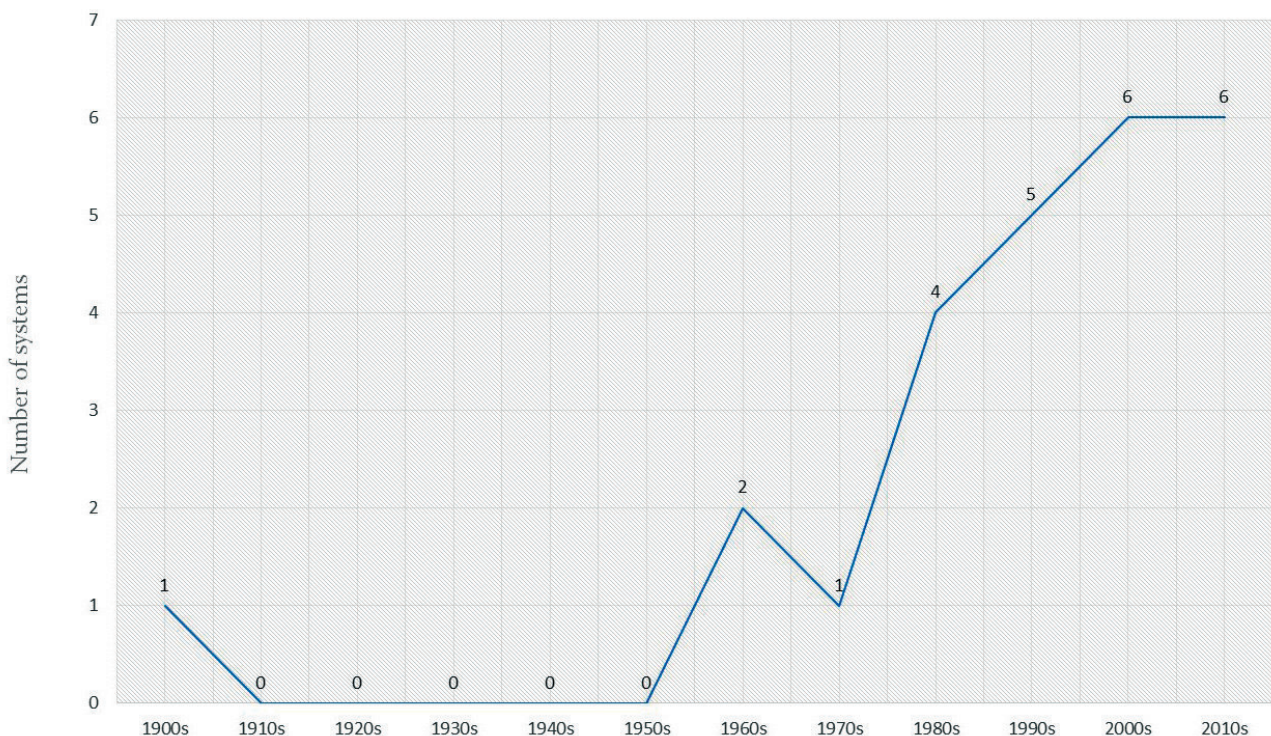


Figura 19 – Numero per decennio di sistemi monorotaia di trasporto pubblico (uso urbano e aeroportuale) messi in servizio.
Figure 19 – The number per decade of public transport (urban and airport use) monorail systems that were put into service.

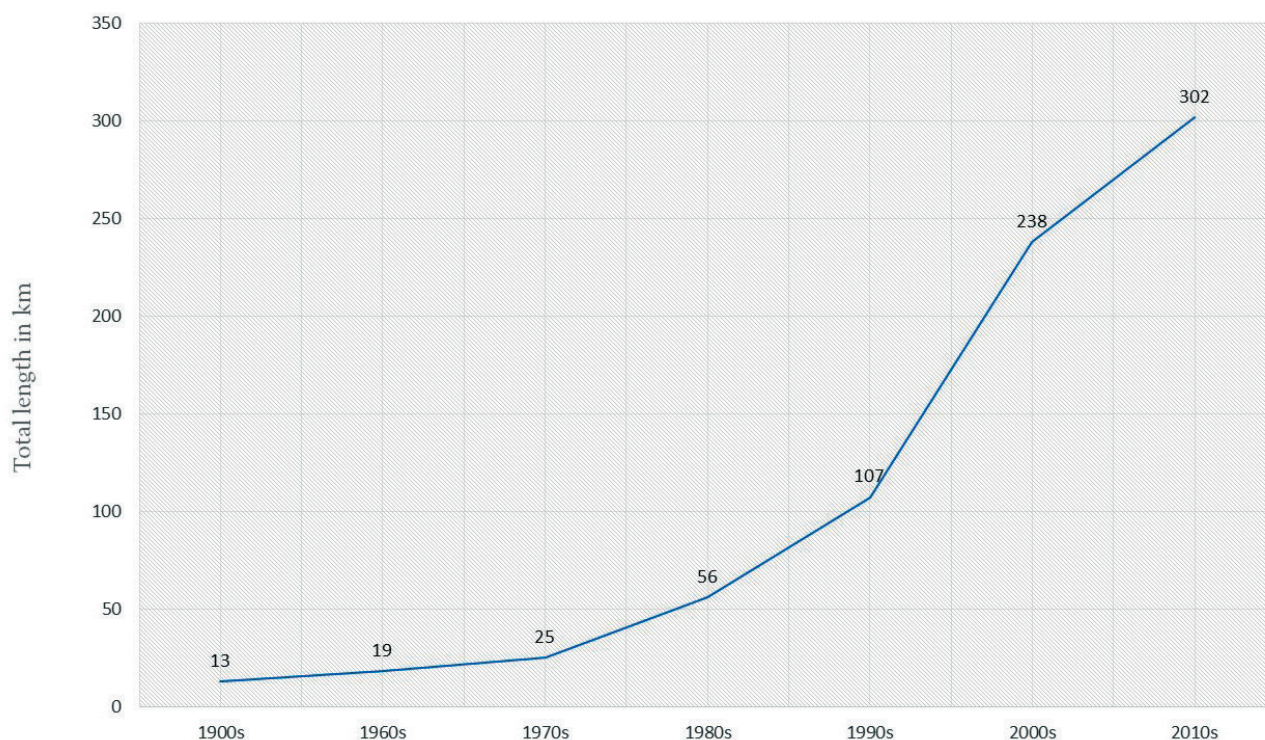


Figura 20 – Evoluzione dei sistemi monorotaia di trasporto pubblico (uso urbano e aeroportuale) nel mondo in termini di lunghezza totale della rete.

Figure 20 – Evolution of public transport (urban and airport use) monorail systems around the world in terms of the total network length.

sono più importanti in Asia. Nel caso dei tram, sembra esserci un numero significativo di sistemi del patrimonio emergenti che sfruttano le infrastrutture esistenti e precedentemente sottoutilizzate.

Per quanto riguarda lo scartamento dei binari, le metropolitane sono molto più costanti con la stragrande maggioranza che adotta lo scartamento normale. Per le tramvie, lo scartamento metrico e largo è ancora utilizzato da un numero significativo di sistemi.

Sia per le metropolitane sia per le monorotaie circa un terzo dei sistemi in questo periodo entrati in esercizio sembra adottare l'automazione.

La velocità media con cui sono stati costruiti i sistemi di tram sembra essere superiore a quella degli altri sistemi. Tuttavia, quando si confronta la lunghezza totale delle reti, le linee di tendenza indicano che la velocità con cui si stanno evolvendo metropolitane e tram è molto vicina. In effetti, l'attuale lunghezza totale di tutte le reti tranviarie e metropolitane differisce di circa il 10%. I sistemi monorotaia sono molto indietro, ma sembrano avere un maggior tasso di implementazione in termini di lunghezza totale della rete durante gli anni 2000. La lunghezza totale della rete è quasi triplicata da quella del 1998.

According to 2019 data, 9 monorail systems are in construction across 5 countries and are planned to span a total of 291.1 km (Tab. 13). Eight of them are to be straddled and all are for public transport use.

5. Conclusions

Trams appear to be most popular in Europe, while metros and particularly monorails are most prominent in Asia. In the case of tramways, there appears to be a significant number of heritage systems emerging that take advantage of existing and previously underutilized infrastructure.

Regarding track gauge, metros are far more consistent with the vast majority adopting normal gauge. For tramways, metric and wide gauges are still utilized by a significant number of systems.

Both for metros and monorails about a third of systems currently in revenue service appear to adopt automation.

The mean rate with which tram systems have been built appears to be higher than that of the other systems. However, when the total length of networks is being compared, the trendlines indicate that the rate with which metros and trams are evolving is very close. Indeed, the current total length of all tramway and metro networks differs by about 10%. Monorail systems fall far behind but appear to have an increased rate of deployment in terms of total network

Tabella 13 – Table 13

Sistemi monorotaia in costruzione (dati 2019)
 Monorail systems under construction (2019 data)

Nome Name	Continente Continent	Paese Country	Città City	Data prevista Expected Date	Lunghezza (in km) Length(in km)	Stato Placement	Tipo Type	GoA GoA
Monorotaia del Cairo Cairo Monorail	Africa	Egitto Egypt	Cairo	2023	96	In esercizio Straddled	Servizio Urbano Urban Service	Senza conducente Driverless
Monorotaia Kai Tak Kai Tak monorail	Asia	Cina China	Hong Kong	2023	9,0	In esercizio Straddled	Servizio urbano Urban Service	n.d.
Metropolitana di Wuhu Wuhu Metro	Asia	Cina China	Wuhu	2020	46,2	In esercizio Straddled	Servizio urbano Urban Service	Con conducente With Driver
Sistema di transito rapido Zunyi Zunyi Rapid Transit System	Asia	Cina China	Zunyi	n.d.	50,0	n.d.	Servizio urbano Urban Service	n.d.
Monorotaia QOM - Linea M	Asia	Iran	Qom	n.d.	7,0	In esercizio Straddled	Servizio urbano Urban Service	Con conducente With Driver
Linea Gialla Yellow Line	Asia	Thailandia Thailand	Bangkok	2022	30,4	In esercizio Straddled	Servizio urbano Urban Service	Con conducente With Driver
Linea Rosa MRTA "2020" MRTA Pink Line "2020"	Asia	Thailandia Thailand	Bangkok	2021	34,5	In esercizio Straddled	Servizio urbano Urban Service	Senza conducente Driverless
Marconi Express Marconi Express	Europa Europe	Italia Italy	Bologna	In esercizio da novembre 2020 In operation from November 2020	5,0	In esercizio Straddled	Servizio aeroportuale Airport service	Senza conducente Driverless
Monorotaia di Krasnogorsk Krasnogorsk Monorail	Europa Europe	Federazione russa Russian Federation	Krasnogorsk	2020	13,0	Sospeso Suspended	Servizio urbano Urban service	Senza conducente Driverless

Tabella 14 – Table 14

Tram, metropolitane e monorotaie - Valutazione comparativa (dati 2019)
Trams, metros and monorails – Comparative assessment (2019 data)

Sistema System	Numero totale (tutti i tipi inclusi) Total number (All types included)	Numero totale di sistemi di trasporto pubblico Total number of public transport systems	Lunghezza totale della rete in km (solo sistemi di trasporto pubblico) Total network length in km (only public transport systems)	Sistemi in costruzione (tutti i tipi) Systems under construction (All types)
Tram	483	420	17.500	20 (348 km)
Metropolitana Metro	181	181	15.500	16 (590 km)
Monorotaia Monorail	49	25	300	9 (291 km)

Nei prossimi anni, la maggior parte dei sistemi ferroviari urbani pianificati sono tram (Tab. 14). Tuttavia, la lunghezza della rete pianificata delle metropolitane è notevolmente superiore. Sebbene siano in costruzione molti meno sistemi di monorotaia, la loro lunghezza totale della rete non è significativamente inferiore a quella dei tram. In totale, sono attualmente in costruzione poco più di 1,200 km di sistemi di trasporto ferroviario urbano di massa.

length during the 00s. The total network length has almost tripled since that of 1998.

In the next years, most planned urban railway systems are tramways (Tab. 14). However, the planned network length of metros is significantly higher. While far fewer monorail systems are under construction, their total network length does not fall significantly short to that of tramways. In total, just over 1,200 km of urban mass railway transportation systems are currently under construction.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] C. PYRGIDIS, (2016), "Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation", CRC Press.
- [2] Thessaloniki Public Transport Authority (THEPTA), (2012-2014), "Feasibility study for the implementation of a tramway network in the city of Thessaloniki", Thessaloniki.
- [3] M.E. LÓPEZ LAMBAS, C. VALDÉS, (2013), "BHLS, Bus, tram: tesi, antitesi, sintesi", *Ingegneria Ferroviaria*, v. 68 (n. 6), pp. 569-585.
- [4] C. PYRGIDIS, D. TSIPI, A. DOLIANITIS, M. BARBAGLI, (2020), "Urban mass railway transportation systems in revenue service at the end of 2019: Metro, tramway, monorail, Monorailex 2020 workshop", virtual, 19-22/9.
- [5] The monorail society, Definition of Monorail, n.d.. [Online]. Available: <http://www.monorails.org/tMspages/WhatIs.html>.
- [6] M. KATO, K. YAMAZAKI, T. AMAZAWARA, T. TAMOTSU, (2004), "Straddle – type monorail systems with driverless train operation system", *Hitachi Review*, Vol. 53, pp. 25-29.
- [7] *tour-beijing.com*, Qianmen Street, a Pedestrian Street in Beijing, n.d. Available: <https://www.tour-beijing.com/blog/beijing-travel/beijing-attractions-tips/qianmen-street-a-faa-pedestrian-street-in-beijing>.
- [8] *Toyama Chihou Railway*, About Toyama Chihou Railway, n.d. Available: <https://www.chitetsu.co.jp/english/general-info/>.
- [9] *Koryo Tours*, Pyongyang Tram - North Korea Travel Guide, n.d. Available: <https://koryogroup.com/travel-guide/pyongyang-tram-north-korea-travel-guide>.
- [10] *Urbanrail*, Antalya, n.d. Available: <http://www.urbanrail.net/as/tr/antalya/antalya.htm>.
- [11] *Urbanrail*, Lyon, n.d. Available: <http://www.urbanrail.net/eu/fr/lyon/tram/lyon-tram.htm>.
- [12] *Urbanrail*, Mulhouse, n.d. Available: <http://www.urbanrail.net/eu/fr/mulhouse/mulhouse-tram.htm>.
- [13] *Urbanrail*, Nantes, n.d. Available: <http://www.urbanrail.net/eu/fr/nantes/nantes-tram.htm>.

- [14] *Civitas, Paris Tramway*, n.d. Available: <https://www.introducingparis.com/tram>.
- [15] *CVAG, Network plan map*, n.d. Available: <https://www.netzplan-chemnitz.de/index.php/de/netzplan>.
- [16] M. PEREZ, “*Karlsruhe Model*”, n.d. Available: <https://www.tramtrain.org/en/intro/intro01.html>.
- [17] *RailwayTechnology, Karlsruhe Light / Heavy Rail*, n.d. Available: <https://www.railway-technology.com/projects/karlsruhe/>.
- [18] *Railway Technology, Kassel Tram Trains, Railway Extension Project in Germany*, n.d. Available: <https://www.railway-technology.com/projects/kasseltramtrains/>.
- [19] T. STREETER, (2010), “*A city committed to tram-trains*”, Available: www.tramnews.net.
- [20] *Zweissystem, Nordhausen – TramTrains for small towns*, 2009. Available: <https://railforthevalley.wordpress.com/2009/03/31/nordhausen-tramtrains-for-small-towns/>.
- [21] *European Route of Industrial Heritage, Bergen Technical Museum - Tramway Depot*, n.d. Available: <https://www.erih.net/i-want-to-go-there/site/show/Sites/bergen-technical-museum-tramway-depot/>.
- [22] *European Best Destinations, Historical Tram of Porto City Tour*, n.d. Available: <https://www.europeanbestdestinations.com/travel-guide/porto/electrico-porto-old-tram/>.
- [23] *mapa-metro.com, Metro of Volgograd*, n.d. Available: <https://mapa-metro.com/en/russia/volgograd/volgograd-metro-map.htm#:~:text=The%20Volgograd%20Metro%20or%20Volgograd,kilometers%20of%20the%20entire%20system>.
- [24] *TMB, Tramvia Blau*, n.d. Available: <https://www.tmb.cat/en/about-tmb/transport-tmb/tramvia-blau-tibidabo>.
- [25] *Edmonton Radial Railway Society, High Level Bridge Streetcar*, (2018), Available: <http://www.edmonton-radial-railway.ab.ca/highlevelbridge/>.
- [26] *DART, M-Line Trolley*, n.d. Available: <https://www.dart.org/riding/mline.asp>.
- [27] *MTS, Vintage Trolley*, n.d. Available: <https://www.sdmts.com/schedules-real-time/vintage-trolley>.
- [28] *Seattle.gov, South Lake Union Line*, (2020), Available: <https://www.seattle.gov/transportation/getting-around/transit/streetcar/south-lake-union-line>.
- [29] *wikipedia.org, Line 1 (Sound Transit)*, n.d. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Line_1_\(Sound_Transit\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Line_1_(Sound_Transit)).
- [30] *enelSubte.com, The AAT celebrates 150 years of the tram with a festival (in Spanish)*, (2013), Available: <http://enel-subte.com/noticias/la-aat-celebra-un-festival-los-150-anos-del-tranvia-2715/>.
- [31] A. MORRISON, (2019), “*Map of Santa Teresa Tramway*”, Available: <http://www.tramz.com/tw/lam12.html>.
- [32] *Metro Report International, first phase of Santos light rail completed*, (2017), Available: <https://www.railwaygazette.com/projects-and-planning/first-phase-of-santos-light-rail-completed/43924.article#:~:text=BRAZIL%3A>.
- [33] *Djurgårdslinjen AB, Cultural heritage in motion*, n.d. Available: <https://www.djurgardslinjen.se/en/>.
- [34] *Urbanrail, Bursa*, n.d. Available: <http://www.urbanrail.net/as/tr/bursa/bursa.htm>.