

corso di
Tecnica ed Economia dei Trasporti
a.a. 2004-2005

SISTEMI DI TRASPORTO COLLETTIVO

Classificazione e caratteristiche

Umberto Crisalli
crisalli@ing.uniroma2.it



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA

Tor Vergata

Dipartimento di Ingegneria Civile



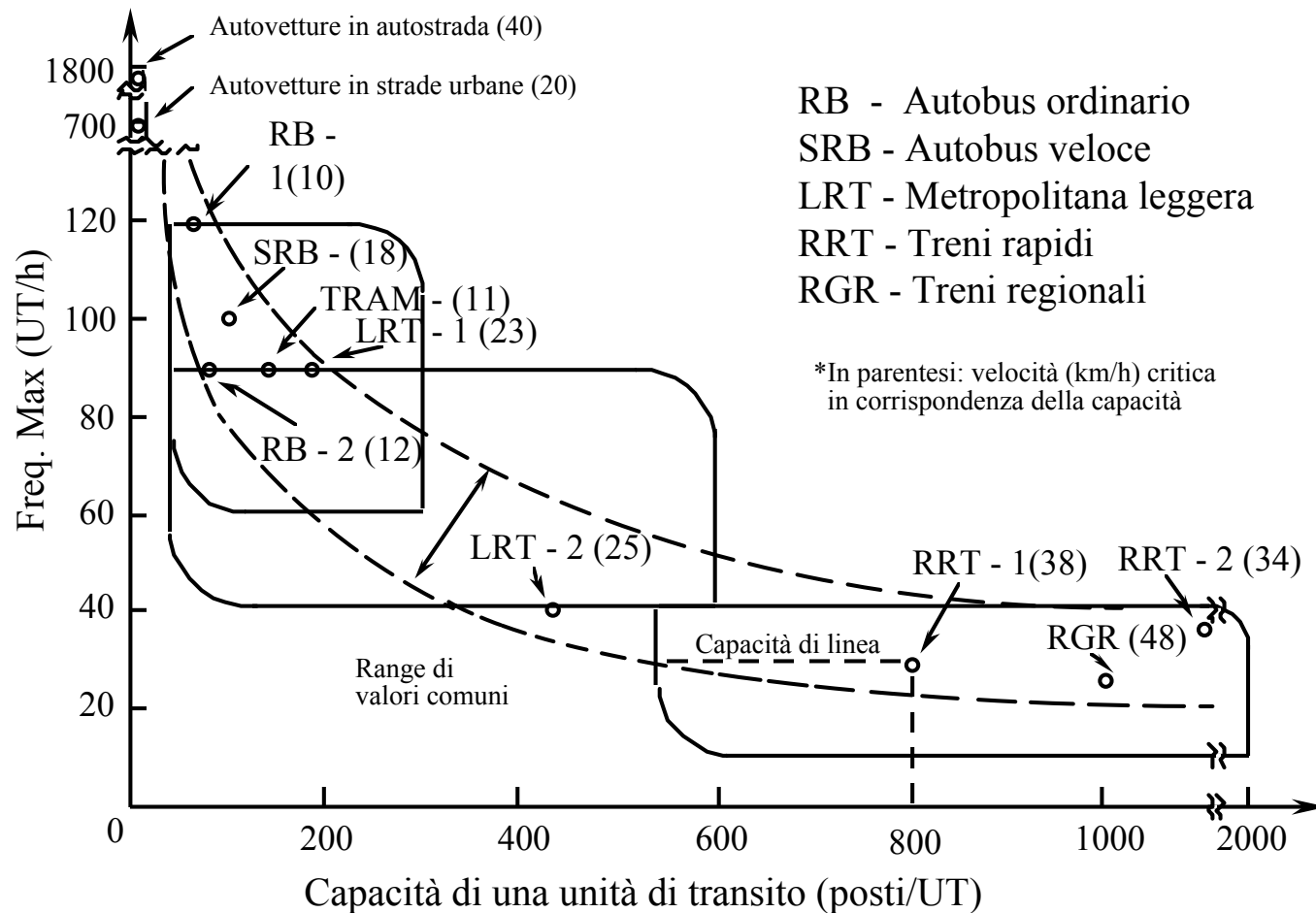
Sistemi di trasporto collettivo *urbani e metropolitani*

Sono sistemi di trasporto collettivo utilizzati in ambito urbano e metropolitano.

E' possibile classificare tali sistemi in funzione di:

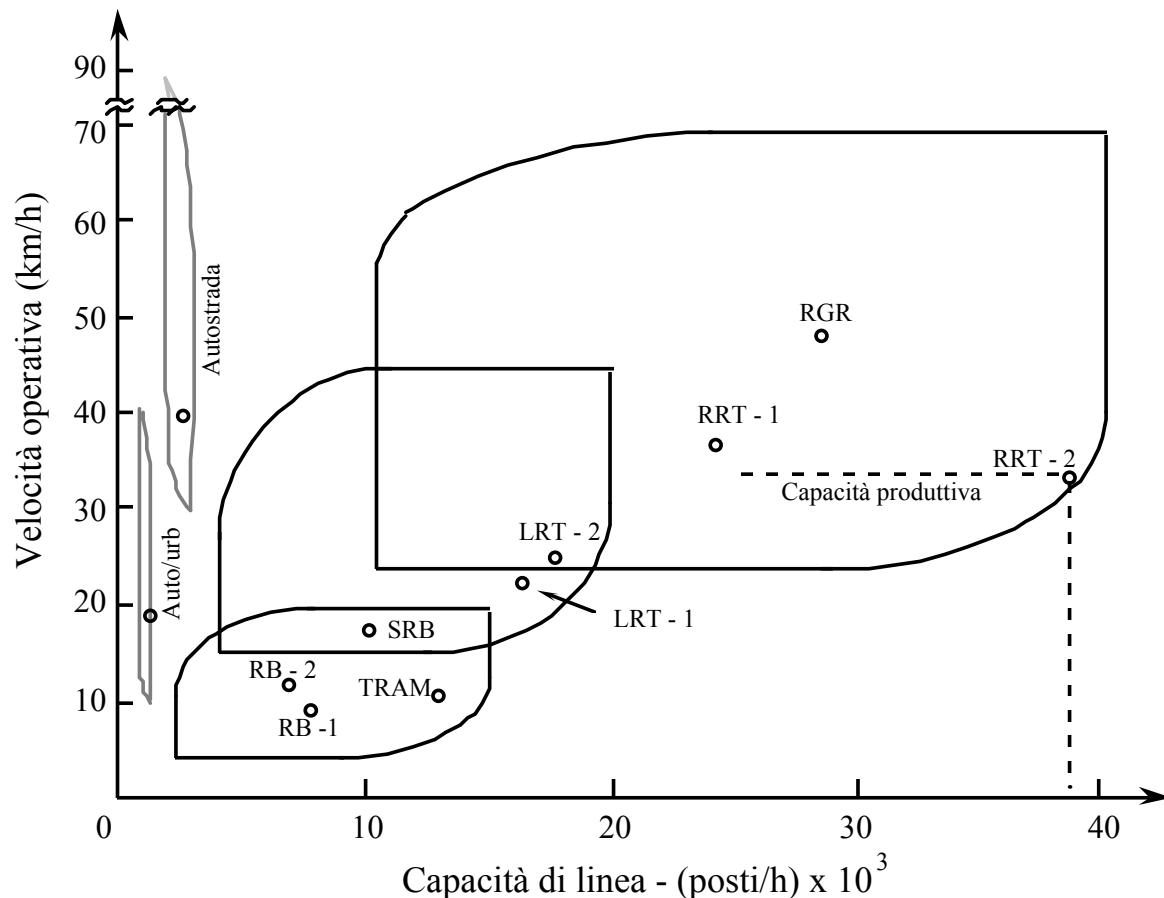
- Capacità della linea;
- Capacità del veicolo;
- Frequenza del servizio;
- Velocità operativa;
- Posizione del motore;
- Tipologia di guida;
-

Sistemi di trasporto: classificazione



Parametri tecnico-operativi per classi di sistemi di trasporto (Vuchic V.H., 1981)

Sistemi di trasporto: classificazione



Parametri tecnico-operativi per classi di sistemi di trasporto (Vuchic V.H., 1981)

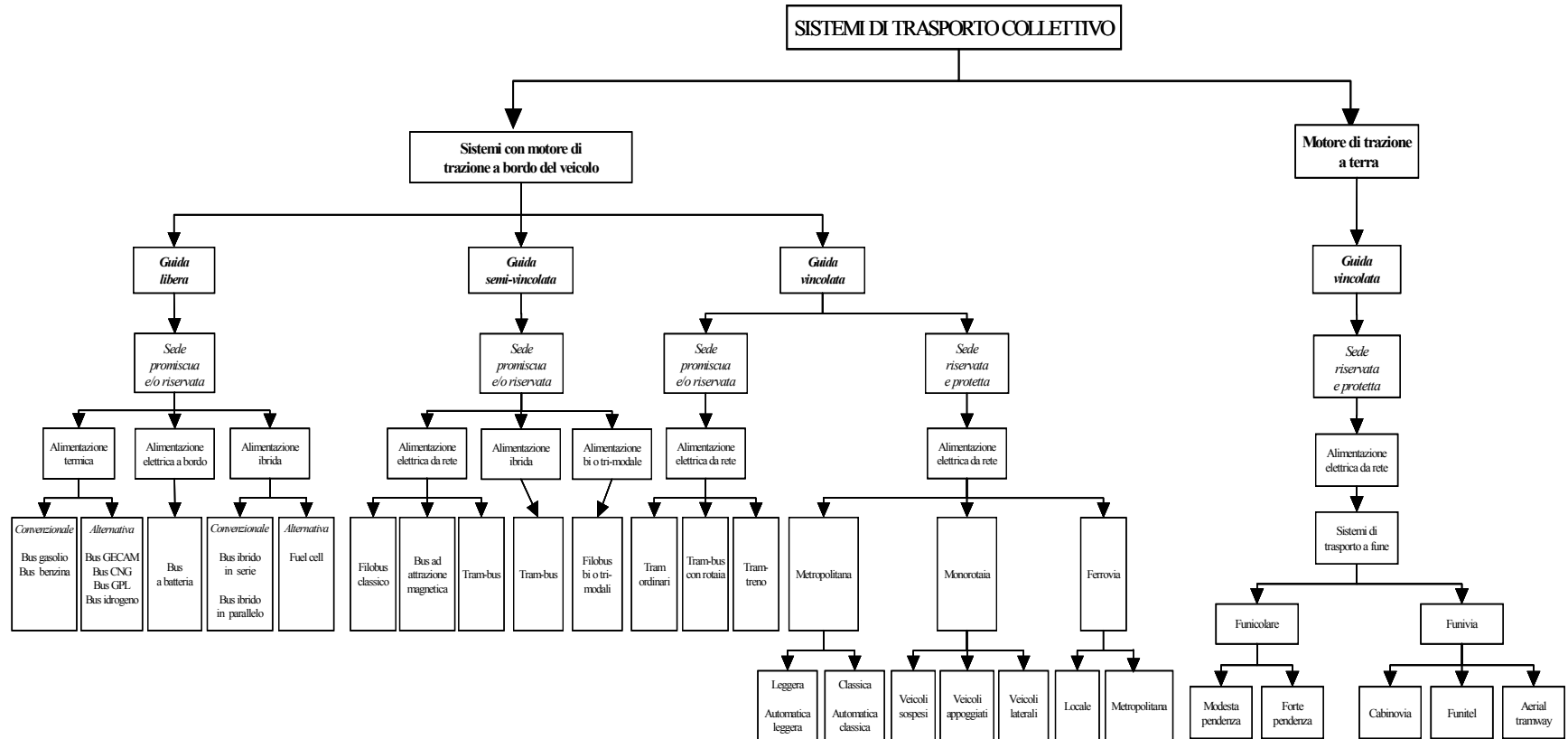
Sistemi di trasporto: classificazione

E' possibile classificare tali sistemi in due grandi categorie, in funzione della posizione del motore.

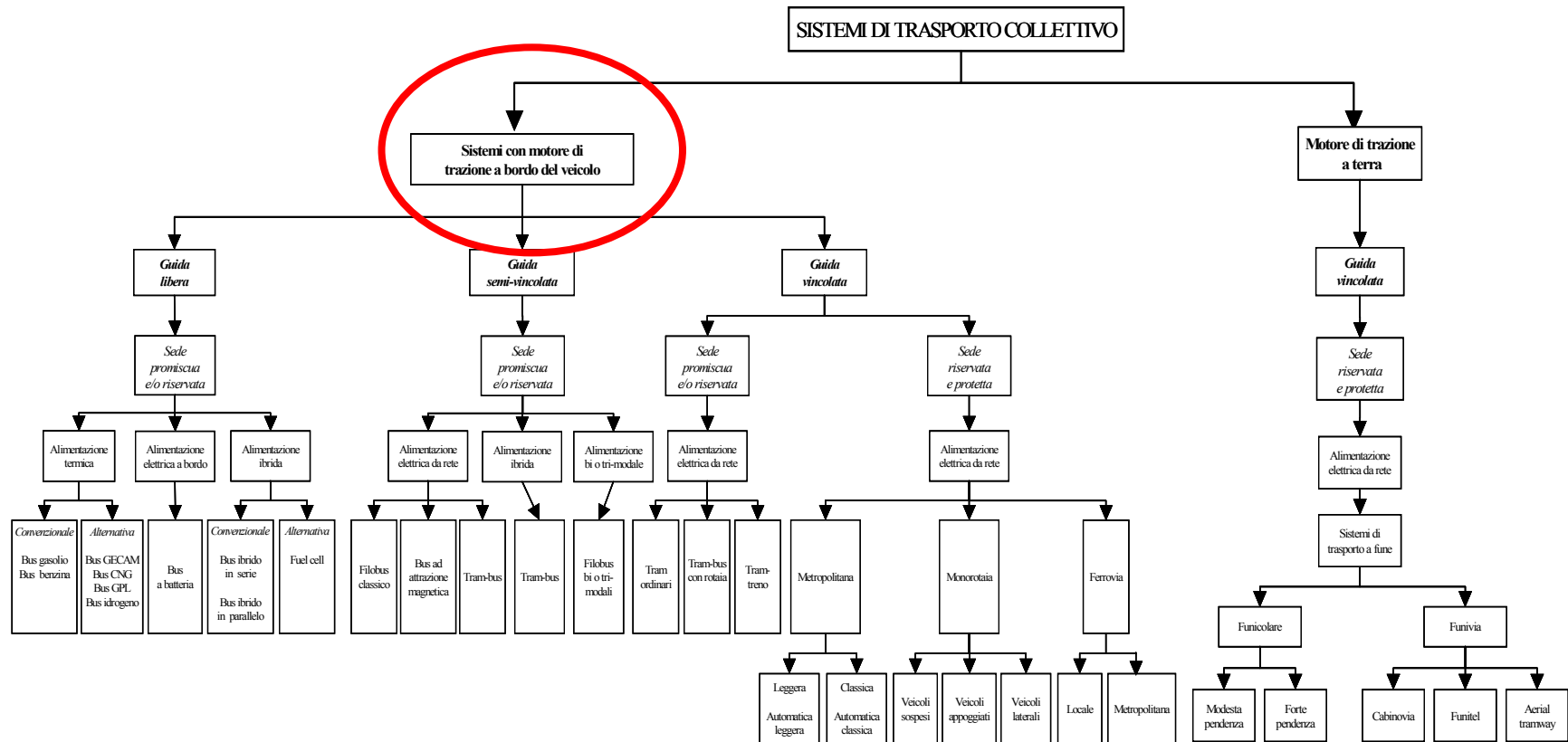
All'interno di questa macroclassificazione è possibile operarne un'altra in funzione del tipo di guida:

- ✓ **Sistemi con motore di trazione a bordo del veicolo**
 - ✗ a guida libera
 - ✗ a guida semi-vincolata
 - ✗ a guida vincolata
- ✓ **Sistemi con motore di trazione a terra in sede fissa**
 - ✗ sistemi di trasporto a fune
 - ✗ sistemi di trasporto con infrastrutture mobili

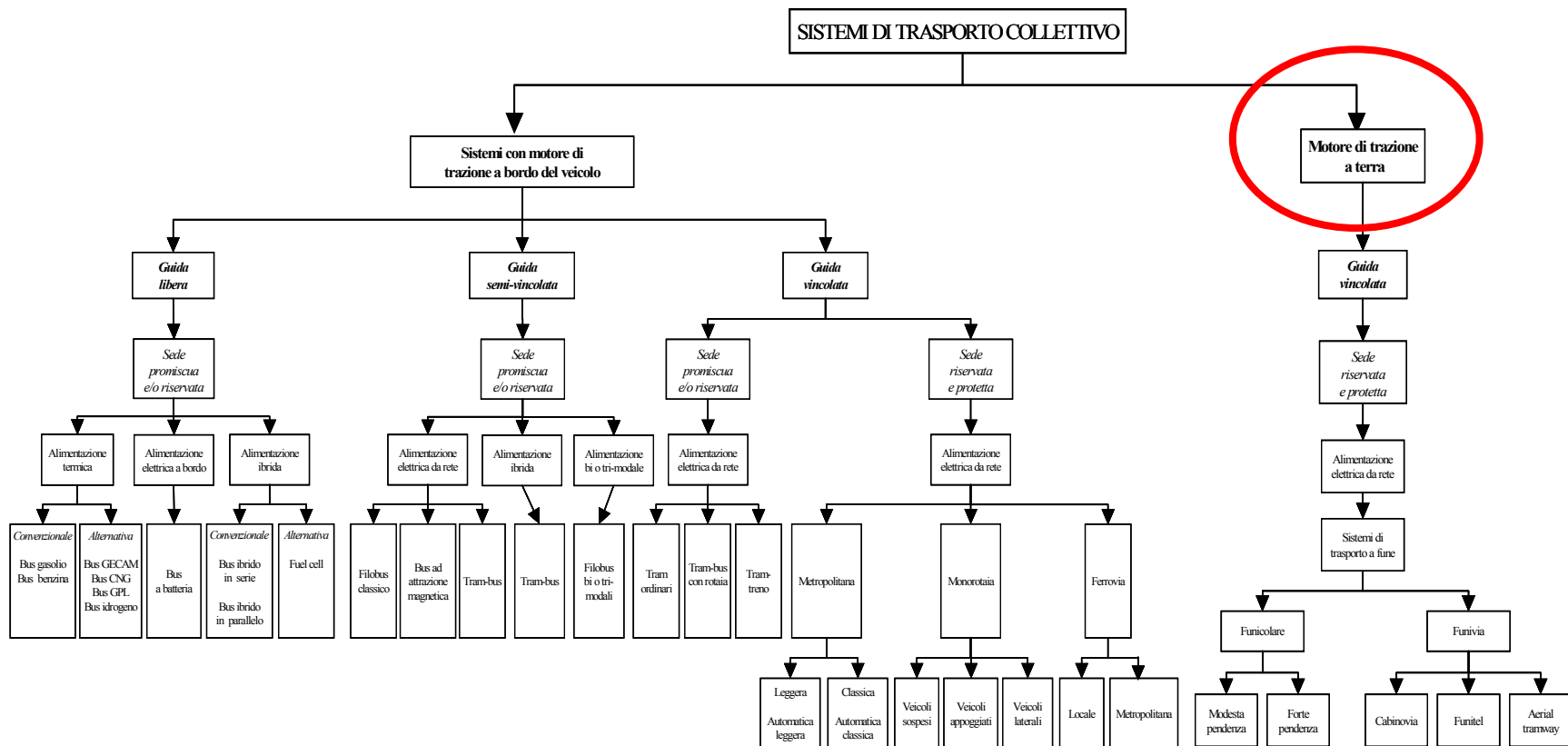
Classificazione



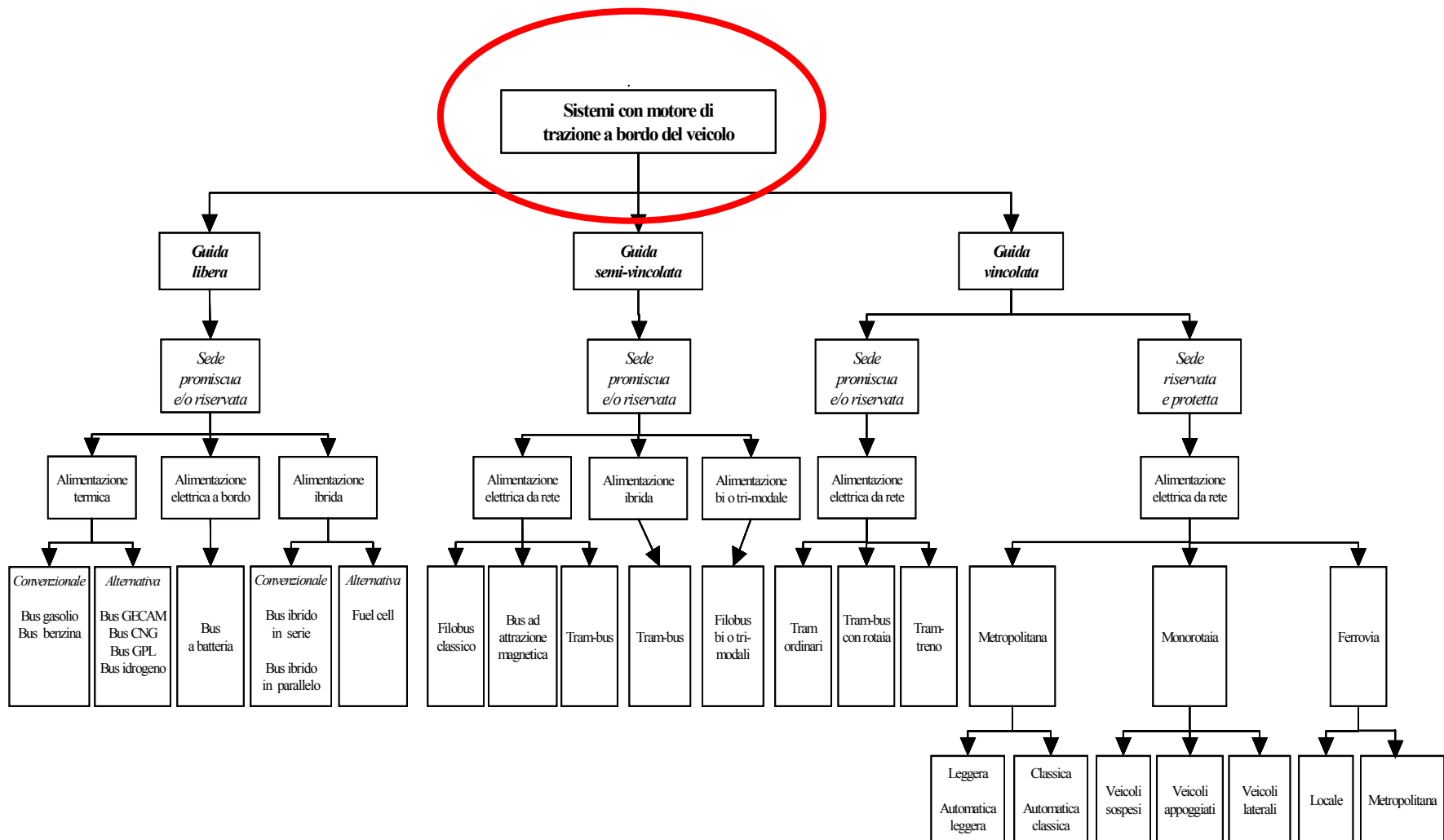
Classificazione



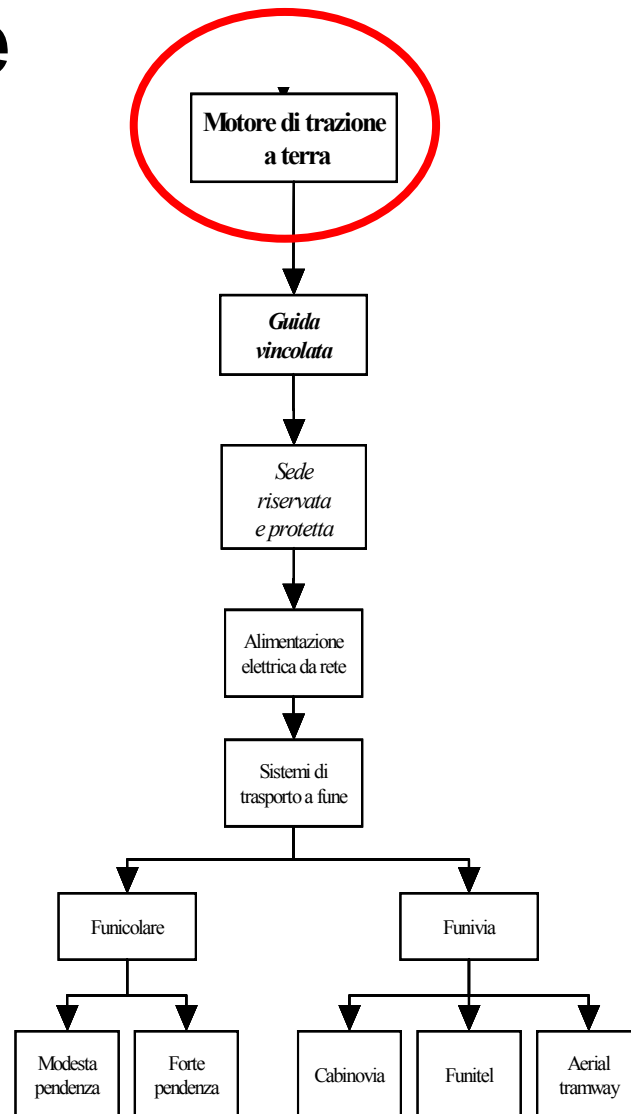
Classificazione



Classificazione



Classificazione



Classificazione

✓ Sistemi con motore di trazione a bordo

✕ A guida libera

■ *Autobus*

- ad alimentazione termica convenzionale
- ad alimentazione termica alternativa
- elettrici
- ibridi

Classificazione

✓ Sistemi con motore di trazione a bordo

✕ A guida semi-vincolata

- *Filobus*

- monomodale
- bimodale
- trimodale

- *Tram Bus*

- monomodale
- bimodale

- *Autobus ad attrazione magnetica*

Classificazione

✓ Sistemi con motore di trazione a bordo

✕ A guida vincolata

■ *Tram*

- tram ordinario
- tram-bus con rotaia
- tram-treno

■ *Monorotaia*

- con veicoli appoggiati
- con veicoli sospesi

■ *Metropolitana*

- metropolitana classica (RRT)
- metropolitana leggera (LRT)
- metropolitana a guida completamente automatica (AGT)

■ *Ferrovia*

- tradizionale
- locale/metropolitana

Classificazione

✓ Sistemi con motore di trazione a terra

✕ Sistemi di trasporto a fune

■ *Funicolare*

- a forte pendenza
- a modesta pendenza

■ *Funivia*

- cabinovie
- funitel
- aerial tramway

■ *Ascensori*

- verticali
- obliqui

Classificazione

- ✓ Sistemi con motore di trazione a terra
 - ✕ Sistemi di trasporto con infrastrutture mobili
 - *Scala mobile*
 - *Nastro trasportatore (tapis roulant)*

Autobus



Autobus

E' il sistema di trasporto collettivo più utilizzato.

Gli autobus possono classificarsi in 4 categorie in funzione del tipo di alimentazione:

✓ Alimentazione termica convenzionale (gasolio, benzina)

Il diesel è la tipologia più diffusa; la potenza massima varia tra i 75 ed i 165 kW.

✓ Alimentazione termica alternativa (GPL, metano, ecc.)

✓ Elettrici

In generale sono minibus utilizzati nei centri storici per ridurre gli impatti sull'ambiente (inquinamento acustico ed atmosferico); la ricerca tende di risolvere i problemi legati alle limitate capacità delle batterie, con conseguente ridotta autonomia; hanno elevati costi di acquisto e manutenzione.

✓ Ibridi (motore termico accoppiato ad un motore elettrico)

Hanno a bordo due motori, uno elettrico alimentato da un alternatore, il quale è alimentato da un motore termico a benzina; alcune batterie interposte tra i due motori immagazzinano energia per rilasciarla quando serve (in salita o nei centri storici in cui si viaggia in "tutto elettrico).

Autobus

Vantaggi

✓ elevata versatilità

può essere messo in esercizio sulle strade ordinarie, le dimensioni contenute di alcuni modelli possono consentirne l'uso su strade strette, è possibile variare i tracciati delle linee, le fermate possono essere disposte quasi ovunque e cambiate di posizione;

✓ economicità

non richiede forti costi di investimento, manutenzione ed esercizio.

Svantaggi

Prestazioni limitate in termini di:

✓ regolarità di esercizio

è soggetto al traffico veicolare;

✓ capacità di trasporto

abbastanza inferiori a quelle dei sistemi a guida vincolata;

✓ velocità commerciali

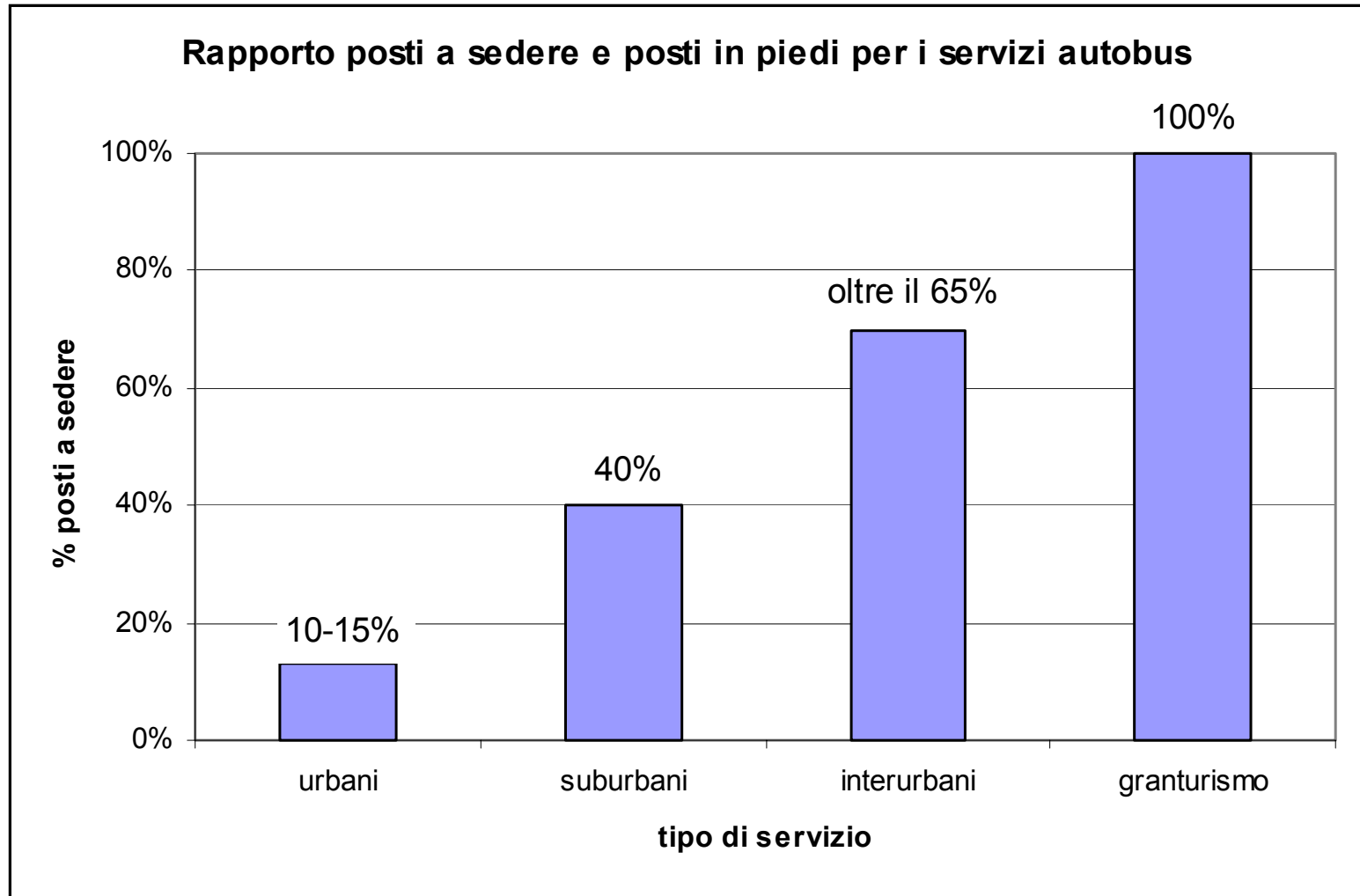
modeste per l'elevato numero di fermate rispetto ai sistemi a guida vincolata, per le prestazioni dei veicoli e per l'influenza del traffico veicolare.

Autobus

Tipologia dei veicoli e loro caratteristiche principali:

	Autobus corto o minibus	Autobus medio	Autobus lungo	Autobus snodato
Lunghezza (m)	6-7	8-9	11-12	16-18
Larghezza (m)	2,1	2,5	2,5	2,5
Capacità (posti)	20-40 (10 a sedere)	80 (16 a sedere)	120 (20 a sedere)	180 (30 a sedere)

Autobus



Autobus corto (minibus)

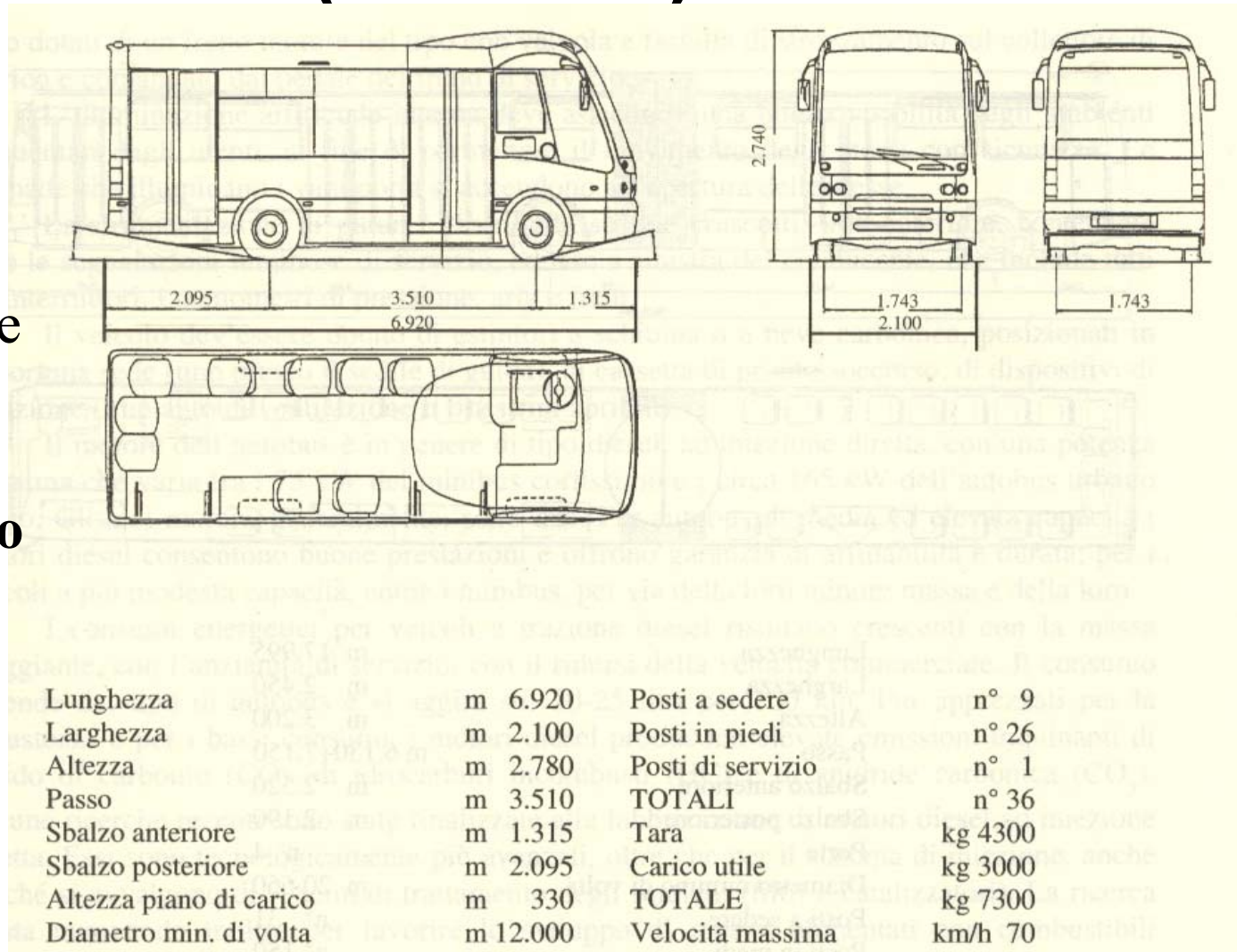


CAM - POLLICINO DOWN TOWN E

Tipologia: Elettrico - Lunghezza: 6,92 m - Numero di posti: 27

Autobus corto (minibus)

Caratteristiche
dimensionali
tipiche di un
autobus corto



Autobus medio



Autobus lungo

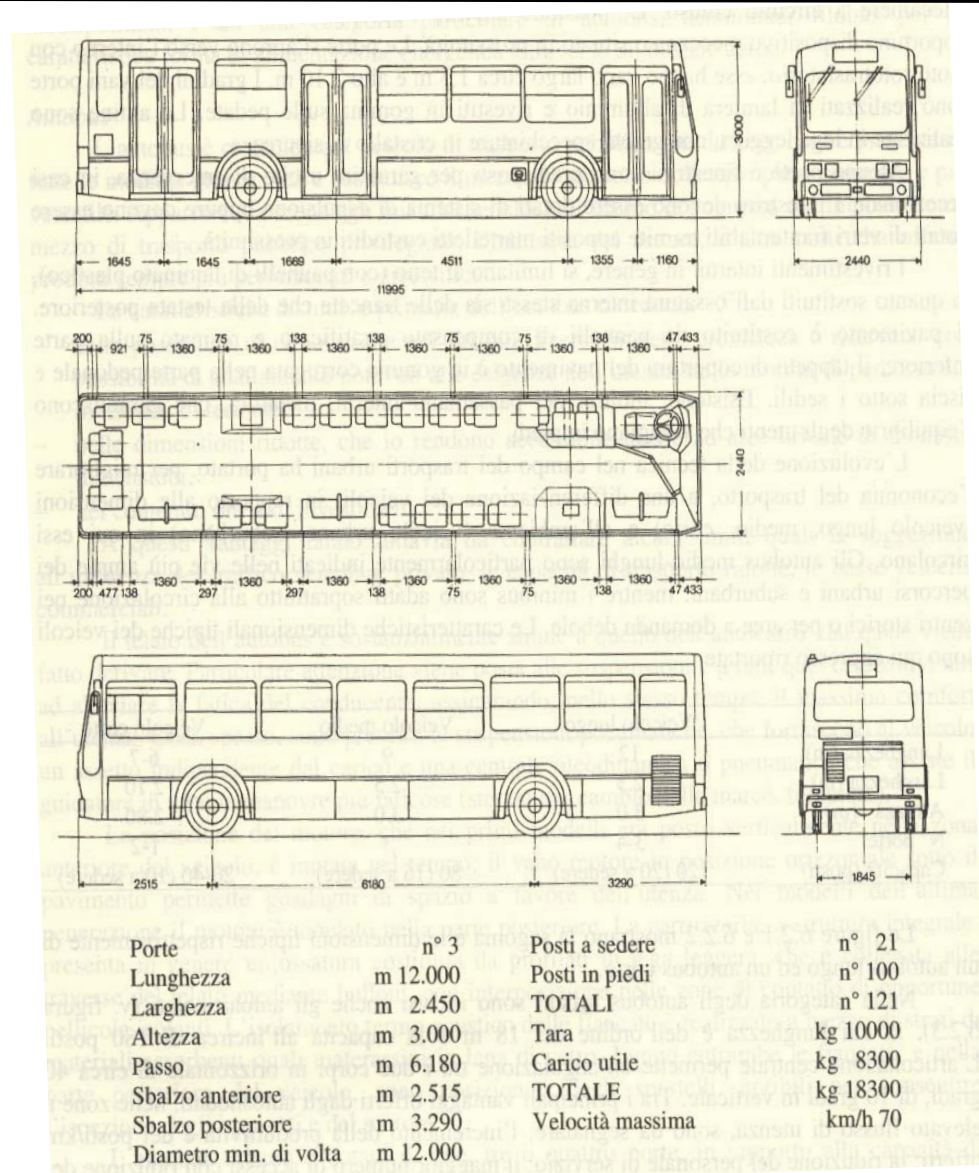


IVECO-ALTRA - Cityclass

Tipologia: Ibrido - Lunghezza: 12 m - Numero di posti: 87

Autobus lungo

Caratteristiche
dimensionali tipiche di un
autobus lungo

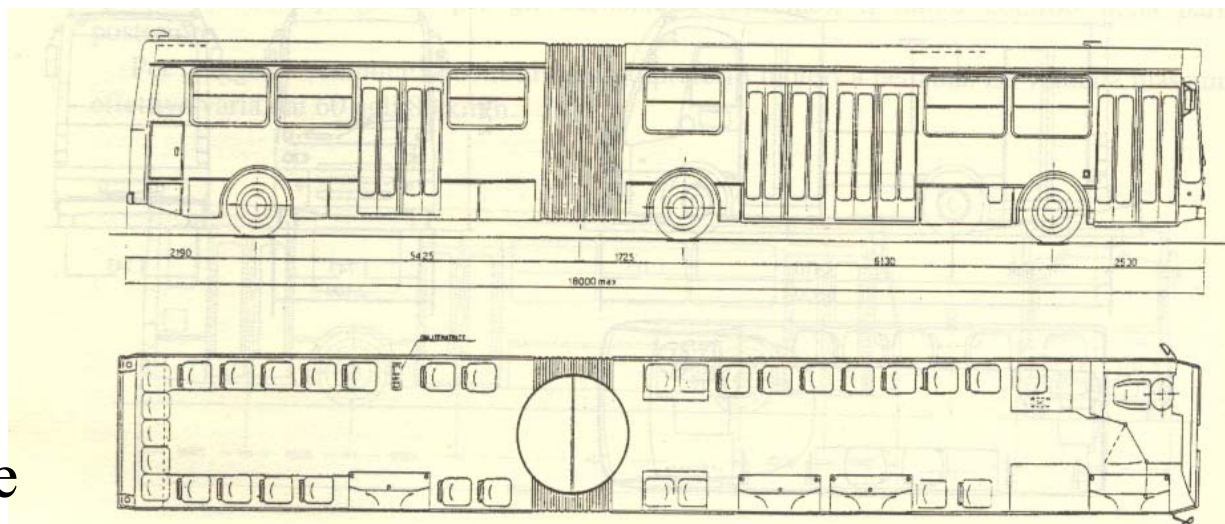


Autobus snodato



Autobus snodato

Caratteristiche
dimensionali tipiche
di un **autosnodato**



Lunghezza	m 17.995
Larghezza	m 2.450
Altezza	m 3.200
Passo	m 6.130+7.150
Sbalzo anteriore	m 2.520
Sbalzo posteriore	m 2.190
Porte	n° 4
Diametro minimo di volta	m 20.660
Posti a sedere	n° 31
Posti in piedi	n° 150
Posti Totali	n° 181
Tara	t 1.420
Carico utile	t 1.225
Peso Totale	t 2.645

Autobus gran turismo



Autobus gran turismo



Filobus



Filobus

Sono veicoli dotati di motore elettrico (a bordo) alimentati attraverso un bifilare aereo.

Le caratteristiche geometriche e di capacità sono analoghe a quelle degli autobus medi, lunghi e autosnodati.

Rispetto agli autobus classici possono essere individuati i seguenti:

Vantaggi

Il motore elettrico produce vantaggi in termini di:

- ✓ ridotti consumi energetici;
- ✓ modesto inquinamento atmosferico e acustico.

Svantaggi

L'alimentazione aerea è causa di:

- ✓ tracciati vincolati;
- ✓ impatto visivo sull'ambiente urbano.

Filobus

Tipologie di filobus:

✓ **Monomodale**

è il filobus tradizionale con alimentazione elettrica da rete aerea.

✓ **Bimodale**

può essere utilizzato indifferentemente come autobus o filobus; esso consente di razionalizzare la rete di trasporto, eliminando la rigida distinzione tra linee automobilistiche e linee filoviarie.

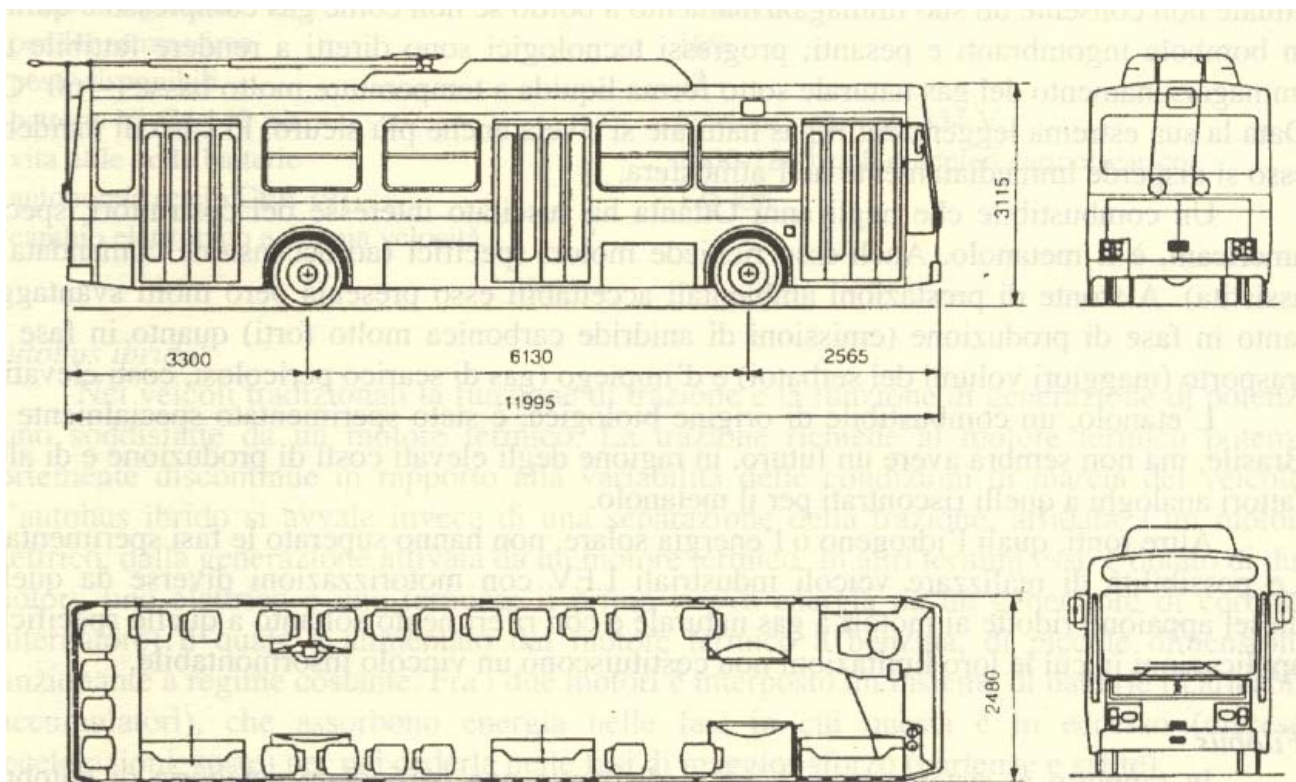
Il funzionamento autonomo può essere a trazione diesel, diesel-elettrica o a batteria.

✓ **Trimodale**

Permette l'utilizzo di tre fonti di energia di trazione differenti e distinte: linea aerea, motore diesel e batteria

Filobus

Filobus ordinario



Lunghezza	m 11.995	Posti a sedere	n° 21
Larghezza	m 2.480	Posti in piedi	n° 100
Altezza	m 3.115	TOTALI	n° 121
Passo	m 6.130	Tara	kg 11525
Sbalzo anteriore	m 2.565	Carico utile	kg 6800
Sbalzo posteriore	m 3.300	TOTALE	kg 18325
Diametro min. di volta	m 18.600	Velocità massima	km/h 60

Tram-Bus (su gomma)



Tram-Bus (su gomma)

I tram-bus o tram su gomma hanno caratteristiche generali assimilabili a quelle dei filobus, ma vengono denominati tram unicamente per i maggiori costi di realizzazione degli impianti fissi e dei veicoli.

La lunghezza dei veicoli si aggira intorno ai 25-30 m (maggiore rispetto ai filobus).

Tipologie di tram-bus:

- ✓ Monomodale

con alimentazione elettrica da rete mediante bifilare aereo

- ✓ Bimodale

con un motore elettrico alimentato da un bifilare aereo e un motore termico o un complesso di batterie

Autobus ad attrazione magnetica



Autobus ad attrazione magnetica

Gli autobus ad attrazione magnetica sono mezzi automotori ad alimentazione elettrica da rete in cui l'energia elettrica viene assorbita grazie alla presenza di una linea di contatto installata sul manto stradale e di un captore ad attrazione magnetica disposto sotto il veicolo.

I bus ad attrazione magnetica utilizzano una normale corsia stradale attrezzata con un conduttore contenuto in un cunicolo costituito da sequenze di moduli scatolati rigidi metallici all'interno dei quali scorre un cavo alimentato in tensione continua. Al passaggio del veicolo il captore viene attratto dalle piastre metalliche poste sul manto stradale ed il contatto permette la captazione dell'energia.

Tram



Tram

Il tram può essere assimilato ad un filobus con guida vincolata su rotaie annegate nella pavimentazione; sono possibili, pertanto, condizioni di circolazione su sede promiscua.

In generale, però, i sistemi tranviari viaggiano per buona parte del percorso in corsia riservata.



Tram

L'energia elettrica di alimentazione può essere fornita da una linea aerea di contatto o da una terza rotaia.



I veicoli hanno dimensioni e capacità nettamente superiore ad autobus e filobus: la lunghezza di un veicolo arriva fino a 30 m e la capacità può arrivare a superare i 250 posti/convoglio.

Tram

Vantaggi

- ✓ capacità medio-alta;
- ✓ possibilità di esercizio sia su sede riservata che promiscua;
- ✓ costi di investimento ridotti rispetto a quelli delle metropolitane.

Svantaggi

- ✓ costi di investimento maggiori rispetto a quelli degli autobus;
- ✓ tracciati totalmente vincolati dalle rotaie;
- ✓ forte impatto visivo causato dalla presenza dei bifilari aerei (nel caso di sistemi con linea aerea di contatto).

Tram

Esiste una vasta gamma di mezzi, raggruppabili in 4 classi:

- | | |
|--|----------------|
| 1. veicoli ad 1 cassa e 4 assi | lungh. 13-14 m |
| 2. veicoli con 2 casse e 4 assi (articolati) | lungh. 18 m |
| 3. veicoli con 2 casse e 6 assi (articolati) | lungh. 19-21 m |
| 4. veicoli con 3 casse e 8 assi (dopp. articolati) | lungh. 26-30 m |

La guida può essere monodirezionale o bidirezionale.

La via è costituita da rotaie immerse nella pavimentazione con scartamento pari a 1435 mm.

Tram



Tram a 1 cassa



Tram a 2 casse



Tram a 3 casse

Tram



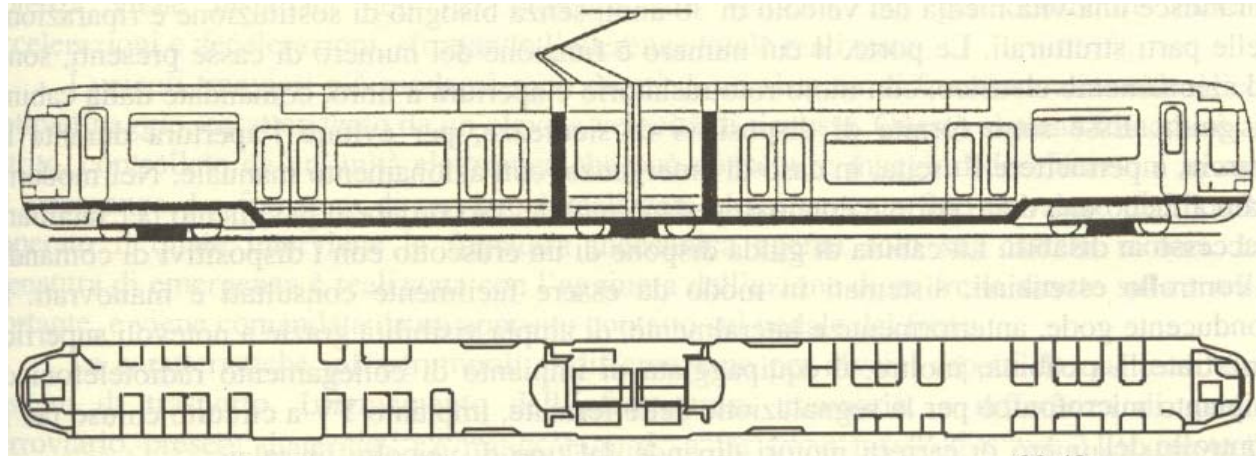
Tram tradizionale

Tram



Tram moderno

Tram



Caratteristiche tecniche di un **tram moderno** (TAG di Grenoble)

Lunghezza totale	m 29.40
Larghezza	m 2.30
Altezza	m 3.36
Posti a sedere	n° 54
Posti in piedi - capacità normale (4 persone/mq)	n° 120
Posti in piedi - capacità max (6 persone/mq)	n° 180
Massa a vuoto	t 44.6
Massa con carico normale	t 56.2
Massa con carico massimo	t 62.2
Massa di un carrello motore	t 5.9
Massa di un carrello portante	t 4.3
Massa dell'equipaggiamento elettrico	t 5.6
Massa di un motore di trazione	t 1.3
Potenza oraria	kW 550
Potenza massima all'avviamento	kW 764
Velocità massima	km/h 70
Accelerazione media a carico normale	m/s ² 0.92
Decelerazione in frenatura normale	m/s ² 1.2
Decelerazione massima in frenatura d'emergenza	m/s ² 2.9

Tram-bus (su rotaia)



Sistema TVR (Bombardier)

Tram-bus (su rotaia)

I tram-bus su rotaia sono sistemi a metà strada fra gli autobus urbani ed i tram ordinari.

Con gli autobus condividono l'utilizzo di **pneumatici**.

Con i tram condividono:

- ✓ la trazione elettrica;
- ✓ la rete di alimentazione aerea;
- ✓ la guida vincolata mediante singola rotaia.

Tram-treno



Tram-treno

Il tram-treno è un veicolo tranviario appositamente adattato per circolare sia su binari tranviari, sia su binari ferroviari convenzionali.

I due tipi di binario devono avere lo stesso scartamento per essere compatibili; se ciò non avviene esistono diverse soluzioni disponibili (per es. la terza rotaia o l'uso di veicoli a scartamento variabile).

Il sistema tram-treno consente di utilizzare le linee ferroviarie a bassa densità di traffico come prolungamento delle linee tranviarie urbane, senza la necessità di cambiare veicolo, inserendo i veicoli urbani direttamente nel traffico ferroviario.

Metropolitana

La metropolitana è un sistema di trasporto ad elevata capacità e regolarità.

I costi elevati di costruzione e gestione si giustificano solo per città di grandi dimensioni, nei casi di domanda di trasporto molto elevata (35.000 pass./h/dir.).

Esistono tre tipologie di metropolitana, che hanno ambiti di applicazione e costi diversi:

- ✓ metropolitana pesante (Rapid Rail Transit – RRT)
- ✓ metropolitana leggera (Light Rail Transit – LRT)
- ✓ metropolitana a guida completamente automatica (AGT)

Metropolitana RRT



Metropolitana RRT

La metropolitana pesante è un sistema rapido di massa, di alta capacità e frequenza in ambito urbano, costituito da veicoli automotori o mossi da veicoli automotori circolanti su rotaia in sede riservata e protetta, con regime di circolazione regolata da un sistema di segnalamento di tipo ferroviario.

Principali caratteristiche (1/2)

- ✓ opera esclusivamente in sede protetta e, nei centri urbani, prevalentemente in galleria;
- ✓ richiede elevati costi di investimento, per cui si giustifica solo in corridoi metropolitani con domanda di trasporto molto forte;
- ✓ i costi di costruzione in galleria possono arrivare ad oltre 500 milioni di Euro a km;
- ✓ i costi di gestione, invece, se calcolati per passeggero trasportato sono relativamente ridotti;

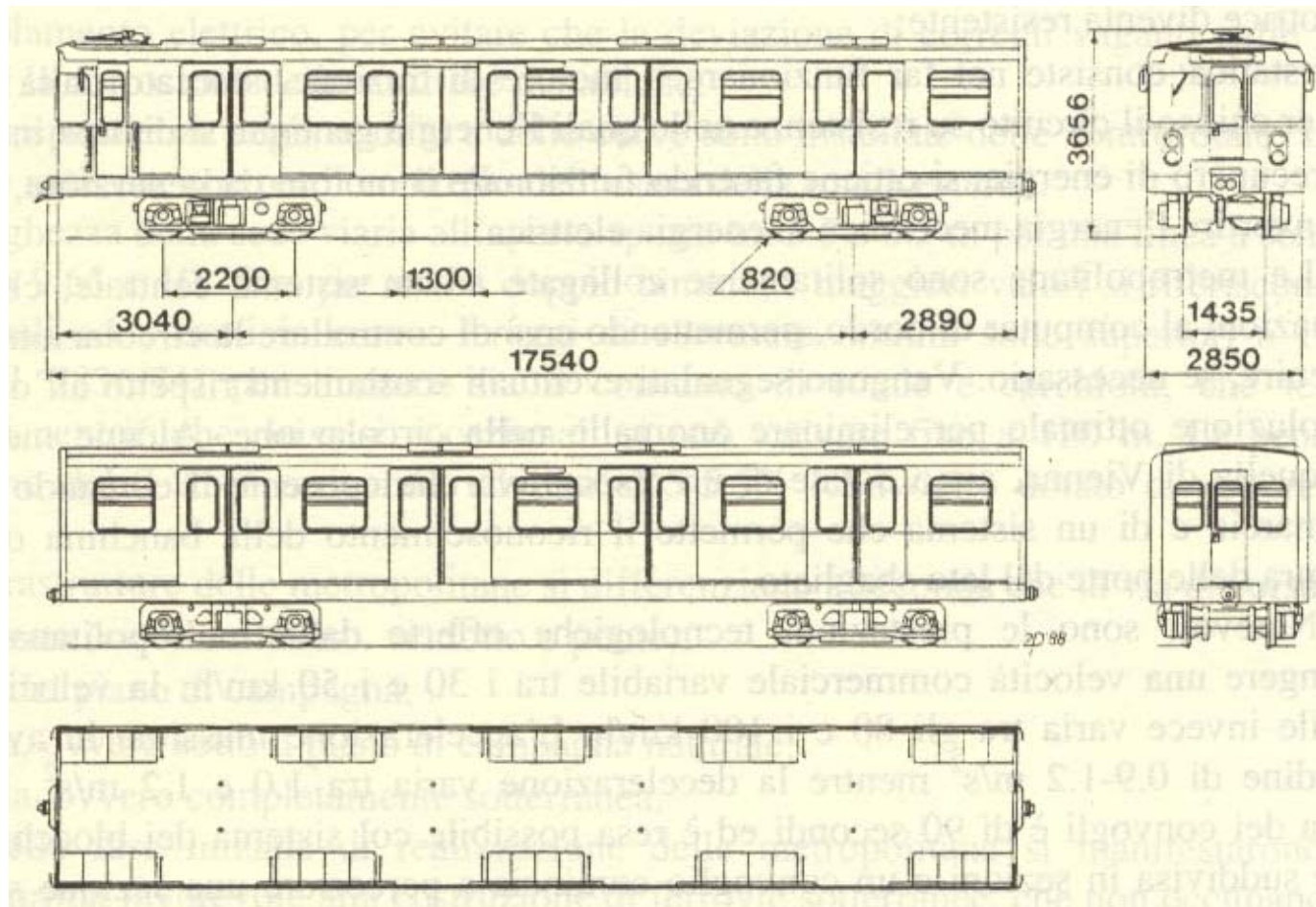
Metropolitana RRT

Principali caratteristiche (2/2)

- ✓ la convenienza economica di una metropolitana si ha dai 15.000-20.000 pass./h per senso di marcia;
- ✓ la capacità di linea arriva fino a 35.000 pass./h/dir.;
- ✓ i convogli sono costituiti da più veicoli (vagoni) di lunghezza pari a 17 m ed una capacità di carico fino a 250 posti; ogni convoglio ha almeno due vagoni;
- ✓ la velocità commerciale arriva a 50 km/h;
- ✓ la trazione è elettrica, come per i sistemi di trasporto ferroviario;
- ✓ l'intertempo tra due passaggi successivi può arrivare fino a 90 s (frequenza di 40 conv./h);
- ✓ la velocità massima può arrivare a 100 km/h e le accelerazioni fino a $1,2 \text{ m/s}^2$;
- ✓ l'armamento è, in generale, quello ferroviario.

Metropolitana RRT

Metropolitana (Ansaldo)



Metropolitana leggera LRT

**Caratteristiche dimensionali principali:**

lunghezza totale della cassa: mm 23600
larghezza esterna: mm 2200;
altezza massima del pavimento dal filo superiore rotaie: mm 850 ;
raggio minimo di iscrizione in curva in linea: m 40;

Capacità di carico dei veicoli:

Passeggeri seduti: 36;
Strapuntini: 2;
Passeggeri in piedi: 152;
Totale passeggeri (densità 6 pass/mq): 187-190.

Capacità dei convogli:

si prevede che la formazione dei convogli sia tripla e pari a 570 passeggeri con densità 6 passeggeri a m2 con cadenzamento di 6 minuti. Il sistema offre una capacità di 7400 persone/ora per direzione.

Caratteristiche di marcia dei veicoli:

Accelerazione massima a carico 1,0 m/s²;
Decelerazione massima di punta 1,2 m/s²;
Decelerazione massima di emergenza 2,5 m/s²;
Jerk massimo 1,1 m/s³;
velocità massima 75 km/h;
Pendenza massima superabile 6%.

Metropolitana leggera LRT

La metropolitana leggera è un sistema di trasporto rapido di massa che mantiene le caratteristiche della metropolitana classica, ad eccezione della portata oraria che risulta **minore** a causa delle dimensioni più ridotte dei veicoli.

Le caratteristiche principali sono:

- ✓ sistema intermedio tra quello tranviario e quello metropolitano classico;
- ✓ opera prevalentemente in sede propria (sono consentite per brevi tratti commistioni con il traffico privato – intersezioni);
- ✓ viaggia in galleria nei centri storici urbani;
- ✓ i veicoli sono costituiti da 2 a 4 casse ed hanno lunghezze fino a 35 m e capacità fino a 100 passeggeri per ogni cassa;
- ✓ la velocità commerciale arriva a 40 km/h;
- ✓ la capacità della linea arriva a 10.000-15.000 pass./h;
- ✓ la trazione è elettrica, come per la metropolitana classica.

Metropolitana a guida automatica AGT

Le metropolitane a guida completamente automatica sono metropolitane, classiche o leggere, la cui guida è interamente controllata da elaboratori che sostituiscono in tutto il guidatore.

Tali sistemi sono definiti usualmente **AGT** (Automated-Guideway- Transit).

Pur viaggiando in sede completamente riservata hanno, in generale, ruote gommate e la rotaia è costituita da travi in acciaio o cemento armato; alcune ruote sono portanti altre sono ruote di guida.

La dimensione e la capacità sono molto più modeste rispetto ai sistemi ordinari metropolitani; sono usati soprattutto come navette negli aeroporti.

Metropolitana a guida automatica AGT



Metropolitana a guida automatica AGT

I sistemi metropolitani leggeri AGT prodotti dall'industria internazionale maggiormente affermatasi sono quattro:

- **AGS** (Automated Guideway System)
prodotto dalla Westinghouse Electric Corporation (USA)
- **ALRT** (Advanced Light Rail Transit)
prodotto dalla società Urban Transportation Development Corporation Limited (UTDC), assorbita dalla Bombardier (Canada)
- **TGA** (Transport Guideway Automated)
prodotto dalla società Kawasaki (Giappone)
- **VAL** (Véhicule Automatique Léger)
prodotto dalla società Matra (Francia) assorbita dalla Siemens (Germania)

Metropolitana a guida automatica AGT



AGS



ALRT



TGA



VAL

Metropolitana a guida automatica AGT

Caratteristiche tecniche e dimensionali VAL (Matra)



Lunghezza	m 26.140
Larghezza	m 2.060
Altezza	m 3.250
Posti a carico normale (4 pass./m ²)	n° 154 passeggeri con strapuntini sollevati
Posti a carico eccezionale (6 pass./m ²)	n° 208 passeggeri
Masse a vuoto	t 31
Masse in carico normale	t 42
Masse in carico eccezionale	t 45.5
Intervallo minimo tra 2 treni	s 60
Velocità massima	km/h 80
Velocità nominale	km/h 60
Velocità commerciale	km/h 36 (interstazione di 750 m, tempi di sosta 14 secondi)
Accelerazione all'avviamento	m/s ² 1.3
Decelerazione di servizio	m/s ² 1.3
Decelerazione d'emergenza	da m/s ² 1.8 a m/s ² 2.4
Pendenze superabili	7%
Capacità di trasporto	posti/h 10000 (nella direzione e nella tratta più carica)
Capacità di trasporto	posti/h 20000 (con treni di due veicoli)

Metropolitana a guida automatica AGT

Dimensioni e capacità di veicoli AGT:

Sistema AGT	Vettura							Convoglio			
	Largh.	Lungh.	Altezza	Tara	Posti			N.	Lungh.	Posti	Tara +
					sed.	in piedi	tot.	vett.		totale	carico
VAL 206	2.06	12.90	3.25	15.5	22	55	77	2	25.80	154	42.5
								4	51.60	308	85.0
VAL 256	2.56	13.80	3.25	-	12	80	92	2	28.00	184	-
								4	56.00	368	-
ALRT	2.40	12.70	3.13	15.5	40	52	92	2	25.40	184	44.8
								4	50.80	368	89.6
								6	76.20	552	134.4
TGA	2.39	8.40	3.21	10.5	12	45	57	2	16.80	114	29.5
								4	33.60	228	59.1
								6	50.40	342	88.5
								8	67.20	456	118.0
AGS-100	2.85	12.00	3.40	14.7	16	70	86	1	12.00	86	21.1
								2	24.00	172	42.2
								3	36.00	258	63.3

Lunghezza, Altezza, Larghezza in metri
Tara e carico in tonnellate

Carico = n. posti * 75 kg.
Standard posti in piedi 4 pass/m².

Ferrovia regionale/metropolitana



Ferrovia regionale/metropolitana

La **ferrovia regionale o metropolitana** possiede caratteristiche del tutto simili a quelle della ferrovia ordinaria:

- ✓ guida vincolata su binari;
- ✓ alimentazione elettrica mediante linea aerea di contatto;
- ✓ percorsi in sede riservata e protetta;
- ✓ circolazione regolata da tecniche di segnalamento ti tipo ferroviario.

La sua specificità risiede nel fatto che il servizio offerto è operativo su distanze di viaggio medio-brevi ed è assicurato da veicoli di grande capacità.

Monorotaia



Monorotaia

Principali caratteristiche:

- ✓ guida vincolata su un elemento viario (trave) in acciaio o CAP generalmente sopraelevato;
- ✓ alimentazione elettrica (mediante linea di conduttori posti in prossimità della trave-guida);
- ✓ guida automatica o semi-automatica (è possibile la presenza di un operatore per l'avvio e l'arresto dei veicoli in stazione);
- ✓ percorsi in sede riservata e protetta.

La costruzione delle linee può avvenire senza eccessivo intralcio alla circolazione, e con una occupazione di suolo limitata. Sono sistemi estremamente silenziosi, ma di impatto visivo notevole ed estremamente costosi.

Monorotaia

In rapporto alla posizione dei veicoli rispetto alla trave di guida, è possibile distinguere:

- ✓ monorotaie con veicoli appoggiati
(i veicoli si muovono appoggiati alla trave-guida)
- ✓ monorotaie con veicoli sospesi
(i veicoli si muovono agganciati alla parte inferiore della trave-guida)
- ✓ monorotaie con veicoli sospesi lateralmente
(i veicoli si muovono lateralmente alla trave-guida)

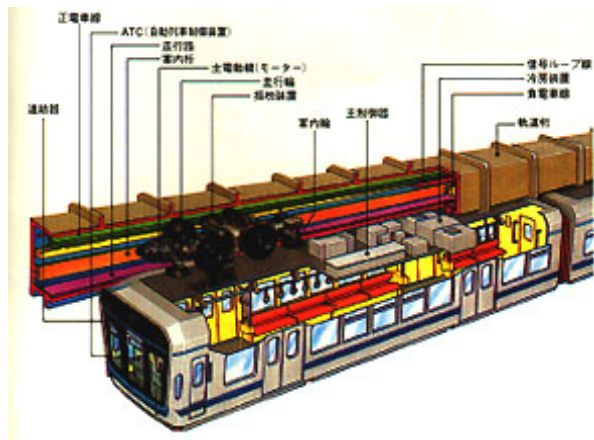
Monorotaia

Monorotaia appoggiata



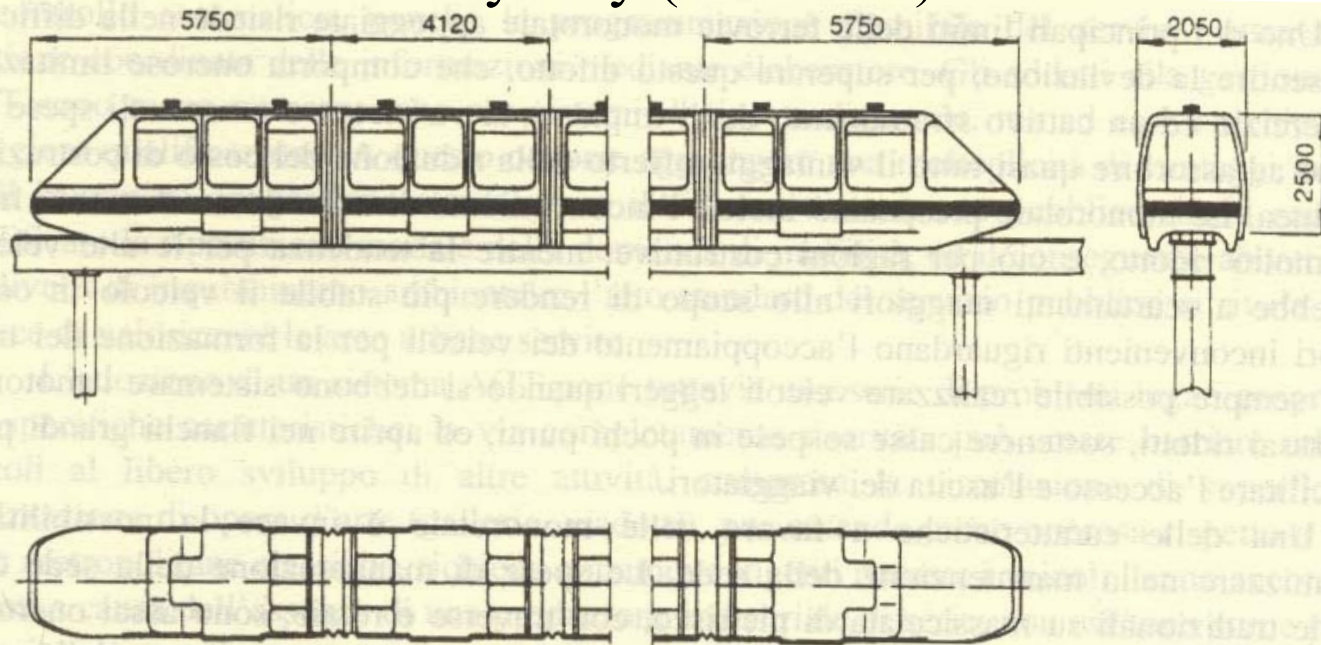
Monorotaia

Monorotaia sospesa



Monorotaia

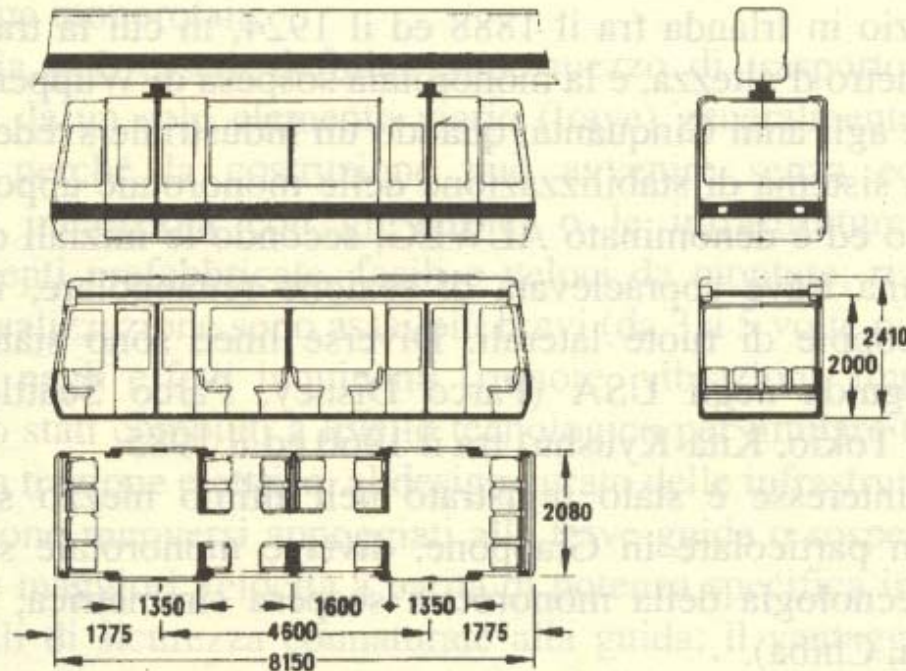
Monorotaia di Sydney (Von Roll) – Il veicolo:



Capacità di trasporto	persone/h 15000	Raggio min. curvatura	m 20
Intertempo minimo	s 60	Pendenza superabile	6%
Carrozze per treno	fino a 10	Elevazione media via corsa	m 5.5
Passeggeri per treno	fino a 250	Interasse fra le colonne	m 25-35
Velocità massima	Km/h 60	Peso unitario struttura	Kg/m 360

Monorotaia

Monorotaia di Dortmund (Siemens) – Il veicolo:



Lunghezza	m	9.20	Peso a vuoto	t	7.3	Motori	kW	4 x 23
Larghezza	m	2.08	Peso a pieno carico	t	10.4	Velocità a regime	km/h	50
Altezza	m	2.41	Posti a sedere	n°	22	Accelerazione	ms ²	1
			Posti in piedi	n°	20	Deceler. di servizio	ms ²	0.8

Monorotaia

Monorotaie di Sydney, Dortmund, Osaka – Caratteristiche distintive:

Monorotaia	Monorail (Von Roll)	H-Bahn (Siemens-Duwag)	Osaka
Località	Sydney (AUS),	Dortmund (RG),	Osaka (J),
Area	urbana-portuale	universitaria	metropolitana
Lunghezza (km)	3.6	1.8	6.6
N. stazioni	8	2	8
Struttura	Viadotto	Viadotto	Viadotto
Gestore	TNT	n.d.	Compagnia dei treni rapidi di Osaka
Tipo	Appoggiata	Sospesa	Appoggiata
Via	Trave a I e Pilastri d'acciaio	Trave scatolata e Pilastri d'acciaio	Trave in c.a.p. e Pilastri in c.a.
Elevazione via (m)	5-6 m	n.d.	4-22 m
Inter. fra colonne (m)	25-35	20	15-20
Pendenza massima	6%	7.5 %	4.9 (max)
Raggio curva minimo	20 m	n.d.	100 (50 min)
Velocità massima	60 km/h	50 km/h	70 km/h
Velocità comm.	20-30 km/h	30 km/h	n.d.
Convoglio tipo	3 vetture	vettura isolata	4 vetture
N° veicoli	6	2	6
Energia	n.d.	380 V c.c.	1500 V c.c.
Costo infrastruttura	45-60 Mdi £/km	n.d.	180 Mdi £/km
Unità di personale	n.d.	n.d.	133
Capacità (posti/h/dir)	4830	2820	6000

Sistemi di trasporto a fune

I sistemi di trasporto a fune sono caratterizzati dall'avere il sistema di trazione (motore) all'esterno del veicolo.

La forza di trazione è trasmessa ai veicoli (trainati) tramite cavi ad altissima resistenza.

I sistemi di trasporto a fune possono essere adoperati per due tipi di servizi:

- ✓ **servizio a navetta**
(impianti a moto discontinuo)
- ✓ **servizio ad anello**
(impianti a moto continuo)

In generale, il motore si trova in corrispondenza di una delle stazioni.

Sistemi di trasporto a fune

I principali sistemi di trasporto a fune sono:

- ✓ funicolare
- ✓ funivia
- ✓ ascensore

Le funicolari e gli ascensori funzionano come sistemi a navetta (il secondo è a chiamata); la funivia funziona come un sistema ad anello o a navetta.

Funicolare



Funicolare

Le **funicolari** sono mezzi di trasporto collettivo appoggiati al suolo, trainati da una fune metallica in movimento posta lungo la via di corsa, con guida automatica su percorsi completamente riservati e protetti. I percorsi sono in genere di breve lunghezza (2-4 km) e le velocità dei veicoli modeste.

In rapporto alle pendenze superabili, è possibile distinguere:

- ✓ funicolari con via di corsa a modesta pendenza
(pendenze $< 15\%$)
- ✓ funicolari con via di corsa a forte pendenza
(pendenze $> 15\%$)

Funicolare



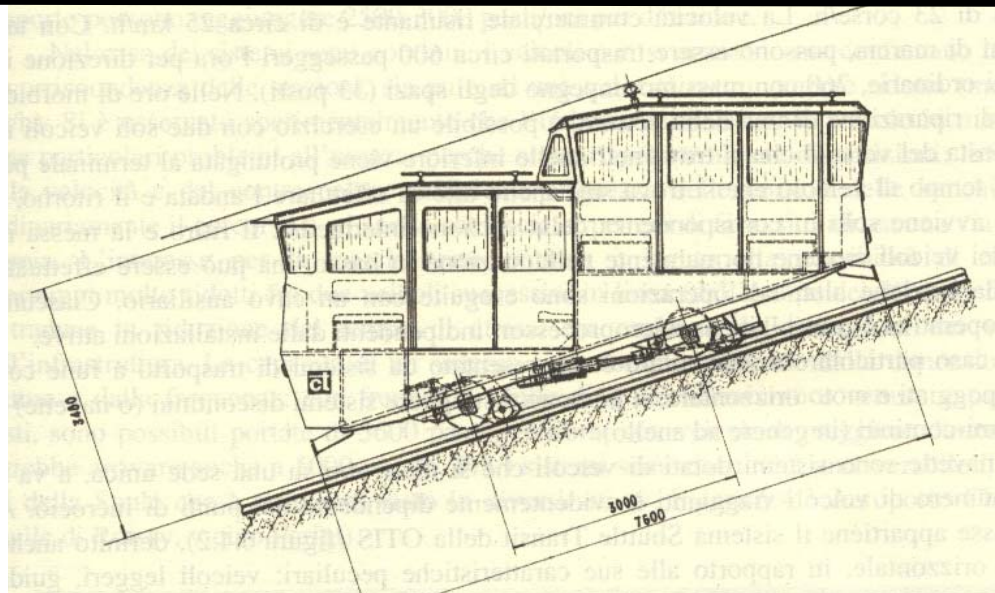
Funicolare a forte pendenza



Funicolare a modesta pendenza

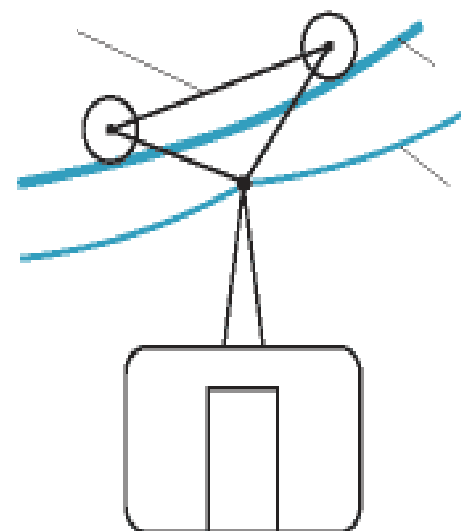
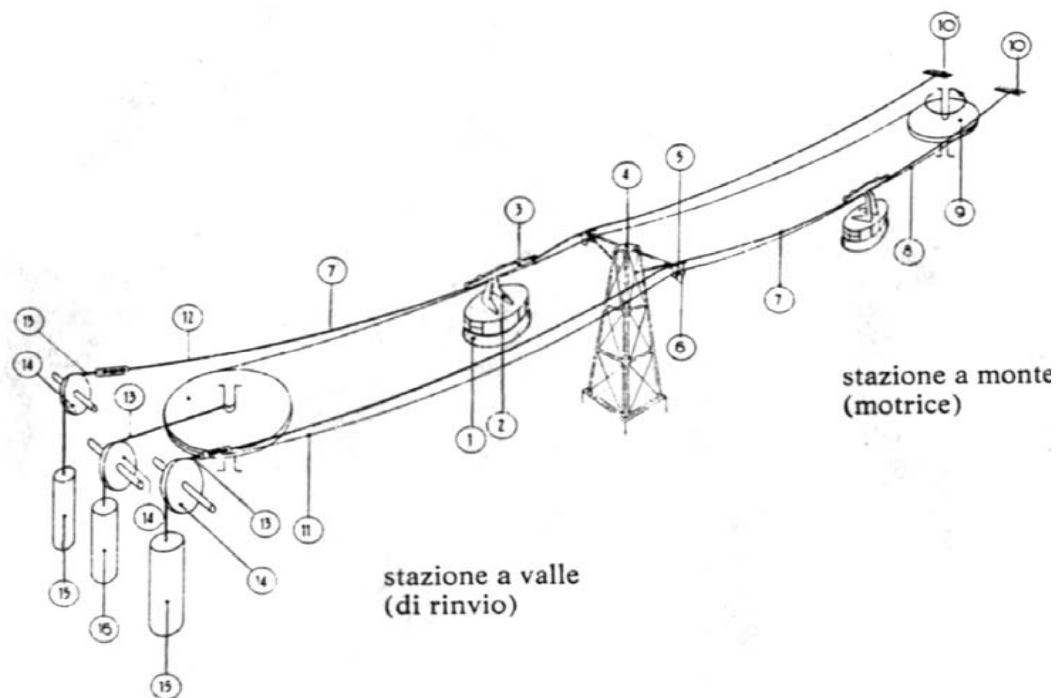
Funicolare

Funicolare a forte pendenza di S. Virgilio (Bergamo)



Lunghezza orizzontale e inclinata	m	614 - 621
Pendenza media, massima e minima	%	14.7 - 22.5 - 10.7
Quota stazione valle e monte	m. s.l.m.	369 - 460
Dislivello	m	90.5
Capacità della vettura	Ut.	55+1
Vetture in linea	n.	1
Tempo minimo di un ciclo	sec	180
Frequenza massima	corse/h	10
Potenzialità oraria per senso	posti/h	550
Velocità massima	m/s	5.0
Potenza motore elettrico	kW	160
Diametro fune anello trattivo	mm	26
Contrappeso posto a monte	daN	2 × 1471
Costo complessivo linea e veicolo (1991)	M.di £	2.9

Funivia



Nomenclatura:

- 1 - Cabina.
- 2 - Sospensione.
- 3 - Carrello.
- 4 - Sostegno di linea.
- 5 - Scarpa.
- 6 - Rulli di guida.
- 7 - Funi portanti.
- 8 - Fune traente.

- 9 - Puleggia motrice.
- 10 - Ancoraggi delle funi portanti.
- 11 - Fune zavorra.
- 12 - Puleggia di rinvio.
- 13 - Funi tenditrici.
- 14 - Puleggie di deviazione delle funi tenditrici.
- 15 - Contrappesi delle funi portanti.
- 16 - Contrappeso dell'anello trattivo.

Funivia

Le funivie sono impianti in cui i veicoli si muovono sospesi su delle funi di acciaio con guida automatica lungo percorsi completamente riservati e protetti. Il contatto dell'impianto con il suolo si ha solo in corrispondenza delle stazioni e dei piloni di sostegno intermedi.

Si distinguono i sistemi monofune da quelli bifune: nel primo caso un'unica fune ha funzione portante e traente; nel secondo, invece, vi è una fune con funzione portante ed un'altra con funzione traente.

Le cabine possono avere diverse dimensioni: da meno di 10 posti (impianti monofune) fino a 150 posti (impianti bifune).

La velocità di regime è dell'ordine di 10 m/s.

Il moto può essere circolare o a navetta.

Funivia

In rapporto alla tecnologia e alle dimensioni dei veicoli, le funivie possono essere distinte in:

✓ cabinovie

sistemi con cabine o gondole sospese ad una o due funi tramite un braccio rigido con sistema di aggancio fisso o automatico

✓ funitel

sistemi con cabine sospese a due funi (entrambe con funzione portante/traente poste ad una distanza reciproca maggiore della larghezza del singolo veicolo)

✓ tramway

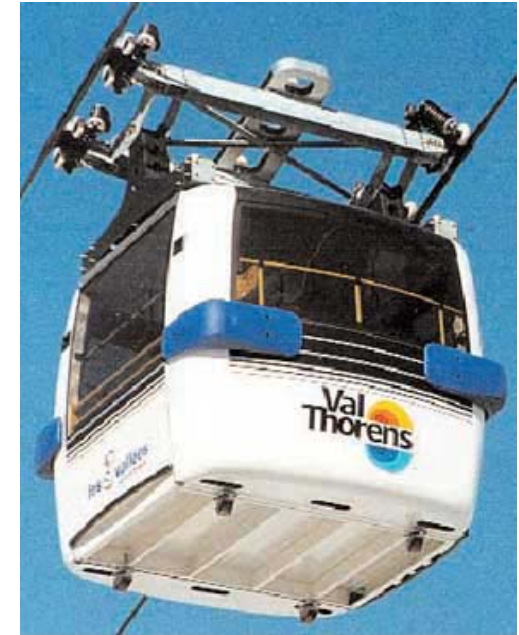
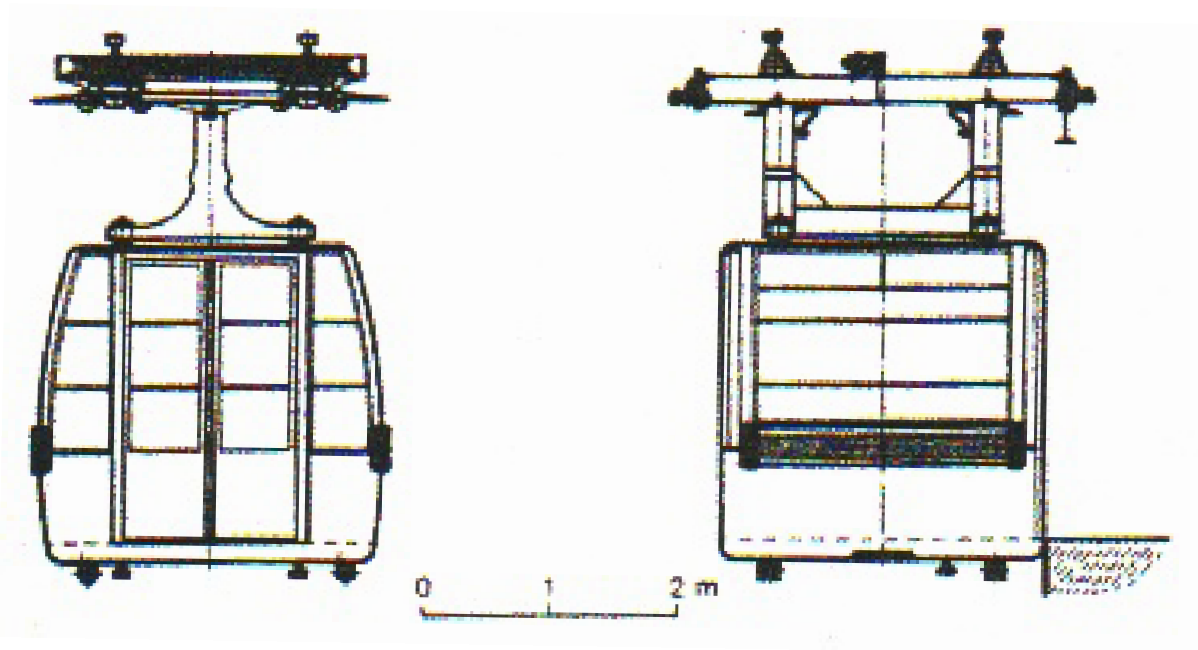
sistemi costituiti da cabine di grande capacità sospese, tramite carrelli, a due o tre funi, con aggancio fisso.

Funivia



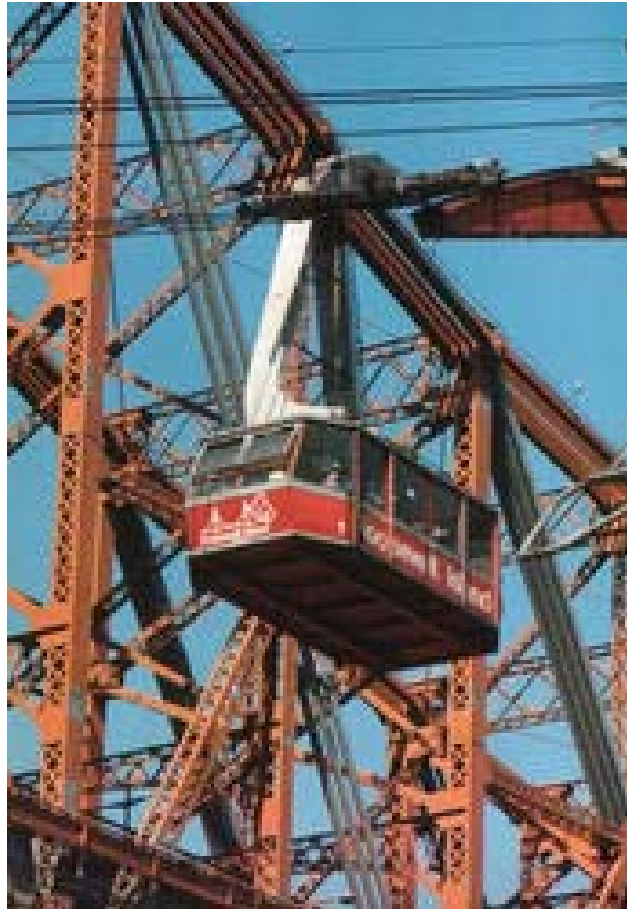
Cabinovia

Funivia



Funitel

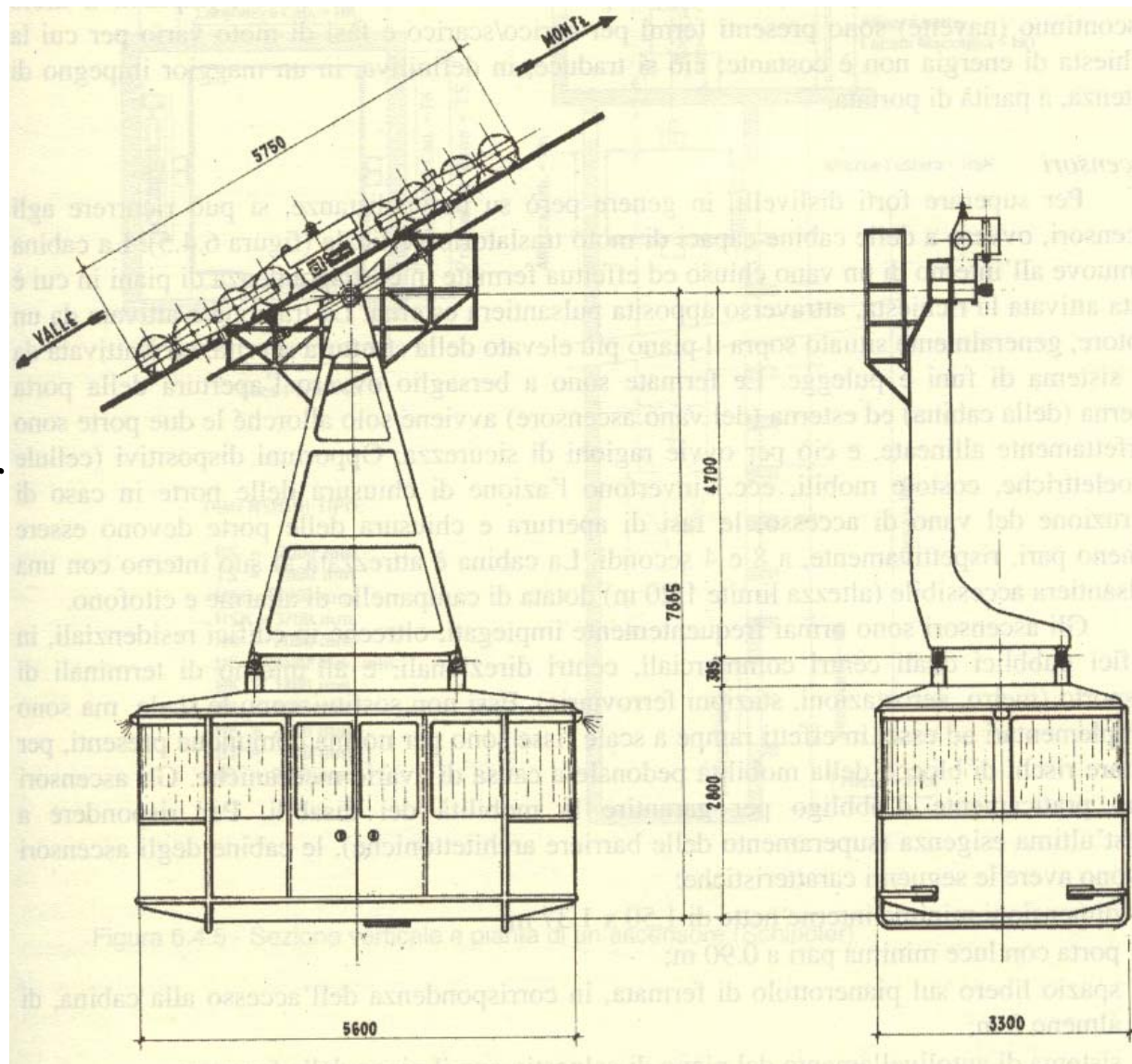
Funivia



Aerial Tramway

Funivia

**Funivia del Lac Noir
in Francia
(Ceretti e Tanfani)**



Ascensore

Gli ascensori sono sistemi a navetta a guida automatica, molto spesso a chiamata, su percorsi completamente riservati e protetti utilizzati per superare forti dislivelli o all'interno di edifici.

La velocità, in genere, non supera i 3 km/h ma può arrivare nei grattacieli a 30 km/h.

L'ascensore può essere:

✓ verticale

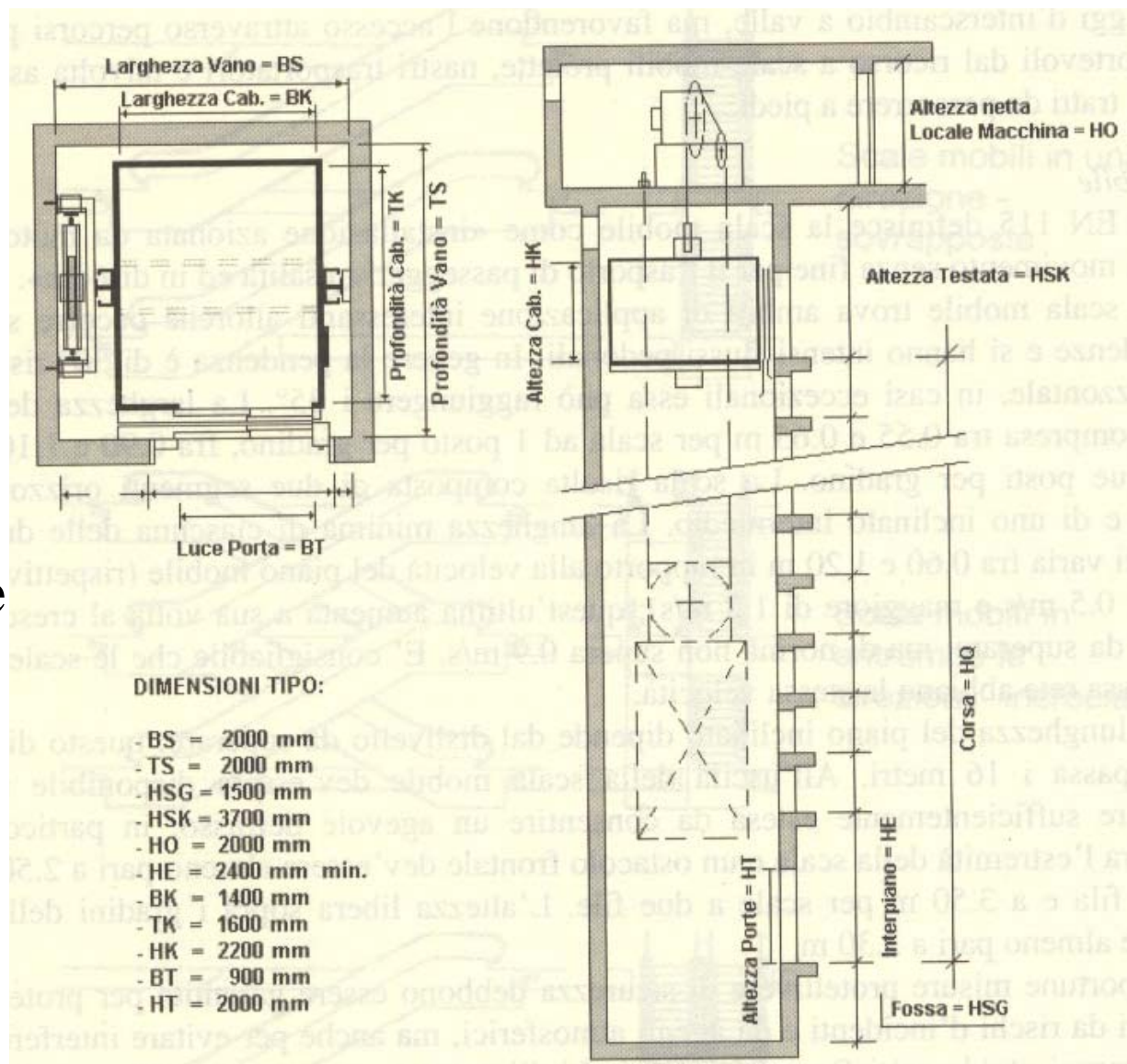
costituito da una cabina che si muove di moto traslatorio verticale, con trazione attivata da un motore elettrico e da un sistema di funi e pulegge con fermate a bersaglio

✓ obliquo

come l'ascensore verticale, con la differenza che il moto traslatorio è obliquo

Ascensore

Sezione verticale
e piana di un
ascensore verticale



Sistemi con infrastrutture mobili



Sistemi con infrastrutture mobili

I sistemi di trasporto con infrastrutture mobili sono sistemi di trasporto di ausilio alla mobilità pedonale:

- ✓ **scale mobili**
- ✓ **nastri trasportatori (tapis roulant)**

Sono sistemi continui, nel senso che il nastro o la scala non si fermano in stazione per permettere la salita e la discesa dei passeggeri.

In generale sono sistemi utilizzati in edifici di grandi dimensioni, quali: grandi magazzini, stazioni, aeroporti, ecc.

Negli ultimi anni c'è una tendenza ad utilizzare questi sistemi all'interno e/o per l'accesso ai centri storici e città d'arte (ad esempio Perugia e Orvieto).

Scale mobili



Scale mobili

Le **scale mobili** in generale **si usano su pendenze fino a 30 gradi**; hanno una larghezza di 0,55-0,65 m se è previsto un posto per gradino e di 0,90-1,10 m se sono previsti due posti per gradino.

La velocità non supera, di norma, 0,9 m/s.

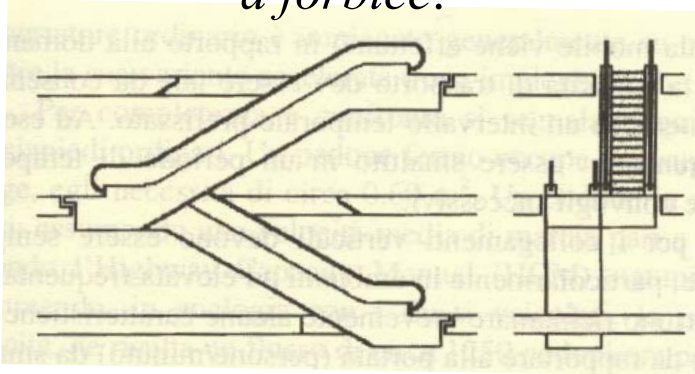
La lunghezza del piano inclinato, solitamente, non supera i 16 m.

La scala mobile può funzionare solo in salita, solo in discesa o in entrambi i casi (marcia banalizzata).

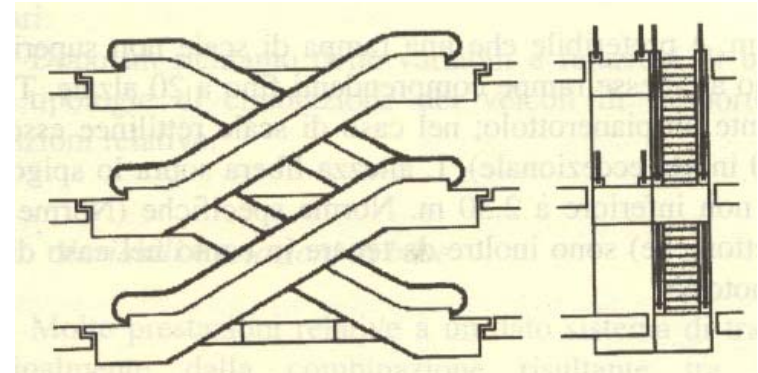
Il funzionamento può essere continuo o essere attivato in automatico da un sensore che rileva il passaggio dell'utente attraverso la zona di accesso.

Scale mobili

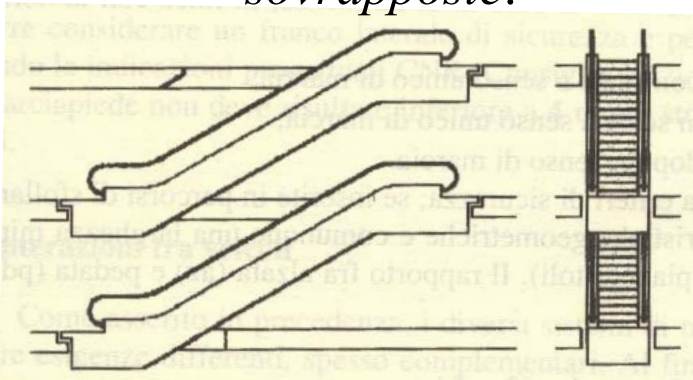
Scale mobili in una direzione
a forbice:



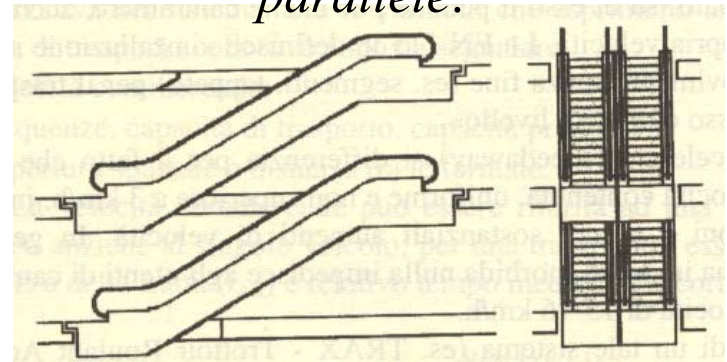
Scale mobili in entrambe le direzioni
incrociate:



Scale mobili in una direzione
sovrapposte:



Scale mobili in entrambe le direzioni
parallele:



Nastri trasportatori (tapis roulant)



Nastri trasportatori (tapis roulant)

Il nastro trasportatore (o tapis roulant) è un **marciapiede mobile** orizzontali o leggermente inclinato.

Velocità e larghezze sono analoghe a quelle delle scale mobili. Esistono nastri trasportatori che possono raggiungere velocità maggiori, con opportune tecnologie.