# *Caratteristiche e Funzionalità del Materiale Rotabile*

# Sistemi di trasporto a guida vincolata

*UNI-8379 - Sistemi di trasporto a guida vincolata (ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia)*

- **ferrovia**: Sistema di trasporto per persone e/o cose, anche per lunghe distanze e per elevati livelli di traffico, mediante veicoli automotori, veicoli rimorchiati e motrici, a guida vincolata in sede propria, con circolazione regolata da segnali.
- **metropolitana**: Sistema di trasporto rapido di massa, di elevata portata e frequenza nell'ambito delle conurbazioni, costituito da veicoli automotori o rimorchiati dai medesimi, a guida vincolata, con circolazione regolata da segnali e completamente autonoma da qualsiasi altro tipo di traffico.
- **metropolitana leggera**: Sistema di trasporto rapido di massa che mantiene le caratteristiche della metropolitana ad eccezione della portata oraria, che risulta ridotta a causa della limitata capacità dei convogli per ridotte dimensioni dei veicoli e/o per ridotta composizione.
- **tranvia**: Sistema di trasporto per persone negli agglomerati urbani costituito da veicoli automotori o rimorchiati dai medesimi, a guida vincolata, in genere su strade ordinarie e quindi soggetto al Codice della Strada, con circolazione a vista.
- **tranvia veloce** (metrotranvia): Sistema di trasporto che mantiene le caratteristiche della tranvia con possibili realizzazioni anche in tratte suburbane, ma che consente velocità commerciali e portate superiori grazie ad adeguati provvedimenti atti a ridurre le interferenze del sistema con il restante traffico veicolare e pedonale.



# Tipologie di metropolitane



**CLASSIFICAZIONE DELLE METROPOLITANE E DEL MATERIALE ROTABILE**

***In base alla portata, alla frequenza delle corse e al tipo di rotabile si distinguono:***

- *metropolitana pesante (RRT «Rapid Rail Transit»)*
- *metropolitana leggera (LRT «Light Rail Transit»)*

***In base al tipo di tecnologia utilizzata si distinguono:***

- *metropolitana a guida completamente automatica (AGT «Automated Guideway Transit»)*
- *metropolitana con conducente*

***In base alle caratteristiche infrastrutturali si distinguono:***

- *metropolitana su ferro*
- *metropolitana su gomma*
- *metropolitana sopraelevata*
- *metropolitana sospesa*








# Tipologie di metropolitane

## Metropolitana Pesante (RRT)

- La metropolitana pesante (o classica) è un sistema di trasporto rapido di massa, di alta capacità e frequenza in ambito urbano, costituito da veicoli automotori o mossi da veicoli automotori circolanti su rotaia, ovvero con altra guida vincolante e completamente separata da qualsiasi tipo di traffico, con regime di circolazione regolata da un sistema di segnalamento di tipo ferroviario.

**Principali caratteristiche**

- opera esclusivamente in sede protetta e, nei centri urbani, prevalentemente in galleria
- la capacità di linea generalmente arriva fino a 25000 pass./h/direz.
- i convogli sono costituiti da più veicoli (vagoni) con capacità di carico fino a 250 posti/vagone
- ogni convoglio ha almeno due vagoni
- la velocità commerciale può arrivare a 50 km/h
- la trazione è elettrica, come per i sistemi di trasporto ferroviario
- La frequenza può arrivare fino a 90 s
- la velocità massima può arrivare a 100 km/h e le accelerazioni fino a 1,2 $m/s^2$





# Tipologie di metropolitane

## Metropolitana Leggera (LRT)

- Le metropolitane leggere si caratterizzano come sistemi intermedi fra quelli tranviari e quelli metropolitani classici. Si tratta di mezzi di trasporto collettivo automotori a guida vincolata su binari di acciaio o calcestruzzo, ad alimentazione elettrica, con guida semi-automatica su percorsi in sede riservata e protetta.




**Principali caratteristiche**

- 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)
- la capacità di linea generalmente arriva fino a 12000 pass./h/direz
- viaggia in galleria nei centri storici urbani
- i veicoli sono costituiti da 2 a 4 casse ed hanno lunghezze fino a 35/40 m
- la velocità commerciale può arrivare a 40 km/h



# Tipologie di metropolitane

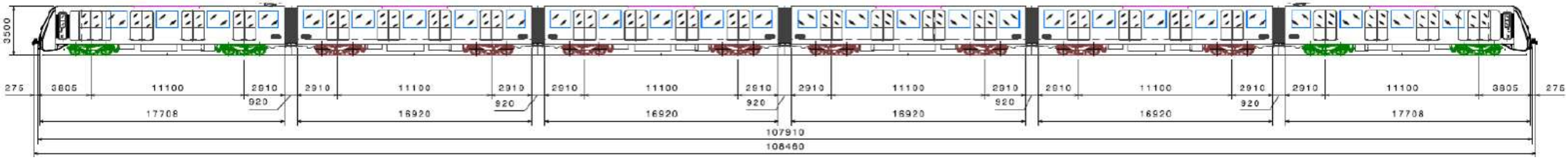
**Metropolitane a guida completamente automatica (AGT) (Automated Guideway Transit)**

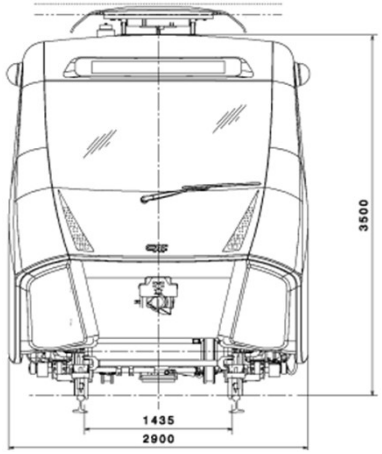
- Le metropolitane a guida completamente automatica sono metropolitane, classiche o leggere, la cui guida è interamente controllata da elaboratori che sostituiscono in tutto il guidatore.
- Tali sistemi sono definiti usualmente metropolitane **AGT (*Automated Guideway Transit*)**.
- Pur viaggiando in 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.





# Metro


3500
275
3805
11100
2910
920
17708
16920
107910
108460


3500
1435
2900



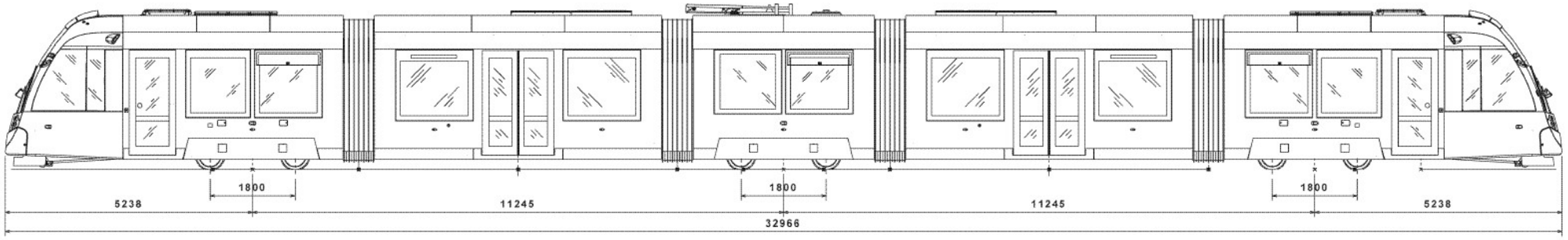
# Tram

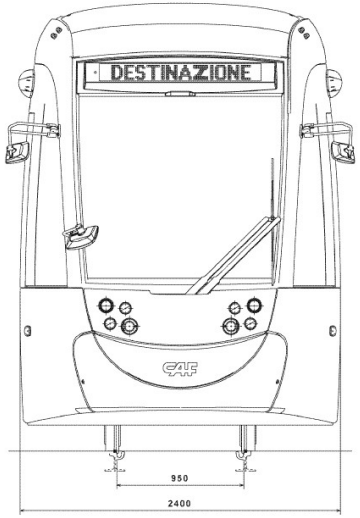
- Nei centri urbani il tram circola su binari incorporati nella sede stradale ma sempre più spesso, con l'obiettivo di migliorarne la circolazione ed aumentare la velocità commerciale, sono stati creati anche tratti in sede propria, generalmente circa il 40% del percorso totale del mezzo.
- Il tram combina i vantaggi di una grande capienza per passeggeri con una elevata frequenza di fermate. Per permettere uno scambio veloce di passeggeri, i veicoli hanno molte porte, molto spazio per stare in piedi e meno posti a sedere.
- A favore del tram contribuiscono il suo basso impatto ambientale ed i suoi costi realizzativi ridotti (se confrontati con gli ingenti investimenti necessari per la costruzione delle metropolitane).

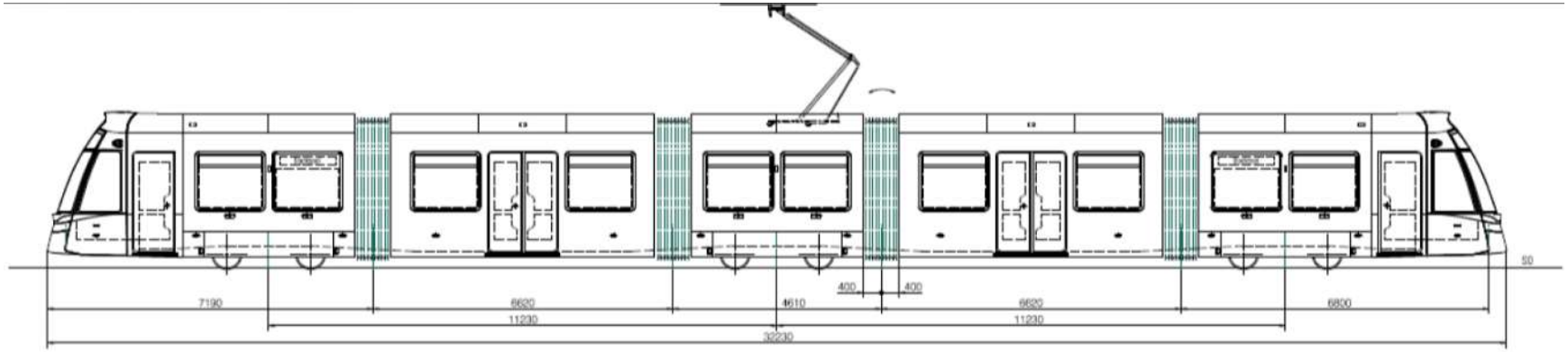




# Tram


1800
1800
1800
5238
11245
11245
5238
32966


DESTINAZIONE
950
2400


7190
6620
4610
400
400
6620
6800
50
11230
11230
32230



# Differenze Metro/Tram

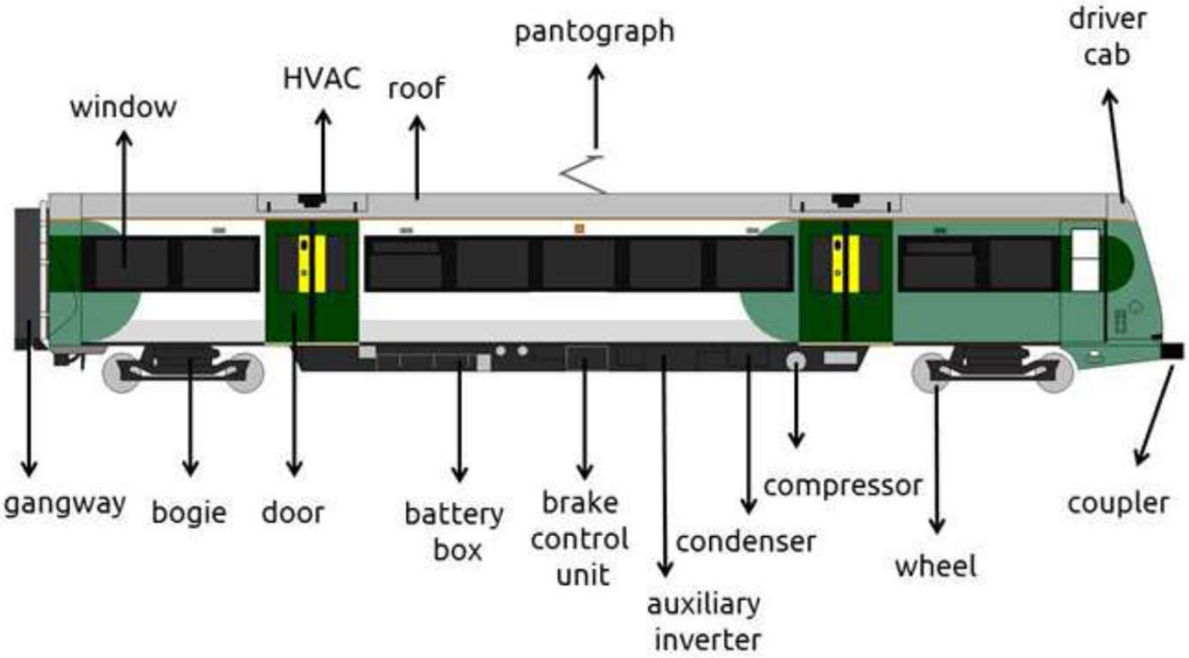


| Metro | Tram |
|---|---|
| Percorso dedicato: La metropolitana opera su binari segregati, tipicamente in tunnel sotterranei o su viadotti sopraelevati, completamente separati dal traffico stradale | Percorso misto: I tram si muovono su binari a livello stradale, condividendo spesso lo spazio con il traffico veicolare e pedonale.<br>Interferenza con il traffico: Possono attraversare incroci semaforici e aree pedonali, il che richiede il rispetto del Codice della Strada (D.Lgs. 285/1992) e delle norme sulle interazioni tra mezzi pubblici e traffico. |
| Velocità operativa: Può raggiungere velocità di 70-80 km/h o più su percorsi senza fermate ravvicinate. Essendo indipendente dal traffico, garantisce tempi di percorrenza costanti. | Velocità operativa: Limitata, solitamente tra 20 e 50 km/h, a causa delle fermate frequenti e delle interferenze con il traffico cittadino. |
| Norme di sicurezza: Dotata di sistemi di segnalamento avanzati come l'ATP «Automatic train protection» | Priorità semaforica: In molte città, i tram godono di priorità semaforica per migliorare la regolarità, come previsto da regolamenti locali in conformità con il Codice della Strada. |
| Capacità elevata: Può trasportare tra 20.000 e 60.000 passeggeri all'ora per direzione (phd). | Capacità ridotta: Può trasportare 2.000-10.000 passeggeri all'ora per direzione, con veicoli solitamente più corti. |
| Normative specifiche: ***UNI11378 Materiale rotabile per metropolitane- caratteristiche generali e prestazioni»*** | Normative specifiche : ***UNI11174 Materiale rotabile per tramvie e tramvie veloci- caratteristiche generali e prestazioni*** |



# Caratteristiche dei veicoli ferroviari

*Equipaggiamenti di un veicolo ferroviario*




- *Carrello*
- *Rodiggio*
- *Telaio e cassa*
- *Impianto porte*
- *Impianto pneumatico e freno*
- *Circuiti elettrici*
- *Organi di trazione e repulsione*
- *Sistemi antincendio*
- *Sistemi di segnalamento*
- *TCMS*
- *Impianti HVAC*
- *Impianti di telecomunicazione*

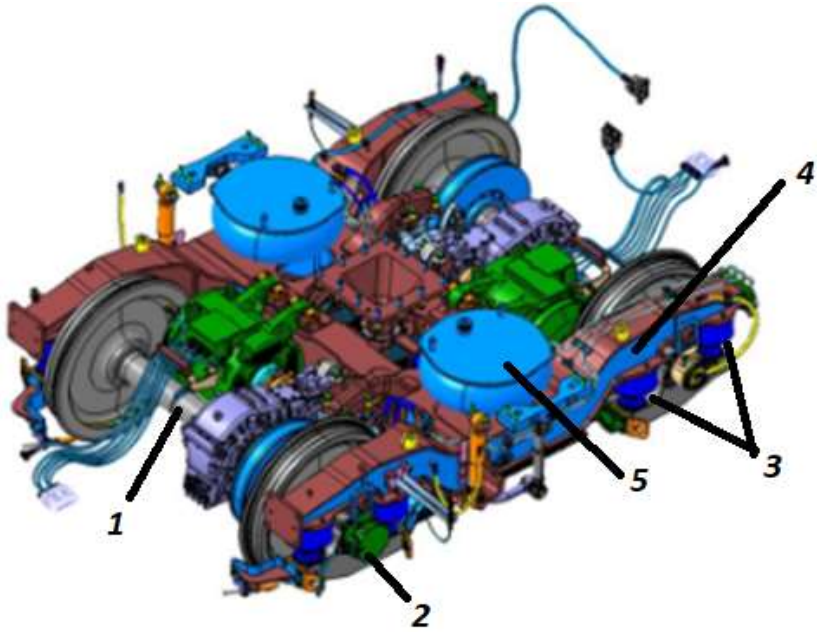


# Carrello: Funzioni e Componenti

**Generalità**

- Il **carrello** supporta il peso del veicolo ed è progettato per resistere a **carichi verticali**, **longitudinali e laterali;**
- **Su di esso alloggiano le sospensioni primarie le quali** riducono le vibrazioni generate dalle irregolarità del binario e garantiscono la stabilità del carrello minimizzando i movimenti laterali e verticali;
- **Le sospensioni secondarie**, spesso ad aria compressa, migliorano il comfort dei passeggeri e compensano variazioni di carico;
- I carrelli che compongono un veicolo ferroviario si distinguono in:
    1. **Carrelli motori**
    2. **Carrelli portanti**

Mentre la prima tipologia ha la funzione sia di sostenere la cassa che di movimentarla fornendo gli opportuni sforzi di trazione, la seconda tipologia è utilizzata esclusivamente per la funzione di sostegno.




*1.Sala montata*
*2.Boccola*
*3.Sospensioni primarie*
*4.Telaio del carrello*
*5.Sospensioni secondarie*



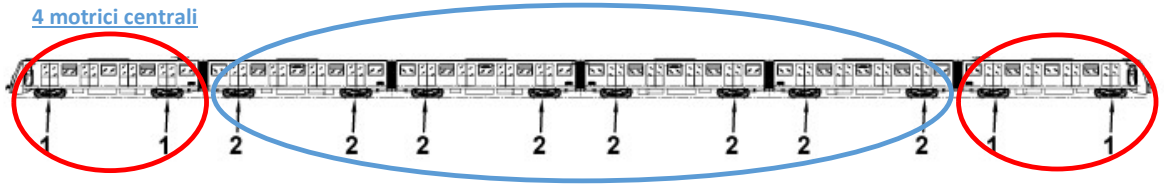
# Carrello: Funzioni e Componenti

## Generalità

**Esempio: Treni della metropolitana di Napoli linea 1:**

Ogni unità della Metropolitana di Napoli è formata da 6 vetture e ognuna avente 2 carrelli:

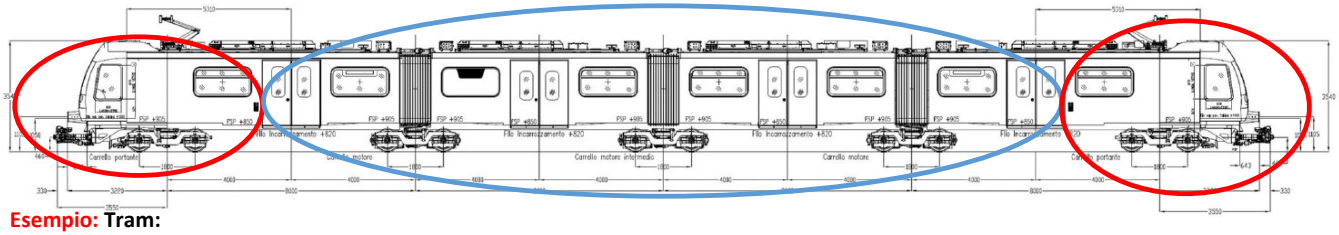
- **2 rimorchiate in testa**
- **4 motrici centrali**




**Esempio: Treni della metropolitana di Napoli linea 6:**

Ogni unità della Metropolitana di Napoli è formata da 4 vetture e 5 carrelli:

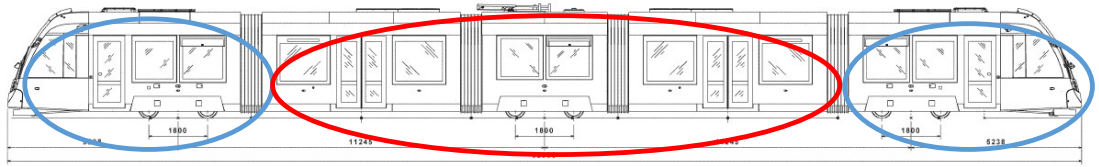
- **2 carrelli portanti in testa**
- **3 carrelli motori centrali**



**Esempio: Tram:**

Ogni unità del tram di esempio è composto da 5 vetture e 3 carrelli:

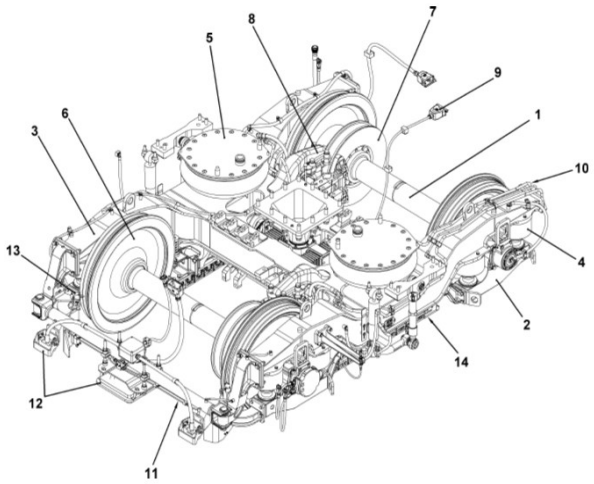
- **2 carrelli motori in testa**
- **1 carrello portante centrale**





# Carrello: Funzioni e Componenti

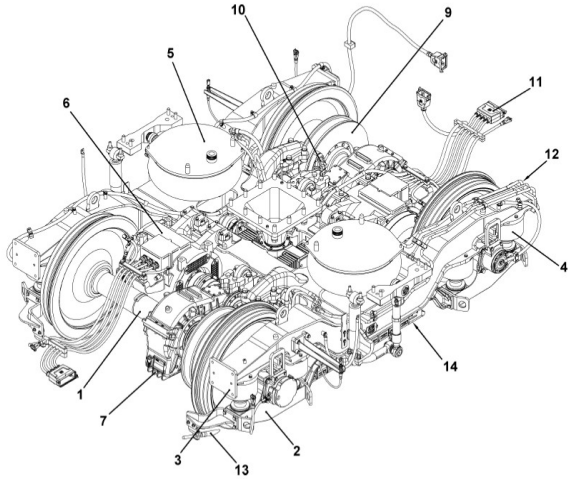
**Carrello portante:**




| N. | Descrizione | N. | Descrizione |
|---|---|---|---|
| 1 | Asse | 8 | Pinza del freno |
| 2 | Boccola | 9 | Tubi elettrici |
| 3 | Telaio | 10 | Tubi pneumatici |
| 4 | Sospensione primaria | 11 | Salvavita |
| 5 | Sospensione secondaria | 12 | Antenne |
| 6 | Ruota | 13 | Sistema di lubrificazione ruote |
| 7 | Disco del freno | 14 | Freno elettromagnetico a pattino |

- **Il telaio del carrello** presenta una struttura rigida in acciaio sulla quale sono montati gli altri elementi.
- Il telaio del carrello poggia sulle ***sale montate*** mediante le ***boccole*** e la ***sospensione primaria***.
- **La sospensione primaria** generalmente è collegata alle boccole del telaio del carrello mediante due **molle coniche in gomma metallica** o **molle elicoidali**, installate tra la parte superiore delle boccole e il telaio del carrello.
- **Il carrello motore** rispetto al **carrello portante** monta 2 sale montate motorizzate e **un sistema di sabbiere** per **migliorare l'aderenza tra ruota e rotaia.**
- **Il carrello di testa** del treno può essere provvisto di **antenne di captazione**, **di un sistema di lubrificazione** del **bordino delle ruote** e generalmente di un sistema di lubrificazione della rotaia per **ridurre l'usura ruota/rotaia**.

**Carrello motore:**



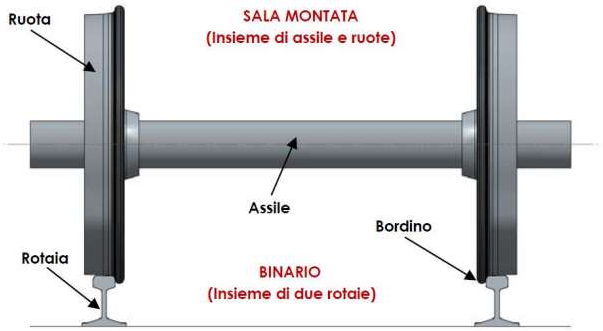

| N. | Descrizione | N. | Descrizione |
|---|---|---|---|
| 1 | Asse | 8 | Ruota |
| 2 | Boccola | 9 | Disco del freno |
| 3 | Telaio | 10 | Pinza del freno |
| 4 | Sospensione primaria | 11 | Tubi elettrici |
| 5 | Sospensione secondaria | 12 | Tubi pneumatici |
| 6 | Motore a trazione | 13 | Sabbiere |
| 7 | Scatola del cambio | 14 | Freno elettromagnetico a pattino |



# Rodiggio

Il rodiggio è l'insieme degli organi che sopportano il peso del veicolo e le sollecitazioni dinamiche della marcia.
Il rodiggio di un veicolo ferroviario è l'insieme di:

1. ***Sale montate:***




La sala montata è composta:

1. ***Assile***
2. ***Ruote***
3. ***Disco freno***
4. ***Riduttore (in caso di asse motore)***

Il rodiggio è fissato al carrello tramite il sistema di sospensioni primarie



2. ***Boccole ed accessori:***



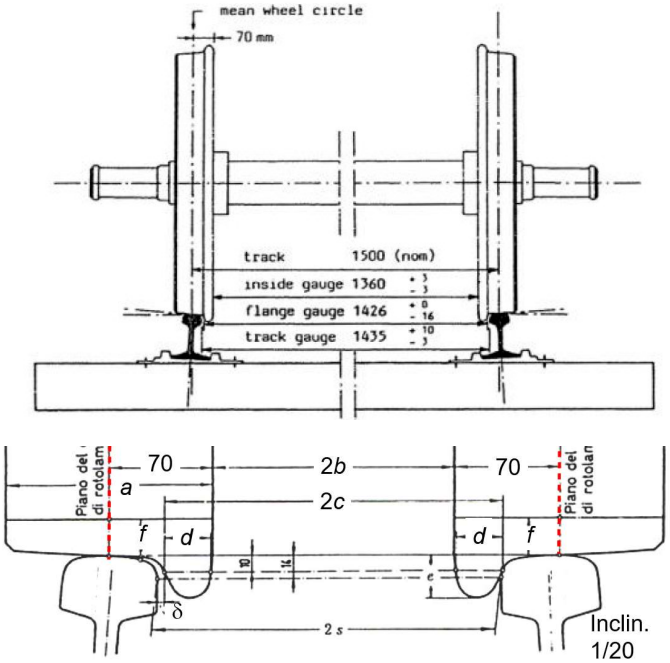


# Sala montata

**Generalità**

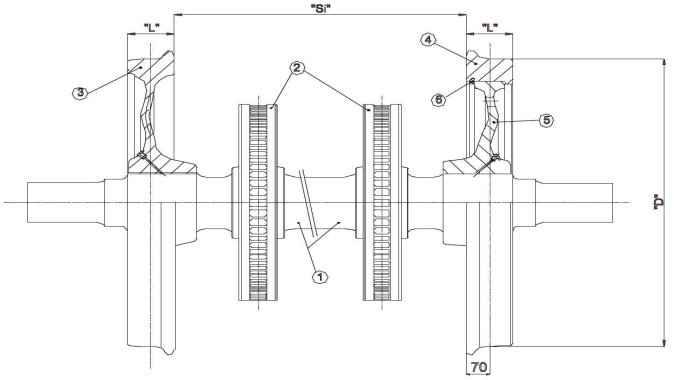
- Si definisce **sala montata** il complesso **di assile e ruote.**
- Il collegamento con il telaio del carrello avviene tramite le due estremità dell'assile, **dette fuselli**, sui quali poggiano i **cuscinetti.**

***Dimensioni***




- **Scartamento di binario 2s: *1435 mm*** (distanza fra gli intradossi delle rotaie misurata 14 mm sotto il piano di rotolamento)
- **Scartamento interno 2b**: ***1360 mm***
- **Scartamento di bordino 2c: *1426 mm*** scartamento di bordino: distanza fra gli estradossi dei bordini misurata 10 mm sotto il piano di rotolamento
- Esistono diversi valori di scartamento di binario, quello europeo standard è di 1435 mm.
- La norma che specifica le caratteristiche di sale montate per tutti gli scartamenti dei binari per i veicoli ferroviari pesanti e leggeri come tram o metropolitane è la *EN 13260 - Applicazioni ferroviarie - Sale montate e carrelli - Sale montate - Requisiti del prodotto.*

***Componenti sala montata***



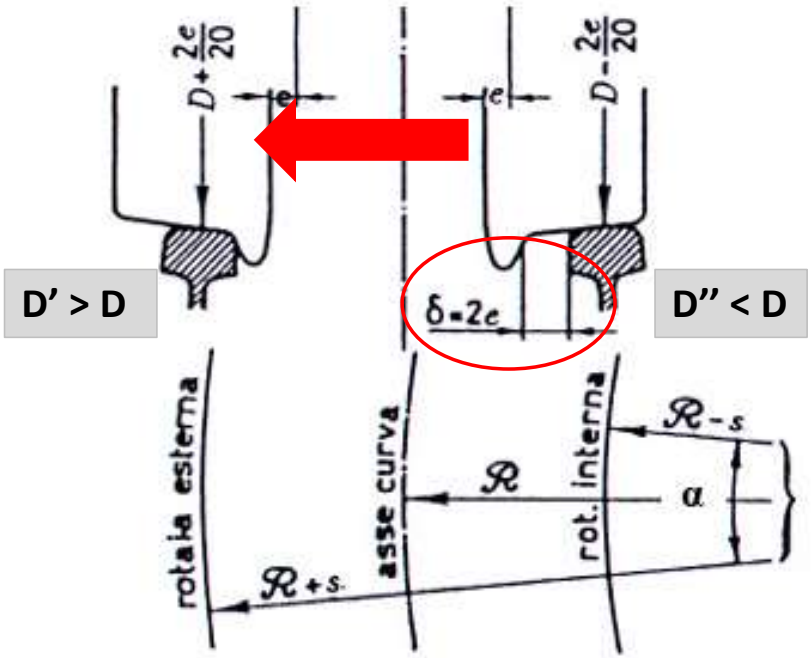

| POSIZIONE | NOMENCLATURA |
|---|---|
| 1 | Assile |
| 2 | Disco frenante |
| 3 | Ruota monoblocco |
| 4 | Cerchione |
| 5 | Centro ruota cerchiato |
| 6 | Cerchietto di sicurezza o anello a graffa |
| QUOTE | |
| L | Larghezza cerchione |
| Si | Scartamento interno |
| D | Diametro circolo di rotolamento |



# Sala montata

## Effetto differenziale in curva

- **L'effetto differenziale** si ha quando il raggio del cerchio di rotolamento della ruota esterna risulta essere maggiore di quello della ruota interna, innalzandosi il punto di contatto per effetto della traslazione verso l'esterno della **sala montata.**
- In queste condizioni, proprio per la sua **conicità,** il **cerchione esterno** rotola con un diametro **D' > D**, mentre il **cerchione interno** rotola con un diametro **D'' < D.**
- Lo scartamento può variare di alcuni millimetri in curva per consentire un miglior equilibrio tra ruota esterna e ruota interna e quindi una migliore stabilità della sala. **Si parla infatti di allargamento dello scartamento.**
- Il contatto conico ruota-bordino, inoltre, ha lo scopo di stabilizzare il veicolo in rettifilo contro fenomeni di serpeggiamento. Le due ruote sono rigidamente calettate sull'asse, quindi **sono prive di differenziale**.





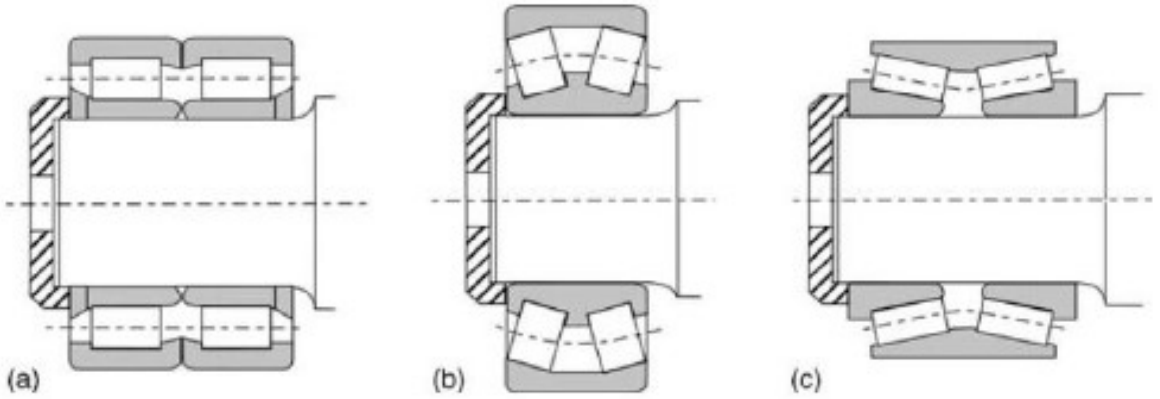
# Sala montata

## Boccole

Le boccole sono gli elementi che collegano l'assile al telaio del carrello tramite le sospensioni primarie. Trasmettono il peso, la forza d'inerzia e gli sforzi necessari per la trazione e la frenatura. Inoltre, permettono la rotazione relativa tra l'assile e gli elementi di sospensione. Le boccole insieme alla sala costituiscono la parte ***non sospesa*** del rotabile.

Nei rotabili moderni vengono utilizzate boccole con cuscinetti a rotolamento, che possono essere a rulli **cilindrici, conici o a botte**.

- I cuscinetti a **rulli cilindrici** (Fig.a) presentano **elevate capacità dinamiche nella direzione radiale**, ma sono **poco adatti alla trasmissione degli sforzi assiali** conseguenti al moto laterale della sala.
- I cuscinetti a **rulli conici** (Fig c) consentono la trasmissione efficace sia degli sforzi assiali che radiali. Hanno dei **coefficienti di attrito superiori** rispetto ai rulli cilindrici.
- I cuscinetti a **rulli a botte** (Fig.b) sono pensati per elevate percorrenze e sono caratterizzati da un'oscillazione ammessa di 1,5 – 2 ° che consente il superamento di sghembi anche senza gioco tra boccola e guide.





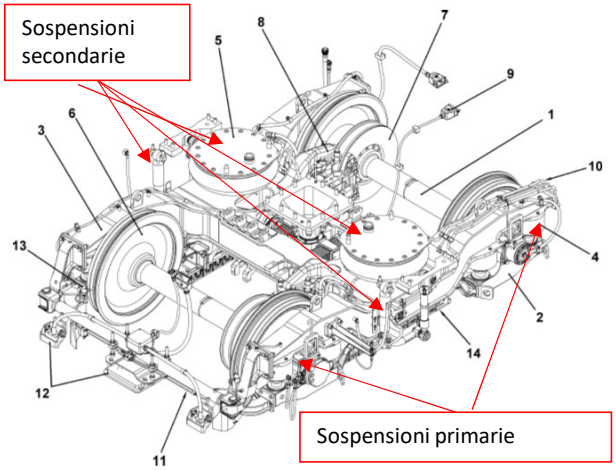



# Sospensioni

Generalmente, per i treni che trasportano passeggeri, gli **stadi** di sospensione sono **due**:

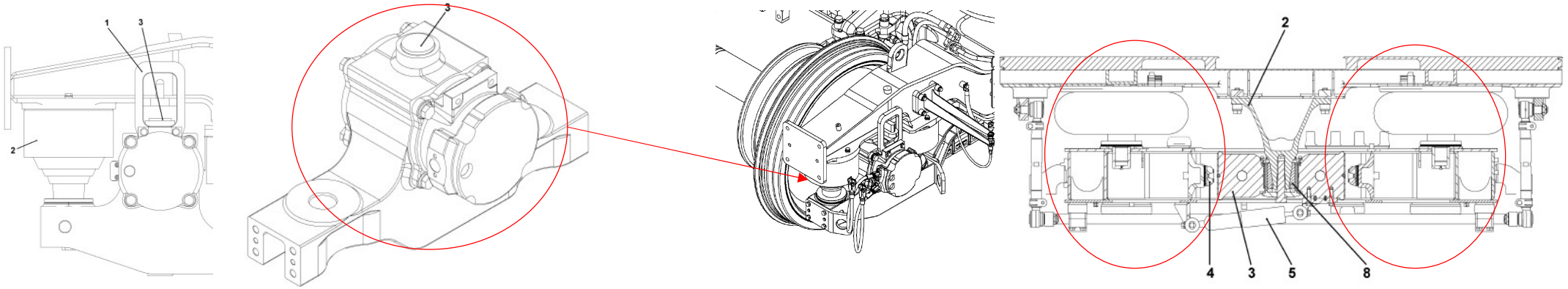
**Sospensioni primarie**

- Sono posizionate tra il telaio del carrello e le sale; su di esse grava tutto il peso del veicolo, ad eccezione delle **masse non sospese.**
- Sono solitamente **molle coniche gommate** conformi alla EN*13913- Applicazioni ferroviarie - Componenti della sospensione di gomma - Parti gomma – metallo* o molle ad elica in acciaio conformi alla *UNI EN 13298- Applicazioni ferroviarie - Componenti della sospensione - Molle ad elica di acciaio.*
- Garantiscono la stabilità del carrello minimizzando i movimenti laterali e verticali.
- Uniforma i carichi verticali tra le ruote.




**Sospensioni secondarie**

- Sono posizionate tra il telaio del carrello e la cassa del veicolo.
- Sorreggono solo il peso della cassa e sono utilizzate per aumentare il livello di comfort dei passeggeri.
- Se ad aria sono in grado di **livellarsi** automaticamente mantenendo la **cassa alla stessa altezza** al **variare del carico** mediante la **valvola livellatrice.**
- Generalmente oltre alle sospensioni ad aria sono presenti degli ammortizzatori idraulici.



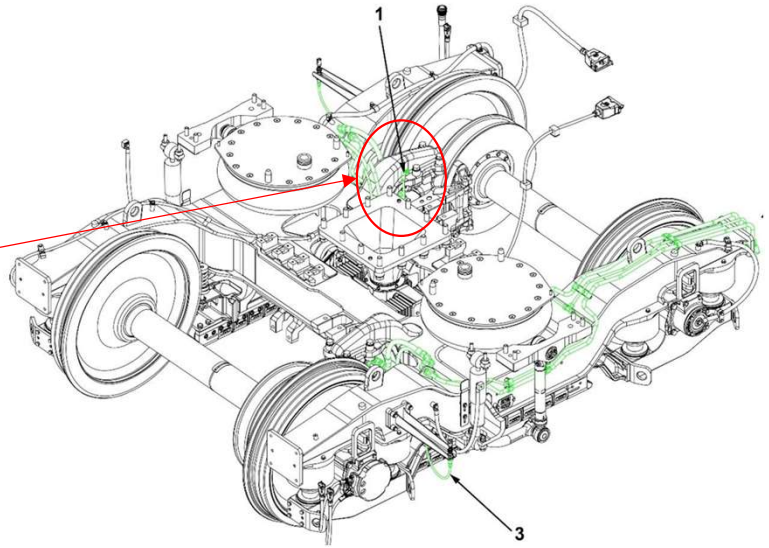
# Sospensioni secondarie: tipologie

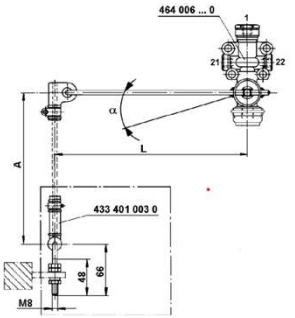


**Valvola livellatrice :**

- l'aria compressa viene immessa nella sospensione attraverso una valvola di livellamento, fissata nella parte inferiore della carrozza. La valvola è azionata da una leva che ha un'estremità collegata con il condotto dell'aria di alimentazione, mentre l'altra estremità è fissata(1) al telaio del carrello. Qualsiasi movimento verticale tra cassa e carrello viene rilevato dalla leva, che regola di conseguenza la valvola di livellamento.
- Quando il carico sul vagone viene modificato, a causa dei passeggeri che salgono e scendono in stazione, il peso della carrozza varia e la valvola di livellamento regola la pressione dell'aria nella sospensione.
- In questo modo è possibile mantenere un'altezza quasi costante della cassa rispetto al piano del ferro, indipendentemente dal carico.

**Valvola livellatrice :**

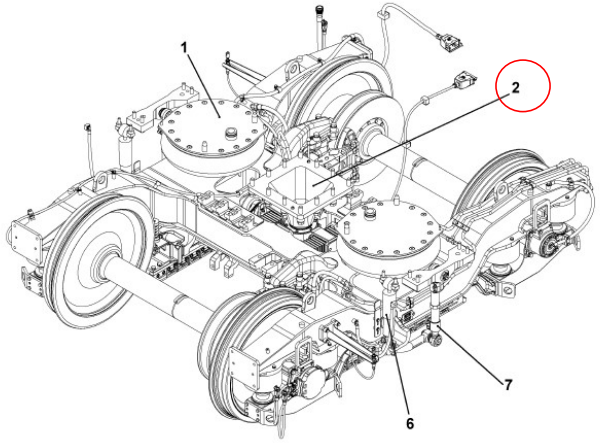


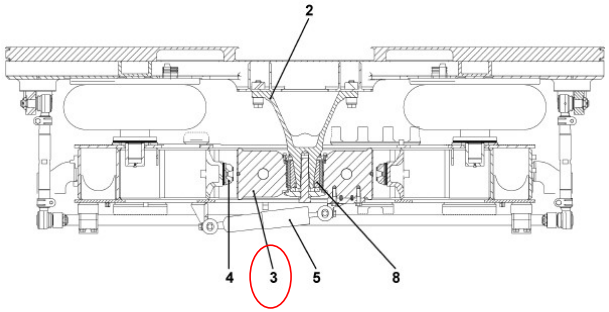





# Collegamento cassa carrello: trave oscillante e perno centrale

**Carrello con *perno* centrale**



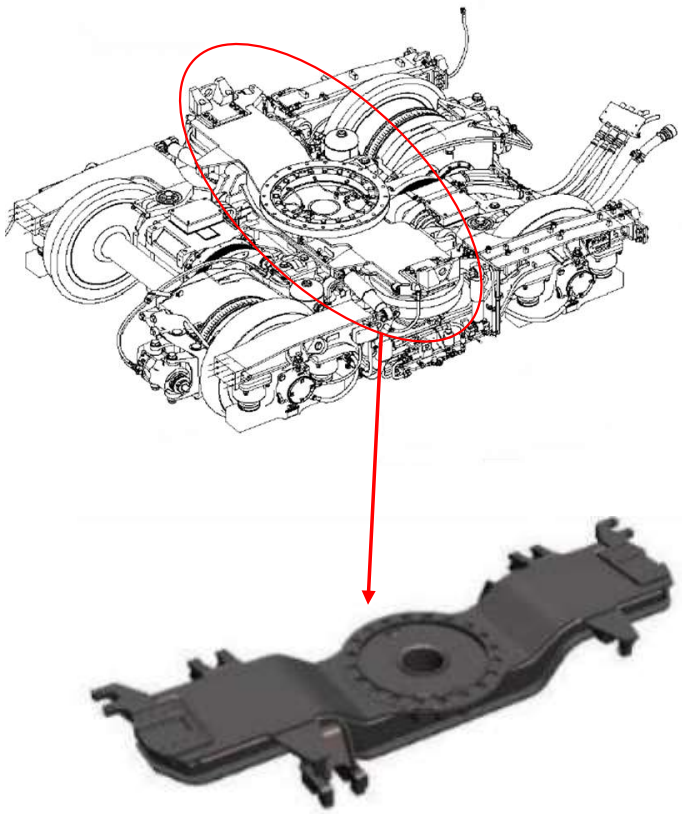

## Carrello con perno centrale

- Il carrello presenta un **perno di articolazione centrale (2)**, il quale è avvitato direttamente sulla cassa ed è unito al telaio del carrello mediante **la barra di livellamento (3)**. In questo caso l'unione tra la **barra di livellamento e il perno di articolazione** centrale avviene mediante un **giunto in gomma (8)**, il quale consente la relativa rotazione del gruppo cassa-carrello insieme alle molle pneumatiche.
- Le forze laterali derivanti vengono ridotte grazie a due fermi laterali **(4)** ubicati tra il telaio del carrello e il perno di articolazione centrale, fino al raggiungimento del limite di spostamento.
- **Due ammortizzatori verticali (6)** della sospensione secondaria e un **ammortizzatore laterale (5)** ammortizzano il movimento relativo tra la cassa e il carrello. Questi ultimi sono idraulici e sono dotati di Silent Block in gomma

## Carrello con trave oscillante

- La **connessione cassa-carrello** è ottenuta mediante una **ralla a sfere**, su cui grava tutto il peso della cassa.
- **L'anello interno** della ralla è centrato alla **trave oscillante** ed imbullonato alla stessa mediante viti; analogamente **l'anello esterno** della ralla è fissato alla **trave portante** della cassa mediante viti.

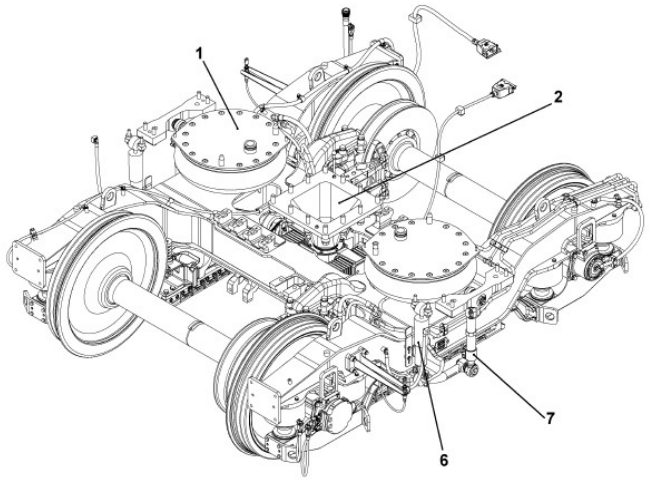
**Carrello con trave oscillante**

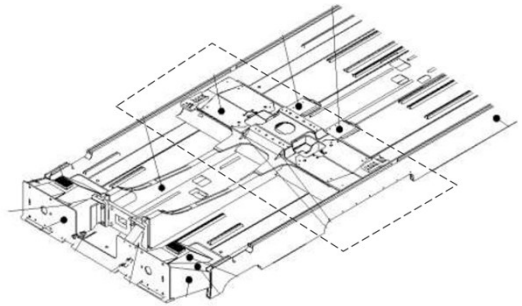




# Collegamento cassa carrello: trave oscillante e perno centrale

**Carrello con perno centrale**



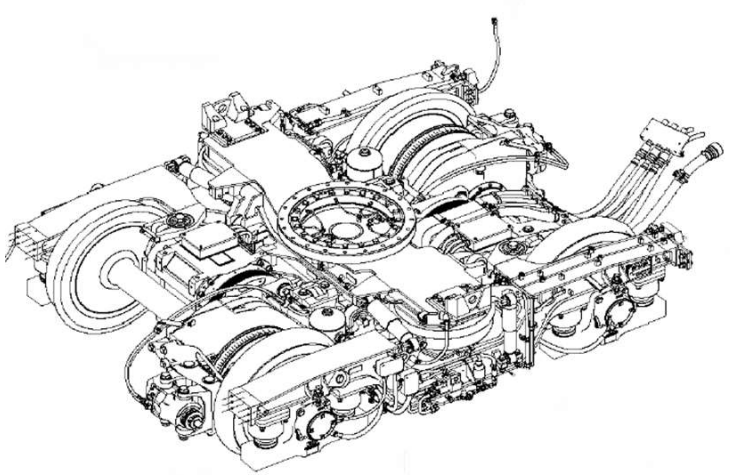
- **Carrello con perno centrale,** vantaggi:

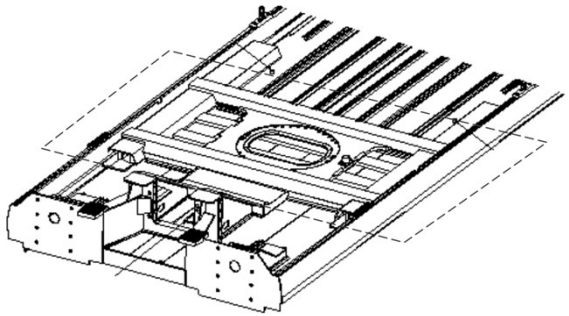
- ✓ **Riduzione del peso**: la rimozione della trave permette una riduzione del peso
- ✓ **Minore Manutenzione:** la sostituzione della ralla e della trave ballerina con l'elemento di trascinamento comporta un miglioramento della manutenzione.
- ✓ **Altezza maggiore delle molle pneumatiche:** Questa altezza maggiore permette di migliorare le prestazioni dinamiche di marcia e di comfort.
- ✓ **Migliore distribuzione degli elementi**: l'assenza della trave oscillante aumenta lo spazio disponibile per la distribuzione degli equipaggiamenti
- ✓ **Migliore distribuzione del peso della cassa e della distribuzione degli sforzi**

- **Carrello con perno centrale,** svantaggi:

- ✓ **Maggiore usura ruota in curva**
- ✓ **Non utilizzabile per tracciati con curve molto strette**

**Carrello con trave oscillante**

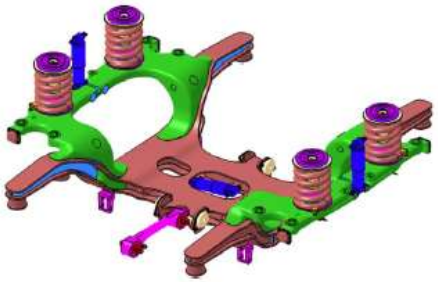


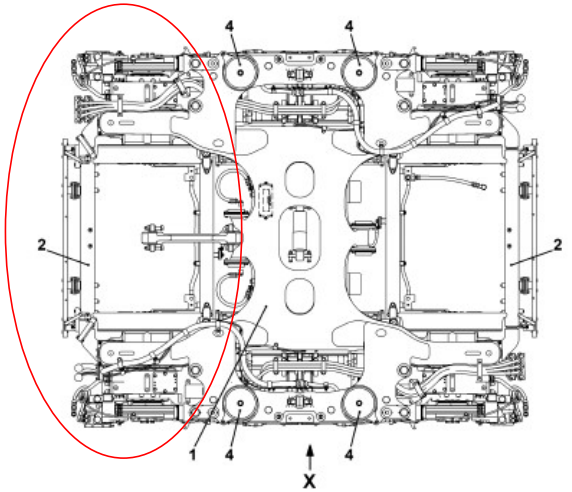


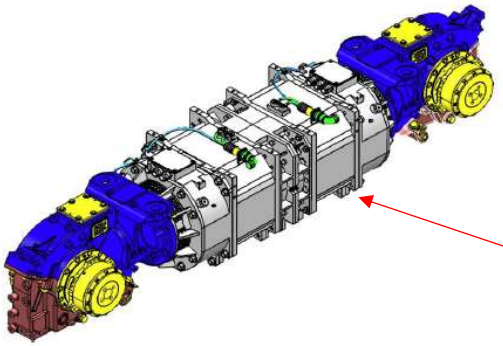


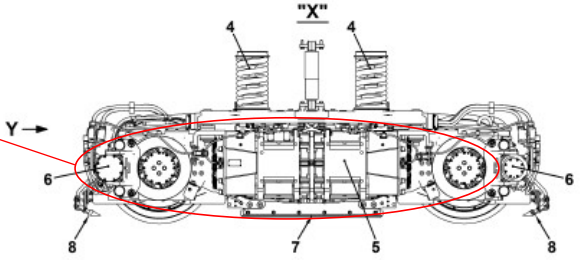
# Carrello a ruote singole

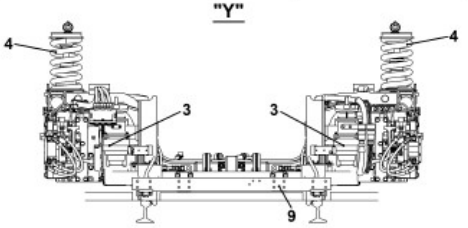
- Non ci sono veri e propri assi nei gruppi carrello, dal momento che le ruote sono libere. Invece dei corpi assale cilindrici comunemente usati, in questo caso il corpo assale è un pezzo fuso e saldato con due fuselli su ciascuna estremità.
- Il centro delle ruote è assemblato da connessione bullonata su questi fuselli.
- Inoltre, il ponte della boccola ha alcuni supporti su cui poggiare le molle della sospensione primaria.
- Questa soluzione è provvista di quattro motori che sono montati in senso longitudinale e totalmente sospesi nei rispettivi carrelli motore



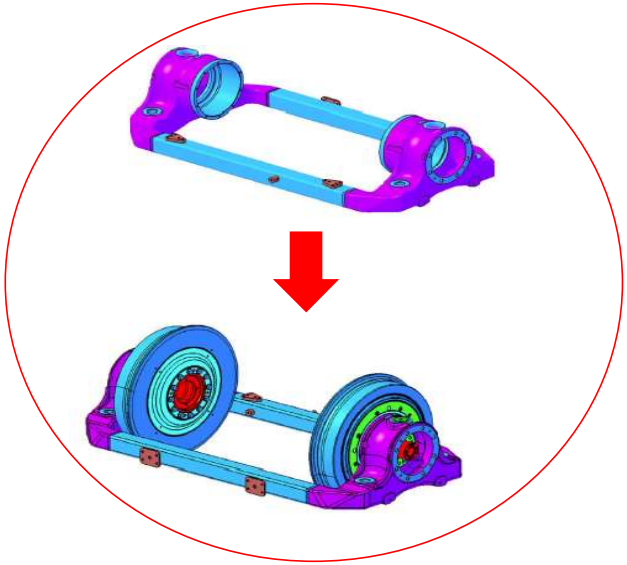


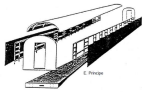



| N. | Descrizione |
|---|---|
| 1 | Telaio carrello |
| 2 | Ponte assale |
| 3 | Sospensione primaria |
| 4 | Sospensione secondaria |
| 5 | Motori a trazione |
| 6 | Gruppo freno |
| 7 | Freno elettromagnetico |
| 8 | Sabbiere |
| 9 | Salvavita |



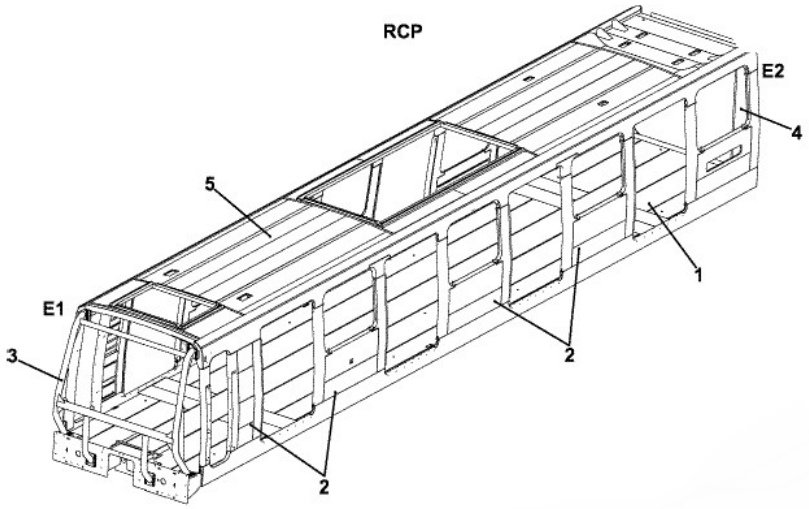
- Uno dei vantaggi è la possibilità di avere molto più spazio per l'alloggiamento di altri equipaggiamenti

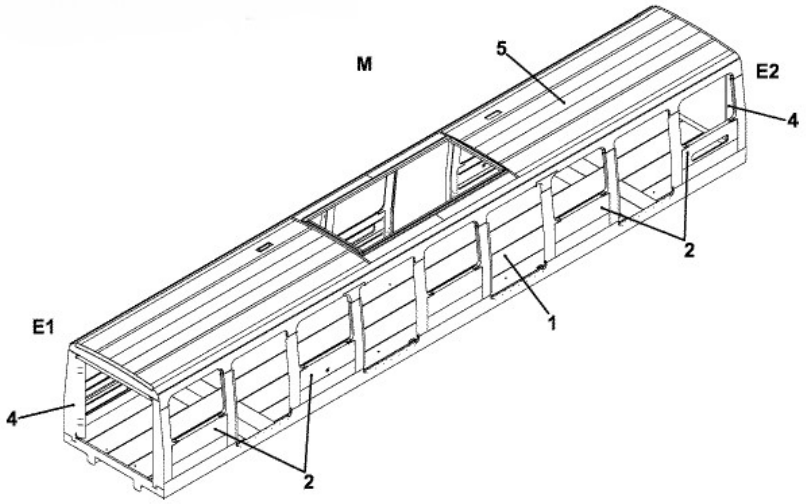


# Telaio e Cassa

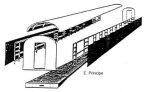
La struttura delle casse, in genere è composta dalle seguenti sotto-unità principali:

1. Telaio
2. Fiancate
3. Cabina
4. Testata piana
5. Imperiale




La cassa, realizzata in lega di alluminio o acciaio inox, integra zone di deformazione controllata per assorbire energia in caso di urti.

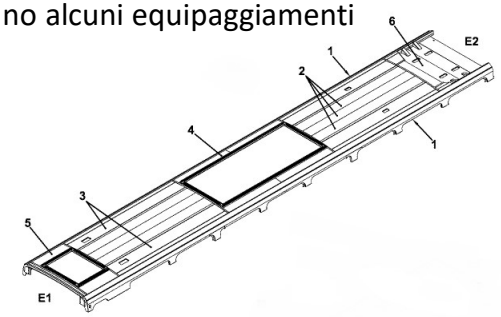


# Telaio e Cassa

**Imperiale:**

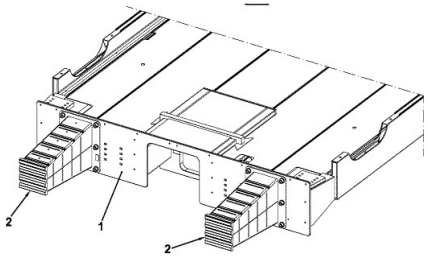
Dove generalmente alloggiano alcuni equipaggiamenti quali :

- Pantografo
- Impianto HVAC
- Reostati di frenatura



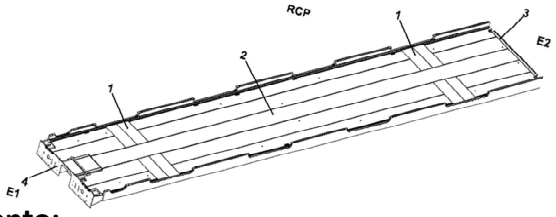

**Dispositivi anti-sormonto:**

Questi elementi hanno il compito di assorbire energia. In caso di una collisione, i dispositivi anti-sormonto si deformano in modo controllato. Inoltre, in caso di urto, impediscono che una vettura sormonti l'altra e contribuiscono a dirigere le forze in direzione longitudinale.



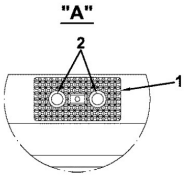

**Telaio**

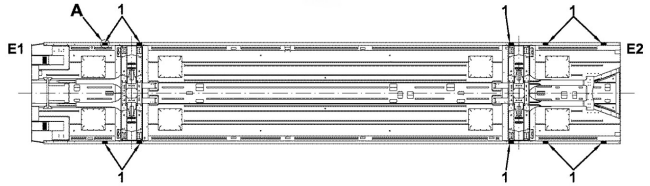
E' la struttura portante sulla quale vengono montati tutti gli altri componenti.
È progettato per resistere a torsioni, carichi verticali e longitudinali.




**Piastre di sollevamento:**

Le piastre di sollevamento del veicolo, oltre ad essere utilizzate come supporto durante il sollevamento, vengono utilizzate anche nelle operazioni di ricollocamento sul binario.

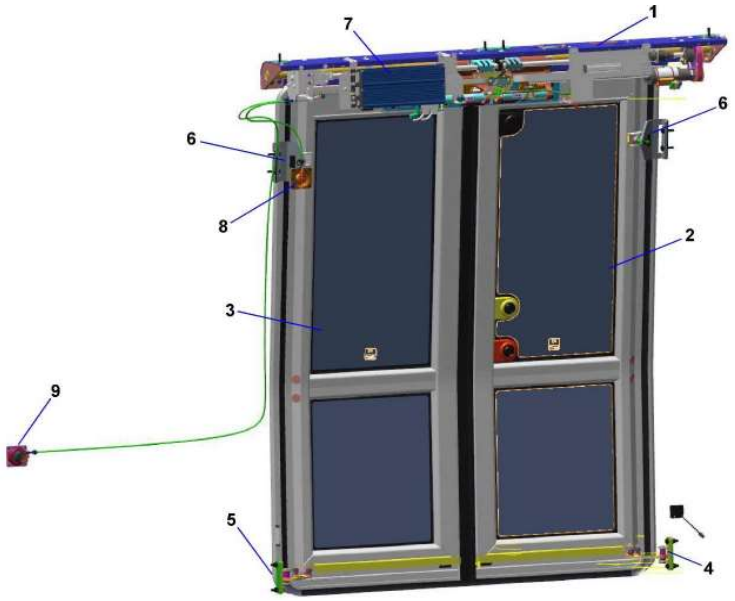




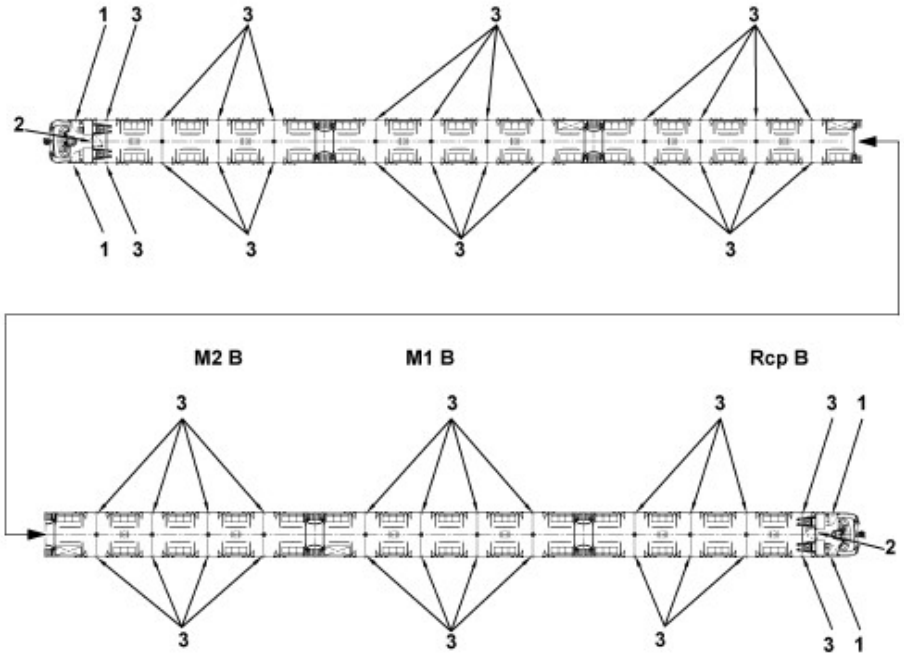
# Porte

Nell’esempio illustrato, ogni carrozza è dotata di otto porte di accesso passeggeri, quattro per ogni lato, simmetriche l'una all'altra.
Il sistema porta è composto da una porta ad espulsione scorrevole a doppia anta, che si apre verso l’esterno.
Quando la porta si apre e si chiude, le ante si spostano lungo la guida di scorrimento.




| N. | Descrizione |
|---|---|
| 1 | Unità di azionamento |
| 2 | Battente porta destro |
| 3 | Battente porta sinistro |
| 4 | Braccio oscillante a rulli destro |
| 5 | Braccio oscillante a rulli sinistro |

| N. | Descrizione |
|---|---|
| 6 | Rullo di supporto |
| 7 | DCU |
| 8 | Dispositivo di uscita di emergenza |
| 9 | Dispositivo di accesso di emergenza |
| | |




| N. | Descrizione | Operazione | RCP A/B | M1 A/B | M2 A/B |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Porta di accesso alla cabina, cfr. Paragrafo 3.2 | Manuale | 2 | - | - |
| 2 | Porta della cabina dello scompartimento, cfr. Paragrafo 3.3 | Manuale | 1 | - | - |

| N. | Descrizione | Operazione | RCP A/B | M1 A/B | M2 A/B |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Porte di accesso per i passeggeri, vedi sotto | Automatico | 8 | 8 | 8 |

# Porte

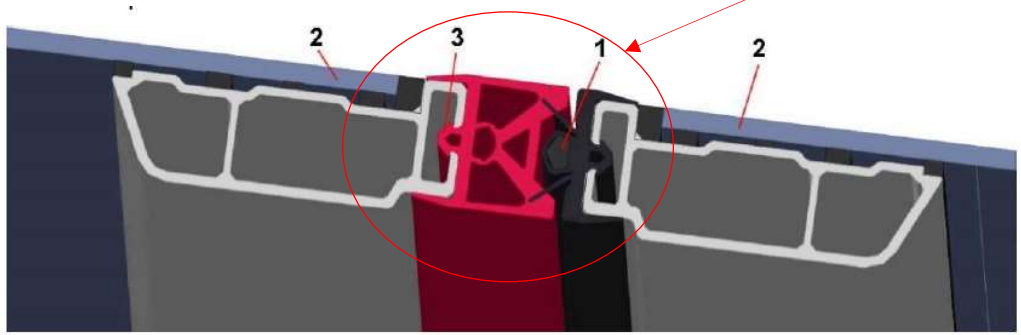
**Bordo sensibile:**

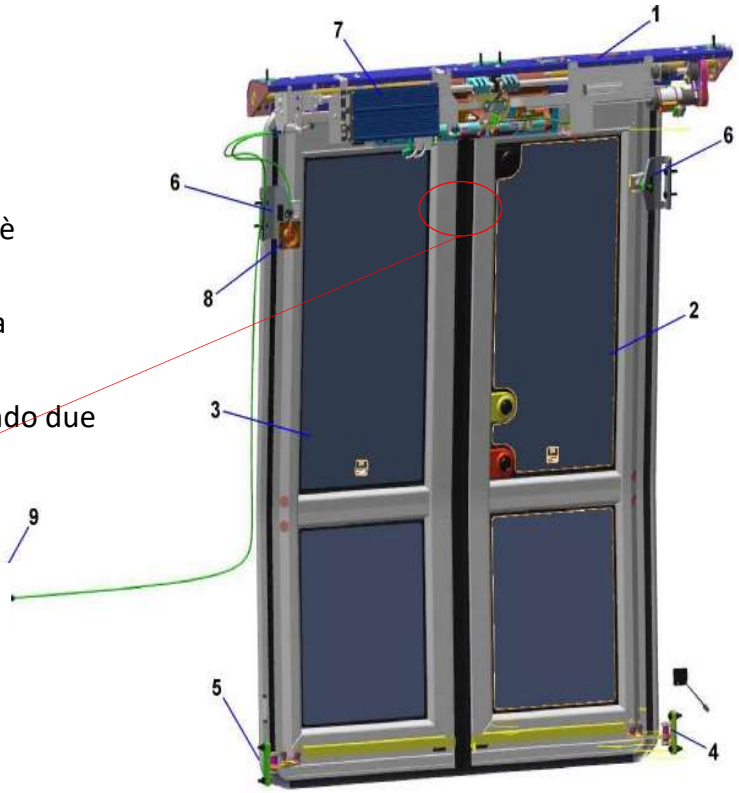
E’ un sistema di anti incastro/impiglio.

Il battente della porta (nell’esempio il bordo sensibile è alloggiato sulla  porta destra) è dotato di un bordo sensibile che viene controllato dalla DCU (*Door Control Unit*).

Il sistema del bordo sensibile è composto da due strisce conduttive con una resistenza parallela alimentata da corrente costante.

La DCU avvia la funzione di rilevamento ostacoli durante la sequenze di chiusura quando due strisce entrano in cortocircuito a causa della deformazione della gomma dovuta a un ostacolo.




| N. | Descrizione |
|---|---|
| 1 | Unitá di azionamento |
| 2 | Battente porta destro |
| 3 | Battente porta sinistro |
| 4 | Braccio oscillante a rulli destro |
| 5 | Braccio oscillante a rulli sinistro |

| N. | Descrizione |
|---|---|
| 6 | Rullo di supporto |
| 7 | DCU |
| 8 | Dispositivo di uscita di emergenza |
| 9 | Dispositivo di accesso di emergenza |
| | |



# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico

**FRENATURA:** processo mediante il quale viene prodotta una forza per resistere al movimento del treno o per impedire il movimento di un treno fermo.

La norma ***EN 13452 - Sistemi frenanti per il trasporto di massa*** definisce le funzioni di frenatura:

| Tipologia di frenatura | Definizione |
|---|---|
| **Frenatura di servizio** *(Service braking)* | Frenatura per modulare la velocità durante l'esercizio |
| **Frenatura di emergenza** *(Emergency braking)* | Frenatura con l'obiettivo principale di massimizzare la sicurezza dei passeggeri e degli addetti ai lavori |
| **Frenatura di soccorso** *(Security braking)* | Frenatura con l'obiettivo di garantire la frenatura anche in caso di avaria del freno di servizio e del freno di emergenza |
| **Freno di trattenuta** *(Holding brake)* | Freno che mantiene fermo un treno con i passeggeri per un determinato periodo e una pendenza definita |
| **Freno di stazionamento** *(Parking brake)* | Freno che mantiene permanentemente fermo un treno con i passeggeri ad una pendenza definita |

| | Principal Means of Initiation |
|---|---|
| **Emergency 1:** | Driver vigilance, or ATO |
| **Emergency 2:** | Passenger alarm |
| **Emergency 3:** | Driver, via dedicated position on brake controller, or ATP system |
| **Emergency 4:** | Authorised person via control separate from brake controller |

Definisce anche le seguenti tecniche di frenatura:

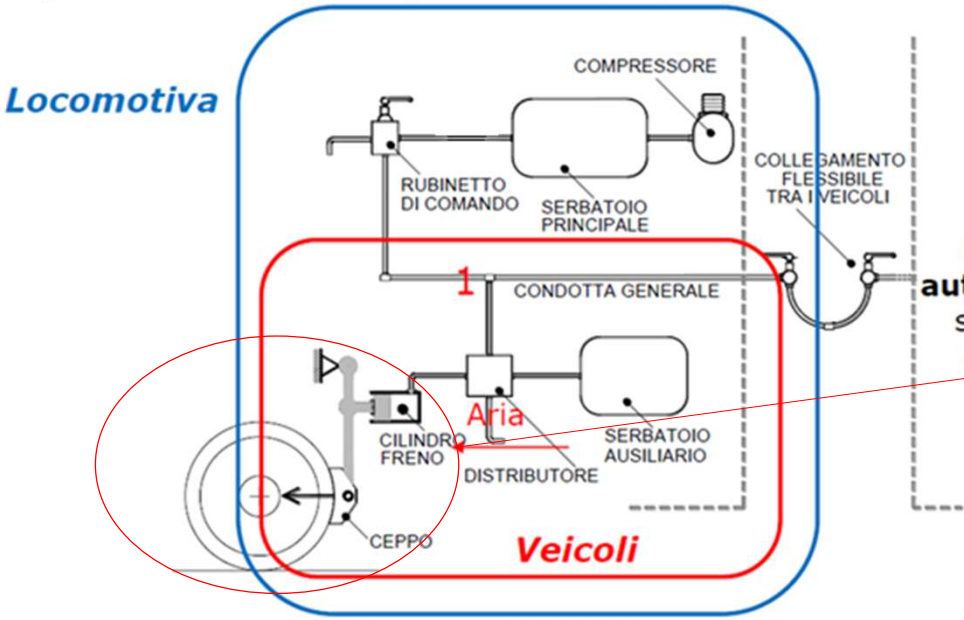
1. **Frenatura elettrodinamica** *(Electro-dynamic brake)*:
   - Frenatura dinamica con motori di trazione utilizzati come generatori **(reostatica o rigenerativa)**
2. **Frenatura ad attrito** *(Friction braking)*:
   - ***Frenatura pneumatica***: la forza di bloccaggio e il controllo del freno sono ottenute pneumaticamente.
   - ***Frenatura elettropneumatica***: la forza di bloccaggio è ottenuta pneumaticamente il controllo dell'attuazione è elettrico.
   - ***Frenatura elettroidraulica***: la forza di bloccaggio è ottenuta mediante sistemi idraulici ed il controllo dell'attuazione è elettrico.
3. ***Frenatura magnetica*** *(Magnetic track brake)*: utilizza l'attrito tra pattino e rotaia.
4. **Wheelslide *protection system (WSP):*** per ottimizzare le prestazioni di frenata ed evitare pattinamenti tra ruota e rotaia.

# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico

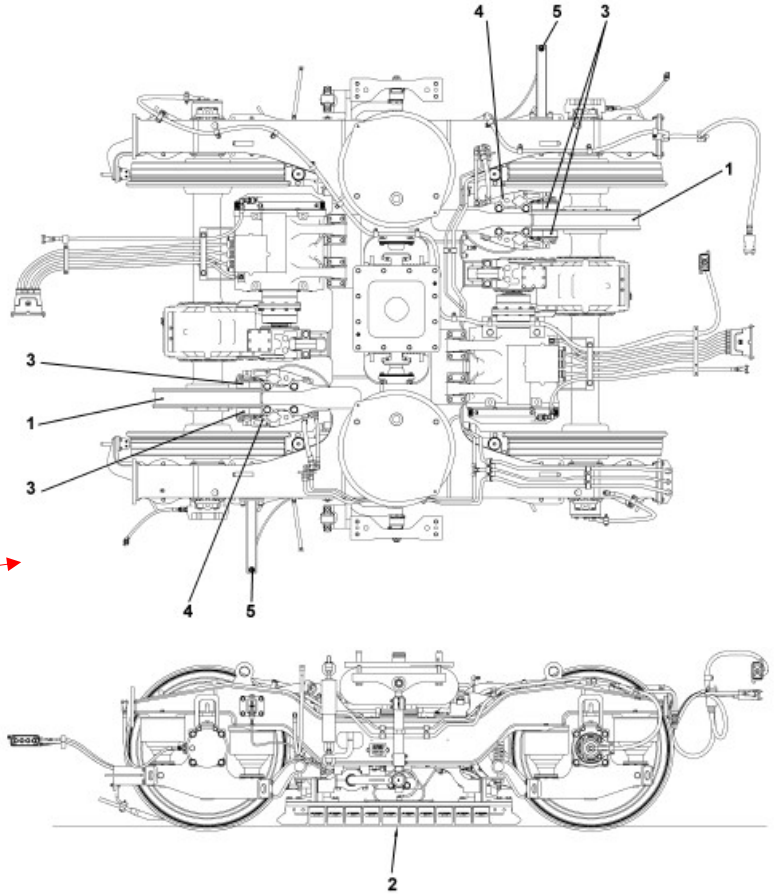
Il sistema di frenatura meccanico di un treno è composto da:

- Sistema di alimentazione (es. compressore se ad aria)
- Sistema di controllo (BCU)
- Sistema di distribuzione
- Attuatori
- Equipaggiamento sui carrelli

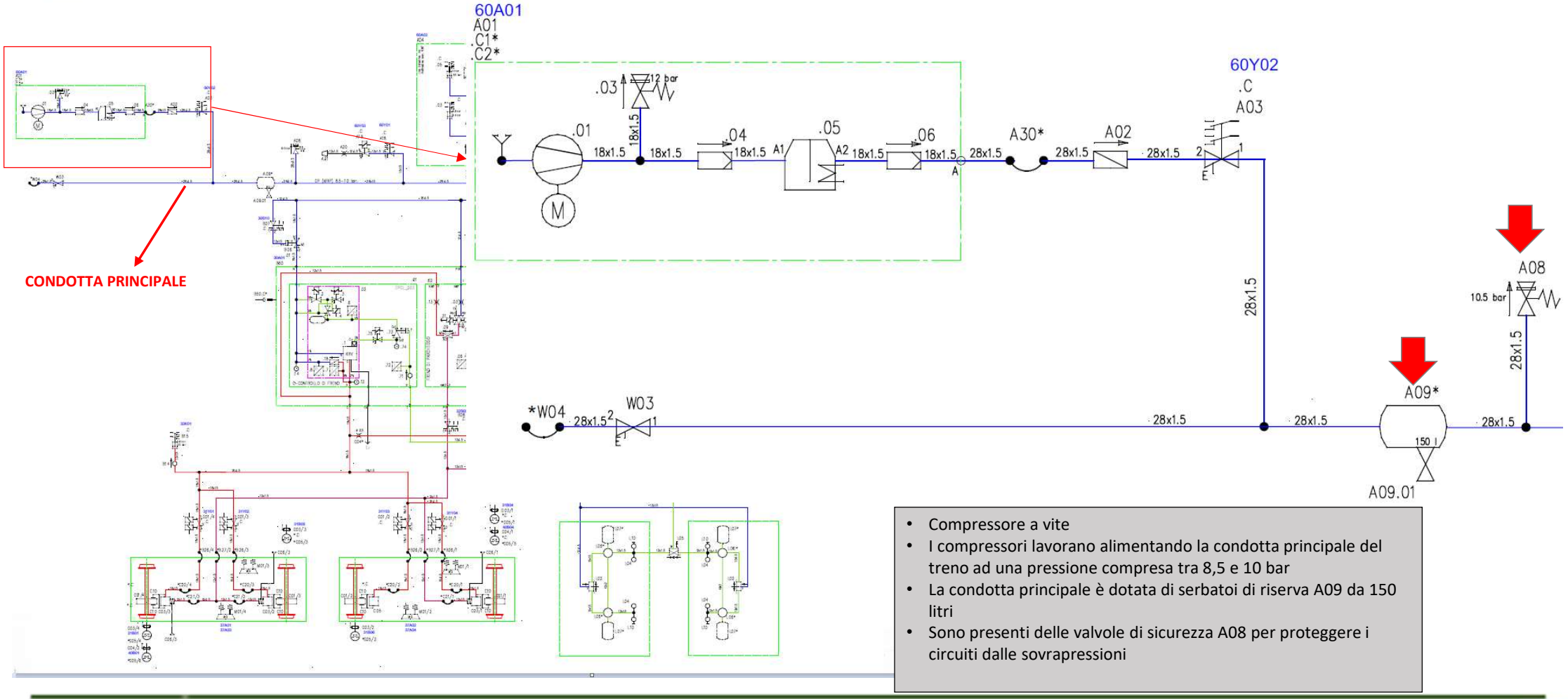
| N. | Descrizione |
|---|---|
| 1 | Disco del freno, cfr. Paragrafo 7.3.1 |
| 2 | Freno elettromagnetico a pattino, |
| 3 | Pastiglia del freno |
| 4 | Pinza del freno con azionatore a molla, |
| 5 | Controllo remoto, |




Frenatura **automatica** se si spezza il convoglio



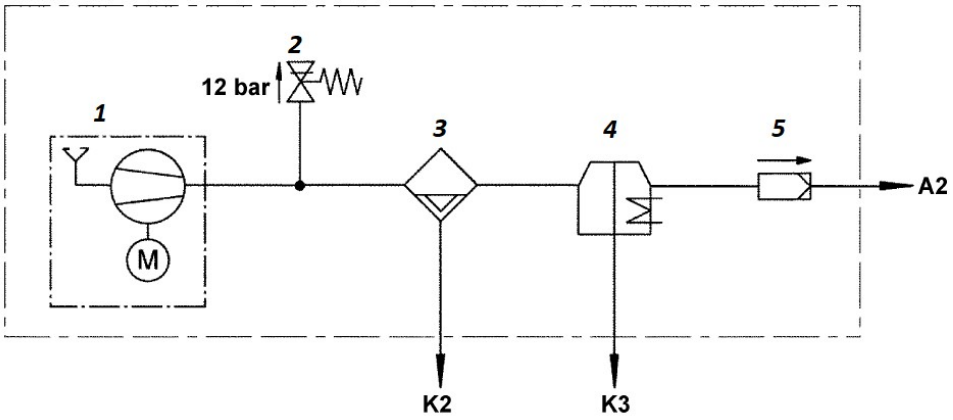
# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli




- Compressore a vite
- I compressori lavorano alimentando la condotta principale del treno ad una pressione compresa tra 8,5 e 10 bar
- La condotta principale è dotata di serbatoi di riserva A09 da 150 litri
- Sono presenti delle valvole di sicurezza A08 per proteggere i circuiti dalle sovrapressioni

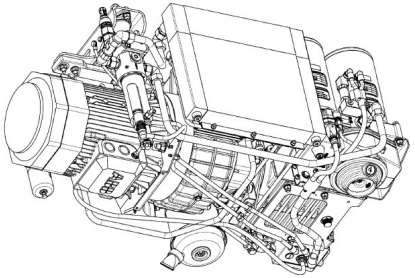
# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli

## Gruppo trattamento aria




Il sistema di alimentazione dell'aria è costituito essenzialmente dai seguenti componenti:

1. ***Gruppo motocompressore***
2. ***Valvola di sicurezza***
3. ***Separatore***
4. ***Unità di essiccazione dell'aria***
5. ***Microfiltro dell'olio***

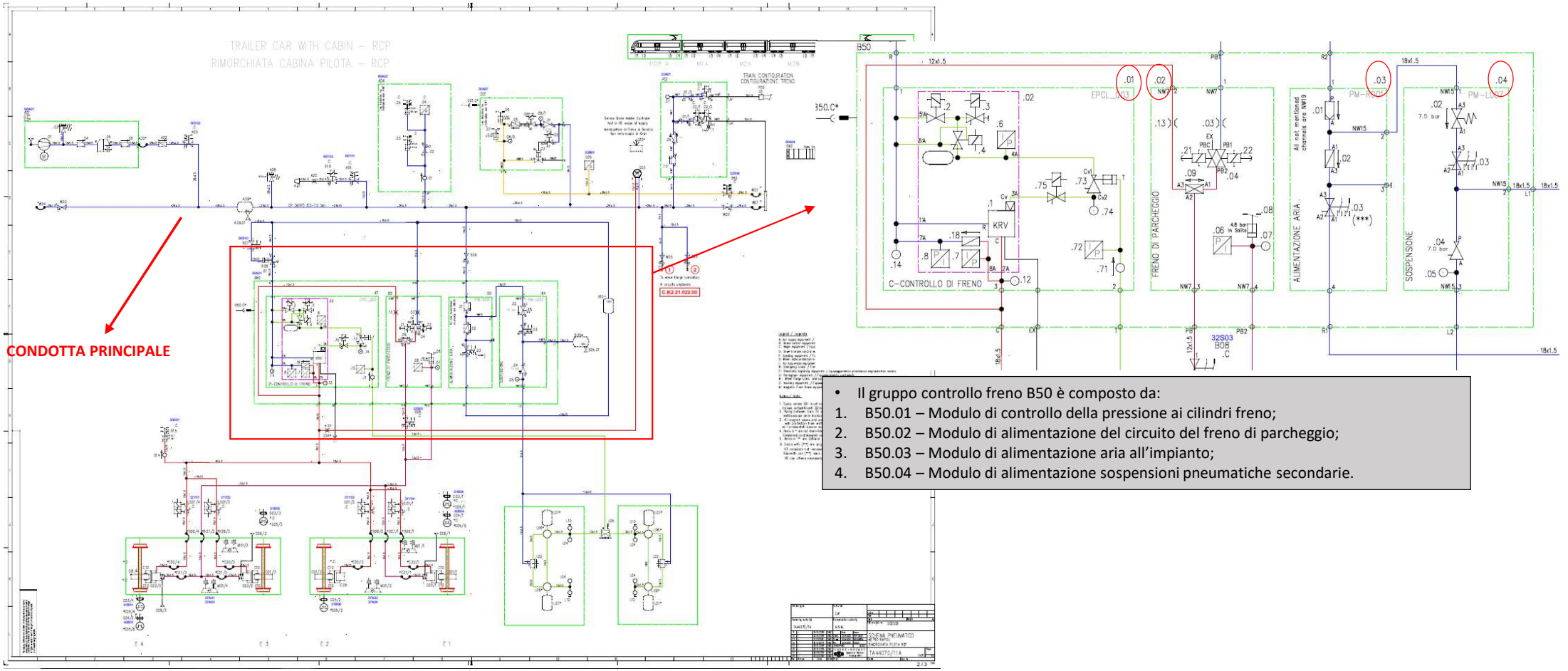







# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli

**Gruppo controllo freno B50**



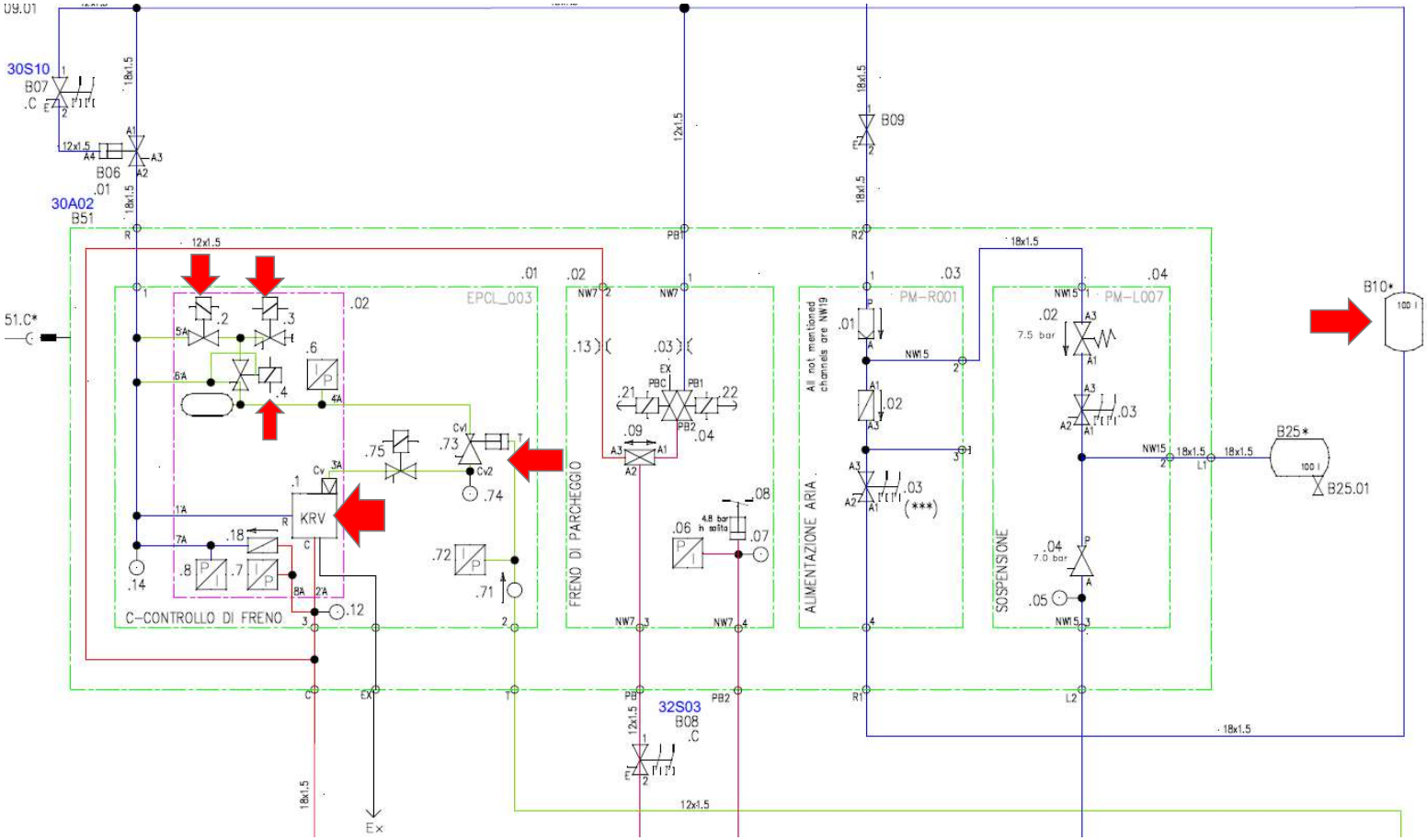

- Il gruppo controllo freno B50 è composto da:

1. B50.01 – Modulo di controllo della pressione ai cilindri freno;
2. B50.02 – Modulo di alimentazione del circuito del freno di parcheggio;
3. B50.03 – Modulo di alimentazione aria all'impianto;
4. B50.04 – Modulo di alimentazione sospensioni pneumatiche secondarie.

# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli

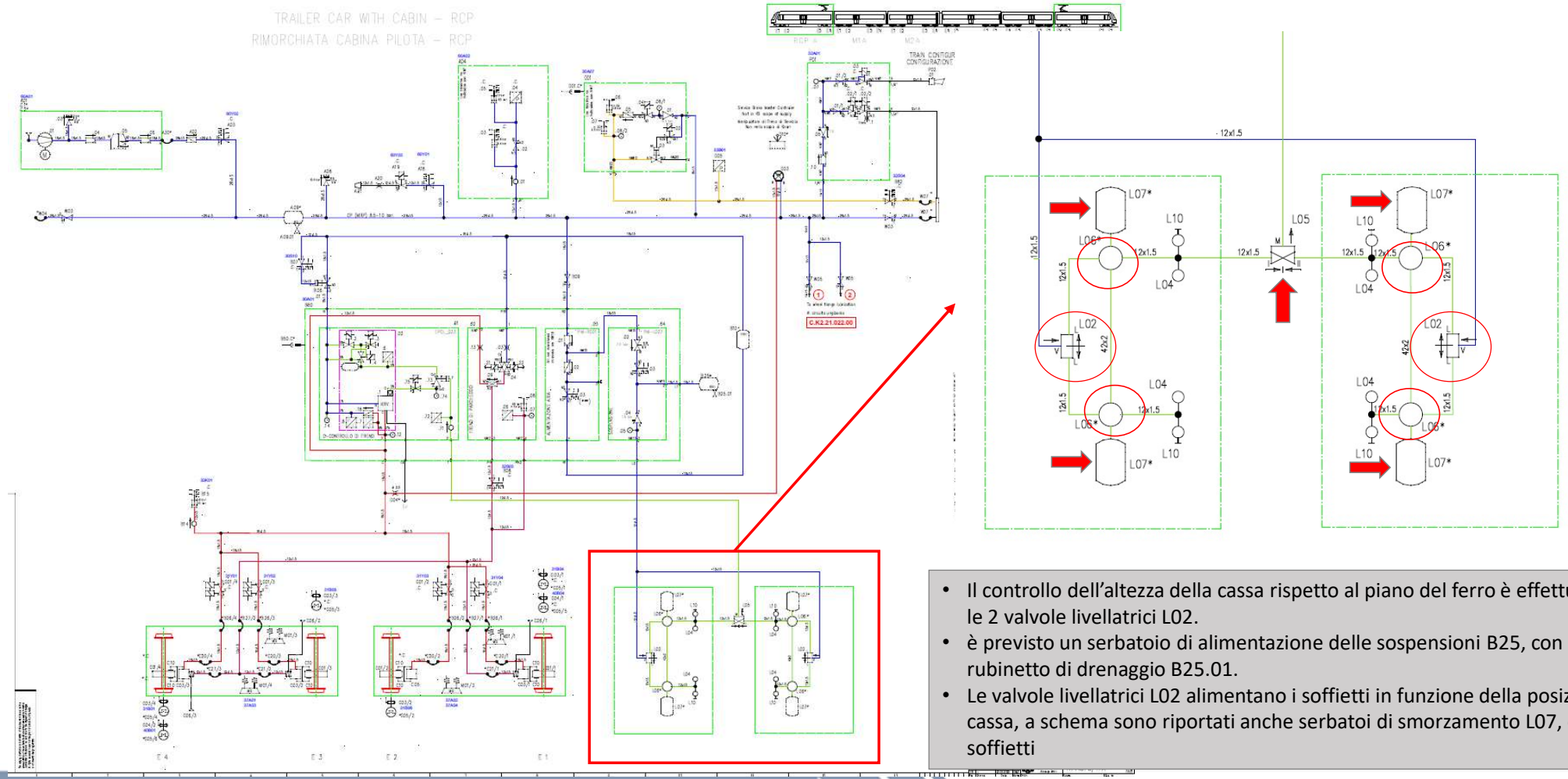
**Modulo controllo freno B50.01**

1. L'applicazione della pressione ai cilindri freno è attuata dalla valvola relè B50.01.02.1
2. La funzione del trasduttore di pressione B50.01.02.8 è quella di misurare e diagnosticare la pressione nel serbatoio ausiliario.
3. La valvola a relè riceve un comando di pressione attraverso la valvola DBV B.50.01.73 di limitazione della pressione in base alla pesatura della carrozza.
4. Tale valvola B50.01.73 ha la funzione di limitare il valore di pressione comandato alla valvola relè in base al segnale di pressione proveniente dal circuito delle sospensioni secondarie (porta T e porta 2).
5. Il segnale di pressione del circuito del freno di servizio diretto è generato mediante una coppia di valvole frena/sfrena rispettivamente B50.01.02.2 e B50.01.02.3. La valvola di frenatura B50.01.02.2 è a mandata di corrente mentre quella di sfrenatura B50.01.02.3. è a mancanza di corrente, perché in caso di guasto a tali elettrovalvole si possa sfrenare potendo così non rimanere con il veicolo frenato.
6. A valle di tali elettrovalvole è presente un'elettrovalvola a tre vie B50.01.02.04 a mancanza di corrente che ha la funzione di elettrovalvola di emergenza, capace di inviare il segnale di pressione al circuito di comando del relè in caso di diseccitazione pilotata da un loop di emergenza. Pertanto tale elettrovalvola invia la massima pressione presente nel serbatoio ausiliario alla valvola DBV. La valvola DBV B50.01.73 limita la pressione al relè.



# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli

**Sospensioni secondarie**

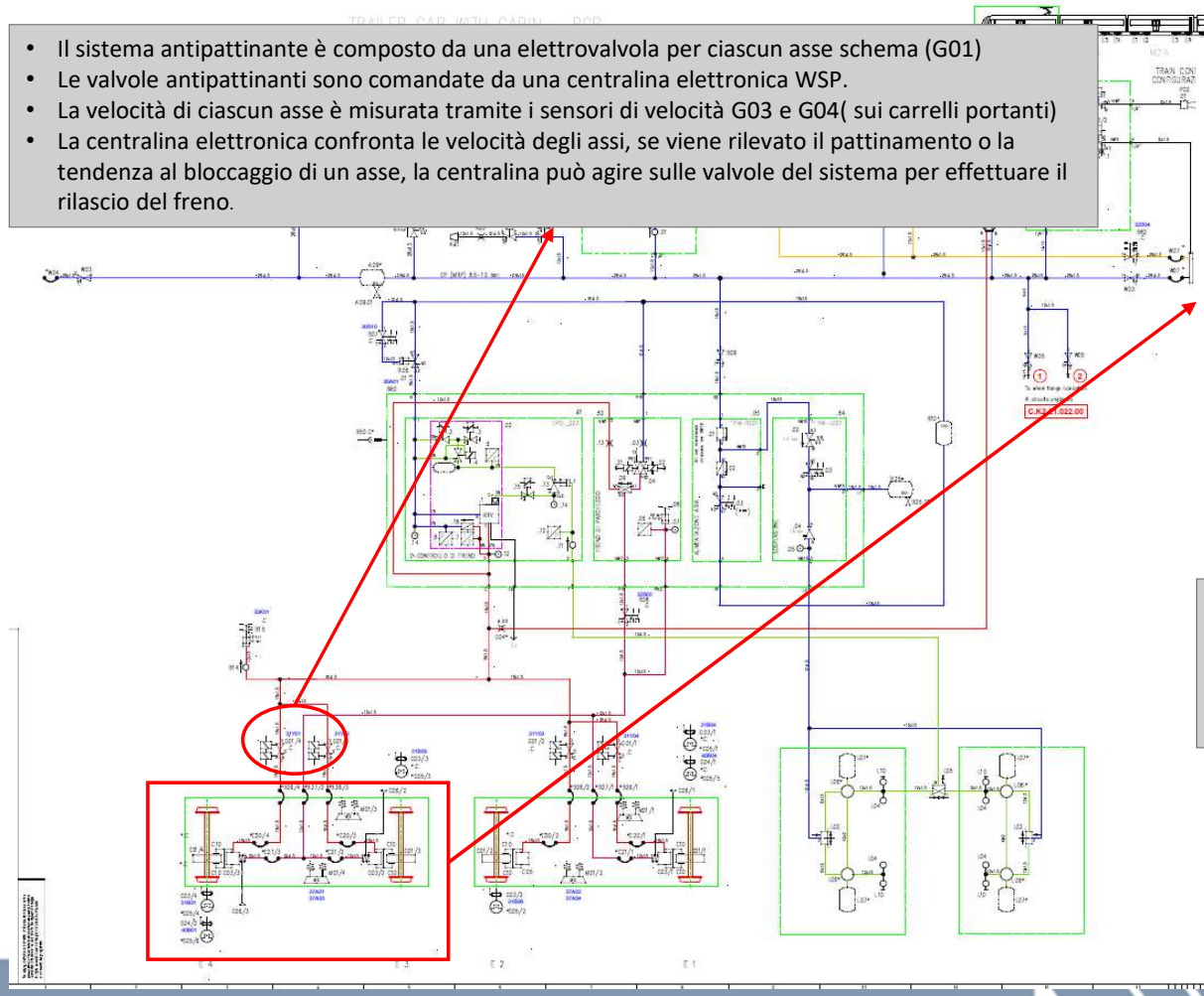


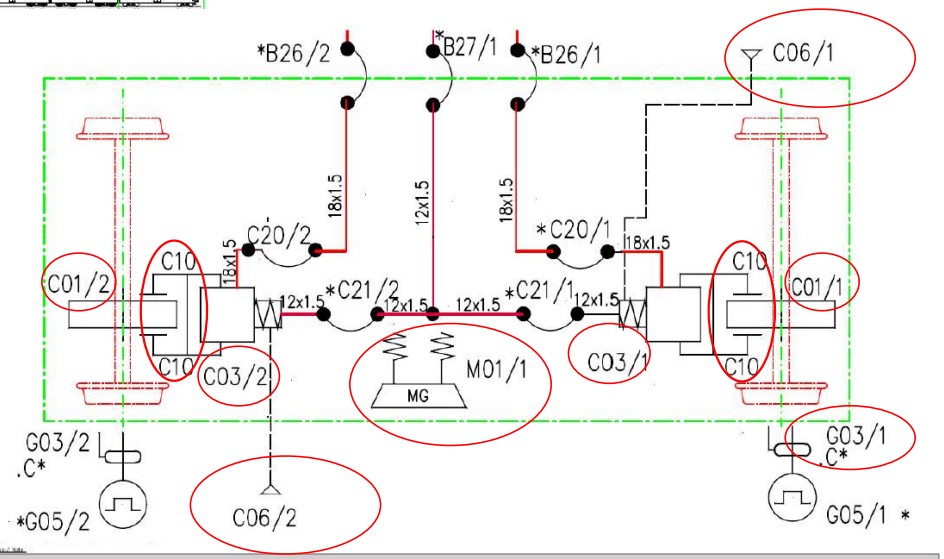

- Il controllo dell'altezza della cassa rispetto al piano del ferro è effettuato mediante le 2 valvole livellatrici L02.
- è previsto un serbatoio di alimentazione delle sospensioni B25, con relativo rubinetto di drenaggio B25.01.
- Le valvole livellatrici L02 alimentano i soffietti in funzione della posizione della cassa, a schema sono riportati anche serbatoi di smorzamento L07, collegati ai soffietti

# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli

**Carrello**

- Il sistema antipattinante è composto da una elettrovalvola per ciascun asse schema (G01)
- Le valvole antipattinanti sono comandate da una centralina elettronica WSP.
- La velocità di ciascun asse è misurata tramite i sensori di velocità G03 e G04( sui carrelli portanti)
- La centralina elettronica confronta le velocità degli assi, se viene rilevato il pattinamento o la tendenza al bloccaggio di un asse, la centralina può agire sulle valvole del sistema per effettuare il rilascio del freno.



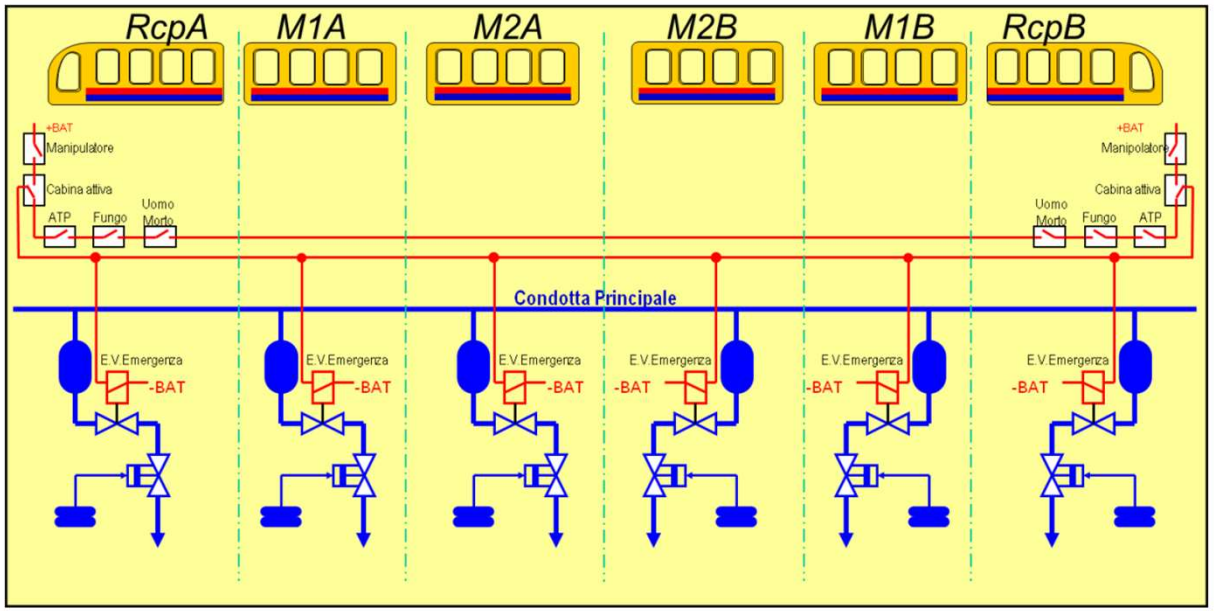


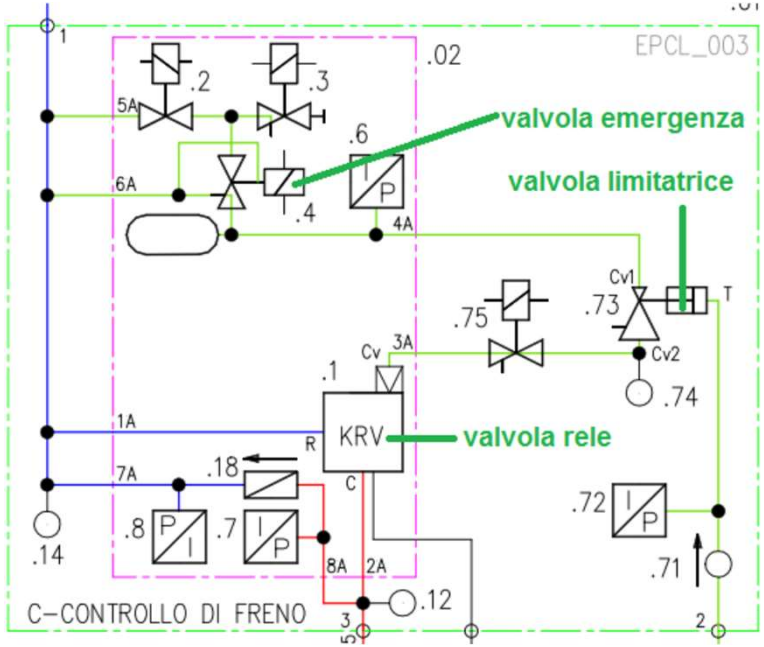

Ciascun carrello è equipaggiato con i seguenti componenti:

1. N° 2 cilindri freno di tipo compatto WZKK con freno a molla (C03);
2. N° 2 dischi freno per montaggio su assile (C01)
3. N° 4 set di guarnizioni frenanti
4. N° 2 coppie di freni a pattino elettromagnetico da 90 kN nominali (M01)
5. N° 2 tirette manuali di sblocco dei freni a molla (C06)

# Sistemi Frenanti e Impianto Pneumatico esempio Metro Napoli

**Tipologia di frenature (esempio frenatura di emergenza)**



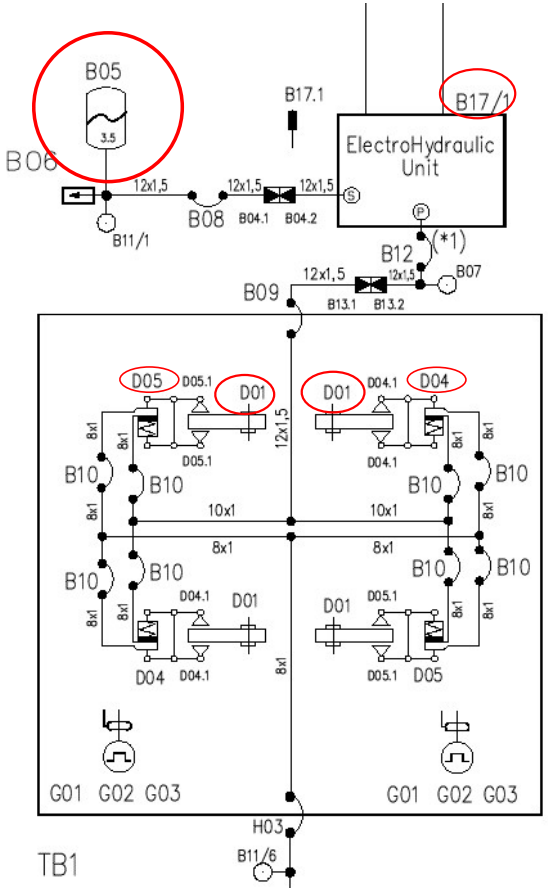



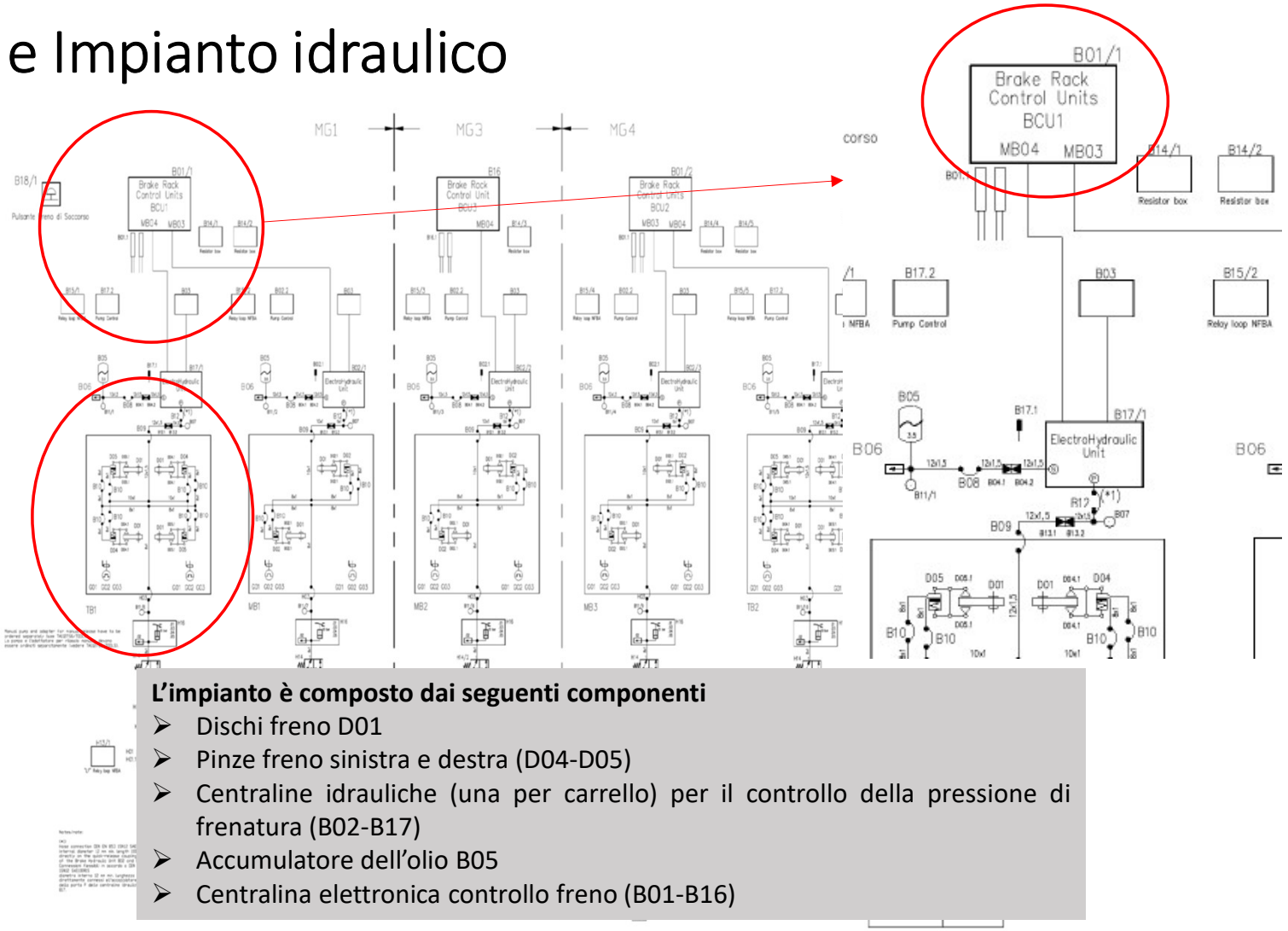

| | Freno ED | Freno elettro pneumatico | WSP | Freno combinato | Freno elettromagnetico | Vigilanza del carico |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Frenatura di servizio (Service Brake)* | SÌ | SÌ | SÌ | SÌ | NO | SÌ |
| *Frenatura di emergenza (Emergency Brake)* | NO | SÌ | SÌ | NO | NO | SÌ |
| *Frenatura di emergenza estrema* | NO | SÌ | SÌ | NO | SÌ | SÌ |
| *Freno di trattenuta (Holding Brake)* | NO | SÌ | NO | NO | NO | SÌ |
| *Freno di stazionamento (Parking Brake)* | NO | SÌ | NO | NO | NO | NO |

- **La frenatura di emergenza** di tipo **esclusivamente pneumatico** viene attivata dall'apertura del *loop di emergenza* che disattiva le elettrovalvole di emergenza del freno pneumatico
- Disattivando le elettrovalvole di emergenza l'aria passa della condotta principale verso una valvola limitatrice che regolerà la pressione con la quale i cilindri del freno devono frenare in funzione del peso della vettura.
- La portata di tale pressione viene regolata attraverso la valvola relè per ottenere un riempimento rapido dei cilindri freno.

# Sistemi Frenanti e Impianto idraulico

**Schema idraulico**



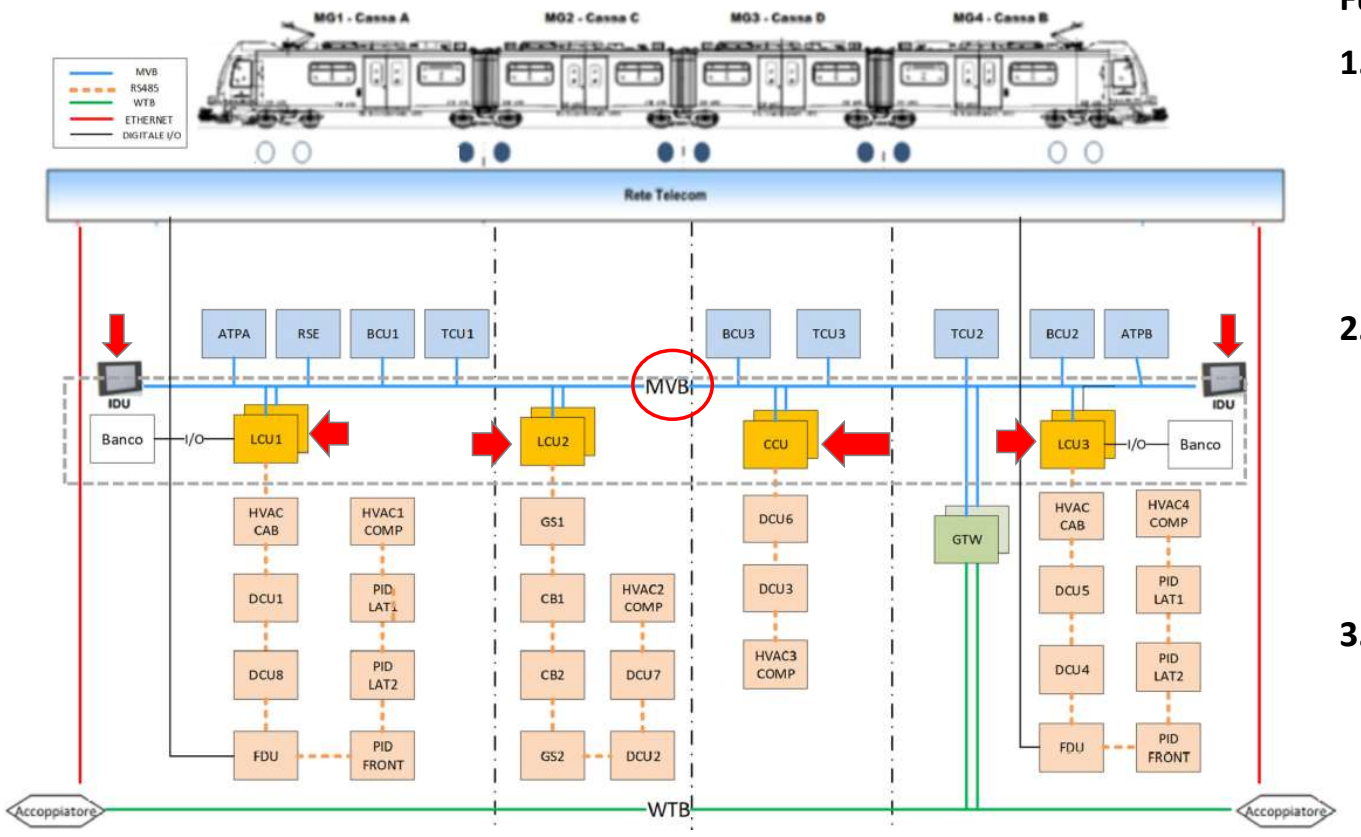




**L'impianto è composto dai seguenti componenti**

- Dischi freno D01
- Pinze freno sinistra e destra (D04-D05)
- Centraline idrauliche (una per carrello) per il controllo della pressione di frenatura (B02-B17)
- Accumulatore dell'olio B05
- Centralina elettronica controllo freno (B01-B16)

# Train Control Monitoring System - *TCMS*

Il TCMS è il sistema modulare per il controllo e la supervisione del treno basato sullo standard *TCN – Train Communication Network* secondo la ***IEC 61375 Electronic railway equipment - Train communication network*.**




**Funzioni fondamentali:**

1. **Controllo delle comunicazioni tra le apparecchiature**. Il sistema fornisce un canale di comunicazione TCN per tutte le apparecchiature del treno e controlla tutte le informazioni trasmesse a livello di bus del veicolo (*MVB – Multifunction Vehicle Bus*).
2. **Interfaccia** con il treno attraverso i propri moduli di ingresso/uscita ed **esecuzione della logica del treno**. Il sistema è generalmente dotato di moduli digitali, analogici e seriali RS485 e moduli di comunicazione CAN I/O, disposti lungo l'intero treno per rilevare le condizioni del treno e operare secondo la logica programmata.
3. **Supervisione, monitoraggio e registrazione** delle prestazioni del treno. Il terminale di cabina permette di monitorare i vari parametri di guida e visualizza la condizione di ciascun sistema del treno.

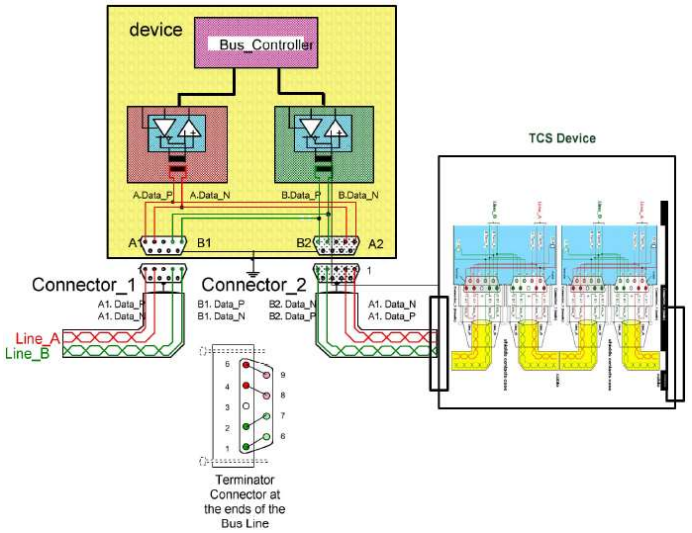
# *TCMS* – Reti di comunicazione

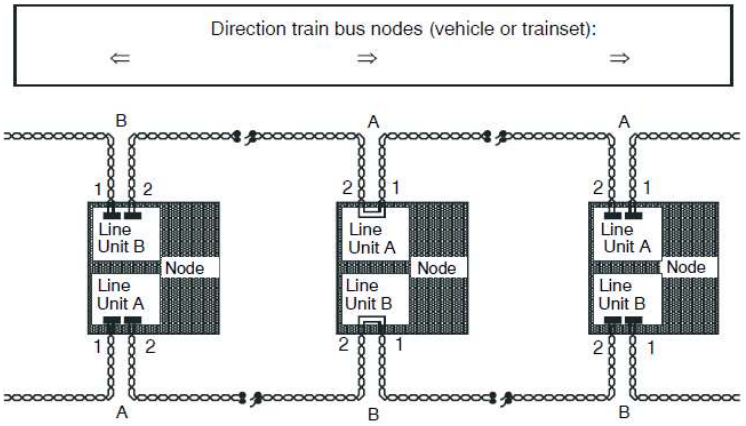
La ***rete di comunicazione TCN*** include generalmente le seguenti tipologie di bus:

- ***Bus MVB (Multifunction Vehicle Bus)***: collega le apparecchiature all'interno del veicolo. È costituito da due doppini intrecciati che costituiscono due linee A e B ridondate.

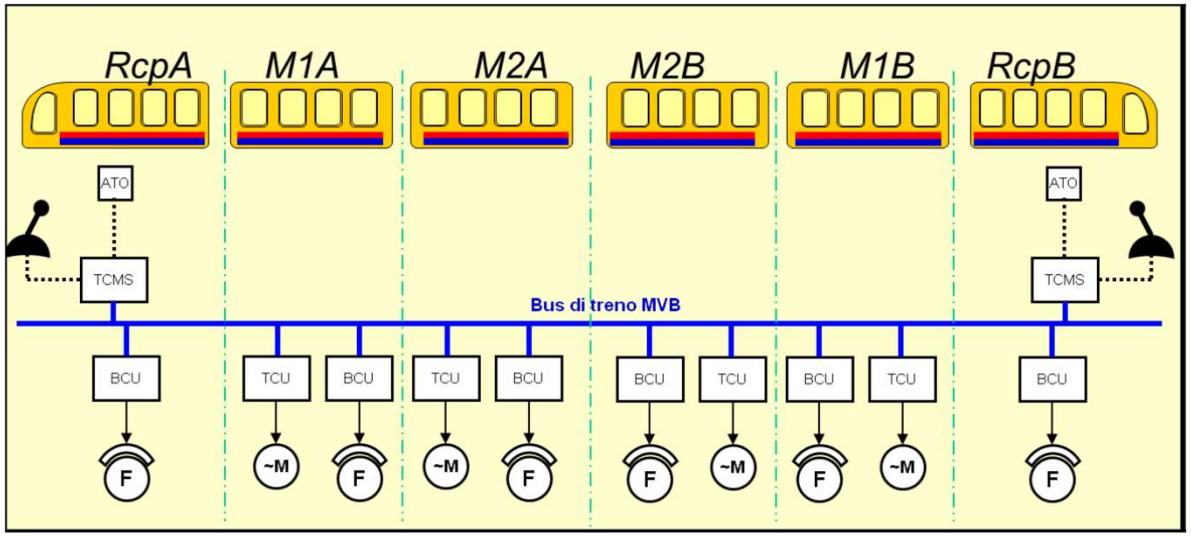
- **Bus CAN, RS-485, Ethernet**: collegano i moduli I/O alle apparecchiature non collegate al bus MVB.

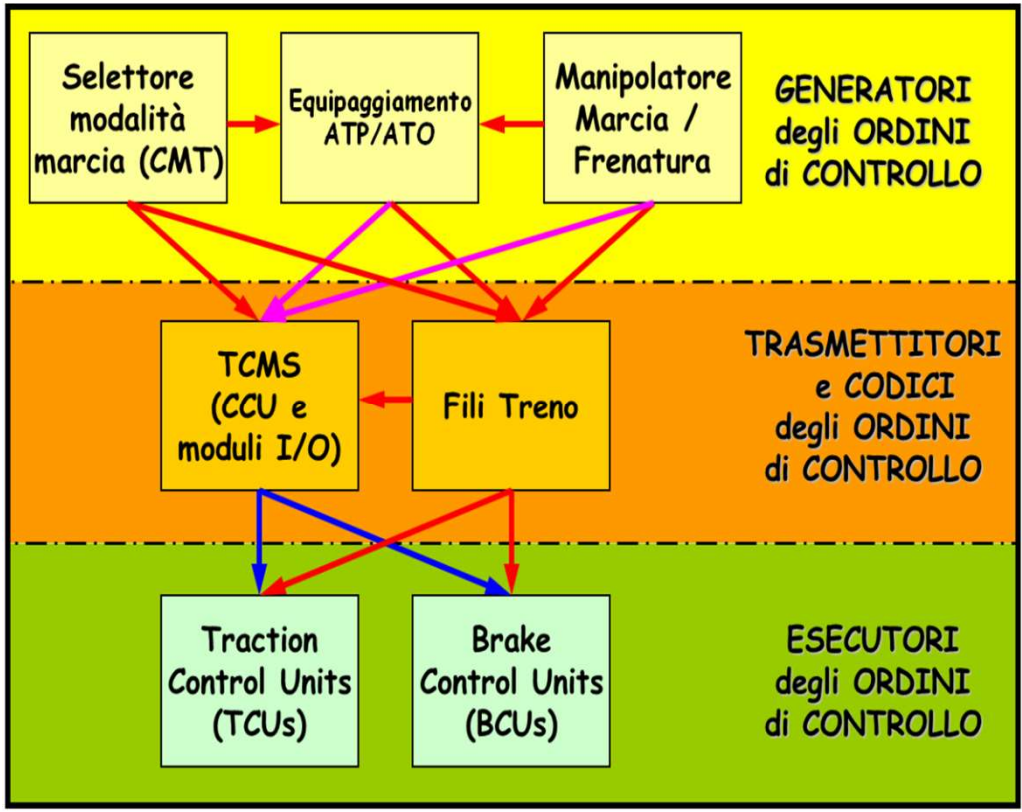
- **Bus WTB (*Wired Train Bus*)**: consente lo scambio di informazioni tra due o più veicoli accoppiati. È costituito da due linee bifilari che lavorano in ridondanza. L'interfaccia tra bus di veicolo e bus di treno è gestita da apparati chiamati *gateway*.



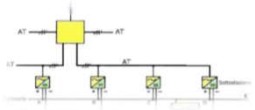
# *TCMS* – Controllo trazione e freno



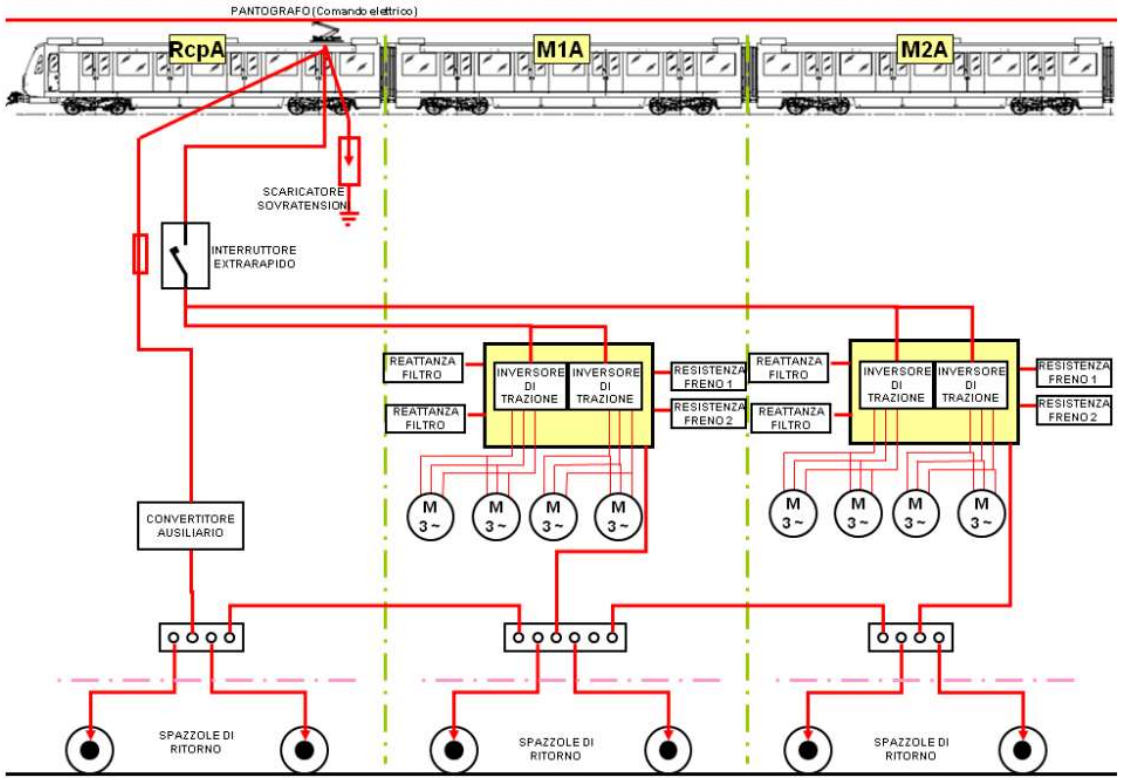

Il controllo della trazione e del freno possono essere riassunti nei grafici rappresentati.

- **Le frecce rosse** rappresentano un'interfaccia cablata (segnali digitali).
- **Le frecce rosa** rappresentano un'interfaccia cablata (segnali analogici).
- **Le frecce blu** rappresentano un'interfaccia di comunicazione.



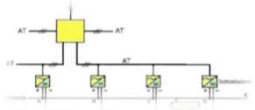
# Architettura Alta Tensione

Il circuito AT (alta tensione) converte l'energia prelevata dalla linea aerea per alimentare i motori asincroni e tutti gli equipaggiamenti.



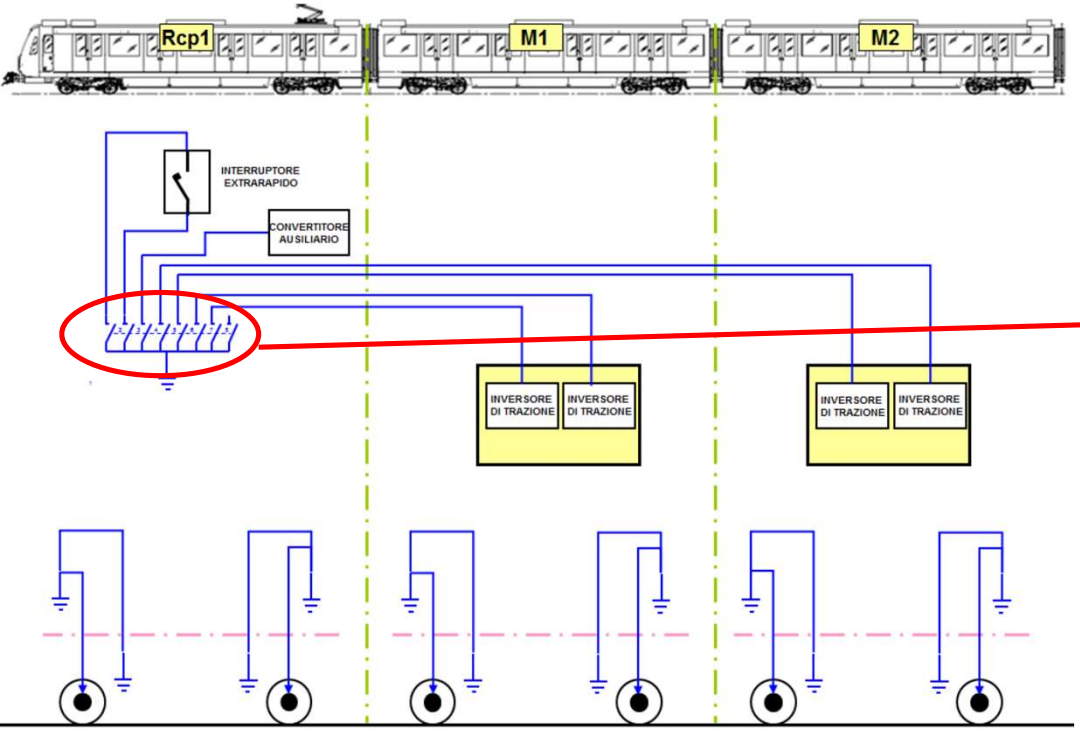

I principali componenti di un circuito elettrico AT di un treno sono:

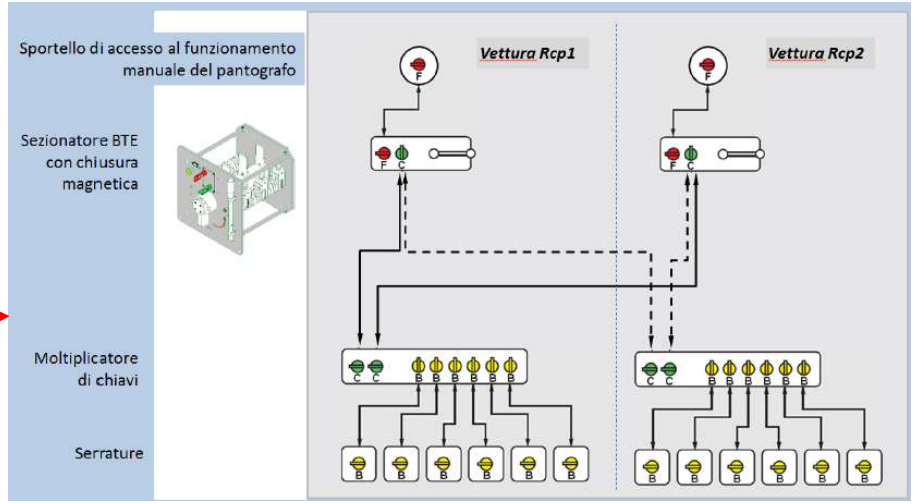
- **PANTOGRAFO**
- **SCARICATORE**
- **INTERRUTTORE EXTRARAPIDO**
- **CONVERTITORE di TRAZIONE**
- **RESISTENZA di FRENATURA**
- **INDUTTANZE**
- **CONDENSATORI di FILTRO**
- **MOTORI di TRAZIONE**
- **SPAZZOLE RITORNO CORRENTE**
- **CONVERTITORE AUSILIARIO**



# Architettura Alta Tensione – Messa a terra

La messa a terra del circuito AT è necessaria per eseguire operazioni manutentive in sicurezza.



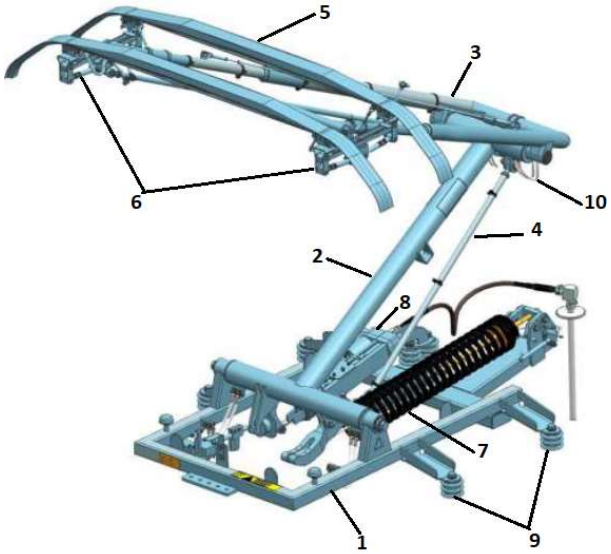





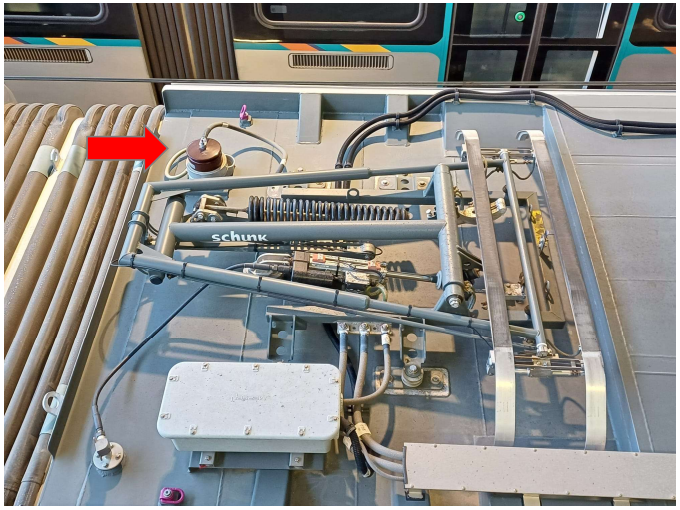



# Pantografo

- Il pantografo è un apparato che capta la corrente elettrica dalla linea aerea di contatto.
- Viene montato sull'imperiale di un veicolo ferroviario o tranviario su un telaio isolato.
- È collegato a dispositivi di protezione contro le sovratensioni accidentali.
- Alimenta i circuiti di utilizzazione di bordo mediante cavi ad alto isolamento.
- L' azionamento del pantografo può essere pneumatico oppure elettrico.
- Nei mezzi di trazione ferroviaria, in generale vengono montati due pantografi, per evitare che, in caso di guasto del pantografo in uso, il treno resti immobilizzato.




*1.Telaio base*
*2.Braccio inferiore*
*3.Braccio superiore*
*4.Asta di trazione*
*5.Archetto*
*6.Guida parallela*
*7.Molla di sollevamento*
*8.Dispositivo di azionamento elettrico*
*9.Isolatori*
*10.Trecce di corrente*





# Terza rotaia

**Pattini per captazione di corrente da terza rotaia**

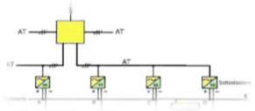




L' alimentazione elettrica di un elettrotreno può avvenire, oltre che attraverso la catenaria, anche grazie ad un sistema a terza rotaia, dove oltre alle due rotaie standard, è presente anche una rotaia laterale (conduttore laterale positivo) e talvolta una quarta rotaia centrale (per la messa a terra ed il ritorno negativo della corrente).
L' elettrificazione a rotaia di contatto funziona a tensioni più basse rispetto alla catenaria aerea (in genere 750 Vcc).

- **Terza rotaia,** vantaggi:
  - ✓ Sagoma limite ridotta in altezza
  - ✓ Infrastruttura più economica

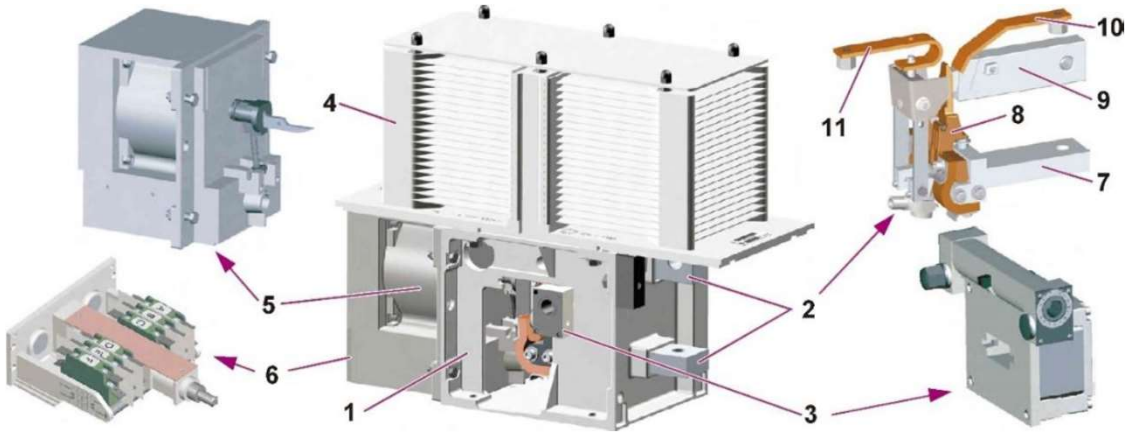
- **Terza rotaia,** svantaggi:
  - ✓ Necessità di interruzione di alimentazione per attività manutentive
  - ✓ Pericolosità in linea e nelle officine



# Interruttore extrarapido

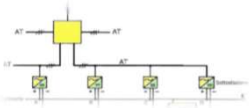
L'interruttore extrarapido fornisce ai circuiti del treno una protezione da sovraccarico o cortocircuito in modalità automatica.
L'interruttore si apre:

1. Attraverso un'interruzione per sovracorrente (superiore al valore di impostazione della corrente massima).
2. Attraverso un ordine di apertura appropriato.




*1.Telaio isolante fisso*
*2.Circuito principale*
*3.Interruttore massima corrente*
*4.Camera di estinzione*
*5.Dispositivo di chiusura a forcella*
*6.Contatti ausiliari*
*7.Terminale di connessione inferiore*
*8.Contatto mobile*
*9.Morsetto di collegamento superiore*
*10.Contatto fisso con corno*
*11.Corno*





# Impianto di trazione

***Il circuito permette la propulsione del materiale rotabile.***

Il CONVERTITORE di TRAZIONE trasforma la tensione prelevata dal PANTOGRAFO in valori adeguati al pilotaggio dei MOTORI di TRAZIONE.

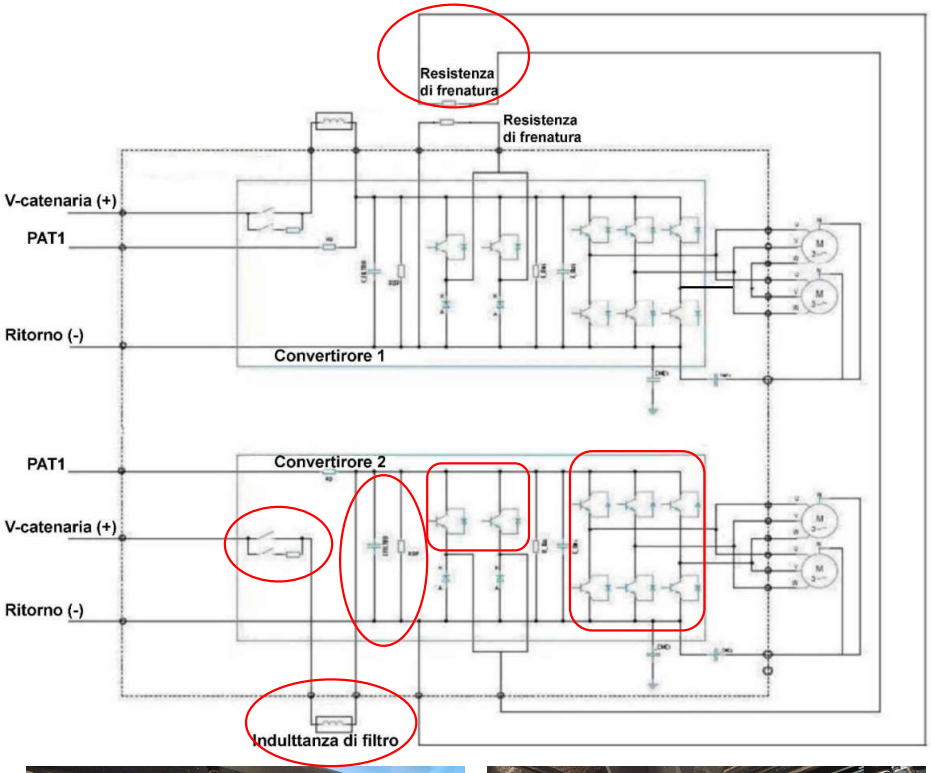
La gestione dell'elettronica di potenza è affidata alla TCU (*Traction Control Unit*) che acquisisce tutte le variabili necessarie alla gestione dei seguenti parametri:

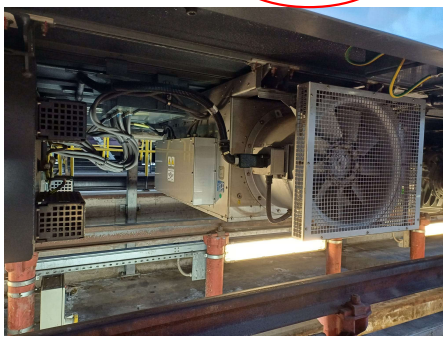
- sforzi di trazione e frenatura elettrica
- controllo dei valori di tensioni ingresso/uscita
- peso trasportato
- velocità e sforzi applicati
- controllo adeguato sia in fase di trazione che di frenatura, evitando fenomeni di pattinamento/slittamento.

In fase di frenatura il sistema è in grado di recuperare energia dai motori restituendola alla linea AT se in condizioni favorevoli.

In caso contrario la frenatura elettrica è sempre garantita e l'energia accumulata viene modulata dal CHOPPER di FRENATURA e dissipata attraverso la RESISTENZA di FRENATURA.

L'impianto implementa una sezione di FILTRO composto da condensatori ed induttanze con la funzione di limitare disturbi sia in ingresso che in uscita verso la linea AT.





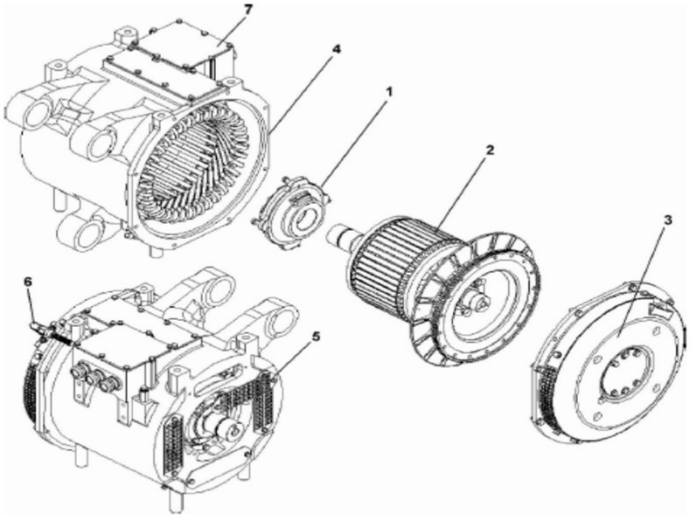


# Il motore di trazione

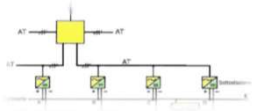




Il motore ha il compito di generare lo sforzo di trazione che viene trasmesso, tramite riduttore di velocità, alla sala montata e, quindi, alle ruote.
Solitamente si utilizza un motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo. Esso è principalmente costituito da una parte fissa chiamata **statore (7)** e da una parte mobile chiamata **rotore (2).**




Il motore è alimentato a tensione e frequenza variabile per rispondere ai comandi di coppia stabiliti dal controllo della trazione.
Una ventola di raffreddamento è installata sull'albero del rotore e l'aria di raffreddamento fluisce attraverso i fori attorno al nucleo dello statore.



# Impianti Elettrici Ausiliari

**<u>Forniscono tensioni adeguate per alimentare le apparecchiature di bordo</u>.**

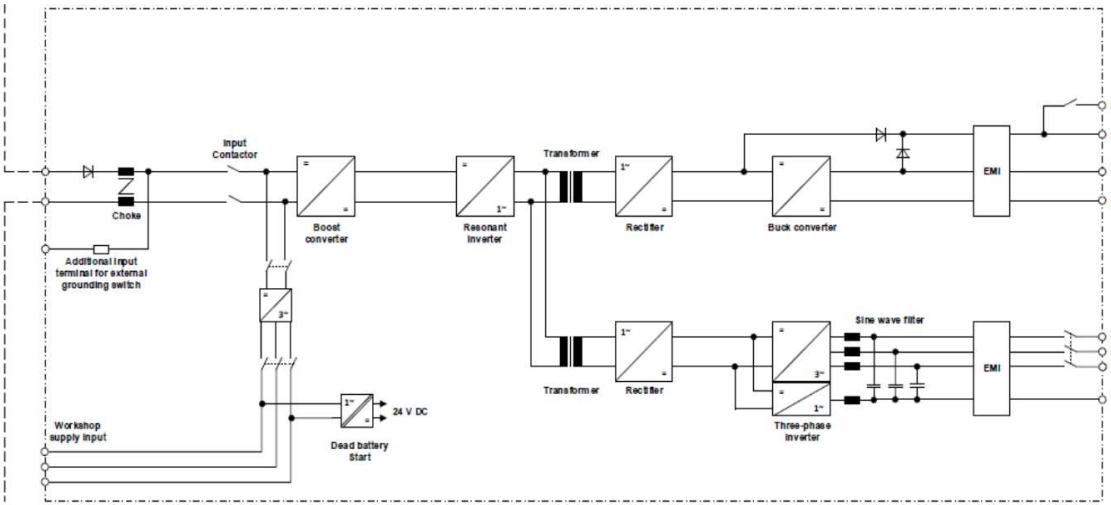
Principale elemento è il CONVERTITORE di POTENZA AUSILIARIO in grado di trasformare la tensione prelevata dal pantografo in valori di media e bassa tensione, svolgendo inoltre la funzione di protezione e controllo dei circuiti di ingresso ed uscita.

- **MEDIA TENSIONE**

alimentazione dei servizi ausiliari,
motocompressore produzione aria,
impianto HVAC e ventole di raffreddamento

- **BASSA TENSIONE**

alimentazione logica di veicolo, utenze di bassa tensione e carica delle batterie




La configurazione di bordo spesso è ridondata in modo da garantire continuità nella fornitura di energia anche in caso di guasto dei vari componenti coinvolti nel circuito.

La tecnologia costruttiva è di tipo statico, costituita da componenti elettronici di potenza a semiconduttore gestiti da circuiti di controllo, in grado di ottenere massima efficienza e gestione dei carichi in maniera continua garantendo un ottimo grado di protezione degli stessi.



# Sistemi di sicurezza per la guida

**Per le metropolitane** (*EN11378 Metropolitane – Materiale rotabile per le metropolitane – Caratteristiche generali e prestazioni*) devono essere previsti:

- ***La ripetizione dei segnali in cabina di guida***
- ***Un sistema automatico di blocco in caso di marcia a velocità non compatibile con quella assegnata alla tratta***
- ***Un dispositivo vigilante***

| | |
|---|---|
| 3.3.4 | **dispositivo vigilante (detto anche "uomo morto")**: Dispositivo avente la funzione di verificare in sicurezza la presenza attiva del macchinista[2)]. |
| 3.3.5 | **ATP (Automatic Train Protection)**: Sistema che, tramite l'uso di principi fail-safe, garantisce il movimento sicuro dei treni attraverso le seguenti funzioni principali: distanziamento di sicurezza fra i treni, inibizione di itinerari incompatibili, rispetto del limite di velocità di sicurezza determinato dall'andamento plano-altimetrico della linea e dalle caratteristiche dei veicoli. |

**Per i tram** (*EN11174 Materiale rotabile per tramvie e tramvie veloci – Caratteristiche generali e prestazioni*) deve essere previsto il **solo dispositivo vigilante**.

**3.2.12**
**dispositivo vigilante:**
(detto anche "uomo morto"): Dispositivo avente la funzione di verificare in sicurezza la presenza attiva del conducente

# Sistemi di sicurezza per la guida – Segnalamento di bordo

L' ***ATC (Automatic Train Control)*** è il sistema responsabile del controllo e protezione della marcia. Si occupa di monitorare la distanza tra i convogli e di controllare che i limiti di velocità imposti siano rispettati.

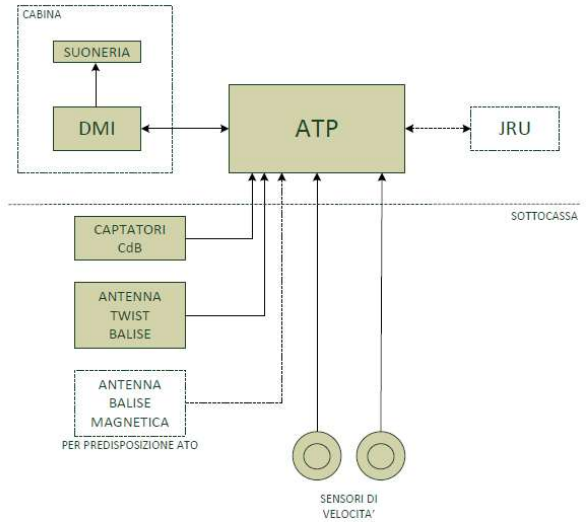
**ATC**

***ATP (Automatic Train Protection)*** *– sottosistema che impone e controlla i limiti di velocità massima e le curve di frenatura in base all'aspetto dei segnali sulla linea.*

***ATO (Automatic Train Operation)*** *– è il sistema che svolge le funzioni di regolazione della velocità, arresto programmato del treno, controllo delle porte, regolazione del livello di prestazione del treno e altre operazioni altrimenti assegnate al macchinista.*

***ATS (Automatic Train Supervision)*** *– è il sottosistema con cui l'ATC monitora i treni e regola le loro prestazioni in modo da rispettare gli orari della tabella di marcia, e fornisce i dati necessari a aggiustare il servizio per minimizzare gli inconvenienti causati da irregolarità nel servizio.*

# Sistemi di sicurezza per la guida – Segnalamento di bordo

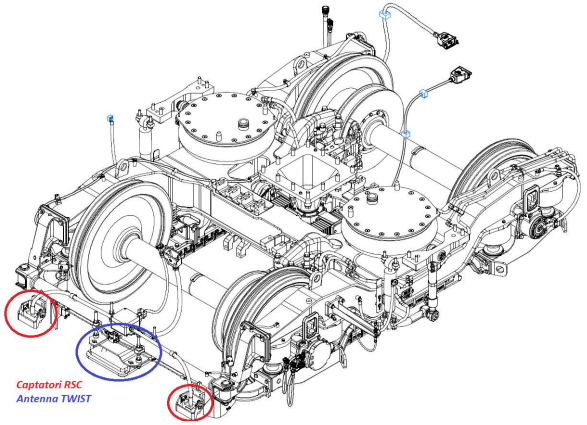






## *Principali componenti di un sistema ATP:*

- ***Unità di elaborazione*** implementa la logica ATP e si interfaccia con DMI, CFM – R, IFM, veicolo, odometri, registratore di eventi (JRU).
- ***Modulo CFM – R (Continuous Front End Module RIDONDATO)*** acquisisce i telegrammi dai Circuiti di Binario in Audio-Frequenza e li invia all'unità di elaborazione.
- ***Modulo IFM (Intermittent Front End Module)*** acquisisce i telegrammi dalle boe TWIST, capta le boe magnetiche ed invia le relative informazioni (lato apertura porte in banchina) all'unità di elaborazione.
- ***DMI*** dispositivo di interfaccia verso il personale di condotta, permette la visualizzazione di velocità del veicolo e di quella consentita, informazioni inerenti il segnalamento e acquisizione comandi (Supero Rosso e Riarmo Freno). È collegato ad una suoneria in caso di notifiche di allarmi da parte del sistema.
- ***Captatori RSC*** sono captatori attivi ridondati dei codici di binario installati davanti al primo asse del treno e hanno la funzione di raccogliere informazioni sulla linea di tipo continuo, attraverso la captazione dei codici presenti sulle varie sezioni di binario.
- ***Captatori TWIST*** permette al sistema di bordo di acquisire il telegramma delle boe di terra e di assolvere così le funzioni di consenso apertura e del suo annullamento.
- ***Generatori tachimetrici*** rilevano la distanza percorsa e la velocità del treno misurandola su almeno due assi








# Sistemi di sicurezza per la guida – Registratore di eventi

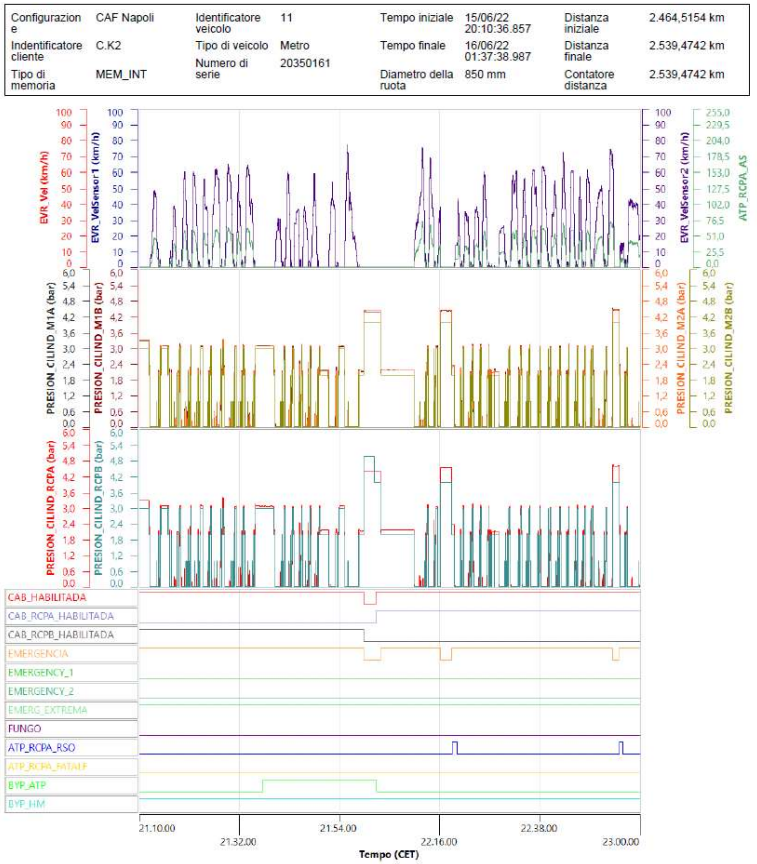
Il Registratore di Eventi è un'apparecchiatura di bordo utilizzata per registrare alcuni dati fondamentali di marcia del veicolo. I dati vengono solitamente registrati su una memoria flash non volatile strutturata come memoria a nucleo magnetico. È organizzata come ***memoria circolare (FIFO – First In First Out)***.

**Principali segnali analogici registrati**

- ***Velocità del treno***
- ***Distanza percorsa***
- ***Pressione della condotta***
- ***Pressione cilindri freno***
- ***Tensione della catenaria***
- ***ID conducente***
- ***Numero treno***
- ***Segnali ATP***

**Principali segnali digitali registrati**

- ***Stato di apertura/chiusura porte***
- ***Abilitazione cabina di guida***
- ***Bypass o isolamento di sistemi di sicurezza (es. ATP e dispositivo vigilante)***
- ***Applicazione frenatura di emergenza***
- ***Manipolatore in trazione/frenatura***
- ***Stato del pantografo***
- ***Stato dell'interruttore extrarapido***
- ***Stato sensori di fumo***
- ***Maniglie di emergenza***




Il Registratore di Eventi assolve, inoltre, alcune **funzioni di sicurezza**:

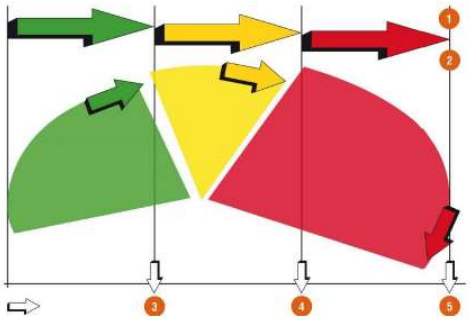
- ***Velocità zero (treno fermo)***
- ***Dispositivo vigilante***



***UNI 11624:2016 Metropolitane, tranvie e ferrovie non interconnesse all'infrastruttura ferroviaria nazionale - Sistemi di registrazione dati di bordo.***

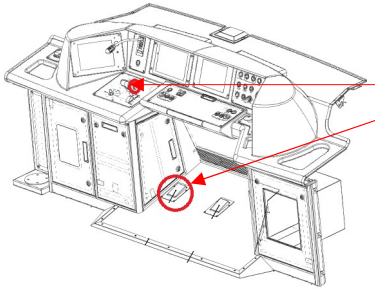
# Sistemi di sicurezza per la guida – Dispositivo vigilante

**Il dispositivo vigilante** monitora costantemente la capacità del conducente di reagire dovendo resettare un circuito ad anello innescato da criteri configurabili. Se il ciclo non viene resettato, viene attivata un'applicazione di freno automatica dopo uno o più livelli di allarme.

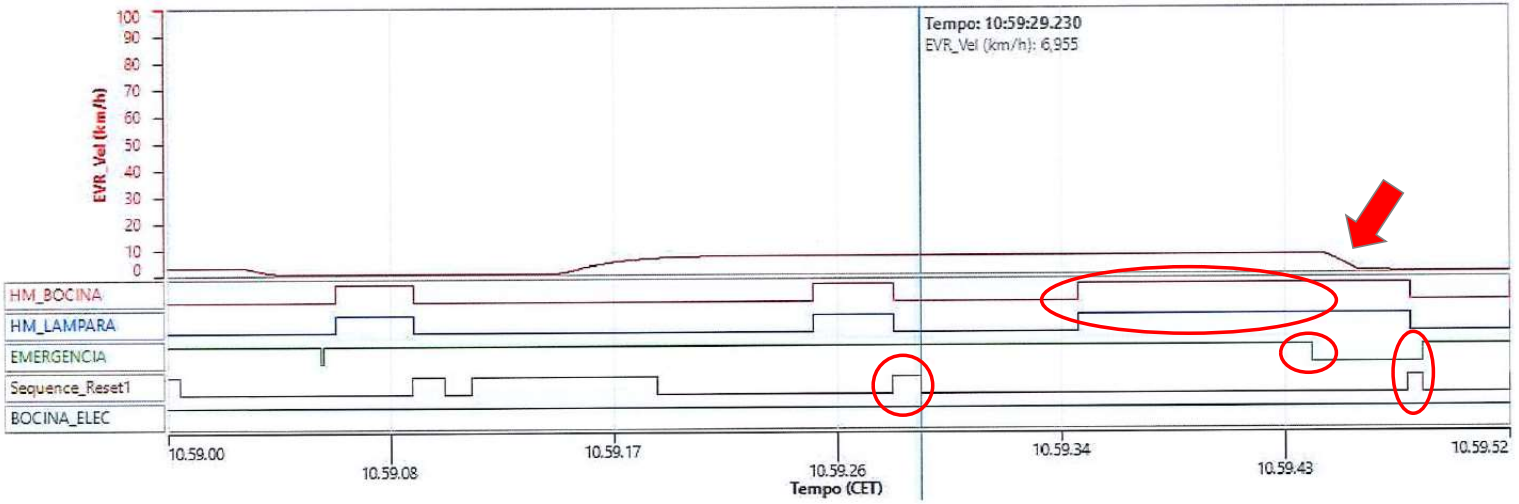



Schema del ciclo del dispositivo di vigilanza automatico.

| N. | Descrizione | N. | Descrizione |
|---|---|---|---|
| 1 | Cicli dipendenti dalla distanza | 4 | Attivazione dell'allarme acustico |
| 2 | Cicli dipendenti dal tempo | 5 | Inserimento del freno |
| 3 | Attivazione dell'allarme ottico | - | - |



*Il conducente può utilizzare diversi dispositivi di reiterazione tra cui un tasto presente sul manipolatore di trazione o un pedale.*





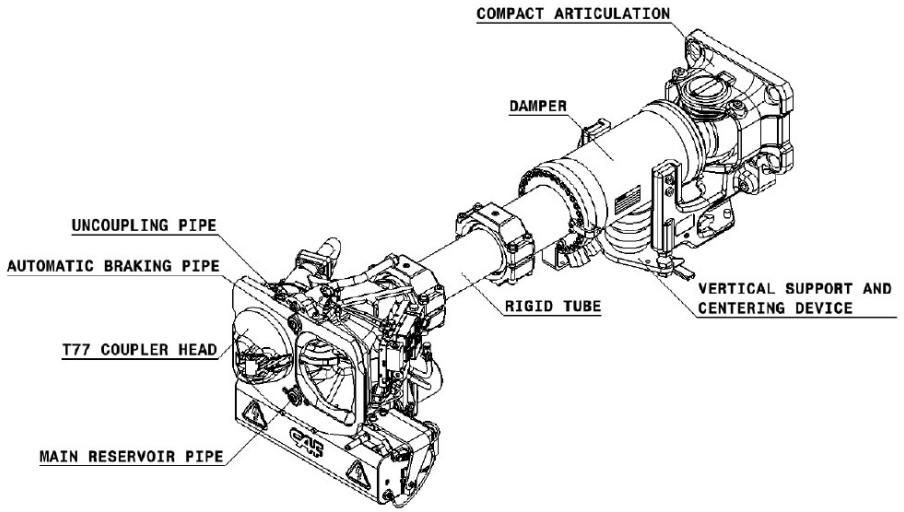
# Organi di trazione e repulsione

La **trazione e repulsione** di un veicolo ferroviario è l'insieme di tutti gli organi che garantiscono:

- il collegamento tra veicoli;
- la trazione tra i veicoli facenti parte di una composizione;
- la repulsione tra gli stessi quando arrivano ad una certa distanza tra loro.

- **Organi di trazione**:
  - Accoppiatore automatico
  - Accoppiatore mobile
  - Accoppiatore rigido

- **Organi di repulsione**:
  - Respingenti
  - Assorbitori d'urto



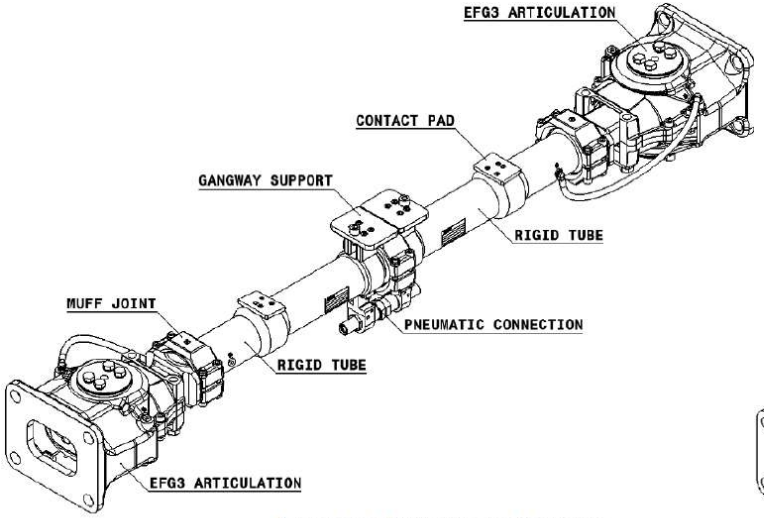




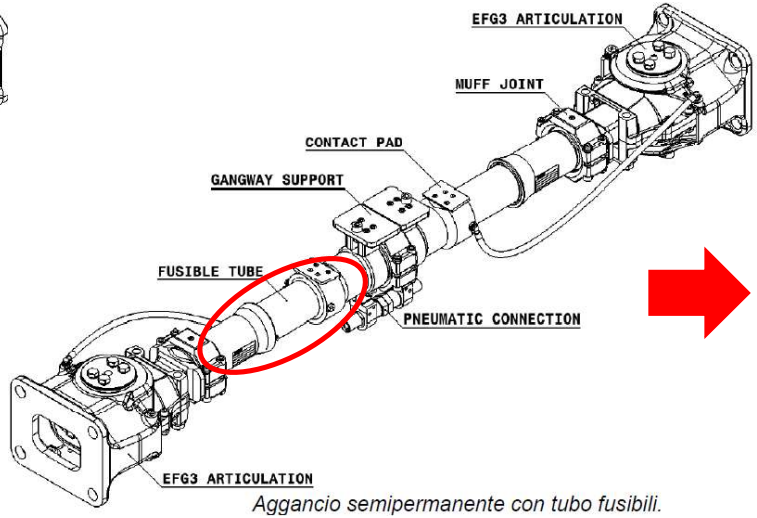

# Organi di trazione e repulsione

**Accoppiatore mobile (o semipermanente)**

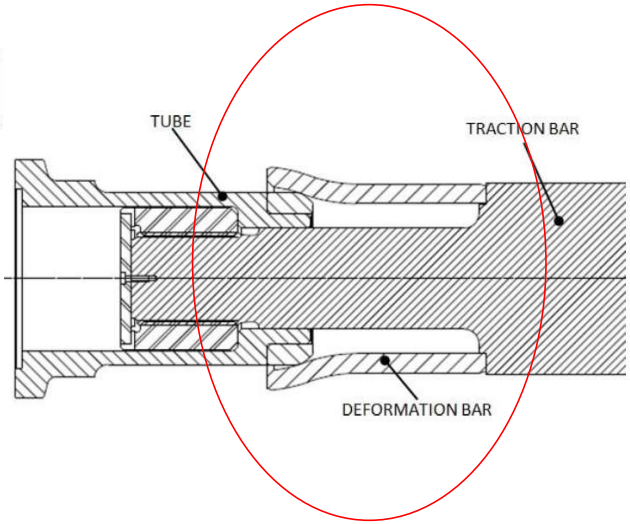
Gli accoppiatori semipermanenti uniscono le casse in modo meccanico e l'accoppiamento deve essere eseguito manualmente. Sono progettati per essere sganciati solo durante particolari operazioni, quali le operazioni manutentive.




*Aggancio semipermanente rigido.*




*Aggancio semipermanente con tubo fusibili.*

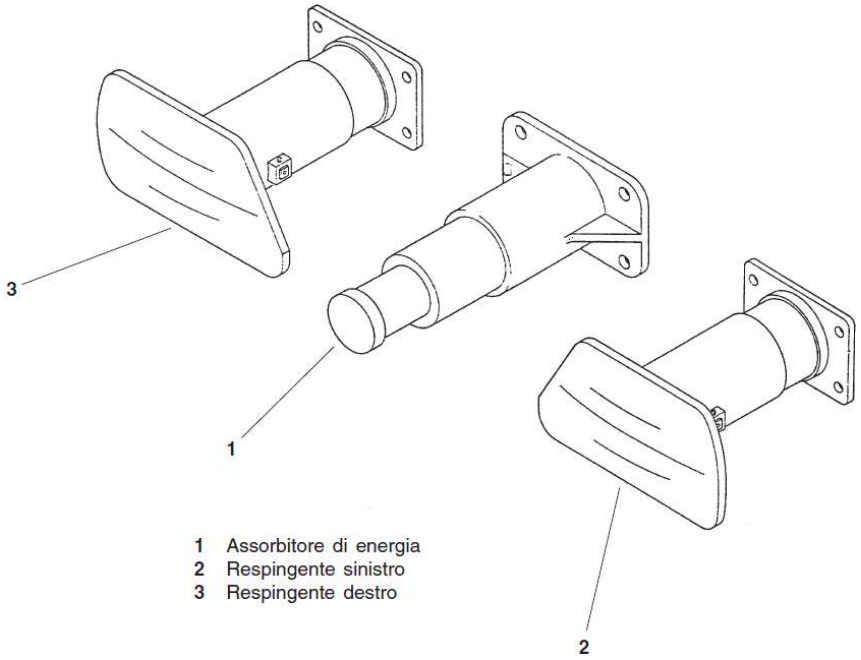



**Il tubo fusibile** è progettato per assorbire energia durante una collisione. È concepito per proteggere il resto del convoglio da eventuali danni in caso di impatto. Quando l'energia assorbita dall'articolazione non è abbastanza da assorbire tutte l'energia cinetica del treno, il tubo comincia a deformarsi. Di conseguenza, l'energia dell'impatto viene assorbita dal tubo e la cassa non dovrebbe subire danni fino alla completa deformazione del tubo.

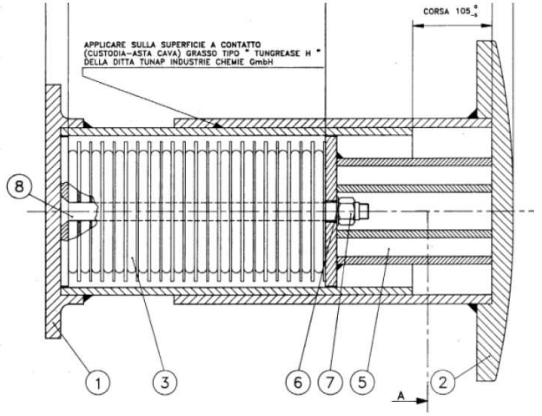


# Organi di trazione e repulsione

## Respingenti e assorbitori di energia

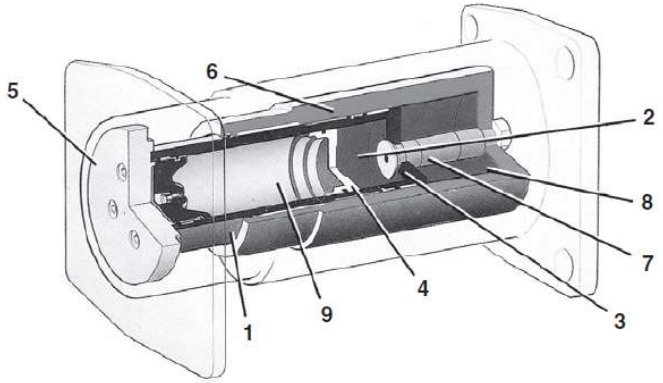



1 Assorbitore di energia
2 Respingente sinistro
3 Respingente destro




1 – Piastra fissaggio e custodia
2 – Piatto e asta cava
3 – Gruppo elastico
5 – Distanziali
7 – Dado
8 – Perno di centraggio

*Respintente con gruppo elastico*




1 Pistone
2 Serbatoio olio
3 Orifizio
4 Pistone separatore
5 Testa
6 Cilindro
7 Perno dosatore
8 Camera olio
9 Camera azoto

*Respingente oleodinamico*

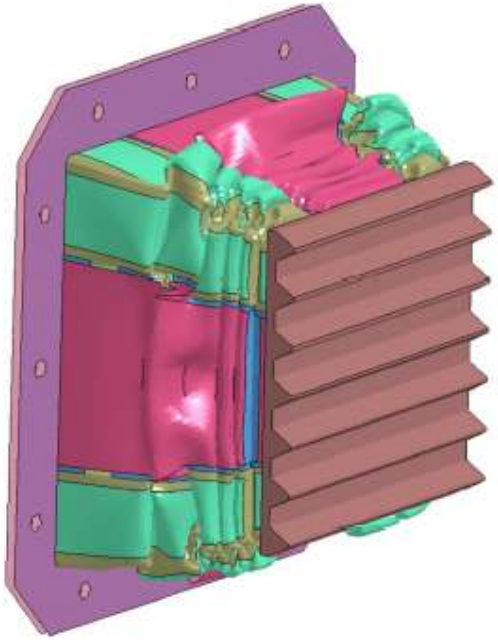


# Organi di trazione e repulsione

**Dispositivi antisormonto**

- Sulla superficie anteriore del telaio delle vetture di testa generalmente sono fissati dei dispositivi anti-sormonto
- ***La loro progettazione si basa nell'ottenere una deformazione controllata sotto carico di compressione e impedire che le unità si accavallino in caso di urto.***



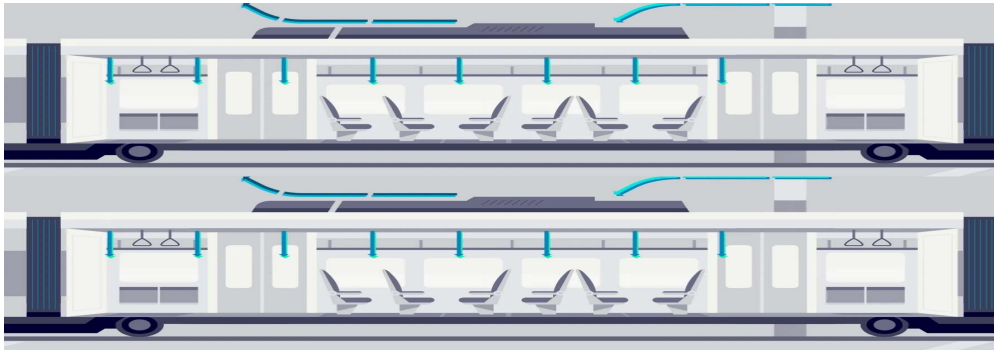


# Impianto HVAC

Gli impianti HVAC gestiscono il clima all'interno della cabina del macchinista e all'interno dei vagoni passeggero.
La norma ***EN 14750 Applicazioni ferroviarie - Aria condizionata per il materiale rotabile urbano e suburbano Parametri di comfort*** definisce i parametri comuni di comfort per i veicoli ferroviari Europei. **Tale norma si applica sia alle metro che ai tram.**

➢ **La norma propone una classificazione di veicoli in base alle seguenti caratteristiche :**

| | Categoria A | Categoria B |
|---|---|---|
| Viaggiatori al metro quadro | <4 viaggiatori/m^2 | ≥4 viaggiatori/m^2 |
| Tempo medio di viaggio | >20 minuti | ≤20 minuti |
| Tempo medio tra 2 stazioni | >3 minuti | ≤3 minuti |



➢ **Riscaldamento**

Alla temperatura esterna minima della zona climatica di riferimento, alla massima velocità operativa del veicolo, senza carico solare, senza occupazione la temperatura interna media (Tim) nell'ambiente comfort deve essere:

1. Superiore a +15 ºC per tutte le zone climatiche per i veicoli della **categoria A**
2. Superiore a + 10 ºC per i veicoli della **categoria B.**

➢ **Raffreddamento**

Alle condizioni esterne della zona climatica di riferimento, compresa l'apporto solare, se applicabile, con un veicolo parcheggiato, la temperatura media interna (Tim) deve essere inferiore o uguale ai valori della tabella :

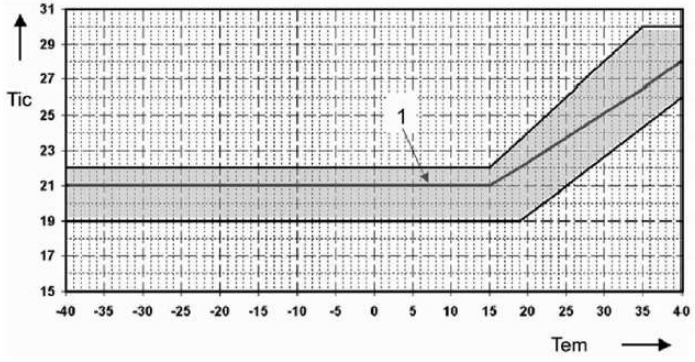
**Filtrazione delle particelle d'aria:**
Le prestazioni dei filtri devono soddisfare i requisiti stabiliti nella norma ***EN 779 - Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale - Determinazione della prestazione di filtrazione***, applicabile a impianti di climatizzazione ferroviaria. In caso di mancanza di questi dettagli nelle specifiche contrattuali, si consiglia l'uso di un grado di filtro superiore a G3.



# Impianto HVAC

- La specifica contrattuale dovrebbe definire la curva di regolazione per la temperatura interna (Tic), tale curva deve essere compresa nell'area indicata dalla norma, vedi schema seguente:

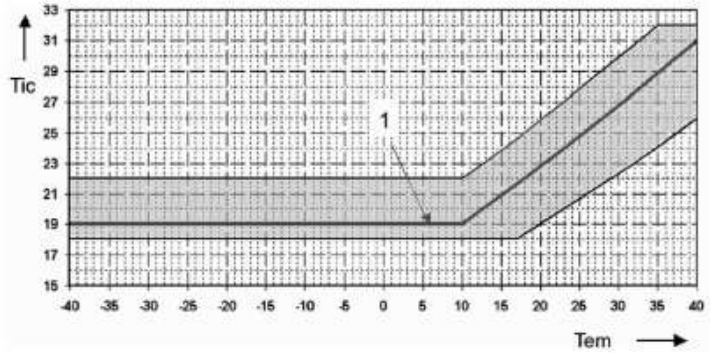
## Categoria A




Leyenda

Tem Temperatura exterior media, en °C
Tic Ajuste de la temperatura interior, en °C
1 Curva recomendada para vehículos de categoría A

## Categoria B




Leyenda

Tem Temperatura exterior media, en °C
Tic Ajuste de la temperatura interior, en °C
1 Curva recomendada para vehículos de categoría B

**Emissione di rumore:**

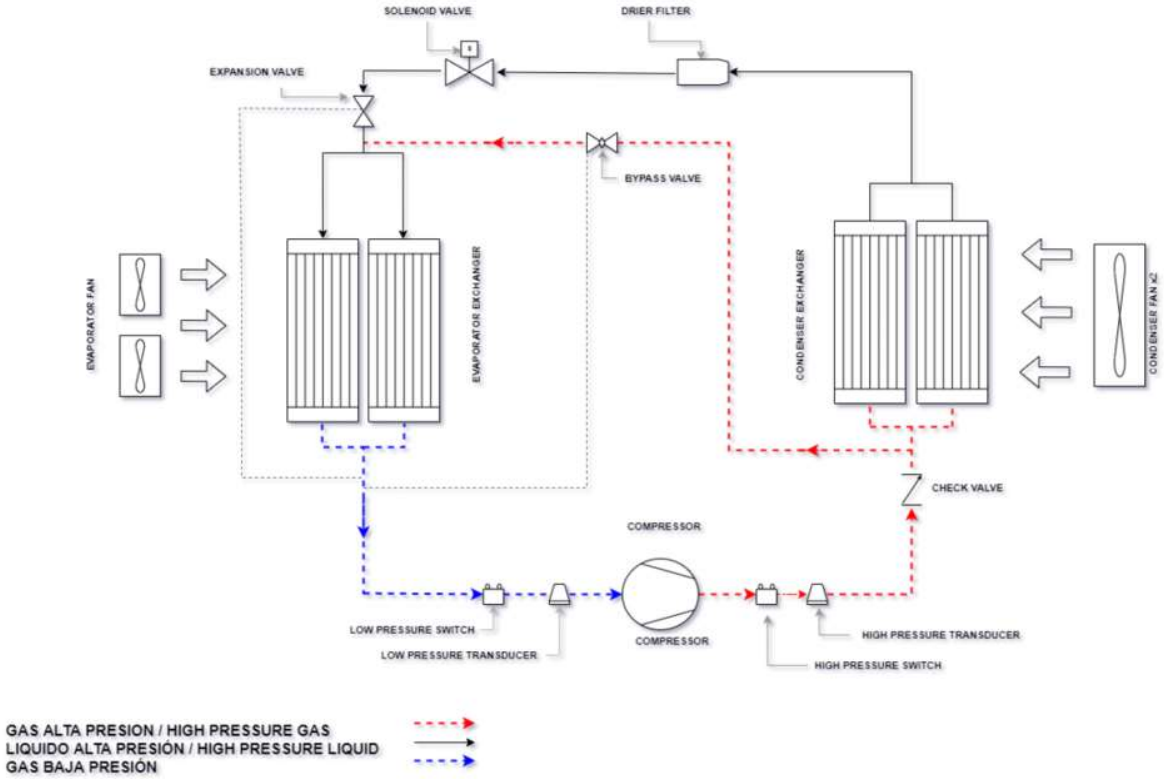
Per i veicoli fermi, il livello di pressione sonora generato nell'ambiente di comfort proveniente dall'impianto di climatizzazione da solo durante qualsiasi condizione operativa, non deve superare il valori espressi nella seguente tabella:

| Categoría A | Categoría B |
|---|---|
| 63 dB(A) | 66 dB(A) |



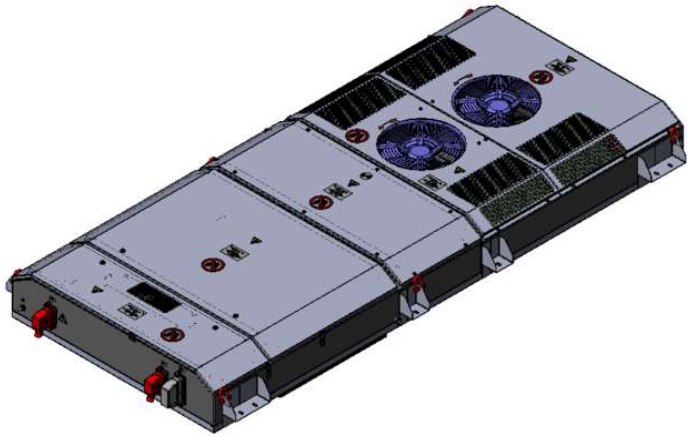
# Impianto HVAC

**Schema di un impianto HVAC**




Componenti di un impianto *HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning)*:

- ***Compressore***
- ***Condensatore***
- ***Valvola di espansione***
- ***Evaporatore***
- ***Sistemi di regolazione e controllo***





# Impianto HVAC

**Fluido refrigerante**

I **gas fluorurati ("FGAS")** sono utilizzati nei sistemi di refrigerazione, di condizionamento e nelle pompe di calore.
Esistono tre tipi principali di gas fluorurati:

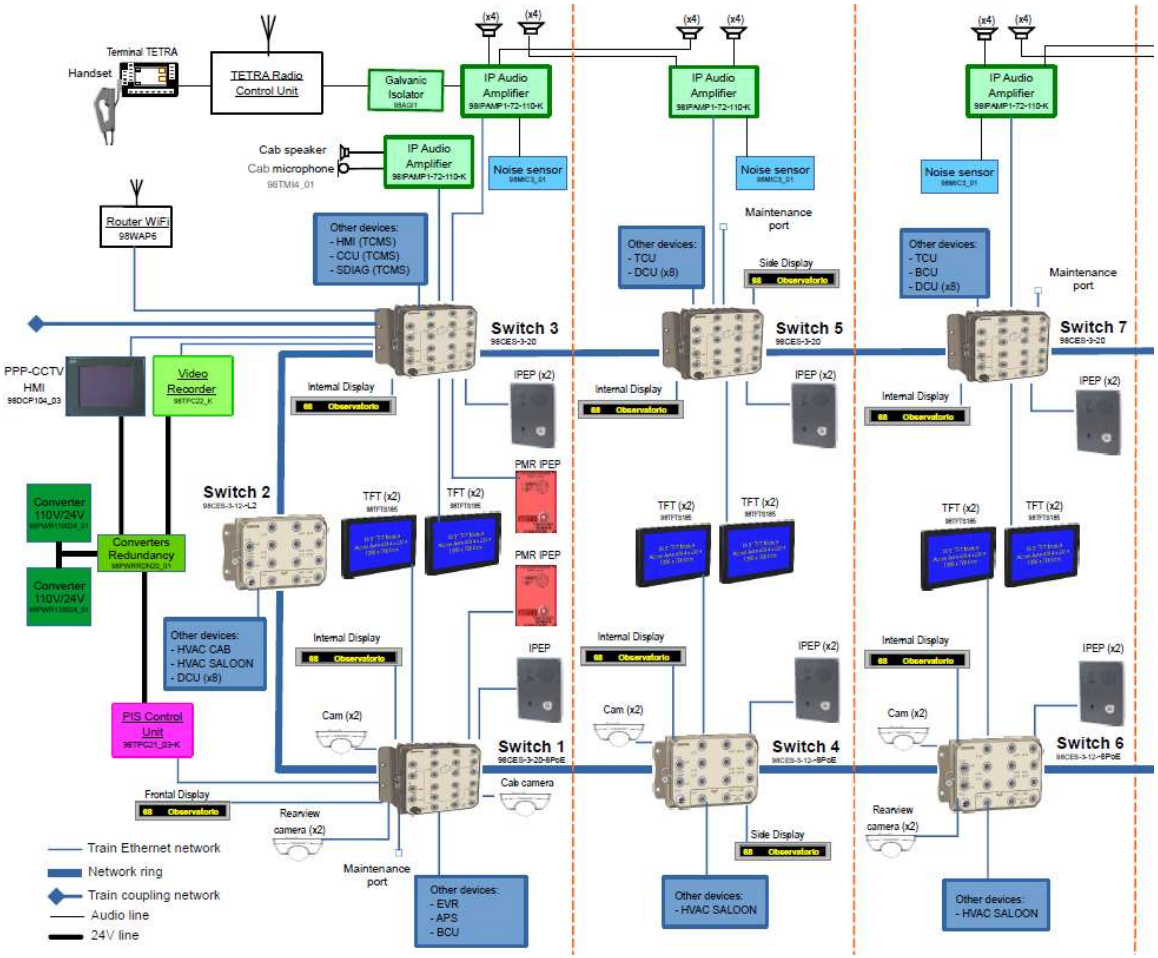
- *idrofluorocarburi (HFC)*
- *perfluorocarburi (PFC)*
- *esafluoruro di zolfo (SF6)*

Il ***Nuovo Regolamento F-Gas (UE) 2024/573*** ha come obiettivo un'ulteriore riduzione delle emissioni di gas fluorurati all'interno dell'Unione Europea, in linea con gli obiettivi climatici europei e globali.

I gas fluorurati (fra i quali rientrano gli idrofluorocarburi o HFC) sono gas a effetto serra con un elevato potenziale di riscaldamento globale.
Il nuovo regolamento prevede l'eliminazione totale degli HFC entro il 2050, con una nuova traiettoria di progressiva riduzione della quota di consumo tra il 2024 e il 2049, e l'accelerazione al passaggio a soluzioni rispettose per l'ambiente.
Nello specifico il regolamento contiene:

- Nuovi divieti per l'**immissione nel mercato europeo di diverse categorie di apparecchiature contenenti HFC.** Sono previste deroghe in caso di problemi di sicurezza.
- Un rigido calendario di assegnazione di quote decrescenti di HFC per ridurne gradualmente il consumo.
- Condizioni e scadenze per l'**uso di gas fluorurati ad *alto potenziale di riscaldamento globale (GWP)* per l'assistenza o la manutenzione** di diversi tipi di apparecchiature.

# Sistema TLC




## Sistemi di Comunicazione e Trasmissione Dati:

- ***TETRA (Terrestrial Trunked Radio)***: Standard radio per le comunicazioni operative tra macchinisti, centri di controllo e personale di emergenza.
- ***Informazione al pubblico sia audio che video e sistemi di chiamata quali citofoni di emergenza***
- ***Wi-Fi***: Reti di comunicazione per la connettività a bordo e la gestione operativa.
- ***CCTV (Closed-Circuit Television)***: Telecamere installate su treni e stazioni per il monitoraggio in tempo reale.
- ***PIS (Passenger Information System)***: Display digitali e annunci sonori in tempo reale su fermate, tempi di attesa e avvisi.
- ***Wi-Fi per i passeggeri***: Connettività a bordo e nelle stazioni per migliorare l'esperienza degli utenti.

*Grazie per l'attenzione*