Manutenzione del Materiale Rotabile





Definizione secondo la UNI EN 13306 Manutenzione - Terminologia di manutenzione

Manutenzione

Combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta.

Gestione della Manutenzione

Tutte le attività che fissano i requisiti, gli obiettivi, le strategie e le responsabilità della manutenzione e che le attuano utilizzando strumenti quali la pianificazione, il controllo e la supervisione della manutenzione.

Piano di Manutenzione

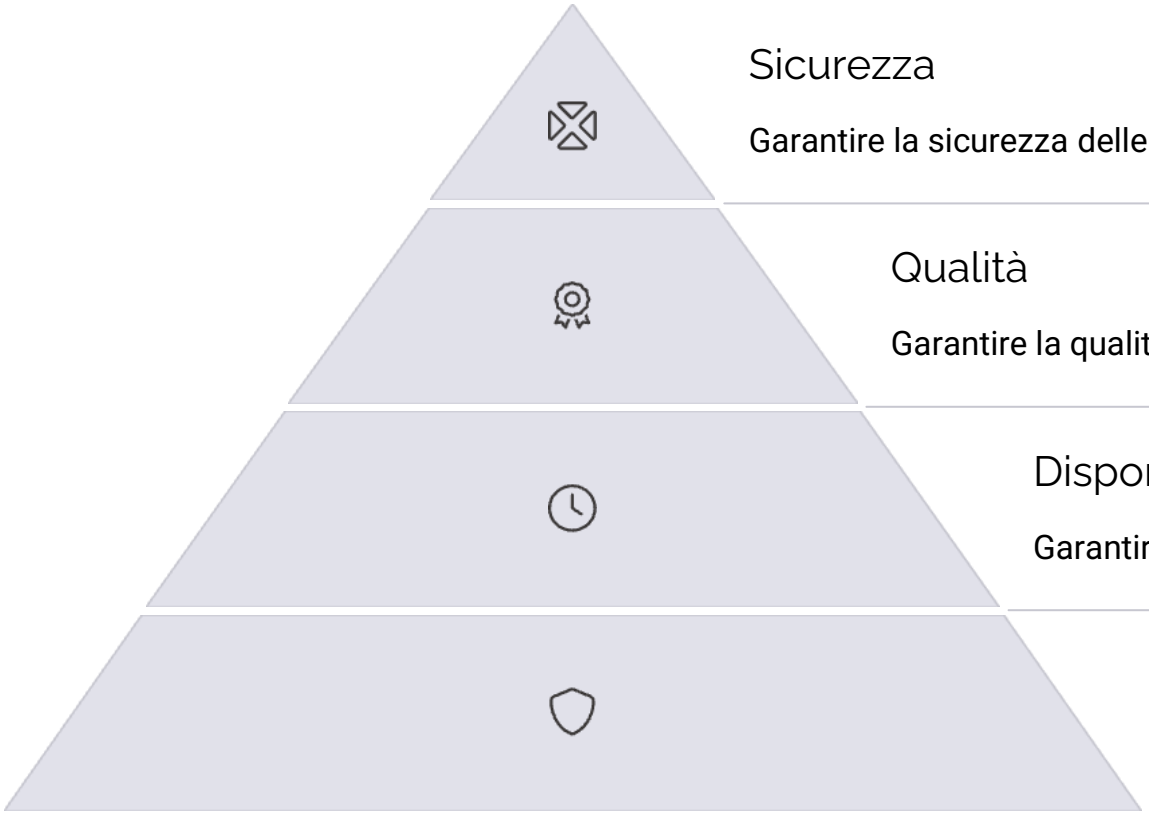
Serie strutturata di impegni che comprendono le attività, le procedure, la documentazione, le risorse e il tempo necessario per eseguire la manutenzione in modo efficace e programmato.

Guasto

Cessazione della capacità di un'entità ad eseguire la funzione richiesta. Si tratta di un evento, mentre l'avaria si riferisce allo stato conseguente in cui l'entità si trova, parzialmente o totalmente non funzionante.



Gli obiettivi della Manutenzione



Sicurezza

Garantire la sicurezza delle operazioni

Qualità

Garantire la qualità del servizio offerto

Disponibilità

Garantire la disponibilità all'esercizio

Controllo costi

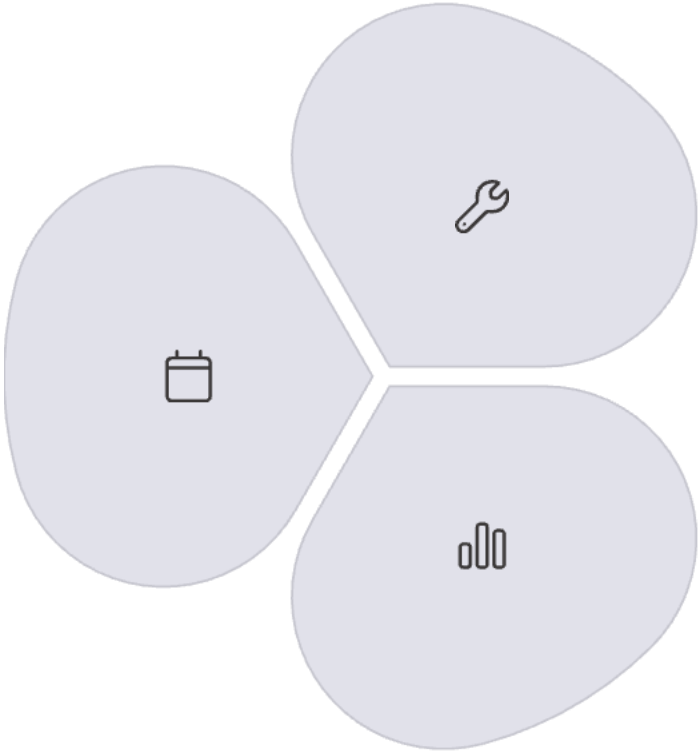
Garantire il controllo dei costi di gestione



Panoramica delle Tipologie di Manutenzione

Manutenzione Preventiva

Mira a prevenire i guasti prima che si verifichino, riducendo i fermi non pianificati



Manutenzione Correttiva

Interventi eseguiti solo dopo il verificarsi di un guasto.

Manutenzione Predittiva

Approccio avanzato basato sull'**analisi continua dei dati e parametri operativi.** Per identificare anomalie prima che causino guasti.

La selezione della strategia ottimale deve considerare i costi di fermo,la disponibilità di personale tecnico qualificato e budget disponibile. Per massimizzare l'efficienza, spesso si implementa un approccio ibrido che combini diverse tipologie in base alle specifiche esigenze di ciascun componente del sistema produttivo.



Manutenzione Preventiva

Manutenzione Programmata

- ridurre la probabilità di guasto o il degrado del funzionamento di un’entità.
- Segue il piano di manutenzione con verifiche e interventi a intervalli fissi
- Si basa su statistiche di affidabilità e permette di organizzare meglio le risorse umane e i materiali necessari.

Manutenzione Su Condizione

- Quando un'ispezione rileva un deterioramento importante di un componente, che potrebbe rompersi prima del prossimo intervento programmato.
- Richiede controlli da parte di tecnici specializzati per valutare correttamente l'usura e il funzionamento dei componenti.

Obiettivi

- Riduzione di potenziali guasti improvvisi
- Diminuzione dei costi complessivi di manutenzione



Manutenzione correttiva e predittiva

LA MANUTENZIONE CORRETTIVA

Consiste in una serie di operazioni volte al ripristino delle condizioni tecniche e funzionali del rotabile dopo l'accadimento di un guasto, rimuovendo la situazione di avaria e quindi di indisponibilità.

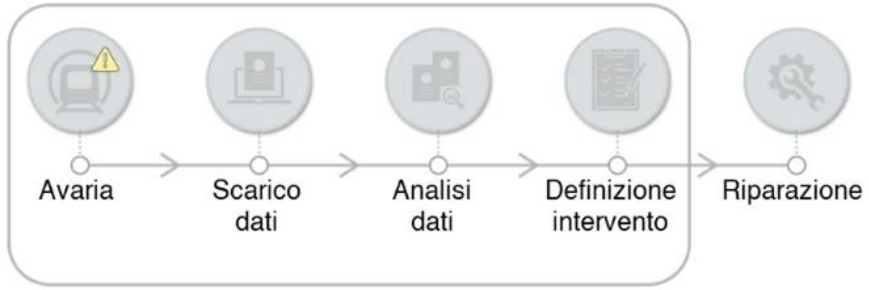
LA MANUTENZIONE PREDITTIVA

Analizzare l'andamento dei dati inviati dagli asset per monitorarne lo stato di "salute", e predire eventuali guasti che possono verificarsi a breve.

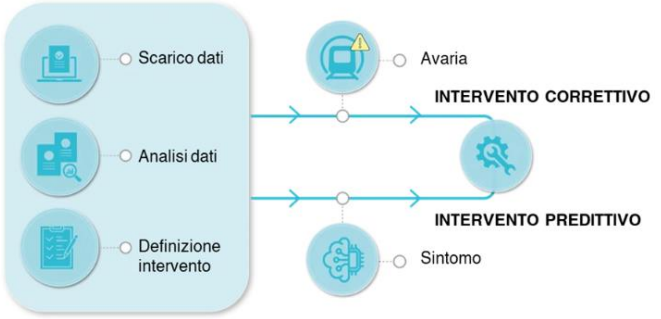
LA TELEDIAGNOSTICA

Monitorare l'effettiva comparsa di un'avaria a bordo treno, generando così un intervento di manutenzione correttiva. Ciò consente di preparare la squadra operativa che effettuerà l'intervento ancor prima che il mezzo rientri in deposito

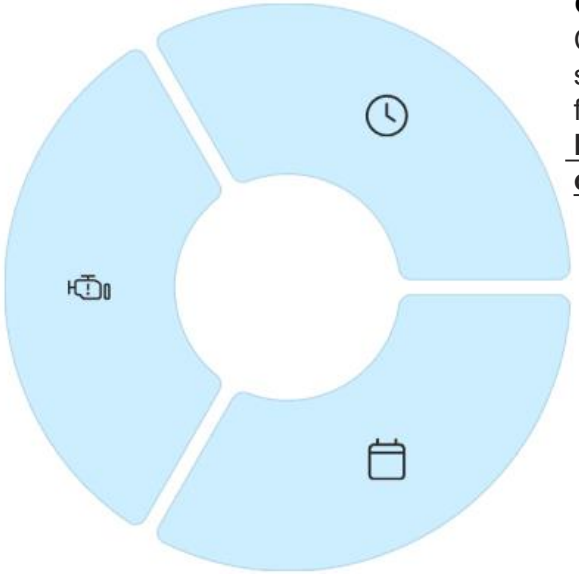
Manutenzione tradizionale



Manutenzione con telediagnostica



Guasto di classe A
Ritiro immediato dal servizio
Attività di manutenzione correttiva.



Guasto di classe B
Consentono di continuare il servizio con specifiche restrizioni fino alla fine della linea.
Possibile manutenzione con attività in ombra al tempo di rientro del treno

Guasto di classe C
Permettono di continuare il servizio senza restrizioni fino alla fine della giornata.
Possibile manutenzione con attività in ombra al tempo di rientro del treno



Norme/circolari Ministeriali di riferimento

Decreto Ansfisa 28-12-2023 – allegato C "***Norme per l'applicazione e la certificazione dei sistemi di gestione della manutenzione dei veicoli dei sistemi di trasporto pubblico a guida vincolata*** "

Il Sistema di manuteznione del soggetto responsabile della manutenzione (SRM) ha le seguenti funzioni:

Gestione

Supervisione e coordinamento delle funzioni di manutenzione, ed assicurare lo stato di sicurezza del veicolo nel sistema ferroviario.

Sviluppo della Manutenzione

Gestione della documentazione relativa alla manutenzione,aggiornando in base all'esperienza il piano di manutenzione

Gestione della Manutenzione della Flotta

Gestione della rimozione/rimessa in esercizio dei veicoli prima e dopo la manutenzione.

Esecuzione della Manutenzione

Esecuzione tecnica della manutenzione e documentazione di reimmissione in servizio.



Quadro Normativo per la Manutenzione dei Rotabili

DPR 753/80

Gli Articoli 6 e 7 impongono alle aziende ferroviarie l'obbligo di manutenzione del materiale rotabile e delle infrastrutture, con particolare attenzione agli aspetti di sicurezza e regolarità del servizio ferroviario.

DM 9 Novembre 1988 "Disposizioni modificative delle prescrizioni tecniche per locomotori elettrici approvate con decreto ministeriale 2 maggio 1906, n. 1345, e delleprescrizioni tecniche per le automotrici endotermiche approvate con decretoministeriale 12 gennaio 1938»

Definisce i **collaudi annuali obbligatori** per i locomotori elettrici operanti nelle ferrovie concesse e nelle linee metropolitane, modificando le prescrizioni tecniche precedenti.

Circolare 26/1971 Materiale rotabile ferroviario. Modalità tecniche di esecuzione delle prove degli impianti di frenatura

Fornisce istruzioni dettagliate **sulle prove da eseguire sul materiale rotabile**, specificando le modalità tecniche di esecuzione e verifica degli impianti frenanti ad aria compressa e a vuoto.

Normative sui Serbatoi

Le circolari CM 16/69 e DM 04/12/2003, insieme alla Circolare MIT 16/09/2014, regolamentano i **serbatoi per l'aria compressa** del materiale rotabile.



Normative di riferimento: DPR 753/80

Articolo 6

Le aziende esercenti ferrovie devono essere provviste dei mezzi necessari per assicurare l'espletamento del servizio e per eseguire l'ordinaria manutenzione dei veicoli, della propria sede degli impianti e delle apparecchiature

Articolo 7

Le ferrovie e le loro dipendenze devono essere mantenute in buono stato di efficienza per la sicura circolazione dei treni e veicoli, in rapporto alle condizioni di esercizio, e provviste del personale necessario a garantire la sicurezza e la regolarità del servizio…



Normative di riferimento

DM 9 Nov.1988

Disposizioni modificative delle prescrizioni tecniche per locomotori elettrici approvate con decreto ministeriale 2 maggio 1906, n. 1345, e delle prescrizioni tecniche per le automotrici endotermiche approvate con decreto ministeriale 12 gennaio 1938.

1

Articolo 1

"Ogni locomotore elettrico od elettromotrice in servizio nelle ferrovie concesse od in gestione governativa, **comprese le ferrovie metropolitane**, deve essere **annualmente assoggettato**, da parte di una c**ommissione costituita da un funzionario tecnico governativo e da un ingegnere incaricato dall'azienda esercente**, **a visite e prove** aventi particolarmente per oggetto:

a) di accertare le condizioni normali di isolamento delle varie parti elettriche

b) di verificare la permanenza delle condizioni necessarie per la incolumità delle persone;

c) di riconoscere il funzionamento normale di tutte le parti elettriche, comprese quelle che funzionano soltanto in casi speciali (quali gli scaricatori, gli interruttori, le valvole fusibili);

d) di rilevare il funzionamento normale di tutte le parti meccaniche, compresi gli apparecchi di frenatura; **CM 26/1971 “Materiale rotabile ferroviario. Modalità tecniche di esecuzione delle prove degli impianti di frenatura”**

e) di rendersi conto dello stato di manutenzione del locomotore o dell'automotrice elettrica;

f) di verificare la regolarità dei serbatoi d'aria compressa facenti parte dei sistemi di frenatura, applicando le norme in vigore per il materiale mobile ferroviario. C.M 26/71



Prove di funzionalità annuali

I **collaudi** da effettuare per **le prove annuali** dei veicoli nuovi sono specificati nella **C.M. 26/1971**

1 Collaudi e prove di tenuta

Prove di tenuta:

- Prove di tenuta della condotta freno
- Prova di tenuta degli ausiliari (serbatoi di riserva del freno)
- Prova di tenuta dei cilindri freno

2 Prove di funzionalità

- Verifica di funzionamento in statico nelle varie tipologie di frenatura
- Funzionamento del dispositivo carico variabile
- Funzionamento delle sabbiere

3 Prove sugli apparati di sicurezza

- Pressostati della condotta principale
- Valvole di sicurezza
- Prove del segnale di allarme passeggeri
- Prove sul dispositivo Uomo Morto
- Rilevamento ed estinzione incendi
- Sicurezza delle porte passeggeri
- Funzionamento diffusione sonora
- Dispositivo ATP
- Apparecchiatura Radio Terra Treno
- Registratore statico di eventi

4 Prove di efficienza degli impianto freno



CM 16/69 *“Serbatoi per l’aria compressa facenti parte degli impianti di bordo del materiale rotabile ferroviario,tramviario e filoviario.Visite e prove di approvazione e revisione”*

Frequenza delle Revisioni

Secondo il Punto 5 della normativa 16/69, i serbatoi devono essere sottoposti a revisione con intervalli regolari, non superiori a **36 mesi**

Prove e visite

- Prova idraulica **con pressione di test pari a 1,5 volte la pressione di esercizio**
- Visita esterna per valutare lo stato superficiale
- Visita interna quando l'accesso è possibile

Documentazione Obbligatoria

Tutte le operazioni di manutenzione devono essere registrate sui libretti dei veicoli, come specificato dal Punto 7 della normativa, garantendo così la tracciabilità completa degli interventi effettuati.

La corretta esecuzione delle procedure di revisione è essenziale per garantire l'integrità strutturale dei serbatoi e prevenire potenziali guasti che potrebbero compromettere la sicurezza dell'esercizio ferroviario e tranviario. Le verifiche devono essere condotte da personale qualificato, in grado di rilevare eventuali anomalie o segni di deterioramento.



Evoluzione Normativa per i Serbatoi in Acciaio Inox

CM 16/69 "***Serbatoi per l'aria compressa facenti parte degli impianti di bordo del materiale rotabile ferroviario,tramviario e filoviario. Visite e prove di approvazione e revisione"***

Stabiliva un intervallo massimo di 36 mesi (3 anni) tra revisioni consecutive per tutti i tipi di serbatoi per aria compressa su materiale rotabile, senza distinzioni di materiale

CM del 17.03.2003 ***serbatoi per l'aria compressa facenti parte di materiale rotabile ferroviario, tranviario e filoviario.Modifica alla circolare n. 16/69***

Prima modifica significativa che ha esteso l'intervallo massimo a 72 mesi (6 anni) specificamente per i serbatoi in **acciaio inox**, riconoscendone la maggiore resistenza alla corrosione.

Circolare USTIF del 11.09.2014

Ulteriore estensione dell'intervallo a 10 anni tra due revisioni consecutive, esclusivamente per i serbatoi in **acciaio inox**, adeguando la normativa alle effettive necessità di manutenzione.

UNI EN 286-3 e UNI EN 286-4 **: Recipienti a pressione di acciaio e alluminio destinati agli equipaggiamenti pneumatici di frenatura ed agli equipaggiamenti pneumatici ausiliari del materiale rotabile ferroviario**

Normative attuali per recipienti a pressione di acciaio destinati agli equipaggiamenti pneumatici di frenatura e ausiliari del materiale rotabile ferroviario.

Tabla G.2
Vigilancia en servicio de recipientes utilizados a 6 bar < PS ≤ 10 bar

Intervalo máximo entre 2 operaciones	Operación	Separación	Método y sanción
En una visita programada antes de 2 años y 8 semanas[1)]	Inspección visual exterior y purga	No	G.4
24 años con ocasión de una revisión	Inspección visual interior y exterior	No	G.4 y G.5

Población de recipientes a los que incumbe	Muestra	Separación
Recipientes del mismo tipo, de la flota o parque total de vehículo o de los elementos que los incorporan como equipo, con más de 20 años de antigüedad	1% redondeado al número entero más próximo	Sí



Manuale di manutenzione

Piano di Manutenzione

Documento che stabilisce la pianificazione temporale degli interventi preventivi e correttivi, definendo frequenze, risorse necessarie e metodologie operative.

Schede Manutentive

Documenti che specificano le procedure di manutenzione preventiva, incluse le prove annuali secondo la CM 26/1971, i controlli non distruttivi ad ultrasuoni (CND) e le visite e prove sui serbatoi.

Catalogo Ricambi

Documento tecnico che elenca le quantità e le tipologie di scorte strategiche necessarie per garantire la continuità operativa dei rotabili.

Manuale di Riparazione Guasti

Documento tecnico che raccoglie in modo sistematico tutte le procedure e le istruzioni per individuare, diagnosticare e correggere i malfunzionamenti o guasti di un sistema o di un'apparecchiatura.



Manutenzione di primo e secondo livello

Manutenzione di Primo Livello

Viene eseguita principalmente presso i Depositi di assegnazione del materiale rotabile. Comprende operazioni preventive di minore complessità.

- Sostituzione dello strisciante di un pantografo
- Lavaggio esterno della cassa e sottocassa
- Rifornimento sabbia e liquido lavavetro
- Pulizia dei filtri dei sistemi di ventilazione
- Tornitura delle ruote

Manutenzione di Secondo Livello

Si svolge in Officine specializzate per tipologia di rotabile o componente. Include interventi manutentivi più complessi e pesanti che necessitano di attrezzature particolari.

- Sostituzione completa del carrello
- Revisione Generale dei carrelli
- Smontaggio e revisione dei motori di trazione
- Revisione dei sistemi pneumatici e idraulici
- Interventi strutturali sui componenti portanti

La distinzione tra questi livelli è fondamentale per ottimizzare risorse, competenze e tempistiche. Mentre la manutenzione di primo livello può essere svolta quotidianamente per garantire l'efficienza operativa, quella di secondo livello richiede pianificazione avanzata e temporanee sospensioni dal servizio dei rotabili interessati.

Caratteristiche dei veicoli ferroviari

Equipaggiamenti di un rotabile

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



Piano di manutenzione

1 | 2 | 3 | 4

Attività

Operazioni tecniche specifiche da eseguire durante la manutenzione

Procedure

Metodi standardizzati per eseguire correttamente le attività

Documentazione

Registri tecnici e certificazioni delle operazioni svolte

Risorse e Tempo

Personale, ricambi, attrezzature e tempistiche necessarie



Piano di manutenzione: Esempio

Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	Ciclo corto					Ciclo medio/lungo					Note
			TU	VS	B	C	D	RI	RG	2RG	W-R	W-2R	
BOG-00-001	X	Carrello – Ispezione Visiva		X									
BOG-00-002	X	Carrello – Controllo dei Dispositivi di Fissaggio				X							
BOG-00-901	X	Carrello e Telaio – Pulizia				X							
BOG-01-001	X	Ruota – Ispezione Visiva		X									
BOG-01-002	X	Sala Montata – Controllo dei Parametri				X							
BOG-01-003	X	Ruote – Controllo della Geometria			X								
BOG-01-005		Cuscinetto della Sala Montata – Revisione									X		
BOG-01-006	X	Sala Montata – Revisione									X		
BOG-01-007		Dispositivo di Messa a Terra – Controllo dello Stato delle Spazzole e del Disco di Contatto					X						
BOG-01-008	X	Ruote- Misurazione della Resistenza Elettrica									X		
BOG-01-009		Asse – Ispezione ad Ultrasuoni				X							
BOG-01-011		Sala Montata – Sostituzione del Cuscinetto										X	
BOG-01-014	X	Disco del Freno (C01) – Ispezione Visiva		X									
BOG-01-021		Disco del Freno (C01) – Ispezione Dettagliata				X							
BOG-01-022	X	Disco del Freno (C01) – Controllo dell'Usura				X							
BOG-02-001	X	Sospensione Primaria – Misurazione dell'Altezza				x							Misurare una volta dopo 6 mesi di funzionamento
BOG-02-002		Sospensione Primaria – Sostituzione della Molla							X				
BOG-02-004		Sospensione Primaria – Prova della Molla						X					
BOG-03-001		Telaio del Carrello e Testata – Revisione							X				
BOG-04-001	X	Sospensione Secondaria – Misurazione dell'Altezza				X							
BOG-04-002		Sospensione Secondaria – Ispezione Dettagliata dell'Airbag				X							
BOG-04-003		Sospensione Secondaria – Misurazione dell'Altezza dell'Air Bag da Sgonfio						X					
BOG-04-005		Sospensione Secondaria – Revisione del Gruppo Antirollio								X			
BOG-04-006		Sospensione Secondaria – Sostituzione dell'Ammortizzatore Verticale									X		
BOG-04-007		Sospensione Secondaria – Sostituzione dell'Ammortizzatore Trasversale									X		
BOG-04-010		Sospensione Secondaria – Revisione dell'Air Bag								X			
BOG-05-002		Collegamento Carrello-Carrozzeria – Revisione del Perno di Trazione e della Barra di Livellamento							X				
BOG-06-010	X	Sistema di Sabbiatura – Riempimento della Sabbiera		X									

TABELLA DELLE FREQUENZE

Intervallo			Frequenza	Unità	Tolleranza	Offset
Ciclo corto	Controllo di sicurezza	VS	30	giorni	±20 %	-
	Manutenzione leggera	B	45000	km	±20 %	-
		C	180000	km	±10 %	-
		D	360000	km	±10 %	-
Ciclo medio/lungo	Manutenzione intermedia	RI	720000	km	±10 %	-
	Revisione generale	RG	1440000	km	±5 %	-
		2RG	2880000	km	±5 %	-
	Revisione sala montata	W-R	1000000	km	±5 %	-
		W-2R	2000000	km	±5 %	-



Piano di manutenzione - carrello

Piano di manutenzione: carrello

Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-00-001	X	**Carrello – Ispezione Visiva**		X									
BOG-00-002	X	Carrello – Controllo dei Dispositivi di Fissaggio				X							
BOG-00-901	X	Carrello e Telaio – Pulizia				X							
BOG-03-001		**Telaio del Carrello e Testata – Revisione**								X			
BOG-05-002		Collegamento Carrello-Cassa – Revisione del Perno di Trazione e della Barra di Livellamento								X			

TABELLA DELLE FREQUENZE

Intervallo			Frequenza	Unità	Tolleranza	Offset
Ciclo corto	Controllo di sicurezza	VS	30	giorni	±20 %	-
	Manutenzione leggera	B	45000	km	±20 %	-
		C	180000	km	±10 %	-
		D	360000	km	±10 %	-
Ciclo medio/lungo	Manutenzione intermedia	RI	720000	km	±10 %	-
	Revisione generale	RG	1440000	km	±5 %	-
		2RG	2880000	km	±5 %	-
	Revisione sala montata	W-R	1000000	km	±5 %	-
		W-2R	2000000	km	±5 %	-



Manutenzione carrello: ispezione visiva

Attrezzature necessarie

ATTREZZI			
Articolo	**Descrizione**	**Riferimento**	**Q.tà.**
H1	Torcia elettrica	Commerciale	1
H2	Specchio	Commerciale	1

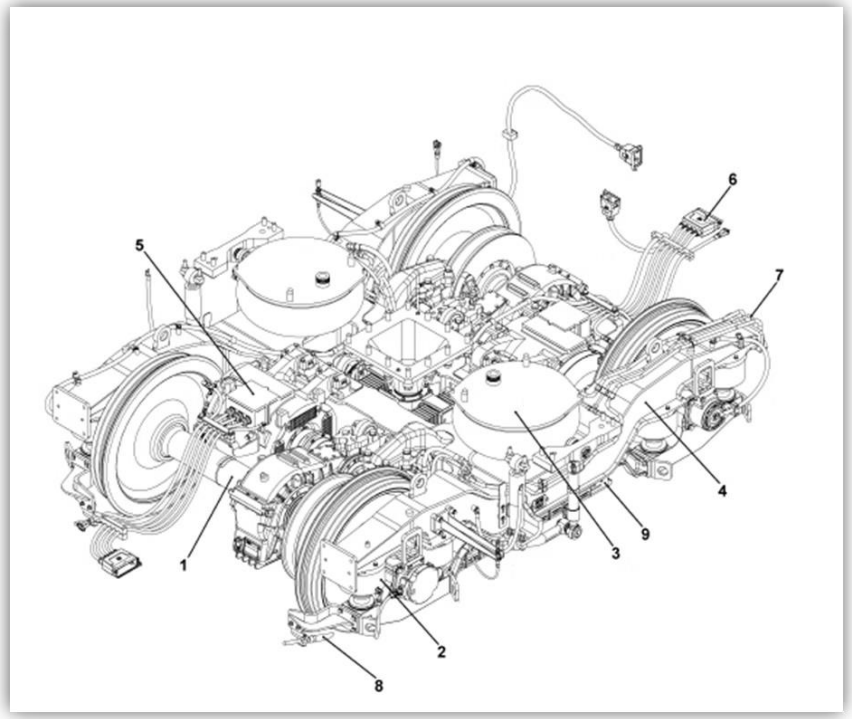
Materiali di consumo			
Articolo	**Descrizione**	**Riferimento**	**Q.tà.**
S1	Sapone alla glicerina	Commerciale	AR

PEZZI DI RICAMBIO			
Articolo	**Descrizione**	**Riferimento**	**Q.tà.**
-	-	-	-

Ispezionare visivamente le condizioni dei componenti visibili del carrello. Verificare la presenza di segni di danneggiamento, componenti allentati o mancanti che impediscono o possono impedire il corretto funzionamento del carrello.

Componenti da ispezionare

1. **Sala montata**
2. **Sospensione primaria**
3. Sospensione secondaria
4. Telaio del carrello
5. Gruppo trasmissione (solo su carrelli motorizzati)
6. Impianto pneumatico
7. Sistema di sabbiatura





Manutenzione carrello: ispezione visiva sala montata

Scheda di manutenzione carrello-ispezione visiva sala montata



Istruzioni controllo sala montata

- Controllare visivamente la boccola (3):

1. Ispezionare visivamente la boccola per verificare la presenza di danni come crepe, urti e deformazioni nella boccola dell'asse. Se vengono riscontrati dei danni, sostituire la boccola.
2. Effettuare un'ispezione per verificare la perdita di lubrificante dalle guarnizioni posteriori e anteriori. In caso di perdita, la boccola deve essere ispezionata dall'interno.
3. Ispezionare visivamente le apparecchiature fissate alla boccola per verificare la presenza di danni come crepe, urti e deformazioni sulla boccola dell'asse.

- Ispezionare visivamente i dischi dei freni (4).
- Ispezionare visivamente le ruote (2).
- Ispezionare visivamente le aree visibili dell'asse (1) per verificare la presenza di segni di danni come bave, bordi rialzati, rientranze taglienti, segni di impatti, surriscaldamento, sfregamento, corrosione e danni alla vernice
- L'interfaccia tra il mozzo della ruota e l'asse deve essere controllata per verificare la presenza di segni di movimento sull'asse, indicati da segni di vernice sull'interfaccia ruota/asse rotti e da particelle metalliche sull'interfaccia.

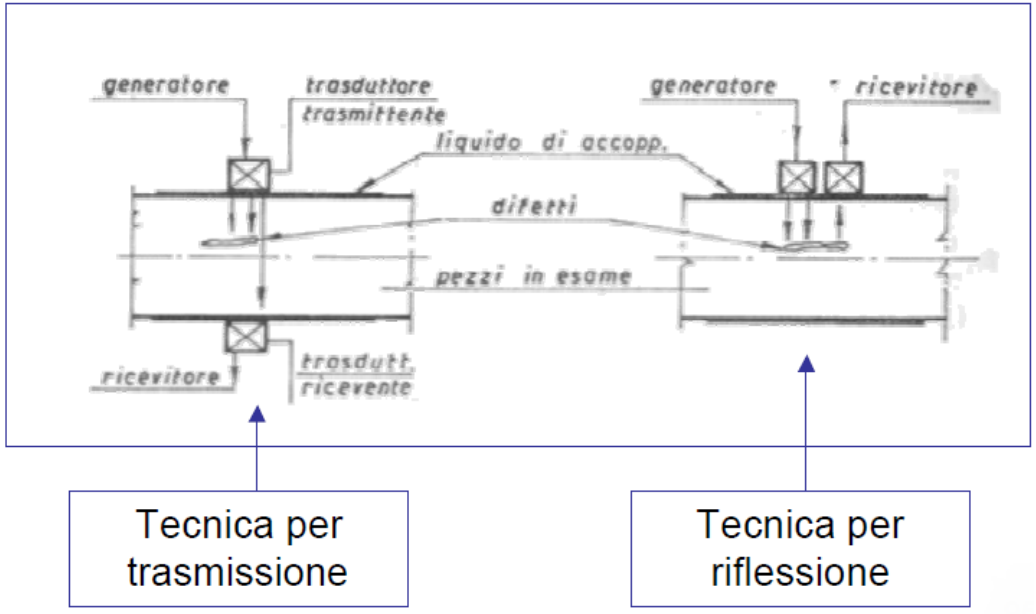


Controlli non distruttivi – Ultrasuoni

Gli ultrasuoni sono, onde che si trasmettono nei corpi solidi, producendo nelle loro molecole oscillazioni elastiche attorno all'originaria posizione di equilibrio.

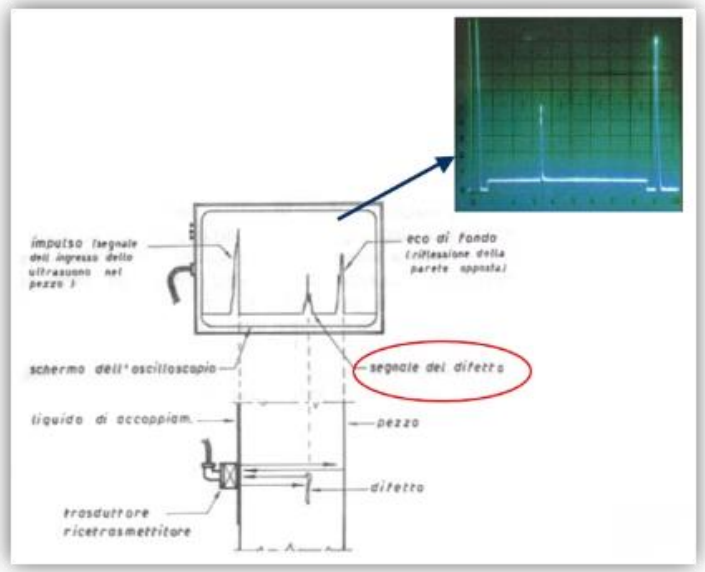
Gli ultrasuoni generati vengono trasferiti direttamente nel materiale da controllare grazie al semplice accostamento del generatore (trasduttore) alla superficie del pezzo.

Il fascio d'onde ultrasonore si propaga nel materiale da esaminare con la stessa frequenza del generatore e con una velocità che dipende dal materiale attraversato.



Schema di funzionamento dell'esame ad ultrasuoni

- Il segnale di partenza degli ultrasuoni (eco di partenza)
- Il segnale di riflesso dalla superficie opposta a quella d'entrata (eco di fondo)
- I segnali generalmente vengono visualizzati sullo schermo dello strumento con dei picchi, la cui distanza risulta proporzionale al tempo che gli ultrasuoni impiegano per percorrere il viaggio di andata e di ritorno dalla sonda alla superficie riflettente presente all'interno del materiale.
- Se durante tale percorso il fascio ultrasonoro incontra delle discontinuità esse fungono da riflettori, e sullo schermo, tra i due precedenti picchi (eco di partenza ed eco di fondo), ne compariranno degli altri che rappresentano delle indicazioni relative al tipo di discontinuità incontrate.

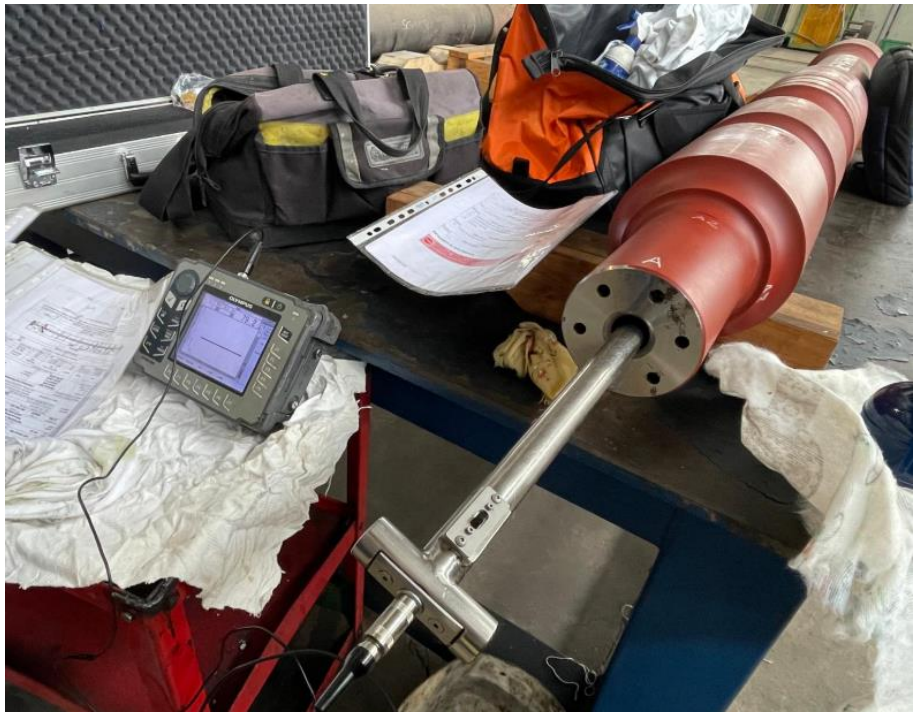




Prove di funzionalità annuali – CND assili

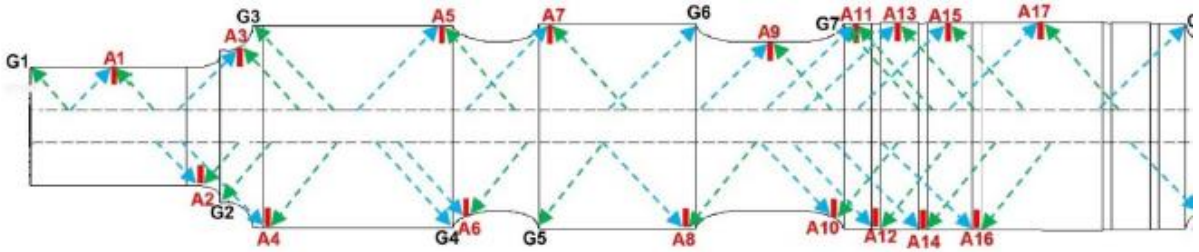










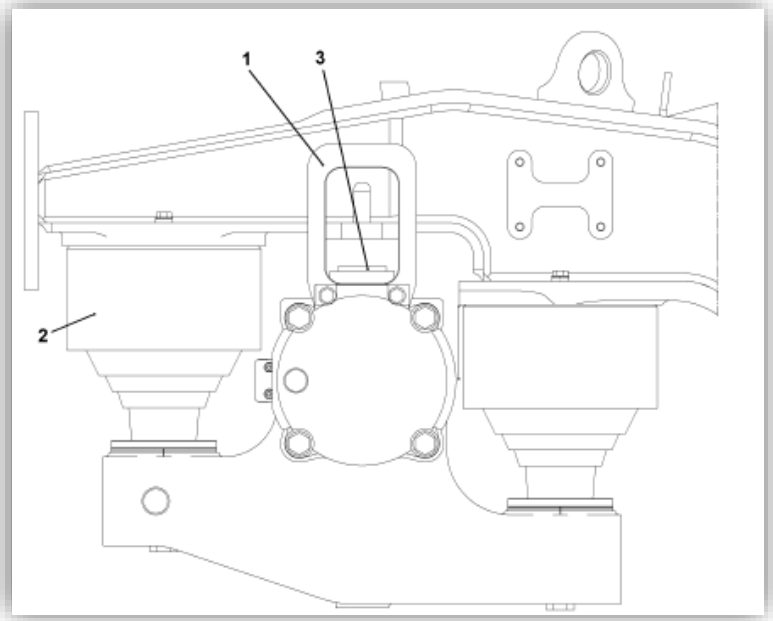


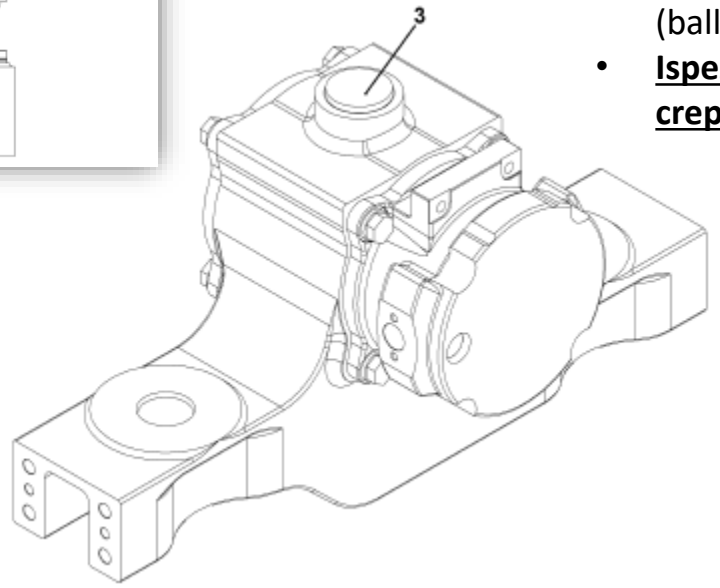


- Questo dispositivo è dotato di due sonde angolari inserite in una testa rotante che permette di ispezionare l'asse dall'interno
- Per controllare la posizione della sonda, l'impugnatura è incisa con due scale di misurazione lineari di colore diverso. La scala rossa mostra la posizione della sonda 1 e quella marrone la posizione della sonda 2

Manutenzione carrello: ispezione visive sospensione primaria

Scheda di manutenzione carrello-ispezione visiva sospensione primaria





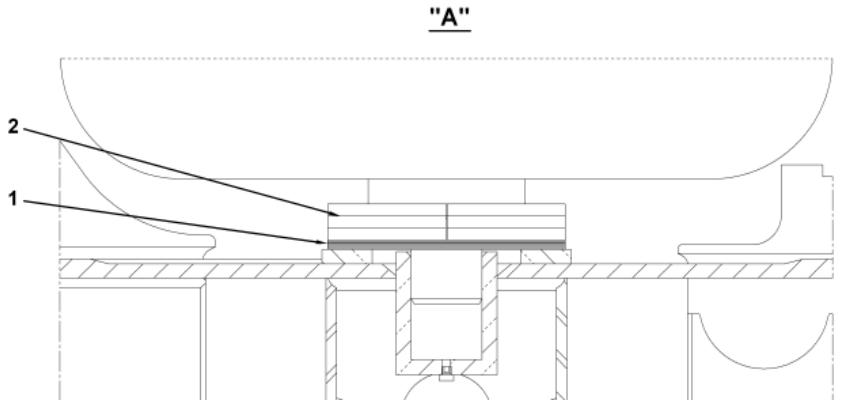
Istruzioni controllo sospensione primaria

- Verificare che il fermo di compressione (3) sia presente. In caso contrario, montarne uno nuovo
- Controllare la brida di sollevamento (1) per verificare la presenza di urti, crepe, fratture e dispositivi di fissaggio allentati. Se vengono riscontrati dei danni, sostituirla
- Ispezionare visivamente le molle della sospensione primaria (2) per verificare la presenza di depositi di materiale compatto e/o abrasivo (catrame, sabbia, ghiaia, limatura, ecc.) e corpi estranei intrappolati (ballast, trucioli, ecc.). Se necessario, pulire con sapone alla glicerina (S1).
- **Ispezionare visivamente le molle per verificare la presenza di impatti, crepe, fratture e dispositivi di fissaggio allentati**.

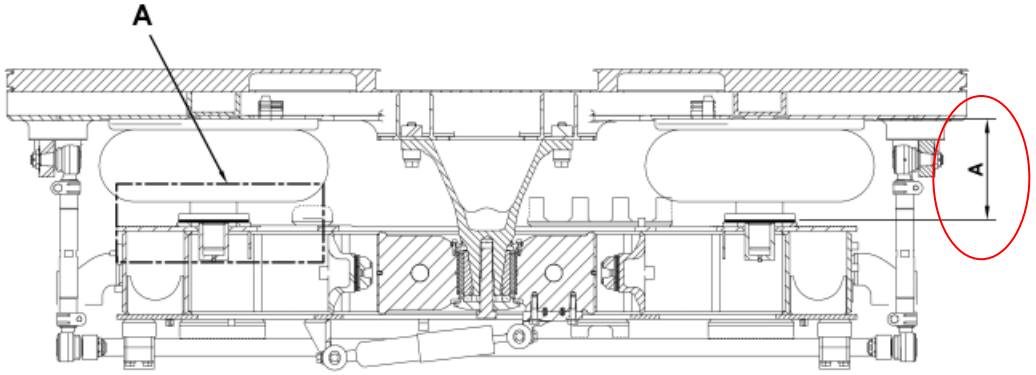


Sospensione Secondaria: misurazione dell'altezza

			Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-04-001	X	Sospensione Secondaria – Misurazione dell'Altezza			X							
BOG-04-002		Sospensione Secondaria – Ispezione Dettagliata dell'Airbag			X							
BOG-04-003		Sospensione Secondaria – Misurazione dell'Altezza dell'Air Bag da Sgonfio						X				
BOG-04-005		Sospensione Secondaria – Revisione del Gruppo Antirollio								X		
BOG-04-006		Sospensione Secondaria – Sostituzione dell'Ammortizzatore Verticale									X	
BOG-04-007		Sospensione Secondaria – Sostituzione dell'Ammortizzatore Trasversale									X	
BOG-04-010		Sospensione Secondaria – Revisione dell'Air Bag								X		



Sospensione Secondaria – Misurazione dell'Altezza



Attività per la misurazione dell'altezza

Si controlla che la distanza tra la piastra di supporto della molla pneumatica e la cassa sia di un valore accettabile rispetto ai valori di progetto.

Se cosi non fosse si va a regolare l'altezza della sospensione secondaria con azioni:

1. **Regolare la valvola livellatrice**
2. **Inserire degli spessori di compensazione**



Sospensione Secondaria: ispezione visiva

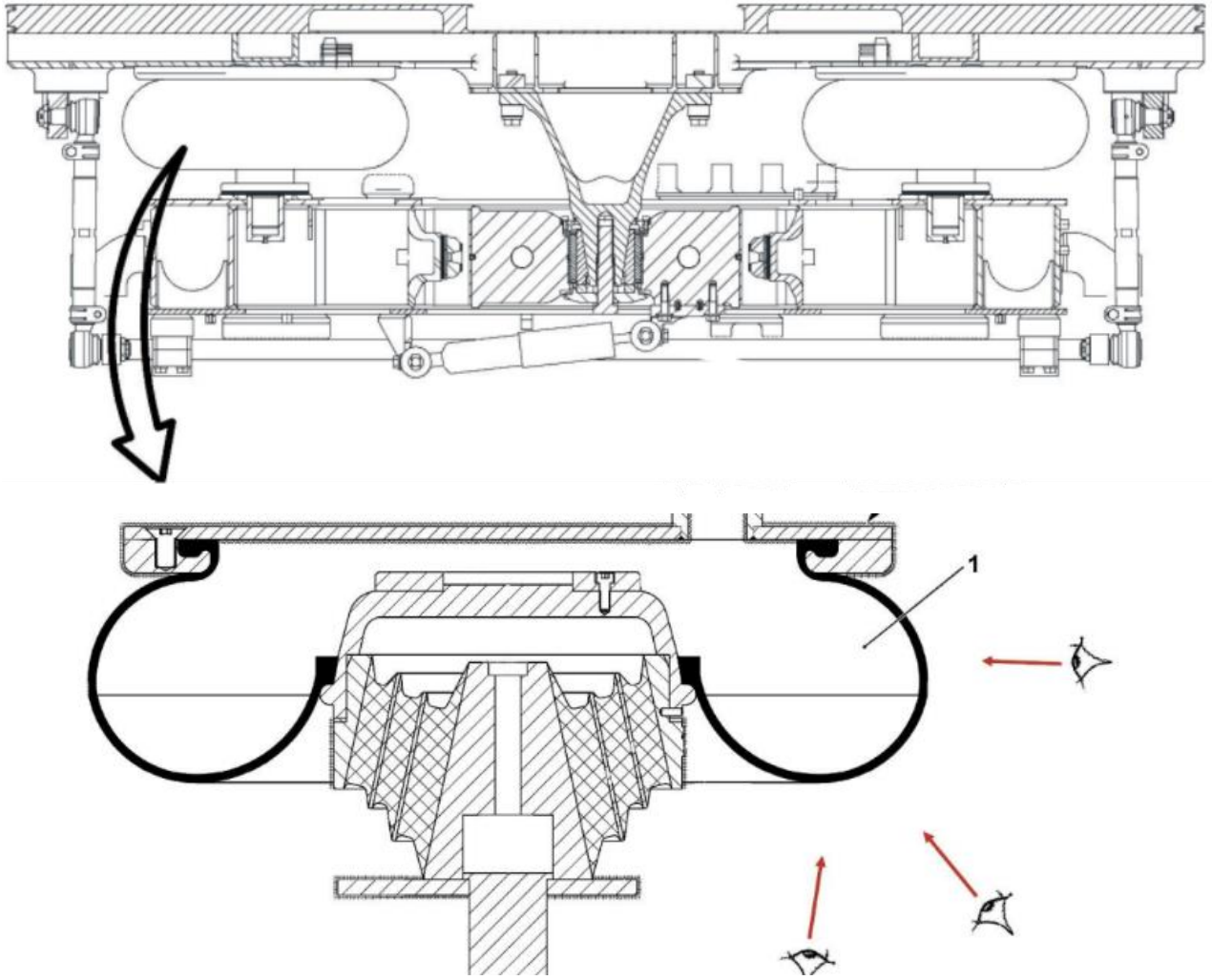
Ispezione Visiva

Verificare attentamente le zone visibili della molla pneumatica per individuare corpi estranei tra il soffietto di gomma e la piastra superiore, rimuovendoli immediatamente se presenti.

Pulizia Appropriata

Registrazione

È fondamentale registrare tutti i danni rilevati durante l'ispezione per facilitare i controlli futuri e pianificare eventuali sostituzioni. La documentazione accurata è parte integrante del processo di manutenzione.





Valutazione di Sfregamenti, Tagli e Rigonfiamenti

Sfregamenti - abbrasioni

Abrasioni o crepe poco profonde limitate allo strato esterno permettono alla molla di rimanere in servizio fino alla successiva ispezione programmata.

Danni da Taglio

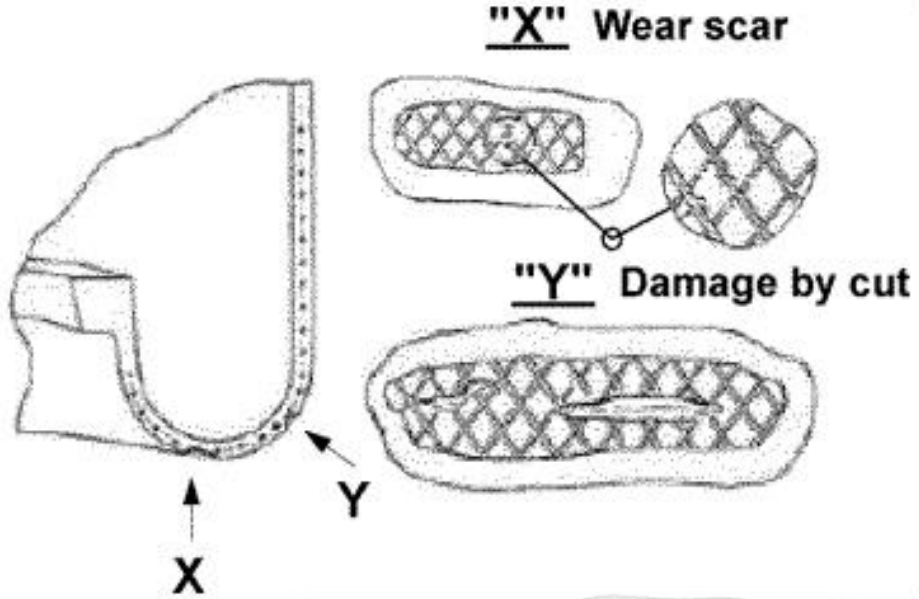
Quando la struttura del tessuto risulta esposta, forata o sfilacciata, è obbligatoria la sostituzione immediata della molla pneumatica.

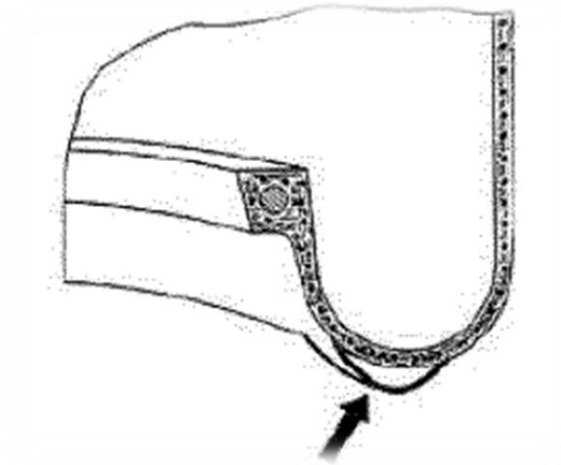
Rigonfiamenti Locali

La presenza di irregolarità superficiali come rigonfiamenti locali indica sempre una compromissione strutturale che richiede la sostituzione immediata del componente.

Documentazione

Tutti i difetti riscontrati vengono fotografati, misurati e registrati nel sistema di gestione della manutenzione per garantire tracciabilità e pianificazione degli interventi futuri.





Manutenzione sala montata: ruota - ispezione visiva

Piano di manutenzione sala montata:

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-01-001	X	**Ruota – Ispezione Visiva**		X									
BOG-01-002	**X**	**Sala Montata – Controllo dei Parametri**				X							
BOG-01-003	**X**	**Ruote – Controllo della Geometria**			X								
BOG-01-006	X	Sala Montata – Revisione										X	
BOG-01-008	X	Ruote- Misurazione della Resistenza Elettrica										X	
BOG-01-011		Sala Montata – Sostituzione del Cuscinetto											X

TABELLA DELLE FREQUENZE

Intervallo			Frequenza	Unità	Tolleranza	Offset
Ciclo corto	Controllo di sicurezza	VS	30	giorni	±20 %	-
	Manutenzione leggera	B	45000	km	±20 %	-
		C	180000	km	±10 %	-
		D	360000	km	±10 %	-
Ciclo medio/lungo	Manutenzione intermedia	RI	720000	km	±10 %	-
	Revisione generale	RG	1440000	km	±5 %	-
		2RG	2880000	km	±5 %	-
	Revisione sala montata	W-R	1000000	km	±5 %	-
		W-2R	2000000	km	±5 %	-

Ruota – Ispezione Visiva

Consiste in una ispezione dello stato delle ruote dove si valuta visivamente se ci sono difetti del tipo :

1. Sfaccettature
2. Sfogliature
3. Scheggiature-cavità





Sfaccettature



Sfogliature

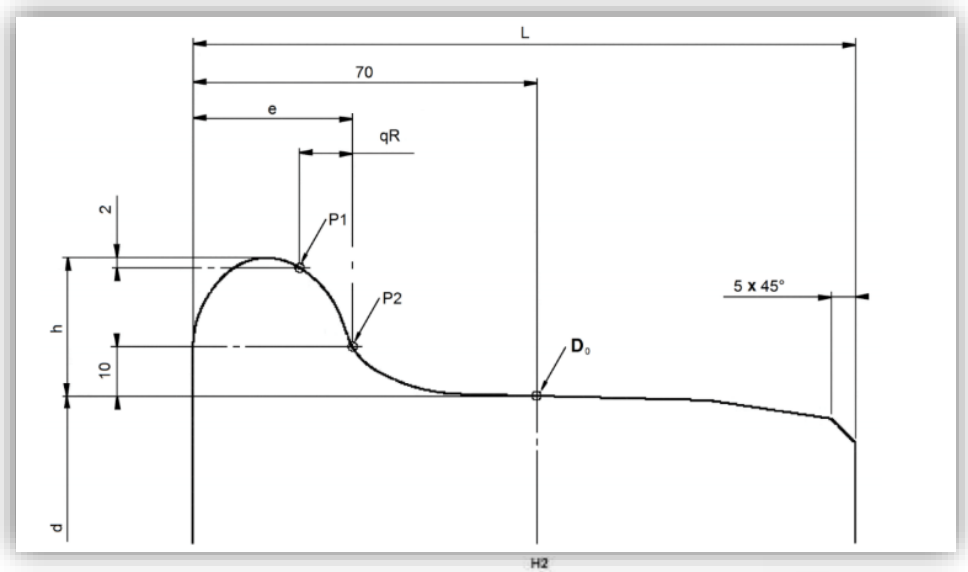


Cavità

Manutenzione sala montata: ruota- controllo della geometria

Piano di manutenzione sala montata:

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-01-001	X	**Ruota – Ispezione Visiva**		X									
BOG-01-002	**X**	**Sala Montata – Controllo dei Parametri**				X							
BOG-01-003	**X**	**Ruote – Controllo della Geometria**			X								
BOG-01-006	X	Sala Montata – Revisione										X	
BOG-01-008	X	Ruote- Misurazione della Resistenza Elettrica										X	
BOG-01-011		Sala Montata – Sostituzione del Cuscinetto											X



Ruote – Controllo della Geometria

In due punti diversi della circonferenza della ruota, misurare e registrare i parametri seguenti:

1. Spessore del bordino della ruota (e)
2. L'altezza del bordino (h)

Utilizzando un calibro di misurazione dello spessore e dell'altezza della flangia o un profilometro laser







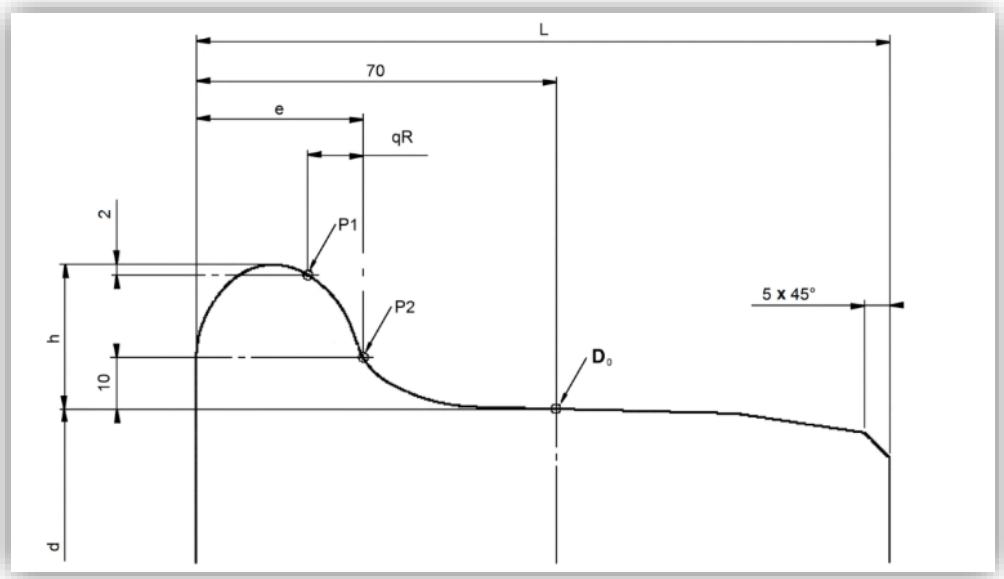


Manutenzione sala montata: ruota- controllo della geometria

Ruota - controllo della geometria

Quote profilo ruota (***rif. EN-15313 Railway applications - In-service wheelset operation requirements - In-service and off-vehicle wheelset maintenance***)

- h **Altezza del bordino**, calcolata tra il circolo di rotolamento ed il punto terminale del bordino
- **e Spessore (o grossezza) del bordino**, calcolato come distanza tra la faccia interna ruota ed il punto P2
- qR **indice di pendenza della faccia attiva della flangia**, calcolata come distanza tra le proiezioni verticali dei punti **P1** e **P2**.Questa quota è pari a 10,5 mm in un profilo nuovo e non deve scendere al di sotto di 6,5 mm. Una volta raggiunto tale valore, il profilo ruota usurato deve essere ri-tornito;
- **L larghezza della ruota**, distanza tra faccia interna ed esterna;



d [a] (mm)	$d \leq 630$	$630 < d \leq 760$	$760 < d$
h mínima (mm)	31,5	29,5	27,5
h máxima (mm)	36,0		

a Diámetro de la rueda (dimensión real).

d [a] (mm)	$d \leq 760$	$760 < d \leq 840$	$840 < d$
e mínima [b, c] (mm)	27,5	25,0	22,0
e máxima [b] (mm)	33,0		

a Diámetro de la rueda (dimensión real).
b Esto no se aplica a los ejes montados con pestañas de rueda reducidas o ejes montados sin pestañas de rueda que no están implicados en la guía del carril.
c En todos los casos, el valor de "a2" debe estar dentro de las tolerancias.

Manutenzione sala montata : controllo dei parametri

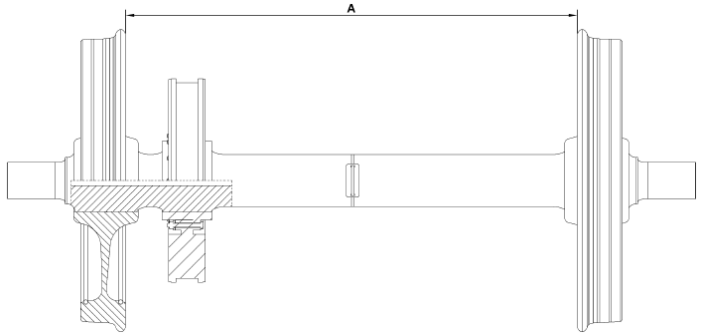
Piano di manutenzione sala montata:

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-01-001	X	**Ruota – Ispezione Visiva**		X									
BOG-01-002	**X**	**Sala Montata – Controllo dei Parametri**				X							
BOG-01-003	**X**	**Ruote – Controllo della Geometria**			X								
BOG-01-006	X	Sala Montata – Revisione										X	
BOG-01-008	X	Ruote- Misurazione della Resistenza Elettrica										X	
BOG-01-011		Sala Montata – Sostituzione del Cuscinetto											X

Posizione	NOMENCLATURA
1	Superficie esterna corona
2	Corona
3	Foro di trascinamento
4	Disco centro ruota o cartella
5	Mozzo
6	Corona – cerchione
QUOTE	
D	Diametro circolo di rotolamento
Dc	Diametro esterno corona
L	Larghezza cerchione
L1	Larghezza mozzo
L2	Larghezza corona
Dm	Diametro foro calettamento

Sala montata – controllo dei parametri:

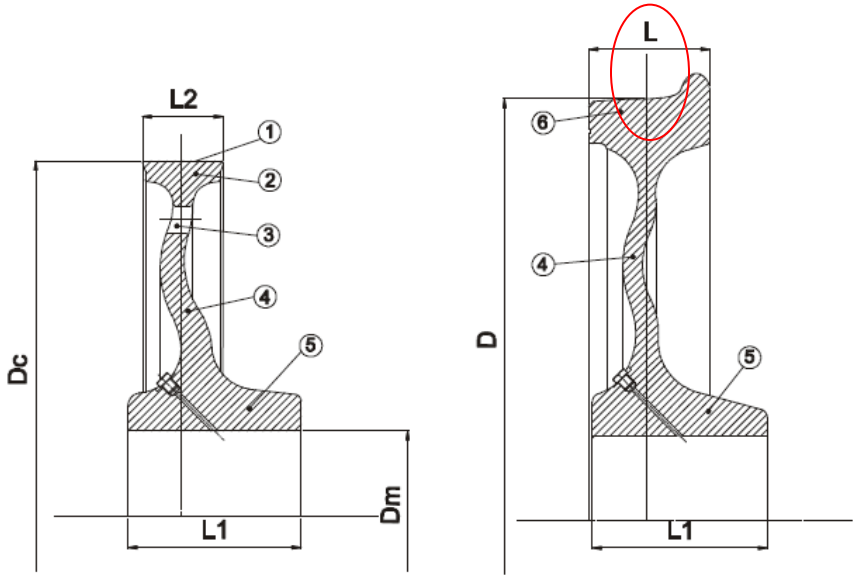
1. Scartamento interno : min.1357 mm max.1363 mm
2. Diametro della superfice di rotolamento
3. Controllare le differenze massime ammesse tra i diametri misurati in corrispondenza del diametro di rotolamento
4. Controllare l'eccentricità assiale e radiale delle ruote utilizzando un tornio



- **La differenza massima tra diametri misurati può essere:**
1. Max 1 mm tra ruote della stessa sala montata
2. Max 6 mm tra ruote dello stesso carrello
3. Max 20 mm tra le ruote della stessa vettura

- **Eccentricità assiale max : 1mm**
- **Eccentricità radiale a 70 mm dal diametro di rotolamento :**

1. D> 840 mm eccentricità max 1mm
2. D<840 mm eccentricità max 0,7 mm



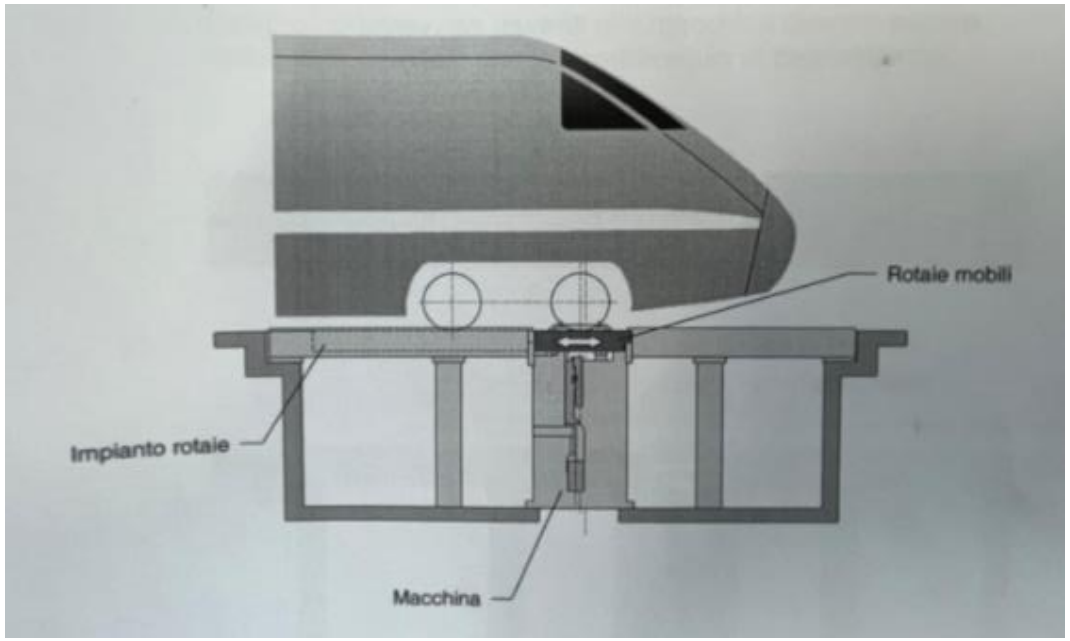
Riprofilatura ruote

Tornio

Il **tornio in fossa** è una variante del tornio convenzionale. La caratteristica distintiva di questo macchinario è la sua configurazione: la parte inferiore del tornio è installata in una fossa nel pavimento dell'officina, da cui deriva il nome.

La struttura di base di un tornio in fossa comprende:

- **La fossa**: ovvero una cavità nel pavimento che ospita parte del macchinario e consente l'accesso alla parte inferiore del pezzo da lavorare;
- **L'impianto rotaie**: rotaie lungo le quelli il treno si muove
- **Rotaie mobili:** rotaie in grado di traslare mediante un azionamento idraulico
- **I rulli**: che consentono il centraggio e la rotazione della sala montata da tornire
- **La macchina:** che contiene il mandrino principale e il sistema di trasmissione





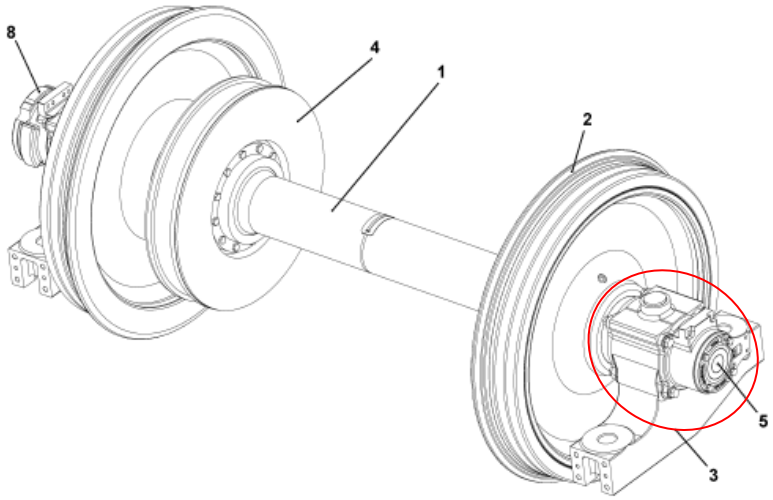
Manutenzione sala montata: sostituzione cuscinetto

Piano di manutenzione sala montata:

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-01-001	X	**Ruota – Ispezione Visiva**		X									
BOG-01-002	**X**	**Sala Montata – Controllo dei Parametri**				X							
BOG-01-003	**X**	**Ruote – Controllo della Geometria**			X								
BOG-01-006	X	Sala Montata – Revisione										X	
BOG-01-008	X	Ruote- Misurazione della Resistenza Elettrica										X	
BOG-01-011		**Sala Montata – Sostituzione del Cuscinetto**											X



Sala montata – sostituzione del cuscinetto:







Manutenzione dischi freno

Dischi

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-01-014	X	Disco del Freno – Ispezione Visiva		X									
BOG-01-021		**Disco del Freno – Ispezione Dettagliata**				X							
BOG-01-022	**X**	**Disco del Freno (C01) – Controllo dell'Usura**				X							
FRE-01-001		Modulo di Controllo del Freno (B50 e B51) – Revisione								X			
FRE-01-030		Dispositivo di Frenata – Test a Seguito della Revisione								X			
FRE-01-032		Dispositivo di Frenata – Controllo del Funzionamento			X								
FRE-01-033		Modulo di Controllo del Freno (B50 e B51) – Controllo del Funzionamento				X							
FRE-07-001		Pastiglie del Freno (C10) – Controllo dell'Usura			X								
FRE-07-003		Pinze del Freno (C05) – Revisione								X			
FRE-07-004		Pinze del Freno (C03) – Revisione								X			

UNI EN 15313:«Applicazioni ferroviarie - Requisiti per l'impiego in esercizio delle sale montate - Manutenzione delle sale montate in esercizio e fuori opera»

Fratture



Cricche

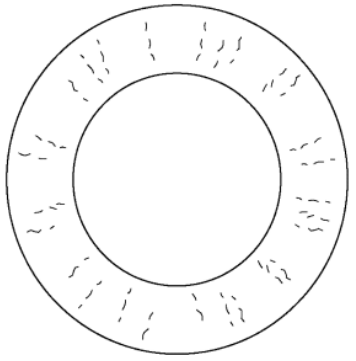


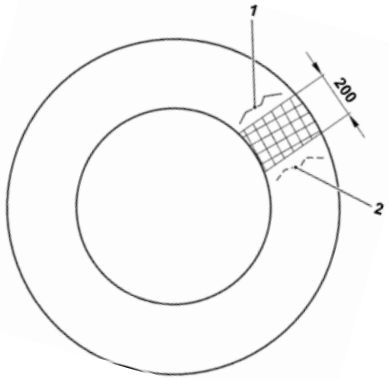
Disco freno - ispezione dettagliata:

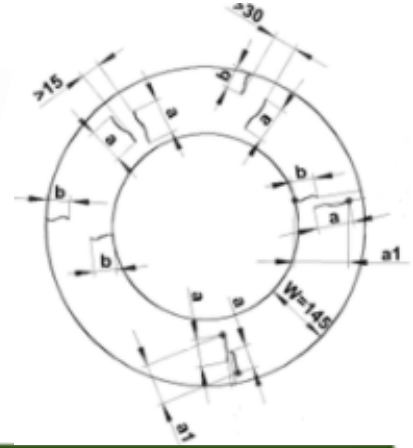
- ***Controllo superfice di attrito*:**

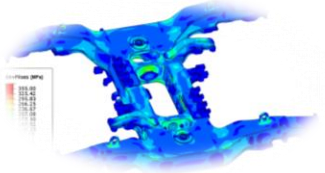
Cricche capillari non ammissibili :

- Lunghezza crepa tipo "a" > 100 mm.
- Lunghezza crepa tipo "b" > 80 mm.
- È obbligatoria una distanza minima di 30 mm dalla successiva cricca capillare allo stadio iniziale accettabile con riserva.
- Le crepe di tipo "a" non devono trovarsi entro 15 mm l'una dall'altra.
- In caso di cricche capillari su un lato dell'anello di attrito, non devono essercene in un'area di 200 mm sul lato opposto della superficie di attrito.



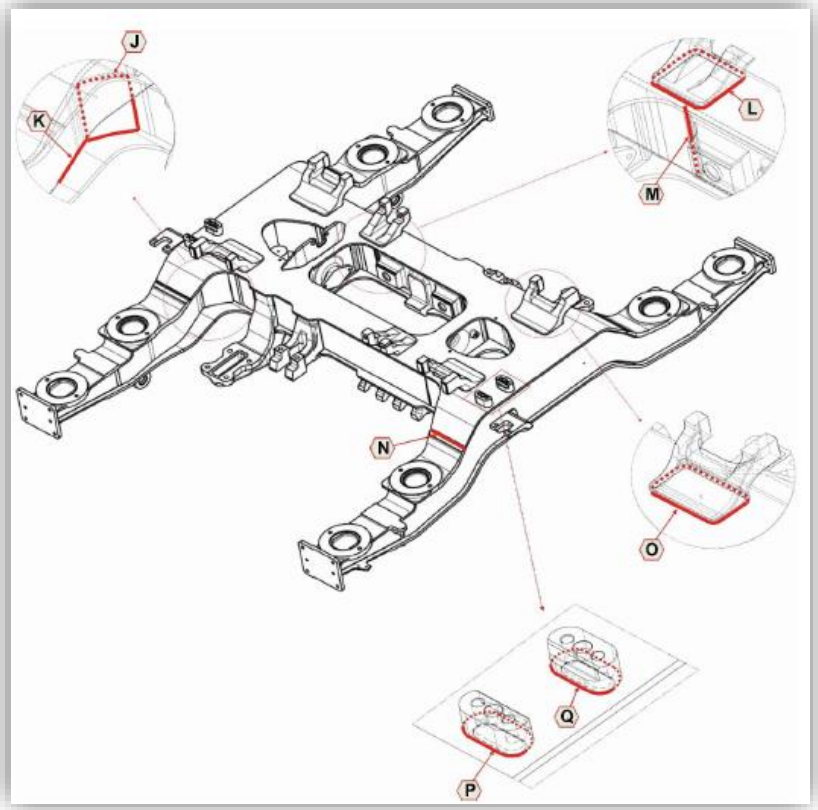






Manutenzione carrello: revisione generale

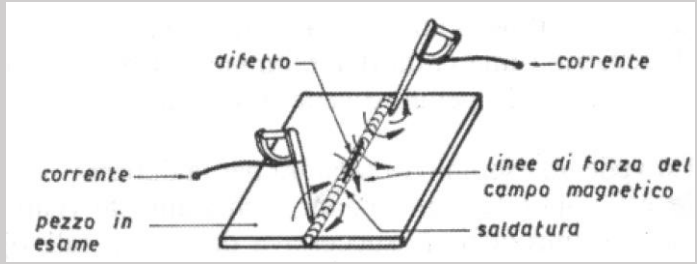
Scheda di manutenzione del carrello – revisione (RG)

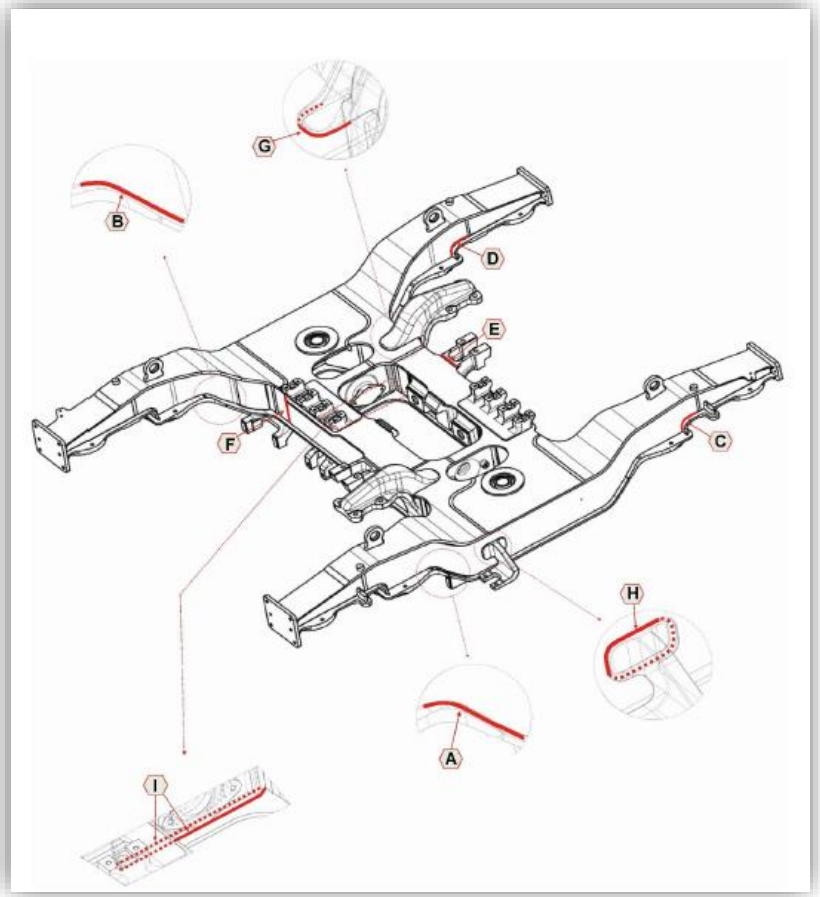


Istruzioni

- Si controllano visivamente i cordoni di saldatura del telaio del carrello e della testata per verificare la presenza di crepe, danni o difetti.
- Se vengono rilevati segni di crepe, si esegue un' ispezione utilizzando il test non distruttivo delle particelle magnetiche (MT).

Il metodo magnetoscopico utilizza la caratteristica del ferromagnetismo, vale a dire la capacità di concentrare il campo per evidenziare le anomalie delle linee di flusso del campo magnetico, nei pressi di un difetto superficiale o sub superficiale. Con tale controllo è possibile evidenziare i difetti su materiali magnetici.

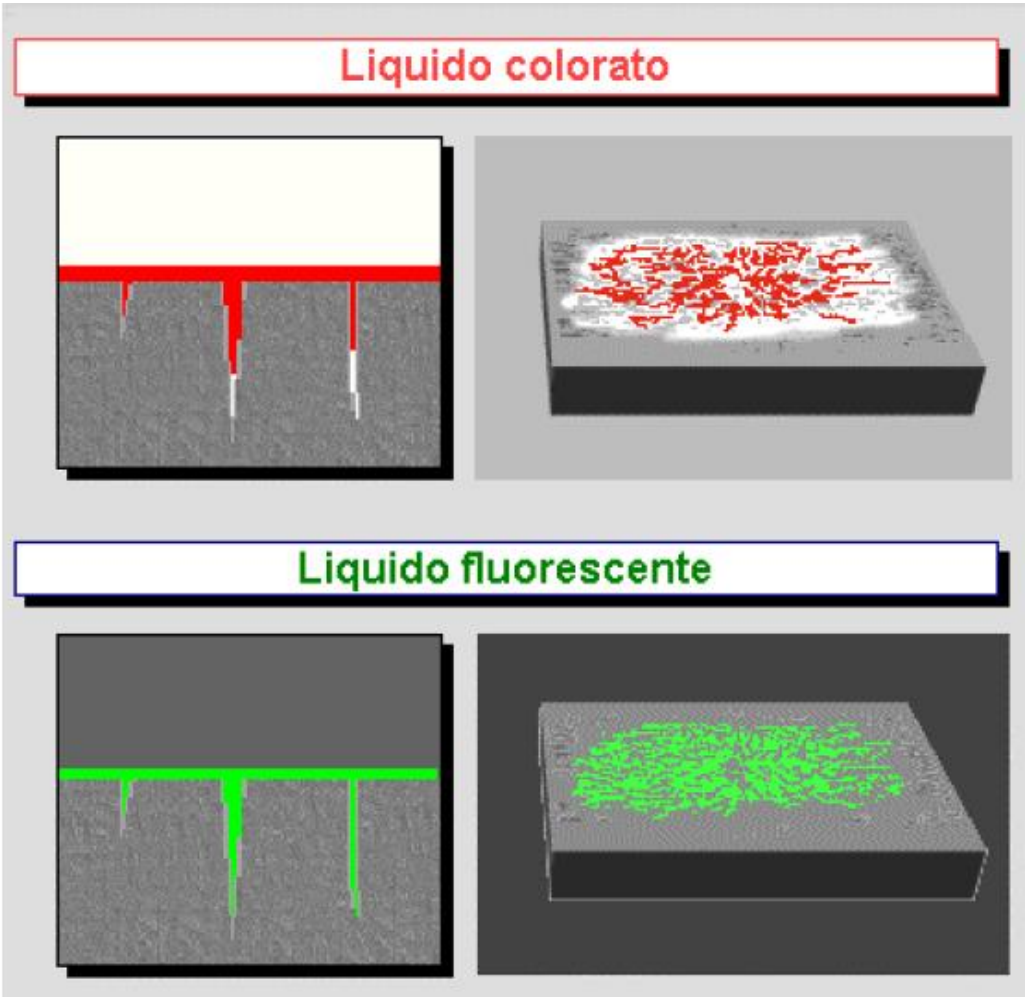






CND- liquidi penetranti

Scheda di manutenzione del carrello – revisione (RG)



L'esame è generalmente effettuato seguendo le fasi successive:

1. Preparazione e pulizia preliminare
2. Applicazione del liquido penetrante
3. Rimozione dell'eccesso di liquido penetrante
4. Applicazione del rivelatore
5. Ispezione
6. Registrazione
7. Pulizia finale

I liquidi penetranti sono costituiti da una soluzione di un forte colorante rosso in solventi organici o da una emulsione di una sostanza fluorescente in acqua contenente tensioattivi.

Cnd alloggiamento cassa carrello











Sistema di sabbiatura

Riempimento del sistema di sabbiatura

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
BOG-06-010	X	Sistema di Sabbiatura – Riempimento della Sabbiera		X									
BOG-06-011		Sistema di Sabbiatura – Controllo del Funzionamento			X								
BOG-06-012		Unità Sabbiere (F05 e F06) – Revisione										X	
FRE-01-003		Modulo Sabbiere (F01) – Revisione								X			
FRE-01-034		Modulo Sabbiere (F01) – Controllo del Funzionamento				X							

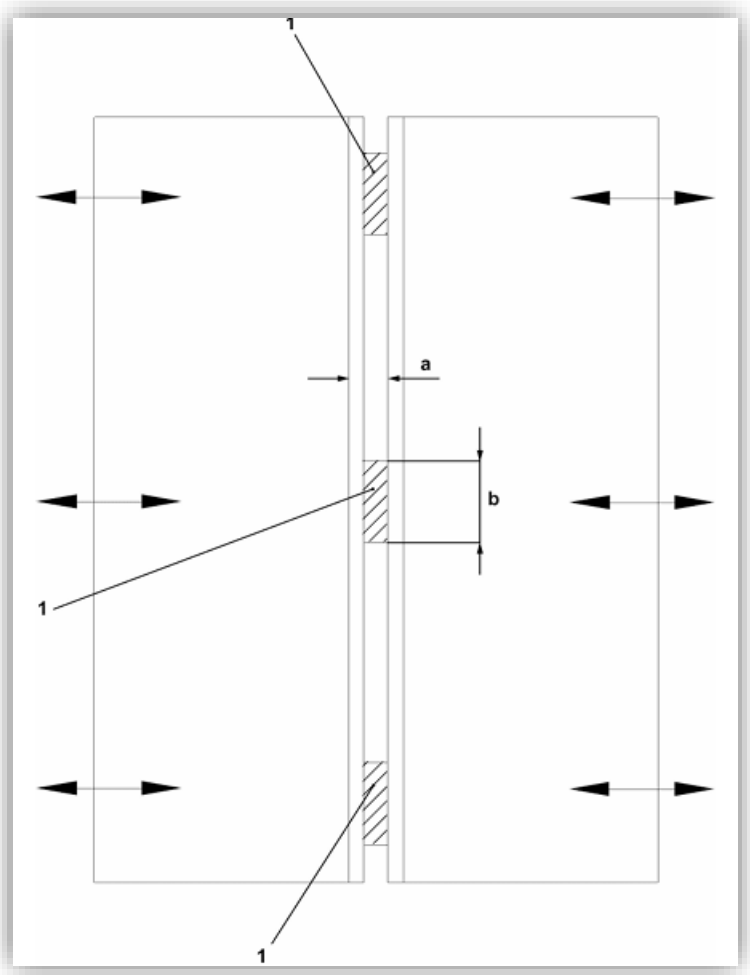




Porte

Piano di manutenzione porte

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
CAB-12-001	X	Porte di Accesso alla Cabina – Ispezione		X									
CAB-12-002		Porte di Accesso alla Cabina – Revisione									X		
PAE-01-001	**X**	**Porte di Accesso per i Passeggeri – Test Funzionali e Controlli di Sicurezza**			X								
PAE-01-002		Porte di Accesso per i Passeggeri – Ispezione Dettagliata				X							
PAE-01-003		Porte di Accesso alla Cabina – Lubrificazione					X						
PAE-01-004		Porte di Accesso Passeggeri – Revisione									X		



CONTROLLO DEL RILEVAMENTO OSTACOLI

Controllo del Rilevamento Ostacoli con Barra di Prova da 30x60 mm

Deve essere effettuato in tre punti:

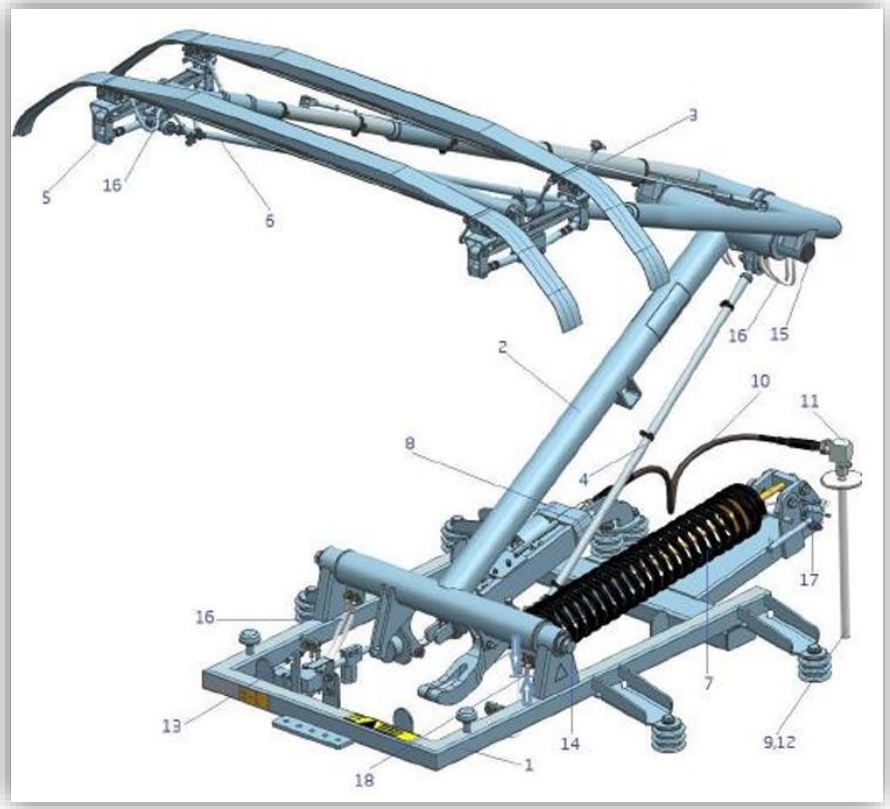
1. Nella parte inferiore
2. Nella parte centrale
3. Nella parte superiore della porta



Pantografo

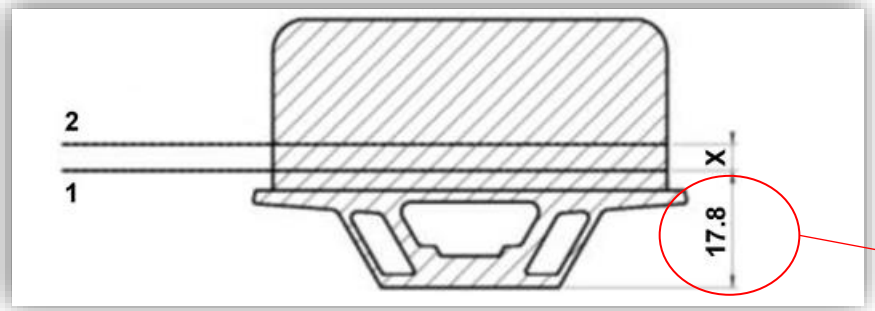
Piano di manutenzione pantografo

Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
				VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
CAT-01-001		**Pantografo – ispezione visiva e controllo dell'usura**		**X**									
CAT-01-002		Pantografo – Pulizia Degli Isolatori				X							
CAT-01-003	**X**	**Pantografo – Verifica Stato e Funzionamento**				X							
CAT-01-004		Pantografo – Lubrificazione				X							
CAT-01-005		Pantografo – Revisione Generale								X			



Ispezione visiva e controllo dell'usura

1. Si controlla visivamente il pantografo
2. Si valuta l'usura degli striscianti :



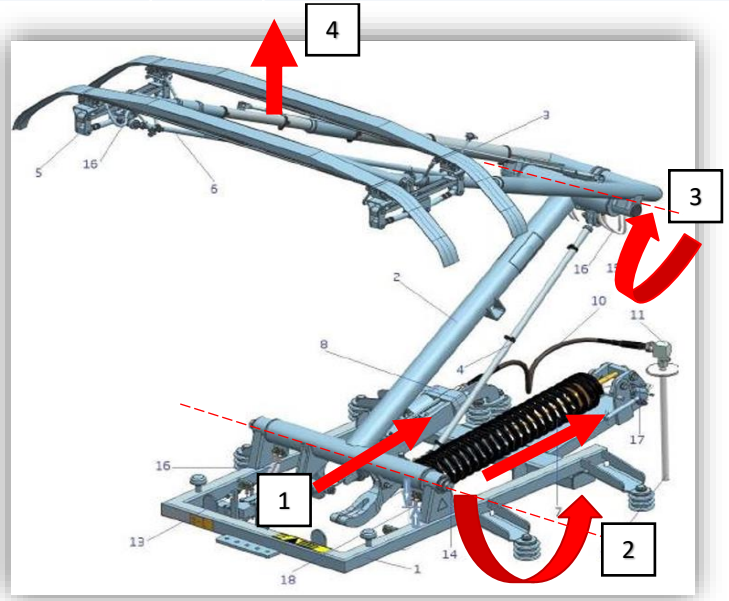
Dimensioni minime dello strisciante

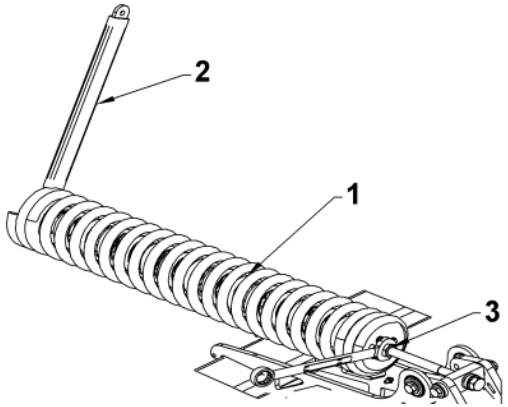


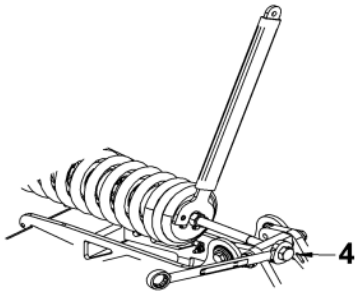
Pantografo

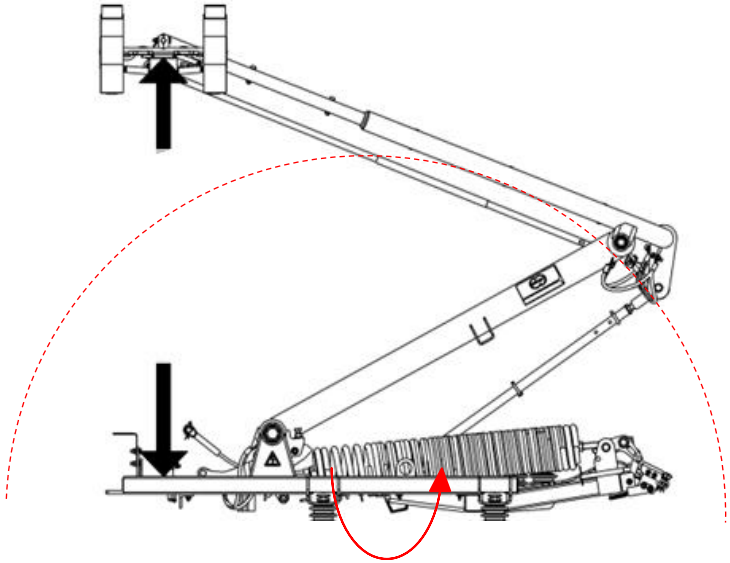
Piano di manutenzione pantografo

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
CAT-01-001		**Pantografo – ispezione visiva e controllo dell'usura**		**X**									
CAT-01-002		Pantografo – Pulizia Degli Isolatori				X							
CAT-01-003	**X**	**Pantografo – Verifica Stato e Funzionamento**				X							
CAT-01-004		Pantografo – Lubrificazione				X							
CAT-01-005		Pantografo – Revisione Generale								X			







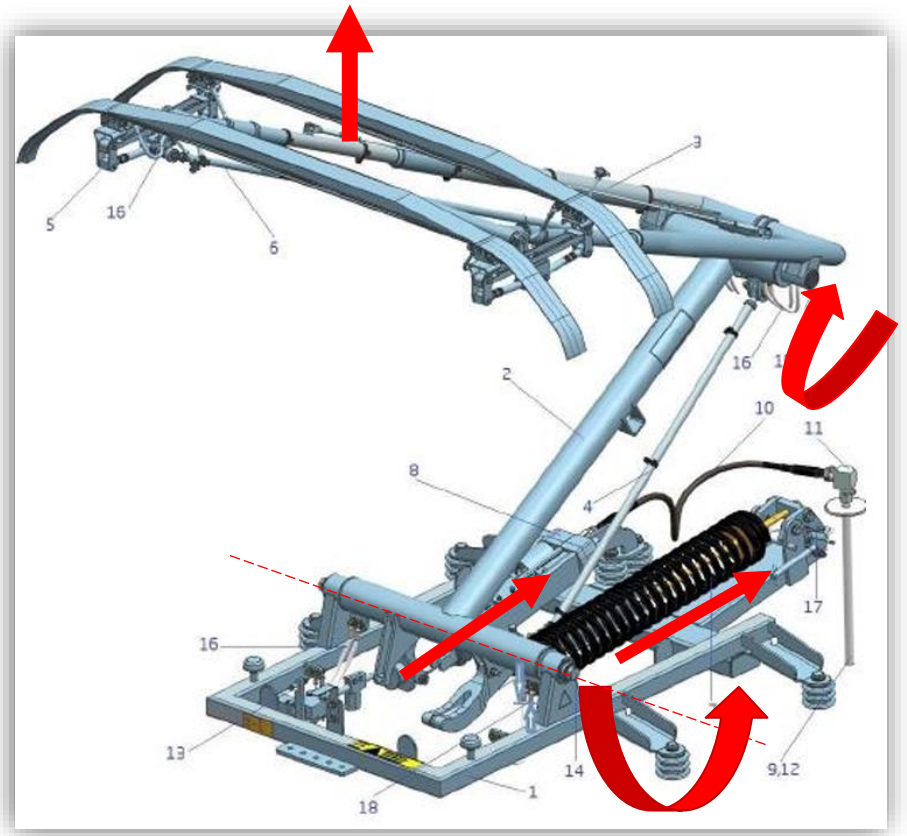


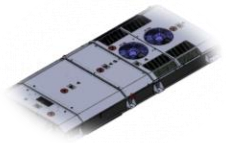


Pantografo

Piano di manutenzione pantografo





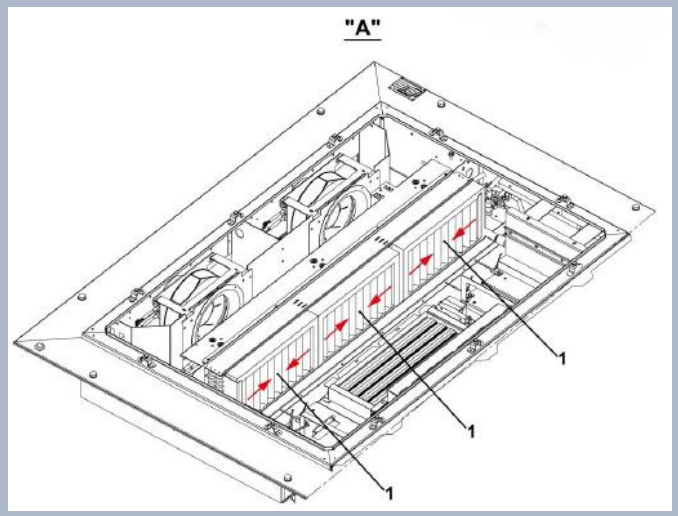


HVAC

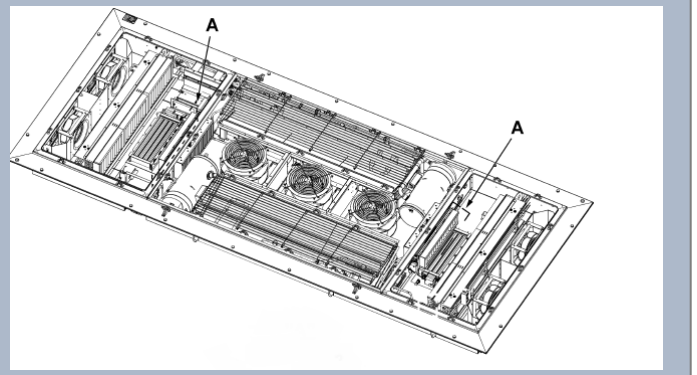
Piano di manutenzione HVAC

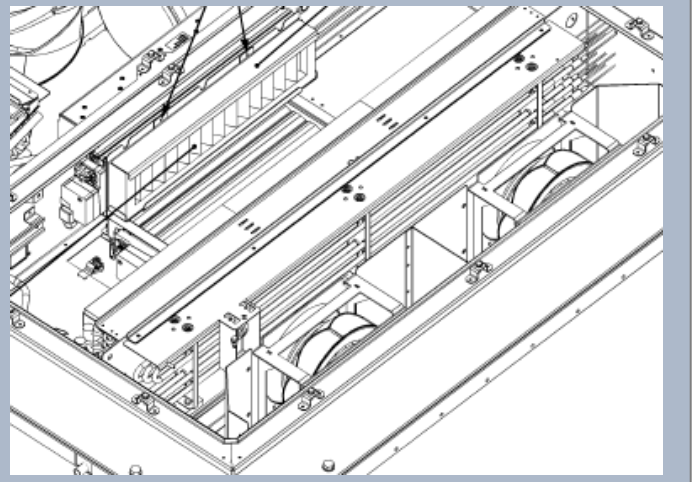
				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
CLS-00-001	X	HVAC Scompartimento – Ispezione				X							
CLS-00-002		**HVAC Scompartimento – Controllo del Funzionamento**				X							
CLS-00-003		HVAC Scompartimento – Pulizia				X							
CLS-00-004	X	HVAC Scompartimento – Revisione								X			
CLS-02-501		**HVAC Scompartimento – Sostituzione del Filtro dell'Aria di Ritorno**		x									
CLS-02-503		**HVAC Scompartimento – Sostituzione del Filtro dell'Aria Esterna**		x									





➢ ***Sostituzione del filtro dell'aria esterna***



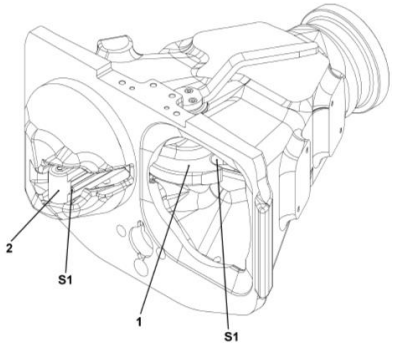




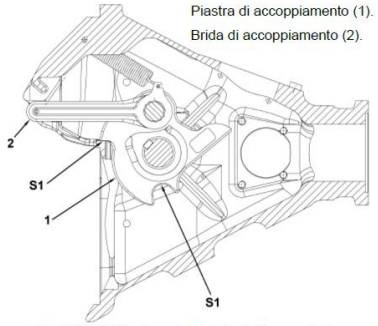
Accoppiatori automatici

Piano di manutenzione accoppiatori automatici

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D	RI	RG	2RG	W-R	W-2R
ENG-01-001	**X**	**Accoppiatore Automatico – Ispezione Visiva**			**X**							
ENG-01-002	**X**	**Accoppiatore Automatico – Verifica delle Coppie di Serraggio**				**X**						
ENG-01-003		**Accoppiatore Automatico – Pulizia e Lubrificazione**				**X**						
ENG-01-004		Accoppiatore Automatico – Revisione							X			
ENG-01-005		**Accoppiatore Automatico – Controllare Funzionamento**				**X**						
ENG-01-006		Accoppiatore Automatico – Controllo Gioco				X						
ENG-01-007		Accoppiatore Automatico – Funzionamento Dispositivo di Allineamento				X						



Piastra di accoppiamento (1).
Brida di accoppiamento (2).



Punti di lubrificazione della testa dell'accoppiatore.

Principali operazioni manutentive su un accoppiatore automatico

- **Ispezione visiva** generale di tutti i componenti, in particolare della **testa dell' accoppiatore**, dei **cilindri di disaccoppiamento** e dei **contatti elettrici della maschera**;
- la **verifica delle coppie di serraggio**, in particolare la verifica del corretto fissaggio del castelletto di trazione alla cassa;
- la pulizia e la **lubrificazione** delle parti mobili, principalmente gli elementi di accoppiamento meccanico quali la **piastra e** la **brida di accoppiamento**;
- **controllo del funzionamento** con la verifica che l'accoppiamento sia avvenuto in modo corretto sia meccanicamente che pneumaticamente.



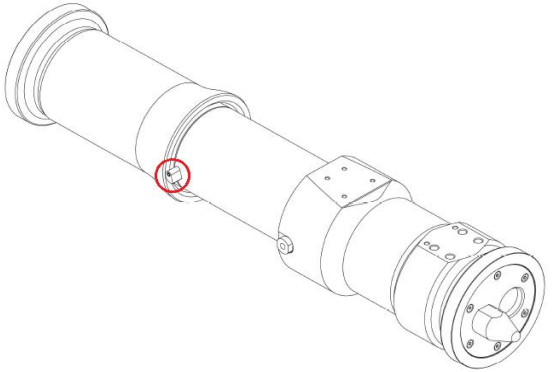


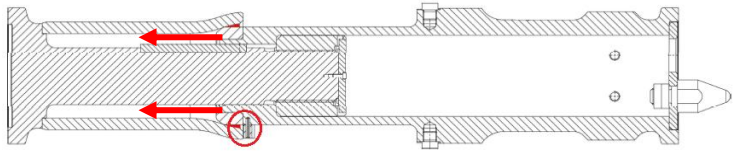


Accoppiatori semipermanenti

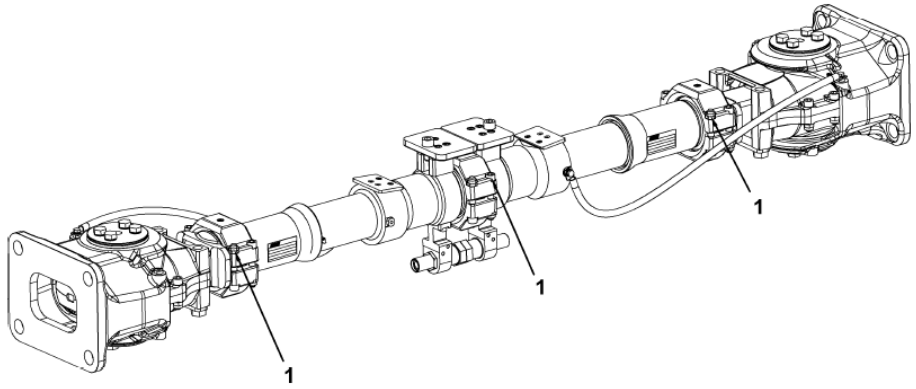
Piano di manutenzione accoppiatori semipermanente

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	**Sicurezza**	**Nome dell'istruzione**	**TU**	**VS**	**B**	**C**	**D**		**RI**	**RG**	**2RG**	**W-R**	**W-2R**
ENG-02-001	**X**	**Accoppiatore Semipermanente – Ispezione Visiva**				**X**							
ENG-02-002	X	Accoppiatore Semipermanente – Verifica delle Coppie di Serraggio				X							
ENG-02-003		Accoppiatore Semipermanente – Lubrificazione e Pulizia				X							
ENG-02-004		Accoppiatore Semipermanente – Revisione								X			





Durante l'ispezione visiva è necessario controllare lo stato e il serraggio delle **flange di collegamento**.





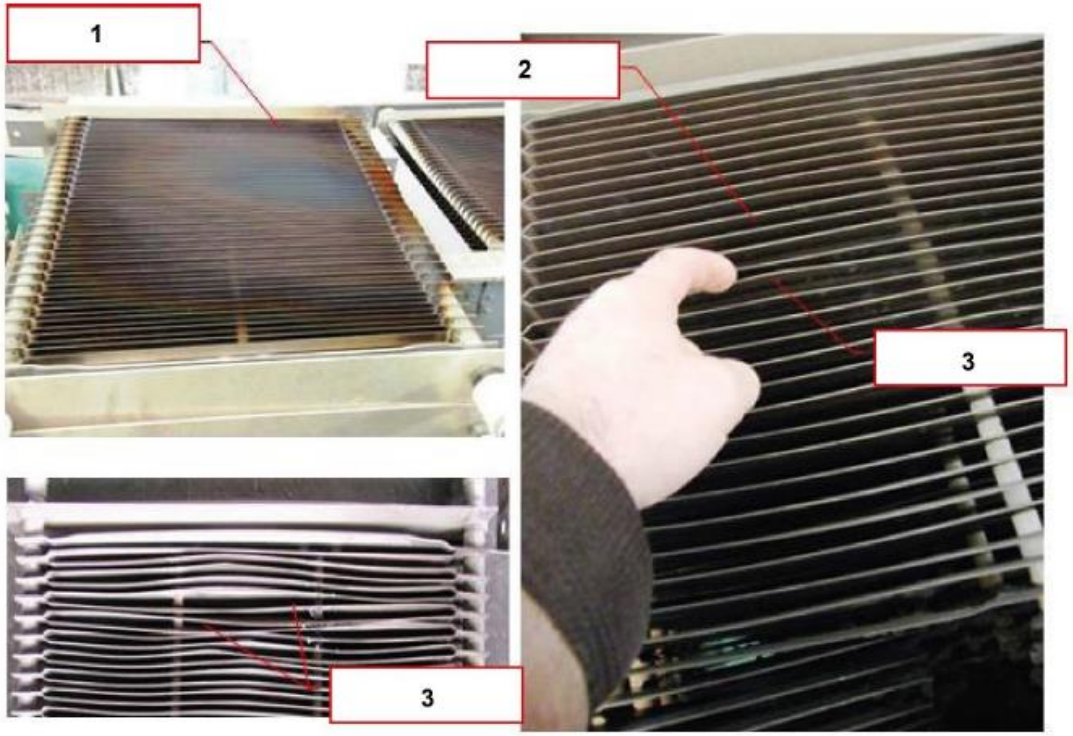
Per l'accoppiatore semipermanente con tubo fusibile è necessario verificare periodicamente lo stato del **pin di sacrificio.**

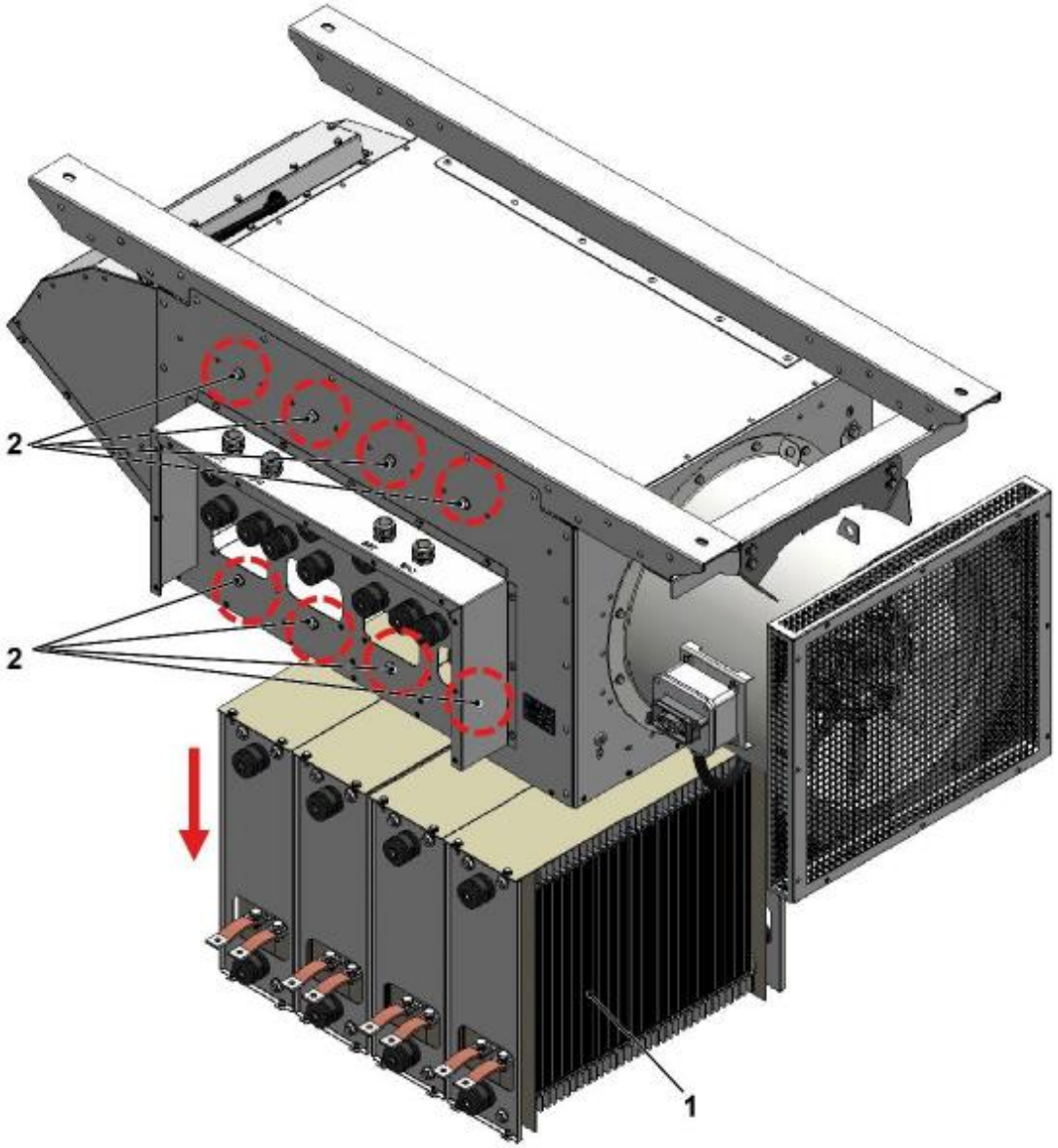


Reostato di frenatura

Piano di manutenzione- Reostato di frenatura

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
TRF-07-002	X	**Resistore del Freno – Ispezione Approfondita**				X							
TRF-07-001		Resistore del Freno – Pulizia				X							
TRF-07-003		Resistore del Freno – Verifica dell'Isolamento e Misurazione delle Resistenze					X						



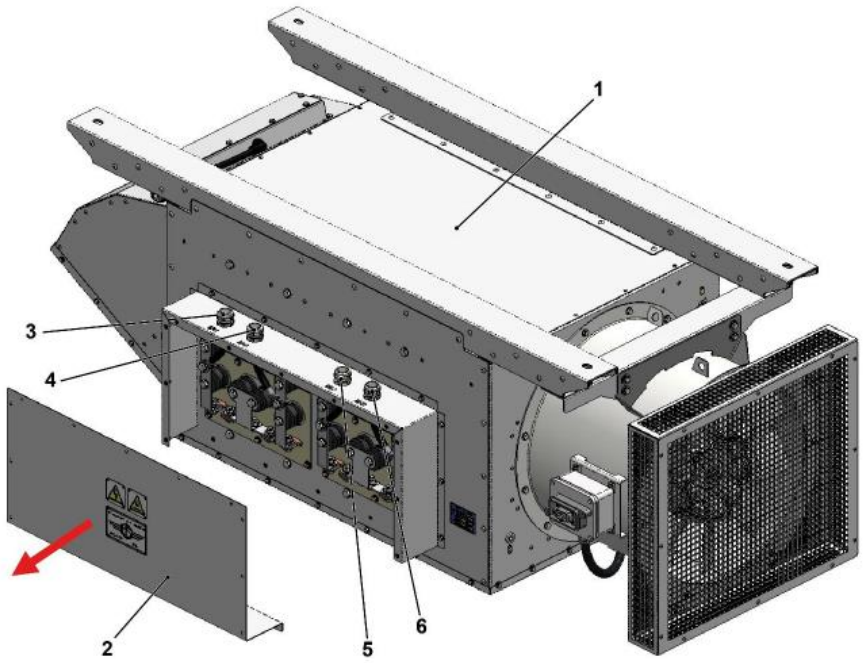


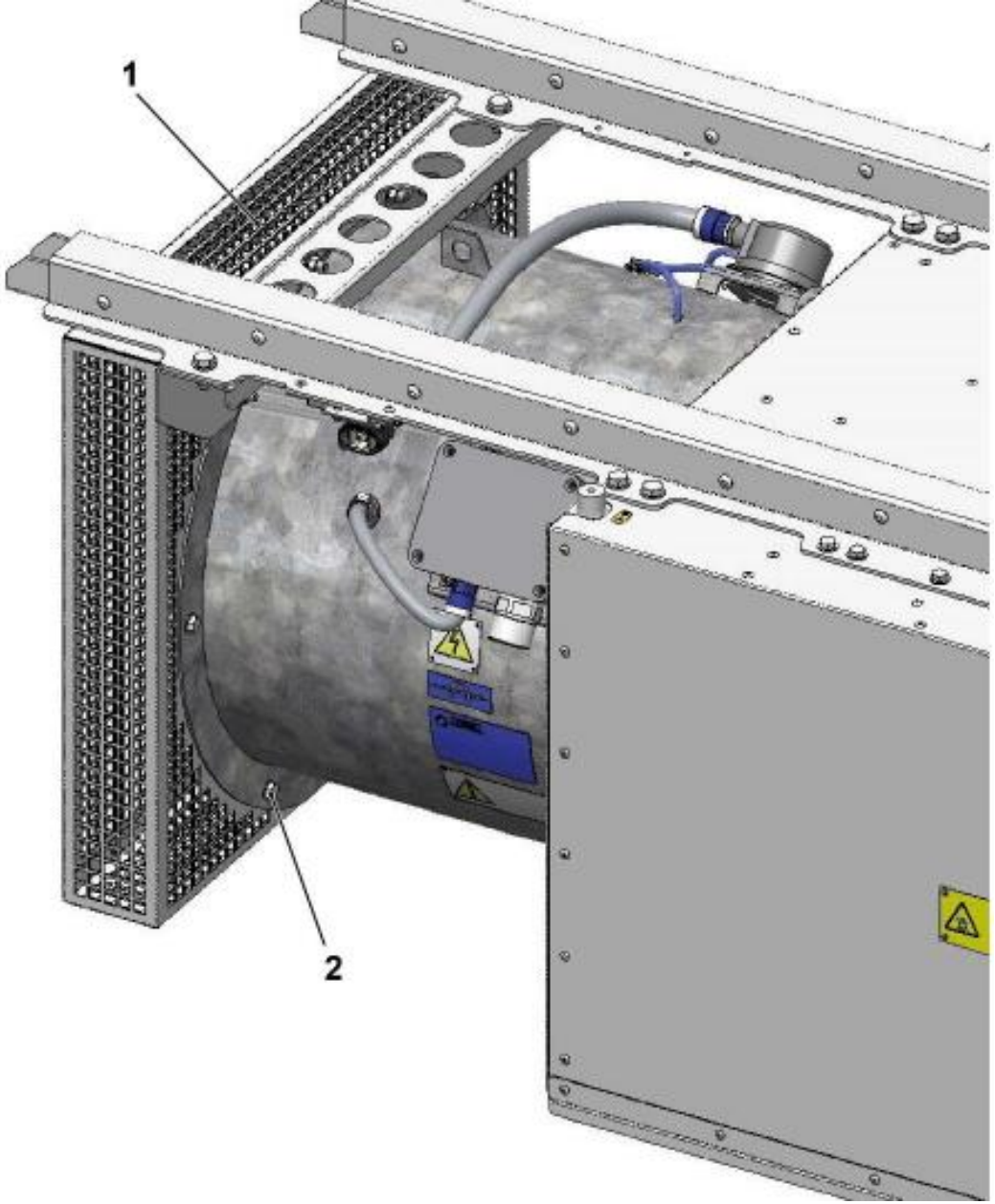


Reostato di frenatura

Piano di manutenzione- Reostato di frenatura

				Ciclo corto					Ciclo medio/lungo				
Codice dell'istruzione	Sicurezza	Nome dell'istruzione	TU	VS	B	C	D		RI	RG	2RG	W-R	W-2R
TRF-07-002	X	Resistore del Freno – Ispezione Approfondita				X							
TRF-07-001		Resistore del Freno – Pulizia				X							
TRF-07-003		Resistore del Freno – Verifica dell'Isolamento e Misurazione delle Resistenze					X						





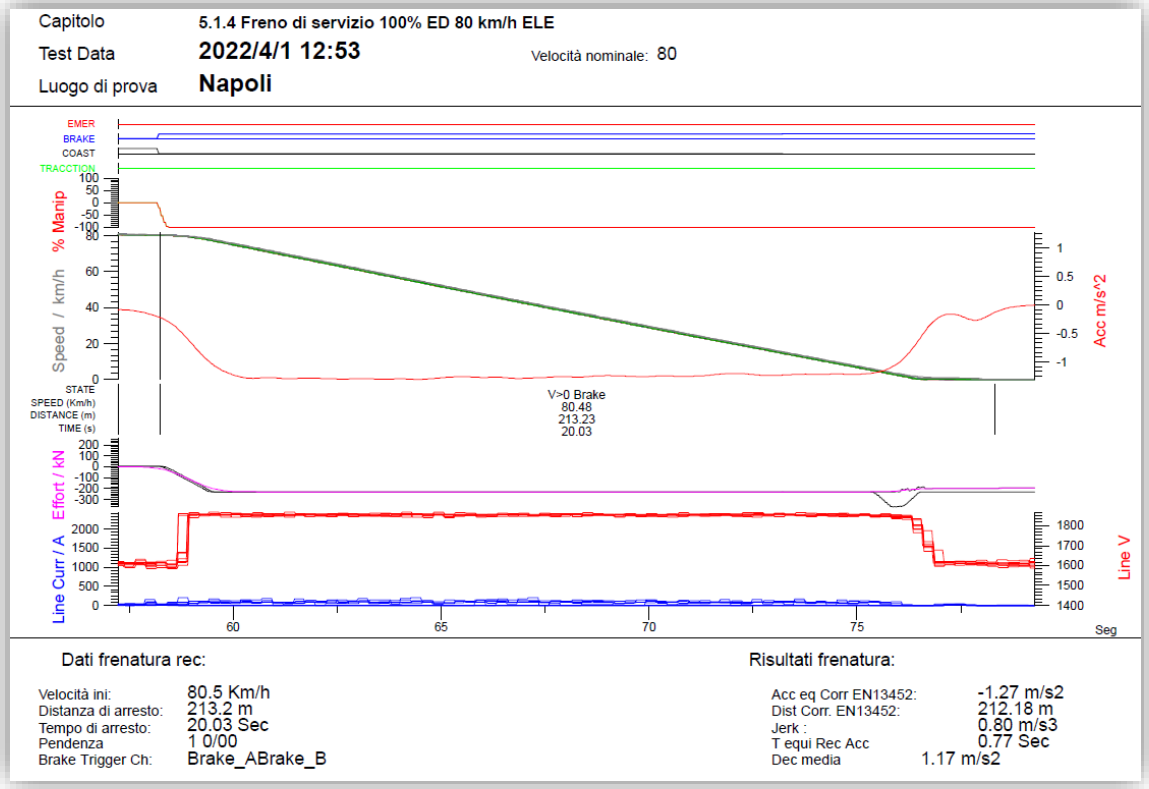


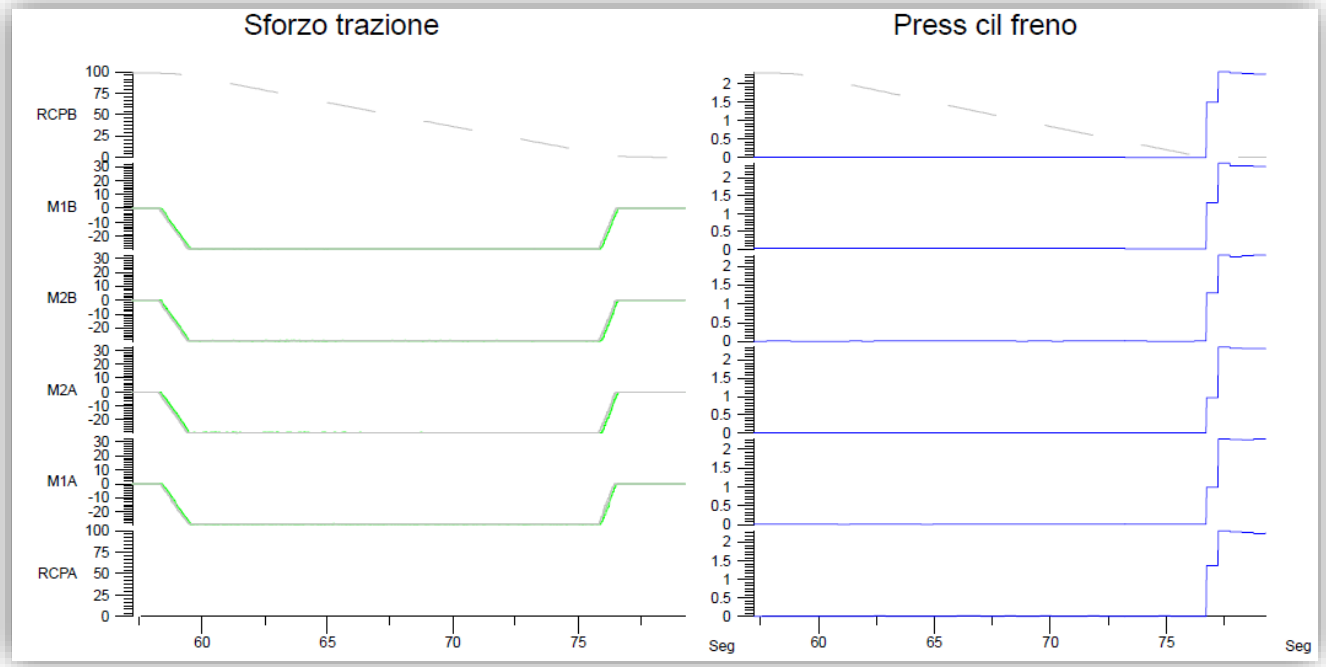
Prove di funzionalità annuali: frenatura di servizio

Prove di efficienza degli impianto freno

- Verifica parametri di arresto a tara per tutti i veicoli

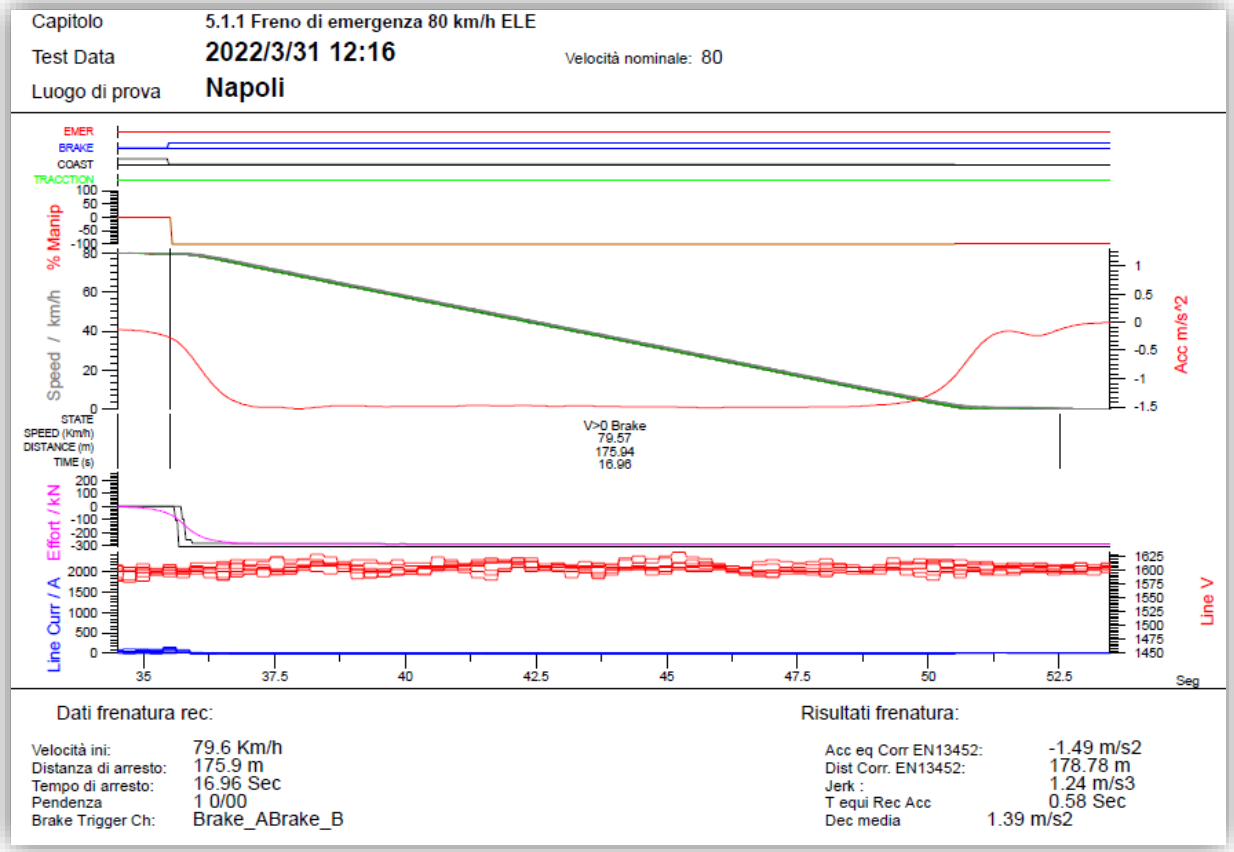
Frenatura di servizio ELE tara								
Pendenza	Freno ED	velocità iniziale km/h	Distanza minima di arresto (m)			Decelerazione equivalente m/s^2	contraccolpo m/s^3	tempo equivalente (s)
			minima	nominale	massima			
0%	100%	80	205	224	247	1,05 a 1,32	≤1,5	≤1,5

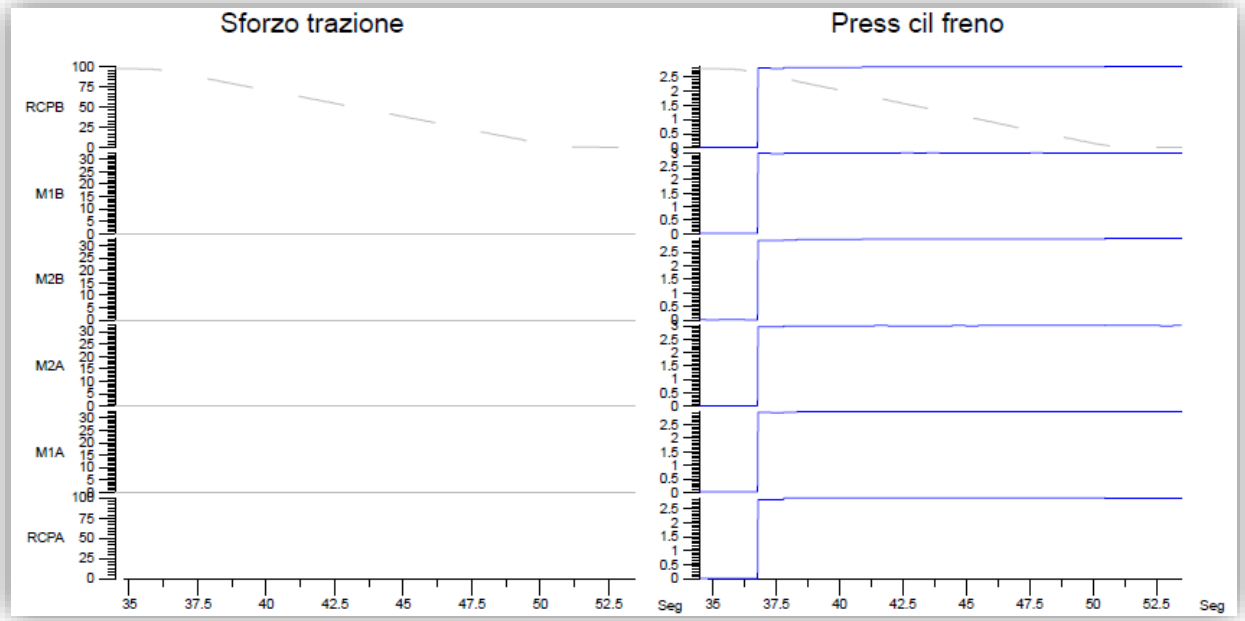




Prove di funzionalità annuali: frenatura di emergenza

Frenatura di emergenza								
Pendenza	Freno ED	velocità iniziale km/h	Distanza minima di arresto (m)			Decelerazione equivalente m/s^2	contraccolpo m/s^3	tempo equivalente (s)
			minima	nominale	massima			
0%	N.A.	80	163	178	196	1,26 – 1,52	≤4	≤1







I Ricambi

I ricambi rappresentano un elemento cruciale per garantire l'operatività continua e regolare dei treni, permettendo interventi di manutenzione rapidi e risolutivi che minimizzano i tempi di fermo.

Il mantenimento di elevati standard di sicurezza e affidabilità nel tempo dipende direttamente anche dalla disponibilità di ricambi adeguati, che supportano la vita utile prevista dei treni.

Disponibilità del Servizio

Garantire l'operatività continua e regolare del servizio

Manutenzione Efficace

Permettere interventi rapidi e risolutivi, minimizzando i tempi di fermo treno.

Sicurezza e Affidabilità

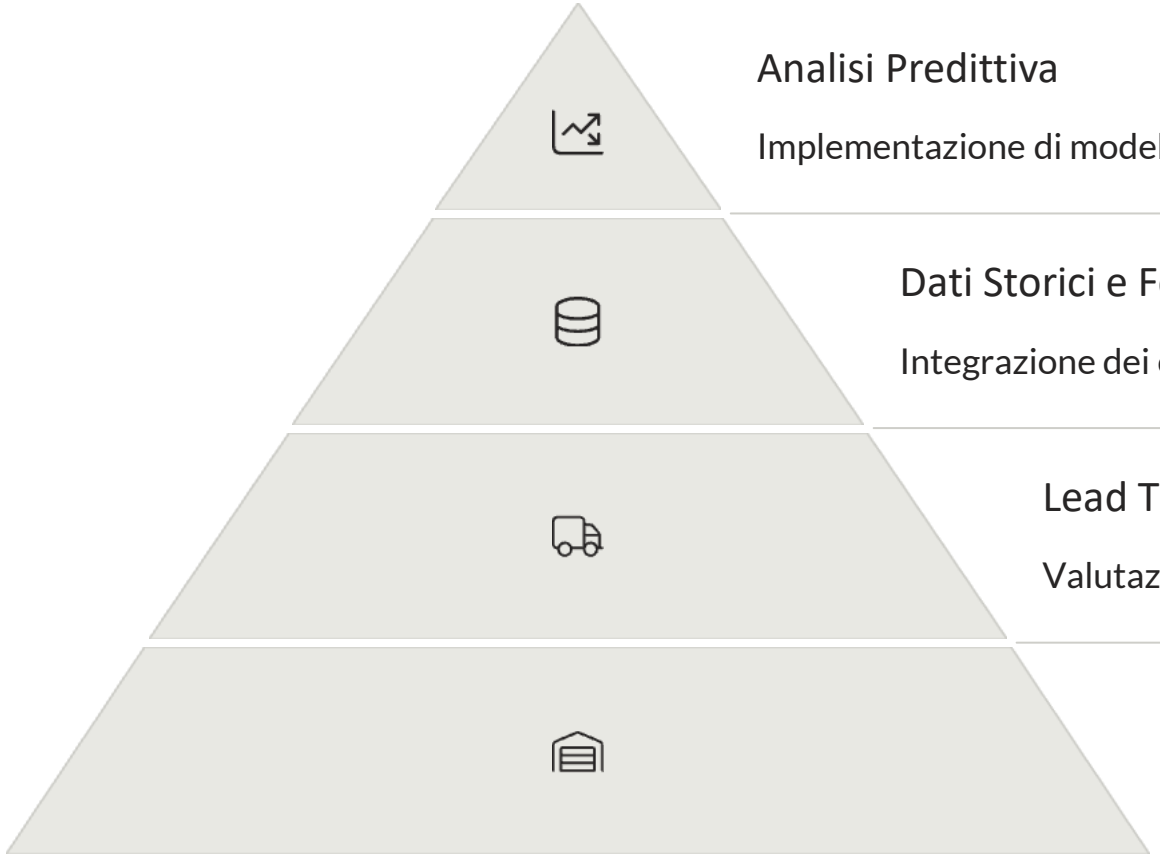
Mantenere elevati standard di sicurezza e affidabilità nel tempo.

Longevità dei Treni

Supportare la vita utile prevista dei treni



Strategie di Approvvigionamento



Analisi Predittiva

Implementazione di modelli statistici

Dati Storici e Feedback

Integrazione dei consumi passati con i ritorni d'esperienza

Lead Time Management

Valutazione dettagliata dei tempi di approvvigionamento

Costituzione delle Scorte

Gestione strategica del magazzino basata sui dati



Classificazione delle Scorte

Ricambi Critici (scorte strategiche)

- Componenti con impatto diretto sulla sicurezza e sulla disponibilità operativa del veicolo.
- Esempi: sistemi di trazione, pantografi,assili ecc….

Ricambi Programmabili

- Parti soggette a usura con sostituzione pianificata basata su cicli di manutenzione.
- Esempi: cuscinetti, guarnizioni, filtri ecc…

Ricambi di Consumo

- Materiali soggetti a frequente sostituzione.
- Esempi: lubrificanti, sabbia ecc…



Gestione delle scorte

La gestione della scorta tiene conto di diversi parametri, quali:

Definizione Quantitativa

Calcolo delle quantità basato su MTBF (Mean Time Between Failures), Piano di Manutenzione e tipologia di componente consumabile(es sabbia, grasso ungibordo), **riparabile, non riparabile**.

Ripristino Continuo

I materiali prelevati per interventi di manutenzione devono essere prontamente reintegrati per mantenere la scorta tecnica sempre completa ed efficiente.

Gestione flussi

Ogni movimento della scorta tecnica sia in inresso che in uscita deve essere documentato e tracciato.



Requisiti fondamentali dei ricambi

ricambi

Tutti i ricambi devono rispettare requisiti stringenti che ne garantiscano qualità, disponibilità e tracciabilità nel tempo, in conformità con gli standard ferroviari più elevati.

1. Documentazione Dettagliata

Lista Ricambi dettagliata, cataloghi corredati di diesgni e manuali tecnici completi.

2. Gestione Efficiente

Piano strutturato di gestione della scorta tecnica

3. Reperibilità Garantita

Disponibilità dei ricambi deve essere assicurata per un periodo di tempo stabilito



Criticità nella gestione dell'Inventario

Obsolescenza Tecnologica

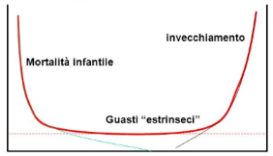
I componenti ferroviari hanno cicli di vita molto lunghi, ma possono diventare obsoleti a causa dell'evoluzione tecnologica o della uscita di produzione di alcuni modelli di rotabili. Questo richiede strategie specifiche per la gestione dei ricambi di fine serie.

Spazio di Stoccaggio

Le dimensioni considerevoli di molti componenti ferroviari richiedono ampi spazi di stoccaggio con caratteristiche specifiche. La gestione ottimale dello spazio diventa quindi un fattore critico per l'efficienza del magazzino.

Tracciabilità

La natura critica dei componenti ferroviari per la sicurezza impone rigorosi sistemi di tracciabilità, che devono garantire la capacità di risalire alla storia completa di ogni singolo componente installato.



Approccio RAMS

I rotabili sono sistemi complessi che devono garantire un servizio efficiente, sicuro e continuo. Per assicurare questi standard elevati, si utilizza l'approccio RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) che in ambito manutentivo garantisce il monitoraggio delle performance di tutti gli equipaggiamenti analizzati.

1

Progettazione

Sviluppo di sistemi affidabili e sicuri attraverso l'applicazione dei principi RAMS fin dalle fasi iniziali.

2

Costruzione e installazione

Garanzia che tutti i componenti rispettino i requisiti di sicurezza e manutenibilità stabiliti.

3

Esercizio e manutenzione

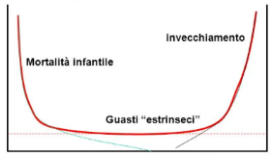
Ottimizzazione della disponibilità dei treni e riduzione dei guasti attraverso protocolli basati su RAMS.

4

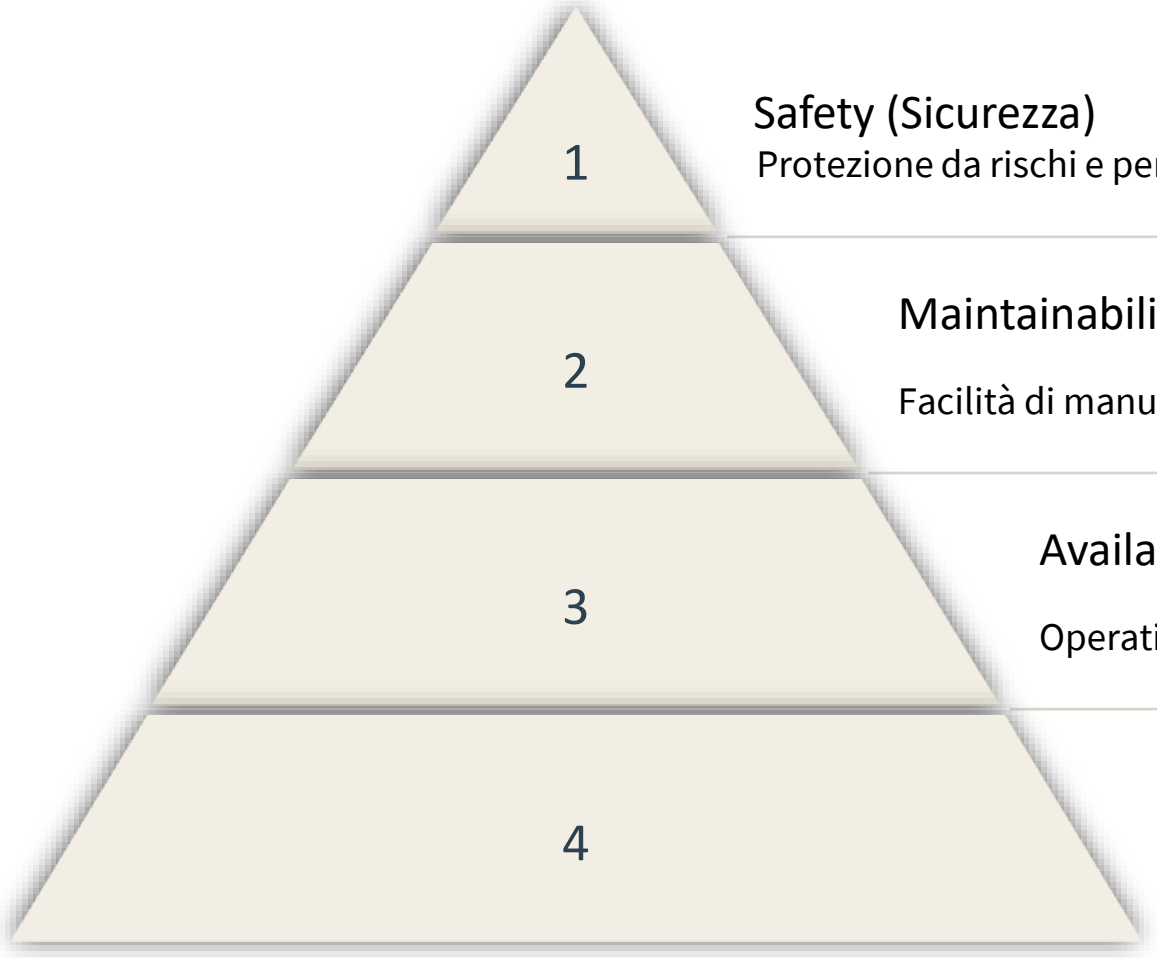
Aggiornamenti e miglioramenti

Aumento dell'efficienza operativa con l'integrazione di nuove tecnologie.

- Il goal è ridurre al minimo i guasti e i tempi di fermo, massimizzare la disponibilità del servizio e garantire la sicurezza di passeggeri e operatori. Nei sistemi ferroviari e metropolitani, un guasto può avere impatti significativi, come ritardi, interruzioni del servizio e, nei casi più gravi, rischi per la sicurezza.



Panoramica Metodologia RAMS



Safety (Sicurezza)
Protezione da rischi e pericoli

Maintainability (Manutenibilità)

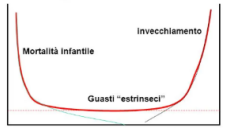
Facilità di manutenzione

Availability (Disponibilità)

Operatività del sistema

Reliability (Affidabilità)

Funzionamento senza guasti



Reliability (Affidabilità)

Concetti Chiave di Affidabilità

MTBF (main time between failure)

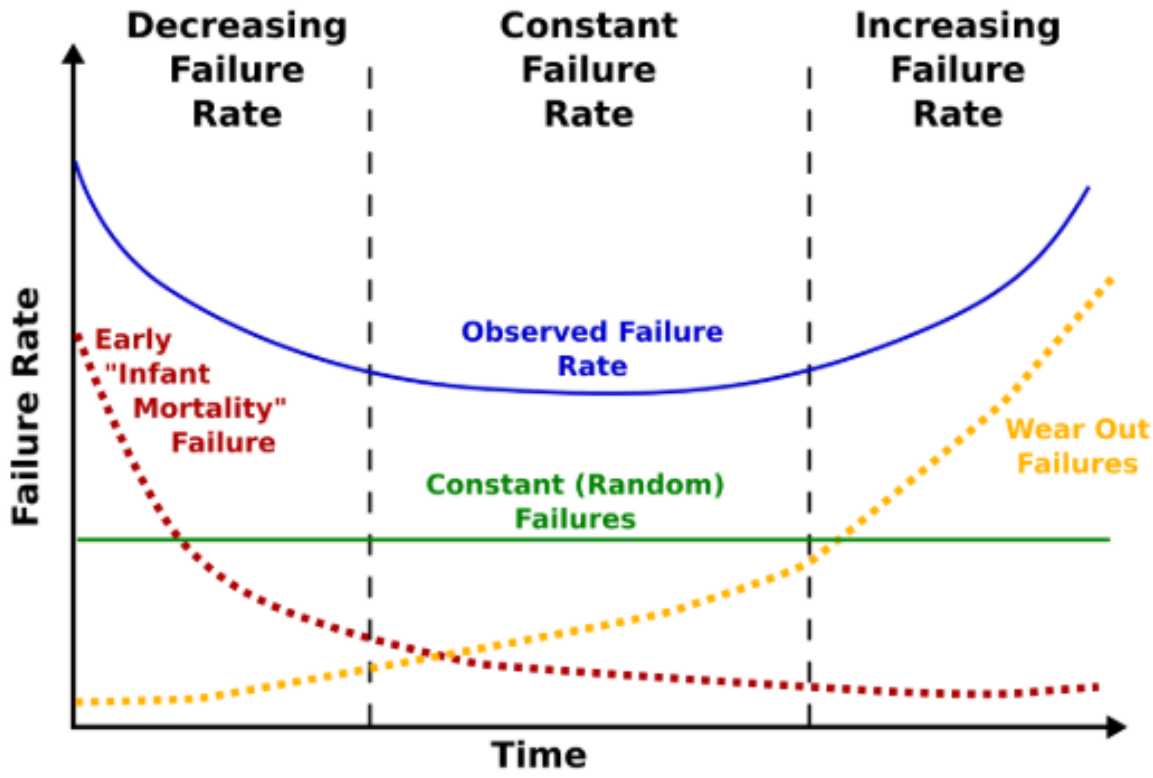
Tempo medio tra guasti successivi

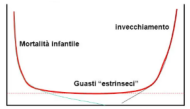
Tasso di guasto

λ = 1/MTBF, probabilità di guasto nel tempo

Strategie per migliorare l'affidabilità

1. Ridondanza
   Duplicazione di componenti critici
2. Componenti di alta qualità
3. Monitoraggio predittivo
   Sensori che rilevano anomalie nei sistemi critici (motori, freni, porte)





Maintainability (Manutenibilità)

- **La manutenibilità indica la facilità e la velocità con cui un sistema può essere riparato**.

Accessibilità

Tutti i sottosistemi che richiedono manutenzione preventiva saranno facilmente accessibili per il servizio e l'ispezione

Attrezzi speciali

Si dovrebbe ridurre al minimo il numero di attrezzi speciali destinati a manutenzione e riparazione.

Intercambiabilità

Gli insiemi o i componenti funzionalmente intercambiabili dovrebbero essere fisicamente intercambiabili.

Capacità di evoluzione

Nel caso in cui alcuni componenti o sottosistemi divengano obsoleti, la progettazione del treno favorirà, la sostituzione di tali componenti/sottosistemi senza dover studiare di nuovo e rifare gli interfacciamenti meccanici, elettrici o di software.

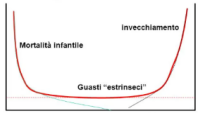
- **L'indice di riferimento è l'MTTR (Mean Time To Repair) calcolato come segue**:

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempo totale di riparazione}}{N.totale\ di\ guasti}$$

- **L'MTTR (mean time to repair) parametri di efficientamento manutentivo**:

1	2	3
Modularità: utilizzo di componenti facilmente sostituibili (ad esempio, pannelli elettronici plug-and-play).	**Diagnostica avanzata**: sistemi di monitoraggio in tempo reale tempo reale che individuano i guasti prima che si verifichino. verifichino.	**Magazzini con pezzi di ricambio pronti**: ridurre i tempi di attesa per i materiali necessari alla riparazione.

Un sistema con un basso MTTR e un alto MTBF (Mean Time Between Failures) sarà più efficiente, affidabile e con meno interruzioni di servizio

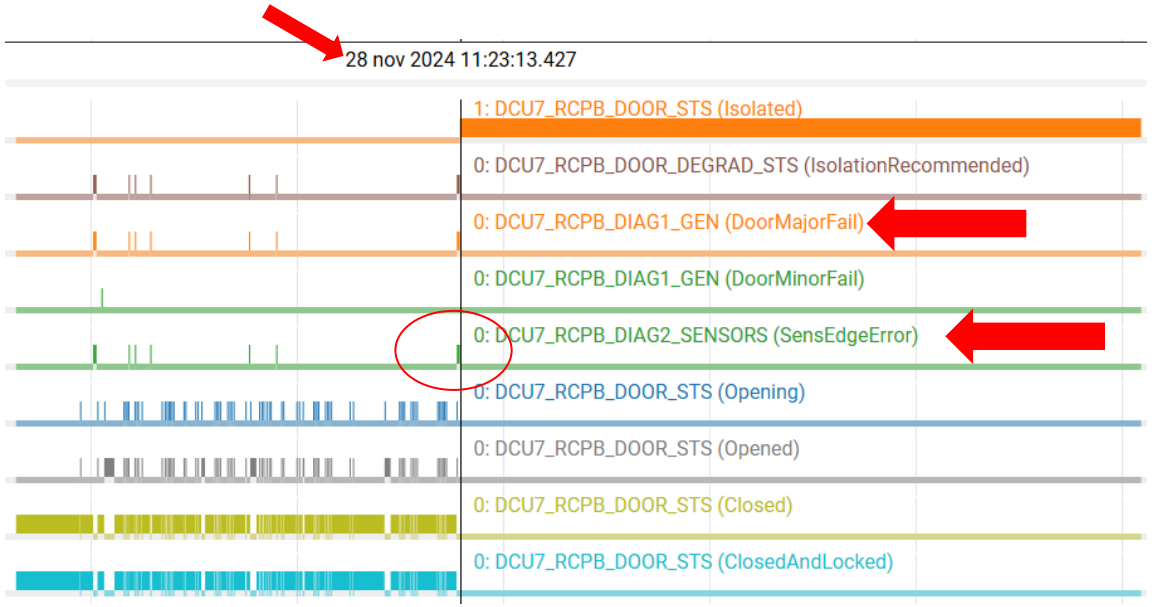


L'importanza della diagnostica

Attraverso l'analisi dei dati è possibile individuare la causa del guasto mentre il treno è in servizio e dare le informazioni alla squadra manutentiva per un intervento risolutivo al rientro del treno in deposito.

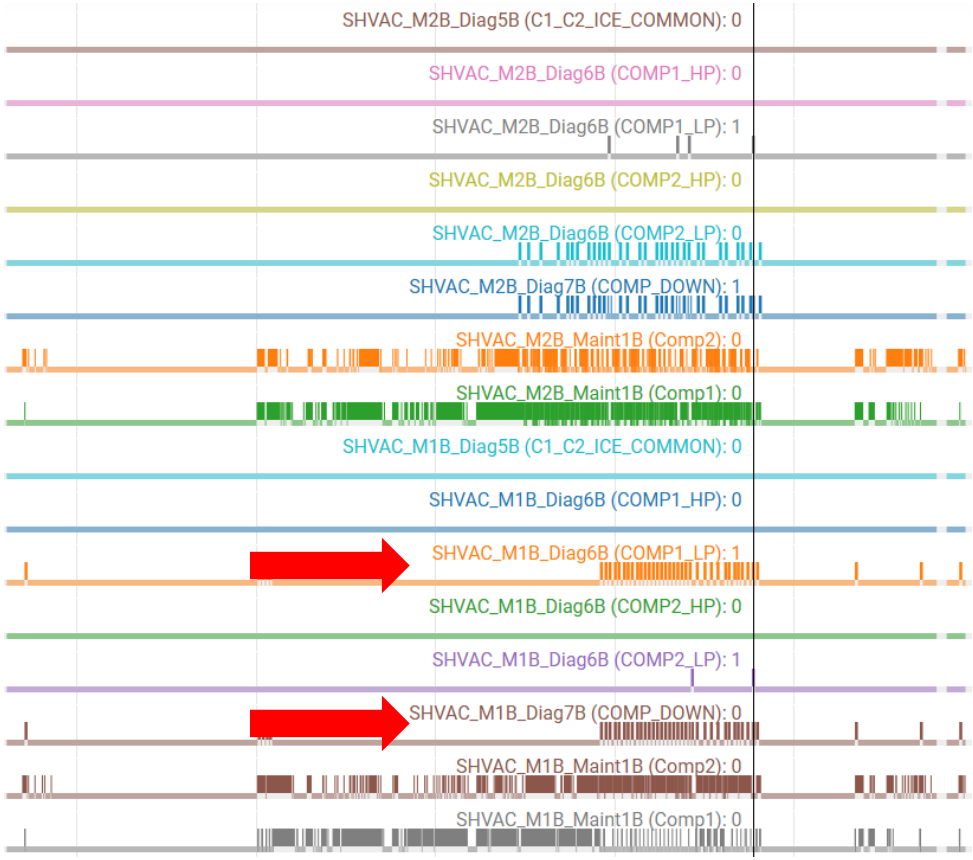
Esempio 1

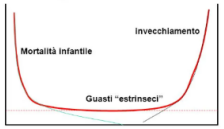
Dall'analisi dei dati si è individuata la causa del guasto porta che ha portato il macchinista ad isolarla.



Esempio 2

Il sistema HVAC delle due casse ha avuto l'attivazione intermittente dei segnali relativi alla bassa pressione (LP – Low Pressure) del liquido refrigerante.





Availability (Disponibilità)

La disponibilità è la capacità del sistema di rimanere operativo il più a lungo possibile, considerando sia i guasti che i tempi di riparazione.

La disponibilità è definite come:

Availability = MTBF / (MTBF + MTTR).

Una disponibilità elevata garantisce un servizio affidabile e puntuale, minimizzando le interruzioni e migliorando l'esperienza degli utenti

Ciclo di Disponibilità nei Sistemi Ferroviari

1 **Operatività**

Il sistema ferroviario funziona normalmente, fornendo servizio agli utenti.

2 **MTBF**

Mean Time Before Failure rappresenta il tempo medio tra i guasti successivi del sistema ferroviario.

3 **Guasto**

Si verifica un'interruzione del sistema che richiede intervento.

4 **MTTR**

Mean Time To Repair indica il tempo medio necessario per riparare un guasto e ripristinare il servizio.

5 **Ripristino**

Il sistema torna operativo, riprendendo il ciclo di disponibilità.

Strategie per migliorare la disponibilità

1 Riduzione dei tempi di riparazione (MTTR)

Maggiore accessibilità ai componenti.
Diagnostica remota per individuare i guasti più velocemente
Squadre di manutenzione operative H24

2 Aumento del MTBF

Manutenzione predittiva con software di diagnostica per evitare guasti improvvisi.
Uso di materiali più resistenti all'usura.

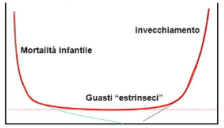
Esempio pratico

Consideriamo un treno con:

- **MTBF = 2.000 ore**
- **MTTR = 4 ore**

$$A = \frac{2000}{2000+4} = 0{,}998$$

Questo significa che il treno sarà disponibile il **99,8%** del tempo



Safety (Sicurezza)

Analisi dei rischi

Identificazione sistematica di tutti i potenziali pericoli durante l'operatività del sistema.

Ridondanza di sicurezza

Sistemi duplicati che garantiscono operatività anche in caso di guasto primario.

Sistemi fail-safe

Componenti progettati per entrare in stato sicuro in caso di malfunzionamento.

Conclusioni

La corretta gestione di RAMS nel settore ferroviario è essenziale per il monitoraggio della sicurezza, l'affidabilità e la disponibilità dei servizi.

Tracciabilità delle informazioni in manutenzione





Infrastrutture per la manutenzione

Per la manutenzione è necessaria un'infrastruttura dedicata, composta da vari impianti e attrezzature per garantire interventi efficaci e ridurre al minimo i tempi di fermo.

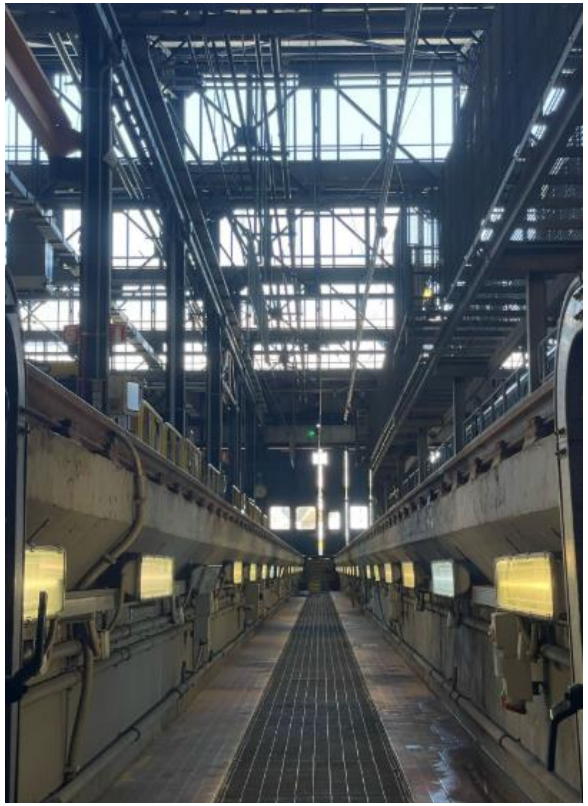
Un deposito tipico include:

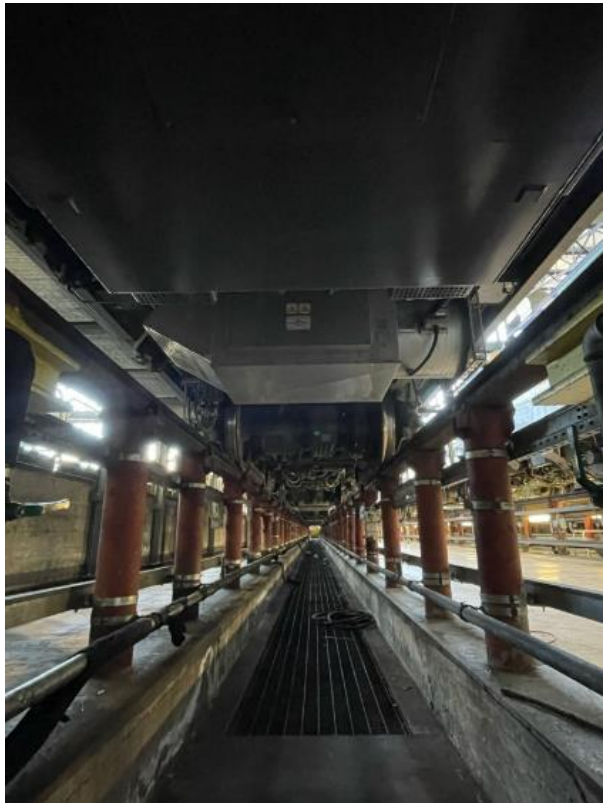
- **Rimesse coperte**: aree dove i treni vengono parcheggiati per ispezioni e riparazioni.
- **Binari attrezzati**: dotati di fosse di ispezione e piattaforme di accesso all'imperiale dei treni.
- **Tornio:** per eseguire lavorazioni di tornitura delle ruote
- **Sollevatori idraulici**: usati per alzare interi convogli o singole carrozze per la manutenzione dei carrelli.
- **Impianti di lavaggio**: per la pulizia interna ed esterna dei convogli
- **Aree di stoccaggio pezzi di ricambio**: con componenti critici sempre disponibili
- **Impianti per la Manutenzione Predittiva e Diagnostica:** Le moderne metropolitane adottano sistemi per prevedere i guasti prima che si verifichino, riducendo i tempi di fermo

Infrastrutture per la manutenzione

- **Fosse di Ispezione**

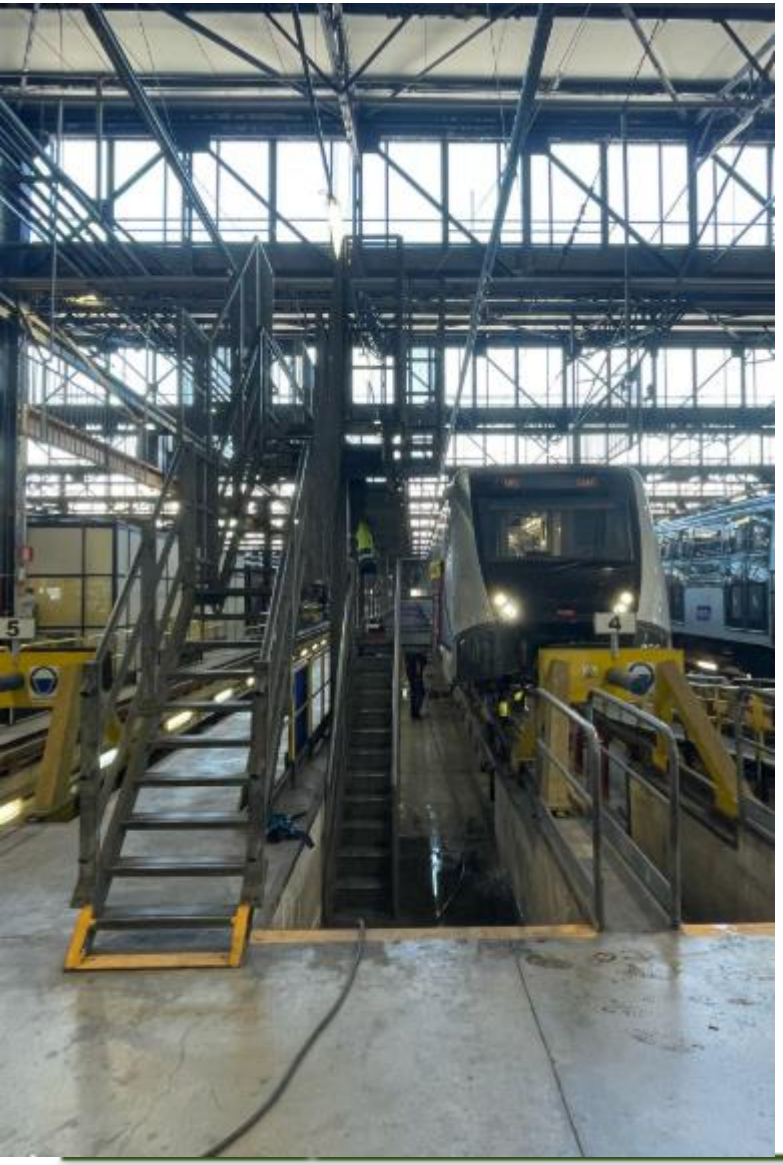
Permettono agli operatori di accedere facilmente a tutte le parti del treno, sia nella parte inferiore (tramite fosse di ispezione) che superiore (tramite piattaforme sopraelevate).
Esempio: controllo carrelli, freni e parti inferiori dei treni:







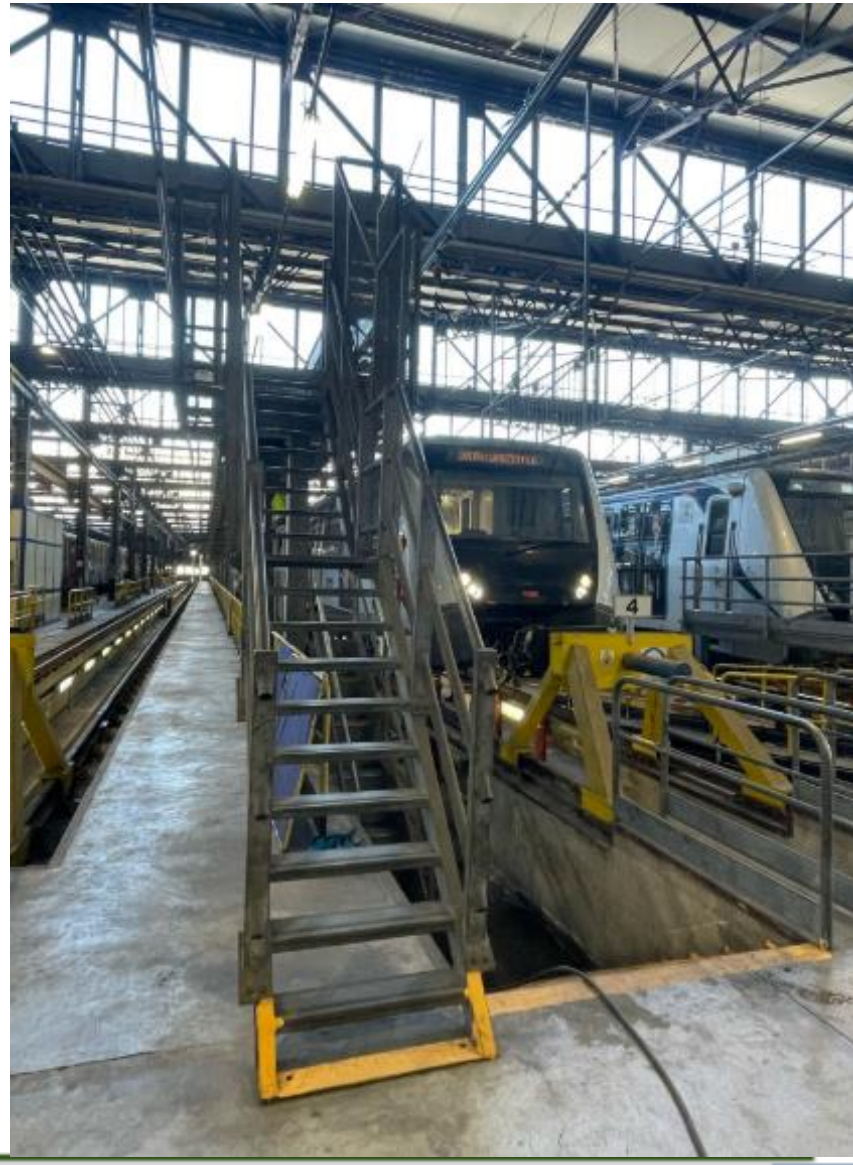
Infrastruttureper la manutenzione



- **Piattaforme sopraelevate**: per lavorare in sicurezza in quota

Esempi:

- Impianti HVAC
- Pantografo



Infrastrutture per la manutenzione

- **Impianti di lavaggio**: per controllare carrelli, freni e parti inferiori dei treni

Conclusione
Un'infrastruttura manutentiva efficiente permette di **minimizzare i tempi di fermo e garantire la sicurezza dei passeggeri**.



Grazie per l'attenzione