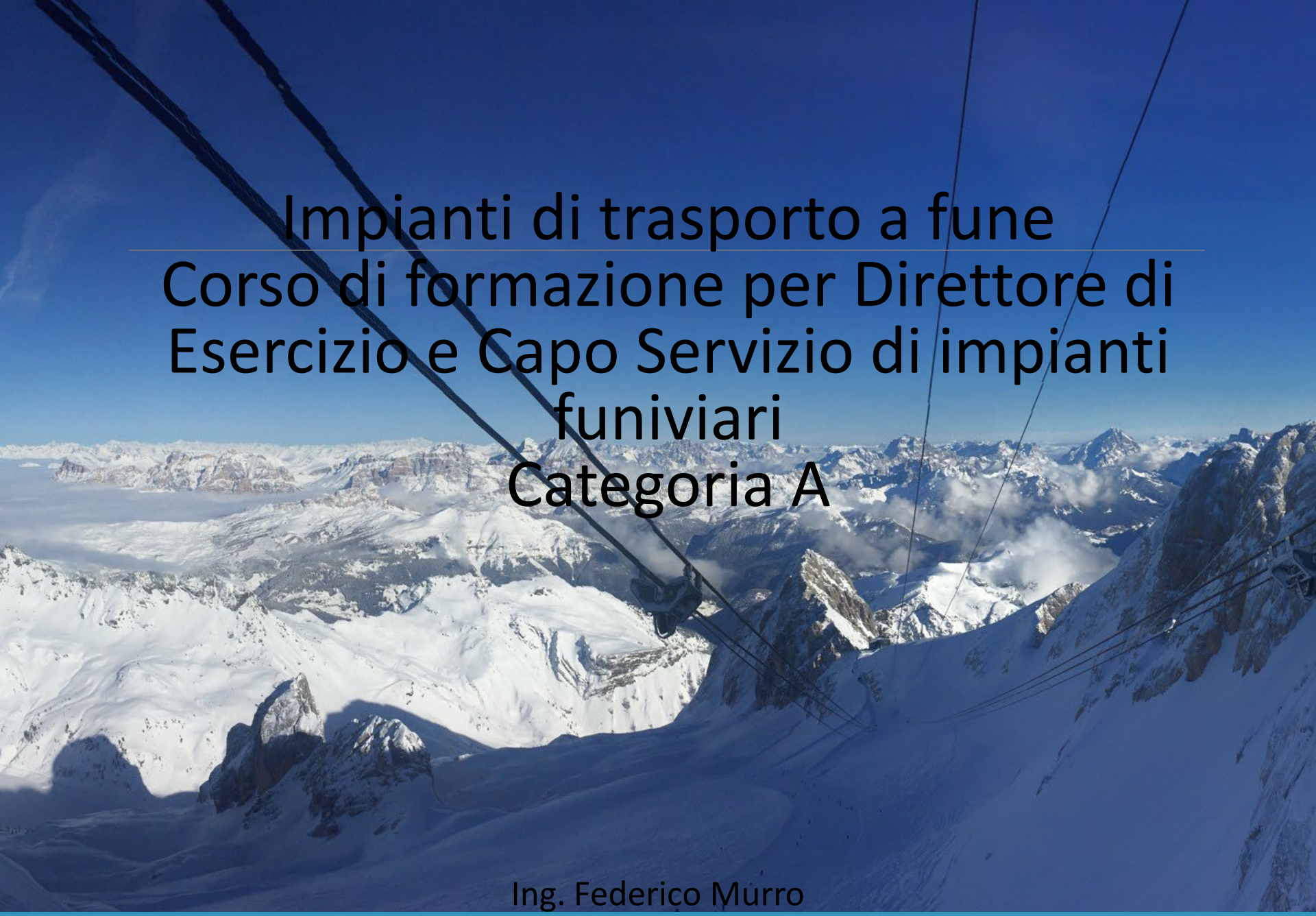


Impianti di trasporto a fune
Corso di formazione per Direttore di Esercizio e Capo Servizio di impianti funiviari
Categoria A

Ing. Federico Murro

FUNIVIE A VA E VIENI



FUNIVIE A VA E VIENI



FUNIVIE A VA E VIENI

Peculiarità:

1. Inserimento in orografie particolari
2. Superamento elevate pendenze
3. Adattamento alla domanda/offerta

FUNIVIE A VA E VIENI

Storia:

1. **1908**: Viene installato il primo impianto a va e vieni per passeggeri al mondo, il **Wetterhornaufzug** a Grindelwald, in Svizzera
2. **1925**: Segna l'alba del trasporto passeggeri montano in Italia con l'inaugurazione della funivia **Trento-Sardagna** (agosto) e della **Zambana-Fai della Paganella** (ottobre), trasformando radicalmente la mobilità turistica alpina
3. **Anni '30**: Il Conte Dino Lora Totino avvia i lavori per la visionaria funivia del **Monte Bianco**, portando la tecnologia a quote estreme

FUNIVIE A VA E VIENI





FUNIVIE A VA E VIENI



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



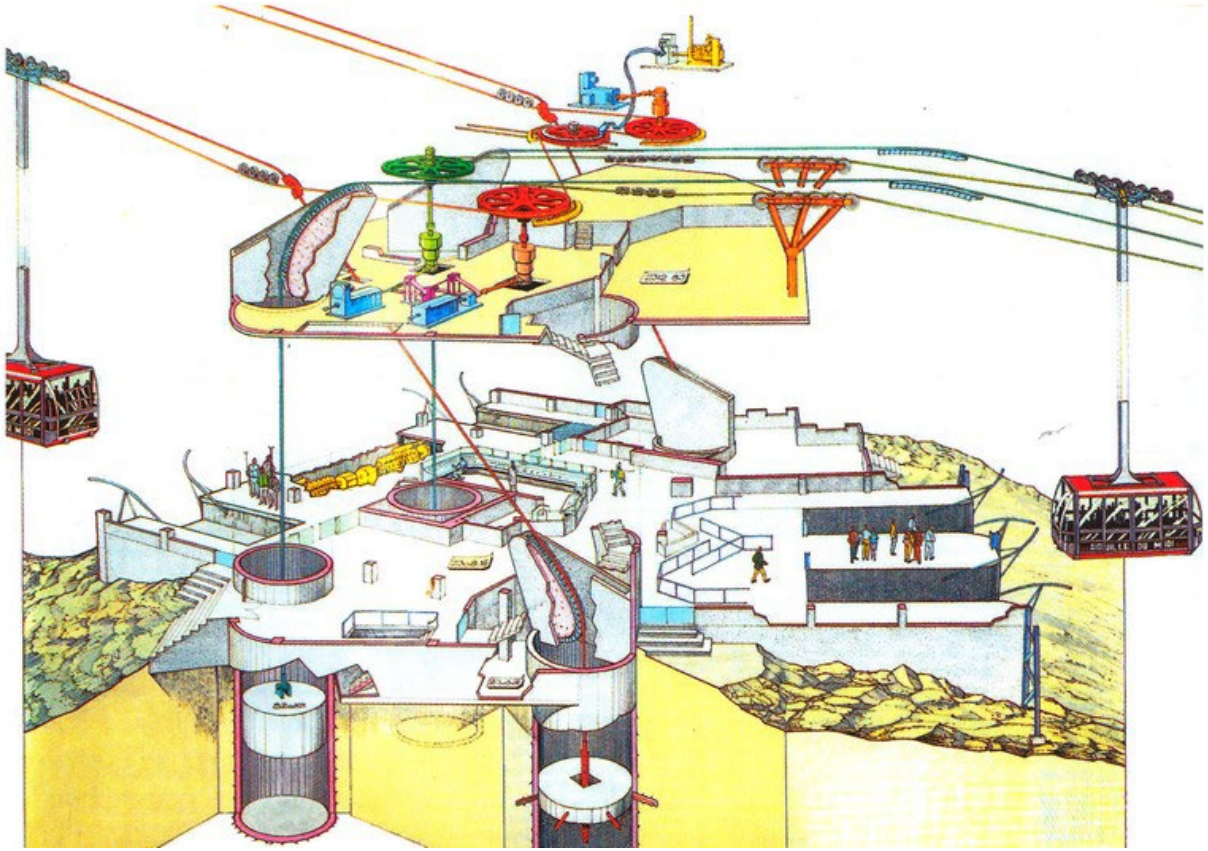
FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CIME RAGGIUNTE



FUNIVIE A VA E VIENI – CONTESTO URBANO



FUNIVIE A VA E VIENI – CONTESTO URBANO





FUNIVIE A VA E VIENI – CONTESTO URBANO



FUNIVIE A VA E VIENI – CONTESTO URBANO



FUNIVIE A VA E VIENI – AMBITO MILITARE



FUNIVIE A VA E VIENI – SERVIZIO PRIVATO ENEL



FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



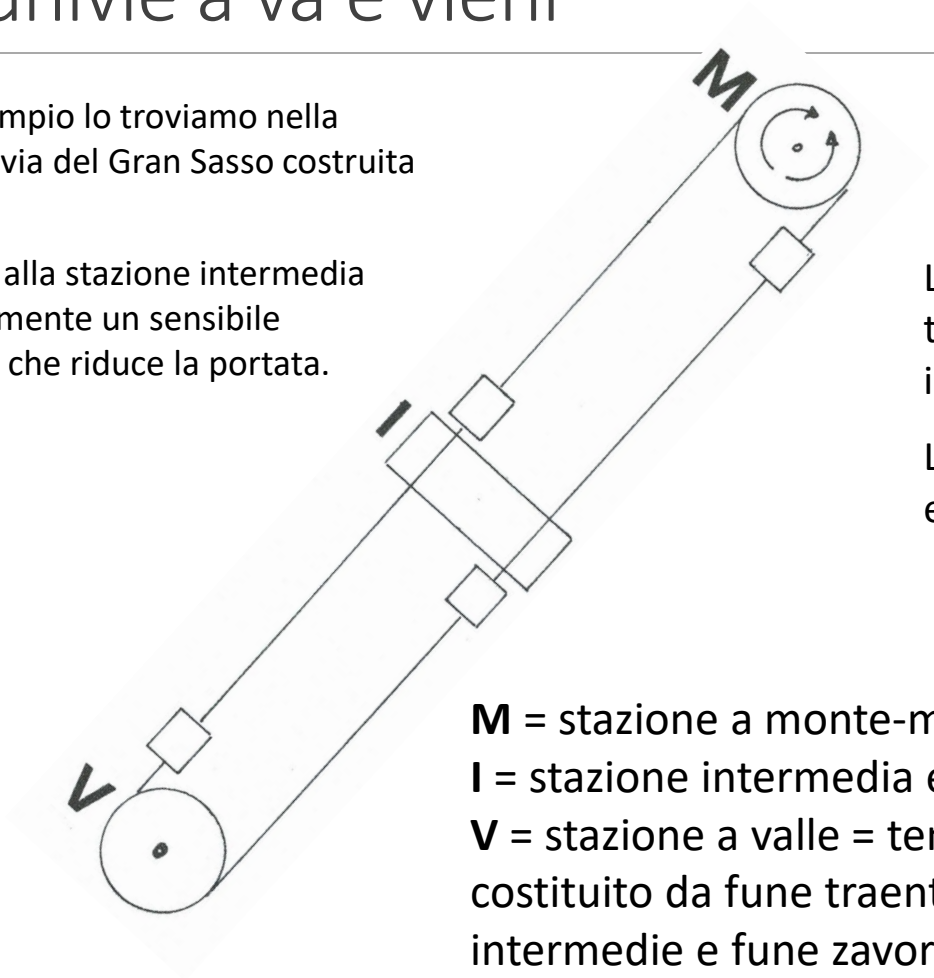
FUNIVIE A VA E VIENI – STAZIONI



Stazione intermedia in alcune funivie a va e vieni

Il primo esempio lo troviamo nella vecchia funivia del Gran Sasso costruita nel 1933.

Il trasbordo alla stazione intermedia causa ovviamente un sensibile perditempo che riduce la portata.



Le vetture sono quattro con trasbordo alla stazione intermedio.

La stazione intermedia si trova esattamente a metà percorso.

M = stazione a monte-motrice
I = stazione intermedia e tenditrice funi portanti
V = stazione a valle = tenditrice anello trattivo costituito da fune traente superiore, traenti intermedie e fune zavorra.

Stazione intermedia in alcune funivie a va e vieni



Le funi traenti delle funivie bifune

Le funivie bifune tradizionali presentano due funi traenti che si collegano al carrello della vettura con sistemi a testa fusa o a tamburello.

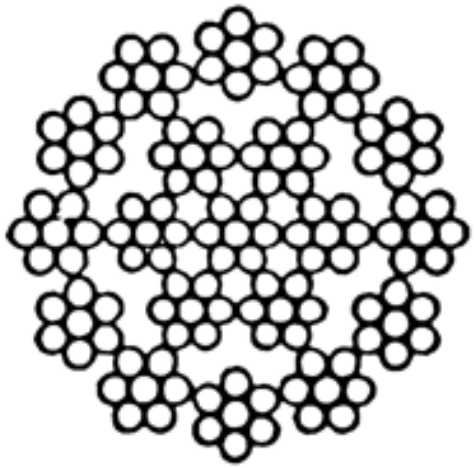
- Nel caso di stazione motrice a monte e rinvio-tenditrice a valle:
  - fune superiore denominata traente;
  - fune inferiore denominata zavorra
- Nel caso di stazione motrice a valle e stazione di rinvio-tenditrice a monte:
  - fune superiore denominata traente superiore;
  - fune inferiore denominata traente inferiore.

Le funi traenti delle funivie bifune

Nelle funivie bifune tipo funifor e nelle funivie bifune a collegamento temporaneo dei veicoli alla fune, si ha una sola fune impalmata come avviene nelle funivie monofune, tale da formare un anello di fune, ma con rinvio in doppio.

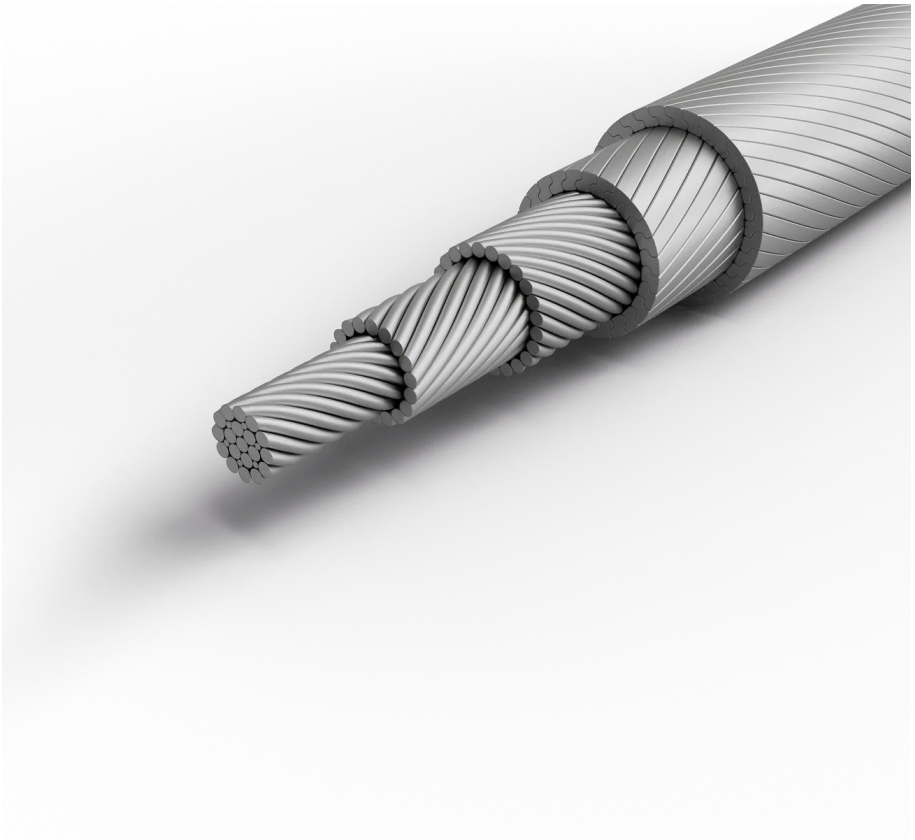
FUNI PORTANTI

Le funi portanti si distinguono tra diversi tipi:



FUNI PORTANTI

Le funi portanti si distinguono tra diversi tipi:



Le funivie con doppia fune portante

Si hanno funivie a va e vieni e anche a moto continuo a collegamento temporaneo con doppia fune portante, chiamate 3S.

C’è anche una categoria di funivie denominata a va o vieni quando l’impianto è costituito da un solo veicolo, per esempio la funivia tipo *funifor*.

La fune di soccorso nelle bifune a va e vieni per l'evacuazione dei passeggeri

In queste funivie quando il franco da terra della vettura è superiore a 60 m è richiesta la fune di soccorso, mossa da un proprio argano, sulla quale viene montato il veicolo di soccorso.

Negli impianti CE tale limite è stato portato a 100 m.

Negli impianti con franco da terra inferiore a tali limiti il soccorso avviene con la calata a terra da parte dei soccorritori (evacuazione verticale). Il terreno sottostante l'impianto deve essere facilmente percorribile a piedi o reso tale con adeguata sistemazione; tale requisito non ricorre nei tratti ove sia prevista unicamente l'evacuazione dei viaggiatori lungo la fune (fune di soccorso). Durante la fase di calata, il terreno sottostante non presenta ostacoli che impediscono l'agevole arrivo al suolo. I luoghi sicuri, ove il viaggiatore riacquista la propria autonomia, sono facilmente accessibili da ogni possibile punto di calata.

L’evacuazione dei passeggeri nel caso delle funivie monofune

Da Decreto Infrastruttura.

Nel caso di evacuazione tramite calata a terra la distanza massima dal terreno non supera, in genere, i 60 m, con aumento fino a 100 m, in tratti interessati simultaneamente da non più di 5 veicoli (purchè chiusi) che superano tale distanza, su tutta la lunghezza di ciascun ramo di fune.

Nel caso di veicoli aperti, in condizioni di impianto fermo con veicoli considerati convenzionalmente scarichi ed uniformemente distribuiti alla massima equidistanza prevista per il servizio, il punto più basso del bordo inferiore del veicolo si trova, rispetto al terreno non innevato, ad un’altezza, in genere, non superiore a 15 m. Il valore di 15 m può essere aumentato al massimo di 10 m su una lunghezza inclinata complessiva per ramo non maggiore di:

- a) 200 m, se la lunghezza dell’impianto è minore di 1000 m;
- b) 20% della lunghezza dell’impianto, se essa è maggiore di 1000 m.

Comunque la lunghezza di ogni singolo tratto di linea con distanza dal terreno rispettivamente maggiore di 15 m o di 20 m non può superare la lunghezza di 100 m o di 50 m.

Fune e veicolo di soccorso nelle bifune a va e vieni



Fune e veicolo di soccorso nelle bifune a va e vieni



Fune e veicolo di soccorso nelle bifune a va e vieni



L’evacuazione nelle funivie funifor



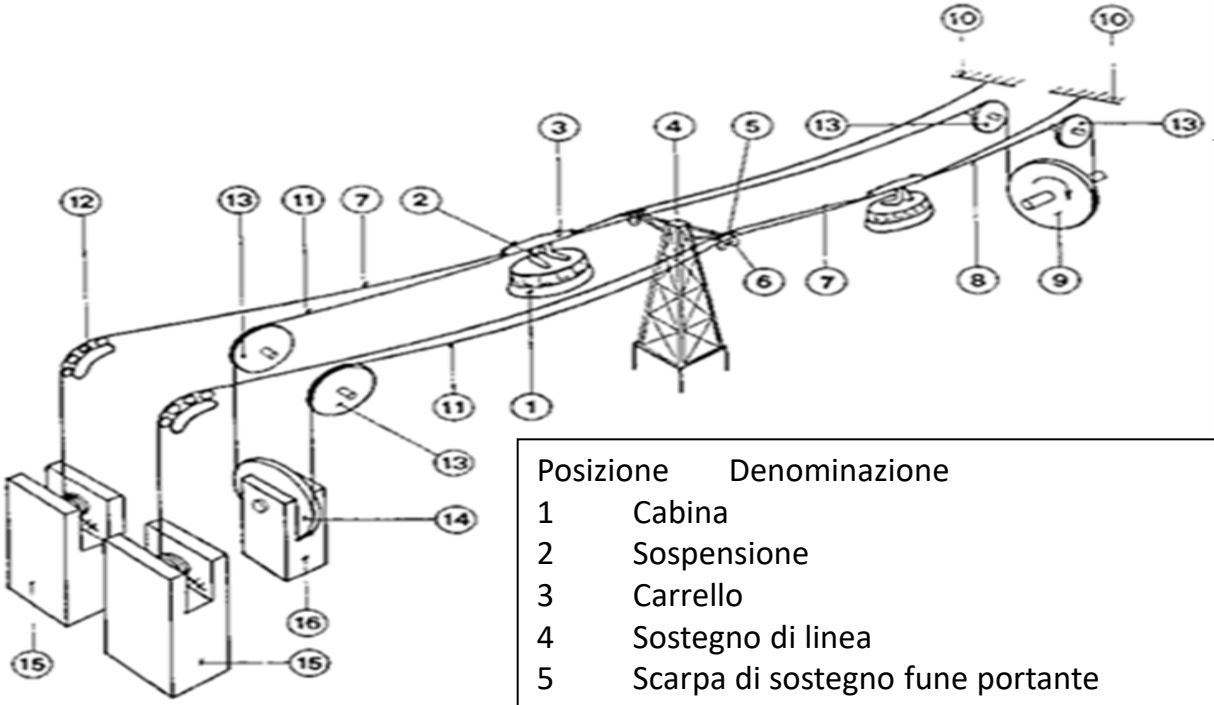


L’evacuazione verticale nelle funivie a va e vieni



Il soccorritore raggiunge la vettura lungo la fune portante trascinato dal soccorritore a terra e apre la porta dall’esterno

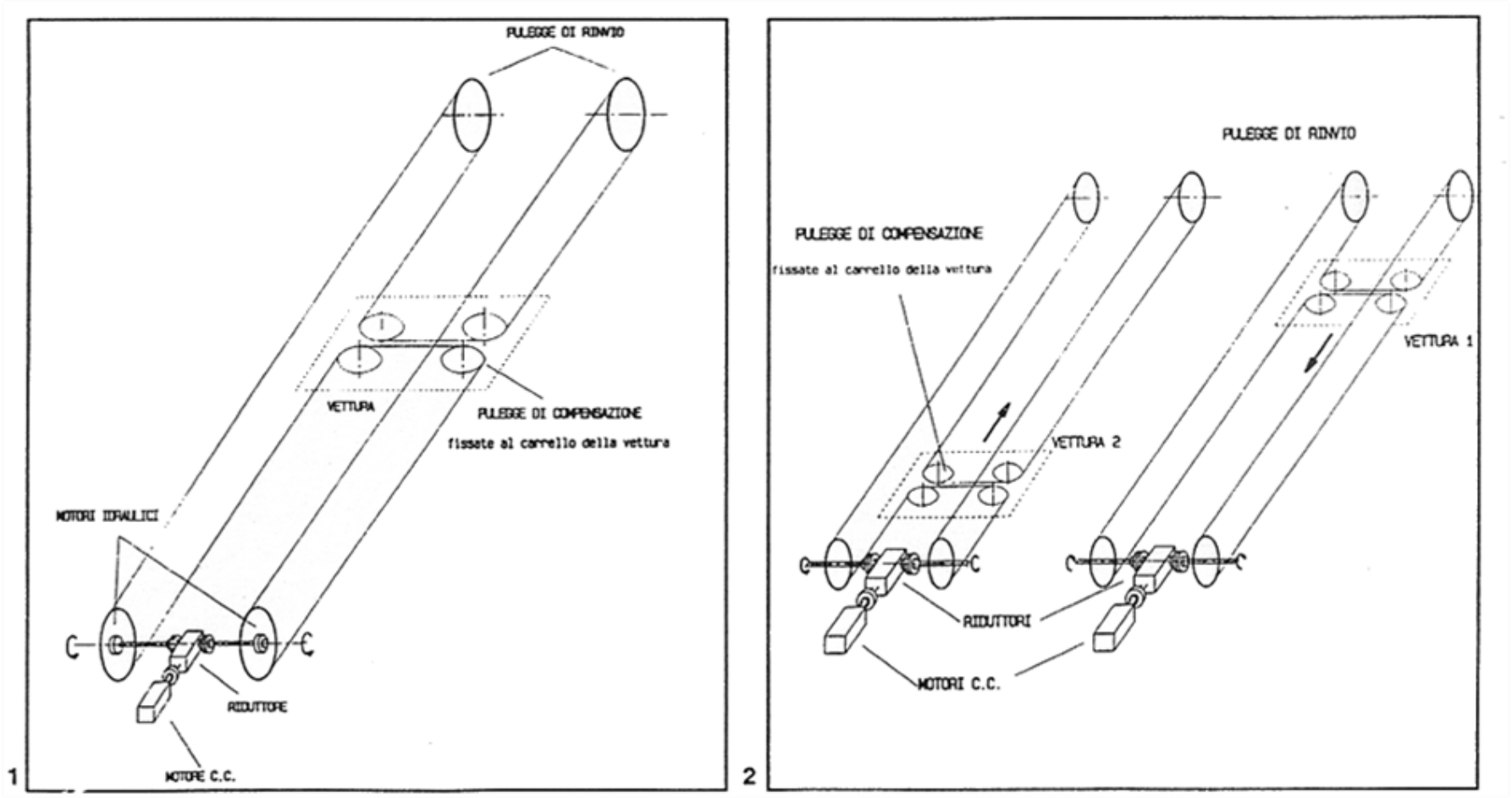
SCHEMA DI FUNIVIE BIFUNE A VA E VIENI



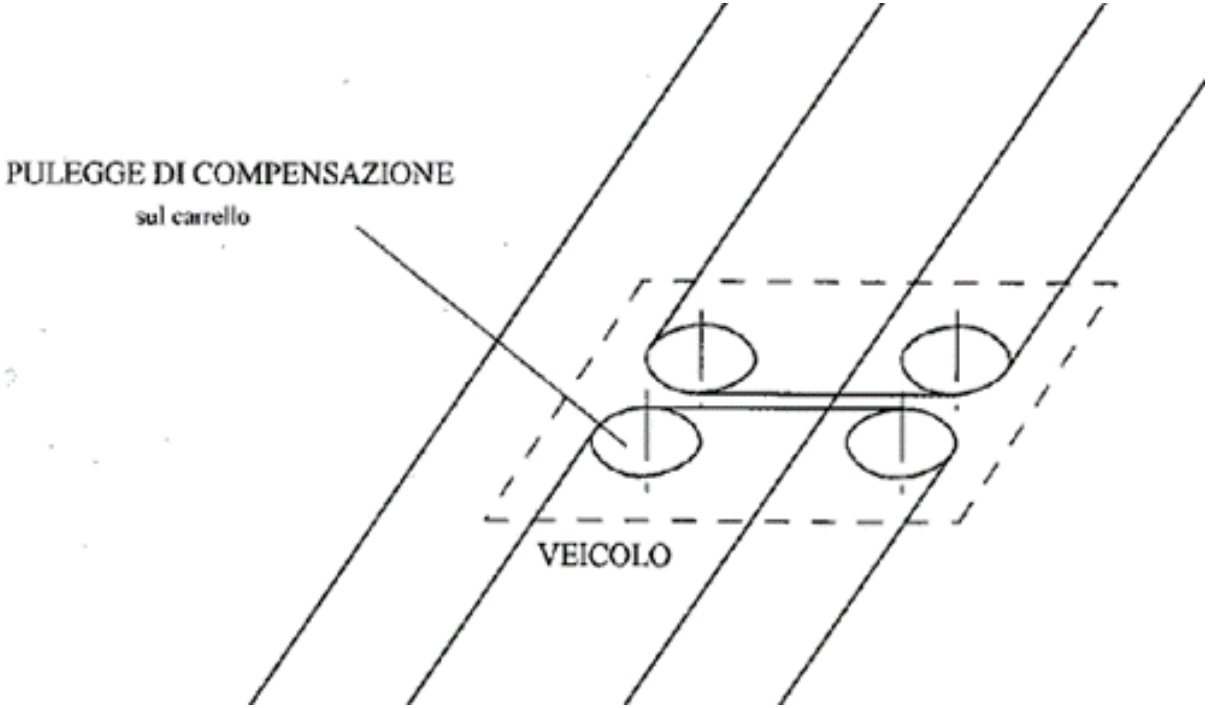
Sussistono pure bifune a doppia fune portante

Posizione	Denominazione
1	Cabina
2	Sospensione
3	Carrello
4	Sostegno di linea
5	Scarpa di sostegno fune portante
6	Rulli di guida
7	Fune portante
8	Fune traente
9	Puleggia motrice
10	Ancoraggio fune portante
11	Fune zavorra
12	Carrelliera
13	Puleggia di deviazione fune traente
14	Puleggia di rinvio
15	Contrappeso della fune portante
16	Contrappeso della fune zavorra

SCHEMA DI FUNIVIA FUNIFOR



Attacco al carrello con pulegge di compensazione: sistema funifor



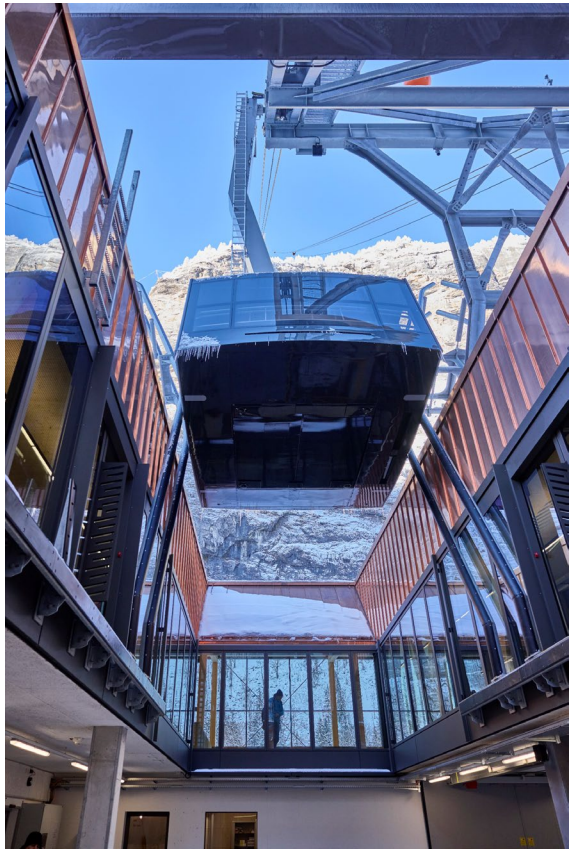
VETTURA A SOSPENSIONE SEMPLICE



Funivia sospensione semplice



Funivia sospensione semplice





Funivia sospensione semplice



Funivia sospensione semplice



VETTURA A SOSPENSIONE DOPPIA



Funivia della Marmolada

VETTURE PARTICOLARI



VETTURE PARTICOLARI



Funivia bifune a va o vieni tipo funifor



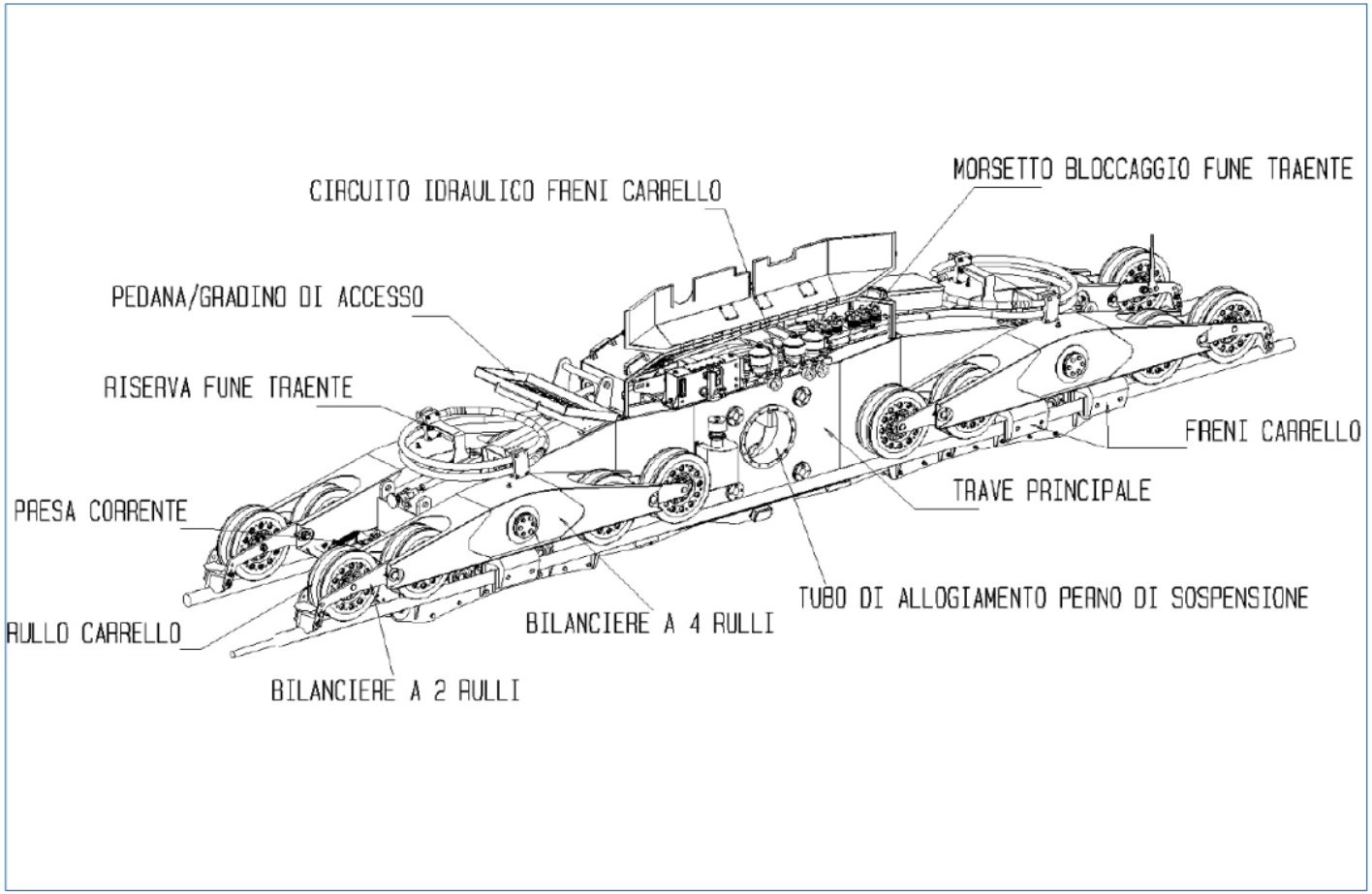


Funivia bifune a va o vieni tipo funifor

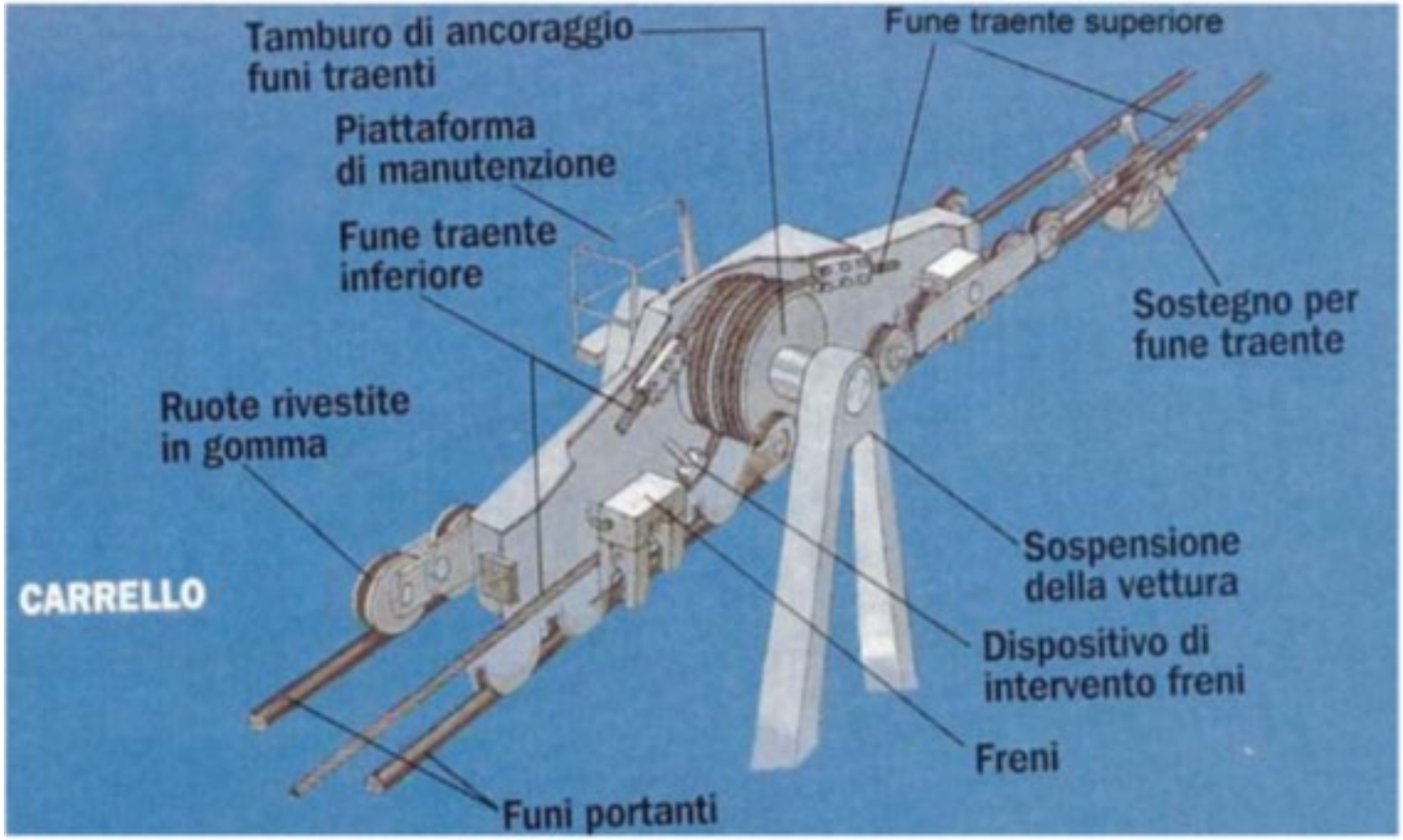
Sospensione corta grazie all'ampio scartamento delle funi portanti. Ciò comporta diversi vantaggi sia per quanto attiene agli arresti bruschi che alla stabilità al vento, inoltre, ciò comporta la realizzazione di stazioni più contenute in altezza

IL CARRELLO DELLE FUNIVIE BIFUNE A VA E VIENI

Il carrello per doppia fune portante



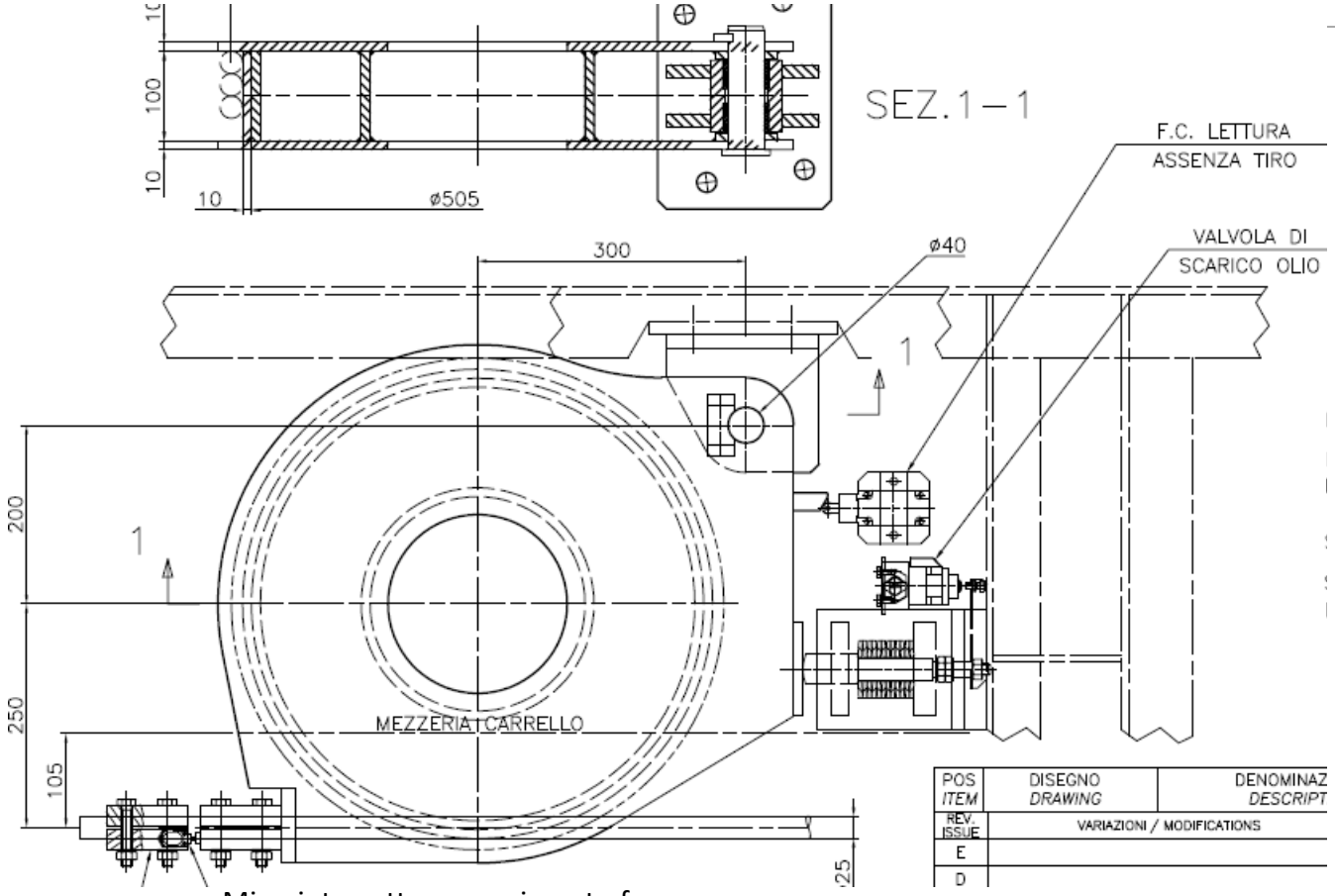
ATTACCO DELLE FUNI TRAENTI CON IL SISTEMA A TAMBURELLI



ATTACCO DELLE FUNI TRAENTI CON IL SISTEMA A TAMBURELLI



Esempio di attacco fune traenti con il sistema a tamburello



Microinterruttore scorrimento fune

La fune fatta scorrere sul tamburello ogni 2 anni

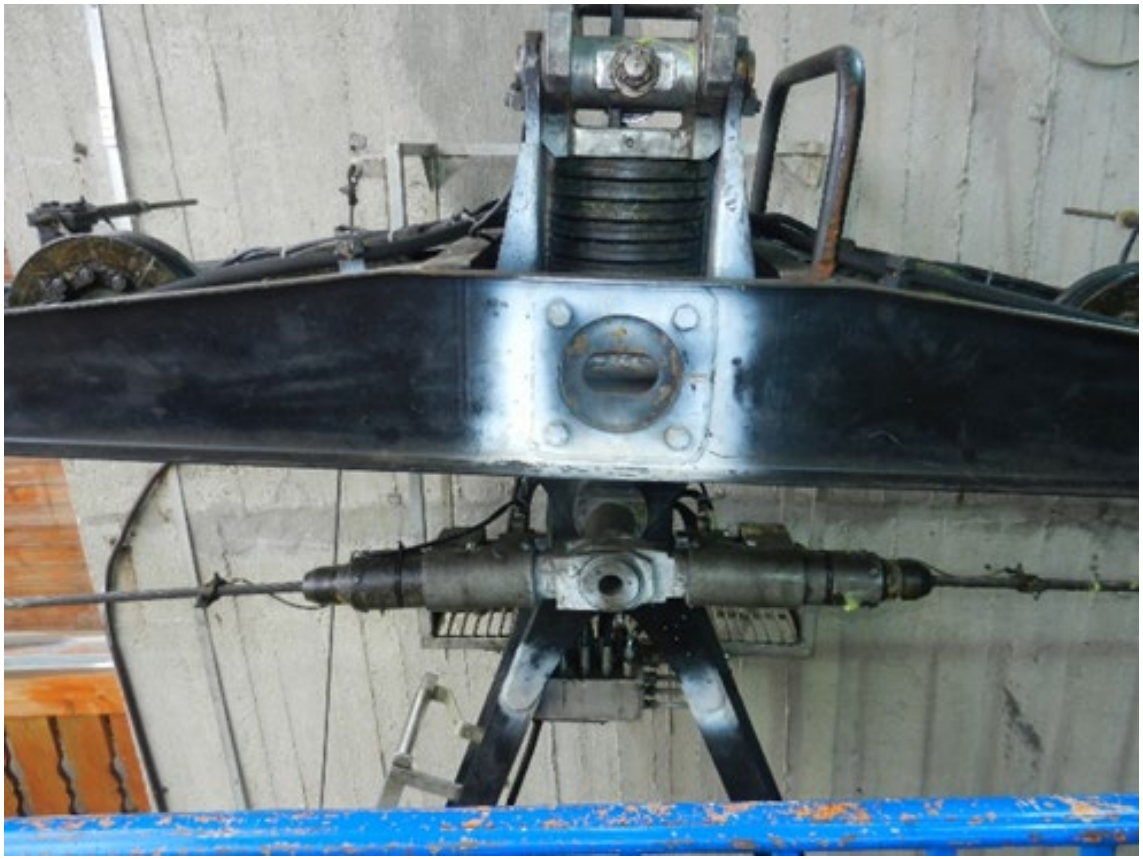
Le spire sono almeno 3 e il tamburo può ruotare per effetto di molle qualora la fune dovesse allentarsi.

Nella rotazione il tamburo agisce sulla valvola di scarico dell'olio del freno di vettura e fa intervenire il freno.

Funivia va e vieni - tamburello



ATTACCO DELLE FUNI TRAENTI CON IL SISTEMA A TESTA FUSA

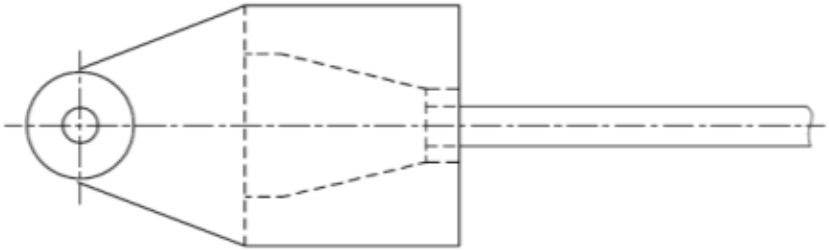


ATTACCO DELLE FUNI TRAENTI CON IL SISTEMA A TESTA FUSA



ATTACCO DELLE FUNI TRAENTI CON IL SSITEMA A TESTA FUSA







Confezione di una testa fusa di fune traente di funivia bifune a va e vieni



Confezione di una testa fusa di fune traente di funivia bifune a va e vieni



Confezione di una testa fusa di fune traente di funivia bifune a va e vieni



I fili vengono prima raddrizzati, sgrassati, uncinati e poi stagnati.
Successivamente viene eseguita la colata della lega (80% stagno, 7% rame e 13% antimonio) alla temperatura di fusione di circa 450°.
Con ciò la fune ha una leggera perdita di resistenza per la quale è richiesto un coefficiente di sicurezza a trazione superiore (6 contro 5).

Le teste fuse vengono rifatte ogni 5 anni (secondo le PTS) e in certi casi anche prima qualora risultasse necessario accorciare la fune.

Controlli testa fusa





Rifacimento delle teste fuse ai sensi del Decreto 144/2016

5.2 Attacchi di estremità della fune

5.2.1 Teste fuse metalliche

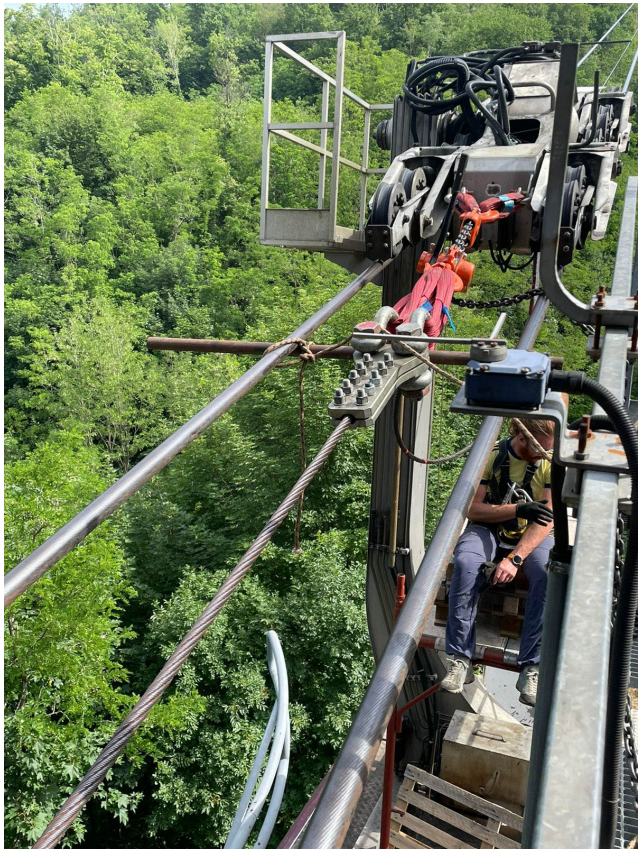
Indipendentemente dalle condizioni della fune, l'attacco di estremità deve essere sostituito in conformità al Prospetto 5

Prospetto 5

Teste fuse metalliche	Anni di esercizio max.
Traente non CE	5
Tenditrice non CE	5
Portante non CE	5

Per le teste fuse metalliche delle funi certificate vale quanto indicato nella documentazione di certificazione.

PROVE DI FINTO TAGLIO



PROVE DI FINTO TAGLIO

Finto taglio	*Vettura 1*		*Vettura 2*		*Note*
	valle	monte	valle	monte	
tensione allo scatto del freno sulla portante Ts	16500 N	29000 N	16000 N	29000 N	
tensione minima nella fune (fune molle) Tf	38278 N	41343 N	38278 N	41343 N	
componente peso vettura P	/	9436 N	/	9436 N	
tensione residua (di scatto del freno sulla portante) Tr=Tf+P-Ts	21778 N	21779 N	22278 N	21779 N	
verifica Ts << Tf	X	X	X	X	
verifica Tr > peso fune traente 15882	X	X	X	X	

PROVE DI FINTO TAGLIO

VEICOLO 2

Testa fusa di valle

Tiro totale fune zavorra a valle del veicolo — 2380 kg (23348 N)
Tiro letto al dinamometro all'intervento t.f. di valle — 1650 kg (16186 N)

Tensione residua fune zavorra allo scatto t.f di valle
2380 - 1650 = 730 kg (7161 N)

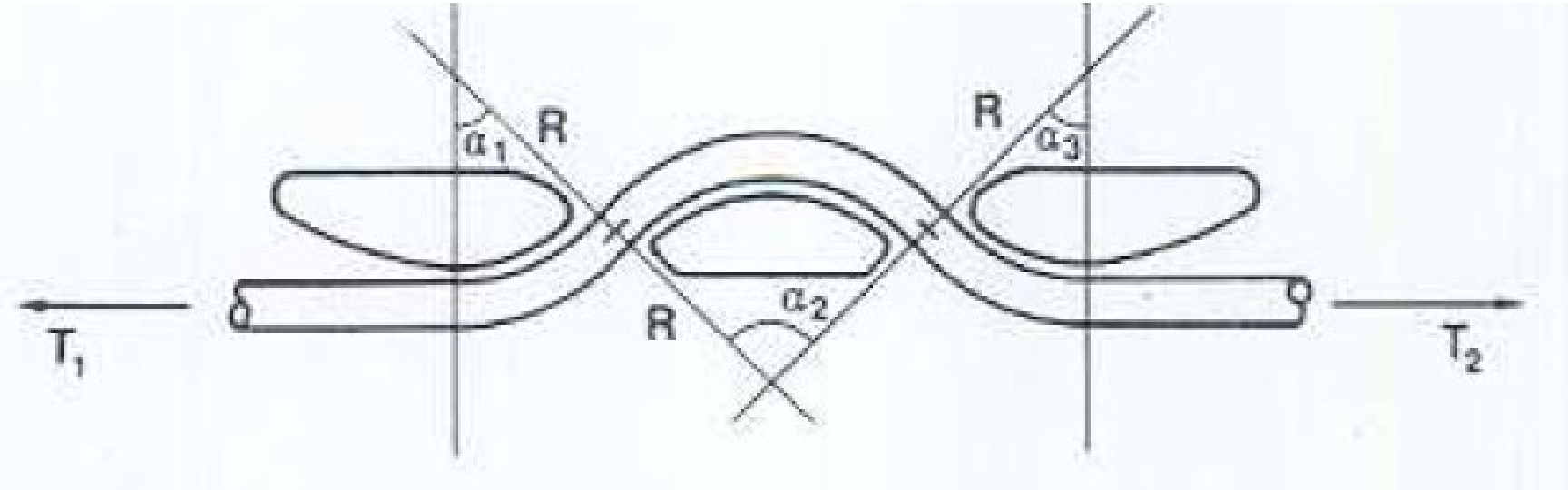
Testa fusa di monte

Tiro totale fune traente a monte del veicolo — 2440 kg (23936 N)
Tiro letto al dinamometro all'intervento t.f. di monte — 1770 kg (17363 N)

Tensione residua fune traente allo scatto t.f di monte
2440 - 1770 = 670 kg (6573 N)

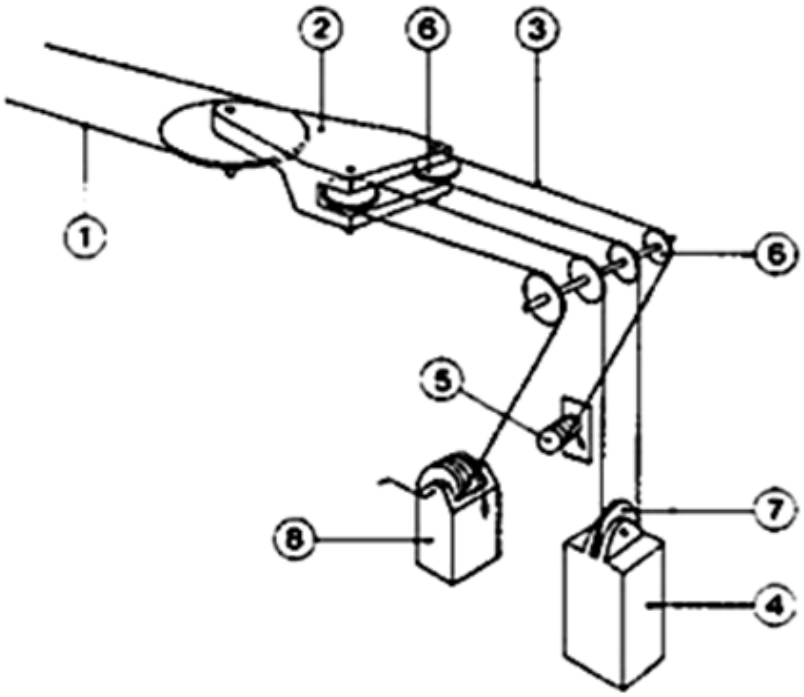
Nota: a progetto risulta necessario (fascicolo 02 pag 54) un tiro minimo per recuperare la fune rotta di 395 daN, mentre in esercizio risulta che la tensione minima raggiunta dalle funi di manovra è 2324 daN.
Il valore letto mediamente letto di 700 daN è dunque pienamente accettabile

Collegamenti a chapeau de gendarme della fune traente al veicolo funiviario



Tesatura a contrappeso per funi portanti-traenti con fune tenditrice di regolazione

Il contrappeso tramite fune tenditrice si collega al carro di tensione su cui è montata a seconda dei casi la puleggia di rinvio oppure l'argano motore e puleggia motrice.



Posizione	Denominazione
①	fune portante-traente
②	slitta di tensione
③	fune tenditrice e di regolazione
④	contrappeso
⑤	tamburo d'ancoraggio
⑥	puleggia di deviazione
⑦	puleggia di compensazione
⑧	argano di regolazione

Tesatura a contrappeso per funi traenti

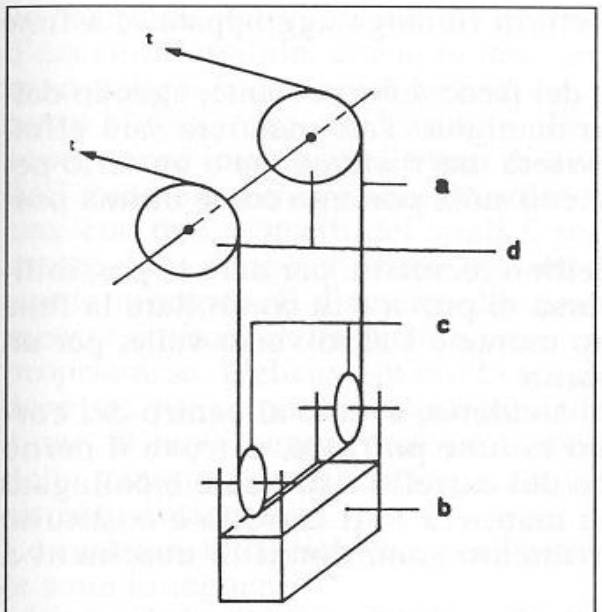


Fig. 10 Contrappeso per Fune traente
a) Fune traente e zavorra
b) Contrappeso
c) Pulegge di rinvio
d) Pulegge di deviazione

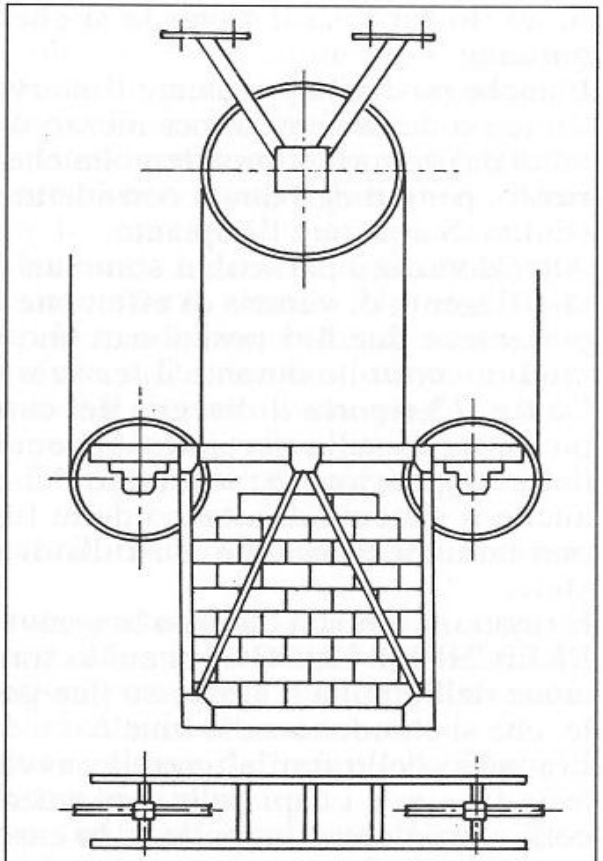
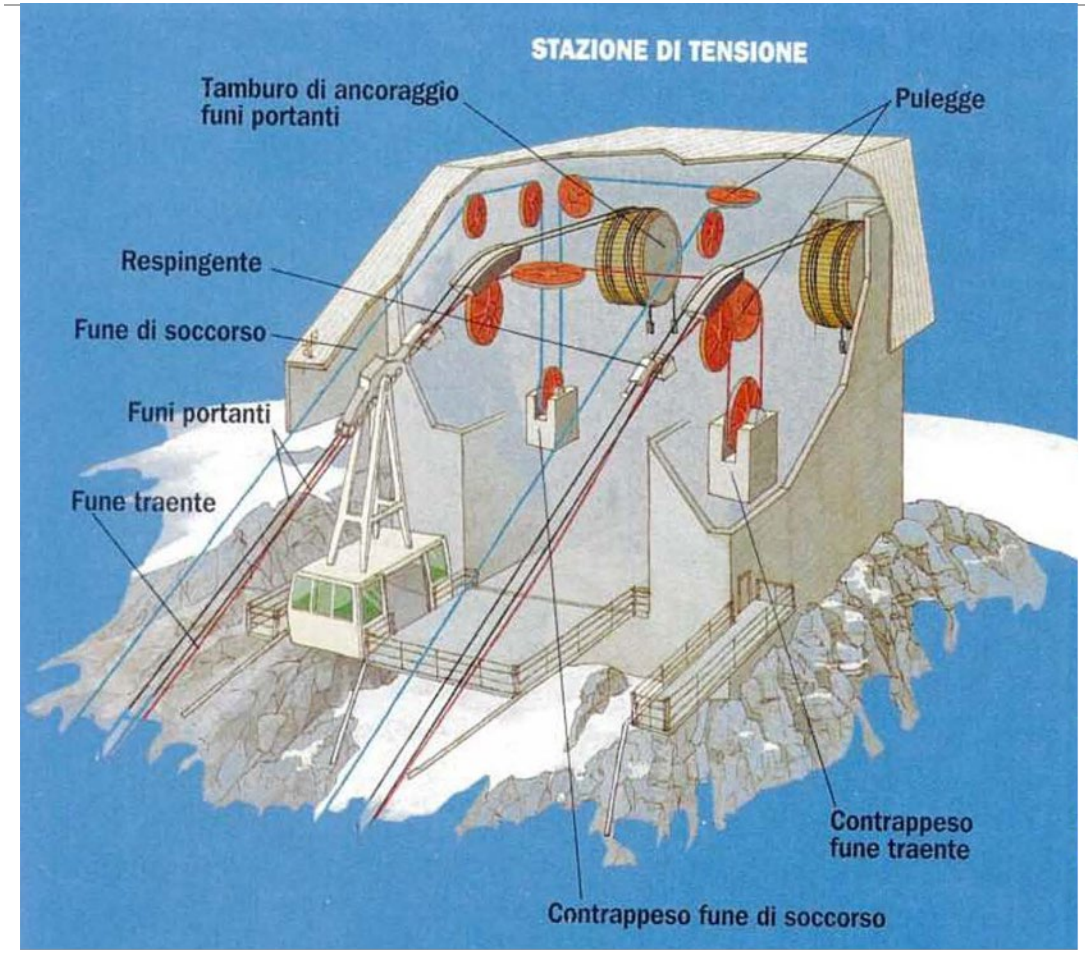
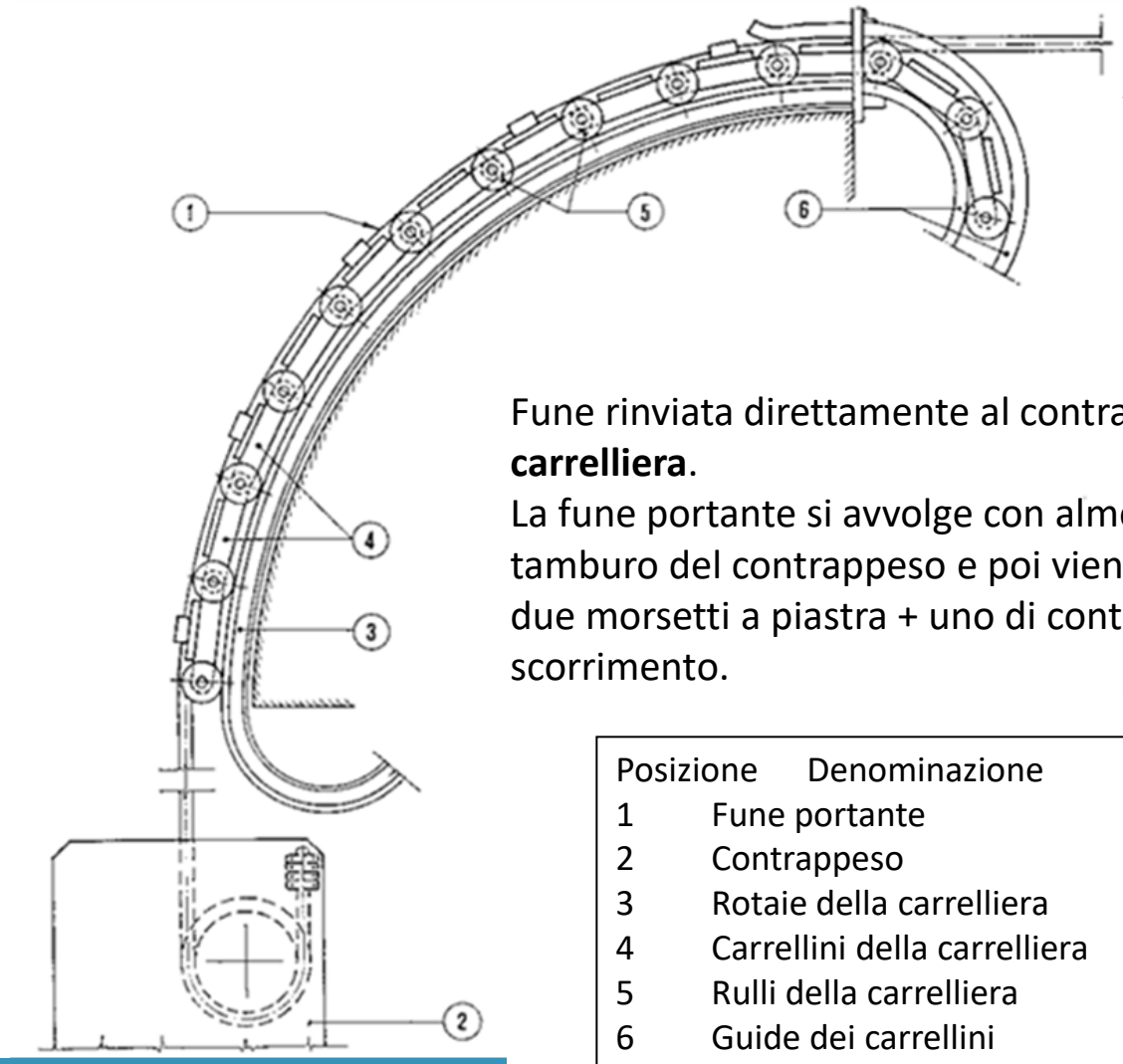


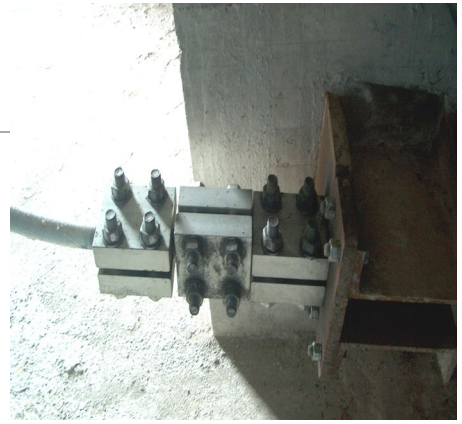
Fig. 11 Contrappeso traente a doppio rinvio

Schema di stazione di rinvio tenditrice di funivia bifune



Tesatura di fune portante – deviazione fune mediante carrelliera





Fune rinviata direttamente al contrappeso tramite **carrelliera**.

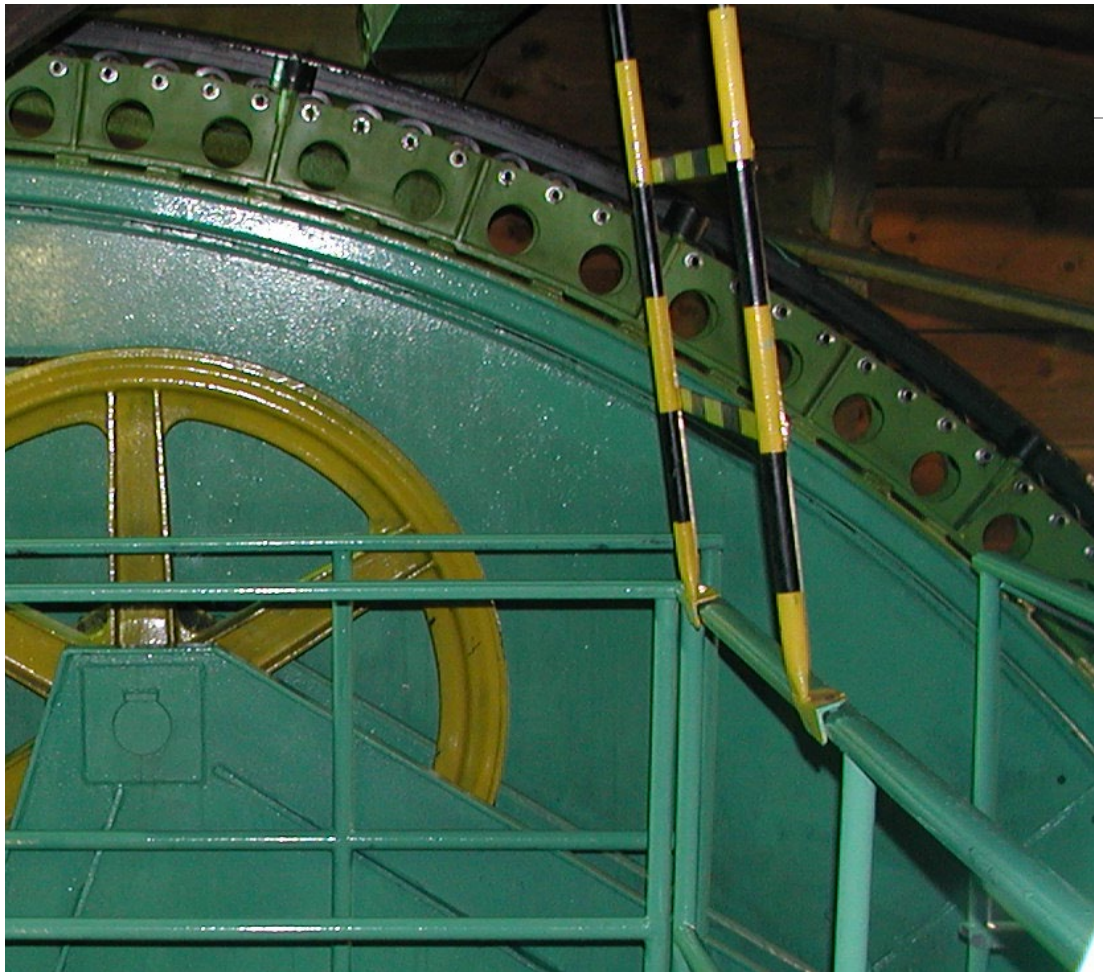
La fune portante si avvolge con almeno 3 spire sul tamburo del contrappeso e poi viene bloccata con due morsetti a piastra + uno di controllo eventuale scorrimento.

Posizione	Denominazione
1	Fune portante
2	Contrappeso
3	Rotaie della carrelliera
4	Carrellini della carrelliera
5	Rulli della carrelliera
6	Guide dei carrellini

Carrelliera



Deviazione fune portante tramite rulliera

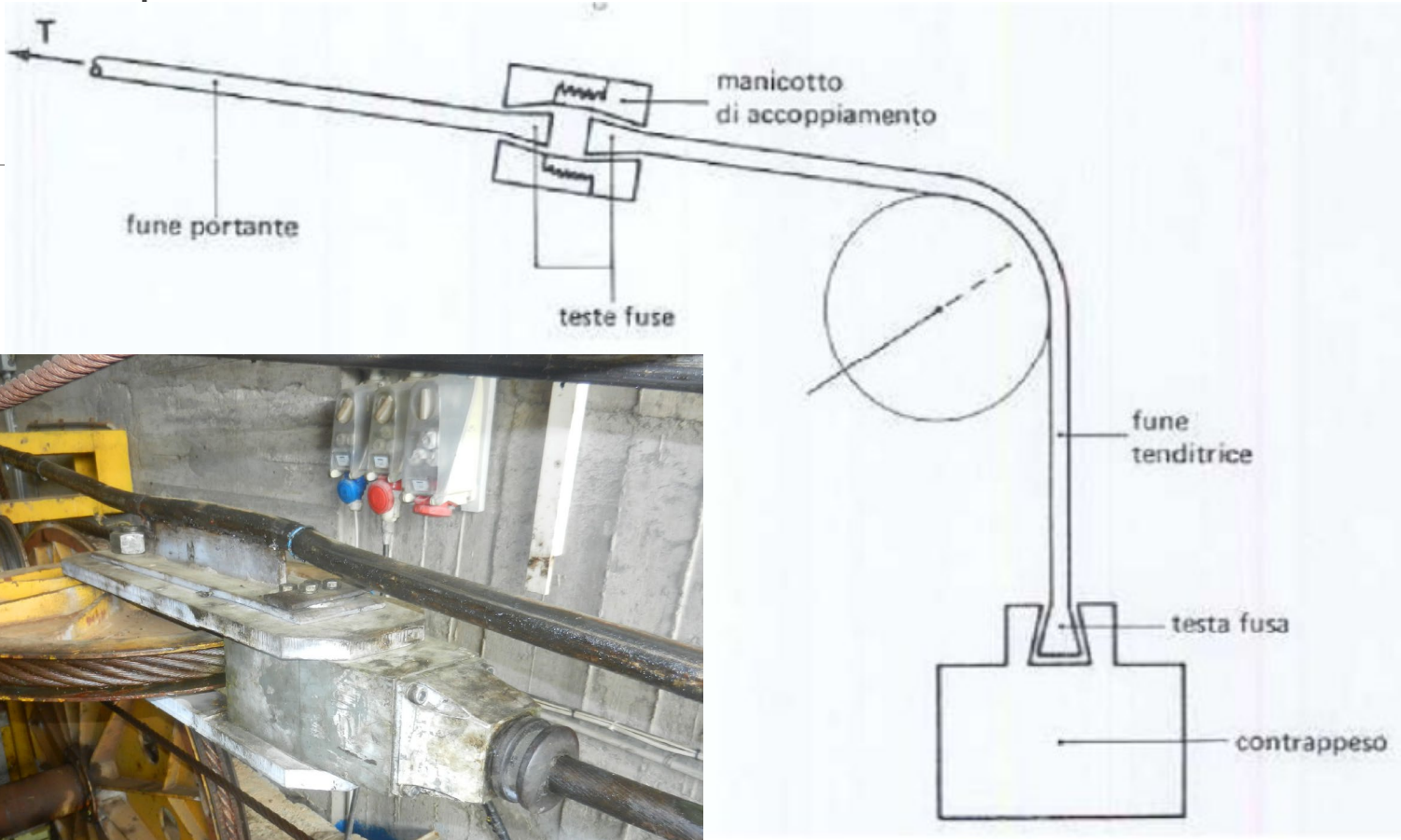


Rulli su cui appoggia la fodera



Rulli di guida della fodera

Tesatura di fune portante tramite fune tenditrice



Tamburo di ancoraggio fune portante nella stazione opposta a quella di tesatura



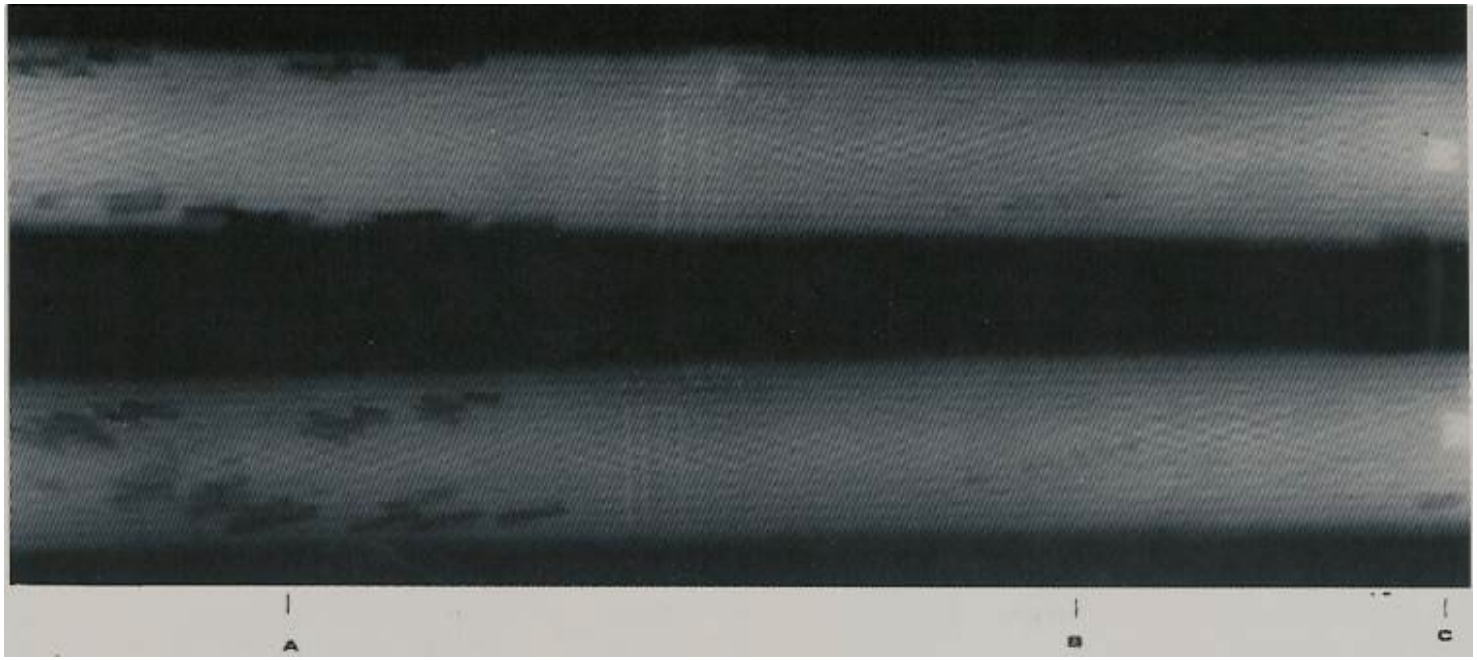
C’e pure la scorta di fune per effettuare i periodici scorrimenti previsti dalla normativa.

Il periodo di scorrimento è in funzione del rapporto Raggio carrelliera e Diametro fune, così pure i controlli della fune da farsi sui tratti che subiscono i cicli di flessione ad ogni corsa.

Scarpa di stazione



Scarpa di stazione



Sostegno di funivia doppia portante



Sostegno di funivia doppia portante



Sostegno di funivia doppia portante



Sostegno di funivia singola portante



Sostegno di funivia singola portante



Stazione intermedia su sostegno



Stazione intermedia su sostegno



Sostegno di doppia linea di funifor



Sostegno in calcestruzzo funivia Pecol Belvedere



Doppia fune portante: il cavalletto



I cavallotti, mediamente ogni 200÷250 m, sono analoghi alle traversine ferroviarie e vanno periodicamente spostati secondo le indicazioni del costruttore.

Doppia fune portante: il cavallotto

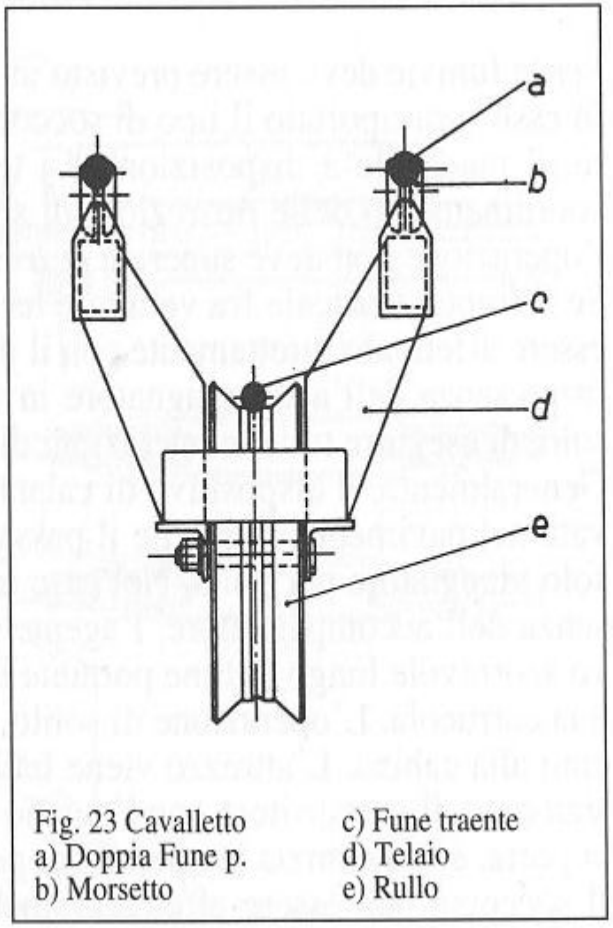


Fig. 23 Cavalletto
a) Doppia Fune p.
b) Morsetto
c) Fune traente
d) Telaio
e) Rullo

Cavalletto di funivia funifor



Devono sostenere anche la parte alta dell'anello di fune traente

Scarpa d’appoggio fune portante completa di rulli guidafune



Scarpa d’appoggio fune portante completa di rulli guidafune



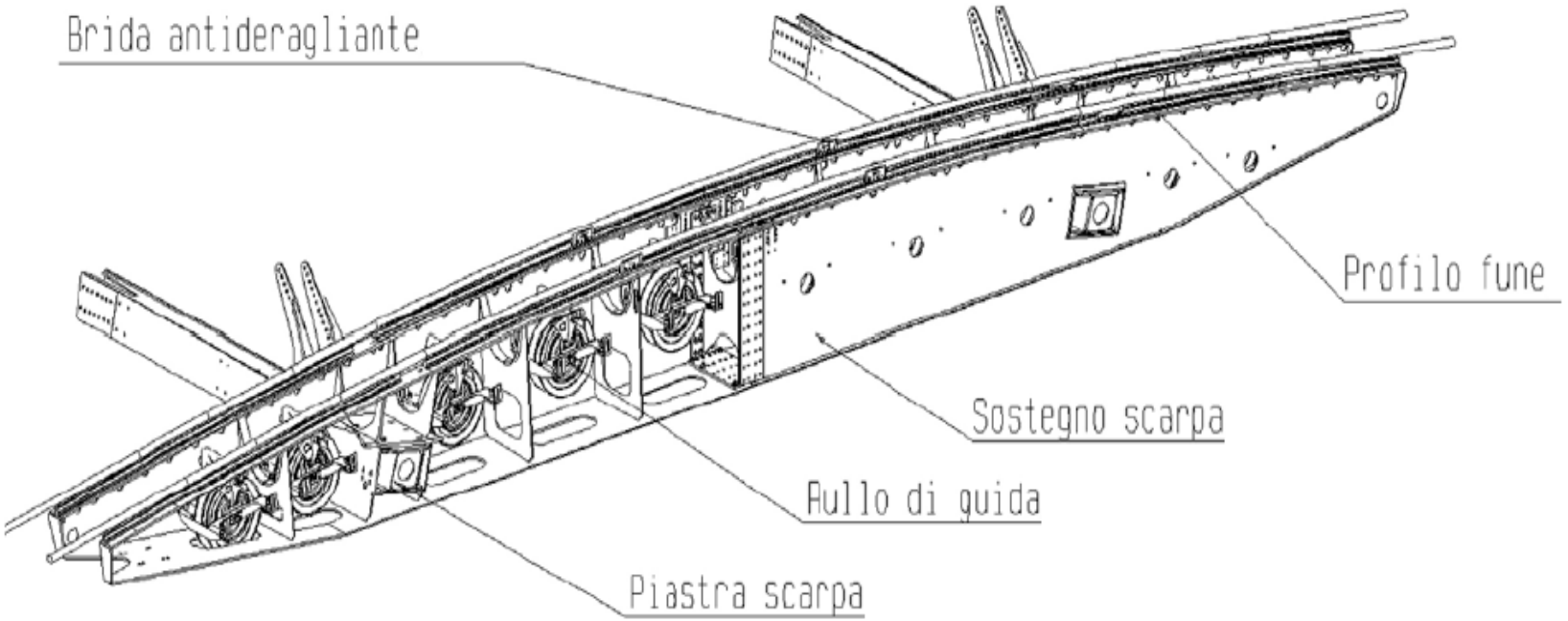
Scarpa caratterizzata da morsetti intermedi



La scarpa si riferisce al funifor, e i morsetti sono collegati agli analoghi della scarpa dell'altra fune. Questo fa si che le funi debbano scorrere della stessa quantità garantendo così stabilità della vettura.

Scarpa completa di rulli

La scarpa può essere dotata di elementi antideragliamento (“briden”) per le funi portanti, composte da due piastre sagomate a profilo della fune. Esse abbracciano la fune permettendo il passaggio del veicolo, e tengono le funi sulla scarpa in caso di deragliamento.



Scarpa d’appoggio

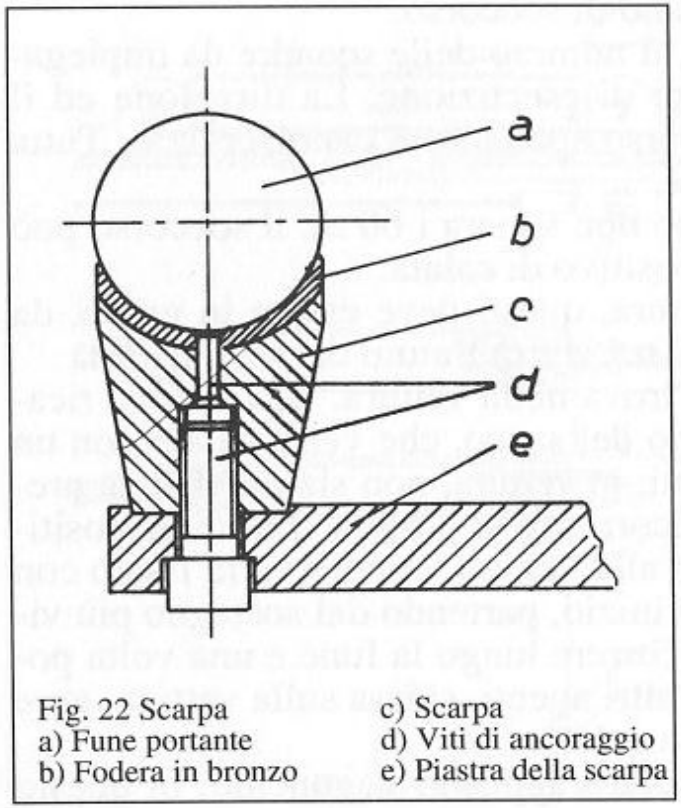
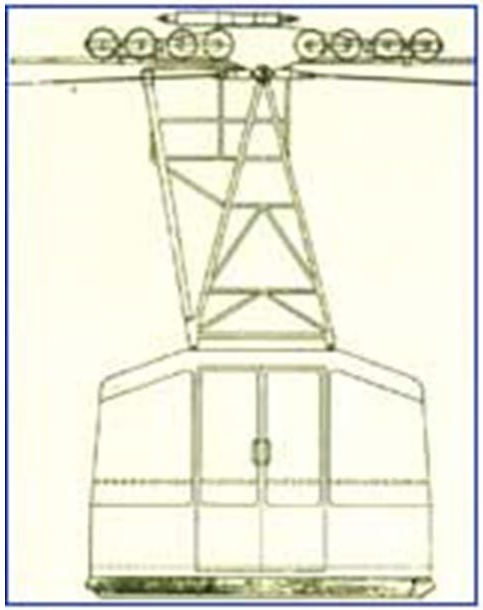


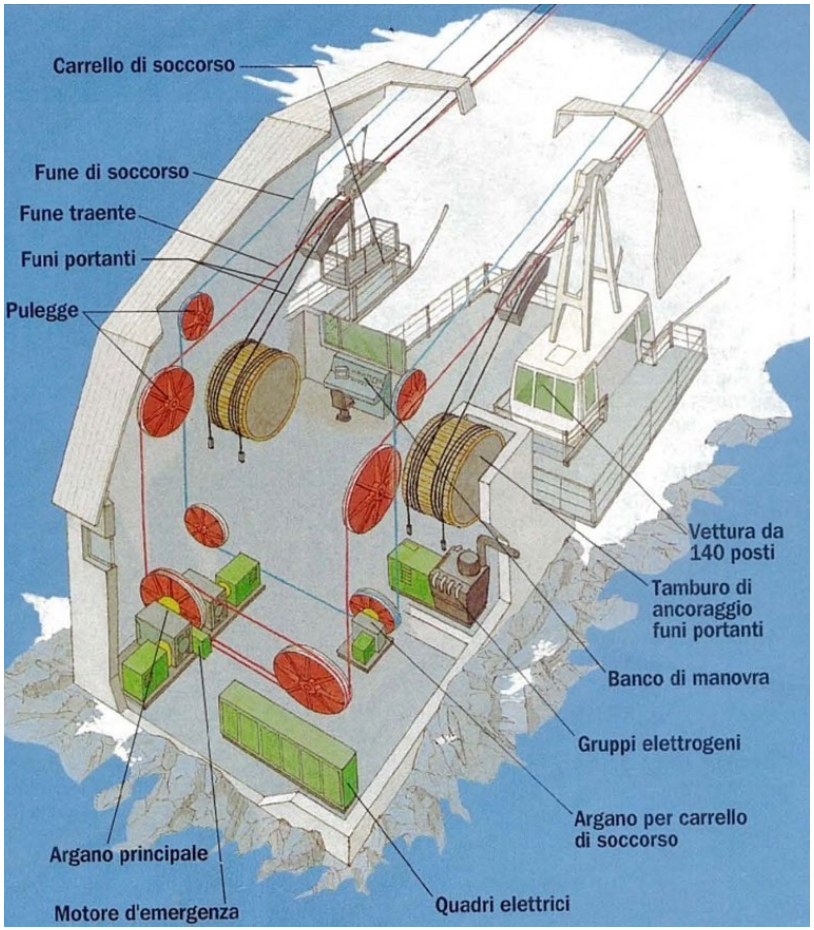
Fig. 22 Scarpa
a) Fune portante
b) Fodera in bronzo
c) Scarpa
d) Viti di ancoraggio
e) Piastra della scarpa

Profilo di funivia bifune
(con quattro sostegni di linea)



La fune di soccorso è a fune più alta di tutte le altre e viene abbassata solo in caso di necessità per agganciare il veicolo di soccorso; in tal caso si interviene sulla zavorra addizionale del contrappeso, sollevandola.

STAZIONE MOTRICE DI FUNIVIA BIFUNE



Impianti speciali – funifor

Funivia va e vieni a moto indipendente, i due rami di impianto sono indipendenti e quindi possibile effettuare servizio con i due rami oppure anche con uno solamente in base alla domanda.

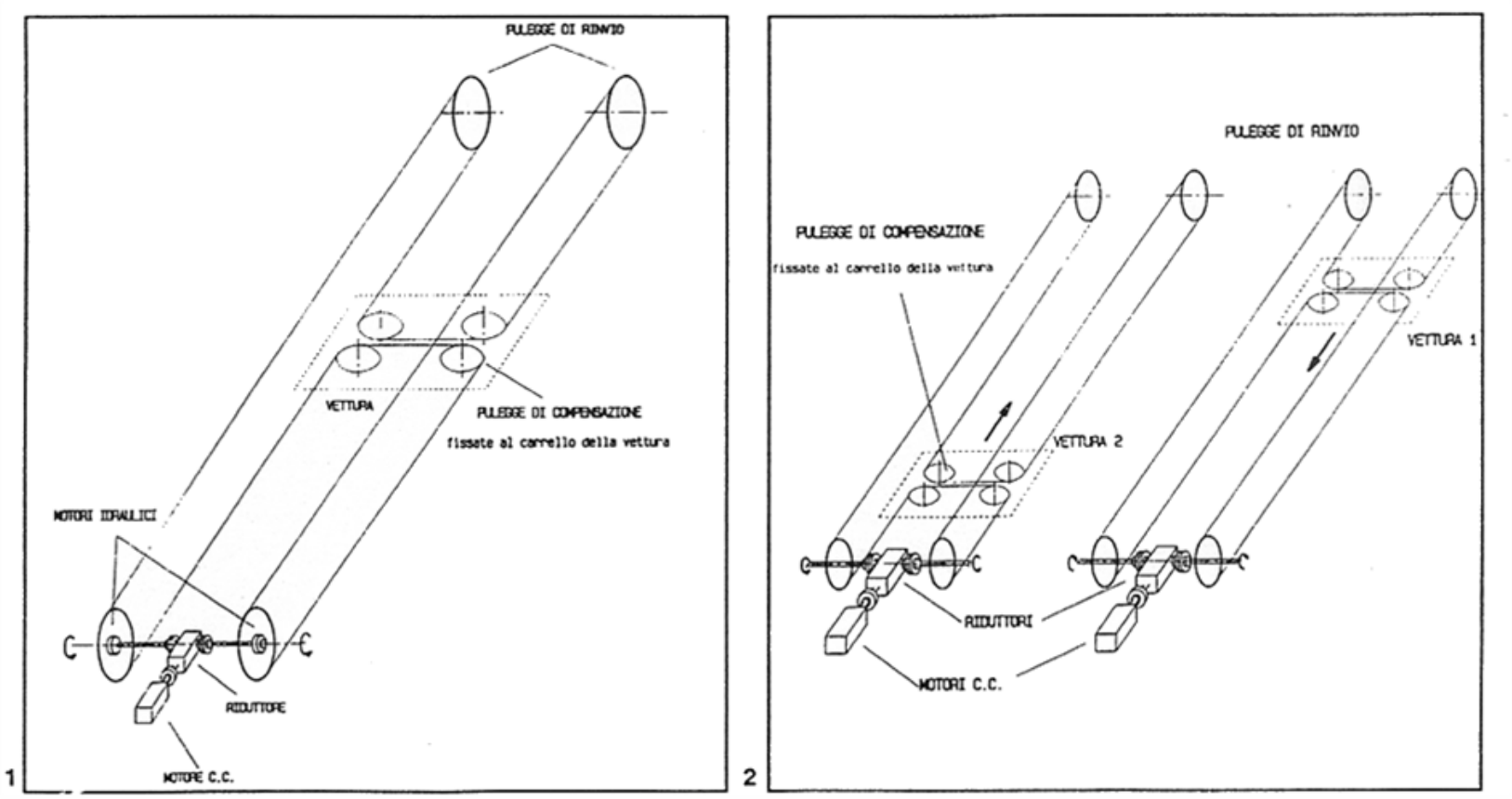
Vantaggi:

- Elevata stabilità al vento data dalle funi portanti con intervia largo e sospensione corta;
- Facilità di soccorso in quanto una cabina può «salvare» l'altra;
- Fune traente impalmata senza attacchi fissi alla cabina
- Sospensione corta e quindi stazioni basse e compatte rispetto alle classiche va e vieni

Impianti speciali – funifor



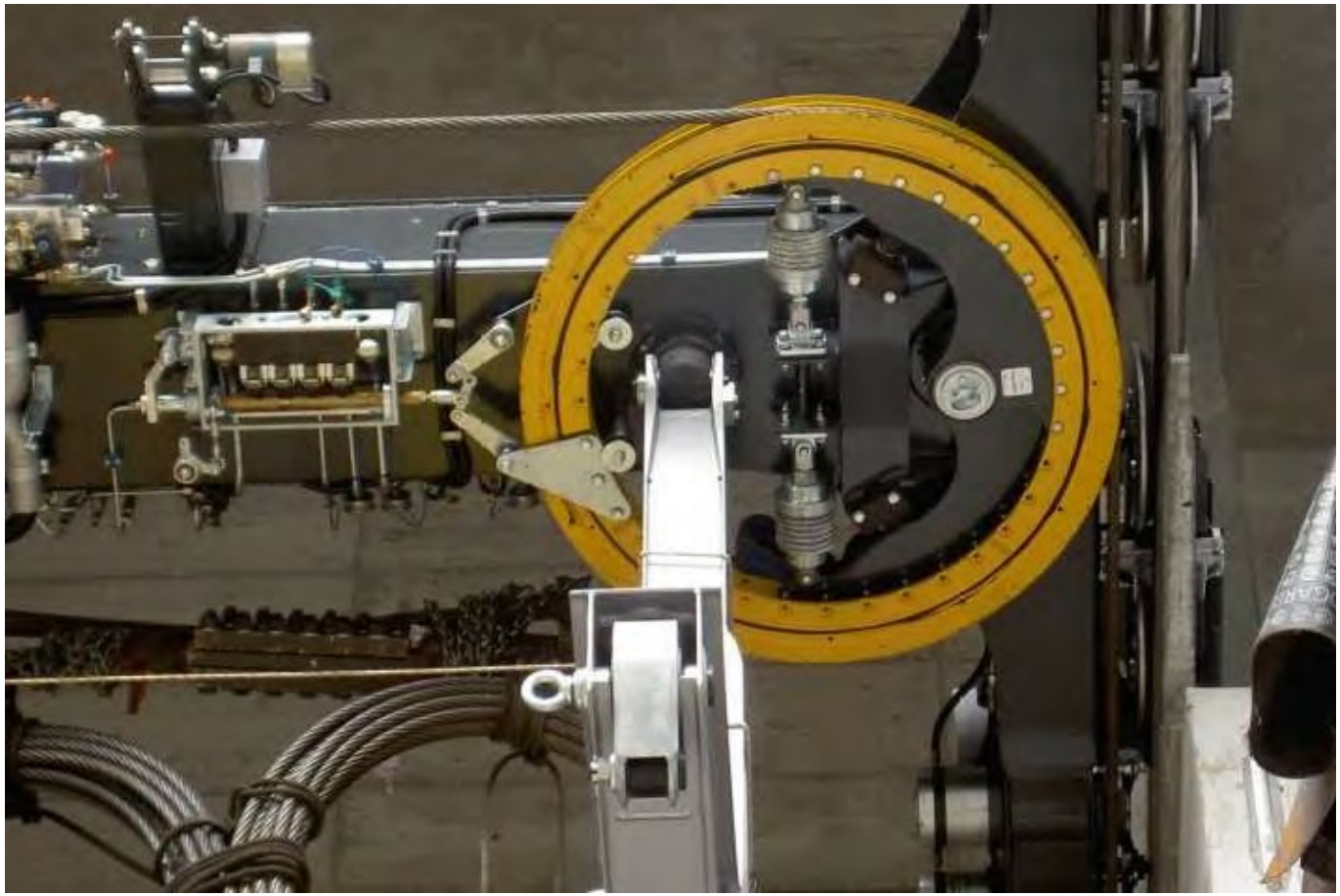
Impianti speciali - funifor



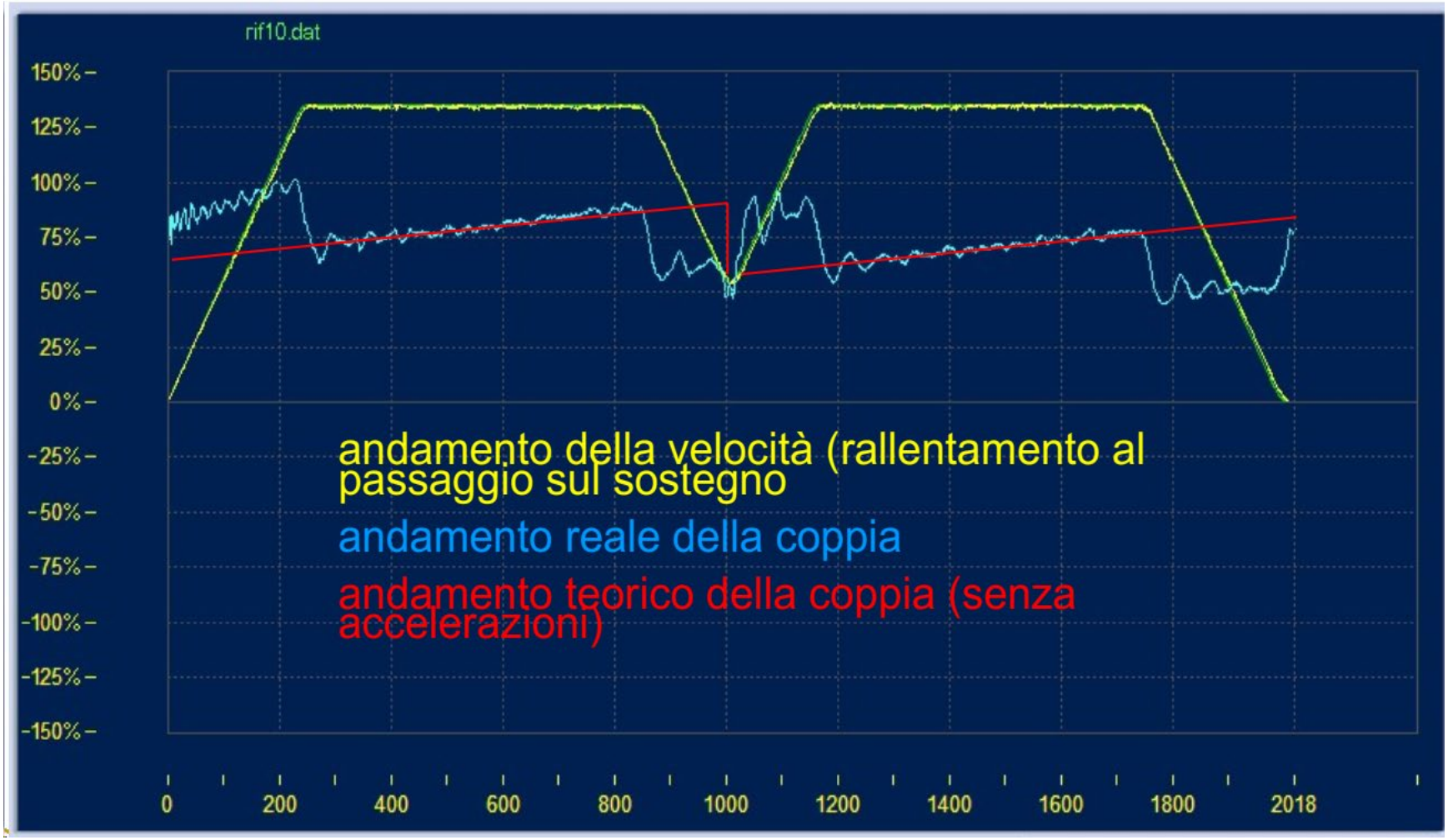
Soccorso funifor



Impianti speciali - funifor

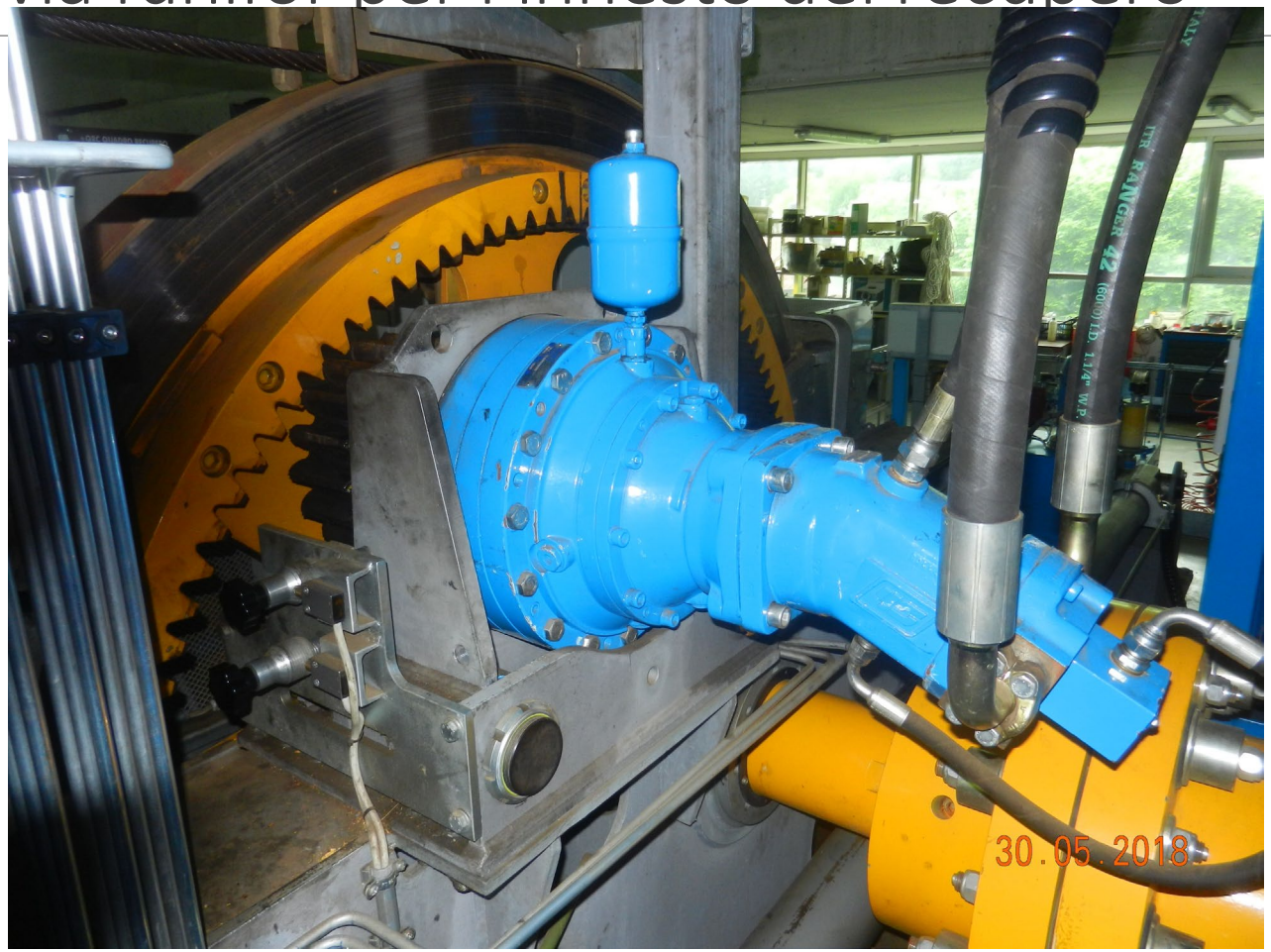


Andamento della coppia motrice in un funifor con un sostegno in linea

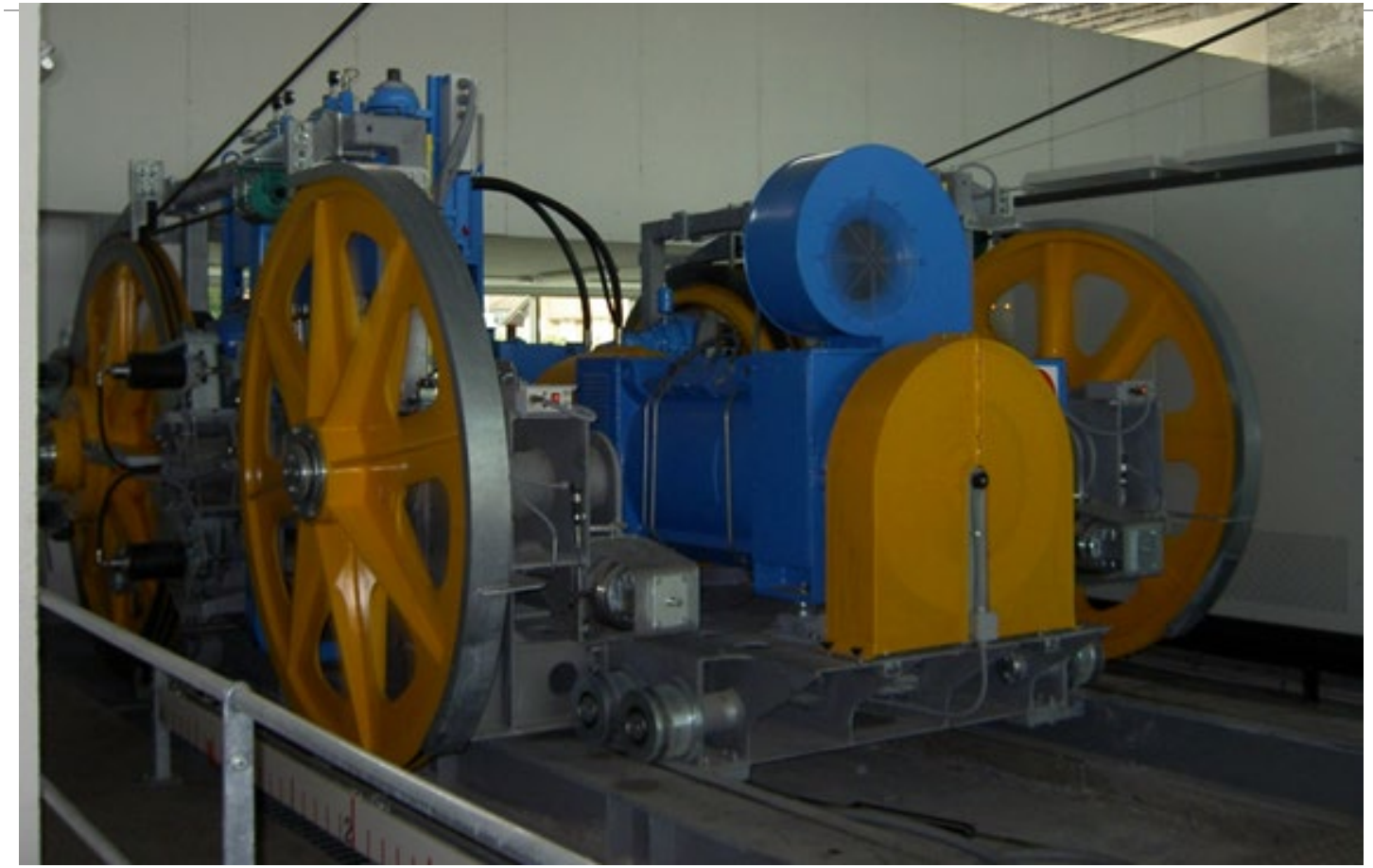


Vettura carica in salita

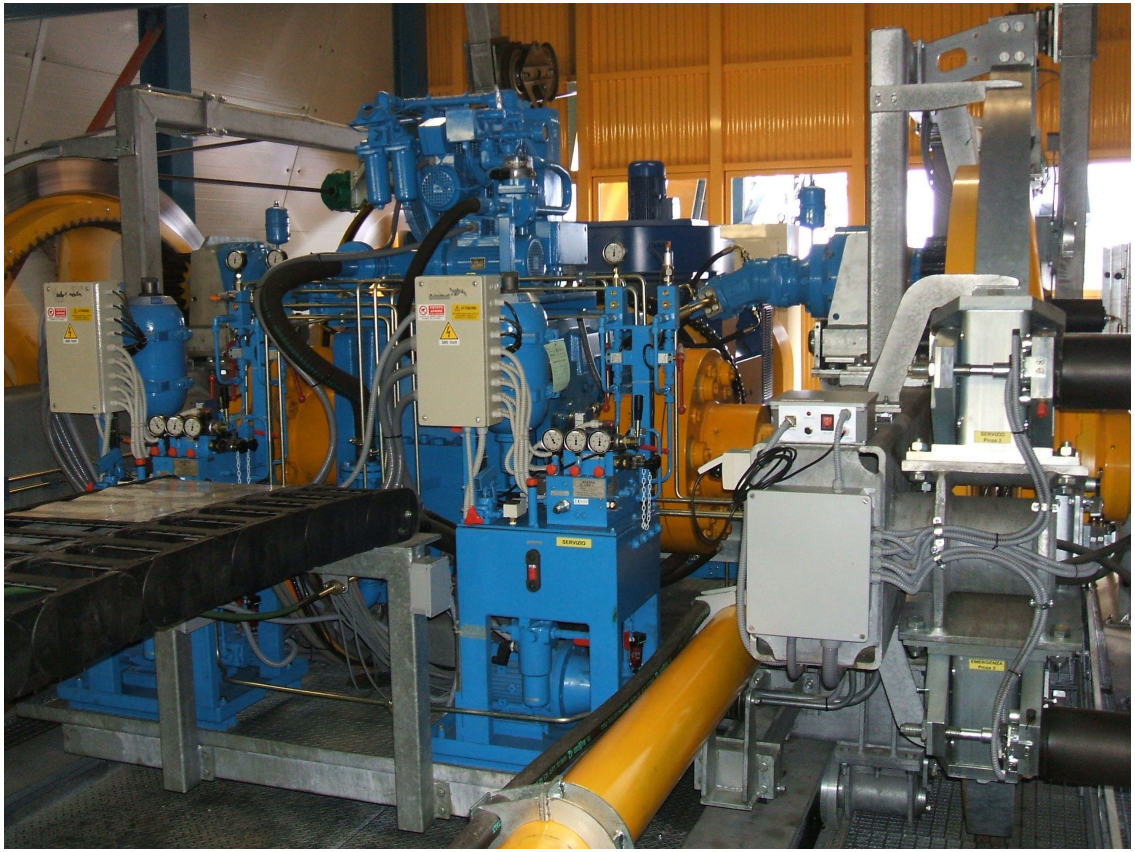
Corona dentata di una delle pulegge motrici di funivia funifor per l'innesto del recupero



L’argano del funifor



L’argano del funifor



Sicurezze tipiche degli impianti bifune a va e vieni e delle funicolari terrestri

- Intervento del freno sulla via di corsa
- Controllo minima pressione dello stesso freno
- Controllo scorrimento fune traente rispetto al sistema di collegamento della fune al carrello (attacco a tamburello): microinterruttore posto tra morsetto principale e morsetto di controllo.
- Intervento del freno di vettura (posto sul carrello) per allentamento/rottura della fune traente.
- Intervento del freno di vettura per extracorsa.

Frenatura sulla via di corsa

Nel caso delle funivie bifune la frenatura avviene sulla/e fune/i portanti.

Nelle funicolari tradizionali su ferro, ad un unico binario e due vetture, la frenatura avviene su una sola rotaia, quella esterna allo scambio.

Nelle funicolari ad una sola vettura, la frenatura avviene su ambedue le rotaie.

NOTA: anche l'ascensore è provvisto di un freno che agisce sulle guide ed è chiamato *freno paracadute.* Per quanto riguarda gli ascensori inclinati il freno agisce sulle rotaie come avviene per le funicolari.

Funivie bifune possibili senza freno sulla portante

Ai sensi della EN 12929-2 relative ai principali eventi di rischio relativi ad un possibile danno dell'anello trattivo è possibile omettere il freno sulla portante.

Il Decreto infrastrutture riporta i principali eventi che possono mettere in pericolo l'integrità dell'anello trattivo.

Quanto sopra riguarda gli impianti di nuova costruzione.

Sicurezze tipiche delle funivie bifune

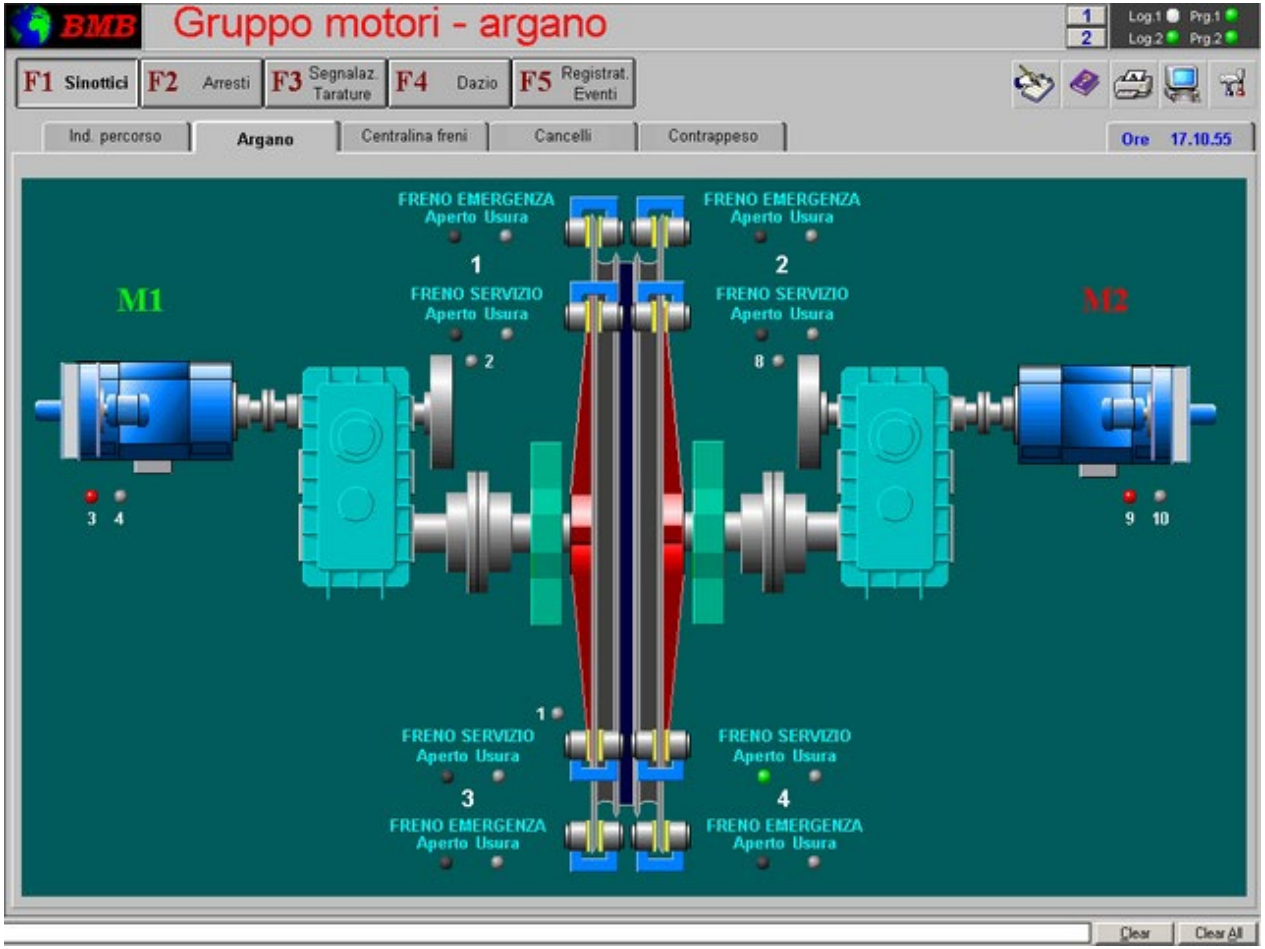
Accavallamento fune traente e fune di soccorso sulla fune portante.

Il controllo si basa sul mantenimento dell'isolamento elettrico di suddette funi.

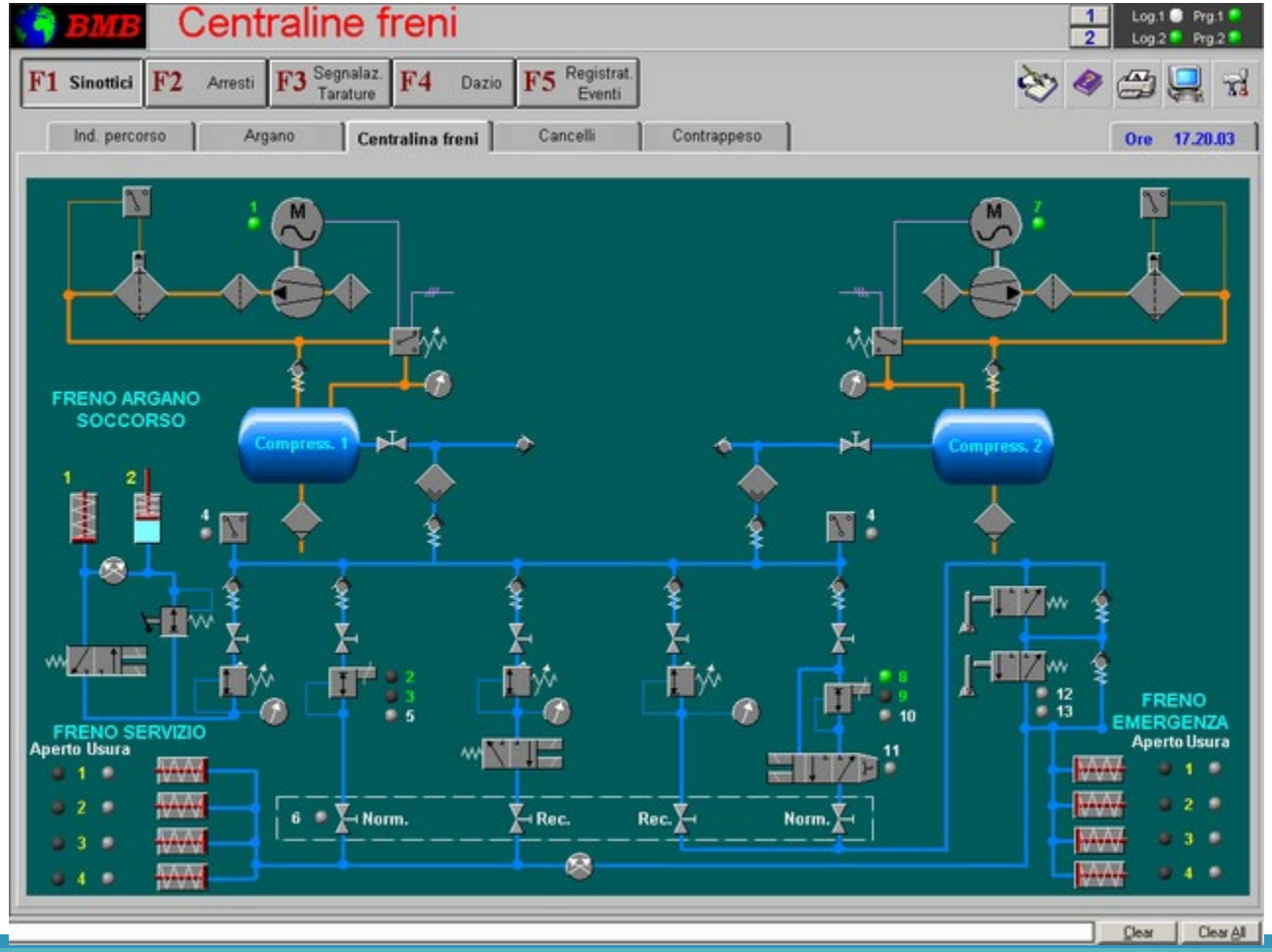
Azionamento elettrico di comando



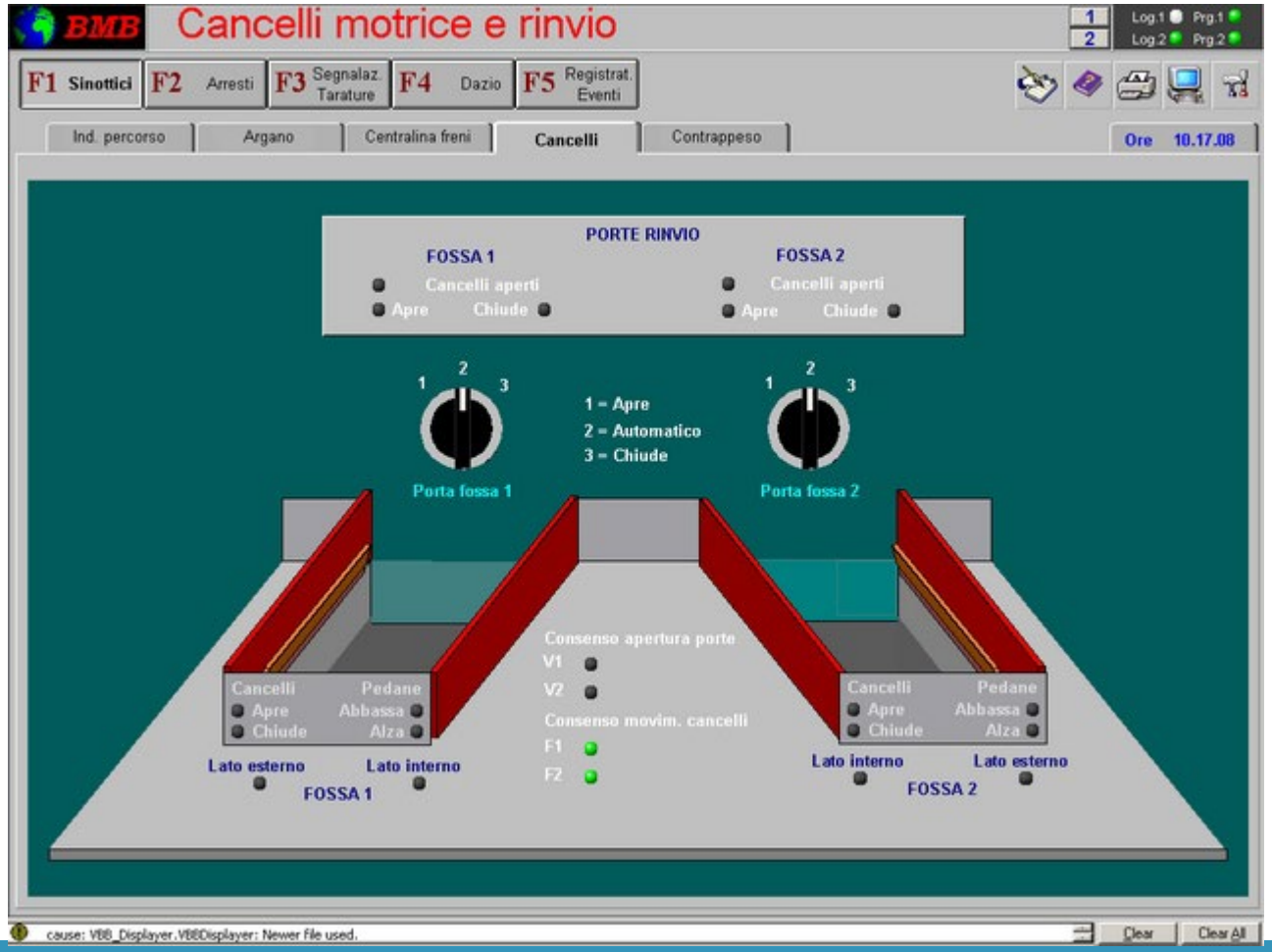
Azionamento elettrico di comando



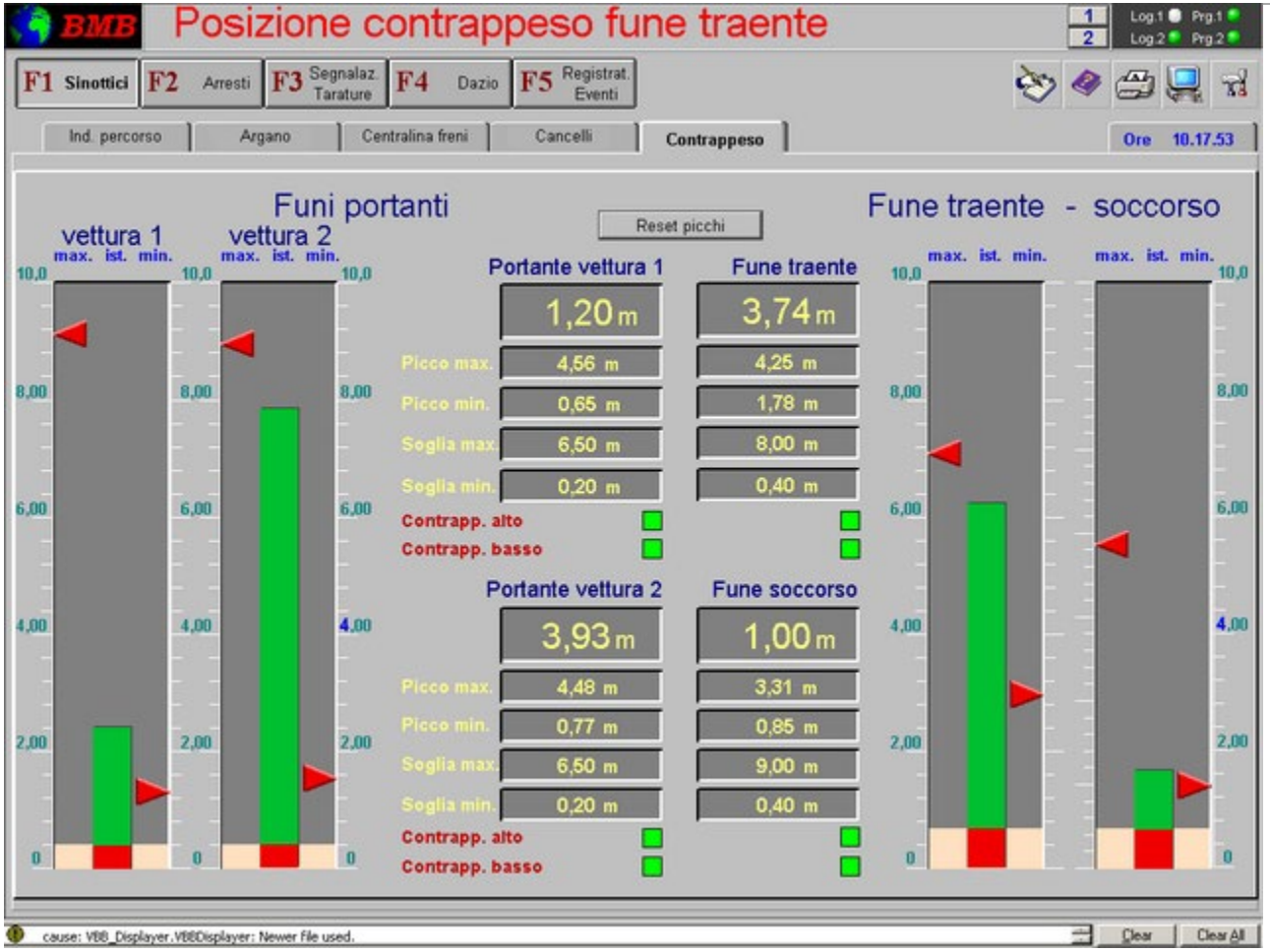
Azionamento elettrico di comando



Azionamento elettrico di comando



Azionamento elettrico di comando



Programmatori del moto

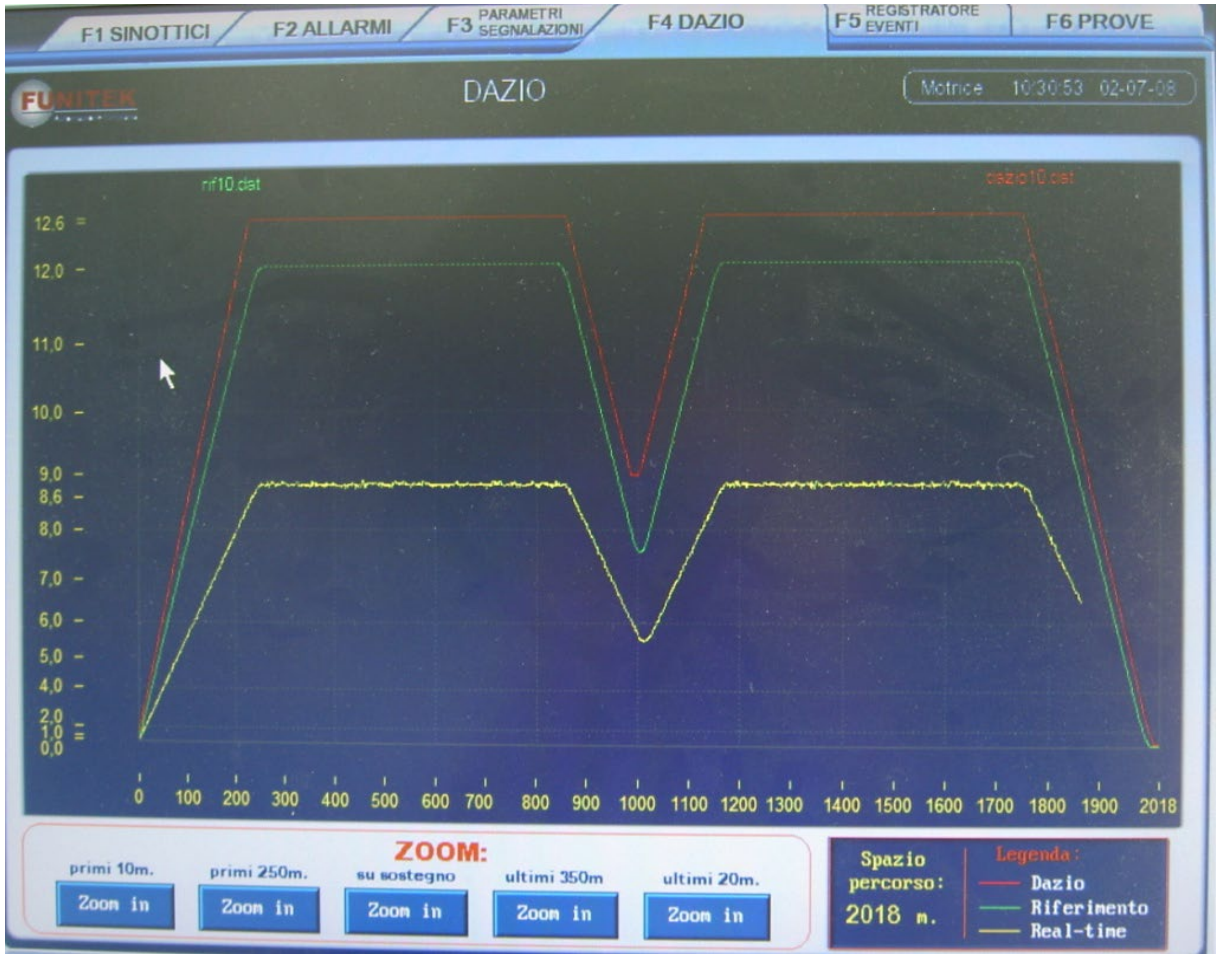
Essendo impianti a moto discontinuo è richiesta la riduzione della velocità all'ingresso nelle stazioni, fino ad arrestare l'impianto negli impianti a va e vieni ove il veicolo si appoggia sui respingenti dopo aver superato il fine corsa elettrico: dicesi dazio di velocità.

Il rallentamento della velocità che un tempo doveva provvedere il macchinista, oggi avviene automaticamente, nel senso che l'impianto decelera portandosi dalla velocità in linea a quella consentita in zona fosse secondo il programma di marcia. Per far ciò il programmatore riduce la velocità del motore e quindi dell'impianto in funzione della posizione della vettura, definita da due encoder (di spazio) che prendono il moto da altrettante pulegge condotte della stazione motrice; altri due encoder (di velocità) informano della velocità dell'impianto.

I programmatori hanno definito in memoria punto per punto il valore della velocità ammessa per l'impianto, e provvedono a comandare il regolatore di velocità. Nel caso non venisse rispettata la marcia, c'è una curva di controllo della velocità che (curva dazio) che provvede ad emettere un segnale di comando di arresto dell'impianto al fine di scongiurare che la vettura non vada a sbattere sul respingente a velocità troppo elevata; solitamente la velocità massima riscontrata sulle funivie è indicativamente pari a 0,5 m/s.

Esempio di curve di velocità e di dazio

La curva inferiore corrisponde alla velocità di crociera, in questo caso ridotta.
La curva intermedia corrisponde alla velocità piena.
La curva più alta corrisponde al valore di soglia oltre la quale si ha l'arresto impianto, normalmente impostata a +5% della velocità nominale.
Essendoci un sostegno di linea, si ha pure un rallenta-mento al fine di contenere l'accelerazione centripeta a 2,00 m/s^2 al passaggio sulla scarpa del sostegno.



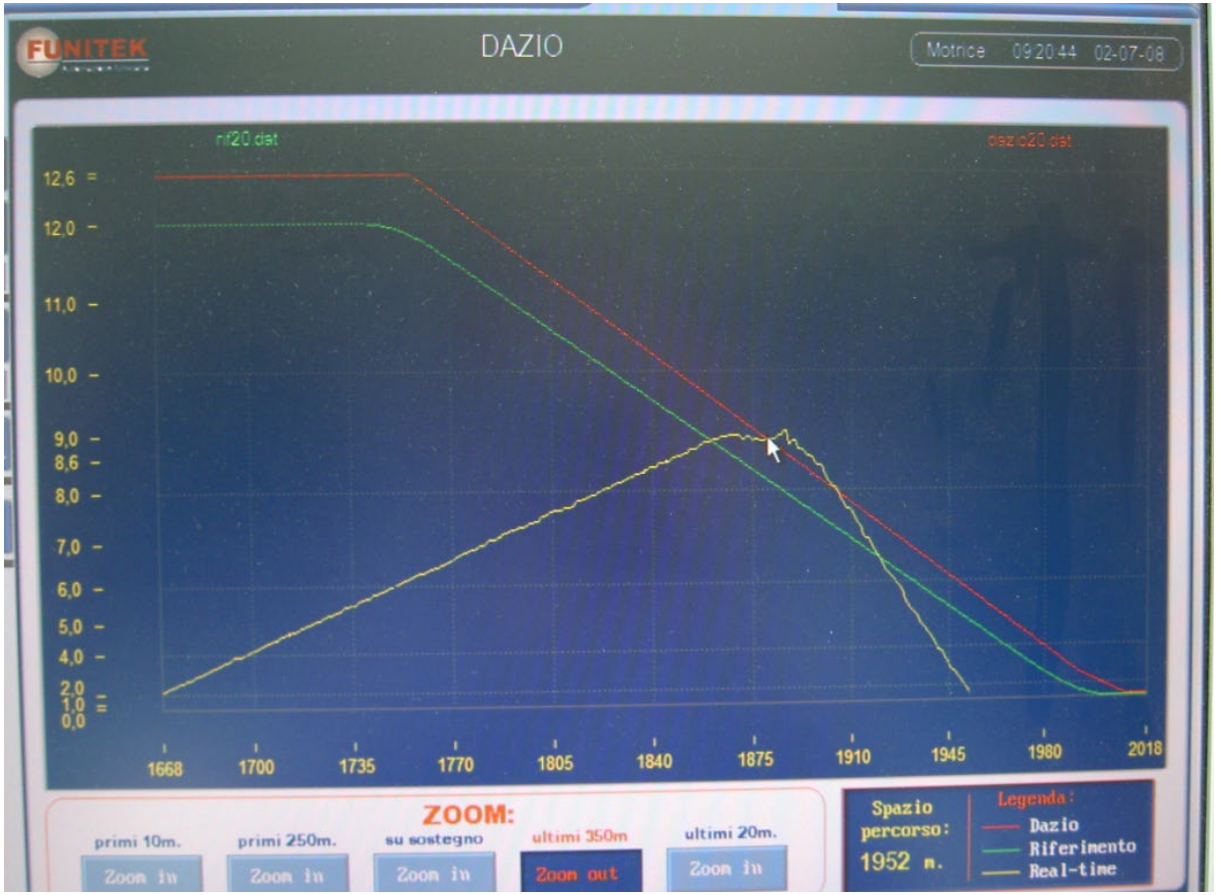
Programmatori del moto

I programmatori hanno definito in memoria punto per punto il valore della velocità ammessa per l'impianto e provvedono a comandare il regolatore di velocità. Nel caso non venisse rispettata la marcia, c'è una curva di controllo della velocità (curva dazio) che provvede ad emettere un segnale di comando di arresto dell'impianto al fine di scongiurare che la vettura non vada a sbattere sul respingente a velocità troppo elevata.

Oltre al controllo della velocità c'è anche il controllo dello spazio perché gli encoder spazio potrebbero dare una informazione errata, e pertanto, ci sono dei punti fune o in alternativa dei punti fissi (sostegno o cavallotto più vicini) a distanza ben nota il cui segnale è confrontato con le progressive indicate dagli encoder spazio.

Si riporta la rappresentazione di un impianto che non ha rallentato e che è stata intercettata la curva di controllo del dazio di velocità; in realtà fa parte di un test.

Sorveglianza dazio di velocità (linea rossa)



Sorveglianza “uomo morto”: è normalmente richiesta la presenza del personale, macchinista o vetturino nel caso di comando da vettura.

Il macchinista al posto di manovra preme il pedale di presenza denominato “uomo morto”. Nel caso di comando da vettura è il vetturino che preme un pulsante.

Il pedale o il pulsante vanno premuti quando compare il segnale acustico di avviso.

Il pedale va tenuto premuto per tutto il tempo che il veicolo rallentando impiega ad arrivare in stazione

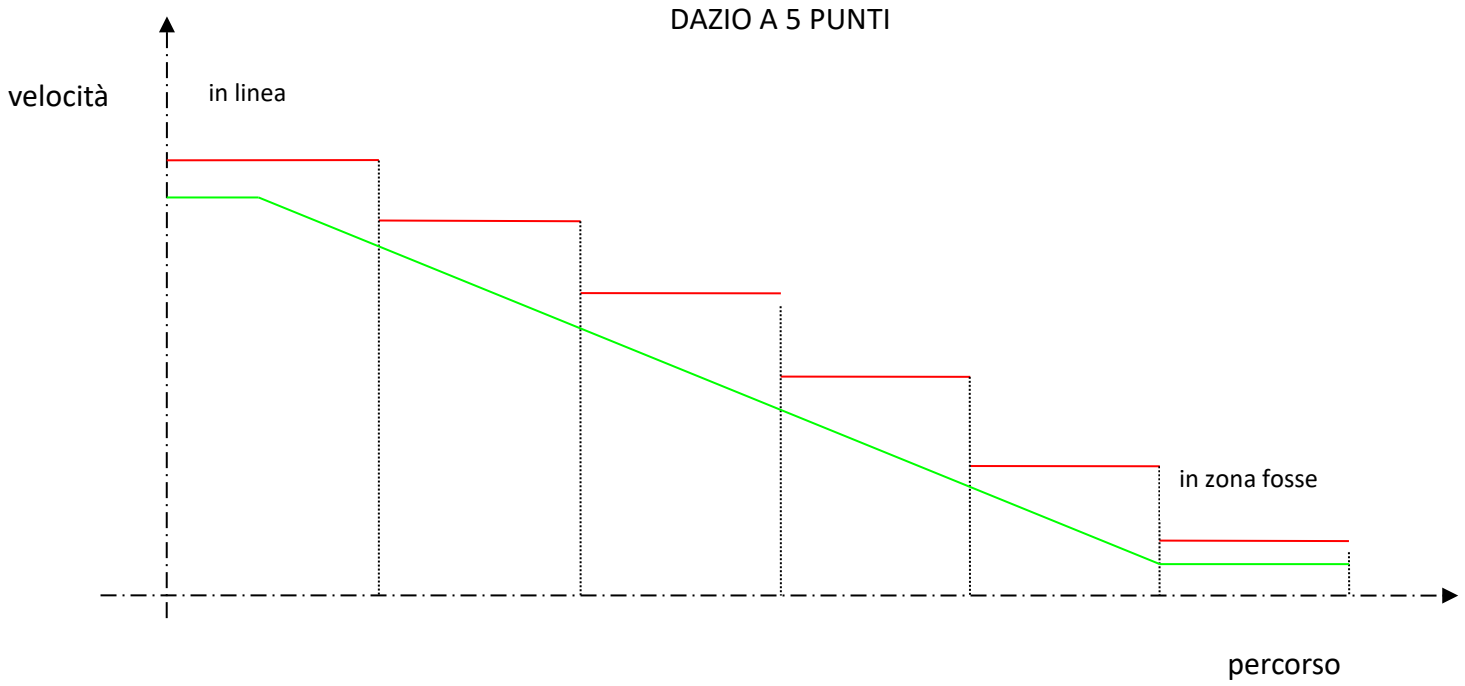
Negli impianti a guida automatica non è richiesta la presenza attiva da parte dell’uomo.

Sorveglianza dazio di velocità



Dazio a punti

Impianti datati nei quali non c’era il dazio continuo



Sorveglianze delle banchine

Il Progettista dovrà valutare i pericoli e le probabilità di danno a persone e cose derivanti dal flusso dei viaggiatori e dal movimento dei veicoli nelle zone interessate delle banchine e dei piazzali di imbarco e sbarco.

Le situazioni descritte si verificano, in particolare, negli impianti a va e vieni, in presenza di fosse di ingresso o di pedane spostabili o basculanti. Si dovranno ad es. valutare i rischi di caduta nelle fosse di ingresso delle vetture o di collisione di un veicolo contro guide mobili in posizione errata prevedendo, se del caso, sorveglianze dello stato di completa chiusura dei parapetti di imbarco e/o dello stato di apertura o chiusura di guide mobili, pedane o passerelle.

Qualora l'impianto sia dotato di parapetti mobili a presidio di fosse per l'accoglimento dei veicoli, a movimentazione manuale od automatica un'apposita funzione di sicurezza dovrà subordinare l'apertura dei parapetti alla presenza del veicolo, nonché l'avviamento dell'impianto alla loro avvenuta chiusura.

Sorveglianze delle banchine

Qualora il rischio connesso col pericolo di caduta in fossa sia elevato, il Progettista dovrà valutare l'opportunità di adottare, in aggiunta alla predetta ed obbligatoria funzione di sicurezza, un blocco meccanico dei parapetti che assicuri il mantenimento della posizione di chiusura anche in caso di guasto del sistema che, con comando manuale od automatico, attua il moto degli stessi.

Ad es., ciò può verificarsi per parapetti a movimento verticale azionati da sistemi oleodinamici o pneumatici, posti a protezione di fosse profonde o simili.

Inoltre, in particolare, negli impianti caratterizzati da fosse di ingresso presidiate da parapetti a movimentazione automatica e le cui vetture siano a loro volta equipaggiate con porte ad apertura automatica, la sequenza di comando deve prevedere che nella fase preliminare alla partenza della corsa la chiusura dei parapetti segua quella delle porte di vettura e che nella fase seguente l'arrivo l'apertura dei primi preceda quella delle seconde.

Esempio di banchina chiusa

E’ il caso del piano di imbarco / sbarco di una funivia funifor.

Normalmente le banchine sono chiuse da parapetti.

Ci sono anche soluzioni in cui la banchina è ribaltabile: vedere foto successiva.



Banchina ribaltabile





Funivia Cutigliano - Doganaccia

Piano d’imbarco che trasla

E’ il caso della funivia Cortina-Faloria



Sorveglianze nelle vetture

Il sistema di sorveglianza di veicolo, ed i loro segnali di consenso / intervento devono essere trasmessi impiegando la teletrasmissione di sicurezza, e più precisamente nei seguenti casi:

SORVEGLIANZA DI CHIUSURA PORTE. La sorveglianza di chiusura porte costituisce una funzione di sicurezza n grado di emettere un segnale di intervento qualora le porte delle vetture non siano completamente **chiuse e bloccate**. L'intervento deve comportare l'emissione di un comando di arresto. Si prescrive che il sistema di rilevamento della posizione di chiusura debba essere protetto, anche a livello dei sensori, contro la mancata chiusura e la mancata apertura dei contatti.

SORVEGLIANZA DI APERTURA DEI FRENI DI VETTURA. La sorveglianza di apertura dei freni di vettura costituisce una funzione di protezione, in grado di emettere un segnale di intervento qualora i freni di vettura non siano completamente aperti. L'intervento deve comportare l'emissione di un comando di arresto.

ALTRE SORVEGLIANZE. Altre sorveglianze possono dover essere previste, secondo il caso, per esempio le vetture delle funicolari: sorveglianza di sovravelocità della vettura, di funzionalità del freno di vettura.

Su tutte le funivie ed in alcune funicolari, c'è anche il controllo dell'assetto della fune traente. In particolare, sulle funivie bifuni, il controllo della fune traente è esteso non solo nei riguardi delle rulliere e delle pulegge, ma anche delle funi portanti: scarrucolamento della fune nel primo caso e accavallamento nel secondo caso.

Funzionamento dei circuiti di sicurezza di vettura e della fune

Le funzioni di questi circuiti sono i seguenti:

Permettere l'arresto dell'impianto anche dalle vetture e dalla stazione di rinvio.

Arrestare l'impianto in caso di accavallamento delle funi traenti e di un loro scarrucolamento.

Trasmissione dei vari segnali (partenza, chiamata, comando da vetture).

Collegamento telefonico tra le vetture, la stazione motrice e di rinvio.

Suddette funzioni sono ottenute inviando dei segnali tramite circuiti di sicurezza che un tempo erano di tipo galvanico e da un po' di tempo di tipo induttivo e capacitivo.

La trasmissione dei segnali al contrario delle funivie monofuni che utilizzano un apposito conduttore di linea, così anche per le funicolari, per le funivie bifune viene utilizzato l'anello di fune traente

Circuito induttivo capacitivo

Da un parecchi di anni sulle funivie e anche sulle funicolari, sono stati installati praticamente solo circuiti di sicurezza e segnalazione di tipo induttivo-capacitivo, un po' meno il capacitivo sulle funicolari in quanto appare di minor interesse controllare l'assetto della fune a meno che non si abbia impianti APM.

Essi si distinguono per un elevato grado di disponibilità a trasmettere un numero elevato di segnali e dati, richiesti oggi per i criteri di sicurezza.

I segnali vengono trasmessi senza l'ausilio di contatti striscianti o spazzole rotanti, tramite la fune traente, dalle vetture alla stazione motrice e viceversa.

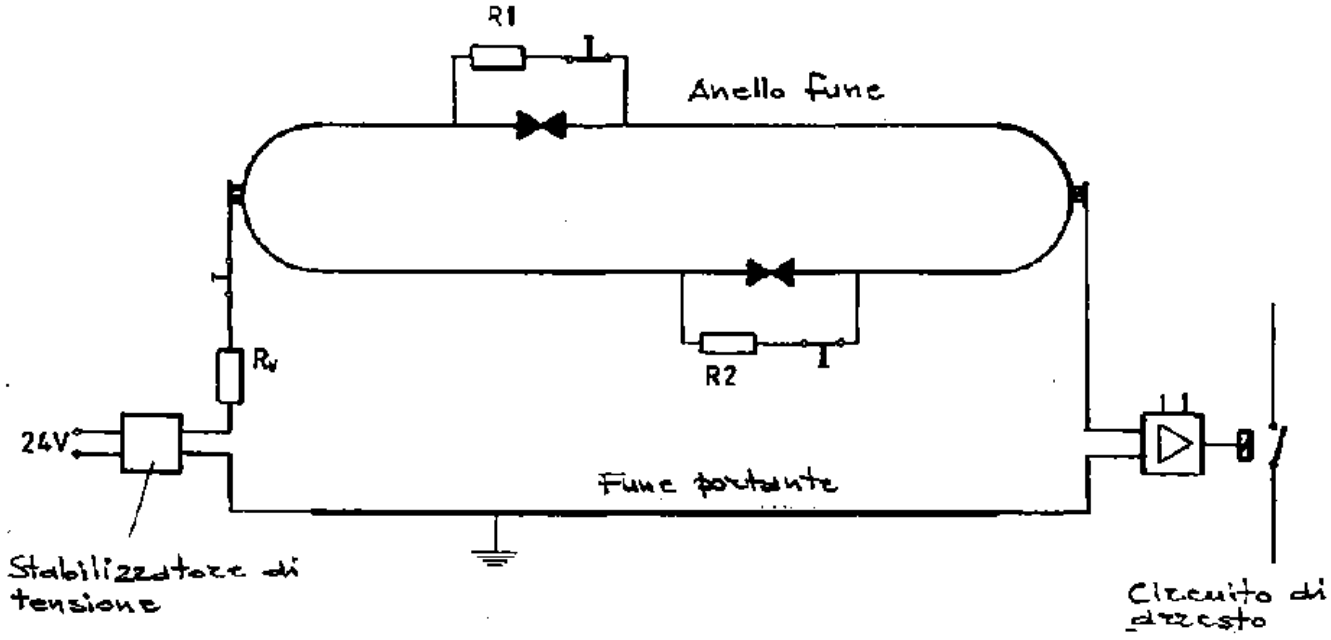
L'uscita del trasformatore dell'apparecchiatura elettronica in vettura con l'anello di fune, costituito dalle funi di manovra, formano un circuito elettrico chiuso. La fune traente nella stazione motrice scorre in un nucleo magnetico circolare (toroide) formando con ciò un'unica spira l'avvolgimento sul secondario di un trasformatore.

Le spire del primario sono avvolte rigidamente su metà del nucleo magnetico circolare. Poiché la trasmissione dei segnali avviene nelle due direzioni, cioè dalle vetture alla stazione motrice e viceversa, sono necessari due trasformatori di tipo toroidale, uno per trasmettere e uno per ricevere.

In ciascuna vettura l'accoppiamento induttivo è realizzato mediante un apposito trasformatore, un avvolgimento del quale è collegato mediante morsetti fra le funi traente e zavorra tra di loro elettricamente isolate. Nel caso di anello trattivo costituito da una fune impalmata, vale la stessa tecnologia utilizzata nella stazione, ossia l'impiego di toroidi e quindi la spira non presenta soluzioni di continuità..

Circuito galvanico

Due sono i tipi di circuito di sicurezza galvanico, cioè il puro impianto a corrente continua e quello a onde convogliate. Lo schema di figura riporta uno schema con il principio di funzionamento in corrente continua, che è analogo ai circuiti di sicurezza a delle funivie monofuni.



Circuito galvanico

Alla stazione di rinvio, passando prima da una resistenza Rv, si invia all'anello di fune traente per mezzo di un contatto a spazzola rotante, una tensione stabilizzata.

Alla stazione motrice, la stessa tensione viene prelevata, sempre con un contatto a spazzola rotante, e inviata ad un relè di corrente. Quando l'impianto funziona regolarmente, nel circuito circola una corrente la cui intensità dipende dalla tensione del generatore di tensione, dalla resistenza Rv, dalle due resistenze R1 e R2 nelle due vetture e dalla resistenza interna del relè, mentre la resistenza della dell'anello di fune è ininfluente.

L'arresto avviene per interruzione o riduzione di corrente e più precisamente:

- arresto dalla rinvio: interruzione della corrente;
- arresto da una vettura: riduzione della corrente perché viene meno una delle due resistenze in parallelo;
- arresto da ambedue le vetture: interruzione della corrente
- accavallamento funi: interruzione della corrente alla stazione motrice e aumento della corrente alla stazione di rinvio.

Svantaggi. Difficoltà di prelevamento della corrente a causa di: grasso delle funi; formazione di ghiaccio; velocità della fune; consumo e deformazione delle spazzole; disturbi di origine elettrostatica; cattiva ricezione telefonica durante la marcia o nulla in caso di arresto da vettura o da rinvio o in caso di accavallamento.

Può essere ancora utilizzato sulla fune di soccorso.

Circuito induttivo capacitivo

Si è visto che al posto dei toroidi sono sufficienti dei gioghi, non necessariamente avvolgenti la fune o il conduttore collocato sulla via di corsa delle funicolari terrestri.

Un segnale di tensione alternata nell'avvolgimento del trasformatore provoca di conseguenza la circolazione di una corrente nell'anello di fune e una tensione nei rispettivi trasformatori degli apparecchi riceventi e viceversa.

Essendo l'anello di fune isolato da terra, anche la presenza di un eventuale corto, non influisce sulla trasmissione; elettricamente, la situazione sopra descritta corrisponde ad un trasformatore avente una fase a terra.

Di regola, con l'accoppiamento induttivo è possibile una semplice trasmissione dei segnali con l'ausilio di diverse frequenze e la loro elaborazione nel ricevitore per mezzo di filtri.

Il miglioramento consiste nel non dover più impiegare le spazzole.

Oggi, inoltre, con la tecnica digitale, è possibile trasmettere in sicurezza, in una fascia di 6000 Hz, quattro bande con nove canali ciascuna.

Ad ogni banda di frequenza, corrisponde un ben determinato percorso dei segnali, come ad esempio Vettura 1 – stazione motrice

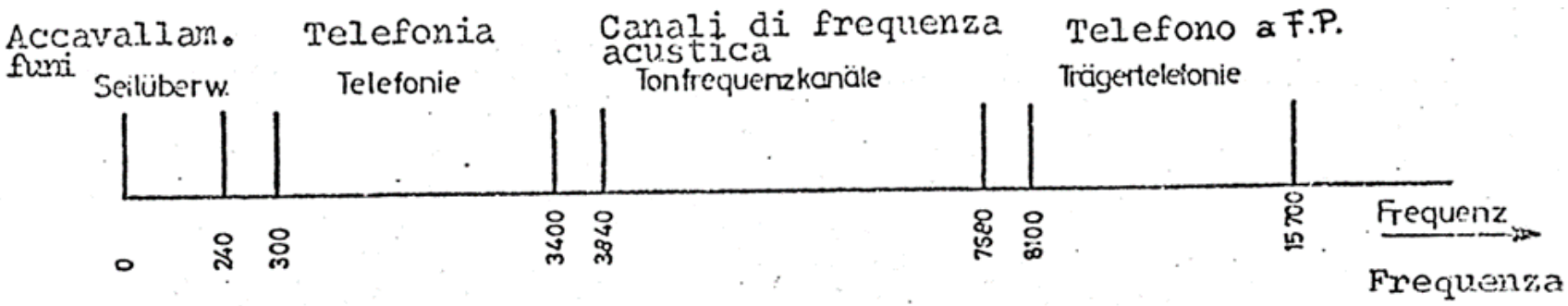
Circuito induttivo

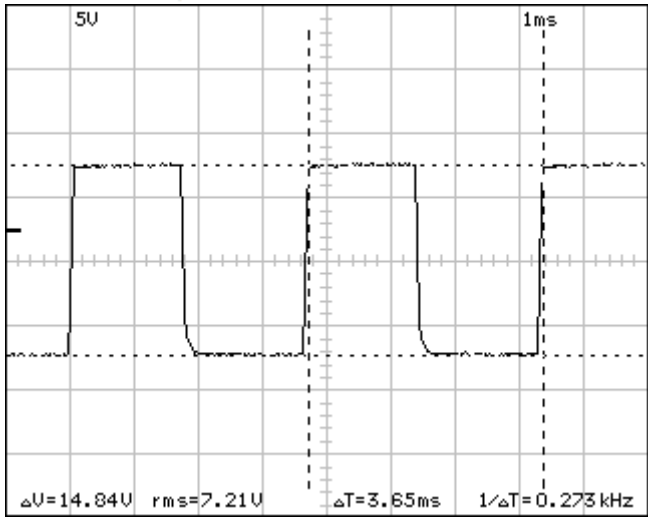
L'impianto rimane completamente funzionante in caso di accavallamento della fune ed in caso di messa a terra. Oltre a tutti gli altri vantaggi del comando a frequenze multiple viene raggiunta un’altra redditività tramite l'uso molteplice dei canali FP (frequenza portante).

Con il telefono di servizio si possono collegare telefonicamente sia la stazione di rinvio che le vetture.

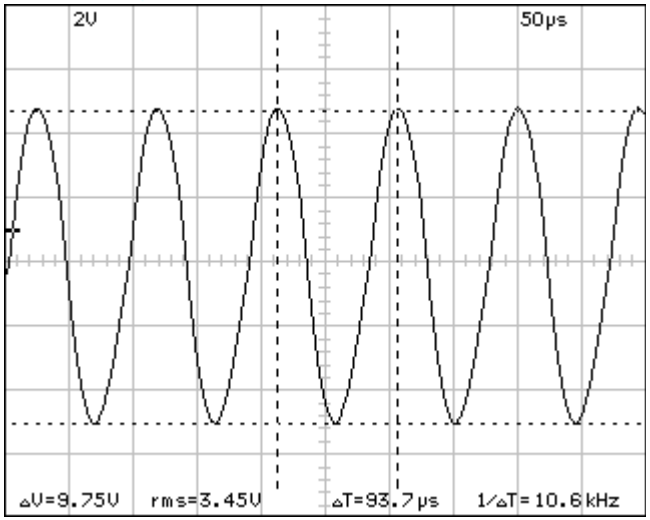
Fra le altre funzioni c’è anche la possibilità di effettuare il telecomando a distanza dalle vetture: comando dell’impianto da parte del vetturino in alternativa al macchinista.

Segnali dei circuiti induttivo e capacitivo



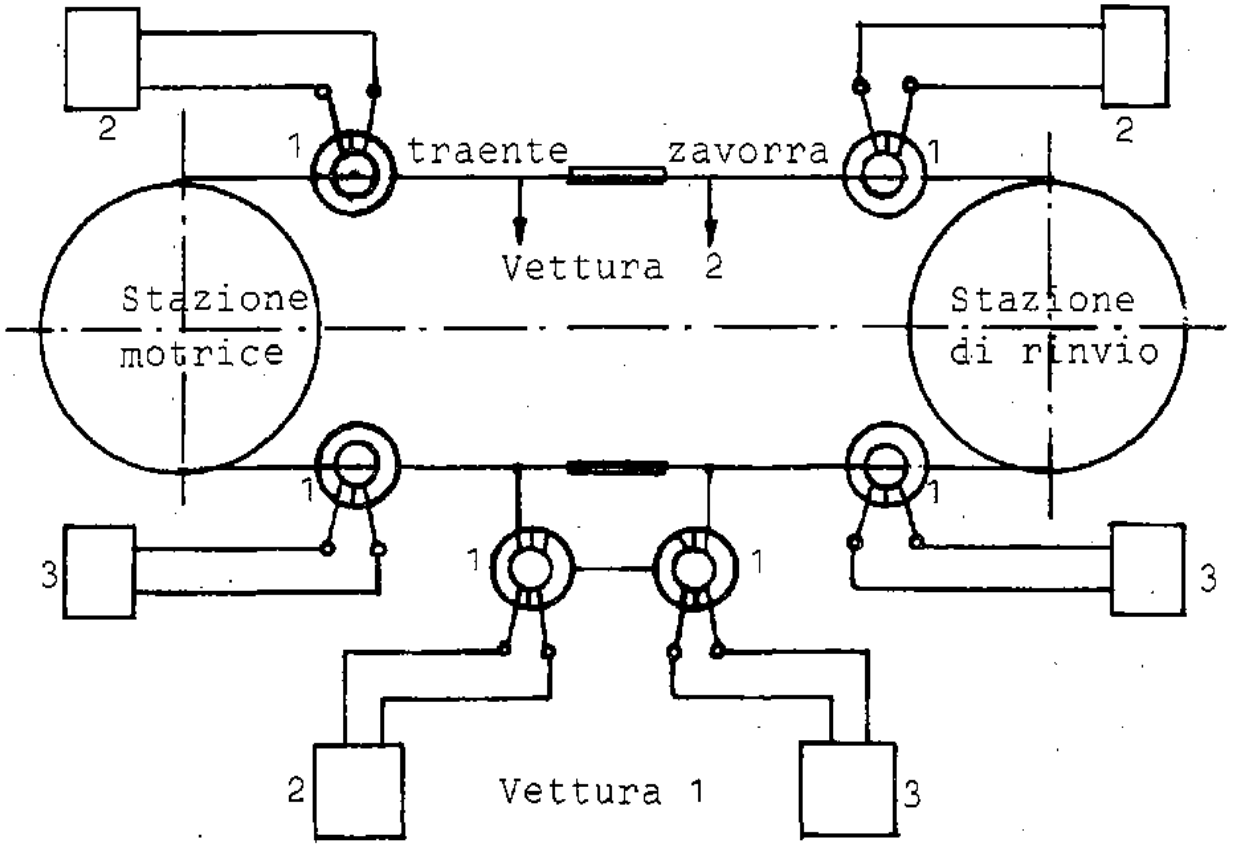


Tipico segnale capacitivo



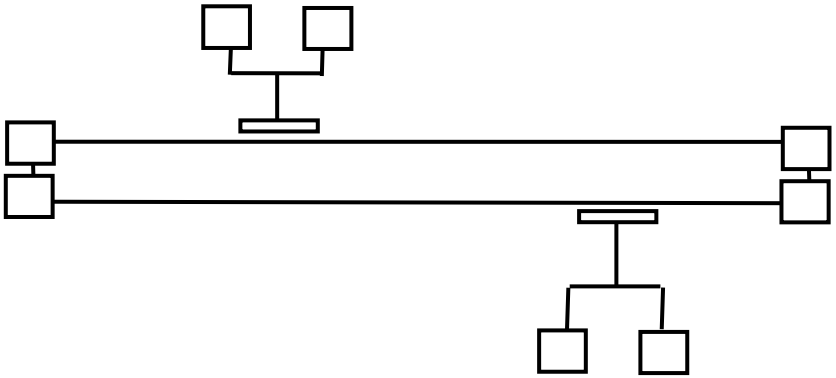
Tipico segnale induttivo

Schema del circuito induttivo



Schema di trasmissione segnali per via induttiva sulle funi (funivie). 1) Trasformatori; 2) Trasmettitori; 3) Ricevitori

Circuito induttivo in una funicolare





Schema di trasmissione segnali per via induttiva su una spira dedicata in uso sulle funicolari tradizionali; accoppiamento tramite giogo rettilineo, vedere anche foto.

Isolamento delle funi di trazione

A differenza delle funivie monofuni, le pulegge, come del resto i rulli guidafune, devono essere isolate da terra tali da assicurare l'isolamento delle funi stesse.

Nel fuori esercizio le funi vengono invece messe a terra tramite morsetti.

Le funi portanti, al contrario delle funi di trazione, sono sempre messe a terra sia nelle stazioni che sui sostegni di linea.

Circuito capacitivo

Sulle funivie e in alcune funicolari moderne si ha il controllo dell'assetto dell'anello traente, come si ha nelle funivie monofuni, solo in questo caso la fune è isolata.

Un tempo si trasmetteva nella fune una corrente tramite l'ausilio di contatti striscianti, mentre oggi l'accoppiamento si realizza con l'impiego di condensatori e il segnale si sicurezza è costituito da una frequenza.

Una piastra metallica, l'aria come dielettrico e la fune formano un condensatore. Anche la fune traente stessa, rispetto alla terra, assume una certa capacità. Un secondo trasformatore analogo al primo realizza il ricevitore.

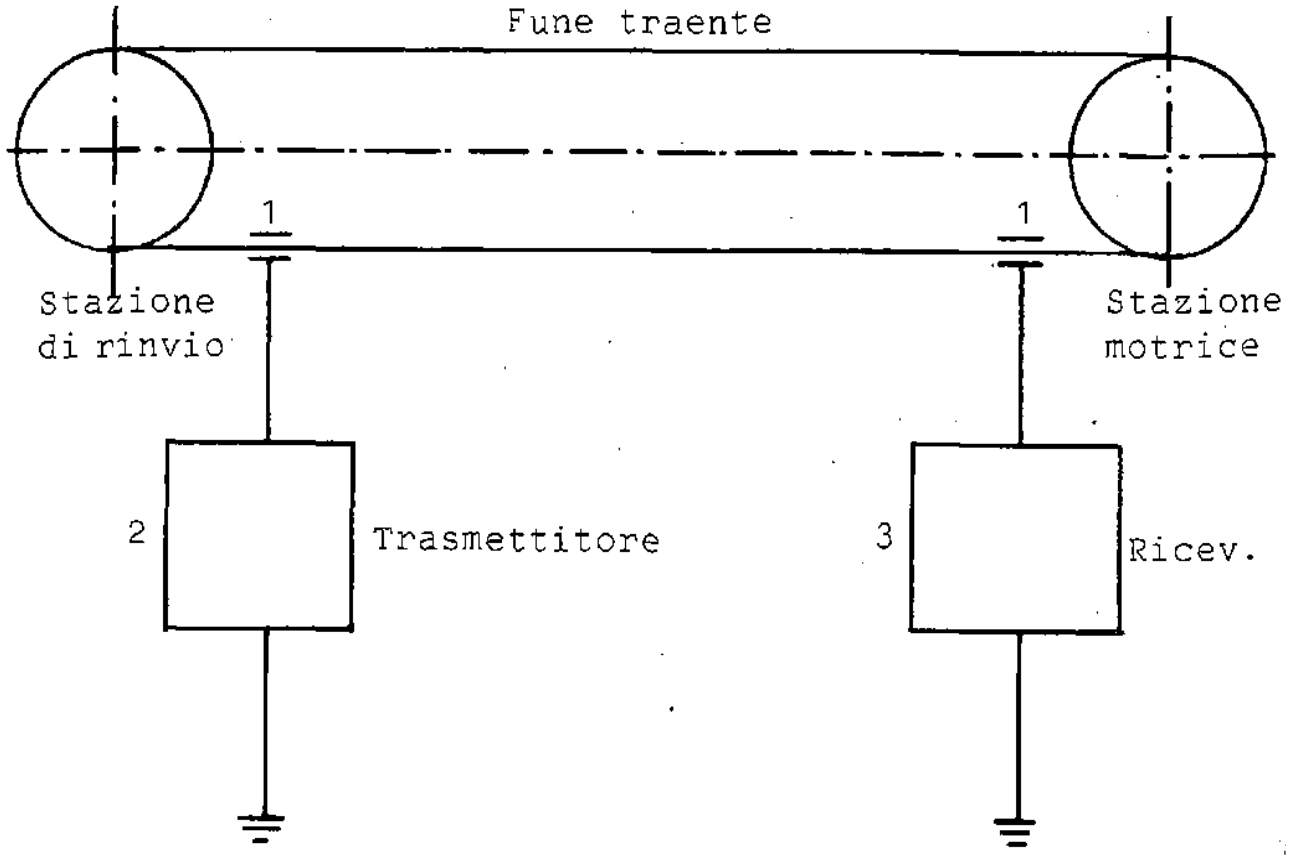
I due condensatori, assieme, costituiscono un mezzo di trasmissione per la tensione (capacitiva). La ricezione dei segnali al condensatore ricevente dipende quindi dai seguenti fattori:

- tensione e frequenza del segnale trasmesso;
- capacità del condensatore trasmittente e del condensatore ricevente;
- capacità della fune verso terra.

Avendo tensione, frequenza e capacità dei condensatori valori costanti, il segnale in ricezione dipende dalla capacità della fune. Una resistenza ohmica in diminuzione dovuta ad un cattivo isolamento della fune, oppure ad un corto circuito dovuto ad esempio allo scarrucolamento o all'accavallamento delle funi, si ha una diminuzione del segnale in ricezione. Il livello del segnale in ricezione può pertanto fornire un'indicazione sullo stato di isolamento delle funi.

I due condensatori sulla fune sono realizzati con due tubi aperti per infilare la fune, in materiale plastico con interposta una sottile lamiera di rame. Questi due tubi hanno inoltre la funzione di sostenere i due trasformatori a nucleo toroidale del circuito induttivo. Il condensatore di trasmissione viene ovviamente installato alla stazione di rinvio.

Schema di circuito capacitivo



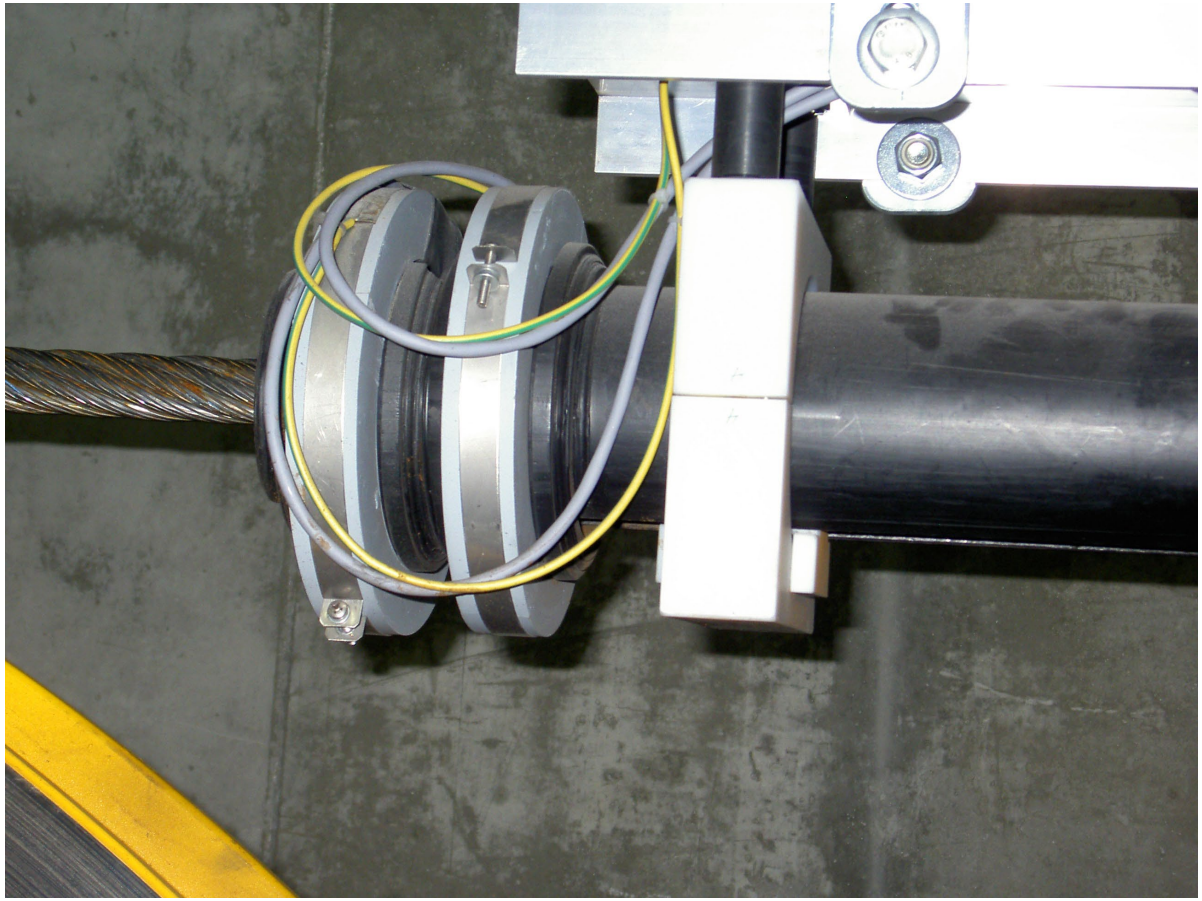
1) Accoppiamenti capacitivi; 2) Trasmettitore; 3) Ricevitore

Condensatore applicato sulla fune

Esempio: People mover Venezia – fune traente isolata



Abbinamento condensatore circuito capacitivo e tori circuito induttivo



Incidente per aver escluso il circuito di linea alla funivia di Cavalese

Il **disastro della funivia di Cavalese Cermis (TN)** del 1976 è il più grave incidente ad una funivia verificatosi in Italia. Il 9 marzo 1976, la fune portante di acciaio della funivia aerea si ruppe mentre la cabina stava scendendo dall'Alpe Cermis.

In una delle ultime corse della giornata la fune portante dell'impianto sciistico cedette e la cabina cadde sul fianco della montagna dopo un volo di circa 200 metri; quindi continuò la propria corsa sul terreno per altri 100 metri per poi fermarsi in un campo d'erba. Il disastro avvenne nell'ultimo tratto di discesa: il tragitto era diviso in due sezioni, con una stazione intermedia nella quale si effettuava uno scambio di cabine e quindi l'altra risaliva a monte vuota. La seconda cabina comunque non crollò a terra.

Nella caduta, il carrello superiore si infranse sulla cabina, schiacciandola: 42 persone persero la vita, tra queste 15 bambini di età compresa tra i 7 e i 15 anni e il diciottenne manovratore della cabina. L'unica sopravvissuta alla tragedia fu una ragazza di 14 anni

L'inchiesta rivelò che la fune traente accavallando provocò la rottura della fune portante sfregandola in una determinata zona.

In realtà non occorreva che la fune portante fosse molto ridotta di sezione a seguito dello sfregamento per cedere, ma solo parzialmente, in quanto la sezione ridotta ancorché sufficiente per la tenuta subisce un surriscaldamento tale da comportare una forte perdita di resistenza meccanica unitaria.

Il sistema automatico di sicurezza che avrebbe potuto evitare il disastro non era spento come si disse. L'impianto si fermò, ma venne fatto ripartire escludendo la sicurezza.

Il secondo disastro, sempre sulla stessa funivia si riferisce invece all'aereo degli Americani di stanza ad Aviano (PN) che volavano a bassa quota (circa a 100m) e di conseguenza intersecavano le funi tranciando sia la fune portante che la fune traente. L'aereo con l'ala danneggiata riuscì a rientrare alla base.

Non è l'unico caso di incidenti dovuti alla navigazione a bassa quota, da qui la necessità della segnalazione agli uffici competenti degli ostacoli al volo.

Incidenti



Incidenti

1. 1994 Funivia Monte Bianco: rottura portante
2. 1987 Funivia Lagazuoi: aereo trancia fune trante
3. 1986 Funivia Boè: fune traente esce dalla puleggia e si trancia;
4. 2008 Funivia Sestriere: schianto cabina stazione. Incidente replicato da Funivia Ciampac e Funivia Macugnaga
5. 2021 Funivia Mottarone: rottura fune zavorra
6. 2025 Funivia Monte Faito: rottura fune?
7. 1993 Funivia Furggen: rottura fune traente fuori esercizio

Segnalazione ostacoli al volo a bassa quota ai fini della prevenzione degli incidenti di volo

DEFINIZIONE DI OSTACOLO

Gli ostacoli possono essere suddivisi in ostacoli verticali ed ostacoli lineari.

Sono considerati **ostacoli verticali** opere quali:

* antenne,
* tralicci,
* ciminiere,
* serbatoi sopraelevati,
* stazioni delle- funivie e delle teleferiche,
* piloni per ponti radio,
* qualsiasi manufatto il cui sviluppo verticale possa costituire un pericolo per la navigazione aerea.

Sono considerati **ostacoli lineari** opere quali:

* conduttori aerei di energia elettrica (elettrodotti),
* impianti funiviari,
* teleferiche, seggiovie, ecc,

Segnaletica degli ostacoli

Ostacoli lineari (impianti a fune)

(a) quando situati nei centri abitati e con altezza dal suolo (piano di campagna) superiore a metri 150: segnaletica cromatica e luminosa;

(b) quando situati fuori dei centri abitati e con:

- altezza dal suolo (piano di campagna) compresa tra metri 61 e 150: segnaletica cromatica;
- altezza dal suolo (piano di campagna) superiore a metri 150: segnaletica cromatica e luminosa.

FUNICOLARI

Tradizionali e innovative su gomma.

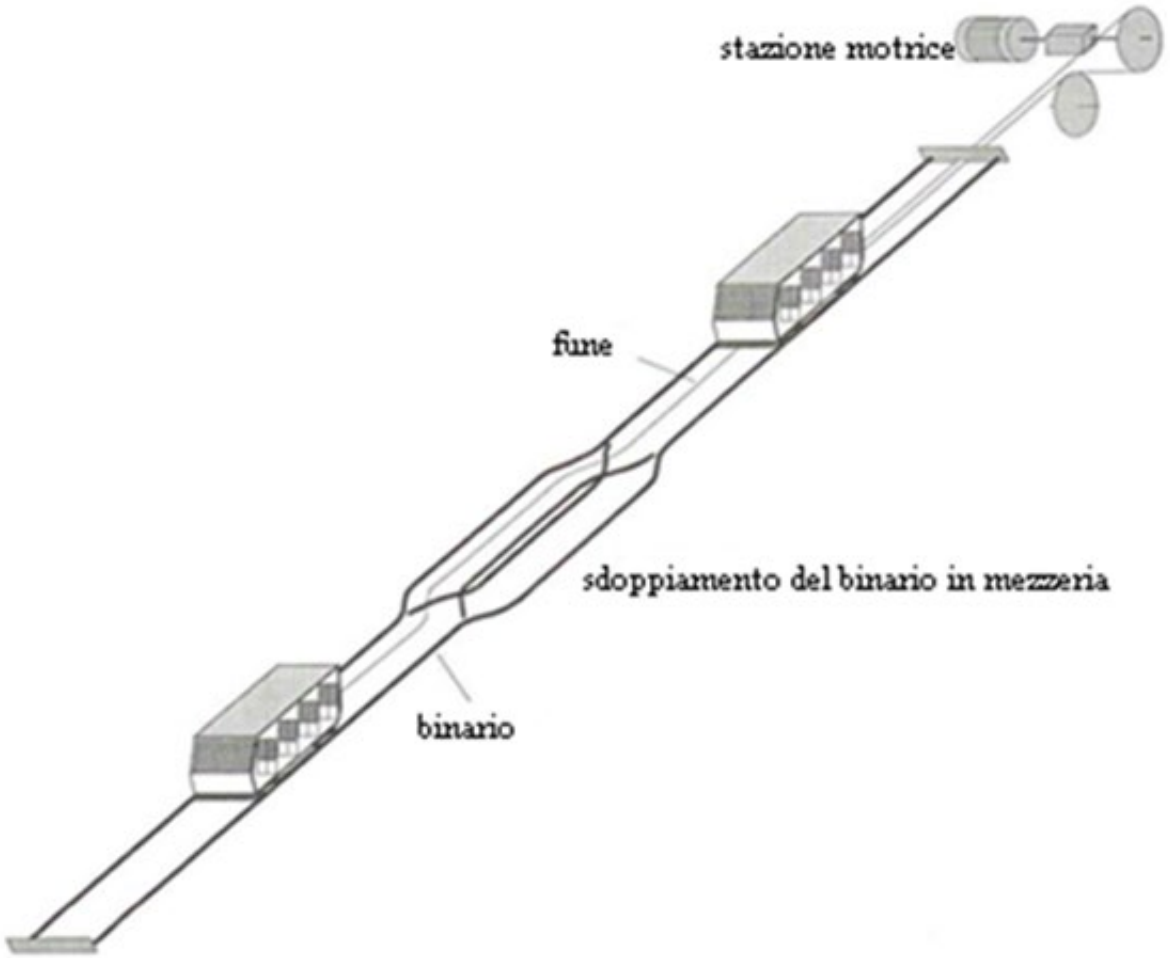
Impianti tipici a va e vieni

e

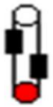
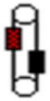
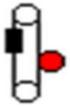
a moto continuo unidirezionale e collegamento temporaneo dei veicoli

Sistemi speciali traselevatori

SCHEMA DI FUNICOLARE AD UN UNICO BINARIO



SCHEMI DI FUNICOLARI

	Controbilanciato, una vettura è più pesante dell'altra.		Come la funicolare moderna ma con l'unità motrice posta a valle.
	Controbilanciato, una vettura è più pesante dell'altra, più fune zavorra.		Una vettura, un cavo di tensione e l'unità motrice in mezzeria.
	Funicolare classica: una vettura è tirata, l'altra guidata (trattenuta).		Due mezze sezioni e l'unità motrice in mezzo alle due sezioni.
	Solo una vettura, talvolta anche chiamato piano inclinato.		Tram APM (Automated People Mover)
	Solo una vettura ma con l'unità motrice posta a valle.		Vettura normale con fune ausiliaria per il superamento di tratti inclinati.
	Due vetture indipendenti o accoppiate		Una vettura, un anello di fune, motore a monte.
	Funicolare moderna: come la funicolare classica ma con la fune zavorra.		Una vettura, un anello di fune, motore a monte.

Schemi di via di corsa delle funicolari

	**N° rotaie** 2-4-2	Binario unico con raddoppio a metà tratta.
	3-4-2	Due binari con tre rotaie / binari di raddoppio all'incrocio / binario unico.
	2-4-4	Due binari con quattro rotaie / binari di raddoppio all'incrocio / binario unico: adottato sulla funicolare di Trieste.
	3-4-3	Due binari con tre rotaie e binari di raddoppio all'incrocio.
	2	Binario unico.
	4	Due binari paralleli.
	4	Due binari paralleli con spostamento degli stessi all'incrocio.

Monorotaia automotore



Monorotaia automotore



Argani di funicolari

In gran parte delle funicolari la fune traente non è ad anello e non sussiste il contrappeso tenditore, da cui la necessità di aumentare l'aderenza della fune in puleggia.

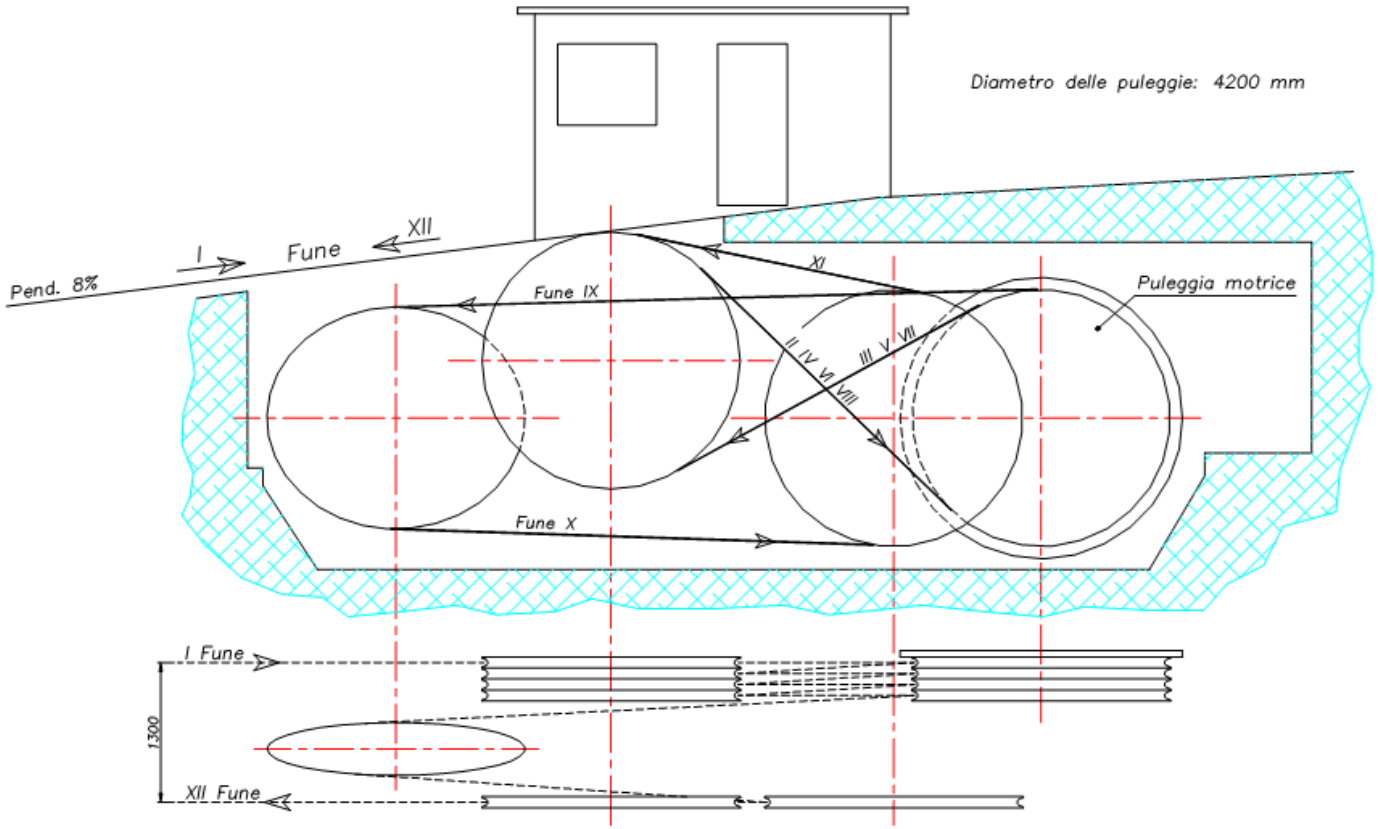
La tecnica consiste nell'avvolgere più volte la fune in puleggia motrice e a tale scopo la fune viene rinviata grazie alla presenza di una contropuleggia.

La pulegge sono ovviamente a più gole.

L’argano di una funicolare



Schema d'argano della funicolare di Trieste



Schema d’argano della funicolare di Trieste



Funicolare di Trieste





Funicolare di Trieste



Funicolare di Trieste



Funicolare di Trieste



Funicolare di Trieste



Via di corsa di funicolare in ferro con scambio senza parti mobili

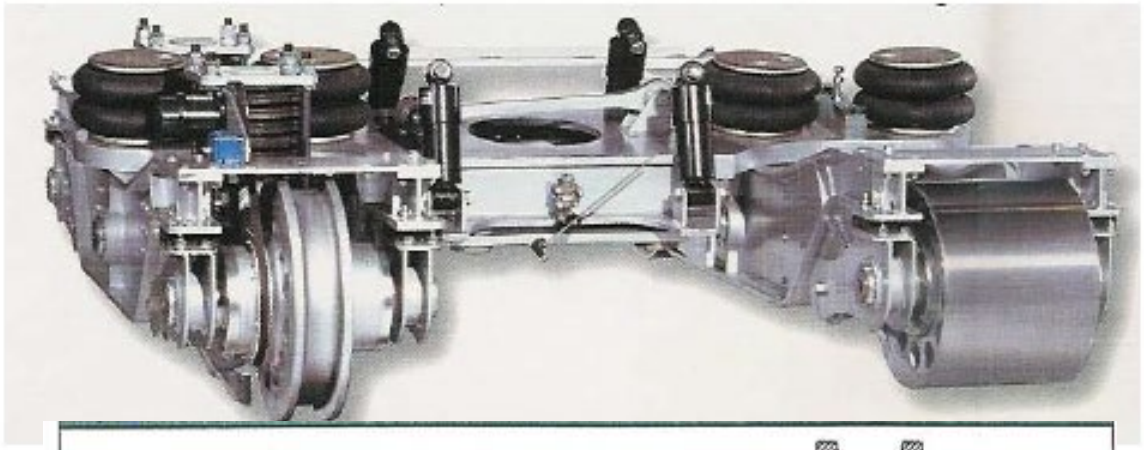


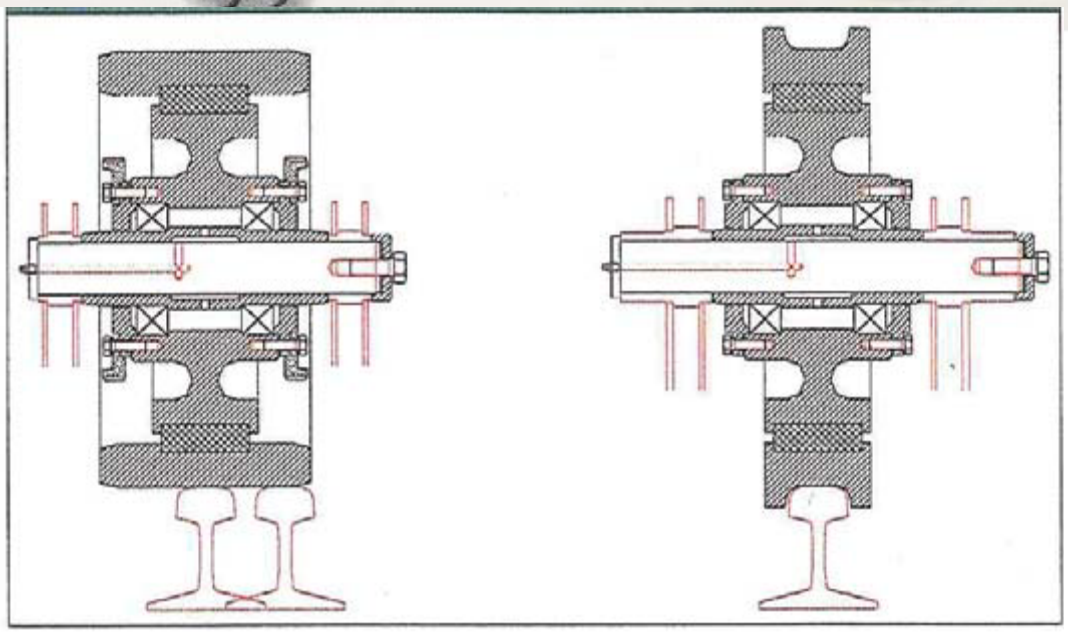


Via di corsa in curva (rulli inclinati)



Carrello di funicolare su ferro





Funicolare di Certaldo (FI)





Anello traente contrappesato e bilanciamento impianto ottenuto con contrappeso di bilanciamento – Assomiglia agli ascensori inclinati

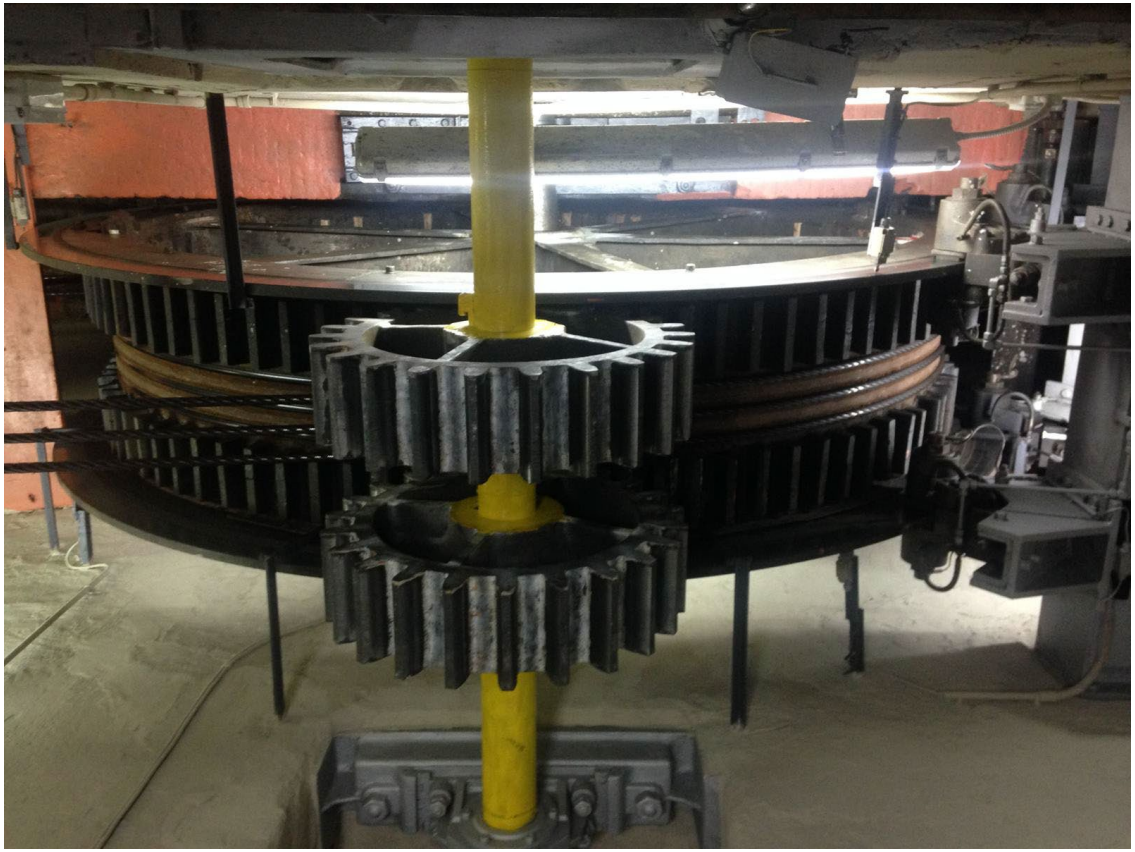
Funicolare di Montecatini (PT)



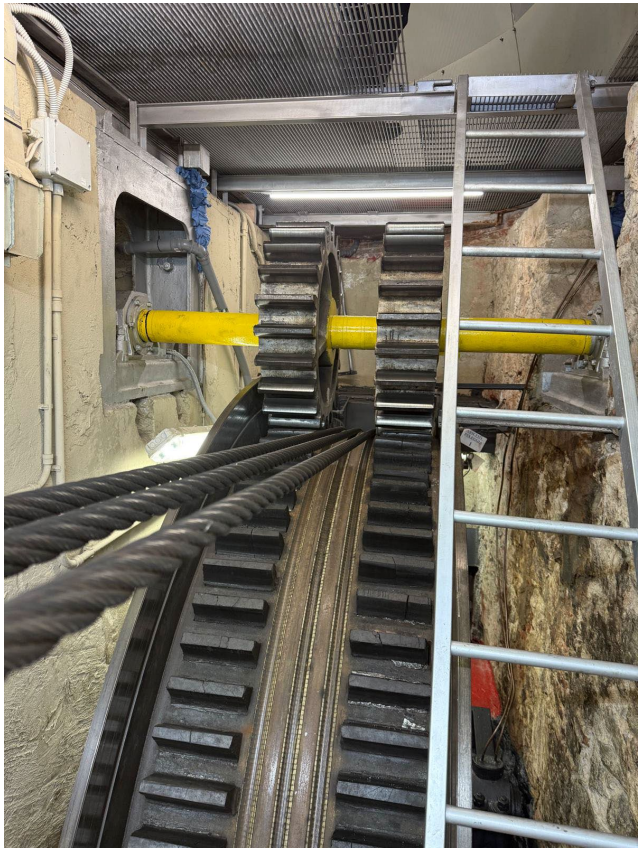
Funicolare di Montecatini (PT) - veicolo



Funicolare di Montecatini (PT) argano motore



Funicolare di Montecatini (PT) - argano





Funicolare di Montecatini (PT) - argano



Funicolare di Montecatini (PT) - argano



Funicolare di Montecatini (PT) - argano



Funicolare di Montecatini (PT) - linea





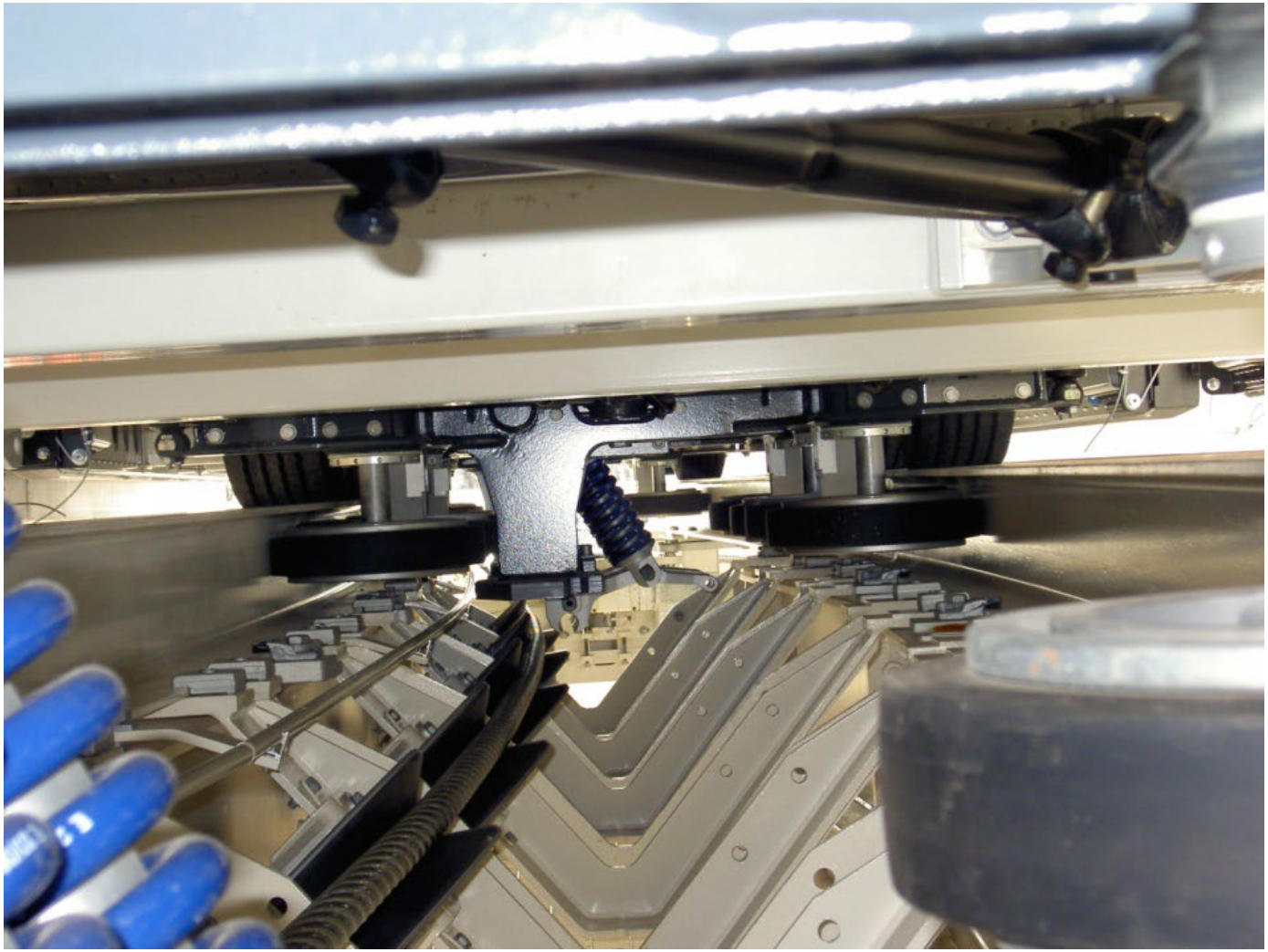
Funicolare di Montecatini (PT) - linea



Via di corsa in profilati per vetture su gomma (APM di Venezia)



Via di corsa in profilati per vetture su gomma (APM di Venezia)



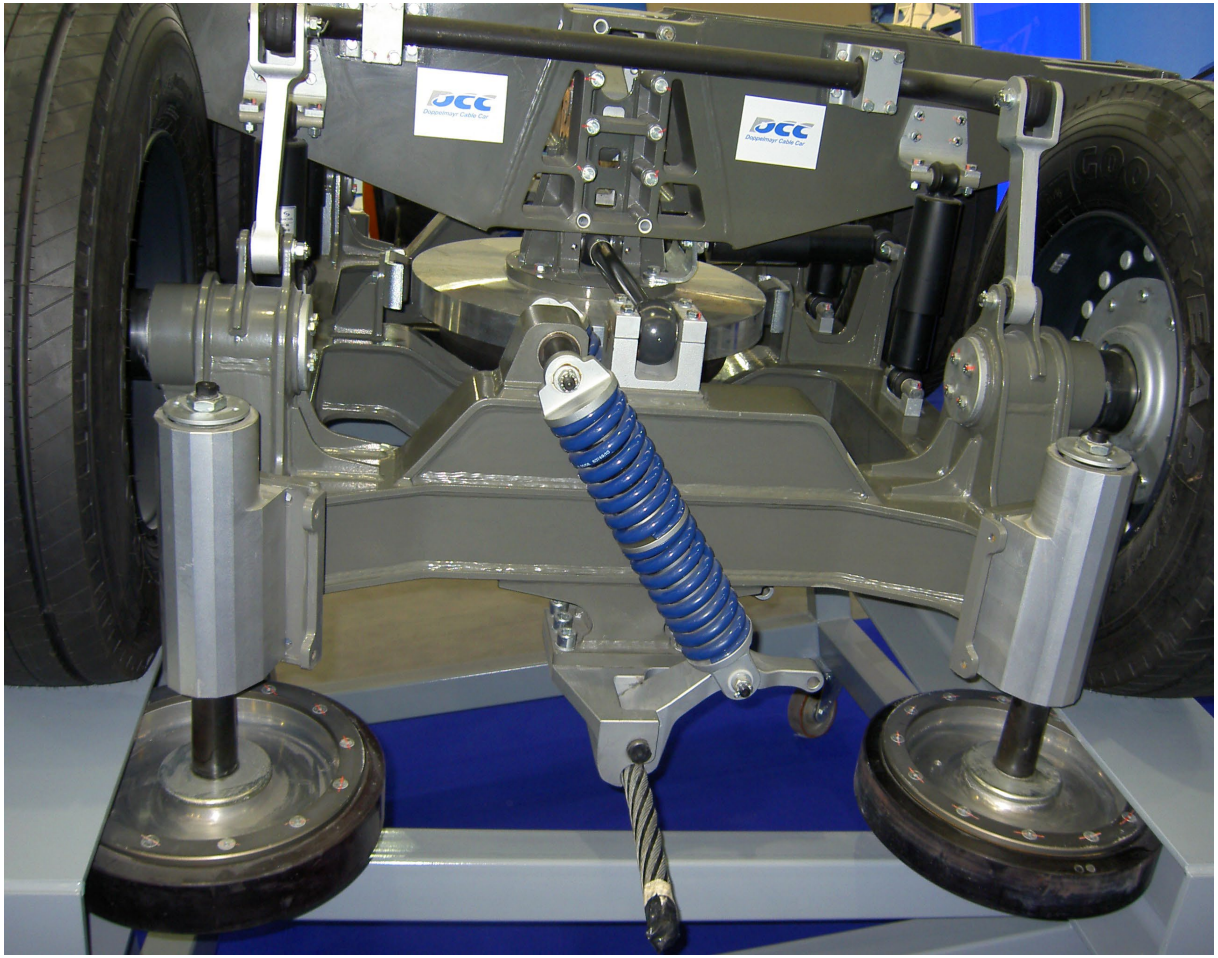
Via di corsa in profilati per vetture su gomma (APM di Venezia)



Scambio nel caso di binario unico e due vetture (APM di Venezia)



Carrello di funicolare su gomma (APM di Venezia)



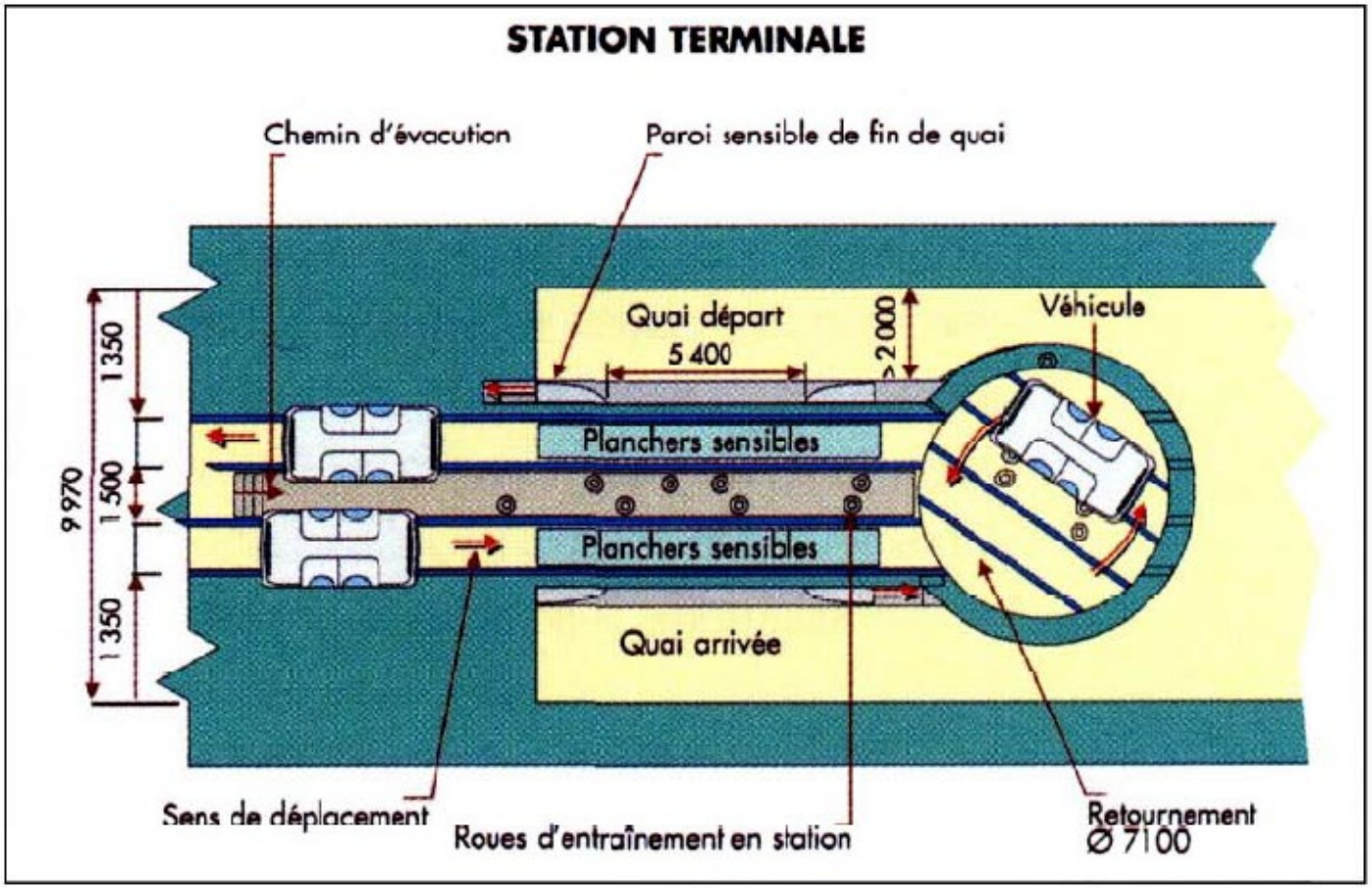
Minimetrò di Perugia - Funicolare a moto continuo e collegamento temporaneo delle vetture alla fune)



n. 5 fermate intermedie nelle quali le vetture si sganciano dalla fune per poi riagganciare alla partenza, così come avviene nelle stazioni terminali.

Al capolinea le vetture vanno su un binario morto ubicato su una piattaforma girevole che ruotando instrada la vettura sull'altro binario pronta per l'inversione del senso di marcia.

Piattaforma girevole ai terminali del minimetrò di Perugia



Minimetrò di Perugia in stazione

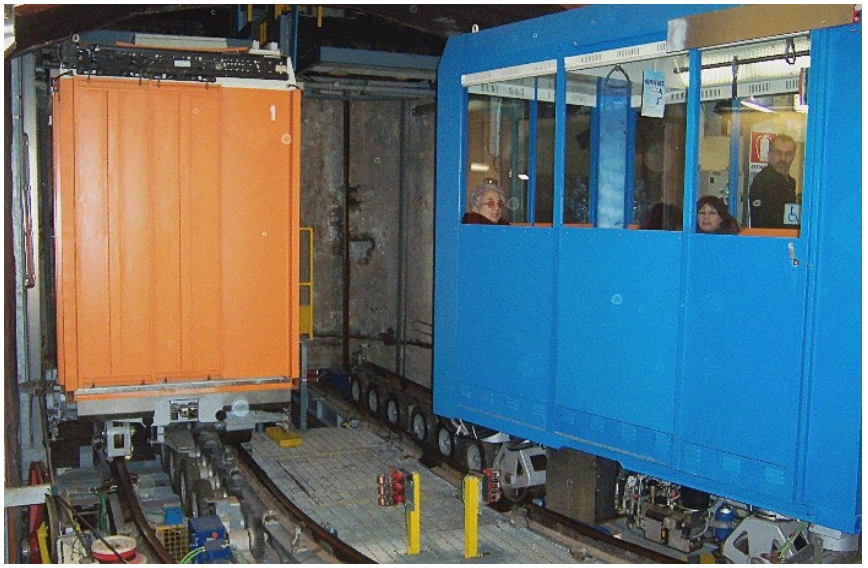


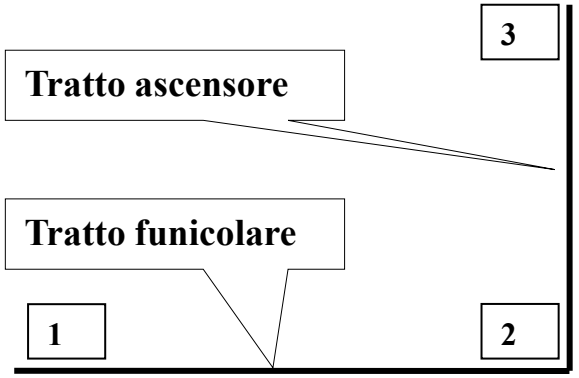
Si notano i rulli di trascinamento nelle stazioni e il pattino che ad essi si accoppia dopo che la vettura si è sganciata dalla fune

Sistemi speciali – traslatore elevatore di Genova Principe – Monte Galletto



La cabina della funicolare si sgancia dalla fune ed entra nella piattaforma elevatrice





Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Funicolari - panoramica



Sicurezze tipiche delle funicolari dotate di scambio ad elementi mobili

Controllo scambio attivato

Nel caso specifico, pur essendo funicolare su ferro, viene presentato lo scambio della funicolare di Trieste che movimenta le vetture tramviarie sul tratto a maggior pendenza.



Rappresentazione schematica dello scambio della funicolare di Trieste

