

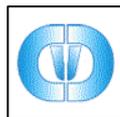
REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI VERCELLI



COMUNITA' MONTANA  
VALSESIA



CAMERA DI COMMERCIO  
INDUSTRIA E ARTIGIANATO  
E AGRICOLTURA



COMUNE DI ALAGNA  
VALSESIA



COMUNE DI SCOPELLO



MONTEROSA 2000 S.p.A.

## COMPLETAMENTO DEL SISTEMA SCIISTICO DELLA VALSESIA

AGGIORNAMENTO DELL'ACCORDO DI PROGRAMMA  
SIGLATO IL 14 NOVEMBRE 2006

TITOLO ELABORATO

Adeguamento e potenziamento del sistema di impianti a fune "Cimalegna-Passo dei Salati"  
Seggiovia quadriposto ad ammorsamento automatico "Cimalegna"  
Progetto definitivo-esecutivo

### RELAZIONE TECNICA GENERALE

ELABORATO n°  D.2_3.a	SCALA  -	DATA  APRILE 2017	REDATTO	Z. Reggiani
			CONTROLLATO	S. Ladurner
			APPROVATO	C. Francione
NOME FILE				
REVISIONE N°	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE E RIFERIMENTI DOCUMENTI SOSTITUTIVI		

PROGETTISTA



DOPPELMAYR ITALIA srl  
Zona Industriale 14  
I-39011 Lana (BZ)

Dott. ing. Siegfried LADURNER

IN COLLABORAZIONE CON:

Dott. for. Lorenzo POZZO  
Fraz. Ferrero 4 - Trivero (BI)



TRIVERO (13835) BI - Centro Zegna - via G. Marconi 32/a, tel. e fax 015/75024  
www.territorium.it studio.territorium.it

Dott. geol. Barbara LOI  
Piazza Mazzini 23 - Borriana (BI)

## INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>NORMATIVA.....</b>	<b>3</b>
<b>DESCRIZIONE GENERALE .....</b>	<b>4</b>
<b>SOLUZIONI COSTRUTTIVE.....</b>	<b>6</b>
<b>MATERIALI.....</b>	<b>6</b>
<b>CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI .....</b>	<b>7</b>
<b>MAGAZZINO DI RICOVERO DEI VEICOLI.....</b>	<b>8</b>
<b>STAZIONE MOTRICE - ARGANO MOTORE .....</b>	<b>9</b>
<b>SISTEMI FRENANTI .....</b>	<b>11</b>
<b>DISPOSITIVO DI TENSIONAMENTO IDRAULICO .....</b>	<b>13</b>
<b>MECCANISMI DI STAZIONE "4CLD-05" .....</b>	<b>14</b>
<b>TRATTI DI FUNE DAVANTI ALLE STAZIONI.....</b>	<b>18</b>
<b>SOSTEGNI DI LINEA.....</b>	<b>19</b>
<b>RULLI E RULLIERE.....</b>	<b>20</b>
<b>SEGGIOLA QUADRIPOSTO CARENATA.....</b>	<b>21</b>
<b>MORSE .....</b>	<b>22</b>
<b>APPARECCHIATURA ELETTRICA .....</b>	<b>22</b>
<b>COLLEGAMENTO TRA LE STAZIONI.....</b>	<b>22</b>
<b>CARICO NEVE, AZIONE DEL VENTO FUORI ESERCIZIO E AZIONE SISMICA..</b>	<b>23</b>
<b>DITTE COSTRUTTRICI.....</b>	<b>28</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI D'ARGANO - 2000 P/H E 1600 P/H .....</b>	<b>29</b>

## PREMESSA

La realizzazione di questo impianto ha come scopo primario l'aumento di portata dell'attuale impianto FUNIFOR 100 che collega Pianalunga con il Passo dei Salati.

La portata oraria attualmente è limitata a 800 persone/ora.

Con la realizzazione della nuova seggiovia ed il funzionamento ridotto della FUNIFOR fino la stazione intermedia denominata "Cimalegna" ed il passaggio diretto alla nuova seggiovia si riesce a raddoppiare l'attuale portata fino al Passo dei Salati a 1.600 persone/ora.

Attualmente la pista da sci dal Passo dei Salati fino a Cimalegna in giornata con alto traffico di sciatori deve rimanere chiusa in quanto la portata oraria insufficiente della FUNIFOR non consente le fermate alla stazione intermedia.

Con la portata oraria finale della nuova seggiovia prevista con 2.000 persone/ora il servizio della pista Passo dei Salati - Cimalegna sarà garantito anche con intenso traffico del pubblico nell'intero comprensorio.

La scelta della linea situata parallelamente a sinistra della FUNIFOR consente a Cimalegna un passaggio fluido dalla stazione intermedia della Funifor alla stazione di valle della nuova seggiovia e dalla stazione di monte situata ca. 150 m sopra l'attuale FUNIFOR a quota 3.030m slm, permette ai sciatori un confortevole inserimento nelle varie piste di discesa.

In questa maniera vengono evitati i tratti in piano che fin d'ora dovevano essere superati a spinta.

Inoltre la posizione della stazione di monte favorisce un facile accesso alla famosa discesa fuoripista-freeride denominata "Balma".

La scelta dell'agganciamento automatico con seggiole carenate presenta la soluzione ideale all'interno di un comprensorio grande come il Monterosa Ski.

L'impianto consente una portata oraria alta e lo sciatore può raggiungere velocemente e protetto dal vento la stazione di monte dove può imboccarsi direttamente nelle piste mantenendo sempre gli sci ai piedi e quindi senza ulteriore perdita di tempo.

La realizzazione di un magazzino completamente automatico per il ricovero delle seggiole consente al gestore dopo il servizio giornaliero di portare in tempo breve tutti i veicoli all'interno del magazzino per proteggerli dalle intemperie aumentando notevolmente la loro vita tecnica.

### **Modalità di esercizio:**

È previsto il solo esercizio invernale per il solo trasporto in salita di sciatori con gli sci ai piedi con una potenzialità di trasporto di 2000 persone all'ora ad una velocità massima di esercizio di 5 m/s. Il flusso dei passeggeri nella stazione di partenza viene regolato dai cancelletti cadenzatori di accesso al piano d'imbarco.

L'impianto può essere gestito anche con una portata minore, inserendo in linea meno seggiole.

Non è previsto il trasporto in discesa e neppure l'esercizio estivo.

### **Dimensionamenti dell'impianto:**

L'intero impianto è progettato e dimensionato per la portata massima di 2000 P/h alla velocità di 5.0 m/s, con seggiole quadriposto carenate. Nel presente progetto sono documentate: la portata massima di dimensionamento 2000 P/h e quella dell'esercizio iniziale di 1600 P/h.

Il dimensionamento e le verifiche delle parti elettromeccaniche e delle strutture sono elaborati per la portata massima di 2000 P/h.

### **Tempi di realizzazione:**

La realizzazione del nuovo impianto è prevista nell'estate e autunno del corrente anno 2017, con apertura dell'esercizio per la stagione invernale 2017/2018.

## **NORMATIVA**

### **Infrastrutture:**

Questo progetto definitivo/esecutivo viene elaborato secondo quanto disposto dal Decreto Dirigenziale n. 337 del 16 novembre 2012 "DISPOSIZIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE PER LE INFRASTRUTTURE DEGLI IMPIANTI A FUNE ADIBITI AL TRASPORTO DI PERSONE", in seguito brevemente indicato con D.D. n. 337 o P.T.I.

Per le opere civili viene applicato il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "APPROVAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" ovvero la EN 13107 per le specificità funiviarie delle strutture.

### **Sottosistemi:**

I sottosistemi e i componenti di sicurezza di questo impianto, saranno conformi alla direttiva 2000/9/CE, certificati da un ente notificato, e quindi ritenuti idonei a soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza ai sensi della direttiva 2000/9/CE.

## DESCRIZIONE GENERALE

La nuova seggiovia è un impianto monofune ad ammorsamento automatico con seggiole quadriposto carenate, con moto unidirezionale continuo, senso di rotazione antiorario. La stazione a monte sarà motrice, data la disponibilità di energia elettrica ed anche per facilità di gestione, a fianco è previsto il magazzino per il ricovero di tutte le seggiole, i locali tecnici e la cabina di comando, mentre a valle è prevista la stazione di rinvio e tensionamento.

### **Stazione di valle:**

La stazione di valle è prevista in posizione limitrofa a quella della stazione intermedia della funivia Funifor "Alpe Pianalunga – Cimalegna – Passo dei Salati" e sarà composta dai soli meccanismi di stazione e dal dispositivo di tensionamento della fune p.t.,  
Posteriormente alla stazione si prevede la realizzazione di una superficie piana sulla quale gli sciatori, passando i tornelli, possono accedere comodamente tramite i cancelletti di accesso alla banchina di imbarco.

La stazione di valle avrà la funzione di rinvio e di tensionamento dell'anello fune tramite un dispositivo idraulico con due cilindri operanti in parallelo. La scelta di locazione della tenditrice a valle offre il vantaggio di compensare gli effetti l'aumento delle frecce di linea con l'allungamento elastico nel corso delle svariate condizioni di carico dell'impianto, limitando l'escursione del tenditore con conseguente riduzione del numero di avviamenti a automatici della centralina idraulica.

La stazione avrà una copertura alta integrale per un'adeguata protezione dei meccanismi, del carro tenditore e delle passerelle e pedane di manutenzione. Nel giro stazione è previsto un dispositivo per la messa fuori servizio e la calata a terra di un eventuale veicolo avariato, soluzione ormai standardizzata per questo tipo di impianto.

A fianco della stazione, sul lato salita, è prevista la cabina di comando con un servizio igienico ad esclusivo utilizzo da parte del personale addetto alla seggiovia.

### **Stazione di monte:**

La stazione motrice di monte è prevista poco a monte della stazione di arrivo della funivia Funifor al Passo dei Salati e sarà collocata in una zona pianeggiante a quota di circa 3030 m s.l.m. In adiacenza della stazione di monte, su lato destro guardando verso monte, si prevede la realizzazione del fabbricato che racchiuderà sia il magazzino per il ricovero di tutti i veicoli dell'impianto per la portata massima di 2000 P/h, sia i locali tecnici e la cabina di comando per il macchinista.

Per l'impianto sono state definitive esigenze di alta disponibilità di esercizio, pertanto è prevista l'alimentazione di riserva mediante un gruppo elettrogeno per il caso di mancanza alimentazione di rete. Inoltre per lo scarico della linea l'impianto potrà essere azionato con l'azionamento di recupero azionato da un gruppo termoidraulico.

L'organo motore è posto tra i meccanismi di stazione e alloggiato su un carro a ponte mobile dotato di un puntone spostabile con una corsa di 3 m con la possibilità di recuperare l'allungamento permanente della fune. Lo spostamento del carro ponte avviene comodamente per mezzo di una vite senza fine azionata da un motore elettrico. La stazione avrà una copertura alta integrale per un'adeguata protezione dell'organo motore e dei meccanismi e per permettere l'esecuzione delle opere di manutenzione al coperto.

## Linea:

La linea della seggiovia in progetto parte ca. 60 m a monte della stazione intermedia di Cimalegna della funivia Funifor, costruita nel 2004 e si sviluppa parallelamente ad essa con partenza a sinistra, guardando verso monte. La linea della seggiovia prosegue verso monte per ca. 150 m oltre alla stazione di monte della funivia fino a una zona pianeggiante a quota di ca. 3030 m.

A valle c'è un modesto spazio per l'arresto degli sciatori che sarà ampliato verso valle con il riporto di nuove terre per facilitare sia l'arrivo degli sciatori dalla pista di discesa sia il loro accesso all'area d'imbarco della seggiovia.

Lungo la linea sono previsti alcuni leggeri sbancamenti laterali, indicati nel disegno del profilo longitudinale della linea, per garantire i sufficienti franchi verticali minimi delle seggiole dal suolo.

Nella parte terminale la linea sorvola degli ombrelli fermaneve esistenti. Prima dell'arrivo alla stazione di monte è necessario un ulteriore scavo in linea per poi raggiungere gradualmente la quota di sbarco della stazione di monte previsto a ca. 3030 m s.l.m.

Il tracciato si sviluppa in campagna aperta di alta montagna, pertanto non vi è la necessità di disboscamento.

L'andamento della linea è sufficientemente regolare, con una parte di media pendenza per la maggior parte del tracciato. Partendo da valle, vi è un breve tratto leggermente più ripido della media subito dopo la stazione di valle ed uno nella parte alta, poco prima della stazione di monte. In tale tratto nella zona di variazione di pendenza è previsto un sostegno di ritenuta, preceduto da un sostegno dotato di rulliere a doppio effetto.

La nuova seggiovia avrà un intervallo in linea di 5.20 m e prevede 18 sostegni in linea, di cui 3 di ritenuta, 4 a doppio effetto e 11 di appoggio.

Il tracciato è attraversato più volte dalle piste di discesa con franchi verticali sufficienti, essi sono evidenziati sul disegno del profilo longitudinale.

Il tracciato della seggiovia non è interessato dalle tubazioni degli impianti d'innevamento programmato, né da altre tubazioni con liquidi in pressione.

La fune portante-traente è del tipo "cromatico" con l'alternanza di trefoli grezzi e zincati in maniera da aumentarne la visibilità all'aviofauna.

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE

È prevista l'installazione di un impianto di tipo moderno, con seggiole quadriposto carenate secondo le più recenti tendenze, le stazioni avranno ingombri molto ridotti, limitati agli spazi minimi necessari per la copertura dei meccanismi.

I meccanismi di stazione saranno sostenuti da un'unica stele centrale, in calcestruzzo armato, che sopporterà anche il tiro delle funi.

La parte superiore sarà realizzata con struttura metallica ricoperta con pannelli prefabbricati in lamiera di alluminio e vetrate in policarbonato.

L'argano motore, previsto nella stazione di monte, sarà installato sopra il piano d'imbarco, racchiuso all'interno dei meccanismi di stazione e interamente protetto dalla copertura di stazione ad altezza d'uomo.

In linea saranno installati sostegni del tipo a fusto centrale, rastremati, a sezione dodecagonale.

## MATERIALI

Per ridurre l'impatto ambientale, i volumi delle stazioni saranno ridotti al minimo per coprire anche i meccanismi di azionamento delle morse.

Le strutture portanti le coperture saranno realizzate con materiali e forme tipiche di un prodotto tecnologicamente avanzato, saranno ripetute le soluzioni adottate per gli impianti di recente realizzazione.

Il materiale mobile e superiore di linea (traverse, rulliere, scalette, ecc.) saranno zincati per un'adeguata protezione contro la corrosione nel tempo.

I fusti dei sostegni di linea, di forma dodecagonale, saranno zincati per una loro protezione contro la corrosione nel tempo.

La stele centrale delle stazioni sarà di colore grigio in cemento a vista gettato in cassaforma metallica prefabbricata.

Le strutture dei meccanismi delle stazioni posti all'interno del perimetro coperto, saranno di colore grigio.

I rivestimenti e le coperture delle stazioni saranno realizzati con pannelli prefabbricati in alluminio verniciato di colore a scelta del cliente, compreso di eventuale scrittura e logo.

## CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI

• ubicazione della stazione motrice		a monte
• ubicazione della stazione di rinvio e tensione		a valle
• ricovero veicoli		a monte
• senso di marcia		antiorario
• lunghezza orizzontale fra gli ingressi di stazione	m	1649.30
• dislivello fra gli ingressi di stazione	m	376.45
• lunghezza sviluppata della linea	m	1702.32
• pendenza media fra le stazioni	%	22.82
• pendenza massima della fune (campata 3)	%	65.88 (64.72)
• capienza di ciascun veicolo	n°	4
• intervallo nella partenze	s	7.2 (9.0)
• potenzialità massima di trasporto	p/h	2000 (1600)
• velocità massima di esercizio	m/s	5.0
• equidistanza fra i veicoli in linea	m	36.0 (45.0)
• tempo di percorrenza fra imbarco / sbarco		6' 01"
• numero max. veicoli in linea per ramo	n°	48 (38)
• numero totale dei veicoli	n°	100 (80)
• diametro della fune portante traente	mm	42
• massa lineare della fune	kg/m	6.40
• massa del veicolo vuoto	kg	360
• massa del veicolo carico	kg	680
• azione del dispositivo di tensione idraulico	kN	280
• velocità max fune con azionamento principale	m/s	5.0
• velocità max fune con alimentazione di riserva	m/s	4.0
• velocità max fune con azionamento di riserva	m/s	2.5
• velocità max fune con azionamento recupero	m/s	0.8
• potenza med. teorica di calcolo a regime	kW	419 (363)
• potenza max. teorica di calcolo in avviamento	kW	569 (505)
• potenza del motore principale (2 x c.c.)	kW	239
• potenza del motore diesel di recupero	kW	138
• intervista in linea e nelle stazioni	m	5.2
• numero complessivo dei sostegni	n°	18
• numero dei sostegni di appoggio	n°	11
• numero dei sostegni di ritenuta	n°	3
• numero dei sostegni a doppio effetto	n°	4
• numero complessivo dei rulli	n°	344
• conduttori di linea		cavi interrati
(fra parentesi i valori per la portata iniziale ridotta di 1600 P/h)		

## **MAGAZZINO DI RICOVERO DEI VEICOLI**

È previsto a monte in un locale parzialmente interrato sul fianco destro guardando monte, collegato ai meccanismi di stazione con un unico binario.

Il ricovero delle seggiole avverrà semiautomatico su tre “binari morti” orizzontali sui quali le seggiole verranno spinte dai pneumatici dei convogliatori delle curve durante le fasi di immagazzinamento serale o di caricamento della linea.

Il ricovero delle seggiole avverrà su tre “binari morti” in leggera pendenza, con convogliatori a pneumatici nelle curve nei tratti dritti che spingeranno le seggiole nella fase di ricovero serale.

Durante la fase opposta, d’inserimento delle seggiole in linea, esse scorreranno sui binari inclinati per gravità e saranno poi mosse sempre dai convogliatori a pneumatici nelle curve nel tratto di collegamento stazione.

Dato che il collegamento con i meccanismi di stazione sarà realizzato con “binario morto”, le operazioni di trasferimento dei veicoli dal magazzino in linea avverranno in “marcia avanti”, mentre il ricovero serale avverrà in “marcia indietro”.

Il magazzino ricovero veicoli sarà del tipo “a pettine” completamente automatico con scambi veloci automatizzati sia con funzionamento di messa in linea che di ricovero serale.

Per facilitare l’attività di manutenzione gli scambi possono essere posizionati in maniera tale da comporre un circuito anulare facilitando così la manovra dei veicoli.

## STAZIONE MOTRICE - ARGANO MOTORE

### **Generalità:**

L'argano motore è previsto a monte, data la disponibilità di energia elettrica fornita dalla nuova cabina di trasformazione prevista nel fabbricato del magazzino delle seggiole a fianco della stazione.

A fianco del piano di stazione, sul lato di salita, è previsto il fabbricato per il ricovero di tutte le seggiole, con annessi i locali tecnici necessari, cabina di comando con il servizio igienico per il personale, il locale per gli armadi elettrici dell'azionamento, per la cabina di trasformazione elettrica, per il gruppo elettrogeno per l'azionamento di riserva ed un locale per il deposito del materiale per il soccorso, locale dormitorio e di infermeria più un servizio igienico.

I meccanismi di stazione, le travi di lancio e rallentamento, i convogliatori e i provamorse, saranno quelli di normale produzione per questo tipo d'impianto, conformi alla direttiva 2000/9/CE, certificati da un ente notificato, e quindi ritenuti idonei a soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza ai sensi della direttiva 2000/9/CE.

### **Possibilità di alimentazioni dell'impianto:**

#### Alimentazione principale:

dalla rete di distribuzione elettrica pubblica, con una nuova cabina di trasformazione prevista nel fabbricato a fianco della stazione.

#### Alimentazione di riserva:

in mancanza di alimentazione della rete, con un gruppo elettrogeno, installato anch'esso nel fabbricato a fianco della stazione, che permette azionare l'impianto ad una velocità di 4 m/s.

#### Alimentazione di recupero:

con un motore termico diesel installato superiormente, fra i meccanismi di stazione, con una trasmissione idraulica che agisce direttamente sulla puleggia motrice.

#### Alimentazione della stazione di valle:

Dalla stazione intermedia della funivia Funifor, che si trova ad una distanza di ca. 60 m dalla stazione di valle della seggiovia in progetto.

### **Azionamenti:**

#### Azionamento principale in servizio continuo:

sarà realizzato da due motori elettrici principali in c.c., alimentati dalla rete o dal gruppo elettrogeno di riserva previsto nella stazione di monte.

L'argano principale, di serie, è dimensionato per una portata di 2400 P/h alla velocità di 5.0 m/s ed è composta da:

- una puleggia motrice montata a sbalzo su un albero cavo, solidale col telaio, entro cui ruota un albero di torsione che dà il moto alla puleggia. Il regime di rotazione massimo della puleggia di diametro  $D = 4.0$  m, alla velocità della fune  $v = 5.0$  m/s risulta:

$$n = 60 \cdot v / \pi \cdot D = 23.87 \text{ giri/min}$$

- un riduttore principale tipo LOHMANN GPW 245, III S di tipo epicicloidale ortogonale a due stadi planetari ed una coppia conica, dotato di albero veloce orizzontale e albero lento verticale uscente verso il basso, completo di pompe per la lubrificazione, avente un rapporto di riduzione  $i = 65.89$ .
- elemento tubolare di supporto della puleggia e giunto a denti per il collegamento con la puleggia motrice;
- due motori elettrici in c.c. marca "SICME" tipo NP280 KM50, della potenza nominale di 239 kW cadauno, dotati di dinamo tachimetrica, ventilazione separata; collegati fra loro e all'albero veloce del riduttore con due corti alberi dotati di giunti cardanici.

- potenza med. assorbita a regime	419 kW
- potenza max. assorbita in avviamento	569 kW
- velocità di esercizio	5.0 m/s

Alla massima velocità di esercizio di 5.0 m/s il regime di rotazione del motore risulta di:

$$n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 1573 \text{ giri/min}$$

I macchinari dell'argano sono montati su un telaio posto tra le travi principali longitudinali della stazione. Detto telaio può essere spostato tramite una vite senza fine lunga 3 m, per recuperare l'allungamento permanente dell'anello fune.

### **Azionamento di riserva, in servizio continuo:**

In caso di guasto di uno dei due motori elettrici principali o di uno dei due azionamenti, l'impianto può continuare l'esercizio con un solo motore alimentato dalla rete oppure dal gruppo elettrogeno, ad almeno metà velocità (2.5 m/s) a pieno carico.

### **Azionamento di recupero:**

Da utilizzare nei casi di avaria dell'azionamento principale o impedimenti nella trasmissione meccanica, per il solo scarico della linea.

Con questo azionamento si potrà raggiungere una velocità di 0.8 m/s; il tempo necessario per lo scarico della linea sarà di circa 50 minuti, considerando quindici minuti per la sua messa in servizio.

## SISTEMI FRENANTI

Il sistema frenante consiste di tre sistemi indipendenti.

- **Sistema 1 Frenatura elettrica con i motori principali**
- **Sistema 2 Frenatura meccanica con il freno servizio**
- **Sistema 3 Frenatura meccanica con il freno d'emergenza**

### Frenatura elettrica

È realizzato dall'azionamento principale secondo un programma di frenatura normale e un programma di frenatura rapida selezionati automaticamente in relazione alle urgenze d'intervento prestabilite.

Tale frenatura sfrutta la reversibilità della corrente, perciò l'energia cinetica delle varie masse in movimento viene restituita alla rete attraverso l'inversione della corrente dei motori. Il freno elettrico entra in funzione, per l'intervento di uno qualsiasi dei dispositivi di protezione inseriti nel circuito di sicurezza dell'impianto (tranne quelle che chiamano direttamente il freno di emergenza); il tipo di frenatura (normale o rapida) dipende dall'importanza del singolo dispositivo di protezione.

In caso di alimentazione dal gruppo elettrogeno di riserva, a velocità ridotta dell'impianto a ca. 4 m/s, i comandi di arresto richiedenti l'azione frenante dei motori elettrici, siano essi arresti "normali" o arresti "rapidi", vengono automaticamente convertiti in comandi di arresto del freno meccanico di servizio. In questo modo si evita che il gruppo elettrogeno di riserva venga sovraccaricato dall'energia elettrica restituita dall'impianto durante la frenatura. Il sistema frenante successivo viene realizzato dal freno di emergenza, concetto già noto nel periodo pre-direttiva CE.

### Freno di servizio meccanico:

Si tratta di un freno di tipo negativo ad apertura a comando automatico idraulico.

Il freno di servizio agirà su di un disco freno di diametro  $\varnothing = 900$  mm, spessore 32 mm, montato sull'albero veloce del riduttore. Il freno è costituito da n° 1 pinza erogante lo sforzo frenante mediante molle a tazza e tenute aperte da un cilindro idraulico. La chiusura del freno può avvenire a scarico diretto (ON-OFF) o modulato. Per l'impianto in questione, avendo il carico solo in salita, è sufficiente - e anche più semplice nella gestione - la chiusura diretta ON-OFF.

### Freno di emergenza meccanico:

Il freno di emergenza agente direttamente sulla puleggia motrice, a comando automatico idraulico, è costituito da n° 2 pinze idrauliche negative, eroganti lo sforzo frenante mediante molle a tazze e tenuta aperta da un cilindro idraulico. La chiusura del freno sarà sempre a scarico diretto, tale da fornire in ogni caso d'intervento la piena forza frenante.

Ambedue i freni meccanici saranno alimentati da una propria centralina idraulica. L'apertura dei freni avviene per effetto della pressione del fluido idraulico nel circuito di comando. La chiusura dei freni avviene perciò per mancanza di pressione.

## Regolazione dell'azione frenante:

Il freno elettrico sarà in grado di frenare l'impianto con una decelerazione rapida di circa  $1.0 \text{ m/s}^2$ , mentre ogni singolo freno meccanico (FS e FE), verrà regolato per poter ottenere una decelerazione non inferiore a  $0.3 \text{ m/s}^2$  con carico in discesa a retromarcia, e non superiore a  $2.5 \text{ m/s}^2$  con il carico in salita in caso di intervento contemporaneo di ambedue i freni FS e FE.

Per un intervento di arresto, che richiede una decelerazione rapida (per esempio l'intervento di una sagoma d'uscita), e in caso di mancata decelerazione del primo sistema frenante, intervengono contemporaneamente ambedue i freni meccanici (FS e FE), ottenendo così una decelerazione almeno pari a quella rapida ottenibile con il primo sistema frenante, scelta in funzione agli spazi di arresto previsti per l'intervento dei medesimi dispositivi alla massima velocità dell'impianto. Con questo concetto frenante si evita il pericolo di una decelerazione troppo brusca e quindi di oscillazioni eccessive in linea, in caso di un intervento contemporaneo (sia volontario che involontario) di ambedue i freni meccanici con carico in salita.

Come già citato, in caso di alimentazione dal gruppo elettrogeno di riserva, a velocità ridotta dell'impianto a  $v_{rid} = 4 \text{ m/s}$ , i comandi di arresto richiedenti l'azione frenante dei motori elettrici, vengono automaticamente convertiti in comandi di arresto del freno meccanico di servizio. Il sistema frenante successivo viene realizzato dal freno di emergenza.

Con una dec. min. di  $d = 0.69 \text{ m/s}^2$  del singolo freno di servizio si ottiene comunque uno spazio di arresto non maggiore a quello con l'alimentazione principale con  $v = 5 \text{ m/s}$  e con rampa rapida  $d_{el} = 1.0 \text{ m/s}^2$  in quanto  $d > d_{el} * v_{rid}^2 / v^2 = 1.0 * 4^2 / 5^2 = 0.64 \text{ m/s}^2$ .

Per lo sforzo frenante corrispondente saranno perciò regolati tutti i freni, come riportato nelle tabelle di calcolo "Dimensionamento degli elementi d'organo" inserite nelle ultime pagine di questa relazione.

Nella messa in servizio dell'impianto, i freni verranno regolati considerando anche il comportamento dinamico dell'impianto con la modalità di trasporto previsto.

## Calcolo della decelerazione massima con carico in salita:

In caso d'intervento contemporaneo dei freni meccanici con il carico in salita, si avrà un arresto dovuto allo sforzo frenante ed allo sforzo per l'azionamento dell'impianto il cui valore è determinato nei tabulati di calcolo riprodotti nelle ultime pagine di questo fascicolo, esso vale:

Per la portata max. di 2000 P/h:  $d_{max} = 1.42 \text{ m/s}^2$

Per la portata max. di 1600 P/h:  $d_{max} = 1.44 \text{ m/s}^2$

## **DISPOSITIVO DI TENSIONAMENTO IDRAULICO**

Sarà realizzato tramite una coppia di cilindri idraulici tenuti in pressione da una centralina idraulica con regolazione automatica della tensione entro un campo di tolleranza del +/- 5 % rispetto al valore nominale; l'impianto potrà funzionare con tolleranze ampie fino al + / - 10 %.

Ogni cilindro sarà dotato di due elettrovalvole normalmente eccitate per valori di tensione della fune e pressione dell'olio entro il campo di tolleranza previsto. Per riduzioni di tensione al di sotto del valore minimo (-10%), si avrà la chiusura delle valvole e quindi il blocco dei cilindri.

In caso di avaria di uno dei cilindri o delle relative elettrovalvole, l'intero tiro potrà essere sopportato dall'altro cilindro, evitando così riduzioni della tensione fune al di sotto del valore minimo di esercizio. In questo caso è consentito il solo scarico della linea.

I cilindri, in compressione, sono fissati posteriormente, al carrello tenditore che porta l'organo motore ed anteriormente sono ancorati alla sommità della stele in c.a. che reagisce al tiro delle funi; tutti e due i collegamenti sono realizzati con elementi basculanti.

Il piano di scorrimento del carrello è inclinato di 4° rispetto l'orizzontale, la corsa massima del carrello è di 3.00 m uguale a quella massima ammissibile del cilindro idraulico.

Il recupero dell'allungamento permanente della fune p.t. può esser effettuato tramite lo spostamento del carroponete mobile nella stazione motrice a monte.

## MECCANISMI DI STAZIONE "4CLD-05"

Concettualmente i meccanismi di stazione sono uguali per la stazione motrice e per quella di rinvio. Ambedue le stazioni sono previste per il funzionamento ad una velocità massima di esercizio di 5 m/s ed una velocità nominale di traslazione nel girostazione di ca. 1 m/s.

Si precisa che i meccanismi di stazione fanno parte del sottosistema nr. 3.2, come dall'Allegato 1 della direttiva 2000/9/CE, e saranno certificati da un ente notificato, e quindi ritenuto idoneo a soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza nel senso della direttiva 2000/9/CE.

### Rotaie e guide

All'interno delle stazioni i veicoli trovano supporto e vincolo, anziché sulla fune p.t., sulle rotaie e sulle guide qui di seguito elencate:

- rotaia principale di scorrimento, costituente l'elemento di supporto inferiore e la sede di rotolamento per i due rulli verticali della morsa;
- rotaia esterna, destinata a fornire alla morsa un vincolo verticale bilaterale per la ruota verticale esterna;
- guida di apertura/chiusura morsa, destinata a sviluppare sul rullo posto all'estremità superiore della ganascia mobile, l'azione di compressione della coppia di molle della morsa e la conseguente apertura/chiusura della morsa stessa;
- guida superiore, posta sopra alla morsa in prossimità dell'asse fune, leggermente distaccata. Ha la funzione di impedire, nei tratti di apertura e chiusura delle morse, il sollevamento della morsa stessa causata da uno sbandamento del veicolo o altro movimento anomalo.

Per consentire l'entrata e l'uscita dei veicoli dal magazzino, nella rotaia di scorrimento sono previsti degli scambi mobili: essi sono muniti d'interruttori a consenso, i quali provocano l'arresto elettrico o ne impediscono la partenza se gli scambi non sono posizionati correttamente.

La regolazione geometrica delle varie guide avviene tramite calibri speciali ed apposite dime, come dettagliatamente indicato nelle istruzioni d'uso e manutenzione.

### Percorso della fune portante-traente

Le travi di supporto e guide dei meccanismi di stazione sono orizzontali; per il reciproco allontanamento della fune portante-traente con la morsa, nelle fasi di aggancio e sgancio, è prevista una deviazione verticale della fune realizzata con rulliere inserite nelle travi di supporto dei meccanismi stessi.

La deviazione verticale delle stazioni avviene tramite più rulli, in funzione della tensione nella fune. La puleggia di rinvio e la puleggia motrice sono inclinate insieme al loro telaio di 4° rispetto al piano orizzontale.

La puleggia motrice e quella di rinvio hanno un diametro di 4 m. La diminuzione dello scartamento in entrata stazione, dai 5.20 m al diametro della puleggia, si ottiene con una deviazione orizzontale, simmetrica rispetto l'asse dell'impianto, realizzata con due coppie di rulliere orizzontali. Per ragioni costruttive le rulliere orizzontali saranno dotate sempre di un massimo di 4 rulli, indipendentemente dalla tensione nella fune.

I tratti del percorso della fune, in corrispondenza dei rulli di deviazione, sono dotati di guide di sicurezze per impedire l'eventuale scarrucolamento della fune p.t.

### **Convogliatori nelle stazioni**

I convogliatori nelle stazioni sono costituiti dall'insieme delle travi di accelerazione, decelerazione e dai rulli di traslazione del giro stazione.

Il convogliamento dei veicoli viene realizzato mediante una serie di ruote gommate, disposte fra le ruote di sincronizzazione ad alta velocità e la parte della trave a bassa velocità del giro stazione.

Le ruote sono tutte collegate tra loro, a due a due, mediante trasmissioni a cinghie trapezoidali con rapporti opportunamente scalari, in modo da ottenere una variazione graduale di velocità con curva di accelerazione o decelerazione rispettivamente progressiva o degressiva.

Le ruote agiscono sul pattino superiore della morsa con un'opportuna pressione, in modo da provocare l'accelerazione, il rallentamento e la traslazione del veicolo. Essi sono azionati da trasmissioni meccaniche a cinghie che prelevano il moto dalle rulliere di deviazione verticale della fune portante-traente poste all'ingresso e all'uscita della stazione.

### **Dispositivo spaziatore**

Su ognuna delle due stazioni è installato un dispositivo per la spaziatura automatica delle seggiole, con funzione di reciproca sostituzione in caso di guasto. Il dispositivo spaziatore è posizionato nel giro stazione su una delle due curve a 90°, e consiste in un separato tratto di 6 ruote a lunghezza totale di 2,89 m.

Il tratto di spaziatura viene azionato da un motore asincrono tramite un riduttore differenziale. Il motore asincrono è dotato di due avvolgimenti e può funzionare con 8 poli o con 2 poli, ottenendo in tal modo due diverse velocità.

In caso di funzionamento del dispositivo come spaziatore per l'inserimento delle seggiole dal magazzino in linea, il motore funzionerà con 2 poli a marcia indietro, ossia ad una velocità talmente alta da compensare la velocità del giro stazione in modo che il tratto di ruote funga come semplice giunzione di lancio.

In caso di spaziatura regolare durante l'esercizio, il motore gira con 8 poli; alla velocità del giro stazione nel tratto regolato verrà sommata una velocità "differenziale". Girando il motore in un senso, le ruote dello spaziatore girano più lentamente. Girando il motore nell'altro senso, le ruote girano più velocemente.

La differenza di velocità fra spaziatore e giro stazione è sempre costante ed è pari a 0,19 m/s. A seconda del senso di rotazione del motore, la velocità nominale del giro stazione può quindi essere variata di +/- 0,19 m/s.

Supponendo, per esempio, che la velocità dell'impianto fosse di 5 m/s e che la velocità nominale del giro stazione fosse di 1 m/s, si hanno i seguenti tempi di passaggio sotto le ruote del tratto spaziatore:

nominale:	$T = 2,89 / 1 = 2,89 \text{ s}$
variazione + 0,19 m/s:	$T = 2,89 / (1+0,19) = 2,43 \text{ s}$
variazione - 0,19 m/s:	$T = 2,89 / (1-0,19) = 3,57 \text{ s}$

Così la seggiola può essere spostata in metri fune di:

$$\Delta + = 5 \times (2,89 - 2,43) = 2,3 \text{ m} \quad (\text{spostamento in avanti})$$
$$\Delta - = 5 \times (2,89 - 3,57) = 3,3 \text{ m} \quad (\text{spostamento in dietro})$$

Attraverso un controllo mediante sensori di prossimità il sistema può rilevare se un veicolo, che entra nel giro stazione, ha la distanza regolare dal veicolo di riferimento (precedente) o se il veicolo è in ritardo o in anticipo.

Se il veicolo presenta l'equidistanza normale ( $\pm$  una tolleranza tarabile), il motore asincrono rimane fermo e le ruote del tratto spaziatore girano praticamente alla velocità nominale del girostazione.

Se il veicolo arriva in anticipo, il motore si avvia in senso di rotazione tale da ridurre la velocità dello spaziatore con la variazione sopra calcolata per il tempo necessario per raggiungere lo spazio nominale rispetto alla seggiola di riferimento.

Se il veicolo arriva in ritardo, il motore si avvia nell'altro senso ed aumenta la velocità del convogliatore per il tempo necessario per recuperare lo spazio fino al raggiungimento della distanza nominale.

In caso di un arresto dell'impianto, tutti i dati rimangono memorizzati per poter proseguire regolarmente. In marcia indietro lo spaziatore è escluso.

La puleggia motrice e quella di rinvio azionano appositi rulli dotati di encoder che forniscono gli impulsi elettrici necessari per il conteggio dei metri fune percorsi. Per le diverse equidistanze previste, si avranno diversi numeri di impulsi che verranno controllati da un'apposita unità a microprocessore.

All'entrata ed all'uscita di ogni stazione viene effettuato il controllo della spaziatura minima, che consiste nel conteggio degli impulsi fra le seggiole che entrano/escono in/dalla stazione. Se la distanza fra due veicoli risultasse inferiore all'equidistanza minima, che è definita come quella nominale meno una tolleranza tarabile, l'impianto viene fermato.

## **Dispositivi di protezione**

Nei meccanismi di stazione sono inseriti una serie di dispositivi per il controllo del regolare funzionamento del movimento delle morse, della fune e dei meccanismi stessi. Per controllare il corretto assetto geometrico sia della fune, sia della morsa, sono previsti dei controlli di sagoma per la fase di ingresso/uscita nelle/dalle stazioni e sgancio / aggancio della morsa dalla fune.

La regolazione geometrica delle sagome avviene tramite apposite dime, come dettagliatamente indicato nelle istruzioni d'uso e manutenzione.

Gli interventi dei singoli dispositivi di protezione e di sorveglianza sono indicati nella descrizione dell'equipaggiamento elettrico dell'impianto.

## **Controllo anticollisione**

Tale protezione ha lo scopo di evitare, mediante il tempestivo arresto dell'impianto, l'avvicinamento eccessivo contro un veicolo arrestatosi accidentalmente, per un motivo qualsiasi, da parte del veicolo successivo caricato sopraggiungente dalla stazione o rispettivamente dalla linea.

Essa è basata sull'applicazione di appositi microinterruttori di prossimità attivati dal passaggio dei veicoli e di un dispositivo elettronico, avente la funzione di rilevare gli intervalli di tempo (impulsi) impiegati da ciascun veicolo ad azionare due consecutivi dei suddetti micro, e di provocare l'arresto dell'impianto, qualora anche uno solo di detti intervalli risulti superiore o inferiore ad un valore limite pretarabile. Il percorso dei veicoli

è suddiviso in diverse sezioni di controllo, come rappresentato nel disegno "Sicurezza travi", allegato nell'elaborato 3.1 del progetto.

### **Chiusura / apertura carenatura seggiola**

Le seggiole impiegate sono dotate di una carenatura mobile (Bubble), quest'ultime saranno azionate tramite una guida mobile, posta in entrata ed in uscita delle stazioni, che agisce sul meccanismo di apertura/chiusura della carenatura.

Per l'azionamento della carenatura sono previsti i seguenti controlli:

All'entrata della seggiola in stazione la carenatura viene aperta automaticamente. Prima del piano d'imbarco è previsto un interruttore a sagoma, che controlla l'avvenuta apertura della carenatura. L'intervento di tale controllo chiama l'arresto dell'impianto, per evitare che una seggiola con carenatura abbassata arrivi al piano d'imbarco.

In corrispondenza del piano d'imbarco stesso è previsto un controllo tramite fotocellula che rileva la presenza o meno di passeggeri.

In assenza di passeggeri, la guida mobile assume la posizione "di chiusura", in modo tale che ogni seggiola vuota esca dalla stazione con carenatura chiusa.

In caso che siano presenti uno o più passeggeri sul piano d'imbarco, la guida assume la posizione "neutra" e lascia, a facoltà dei passeggeri, di chiudere o meno la carenatura.

Con funzionamento dell'impianto a marcia indietro, le guida di apertura e di chiusura vengono portate automaticamente nella posizione "neutra" per evitare sollecitazioni anomali del meccanismo di azionamento della carenatura.

### **Cancelletto cadenzatore :**

L'accesso dei passeggeri al piano d'imbarco avviene attraverso un cancelletto cadenzatore, che viene comandato elettricamente dalle seggiole nel giro stazione. Un sensore di prossimità rileva la presenza della seggiola e comanda l'apertura dei cancelletti che rimangono aperti per un tempo pretarabile.

In caso che l'impianto funzioni a velocità ridotta, l'apertura dei cancelletti viene ritardata automaticamente in funzione della velocità per garantire un regolare accesso.

### **Dispositivo provamolle**

Il dispositivo provamolle sarà installato in tutte le stazioni nella guida di chiusura sul lato di entrata nella parte terminale della trave di decelerazione; esso effettuerà la misurazione dello sforzo di "rilascio" delle molle della morsa, per verificare gli sforzi forniti dalle molle e l'efficienza dei cinematismi di serraggio delle morse.

A seconda del tipo della morsa impiegata, viene impostata, e verificata, con un apposito attrezzo di calibratura, una forza minima limite, al di sotto della quale verrà comandato l'arresto dell'impianto.

La misurazione della forza e della conseguente deformazione nella guida che si genera al passaggio del rullo di apertura, viene rilevata da un sensore raddoppiato (cella di carico), installato in un apposito alleggerimento dell'anima della trave di chiusura.

## TRATTI DI FUNE DAVANTI ALLE STAZIONI

L'ultimo sostegno di linea, il n. 18, è distante 18 m dall'ingresso nella stazione di monte.

Nel tratto orizzontale si prevede, per l'arresto di un veicolo non correttamente ammorsato, l'installazione di una serie di misure che nel loro insieme costituiscono un dispositivo di ammorsamento forzato all'interno della stazione. L'impiego di tale dispositivo è espressamente consentito dalle condizioni di utilizzo definite nell'"allegato al certificato" del sottosistema 3.2, poiché i meccanismi sono adeguatamente costruiti e certificati.

Nella stazione di valle invece l'andamento della fune è verso l'alto e l'andamento del terreno al di sotto dei due rami di fune è, per un tratto, praticamente parallelo alle funi con un franco verticale sotto alle seggiole decrescente in relazione alla pendenza del terreno.

## SOSTEGNI DI LINEA

I sostegni di linea, sia di appoggio, sia di ritenuta che di doppio effetto, sono previsti del tipo a fusto centrale, a sezione dodecagonale, realizzato in lamiera di acciaio piegata e saldata, mentre la traversa sarà rastremata, costruita in lamiera scatolata.

Secondo i carichi agenti e della funzione dei sostegni, i fusti verranno realizzati con diversi spessori delle lamiere e con diverse dimensioni delle loro fondazioni. Tutti gli elementi in acciaio sono zincati a caldo.

Il collegamento fra il fusto e la traversa verrà realizzato mediante flangiatura bullonata, l'ancoraggio alla fondazione in calcestruzzo sarà realizzata con n° 12 tirafondi M30, l'appoggio e la regolazione della cornice metallica di base dei fusti sulle fondazioni verrà realizzato con boccole sferiche inserite assialmente ad ogni tirafondo, essi saranno serrati con la chiave dinamometrica.

Tutti i sostegni saranno corredati di scalette di accesso con dispositivi anticaduta, di pedane longitudinali per l'ispezione alle rulliere, di falconi per il sollevamento della fune dalle rulliere stesse e di pulsanti di arresto inseriti nel circuito di sicurezza.

Alla base dei sostegni di ritenuta e doppio effetto sono previsti, per ambedue i rami di fune, i ganci di ancoraggio per l'abbassamento della fune p.t.

Sui sostegni situati nei punti più esposti al vento e sulla stazione a valle, è previsto il montaggio di anemometri con dispositivi di rilevare anche la direzione del vento.

Tutte le rulliere, sono installate al di sotto delle traverse per garantire un maggior franco laterale e verticale al passaggio dei veicoli.

### Impianto in esercizio:

Le verifiche vengono eseguite per la **massima portata di dimensionamento pari a 2000 P/h**, con vento trasversale alla linea d'intensità pari a  $0.25 \text{ kN/m}^2$  e con un carico di neve sulle pedane di  $2.0 \text{ kN/m}^2$ .

### Impianto fuori esercizio:

Le verifiche vengono eseguite per la condizione **con i veicoli in linea all'equidistanza di 36.0 m corrispondente alla massima portata di 2000 P/h.**, e con vento che spirava trasversalmente alla linea con un'intensità di:

1.20  $\text{kN/m}^2$  per gli "elementi funiviari": fune, veicoli, e rulliere

1.20  $\text{kN/m}^2$  per gli "elementi civili": falconi, testate, pedane e fusti, e con un carico di neve sulle pedane di  $6 \text{ kN/m}^2$ .

L'intensità del vento per le opere civili è stata determinata secondo quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, valutando una quota media della linea sul livello del mare e l'altezza massima dei sostegni, il cui valore è riportato nel capitolo "Carico neve, azione del vento fuori esercizio e azione sismica".

## RULLI E RULLIERE

Le rulliere saranno del tipo non oscillante trasversalmente.

I bilancieri saranno realizzati in acciaio zincato e saranno montati su snodi muniti di boccole antifrizione. Il collegamento delle rulliere alle testate, realizzato mediante bulloni, sarà regolabile per il loro allineamento. A tal fine, sulla piastra di attacco delle rulliere, sono previsti quattro bulloni orizzontali di regolazione che agiscono sulla traversa del sostegno e consentono un facile e preciso allineamento della rulliera.

Tutte le rulliere, sia d'appoggio sia di ritenuta e doppio effetto, saranno munite di antiscarrucolanti interni, di scarpe di raccolta della fune che permettono anche il passaggio della morsa, e di dispositivi d'arresto automatico dell'impianto in caso di scarrucolamento della fune sia verso l'interno che l'esterno della linea (questi ultimi realizzati mediante sbarrette di rottura, inserite elettricamente in serie sull'apposito circuito di sicurezza). I rulli sono muniti di cuscinetti chiusi, lubrificati a vita, mentre i bilancieri sono dotati di ingrassatori per la lubrificazione periodica.

Le caratteristiche geometriche delle morse, delle rulliere e dei dispositivi raccoglifune saranno tali da consentire un'inclinazione libera della morsa rispetto ai bordi dei rulli e rispetto alle altre parti delle rulliere come richiesto dalle vigenti norme. Le rulliere d'appoggio e di ritenuta hanno rulli diametro 400 mm, quelle a doppio effetto avranno rulli diametro 420 mm. I rulli sono equipaggiati con guarnizioni in gomma avente caratteristiche tale da ridurre l'attrito in linea decisamente al di sotto dei 3% indicati nelle norme e di risparmiare quindi energia di azionamento.

Le rulliere fanno parte del sottosistema nr. 3.3, come dall'Allegato 1 della direttiva 2000/9/CE, e saranno certificate da un ente notificato, e quindi ritenute idonee a soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza nel senso della direttiva 2000/9/CE.

## SEGGIOLA QUADRIPOSTO CARENATA

I veicoli saranno seggiole a quattro posti, fronte marcia, dotate di una carenatura trasparente avvolgente superiormente e lateralmente che protegge i viaggiatori dalle intemperie. Il sedile e lo schienale saranno unici, realizzati con due pannelli in materiale sintetico, imbottiti.

Un apposito sensore a fotocellula, posto in prossimità del piano d'imbarco della stazione di valle, rileva se la seggiola è occupata o no da viaggiatori comandando la chiusura automatica o meno della carenatura prima dell'invio della seggiola in linea.

Il suddetto comando è previsto allo scopo di evitare che possano essere inviate in linea seggiole prive di viaggiatori con la carenatura aperta che può offrire un'eccessiva superficie al vento laterale e frontale; a chiusura effettuata un particolare dispositivo bloccherà il dispositivo di chiusura impedendone l'apertura intempestiva.

Nel caso di seggiola occupata dai viaggiatori, il suddetto comando di chiusura della carenatura rimane inoperante, lasciando ai viaggiatori stessi la facoltà di chiuderla manualmente o lasciarla aperta secondo la loro preferenza.

All'ingresso delle seggiole in stazione, indipendentemente che esse siano vuote o occupate da viaggiatori, un dispositivo automatico azionerà l'apertura delle carenature.

### Caratteristiche della seggiola carenata:

- peso della seggiola vuota 360 kg
- numero massimo di viaggiatori 4
- peso della seggiola carica  $360+4 \times 80 = 680$  kg

Il rispetto del rapporto fra il carico verticale applicato alla morsa e la tensione minima della fune p.t. viene verificato nel calcolo della linea.

### Vento max. di esercizio

Secondo i criteri indicati nel cap. 10 del Decreto infrastrutture nr. 337, del 16.11.2012, la velocità del vento massimo di esercizio, considerando le caratteristiche aerodinamiche della seggiola e la quota d'installazione dell'impianto in questione, è pari a 60 km/h. Essa viene determinata dall'azione del vento spirante in asse impianto sulla seggiola a cupola aperta, caricata con una sola persona.

La velocità e la direzione del vento, rilevate da appositi dispositivi installati in linea, saranno segnalate in entrambe le stazioni. Sono previsti i seguenti interventi:

1°: allarme a ca. 50 km/h, 2°: rallentamento a ca. 60 km/h.

## MORSE

Il dispositivo di attacco dei veicoli alla fune portante sarà costituita dalla morsa A104 C, alla quale sarà fissata la seggiola; ogni morsa sarà dotata di due molle elicoidali.

La morsa ha essenzialmente le fattezze di una pinza, ossia di un sistema di due leve vincolate l'una all'altra da una cerniera intermedia, le quali serrano fra di loro, da una parte del fulcro, la fune p.t., in ragione di una spinta di allontanamento reciproco esercitata sulle leve medesime da una doppia molla situata dall'altra parte del fulcro.

L'apertura e la chiusura della morsa vengono comandate, per mezzo di un'apposita guida di stazione, che agendo superiormente sul rullo portato dalla leva mobile, ne determina lo spostamento verso il basso ovvero verso l'alto, rispettivamente vincendo o assecondando la spinta esercitata dalle molle su detta leva. Quando il rullo viene abbassato rispetto alla posizione che esso presenta nelle condizioni di morsa serrata sulla fune p.t., ha inizio l'allontanamento delle ganasce dalla fune medesima.

Ovviamente, quando a partire da tale configurazione estrema, la guida di stazione permette al rullo della leva mobile di riportarsi nuovamente in alto, sotto la spinta delle molle, le ganasce della morsa si avvicinano l'una all'altra fino a serrare fra di loro la fune p.t., se quest'ultima viene a trovarsi interposta fra le stesse (il che avviene in fase di lancio dei veicoli), ovvero fino a che il manovellismo di serraggio raggiunge la configurazione di morsa a riposo, se le ganasce risultano disaccoppiate dalla fune medesima (il che avviene durante il giro di stazione dei veicoli).

L'accelerazione e la decelerazione del veicolo, rispettivamente prima del serraggio e dopo il disaccoppiamento della morsa dalla fune, sono impresse da una serie di ruote gommate in rotazione sincrona col moto della fune, le quali agiscono su una apposita piastra longitudinale solidale col corpo della morsa.

La morsa appartiene al sottosistema nr. 4, come dall'Allegato 1 della direttiva 2000/9/CE, ed è certificato da un ente notificato, e quindi ritenuto idoneo a soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza nel senso della direttiva 2000/9/CE.

## APPARECCHIATURA ELETTRICA

L'impianto elettrico, realizzato dalla FUNITEK, sarà costituito da un sistema di azionamento bidirezionale con alimentatori statici bidirezionali a thyristor e di controllo a logica statica programmabile, conforme alle Direttiva 2000/9/CE, e fa parte del sottosistema nr. 5, come dall'Allegato 1 della direttiva 2000/9/CE, e sarà certificato da un ente notificato.

La descrizione dell'impianto elettrico e i relativi schemi a blocco verranno riportati nel capitolo 3: "Disegni principali di insieme e schemi funzionali" del presente progetto definitivo.

## COLLEGAMENTO TRA LE STAZIONI

Il collegamento telefonico e di sicurezza e delle logiche dell'apparecchiatura di comando fra le stazioni, nonché con tutti i sostegni di linea, è realizzato mediante un cavo multipolare ed un cavo diretto a fibre ottiche.

## CARICO NEVE, AZIONE DEL VENTO FUORI ESERCIZIO E AZIONE SISMICA

I calcoli del carico neve, dell'azione del vento fuori esercizio e dell'azione sismica vengono eseguiti applicando le norme tecniche per le costruzioni del D.M. del 14.01.08.

### 1) Calcolo del carico neve:

L'impianto in questione si trova nella Provincia di Vercelli, e appartiene quindi alla zona I Alpina, la stazione di valle si trova ad una quota di 2658 m sul livello del mare e la stazione di monte rispettivamente a 3034 m s.l.m.

Il carico dalla neve sulle coperture sarà valutato secondo 3.4.1 mediante la:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t$$

Si adottano per entrambe le stazioni i valori corrispondenti ad altitudini superiori a 1500 m s.l.m., facendo riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione, utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

Si calcola per primo il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni e per una altitudine di  $a_s = 1500$  m:

Dal punto 3.4.2 del suddetto decreto si deduce:

$$q_{sk} = 1,39[1+(a_s / 728)^2] \text{ kN/m}^2 = 7,29 \text{ kN/m}^2$$

Dai punti 3.4.3, 3.4.4 e 3.4.5 si ottiene:  $C_E = 1$     $C_t = 1$     $\mu = 0.8$  (copertura piana).

Il carico neve minimo da considerare sulla copertura (piana) diventa:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t = 0,8 * 7,29 * 1 * 1 = 5,83 \text{ kN/m}^2$$

Considerando quanto indicato nella relazione nivologia allegata del dicembre 2016, il valore massimo mensile neve al suolo nel periodo 1988 – 1999 ha raggiunto 2.5 m.

Assumendo un peso specifico medio della neve di  $2 \text{ kN/m}^3$  come riportato ai punti C3.4.5.6 e C3.4.5.7.1 nelle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, si ottiene:

$$q = (2.5\text{m} * 2 \text{ kN/m}^3) * 0,8 = 4,00 \text{ kN/m}^2$$

Le strutture delle stazioni nel progetto in questione sono calcolate con un carico neve standard di  $8 \text{ kN/m}^2$ , ed è quindi sufficiente per coprire sia il valore minimo risultante dalla normativa ( $8 \text{ kN/m}^2 > 5.83 \text{ kN/m}^2$ ) sia il carico dovuto dall'altezza neve sopra indicato.

## 2) Calcolo dell'azione del vento fuori esercizio

L'azione del vento fuori esercizio viene calcolata secondo quanto stabilito dalle norme tecniche per le costruzioni del D.M. del 14.01.08.

L'impianto in questione si trova nella Provincia di Vercelli e appartiene quindi alla zona 1. La stazione di valle si trova ad una quota di 2658 m sul livello del mare e la stazione di monte rispettivamente a 3034 m s.l.m.

L'impianto interessato è situato nella zona 1, ed appartiene alla categoria IV. Si hanno quindi i seguenti parametri in funzione della zona e della categoria:

zona 1:	$v_{b,o} = 25 \text{ m/s}$	$a_0 = 1000 \text{ m}$	$k_a = 0,010 \text{ 1/s}$
cat. IV:	$k_r = 0,22$	$z_0 = 0,30 \text{ m}$	$z_{min} = 8 \text{ m}$

La stazione di valle, alta ca.  $z = 7 \text{ m}$  è situata ad un'altitudine di 1962 m s.l.m. ( $> a_0$ ). Assumendo per il calcolo l'altitudine max. di  $a_s = 1500 \text{ m}$ , secondo 3.3.2, la velocità di riferimento diventa:

$$v_b = v_{b,o} + k_a (a_s - a_0) = 30 \text{ m/s}$$

Con:  $q_b = 0,5 * \rho * v_b^2 = 562.5 \text{ N/m}^2$  (3.3.6):

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)] = 1,634$$
 (3.3.7)

Il coefficiente di topografia  $c_t$  è posto di regola pari a uno per le zone montane (vedi 3.3.7). Le costruzioni in questione non sono ubicati in posizioni tali da richiedere valori diversi per  $c_t$ .

Il coefficiente di forma  $c_p$  viene fornito dal Decreto del 16.11.2012, art. 15.7.3, e viene applicato volta per volta a secondo dell'elemento costruttivo oggetto della verifica. Per determinare la pressione base del vento ovviamente  $c_p$  deve essere posto pari a uno.

Il coefficiente dinamico  $c_d$  non è applicabile per le costruzioni in questione,  $c_d$  viene quindi posto pari a uno.

Secondo 3.3.4 la pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b * c_e * c_p * c_d$$

Arrotondando, risultano le seguenti pressioni (vedi tabulato alla pagina seguente) per:

stazione di valle:	( $z = 7 \text{ m}$ ):	$p = 0.92 \text{ kN/m}^2$
stazione di monte:	( $z = 7 \text{ m}$ ):	$p = 0.92 \text{ kN/m}^2$
sostegni di linea:	( $z = 5 \text{ m} \dots z_{max} = 15 \text{ m}$ ):	$p = 0.92 - 1.13 \text{ kN/m}^2$

Le verifiche delle stazioni, a valle e monte, sono eseguite per una pressione del vento fuori esercizio standard pari a **2.8 kN/m<sup>2</sup>** e le strutture di linea sono state calcolate per una pressione f. e. pari a **1.2 kN/m<sup>2</sup>**.

Tabulato della pressione del vento secondo DECRETO 14/01/2008

Impianto: 4CLD-B Cimalegna - Passi dei Salati

Zona	1	1-9	Coeff. di forma cp	1
Categoria	4	1-5	Coeff. topografico ct	1
Tempo di rit. Tr	50	anni	Coeff. dinamico cd	1

	vref0 m/s	a0 m	ka 1/s		kr	z0 m	zmin m
<b>Zona scelta</b>	<b>25</b>	<b>1000</b>	<b>0,01</b>	<b>Cat. scelta</b>	<b>0,22</b>	<b>0,3</b>	<b>8</b>
Zona 1	25	1000	0,010	Categoria 1	0,17	0,01	2
Zona 2	25	750	0,015	Categoria 2	0,19	0,05	4
Zona 3	27	500	0,020	Categoria 3	0,20	0,10	5
Zona 4	28	500	0,020	Categoria 4	0,22	0,30	8
Zona 5	28	750	0,015	Categoria 5	0,23	0,70	12
Zona 6	28	500	0,020				
Zona 7	28	1000	0,015				
Zona 8	30	1500	0,010				
Zona 9	31	500	0,020				

Ubicazione	Altezza su livello mare	Altezza dal suolo	Coefficiente tempo di ritorno	Coefficiente di esposizione	Velocità di riferimento	Pressione cinetica di riferimento	Pressione del vento
	as m	z m	alfa r 1	ce 1	vref m/s	qref N/m <sup>2</sup>	p N/m <sup>2</sup>

Stazione a valle	1500,00	7,0	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>
Stazione a monte	1500,00	7,0	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>
Linea	1500,00	15,00	1,00	2,066	30,00	562,50	<b>1162</b>
Sostegno 1	1500,00	5,00	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>
Sostegno 2	1500,00	6,00	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>
Sostegno 3	1500,00	13,00	1,00	1,964	30,00	562,50	<b>1105</b>
Sostegno 4	1500,00	13,00	1,00	1,964	30,00	562,50	<b>1105</b>
Sostegno 5	1500,00	12,00	1,00	1,908	30,00	562,50	<b>1073</b>
Sostegno 6	1500,00	12,00	1,00	1,908	30,00	562,50	<b>1073</b>
Sostegno 7	1500,00	13,00	1,00	1,964	30,00	562,50	<b>1105</b>
Sostegno 8	1500,00	15,00	1,00	2,066	30,00	562,50	<b>1162</b>
Sostegno 9	1500,00	8,00	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>
Sostegno 10	1500,00	13,00	1,00	1,964	30,00	562,50	<b>1105</b>
Sostegno 11	1500,00	12,00	1,00	1,908	30,00	562,50	<b>1073</b>
Sostegno 12	1500,00	12,00	1,00	1,908	30,00	562,50	<b>1073</b>
Sostegno 13	1500,00	11,00	1,00	1,848	30,00	562,50	<b>1040</b>
Sostegno 14	1500,00	10,00	1,00	1,783	30,00	562,50	<b>1003</b>
Sostegno 15	1500,00	14,00	1,00	2,017	30,00	562,50	<b>1134</b>
Sostegno 16	1500,00	9,00	1,00	1,712	30,00	562,50	<b>963</b>
Sostegno 17	1500,00	7,00	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>
Sostegno 18	1500,00	7,00	1,00	1,634	30,00	562,50	<b>919</b>

### **3) Calcolo dell'azione sismica**

L'impianto interessato è situato nell'ambito del comune di Alagna Valsesia, classificato in zona 3 ai sensi della Zonazione Sismica dell'Ordinanza n. 3274 del 20.03.2003.

Come riportato nella relazione geologica sismica allegata, per la zona nella quale è ubicato l'impianto si è determinato una categoria del suolo A e una categoria topografica T2. Si determina uno spettro di progetto allo stato limite SLV nella direzione orizzontale pari a 0.077 g (vedi tabella allegata di seguito); per la zona interessata l'accelerazione verticale può essere trascurata.

Nei calcoli statici delle stazioni sono stati assunti accelerazioni arrotondati in eccesso di 0.60 g (orizzontale) e 0.40 g (verticale). Per i sostegni di linea è stato assunto un'accelerazione orizzontale arrotondata di 0.30 g.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,077 g
$F_0$	2,595
$T_C^*$	0,294 s
$S_S$	1,000
$C_C$	1,000
$S_T$	1,200
$q$	2,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,200
$\eta$	0,500
$T_B$	0,098 s
$T_C$	0,294 s
$T_D$	1,909 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,093
$T_B \leftarrow$	0,098	0,120
$T_C \leftarrow$	0,294	0,120
	0,371	0,095
	0,448	0,079
	0,525	0,067
	0,602	0,059
	0,679	0,052
	0,755	0,047
	0,832	0,042
	0,909	0,039
	0,986	0,036
	1,063	0,033
	1,140	0,031
	1,217	0,029
	1,294	0,027
	1,371	0,026
	1,447	0,024
	1,524	0,023
	1,601	0,022
	1,678	0,021
	1,755	0,020
	1,832	0,019
$T_D \leftarrow$	1,909	0,019
	2,008	0,017
	2,108	0,015
	2,208	0,015
	2,307	0,015
	2,407	0,015
	2,506	0,015
	2,606	0,015
	2,705	0,015
	2,805	0,015
	2,905	0,015
	3,004	0,015
	3,104	0,015
	3,203	0,015
	3,303	0,015
	3,403	0,015
	3,502	0,015
	3,602	0,015
	3,701	0,015
	3,801	0,015
	3,900	0,015
	4,000	0,015

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri assunti: categorie sottosuolo = A e categoria topografica = T2

## DITTE COSTRUTTRICI

Le ditte costruttrici principali che parteciperanno alla realizzazione dell'opera, note al momento della redazione del presente progetto sono:

### Parte meccanica:

La ditta costruttrice della parte meccanica dell'impianto è la DOPPELMAYR ITALIA S.r.l. con sede a Lana (BZ).

### Parte elettrica di azionamento e di comando:

La ditta costruttrice dell'apparecchiatura elettrica di comando dell'impianto è la FUNITEK s.r.l. con sede a Bolzano.

### Imprese di costruzioni per le opere murarie delle stazioni e della linea:

#### Stazione di valle e linea:

Impresa ancora non definita.

#### Stazioni di monte:

Impresa ancora non definita.

#### Linea:

Impresa ancora non definita.

Lana, marzo 2017

## **DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI D'ARGANO - 2000 P/h e 1600 P/h**

Di seguito si riportano le tabelle di calcolo di dimensionamento d'argano per la portata massima di 2000 P/h e per 1600 P/h.



## ELEMENTI DELL'ARGANO:

### Puleggia motrice: CLD 4000

Diametro nominale della puleggia motrice:	$D := 4.0 \cdot m$
Raggio di azione dei freni sulla puleggia:	$r_{fe} := 1.966 \cdot m$
Max. somma tiro anello fune applicabile:	$R_{max} := 700 \cdot kN$
Momento torcente massimo applicabile:	$M_{tpul} := 321 \cdot kN \cdot m$
Massa d'inerzia della puleggia motrice rif. sull'asse fune (con corona dentata):	$m_p := 2090 \cdot kg$
Min. angolo di avvolgimento della fune t.p., con $\mu = 0.20$ :	$\alpha := 163.77 \cdot deg$

### Gruppo torsionale:

#### **Albero lento con giunzione per GRW 245-270**

Momento torcente max. applicabile sul gruppo torsionale a regime:	$M_{gt1} := 321 \cdot kN \cdot m$
Momento torcente max. applicabile sul gruppo torsionale in transitorio:	$M_{gt2} := 321 \cdot kN \cdot m$

### Riduttore principale: Argano a ponte, riduttore a 1 ingresso.

#### **Tipo: Lohmann GPW 245 III S**

Momento torcente applicabile sull'albero lento a regime:	$M_1 := 204.5 \cdot kN \cdot m$
Momento torcente applicabile sull'albero lento in avviamento:	$M_2 := 286.3 \cdot kN \cdot m$
Rapporto di riduzione del riduttore principale:	$i := 65.89$
Giri max. ammissibili dell'albero veloce:	$n_g := 1900 \cdot min^{-1}$
Momento d'inerzia rif. all'albero veloce:	$m_{rid} := 0.66 \cdot kg \cdot m^2$

### Motore principale elettrico a c.c.:

#### **Tipo: SICME NP 280 KM50**

Numero dei motori installati:	$mot := 2$
Potenza erogabile con velocità di azionamento principale:	$P_{mot1} := 239 \cdot kW$
Potenza erogabile con velocità di riserva:	$P_{mot2} := 239 \cdot kW$
Momento d'inerzia:	$m_{mot} := 5.45 \cdot kg \cdot m^2$

### Elementi di trasmissione fra i motori ed il riduttore:

#### **Albero cardanico tipo: GWB 9.587.50.03 diam. 250 mm** (catalogo GWB 55.043.00.04.2001)

Numero degli elementi di trasmissione:	$car := 2$
Momento torcente massimo applicabile temporaneamente:	$TCS := 43 \cdot kN \cdot m$
Momento torcente a fatica alternata:	$TDW := 13 \cdot kN \cdot m$
Fattore di capacità dei cuscinetti:	$L_c := 1.76$
Fattore di start o service:	$\overset{K}{\underset{www}{K}} := 1.5$
Fattore d'urto (motore elettrico):	$\overset{K1}{\underset{www}{K1}} := 1.0$
Angolazione massima dell'albero cardanico:	$\beta := 3 \cdot deg$

## AZIONAMENTO DI RECUPERO

### DATI GENERALI:

Velocità della fune:

$$v_r := 0.8 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Avviamento:

$$a_r := 0.10 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$$

Decelerazione con il motore:

$$d_r := 0.1 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$$

Durata della corsa:

$$t_r := \frac{\max(l_{rs}, l_{rc})}{v_r}$$

$$t_r = 35.5 \cdot \text{min}$$

### ELEMENTI DELL'ARGANO DI RECUPERO:

#### Corona dentata - Pignone:

Numero dei denti della corona dentata:

$$z_1 := 209$$

Altezza della corona dentata:

$$h_c := 120 \cdot \text{mm}$$

Fattore della forma del dente per la corona dentata:

$$q_{kc} := 2.05$$

Massa d'inerzia della corona dentata rif. all'asse fune:

$$m_{cor} := 650 \cdot \text{kg}$$

Tensione limite di resistenza della corona (42CrMo4):  $R_s=650$ ,  $R_m=900$  N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{rsc} := 640 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Numero dei denti del pignone:

$$z_2 := 22$$

Altezza del pignone:

$$h_p := 130 \cdot \text{mm}$$

Fattore della forma del dente per il pignone:

$$q_{kp} := 2.5$$

Tensione limite di resistenza del pignone (42CrMo4):  $R_s=650$ ,  $R_m=900$  N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{rsp} := 640 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Modulo:

$$mod := 16 \cdot \text{mm}$$

Rendimento pignone-corona dentata:

$$\eta_1 := 0.92$$

#### Riduttore di recupero:

##### **Tipo: Brevini SL3003**

Numero dei riduttori con pignone:

$$rec := 1$$

Momento torcente applicabile sull'albero lento a regime (per  $n_1 = 2550$  Upm):

$$M_3 := 21 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momento torcente applicabile sull'albero lento in avviamento:

$$M_4 := 26 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Rapporto di riduzione del riduttore di recupero:

$$i_r := 71.55$$

Giri max. ammissibili dell'albero lento:

$$n_{rec} := 36.3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Carico radiale max. amm. in  $x = 80$  mm per una durata di ca. 3700 h a  $n_{ri}$  giri:

$$F_{rmr} := 120 \cdot \text{kN}$$

Carico radiale max. ammissibile applicato in  $x = 80$  mm per una durata breve:

$$F_{rma} := 150 \cdot \text{kN}$$

Rendimento:

$$\eta_2 := 0.94$$

### Motore idraulico:

**Tipo: Brevini Fluid Power SH11C 090**

Numero dei motori idraulici:

Cilindrata per giro:

max. giri ammissibili:

max. pressione continua ammissibile:

max. pressione di punta ammissibile:

coppia max. trasmessa a 430 bar:

rendimento meccanico:

rendimento volumetrico:

moi := 1

V1 := 86.23·cm<sup>3</sup>

n1 := 4500·min<sup>-1</sup>

pc1 := 430·bar

pm1 := 480·bar

m1 := 590·N·m

ηm1 := 0.92

ηv1 := 0.95

### Pompa idraulica:

**Tipo: Danfoss H1P 130 (ex Sauer Serie 90 - 130)**

Numero delle pompe idrauliche:

Cilindrata max. per giro:

max. rotazione continua ammissibile:

max. pressione nominale di esercizio:

pressione max. di punta

rendimento meccanico:

rendimento volumetrico:

Pressione di comando:

pom := 1

V2 := 130·cm<sup>3</sup>

n2 := 3400·min<sup>-1</sup>

pc2 := 450·bar

pm2 := 480·bar

ηm2 := 0.92

ηv2 := 0.95

pcom := 20·bar

### Motore per la pompa idraulica:

**Tipo: Motore diesel IVECO tipo N67 MNT F42.10**

(197 kW a 2940 rpm)

Numero dei motori:

Potenza nominale in quota d'installazione a 2300 rpm:

a giri nominali:

eventuale ulteriore potenza richiesta: (generatore)

Potenza di frenatura: non minore di:

mor := 1

P3 := 138·kW

n3 := 2300·min<sup>-1</sup>

Pagg := 10·kW

P4 := 33·kW

## **SISTEMI FRENANTI**

### **DATI GENERALI:**

Decelerazione elettrica con argano principale:	del := $1.0 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$
Decelerazione elettrica per velocità ridotta con argano di riserva o retromarcia:	der := $0.6 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$
Somma degli attriti di linea + forze stazioni in frenatura: scarico - scarico:	Ass := 31.80·kN
scarico - carico:	Asc := 35.20·kN

### **ELEMENTI DEI SISTEMI FRENANTI:**

#### **Disco freno del freno di servizio: $\phi = 900 \text{ mm}$ , $s = 32 \text{ mm}$**

Numero dei dischi freno installati:	ndis := 1
Raggio di azione del disco del freno di servizio:	rfs := 0.41·m
Momento d'inerzia disco freno:	mdis := $16 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2$

#### **Volano d'inerzia: $\phi = 1000 \text{ mm}$ , $s = 60 \text{ mm}$**

Numero dei volani d'inerzia installati:	nvol := 1
Momento d'inerzia in un volano d'inerzia:	mvol := $41 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2$

#### **Freno di servizio:**

##### **pinza tipo: 10 kN (s = 32 mm)**

Molle installate: 19 molle 71 x 36 x 2.5 (fornitura aggiuntiva: 15 molle 80x36x3.0)	
Numero di pinze installate per il freno di servizio:	nser := 1
Max. forza frenante erogabile da una pinza:	Fsn := 5.79·kN
Min. forza frenante erogabile da una pinza:	Fsn1 := 3.76·kN
Rapporto leva freno / leva molla:	rls := 0.857
Area del cilindro idraulico:	Acs := $12.57 \cdot \text{cm}^2$
Coefficiente d'attrito delle fodere:	$\mu_s := 0.40$

#### **Freno di emergenza:**

##### **pinza tipo: 45 kN**

Numero di pinze installate per il freno di emergenza autom.:	nem := 2
Max. forza frenante erogabile da una pinza:	Fen := 48.55·kN
Min. forza frenante erogabile da una pinza:	Fen1 := 28·kN
Rapporto leva freno / leva molla:	rle := 1
Area del cilindro idraulico:	Ace := $58.9 \cdot \text{cm}^2$
Coefficiente d'attrito delle fodere:	$\mu_e := 0.40$

## CALCOLO DELL'INERZIA DELL'ARGANO E DELLA LINEA

Massa d'inerzia dell'argano arrotondata, riferita all'asse fune:

$$M := \text{round} \left[ \frac{(\text{mrid} + \text{ndis} \cdot \text{mdis} + \text{nvov} \cdot \text{mvov} + \text{mot} \cdot \text{mmot})}{\text{kg}} \cdot \left( \frac{i}{0.5 \cdot D} \right)^2, -3 \right] \cdot \text{kg} \quad M = 74000 \text{ kg}$$

Massa d'inerzia della linea

carica in salita e scarica in discesa:  $M_{sc} := \text{mfn} \cdot \text{laf} + \frac{\text{mvs}}{\text{dis}} \cdot \text{lrs} + \frac{\text{mvc}}{\text{dis}} \cdot \text{lrc} + \text{mrul} + \text{mpur} \quad M_{sc} = 81232 \text{ kg}$

Massa d'inerzia della linea

con ambedue i rami scarichi:  $M_{ss} := \text{mfn} \cdot \text{laf} + \frac{\text{mvs}}{\text{dis}} \cdot \text{lrs} + \frac{\text{mvs}}{\text{dis}} \cdot \text{lrc} + \text{mrul} + \text{mpur} \quad M_{ss} = 66100 \text{ kg}$

Massa d'inerzia della linea scarica in salita e carica 50% in discesa:

$$M_{sc50} := 0.5 \cdot (M_{sc} + M_{ss})$$

## CALCOLO DELLE DECELERAZIONI (a scarico diretto dei freni)

Forza freno di un singolo sistema frenante, riferita all'asse fune: Freno di servizio FS:  $S_s := 70.0 \cdot \text{kN}$

Freno di emergenza FE:  $S_e := 70.0 \cdot \text{kN}$

Contributo forza frenante della linea

con 100% carico in discesa:  $U_f := \frac{-H}{\text{dis}} \cdot (\text{mvc} - \text{mvs}) \cdot g + \text{Asc} - T \quad U_f = -1115 \cdot \text{N}$

con 50% carico in discesa:  $U_{f50} := \frac{-H}{\text{dis}} \cdot \left( \frac{\text{mvc} - \text{mvs}}{2} \right) \cdot g + \frac{\text{Ass} + \text{Asc}}{2} - T \quad U_{f50} = 13592 \cdot \text{N}$

arresto spontaneo con carico in salita:  $\text{dsp} := \frac{U_r}{M + M_{sc} + \text{mp}} \quad \text{dsp} = 0.5 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Decelerazione ottenibile con un singolo sistema frenante, FS o FE, considerando anche lo squilibrio T:

FS:

FE:

100% carico disc. (1.5%):  $\frac{U_f + S_s}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.44 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   $\frac{U_f + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.44 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   
( $\geq 0.3 \text{ m/s}^2$ , retro.)

50% carico disc. (1.5%):  $\frac{U_{f50} + S_s}{M + M_{sc50} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.56 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   $\frac{U_{f50} + S_e}{M + M_{sc50} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.56 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   
( $\geq 0.3 \text{ m/s}^2$ , retro.)

Linea scarica (1.5%):  $\frac{\text{Ass} - T + S_s}{M + M_{ss} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.7 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   $\frac{\text{Ass} - T + S_e}{M + M_{ss} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.7 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   
(0.5 ... 1.25 m/s<sup>2</sup>)

Carico in salita (2.5%):  $\frac{U_r + T + S_s}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.97 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   $\frac{U_r + T + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.97 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   
(0.5 ... 2.5 m/s<sup>2</sup>)

Decelerazione, se frenano contemporaneamente ambedue i sistemi frenanti, FS + FE, con squilibrio T:

Carico in discesa (1.5%): (der < d2 < 2.5 m/s<sup>2</sup>)  $d_2 := \frac{U_f + S_s + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} \quad d_2 = 0.89 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$   
(retromarcia)

Linea scarica (2.5%): (del < ds <= 2.5 m/s<sup>2</sup>)  $d_s := \frac{U_s + T + S_s + S_e}{M + M_{ss} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} \quad d_s = 1.31 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Carico in salita (2.5%): (del < dmax <= 2.5 m/s<sup>2</sup>)  $d_{\text{max}} := \frac{U_r + T + S_s + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} \quad d_{\text{max}} = 1.42 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Sforzo frenante periferico necess. per ottenere del:  $F_r := -U_f + (M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs}) \cdot \text{del} \quad F_r = 80907 \cdot \text{N}$

## CALCOLO DEI FRENI

### Freno di servizio:

Forza frenante necessaria su una pinza del freno di servizio:

$$F_s := \frac{S_s \cdot D \cdot 0.5}{i \cdot r_{fs} \cdot n_{ser}} \quad F_{sn1} = 3.76 \cdot \text{kN} < F_s < F_{sn} = 5.79 \cdot \text{kN} \quad F_s = 5.18 \cdot \text{kN}$$

Pressione idraulica nel cilindro di apertura quando il freno si trova a strisciamento :

$$p_s := F_s \cdot \frac{r_{ls}}{2 \cdot \mu_s \cdot A_{cs}} \quad p_s = 44.2 \cdot \text{bar}$$

### Funzionamento del freno di servizio ad azione graduata o modulato (optional - qui non previsto):

Percentuale del carico in linea, al di sopra del quale si avrà l'intervento del freno ad azione graduata, dove: (0% = tutti veicoli vuoti; 100% = tutti veicoli in salita carichi):  $per := 30 \%$

Pressione idraulica residua impostata nella valvola di contrappressione nella centralina:  $pr := 25 \cdot \text{bar}$

(L'impostazione effettiva della soglia d'intervento e di pr avviene a secondo i risultati delle prove di frenatura)

Contributo forza frenante dal carico in linea sopra definito:

(con attrito linea 1.5%):

$$U_g := \frac{H}{dis} \cdot \left[ \frac{per}{100} \cdot (m_{vc} - m_{vs}) \cdot g \right] + \frac{|per|}{100} \cdot (A_{sc} - A_{ss}) + A_{ss} \quad U_g = 42665 \cdot \text{N}$$

Decelerazione teorica dell'impianto con l'intervento del freno graduato con il carico sopra definito:

(con attrito linea 1.5%):

$$(d_g \geq 0.3 \text{ m/s}^2) \quad d_g := \frac{U_g + S_s \cdot \frac{(p_s - pr)}{ps}}{M + \frac{|per|}{100} \cdot (M_{sc} - M_{ss}) + M_{ss} + m_p} \quad d_g = 0.5 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$$

### Freno di emergenza:

Forza frenante necessaria su una pinza del freno di emergenza:

$$F_e := \frac{S_e \cdot D \cdot 0.5}{r_{fe} \cdot n_{em}} \quad F_{en1} = 28 \cdot \text{kN} < F_e < F_{en} = 48.55 \cdot \text{kN} \quad F_e = 35.6 \cdot \text{kN}$$

Pressione idraulica nel cilindro di apertura quando il freno si trova a strisciamento:

$$p_e := \frac{F_e \cdot r_{le}}{2 \cdot \mu_e \cdot A_{ce}} \quad p_e = 75.6 \cdot \text{bar}$$

## CALCOLO DELL'ARGANO PRINCIPALE

### Puleggia motrice:

Regime di rotazione della puleggia motrice: 
$$n_{pul} := \frac{60 \cdot \text{sec} \cdot \text{min}^{-1} \cdot v}{\pi \cdot D} \quad n_{pul} = 23.87 \cdot \text{min}^{-1}$$

Max. momento torcente agente sulla puleggia motrice:

a regime: 
$$M_{rpul} := U_r \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{rpul} = 155.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{tpul} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in avviamento: 
$$M_{apul} := (U_a + T + m_p \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{apul} = 190.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{tpul} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in frenatura el.: 
$$M_{fpul} := (F_r + m_p \cdot \text{del}) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{fpul} = 166 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{tpul} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Max. somma tiro anello fune: 
$$R_{eff} = 475.6 \cdot \text{kN} < R_{max} = 700 \cdot \text{kN}$$

Verifica dell'attrito della fune sulla puleggia motrice considerando lo squilibrio T:

$$\mu_{Nec} := \ln \left[ \frac{(R\mu + T\mu)}{(R\mu - T\mu - 2 \cdot T)} \right] \cdot \frac{1}{\alpha} \quad \mu_{Nec} = 0.149 < \mu = 0.20$$

### Gruppo torsionale:

Max. momento torcente agente sul gruppo torsionale:

a regime: 
$$M_{rgt} := U_r \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{rgt} = 155.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{gt1} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in avviamento: 
$$M_{agt} := (U_a + T + m_p \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{agt} = 190.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{gt2} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in frenatura el.: 
$$M_{fgt} := (F_r + m_p \cdot \text{del}) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{fgt} = 166.0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{gt2} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

### Riduttore principale:

Max. momento torsionale agente sull'albero lento del riduttore principale:

a regime: 
$$M_r := U_r \cdot D \cdot 0.5 \quad M_r = 155.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in avviamento: 
$$M_a := (U_a + T + m_p \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_a = 190.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in frenatura el.: 
$$M_f := (F_r + m_p \cdot \text{del}) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_f = 166 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Fattore di servizio:

a regime: 
$$f := \frac{M_1}{M_r} \quad f = 1.31 > 1.0$$

in avviamento: 
$$f := \frac{M_2}{M_a} \quad f = 1.5 > 1$$

in frenatura: 
$$f := \frac{M_2}{M_f} \quad f = 1.72 > 1$$

Regime di rotazione sull'albero veloce: 
$$n_{nm} := \frac{60 \cdot \text{sec} \cdot \text{min}^{-1} \cdot v}{\pi \cdot D} \cdot i \quad n_{nm} = 1573 \cdot \text{min}^{-1} < n_g = 1900 \cdot \text{min}^{-1}$$

## Elementi di trasmissioni:

Verifica della durata dei cuscinetti:  $L_h := \frac{L_c \cdot 10^{10} \cdot \text{hr}}{\frac{10}{\text{nm} \cdot \text{min} \cdot \frac{\beta}{\text{deg}} \cdot \left( \frac{M_r}{i \cdot \eta \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} \right)^3 \cdot K_1}}$   $L_h = 166075 \cdot \text{hr} > 30.000 \text{ hr}$

Verifica dei momenti torcenti trasmessi:

a regime di durata:  $M_{dA} := \frac{M_r}{i \cdot \eta}$   $TD_{sch} := 1.4 \cdot TDW$   $M_{dA} = 2.54 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < TD_{sch} = 18.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

in avviamento:  $M_{d1} := \frac{(U_a + T + m_p \cdot a + M \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \cdot K}{i \cdot \eta}$   $M_{d1} = 5.22 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < TCS = 43 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

in frenatura:  $M_{d2} := \frac{(F_r + \text{del} \cdot M + \text{del} \cdot m_p) \cdot D \cdot 0.5 \cdot K}{i \cdot \eta}$   $M_{d2} = 7.69 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < TCS = 43 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

## Motore principale:

Regime di rotazione del motore elettrico:  $n_m = 1573.0 \cdot \text{min}^{-1}$

Max. potenza richiesta dall'argano con impianto:

a regime:  $P_r := \frac{U_r \cdot v}{\eta}$   $P_r = 419.0 \cdot \text{kW}$

in avviamento con squilibrio linea:  $P_{a_{\text{max}}} := \frac{(U_a + T + m_p \cdot a + M \cdot a \cdot \eta) \cdot v}{\eta}$   $P_a = 568.6 \cdot \text{kW}$

Potenza a regime richiesta dal motore con azionamento principale:

$$P_{\text{mot}} := \frac{P_r}{\text{mot}} \quad P_{\text{mot}} = 209.5 \cdot \text{kW}$$

Riserva di potenza:  $\text{ris} := \left( \frac{P_{\text{mot1}}}{P_{\text{mot}}} - 1 \right) \cdot 100\%$   $\text{ris} = 14.1\%$

Potenza a regime richiesta dal motore con azionamento di riserva a:  $v_{ri} = 2.5 \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}$

$$P_{\text{motr1}} := P_r \cdot \frac{v_{ri}}{v} \quad P_{\text{motr1}} = 209.5 \cdot \text{kW}$$

Riserva di potenza:  $\text{ris} := \left( \frac{P_{\text{mot2}}}{P_{\text{motr1}}} - 1 \right) \cdot 100\%$  (non previsto)  $\text{ris} = 14.1\%$

## Potenza di frenatura:

### Con azionamento principale (2 motori inseriti):

In frenatura si considera il rendimento d'argano:  $\eta_f := 1$

Potenza di frenatura con 100% carico in discesa (retromarcia), richiesta dal motore a:  
con decelerazione:  $v_{re} = 2.5 \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}$   
 $der = 0.6 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Sforzo frenante periferico:  $F_{rr1} := -U_f + (M_{sc} - sq \cdot m_{vs}) \cdot der$   $F_{rr1} = 48990 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot1} := [(F_{rr1} + m_p \cdot der) \cdot \eta_f + der \cdot M] \cdot \frac{v_{re}}{mot}$   $P_{fmot1} = 118.3 \cdot \text{kW}$

Potenza di frenatura con 50% carico in discesa, richiesta dal motore a piena velocità:  
(QUÌ NON PREVISTO) con decelerazione:  $v = 5 \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}$   
 $del = 1 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Sforzo frenante periferico:  $Fr_{50} := -U_{f50} + (M_{sc50} - sq \cdot m_{vs}) \cdot del$   $Fr_{50} = 58634 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot2} := [(Fr_{50} + m_p \cdot del) \cdot \eta_f + del \cdot M] \cdot \frac{v}{mot}$   $P_{fmot2} = 336.8 \cdot \text{kW}$

Potenza di frenatura ad impianto scarico, richiesta dal motore principale a piena velocità v:

$P_{fmot3} := [(T - Ass) \cdot \eta_f + (M_{ss} - sq \cdot m_{vs} + m_p) \cdot del \cdot \eta_f + M \cdot del] \cdot \frac{v}{mot}$   $P_{fmot3} = 281.1 \cdot \text{kW}$

Potenza frenante continua con carico in discesa, richiesta dal motore principale a velocità costante v:

$P_{br} := \eta_f \cdot (-U_f) \cdot \frac{v}{mot}$   $P_{br} = 2.8 \cdot \text{kW}$

### Con azionamento di riserva (1 motore inserito):

Potenza di frenatura con 100% carico in discesa (retromarcia), richiesta dal motore a:  
con decelerazione:  $v_{re} = 2.5 \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}$   
 $der = 0.6 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Sforzo frenante periferico:  $F_{rr1} := -U_f + (M_{sc} - sq \cdot m_{vs}) \cdot der$   $F_{rr1} = 48990 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot1} := [(F_{rr1} + m_p \cdot der) \cdot \eta_f + der \cdot M] \cdot v_{re}$   $P_{fmot1} = 236.6 \cdot \text{kW}$

Potenza di frenatura con 50% carico in discesa, richiesta dal motore a:  
(QUÌ NON PREVISTO) con decelerazione:  $v_{ri} = 2.5 \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}$   
 $der = 0.6 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m}$

Sforzo frenante periferico:  $Fr_{50r} := -U_{f50} + (M_{sc50} - sq \cdot m_{vs}) \cdot der$   $Fr_{50r} = 29743 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot2} := [(Fr_{50r} + m_p \cdot der) \cdot \eta_f + der \cdot M] \cdot v_{ri}$   $P_{fmot2} = 188.5 \cdot \text{kW}$

## CALCOLO DELL'ARGANO DI RECUPERO

### Riduttore di recupero:

Regime di rotazione del pignone = uscita del riduttore di recupero:

$$iz := \frac{z1}{z2} \quad iz = 9.5 \quad nri := \frac{60 \cdot \text{sec} \cdot \text{min}^{-1} \cdot vr}{\pi \cdot D} \cdot iz \quad nri = 36.29 \cdot \text{min}^{-1} < \quad nrec = 36.3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Momento torcente agente sull'uscita del riduttore:

$$\text{a regime:} \quad Mr1 := \frac{Mr}{iz \cdot \eta1 \cdot rec} \quad Mr1 = 17.83 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{in avviamento:} \quad Ma1 := \frac{[Ur + (M + Msc + mp - sq \cdot mvs) \cdot ar + T] \cdot D \cdot 0.5}{iz \cdot \eta1 \cdot rec} \quad Ma1 = 22.20 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Forza radiale agente sull'albero lento del riduttore:} \quad \text{a regime:} \quad Rr := \frac{2Mr1}{\text{mod} \cdot z2} \quad \text{in avviam.:} \quad Ra := \frac{2Ma1}{\text{mod} \cdot z2}$$

$$\text{Fattore del carico radiale:} \quad \text{a regime:} \quad c := \frac{Frmr}{Rr} \quad c = 1.18 > 1$$

$$\text{in avviamento:} \quad c := \frac{Frma}{Ra} \quad c = 1.19 > 1$$

$$\text{Fattore di servizio:} \quad \text{a regime:} \quad f := \frac{M3}{Mr1} \quad f = 1.18 > 1$$

$$\text{in avviamento:} \quad f := \frac{M4}{Ma1} \quad f = 1.17 > 1$$

### Motore idraulico:

$$\text{Regime di rotazione del motore idraulico:} \quad nmi := nri \cdot ir \quad nmi = 2596.4 \cdot \text{min}^{-1} < \quad n1 = 4500 \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{Momento torcente sul motore idraulico:} \quad \text{a regime:} \quad Mr2 := \frac{Mr1 \cdot rec}{ir \cdot \eta2 \cdot moi} \quad Mr2 = 265.13 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{in avviamento:} \quad Ma2 := \frac{Ma1 \cdot rec}{ir \cdot \eta2 \cdot moi} \quad Ma2 = 330.08 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Le pressioni massime richieste sono:

$$\text{a regime:} \quad pr2 := \frac{Mr2}{\eta m1} \cdot \frac{pc1}{m1} + pcom \quad pr2 = 230.0 \cdot \text{bar} < \quad pc1 = 430 \cdot \text{bar}$$

$$\text{in avviamento:} \quad pa2 := \frac{Ma2}{\eta m1} \cdot \frac{pc1}{m1} + pcom \quad pa2 = 281.5 \cdot \text{bar} < \quad pm1 = 480 \cdot \text{bar}$$

La portata idraulica massima richiesta dal motore idraulico è:

$$Q := \frac{V1 \cdot nmi}{\eta v1} \quad Q = 235.7 \cdot \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

### Pompa idraulica:

Regime di rotazione della pompa = giri del motore:  $n_3 = 2300 \cdot \text{min}^{-1} < n_2 = 3400 \cdot \text{min}^{-1}$

portata massima disponibile per il motore idraulico:

$$V_p := V_2 \cdot n_3 \cdot \eta_{v2} \cdot \frac{\text{pom}}{\text{moi}} \quad V_p = 284.1 \cdot \frac{\text{lit}}{\text{min}} > Q = 235.7 \cdot \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

Verifica pressioni:            a regime:             $p_{r2} = 230 \cdot \text{bar} < p_{c2} = 450 \cdot \text{bar}$   
   in avviamento:             $p_{a2} = 281 \cdot \text{bar} < p_{m2} = 480 \cdot \text{bar}$

### Motore di azionamento della pompa idraulica:

Potenza richiesta dal motore:

a regime:  $P_{pr} := \frac{M_{r2} \cdot \pi \cdot n_{mi} \cdot \text{moi}}{30 \cdot \frac{\text{sec}}{\text{min}} \cdot \eta_{m1} \cdot \eta_{m2} \cdot \eta_{v1} \cdot \eta_{v2} \cdot \text{mor}} + \frac{P_{agg}}{\text{mor}} \quad P_{pr} = 104.4 \cdot \text{kW}$

in avviamento:  $P_{pa} := \frac{M_{a2} \cdot \pi \cdot n_{mi} \cdot \text{moi}}{30 \cdot \frac{\text{sec}}{\text{min}} \cdot \eta_{m1} \cdot \eta_{m2} \cdot \eta_{v1} \cdot \eta_{v2} \cdot \text{mor}} + \frac{P_{agg}}{\text{mor}} \quad P_{pa} = 127.5 \cdot \text{kW}$

Riserva di potenza rispetto alla potenza richiesta a regime:  $\overset{\text{ris}}{\text{www}} := \left( \frac{P_3}{P_{pr}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad \text{ris} = 32.2\%$

Potenza di frenatura richiesta dal motore di recupero con carico in discesa:

in frenatura:  $P_{pf} := [-U_f + (M_{sc} - s_q \cdot m_{vs} + M + m_p) \cdot dr] \cdot \frac{v_r}{\text{mor}} \cdot \eta_1 \cdot \eta_{v1} \cdot \eta_{m1} \cdot \eta_{v2} \cdot \eta_{m2} \quad P_{pf} = 9.4 \cdot \text{kW}$

Riserva di potenza rispetto alla potenza richiesta:  $\overset{\text{ris}}{\text{www}} := \left( \frac{P_4}{P_{pf}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad \text{ris} = 251.4\%$

### Accoppiamento pignone - corona dentata:

Max. Tensione di flessione nel piede del dente della corona dentata:

$$\sigma_{fc} := \frac{D \cdot [U_r + (M + M_{sc} - s_q \cdot m_{vs} + m_p) \cdot ar + T] \cdot q_{kc}}{\text{mod}^2 \cdot z_1 \cdot h_c \cdot \text{rec}} \quad \sigma_{fc} = 123.9 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Grado di sicurezza:  $g_c := \frac{\sigma_{rsc}}{\sigma_{fc}} \quad g_c = 5.17 > 3$

Max. Tensione di flessione nel piede del dente del pignone:

$$\sigma_{fp} := \frac{D \cdot [U_r + (M + M_{sc} - s_q \cdot m_{vs} + m_p) \cdot ar + T] \cdot q_{kp}}{\text{mod}^2 \cdot z_1 \cdot h_p \cdot \text{rec}} \quad \sigma_{fp} = 139.48 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Grado di sicurezza:  $g_p := \frac{\sigma_{rsp}}{\sigma_{fp}} \quad g_p = 4.59 > 3$



## ELEMENTI DELL'ARGANO:

### Puleggia motrice: CLD 4000

Diametro nominale della puleggia motrice:	$D := 4.0 \cdot m$
Raggio di azione dei freni sulla puleggia:	$r_{fe} := 1.966 \cdot m$
Max. somma tiro anello fune applicabile:	$R_{max} := 700 \cdot kN$
Momento torcente massimo applicabile:	$M_{tpul} := 321 \cdot kN \cdot m$
Massa d'inerzia della puleggia motrice rif. sull'asse fune (con corona dentata):	$m_p := 2090 \cdot kg$
Min. angolo di avvolgimento della fune t.p., con $\mu = 0.20$ :	$\alpha := 163.77 \cdot deg$

### Gruppo torsionale:

#### **Albero lento con giunzione per GRW 245-270**

Momento torcente max. applicabile sul gruppo torsionale a regime:	$M_{gt1} := 321 \cdot kN \cdot m$
Momento torcente max. applicabile sul gruppo torsionale in transitorio:	$M_{gt2} := 321 \cdot kN \cdot m$

### Riduttore principale: Argano a ponte, riduttore a 1 ingresso.

#### **Tipo: Lohmann GPW 245 III S**

Momento torcente applicabile sull'albero lento a regime:	$M_1 := 204.5 \cdot kN \cdot m$
Momento torcente applicabile sull'albero lento in avviamento:	$M_2 := 286.3 \cdot kN \cdot m$
Rapporto di riduzione del riduttore principale:	$i := 65.89$
Giri max. ammissibili dell'albero veloce:	$n_g := 1900 \cdot min^{-1}$
Momento d'inerzia rif. all'albero veloce:	$m_{rid} := 0.66 \cdot kg \cdot m^2$

### Motore principale elettrico a c.c.:

#### **Tipo: SICME NP 280 KM50**

Numero dei motori installati:	$mot := 2$
Potenza erogabile con velocità di azionamento principale:	$P_{mot1} := 239 \cdot kW$
Potenza erogabile con velocità di riserva:	$P_{mot2} := 239 \cdot kW$
Momento d'inerzia:	$m_{mot} := 5.45 \cdot kg \cdot m^2$

### Elementi di trasmissione fra i motori ed il riduttore:

#### **Albero cardanico tipo: GWB 9.587.50.03 diam. 250 mm** (catalogo GWB 55.043.00.04.2001)

Numero degli elementi di trasmissione:	$car := 2$
Momento torcente massimo applicabile temporaneamente:	$TCS := 43 \cdot kN \cdot m$
Momento torcente a fatica alternata:	$TDW := 13 \cdot kN \cdot m$
Fattore di capacità dei cuscinetti:	$L_c := 1.76$
Fattore di start o service:	$\overset{K}{\underset{www}{}} := 1.5$
Fattore d'urto (motore elettrico):	$\overset{K1}{\underset{www}{}} := 1.0$
Angolazione massima dell'albero cardanico:	$\beta := 3 \cdot deg$

## AZIONAMENTO DI RECUPERO

### DATI GENERALI:

Velocità della fune:

$$v_r := 0.8 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Avviamento:

$$a_r := 0.10 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$$

Decelerazione con il motore:

$$d_r := 0.1 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$$

Durata della corsa:

$$t_r := \frac{\max(l_{rs}, l_{rc})}{v_r}$$

$$t_r = 35.5 \cdot \text{min}$$

### ELEMENTI DELL'ARGANO DI RECUPERO:

#### Corona dentata - Pignone:

Numero dei denti della corona dentata:

$$z_1 := 209$$

Altezza della corona dentata:

$$h_c := 120 \cdot \text{mm}$$

Fattore della forma del dente per la corona dentata:

$$q_{kc} := 2.05$$

Massa d'inerzia della corona dentata rif. all'asse fune:

$$m_{cor} := 650 \cdot \text{kg}$$

Tensione limite di resistenza della corona (42CrMo4):  $R_s=650$ ,  $R_m=900$  N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{rsc} := 640 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Numero dei denti del pignone:

$$z_2 := 22$$

Altezza del pignone:

$$h_p := 130 \cdot \text{mm}$$

Fattore della forma del dente per il pignone:

$$q_{kp} := 2.5$$

Tensione limite di resistenza del pignone (42CrMo4):  $R_s=650$ ,  $R_m=900$  N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{rsp} := 640 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Modulo:

$$mod := 16 \cdot \text{mm}$$

Rendimento pignone-corona dentata:

$$\eta_1 := 0.92$$

#### Riduttore di recupero:

##### **Tipo: Brevini SL3003**

Numero dei riduttori con pignone:

$$rec := 1$$

Momento torcente applicabile sull'albero lento a regime (per  $n_1 = 2550$  Upm):

$$M_3 := 21 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momento torcente applicabile sull'albero lento in avviamento:

$$M_4 := 26 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Rapporto di riduzione del riduttore di recupero:

$$i_r := 71.55$$

Giri max. ammissibili dell'albero lento:

$$n_{rec} := 36.3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Carico radiale max. amm. in  $x = 80$  mm per una durata di ca. 3700 h a  $n_{ri}$  giri:

$$F_{rmr} := 120 \cdot \text{kN}$$

Carico radiale max. ammissibile applicato in  $x = 80$  mm per una durata breve:

$$F_{rma} := 150 \cdot \text{kN}$$

Rendimento:

$$\eta_2 := 0.94$$

### Motore idraulico:

#### **Tipo: Brevini Fluid Power SH11C 090**

Numero dei motori idraulici:

$$m_{oi} := 1$$

Cilindrata per giro:

$$V1 := 86.23 \cdot \text{cm}^3$$

max. giri ammissibili:

$$n1 := 4500 \cdot \text{min}^{-1}$$

max. pressione continua ammissibile:

$$p_{c1} := 430 \cdot \text{bar}$$

max. pressione di punta ammissibile:

$$p_{m1} := 480 \cdot \text{bar}$$

coppia max. trasmessa a 430 bar:

$$m1 := 590 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

rendimento meccanico:

$$\eta_{m1} := 0.92$$

rendimento volumetrico:

$$\eta_{v1} := 0.95$$

### Pompa idraulica:

#### **Tipo: Danfoss H1P 130 (ex Sauer Serie 90 - 130)**

Numero delle pompe idrauliche:

$$p_{om} := 1$$

Cilindrata max. per giro:

$$V2 := 130 \cdot \text{cm}^3$$

max. rotazione continua ammissibile:

$$n2 := 3400 \cdot \text{min}^{-1}$$

max. pressione nominale di esercizio:

$$p_{c2} := 450 \cdot \text{bar}$$

pressione max. di punta

$$p_{m2} := 480 \cdot \text{bar}$$

rendimento meccanico:

$$\eta_{m2} := 0.92$$

rendimento volumetrico:

$$\eta_{v2} := 0.95$$

Pressione di comando:

$$p_{com} := 20 \cdot \text{bar}$$

### Motore per la pompa idraulica:

#### **Tipo: Motore diesel IVECO tipo N67 MNT F42.10**

(197 kW a 2940 rpm)

Numero dei motori:

$$m_{or} := 1$$

Potenza nominale in quota d'installazione a 2300 rpm:

$$P3 := 138 \cdot \text{kW}$$

a giri nominali:

$$n3 := 2300 \cdot \text{min}^{-1}$$

eventuale ulteriore potenza richiesta: (generatore)

$$P_{agg} := 10 \cdot \text{kW}$$

Potenza di frenatura: non minore di:

$$P4 := 33 \cdot \text{kW}$$

## **SISTEMI FRENANTI**

### **DATI GENERALI:**

Decelerazione elettrica con argano principale:	del := $1.0 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$
Decelerazione elettrica per velocità ridotta con argano di riserva o retromarcia:	der := $0.6 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$
Somma degli attriti di linea + forze stazioni in frenatura: scarico - scarico:	Ass := 31.80·kN
scarico - carico:	Asc := 35.20·kN

### **ELEMENTI DEI SISTEMI FRENANTI:**

#### **Disco freno del freno di servizio: $\phi = 900 \text{ mm}$ , $s = 32 \text{ mm}$**

Numero dei dischi freno installati:	ndis := 1
Raggio di azione del disco del freno di servizio:	rfs := 0.41·m
Momento d'inerzia disco freno:	mdis := $16 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2$

#### **Volano d'inerzia: $\phi = 1000 \text{ mm}$ , $s = 65 \text{ mm}$**

Numero dei volani d'inerzia installati:	nvola := 1
Momento d'inerzia in un volano d'inerzia:	mvola := $41 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2$

#### **Freno di servizio:**

##### **pinza tipo: 10 kN (s = 32 mm)**

Molle installate: 19 molle 71 x 36 x 2.53 (fornitura aggiuntiva: 15 molle 80x36x3.0)	
Numero di pinze installate per il freno di servizio:	nser := 1
Max. forza frenante erogabile da una pinza:	Fsn := 5.79·kN
Min. forza frenante erogabile da una pinza:	Fsn1 := 3.76·kN
Rapporto leva freno / leva molla:	rls := 0.857
Area del cilindro idraulico:	Acs := $12.57 \cdot \text{cm}^2$
Coefficiente d'attrito delle fodere:	$\mu_s := 0.40$

#### **Freno di emergenza:**

##### **pinza tipo: 45 kN**

Numero di pinze installate per il freno di emergenza autom.:	nem := 2
Max. forza frenante erogabile da una pinza:	Fen := 48.55·kN
Min. forza frenante erogabile da una pinza:	Fen1 := 28·kN
Rapporto leva freno / leva molla:	rle := 1
Area del cilindro idraulico:	Ace := $58.9 \cdot \text{cm}^2$
Coefficiente d'attrito delle fodere:	$\mu_e := 0.40$

## CALCOLO DELL'INERZIA DELL'ARGANO E DELLA LINEA

Massa d'inerzia dell'argano arrotondata, riferita all'asse fune:

$$M := \text{round} \left[ \frac{(\text{mrid} + \text{ndis} \cdot \text{mdis} + \text{nvov} \cdot \text{mvov} + \text{mot} \cdot \text{mmot})}{\text{kg}} \cdot \left( \frac{i}{0.5 \cdot D} \right)^2, -3 \right] \cdot \text{kg} \quad M = 74000 \text{ kg}$$

Massa d'inerzia della linea

carica in salita e scarica in discesa:  $M_{sc} := \text{mfn} \cdot \text{laf} + \frac{\text{mvs}}{\text{dis}} \cdot \text{lrs} + \frac{\text{mvc}}{\text{dis}} \cdot \text{lrc} + \text{mrul} + \text{mpur} \quad M_{sc} = 71396 \text{ kg}$

Massa d'inerzia della linea

con ambedue i rami scarichi:  $M_{ss} := \text{mfn} \cdot \text{laf} + \frac{\text{mvs}}{\text{dis}} \cdot \text{lrs} + \frac{\text{mvs}}{\text{dis}} \cdot \text{lrc} + \text{mrul} + \text{mpur} \quad M_{ss} = 59291 \text{ kg}$

Massa d'inerzia della linea scarica in salita e carica 50% in discesa:

$$M_{sc50} := 0.5 \cdot (M_{sc} + M_{ss})$$

## CALCOLO DELLE DECELERAZIONI (a scarico diretto dei freni)

Forza freno di un singolo sistema frenante, riferita all'asse fune: Freno di servizio FS:  $S_s := 70.0 \cdot \text{kN}$

Freno di emergenza FE:  $S_e := 70.0 \cdot \text{kN}$

Contributo forza frenante della linea

con 100% carico in discesa:  $U_f := \frac{-H}{\text{dis}} \cdot (\text{mvc} - \text{mvs}) \cdot g + \text{Asc} - T \quad U_f = 5448 \cdot \text{N}$

con 50% carico in discesa:  $U_{f50} := \frac{-H}{\text{dis}} \cdot \left( \frac{\text{mvc} - \text{mvs}}{2} \right) \cdot g + \frac{\text{Ass} + \text{Asc}}{2} - T \quad U_{f50} = 16874 \cdot \text{N}$

arresto spontaneo con carico in salita:  $\text{dsp} := \frac{U_r}{M + M_{sc} + \text{mp}} \quad \text{dsp} = 0.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Decelerazione ottenibile con un singolo sistema frenante, FS o FE, considerando anche lo squilibrio T:

	FS:	FE:
100% carico disc. (1.5%): ( $\geq 0.3 \text{ m/s}^2$ , retro.)	$\frac{U_f + S_s}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{U_f + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
50% carico disc. (1.5%): ( $\geq 0.3 \text{ m/s}^2$ , retro.)	$\frac{U_{f50} + S_s}{M + M_{sc50} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{U_{f50} + S_e}{M + M_{sc50} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Linea scarica (1.5%): (0.5 ... 1.25 m/s <sup>2</sup> )	$\frac{\text{Ass} - T + S_s}{M + M_{ss} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.73 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{Ass} - T + S_e}{M + M_{ss} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.73 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Carico in salita (2.5%): (0.5 ... 2.5 m/s <sup>2</sup> )	$\frac{U_r + T + S_s}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.97 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{U_r + T + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} = 0.97 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Decelerazione, se frenano contemporaneamente ambedue i sistemi frenanti, FS + FE, con squilibrio T:

Carico in discesa (1.5%): (retromarcia)	( $d_r < d_2 < 2.5 \text{ m/s}^2$ )	$d_2 := \frac{U_f + S_s + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} \quad d_2 = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Linea scarica (2.5%):	( $d_r < d_s \leq 2.5 \text{ m/s}^2$ )	$d_s := \frac{U_s + T + S_s + S_e}{M + M_{ss} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} \quad d_s = 1.36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Carico in salita (2.5%):	( $d_r < d_{\max} \leq 2.5 \text{ m/s}^2$ )	$d_{\max} := \frac{U_r + T + S_s + S_e}{M + M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs} + \text{mp}} \quad d_{\max} = 1.44 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Sforzo frenante periferico necess. per ottenere  $d_r$ :  $F_r := -U_f + (M_{sc} - \text{sq} \cdot \text{mvs}) \cdot d_r \quad F_r = 64509 \cdot \text{N}$

## CALCOLO DEI FRENI

### Freno di servizio:

Forza frenante necessaria su una pinza del freno di servizio:

$$F_s := \frac{S_s \cdot D \cdot 0.5}{i \cdot r_{fs} \cdot n_{ser}} \quad F_{sn1} = 3.76 \cdot \text{kN} < F_s < F_{sn} = 5.79 \cdot \text{kN} \quad F_s = 5.18 \cdot \text{kN}$$

Pressione idraulica nel cilindro di apertura quando il freno si trova a strisciamento :

$$p_s := F_s \cdot \frac{r_{ls}}{2 \cdot \mu_s \cdot A_{cs}} \quad p_s = 44.2 \cdot \text{bar}$$

### Funzionamento del freno di servizio ad azione graduata o modulato (optional - qui non previsto):

Percentuale del carico in linea, al di sopra del quale si avrà l'intervento del freno ad azione graduata, dove: (0% = tutti veicoli vuoti; 100% = tutti veicoli in salita carichi):  $per := 30 \%$

Pressione idraulica residua impostata nella valvola di contrappressione nella centralina:  $pr := 25 \cdot \text{bar}$

(L'impostazione effettiva della soglia d'intervento e di pr avviene a secondo i risultati delle prove di frenatura)

Contributo forza frenante dal carico in linea sopra definito:

(con attrito linea 1.5%):

$$U_g := \frac{H}{dis} \cdot \left[ \frac{per}{100} \cdot (m_{vc} - m_{vs}) \cdot g \right] + \frac{|per|}{100} \cdot (A_{sc} - A_{ss}) + A_{ss} \quad U_g = 40696 \cdot \text{N}$$

Decelerazione teorica dell'impianto con l'intervento del freno graduato con il carico sopra definito:

(con attrito linea 1.5%):

$$(d_g \geq 0.3 \text{ m/s}^2) \quad d_g := \frac{U_g + S_s \cdot \frac{(p_s - pr)}{ps}}{M + \frac{|per|}{100} \cdot (M_{sc} - M_{ss}) + M_{ss} + m_p} \quad d_g = 0.51 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

### Freno di emergenza:

Forza frenante necessaria su una pinza del freno di emergenza:

$$F_e := \frac{S_e \cdot D \cdot 0.5}{r_{fe} \cdot n_{em}} \quad F_{en1} = 28 \cdot \text{kN} < F_e < F_{en} = 48.55 \cdot \text{kN} \quad F_e = 35.6 \cdot \text{kN}$$

Pressione idraulica nel cilindro di apertura quando il freno si trova a strisciamento:

$$p_e := \frac{F_e \cdot r_{le}}{2 \cdot \mu_e \cdot A_{ce}} \quad p_e = 75.6 \cdot \text{bar}$$

## CALCOLO DELL'ARGANO PRINCIPALE

### Puleggia motrice:

Regime di rotazione della puleggia motrice: 
$$n_{pul} := \frac{60 \cdot \text{sec} \cdot \text{min}^{-1} \cdot v}{\pi \cdot D} \quad n_{pul} = 23.87 \cdot \text{min}^{-1}$$

Max. momento torcente agente sulla puleggia motrice:

a regime: 
$$M_{rpul} := U_r \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{rpul} = 134.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{tpul} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in avviamento: 
$$M_{apul} := (U_a + T + m_p \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{apul} = 167.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{tpul} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in frenatura el.: 
$$M_{fpul} := (F_r + m_p \cdot \text{del}) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{fpul} = 133.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{tpul} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Max. somma tiro anello fune: 
$$R_{eff} = 452.1 \cdot \text{kN} < R_{max} = 700 \cdot \text{kN}$$

Verifica dell'attrito della fune sulla puleggia motrice considerando lo squilibrio T:

$$\mu_{Nec} := \ln \left[ \frac{(R\mu + T\mu)}{(R\mu - T\mu - 2 \cdot T)} \right] \cdot \frac{1}{\alpha} \quad \mu_{Nec} = 0.143 < \mu = 0.20$$

### Gruppo torsionale:

Max. momento torcente agente sul gruppo torsionale:

a regime: 
$$M_{rgt} := U_r \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{rgt} = 134.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{gt1} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in avviamento: 
$$M_{agt} := (U_a + T + m_p \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{agt} = 167.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{gt2} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in frenatura el.: 
$$M_{fgt} := (F_r + m_p \cdot \text{del}) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_{fgt} = 133.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{gt2} = 321 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

### Riduttore principale:

Max. momento torsionale agente sull'albero lento del riduttore principale:

a regime: 
$$M_r := U_r \cdot D \cdot 0.5 \quad M_r = 134.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in avviamento: 
$$M_a := (U_a + T + m_p \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_a = 167.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

in frenatura el.: 
$$M_f := (F_r + m_p \cdot \text{del}) \cdot D \cdot 0.5 \quad M_f = 133.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Fattore di servizio:

a regime: 
$$f := \frac{M_1}{M_r} \quad f = 1.52 > 1.0$$

in avviamento: 
$$f := \frac{M_2}{M_a} \quad f = 1.71 > 1$$

in frenatura: 
$$f := \frac{M_2}{M_f} \quad f = 2.15 > 1$$

Regime di rotazione sull'albero veloce: 
$$n_{nm} := \frac{60 \cdot \text{sec} \cdot \text{min}^{-1} \cdot v}{\pi \cdot D} \cdot i \quad n_{nm} = 1573 \cdot \text{min}^{-1} < n_g = 1900 \cdot \text{min}^{-1}$$

### Elementi di trasmissioni:

Verifica della durata dei cuscinetti:  $L_h := \frac{L_c \cdot 10^{10} \cdot \text{hr}}{\frac{10}{\text{nm} \cdot \text{min} \cdot \frac{\beta}{\text{deg}} \cdot \left(\frac{M_r}{i \cdot \eta \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}\right)^3 \cdot K_1}}$   $L_h = 268600 \cdot \text{hr} > 30.000 \text{ hr}$

Verifica dei momenti torcenti trasmessi:

a regime di durata:  $M_{dA} := \frac{M_r}{i \cdot \eta}$   $TD_{sch} := 1.4 \cdot TDW$   $M_{dA} = 2.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < TD_{sch} = 18.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

in avviamento:  $M_{d1} := \frac{(U_a + T + m_p \cdot a + M \cdot a) \cdot D \cdot 0.5 \cdot K}{i \cdot \eta}$   $M_{d1} = 4.64 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < TCS = 43 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

in frenatura:  $M_{d2} := \frac{(F_r + \text{del} \cdot M + \text{del} \cdot m_p) \cdot D \cdot 0.5 \cdot K}{i \cdot \eta}$   $M_{d2} = 6.88 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < TCS = 43 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

### Motore principale:

Regime di rotazione del motore elettrico:  $n_m = 1573.0 \cdot \text{min}^{-1}$

Max. potenza richiesta dall'argano con impianto:

a regime:  $P_r := \frac{U_r \cdot v}{\eta}$   $P_r = 362.7 \cdot \text{kW}$

in avviamento con squilibrio linea:  $P_{a_{\text{www}}} := \frac{(U_a + T + m_p \cdot a + M \cdot a \cdot \eta) \cdot v}{\eta}$   $P_a = 505.3 \cdot \text{kW}$

Potenza a regime richiesta dal motore con azionamento principale:

$P_{\text{mot}} := \frac{P_r}{\text{mot}}$   $P_{\text{mot}} = 181.3 \cdot \text{kW}$

Riserva di potenza:  $\text{ris} := \left( \frac{P_{\text{mot1}}}{P_{\text{mot}}} - 1 \right) \cdot 100\%$   $\text{ris} = 31.8\%$

Potenza a regime richiesta dal motore con azionamento di riserva a:  $v_{ri} = 2.5 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$P_{\text{motr1}} := P_r \cdot \frac{v_{ri}}{v}$   $P_{\text{motr1}} = 181.3 \cdot \text{kW}$

Riserva di potenza:  $\text{ris}_{\text{www}} := \left( \frac{P_{\text{mot2}}}{P_{\text{motr1}}} - 1 \right) \cdot 100\%$  (non previsto)  $\text{ris} = 31.8\%$

## Potenza di frenatura:

### Con azionamento principale (2 motori inseriti):

In frenatura si considera il rendimento d'argano:  $\eta_f := 1$

Potenza di frenatura con 100% carico in discesa (retromarcia), richiesta dal motore a:  
con decelerazione:

$$v_{re} = 2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$
$$der = 0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Sforzo frenante periferico:  $F_{rr1} := -U_f + (M_{sc} - sq \cdot m_{vs}) \cdot der$   $F_{rr1} = 36526 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot1} := [(F_{rr1} + m_p \cdot der) \cdot \eta_f + der \cdot M] \cdot \frac{v_{re}}{mot}$   $P_{fmot1} = 102.7 \cdot \text{kW}$

Potenza di frenatura con 50% carico in discesa, richiesta dal motore a piena velocità:  
(QUÌ NON PREVISTO) con decelerazione:

$$v = 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$
$$del = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Sforzo frenante periferico:  $Fr_{50} := -U_{f50} + (M_{sc50} - sq \cdot m_{vs}) \cdot del$   $Fr_{50} = 47030 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot2} := [(Fr_{50} + m_p \cdot del) \cdot \eta_f + del \cdot M] \cdot \frac{v}{mot}$   $P_{fmot2} = 307.8 \cdot \text{kW}$

Potenza di frenatura ad impianto scarico, richiesta dal motore principale a piena velocità v:

$$P_{fmot3} := [(T - Ass) \cdot \eta_f + (M_{ss} - sq \cdot m_{vs} + m_p) \cdot del \cdot \eta_f + M \cdot del] \cdot \frac{v}{mot}$$
  $P_{fmot3} = 264.1 \cdot \text{kW}$ 

Potenza frenante continua con carico in discesa, richiesta dal motore principale a velocità costante v:

$$P_{br} := \eta_f \cdot (-U_f) \cdot \frac{v}{mot}$$
  $P_{br} = -13.6 \cdot \text{kW}$ 

### Con azionamento di riserva (1 motore inserito):

Potenza di frenatura con 100% carico in discesa (retromarcia), richiesta dal motore a:  
con decelerazione:

$$v_{re} = 2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$
$$der = 0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Sforzo frenante periferico:  $F_{rr1} := -U_f + (M_{sc} - sq \cdot m_{vs}) \cdot der$   $F_{rr1} = 36526 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot1} := [(F_{rr1} + m_p \cdot der) \cdot \eta_f + der \cdot M] \cdot v_{re}$   $P_{fmot1} = 205.5 \cdot \text{kW}$

Potenza di frenatura con 50% carico in discesa, richiesta dal motore a:  
(QUÌ NON PREVISTO) con decelerazione:

$$v_{ri} = 2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$
$$der = 0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Sforzo frenante periferico:  $Fr_{50r} := -U_{f50} + (M_{sc50} - sq \cdot m_{vs}) \cdot der$   $Fr_{50r} = 21468 \cdot \text{N}$

Potenza di frenatura:  $P_{fmot2} := [(Fr_{50r} + m_p \cdot der) \cdot \eta_f + der \cdot M] \cdot v_{ri}$   $P_{fmot2} = 167.8 \cdot \text{kW}$

## CALCOLO DELL'ARGANO DI RECUPERO

### Riduttore di recupero:

Regime di rotazione del pignone = uscita del riduttore di recupero:

$$iz := \frac{z1}{z2} \quad iz = 9.5 \quad nri := \frac{60 \cdot \text{sec} \cdot \text{min}^{-1} \cdot vr}{\pi \cdot D} \cdot iz \quad nri = 36.29 \cdot \text{min}^{-1} < nrec = 36.3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Momento torcente agente sull'uscita del riduttore:

$$\text{a regime:} \quad Mr1 := \frac{Mr}{iz \cdot \eta1 \cdot rec} \quad Mr1 = 15.44 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{in avviamento:} \quad Ma1 := \frac{[Ur + (M + Msc + mp - sq \cdot mvs) \cdot ar + T] \cdot D \cdot 0.5}{iz \cdot \eta1 \cdot rec} \quad Ma1 = 19.58 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Forza radiale agente sull'albero lento del riduttore:} \quad \text{a regime:} \quad Rr := \frac{2Mr1}{\text{mod} \cdot z2} \quad \text{in avviam.:} \quad Ra := \frac{2Ma1}{\text{mod} \cdot z2}$$

$$\text{Fattore del carico radiale:} \quad \text{a regime:} \quad c := \frac{Frmr}{Rr} \quad c = 1.37 > 1$$

$$\text{in avviamento:} \quad c := \frac{Frma}{Ra} \quad c = 1.35 > 1$$

$$\text{Fattore di servizio:} \quad \text{a regime:} \quad f := \frac{M3}{Mr1} \quad f = 1.36 > 1$$

$$\text{in avviamento:} \quad f := \frac{M4}{Ma1} \quad f = 1.33 > 1$$

### Motore idraulico:

$$\text{Regime di rotazione del motore idraulico:} \quad nmi := nri \cdot ir \quad nmi = 2596.4 \cdot \text{min}^{-1} < n1 = 4500 \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{Momento torcente sul motore idraulico:} \quad \text{a regime:} \quad Mr2 := \frac{Mr1 \cdot rec}{ir \cdot \eta2 \cdot moi} \quad Mr2 = 229.52 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{in avviamento:} \quad Ma2 := \frac{Ma1 \cdot rec}{ir \cdot \eta2 \cdot moi} \quad Ma2 = 291.12 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Le pressioni massime richieste sono:

$$\text{a regime:} \quad pr2 := \frac{Mr2}{\eta m1} \cdot \frac{pc1}{m1} + pcom \quad pr2 = 201.8 \cdot \text{bar} < pc1 = 430 \cdot \text{bar}$$

$$\text{in avviamento:} \quad pa2 := \frac{Ma2}{\eta m1} \cdot \frac{pc1}{m1} + pcom \quad pa2 = 250.6 \cdot \text{bar} < pm1 = 480 \cdot \text{bar}$$

La portata idraulica massima richiesta dal motore idraulico è:

$$Q := \frac{V1 \cdot nmi}{\eta v1} \quad Q = 235.7 \cdot \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

### Pompa idraulica:

Regime di rotazione della pompa = giri del motore:  $n_3 = 2300 \cdot \text{min}^{-1} < n_2 = 3400 \cdot \text{min}^{-1}$

portata massima disponibile per il motore idraulico:

$$V_p := V_2 \cdot n_3 \cdot \eta_{v2} \cdot \frac{\text{pom}}{\text{moi}} \quad V_p = 284.1 \cdot \frac{\text{lit}}{\text{min}} > Q = 235.7 \cdot \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

Verifica pressioni:            a regime:             $p_{r2} = 202 \cdot \text{bar} < p_{c2} = 450 \cdot \text{bar}$   
   in avviamento:             $p_{a2} = 251 \cdot \text{bar} < p_{m2} = 480 \cdot \text{bar}$

### Motore di azionamento della pompa idraulica:

Potenza richiesta dal motore:

a regime:  $P_{pr} := \frac{M_{r2} \cdot \pi \cdot n_{mi} \cdot \text{moi}}{30 \cdot \frac{\text{sec}}{\text{min}} \cdot \eta_{m1} \cdot \eta_{m2} \cdot \eta_{v1} \cdot \eta_{v2} \cdot \text{mor}} + \frac{P_{agg}}{\text{mor}} \quad P_{pr} = 91.7 \cdot \text{kW}$

in avviamento:  $P_{pa} := \frac{M_{a2} \cdot \pi \cdot n_{mi} \cdot \text{moi}}{30 \cdot \frac{\text{sec}}{\text{min}} \cdot \eta_{m1} \cdot \eta_{m2} \cdot \eta_{v1} \cdot \eta_{v2} \cdot \text{mor}} + \frac{P_{agg}}{\text{mor}} \quad P_{pa} = 113.6 \cdot \text{kW}$

Riserva di potenza rispetto alla potenza richiesta a regime:  $\overset{\text{ris}}{\text{www}} := \left( \frac{P_3}{P_{pr}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad \text{ris} = 50.5\%$

Potenza di frenatura richiesta dal motore di recupero con carico in discesa:

in frenatura:  $P_{pf} := [-U_f + (M_{sc} - s_q \cdot m_{vs} + M + m_p) \cdot dr] \cdot \frac{v_r}{\text{mor}} \cdot \eta_1 \cdot \eta_{v1} \cdot \eta_{m1} \cdot \eta_{v2} \cdot \eta_{m2} \quad P_{pf} = 5.1 \cdot \text{kW}$

Riserva di potenza rispetto alla potenza richiesta:  $\overset{\text{ris}}{\text{www}} := \left( \frac{P_4}{P_{pf}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad \text{ris} = 541.0\%$

### Accoppiamento pignone - corona dentata:

Max. Tensione di flessione nel piede del dente della corona dentata:

$$\sigma_{fc} := \frac{D \cdot [U_r + (M + M_{sc} - s_q \cdot m_{vs} + m_p) \cdot ar + T] \cdot q_{kc}}{\text{mod}^2 \cdot z_1 \cdot h_c \cdot \text{rec}} \quad \sigma_{fc} = 109.28 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Grado di sicurezza:  $g_c := \frac{\sigma_{rsc}}{\sigma_{fc}} \quad g_c = 5.86 > 3$

Max. Tensione di flessione nel piede del dente del pignone:

$$\sigma_{fp} := \frac{D \cdot [U_r + (M + M_{sc} - s_q \cdot m_{vs} + m_p) \cdot ar + T] \cdot q_{kp}}{\text{mod}^2 \cdot z_1 \cdot h_p \cdot \text{rec}} \quad \sigma_{fp} = 123.02 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Grado di sicurezza:  $g_p := \frac{\sigma_{rsp}}{\sigma_{fp}} \quad g_p = 5.2 > 3$