



ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Raccomandazioni tecniche in vigore

QUADERNO 18
(Maggio 2001)

RACCOMANDAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELLE PECULIARITÀ TECNICHE DELLE FUNIVIE CON DOPPIA FUNE PORTANTE-TRAENTE

La presente raccomandazione non riveste carattere cogente, ma rappresenta un ausilio per gli interessati. Sarebbe auspicabile che essa trovi applicazione in tutti i paesi. Prevalgono le norme nazionali o le disposizioni dell'autorità.

Organizzazione internazionale trasporti a fune

O.I.T.A.F.

**RACCOMANDAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELLE
PECULIARITÀ TECNICHE DELLE FUNIVIE CON DOPPIA FUNE
PORTANTE-TRAENTE**

Quaderno 18

Comitato di studio n° I

Maggio 2001

RACCOMANDAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELLE PECULIARITÀ TECNICHE DELLE FUNIVIE CON DOPPIA FUNE PORTANTE-TRAENTE

La raccomandazione che seguono comprendono requisiti tecnici che trovano la loro giustificazione nelle peculiarità di sistema delle funivie a doppia fune portante-traente. Esse si basano sulle realizzazioni conosciute e sulle esperienze di esercizio. Nel caso di caratteristiche costruttive di altro tipo tali raccomandazioni vanno soddisfatte con un livello di sicurezza quantomeno equivalente. L'influenza reciproca delle funi cariche con veicoli che, in esercizio, si muovono parallele, determina spostamenti di carichi ed effetti geometrici quali variazioni della configurazione delle funi o della sagoma libera.

Indice:

1. Campo di applicazione
2. Azione del vento in esercizio
3. Linea e lunghezze delle campate
4. Franchi laterali
5. Intervia
6. Tratto di sicurezza dopo l'uscita dalla stazione
7. Rapporto per carico trasversale
8. Carichi aggiuntivi dovuti all'impedimento dell'oscillazione trasversale
9. Andamento uniforme delle funi
10. Appendice

1. Campo di applicazione

- 1.1 Le raccomandazioni riguardano impianti a fune destinati al trasporto di persone, nei quali i veicoli vengono ammorsati a due funi portanti-traenti che si muovono parallelamente o ad una fune portante-traente,

che costituisce un doppio anello chiuso, e vengono portati e mossi con moto continuo.

- 1.2 Le raccomandazioni valgono per impianti nei quali la distanza tra le funi parallele può essere maggiore (ad es. sistema Funitel) ma anche minore della larghezza del veicolo.

2. Azione del vento in esercizio

L'entità dell'azione del vento (pressione dinamica), che va posta alla base delle dimostrazioni per la condizione di carico "in esercizio", è da assumere conformemente alla velocità del vento prevista in progetto, per la quale l'esercizio dell'impianto deve essere possibile. La pressione dinamica minima ammonta a $0,25 \text{ kN/m}^2$. Poiché gli impianti a doppia fune portante-traente in presenza di elevate velocità del vento possono venir eserciti come impianti monofune, viene raccomandata l'assunzione di una pressione dinamica di almeno $0,40 \text{ kN/m}^2$.

3. Linea e lunghezze delle campate

Per la configurazione della fune degli impianti a doppia fune portante-traente, oltre alle situazioni che in generale sono da considerare per tutti gli impianti (ad es. carichi sui sostegni, sollecitazione locale della fune p.t.), sono da valutare le influenze della doppia fune dal punto di vista dello spostamento del carico e degli effetti geometrici.

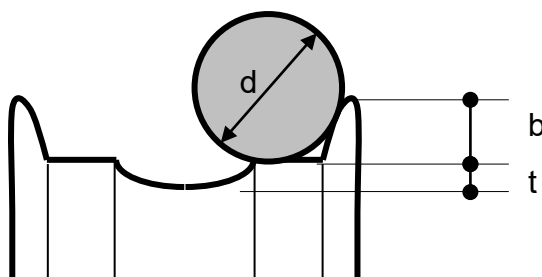
A seguito della stabilità al vento dei veicoli ed in presenza di lunghe campate si rendono necessarie ulteriori dimostrazioni. Sono da rispettare quindi, per la condizione di carico "in esercizio", ulteriori prescrizioni che sono riportate ai punti 3.1, 3.2 e 3.3. L'entità dell'azione del vento (pressione dinamica), posta alla base delle dimostrazioni per la condizione "in esercizio", è da assumere in conformità al punto 2. In questo caso non si provvede alla riduzione

dell'azione del vento, come invece previsto per la determinazione dell'intervista (vedi punto 5).

3.1 Provvedimenti di tipo costruttivo per i rulli.

Ad anello di fune nuovo il rapporto tra l'altezza del bordo del rullo rispetto alla guarnizione del medesimo "b" e la profondità di gola nella guarnizione "t" deve essere almeno pari a 2,0.

Nel caso di sostegni di appoggio l'altezza del bordo del rullo "b" al di sopra della guarnizione del medesimo deve essere almeno pari ad $\frac{1}{4}$ del diametro della fune.



3.2 Carichi minimi per rullo

Il carico minimo per rullo non può essere inferiore ad 1 kN.

Qualora il carico minimo per rullo dovesse essere inferiore, tramite provvedimenti costruttivi va garantita la corretta posizione della fune.

Nella determinazione del carico minimo per rullo non occorre tener in conto la variazione della pressione sulla rulliera di linea dovuta al vento spirante lateralmente in considerazione della resistenza alla rotazione offerta dalla via di corsa.

3.3. Angolo di imbocco laterale

Sul primo rullo di ingresso di un sostegno va determinata la sicurezza contro la fuoriuscita della fune dalla gola. La sicurezza contro la fuoriuscita della fune dalla gola viene qui definita come quoziente tra l'angolo di imbocco, determinato sulla base delle situazioni e della costruzione nell'ambito del rullo (conformazione del rullo, diametro della fune ecc.), per il quale la fune fuoriesce dalla gola (angolo di imbocco laterale ammissibile) e l'angolo di imbocco laterale determinato per via numerica.

Detto rapporto, nel caso “in esercizio”, con vento spirante lateralmente secondo il punto 2 deve valere almeno 1,0.

Qualora il quoziente fosse minore di 1, occorre prevedere accorgimenti che impediscano o riconoscano la fuoriuscita della fune dalla gola e provochino l’arresto dell’impianto prima che la fune sia completamente scarrucolata.

3.3.1 Determinazione numerica dell’angolo di imbocco laterale

L’entità dell’angolo di imbocco laterale a fune nuda e con campata occupata da carichi concentrati va calcolata secondo l’appendice.

Nella determinazione dell’angolo di imbocco laterale a fune nuda la pressione dinamica può venir ridotta secondo quanto riportato al punto 5. Nella determinazione dell’angolo di imbocco laterale dovuto ai carichi presenti in campata la riduzione della pressione dinamica non è ammessa.

3.3.2 Angolo di imbocco laterale ammissibile

L’entità dell’angolo di imbocco laterale ammissibile va dimostrata.

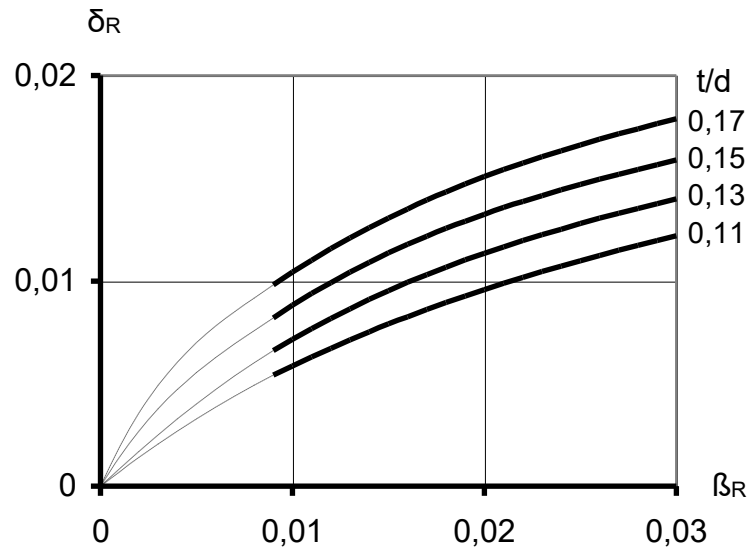
Per rulliere di appoggio e ritenuta, tenendo presenti le ulteriori influenze di norma sottostanti (vedi diss. Piskoty), può venir adottato il diagramma seguente, purché siano soddisfatte le condizioni seguenti:

$$R/d \leq 0,7,$$

$$\text{Coefficiente di attrito tra fune e guarnizione del rullo} \leq 0,30$$

$$\text{Distanza tra i rulli} \leq 14d$$

$$\text{Numero di rulli} \geq 4$$



(secondo G. Piskoty, diss. Luglio 1995)

t....Profondità di gola

d....Diametro della fune

σ_RAngolo di imbocco laterale ammissibile

β_R ...Angolo di imbocco verticale per rullo

R....Raggio della gola

4. Franchi laterali

4.1 Franchi laterali in campata

I franchi laterali sono da verificare per l'effetto di un vento laterale spirante orizzontalmente per il caso "in servizio" e "fuori servizio". Occorre tenere in considerazione:

in esercizio

-sbandamento laterale delle funi

-sbandamento laterale dei veicoli

-oscillazione laterale dei veicoli

fuori esercizio

sbandamento laterale delle funi

Nella determinazione dei franchi laterali la pressione dinamica può venir ridotta secondo il punto 5.

4.1.1 Sbandamento laterale orizzontale per effetto dell'azione del vento sulle funi

Per determinare lo spostamento laterale delle funi sotto l'azione del vento occorre assumere nei casi "in esercizio" e "fuori esercizio" una pressione dinamica agente orizzontalmente in modo uniformemente distribuito sulla lunghezza inclinata della campata.

4.1.2 Sbandamento laterale orizzontale per effetto dell'azione del vento sui veicoli.

Il calcolo dello sbandamento trasversale dei veicoli per effetto dell'azione del vento è da definire con carichi concentrati. Delucidazioni in merito sono contenute nell'appendice.

4.1.3 Oscillazione trasversale dei veicoli

L'oscillazione trasversale in campata va assunta pari a 0,35 rad. Ci si può discostare da ciò se l'oscillazione trasversale viene determinata tenendo conto della resistenza offerta dalla via di corsa per via delle funi parallele e dell'influenza degli ulteriori veicoli presenti in campata. L'influenza dei rimanenti veicoli presenti in campata viene tenuta in considerazione assumendo un equilibrio statico (tutti i veicoli fermi in posizione oscillata trasversalmente). Se non vengono effettuate delle dimostrazioni esplicite, l'influenza di più veicoli in campata può venir determinata anche approssimativamente, calcolando l'oscillazione trasversale per un singolo veicolo senza ulteriori veicoli e moltiplicando poi per il fattore 1,2.

Delucidazioni in merito sono contenute nell'appendice.

4.2. Sagoma libera laterale al transito sui sostegni.

Per via dell'impedimento alla rotazione trasversale dei veicoli sui sostegni non sono da prendere in considerazione sbandamenti laterali per effetto del vento. La determinazione della sagoma libera di un veicolo nella zona del sostegno avviene quindi tramite aspetti costruttivi e geometrici. Per tale determinazione sono da prendere in considerazione:

- una costruttivamente possibile oscillazione trasversale o uno spostamento del veicolo nel caso di sospensione ammortizzata;

- una posizione inclinata del veicolo rispetto alla sospensione, dovuta al guasto degli elementi smorzatori dei dispositivi di sospensione della struttura del veicolo.

La corsa libera deve venir garantita anche in presenza di un'oscillazione longitudinale dei veicoli di 0,35 rad. Può venir trascurata la sovrapposizione dell'oscillazione trasversale e longitudinale.

La distanza delle parti del veicolo dalle parti fisse dei sostegni (fusto del sostegno, pedane di lavoro, ecc.) deve essere almeno pari a 30 cm.

Inoltre in caso di una fune scarrucolata da un lato, a sua volta andata a posizionarsi nel dispositivo di raccolta, deve essere possibile il transito del veicolo presso il sostegno senza contatto col sostegno stesso.

5 Intervia

Per determinare l'intervia va considerato il caso "in esercizio".

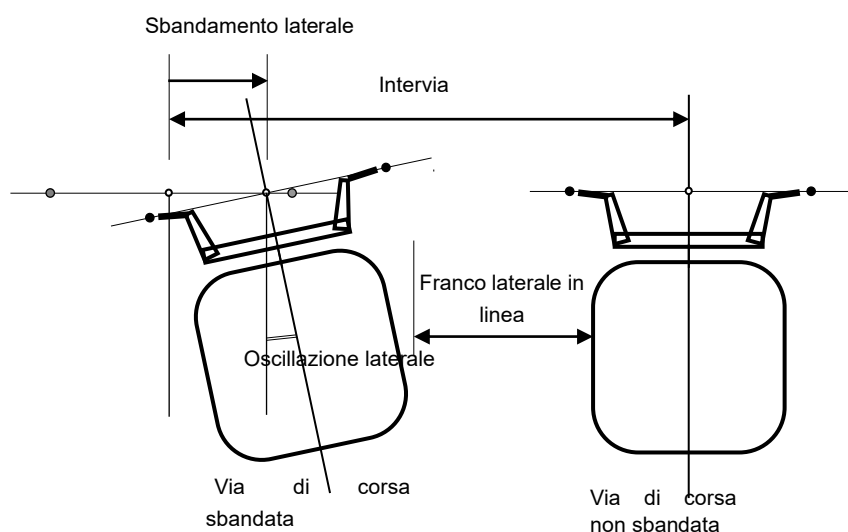
La sagoma libera va individuata secondo il punto 4, assumendo per la pressione dinamica il valore corrispondente alla velocità del vento prevista in progetto per la quale deve essere possibile l'esercizio dell'impianto.

Per la dimostrazione della sufficienza dell'intervia va assunta l'oscillazione trasversale del veicolo pari a 0,20 rad. Da ciò ci si può discostare se l'oscillazione trasversale viene calcolata secondo quanto riportato al punto 4.1.3.

Delucidazioni in merito sono riportate in appendice.

La minima oscillazione trasversale in questo caso ammonta a 0,15 rad.

Per le funi di un lato non si deve assumere alcun spostamento dovuto all'azione del vento, per le funi dell'altro lato va invece assunto uno spostamento laterale a seguito dell'azione del vento.



Nel caso di lunghezze inclinate delle campate superiori a 400 m, ai fini della determinazione dello sbandamento laterale delle funi per effetto dell'azione del vento laterale, può venir assunta una pressione dinamica agente sull'intera lunghezza inclinata della campata q_F , calcolata come segue, partendo da una lunghezza fittizia della campata.

$$q_F = q (L_F/L)^2$$

La lunghezza fittizia L_F viene determinata partendo da una lunghezza inclinata della campata L (m) secondo l'equazione seguente:

$$L_F = 240 + 0,4 L$$

q Pressione dinamica

L Lunghezza inclinata della campata (m)

6 Tratto di sicurezza dopo l'uscita dalla stazione

Se successivamente al punto di ammortamento non vengono adottati provvedimenti atti ad impedire lo scorretto ammortamento del veicolo, occorre prevedere un tratto di sicurezza di lunghezza minima pari a 1,2 volte lo spazio di arresto. Lungo l'intero tratto di sicurezza la pendenza massima ammissibile della fune sul punto ove si trova il veicolo ammonta a 0,10 rad.

Si può rinunciare al tratto di sicurezza se:

- i veicoli sono equipaggiati con almeno quattro dispositivi di attacco, con almeno due di essi collegati ad ogni fune e
- l'ammorsamento dei veicoli avviene tramite due dispositivi meccanici indipendenti e
- la posizione relativa delle funi e delle morse viene forzata meccanicamente in ogni possibile caso di guasto e
- la forza di scorrimento di due dispositivi di attacco sulla fune, tenendo in considerazione le influenze ammissibili in esercizio sulla forza di tenuta (variazione del diametro della fune, consumo della ganascia della morsa), è maggiore di 1,5 volte la componente lungo la fune del peso del veicolo completamente carico.

7 Rapporto per carico trasversale

Il rapporto per carico trasversale, inteso come quoziente tra la forza di tensione della fune e la forza normale ad essa non può essere inferiore al valore di 15,0 nel caso di un unico dispositivo di attacco ed al valore di 11,0 nel caso quest'ultimo sia doppio. Nel caso di doppio dispositivo di attacco la distanza tra i centri dei singoli dispositivi di attacco deve essere pari almeno ad 1 m, in caso contrario i dispositivi di attacco sono da valutare come un'unica forza normale.

8. Carichi aggiuntivi dovuti all'impedimento dell'oscillazione trasversale

La via di corsa costituita dalle due funi contrasta la libera oscillazione trasversale dei veicoli dovuta all'azione nella stessa direzione del vento. La coppia di forze prodotta dalla resistenza della via di corsa va tenuta in conto in sede di dimensionamento dei veicoli (dispositivi di attacco, carrello portamorse) e dei sostegni delle funi (rulli, rulliere, struttura portante del sostegno). Come carico dovuto al vento laterale, in questo caso è rilevante il vento in esercizio.

Ai fini del dimensionamento dei componenti del veicolo e dei sostegni delle funi, per tener conto dell'impedita oscillazione trasversale dovuta a vento laterale, occorre prendere in considerazione il carico aggiuntivo

$$Z = \frac{W \cdot h}{e}.$$

W: forza dovuta al vento agente lateralmente ed orizzontalmente su un veicolo (N)

h: distanza del punto di applicazione della forza del vento dal punto di rotazione delle funi (m)

e: distanza delle funi (m)

Nel dimensionamento dei componenti dei sostegni delle funi, oltre al carico aggiuntivo Z, va tenuta in conto anche l'influenza dei veicoli che si trovano nelle campate adiacenti. Delucidazioni in merito sono contenute nell'appendice.

9 Andamento uniforme delle funi

Considerando l'andamento delle funi mosse nella stessa direzione, è da ritenere che le azioni agenti sulle funi dall'esterno (per es. attrito, forze dinamiche) agiscano il più possibile con entità e direzione uguali. Mediante accorgimenti tecnici l'andamento uniforme delle funi va garantito o sorvegliato. Qualora si constati uno scostamento dall'andamento uniforme l'impianto va arrestato. In fase di progettazione va considerata la tolleranza per la quale lo scostamento dall'andamento uniforme determina l'intervento del dispositivo di sorveglianza (posizione inclinata dei veicoli, considerazione di un carico aggiuntivo nei dispositivi di attacco avviato in direzione della fune).

10. Appendice

Delucidazione sul punto 3.3.1

Il massimo angolo di imbocco laterale sul sostegno viene raggiunto quando un veicolo si trova immediatamente prima del sostegno stesso. La tangente dell'angolo di imbocco laterale prodotto dall'azione del vento sul veicolo su una fune ($\tan \alpha_E$) può venir ricavata con la formula:

$$\tan \alpha_E = \frac{W \cdot n}{2L \cdot S_m} \cdot \left(L - \frac{a}{2} \cdot (n-1) \right)$$

- W: azione del vento laterale su ogni singolo veicolo (N)
 L: lunghezza inclinata della campata (m)
 S_m: tensione media della fune nella campata interessata (N)
 a: distanza dei veicoli (m)
 n: numero di veicoli in campata

La tangente dell'angolo di imbocco laterale prodotto dall'azione del vento sulla singola fune può venir ricavata con la formula:

$$\tan \alpha_s = \frac{w \cdot L}{2S_m}$$

- w: azione del vento laterale per unità di lunghezza (N/m)
 L: lunghezza inclinata della campata (m)
 S_m: tensione media della fune nella campata interessata (N)

Sommando le due tangenti si determina l'angolo di imbocco laterale.

Delucidazione sul punto 4.1.2

Lo sbandamento laterale f_x in un determinato punto della fune può venir ricavato con la formula:

$$f_x = \frac{W}{S_m} \cdot \left[\frac{x}{L} \cdot \left(n \cdot (L - b) - \frac{a \cdot n}{2} \cdot (n - 1) - \frac{a \cdot y}{2} \cdot (y + 1) \right) \right]$$

$$n = 1 + \text{int} \frac{x}{a} + \text{int} \frac{L - x}{a}$$

$$b = x - a \cdot \text{int} \frac{x}{a}$$

$$y = \text{int} \frac{x}{a}$$

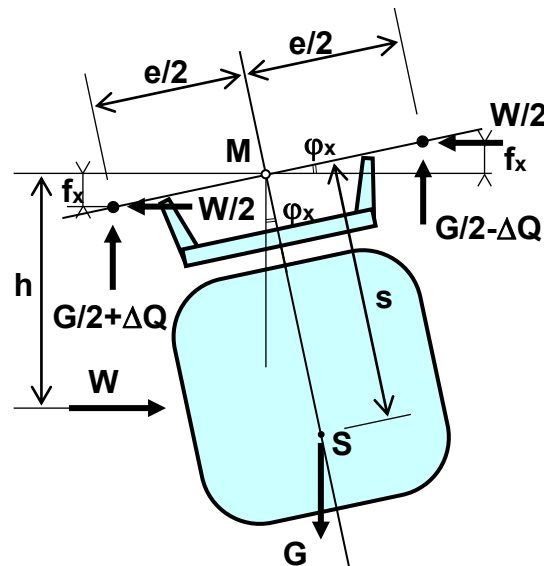
- W: azione del vento laterale su ogni singolo veicolo (N)
 S_m: tensione media in campata della singola fune (N)
 x: la distanza inclinata del punto considerato della fune dal sostegno i (m)
 L: lunghezza inclinata della campata (m)

- b: distanza misurata lungo la fune del primo veicolo in campata dal sostegno i (m)
 n: numero di veicoli in campata
 a: distanza dei veicoli (m)
 y: numero di veicoli tra il sostegno i ed il punto x della fune

Delucidazione sul punto 4.1.3

Le oscillazioni trasversali dei veicoli dipendono dalle varie caratteristiche di impianto in campata (tensione della fune, lunghezza della campata, numero di veicoli in campata, distanza tra i veicoli, massa del veicolo, ecc.). Tramite la resistenza localmente variabile offerta dalla via di corsa realizzata dalle due funi in movimento parallelo si può determinare l'entità della rotazione trasversale φ_x di un veicolo alla progressiva x lungo la fune

$$\sin \varphi_x = W \cdot h \cdot \left(\frac{2x \cdot (l - x)}{S_m \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot e^2 + 2G \cdot s \cdot x \cdot (l - x)} \right)$$



- $\sin \varphi_x$: seno dell'angolo di rotazione trasversale
 W: azione del vento agente su un veicolo lateralmente ed orizzontalmente (N)
 H: distanza del punto di applicazione dell'azione del vento dal punto di rotazione delle funi (m)
 x: distanza orizzontale del punto sulla fune dal sostegno (m)
 l: lunghezza orizzontale della campata (m)
 S_m : tensione media della fune in campata (N)
 γ : angolo della corda della campata

e:	distanza delle funi (m)
G:	peso del veicolo vuoto (N)
s:	distanza del baricentro del veicolo vuoto dal punto di rotazione delle funi (m)

Delucidazione sul punto 8

Se si considerano più veicoli in una campata va considerata la resistenza variabile localmente della via di corsa.

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{2G \cdot s \cdot x \cdot (l - x)}{S_m \cdot l \cdot \cos \gamma \cdot e^2}}$$

G:	peso del veicolo vuoto (N)
s:	distanza del baricentro del veicolo vuoto dal punto di rotazione delle funi (m)
x:	distanza orizzontale del punto sulla fune dal sostegno (m)
l:	lunghezza orizzontale della campata (m)
S_m :	tensione media della fune in campata (N)
γ :	angolo della corda della campata
e:	distanza delle funi (m)

Il sovraccarico verticale ΔQ dovuto ai singoli veicoli distribuiti sulla fune si ricava con:

$$\Delta Q = \psi \cdot \frac{W \cdot h}{e}$$

W:	azione del vento agente su un veicolo lateralmente ed orizzontalmente (N)
h:	distanza del punto di applicazione dell'azione del vento dal punto di rotazione delle funi (m)
e:	distanza delle funi (m)