



Région Autonome  
**Vallée d'Aoste**

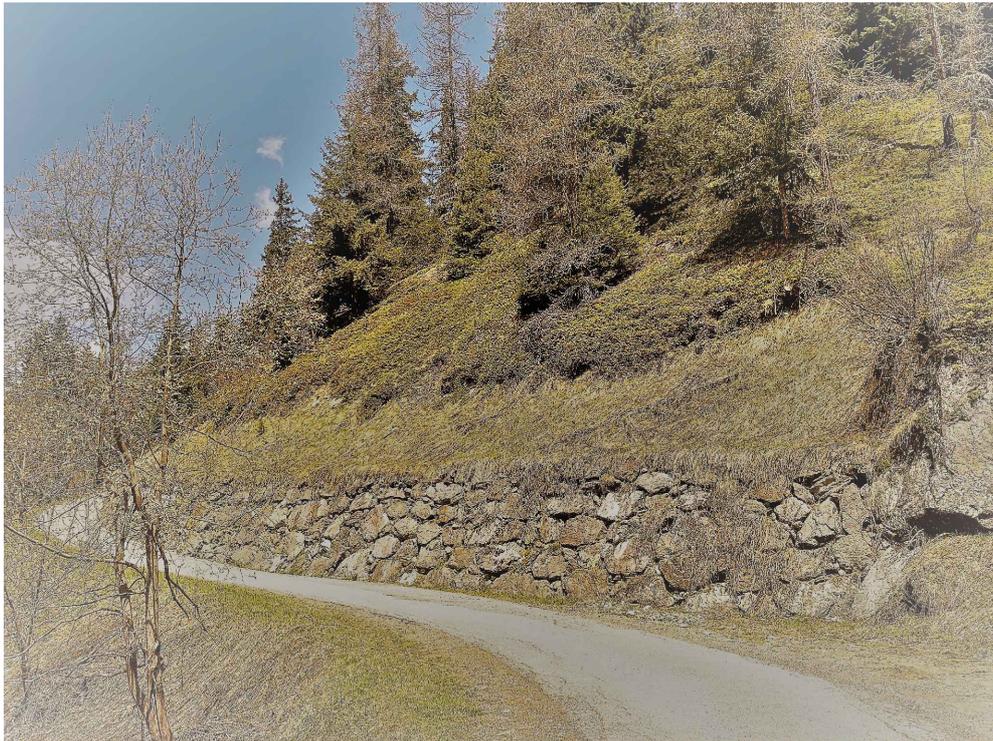


Regione Autonoma  
**Valle d'Aosta**



Comune di  
**VALTOURNENCHE**  
amministrazione comunale

**REALIZZAZIONE DI BARRIERE FERMANEVE A PROTEZIONE  
DELLA STRADA DI PROMINDOZ, COMUNE DI VALTOURNENCHE**



**PROGETTO ESECUTIVO**

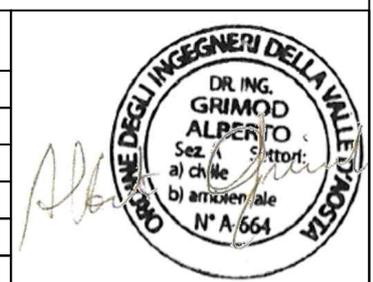


**PROGETTISTA INCARICATO:**

Studio tecnico di ingegneria GIERREVVU srl  
Passage du Verger 5 - 11100 Aosta  
Tel: 0165 40322 / fax 0165 40322  
mail: studiogr@fastwebnet.it  
pec: gierrevu@pecvda.it

<b>data:</b>	<b>scala:</b>	<b>codice elaborato:</b>
02/08/2022		PE.1DC.105.FON

Revisione	Data	Descrizione	Progettisti
REV 01	14/04/2023	Aggiornamento prezzi 2023	Ing. Fabio Inzani



## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### Indice

1	Introduzione .....	2
1.1	Classificazione degli ancoraggi .....	2
1.2	Determinazione degli sforzi agenti sulle fondazioni .....	2
1.3	Tensione di aderenza boiaccia-terreno (Qs).....	2
1.4	Caratteristiche della miscela d'iniezione (boiaccia cementizia) .....	2
1.4.1	Requisiti.....	3
1.5	Caratteristiche delle armature metalliche.....	4
2	Normativa di riferimento .....	5
2.1	Nota sugli EuroCodici .....	6
3	Combinazioni di carico .....	7
3.1	Combinazioni di calcolo: Azioni .....	7
3.1.1	Azione sismica (§ 3.2 delle NTC).....	8
3.1.2	Azione del vento (§ 3.3 delle NTC) .....	8
3.1.3	Azione della neve (§ 3.4 delle NTC).....	8
3.1.4	Azione della temperatura (§ 3.5 delle NTC) .....	9
3.1.5	Azioni eccezionali (§ 3.6 delle NTC) .....	9
3.2	Combinazioni di calcolo: Resistenze .....	9
4	Caratteristiche dei materiali.....	12
5	Vita nominale delle fondazioni .....	13
6	Principio di calcolo per la verifica degli ancoraggi di monte .....	14
6.1	Verifica di resistenza dell'ancoraggio in fune di acciaio spiroidale .....	14
6.2	Verifica a scorrimento della sezione del cavallotto in fune e nucleo iniettato .....	14
6.3	Verifica a scorrimento del bulbo iniettato con il terreno .....	15
7	Analisi dei carichi .....	17
8	Calcolo delle fondazioni .....	18
9	Test di sfilamento degli ancoraggi .....	25

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 1 Introduzione

La presente relazione affronta il calcolo delle lunghezze delle fondazioni di un'opera fermaneve mono-ancoraggio.

Le sollecitazioni di progetto sono state definite nella relazione strutturale.

Il calcolo delle fondazioni verrà sviluppato in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), utilizzate in parallelo agli Eurocodici (EC).

Si noti che le strutture paravalanghe in progetto dovranno disporre di un certificato CIT o CVT e pertanto l'impresa esecutrice dovrà necessariamente realizzare le fondazioni secondo gli schemi di montaggio forniti dal produttore, con le rispettive tolleranze sul tracciamento dei punti di ancoraggio.

#### 1.1 Classificazione degli ancoraggi

Gli ancoraggi delle barriere fermaneve mono-ancoraggio sono:

- Ancoraggi di monte, che saranno costituiti da ancoraggi in doppia fune spiroidale.

Tali ancoraggi rientrano nella classificazione AICAP di ancoraggi passivi, in quanto all'armatura non viene indotta alcuna forza di tesatura ( $P_i = 0$ ).

#### 1.2 Determinazione degli sforzi agenti sulle fondazioni

Le forze agenti sugli ancoraggi di monte sono state calcolate nella relazione strutturale; essi si potranno suddividere in:

- Ancoraggi di monte per le strutture marginali d'estremità: sforzo di trazione;
- Ancoraggi di monte per le strutture marginali d'intervallo: sforzo di trazione;
- Ancoraggi di monte per le strutture intermedie: sforzo di trazione;

#### 1.3 Tensione di aderenza boiaccia-terreno ( $Q_s$ )

Per quanto riguarda la determinazione della tensione tangenziale di aderenza tra terreno e boiaccia ( $Q_s$ ) e per i valori utilizzati nel procedimento di calcolo degli elementi di fondazione profonda, si farà riferimento (se non specificatamente indicato) alla letteratura tecnica attualmente disponibile sulla base delle indagini geologiche effettuate in situ (vedi Relazione Geologica).

Inoltre, si è ipotizzato che il terreno, per quanto concerne le sue caratteristiche geotecniche, fisiche e meccaniche sia formato da uno strato omogeneo per l'intera profondità d'infissione degli ancoraggi.

Occorrerà, tuttavia, verificare con precisione, in sede esecutiva, la corrispondenza tra queste ipotesi progettuali e le caratteristiche effettivamente rinvenute in sito preventivamente all'accettazione dei risultati contenuti nella presente relazione.

#### 1.4 Caratteristiche della miscela d'iniezione (boiaccia cementizia)

Si prevede, inoltre, che la miscela di iniezione per la realizzazione di elementi di trasmissione al terreno degli sforzi indotti nella struttura in elevazione, sia di tipo cementizio e sia posta in opera secondo il processo di iniezione di tipo globale a bassa pressione in unica soluzione (metodo IGU) ed abbia resistenza cubica caratteristica minima a 28 giorni di almeno  $R_{ck} > 300$  MPa (di norma si utilizzeranno dei calcestruzzi ricadenti nelle classi di resistenza C25/30, C28/35, C32/40, C35/45). D'ogni modo la classe di resistenza verrà specificata nel calcolo di seguito riportato.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

Le caratteristiche del cemento sono definite dalla norma UNI EN 197 "Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni".

Ai sensi della UNI EN 197-1 i cloruri contenuti nel cemento devono esser presenti in misura  $\leq 0.10\%$  (Prospetto 3). Per quanto concerne i solfati, sempre con riferimento al Prospetto 3 della UNI EN 197-1, essi devono essere contenuti nei limiti:  $\leq 3.5\%$  per le classi 32.5N, 32.5R e 42.5N (cementi tipo I, II, IV e V) &  $\leq 4.0\%$  per le classi 42.5R, 52.5N e 52.5R (cementi tipo II e III).

Il tempo di presa, secondo la UNI EN 197-1, Prospetto 2, deve essere:

- Per le classi 32.5N – 32.5R  $\geq 75$  minuti;
- Per le classi 42.5N – 42.5R  $\geq 60$  minuti;

mentre il tempo di fine presa deve essere inferiore a 24h.

Il dosaggio di cemento dovrà essere di 1200 kg/m<sup>3</sup>.

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere di 0.5-0.6. L'acqua dovrà rispettare i requisiti della UNI EN 1008 e successive modifiche.

Si permette l'utilizzo di additivi per migliorare le caratteristiche delle miscele di iniezione, migliorarne la lavorabilità o duttilità, per ridurre l'essudazione e il ritiro, oppure per accelerare l'indurimento, sempre che queste non pregiudichino la durabilità e l'affidabilità dei componenti (UNI EN 934 e successive modifiche). Gli additivi devono essere esenti da ogni sostanza suscettibile di danno per l'acciaio o per la stessa boiaccia: si escluderanno additivi con un contenuto superiore allo 0.1% (in massa) di cloruri, solfati o nitrati.

Le miscele cementizie iniettate a contatto con guaine e/o armature metalliche rispetteranno le procedure di iniezione definite nelle norme UNI EN 445, UNI EN 446 e UNI EN 447. Scegliendo il tipo di cemento per miscele a contatto con il terreno circostante, si dovrà tener conto della possibile presenza di sostanze aggressive nell'ambiente, per esempio acido carbonico e solfati (che potrebbero indurre in processi di carbonatazione e/o solfatazione della boiaccia), nonché alla permeabilità del terreno e della vita utile dell'ancoraggio. L'aggressività dell'ambiente sarà valutata in accordo a UNI EN 206, UNI 11104 e ISO 9223.

Se necessario, per ridurre le perdite dal foro, si possono incorporare nella boiaccia, aggregati fini. Gli aggregati dovranno essere costituiti da elementi inerti, prive di parti friabili e di sostanze noci agli effetti della resistenza della miscela e alla conservazione delle armature. Anche la parte organica dovrà essere limitata secondo quanto prescritto dalla UNI EN 934 e successive modifiche.

### 1.4.1 Requisiti

La composizione della miscela, l'efficacia della mescolazione, i tempi di presa e le caratteristiche generali devono essere verificate con prove di laboratorio e in-situ. Queste prove sono condotte (dove applicabile) seguendo la norma UNI EN 445.

Prima dell'inizio dei lavori, e ogni qualvolta vi sia un cambio delle qualità dei componenti, dovranno essere verificati i seguenti requisiti:

- ➔ **FLUIDITA'**: si controlla determinando il tempo di percolamento, mediante il cono di Marsh (diametro dell'ugello = 13 mm). Il tempo di percolamento deve essere compreso tra 10 e 30 secondi.
- ➔ **ESSUDAZIONE**: si controlla versando 300 ml di miscela in un cilindro con diametro di 56 mm e con altezza di 140 mm e misurando l'acqua essudata dalla superficie della miscela, mantenuta a riposo per 3 ore. L'acqua di essudazione deve essere inferiore al 2% del volume iniziale della miscela e deve essere completamente riassorbita nelle successive 24 ore.
- ➔ **RITIRO**: il ritiro della miscela a 28 giorni non deve superare 2.8 mm per metro.
- ➔ **RESISTENZA**: la resistenza a compressione della miscela a 7 giorni e 20°C  $\pm 1^\circ$ , misurata su provino cilindrico con rapporto H/D = 2, deve essere maggiore di 30 MPa e comunque corrispondere alle prescrizioni di progetto.

I controlli dei parametri, precedentemente elencati, vanno eseguiti nella fase di messa a punto della miscela d'iniezione.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 1.5 Caratteristiche delle armature metalliche

Si evidenzia che le tutte le parti metalliche costituenti le fondazioni saranno progettate considerando un'opportuna protezione contro la corrosione: mediante zincatura di classe A applicata sui fili costituenti la fune spiroidale (secondo la norma UNI EN 10244-2 e UNI EN 10264-2), e mediante una protezione esterna (tubo di protezione della fune nel tratto che resterà all'aria libera). Così facendo gli ancoraggi saranno opportunamente protetti contro la potenzialità corrosiva dell'ambiente esterno dovute, ad esempio, alle reazioni chimiche che si possono instaurare e che sono legate alla presenza di acqua ed eventuali componenti chimici aggressivi.

Inoltre, una particolare attenzione dovrà essere posta, in fase esecutiva, alla protezione, da un punto di vista meccanico ed idraulico, alle teste degli ancoraggi il cui danneggiamento potrebbe comportare conseguenze negative per l'efficienza delle opere di fondazione.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 2 Normativa di riferimento

La presente relazione fa alle seguenti normative, linee guida e documenti di valutazione europei:

- D.M. 17.01.18 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- CIRCOLARE n. 7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP con oggetto: Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- norme UNI EN 1997-1;
- norme UNI EN 1997-2;
- norme UNI EN 1997-7;
- Direttiva svizzera per la Costruzione di opere di premunizione contro le valanghe nella zona di distacco (2007);
- EAD 340109-00-0106: Flexible avalanche protection kit.

Oltre alle norme precedentemente elencate, la presente nota di calcolo farà riferimento anche a:

- **D.M. 17/01/2018** – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- **UNI 11211-4.** Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo
- **UNI EN ISO 1461.** Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- **UNI EN ISO 9223.** Corrosione dei metalli e loro leghe - Corrosività di atmosfere - Classificazione, determinazione e valutazione
- **UNI EN 10025.** Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
- **UNI EN 10264-2.** Filo di acciaio e relativi prodotti - Filo di acciaio per funi - Parte 2: Filo di acciaio non legato trafilato a freddo per funi per applicazioni generali
- **UNI EN 12385-10.** Funi in acciaio. Sicurezza. Parte 10: Funi spiriodali per usi strutturali generali.
- **NF P94-270.** Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement; Remblais renforcés et massifs en sol cloué
- **EN 1997-1.** Eurocode 7. Geotechnical design
- **EAD 200077-00-0103.** European Assessment Document. Kit for micropile - Kit with thread bars
- **ETAG 013.** Guideline for European Technical Approvals of Post-tensioning kits for prestressing structures
- **EAD 340109-00-0106:** Flexible avalanche protection kit.
- **EAD 331852-00-0102:** Spiral cable anchor.
- **Direttiva svizzera per la Costruzione di opere di premunizione contro le valanghe nella zona di distacco** (2007);
- **A.I.C.A.P.** - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni [ed. 2012]

## **Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

### 2.1 Nota sugli EuroCodici

Gli EuroCodici (EC) sono stati sviluppati in ambito Europeo, per armonizzare gli aspetti progettuali dei paesi membri, utilizzando come approccio la progettazione agli Stati Limite.

Negli EC, così come nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), si utilizzano dei coefficienti di sicurezza parziali, da applicare o alle azioni, o alle reazioni, o a entrambe, in funzione dell'approccio di calcolo utilizzato. Il valore dei coefficienti di sicurezza utilizzato è indicativo a livello Europeo e viene poi lasciata alle singole nazioni la possibilità di variare questi valori in funzione delle proprie specificità e/o esigenza. Gli EC sono stati la base per la redazione delle NTC, che ne recepiscono non solo lo spirito, ma anche l'impostazione. L'applicazione degli EC deve quindi essere fatta con conoscenza del fenomeno e con cognizione di causa, in quanto la scelta dell'approccio progettuale e dei coefficienti di sicurezza può influire notevolmente sul risultato finale del calcolo e quindi sul budget globale del progetto.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 3 Combinazioni di carico

Per la realizzazione degli elementi di connessione tra terreno e struttura in elevazione delle barriere fermaneve, si dovrà operare secondo il seguente metodo:

1. Realizzazione di un foro nel terreno, caratterizzato da lunghezza e diametro adeguato;
2. Inserimento dell'elemento metallico di fondazione (es. barra in acciaio, o ancoraggio in fune);
3. Iniezione di miscela cementizia a pressione da fondo foro, fino al completo intasamento del foro al fine di riempire completamente l'intercapedine tra elemento metallico di fondazione e terreno (metodo di iniezione IGU).

*\* se il terreno presenta delle caratteristiche geotecniche scadenti, si possono utilizzare dei tubi stabilizzatori e/o delle calze in geotessile per facilitare l'iniezione, evitare il cedimento delle pareti del foro e limitare le perdite di boiaccia cementizia.*

Al fine di dimensionare correttamente gli elementi di fondazione, si dovranno quindi considerare i seguenti aspetti (in accordo a UNI 11211-4, 2018):

- ➔ La verifica della sezione resistente di acciaio (funi o barra);
- ➔ La verifica dell'adesione acciaio – boiaccia;
- ➔ La verifica dell'adesione boiaccia – terreno.

Il dimensionamento dovrà quindi soddisfare l'equazione seguente:

$$F_D \leq R_D$$

Dove:

- $F_D$  sono le azioni di progetto;
- $R_D$  sono le resistenze di progetto.

#### 3.1 Combinazioni di calcolo: Azioni

Le azioni agenti su una barriera fermaneve possono essere classificate, secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:

- a) *permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, con sufficiente approssimazione, costanti nel tempo (peso proprio di tutti gli elementi strutturali e carico permanente)
- b) *variabili* (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

Tenuto conto della tipologia e della modalità di utilizzo delle strutture fermaneve si utilizza convenientemente la sola seguente combinazione (art. 2.5.3. NTC 2008), impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Dove viene assunto (art. 2.6.1 NTC 2008):

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

$$\gamma_G = 1.30$$

$$\gamma_{Q1} = 1.50$$

Si precisa, tuttavia, che i valori di  $G_i$  sono molto inferiori alle sollecitazioni derivanti dalla spinta della coltre nevosa.

In accordo alle NTC 2018, di seguito vengono elencati i coefficienti parziali da utilizzare per parametrizzare le azioni agenti sugli elementi di fondazione:

	Effetto	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	A1	A2
Carichi permanente G1	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti G2	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Si sottolinea, come precedentemente anticipato, che i valori delle azioni agenti sull'ancoraggio delle strutture, sono stati calcolati in accordo alle Direttive Svizzere. Saranno quindi queste le azioni caratteristiche che verranno considerate nel calcolo.

### 3.1.1 Azione sismica (§ 3.2 delle NTC)

Le azioni sismiche vengono trascurate per i seguenti motivi:

- la probabilità di accadimento di un sisma di riferimento (con tempo di ritorno di 475 anni) nello stesso momento in cui si verifichi la nevicata di progetto (con tempo di ritorno di 100 anni) risulta pressoché nullo.
- da NTC 2018 l'azione della neve sulla struttura deve essere pari al 20% del valore nominale nella combinazione sismica (per quote superiori a 1000 m slm): tale scenario risulta più cautelativo rispetto al considerare il massimo sovraccarico statico con  $T_r = 100$  anni.
- le strutture fermaneve in progetto hanno una porosità molto elevata; durante un sisma la neve può quindi fuoriuscire dalla struttura, riducendo notevolmente il sovraccarico accidentale.
- seppur non sia un vero e proprio sovraccarico accidentale, da normativa NTC non si considerano 2 carichi accidentali contemporaneamente (sisma + neve di progetto).
- L'azione sismica accoppiata ad un carico dovuto alla neve pari al 20% del carico statico massimo (da NTC 2018) risulta essere inferiore al carico statico pari al 100% della neve di progetto.

Alla luce di quanto sopra, il calcolo dei carichi agenti sulla struttura saranno determinati solamente in campo statico.

### 3.1.2 Azione del vento (§ 3.3 delle NTC)

Data la porosità delle strutture d'intercettazione delle opere fermaneve in progetto, le azioni del vento vengono trascurate nel calcolo delle fondazioni.

### 3.1.3 Azione della neve (§ 3.4 delle NTC)

Si considera il carico della neve di progetto, come calcolato nella relazione nivologica.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 3.1.4 Azione della temperatura (§ 3.5 delle NTC)

Dato che gli ancoraggi saranno installati completamente imboiaccati nel terreno, si considera che essi non subiranno degli sbalzi termici significativi che possano modificare le sollecitazioni di progetto derivanti dal calcolo.

### 3.1.5 Azioni eccezionali (§ 3.6 delle NTC)

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi eccezionali quali incendi, esplosioni e urti. Non si ritiene necessario prendere in considerazione delle ulteriori azioni eccezionali.

## 3.2 Combinazioni di calcolo: Resistenze

Le resistenze considerate nel presente calcolo hanno significati differenti in funzione delle verifiche condotte. Fattori di resistenza parziale possono essere applicati sia alle proprietà del terreno ( $X$ ), sia alle resistenze ( $R$ ) o a entrambi i parametri.

Come anticipato si prendono in considerazione tre tipi di verifiche: della sezione dell'elemento metallico di fondazione, dell'interfaccia acciaio-boiaccia e dell'interfaccia boiaccia-terreno.

In generale si ha quindi:

$$R_D = R (\gamma_F \times F_{Re p}; X_k / \gamma_m; a_D)$$

Oppure

$$R_D = R (\gamma_F \times F_{Re p}; X_k; a_D) / \gamma_R$$

Oppure

$$R_D = R (\gamma_F \times F_{Re p}; X_k / \gamma_m; a_D) / \gamma_R$$

Dove:

- $F_{Re p}$  : sono le azioni rappresentative (se influenzano la resistenza);
- $X_k$  : sono i parametri dei materiali;
- $a_D$  : è l'accelerazione di progetto (nel caso sismico);
- $\gamma_m$  : sono i fattori parziali relativi al terreno;
- $\gamma_R$  : sono i fattori parziali relativi alle resistenze.

La resistenza di progetto degli ancoraggi  $R_d$  è determinata con metodi di calcolo basati su prove in-situ e di laboratorio. L'approccio di calcolo per gli ancoraggi di monte è assimilato quello utilizzato per i tiranti passivi. Le verifiche vengono eseguite con un approccio del tipo:

$$A1 + M1 + R3$$

In accordo al §6.2.4.1.2 delle NTC 2018, di seguito vengono elencati i coefficienti parziali da utilizzare per parametrizzare le reazioni agenti sugli elementi di fondazione:

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

Parametro	Grandezza applicazione coefficiente	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_Y$	$\gamma_Y$	1.0	1.00

Per gli ancoraggi flessibili, si utilizzerà un coefficiente  $\gamma_R$  conformemente alla tabella §6.6.I delle NTC 2018:

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporaneo	$\gamma_R$	1.10
Permanente	$\gamma_R$	1.20

Per quanto riguarda la resistenza a sfilamento, il valore caratteristico ( $Q_{sk}$ ) dovrà anch'esso essere ridotto di un fattore di correlazione ( $\xi_a$ ).

Il valore della resistenza caratteristica allo sfilamento ( $R_{ak}$ ) può essere determinata:

- a) Dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{\text{medio}}}{\xi_{a1}}, \frac{(R_{a,m})_{\text{min}}}{\xi_{a2}} \right\}$$

Tab. 6.6.II - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da prove di progetto, in funzione del numero degli ancoraggi di prova

Numero degli ancoraggi di prova	1	2	> 2
$\xi_{a1}$	1,5	1,4	1,3
$\xi_{a2}$	1,5	1,3	1,2

- b) Con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio/

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}, \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}$$

Tab. 6.6.III - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_{a3}$	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
$\xi_{a4}$	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

- c) Da valutazioni basate sull'esperienza del progettista e/o da informazioni derivanti dalla letteratura tecnica (in assenza di dati e/o prove precise sul tipo di terreno). Generalmente il valore identificato viene ridotto di un fattore di correlazione superiore a 1.80.

## **Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

---

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno; si fa quindi riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Resta inteso che, in corso d'opera, dovrà essere posta particolare attenzione all'andamento delle perforazioni al fine di verificare la rispondenza alle ipotesi di progetto ed in particolar modo alla definizione stratigrafica ipotizzata.

## **Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

---

### **4 Caratteristiche dei materiali**

I materiali utilizzati devono soddisfare le caratteristiche fisico-meccaniche previste dalle normative vigenti ed indicate nei riferimenti di paragrafi precedenti.

Le caratteristiche dei materiali saranno meglio dettagliate nel paragrafo relativo al calcolo delle fondazioni (vedi la nota di calcolo di dettaglio presentata nei capitoli successivi).

## **Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

---

### **5 Vita nominale delle fondazioni**

La vita utile delle fondazioni è stata imposta pari a 50 anni, vale a dire una durata di vita doppia rispetto a quanto definito dal Documento di Valutazione Europea sulle strutture paravalanghe a rete (EAD n. 340109-00-0106: Flexible avalanche protection kit).

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 6 Principio di calcolo per la verifica degli ancoraggi di monte

Le fondazioni dei fermaneve mono-ancoraggio verranno realizzate mediante degli ancoraggi flessibili di tipo passivo (non pretensionati) costituiti da un cavallotto in doppia fune spiroidale. La testa dell'ancoraggio, oltre ad avere un tubo di protezione contro la corrosione esterna, potrà essere costituita da una semplice redancia (configurazione standard) o da una boccola (configurazione rinforzata).

Gli ancoraggi di monte dovranno essere dimensionati effettuando le seguenti verifiche:

- Verifica della tenuta dell'armatura metallica;
- Verifica allo sfilamento tra armatura metallica e nucleo iniettato;
- Verifica dello sfilamento all'interfaccia tra bulbo iniettato e terreno.

#### 6.1 Verifica di resistenza dell'ancoraggio in fune di acciaio spiroidale

Nota il carico di progetto  $T_{L\text{-design}}$  e la resistenza di calcolo limite dell'ancoraggio  $R_{A\text{ design}}$ , la verifica risulta soddisfatta se:

$$R_{A\text{ design}} \geq T_{L\text{-design}}$$

Dove:

- $R_{A\text{ design}}$  = resistenza di calcolo dell'ancoraggio in doppia fune spiroidale:

$$R_{A\text{ design}} = R_A / \gamma_{Ra} * \gamma_M;$$

- $R_A$  : resistenza nominale dell'ancoraggio =  $2 * R_{\text{fune-spiro}} * \gamma_{rid} * \gamma_{\text{type}}$ ;
- $R_{\text{fune-spiro}}$  = resistenza nominale della fune spiroidale, in accordo a UNI EN 12385-10;
- $\gamma_{rid}$  = coefficiente di riduzione posto pari a 0.75;
- $\gamma_{\text{type}}$  = coefficiente che tiene conto della testa dell'ancoraggio (standard con redancia:  $\gamma_{\text{type}} = 1.0$ ; o con boccola:  $\gamma_{\text{type}} \geq 1.0$ );

#### 6.2 Verifica a scorrimento della sezione del cavallotto in fune e nucleo iniettato

La resistenza allo scorrimento fra elementi in acciaio e miscela di iniezione è dovuta alle tensioni di aderenza e all'attrito all'interfaccia acciaio-miscela:  $f_{bd} / \gamma_{bd}$  con  $\gamma_{bd}$  che rappresenta il coefficiente di sicurezza per sezioni in zone a cattiva aderenza, e che viene posto pari a 2.00.

Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limite si può assumere una resistenza tangenziale di progetto dovuta all'aderenza ed all'attrito:

$$f_{bd} / \gamma_{bd} \geq \tau_{ai}$$

Dove:

- $\tau_{ai}$  = tensione tangenziale di aderenza tra nucleo iniettato e cavallotto:

$$\tau_{ai} = T_{L\text{-design}} / (\delta \mu A_{\text{aderenza}})$$

- $\mu$  = coefficiente di riduzione funzione dello stato delle superfici, per ancoraggi in fune viene posto pari a 0,85;
  - $\delta$  = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di barre inserite in un foro, ne caso in esame, di ancoraggio in doppia fune spiroidale, vien posto pari a 0,85 (caso di due trefoli);
  - $A_{\text{aderenza}}$  = superficie laterale dei due trefoli pari a
- $$A_{\text{aderenza}} = n * 2 \pi \Phi L$$
- $n$  = numero di trefoli costituenti l'ancoraggio in fune ( $n = 2$ ).

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 6.3 Verifica a scorrimento del bulbo iniettato con il terreno

La verifica allo sfilamento tra bulbo iniettato e terreno sarà determinata mediante la seguente formula (Bustamante-Doix, 1985):

$$PL = k \pi \alpha D \sum_i (L_i Q_{Si})$$

Dove:

- $k$  = coefficiente che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo della resistenza di punta (1,00 per gli ancoraggi in fune);
- $\alpha$  = coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione. Viene quindi valutato in funzione del metodo di iniezione (IGU) e del tipo di terreno, come indicato dalle Raccomandazioni AICAP (tabella 6.4):

Tab. 6.4 - Valori del coefficiente  $\alpha$  per la stima del diametro reale della fondazione dell'ancoraggio

Terreno	Valori del coefficiente $\alpha_d$		Quantità minima di miscela consigliata Vs	Rapporto A/C
	IRS ( $p_i \geq p_i$ )	IGU ( $p_i < p_i$ )		
Ghiaia	1,8	1,3 ÷ 1,4	1,5 Vs	1,7 ÷ 2,4
Ghiaia sabbiosa	1,6 ÷ 1,8	1,2 ÷ 1,4	1,5 Vs	
Sabbia ghiaiosa	1,5 ÷ 1,6	1,2 ÷ 1,3	1,5 Vs	
Sabbia grossa	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 Vs	
Sabbia media	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 Vs	
Sabbia fine	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 Vs	
Sabbia limosa	1,4 ÷ 1,5	1,5 ÷ 2,0	IRS: (1,5 ÷ 2) Vs; IGU: 1,5 Vs	
Limo	1,4 ÷ 1,6	1,1 ÷ 1,2	IRS: 2 Vs; IGU: 1,5 Vs	1,7 ÷ 2,4
Argilla	1,8 ÷ 2,0	1,2	IRS: (2,5 ÷ 3) Vs; IGU: (1,5 ÷ 2) Vs	
Marna	1,8	1,1 ÷ 1,2	(1,5 ÷ 2) Vs per strati compatti	1,7 ÷ 2,4
Calcarei marnosi	1,8	1,1 ÷ 1,2	(2 ÷ 6) Vs o più per strati fratturati	
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 ÷ 1,2		
Roccia alterata c/o fratturata	1,2	1,1	(2÷6) Vs o più per strati poco fratturati 2 Vs o più per strati fratturati	1,7 ÷ 2,4
IRS: iniezione ad alta pressione a più stadi e ripetuta IGU: iniezione a bassa pressione in unica soluzione $p_1$ : pressione limite dalla prova pressiométrica Menard $p_i$ : pressione di iniezione			$V_s = L_f D_s^2 / 4$ $L_f$ : lunghezza della fondazione $D_s$ : diametro reale della fondazione	
Nota: nella tabella sono riportati i valori teorici della quantità in volume della miscela di iniezione nelle diverse condizioni operative ed il rapporto acqua cemento ottimale (da Bustamante e Doix, 1985)				

- $D_{perf}$  = diametro di perforazione;
- $L$  = lunghezza utile di aderenza dell'ancoraggio;
- $Q_{Si}$  = tensione limite di aderenza tra boiaccia e terreno, la quale dipende dalla natura del terreno, dalla sua consistenza e dalla tecnica utilizzata per realizzare l'ancoraggio (IGU). Di seguito si indicano dei valori tipo, comunemente utilizzati (Wyllie D.C., 1999 – Foundations on Rock – Second edition – E & FN SPON, London and New York). Vedi anche Paragrafo 6.4.2.2.2 delle Raccomandazioni AICAP.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

Rock type	Working bond stress $\tau_a$ at rock-grout interface	
	MPa	p.s.i.
Granite, basalt	0.55–1.0	80–150
Dolomitic limestone	0.45–0.70	70–100
Soft limestone	0.35–0.50	50–70
Slates, strong shales	0.30–0.45	40–70
Weak shales	0.05–0.30	10–40
Sandstone	0.30–0.60	40–80
Concrete	0.45–0.90	70–130
Weak rock	0.35–0.70	50–100
Medium rock	0.70–1.05	100–150
Strong rock	1.05–1.40	150–200

Posto  $T_{L\text{-design}}$  il carico di progetto, dovranno essere verificate le seguenti relazioni:

$$Q_{S\text{design}} \geq \tau_{it}$$

Dove:

- $Q_{S\text{design}}$  è la tensione di aderenza boiaccia-terreno ( $Q_s$ ) ridotta del coefficiente di correlazione  $\xi_a$ ;  
$$Q_{S\text{design}} = Q_s / \xi_a$$
- $\tau_{it}$  = azione di sfilamento all'interfaccia nucleo iniettato-terreno per effetto del carico agente sull'ancoraggio:  
$$\tau_{it} = T_{L\text{-design}} / (k \pi \alpha L D_{\text{perf}})$$
- $L$  = lunghezza dell'ancoraggio.

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 7 Analisi dei carichi

I carichi agenti in fondazione sono derivati dalla relazione strutturale.

Di seguito si presentano i valori delle forze di trazione agenti sui vari ancoraggi:

<b>SEZIONI INTERMEDIE</b>	<b>RR</b>	<b>80.38 kN</b>
<b>SEZIONI INTERVALLO</b>	<b>RR-int</b>	<b>132.75 kN</b>
<b>SEZIONE ESTREMITA</b>	<b>RR-est</b>	<b>175.04 kN</b>

Per la verifica degli ancoraggi, si riterranno dei carichi nominali pari ai valori sopra indicati arrotondati in eccesso su base 10, questo a favore di sicurezza, per tener conto della variabilità e l'incertezza di alcune variabili inserite nei calcoli nivologici.

Si ritengono quindi i seguenti valori:

- **Carico di trazione sull'ancoraggio di monte marginale di estremità: 180 kN;**
- **Carico di trazione sull'ancoraggi di monte marginale di intervallo: 140 kN;**
- **Carico di trazione sull'ancoraggi di monte delle strutture intermedie: 90 kN.**

**Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

**8 Calcolo delle fondazioni**

Di seguito si riportano i calcoli sviluppati per il dimensionamento degli ancoraggi di monte delle strutture paravalanghe mono-ancoraggio.

<b>GIERREVVU srl</b> Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta Pec: gierrevu@percvda.it Mail: studiogr@fastwebnet.it P.iva: 01158000073			
<b>CALCOLO DEGLI ANCORAGGI DI FONDAZIONE DELLE STRUTTURE FERMANEVE MONO-ANCORAGGIO IN ACCORDO A NTC 2018 &amp; DIRETTIVA SVIZZERA</b>			
<b>NUMERO PROGETTO :</b>	20210416		
<b>NOME PROGETTO :</b>	Interventi per la messa in opera di barriere fermaneve a protezione della Strada di Promindoz		
<b>COMMITTENTE :</b>	Comune di Valtournenche		
<b>PROGETTISTA :</b>	GIERREVVU srl		
<b>DATA :</b>	26/05/2021		
<b>REVISIONE :</b>	0		
<b>DATA REVISIONE / REV. :</b>		Revisione numero:	
<b>NOTE :</b>	Carichi derivati dall'analisi strutturale Caratteristiche geotecniche derivata da relazione geologica e analisi in situ		
		Dato di input	
		Risultato parziale di calcolo	
		Risultato finale	
<b>NORME &amp; LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO</b> D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 UNI 11211-4. Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo UNI EN ISO 1461. Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova UNI EN ISO 9223. Corrosione dei metalli e loro leghe - Corrosività di atmosfere - Classificazione, determinazione e valutazione UNI EN 10025. Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura UNI EN 10264-2. Filo di acciaio e relativi prodotti - Filo di acciaio per funi - Parte 2: Filo di acciaio non legato trafilato a freddo per funi per applicazioni generali UNI EN 12385-10. Funi in acciaio. Sicurezza. Parte 10: Funi spirroidali per usi strutturali generali. NF P94-270. Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement; Remblais renforcés et massifs en sol cloué EN 1997-1. Eurocode 7. Geotechnical design EAD 340109-00-0106: Flexible avalanche protection kit EAD 331852-00-0102: Spiral cable anchor. EAD 200077-00-0103. European Assessment Document. Kit for micropile - Kit with thread bars ETAG 013. Guideline for European Technical Approvals of Post-tensioning kits for prestressing structures A.I.C.A.P. - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni [ed. 2012]			

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

<b>GIERREVVU srl</b>			
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta			
Pec: gierreVVU@percVda.it			
Mail: studiogrV@fastwebnet.it			
P.Iva: 01158000073			
			
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>			
<b>Tipo di terreno</b>			
Tipologia di terreno		Terreno in-situ	Inserire valore nella tabella a fianco
Peso specifico del terreno	gamma		16 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	phi		28°
Coesione	c		5 kPa
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore teorico - da bibliografia)	Qs-th		250 kPa (Valore da bibliografia)
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore minimo - da prove in-situ)	Qs-min test		kPa (Inserire se disponibile)
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore medio - da prove in-situ)	Qs-med test		kPa (Inserire se disponibile)
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore massimo - da prove in-situ)	Qs-max test		kPa (Inserire se disponibile)
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore minimo - da calcolo parametri geotec)	Qs-min calc		kPa (Inserire se disponibile)
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore medio - da calcolo parametri geotec)	Qs-med calc		kPa (Inserire se disponibile)
Aderenza laterale bulbo - terreno (valore massimo - da calcolo parametri geotec)	Qs-max calc		kPa (Inserire se disponibile)
Modulo di Winkler	W		100000 kN/m <sup>3</sup>
Coefficiente di sbulbamento (Bustamante-Doix)	alpha		1.00
<b>Miscela cementizia per iniezioni</b>			
<i>Boiacca confezionata con cemento tipo 325 o superiore (con eventuale utilizzo di additivi anti-ritiro e/o fluidificanti, ecc.)</i>			
Metodo di iniezione		IGU (Iniezione Globale Unica)	
Rapporto acqua/cemento	a/c	0.5 - 0.6	
Resistenza cubica a compressione caratteristica (a 28 giorni)	R <sub>ck</sub>	30 MPa	
Resistenza cilindrica a compressione caratteristica (a 28 giorni)	f <sub>ck</sub>	25 MPa	
Classe di resistenza del calcestruzzo	Classe resistenza	Classe C 25/30 (§ Tab. 4.1.1 NTC 2018)	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1.50 (§ 4.1.2.1.1.1 NTC 2018)	
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0.85 (§ 4.1.2.1.1.1 NTC 2018)	
Resistenza di calcolo a compressione	f <sub>cd</sub>	14.11 MPa	
Resistenza media a trazione semplice assiale (per classi ≤ C50/60)	f <sub>ctm</sub>	2.56 MPa	
Resistenza a trazione per flessione	f <sub>ctm</sub>	3.07 MPa	
Resistenza media a trazione semplice assiale caratteristica (frattile 5%)	f <sub>ctk,5%</sub>	1.79 MPa	
Resistenza di calcolo a trazione	f <sub>ctd</sub>	1.19 MPa	
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f <sub>bk</sub>	2.82 MPa	
Coefficiente di aderenza tra armatura e cls	eta-1	0.70 (§ 4.1.2.1.1.4 NTC 2018)	
Tipo di aderenza tra armatura e cls	Aderenza	Non buona aderenza armatura/cls	
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	f <sub>bd</sub>	1.88 MPa	
<b>Acciaio per funi (acciaio spiroidale-classe 1570 N/mm<sup>2</sup> - UNI EN 12385-10)</b>			
<b>ANCORAGGIO DI MONTE LATERALE (MARGINALE DI ESTREMITA')</b>			
Costruzione a trefolo della fune spiroidale		1 x 37	
Classe dell'acciaio del filo costituente la fune spiroidale		1570 MPa	
Tipo di asola esterna		con tubo e redancia	
Diametro funi per ancoraggio di monte laterale (marginale di estremità)		dn 20 mm	
<i>Ancoraggio in doppia fune spiroidale : dn 20 mm - costruzione 1 x 37 - classe 1570 MPa - con tubo e redancia</i>			
Tipo di ancoraggio scelto			
Carico di rottura minimo della singola fune (valore teorico)	T-fune_20	322.0 kN	
Carico di rottura minimo del cavalletto	T-ancor_20	483.0 kN	
<b>ANCORAGGIO DI MONTE LATERALE (INTERVALLO A &lt; 2.0 m)</b>			
Costruzione a trefolo della fune spiroidale		1 x 37	
Classe dell'acciaio del filo costituente la fune spiroidale		1570 MPa	
Tipo di asola esterna		con tubo e redancia	
Diametro funi per ancoraggio di monte laterale (marginale di intervallo)		dn 20 mm	
<i>Ancoraggio in doppia fune spiroidale : dn 20 mm - costruzione 1 x 37 - classe 1570 MPa - con tubo e redancia</i>			
carico di rottura minimo della singola fune	T-fune_20	322.0 kN	
carico di rottura minimo della singola fune (valore teorico)	T-ancor_20	483.0 kN	
<b>ANCORAGGIO DI MONTE INTERMEDIO</b>			
Costruzione a trefolo della fune spiroidale		1 x 37	
Classe dell'acciaio del filo costituente la fune spiroidale		1570 MPa	
Tipo di asola esterna		con tubo e boccia	
Diametro funi per ancoraggio di monte intermedio		dn 20 mm	
<i>Ancoraggio in doppia fune spiroidale : dn 20 mm - costruzione 1 x 37 - classe 1570 MPa - con tubo e boccia</i>			
carico di rottura minimo della singola fune	T-fune_20	354.2 kN	
carico di rottura minimo della singola fune (valore teorico)	T-ancor_20	531.3 kN	
<b>CARATTERISTICHE COMUNI</b>			
Protezione contro la corrosione degli ancoraggi in fune	Fune	Zincatura classe A (UNI EN 10264-2)	
Protezione contro la corrosione degli ancoraggi in fune	Testa ancoraggio	Tubo multistrato o INOX	
Coefficiente di sicurezza sulla resistenza dell'acciaio costituente la fune	γ <sub>s-cbl</sub>	1.15	

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

<b>GIERREVVU srl</b>					
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta Pec: gierrevu@percva.it Mail: studiogr@fastwebnet.it P.Iva: 01158000073					
<b>CARICHI</b>					
Carichi agenti sulle fondazioni delle strutture fermaneve - Si considerano gli sforzi MASSIMI per tipo di ancoraggio calcolati in accordo alla Direttiva Svizzera					
<b>Struttura fermaneve mono-ancoraggio Dk = 3.0 - N = 2.5</b>					
Tipo di barriera					
Trazione ancoraggio di monte laterale - elemento marginale di estremità	T_L			180.00	kN
Trazione ancoraggio di monte laterale - elemento marginale di intervallo (A < 2.0 m)	T_M			140.00	kN
Trazione ancoraggio di monte intermedio	T_V			90.00	kN
<b>AZIONE SISMICA</b>					
Non si considera il paragrafo 3.2 e 7.11.6.4 delle NTC 2018					
<b>AZIONE DEL VENTO</b>					
Non si considera il paragrafo 3.2 e 7.11.6.4 delle NTC 2018					
<b>AZIONE DELLA NEVE</b>					
Non si considera il paragrafo 3.2 e 7.11.6.4 delle NTC 2018					
<b>AZIONE DELLA TEMPERATURA</b>					
Non si considera il paragrafo 3.2 e 7.11.6.4 delle NTC 2018					
<b>AZIONE ECCEZIONALE (incendio, esplosione, urto)</b>					
Non si considera il paragrafo 3.2 e 7.11.6.4 delle NTC 2018					
<b>APPROCCIO DI CALCOLO</b>					
Approccio utilizzato	Barriera permanente				
Metodo di incremento dei carichi MEL	parametrizzazione del valore delle sollecitazioni secondo NTC 2018				
Approccio secondo NTC 2018	parametrizzazione:	secondo quanto definito dall'approccio definito nella NTC 2018			
<b>Barre di fondazione dei montanti: Approccio 2, Combinazione A1 + M1 + R3 §capitolo 6.4.3 NTC 2018 - Fondazioni su pali</b>					
<b>Ancoraggi dei controventi: Approccio 2, Combinazione A1 + M1 + R3 §capitolo 6.6.2 NTC 2018 - Tiranti di ancoraggio</b>					
Coeff. parziale per l'effetto delle azioni: Carico Variabile Sfavovente	$\gamma_{Qi}$ (A1 - STR)			1.50	§ Tabella 6.2.I
Coeff. parziale per i parametri geotecnici: Tangente phi	$\gamma_{\phi}$ (M1)			1.00	§ Tabella 6.2.II
Coeff. parziale per i parametri geotecnici: Coesione efficace	$\gamma_{c'}$ (M1)			1.00	§ Tabella 6.2.II
Coeff. parziale per i parametri geotecnici: Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$ (M1)			1.00	§ Tabella 6.2.II
Coeff. parziale per i parametri geotecnici: Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$ (M1)			1.00	§ Tabella 6.2.II
Coeff. parziale sulla resistenza a compressione uniassiale (in ROCCIA)	$\gamma_{qu}$ (M1)			1.60	
Coeff. parziale sulla resistenza caratteristica a carico verticale dei pali (per i pali)					
- Resistenza di base (palo trivellato)	$\gamma_b$ (R3)			1.35	§ Tabella 6.4.II
- Resistenza laterale di compressione (palo trivellato)	$\gamma_s$ (R3)			1.15	§ Tabella 6.4.II
- Resistenza totale (palo trivellato)	$\gamma$ (R3)			1.30	§ Tabella 6.4.II
- Resistenza laterale in trazione (palo trivellato)	$\gamma_{st}$ (R3)			1.25	§ Tabella 6.4.II
Coeff. parziale sulla resistenza per pali soggetti a carichi trasversali (per i pali)	$\gamma_T$ (R3)			1.30	§ Tabella 6.4.VI
Coeff. parziale sulla resistenza di ancoraggi (per i tiranti)					
	$\gamma_{Ra}$			1.20	§ Tabella 6.6.I
Coeff. riduzione sull'aderenza boiaccia-terreno	Metodo usato	Valore teorico da bibliografia/esperienza			
	Nessun test in_situ			0	imposta = 0
	$\zeta_{a1}$			1.85	valore superiore a 1.85
	$\zeta_{a2}$			1.85	valore superiore a 1.85
	$\zeta_{a3}$			1.85	valore superiore a 1.85
	$\zeta_{a4}$			1.85	valore superiore a 1.85

## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

<b>GIERREVU srl</b>		
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta Pec: gierrevu@percva.it Mail: studiogr@fastwebnet.it P.Iva: 01158000073		
<b>VALORI DI CALCOLO</b>		
COMBINAZIONI DI CARICO: Le azioni agenti su una barriera paramassi possono essere classificate, secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:		
a) permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, con sufficiente		
b) eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura (urti ed impatti);		
Dal momento che il carico eccezionale, derivante dall'impatto di un masso in movimento, è molto superiore a tutte le altre azioni nelle varie condizioni di carico si utilizza convenientemente la sola seguente combinazione (art. 2.5.3. NTC 2008), impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle		
azioni eccezionali di progetto $A_d : G + A_d + y_{21} \times Q_{k1} + y_{22} \times Q_{k2} + \dots$		
Poiché infine, come detto, i valori di G e $Q_{ki}$ sono molto inferiori alle sollecitazioni derivanti dall'urto, gli stessi possono essere convenientemente trascurati.		
Aderenza boiaccia-terreno - design	Qs-design	135.14 kPa
Trazione ancoraggio di monte laterale marginale d'estremità - design	T_L-design	270.00 kN
Trazione ancoraggio di monte laterale marginale di intervallo - design	T_M-design	210.00 kN
Trazione ancoraggio di monte intermedio - design	T_V-design	135.00 kN
Resistenza ancoraggio in fune (monte laterale marginale d'estremità)	R_AL-design	350.00 kN
Resistenza ancoraggio in fune (monte laterale marginale di intervallo)	R_AM-design	350.00 kN
Resistenza ancoraggio in fune (monte intermedio)	R_AV-design	385.00 kN

**Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

<b>GIERREVVU srl</b>				
Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta				
Pec: gierreVVU@percVda.it				
Mail: studlognV@fastwebnet.it				
P.iva: 01158000073				
<b>Verifica ancoraggi MONTE LATERALI DI ESTREMITA</b>				
Diametro funi per ancoraggio di monte laterale (marginale di estremità)			dn 20 mm	
Trazione ancoraggio di monte laterale marginale d'estremità - design	T_L-design		270.00 kN	
Resistenza ancoraggio in fune (monte laterale marginale d'estremità)	R_AL-design		350.00 kN	
Aderenza boiacca-terreno - design	Qs-design		135.14 kPa	
lunghezza ancoraggio	L_AL		6.5 m	
Corona circolare d'iniezione (valore suggerito)	c-dp (sugg)		20.00 mm	
Diametro minimo di perforazione (valore suggerito)	Dp-min (sugg)		80.00 mm	
Diametro di perforazione	Dp		100.00 mm	
Incremento della lunghezza di ancoraggio	Δ		50.00 cm	
coefficiente di riduzione funzione dello stato delle superfici	μ		0.85	
coefficiente di riduzione funzione del numero di trefoli	δ		0.85 (perché ci sono 2 trefoli)	
area laterale di 2 trefoli	Alat		816814 mm <sup>2</sup>	
tensione tangenziale aderenza cavallotto in fune-nucleo iniettato	τ_ai		0.46 MPa	
Coefficiente di sicurezza (per sezioni a cattiva aderenza)	γ_bd		2.00	
fattore minimo di sicurezza aderenza boicca-cavallotto	FS_min 1		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA ADERENZA CAVALLOTTO-NUCLEO INIETTATO	θ		2.05 verifica soddisfatta	
tensione tangenziale aderenza nucleo iniettato-terreno	τ_it		132.22 kPa	
fattore minimo di sicurezza aderenza boicca-terreno	FS_min 2		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA ADERENZA NUCLEO INIETTATO-TERRENO	θ		1.02 verifica soddisfatta	
fattore minimo di sicurezza ancoraggio in fune	FS_min 3		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA RESISTENZA FUNE	η		1.30 verifica soddisfatta	
<b>CONCLUSIONE DIMENSIONAMENTO FONDAZIONE ANCORAGGI DI MONTE DI ESTREMITA', SI ADOTTANO</b>				
Tipologia di ancoraggio	Ancoraggio in doppia fune spiroidale : dn 20 mm - costruzione 1 x 37 - classe 1570 MPa - con tubo e redancia			
diametro funi del cavallotto di ancoraggio	dn 20 mm			
Diametro di perforazione	100 mm			
lunghezza ancoraggio	7.00 m			
<b>Verifica ancoraggi DI MONTE LATERALI INTERMEDI</b>				
Diametro funi per ancoraggio di monte laterale (marginale di intervallo)			dn 20 mm	
Trazione ancoraggio di monte laterale marginale di intervallo - design	T_M-design		210.00 kN	
Resistenza ancoraggio in fune (monte laterale marginale di intervallo)	R_AM-design		350.00 kN	
Aderenza boiacca-terreno - design	Qs-design		135.14 daN/cm <sup>2</sup>	
lunghezza ancoraggio	L_AM		5.0 m	
Corona circolare d'iniezione (valore suggerito)	c-dp (sugg)		20.00 mm	
Diametro minimo di perforazione (valore suggerito)	Dp-min (sugg)		80.00 mm	
Diametro di perforazione	Dp		100.00 mm	
Incremento della lunghezza di ancoraggio	Δ		50.00 cm	
coefficiente di riduzione funzione dello stato delle superfici	μ		0.85	
coefficiente di riduzione funzione del numero di trefoli	δ		0.85 (perché ci sono 2 trefoli)	
area laterale di 2 trefoli	Alat		628319 mm <sup>2</sup>	
tensione tangenziale aderenza cavallotto in fune-nucleo iniettato	τ_αi		0.46 MPa	
Coefficiente di sicurezza (per sezioni a cattiva aderenza)	γ_bd		2.00	
fattore minimo di sicurezza aderenza boicca-cavallotto	FS_min 1		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA ADERENZA CAVALLOTTO-NUCLEO INIETTATO	θ		2.03 verifica soddisfatta	
tensione tangenziale aderenza nucleo iniettato-terreno	τ_ιt		133.69 kPa	
fattore minimo di sicurezza aderenza boicca-terreno	FS_min 2		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA ADERENZA NUCLEO INIETTATO-TERRENO	θ		1.01 verifica soddisfatta	
fattore minimo di sicurezza ancoraggio in fune	FS_min 3		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA RESISTENZA FUNE	η		1.67 verifica soddisfatta	
<b>CONCLUSIONE DIMENSIONAMENTO FONDAZIONE ANCORAGGI DI MONTE INTERVALLO, SI ADOTTANO</b>				
Tipologia di ancoraggio	Ancoraggio in doppia fune spiroidale : dn 20 mm - costruzione 1 x 37 - classe 1570 MPa - con tubo e redancia			
diametro funi del cavallotto di ancoraggio	dn 20 mm mm			
diametro di perforazione	100 mm			
lunghezza ancoraggio	5.50 m			
<b>Verifica ancoraggi DI VALLE</b>				
Diametro funi per ancoraggio di monte intermedio			dn 20 mm	
Trazione ancoraggio di monte intermedio - design	T_V-design		135.00 kN	
Resistenza ancoraggio in fune (monte intermedio)	R_AV-design		385.00 kN	
Aderenza boiacca-terreno - design	Qs-design		135.14 daN/cm <sup>2</sup>	
lunghezza ancoraggio	L_AM		3.5 m	
Corona circolare d'iniezione (valore suggerito)	c-dp (sugg)		20.00 mm	
Diametro minimo di perforazione (valore suggerito)	Dp-min (sugg)		80.00 mm	
Diametro di perforazione	Dp		100.00 mm	
Incremento della lunghezza di ancoraggio	Δ		50.00 cm	
coefficiente di riduzione funzione dello stato delle superfici	μ		0.85	
coefficiente di riduzione funzione del numero di trefoli	δ		0.85 (perché ci sono 2 trefoli)	
area laterale di 2 trefoli	Alat		439823 mm <sup>2</sup>	
tensione tangenziale aderenza cavallotto in fune-nucleo iniettato	τ_αi		0.42 MPa	
Coefficiente di sicurezza (per sezioni a cattiva aderenza)	γ_bd		2.00	
fattore minimo di sicurezza aderenza boicca-cavallotto	FS_min 1		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA ADERENZA CAVALLOTTO-NUCLEO INIETTATO	θ		2.21 verifica soddisfatta	
tensione tangenziale aderenza nucleo iniettato-terreno	τ_ιt		122.78 kPa	
fattore minimo di sicurezza aderenza boicca-terreno	FS_min 2		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA ADERENZA NUCLEO INIETTATO-TERRENO	θ		1.10 verifica soddisfatta	
fattore minimo di sicurezza ancoraggio in fune	FS_min 3		1.00 (FS min richiesto = 1.0)	
VERIFICA RESISTENZA FUNE	η		2.85 verifica soddisfatta	
<b>CONCLUSIONE DIMENSIONAMENTO FONDAZIONE ANCORAGGI DI MONTE INTERMEDIO, SI ADOTTANO</b>				
Tipologia di ancoraggio	Ancoraggio in doppia fune spiroidale : dn 20 mm - costruzione 1 x 37 - classe 1570 MPa - con tubo e boccola			
diametro funi del cavallotto di ancoraggio	dn 20 mm mm			
diametro di perforazione	100 mm			
lunghezza ancoraggio	4.00 m			



**Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio**

<b>GIERREVVU srl</b> Passage du Verger, 5 - 11100 Aosta Pec: gierrevu@percva.it Mail: studiogr@fastwebnet.it P.Iva: 01158000073			
<b>DETERMINAZIONE DEL NUMERO DI ANCORAGGI DI PROVA E RELATIVO CARICO</b>			
Per ogni tipologia di terreno omogeneo si definiscono:			
APPENDICE B "Prove su ancoraggi di fondazione e chiodi passivi" - NORMA UNI 11211-4 (2018)			
<i>ANCORAGGI DI FONDAZIONE IN OPERA</i>			
Per ogni tratta di barriere dovranno essere eseguiti i seguenti test			
<b>Tipologia di ancoraggio</b>	<b>Numero di prove (da UNI 11211-4)</b>	<b>Range di prova UNI 11211-4</b>	<b>Valore di riferimento in kN (Carico nominale +20%)</b>
ANCORAGGIO LATERALE MARGINALE DI ESTREMITA	1 PROVA	Numero di ancoraggi inferiore a 20	216.00
ANCORAGGIO LATERALE MARGINALE DI INTERVALLO (A < 2.0 m)	1 PROVA	Numero di ancoraggi inferiore a 20	168.00
ANCORAGGIO INTERMEDIO	1 PROVA	Numero di ancoraggi inferiore a 20	108.00
La posizione degli ancoraggi di prova per le fondazioni in opera sarà definito in fase esecutiva dall DL.			
<b>APPENDICE B §B.1.2 - UNI 11211-4</b>			
Dovranno essere scelte delle metodologie di prova idonee a non arrecare danni significativi ai componenti strutturali dall'ancoraggio. Al fine di evitare deformazioni plastiche (in particolare riduzione della dimensione) dell'asola dell'ancoraggio di fondazione, si potranno utilizzare perni di connessione all'attrezzatura di prova aventi idonea dimensione.			
<b>APPENDICE B §B.1.4 - UNI 11211-4</b>			
Il numero di prove e l'ubicazione delle prove devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione.			
<b>APPENDICE B §B.1.5 - UNI 11211-4</b>			
La procedura di prova consiste nell'applicazione del carico NC in direzione assiale all'ancoraggio mediante incrementi di carico, a partire dal valore di allineamento N0 = 0,10 NQ. I passi di carico devono essere pari a circa il 20% di NQ. Durante la prova il carico deve essere mantenuto costante ad ogni passo per almeno 1 min, controllando che non si abbiano diminuzioni del tiro per rottura dell'ancoraggio. Il carico di prova NC deve essere mantenuto costante per almeno 5 min, nel caso di ancoraggi in roccia, e per almeno 15 min, nel caso di ancoraggi in terra. La prova non è superata se al ripristino delle pressioni del martinetto si manifestano cedimenti.			
<b>APPENDICE B §B.1.6 - UNI 11211-4</b>			
L'attrezzatura deve permettere l'applicazione della forza di trazione in direzione assiale all'ancoraggio con una tolleranza angolare di ±15°. Il sistema di contrasto sul terreno deve essere realizzato con strutture di ripartizione che agiscano ad una distanza non minore di 0,5 m dall'asse del tirante. Il sistema di misura del carico deve essere verificato presso un laboratorio di prova riconosciuto.			
*****			
<b>NOTE:</b>			
Si precisa che nel dimensionamento e verifica oggetto della presente relazione sono state definite alcune ipotesi progettuali, prima tra tutte l'assunzione di ben specifici carichi di progetto e tipologie di terreni. Tutte le eventuali variazioni delle ipotesi al contorno che non rispettassero quanto qui previsto nonché tutte le eventuali variazioni non presunte, comporteranno evidentemente la necessità di procedere alla verifica della validità dei risultati ottenuti.			
Si dovranno verificare in particolare:			
- le specifiche condizioni locali del terreno al fine di valutarne la corrispondenza con le ipotesi progettuali, verificando particolarmente la coerenza tra previsioni stratigrafiche indicate nella presente relazione sia attraverso le prove preliminari, ma anche con la continua osservazione e verifica dell'andamento della perforazione.			
- particolare cura dovrà essere posta in dette osservazioni soprattutto per quanto riguarda l'infissione degli ancoraggi nel caso di ricoprimenti in materiale avente caratteristiche inferiori a quelle di progetto, nel qual caso si renderà necessario aumentare convenientemente le lunghezze degli ancoraggi.			
- verificare la compatibilità di materiali e modalità esecutive con le specifiche esigenze di ogni singolo intervento.			
GIERREVVU SRL Ing. Alberto Grimod			
 Ing. Alberto Grimod			



## Relazione di calcolo: Fondazioni fermaneve monoancoraggio

### 9 Test di sfilamento degli ancoraggi

Gli ancoraggi che verranno testati saranno gli ancoraggi di monte delle strutture fermaneve monoancoraggio.

Le prove di sfilamento saranno condotte in accordo alla UNI 11211-4 (2018) e alle Linee Guida AICAP.

Il numero e i valori di prova sono indicati nelle seguenti tabelle:

Tipo di ancoraggio	Numero di ancoraggi testati (ancoraggio della struttura) *	Sforzo di trazione per il test
MONTE	2 ancoraggi **	Valore di calcolo + 20%

\* l'ancoraggio che verrà testato sarà scelto arbitrariamente dal Direttore Lavori a seguito dell'ultimazione degli ancoraggi;

\*\* in accordo al paragrafo B.1.4 il numero di prove da realizzare sarà pari a 2, in quanto il numero di ancoraggi è compreso tra 21 e 50, e il terreno risulta omogeneo sull'intero versante di analisi.