



Manuale Didattico

# LA CATENA DI ASSICURAZIONE

*Ricerche, studi, test e risultati  
per il corretto impiego dei materiali alpinistici  
che compongono la catena di assicurazione*

1ª edizione - Gennaio 1995  
2ª edizione - Ottobre 1997



COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

## Norme UIAA e norme CEN

Le norme UIAA son vecchie di più di trent'anni e quindi consolidate da una notevole esperienza nel campo specifico degli attrezzi d' alpinismo ed hanno valore in tutto il mondo (più precisamente nei 65 paesi membri). Esse sono espresse da comitati tecnici di un' associazione (la UIAA appunto) internazionale e sono intese come "volontarie" nel senso che sta al fabbricante decidere se vuole o no produrre attrezzi che soddisfino le norme UIAA, quindi esse hanno un significato puramente commerciale.

Le norme CEN sono espressione della volontà del Parlamento Europeo che ha approvato la direttiva riguardanti il PPE (Personal Protection Equipment) ed hanno validità solamente in Europa. I PPE riguardano non solo gli attrezzi alpinistici, ma tutti gli attrezzi che possono essere usati in campo industriale per prevenire le conseguenze di una caduta dall'alto. Le norme CEN sono obbligatorie in Europa dal luglio 1995, nel senso che non è legale produrre e mettere in commercio attrezzi non conformi alle norme CEN.

Le norme CEN sono quasi sempre una traduzione delle norme UIAA anche se in alcuni casi per le norme più recenti si è verificato il processo inverso.

### NORME CEN e marchiatura CE

Le norme CEN sono individuate con la sigla EN (European Norm) seguita dal numero di identificazione; per esempio il testo della norma sulle corde ha il n° EN 892. Questa sigla non ha nulla a che vedere con la marchiatura degli attrezzi alpinistici che devono presentare, se corrispondenti alle norme europee, un marchio con le lettere CE (conforme alle esigenze).

### CATEGORIE DI RISCHIO

I PPE che vengono impiegati nel lavoro e in settori sportivi come l'alpinismo sono suddivisi in tre categorie, in relazione all'importanza che rivestono per la sicurezza della persona, dal rischio da cui proteggono ed alla loro complessità di progettazione:

CAT 1- protezione contro danni fisici di lieve entità; progettazione semplice.

CAT 3- protezione contro rischi di morte o lesioni gravi di carattere permanente; progettazione complessa.

CAT 2- prodotti con caratteristiche intermedie fra 1 e 3.

L'appartenenza di un prodotto ad una categoria di rischio richiede determinati requisiti qualitativi e comporta particolari tipi di controllo della produzione da parte di un Notified Body (organismo notificato). Si tratta, in pratica, di un istituto di analisi e controllo ufficialmente riconosciuto dal governo, che può avere al suo interno uno o più laboratori per le prove (anch'essi riconosciuti) o appoggiarsi ai laboratori esterni. L'istituto controlla la qualità di produzione e la sua rispondenza alle dichiarazioni commerciali e deve essere "notified", cioè notificato dal proprio governo alla Commissione Europea quale istituto capace di espletare correttamente questi compiti.

### MARCHIATURA

La confusione normativa giustifica, in parte, la molteplicità di marchiature CE che si vedono ancora in giro. Il vecchio sistema prevedeva la marchiatura seguente:

CAT 1- solo CE

CAT 2- CE seguito da un anno di approvazione (ultime due cifre), es. CE 92

CAT 3- CE seguito da un anno di approvazione e dal numero di identificazione (ID) del Notified Body che effettua la sorveglianza (es. EN 569 = numero norma - 0123 = numero dell'istituto o del laboratorio che rilascia il certificato di conformità).

La data veniva spesso identificata, da alcuni fabbricanti, come quella della produzione del pezzo.

A partire dal '97 la situazione è cambiata; per evitare errate interpretazioni da parte dei fabbricanti, particolarmente, sul significato dell'anno da inserire nelle marchiature si è deciso di eliminarlo. Resterà dunque la sigla CE seguita dal numero di identificazione (ID) del "Notified Body" che ha eseguito o esegue il controllo. Nel primo caso si tratta di un "Notified Body" che si limita ad eseguire le prove di laboratorio necessarie per verificare la rispondenza alle norme dei materiali (PPE che rientrano in CAT 2). Nel secondo caso si tratta di un Notified Body che mantiene sotto controllo la fabbrica, eseguendo o facendo eseguire prove di laboratorio sui prodotti con una frequenza da esso stessa decisa (PPE che rientrano in CAT 3).

a cura della **COMMISSIONE NAZIONALE**  
**MATERIALI E TECNICHE** del Club Alpino Italiano



COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana  
CLUB ALPINO ITALIANO

## La Catena di Assicurazione

# Prima Parte

ARGOMENTI DI BASE





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

# Sommario

- 1 COMPOSIZIONE DELLA CATENA DI ASSICURAZIONE
- 2 OBIETTIVI DELLA CATENA DI ASSICURAZIONE
- 3 PER CAPIRE I MECCANISMI DELLA CATENA DI ASSICURAZIONE
- 4 TRATTENERE UNA CADUTA: SOLLECITAZIONI SUL CORPO UMANO
- 5 TRATTENERE UNA CADUTA: GLI EFFETTI DELLA DECELERAZIONE
- 6 ARRESTO DI CADUTA A TESTA IN GIU'
- 7 IL PARACADUTE IDONEO ALL'ALPINISTA DEVE CONSIDERARE...
- 8 COME SI ATTIVANO GLI ELEMENTI DELLA CATENA DI ASSIC.
- 9 L'IMBRAGATURA
- 10 LA CORDA
- 11 DETERMINANTE NELLA CORDA E' LA DEFORMABILITA'
- 12 L'ALLUNGAMENTO DELLA CORDA
- 13 DOVE VA A FINIRE L'ENERGIA DI CADUTA?
- 14 IL FATTORE DI CADUTA SI DETERMINA A CORDA BLOCCATA
- 15 CON UN FRENO IL FATTORE DI CADUTA PERDE SIGNIFICATO
- 16 FORZA DI IMPATTO O ARRESTO
- 17 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLA CORDA
- 18 ALTRI ELEMENTI DELLA CATENA DI ASSICURAZIONE
- 19 LA FUNZIONE DEI FRENI
- 20 LA SCELTA DI UN BUON FRENO



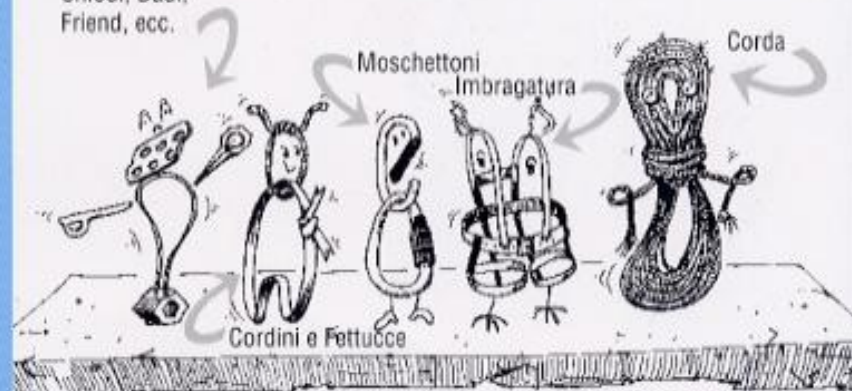
# Composizione della catena di assicurazione



## STRUMENTI DI COLLEGAMENTO E ANCORAGGIO



Chiodi, Dadi,  
Friend, ecc.





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneto - Friulana Giuliata

CLUB ALPINO ITALIANO

## Composizione della catena di assicurazione

I componenti della catena di assicurazione li possiamo individuare semplicemente negli elementi che insieme concorrono alla sicurezza della cordata ovviamente nel caso in cui si verifichi una caduta.

Gli elementi quali corda, cordini e fettucce, imbragatura, moschettoni sono elementi essenziali della catena di assicurazione, ma accanto a questi, non dimentichiamo che fanno parte della catena anche i freni e gli ancoraggi naturali ed artificiali.





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana  
CLUB ALPINO ITALIANO

# Obiettivi della catena di assicurazione



**RIDURRE I DANNI  
A CHI CADE  
A CHI ASSICURA**



COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

# Obiettivi della catena di assicurazione

Premettiamo che la caduta è vista sempre come un evento non abituale e che va evitato.

La catena di assicurazione comincia ad entrare in azione nel momento in cui un alpinista cade; l'obiettivo che noi ci prefiggiamo è perciò quello di ridurre al minimo i danni sia a colui che cade, sia a chi, in sosta, sta assicurando. Infatti, anche chi assicura può subire dei traumi causati ad esempio dallo sbattere violentemente contro la parete, dallo trascinarsi delle dita all'interno del freno o dallo scorrimento della corda nella mano; scorrimento, che può generare bruciature anche gravi.





# Per capire i meccanismi della catena di assicurazione



**CON CORDA BLOCCATA**

**CON UN FRENO**





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Per capire i meccanismi della catena di assicurazione

Negli scritti sull'assicurazione si pone spesso l'accento sul caso limite delle corda bloccata (in sosta, lungo il percorso) perché in questo caso si ha la massima tensione nella corda e quindi la massima sollecitazione sui materiali; i tecnici hanno usato questi valori per stabilire le prove che un attrezzo deve superare per ottenere il marchio UIAA e CE.

In pratica però questo evento è raro (per es. corda incastrata in una fessura), sicché la corda è trattenuta con l'ausilio di freni di varia natura.

I freni sono dunque un elemento fondamentale dell'assicurazione e vanno studiati sia per conoscerne le caratteristiche, sia perché nei casi normali essi contribuiscono, ancor più della corda, a determinare gli sforzi che agiscono sugli altri elementi della catena di assicurazione.



# Trattenere una caduta: sollecitazioni sul corpo umano

**INVOLUCRO ESTERNO  
E ORGANI INTERNI**



**DANNI AGLI ORGANI INTERNI  
CON PARACADUTE TROPPO GRANDE**





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Trattenere una caduta: sollecitazioni sul corpo umano

In questa pubblicazione, che ha finalità didattica, riteniamo corretto iniziare l'analisi della catena di assicurazione ponendo al centro dell'attenzione il corpo umano. Analizzeremo perciò cosa succede quando un corpo umano cade, allo scopo di determinare, all'interno della catena di assicurazione, qual'è l'elemento essenziale, tra quelli elencati precedentemente, che elimina o quantomeno riduce eventuali danni ai componenti della cordata. Innanzitutto dobbiamo porci una domanda fondamentale: quali sono le sollecitazioni che il corpo umano può subire quando sfortunatamente cade?

In caso di caduta il corpo umano è sottoposto a due tipi di sollecitazioni: quelle che interessano l'involucro esterno e quelle che sollecitano gli organi interni. L'involucro esterno viene danneggiato in caso di urto contro la roccia, evento non sempre evitabile ma comunque sufficientemente ridotto, nella sua potenziale pericolosità, quando la catena di assicurazione è composta in maniera corretta.

Ai fini di quanto sopra esposto è quindi fondamentale analizzare cosa può accadere agli organi interni in caso di volo, in cui il corpo umano non urti contro la parete e la caduta sia arrestata dall'intervento esclusivo della catena di assicurazione. Il considerare questo caso limite ci dà la possibilità di confrontarci con fenomeni che si verificano normalmente in altre attività come ad esempio nel paracadutismo. In ricerche e studi svolti dall'aeronautica francese, in particolare durante il secondo conflitto mondiale, è stato scoperto che in alcuni casi, all'apertura del paracadute si verificavano danni agli organi interni. Questi danni erano collegati all'accelerazione, o meglio alla decelerazione, che il corpo umano subiva al momento dell'apertura del paracadute.





## Trattenere una caduta: gli effetti della decelerazione



**UNA FORTE DECELERAZIONE  
PUO' PROVOCARE LESIONI  
NEL CORPO UMANO**

**IL DIAMETRO DEL PARACADUTE  
DETERMINA LA VIOLENZA DELLA  
DECELERAZIONE.  
(Valore di sicurezza  
sopportabile 15 g)**





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Trattenere una caduta: gli effetti della decelerazione

Se un corpo viene accelerato, o decelerato, esso diviene sede di forze di inerzia.

Nel caso del corpo umano, al verificarsi di una caduta e conseguentemente all'entrata in azione della corda, si ha come effetto una forte decelerazione e la formazione delle corrispondenti forze d'inerzia che, attraverso l'imbragatura, sono trasmesse alla corda.

L'esempio tipico è il comportamento del sangue: la raccolta delle forze d'inerzia richiede un aumento della sua pressione in alcuni vasi, con possibile danneggiamento degli stessi. Tutto ciò può portare alla perdita della conoscenza e a lesioni interne.

Analizziamo ora quale relazione c'è tra questi effetti e le cause che li generano.

Paracadute troppo piccoli implicano un effetto frenante troppo basso, tale per cui, il paracadutista rischierà quantomeno gravi traumi agli arti inferiori al contatto con il suolo. Paracadute molto ampi invece causano l'effetto negativo di cui si parlava in precedenza: dopo il lancio e la conseguente accelerazione del corpo, che ne annulla la sensazione di peso durante il volo libero, all'apertura del paracadute, la decelerazione può risultare talmente forte da far perdere i sensi al paracadutista, anche se questo si trova in posizione eretta. Di fronte a questi dati e considerazioni, i ricercatori si sono posti il problema di valutare il massimo valore di decelerazione sopportabile, per poi dimensionare di conseguenza il diametro del paracadute. **Tale valore è stato definito in 15 volte g, dove g è il valore dell'accelerazione di gravità convenzionale.**

Mettiamo fin d'ora in evidenza che il valore di 15 g è il limite di sicurezza, sopportabile oltretutto per tempi molto brevi. E' opportuno chiarire, inoltre, che si parla di accelerazione o decelerazione esattamente alla stessa maniera, in quanto non cambia l'effetto sul corpo umano.



COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

6

## Arresto di caduta a testa in giù



**CON I "G NEGATIVI"  
LA DECELERAZIONE  
FA FLUIRE IL SANGUE  
AL CERVELLO**

**L'UOMO  
IN QUESTA CONDIZIONE  
NON SOPPORTA "15 g"**







## Arresto di caduta a testa in giù

Il corpo umano mal tollera nello stesso modo sia gli effetti di un' accelerazione che di una decelerazione. Infatti sia la partenza di un vettore spaziale che l'apertura di un paracadute, se eseguite in maniera brusca, risultano egualmente pericolose per il corpo umano. Il modo in cui però tale accelerazione o decelerazione viene applicata al corpo umano produce effetti diversi, a seconda che essa tenda a far fluire il sangue verso il cervello o verso gli arti inferiori. In altre parole, se il vettore accelerazione agisce facendo fluire il sangue al cervello si parla del fenomeno dei "g negativi". Nel caso opposto si parla di "g positivi". I "g negativi" sono tollerati molto peggio dal corpo umano poiché l'afflusso di una notevole quantità di sangue al cervello può portare a danni anche permanenti ad organi vitali.

Pensiamo al paracadutista; se esso è in posizione eretta, allora la decelerazione determinata dall'apertura del paracadute tenderà a far fluire il sangue verso gli arti inferiori. Se al contrario, il paracadutista è capovolto quando subisce lo strappo conseguente all'apertura del paracadute, il sangue tenderà a fluire verso il cervello. Anche nei sistemi di pilotaggio "by wire" automatici degli aerei a reazione viene data importanza a questo fenomeno, impedendo di fatto al pilota di effettuare, a certe velocità, la manovra di picchiata cioè di abbassamento repentino del muso con l'inserimento dell'aereo in una traiettoria curva che generi nel corpo del pilota (con direzione dagli arti inferiori alla testa) una forza centrifuga troppo elevata. Tale manovra genererebbe così un forte valore di "g negativo" sul pilota che potrebbe anche portare alla perdita di conoscenza dello stesso.

Nel nostro caso le conseguenze, al termine della caduta, dello strappo della corda con l'alpinista a testa in giù possono essere decisamente più gravi. In condizioni di "g negativo" il valore di riferimento viene ridotto dai 15 g definiti in precedenza ad un valore molto più basso (circa 4-6 volte l'accelerazione di gravità).

Per quanto detto sopra ed in considerazione della variabilità di orientamento del corpo in fase di caduta, la scelta del tipo di imbragatura va seriamente e consapevolmente valutata, considerando il genere di arrampicata e la presenza ed il peso dello zaino.





# Il paracadute idoneo all'alpinista deve considerare...

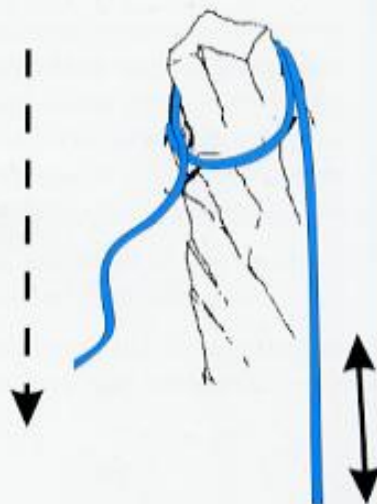


**15 g**

**g = accelerazione di gravità**

**IL VALORE  
DI DECELERAZIONE  
SOPPORTABILE  
(FORZA DI ARRESTO)**

**LA CORDA BLOCCATA  
E NON FRENATA  
(eventualità sempre  
possibile)**





## Il paracadute idoneo all'alpinista deve considerare...

Finora abbiamo visto che le decelerazioni (positive o negative che siano) possono raggiungere valori dannosi per il corpo umano. Altri esempi in cui le accelerazioni limitano in qualche modo le applicazioni tecnologiche o sportive sono: il lancio di un vettore spaziale mediante un razzo, l'ottovolante, ecc. Il valore di 15 g, applicato ad una massa di 80 kg, che è la massa di riferimento di un alpinista, ed è anche il valore assunto dall'UIAA per le prove sui materiali, equivale ad una forza di 1200 daN (circa 1200 Kg peso), limite di sicurezza fisiologico.

**Nel tentativo di applicare questi concetti all'alpinismo, cerchiamo di definire quale può essere il paracadute dell'alpinista.** In alpinismo una brusca decelerazione si può verificare quando contemporaneamente accadono alcuni eventi, e cioè: la corda resta per qualche motivo bloccata in sosta, oppure viene bloccata su uno spuntone o in una fessura. In questi casi la condizione è simile a quella del paracadute troppo grande, cioè situazione che si vuole e che dobbiamo evitare.

Come si era già detto, si vede l'utilità di ricorrere a questo caso limite per valutare le sollecitazioni massime e quindi le caratteristiche da richiedere alle corde.

Se invece la corda scorre dentro un freno, la decelerazione che si raggiunge sarà minore rispetto ai casi, prima esemplificati, del suo bloccaggio.



# Come si attivano gli elementi della catena di assicurazione

## RESISTENZA



## DEFORMABILITA' ELASTICA E PLASTICA



## ATTRITI



## DISTRIBUZIONE DELLE FORZE







COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneto - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

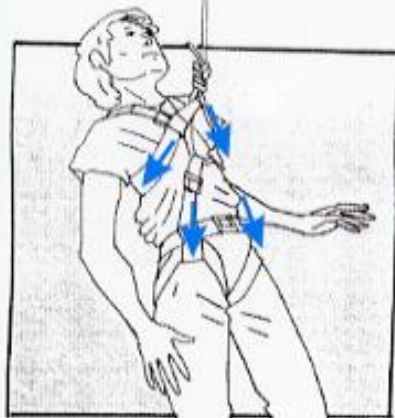
## Come si attivano gli elementi della catena di assicurazione

Una volta determinato cosa può succedere ad un corpo che cade, dobbiamo analizzare nella pratica alpinistica, all'interno della catena di assicurazione, quali elementi, con le loro caratteristiche, potrebbero eliminare o quantomeno ridurre il problema della brusca decelerazione. Consideriamo quindi tutti gli elementi interposti tra il corpo umano e l'ancoraggio, a partire dall'imbragatura, e vediamo come questi siano in grado di ridurre gli effetti della decelerazione.





## L'imbragatura



**RIPARTISCE  
LA FORZA  
DI ARRESTO**

**MANTIENE CORRETTA  
LA POSIZIONE IN FASE DI  
DECELERAZIONE**





## L'imbragatura

Scopo dell'imbragatura è quello di ripartire, in modo razionale e non traumatico, la forza d'arresto (vedi pag. 40) sul corpo umano, in seguito ad una caduta. L'imbragatura, come nel caso del paracadutista, non contribuisce a diminuire la decelerazione ma, se razionalmente concepita, essa può far assumere al corpo umano, in caso di caduta, una posizione corretta (testa rivolta verso l'alto).



## La corda

**CORDA  
"STATICA"  
PIU' RIGIDA  
DELLA CORDA  
UIAA**

5 m di CORDA  
10 m di VOLO  
80 kg di MASSA



DECELERAZIONE  
MAGGIORE

ALLUNGAMENTO  
MINORE

FORZA D'ARRESTO  
MAGGIORE DI 1200 daN

**CORDA PIU'  
DEFORMABILE  
DELLA CORDA  
UIAA**

5 m di CORDA  
10 m di VOLO  
80 kg di MASSA

DECELERAZIONE  
MINORE

ALLUNGAMENTO  
MAGGIORE

FORZA D'ARRESTO  
MINORE DI  
1200 daN



**CORDA  
UIAA**

5 m di CORDA  
10 m di VOLO  
80 kg di MASSA

FORZA D'ARRESTO  
LIMITE MASSIMO 1200 daN





## La corda

L'elemento primario della catena di assicurazione è la corda, non solo per la sua ovvia funzione di limitare una caduta, ma anche perché attraverso la corda si trasmettono gli sforzi ai vari componenti della catena di assicurazione.

Nel caso più frequente in cui si impiega un freno per l'arresto, la corda ha un ruolo nel determinare la forza messa in gioco dal freno, e trasmettere tale forza agli altri componenti della catena di assicurazione e al corpo umano.

Nel caso limite di corda bloccata, è essa stessa che, con la sua deformazione, determina un arresto graduale della caduta; la corda è in tal caso "il paracadute" dell'alpinista. Le norme UIAA-CEN prescrivono appunto che le corde si deformino almeno quanto è necessario perché la punta massima della forza d'arresto non superi il valore di 1200 daN; d'altra parte richiedono alla corda una rigidità sufficiente per lo svolgimento di tutte le manovre relative al suo impiego.

Ovviamente la caratteristica fondamentale da richiedere a una corda è che non si rompa nel trattenere una caduta. A questo scopo le suddette norme, facendo ancora riferimento al caso limite di corda bloccata, prescrivono che essa resista ad almeno 5 cadute di una massa di 80 kg, come si dirà più avanti (cfr. pag. 61).





# Determinante nella corda è la deformabilità

## LA CORDA, DEFORMANDOSI, ASSORBE QUASI TUTTA L'ENERGIA





## Determinante nella corda è la deformabilità

Con riferimento ancora alla situazione di estremo bloccato, quanto maggiore sarà la deformabilità della corda, tanto meno pericolose saranno le conseguenze della caduta, sia per quanto riguarda il corpo dell'alpinista che cade, che per quanto riguarda l'ancoraggio.

Per deformare la corda si deve spendere energia trasferendola al suo interno come energia di deformazione elastica, e calore per la parte di deformazione plastica. Nel caso dell'alpinista che cade, l'energia che viene impiegata è l'energia acquisita con la velocità, o energia cinetica.

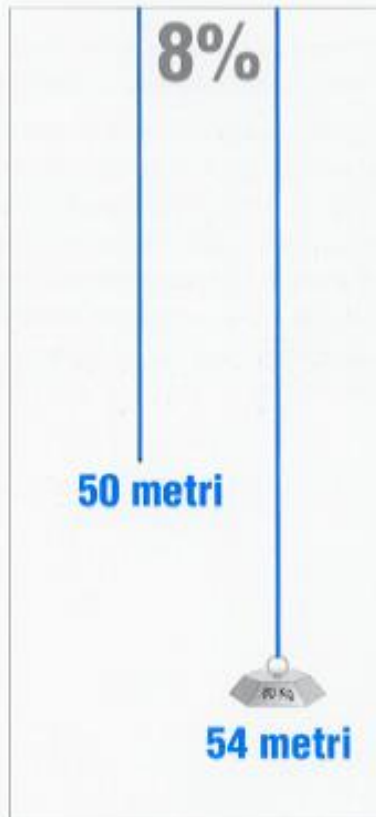
**Se si confrontano varie condizioni in cui l'altezza di caduta presenta lo stesso rapporto (fattore di caduta) con la lunghezza della corda, resta costante in esse l'energia di deformazione riferita all'unità di lunghezza della corda, e quindi lo sforzo massimo nella corda stessa.**

L'assorbimento di questa energia di deformazione, richiede sforzi più elevati se minore è la deformabilità e quindi l'allungamento relativo della corda.

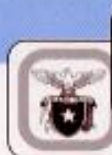


# L'allungamento della corda

## ALLUNGAMENTO RELATIVO







COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## L'allungamento della corda

Sottoposti ad uno sforzo uguale, tratti di corda di diversa lunghezza subiscono lo stesso allungamento **relativo**, cioè riferito all'unità di lunghezza originaria della corda.

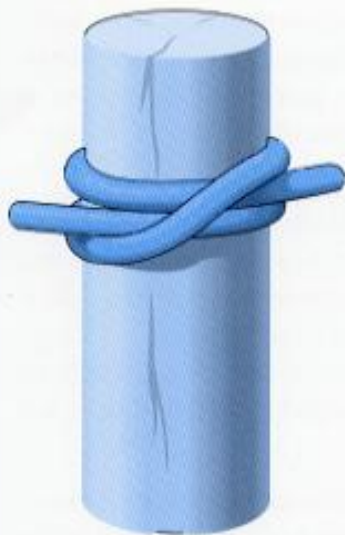
In pratica se uno spezzone di corda della lunghezza di un metro, si allunga di 8 cm per effetto del carico di 80 kg, una corda da 50 m raggiungerà, a parità di carico, la lunghezza di 54 m con un allungamento assoluto di 4 metri contro gli 8 cm di prima, mentre risulterà uguale nei due casi l'allungamento relativo dell'8%.

E' questo un particolare di non poca importanza per capire i concetti che seguono. Infatti più è lunga la corda che collega l'alpinista alla sosta (quindi interessata al fenomeno), più essa si può deformare, trasformando l'energia cinetica in energia di deformazione.



## Dove va a finire l'energia di caduta?

**CON CORDA  
BLOCCATA**



**QUASI TUTTA  
SULLA CORDA**

**CON CORDA  
FRENATA**



**QUASI TUTTA  
SUL FRENO**



COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Góialiana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Dove va a finire l'energia di caduta?

Analizziamo ora l'energia cinetica che deve essere neutralizzata dalla capacità di deformazione della corda. Nel caso dell'alpinista che cade, l'energia cinetica è nulla quando l'alpinista sta per cadere. Essa risulta nulla alla fine del volo, quando il corpo è di nuovo fermo; essa sarà invece massima praticamente nel momento in cui la corda inizia l'azione frenante vera e propria. L'energia cinetica che il corpo possedeva un attimo prima dell'inizio dell'azione della corda finisce tutta nella catena di assicurazione.

Ma dove all'interno della catena? Il dove dipende dalle modalità con cui la catena sta funzionando. Se la corda è bloccata in sosta, allora l'energia è andata a finire quasi tutta in deformazione della corda. Se invece, nella catena di assicurazione, c'è un freno, buona parte dell'energia di caduta (energia cinetica) va a finire nel freno e non nell'allungamento della corda. Tutto questo in quanto la corda comincia a scorrere nel freno che, dissipando energia, la trasforma da cinetica in termica per mezzo delle forze di attrito.

Bisogna capire a fondo questa differenza di situazione per non generare confusione, in seguito, sull'utilità di concetti come forza di arresto e fattore di caduta. Effettuare studi in alpinismo su tecniche e materiali, significa inanzitutto partire da situazioni limite. E' per questo che definiamo le condizioni limite dei nostri materiali quando essi lavorano nelle condizioni peggiori e cioè quando il freno non c'è: in altre parole quando la corda è bloccata in sosta.





# Il fattore di caduta si determina a corda bloccata





## Il fattore di caduta si determina a corda bloccata

L'energia in gioco in una caduta dipende dall'altezza di quest'ultima e viene assorbita dalla corda, come energia di deformazione. Si osserva che lo sforzo massimo, nel caso di corda bloccata, dipende unicamente dal rapporto tra altezza di caduta e lunghezza di corda interessata; questo rapporto prende il nome di **"Fattore di caduta"**.

Analizziamo qualche esempio: se ci si alza dalla sosta per 5 metri senza mettere rinvii e improvvisamente si cade, risulterà un volo di 10 metri, mentre la lunghezza di corda in grado di assorbire energia sarà di 5 metri, da cui il fattore di caduta  $10/5=2$ ; se invece ci si alza di 10 metri, sempre senza rinvii, il volo sarà di 20 metri e la corda interessata ne misurerà 10, per cui il fattore di caduta  $20/10=2$  è identico al precedente e identica sarà la forza massima con cui la corda reagisce, sempre supposto che sia bloccata in sosta.

Naturalmente in arrampicata si usano i freni, ma il volo a corda bloccata può capitare accidentalmente, ad esempio per incastro della corda in una fessura o su uno spuntone o ancora per utilizzo improprio di un freno o ancora per veri e propri errori di manovra.

La conoscenza del fattore di caduta inoltre, permette di comprendere l'assoluta necessità del dissipatore nell'assicurazione lungo le funi d'acciaio, tese verticalmente, delle ferrate; in questa situazione si potrebbero verificare cadute statiche di fattore 5, 10 e più, alle quali nessuna corda reggerebbe.

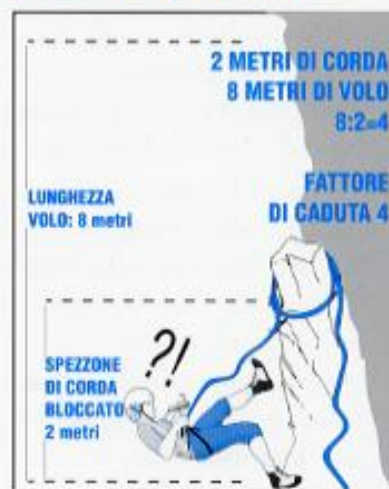


Con un freno, il fattore  
di caduta perde significato



~~FATTORE  
DI CADUTA~~

FATTORI DI CADUTA SUPERIORI A DUE







COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneto - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Con un freno, il fattore di caduta perde significato.

In arrampicata si considerano le seguenti situazioni: volo in cui non vi sono né attriti contro la parete, né rinvii, e volo in cui questi sono presenti.

Nel primo caso, la quasi totalità dell'energia di caduta viene dissipata attraverso lo scorrimento della corda entro il freno, realizzando così una trattenuta "dinamica". Qui il meccanismo di dissipazione dell'energia, rispetto al caso di corda bloccata, cambia radicalmente: raggiunta una tensione che dipende dal freno usato, la corda inizia a scorrere e dissipa energia per attrito, mentre la tensione nella corda resta costante.


Nel secondo caso, più complesso, rinvii e attrito con la roccia costituiscono dei freni aggiuntivi, funzionanti "in serie" al freno principale. L'azione frenante risulta vantaggiosamente ripartita e ridotto lo scorrimento della corda nel freno; purtroppo però la somma delle varie azioni frenanti può arrivare talvolta a impedire di fatto lo scorrimento nel freno, avvicinando la situazione a quella di corda bloccata.

Nel primo caso il fattore di caduta non c'entra per nulla, nel secondo ha qualche significato, ma va precisato che il tratto di corda compreso fra l'ultimo rinvio posizionato e la sosta, contribuisce all'assorbimento di energia in misura ridotta, per unità di lunghezza (dato il suo sforzo minore), rispetto al ramo di corda compreso fra l'ultimo rinvio ed il corpo dell'alpinista.

Resta comunque prioritaria l'utilità di mettere frequenti rinvii allo scopo di limitare l'altezza di caduta e conseguentemente la lunghezza di corda che deve scorrere nel freno per arrestare il volo.

# Forza di impatto o arresto

## ALL'ACQUISTO QUALE CORDA SCEGLIERE ?

	Corda	Bergseil	Cuerdas
	 1 CE 970183 EN 892	MSE	
Modello	Primula	Edelweiss	Lirio rojo
Tipo di corda	Semplice	Einfachseil	Simple
Diametro nominale	11 mm	11 mm	11 mm
N° di cadute UIAA	8	8	8
Forza d'arresto	1200 daN	800 daN	1000 daN
Carico a rottura	2500 daN	2500 daN	2500 daN
Allungamento (80 kg)	7%	7%	7%
Flessibilità al nodo	0.8	0.8	0.8
Scorrimento calza	0	0	0



COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Forza di impatto o arresto

E' la forza che agisce sulla corda e sull'alpinista al momento dell'arresto della caduta, ossia nel momento in cui tale forza raggiunge il suo valore massimo.

Analizziamo la caduta. Allorchè entra in azione per trattenere l'alpinista che cade, la corda comincia a tendersi e ad allungarsi, quindi ad assorbire energia.

La tensione della corda, ossia la forza che agisce su di essa e che si scarica sull'alpinista, aumenta progressivamente fino a toccare il valore più elevato in corrispondenza al massimo allungamento della corda, cioè al momento di arresto della caduta; di qui il termine **\* forza d'arresto\***.

Tale valore dipende dalle caratteristiche di deformabilità della corda: a parità di massa che cade e di fattore di caduta, corde poco deformabili ("rigide") determinano forze di arresto elevate, pericolose per l'alpinista e per gli ancoraggi, mentre si ottengono valori bassi con corde molto deformabili ("elastiche"), che sono però poco pratiche nelle manovre. Una buona corda dovrà perciò rappresentare il giusto compromesso tra le esigenze di funzionalità e la necessità di contenere la forza di arresto entro limiti accettabili anche nelle peggiori condizioni di caduta. Al riguardo, la normativa UIAA stabilisce che la forza d'arresto alla prima caduta - per un volo a corda bloccata, con massa di 80 kg, a fattore di caduta ca. 2 - non debba superare il valore di 1200 daN.

Attenzione, infine, a non confondere la forza d'arresto con il carico a rottura della corda, che è la forza necessaria da applicare - appunto - per romperla. Il carico a rottura - sempre ben superiore alla forza d'arresto - è un parametro di scarso interesse per l'alpinista e comunque poco importante ai fini della scelta di una buona corda, anche se può fornire utili informazioni sulle sue caratteristiche. A parità di resistenza dinamica (numero di cadute sopportate senza rompersi secondo la suddetta norma UIAA), è pertanto sempre da preferire una corda caratterizzata da bassa forza d'arresto al fine di limitare i danni ad alpinista ed ancoraggi in caso di volo.





## Caratteristiche costruttive della corda

**CORDA  
SEMPLICE**

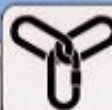


**MEZZA  
CORDA**



**CORDE  
GEMELLARI**





COMMISSIONE  
INTERREGIONALE  
MATERIALI E TECNICHE  
Veneta - Friulana Giuliana

CLUB ALPINO ITALIANO

## Caratteristiche costruttive della corda

La corda è costituita da filamenti **continui** di nylon, in genere poliammide 6, aventi lo spessore di ca. 30 $\mu$  (ossia 30 millesimi di millimetro, la metà di un normale capello), il cui numero può arrivare fino a 60/70 mila. La sua geometria costruttiva è caratterizzata da due parti ben distinte: un agglomerato interno, detto anima, ed un involucro esterno, detto camicia (o calza, mantello, ecc.). La camicia è un tessuto a costruzione tubolare ottenuto per intreccio di un certo numero di stoppini colorati, ossia fasci di 5/600 filamenti blandamente torsionati tra loro. Al suo interno è disposta l'anima, che è formata da un'insieme di trefoli (fasci di filamenti bianchi opportunamente ritorti tra loro) il cui numero varia a seconda del costruttore e del diametro della corda.

Le corde oggi in commercio hanno spessori variabili da 8 a 11 mm, in funzione della loro destinazione d'uso, ma ai fini di un loro corretto utilizzo non è il diametro l'elemento importante da tenere in considerazione, bensì i criteri derivanti dalla seguente classificazione:

\* **corde semplici**, contraddistinte dal simbolo (1), omologate per essere impiegate da sole in arrampicata;

\* **mezze corde**, contraddistinte dal simbolo (1/2), che - non essendo omologate per essere impiegate da sole in arrampicata - devono sempre essere utilizzate in coppia con un'altra mezza corda;

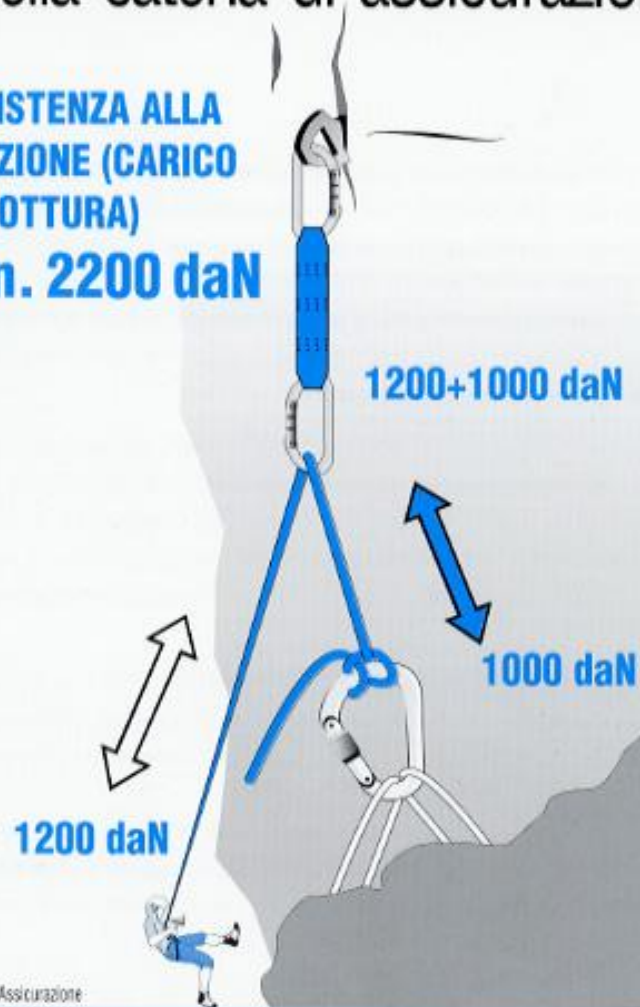
\* **corde gemellari**, contraddistinte dal simbolo (oo), e dal termine inglese *twin*, le quali - non essendo omologate per essere impiegate da sole in arrampicata - devono sempre essere utilizzate accoppiate con un'altra corda gemellare.

Per le norme relative ai vari tipi di corda, vedasi la "Seconda Parte" scheda 5, pag. 59. La conformità a tali norme assicura un buon compromesso tra deformabilità e rigidità, tale da garantire quei valori di forza d'arresto e di manovrabilità che sono necessari per muoversi in sicurezza in ogni condizione d'esercizio, in particolare nel caso in cui la corda o la coppia di corde siano bloccate in sosta o si blocchino accidentalmente.



## Altri elementi della catena di assicurazione

**RESISTENZA ALLA  
TRAZIONE (CARICO  
DI ROTTURA)  
min. 2200 daN**







## Altri elementi della catena di assicurazione

Gli altri elementi della catena di assicurazione non partecipano, in prima approssimazione, alla dissipazione di energia, ma servono solamente a permettere lo scorrimento della corda ed a vincolare la stessa, in modo sicuro, alla parete. Potremmo facilmente considerarli come elementi rigidi agli effetti della caduta.

Conseguentemente, moschettoni, cordini e fettucce, sono caratterizzati da resistenza a trazione e non da forze di arresto: tanto migliore è un cordino o un moschettonone, tanto più alto è il valore della sua resistenza a trazione.

Bisogna saper impiegare correttamente moschettoni e cordini, per assicurare che la resistenza dell'ancoraggio sia sempre corrispondente allo sforzo massimo che può verificarsi nella corda. Infatti in caso di volo di un alpinista, dove la corda sia (nella peggiore delle ipotesi) bloccata in sosta e provvista di un punto di rinvio a breve distanza, trasmetterà al massimo una forza di arresto (come visto precedentemente) di 1200 daN.

Ne consegue che la forza totale applicata al rinvio, risulterebbe di 2400 daN (1200 daN dal ramo collegato all'alpinista e 1200 daN da quello ancorato in sosta), valore invece ridotto dai fenomeni di attrito dovuti allo scorrimento della corda attorno al moschettonone di rinvio (vedi scheda seconda parte - pag. 90).

Pertanto il valore della sollecitazione massima del moschettonone nelle norme UIAA è stato assunto pari a 2200 daN (nella direzione dell'asse maggiore a leva chiusa).

Questo stesso valore di massima sollecitazione, dovrà essere assunto anche per tutti gli altri elementi che costituiranno l'ancoraggio.



COMMISSIONE INTERREGIONALE MATERIALI E TECNICHE Veneta - Friulano Giuliana CLUB ALPINO ITALIANO

# La funzione dei freni



**IL PARACADUTE DELL'ALPINISTA E' IL FRENO**





## La funzione dei freni

Tutto quanto esposto precedentemente si riferisce a situazioni di "corda bloccata" in sosta o simili. Fortunatamente, come già accenato in precedenza, la situazione in realtà è, nella stragrande maggioranza dei casi, diversa, in quanto intervengono i freni e la corda ha la possibilità di scorrere in questi, dissipando l'energia. In presenza di freni, il fattore di caduta rimane quindi solo come definizione, e non rientra più nei discorsi energetici di assorbimento di energia. L'impiego di un freno genera una forza che resiste allo scorrimento della corda. Questa forza dipende principalmente dal tipo di freno ma anche dal tipo di corda e dalla forza della mano che la trattiene. Più precisamente si può definire per un freno un fattore di moltiplicazione della forza della mano; questo fattore varia entro limiti piuttosto ampi dipendentemente dal tipo di corda e da altri fattori che sono tuttora oggetto di studio.

Comunque, in un' assegnata situazione, cioè data la forza esercitata dal freno (che non dipende dall'altezza di caduta) questa forza determina il valore dello "slip ratio", ovvero del rapporto fra la lunghezza di corda che scorre nel freno e l'altezza di caduta libera.

Il paracadute dell'alpinista non è più la corda, ma è il freno ad assumere questa funzione. All' effetto della deformazione della corda a estremo bloccato, si sostituisce ora quello dello scorrimento della corda nel freno, e l'energia cinetica viene per la maggior parte dissipata in calore. L'uso del freno porta inoltre ad aumentare l'intervallo di tempo in cui l'alpinista è sottoposto a frenata, generando quindi sullo stesso una decelerazione minore di quella riscontrabile nel caso della corda bloccata in sosta e quindi, una forza minore (effetti, nessuno escluso, benefici per la sicurezza dell'alpinista coinvolto nella caduta).

Questo non vuol dire che utilizzando il freno si possa quindi arrampicare con corde molto rigide, ovvero "statiche". Agli effetti però della dissipazione energetica, quando c'è un freno efficiente, la quota di assorbimento di energia della corda viene fortemente ridotta.



# La scelta di un buon freno



**DISSIPATORE**



**PIASTRINA  
STICHT**



**OTTO**



**MEZZO  
BARCAIOLO**



## La scelta di un buon freno

Assicurare con un buon freno significa essenzialmente aver trovato un compromesso tra due esigenze opposte e cioè che funzioni sia con scorrimenti limitati della corda sia con forti scorrimenti. Che la corda debba scorrere è logico in quanto più scorre, a parità di altezza di caduta, minore sarà la forza di frenamento in gioco. Se il freno creasse delle difficoltà o addirittura non dovesse permettere lo scorrimento, ci si avvicinerebbe alle condizioni di corda bloccata, la peggior situazione per la catena di assicurazione.

D'altra parte lo scorrimento della corda dovrà avere un limite in funzione alla mano dell'alpinista che, applicando mediamente una forza di 20-30 kg, dovrà riuscire a fermare il volo senza che la corda scorra ulteriormente creandogli delle lesioni.

Le condizioni ideali di funzionamento di un freno dovrebbero permettere uno scorrimento massimo di circa 50-70 cm. Il freno che rappresenta un buon compromesso tra queste due esigenze opposte è ancora oggi il nodo "mezzo barcaiolo".

Prima della fase di frenatura con il mezzo barcaiolo, mentre il compagno cade, chi assicura non dovrà recuperare corda; se così fosse il freno, girandosi, creerebbe una situazione di "corda bloccata". Non bisogna nemmeno dare corda in quanto sarà il freno stesso a procurarsi il quantitativo utile alla dissipazione necessaria; al contrario l'alpinista dovrà trattenerla, al massimo delle proprie possibilità, realizzando, in relazione ai valori suddetti della forza applicata, forze d'attrito dell'ordine di 200/400 kg.