Ancoraggi da Roccia – test di estrazione

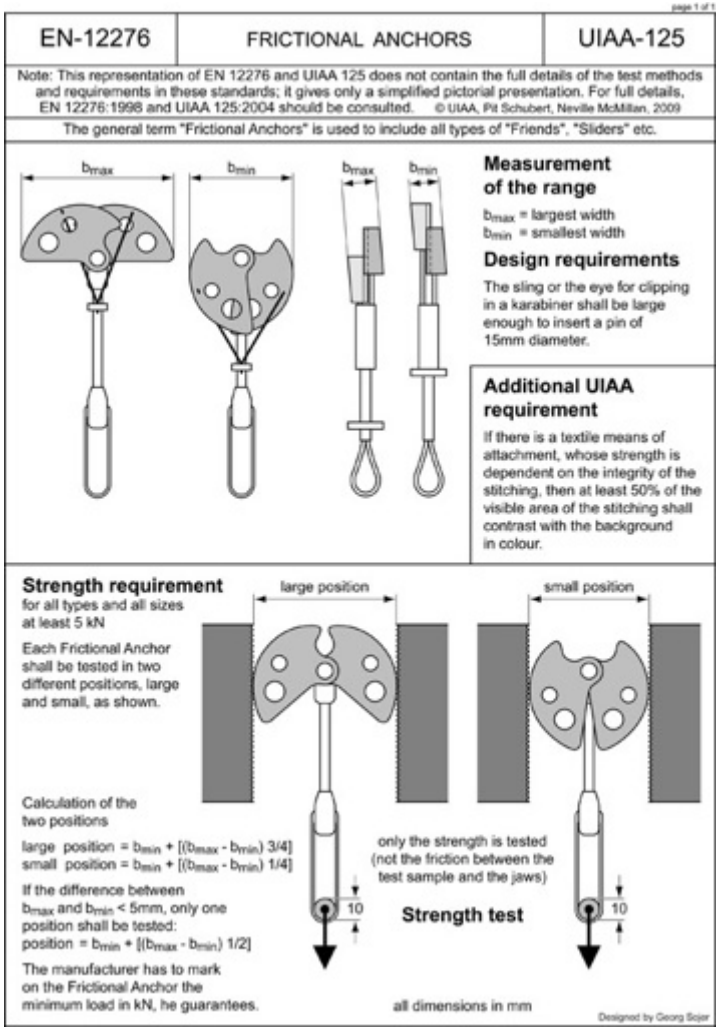
Massimiliano Avalle
Vittorio Bedogni
Gianfranco Biava
Gilberto Garbi
Elio Guastalli
Franco Lambri
Gianluigi Landreani
Andrea Manes
Giuseppe Milesi
Andrea Monteleone
Davide Rogora
Enrico Volpe

Presentazione:
Andrea Manes
Maggio 2013

IL PUNTO DI PARTENZA: l'incognita della tenuta

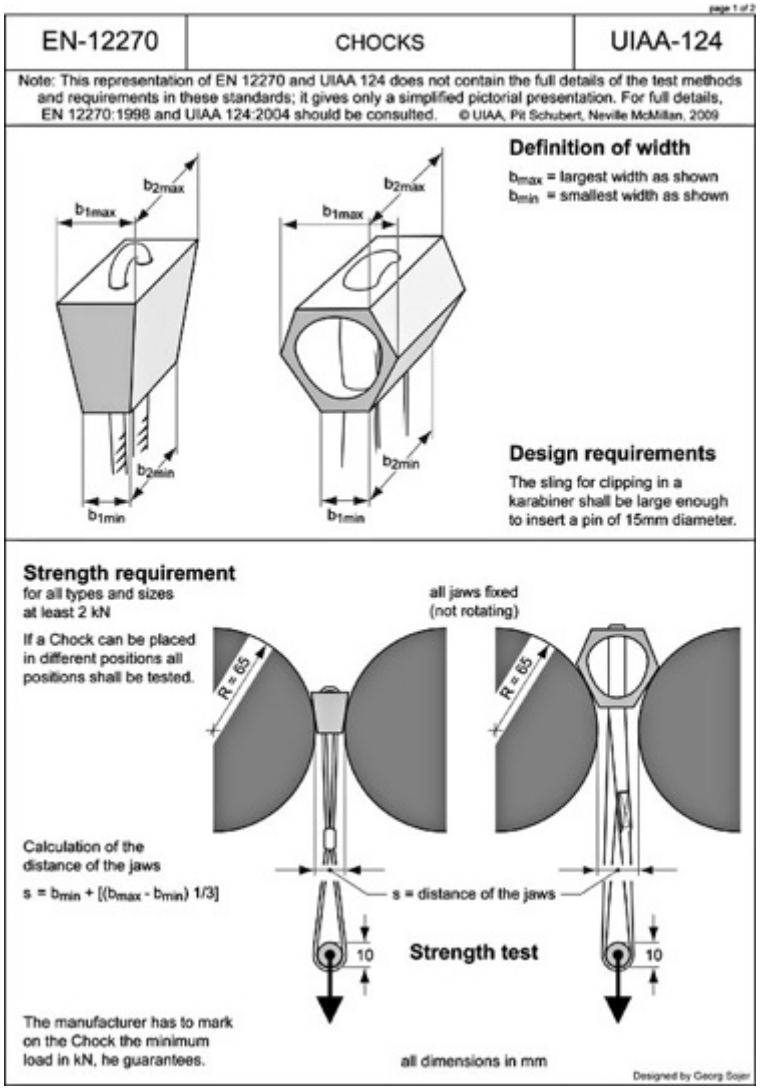
- Possediamo estese conoscenze sia sperimentali che numeriche sui carichi che la catena di assicurazione esercita sugli infissi.
- Abbiamo invece limitate conoscenze sulla tenuta degli infissi in un ambiente reale.

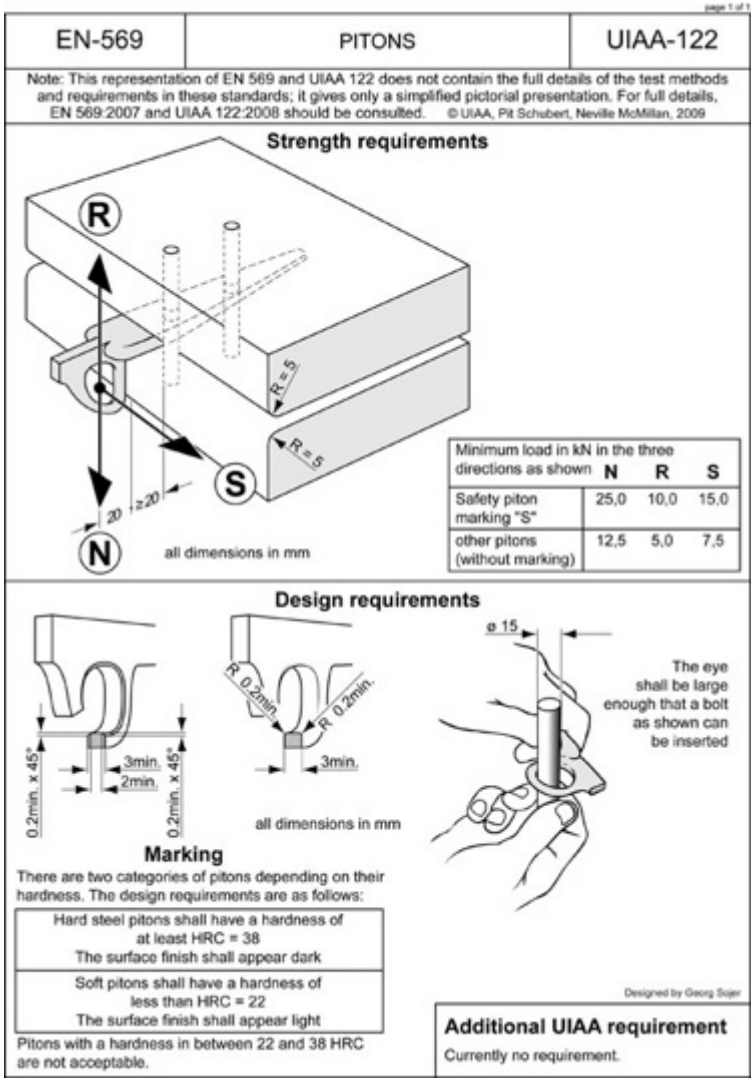
IL PUNTO DI PARTENZA: dalle norme tecniche all'ambiente reale



?

IL PUNTO DI PARTENZA: dalle norme tecniche all'ambiente reale

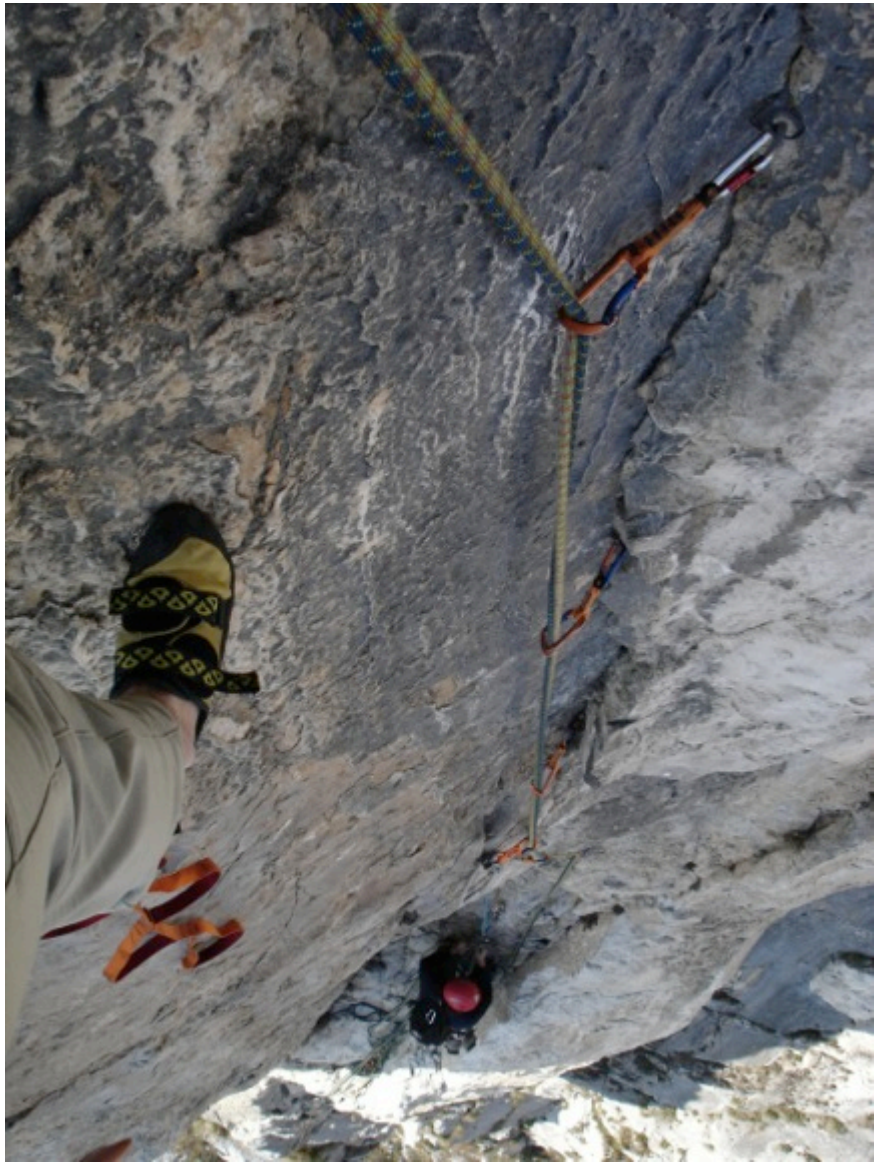




I PUNTI DA INDAGARE

- **I carichi massimi di estrazione:**

- differenze tra infissi: chiodi, nut, friends, etc….;
- differenze per il tipo di roccia: calcare, granito, arenaria, porfido, etc….;
- influenza di chi lo posiziona: principiante, istruttore, professionista etc …..
- ……..

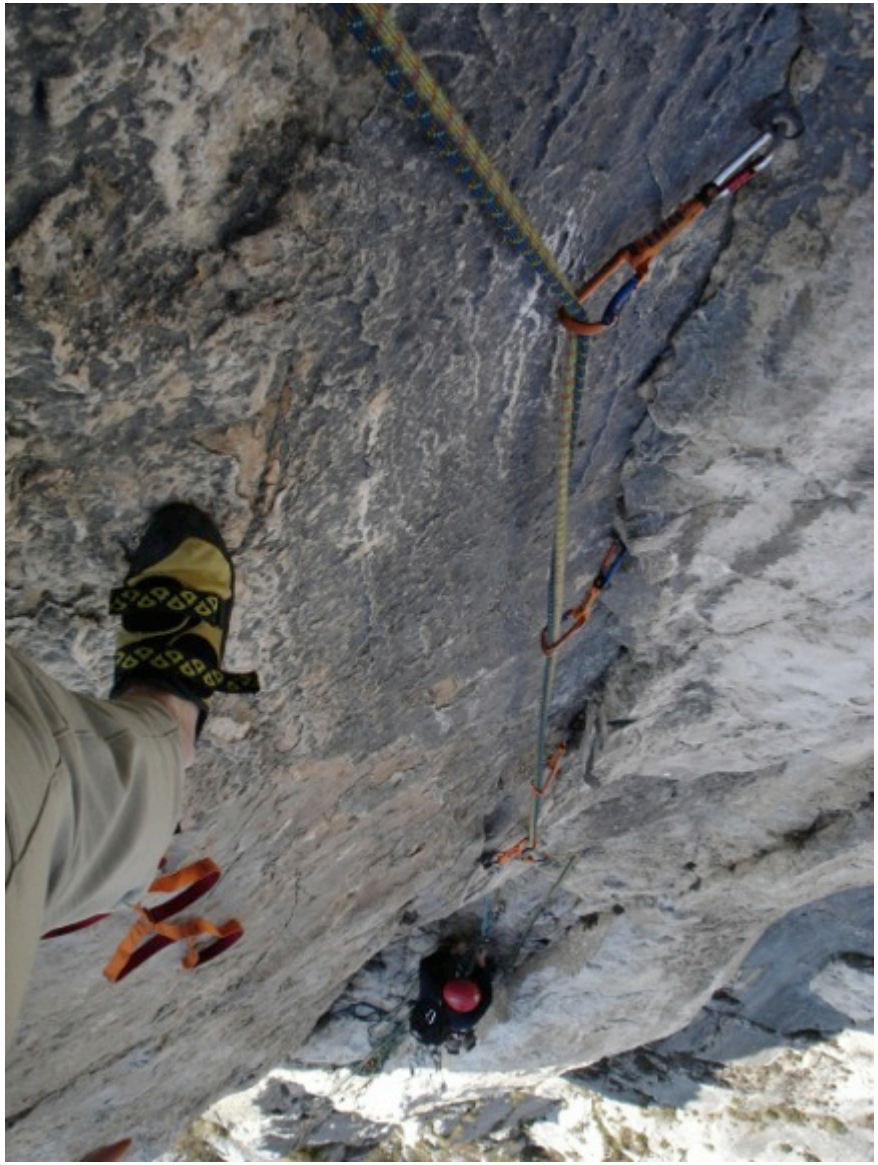


I PUNTI DA INDAGARE

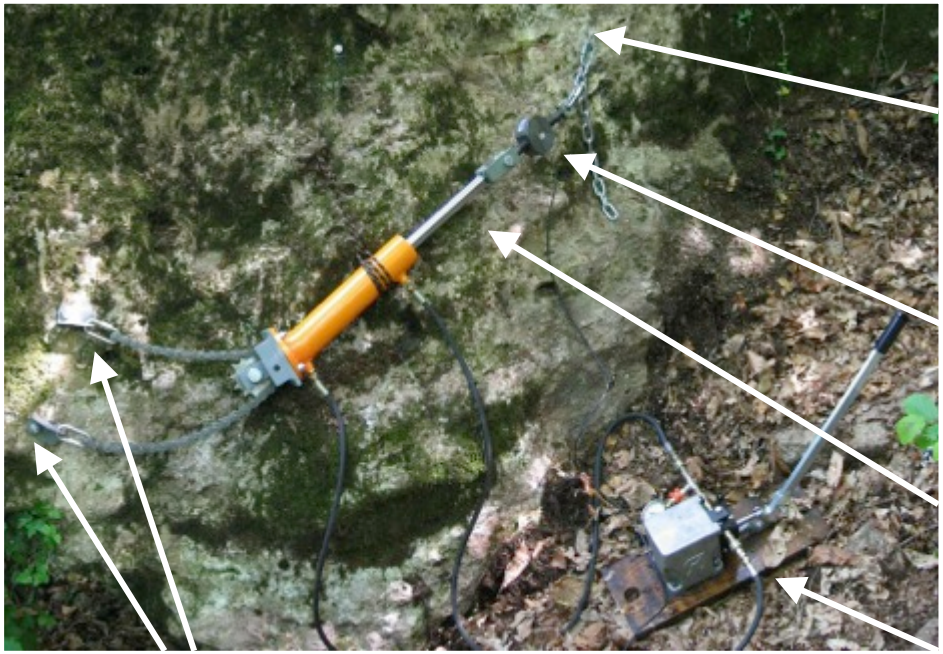
- **Le modalità di cedimento**:

- differenze costruttive;
- differenze per il tipo di roccia;
- …….

- **Capacità di valutare la tenuta di un infisso**
- **Il confronto con i carichi esercitato dalla catena di sicurezza**



COSA E' STATO FATTO: progettazione e costruzione sistema di estrazione lenta



- Ancoraggio sottoposto a prova
- Cella di carico da 5000 kgf di fondoscala
- Cilindro oleodinamico con pressioni di esercizio fino a 200 bar – 4500 kgf – corsa 250 mm – V= qualche mm/s
- Pompa a mano/motore

- Sistema di vincolo autocentrante dell'attuatore
- Sistema di condizionamento della cella di carico

COSA E' STATO FATTO: sperimentazione angolo infissione viti da ghiaccio

- La strumentazione è stata utilizzata anche per prove estrazione delle viti da ghiaccio.

COSA E' STATO FATTO: prove di estrazione, modalità di prova

1- Viene eseguita la ricerca di una zona di prova

- Accessibile (strumentazione, persone)
- Comoda (allestimento, sistema di posizionamento attuatore)
- Efficace (presenza di strutture rocciose rappresentative)

COSA E' STATO FATTO: prove di estrazione, modalità di prova

2 – Viene predisposta la strumentazione, in particolare il sistema di vincolo dell'attuatore

COSA E' STATO FATTO: prove di estrazione, modalità di prova

3 - Gli ancoraggi vengono messi a dimora con tecniche consuete: vale a dire a mano (col martello o per incastro) – per motivi di logistica, generalmente, in ogni sessione, vengono prese in considerazione tutte le possibilità offerte dalla zona scelta

COSA E' STATO FATTO: prove di estrazione, modalità di prova

4 - Contestualmente vengono espresse e annotate previsioni soggettive di resistenza attesa dai presenti (previsori).

COSA E' STATO FATTO: prove di estrazione, modalità di prova

5 - Viene eseguita l'estrazione (attraverso un carico applicato in direzione radiale) misurando il carico di collasso (usualmente il carico massimo) e annotando/ fotografando il modo di cedimento.

COSA E' STATO FATTO: attività di prova

- 2006 Bagnaria (calcare) – 1 prova – doc. foto
- 2007 Ballabio (calcare) – 9 prove – doc. foto
- 2008 Baiedo (calcare) – 20 prove – 8 previsori – doc. foto
- 2009 Baiedo (calcare) – 18 prove – 8 previsori – doc. foto
- 2010 Val Masino (granito) – 21 prove – 15 previsori – doc foto
- 2011 Passo Rolle (porfido) – 21 prove – 27 previsori – doc foto – filmati HV
- 2012 Val Masino (granito) - 18 prove - 15 previsori – doc foto – filmati HV

- TOTALE PIU' DI 100 ESTRAZIONI E PIU' DI 1000 PREVISIONI-UOMO

2010 Valmasino (granito) – 21 prove – 15 previsori – doc foto

- Aggiornamento scuola regionale lombarda

2011 Passo Rolle (porfido) – 21 prove – 27 previsori – doc foto – filmati HV

- CSMT (LOM, FVG), SCA, SAGF, PdS

2011 Passo Rolle (porfido) – 21 prove – 27 previsori – doc foto – filmati HV

- CSMT (LOM, FVG), SCA, SAGF, PdS

2012 Val Masino (granito) - 18 prove - 15 previsori – doc foto – filmati HV

- CSMT (LOM), SCA

Prove mirate a verificare l'effetto dell'iterazione materiale chiodo, tipo roccia. A questo scopo sono stati utilizzati chiodi universali (lama: 60-80 mm) di uguale forma e lunghezza ma di materiale diverso (acciaio al carbonio, acciaio legato).

Modalità di cedimento riscontrate: i chiodi

Il cedimento per sfilamento è stato prevalente

Qualche collasso per rottura

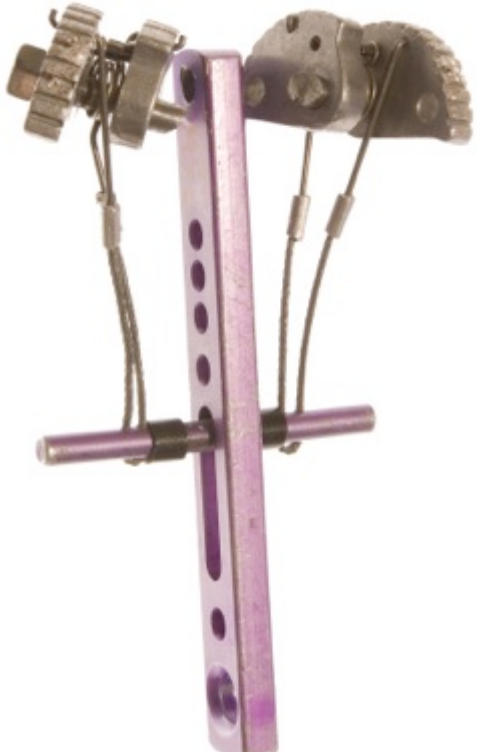
Modalità di cedimento riscontrate: i nut

Il cedimento è a carico del cavetto

-all'interfaccia con il moschettone

-all'interfaccia con la fessura

Modalità di cedimento riscontrate: i friend



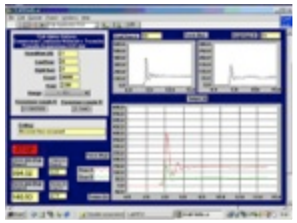
Cedimenti in attrezzi desueti: rottura perno o sfilamento cavetto

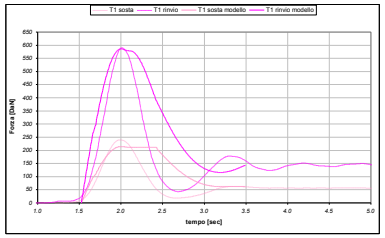
Sfilamenti dalla fessura con attrezzi più moderni

Linee guida per l'elaborazione dei dati:

Prove di trattenuta (eventualmente anche da modelli numerici)

I carichi sugli ancoraggi





La tenuta effettiva degli ancoraggi

Prove di estrazione lenta

La valutazione dei carichi di estrazione degli ancoraggi

Valutazione da parte di un popolazione 'rappresentativa'

Linee guida per l'elaborazione dei dati:

I carichi sugli ancoraggi

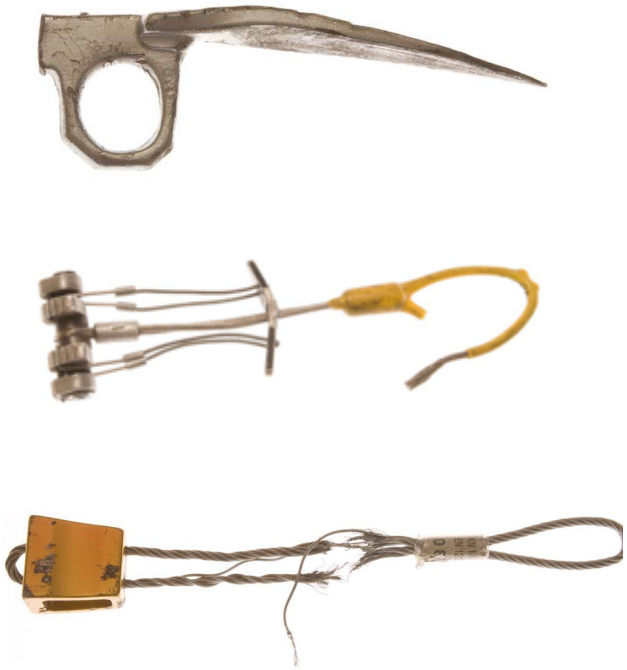
Approccio statistico

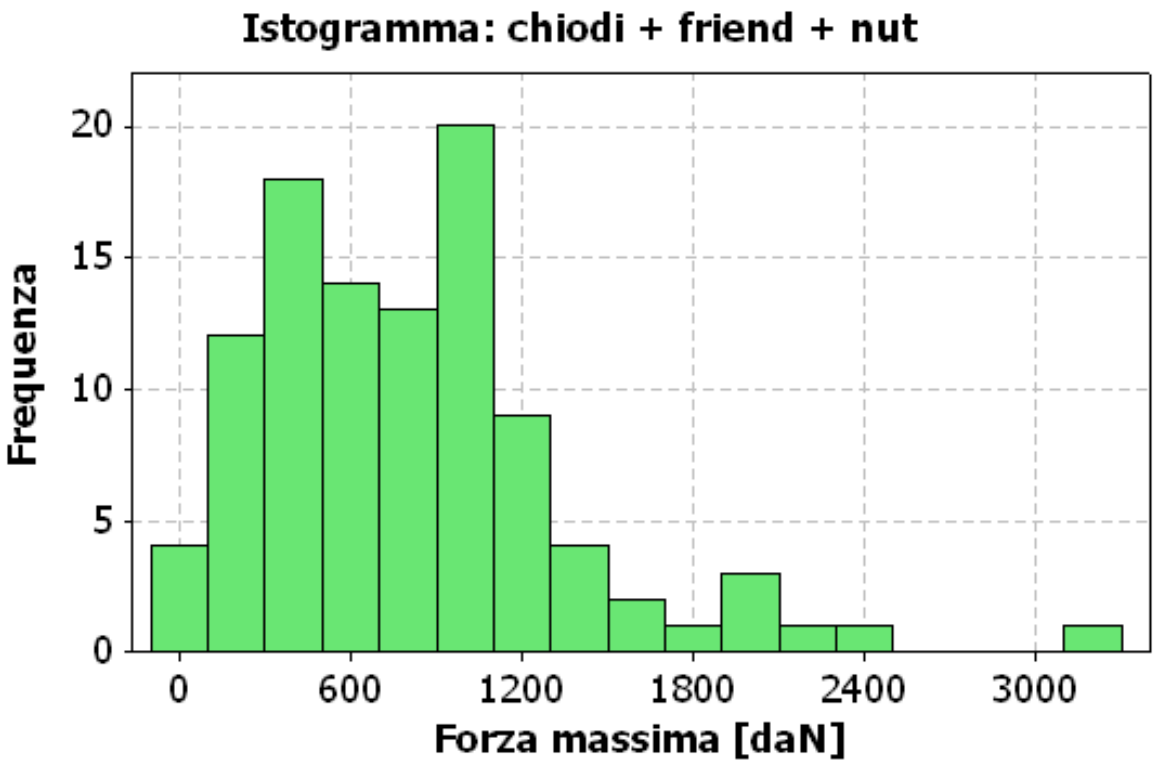
La valutazione dei carichi di estrazione degli ancoraggi

La tenuta effettiva degli ancoraggi

DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

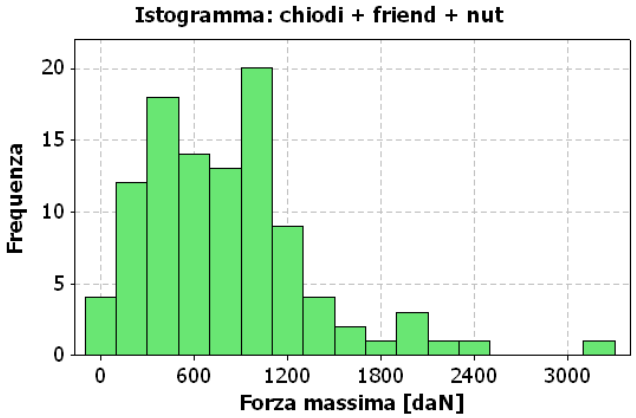
- 103 campioni
- **Media globale : 808 daN**
- Deviazione standard globale : 543 daN



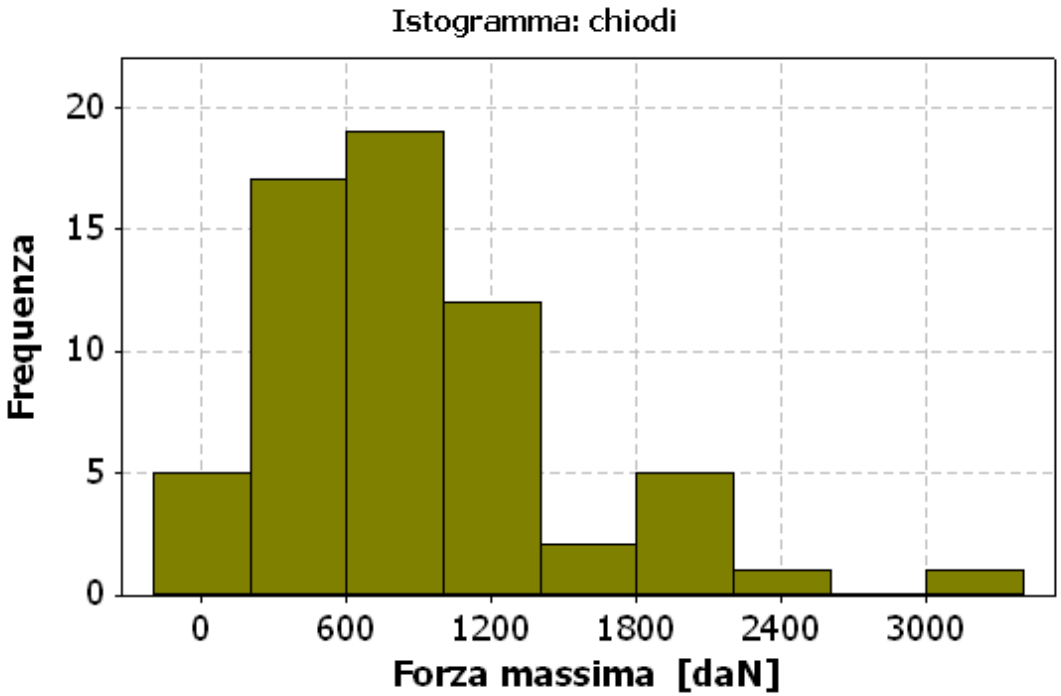


DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

- Media globale: 808 daN
- Deviazione standard globale: 543 daN

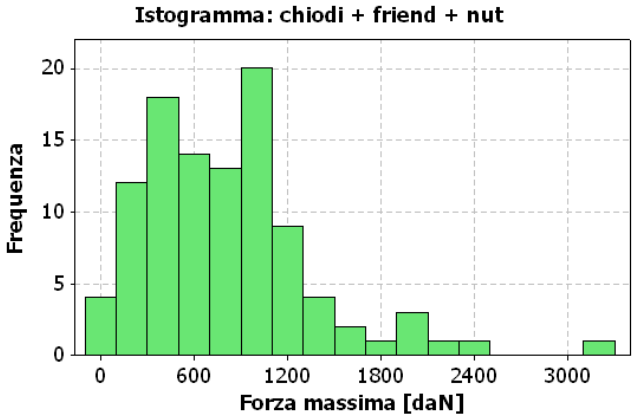


- 62 campioni
- **Media chiodi: 903 daN**
- Deviazione standard chiodi: 609 daN

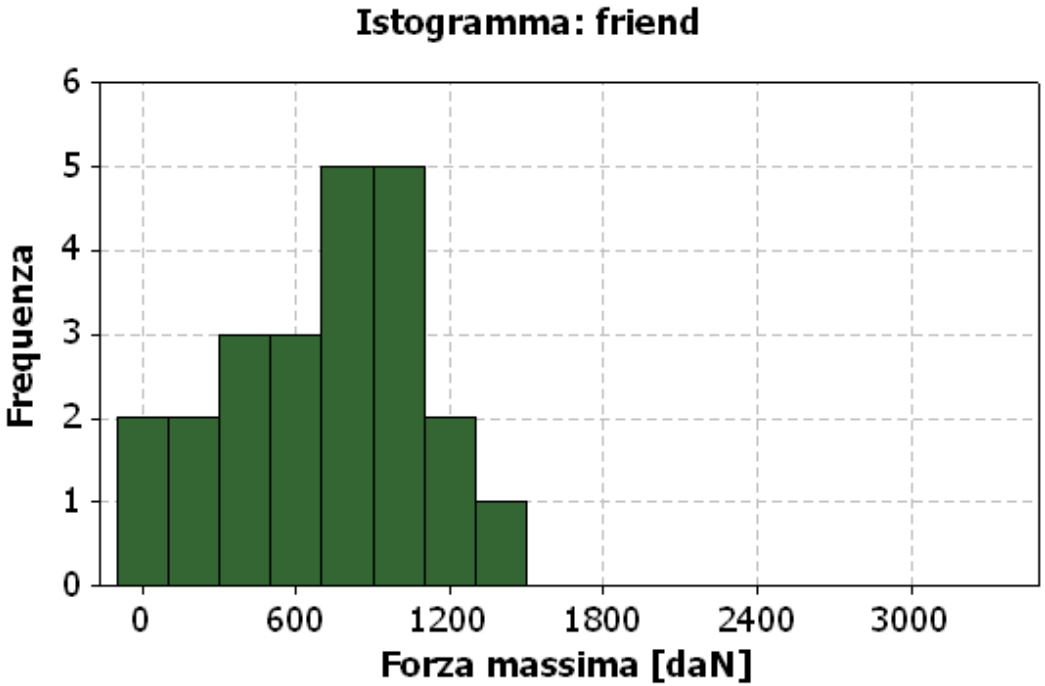


DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

- Media globale: 808 daN
- Deviazione standard globale: 543 daN



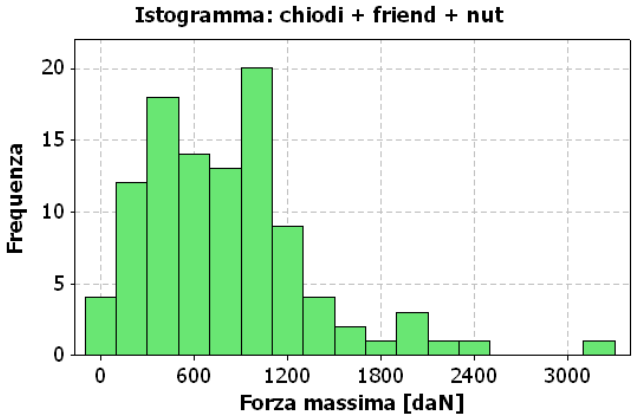
- 23 campioni
- **Media friend: 696 daN**
- Deviazione standard friend: 361 daN



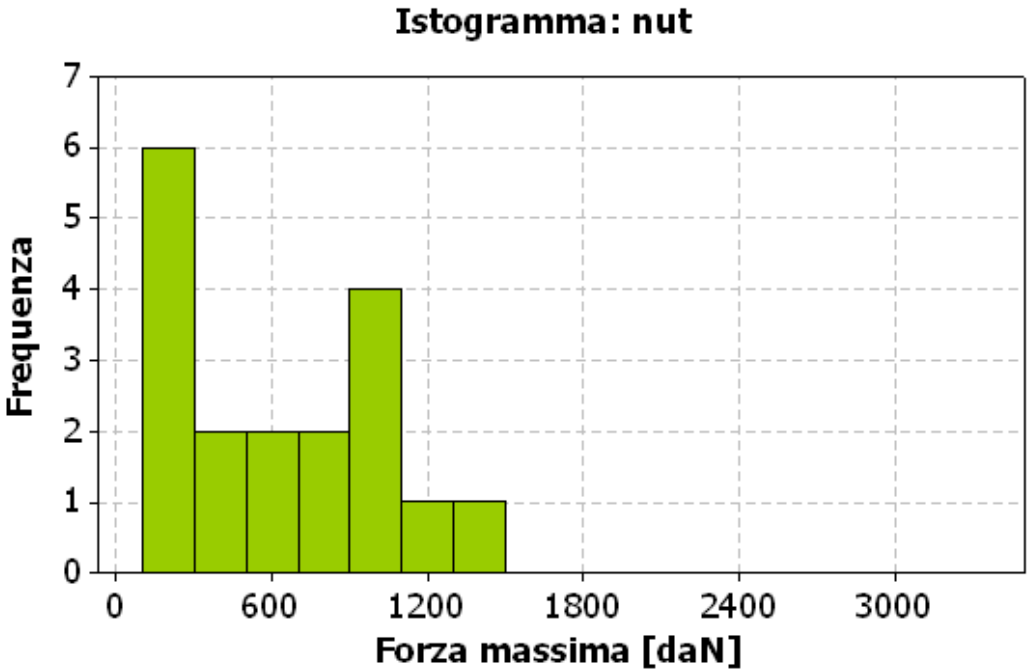
Nota: i friend hanno minor variabilità e si addensano vicino al carico medio <-sono stati posizionati friend di dimensioni medie

DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

- Media globale: 808 daN
- Deviazione standard globale: 543 daN

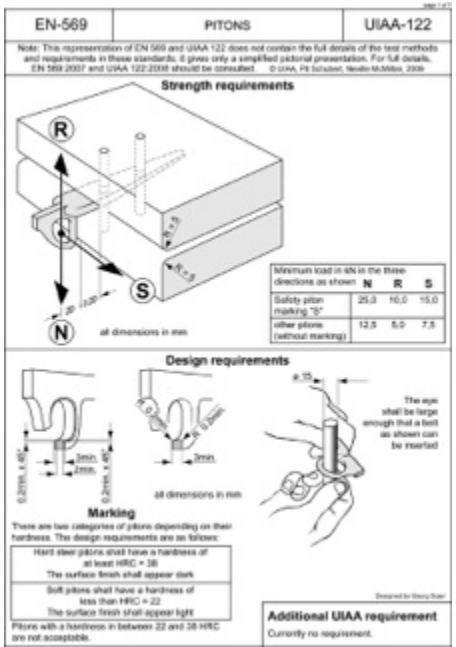


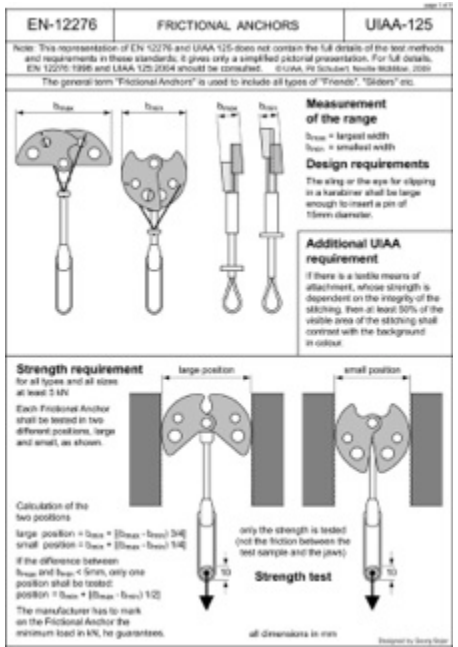
- 18 campioni
- **Media nut: 623 daN**
- Deviazione standard nut: 422 daN

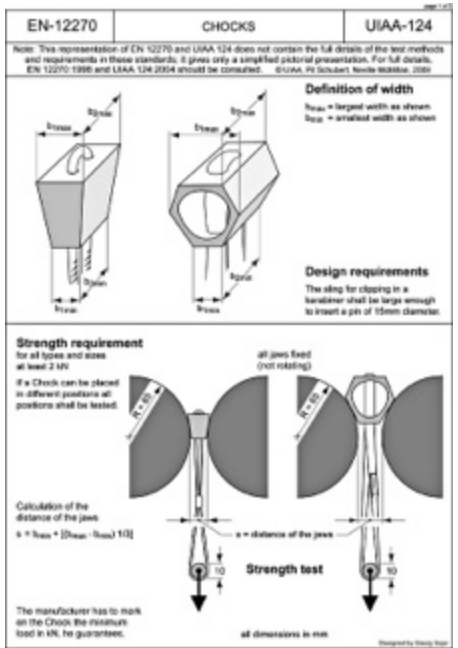


DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

- Media globale (tutti i campioni): 808 daN
- Media chiodi: 903 daN <- norma 1250 (2500) daN
- Media friend: 696 daN <- norma 500 daN
- Media nut: 623 daN <- norma 200 daN



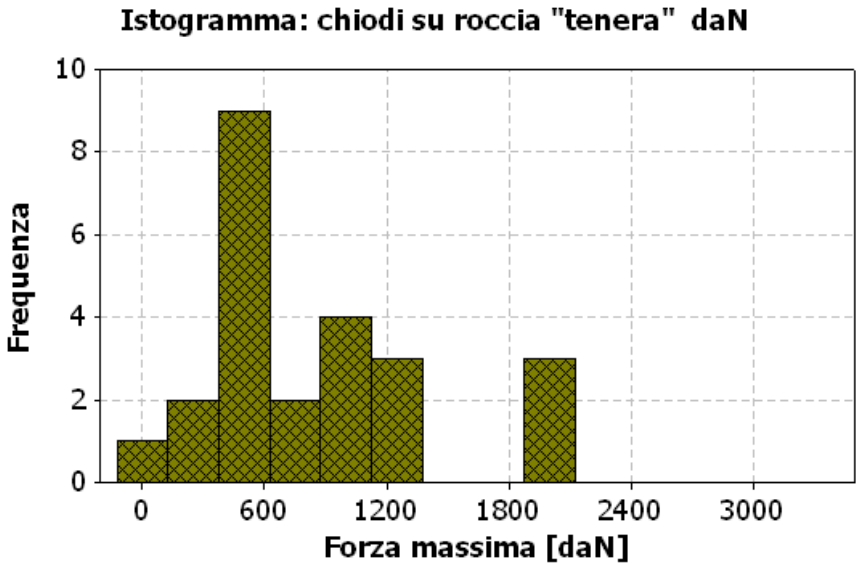




DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

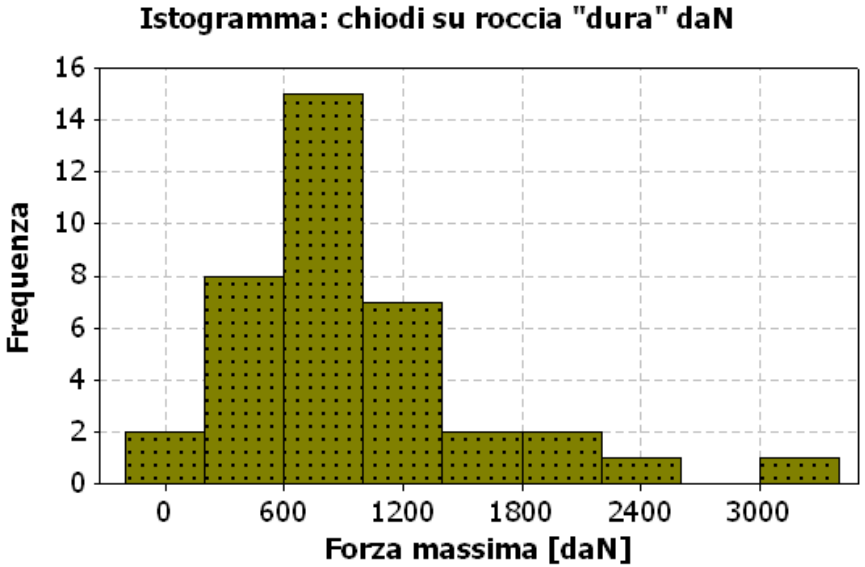
Chiodi su roccia "tenera" (calcare, dolomia)

- 24 campioni
- **Media : 817 daN**
- Deviazione standard: 563 daN



Chiodi su roccia "dura" (granito, porfido)

- 38 campioni
- **Media : 958 daN**
- Deviazione 638 daN



DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

Vi è differenza nell'usare chiodi di ugual forma ma diverso materiale su granito ?

Chiodi universali (acciaio legato) su granito

- 4 campioni lama 60 mm
- 4 campioni lama 80 mm

Chiodi universali soft (acciaio al carbonio) su granito

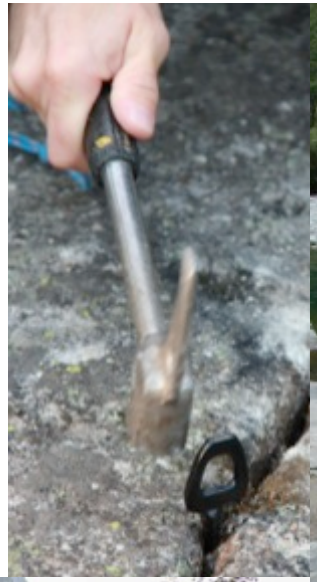
- 4 campioni lama 60 mm
- 4 campioni lama 80 mm

DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

Vi è differenza nell'usare chiodi di ugual forma ma diverso materiale su granito ?

Viene selezionato un luogo:

- Rappresentativo (roccia, tipo di fessura, etc)
- Uniforme (fessura uniforme)
- Comodo (allestimento e strumentazione, presenza previsori)



DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

Vi è differenza nell'usare chiodi di ugual forma ma diverso materiale su granito ?
Tutta la sessione presenta una media di 1022 daN

Chiodi universali (acciaio legato) su granito

- lama 60 mm: media 1112 daN
- lama 80 mm: media 1213 daN

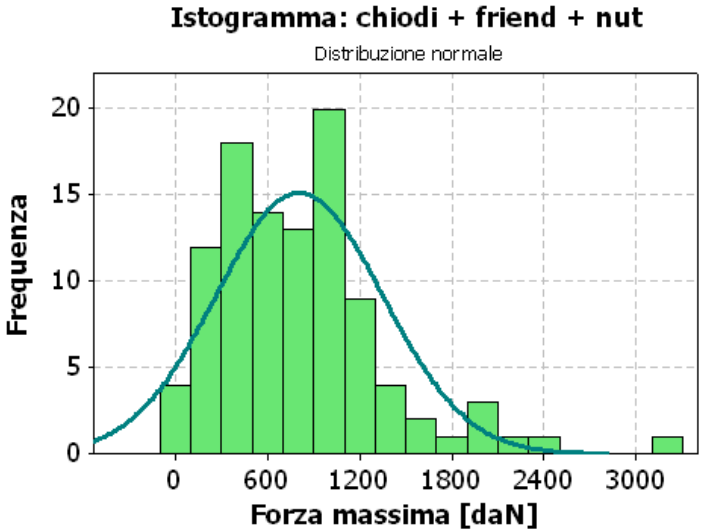
- **Non vi sono differenze significative**
- **Le variazioni del valor medio non sono significative in relazione alla varianza del fenomeno**

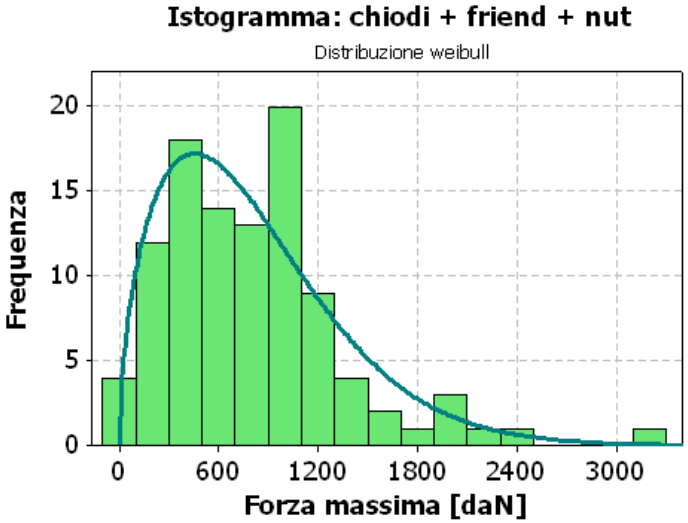
Chiodi universali soft (acciaio al carbonio) su granito

- lama 60 mm: media 1052 daN
- lama 80 mm: media 712 daN

DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:
Qualche commento per leggere i dati:

- Le popolazioni mostrano una andamento complesso da analizzare
- I valori di deviazione standard sono molto ampi e sottolineano un grande variabilità del fenomeno
- Media e varianza non bastano a descrivere il fenomeno. I carichi di estrazione pur addensandosi su valori bassi mostrano
  - presenza di campioni anche per forze massime elevate (questo è soprattutto evidente per i chiodi)
  - forma non simmetrica rispetto alla media





DATI SPERIMENTALI ESTRAZIONI:

- Quale è il **valore di carico massimo per cui 9 infissi su 10 resistono** (estrazione al 10%) quindi al di sotto di questo valore solo 1 infisso su 10 cede. Viene anche presentato il valore la 50% (1 infisso su 2 cede)

infisso	Valore di estrazione al 50%	Valore di estrazione al 10%
Tutti i campioni	612	209
Chiodi	660	238
Friend	509	251
Nut	376	155

VALUTAZIONE DEI CARICHI DI ESTRAZIONE:

Definiamo una quantità che ci permetta di valutare ogni singola stima rispetto alla Forza massima a cui quella stima è associata: il Fattore di Riserva

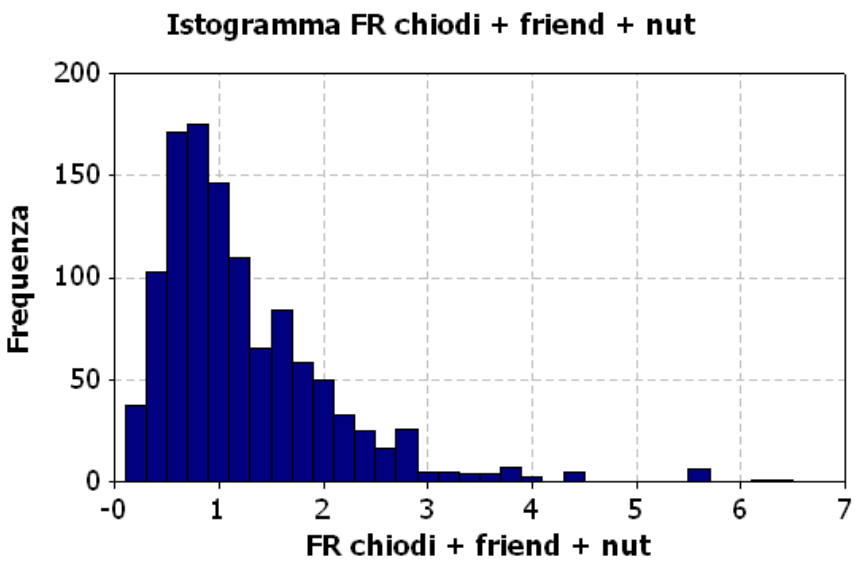
Definizione dell'indicatore Fattore di Riserva

$$FR = \frac{Forza\ massima\ \ misurata\ (carico\ di\ estrazione)}{Forza\ massima\ prevista\ (STIMA)}$$

- Valori FR < 1.00 indicano stime n-volte non conservative rispetto alla misura
- Valori FR > 1.00 indicano stime n-volte in favore di sicurezza delle misure
- Il valore notevole FR = 1.00 indica una stima identica alla misura

VALUTAZIONE DEI CARICHI DI ESTRAZIONE:

Chiodi + friend + nut

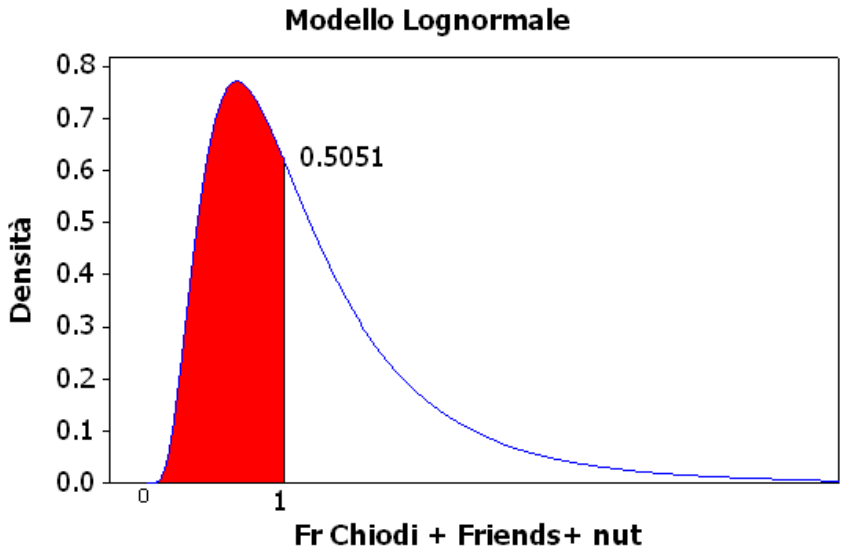


L'istogramma mostra :

- un addensamento verso il valore 1
- Una concentrazione di previsioni prossime ad 1 ma inferiori
- Una popolazione di previsioni che decresce fino a circa un valore 3

I dati ci dicono che il 50 % delle stime sono inferiori ad 1 quindi non a favore della sicurezza

$$FR = \frac{Forza\ massima\ \ misurata\ (carico\ di\ estrazione)}{Forza\ massima\ prevista\ (STIMA)}$$



DATI SPERIMENTALI CARICHI SUGLI ANCORAGGI:

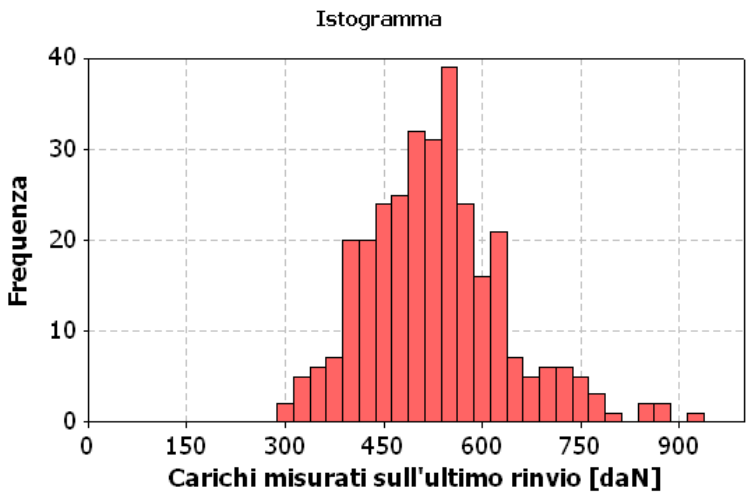
I carichi sono espressione di :

- 10 e più anni di prove (320 prove)
- per lo più **cadute con singolo rinvio e altezze di cadute comprese tra i 4 e gli 8 m**
- svariati tipi di assicurazione (classica, ventrale, bilanciata, etc)
- diversi tipi di dispositivi e freni (MB, secchielli, autobloccanti, etc)
- diversi tipi (intere, mezze) e modelli di corde
- Diversi assicuratori
- **Misure sia in sosta che sull'ultimo rinvio**

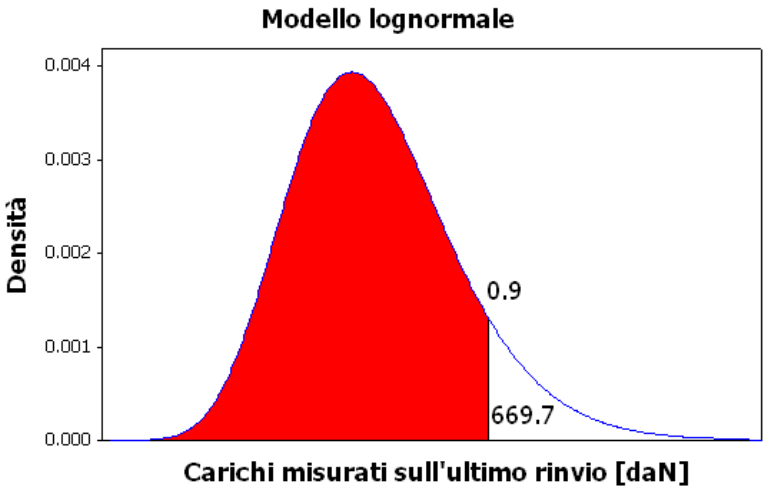
Rappresentano quindi una casistica notevole ma **possono non essere rappresentativi delle condizioni di carico più gravose**

DATI SPERIMENTALI CARICHI SUGLI ANCORAGGI: ultimo rinvio

- Le prove mostrano un addensamento dei risultati intorno al valor medio, 529 daN con una deviazione standard contenuta, 106 daN
- Il **90% di probabilità** cumulata si ottiene per il valore di **670 daN**
- Questo valore può essere confrontato con valori al 50% e 10% di cedimento degli ancoraggi.

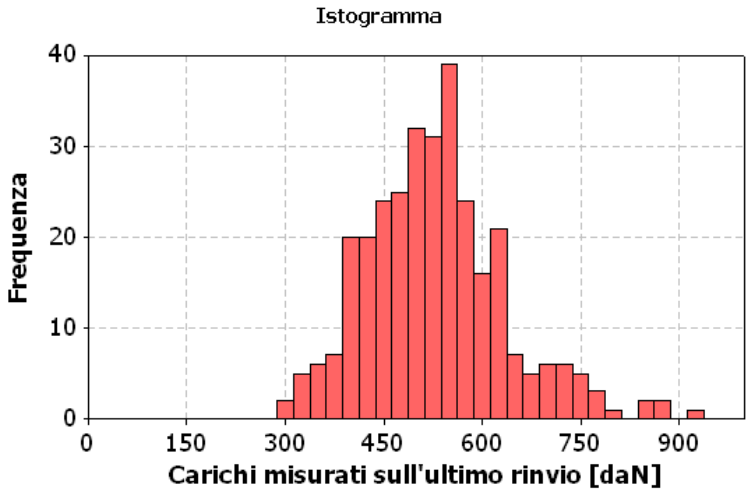


infisso	Valore di estrazione al 50%	Valore di estrazione al 10%
Tutti i campioni	612	209
Chiodi	660	238
Friend	509	251
Nut	376	155

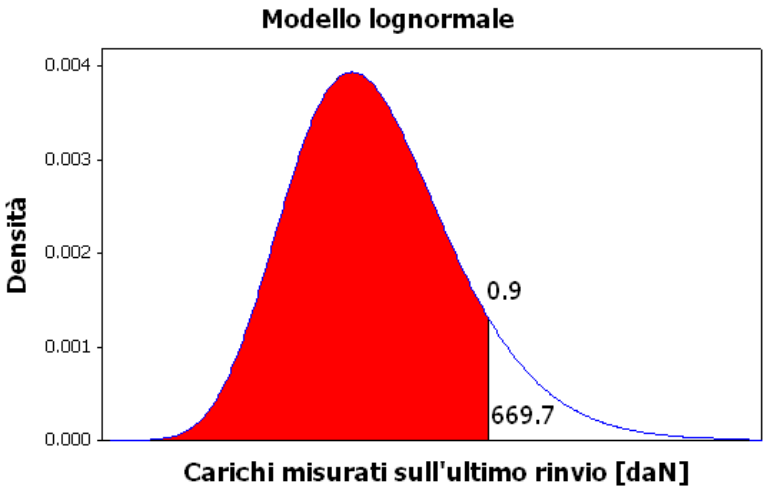


DATI SPERIMENTALI CARICHI SUGLI ANCORAGGI: ultimo rinvio

- Cadere con uno di questi infissi come ultimo rinvio (e considerando 670 daN come valore di carico) vuol dire “approssimativamente ” avere più del 50%-60% di probabilità che l’infisso ceda.

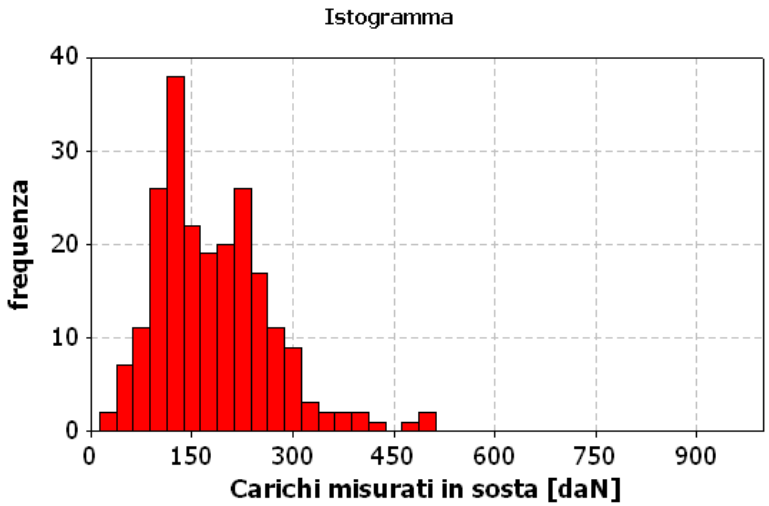


infisso	Valore di estrazione al 50%	Valore di estrazione al 10%
Tutti i campioni	612	209
Chiodi	660	238
Friend	509	251
Nut	376	155

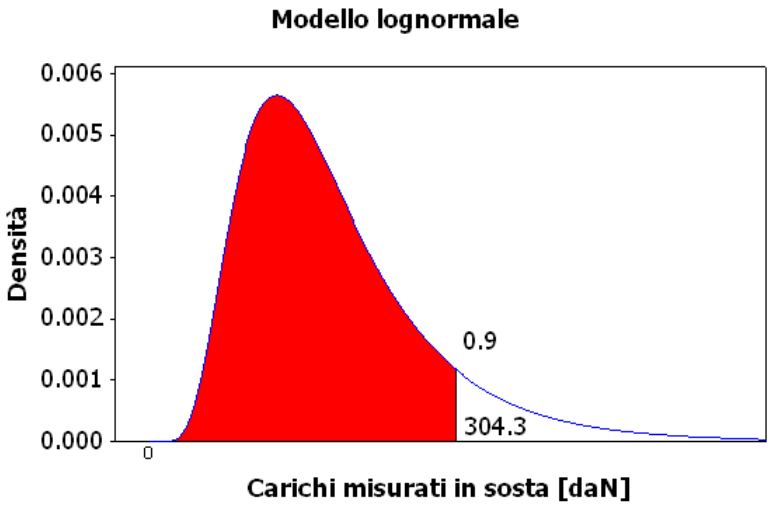


DATI SPERIMENTALI CARICHI SUGLI ANCORAGGI: sosta

- Le prove mostrano un addensamento dei risultati intorno al valor medio, 181 daN con una deviazione standard di 85 daN
- Il **90% di probabilità** cumulata si ottiene per il valore di **304 daN**
- Questo valore può essere confrontato con i valori al 50% e 10% di cedimento degli ancoraggi

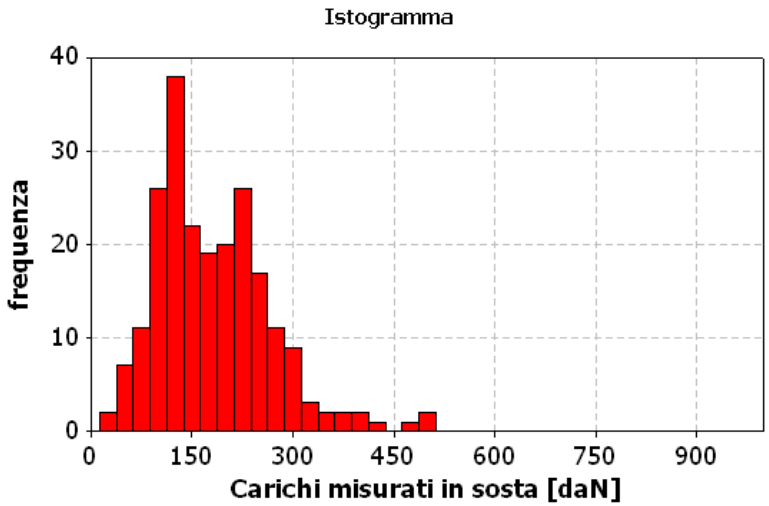


infisso	Valore di estrazione al 50%	Valore di estrazione al 10%
Tutti i campioni	612	209
Chiodi	660	238
Friend	509	251
Nut	376	155

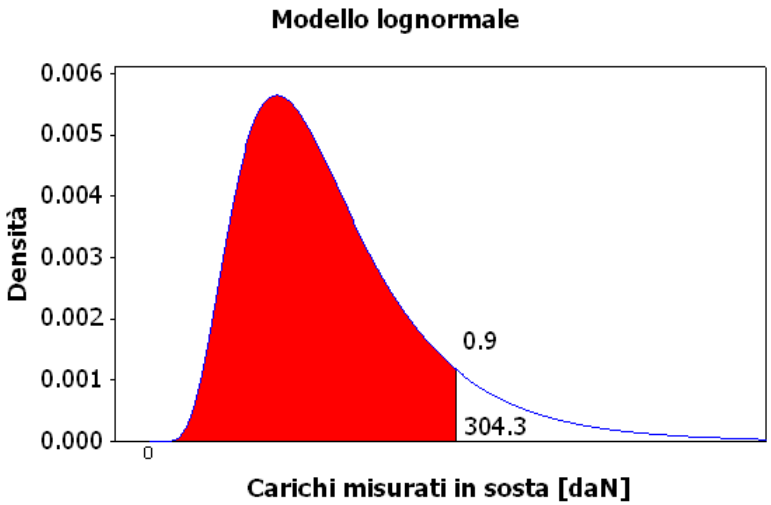


DATI SPERIMENTALI CARICHI SUGLI ANCORAGGI: sosta

- Creare una sosta con almeno 2 infissi è una buona regola che garantisce ben più del 90% di probabilità di tenuta della medesima



infisso	Valore di estrazione al 50%	Valore di estrazione al 10%
Tutti i campioni	612	209
Chiodi	660	238
Friend	509	251
Nut	376	155



SPUNTI DI RIFLESSIONE….NON ANCORA CONCLUSIONI

- I dati sperimentali di carichi estrazione mostrano una grande **variabilità** (fattore ambientale)
- I carichi medi di friend e nut sono superiori a quelli richiesti dalla **norma**, ciò non accade per i chiodi (rappresentatività della norma tecnica in ambiente)
- La tenuta dei chiodi non risente sensibilmente del **tipo di roccia** su ciò vengono posizionati
- Non vi sono differenze significative di tenuta su granito nell'usare **chiodi costruiti con diverso materiale**
- Il valore di **carico massimo per cui 9 infissi su 10 resistono è di 209 daN** !

- **Il 50% delle stime non sono a favore della sicurezza**

- Cadere su un infisso tra quelli analizzati come **ultimo rinvio** vuol dire "approssimativamente" avere più del **50%-60% di probabilità che l'infisso ceda**.
- Creare una **sosta con almeno 2 infissi** tra quelli analizzati è una buona regola che garantisce ben **più del 90% di probabilità di tenuta della medesima**

SPUNTI DI RIFLESSIONE….NON ANCORA CONCLUSIONI…
COSA SI PUO' FARE ANCORA….

- Effettuare un'analisi più accurata di tutti i dati a disposizione
- Effettuare ulteriori sessioni di prova con obiettivi specifici:

✓ *effetto trattamento materiale chiodo su tipo roccia (su calcare)*
✓ *Verifiche su tenuta resine (tempi, temperatura, etc…)*
✓ *Verifiche su distanze di influenza reciproca degli infissi*
✓ *Verifica su chiodi già presenti*
✓ *…….*

- Effettuare prove per verificare un eventuale effetto velocità di applicazione carico

RINGRAZIAMENTI

Un caloroso ringraziamento a tutte le persone che hanno contribuito con grande pazienza e dedizione alla realizzazione della strumentazione e alla preparazione ed esecuzione di tutte le prove sperimentali, i modo particolare ai membri del Raggruppamento Lombardo CSMT: **Massimiliano Avalle, Vittorio Bedogni, Gianfranco Biava, Gilberto Garbi, Elio Guastalli, Franco Lambri, Gianluigi Landreani, Giuseppe Milesi, Andrea Monteleone, Davide Rogora ,Enrico Volpe**

- A tutti i previsori (**scuole regionali-centrali-GDF-PDS- etc…**) che hanno pazientemente valutato ogni songolo infisso al meglio della loro conoscenza
- Alla **GDF** che ci ha ospitato presso la caserma di passo Rolle
- A **M. Avalle, V. Bedogni e D. Rogora** per il contributo fondamentale nell'elaborazione dei dati

PUBBLICAZIONI

A. Manes, V. Bedogni, D. Rogora "An experimental methodology for the assessment of climbing devices actual strength" 15th International Conference on Experimental Mechanics, Porto 2012

CONTATTI

- ANDREA MANES
andrea.manes@polimi.it