



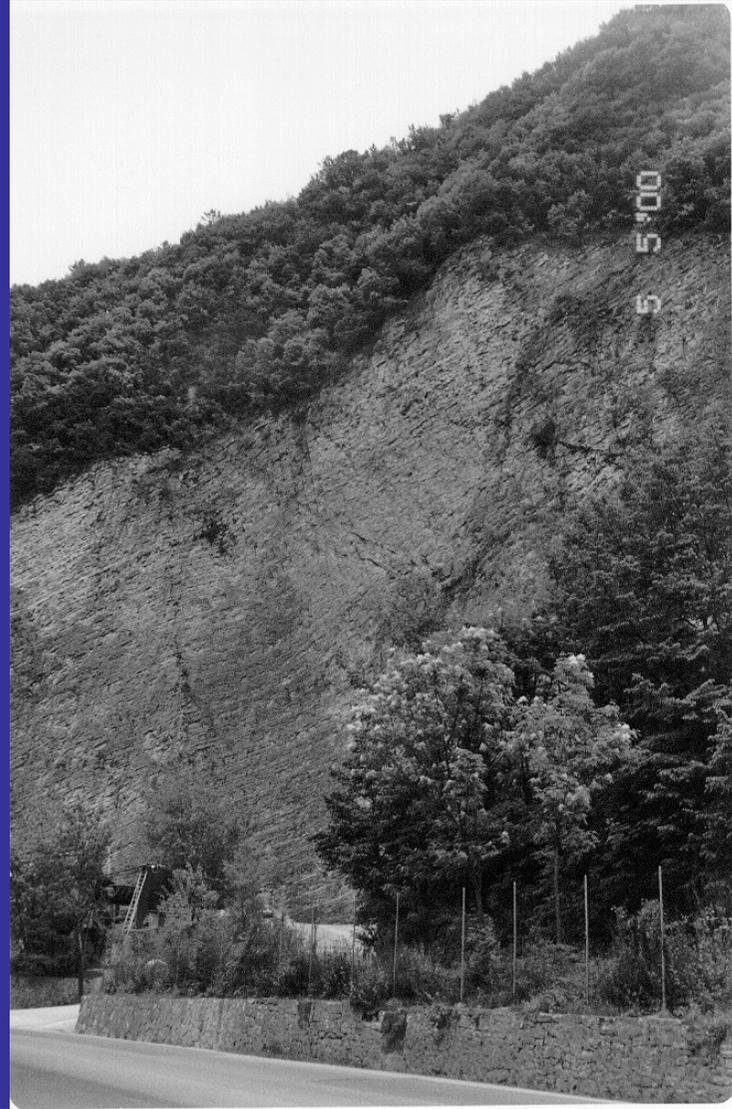
**Dipartimento di Ingegneria Civile  
Università di Pisa**

**Anno accademico 2010 / 2011**

***TEST DI  
MARKLAND***

***Prof. Lo Presti***

# Discontinuità



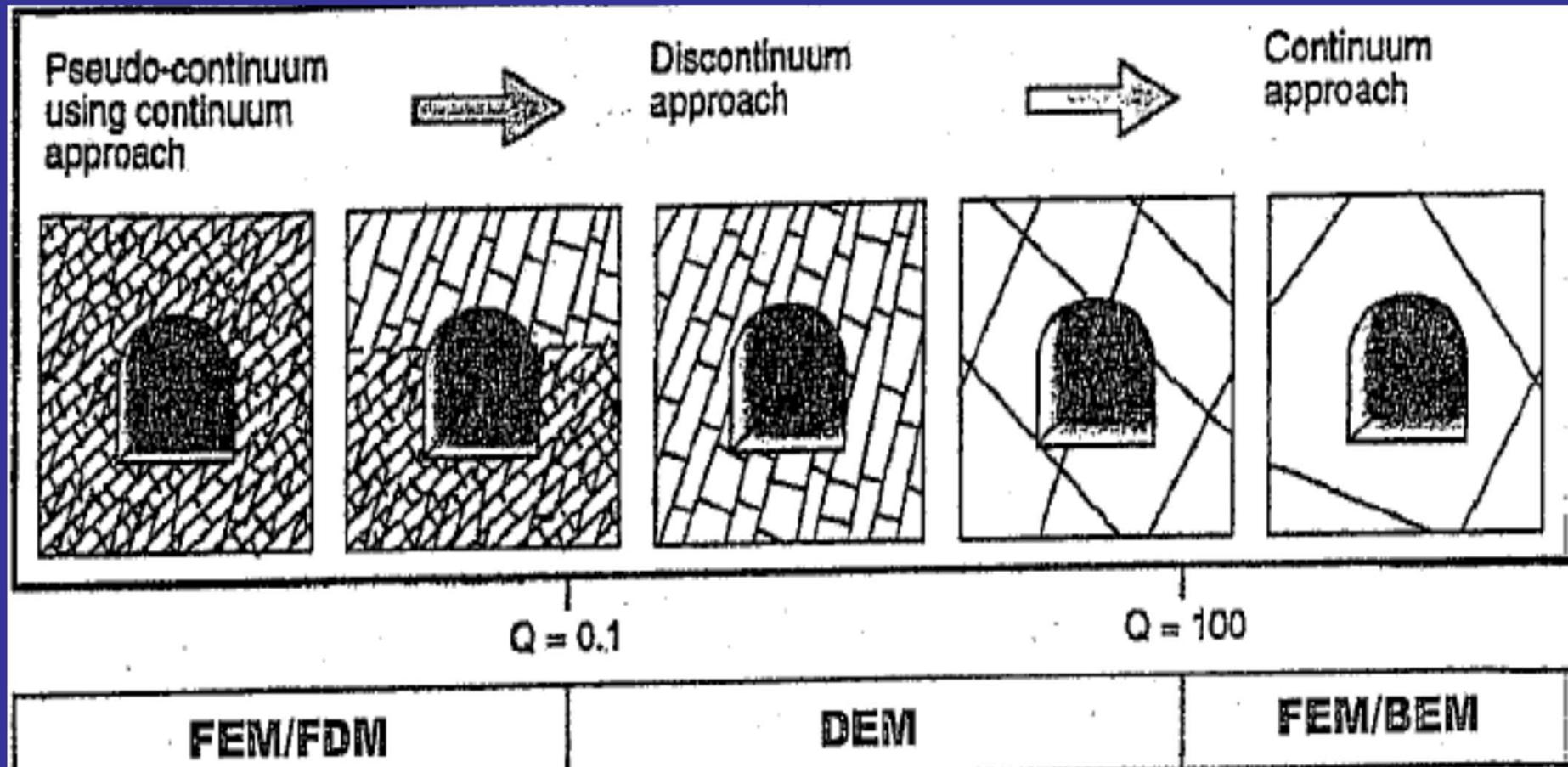
# Discontinuità 2



# INDICI DI CLASSIFICAZIONE

- RMR (BIENIAWSKI)
- GSI
- Q (BARTON)

# Criterio di resistenza



# Hoek e Brown

## Roccia intatta

$\sigma_1'$  = sforzo efficace massimo a rottura

$\sigma_3'$  = sforzo efficace minimo a rottura

$\sigma_c$  = sforzo a compressione monoassiale

$m_i$  = coefficiente relativo alla roccia intatta

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \left( m_i \frac{\sigma_3'}{\sigma_c} + 1 \right)^{1/2}$$

## Ammasso roccioso

$m_b$ ,  $s$ ,  $a$  = coefficienti che dipendono dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso

$D$  = fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso roccioso. Varia tra 0 (rocce indisturbate) a 1 (rocce molto disturbate)

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \left( m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_c} + s \right)^a$$

$$m_b = m_i e^{\frac{GSI-100}{28-14 \cdot D}}$$

$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3 \cdot D}}$$

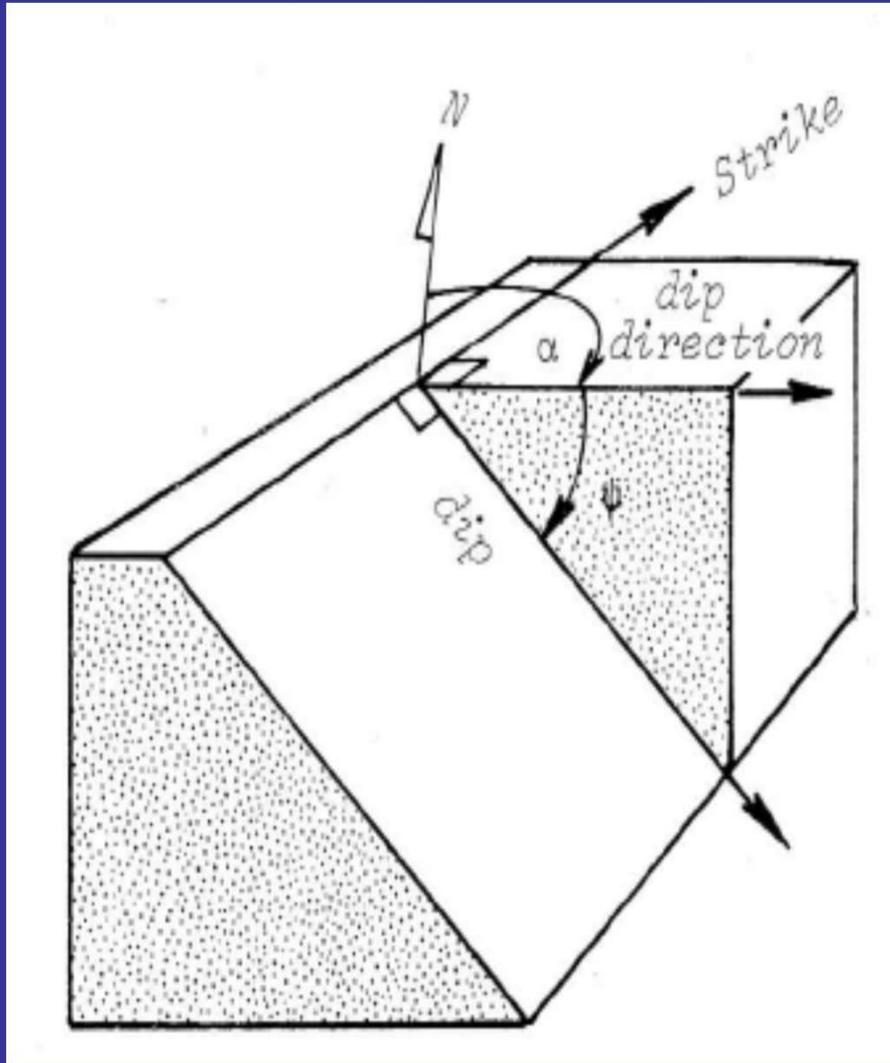
$$a = 0.5 + \frac{1}{6} \cdot (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

# CRITERIO DI BARTON

$$\tau = \sigma'_n \cdot \tan \left[ (JRC_0) \cdot \log \left( \frac{JCS_0}{\sigma'_n} \right) + \varphi'_b \right]$$

dove:  $JRC_0$  = (*Joint Roughness Coefficient*) scabrezza della superficie di discontinuità, valutata in laboratorio confrontando il profilo di scabrezza, rilevato nella direzione dello spostamento, con i profili standard [BARTON, 1973],  $JCS_0$  = (*Joint Compression Strength*) resistenza a compressione della superficie di discontinuità; per superfici integre  $JCS_0 = \sigma_c$  (resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta);  $(\varphi'_b)$  = angolo di resistenza al taglio di base da determinarsi mediante prove su superfici piane e lisce.

# DEFINIZIONE TERMINI GEOMETRICI



DIP = Massima inclinazione di una discontinuità ( $\psi$ )

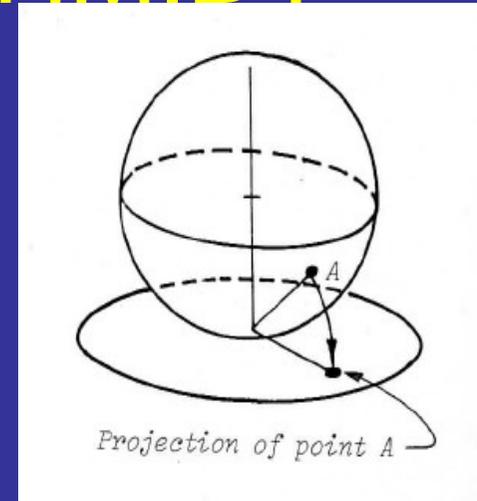
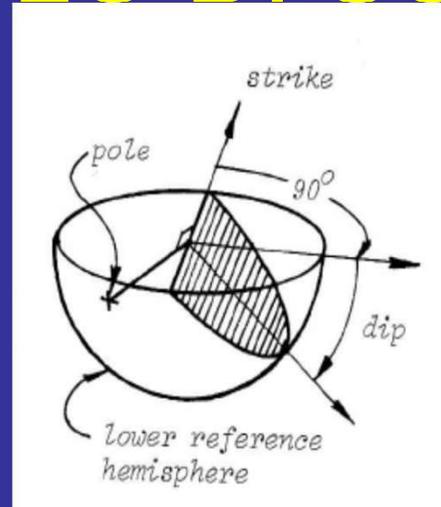
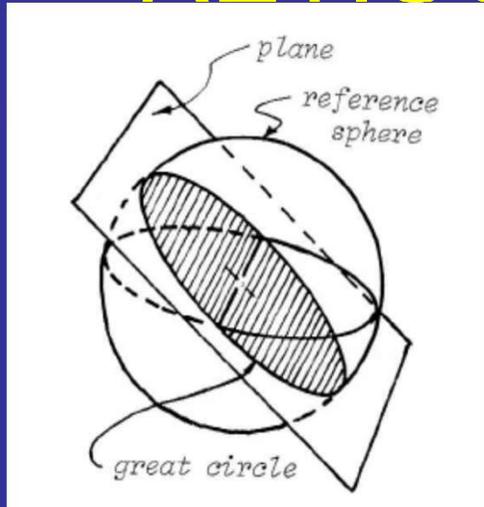
DIP DIRECTION = angolo orario tra Nord e traccia della Dip ( $\alpha$ )

STRIKE = traccia dell'intersezione di una discontinuità col piano orizzontale

PLUNGE = inclinazione della linea di intersezione tra due piani

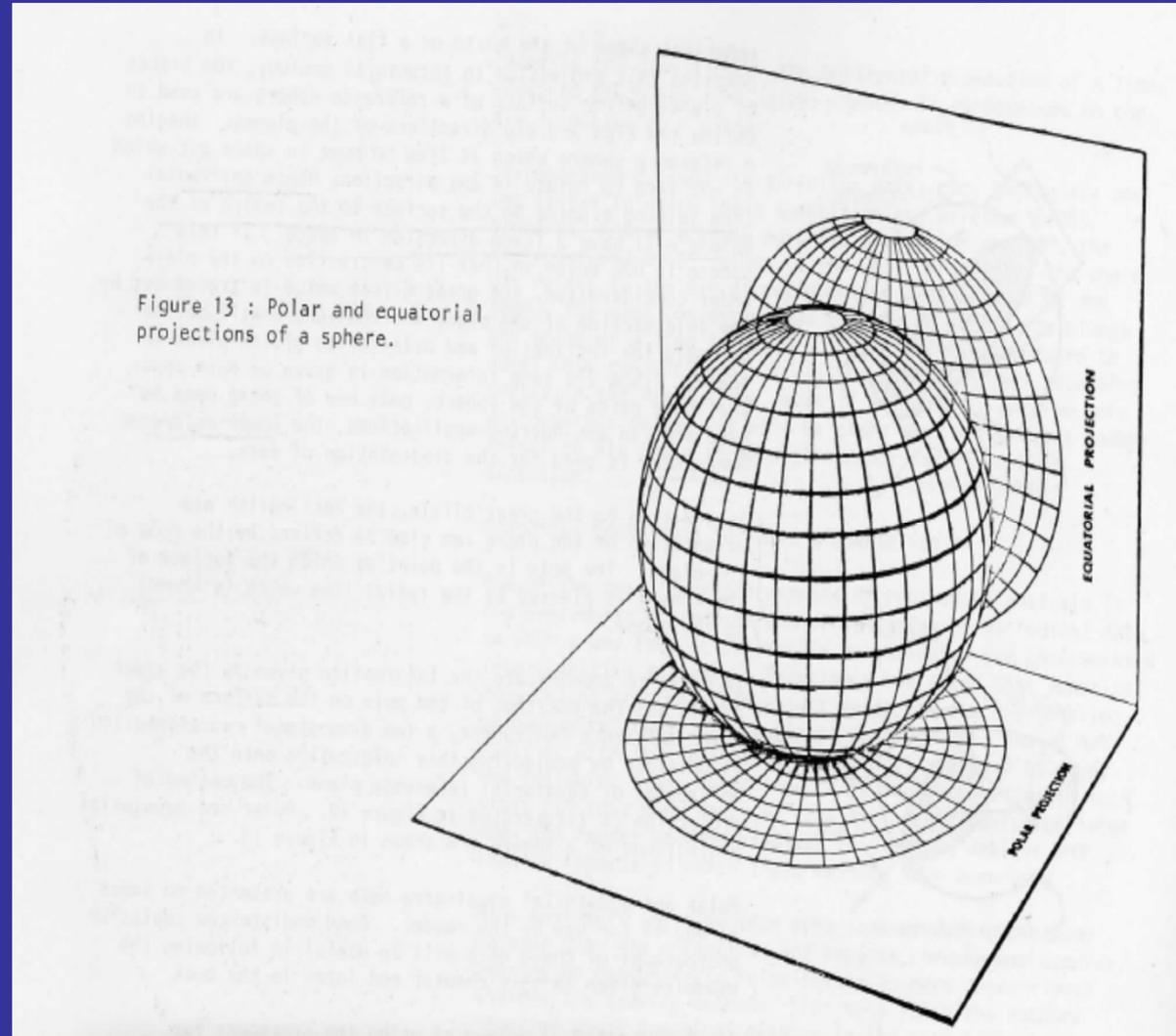
TREND = angolo orario dal Nord della proiezione orizzontale di una linea

# PROIEZIONE DI LAMBERT O RETICOLO DI SCHMIDT

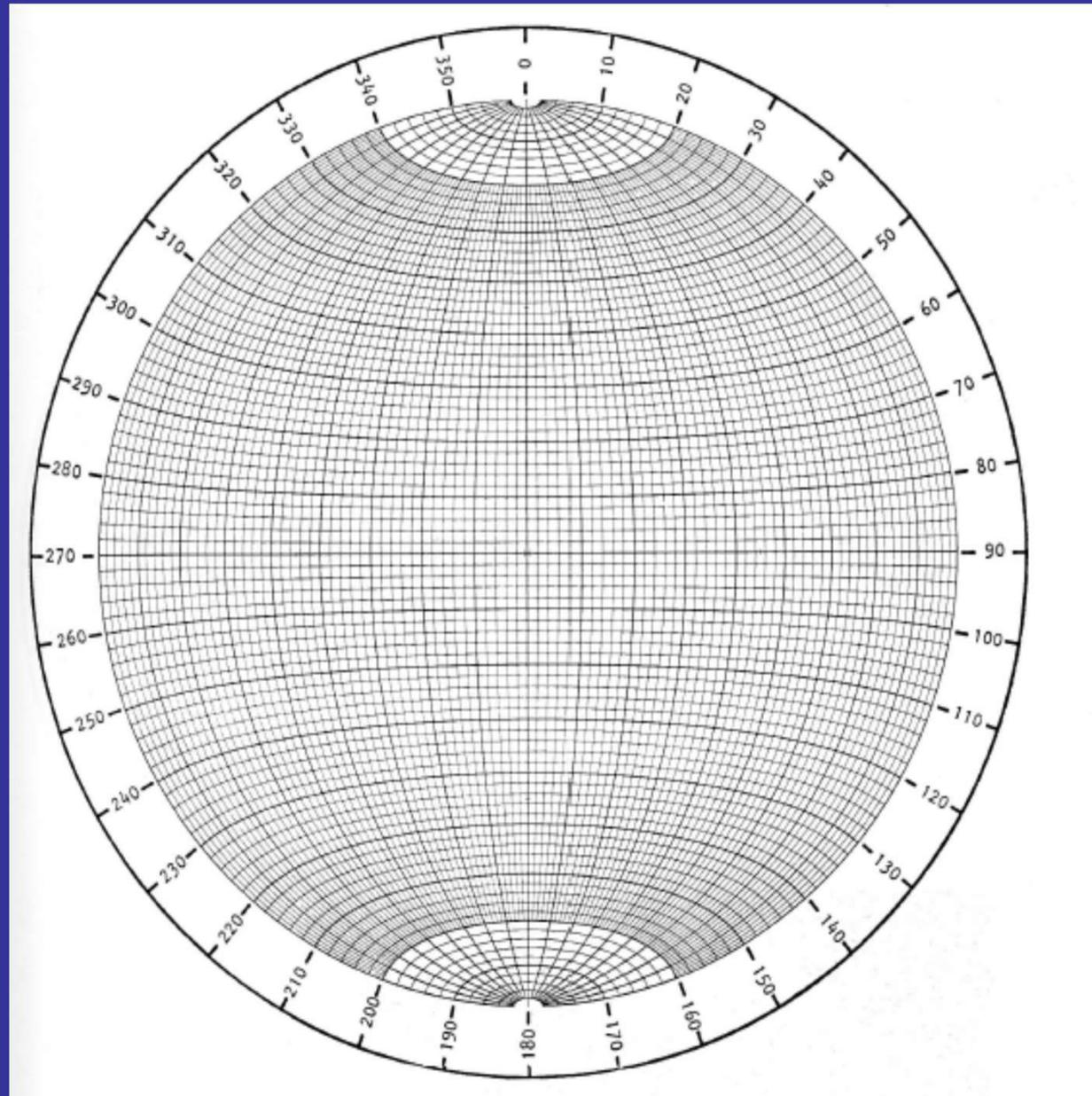


GRANDE CERCHIO  
EMISFERO DI RIFERIMENTO INFERIORE  
PROIEZIONE SUL PIANO EQUATORIALE DI RIFERIMENTO

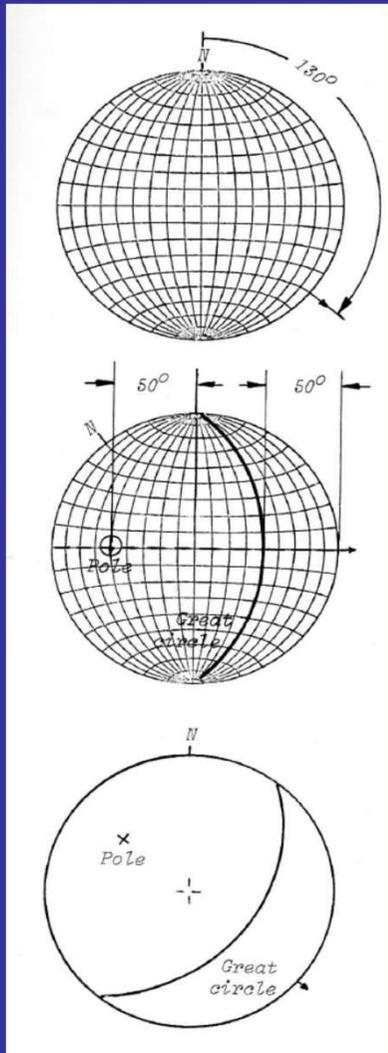
# PROIEZIONI: PIANO EQUATORIALE E POLARE



Equatorial equal-area stereonet marked in  $2^\circ$  intervals.



# USO DEL RETICOLO



**RAPPRESENTARE UNA DISCONTINUITA' CON  
DIP/DIP DIRECTION 50/130**

**USARE IL RETICOLO ED UN FOGLIO DI CARTA LUCIDA**

**SEGNARE IL NORD E LA DIP DIRECTION DI 130° SUL  
FOGLIO DI CARTA LUCIDA**

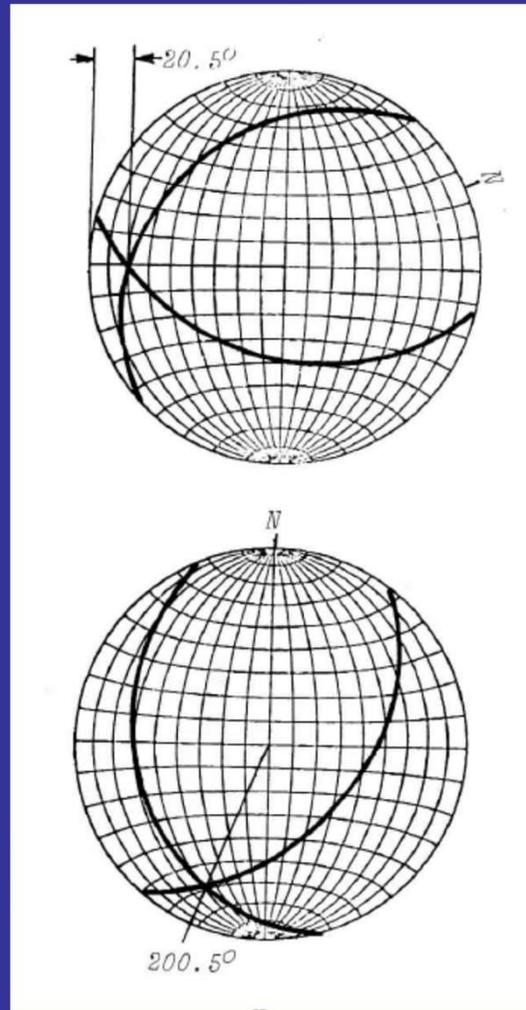
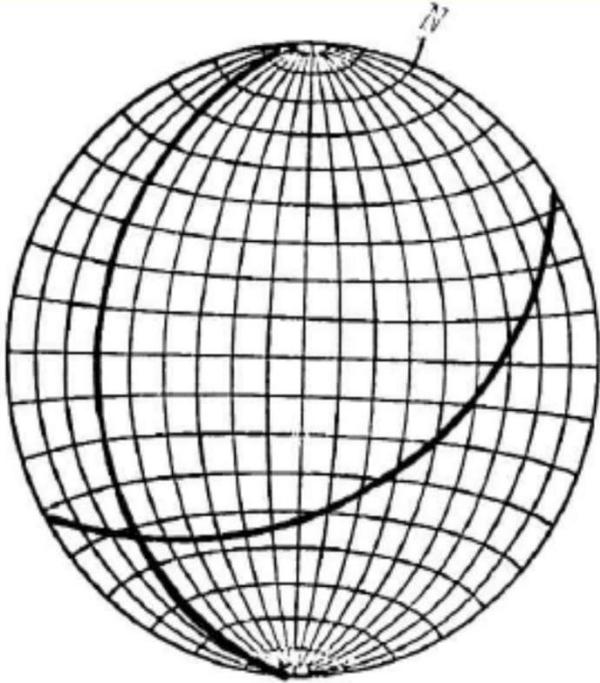
**RUOTARE IL FOGLIO ATTORNO AL CENTRO IN MODO CHE  
LA DIP DIRECTION COINCIDA CON LA DIREZIONE EW  
(ROTAZIONE ANTIORARIA DI 40°)**

**SEGNAMO 50° DALLA CIRCOFENRENZA ESTERNA**

**IL POLO PUO' ESSERE INDIVIDUATO MISURANDO 50° DAL  
CENTRO O 40° DALLA CIRCONFERENZA ESTERNA**

**RIPOSIZIONIAMO CORRETTAMENTE IL NORD**

# DETERMINAZIONE DI PLUNGE E TREND

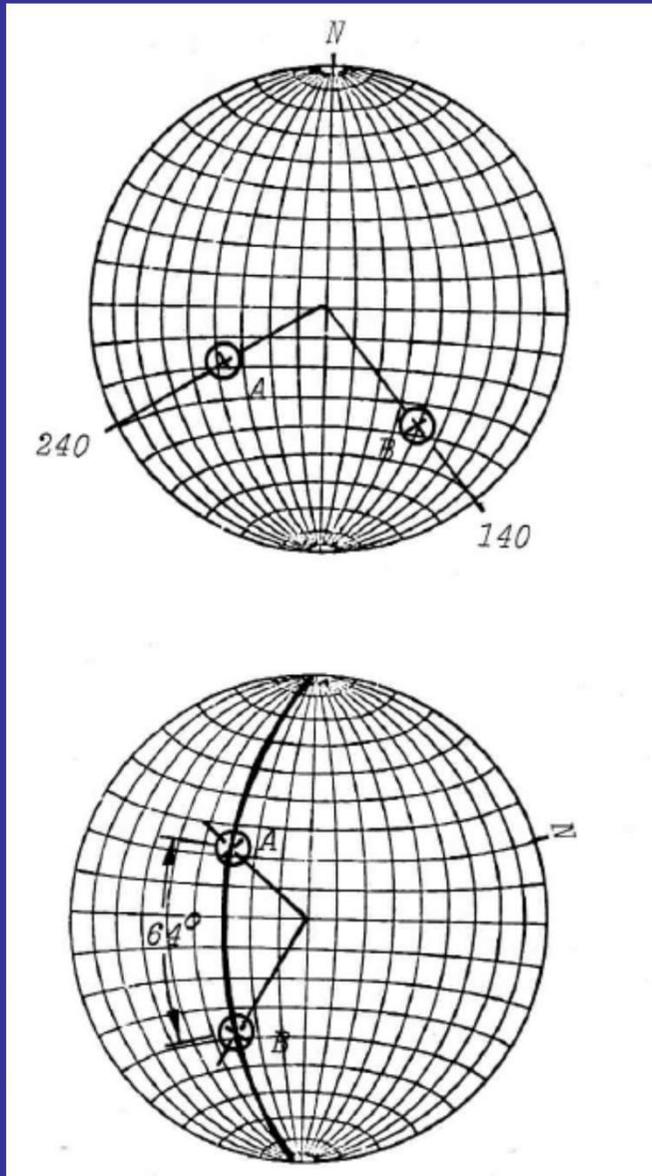


**INTERSEZIONE DI DUE  
DISCONTINUITA' 50/130  
- 30/250**

**RUOTIAMO FINCHE'  
L'INTERSEZIONE  
COINCIDE CON LA  
DIREZIONE EW:  
PLUNGE = 20.5°**

**RIPORTIAMO IL FOGLIO  
NELLA POSIZIONE  
ORIGINALE: TREND =  
200.5°**

# ANGOLO TRA DUE PIANI



**ANGOLO TRA DUE PIANI**

**RAPPRESENTIAMO I POLI (A, B)**

**RUOTIAMO FINCHE' I DUE POLI NON RISULTANO  
ALLINEATI LUNGO UN MERIDIANO**

**MISURIAMO L'ANGOLO**

# TEST DI MARKLAND

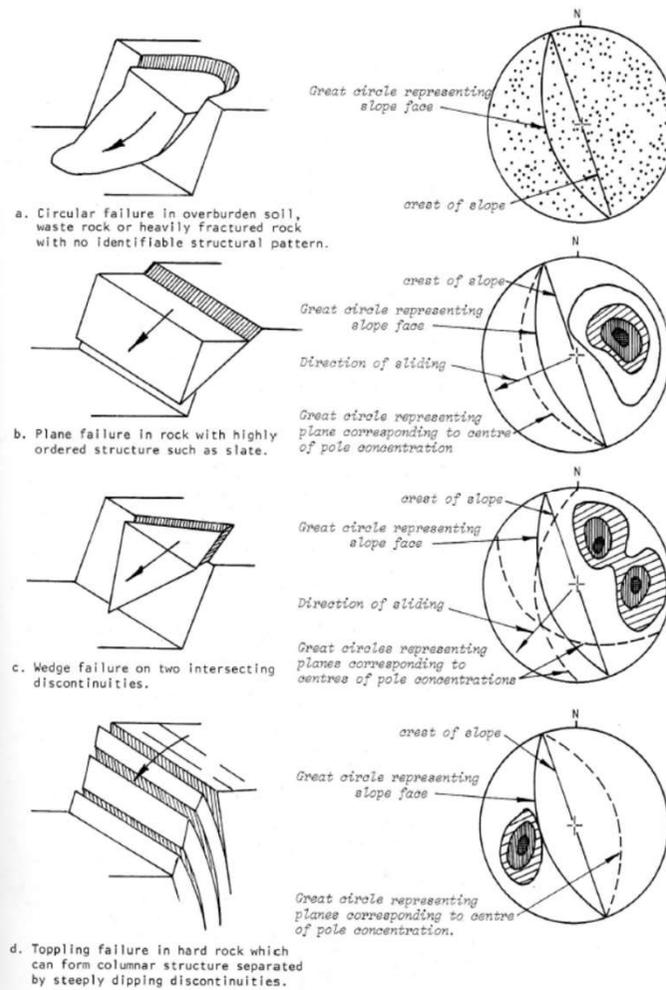


Figure 19 : Main types of slope failure and stereoplots of structural conditions likely to give rise to these failures.

# TEST DI MARKLAND

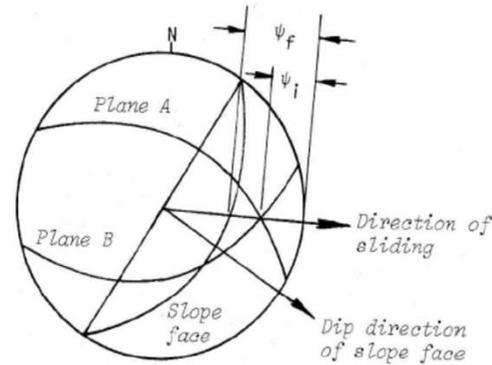


Figure 20a: Sliding along the line of intersection of planes A and B is possible when the plunge of this line is less than the dip of the slope face, measured in the direction of sliding, ie

$$\psi_f > \psi_i$$

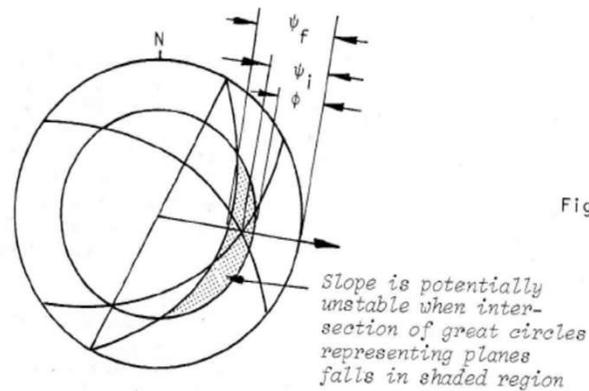


Figure 20b : Sliding is assumed to occur when the plunge of the line of intersection exceeds the angle of friction, ie

$$\psi_f > \psi_i > \phi$$

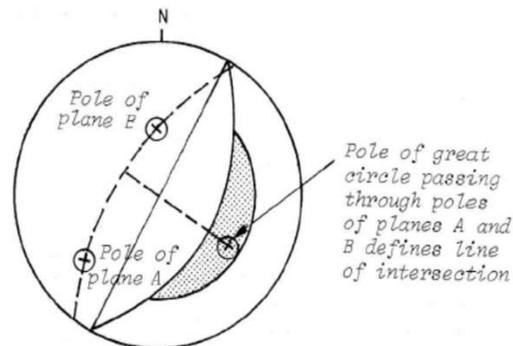


Figure 20c : Representation of planes by their poles and determination of the line of intersection of the planes by the pole of the great circle which passes through their poles.

# INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

## - ATTIVI (RIDUZIONE INSTABILIZZANTI AUMENTO RESISTENTI)

- Geometria del versante
- Condizioni idrauliche
- Sostegno e rinforzo
- Protezione dall'alterazione

## - PASSIVI (RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE E VULNERABILITA')

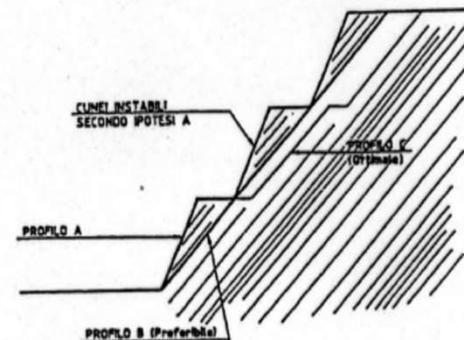
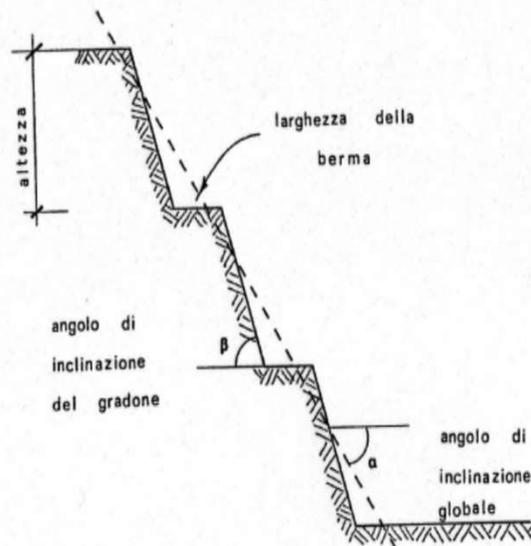
- Reti, trincee e rilevati paramassi
- Gallerie paramassi
- Rilocalizzazione
- Monitoraggio

# ATTIVI: GEOMETRIA DEL VERSANTE

## RIPROFILATURA:

- Sviluppo planimetrico (variazione orientazione e/o curvatura);
- Sezione trasversale (riduzione dell'altezza e/o della pendenza: riduzione forze instabilizzanti ma anche resistenti: verifica F)
  - Gradonatura (berme larghe 5-7 m; altezza < 1:3; scavo dall'alto verso il basso)

**ULTERIORI VANTAGGI:** Minori rischi di cadute massi, minore energia delle acque di ruscellamento.

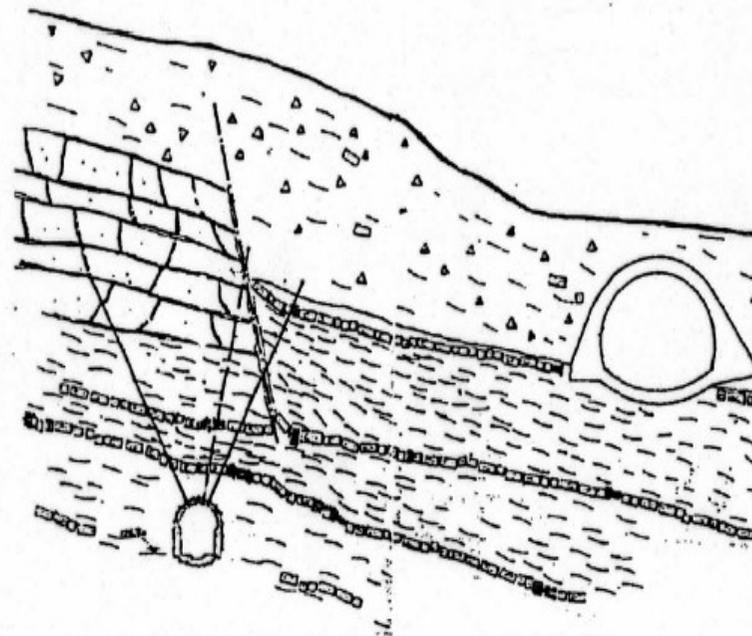
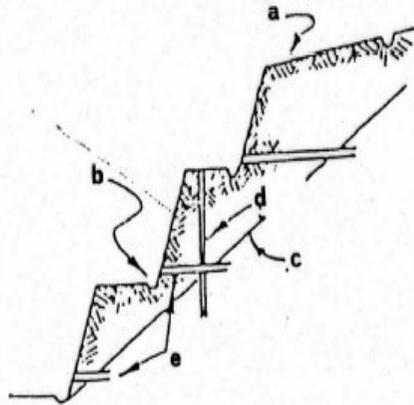


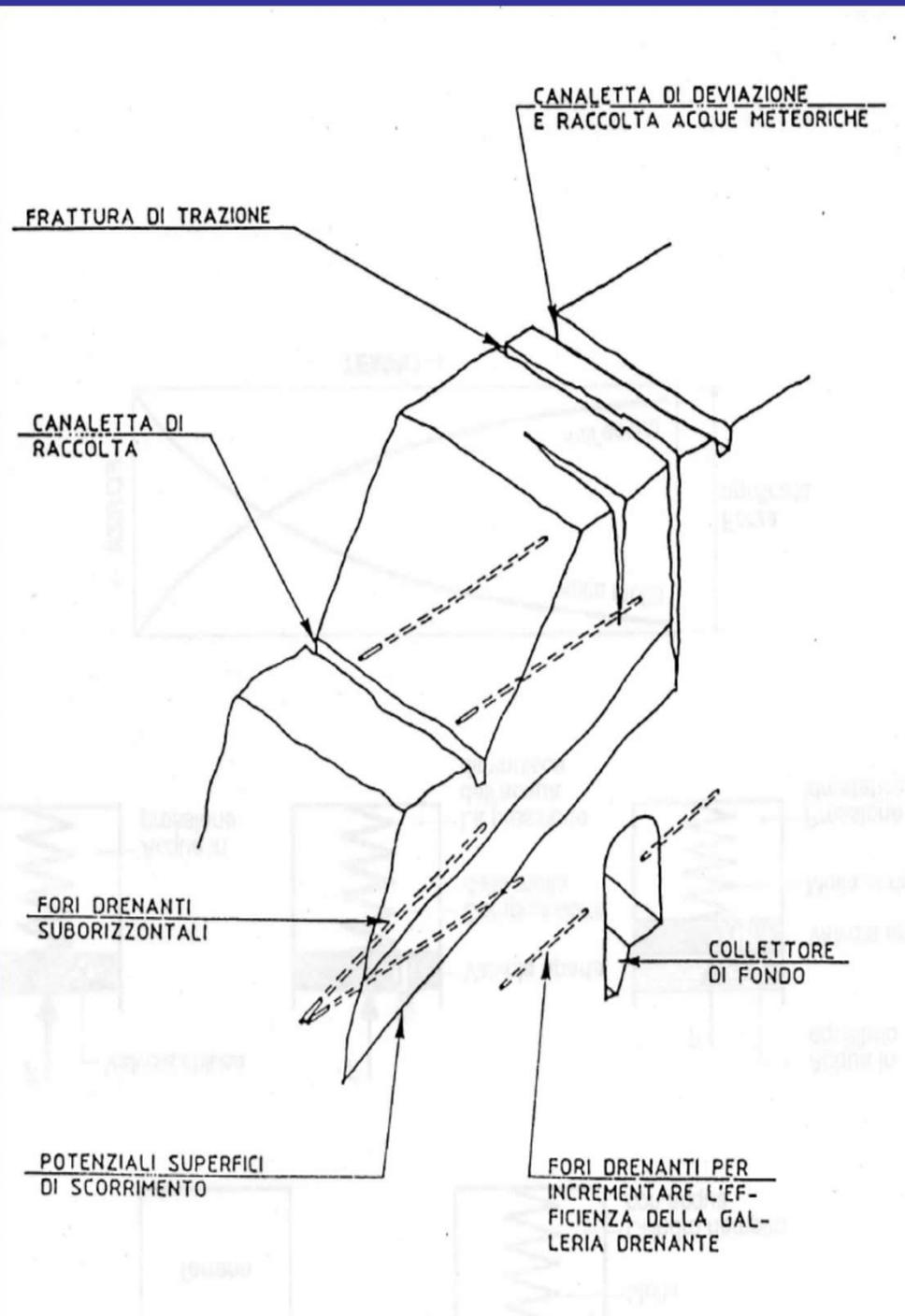
# **ATTIVI: GEOMETRIA DEL VERSANTE**

- **Disgaggio:** rimozione di elementi potenzialmente instabili o instabili in parete, al ciglio o sulle berne intermedie. (calate gealpistiche: trazione con cavi, spinta con pistoni o inserzione martinetti nelle fenditure)
- **Abbattimento con esplosivo di grossi volumi rocciosi in aree disagiate. Dimensionamento della volata:**
  - Evitare il permanere di blocchi in parete in condizioni precarie
  - Evitare il danneggiamento dell'ammasso roccioso
  - Pezzatura e geometria ai piedi della parete
  - Problemi di sicurezza

# ATTIVI: CONDIZIONI IDRAULICHE

- drenaggi superficiali (tubi sub-orizzontali, canalette, impermeabilizzazione)
- drenaggi profondi (pozzi verticali, pompe; gallerie)

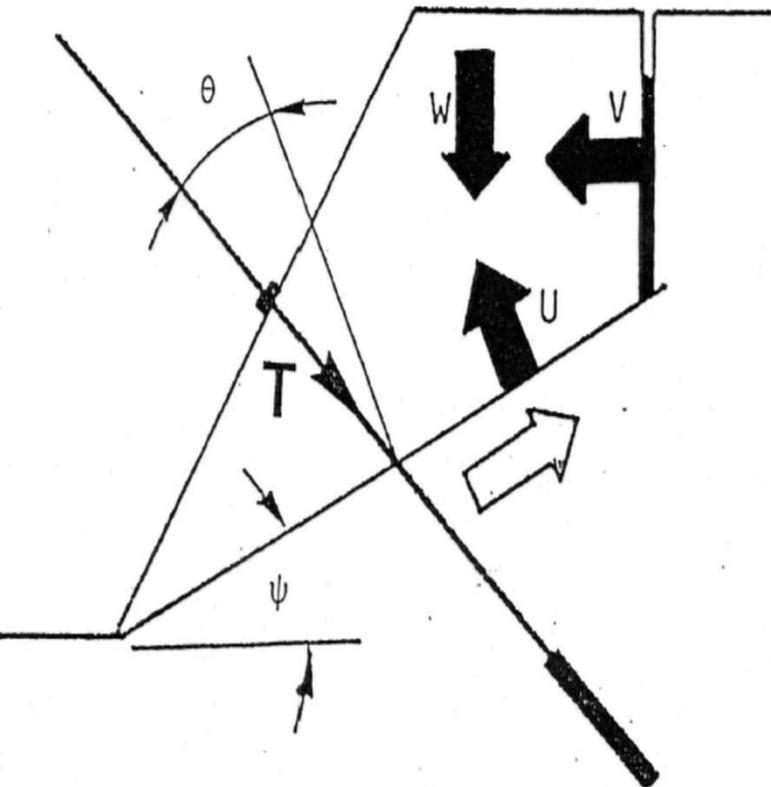




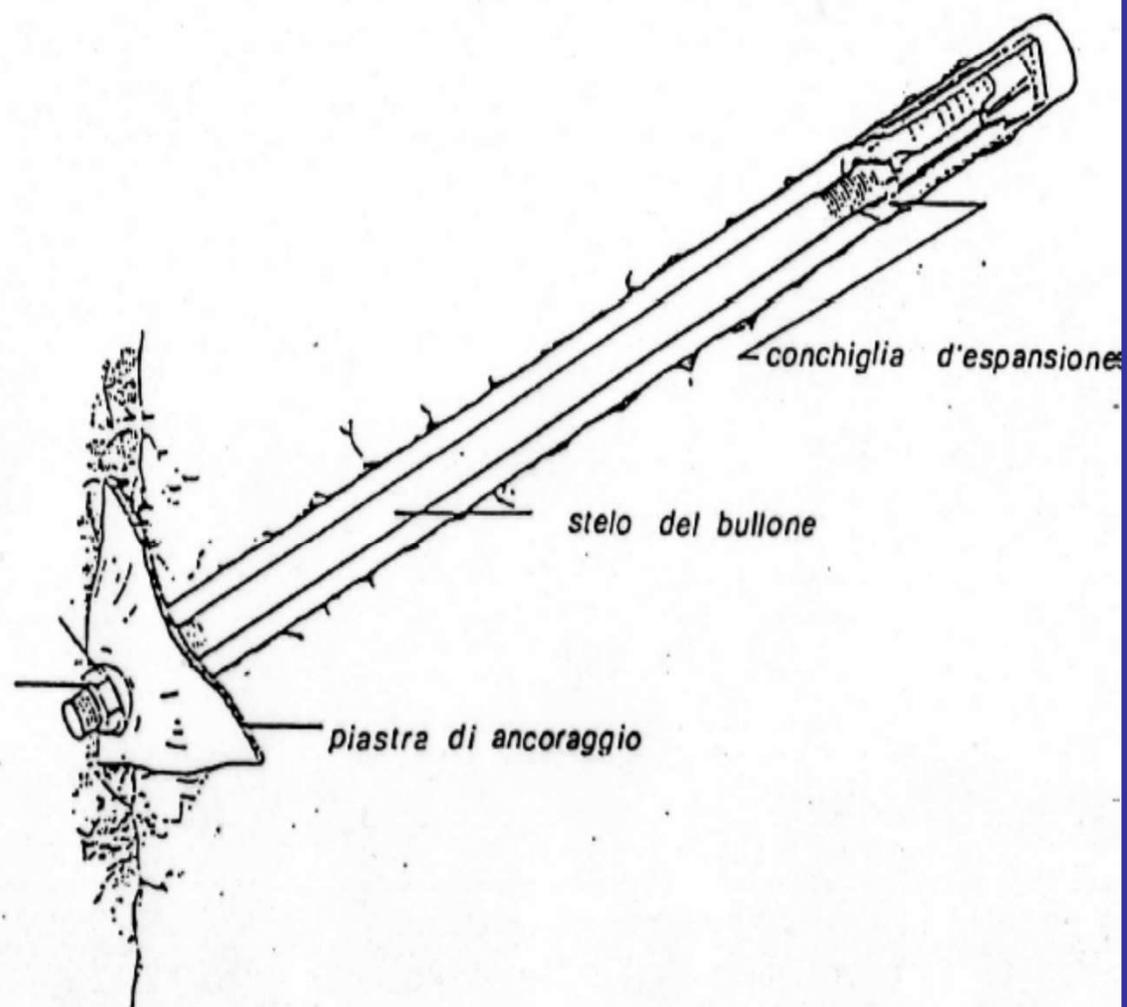
# **ATTIVI: SOSTEGNO E RINFORZO**

- **Tiranti attivi**
- **Bulloni pretesi**
- **Chiodi**
- **Rete e calcestruzzo proiettato**
- **Speroni**

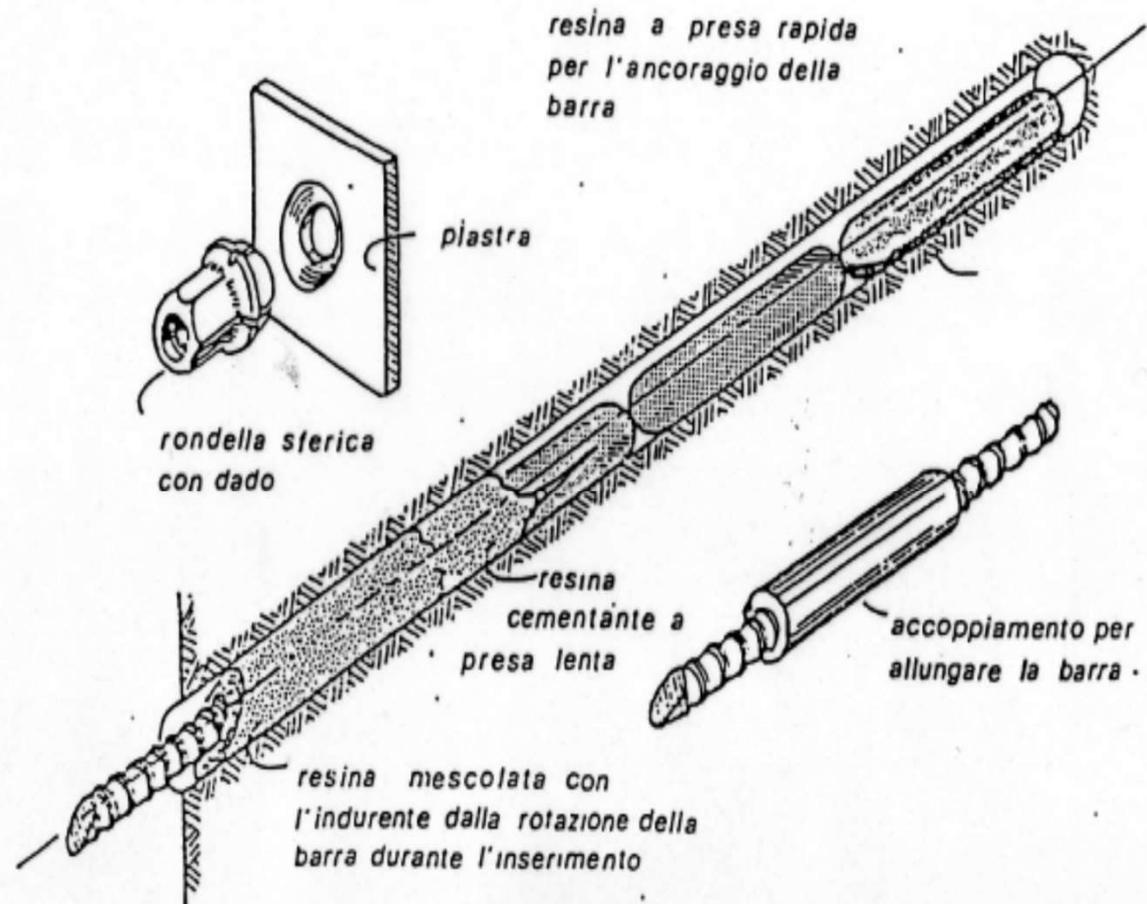
$$F = \frac{cA + (W \cos \psi - U - V \sin \psi + T \cos \theta) \tan \phi}{W \sin \psi + V \cos \psi - T \sin \theta}$$



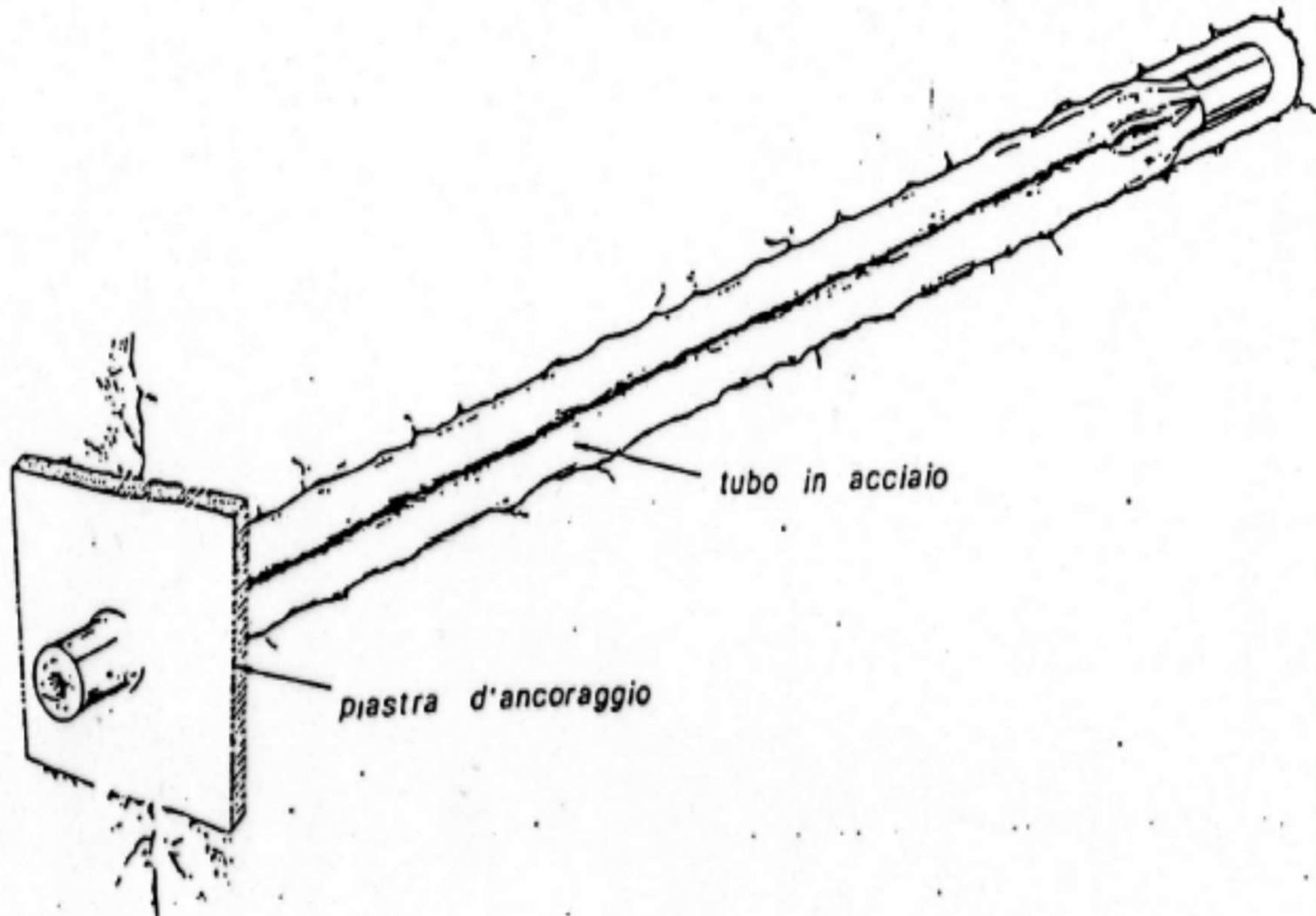
## Bullone ancorato con conchiglia d'espansione

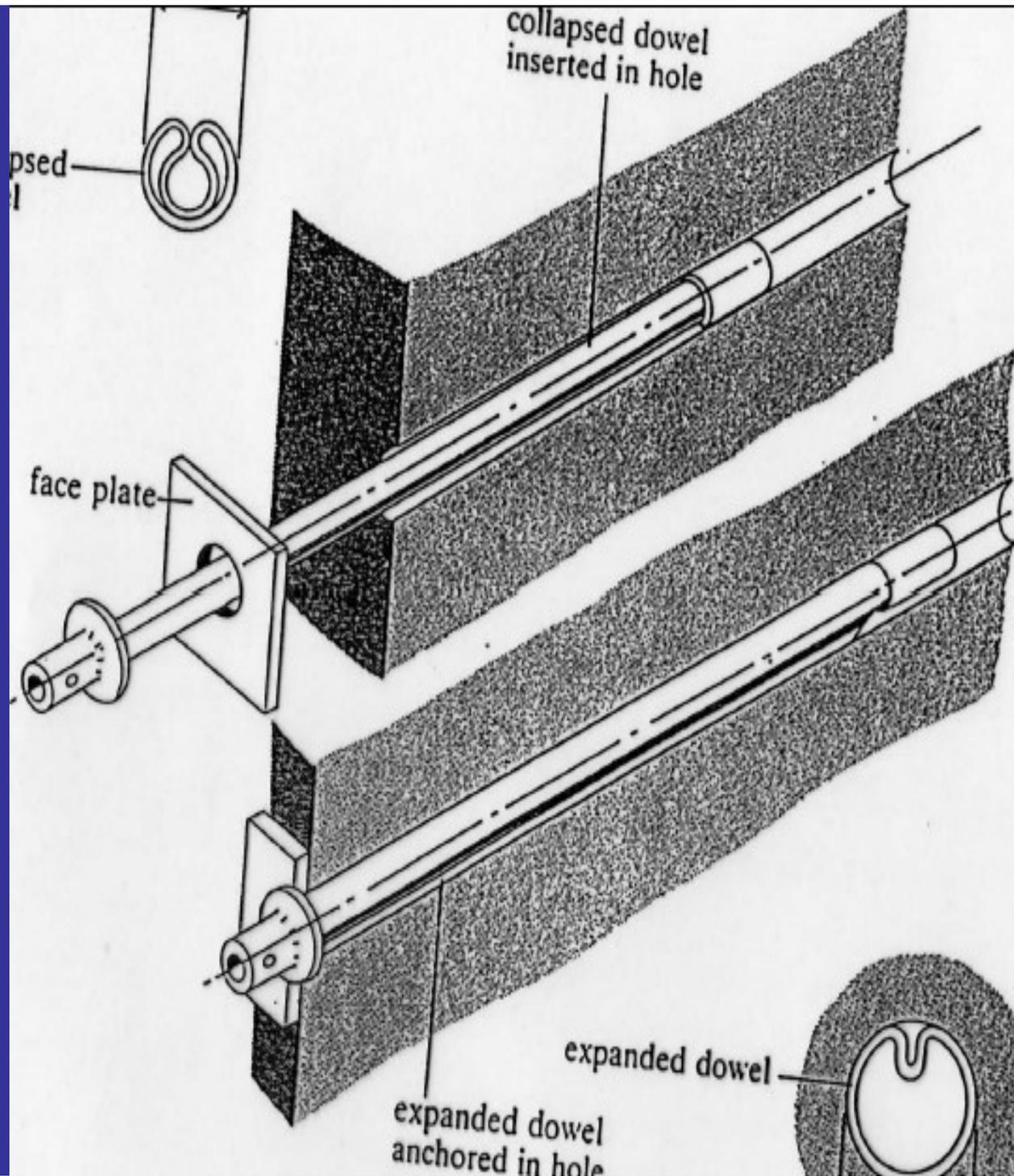


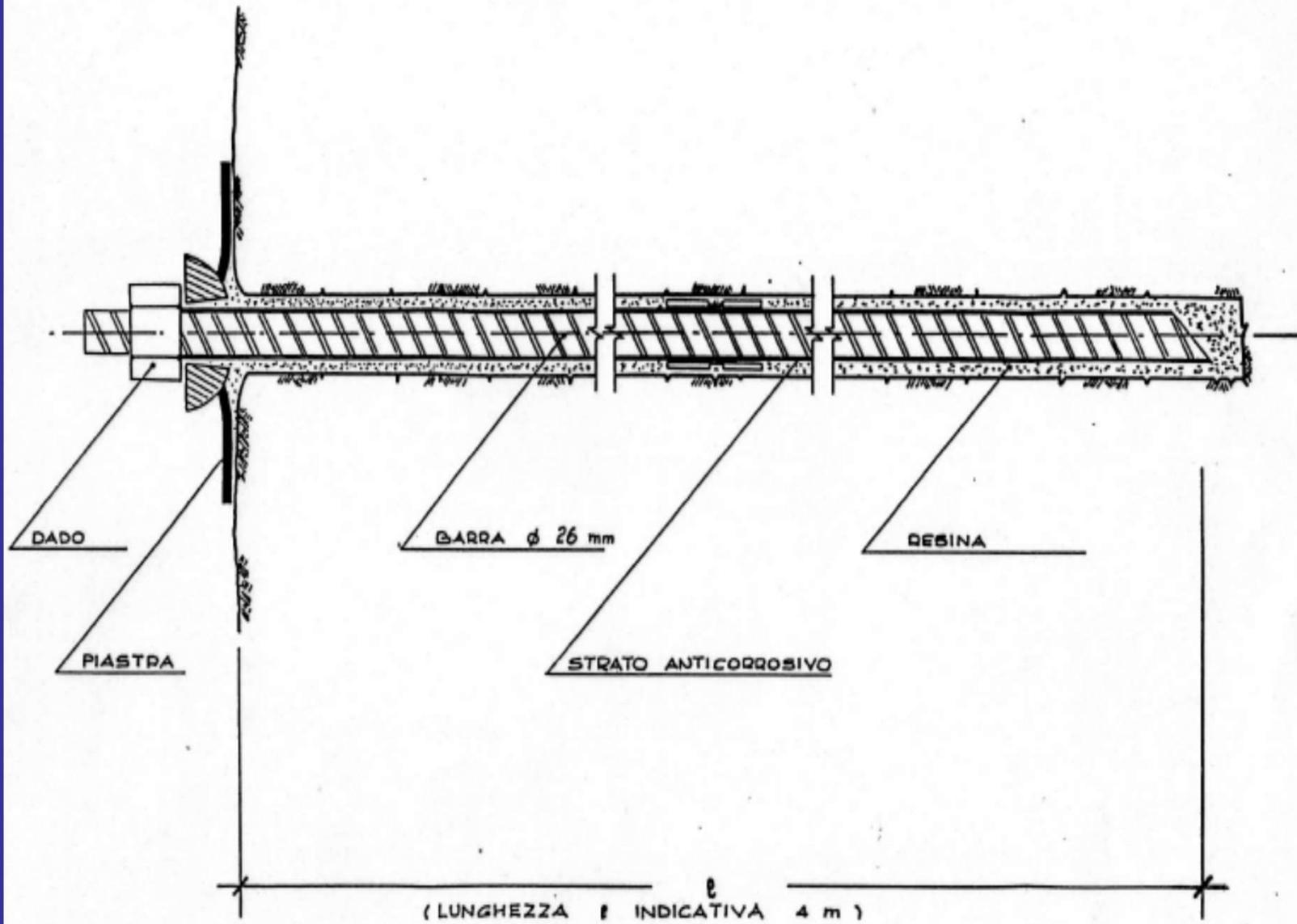
## Bulloni iniettati con resine e tesati



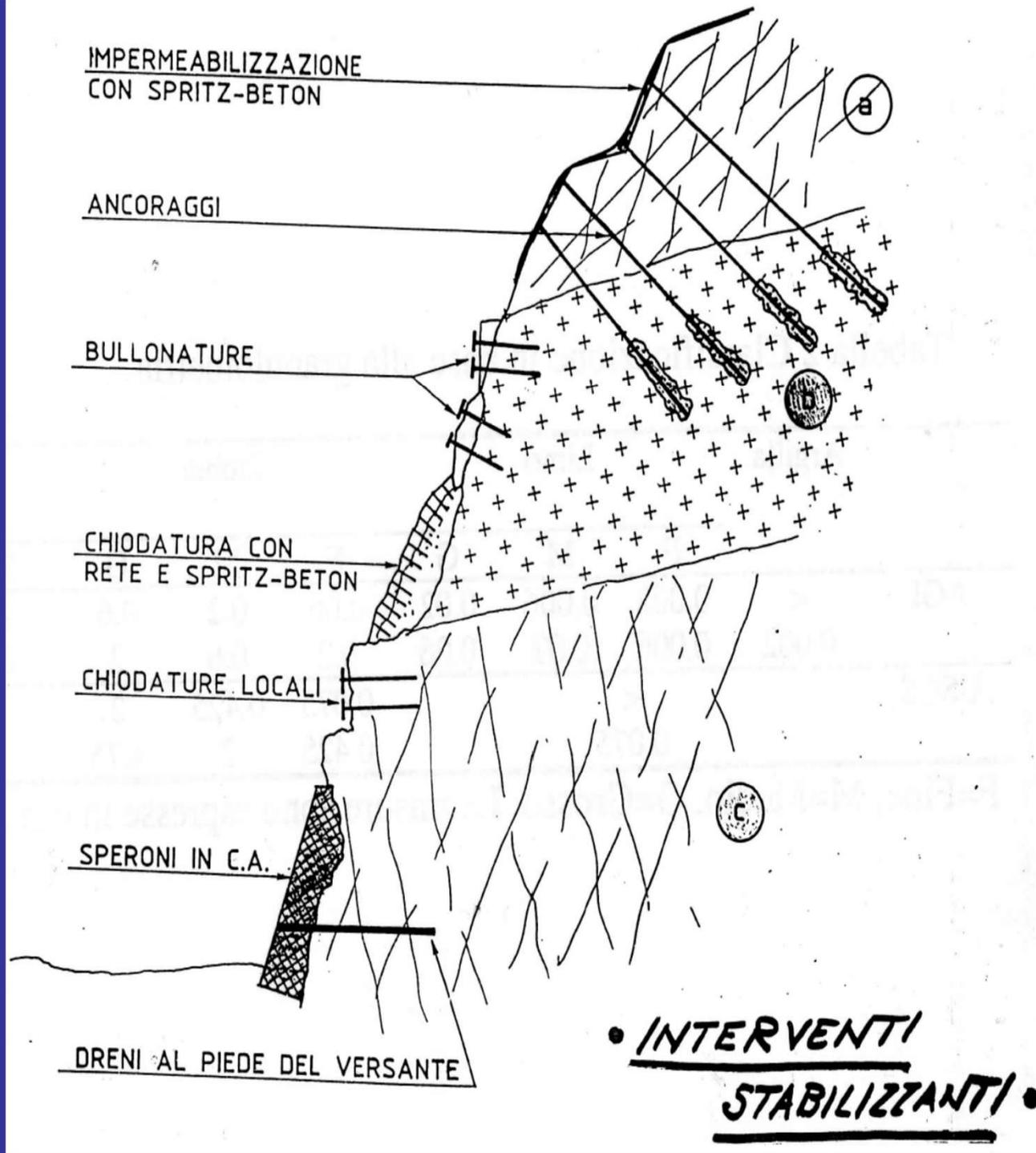
# Bullone Swellex







BULLONE TIPO - SEZIONE LONGITUDINALE

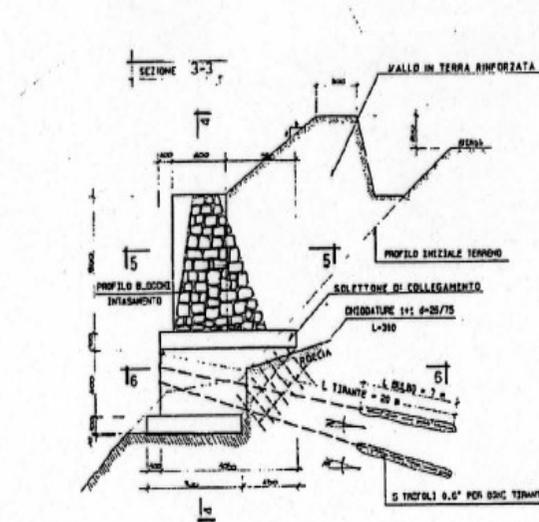
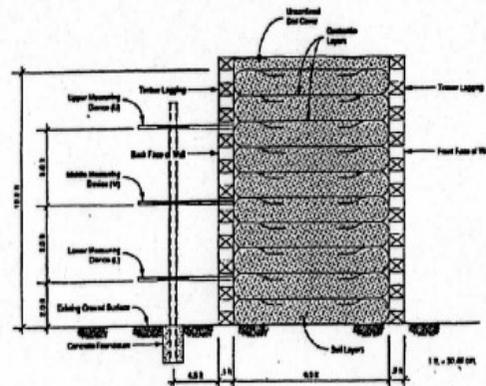
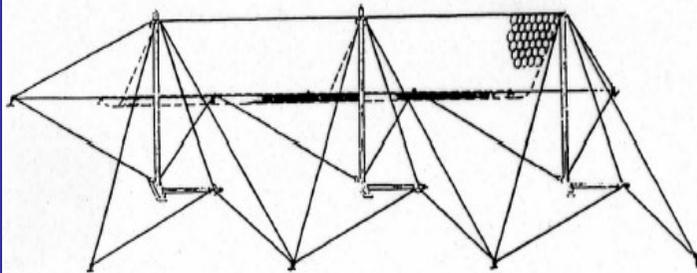


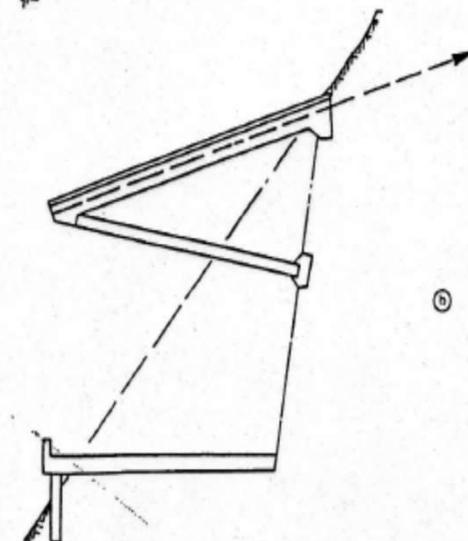
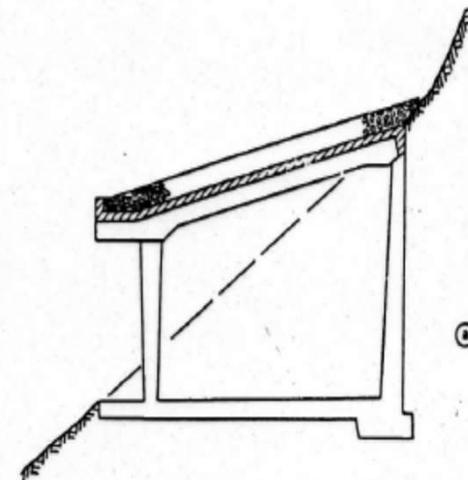
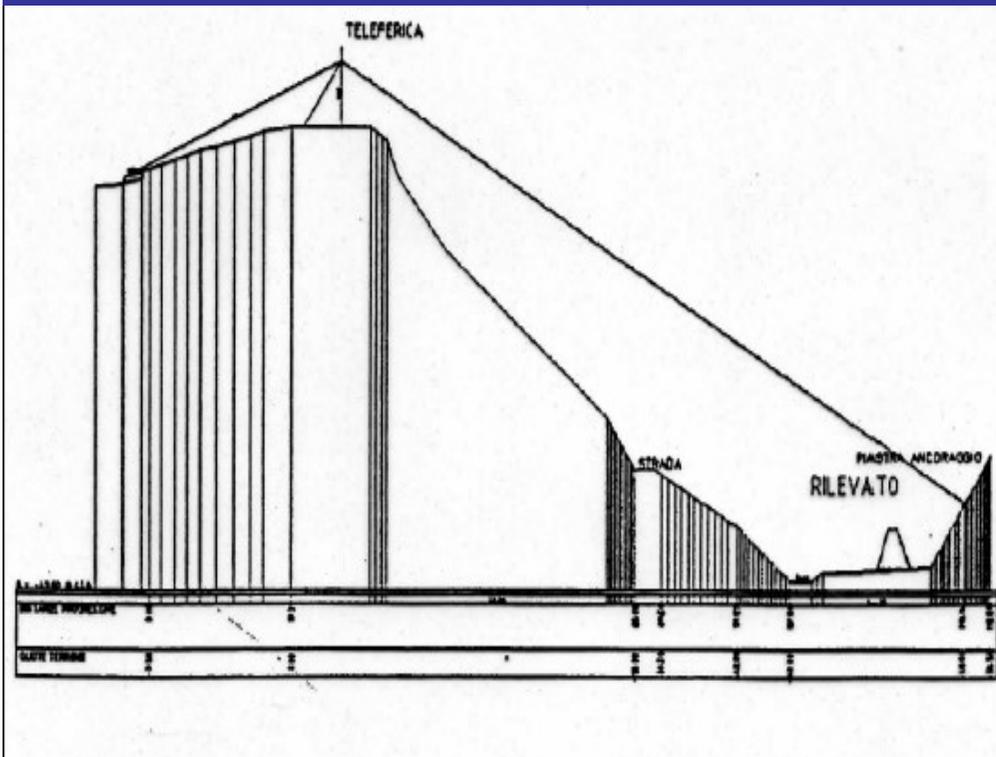
# **ATTIVI: PROTEZIONE DALL'ALTERAZIONE**

- **Impermeabilizzazione**
- **Sistemi drenanti**
- **Ri-vegetazione**
- **Reti**

# PASSIVI

- Reti (intercettazione, supporto, collegamento, fondazione), trincee (profondità e larghezza), rilevati (altezza, dimensioni, materiali) paramassi.
- Gallerie artificiali (in cls con materiale assorbente)
- Monitoraggi (segnalazioni, controlli)
- Rilocalizzazione





# COLATE

