



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1114

DATA: 16/09/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Ottina


MATERIA: Meccanica delle rocce 2013-14

Prof. Scavia

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.


**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

MECCANICA DELLE ROCCE 05BPMMX	
Docente	Prof. Claudio SCAVIA (011/ 0904823) <i>claudio.scavia@polito.it</i>
Esercitatore	Prof. Monica BARBERO (011/ 0904888) <i>monica.barbero@polito.it</i>
Orari	Martedì 8.30 - 11.30 19A
	Mercoledì 8.30 - 10.00 15A 9S
	Giovedì 14.30 - 16.00 25
	Orario di ricevimento: da concordare
	CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

LAIB 1

Geotecnica: Meccanica delle Terre (consolidazione)

Prima PRINCIPI DEL CONTINUO, adeno DISCONTINUITA'

BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO	
<p>Il corso si propone di fornire gli elementi base della <i>Meccanica delle Rocce</i> e la loro applicazione allo studio della <i>stabilità degli scavi</i>, in superficie, in sotterraneo (gallerie) e di <i>pendii naturali</i>.</p> <p>La presenza di <i>discontinuità naturali</i>, ad ogni scala, pone problematiche sperimentali e teoriche in parte diverse rispetto a quelle affrontate nei corsi di Geotecnica e di Scienza delle Costruzioni.</p> <p>In tal senso nel corso vengono descritte le caratteristiche meccaniche e fisiche della matrice rocciosa e delle discontinuità naturali. A partire dal concetto di <i>volume elementare rappresentativo</i> vengono di seguito presentati i metodi di calcolo del <i>continuo equivalente</i> e del <i>discontinuo</i>.</p> <p>La stabilità dei pendii e delle cavità sotterranee viene presentata facendo riferimento a casi di studio reali.</p>	
	CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

03/03/2014

ESAME

L'esame si svolge in due fasi: una scritta, consistente in esercizi, e una orale. In sostituzione della prova scritta è previsto un esonero alla fine del corso. Condizione necessaria al sostenimento dell'esame orale è l'avvenuta consegna di tutte le esercitazioni complete entro 15 giorni dalla data di assegnazione.

Il voto finale è basato su un giudizio complessivo che tiene conto dell'esito delle due fasi e della qualità delle esercitazioni svolte studente durante il corso.

- N.B.
- L'esonero ha validità per l'anno accademico in cui è stato sostenuto.
 - Lo scritto ha validità per la sessione di esami in cui è stato sostenuto.



POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

BIBLIOGRAFIA

Vengono rese disponibili le presentazioni power point proiettate nel corso delle lezioni e delle esercitazioni, che però da sole non sono sufficienti per la preparazione dell'esame ma devono essere integrate mediante gli appunti presi in aula.

Per chi volesse approfondire gli argomenti trattati si consigliano i seguenti testi:

1. E. Hoek, E.T. Brown. UNDERGROUND EXCAVATION IN ROCK, IMM, London, 1980.
2. E. Hoek, Bray, ROCK SLOPE STABILITY, IMM, London, 1981.
3. J. A. Hudson and J. P. Harrison. ENGINEERING ROCK MECHANICS : AN INTRODUCTION TO THE PRINCIPLES, Pergamon. 1997
4. J.P. Harrison and J.A. Hudson ENGINEERING ROCK MECHANICS: PART 2 : ILLUSTRATIVE WORKED EXAMPLES , Pergamon, 2000.



POLITECNICO DI TORINO

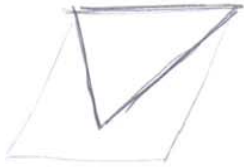
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

Quale problema può dare fare le opere in roccia?

Non sempre avere roccia significa avere STABILITÀ.

03/03/2014

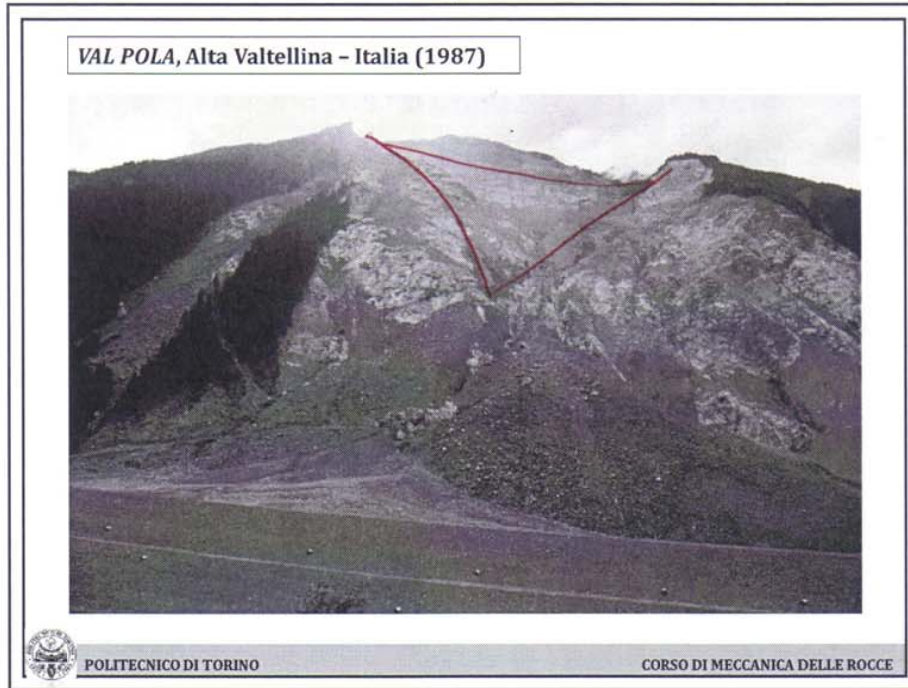
Questo pendio è collocato con 30 M m3 di materiale caduto perché esistevano 3 grandi piani di discontinuità = cuneo di roccia. Anche se questi blocchi hanno molta resistenza, ne creche la frana per la presenza di discontinuità (in posizione sfavorevole)



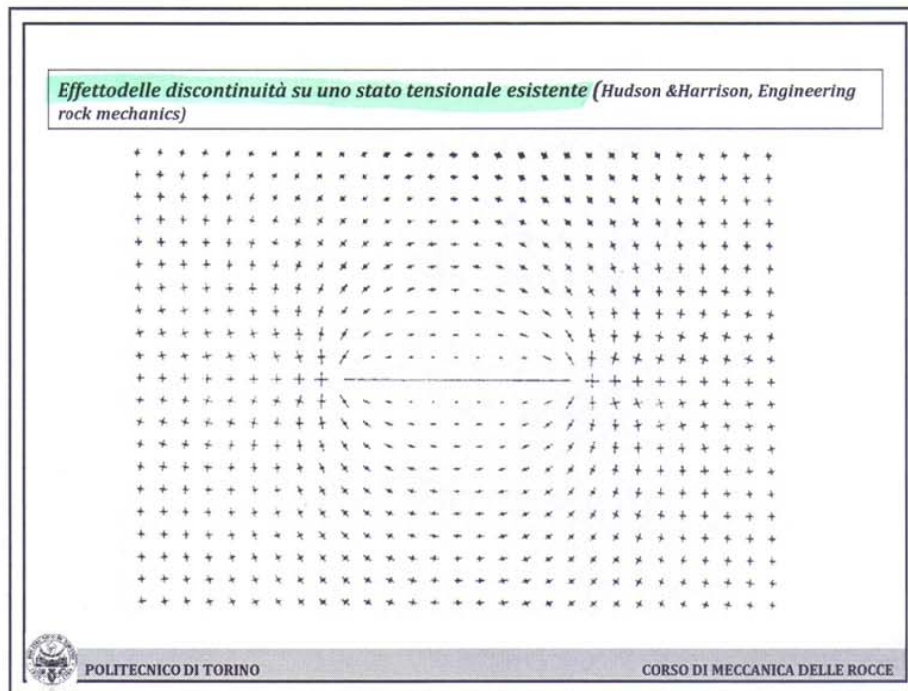
FRANA



STABILE



lo stesso discontinuità può dare origine a situazioni STABILI o INSTABILI.



Quando determiniamo la resistenza caratteristica R_{ck} , questo valore non è la resistenza massima della ghiaia o del cemento ma è il valore di resistenza massima del CLS.



Il continuo ha delle caratteristiche di resistenza che tengono conto delle diverse entità coinvolte.

Evitare di rappresentare la discontinuità ma parlare del mezzo del continuo.

CONTINUO EQUIVALENTE

CONTINUO

Il continuo equivalente è quel materiale con comportamento equivalente al comportamento del campione reale, che è un materiale discontinuo.

I parametri ottenuti nel continuo tengono conto delle mescole delle discontinuità.

Perché in meccanica delle rocce non è sempre possibile definire il continuo equivalente?

REV (Volume Elementare Rappresentativo)

Considero un ammasso di terreno formato da particelle e voglio determinare un parametro del continuo equivalente:

$$n = \frac{V_v}{V} \quad \text{Porosità} = \frac{\text{VOLUME VUOTI}}{\text{VOLUME TOTALE}}$$

Quale volume devo considerare per determinare n ?

Cosa succede se prendiamo dei volumi di riferimento più piccoli per calcolare n ?

Studiamo come determinare REV.

3) Il REU è il minore dei volumi per cui, per volumi superiori, il risultato non cambierebbe.

Quando vogliamo fare le prove sul campo, bisogna essere sicuri che le dimensioni siano almeno uguali al REU o maggiori.

Per dimensioni inferiori al REU, possiamo ottenere dei valori (alti valori) non rappresentativi.

Quindi, bisogna fare un minimo sufficientemente grande.

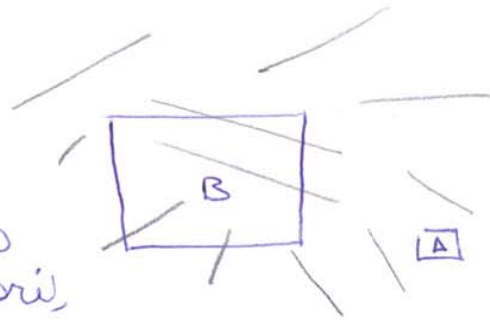
Per la Meccanica delle Terre il REU è scaturito perché, siccome le particelle sono piccole, le dimensioni dei campioni da laboratorio sono molto maggiori del REU.

Per la Meccanica delle Rocce?

Applichiamo il concetto di REU alle rocce: non abbiamo più la discontinuità TRAGGIANI.

Nelle rocce le discontinuità hanno dimensioni differenti, e maggiori, rispetto a quelle presenti nelle terre.

Le dimensioni del minimo devono essere almeno uguali al valore del REU.



A PROVINO PICCOLO - SOLO MICROFRATTURE



Le dimensioni del minimo sono tali da poterlo considerare come REU rispetto alle microfratture.

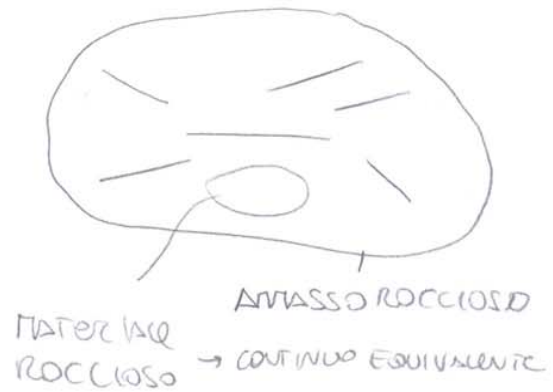
La roccia che contiene solo microfratture è detta **MATERIALE ROCCIOSO - MATRICE ROCCIOSA** (non diciamo materiale inietto).

In questo caso valgono i metodi già visti in altri casi per determinare la resistenza ma la resistenza che otteniamo non è rappresentativa dell'intero ammasso roccioso.

METODO DEL DISCONTINUO

Considero l'**AMMASSO ROCCIOSO** formato da:

- **MATERIALE ROCCIOSO**, ammissibile ad un continuo equivalente;
- **DISCONTINUITA'**, che sono caratterizzate da:
LUNGHEZZA, POSIZIONE e RESISTENZA.



CARATTERISTICHE MODELLO DEL DISCONTINUO

- 1) RINUNCIATO all'ipotesi di continuità perché la discontinuità:
 - CAMBIA LO STATO TENSIONALE;
 - PRODUCE DEBOLEZZE.
- 2) RAPPRESENTARE TUTTE LE DISCONTINUITA'
- 3) Tra le discontinuità ho il **MATERIALE ROCCIOSO**, che viene trattato come un **CONTINUO EQUIVALENTE**.



consideriamo, comportamento non omogeneo.



CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE ROCCE

Bisogna determinare TENSIONI, DEFORMAZIONI e ZONE DI ROTTURA.

• ROCCHE

1) GEOMETRIA

Bisognerebbe sapere cosa c'è dentro la montagna prima di fare la galleria; per questo motivo vengono fatti dei sondaggi che forniscono la stratigrafia.

Prima di fare i sondaggi (non o. sondaggi).

Cosa c'è tra i sondaggi?

Per sapere la LITOLOGIA, quali materiali e discontinuità sono presenti, abbiamo bisogno di un Geologo che interpreti i sondaggi.

Secondo la Geesi, si avrà un determinato tipo di distribuzione degli strati.

Però abbiamo sempre delle incertezze.

Il progetto di una galleria varia in corso d'opera e viene fatto solo in linea di massima prima dello scavo.

Nella Tecnica delle Rocce, prima si fa un progetto di massima e poi, durante lo scavo, si varia il programma in corso d'opera.

2) CONDIZIONI AL CONTORNO

• STATO TENSIONALE NATURALE

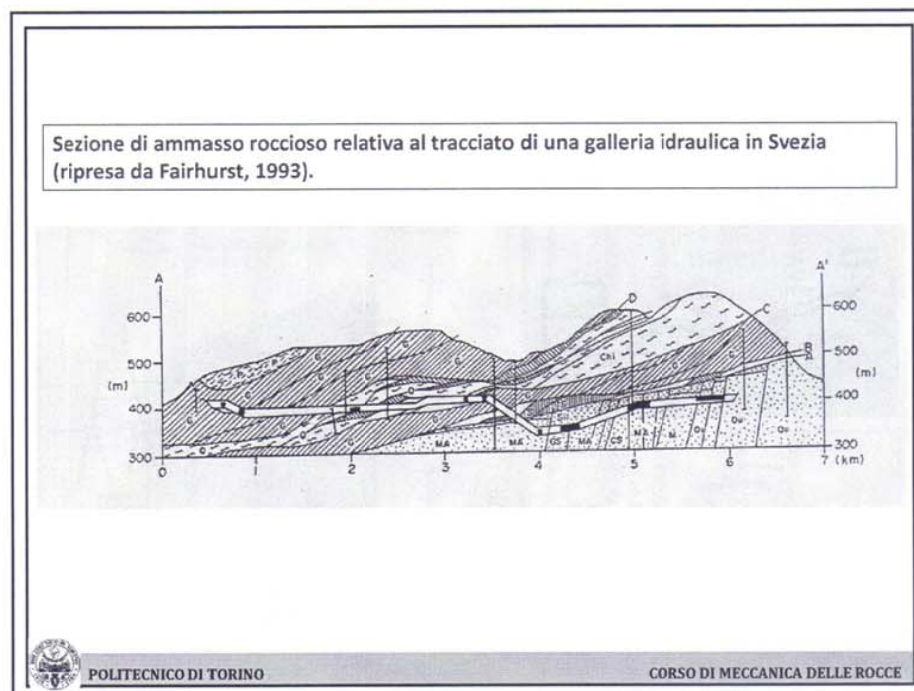
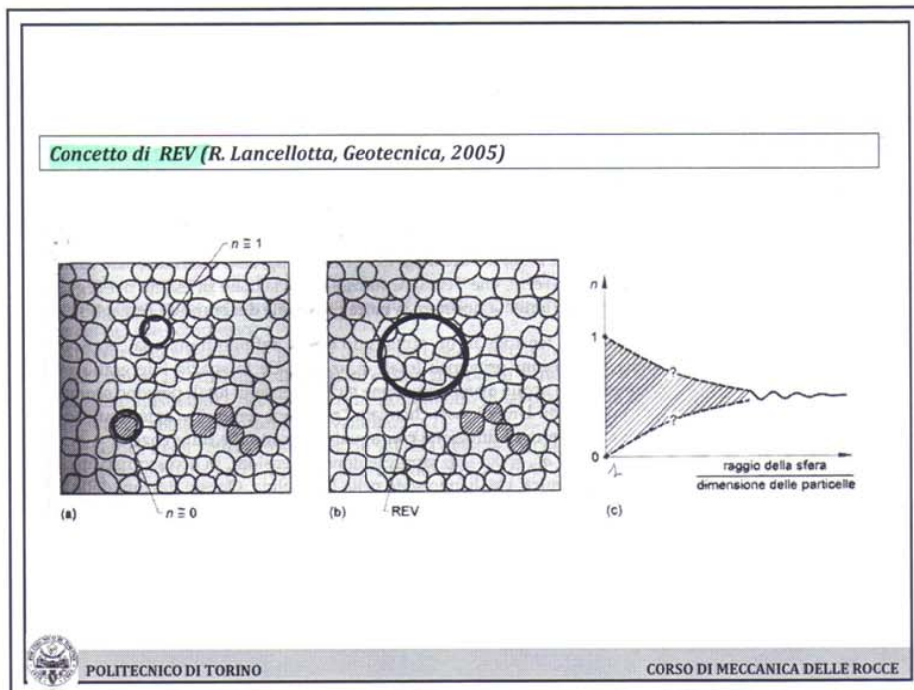
Lo stato tensionale dell'ammasso roccioso prima di fare lo scavo è difficile da trovare ed è misurato solo in punti particolari.

• PRESIONI NEUTRE

In Geotecnica usavamo i Pietzometri; in questo caso, l'acqua nell'ammasso roccioso, materiale impermeabile, si trova nelle discontinuità perché hanno permeabilità elevate.

Ma dove sono le discontinuità?

Ho delle forti incertezze.



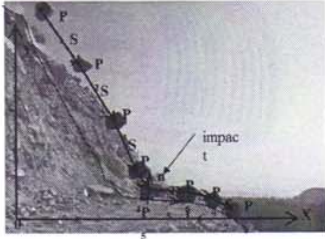
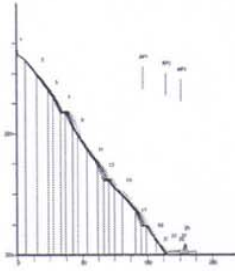
lo studio del pendio riguarda anche l'evoluzione della CADUTA del SOLIDO per dimensionare gli interventi PASSIVI.



03/03/2014


Unione dei modelli di calcolo per lo studio della traiettoria di caduta dei massi.

INGEGNERIA delle ROCCE
STABILITA' dei PENDII

Caduta massi




POLITECNICO DI TORINO


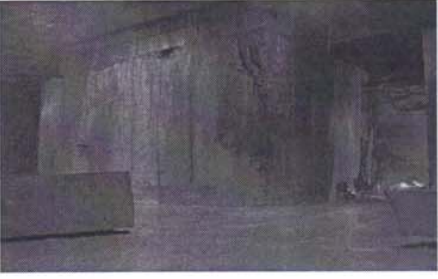
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE


Bisogna trovare le aree più pericolose e vedere dei livelli di rinforzo.

INGEGNERIA delle ROCCE

SCAVI IN SOTTERRANEO





POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

Scopi MINERARI (CARBONE) : in questi il rischio è più elevato rispetto alle normali opere civili.

Sono opere temporanee e lavora personale specializzato.

Nel materiale roccioso (de coartiere le microfratture)
portiamo bene delle prove in laboratorio.


03/03/2014

le grandi discontinuità devono essere rappresentate e
caratterizzate: sono rappresentate l'ammesso roccioso come un
continuo equivalente solo se sono delimitate un REV anche per

l'ammesso
roccioso....

MECCANICA DELLE ROCCE 05BPMMX	
Docente	Prof. Claudio SCAVIA (011/0904823) claudio.scavia@polito.it
Esercitatore	Prof. Monica BARBERO (011/0904888) monica.barbero@polito.it

le caratteristiche dell'ammesso roccioso
determinate mediante prove in laboratorio ma
facendo considerazioni indirette.

 POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA'

- RAPPRESENTAZIONE SERIQUANTITATIVA (IN SITO).
- STUDIO DEL COMPORTAMENTO MECCANICO per mettere in relazione

CAUSA (G) con EFFETTO (E).



DISCONTINUITA'

 POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

GIUNTI

Sono fratture della roccia lungo le quali non ci sono stati significativi spostamento.

Sono dovuti a sollecitazioni di taglio e/o trazione subiti dalla matrice rocciosa.

Possono essere sistematici. (gruppi di fratture pseudo parallele) o rappresentare fratture singolari.

Hanno in genere spaziature da centimetriche a metriche e rappresentano le fratture più frequenti.

TAGLIO superficie poco rugosa
TRAZIONE superficie rugosa





POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE


SCISTOSITA'


Possano anche esistere nell'ammasso roccioso delle zone in cui il materiale roccioso mostra difetti di tessitura (scistosità).

Pur influenzando il comportamento meccanico dell'ammasso, tali zone non presentano discontinuità di spostamento (vale l'ipotesi di continuità).

Per esempio durante il fenomeno di metamorfismo, per particolari condizioni di temperatura e pressione, i cristalli si dispongono orientandosi lungo direzioni preferenziali.

Si formano in tal modo superfici preferenziali di debolezza strutturale.





POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - RILIEVO

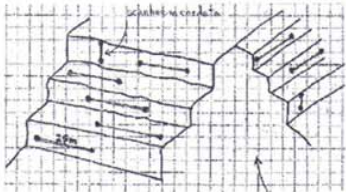
Il rilievo delle discontinuità, avviene evidentemente in sito, lungo affioramenti dell'ammasso roccioso in superficie o attraverso fori di sondaggio in profondità:

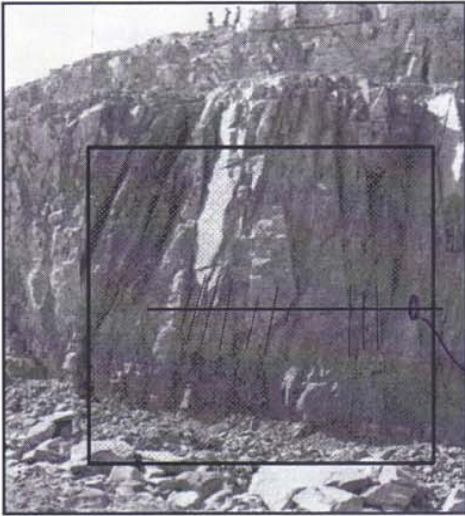
Metodi classici di rilievo a piccola e media scala:	{	<ol style="list-style-type: none">1. <u>Stendimenti</u>2. <u>Finestre di rilievo</u>3. <u>Fori di sondaggio</u>
Grande scala	{	<ol style="list-style-type: none">1. <u>Metodi fotogrammetrici aerei e terrestri</u>2. <u>Laser Scanner</u>


 POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - RILIEVO TRADIZIONALE

1. *Stendimenti*
2. *Finestre di rilievo*
3. *Fori di sondaggio*





 POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

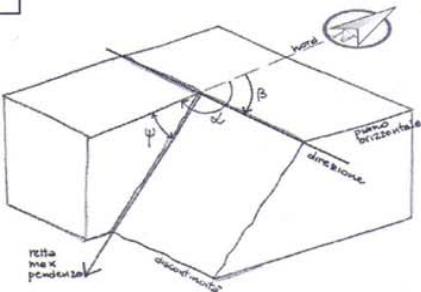
DISCONTINUITA' - ORIENTAZIONE

La discontinuità può essere rappresentata anche tramite la retta normale al piano chiamata POLO.

Inclinazione

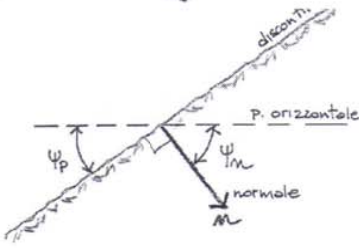
Direzione di Immersione


ψ_n
 α_n



$\psi_n = 90^\circ - \psi_p$

$\alpha_n = \alpha_p \pm 180$





POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - ORIENTAZIONE

La misura dell'orientazione di una discontinuità è eseguita con la bussola geologica che permette di misurare direttamente in sito sia l'inclinazione, sia la direzione di immersione.






POLITECNICO DI TORINO

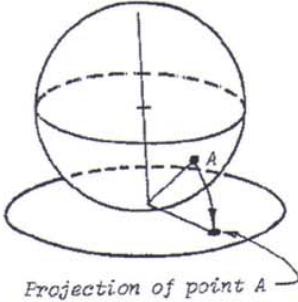
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - ORIENTAZIONE , Rappresentazione grafica

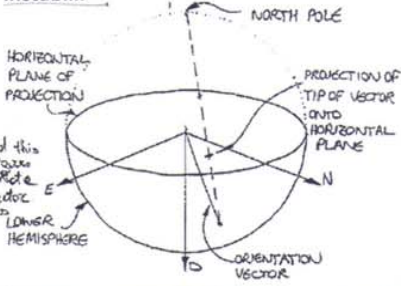
Le proiezioni sferiche utilizzate per la rappresentazione di piani di discontinuità sono di due tipi:


- **Proiezione equi-area (Lambert o Shmidt).** *Mantiene le aree ma non la forma (piccole distorsioni). E' utilizzata per effettuare analisi di tipo statistico sulla distribuzione spaziale delle discontinuità*

- **Proiezione stereografica o equi-angola (Wulf).** *Mantiene gli angoli e quindi le forme (ma non le aree). Viene utilizzata, ad esempio, nell'applicazione della Teoria del blocco chiave (Goodman & Shi) per l'identificazione dei blocchi instabili.*



Projection of point A





POLITECNICO DI TORINO

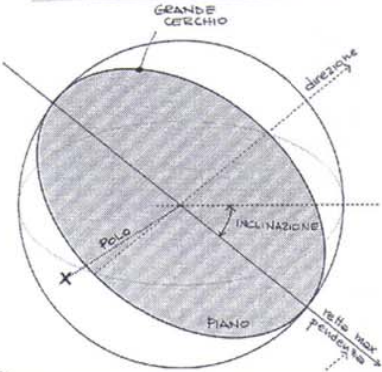
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

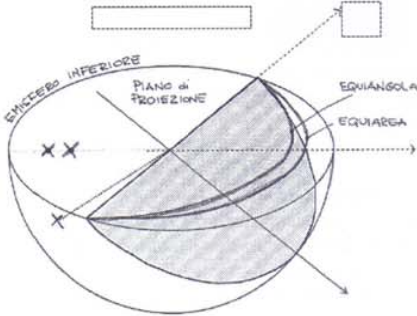
DISCONTINUITA' - Orientazione


PROIEZIONI sul PIANO DI RIFERIMENTO del piano e del Polo

PROIEZIONE EQUIAREA : *sono mantenute le stesse aree, ma non la forma (l'arco di circonferenza diventa una curva ed il punto e il punto rimane tale)*

PROIEZIONE EQUIANGOLA: *sono mantenuti gli stessi angoli e, quindi, le forme: il grande cerchio rimane un cerchio.*







POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - Rappresentazione grafica PIANO - POLO

1. Segnare, lungo la circonferenza il valore di DD del piano (o del Polo)
2. Ruotare il foglio lucido in modo che la tacca appena segnata coincida con la direzione Est (90°) o Ovest (270°) indifferentemente.
3. Partendo dalla circonferenza muoversi verso il centro lungo il diametro E-O, di un angolo pari all'inclinazione. Tracciare il meridiano incrociato (nel caso del piano) o segnare il punto (polo).
4. Riportare il lucido nella posizione originale

N.B.: disegnare sempre e solo sul foglio lucido (non sul reticolo che serve da base per il lavoro) attribuendo alle tracce dei piani e dei poli delle etichette che ne permettano l'immediato riconoscimento

POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - Rappresentazione grafica Intersezione

Ciascun punto della traccia del piano rappresenta una retta in esso contenuto. Se due tracce si intersecano, il punto di intersezione rappresenta, pertanto, una retta comune ai due piani.

COME TROVARNE L'ORIENTAZIONE?

INCLINAZIONE
Ruotare il lucido in modo che il punto di intersezione cada lungo il diametro E-O. Partendo dalla circonferenza contare verso il centro l'angolo che è pari all'inclinazione.

DIREZIONE DI IMMERSIONE
Riportare il lucido nella posizione originaria. Disegnare il raggio passante per il punto di intersezione, fino ad incrociare la circonferenza. Il valore dell'angolo letto sulla circonferenza è la trend della retta

POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' -Rilievo di numerose discontinuità

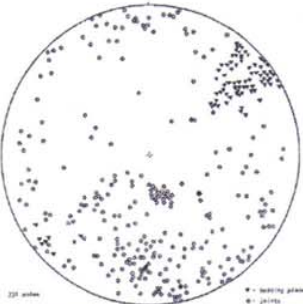
La concentrazione dei poli di uno stesso gruppo di discontinuità, può essere analizzata in modo da determinare il valore centrale del sistema e la legge di distribuzione del campione attorno ad esso.


A tale scopo si deve analizzare un numero elevato di piani (351 in figura) e, pertanto, non si utilizzano le tracce dei piani ma le loro normali (POLI).

Nella proiezione sferica i POLI rilevati presentano zone di addensamento più o meno evidenti prossime al valore centrale: questo permette di analizzare la distribuzione di frequenza dei dati di orientazione attraverso l'identificazione di curve di iso-densità, che assumono forma differente a seconda del tipo di proiezione scelta:

anche nel caso ipotetico di distribuzione di orientazione simmetrica rispetto al valore centrale le curve di egual valore di frequenza sono ellissi distorte nelle proiezioni equiaree e cerchi in quelle equiangole.

Dovendo eseguire analisi di frequenza nello spazio (numero di poli in un'area) si utilizza a tal fine, la proiezione EQUIAREA (mantiene invariate le aree)

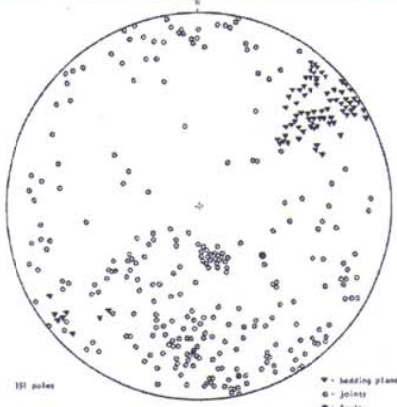


POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' -Densità

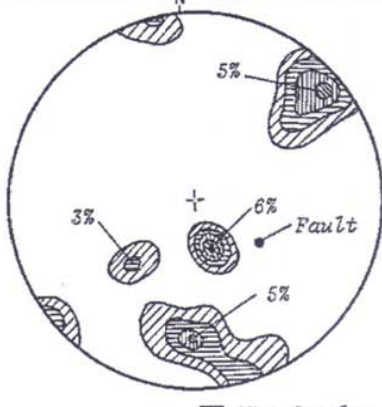
RAPPRESENTAZIONE EQUIAREA dei POLI




351 poles

- ▼ - bedding planes
- - joints
- - fault

AREE DI ISO-FREQUENZA

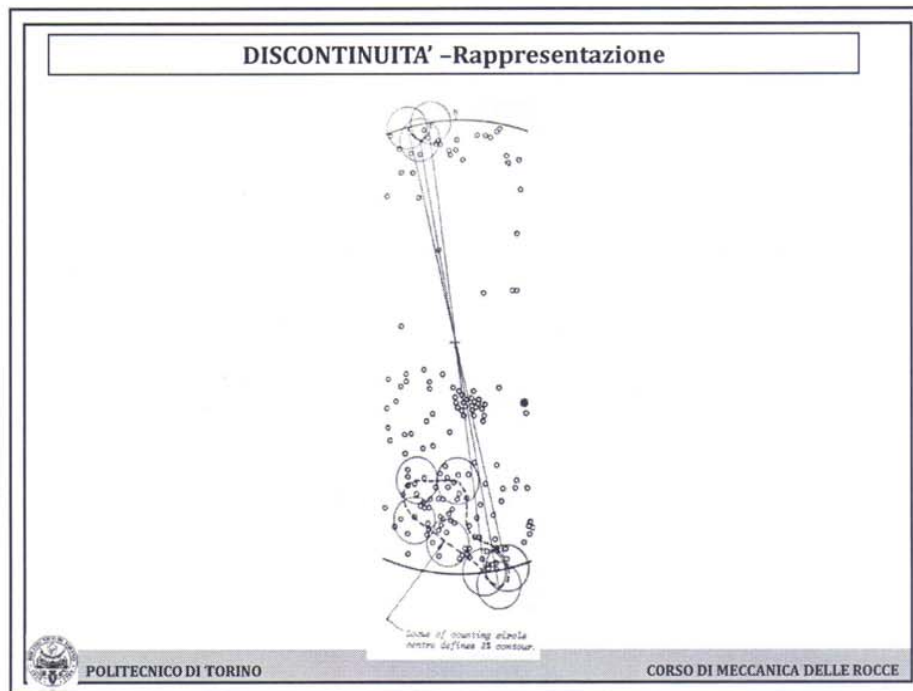
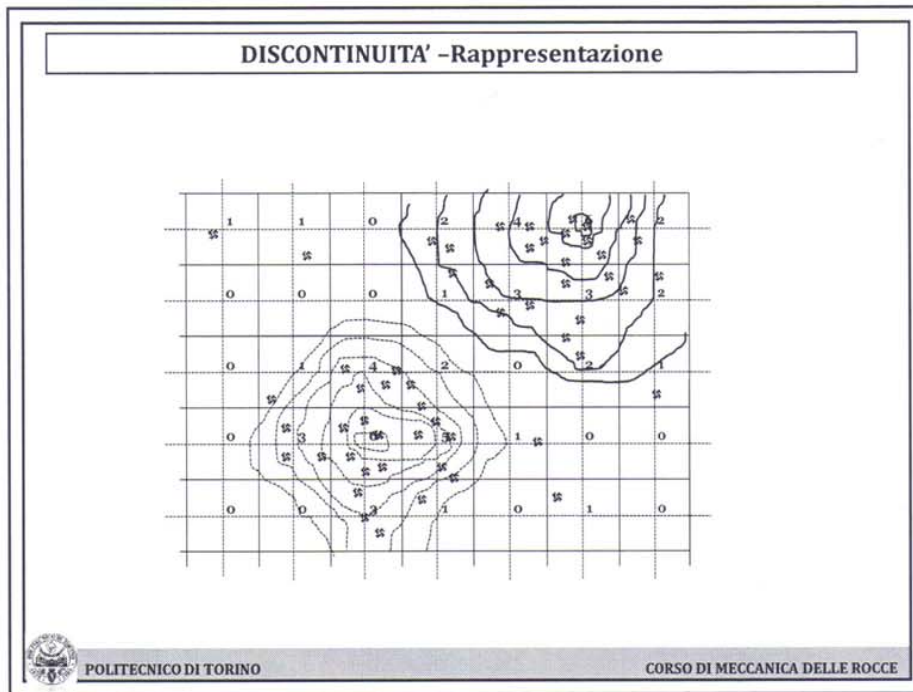


- ▨ 2% - 7 poles
- ▩ 3% - 10 poles
- ▧ 4% - 14 poles
- ▦ 5% - 17 poles
- ▥ 6% - 22 poles



POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE



DISCONTINUITA' -Determinazione dei piani medi

Come si determina l'ORIENTAZIONE del PIANO MEDIO di un sistema?

2. **Analisi vettoriale:** il piano medio di un numero finito di poli può essere calcolato attraverso la determinazione della risultante dei poli dei piani considerati come versori. Consideriamo il versore diretto come la normale al piano con il verso in basso. Riferendoci ad un sistema di riferimento Nord-Est-Basso, l'angolo ψ in figura rappresenta l'inclinazione, mentre l'angolo α la direzione di immersione. Le componenti di tale versore, sono:

$$l = \sin \alpha \cos \psi$$

$$m = \cos \alpha \cos \psi$$

$$n = \sin \psi$$

L'angolo tra due vettori è dato da:

$$\cos \vartheta = l_1 l_2 + m_1 m_2 + n_1 n_2$$

Sostituendo e semplificando, si ottiene

$$\cos \vartheta = [\cos(\alpha_1 - \alpha_2) \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \sin \psi_1 \sin \psi_2]$$

POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' -Determinazione dei piani medi

Come si determina l'ORIENTAZIONE del PIANO MEDIO di un sistema?

$$r_x = \sum l_i \quad r_y = \sum m_i \quad r_z = \sum n_i$$

$$\alpha_r = \tan^{-1} \left(\frac{r_x}{r_y} \right)$$

$$\psi_r = \tan^{-1} \left(\frac{r_z}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2}} \right)$$

POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

La Meccanica delle Rocce studia le DISCONTINUITÀ PERSISTENTI
mentre la Meccanica della Frattura studia come
nascono e si propagano le fratture

4) FAGLIE

Le faglie sono discontinuità che si formano per rottura di
Taglio della crosta terrestre, in cui i piani di rottura hanno
subito grandi spostamenti e si forma un materiale
lungo la superficie di scivolamento.

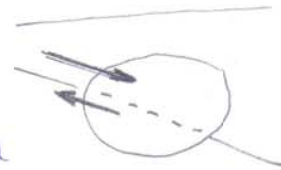
"Sono nati dei DS per effetto del Taglio"

Le faglie sono di grandi dimensioni e nascono per lo
slorciamento di GRANDI PIAZZE TETTONICHE (San Andreas).

Le faglie ogni tanto si muovono perché, accumulando
energia, producono dei Terremoti.

In genere non abbiamo mai una linea di rottura ma
una ZONA DI ROTTURA che produce del materiale (non è
roccia ma terreno) che indebolisce la roccia.

Quando si scava vi è la paura di
interrompere una faglia, che minerva
l'equilibrio dell'opera / scavo ed avvio un
collo di materiale.



Le faglie sono importanti per determinare la
presenza delle Fisse.

Quando troviamo la faglia, elemento di debolezza,
bisogna studiarla bene perché potrebbe avere una
FAGLIA ATTIVA che produce movimenti successivi.

Perché disegnarne una faglia sola?

In genere, a seconda delle loro dimensioni, le
faglie sono molto SPASTATE.

Possiamo trovare le faglie a determinate distanze
ma in genere le nostre opere (opere) ne
intersecano poche.

Queste superfici, pur essendo ancora materiale roccioso (HANNO COESIONE) sono dei PUNTI DI DEBOLEZZA: è la zona dove è FACILE che nasca la discontinuità.

Le parti alle hanno una disposizione corale ma sono orizzontale: producono una discontinuità solo applicando una tensione (la scistosità non è una discontinuità preesistente).

Se il materiale fosse anisotropo, ogni direzione garantirebbe la medesima resistenza.

La scistosità permette di usare le cose.

Le discontinuità possono rappresentare il principale fattore INFLUENZANTE la DEFORMABILITÀ, PERMEABILITÀ e le CONDIZIONI DI ROTTA dell'ammasso roccioso.

I problemi di stabilità dei versanti in roccia sono causati da condizioni critiche raggiunte anche lungo superfici piani di discontinuità estesi e persistenti.

Bisogna comprendere le proprietà geometriche, meccaniche e idrauliche delle discontinuità ed il modo in cui esse influenzano le proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso e l'ingegneria delle rocce.

Perché abbiamo un pericolo per l'INFILTRAZIONE dell'acqua?

- Nel Terreno ho la filtrazione;
- Nella roccia non ho la filtrazione perché i difetti non sono collegati: l'acqua è nelle discontinuità e nei giunti.

Nelle discontinuità c'è del materiale di riempimento (FILLING) che può:

- essere generato per Taglio;
- essere trasportato dall'acqua.

e rappresenta un Elemento DI DEBOLEZZA.

1. STENDIMENTI

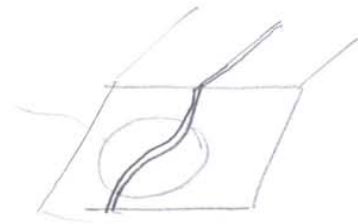
Lo stendimento è il sistema più semplice e comune nello stendere una BANDELLA o NASTRO di 10 m sul fronte della parete.

Così lo stendimento determiniamo:

- INDIRETTAMENTE LA DISCONTINUITÀ
- DIRETTAMENTE LA TRACCIA DELLA DISCONTINUITÀ, definendo l'intersezione della discontinuità col fronte dell'ammasso.

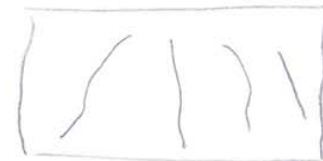
La traccia è la discontinuità che emerge nel fronte.

Definiamo le distanze delle discontinuità dall'inizio della bandella e successivamente determiniamo anche le caratteristiche delle discontinuità.



2. FINESTRE DI RILIEVO

Definisco una finestra e penso rilievo, all'interno di essa, dopo una fotografia, quali sono le discontinuità esistenti.



3. FORI DI SONDAGGIO

Come per il Terreno, estraiamo delle carote e le ISPEZIONIAMO: ricavo la discontinuità non remota al triviale, si formeranno dei TRUCCI DI CAROTE.

VANTAGGIO

Analisi in direzione ortogonale alla parete e vedo il materiale contenuto nell'ammasso roccioso.

SVANTAGGIO

Non si ricava molto sulle caratteristiche delle discontinuità lunghezza della traccia? no.

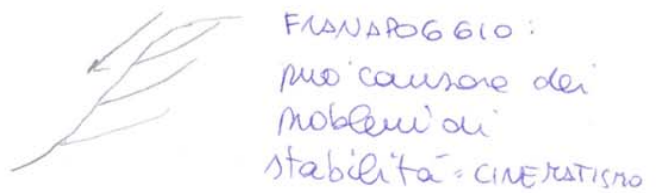
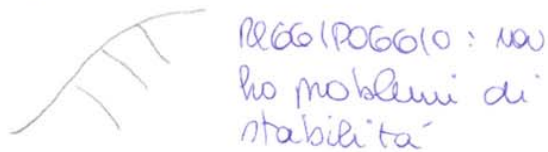
Dalle carote non si può stabilire quale sia la dimensione della discontinuità.

Tutti i metodi tradizionali non hanno dei LIMITI:

- CONDOTTO IN CONDIZIONI DI SCARSA SICUREZZA, il geologo deve arrampicarsi sull'ammonto roccioso;
- TEMPI DI ESECUZIONE LUNGI, OPERAZIONE COSTOSA,
- NON TUTTE LE PARETI SONO ACCESSIBILI
- POCO OBIETTIVO.

14) A) ORIENTAZIONE (CARATTERISTICA PIÙ IMPORTANTE)

L'orientazione della discontinuità nello spazio è fondamentale



Bisogna avere un metodo SPEDITIVO per capire come sono orientate le discontinuità e il fronte.

L'orientazione di una discontinuità (piano) nello spazio viene descritta mediante 2 angoli: uno indica l'inclinazione rispetto al piano orizzontale e l'altro indica la direzione di immersione rispetto al Nord.

IPOTESI

Questa ipotesi, che vale solo per le ORIENTAZIONI, consiste nel considerare il PIANO REDIO della discontinuità, invece che la sua traccia, perché è matematicamente più facile da trattare.

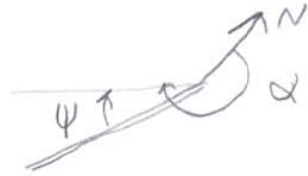


Come definire l'orientamento del piano nello spazio?

- Equazione del piano: poco pratica
- UTILIZZARE 2 ANGOLI

Adesso non definiamo la posizione delle discontinuità ma solo il suo orientamento.

Partendo dal Nord misuro
 l'angolo in senso orario fino a
 trovare la proiezione della RMP.
 la direzione del Nord misuro della bussola.



Questi 2 angoli servono quando vogliamo rappresentare
 PIANI e RETTE orientate nello spazio.



Se trattiamo i piani, misuro (α, ψ) in sito mentre se
 trattiamo le rette, (α, ψ) non le misuro in sito ma
 servono per le elaborazioni successive (la RMP è
 definita nel piano).

13) • POLO DEL PIANO

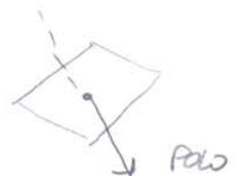
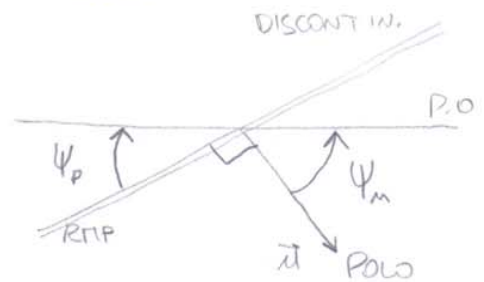
la discontinuità può essere rappresentata anche tramite
 la retta normale al piano, chiamata POLO.

Esistono infinite rette \perp al piano ma noi siamo solo
 interessati all'orientamento, che è UNICO.

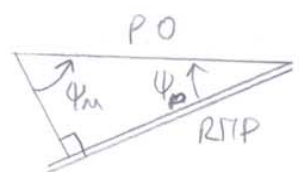
Per convenzione considero la
 normale uscente dalla FACCIA
 INFERIORE della discontinuità.

Voglio determinare $(\alpha, \psi)_m$ in
 funzione di $(\alpha, \psi)_{piano}$

$$\psi_m = 90^\circ - \psi_p \quad \alpha_m = \alpha_p \pm 180^\circ$$



I poli sono molto utili per lo studio
 dei sistemi di discontinuità.



la rappresentazione grafica del piano non ottiene proiettando il grande cerchio nel piano di rappresentazione.

Quando proietta l'intersezione del piano con la sfera nel piano orizzontale otterremo una curva che non è la semplice circonferenza.



Bisogna ragionare su questa curva.

Come fare la proiezione stereografica?

Esistono 2 tipi di proiezioni sferiche usate per rappresentare i piani di discontinuità; entrambe presentano degli errori, e sono:

PROIEZIONE EQUANGOLA

Proiezione che MANTIENE L'AREA e CAMBIA LA FORMA. Questa proiezione è utilizzata per fare analisi statistiche sulla distribuzione spaziale delle discontinuità.

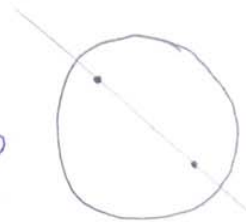
PROIEZIONE STEREOGRAFICA • EQUANGOLA

Proiezione che MANTIENE LA FORMA e GLI ANGOLI, CAMBIA L'AREA. Questa proiezione sovente è utilizzata per l'identificazione dei blocchi instabili.

In generale, per ogni tipo di proiezione, abbiamo che cambierà la forma o l'area.

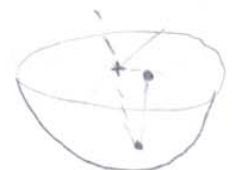
Consideriamo una RETTA.

Eseguendo lo stesso ragionamento visto con il piano possiamo dire che la retta ha 2 PUNTI DI INTERSEZIONE con la sfera.



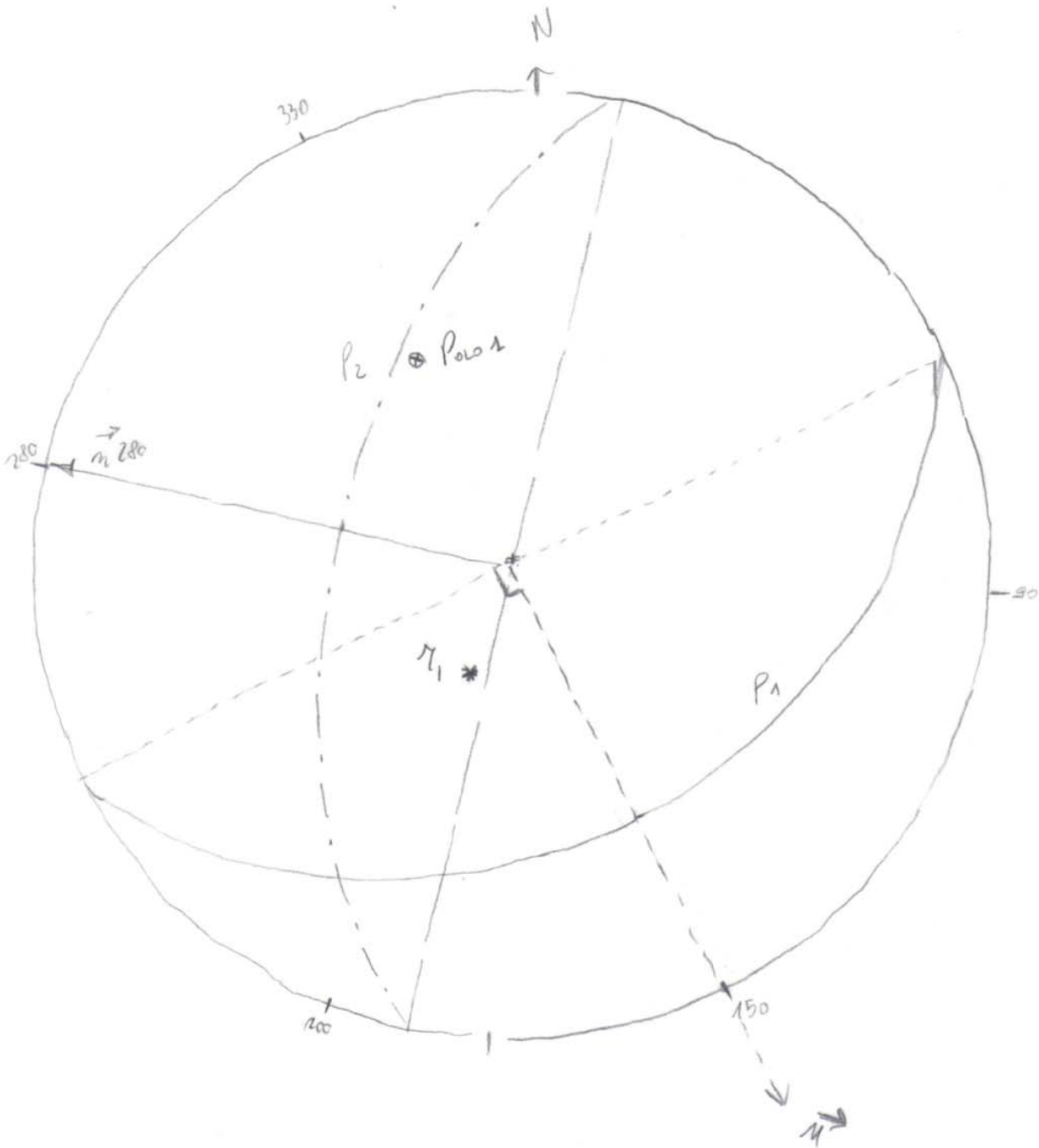
Noti i punti, li proiettiamo nel piano orizzontale.

Pero, resta sempre complicato fare le intersezioni e proiezioni.



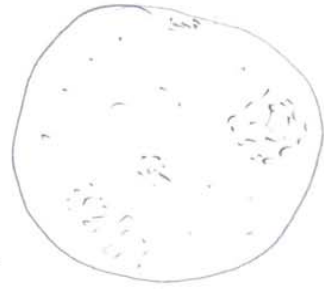
Cosa bisogna fare?

OTTINA
 &
 URBAN

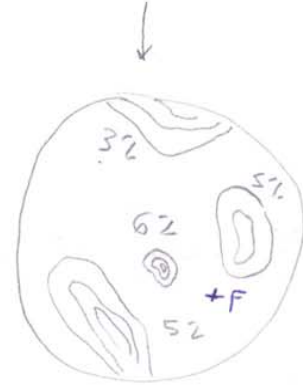


- $\alpha = 150^\circ$ $\varphi = 40^\circ$ PIANO 1
- - - $\alpha = 280^\circ$ $\varphi = 60^\circ$ PIANO 2
- * $\alpha = 200^\circ$ $\varphi = 70^\circ$ RETTA 1
- ⊗ $\alpha_p = 330^\circ$ $\varphi_p = 50^\circ$ POLO PIANO 1

Guardando la rappresentazione dei poli è immediato identificare delle ZONE DI CONCENTRAZIONE DEI POLI.



Queste zone sono segno della presenza di una FAMIGLIA DI PIANI de grado medio hanno dei valori di (α, φ) SIMILI, perché sono in una zona limitata di variazione.



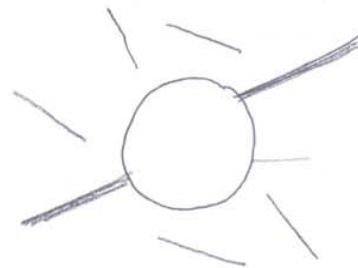
PIANI DI STRATIFICAZIONE (BEDDING PLANES)
sono dei piani concentrati.

Sulle reti giunti (i giunti sono diversi dai piani) hanno lo stesso geologia, possiamo trovare dei sistemi di giunti. F = FAGLIA

Nota la distribuzione dei piani, possiamo definire delle aree di ISOFREQUENZA dei sistemi di giunti.

FAGLIA (FAULT): bisogna considerare la faglia separatamente dai piani.

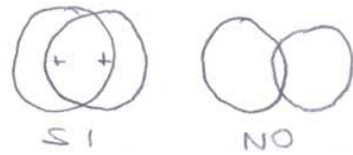
la faglia non deve essere trascurata perché potremmo avere che questa singola faglia potrebbe creare problemi maggiori di quelli derivanti da tutto l'insieme dei giunti.



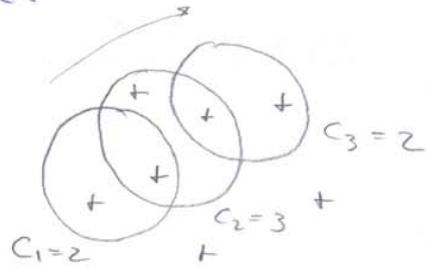
In questo caso è la faglia che potrebbe modulare il crollo della galleria e non i giunti.

Perché nella rappresentazione ABBIAMO POCHE FAGLIE?
Perché le faglie sono SPATIALI.

Spostiamo il cerchio di una determinata quantità e facciamo una "sorta" di media mobile sullo stereogramma: alcuni punti sono contati più volte. Avere contato più volte determinati poli è un problema della media mobile; alla fine otterro' un numero di poli che è maggiore del valore reale.



USU TAGGIO: il pompiaggio tra le varie frequenze è più brusco ed ottengo un andamento più preciso.



Pettiamo il numero al centro del cerchio.

RISULTATO: trovo le aree di ISOFREQUENZA.

Problema: come facciamo se abbiamo un punto intermedio alle linee?

Quanto devo inghiottire le linee? 1%, 0,5% ...?

Questo è un problema non banale.

- IN TEORIA dovei usare delle soluzioni matematiche.
- PER FINI PRATICI, posso evitare di inghiottire troppo. Non scendiamo sotto la precisione dell' 1% perché AGGIUNGEREI POCCHI GIUNTI.

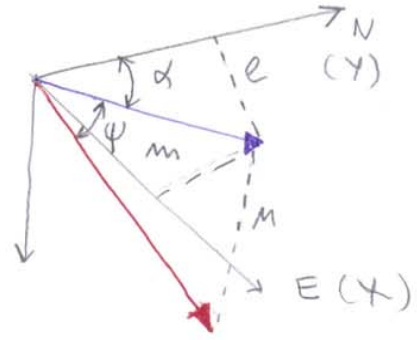
La decisione migliore è arrivata in funzione della forma delle figure.

Cos'è il 100%?

1) RETICOLO DI DENNIS

Tutte le discontinuità sono contate 1 volta, quindi la somma delle frequenze relative è 100%.

Facciamo riferimento alla
terza (N,E,Z) dove gli assi (N,E)
stanno nel P.O.



— DIREZIONE RETTA
— PROIEZIONE RETTA
SUL PIANO (N,E)

COMPONENTI VETTORE

$$e = \text{sen } \alpha \cos \psi ; m = \cos \alpha \cos \psi$$

$$M = \text{sen } \psi$$

Costruire la risultante di più vettori?

Abbiamo tanti poli di discontinuità che appartengono
allo stesso sistema: siccome vengono rappresentati
da vettori, devo trovare la risultante.

PROCEDIMENTO DETERMINAZIONE RISULTANTE

- 1) SCOMPONGO I POLI LUNGO GLI ASSI (N,E,Z)
- 2) LE COMPONENTI DELLA RISULTANTE le troviamo sommando
le componenti del vettore lungo la propria direzione.

$$R_x = \sum e_i \quad R_y = \sum m_i \quad R_z = \sum M_i$$

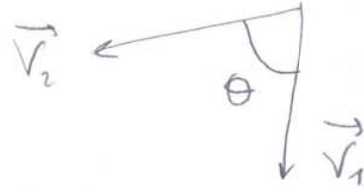
la componente della risultante lungo x (R_x) la
si ottiene sommando le componenti del vettore
dei vari poli lungo x ($\sum e_i$).

PASSAGGI

- 1 - N_{TOT} = numero TOTALE DI DISCONTINUITA' (es. 300)
ricavo $(\alpha, \psi)_{\text{PIANO}}$
- 2 - Determino $(\alpha, \psi)_{\text{POLO}}$
- 3 - Sullo stereogramma polo cerchiamo la
presenza dei sistemi di poli.
 $N_{\text{SISTEMA}} = 4$
- 4 - Rappresentiamo $(\alpha, \psi)_{\text{SISTEMA}}$

ANGOLO TRA 2 VETTORI

L'angolo tra 2 vettori è un angolo nello spazio e non nel piano.



$$\cos \theta = l_1 l_2 + m_1 m_2 + n_1 n_2$$

$$\cos \theta = \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2$$

$$\cos \theta = (\cos \alpha_1 \cos \alpha_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2) \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2$$

$$\cos \theta = [\cos(\alpha_1 - \alpha_2) \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \psi_1 \cos \psi_2]$$


05/03/2014

DISCONTINUITA'

E' il termine generale per qualsiasi interruzione di continuità in una massa rocciosa (fessure, piani di stratificazione, piani di scistosità, zone di indebolimento, faglie, ecc).

Vengono descritte attraverso 8 parametri (Raccomandazioni ISRM)

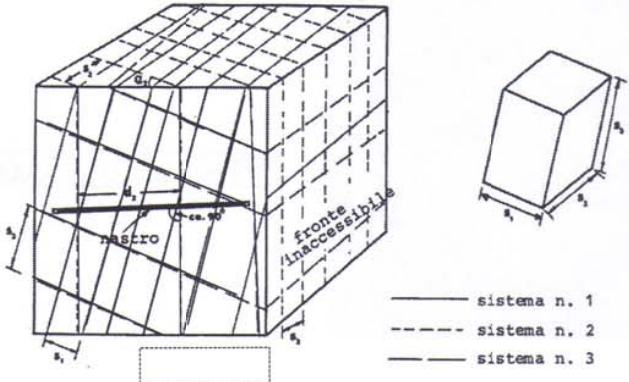
1. ORIENTAZIONE
2. SPAZIATURA
3. CONTINUITA' o PERSISTENZA
4. SCABREZZA
5. RESISTENZA delle PARETI
6. APERTURA
7. RIEMPIMENTO
8. FILTRAZIONE


POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - Spaziatura

DISTANZA MINIMA TRA DISCONTINUITÀ ADIACENTI MISURATA IN DIREZIONE ORTOGONALE ALLE DISCONTINUITÀ STESSA.


Normalmente ci si riferisce alla spaziatura media di un sistema di discontinuità



— sistema n. 1

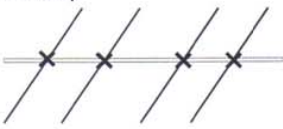

- - - sistema n. 2

— sistema n. 3


POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

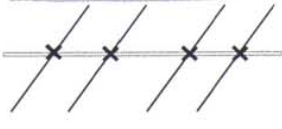
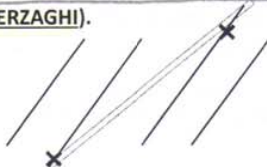
DISCONTINUITA' - Errori nei dati di rilievo

1. La linea di stendimento tende ad intersecare le discontinuità più persistenti (continue)


STESSO stendimento, STESSA spaziatura, STESSA giacitura, DIVERSA persistenza, DIVERSA FREQUENZA di RILIEVO

2. La linea di stendimento tende ad intersecare le discontinuità aventi traccia perpendicolare alla linea stessa (ERRORE DI TERZAGHI).

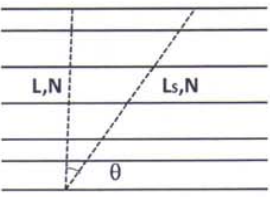



STESSA spaziatura, STESSA giacitura, STESSA persistenza, DIVERSO orientazione stendimento DIVERSA FREQUENZA di RILIEVO.

Di tali errori è necessario tener conto quando si devono analizzare i dati di rilievo per determinare, sulla scorta di analisi di frequenza, i sistemi presenti e le giaciture caratteristiche.

 POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - Errori nei dati di rilievo



L : lunghezza dello stendimento in direzione ortogonale al sistema, numero di discontinuità intercettate = N.

Ls : lunghezza di uno stendimento generico, inclinato di un angolo θ con la normale alla discontinuità L, che interseca lo stesso numero N di discontinuità:

$$L_s = \frac{L}{\cos \theta}$$

-Lungo lo stendimento normale la frequenza è:


$$\lambda = \frac{N}{L}$$

-Lungo lo stendimento generico la frequenza è:

$$\lambda_s = \frac{N}{L_s}$$

-Lungo lo stendimento generico inclinato di un angolo θ ma di lunghezza L s'interseca un numero di discontinuità pari a Ns. La frequenza può essere quindi anche definita come:

$$\lambda_s = \frac{N_s}{L} = \frac{N}{L_s} \Rightarrow N_s = N \cos \theta \longrightarrow \left(N = \frac{N_s}{\cos \theta} \right)$$

 POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' -Determinazione dei piani medi

Come si determina l'ORIENTAZIONE del PIANO MEDIO di un sistema?

2. **Analisi vettoriale:** il piano medio di un numero finito di poli può essere calcolato attraverso la determinazione della risultante dei poli dei piani considerati come vettori. Consideriamo il vettore diretto come la normale al piano con il verso in basso. Riferendoci ad un sistema di riferimento Nord-Est-Basso, l'angolo ψ in figura rappresenta l'inclinazione, mentre l'angolo α la direzione di immersione. Le componenti di tale vettore, sono:

$$l = \sin \alpha \cos \psi$$

$$m = \cos \alpha \cos \psi$$

$$n = \sin \psi$$

L'angolo tra due vettori è dato da:

$$\cos \vartheta = l_1 l_2 + m_1 m_2 + n_1 n_2$$

Sostituendo e semplificando, si ottiene

$$\cos \vartheta = [\cos(\alpha_1 - \alpha_2) \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \sin \psi_1 \sin \psi_2]$$

POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' -Determinazione dei piani medi

Come si determina l'ORIENTAZIONE del PIANO MEDIO di un sistema?

$$r_x = \sum l_i \quad r_y = \sum m_i \quad r_z = \sum n_i$$

$$\alpha_r = \tan^{-1} \left(\frac{r_x}{r_y} \right)$$

$$\psi_r = \tan^{-1} \left(\frac{r_z}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2}} \right)$$

POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - Spaziatura

Se si devono rappresentare un elevato numero di misure si può ricorrere anche ad analisi statistiche riportando diagrammi di distribuzione di frequenza delle spaziature.

Numero di osservazioni

Spaziatura

estremamente stretta | molto stretta | stretta | moderata | larga | molto larga | estremam. larga

POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - PERSISTENZA

Rappresenta l'estensione della discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso.

In realtà le discontinuità non presentano un'estensione infinita ma il piano che idealmente le contiene attraversa anche PONTI di ROCCIA (zone di roccia intatta). E' uno dei parametri più difficili da quantificare.

Il valore delle persistenza K è definito come il rapporto tra la somma delle aree discontinue e l'area totale di riferimento. K varia, quindi, tra 0 e 1, valori limite che rappresentano, rispettivamente, la situazione di roccia intatta e di discontinuità infinitamente estesa.

$$K = \lim_{A_D \rightarrow \infty} \frac{\sum a_{Di}}{A_D}$$

La persistenza può essere, in modo semplificato, quantificata osservando la lunghezza della traccia visibile dalla superficie esposta.

$$K = \lim_{L_S \rightarrow \infty} \frac{\sum l_{Si}}{L_S}$$

POLITECNICO DI TORINO CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - SCABREZZA

RUGOSITA' (FORMA A PICCOLA SCALA) DELLE SUPERFICI AFFACCIAE DI UNA DISCONTINUITA' E ONDULAZIONE (FORMA A GRANDE SCALA) RELATIVAMENTE AL PIANO MEDIO DELLE DISCONTINUITA'.

Sia la rugosità che il suo andamento morfologico contribuiscono alla resistenza a taglio.

politecnico di torino CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - SCABREZZA

La descrizione della rugosità è limitata a termini descrittivi che dovrebbero basarsi su due scale di osservazione:

Grande scala	}	Segmentata
		Ondulata
		Piana
Piccola scala	}	Rugosa
		Liscia
		Levigata*


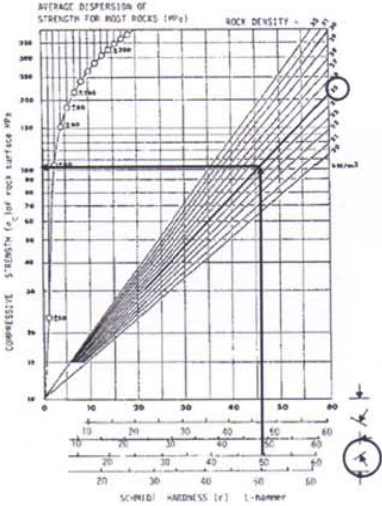
* Solo se chiara evidenza di scorrimento trasversale
 Tipici profili di scabrezza e relative nomenclature suggerite (La larghezza di ciascun profilo può variare da 1 a 10 m. Le scale orizzontale e verticale sono uguali)

I	rugosa
II	liscia
III	levigata
SEGMENTATA	
IV	rugosa
V	liscia
VI	levigata
ONDULATA	
VII	rugosa
VIII	liscia
IX	levigata
PIANA	

politecnico di torino CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - RESISTENZA DELLE PARETI

*JCS (Joint Compressive Strength)
attraverso il martello di SCHMIDT
[15 - 350 MPa]*

POLITECNICO DI TORINO

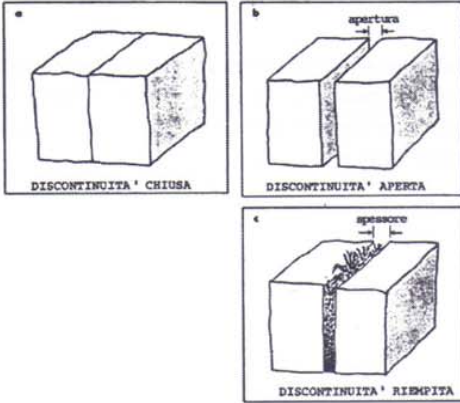
CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - APERTURA

DISTANZA TRA I LEMBI AFFACCIATI DI UNA DISCONTINUITA' IN CUI LO SPAZIO INTERPOSTO è RIEMPITO DI ARIA O ACQUA

Per ogni sistema di discontinuità si devono indicare i valori modali delle aperture

Descrivere accuratamente discontinuità singolari con aperture notevolmente più ampie del valore modale



POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - FILTRAZIONE

FLUSSO d'ACQUA E ABBONDANTE UMIDITA', VISIBILE NELLE SINGOLE DISCONTINUITA' O NELLA MASSA ROCCIOSA NEL SUO INSIEME

SENZA RIEMPIMENTO

Grado di filtrazione	Descrizione
I	La discontinuità è molto chiusa e asciutta; il flusso lungo di essa non appare possibile
II	La discontinuità è asciutta senza alcun evidente flusso d'acqua
III	La discontinuità è asciutta ma mostra segni evidenti di flusso d'acqua, come tracce di ossidazione, etc.
IV	La discontinuità è umida ma non vi è presenza di acqua libera
V	La discontinuità mostra filtrazione, occasionali gocce d'acqua, ma non flusso continuo.
VI	La discontinuità mostra un flusso continuo di acqua, (stimare la portata in l/min e descrivere se la pressione è bassa, media, o alta).

CON RIEMPIMENTO


Grado di filtrazione	Descrizione
I	I materiali di riempimento sono decisamente consolidati e asciutti; un flusso significativo appare improbabile per via della permeabilità molto bassa.
II	I materiali di riempimento sono umidi ma non c'è presenza di acqua libera.
III	I materiali di riempimento sono bagnati; occasionali gocce d'acqua.
IV	I materiali di riempimento mostrano segni di dilavamento; flusso continuo di acqua, (valutare la portata in l/min).
V	I materiali di riempimento sono localmente dilavati; considerevole flusso di acqua lungo i canali di dilavamento (stimare la portata in l/min e descrivere la pressione, se bassa, media o alta).
VI	I materiali di riempimento sono completamente dilavati; si osservano alte pressioni dell'acqua specialmente al momento dell'esposizione (stimare la pressione in l/min, e descrivere la pressione).



POLITECNICO DI TORINO


CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

DISCONTINUITA' - FILTRAZIONE



MASSA ROCCIOSA

Grado di filtrazione	Descrizione
I	Pareti e corona asciutti; nessuna filtrazione rilevabile.
II	Piccola filtrazione; specificare le discontinuità gocciolanti
III	Flusso medio; specificare le discontinuità con flusso continuo, (stimare la portata in l/min. su una lunghezza di scavo di 10 m)
IV	Flusso alto; specificare le discontinuità con flusso intenso, (stimare la portata in l/min./10m di lunghezza di scavo).
V	Flusso eccezionalmente alto; specificare la sorgente di tale flusso, (stimare la portata in l/min./10m di lunghezza di scavo)



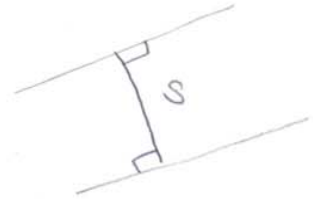
POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

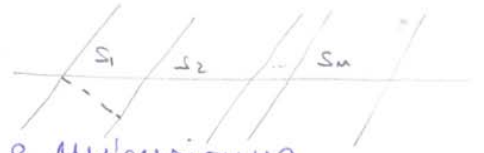
4) B) SPAZIATURA

la spaziatura è la distanza minima tra discontinuità' adiacenti, misurata in direzione ortogonale alle discontinuità' stesse.

Se ho delle discontinuità' parallele, la spaziatura è la distanza misurata in direzione ortogonale alle discontinuità'.

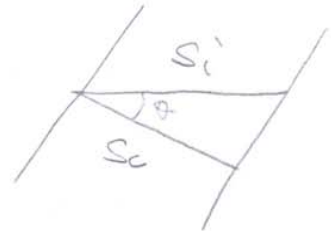


Nella realtà non metteremo quasi mai la bandella ortogonale alle discontinuità'.



Consideriamo delle discontinuità' parallele e misuriamo i valori di S_1, S_2, \dots, S_n lungo la bandella.

Pero' la vera spaziatura è quella che si misura ortogonalmente alle discontinuità'.



$$S_c = S_i \cdot \cos \theta_i$$

S_i = SPAZIATURA MISURATA

S_c = SPAZIATURA CORRETTA

θ_i = ANGOLO TRA LA NORMALE DEI GRUZZI E LA BANDELLA

Il valore della spaziatura è utile perché fornisce un'idea su quanto è fratturato l'ammonto roccioso.

Neppure l'orientamento fornisce informazioni sulla possibilità di formazione del CONE INSTABILE, la spaziatura ci dice le dimensioni di tale cono.

Se ho una spaziatura piccola avrò dei blocchi piccoli



S serve per sapere la dimensione del blocco tipico del sistema roccioso.

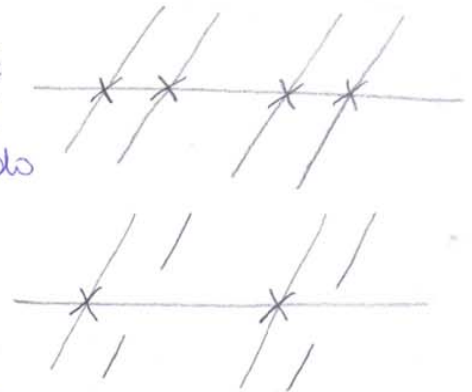
In generale parliamo di spaziatura di un sistema di discontinuità' e non della spaziatura delle singole discontinuità'.

PROPRIETÀ : - di un set di discontinuità'
- di tutte le discontinuità'.

7) ERRORI NEI DATI DI RILIEVO

1) | la linea di stendimento tende ad intersecare le discontinuità persistenti (continue).

Considerando 2 sistemi di discontinuità: è più facile intersecare le discontinuità lunghe rispetto a quelle corte pur avendo lo stesso spaziaturo e giacitura MA diversa lunghezza.



STESSO

- STENDIMENTO
- SPAZIATURA
- GIACITURA

DIVERSA

- PERSISTENZA
- FREQUENZA DI RILIEVO

Intersecano le tracce più lunghe con una maggiore frequenza rispetto a quelle più corte.

Questo errore è compensato perché le discontinuità più lunghe, in genere, tendono ad uscire dalla finestra di osservazione (tendono ad essere tracciate nella finestra di osservazione).

ERRORI - INTERSECO DI PIU' LE DISCONTINUITA' LUNGHE
- LE DISCONTINUITA' LUNGHE VENGONO TRONCATE

Questi errori, mediante l'analisi statistica vengono compensati. Il valore della discontinuità media è circa quello teorico.

2) ERRORE DI TERZAGHI

| la linea di stendimento tende ad intersecare le discontinuità avendo traccia perpendicolare alla linea stena.

STESSA

- SPAZIATURA
- GIACITURA
- PERSISTENZA

DIVERSA

- FREQUENZA DI RILIEVO
- ORIENTAZIONE STENDIMENTO



Definiamo la frequenza normale (λ) e la frequenza dello stendimento generico (λ_s)

$$\lambda = \frac{N}{L}$$

$$\lambda_s = \frac{N}{L_s}$$

Qual'è la relazione tra il numero di discuti'mita' quando facciamo uno stendimento?

Considero la bandella di lunghezza L inclinata di θ .

N_s = numero di discuti'mita' che otterrei facendo lo stendimento lungo L , inclinato di θ ($N_s < N$).

$$\lambda_s = \frac{N_s}{L} = \frac{N}{L_s} = \frac{N}{L} \cos\theta \rightarrow N_s = N \cos\theta$$

$$N = \frac{N_s}{\cos\theta}$$

$$\lambda_s < \lambda$$

Quando abbiamo $\theta \neq 0^\circ$, otterremo che il valore numerico delle discuti'mita' incantate è inferiore al caso teorico.

9) CORREZIONE DELL'ERRORE DI TERZAGHI

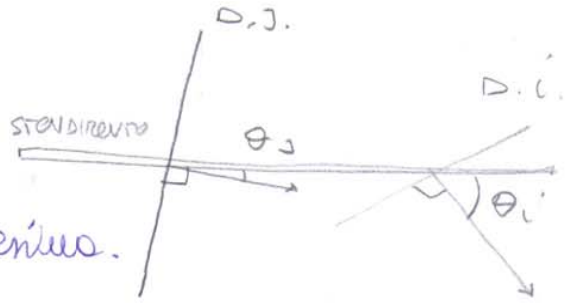
È necessario tener conto dell'errore di campionamento anche nella determinazione dei piani medi rappresentativi del sistema, in quanto vengono calcolati attraverso e'andim' delle curve di frequenza dei poli.

Anche i dati di giacitura devono essere corretti, essendo le discuti'mita' medi appartenenti al sistema "d" MAI PERFETTAMENTE PARALLELE; occorre correggere la giacitura di ogni singola discuti'mita'.

Consideriamo i dati di giacitura dei piani rilevati, del loro polo e della retta di stendimento:

- PIANO i -esimo (ψ_d, α_d)
- POLO u (ψ_u, α_u)
- STENDIMENTO s (ψ_s, α_s)

Potiamo determinare il peso di ogni discontinuità se abbiamo calcolato l'angolo θ tra bandello e discontinuità i-esima.



In questo esempio la discontinuità i è molto più difficile da trovare della discontinuità j.

Se $\theta_j < \theta_i \rightarrow \cos \theta_j > \cos \theta_i \rightarrow W_i = \frac{1}{\cos \theta_i} > W_j = \frac{1}{\cos \theta_j}$

Quando tratteremo una discontinuità, la tratteremo con un numero compreso tra $[1, +\infty)$.

N_w = NUMERO TOTALE DISCONTINUITA' PESATE

$$N_w = \sum_{j=1}^{N_s} W_j$$

N_s = NUMERO DISCONTINUITA' RILEVATE

PESO NORMALIZZATO

Si come il peso $W_j \geq 1$ e $N_w > N_s$, possiamo fare riferimento al peso normalizzato.

$$W'_j = W_j \frac{N_s}{N_w}$$

$$\sum W'_j = \sum W_j \frac{N_s}{N_w} \quad \text{con } N_w = \sum W_j$$

$$N_s = \sum_{j=1}^{N_s} W'_j$$

Moltiplico ogni peso per N_s/N_w per normalizzare.

Ogni discontinuità non varrà più > 1 ma avrà un valore tale che, la somma dei pesi, formerà N_s , numero di discontinuità osservate.

11) Calcolo i valori $(\alpha_{\pi}, \psi_{\pi})$ della RISULTANTE

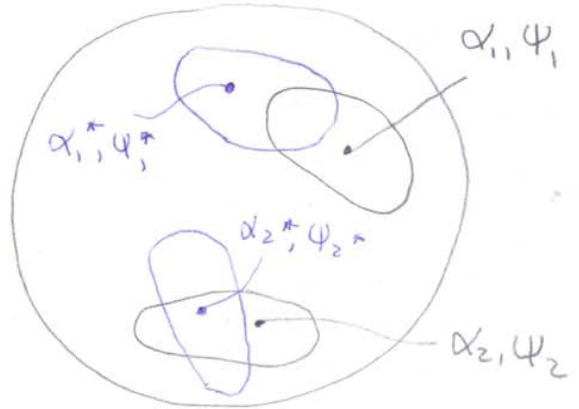
$$\alpha_{\pi} = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\pi_x}{\pi_y} \right)$$

$$\psi_{\pi} = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\pi_z}{\sqrt{\pi_x^2 + \pi_y^2}} \right)$$

12) ANSURO CONO STEREOGRAFICA

Con questo procedimento possiamo avere anche dei valori molto differenti perché stiamo considerando gli errori:

- α^*, ψ^* tengono conto dell'errore e sono più vicini alla realtà.
- α, ψ non considerano l'errore dello stendimento, ottenuto al punto/poco che è rappresentativo ma che contiene degli errori.



Questo è l'errore $m \pm$, non abbiamo visto l'errore nella lunghezza delle tracce.



14) • CLASSIFICAZIONE

I dati di spartitura in genere vengono presentati riportando, per ogni misura, il valore massimo, minimo e medio

$$S_{max}, S_{min}, S$$

Definisco la spartitura rispetto alla mia misura.

Quando non da rappresentore un elevato numero di misure si ricorre all'analisi statistica e si rappresentano i valori in istogrammi.

Determinare la persistenza delle fratture è difficile perché non vediamo dentro l'ammonto roccioso: IPOTIZZIAMO che la determinazione sulle tracce mantenga costante dentro l'ammonto roccioso.

Bisogna capire quanta parte dell'ammonto roccioso è occupata da MATERIE roccioso e quanta da FRATTURE.

Il materiale tra le fratture è chiamato **PORE DI ROCCIA** perché ha delle caratteristiche di resistenza molto maggiori rispetto alle fratture ed AUMENTA LA STABILITÀ.

Bastano pochi punti di roccia per avere la stabilità.

Si può dare una misura globale dell'estensione areale o della profondità di penetrazione di una discontinuità.

Se il piano di discontinuità termina in roccia omogenea o contro altre discontinuità, riduce la persistenza.

CLASSIFICAZIONE

- PERSISTENTE
- SUB-PERSISTENTE
- NON PERSISTENTE

A parità della lunghezza media della traccia, risulterà più persistente una famiglia di discontinuità che continua oltre i limiti dell'allineamento rispetto a quella famiglia che ha terminazione in roccia.

Quando la stabilità dell'ammonto roccioso è legata alla resistenza al taglio lungo una superficie piana che ingloba una certa discontinuità, è necessario conoscere con PRECISIONE la persistenza di quella discontinuità perché i punti di roccia hanno una resistenza al taglio molto maggiore rispetto alle discontinuità.

RICAPITOLARIO

La persistenza si determina misurando la LUNGHEZZE della TRACCIA lungo una direzione.



Se per esempio il sistema di discontinuità ha la persistenza del 20% nella direzione x , significa che l'ammonto roccioso nella linea di scivolamento sarà fornito dall'80% di ponti di roccia e 20% di discontinuità.

Sapere come si dispongono le discontinuità è un problema importante per la meccanica delle rocce: devo fare riferimento a metodi probabilistici e non deterministici.

- Nel modello del discontinuo devo rappresentare tutte le discontinuità importanti;
- Nel modello del continuo equivalente non rappresento le discontinuità perché considero un continuo con caratteristiche inferiori rispetto al materiale roccioso.

19) D) SCABREZZA

La scabrezza è definita come la RUGOSITÀ (forma a piccola scala) delle superfici allacciate di una discontinuità o ONDULAZIONE (forma a grande scala) relativamente al piano medio delle discontinuità.

La scabrezza fornisce delle informazioni su come appaiono le superfici di discontinuità.

Noi abbiamo approssimato la discontinuità con un piano medio quando abbiamo voluto determinare (α, ψ) .

Non possiamo approssimarlo quando vogliamo determinare la resistenza al taglio delle discontinuità.

La resistenza per attrito di (A) è molto maggiore rispetto a (B).



Quando ho delle asperità, la possibilità di far scorrere per taglio le 2 facce diventa molto più difficile.

- A GRANDEZZA NATURALE (10 m) = ONDULAZIONE
- A PICCOLA SCALA (10 cm) = SCABREZZA.

• ONSULOSITA' A GRANDI DIMENSIONI

Relazioni delle aste nelle discontinuità.

Noi vediamo solo le tracce delle discontinuità, come faccio a sapere che cosa c'è dentro?

Le discontinuità possono avere subito diversi fenomeni, come crolli o spostamenti, che mi permettano di avere accettabile PARTE della discontinuità.

Vedo la discontinuità solo PARTIRE e solo PARTE della discontinuità dentro l'ammesso ricorso.

La discontinuità è accettabile solo in PARTE (DATO UTILE).



- ONSULOSITA' → ASTA
- SCABREZZA: effetto un carotaggio di dimensione 10 cm e determino la scabrezza.



Come determino la scabrezza in una discontinuità di 10 cm?

• LASER SCANNER

Rilevo le asperità fino a 20-30 micron, dettaglio notevole. Però questa operazione va bene per scopi di ricerca e non per FINI PRATICI.

Queste operazioni sono fatte perché lo scopo finale è quello di legare il modello frattale alla resistenza.

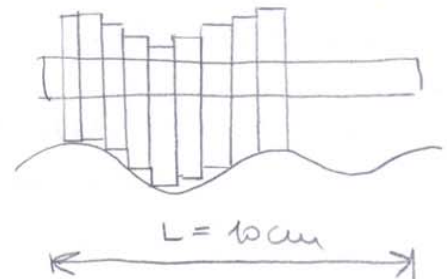
• PROFILOMETRO DI BARTELOTTI e JRC

Il profilometro di Bartolotti è uno strumento forato contenente degli Aghi RETALICI (piccoli elementi metallici cilindrici) che, applicando una certa pressione, possono scorrere nel foro.

Appoggio lo strumento sul modello ed ogni ago riprodurrà le asperità.

Strumento 20 che mi restituisce una LINEA DEL PROFILO

Posso eseguire tante misure in diverse direzioni per determinare il modello 3D.



Quanto incide il valore di JRC?

la resistenza non è solo funzione del valore di JRC determinato in laboratorio MA SERVIRÀ per la stima di JRC su scale differenti.

JRC non è trascurabile MA ha un'influenza LIMITATA:

- Se JRC da 10 → 12 non ho problemi;
- Se JRC da 10 → 4 ho dei problemi.

Potremmo prendere anche dei valori decimali di JRC ($\times 1$) MA il vero problema è trovare stime.

22) E) RESISTENZA ALLE PARETI

la resistenza delle pareti è la resistenza a compressione equivalente dei tubi allaccati di una discontinuità.

la resistenza lungo il piano di taglio dipende da:

- JRC;
- RESISTENZA DISCONTINUITÀ.

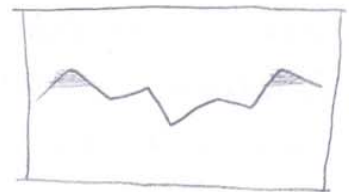
Oltre ad avere il problema di scavare le asperità, le asperità con valore di inclinazione elevata, possono anche rompersi.



il mio problema è difficile da risolvere in modo rigoroso.

Darei considerazione a qui giunto come un problema ed eseguire una PROVA DI TAGLIO DIRETTO:

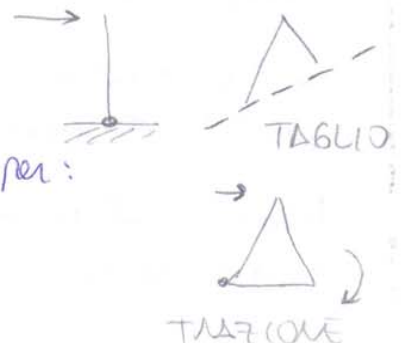
- In geotecnica le discontinuità si creano alla FINE della prova;
- Nella meccanica delle Rocce la discontinuità è già presente nel provino.



Passiamo ad un metodo di calcolo.

Durante la prova, le asperità si rompono per:

- TAGLIO
- TRAZIONE



- Se l'urto fosse ANELASTICO, non avrei il rimbalzo;
- Se l'urto fosse ELASTICO, avrei lo stesso ritorno.

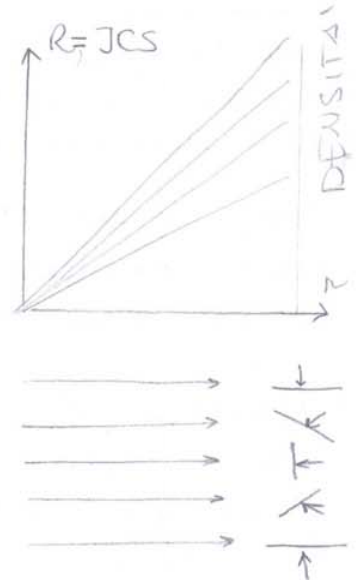
Più il materiale è resistente e meno tende a plasticizzarsi e meno si plasticizza e più rimbalzi produce.

↳ finemente è abbastanza plausibile.

π = DUREZZA DI SCHMIDT, è proporzionale al numero di colpi

R = RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLE ASPERITÀ

Dalla durezza ricavo la resistenza a compressione delle asperità mediante la DENSITÀ DELLA ROCCIA.



ESEMPIO

$$\pi = 50 \quad , \quad \delta = 25 \text{ KN/m}^3 \quad \rightarrow \quad R = 100 \text{ MPa}$$

La scala della durezza tiene conto dell'angolo con cui è stata eseguita la prova.

JCS = JOINT COMPRESSIVE STRENGTH è il valore della resistenza a compressione delle asperità (R, MPa)

JCS è legata alla resistenza a compressione della roccia, che è legata alla resistenza a compressione del CIS.

Perché sono legate?

La resistenza della superficie di una discontinuità naturale non è la stessa che si determina su un provino di ammonio roccioso perché di solito, nella discontinuità naturale, abbiamo uno STATO DI ALTERAZIONE (nella presenza di acqua) che produce una SUPERFICIE DEGRADATA.

JCS è la resistenza quando non abbiamo degrado.

Prova veloce e ripetitiva, da fare direttamente nella superficie della discontinuità o in laboratorio.

Facciamo determinazioni e prendo il valore medio.

Bisogna prestare molta attenzione alle GRANDI SPERTURE perché potrebbero indicare il movimento in atto del pendio o della galleria.

Se l'apertura > 30 cm : pericolo per movimento in atto.

26) 6) RIEPIIMENTO

Il riempimento è quel materiale che separa le pareti adiacenti di una discontinuità - e di solito ha delle caratteristiche inferiori rispetto alla roccia pilonaria.

Il geologo dice lo spessore e TIPO di riempimento, in genere sabbia, limo, argilla ...

La resistenza al taglio delle discontinuità è funzione della resistenza al taglio dell'argilla (valore inferiore).



La rottura avviene nell'argilla perché l'argilla in parte annulla l'attrito della roccia ed ha suo attrito nell'argilla, che è un valore più basso.

Lo studio delle discontinuità con riempimento in argilla è molto complesso perché bisogna riferirsi alla Meccanica dei Terreni.

H) FILTRAZIONE

Flusso d'acqua e abbondante umidità; visibile nelle nicchie discontinuità o nella zona rocciosa nel suo insieme.


Prendiamo i concetti di filtrazione e li riferiamo ai sistemi confinati con le discontinuità.

Lo studio della filtrazione in roccia non è importante come lo studio della filtrazione nel terreno.

Bisogna dire se la discontinuità è ASCIUTTA-SECCA o IMBIBITA (STILLICIDIO, esistenza delle gocce) o se esiste una vera PORTATA D'ACQUA.

05/03/2014

MECCANICA DELLE ROCCE 05BPMMX	
Docente	Prof. Claudio SCAVIA (011/ 0904823) <i>claudio.scavia@polito.it</i>
Esercitatore	Prof. Monica BARBERO (011/ 0904888) <i>monica.barbero@polito.it</i>
 POLITECNICO DI TORINO	CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE

	COMPORTEMENTO MECCANICO DELLA MATRICE ROCCIOSA
 POLITECNICO DI TORINO	CORSO DI MECCANICA DELLE ROCCE