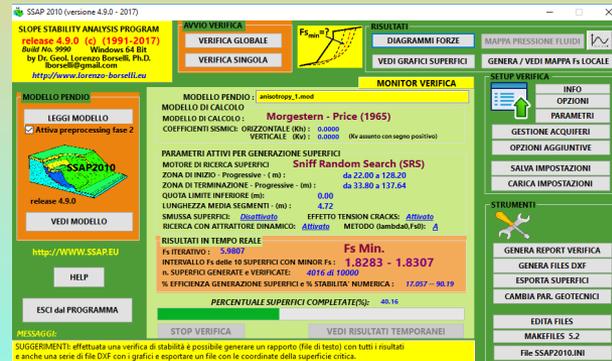


Introduzione al codice SSAP 2010 e descrizione delle sue funzionalità

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autónoma de San Luis Potosí -UASLP

Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO



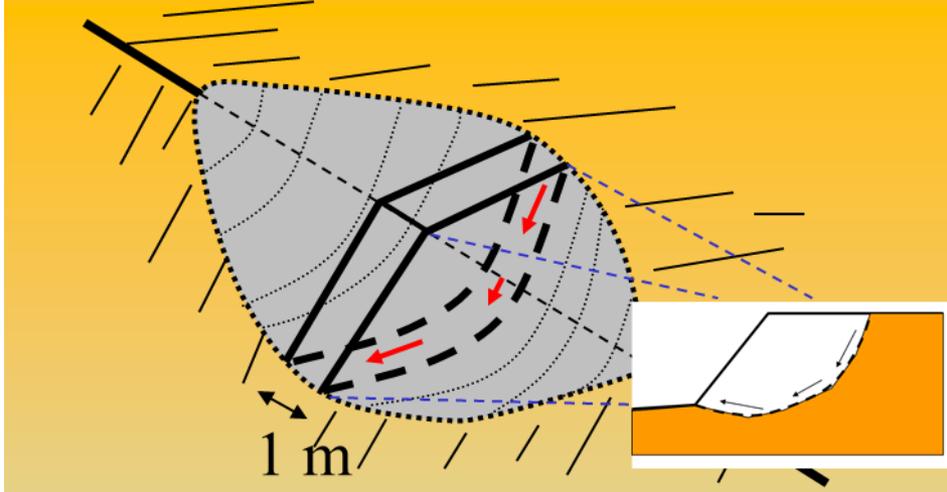
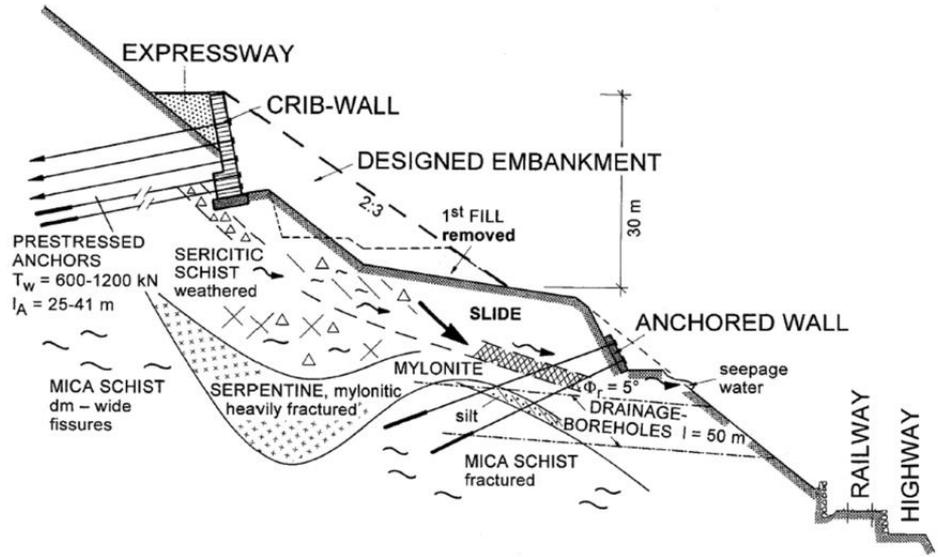
E_mail:

lborselli@gmail.com

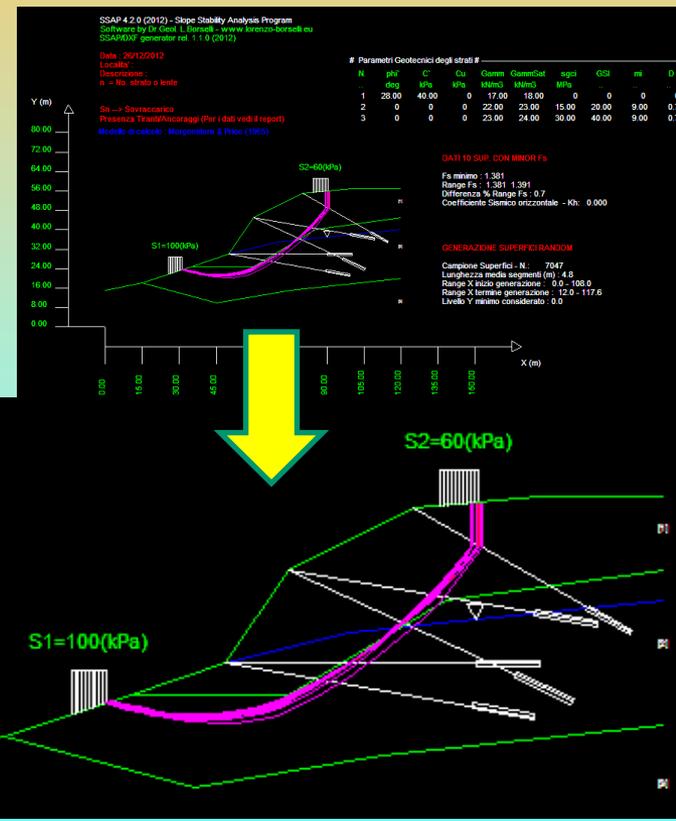
lorenzo.borselli@uaslp.mx

https://www.lorenzo-borselli.eu





Tecniche di base nella verifica della stabilità dei pendii



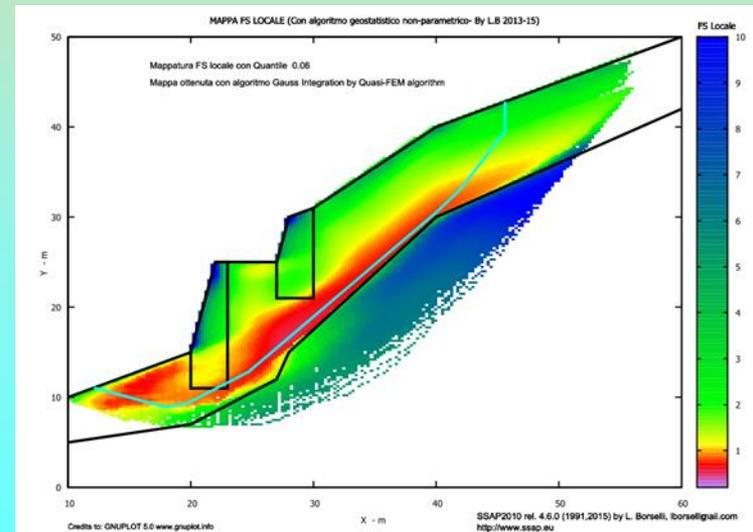
Verifica di stabilità dei pendii : cosa significa?

Una Possibile definizione:

Verifica del livello di potenziale instabilità di un pendio attraverso analisi delle forze interne e esterne, oppure dei campi sforzi-deformazioni, nei confronti di un potenziale collasso-deformazione permanente o formazione una di superficie di rottura, che interessi una porzione significativa del pendio stesso.

•Importanza a scala locale per la verifica di stabilità di pendii naturali o pendii con opere di ingegneria.

•Importanza nelle valutazioni della pericolosità di fenomeni movimenti di massa, a livello territoriale.

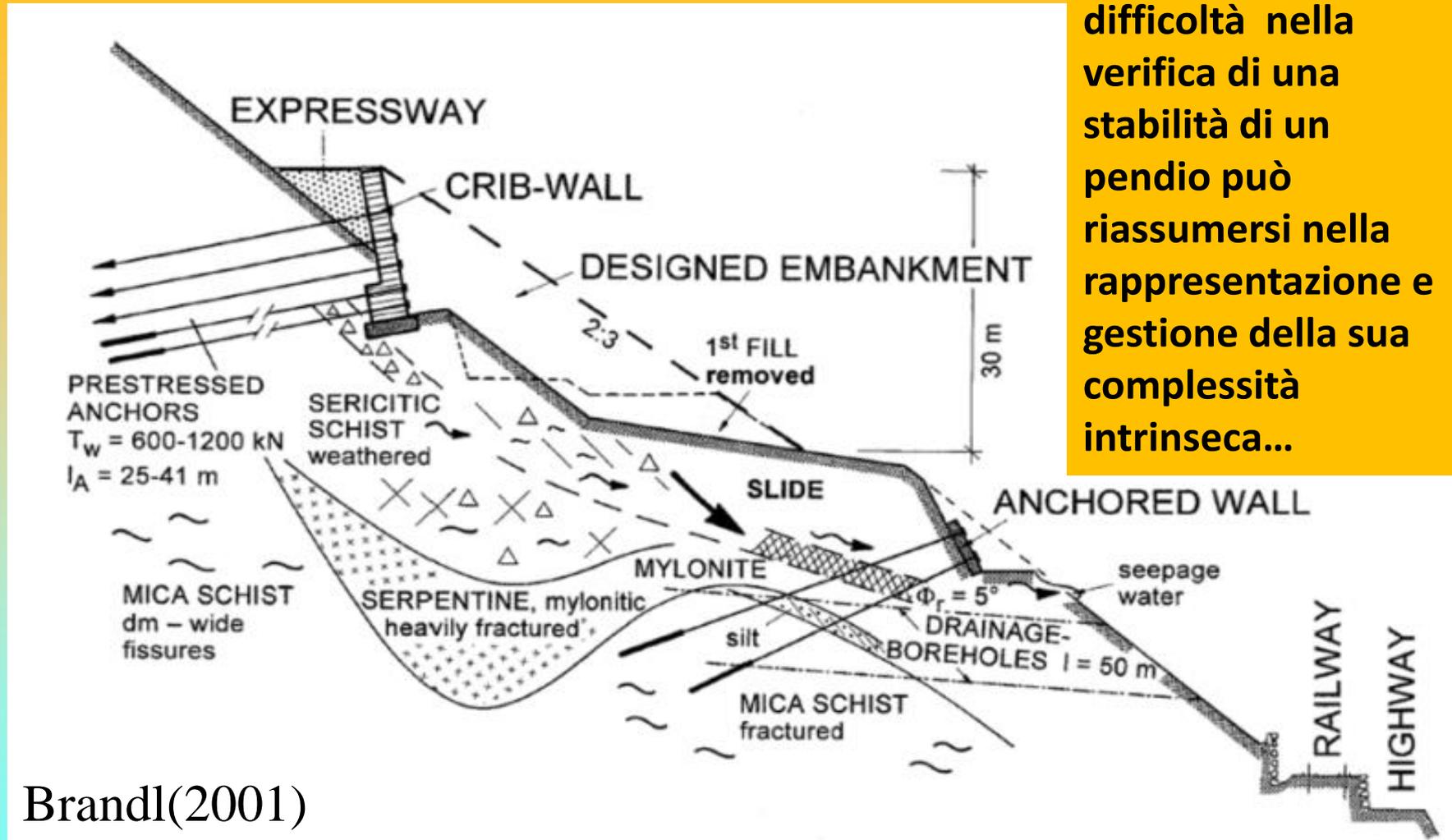


La verifica di stabilità di un pendio è una delle operazioni di maggior complessità in ambito Geo-igegneristico, Geotecnico.

La verifica di stabilità di un pendio è anche una delle operazioni che a causa delle incertezze insite nella modellizzazione presenta il maggior rischio connesso con una non adeguata:

- ***Schematizzazione stratigrafica e strutturale***
- ***Parametrizzazione geomeccanica***
- ***Schematizzazione idraulica***
- ***Applicazione a un volume/area significativi***
- ***Valutazione dei possibili input sismici***
- ***Etc.***

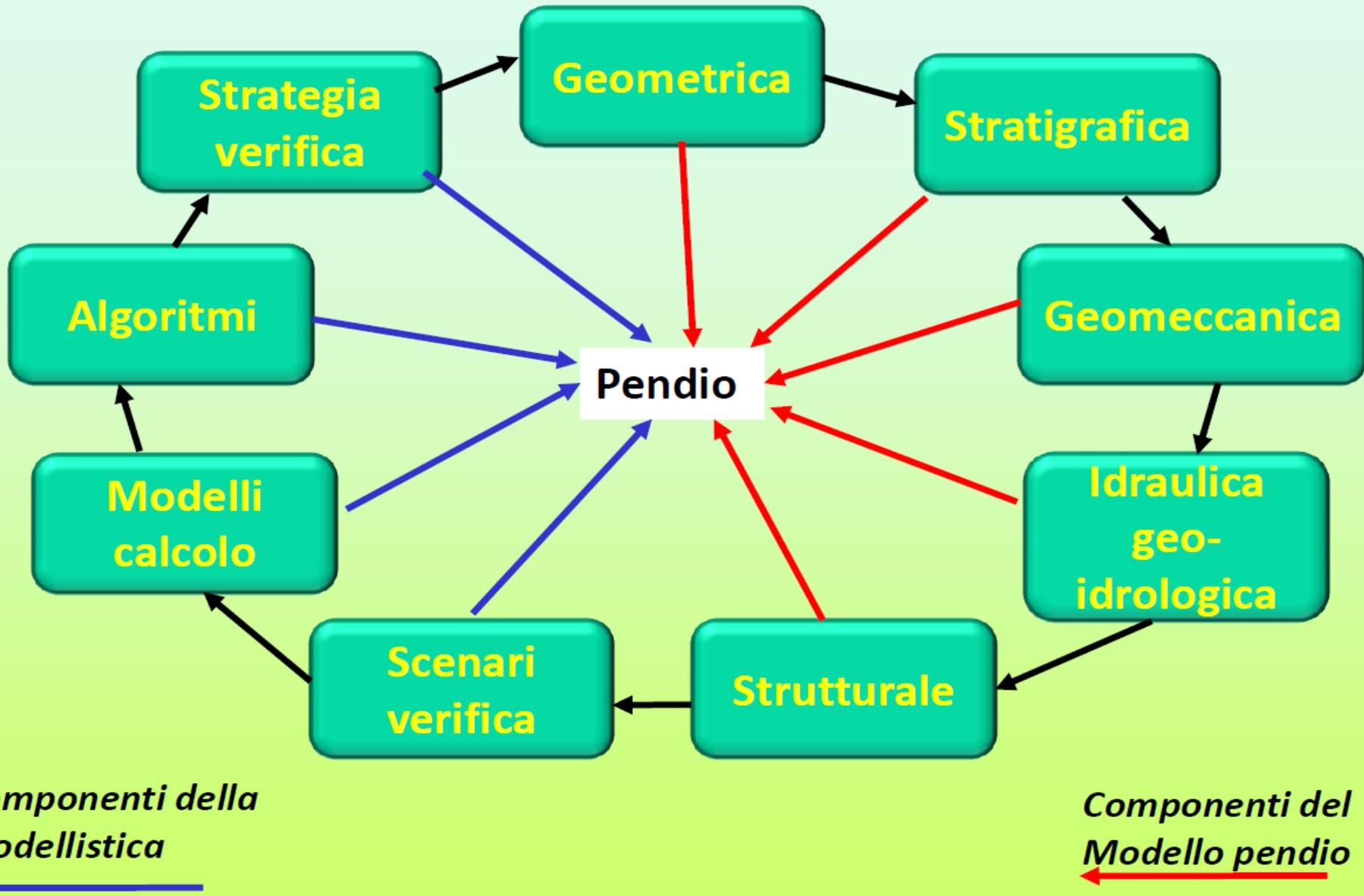
La maggiore difficoltà nella verifica di una stabilità di un pendio può riassumersi nella rappresentazione e gestione della sua complessità intrinseca...



Brandl(2001)

Esempio di complessità geologica e geotecnica e strutturale

Complessità verifica stabilità: componenti e interazioni



Risorse e strumenti per rappresentazione e gestione della complessità:

- 1. Rilievi topografici: sezioni dettagliate;*
- 2. Indagini geologiche – geo idrologiche, geotecniche, geofisiche*
- 3. Analisi statistica dei dati.*
- 4. Modelli geomeccanici: parametrizzazione, criterio di rottura*
- 5. Modello del pendio: definizione modello di pendio che ingloba i punti 1,2 3*
- 6. Modelli di calcolo: modelli e procedure di calcolo esistenti*
- 7. Software di calcolo (es. SSAP): una galassia di software da scegliere e usare, ma con molta attenzione...*

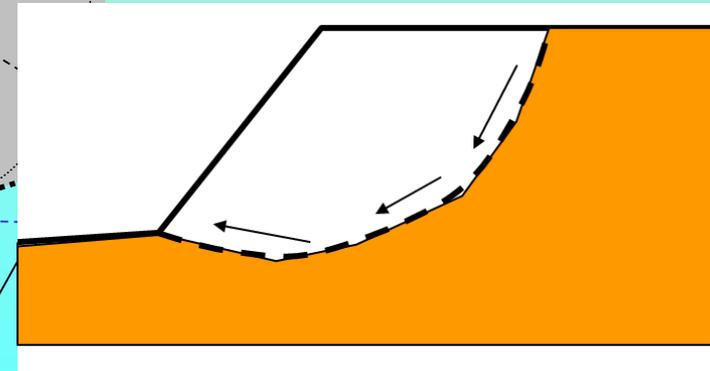
E per finire (o per cominciare) le risorse più importanti:
le conoscenze, la esperienza del geologo e ingegnere e l'uso prima di tutto del nostro cervello! Non pensate che tutto può essere automatico... è sempre l'opposto.

Verifica di stabilità 3D→2D

Verifica su striscia di
larghezza unitaria (1 m)
Rappresentativa di una
massa
potenzialmente instabile

Modellazione
Pendio
con una sezione
Bi-dimensionale

1 m



Evoluzione storica dei metodi di verifica di stabilità dei pendii :

Metodo dell'equilibrio limite (LEM) semplice (dal 1917 circa)

- Pendii omogenei superfici circolari
- Senza effetti strutture
- Carte di stabilità

Evoluzioni e raffinamenti del metodo (LEM) (dalla fine anni 70 a oggi)

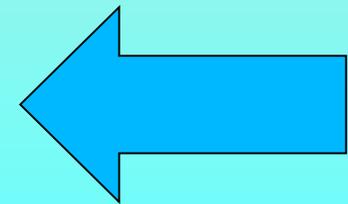
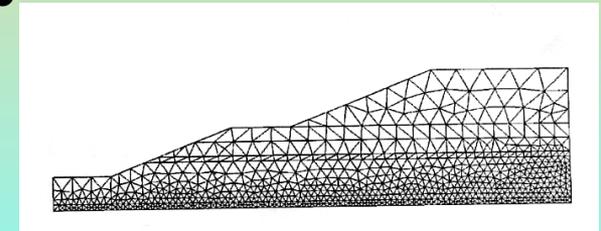
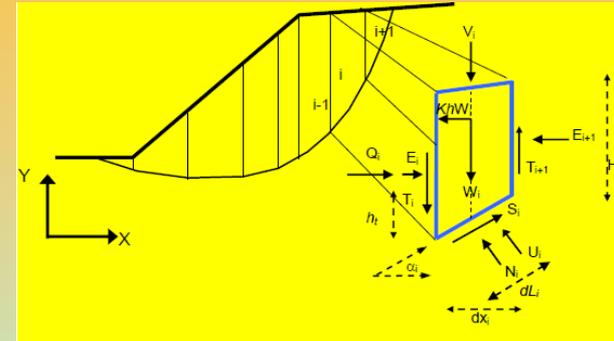
- Pendii non omogenei → superfici non circolari
- Con effetti strutture e sismici
- Automatizzazione dei calcoli con software specializzato

Modelli agli elementi finiti FEM (da anni 70 a oggi)

- Pendii omogenei - non omogenei con e senza strutture
- Software specializzato

Modelli applicati a pendii 3D (da metà anni 90 a oggi)

- Elevata complessità
- Promettenti ! Ma ancora non affermati nell'uso comune..
- Modelli LEM evoluti (oggi) (Interazione con strutture, motori di ricerca superfici avanzati, Metodi numerici ottimizzati e più affidabili) (caso di SSAP2010 e blasonati software commerciali..)



Confronto tra metodologie

Table 2. Comparison of Factors of Safety for Example 2 by Various Methods

Method of analysis	No water table	Pore pressure by $r_u (=0.250)$	Pore pressure by water table
Bishop's simplified method ^a	1.38	1.12	1.25
Spencer's method ^a	1.37	1.12	1.25
Morgenstern and Price's method with $f(x) = \text{constant}$ ^a	1.39	1.12	1.25
Variational stability analysis ^b	1.33	1.08	1.19
Spencer's method using random search method ^c	1.34	N/A	1.21
Lower-bound analysis ^d	1.25	1.07	1.10
Upper-bound analysis ^d	1.37	1.16	1.23

^aFredlund and Krahn (1977).

^bLeshchinsky and Huang (1993).

^cPCSTABL6.

^dThis study.

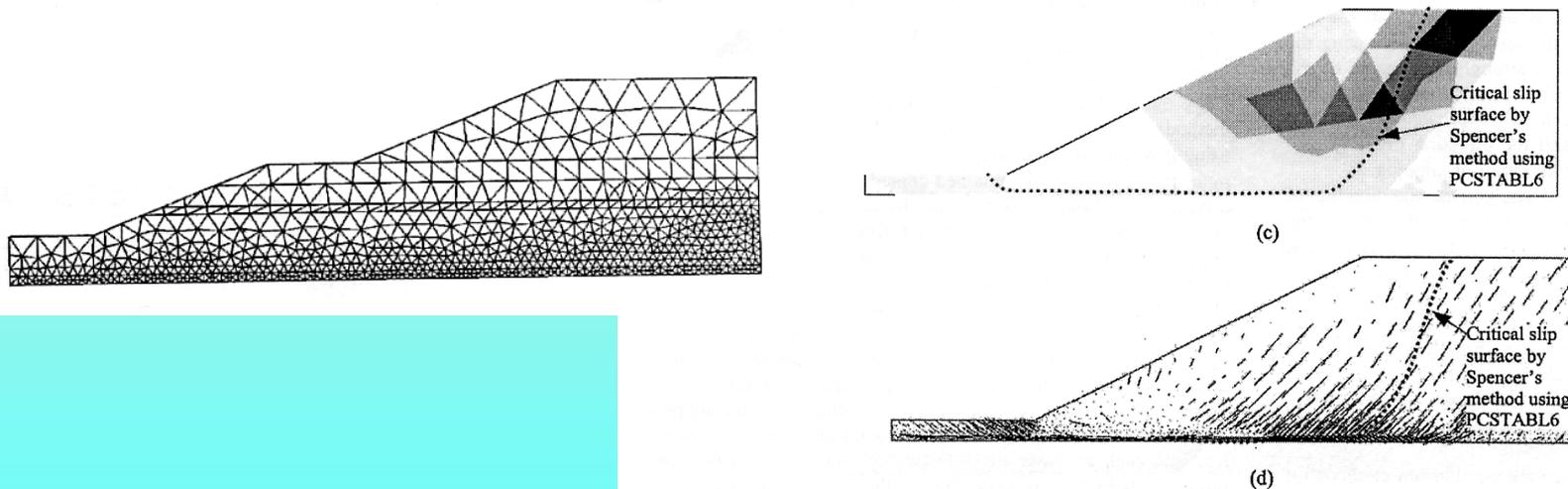


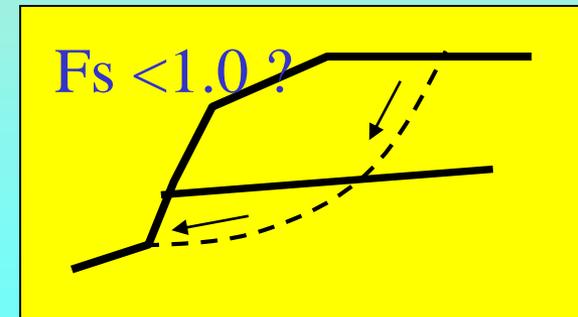
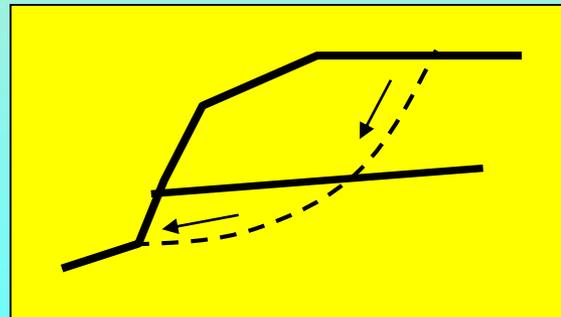
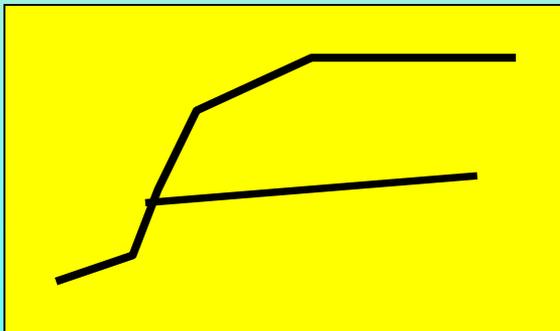
Fig. 7. Slope analyzed in example 2 [with pore-water pressure defined by water table; dotted line in (a)]: (a) slope geometry and soil profile (after Fredlund and Krahn 1977); (b) velocity field from upper-bound analysis; (c) plastic zone from upper-bound analysis; and (d) principal stress zone from lower-bound analysis.

Da Kim et al. (2002)

Verifiche di stabilità 2D mediante il metodo dell'equilibrio limite.

Fasi della analisi:

1. Definizione Modello 2D del pendio (geometria e par. geomeccanici)
2. Assunzione di una Superficie di potenziale scivolamento
3. Calcolo di Fattore di sicurezza (F_s) (o fattore di stabilità)



Definizione di Modello 2D del pendio (un problema spesso estremamente complesso):

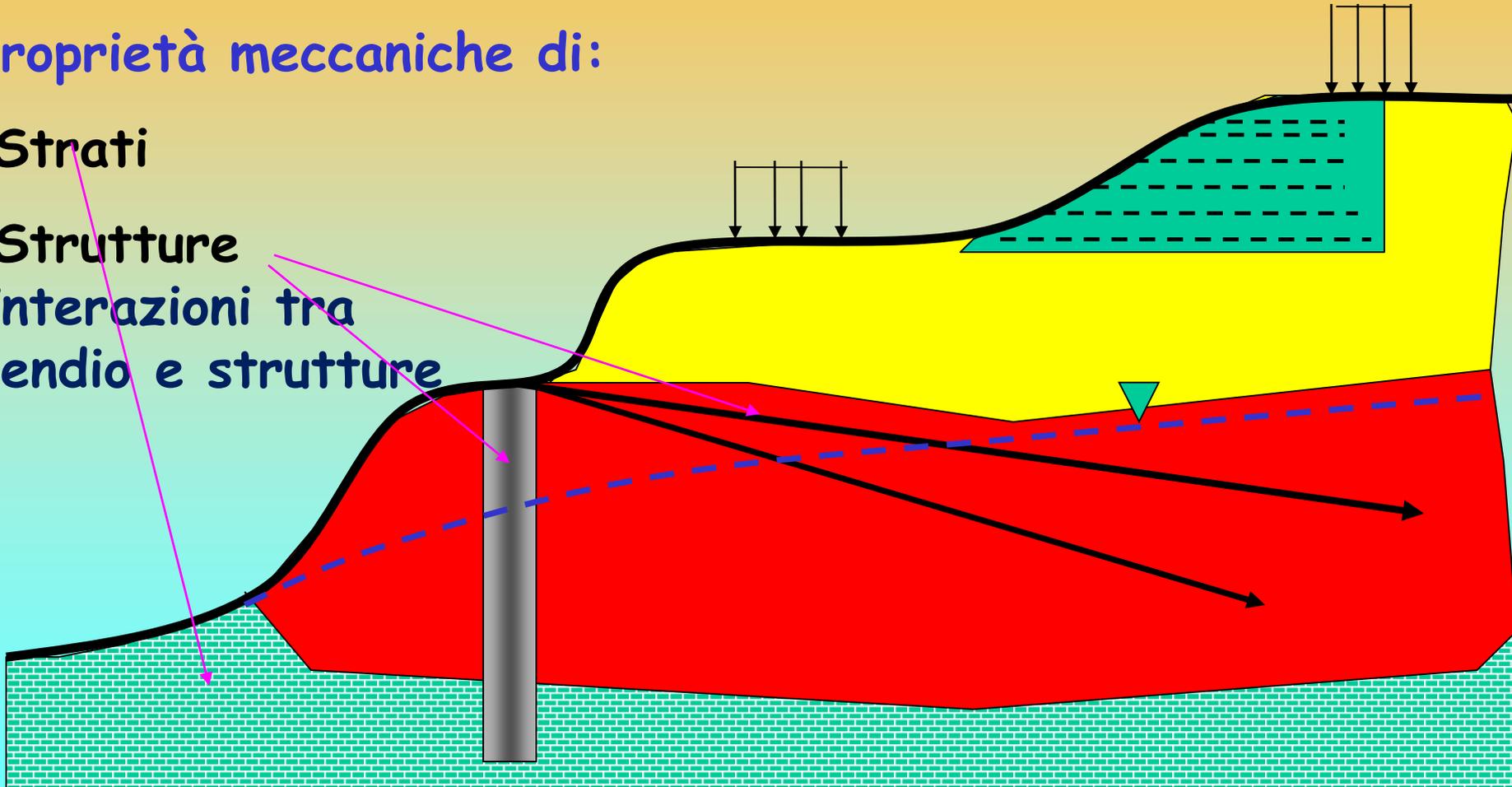
Geometria pendio, strati, falda, carichi esterni e strutture di rinforzo

Proprietà meccaniche di:

- Strati

- Strutture

Interazioni tra pendio e strutture



Superficie di potenziale scivolamento

- Nella applicazione del metodo dell'equilibrio limite la superficie di potenziale scivolamento separa la parte di pendio stabile da quella potenzialmente instabile.
- Si assume che la parte stabile inferiore rimane indeformata e non subisce rotture.
- Si suppone che la massa superiore, fino al momento della rottura, non subisca deformazioni.
- Collassi e deformazioni sono posteriori allo sviluppo di una superficie di rottura.

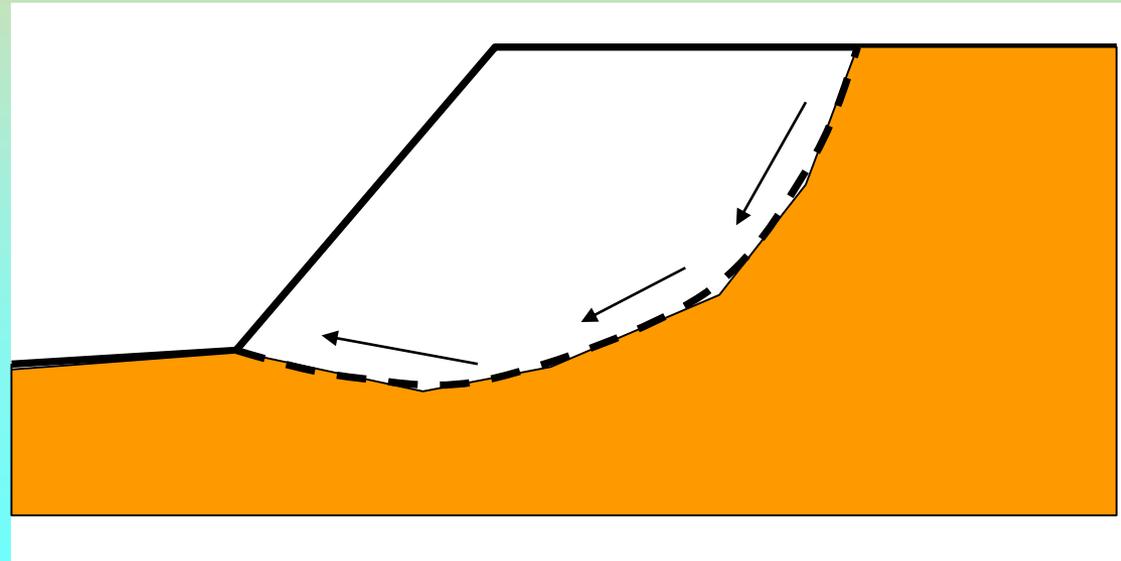
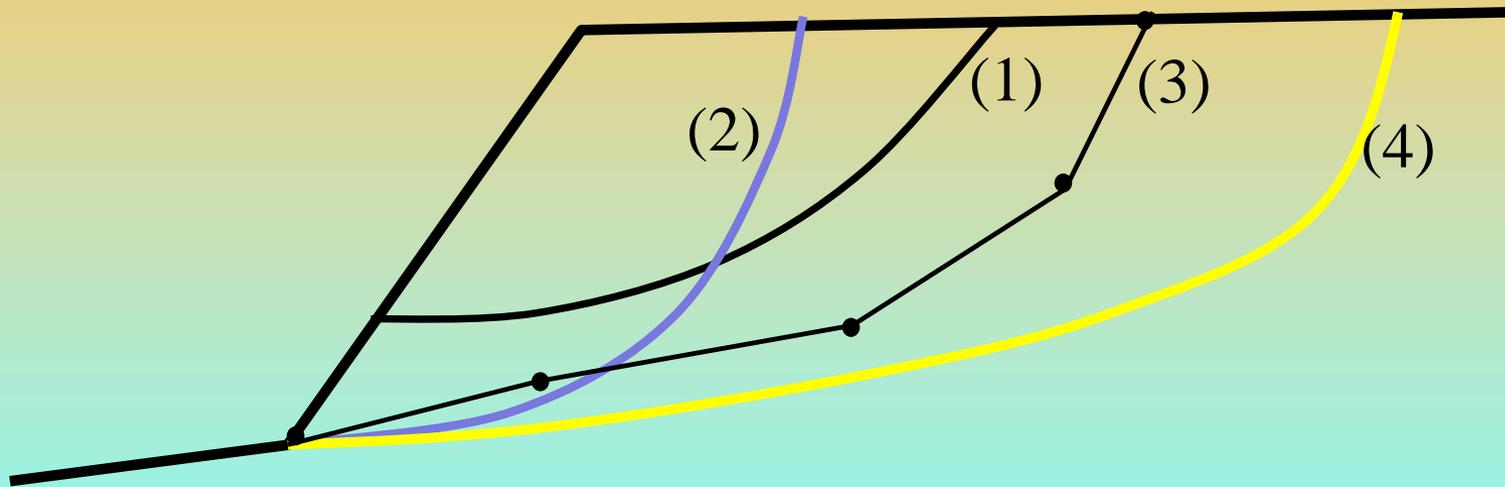




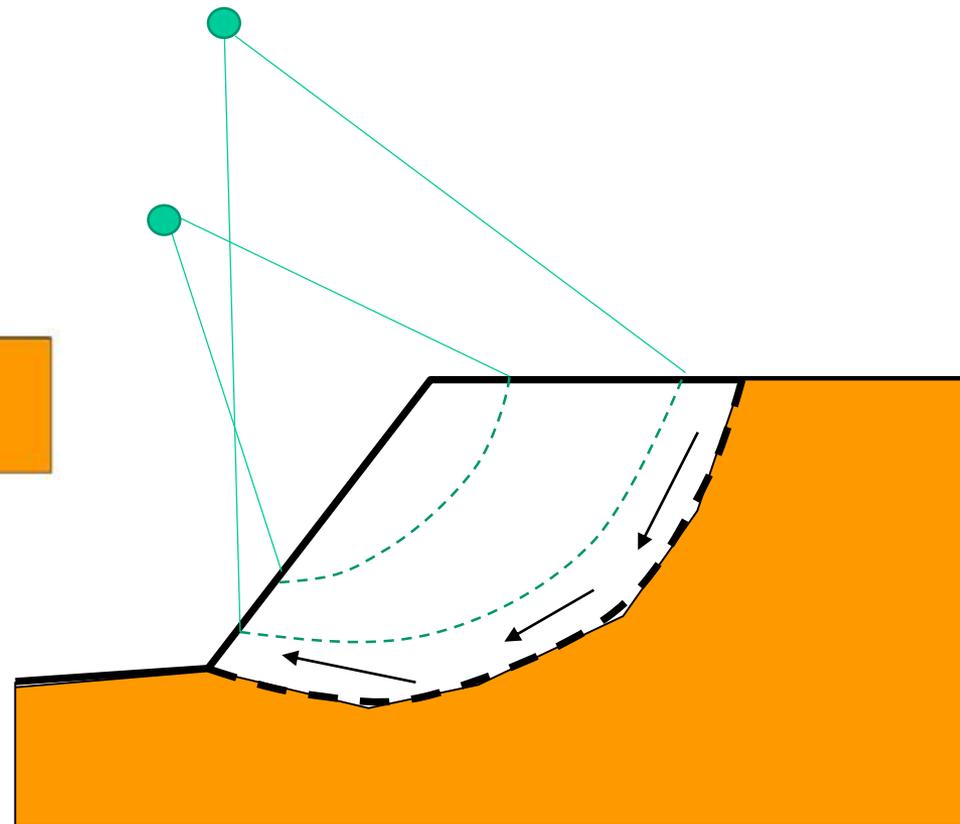
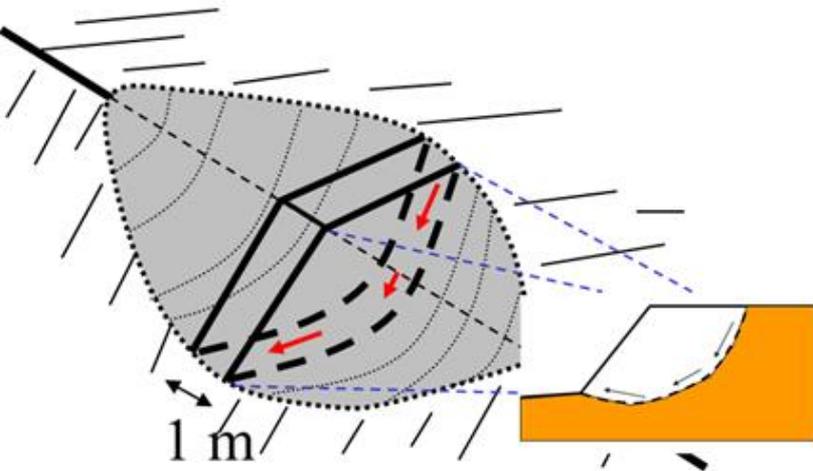
Fig. 2.2. Scivolamenti: a) di traslazione; b) di rotazione; c) composti



Tipi di superfici generabili nel piano della sezione del pendio:

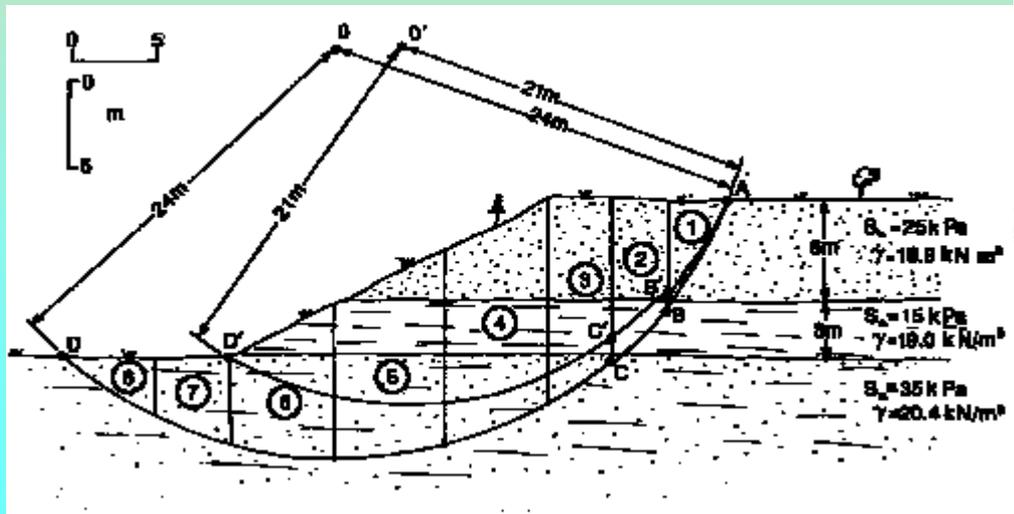
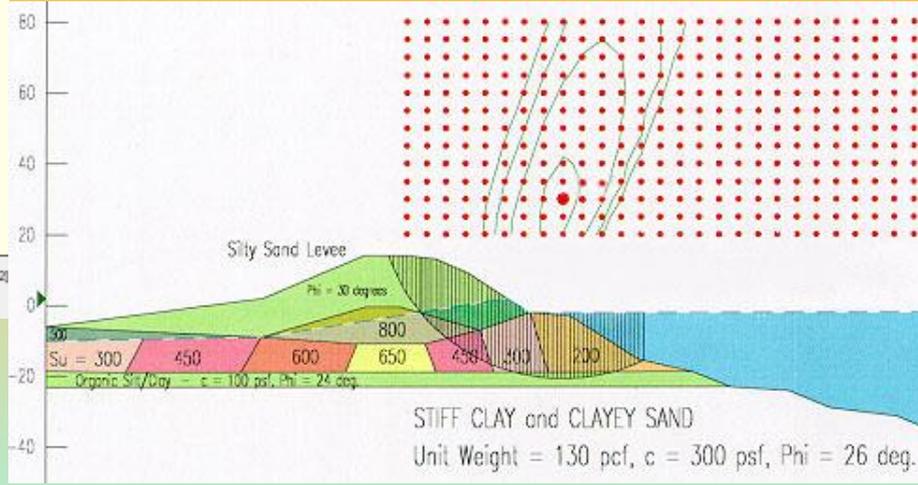
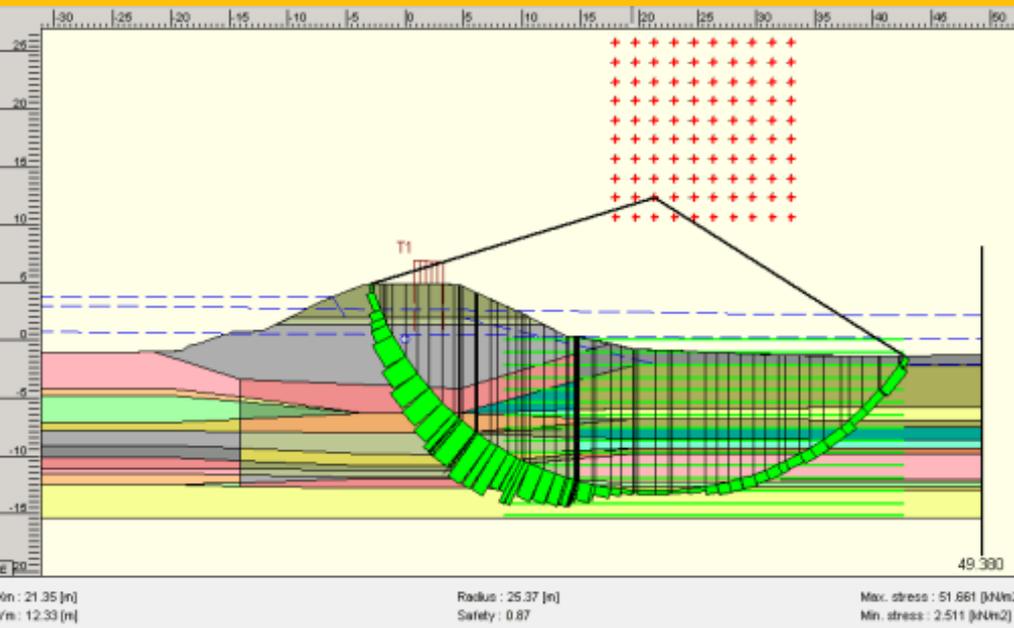
- (1) **Circolari** : definite da eq. Circonfrenza (arco di cerchio: centro e raggio)
- (2) **Spirali logaritmiche**: eq. Spirale logaritmica
- (3) **Generiche**: serie di punti (nodi) collegati da tratti rettilinei (SSAP)
- (4) **Generiche smussate**: superficie smussata interpolante serie di punti (SSAP).

Purtroppo esiste, e resiste, la tentazione che sia sufficiente che una verifica di stabilità dipenda solo una serie di superfici di scivolamento potenziali (magari solo circolari) disegnate in una sezione 2D e da un valore numerico di FS derivato da un qualche modello di calcolo, più o meno rigoroso.



Ma e' veramente cosi??

**E' sicuro che tutto e' possibile con sole superfici circolari ??
 Quando la sola complessita' stratigrafica e' cosi Dominante?**



Complessità geometrica

Tipi di superfici generabili nel piano della sezione del pendio: alcuni tipi di superfici (es. circolari non sono in grado di seguire le discontinuità presenti che possono avere una determinate influenza sulla instabilità

Vari autori (ABRAMSON L.W. et al. (2002); DUNCAN J.M. (1996; SARMA S.K. (1979).; CHENG Y.M. (2003); JANBU N. (1973))indicano con assoluta chiarezza che il metodo dell'equilibrio limite deve essere applicato in una modalità differenziata in funzione del grado di omogeneità del pendio, presenza di discontinuità stratigrafiche o strutturali.

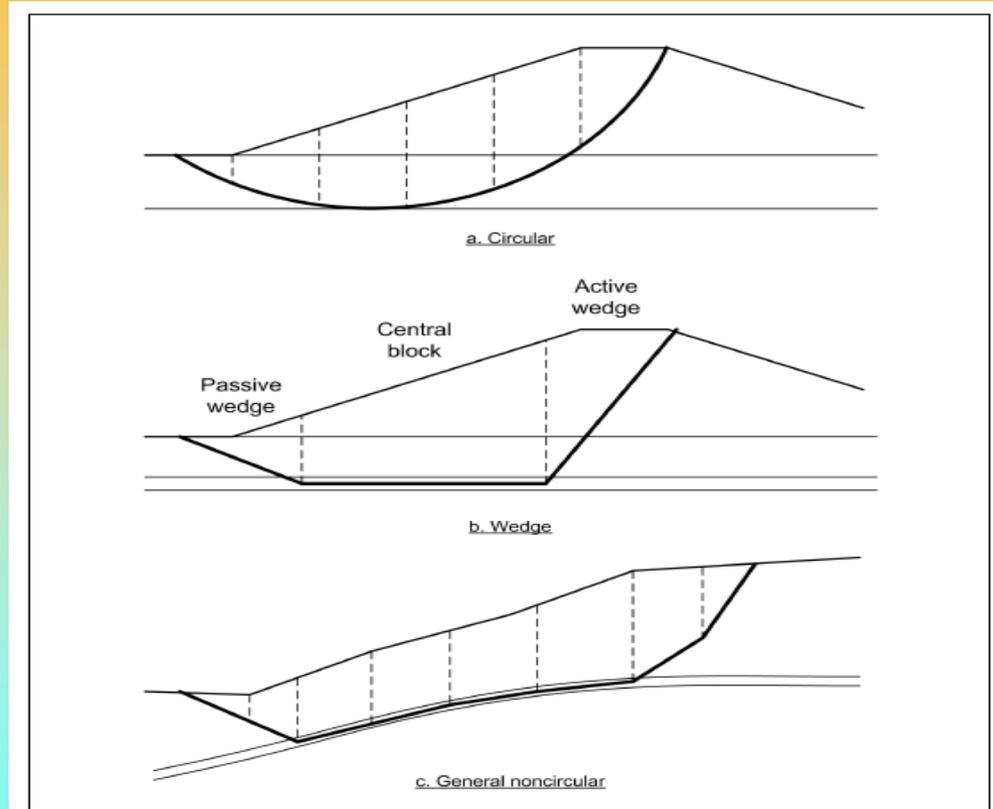


Figure C-3. Shapes for potential slip surfaces

Fs del pendio - ovvero quello associato alla superficie con Fs minimo in assoluto :

Dopo un test su un numero di superfici significativo o aver esplorato adeguatamente un campo vasto di possibili superfici, l'Fs del pendio è quello della superficie con minor Fs tra quelle calcolate.

Abbiamo bisogno di Strategia di ricerca per trovare la superficie con Fattore di sicurezza MINIMO
Motori di ricerca e generazione delle superfici:

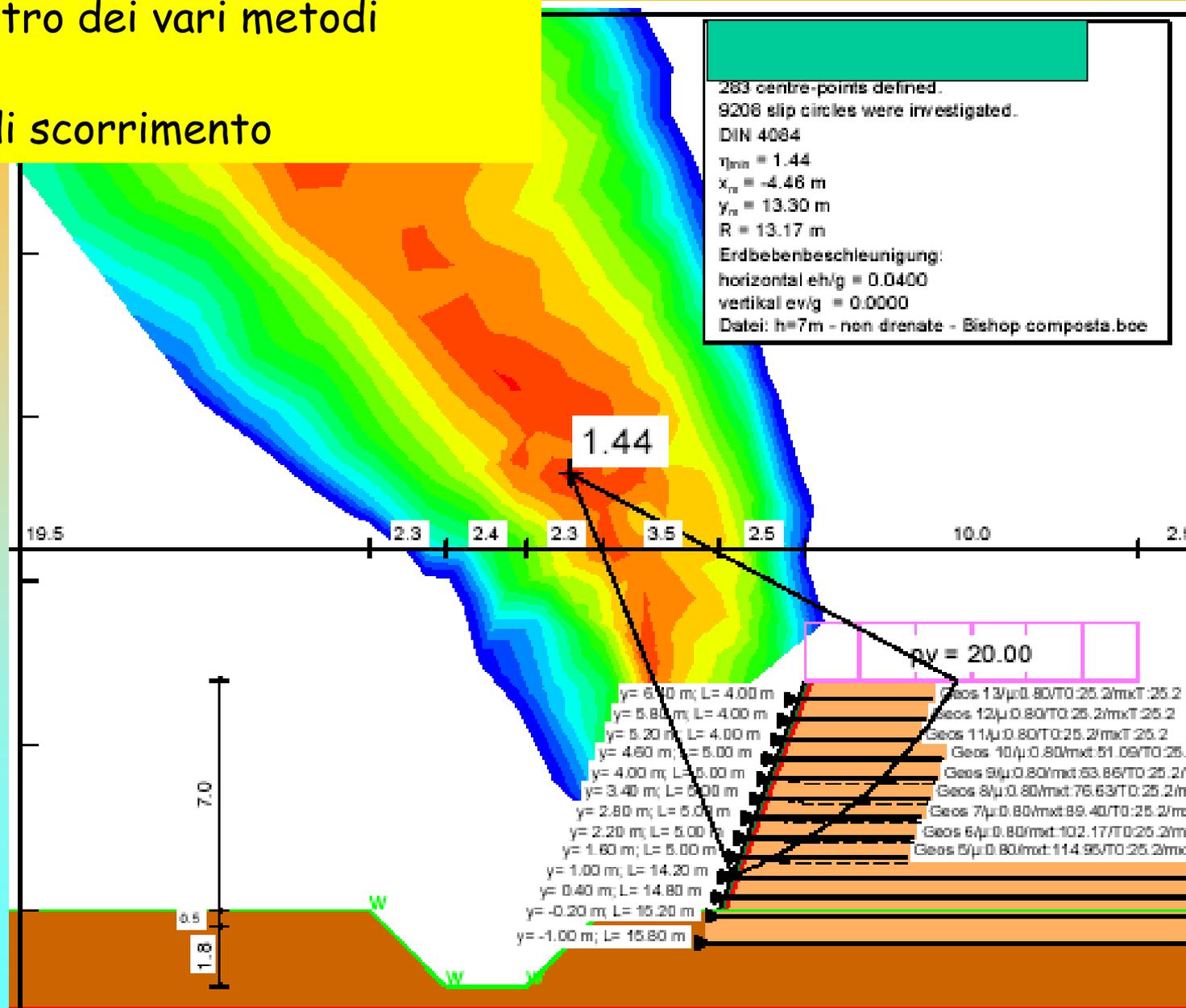
- Griglia a passo fisso (per sup. Circolari)
- Minimizzazione multidimensionale della funzione
Che definisce $F_s \rightarrow \text{MIN} [F_s]$
dove :

$F_s = f(x_1, y_1, \dots, x_i, y_i, \dots, x_n, y_n)$ (per sup. Generiche)

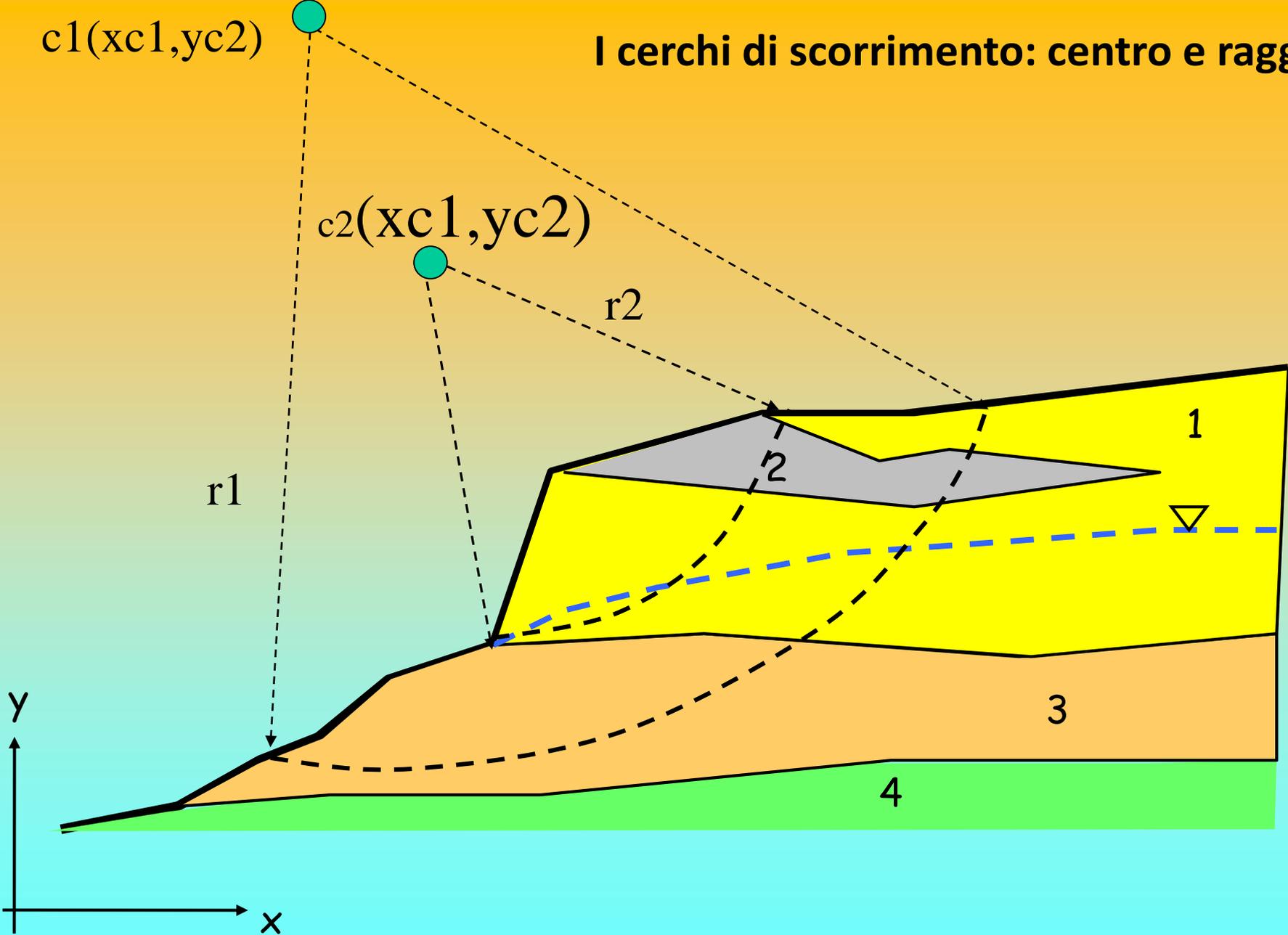
- Random (monte carlo) (circolari e generiche)
- Misti

Tecniche di ricerca delle F_s minime pro e contro dei vari metodi

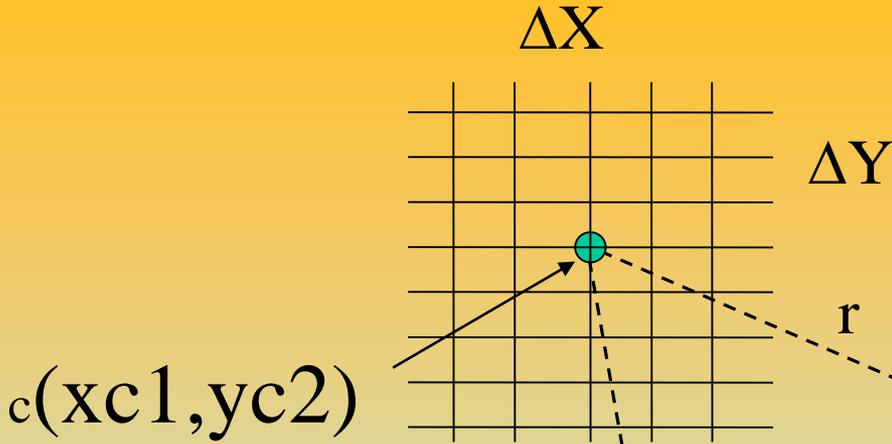
I cerchi di scorrimento



I cerchi di scorrimento: centro e raggio

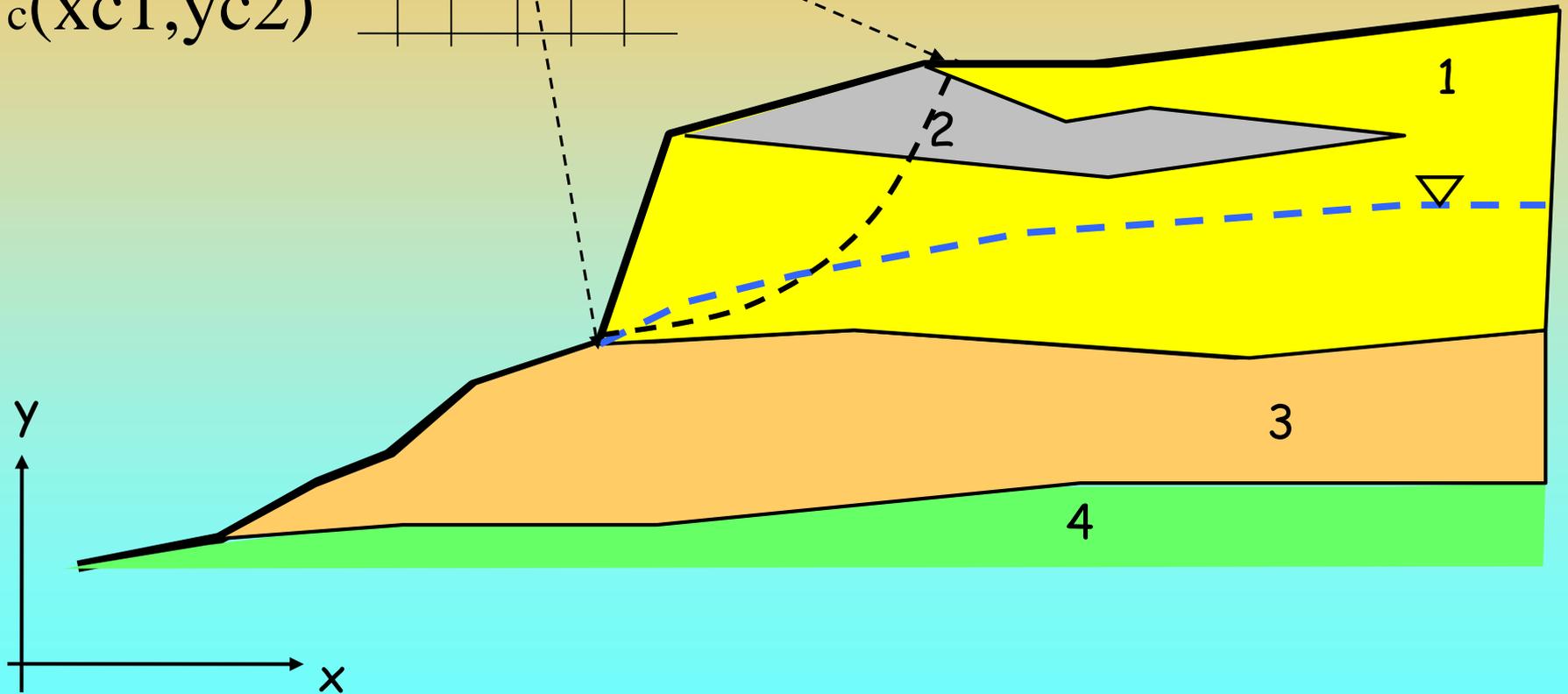


Griglia di ricerca



Vincolato al passo prefissato:

ΔX
 ΔY
 Δr



Griglia di ricerca

Vincolato al passo prefissato:

ΔX

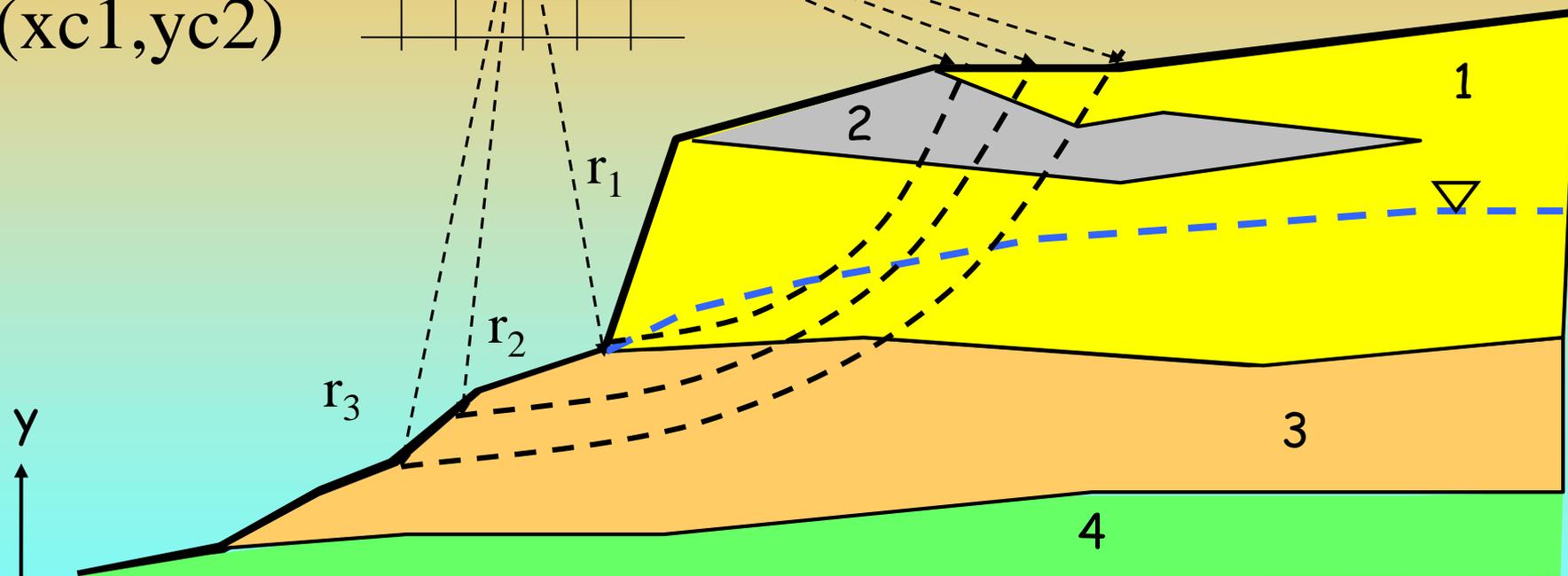
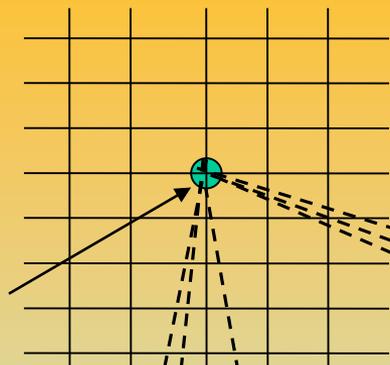
ΔY

Δr oppure r (random)

ΔX

ΔY

$c(xc1, yc2)$

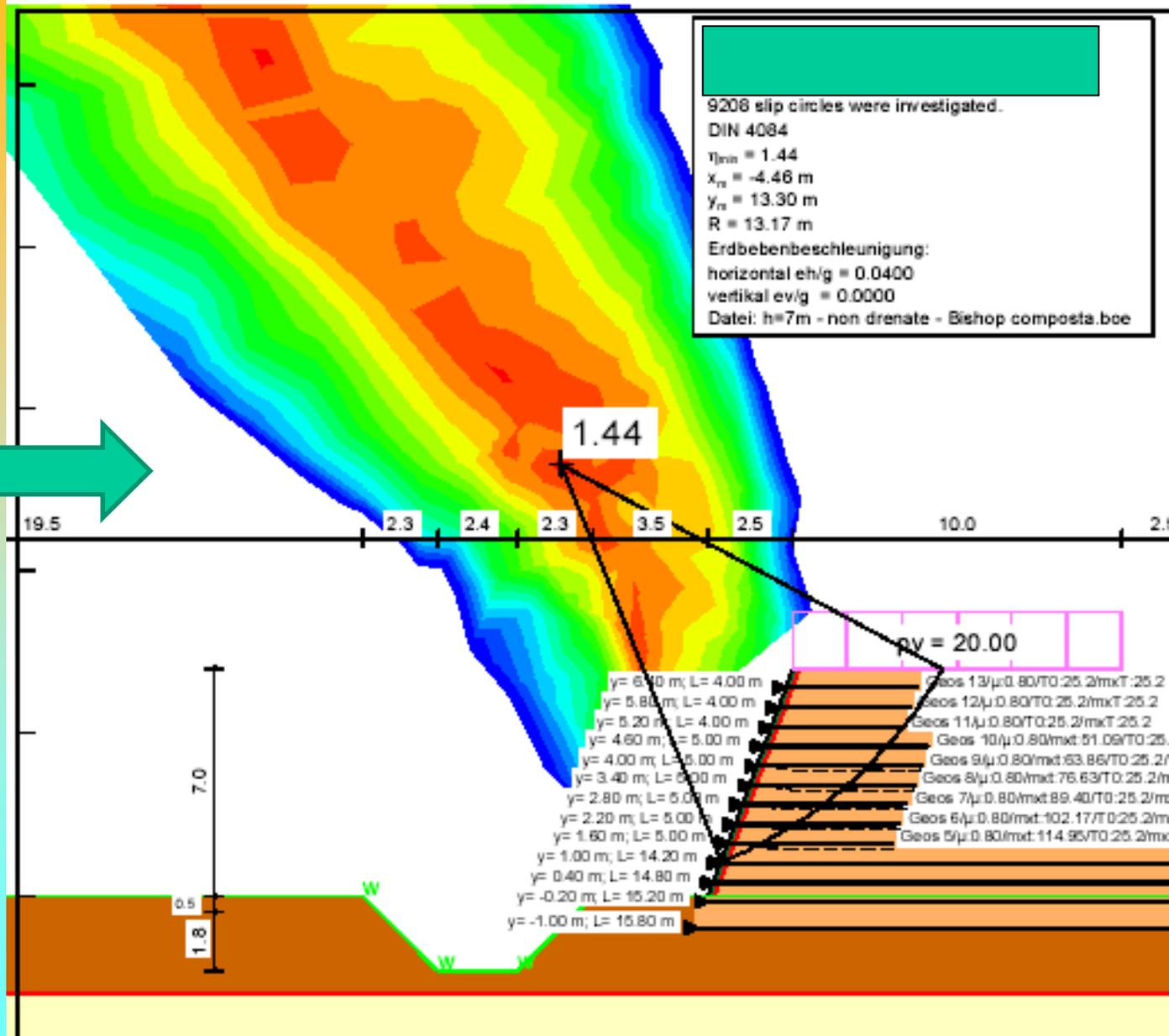
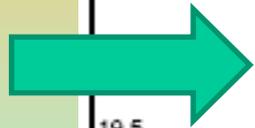


**N.B.: La mappa di Fs in funzione dei centri sposta
la attenzione fuori del pendio anziché dentro.!!!**

Le forme circolari sono solo una frazione delle forme possibili !!

I cerchi di scorrimento e problemi di indentificazione del centro e raggio critico.

Es. non basta la Mappa di F_s in funzione dei centri di scorrimento ..
Perché ad ogni centro corrisponde un infinito numero di raggi..!!!!



Superfici di forma generica..

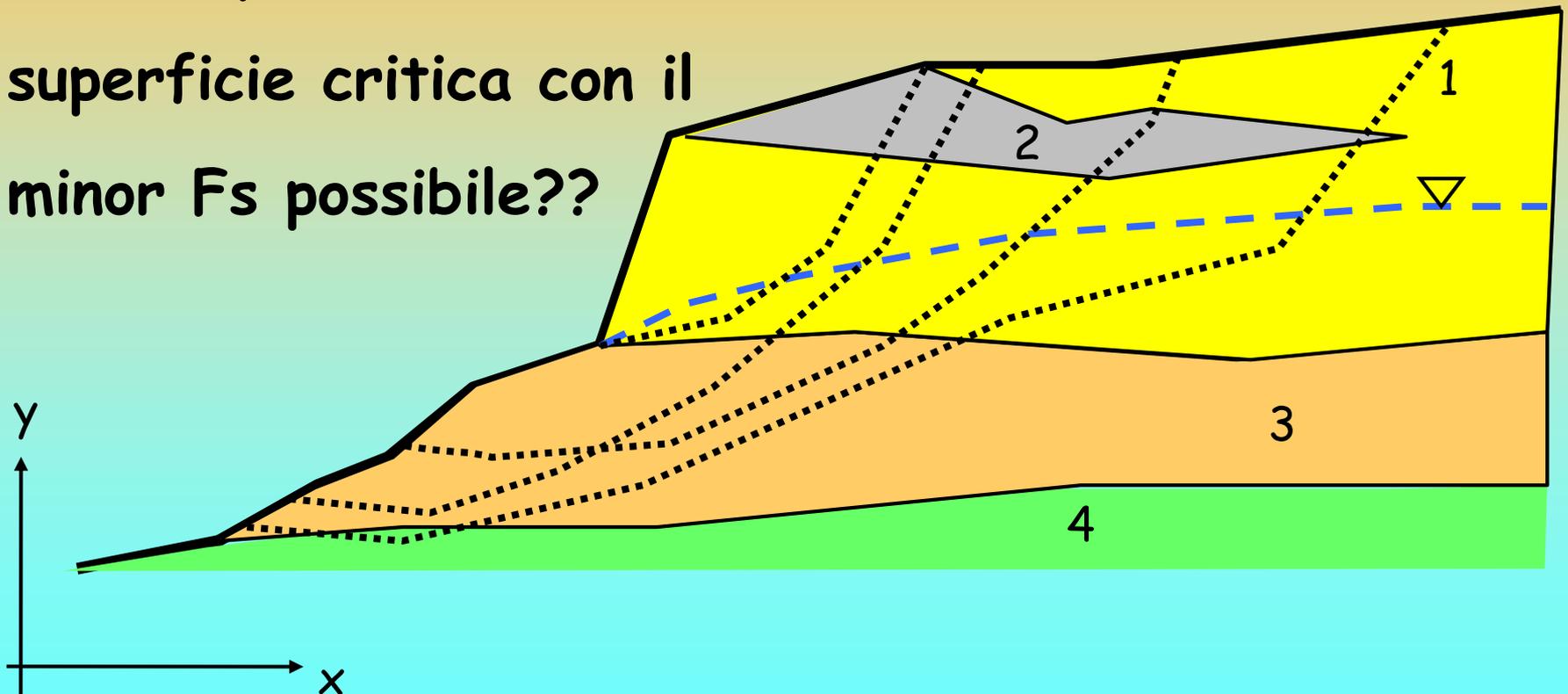
ovvero quanto si osserva nella realtà !

Infinite superfici e quasi infinite forme possibili..

Quindi qual è la reale

superficie critica con il

minor F_s possibile??



Superfici generiche - metodi di minimizzazione F_s

Obiettivo:

Determinare il vettore che definisce le coordinate dei nodi che definiscono la superficie alla quale compete il minor F_s possibile.

Uso di un algoritmo che fa variare automaticamente i nodi E calcola l' F_s per ogni superficie

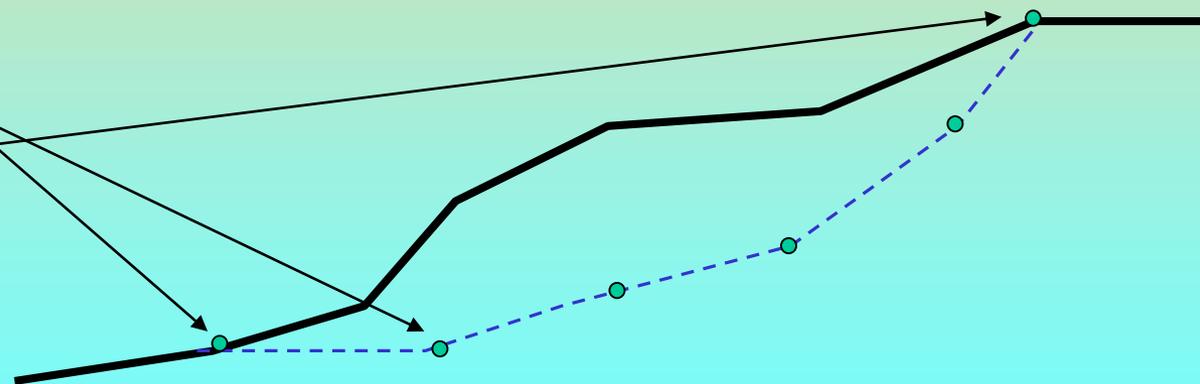
N	X	Y
---	---	---

1	22.1	34
---	------	----

2	32.0	37.5
---	------	------

...
-----	-----	-----

n	56.2	50.3
---	------	------



Superfici generiche - metodi di minimizzazione Fs

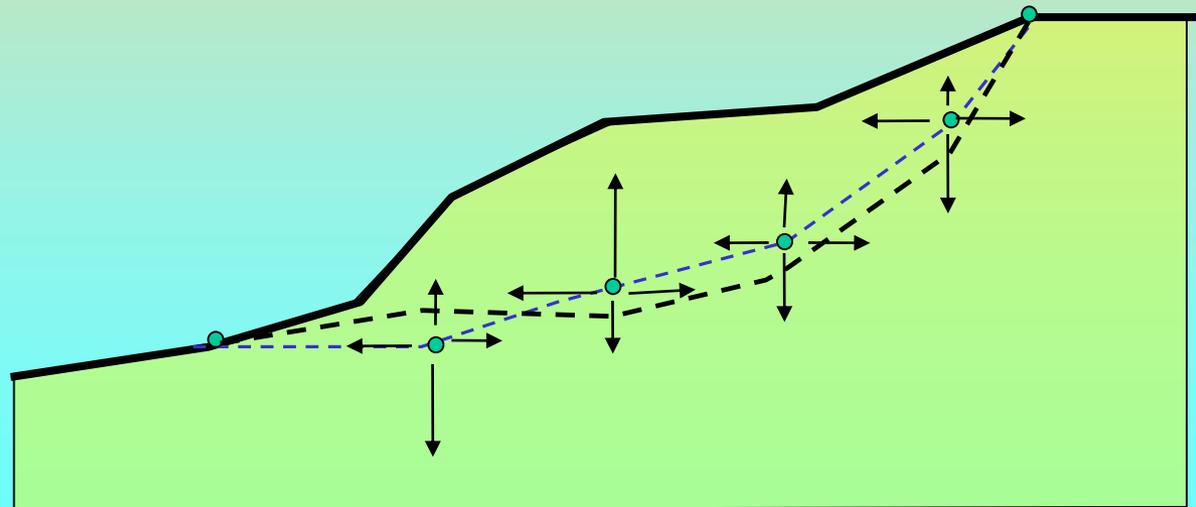
Problemi:

- Esistono infinite varianti o possibili superfici
- Deve essere prefissato in numero n di nodi
- Spesso devono essere fissate le coordinate del primo e dell'ultimo nodo
- Lo spazio di ricerca deve essere predefinito
- Numerose imposizioni durante la ricerca
- Complessità algoritmo di minimizzazione
- Problemi numerici e minimi locali

MIN [Fs] ?

dove :

$$Fs = f(x_1, y_1 \dots, x_n, y_n)$$

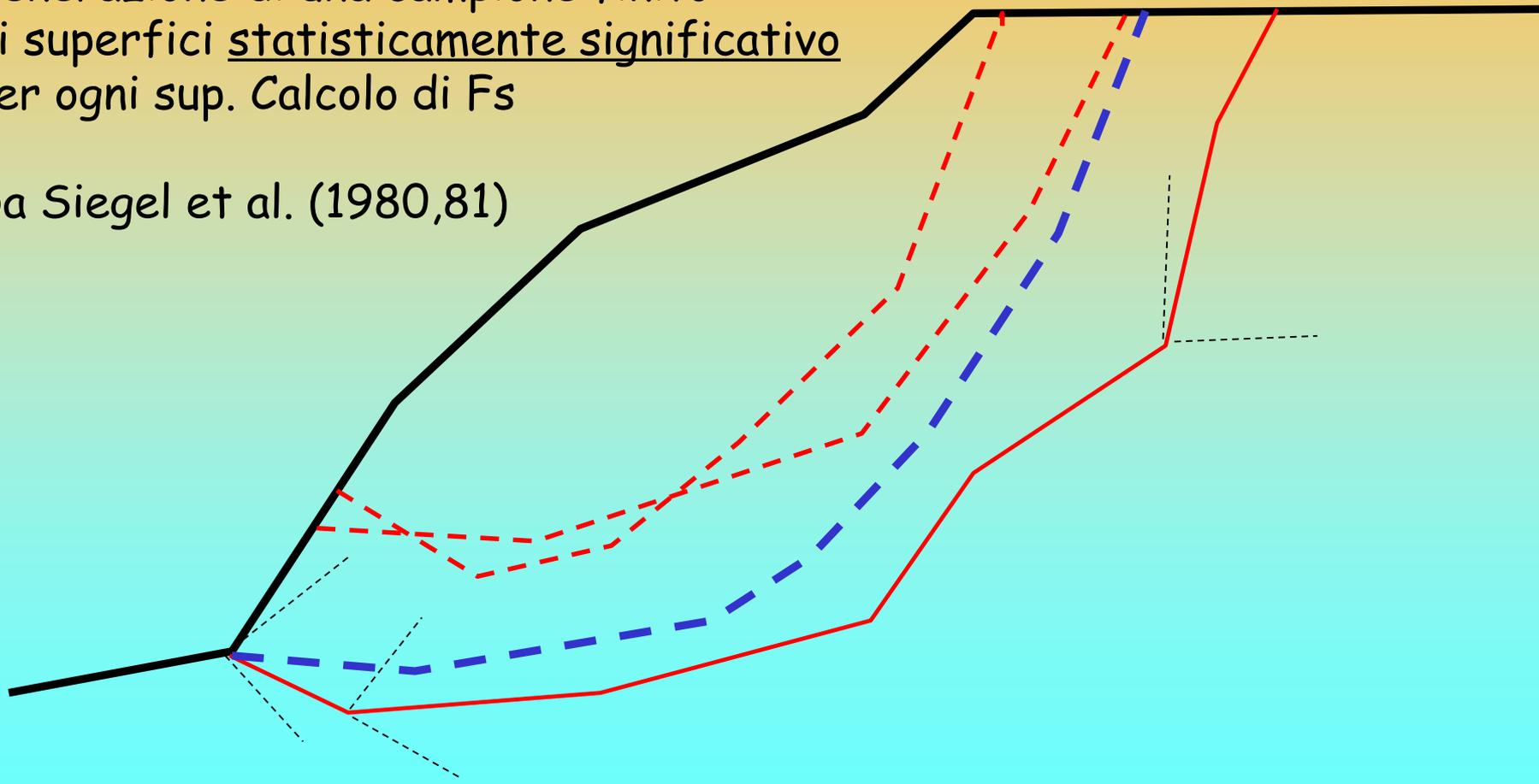


Superfici generiche - Generazione random montecarlo

Sfrutta la possibilità da parte del computer di generare
Sequenze di numeri pseudocasuali (random)

Generazione di una campione finito
di superfici statisticamente significativo
Per ogni sup. Calcolo di F_s

Da Siegel et al. (1980,81)



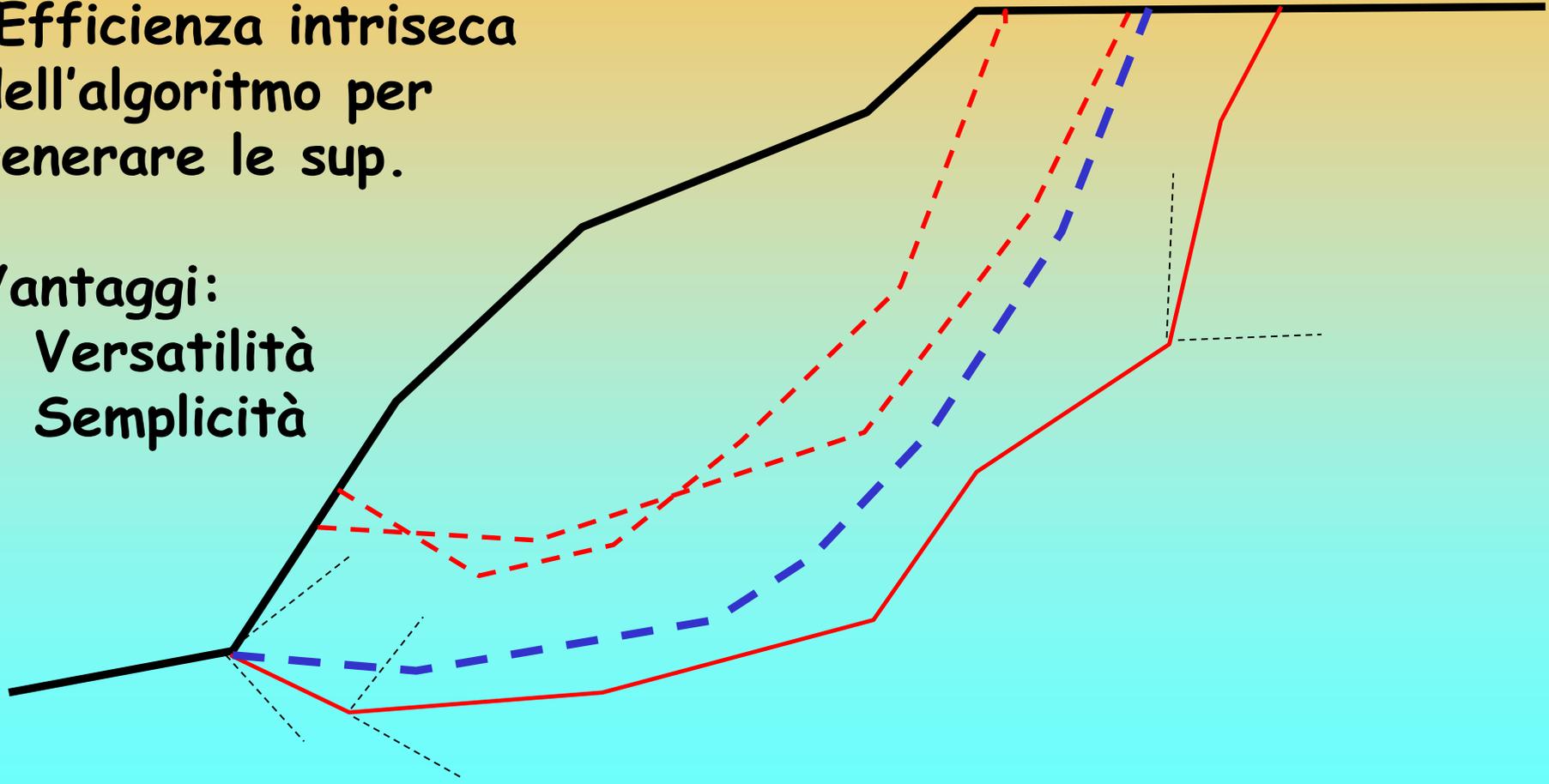
Superfici generiche - Generazione random montecarlo

Problemi:

- Definizione spazio di ricerca
- Lunghezza segmenti
- Numero di superfici(criterio di arresto)
- Efficienza intrinseca dell' algoritmo per generare le sup.

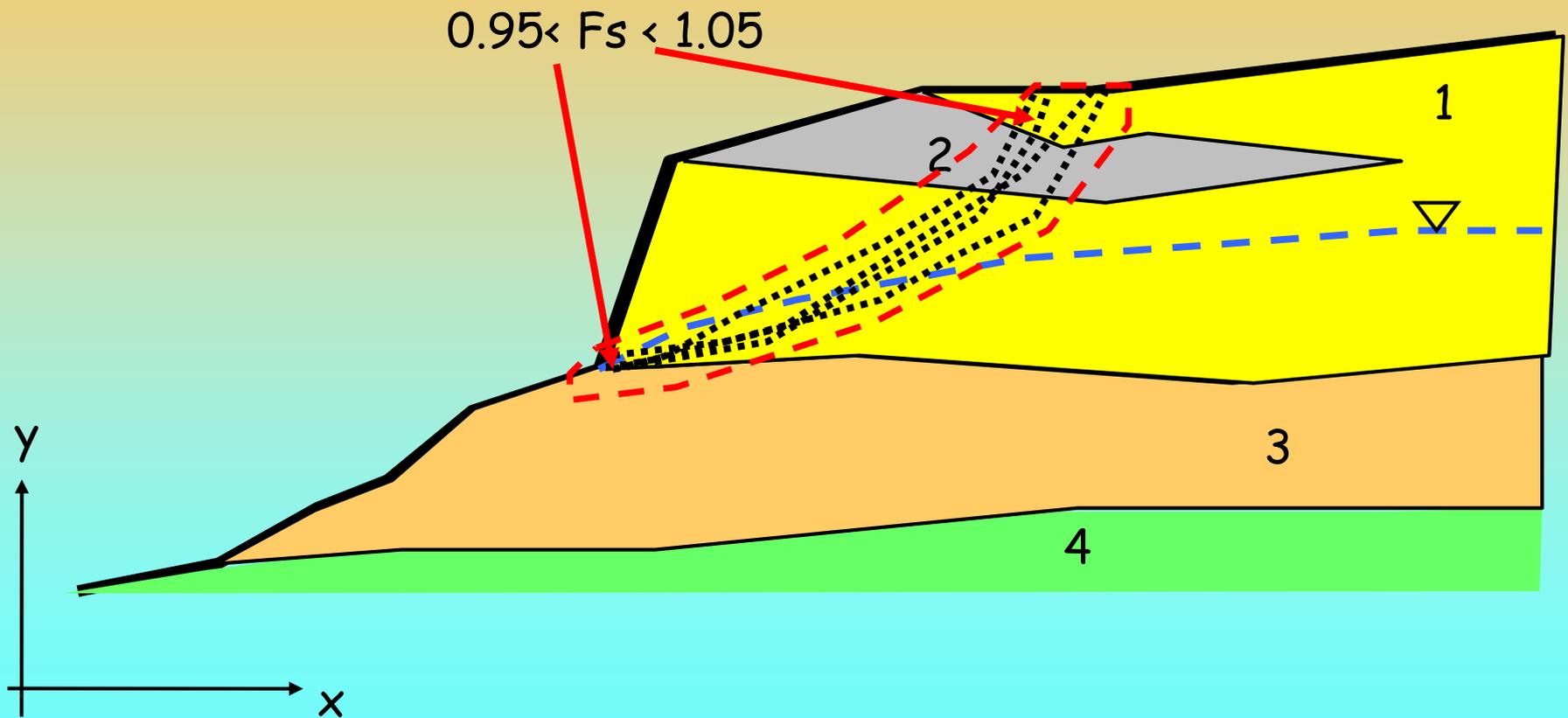
Vantaggi:

- Versatilità
- Semplicità



Dopo la generazione di un campione significativo di superfici

Quelle per le quali abbiamo i minori F_s identificano
Una, o più zone critiche entro il pendio



- **Superfici generiche - Metodi ibridi (ancora poco usati in ambito professionale)**
 - *generazione e ricerca random*
 - *minimizzazione multidimensionale*

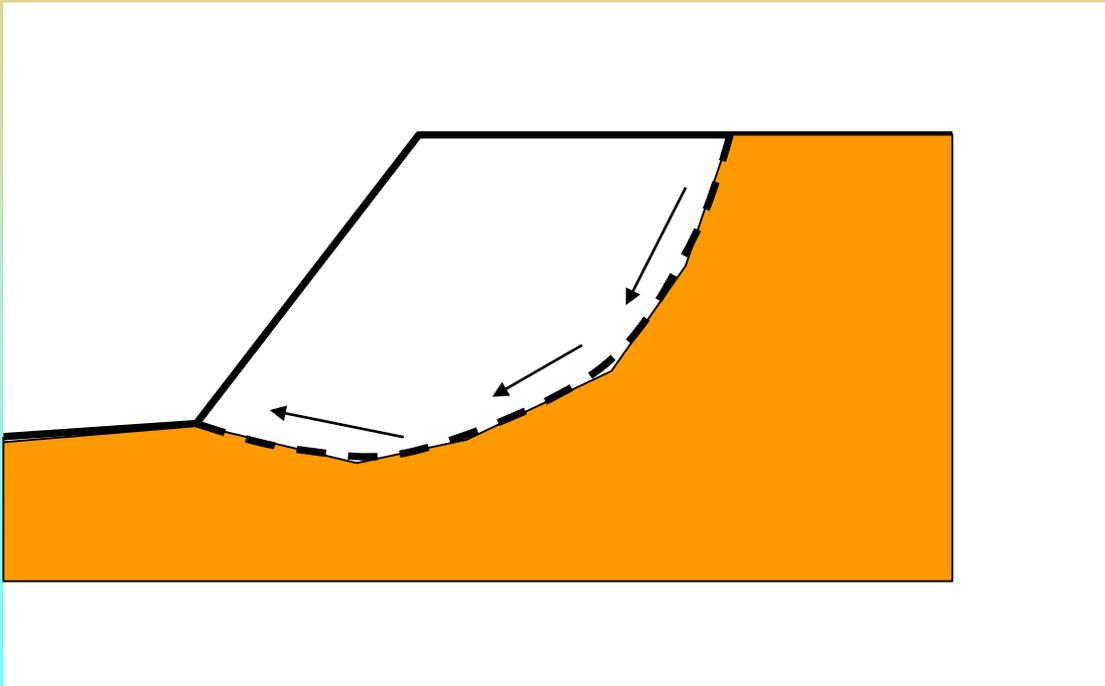
Oppure..

- **Superfici generiche - Metodi complessi !!**
Metodo ibrido tra generazione random e ricerca locale di aree con peggiori caratteristiche geomeccaniche :
 - *(sniff random search - SSAP Borselli (1999) e Presente in ssap2010 attualmente la versione 3.2 (2022)...*

Calcolo di F_s - formulazione di base

Nel caso di variabilità delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento, sebbene F_s possa essere in realtà variabile, si assume che F_s sia costante.

Ovvero abbiamo dovunque la medesima frazione di resistenza al taglio mobilitata rispetto a quella massima mobilitabile



**Comportamento a rottura
rigido perfettamente
plastico: non si deforma
fino a quando non arriva
a rottura**

E' una verifica di stabilita' solo questo ??

Calcolo di F_s : formulazione di base

Per ogni superficie si può derivare:

Lo sforzo di taglio totale mobilitato τ_m (domanda) e

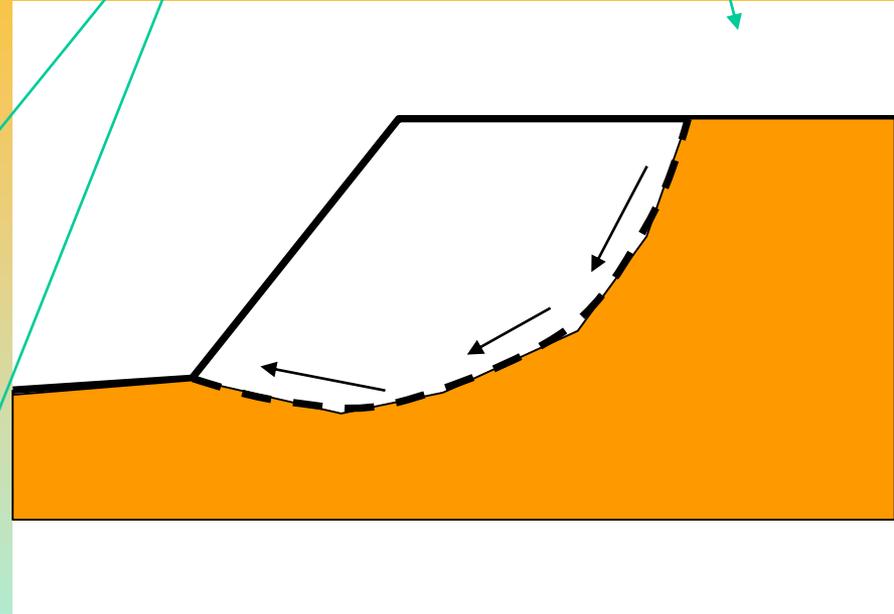
La resistenza al taglio disponibile τ_f (capacità):

è possibile definire F_s come:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$

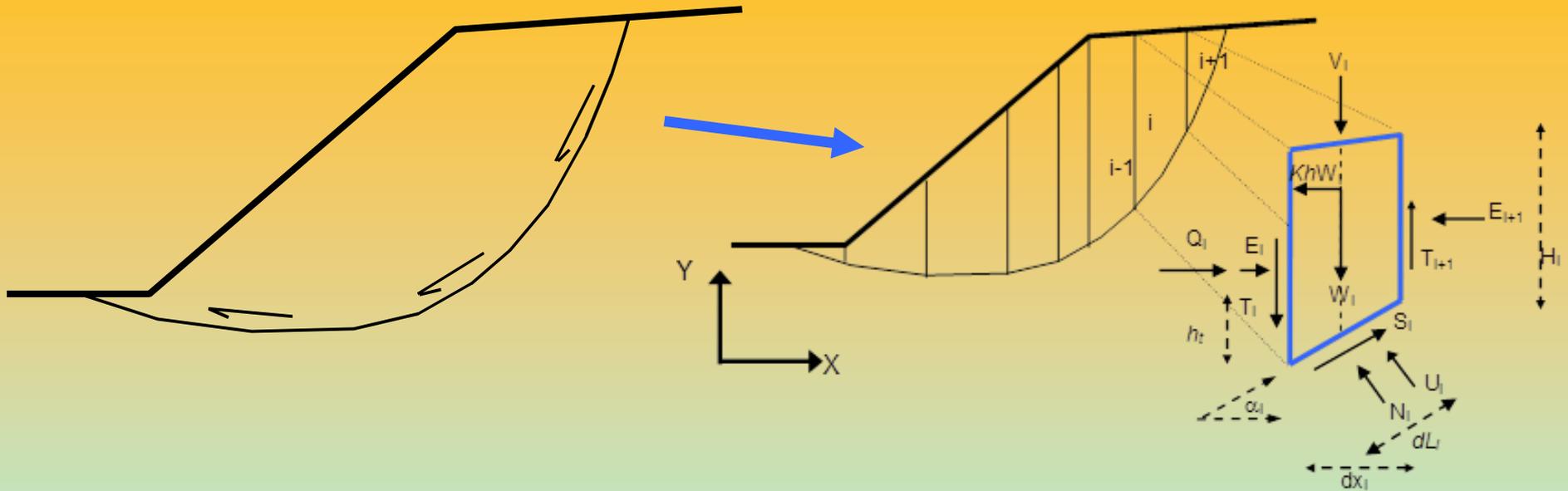
Usando un **criterio di rottura** (es **Mohr-Coulomb**) F_s è il fattore per cui occorre dividere i parametri della resistenza al Taglio del terreno per provocare la rottura del pendio lungo tutta la superficie considerata ovvero $\tau_f = \tau_m$

$$\tau_f = \frac{c'}{F_s} + \frac{\sigma' \tan \varphi'}{F_s}$$



Il valore di F_s viene frequentemente usato da più di 100 anni come indice del grado di stabilità di un pendio in un determinato scenario o insieme di condizioni possibili (naturali o progettuali).

Metodo dell'equilibrio limite



F_s può essere determinato mediante gruppi di eq. per l'equilibrio dei corpi rigidi:

Equilibrio alla traslazione nelle direzioni verticali e orizzontali

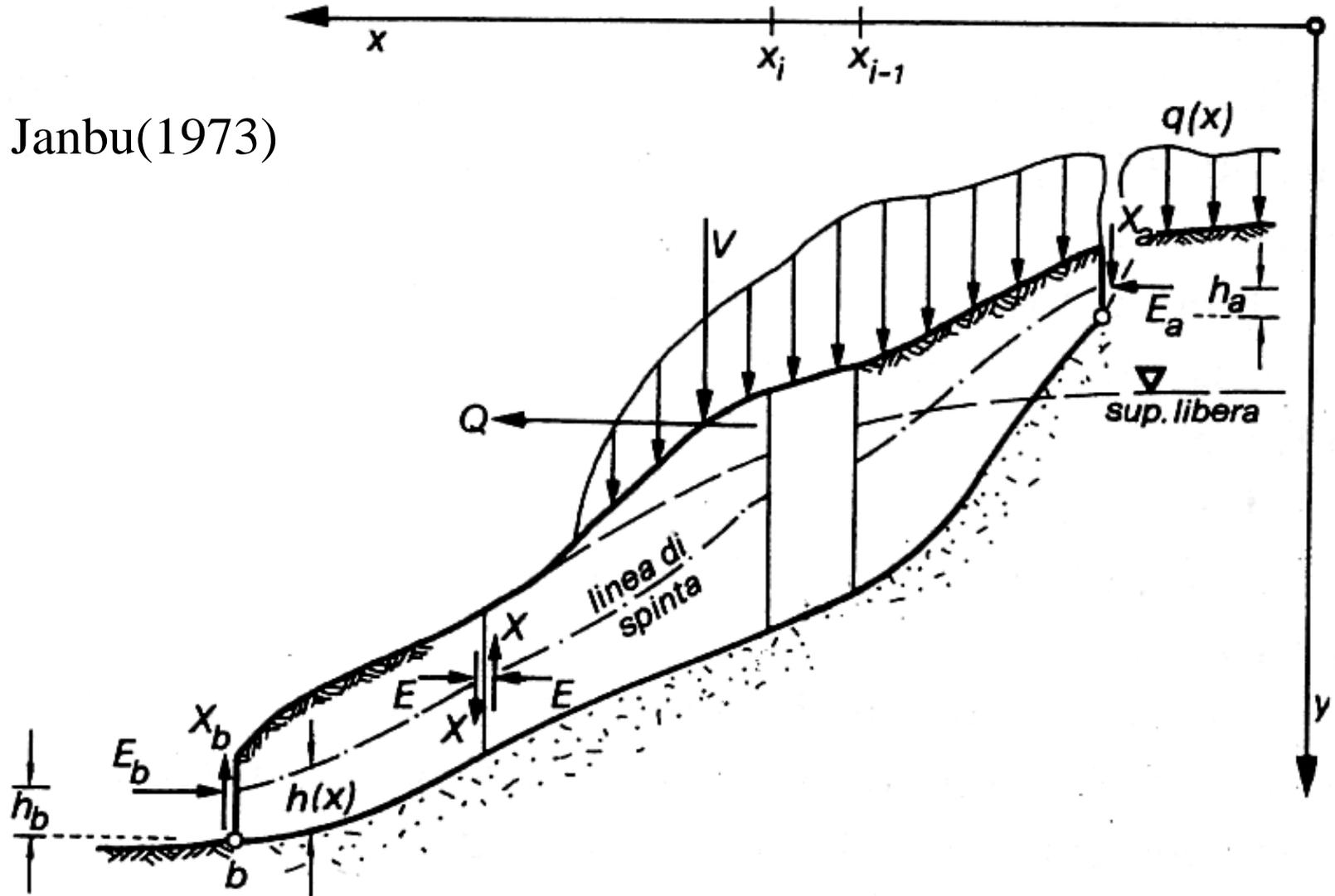
$$\sum V_i = 0$$

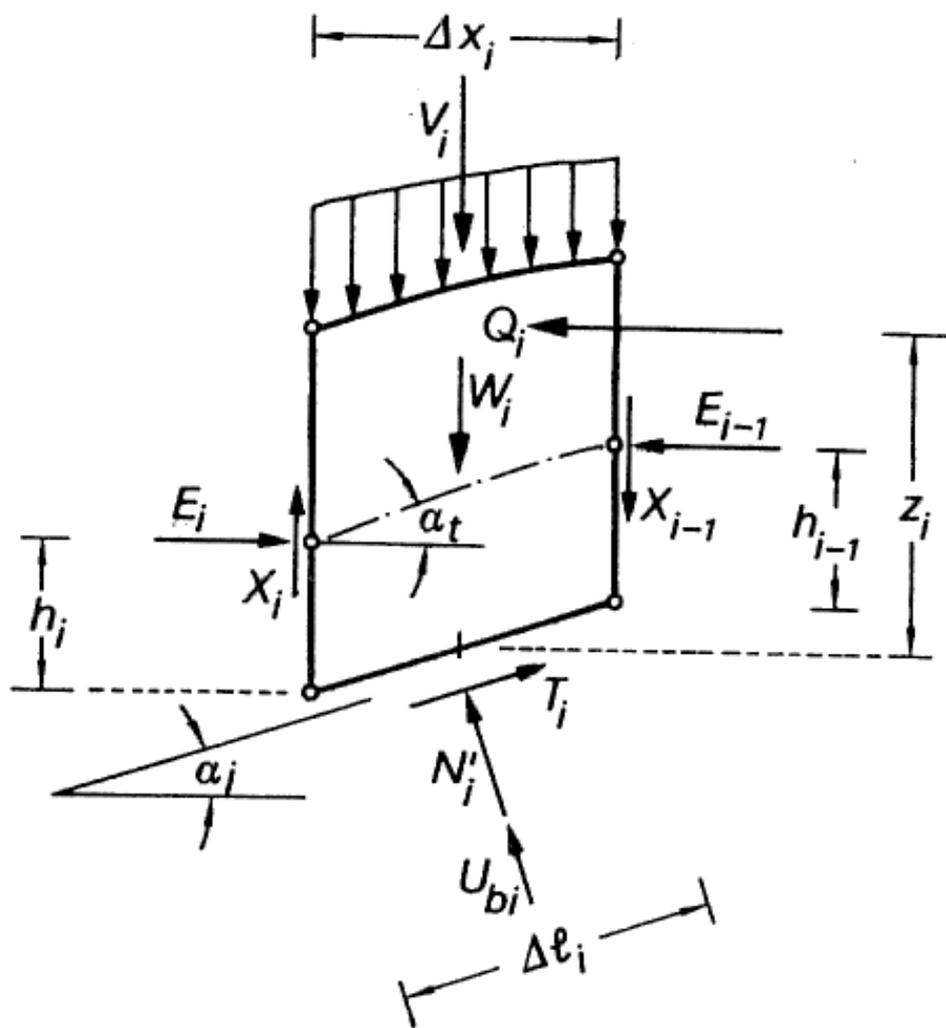
$$\sum H_i = 0$$

Equilibrio alla rotazione rispetto a un punto

$$\sum M_i = 0$$

Janbu(1973)





La maggior parte
dei metodi di calcolo
Si differenziano
Per le assunzioni fatte
Per rendere il problema
staticamente determinato

Es:
$$T(x) = \lambda f(x) E(x)$$

$h_i(x)$ = posizione linea di spinta

λ = costante (variabile tra 0 e 1.25)

$f(x)$ = funzione interconco variabile tra 0 e 1

Dove:

$E(x)$ = forza interazione
orizz. (normale) Conci

$T(x) = X(x)$ = forza di taglio
Verticale tra i conci

Janbu(1973)

Fs → procedura di calcolo iterativa

Se si prendono in esame i soli metodi rigorosi che considerano sempre la distribuzione delle forze interne interconco $E(x)$ e $T(x)$ come potenzialmente non nulle e i momenti delle forze è necessario applicare speciali algoritmi di risoluzione per ottenere F_s associato a una specifica superficie.

I metodi iterativi sono i più usati ..es: Calcolo di $F_s(\text{forze})=F_s(\text{momenti})$ per specifici valori di λ (Fredlund e Krahn 1975) .

Il metodo classico ha molti fasi di iterazioni.. Ed e' molto complesso

Calcolo iterativo diretto (una sola fase di iterazioni) . (Zhu, 2005)

F_s (forze e momenti) 

Che permette di trovare anche

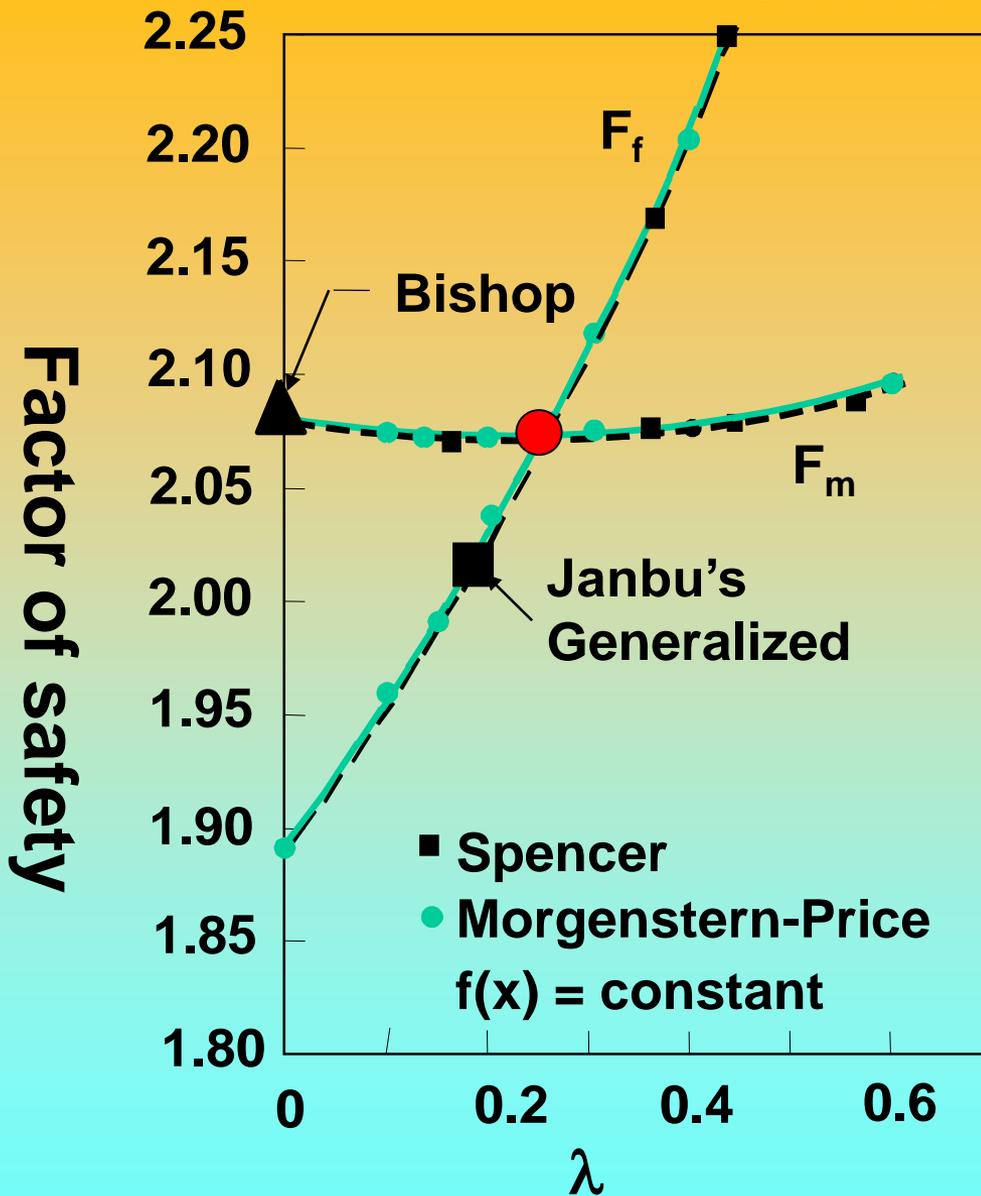
Il valore ottimale di λ :

$h_t(x)$ = posizione linea di spinta

λ = fattore di scala (variabile tra 0 e 1.25)

$f(x)$ = funzione interconco variabile tra 0 e 1

Calcolo di Fs metodo numerico classico



Equilibrio
dei momenti
e delle forze

$$F_m = F_f$$

Per dati valori di
Lambda....

(un numero di cicli di
iterazioni elevato...)

Da Fredlund and Krahn
(1975)

Però In SSAP 2010.. si usa un metodo molto diverso

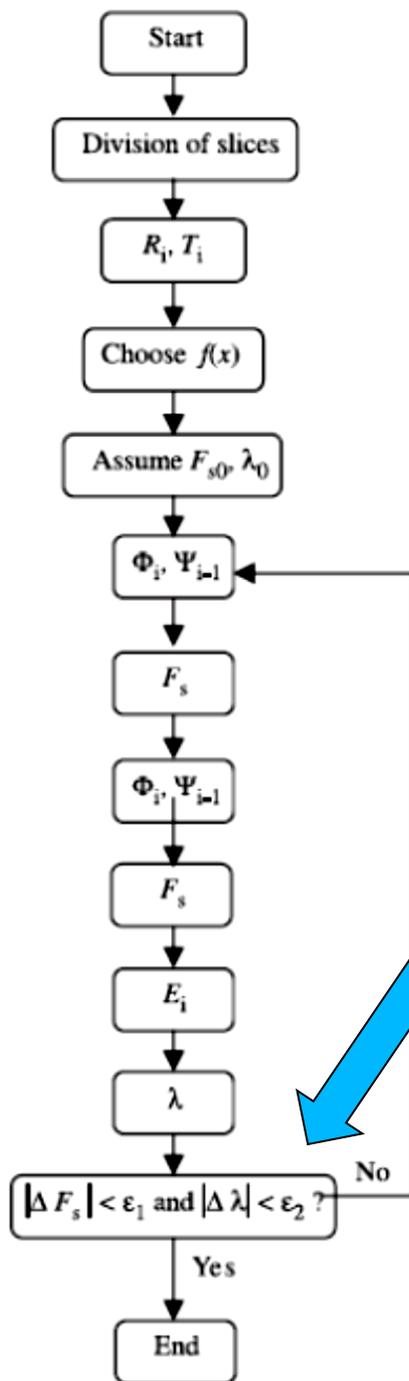
ovvero un algoritmo di calcolo innovativo che è una evoluzione di quello proposta da Zhu (2005) per metodo di Morgestern & Price (1965).

La parte originale in SSAP è :

1) ulteriore generalizzazione del metodo di Zhu(2005)
consentendo di usare l'algoritmo anche con i vari metodi di calcolo rigorosi adottati nelle verifiche di stabilità:
(es. janbu rigoroso, spencer, sarma, morgestern, correia ..)

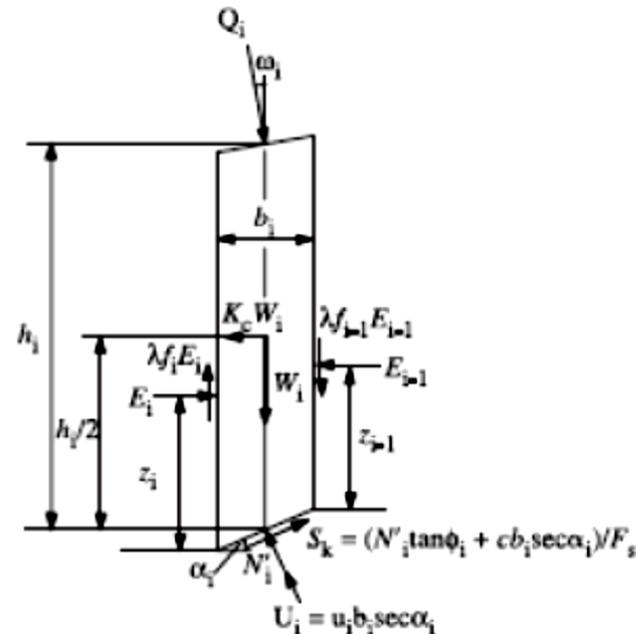
2) inclusione delle interazioni delle strutture di rinforzo
(quasi assenti nel metodo di Zhu(2005) originale)

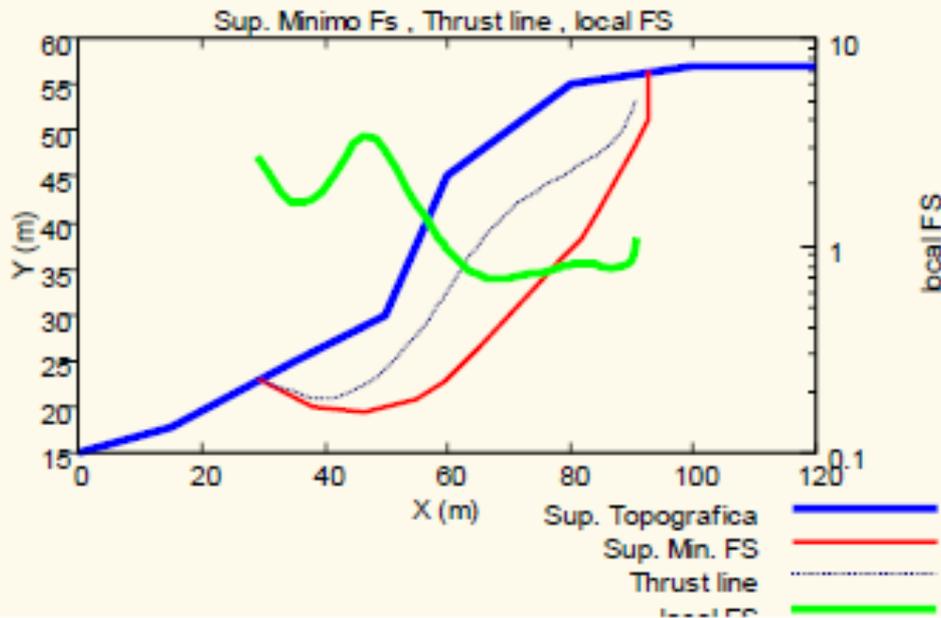
3)Fs (generale per equilibrio momenti e forze) e fattore di scala λ
sono calcolati mediante un procedimento numerico più efficiente
di quelli tradizionali che permette di controllare costantemente
La significativita' fisica delle soluzioni....



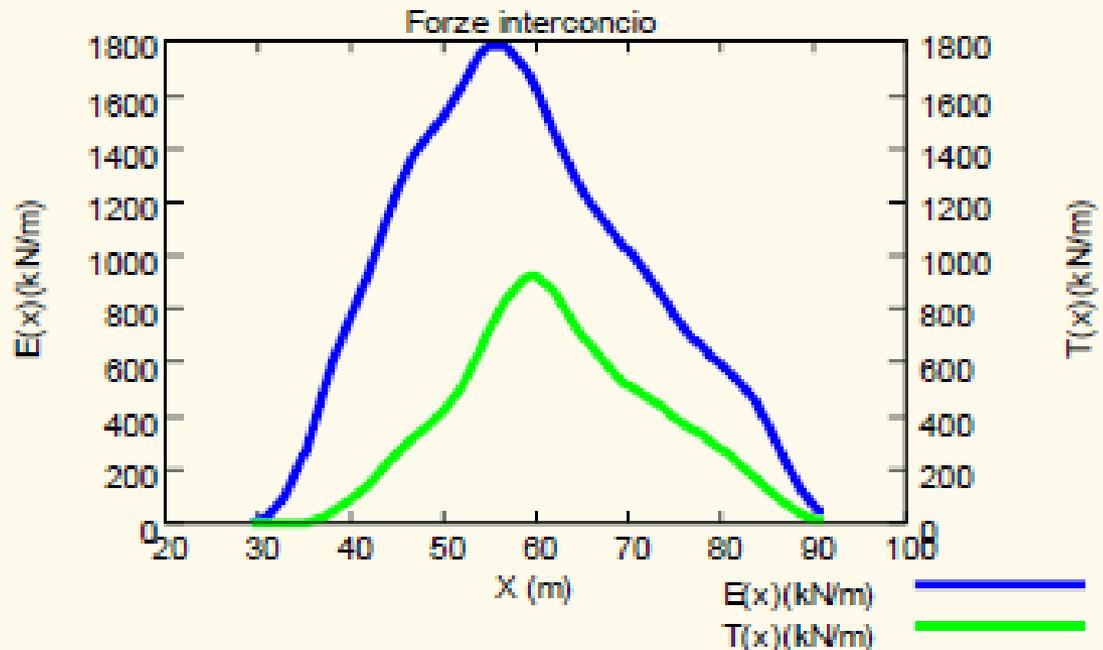
Una singola fase di iterazioni
 Per la determinazione di F_s
 e λ (da Zhu 2005),
 Adottato e generalizzato
 In SSAP2010:

Un solo ciclo di iterazioni
 Per F_s e λ + un novita' assoluta
 che si adotta per filtrare le soluzioni non
 fisicamente possibili !! (originale dal
 SSAP 4.5.0)





**Durante la ricerca della soluzione
Fs e lambda
Vengono anche ottenute
La distribuzione delle forze
E(x) e T(x)**



Metodi che garantiscono

$$\sum V_i = 0 \quad \sum M_i = 0$$

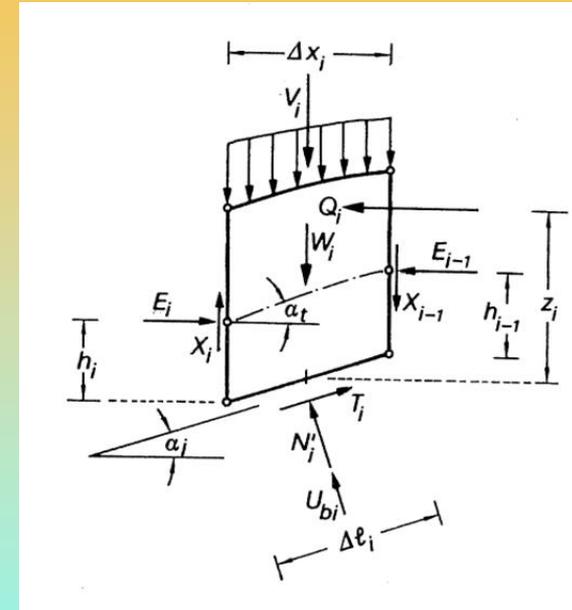
$$\sum H_i = 0$$

tabella 2.1: relazione funzionale che esprime $T(x)$ per i vari modelli di calcolo implementati in SSAP

Gruppo	Modello di calcolo adottato per la risoluzione di FS	Relazione funzionale che esprime $T(x)$
1	Spencer (1967,73)	$T(x) = \lambda E(x)$
1	Sarma I (1973)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right] \right\}$
2	Morgestern & Price (1965)	$T(x) = \lambda f(x) E(x)$
2I	Chen -Morgestern (1983)	$T(x) = [\lambda f(x) + f_0(x)] E(x)$
2	Borselli(2016) ¹	$T(x) = \lambda [f(x) + f_1(x)] E(x)$ Nuovo !
2	Sarma II (1979)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} f(x) \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right] \right\}$
3	Janbu Rigoroso (1973) ²	$T(x) = E(x) \tan \alpha_i + h_i \frac{dE(x)}{dx} - h_q \frac{dQ}{dx} + 0.5K_c H \frac{dW}{dx}$



I 7 metodi di calcolo rigorosi presenti in SSAP



Fonte: manuale SSAP 5.1

Metodi di calcolo di FS - confronto
Metodi che garantiscono



$$\sum V_i = 0 \quad \sum M_i = 0$$

$$\sum H_i = 0$$

$$T(x) = E(x) \tan \alpha_t - h_t \frac{dE(x)}{dx} + h_q \frac{dQ}{dx}$$

Janbu Rigoroso (1973)
di uso generale.. ...

$$T(x) = \lambda E(x)$$

Spencer (1967) .. *Di uso generale..quasi uno standard*

$$T(x) = \lambda f(x) E(x)$$

Morgestern & Price (1965) .. *Forse il migliore*

$$T(x) = \lambda \left[\bar{c}' H(x) + \left((E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right) \right] \frac{1}{F_s}$$

Sarma I (1973)



Validi e stabili...



$$T(x) = \lambda f(x) \left[\bar{c}' H(x) + \left((E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\phi}' \right) \right] \frac{1}{F_s}$$

Sarma II (1979)

Metodi di calcolo di FS - confronto
Metodi che garantiscono



$$\begin{array}{l} \sum V_i = 0 \\ \sum H_i = 0 \end{array} \quad \sum M_i = 0$$

$$T(x) = \lambda f(x) E(x)$$

Morgestern & Price (1965) .. Il classico



$$T(x) = [\lambda f(x) + f_0(x)] E(x)$$

Chen & Morgestern (1983) .. Poco conosciuto, ma e' una evoluzione di Morgestern & Price(1965) .. Presente dalla versione 4.7.2

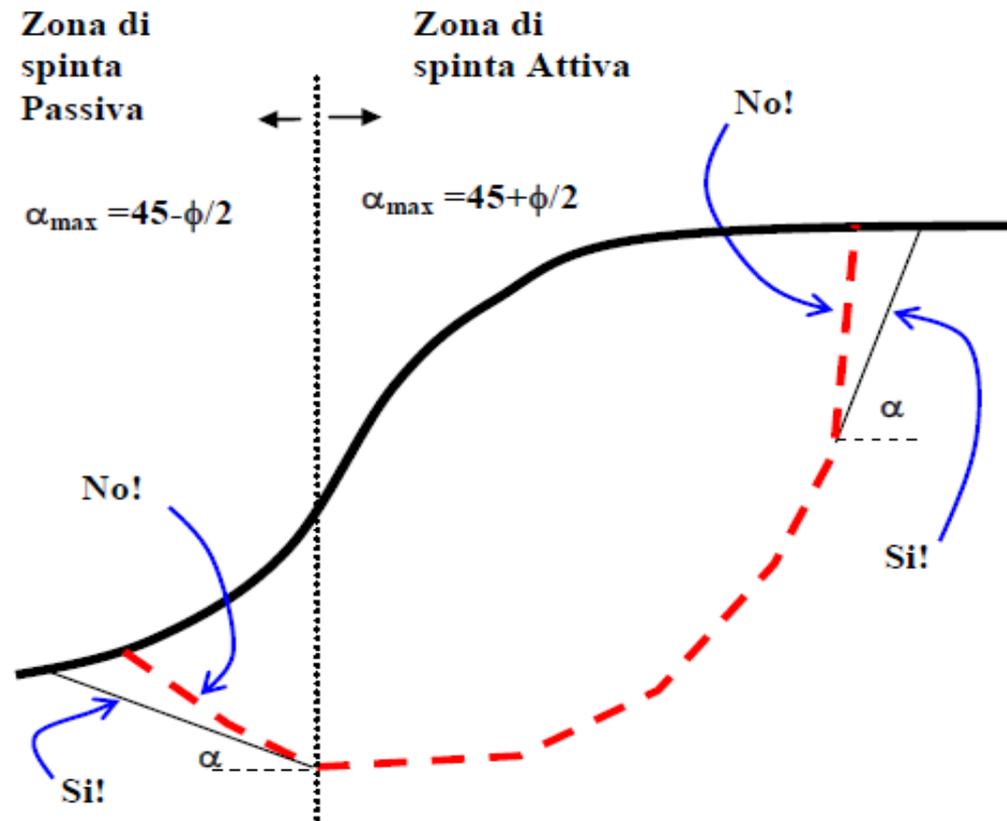


$$T(x) = \lambda [f(x) + f_1(x)] E(x)$$

Borselli (2016) .. Nuovo!! , evoluzione di di Morgestern & Price(1965) e di Chen e Morgestern (1983).. E' presente dalla versione 4.7.2 -2016)

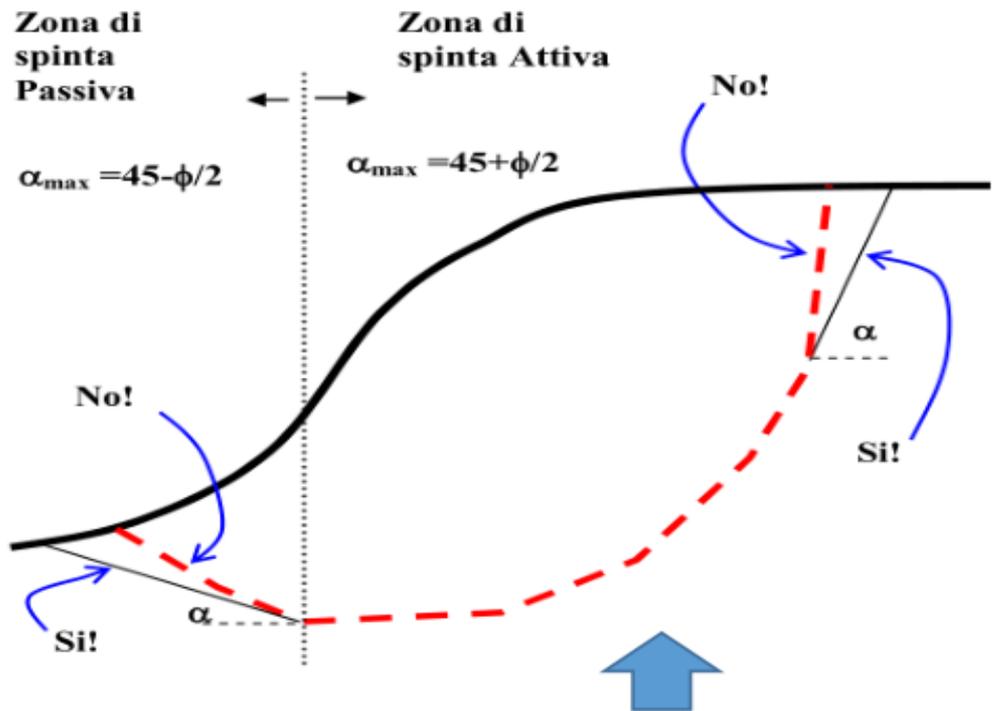
(Trattato in dettaglio in appendice Appendice I del manuale di SSAP 5.1)

Verifica della accettabilità delle superfici prima del calcolo



Limitazioni nella forma delle superfici di scivolamento

Per evitare problemi numerici con superfici non cinematicamente possibili



Le limitazioni teoriche nella forma delle superfici, dettate dalla teoria della spinta delle terre e da problemi computazionali di convergenza nel calcolo di F_s o di produzione di valori anomali come $F_s < 0$ furono trattati in maniera estensiva e dimostrati da CHING & FREDLUND (1983).

Some difficulties associated with the limit equilibrium method of slices

R. K. H. CHING AND D. G. FREDLUND

Department of Civil Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask., Canada S7N 0W0

Received February 15, 1983

Accepted July 11, 1983

Several commonly encountered problems associated with the limit equilibrium methods of slices are discussed. These problems are primarily related to the assumptions used to render the inherently indeterminate analysis determinate. When these problems occur in the stability computations, unreasonable solutions are often obtained. It appears that problems occur mainly in situations where the assumption to render the analysis determinate seriously departs from realistic soil conditions. These problems should not, in general, discourage the use of the method of slices. Example problems are presented to illustrate these difficulties and suggestions are proposed to resolve these problems.

Keywords: slope stability, limit equilibrium, method of slices, factor of safety, side force function.

In: CHING R.K. & FREDLUND D.G. (1983) *Some difficulties associated with the limit equilibrium method of slices.* *Can. Geotech. J.* 20 pp 661-672.

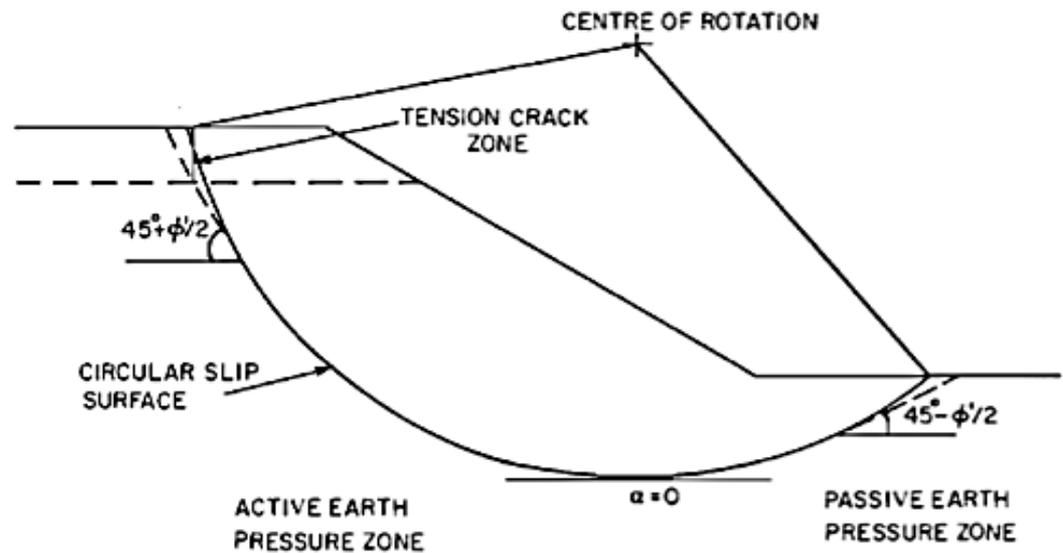


FIG. 4. Soil slope divided into active and passive earth pressure zones.

In applying the earth pressure theory, the soil slope is divided into two regions, namely, an active earth pressure zone in which the lateral earth pressure decreases due to lateral displacement and a passive earth pressure zone in which the lateral earth pressure increases due to lateral displacement of the soil mass (Fig. 4). In the active zone, the soil mass moves downward which in effect releases the lateral earth pressure, whereas in the passive pressure zone, the soil mass is pushed by the movement of the active soil wedge. The inclination of the slip surface in the passive zone of the sliding mass should be limited to the maximum obliquity for the passive state:

$$[9] \quad \alpha = \phi' / 2 - 45^\circ$$

Likewise, it is suggested that the inclination of the slip surface in the active zone should not exceed the value obtained from the following equation:

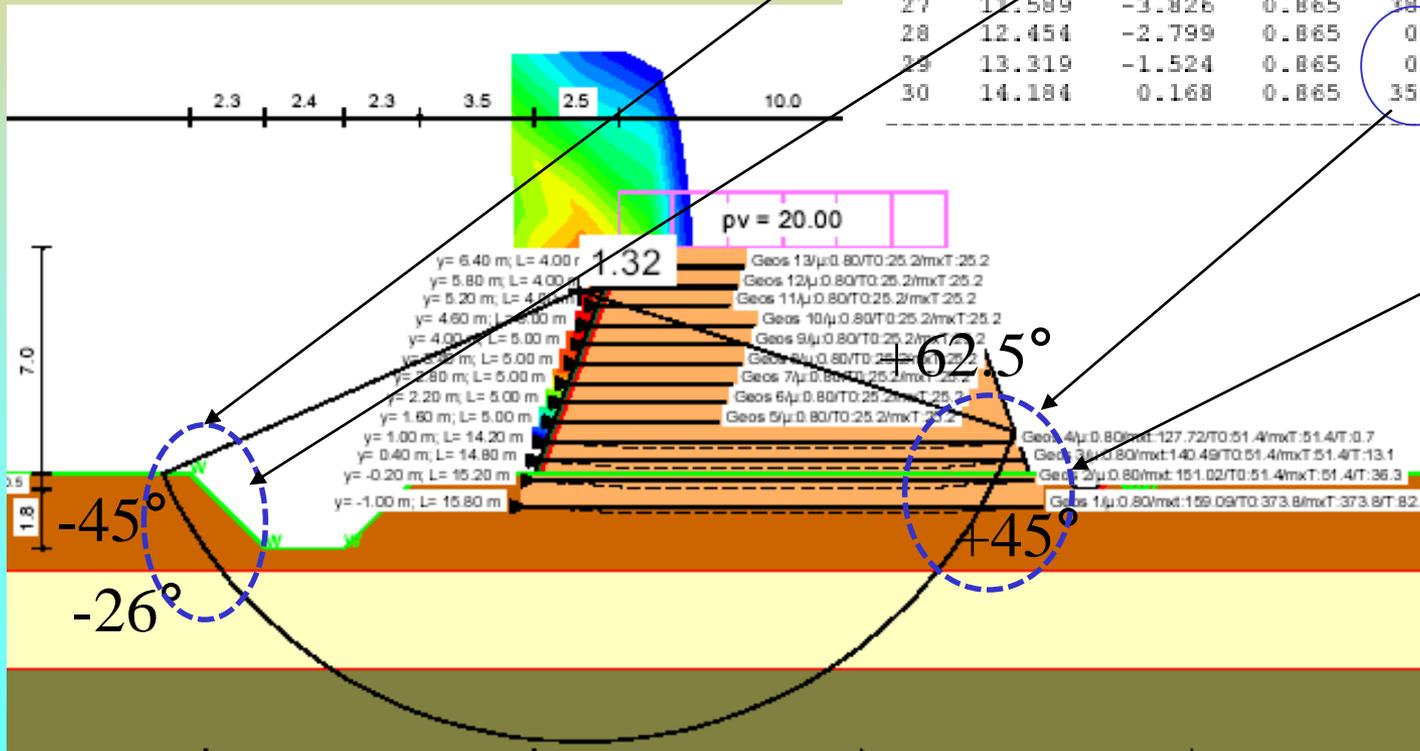
$$[10] \quad \alpha = \phi' / 2 + 45^\circ$$

da CHING & FREDLUND (1983) pag 664
 CHING R.K. & FREDLUND D.G. (1983) *Some difficulties associated with the limit equilibrium method of slices*. Can.Geotech. J. 20 pp 661-672.

Significatività dei risultati:

Forma e inclinazione locale delle superfici

Esempio di violazione sistematica



No.	x [m]	y [m]	b [m]	phi [°]	c [kN/m²]	FWD [-]	tet [°]
1	-10.902	-0.889	0.865	0.1	35.0	0.00	-62.0
2	-10.037	-2.305	0.865	0.1	35.0	0.00	-55.2
3	-9.172	-3.423	0.865	38.0	0.0	0.00	-49.4
4	-8.307	-4.343	0.865	38.0	0.0	0.00	-44.2
5	-7.442	-5.115	0.865	38.0	0.0	0.00	-39.4
6	-6.577	-5.771	0.865	38.0	0.0	0.00	-34.9
7	-5.712	-6.328	0.865	0.1	30.0	0.00	-30.7
8	-4.847	-6.800	0.865	0.1	30.0	0.00	-26.6
9	-3.982	-7.197	0.865	0.1	30.0	0.00	-22.7
10	-3.117	-7.526	0.865	0.1	30.0	0.00	-18.9

21	8.399	-7.342	0.865	0.1	30.0	0.00	21.1
22	7.264	-6.974	0.865	0.1	30.0	0.00	25.0
23	8.129	-6.534	0.865	0.1	30.0	0.00	29.0
24	8.994	-6.013	0.865	0.1	30.0	0.00	33.1
25	9.859	-5.400	0.865	38.0	0.0	0.00	37.5
26	10.724	-4.680	0.865	38.0	0.0	0.00	42.1
27	11.589	-3.826	0.865	38.0	0.0	0.00	47.1
28	12.454	-2.799	0.865	0.1	35.0	0.00	52.7
29	13.319	-1.524	0.865	0.1	35.0	0.00	59.0
30	14.184	0.168	0.865	35.0	0.0	0.00	66.8

su ammasso roccioso,
arenarie della serie
toscana

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,67
Ascissa centro superficie	30,6 m
Ordinata centro superficie	28,02 m
Raggio superficie	9,54 m

$x_c = 30,604$ $y_c = 28,023$ $R_c = 9,543$ $F_s = 1,669$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,89	6,5	0,9	2119,81	198,41	99,21	0,8	27,5	1197,5	595,7	4077,2
2	1,07	12,5	1,1	8016,86	750,38	375,19	0,8	27,5	3783,2	2817,4	5585,9
3	0,8	18,3	0,84	8884,88	831,63	415,81	0,8	27,5	5627,6	3109,8	4552,5
4	0,8	23,5	0,87	9904,18	927,03	463,52	0,8	27,5	6269,5	3272,4	4729,5
5	0,89	29,2	1,02	11579,72	1083,86	541,93	0,8	27,5	6585,0	3506,3	5439,1
6	1,31	37,1	1,64	17577,19	1645,23	822,61	0,8	27,5	6822,7	4474,9	8419,4
7	0,47	44,1	0,66	6196,03	579,95	289,97	0,8	27,5	6654,6	1139,2	3196,9
8	1,33	52,6	2,18	14987,36	1402,82	701,41	0,8	27,5	5752,4	-243,0	9448,3
9	0,46	62,1	0,98	3991,82	373,63	186,82	0,8	27,5	4451,4	-2502,3	3542,7
10	0,89	77,5	4,1	4994,12	467,45	233,73	0,8	27,5	2848,9	-30379,3	9277,2

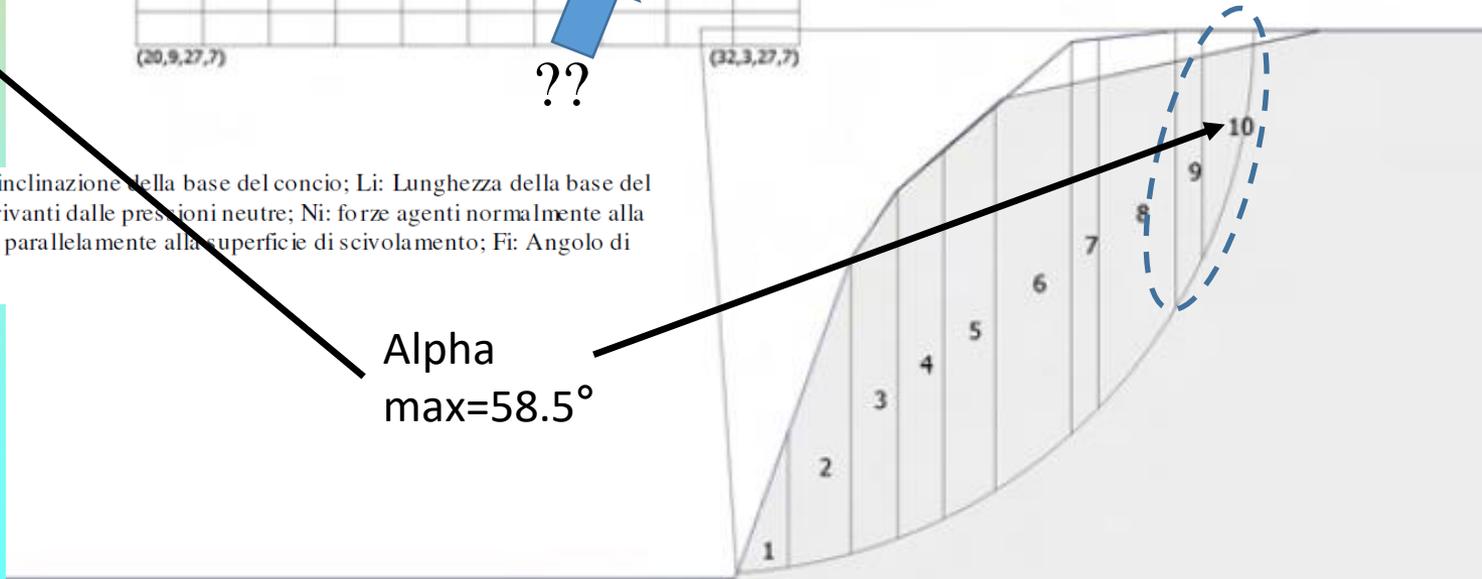
(ID=16) $x_c = 30,60$ $y_c = 28,02$ $R_c = 9,54$ $F_s = 1,67$



??

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Alpha
max=58.5°



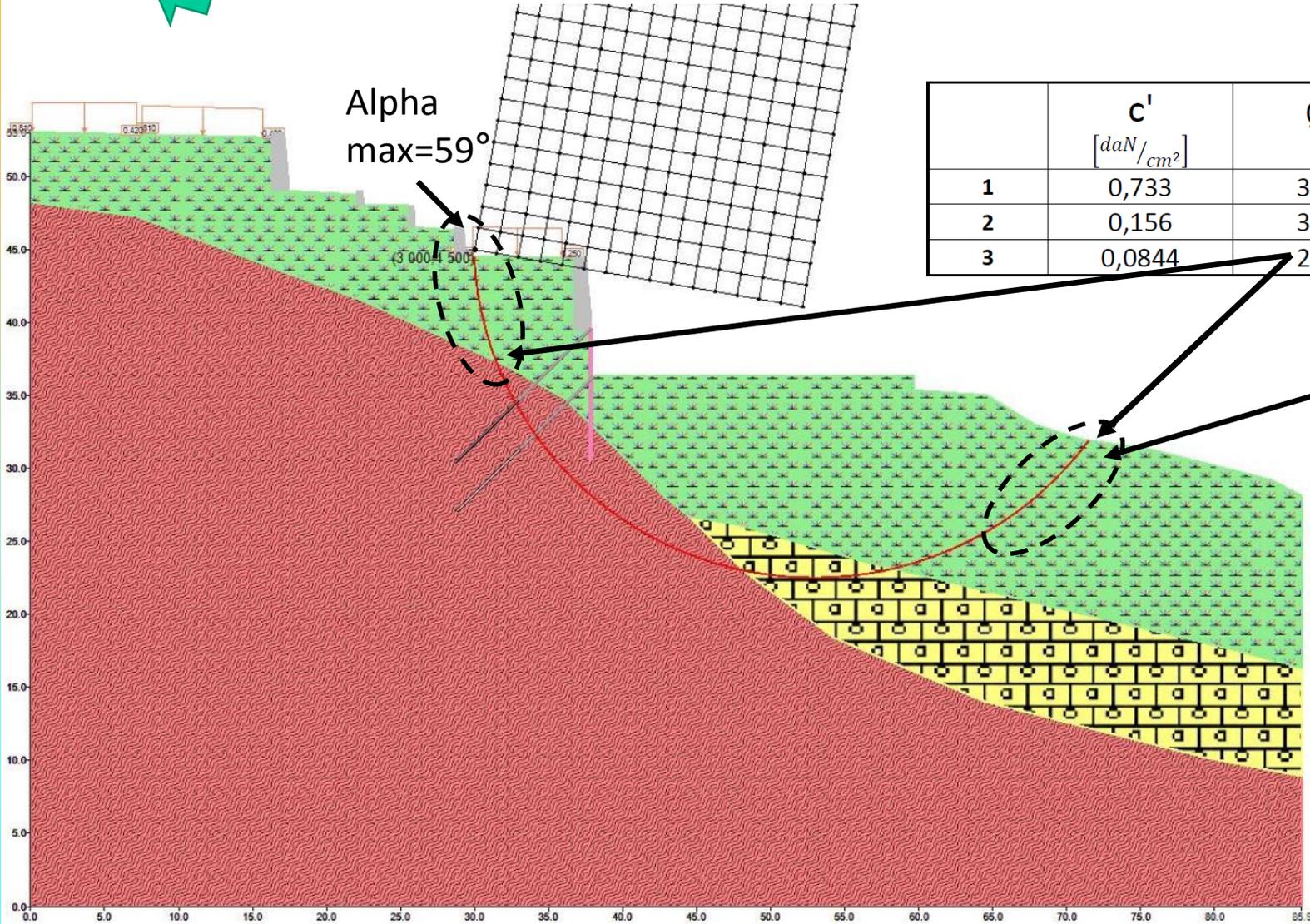
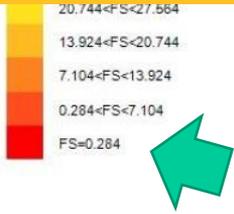
AMENTO PARCHEGGIO su argilliti (rocce tenere)
suolo residuale.
MICOPALI E TIRANTI.
isti
e diversi
rri (secondo me...) nei software utilizzati...

Caso di AMPLIAMENTO PARCHEGGIO su argilliti (rocce tenere)
e copertura di suolo residuale.
BERLINESE DI MICOPALI E TIRANTI..

- Due progettisti
- Due Software diversi

.... ma stessi errori (*secondo me...*) nei software utilizzati....

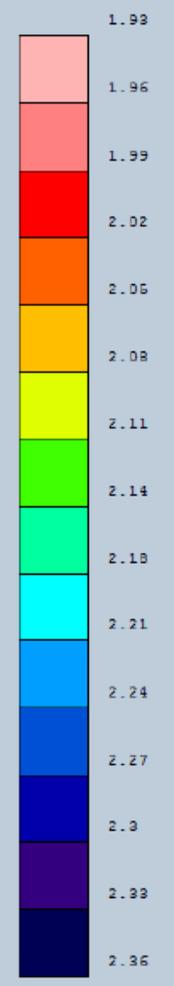
- 1- Materiale litoide da fratturato ad integro;
- 2- Stratificazioni disarticolate e sequenze disordinate di argilliti molto fessurate ed alterate in argille con giunti di rottura. In qualche caso struttura caotica;
- 3- Suoli residuali e colluviali con frammenti di rocce più o meno alterate in matrice argillosa; rara presenza di blocchi.



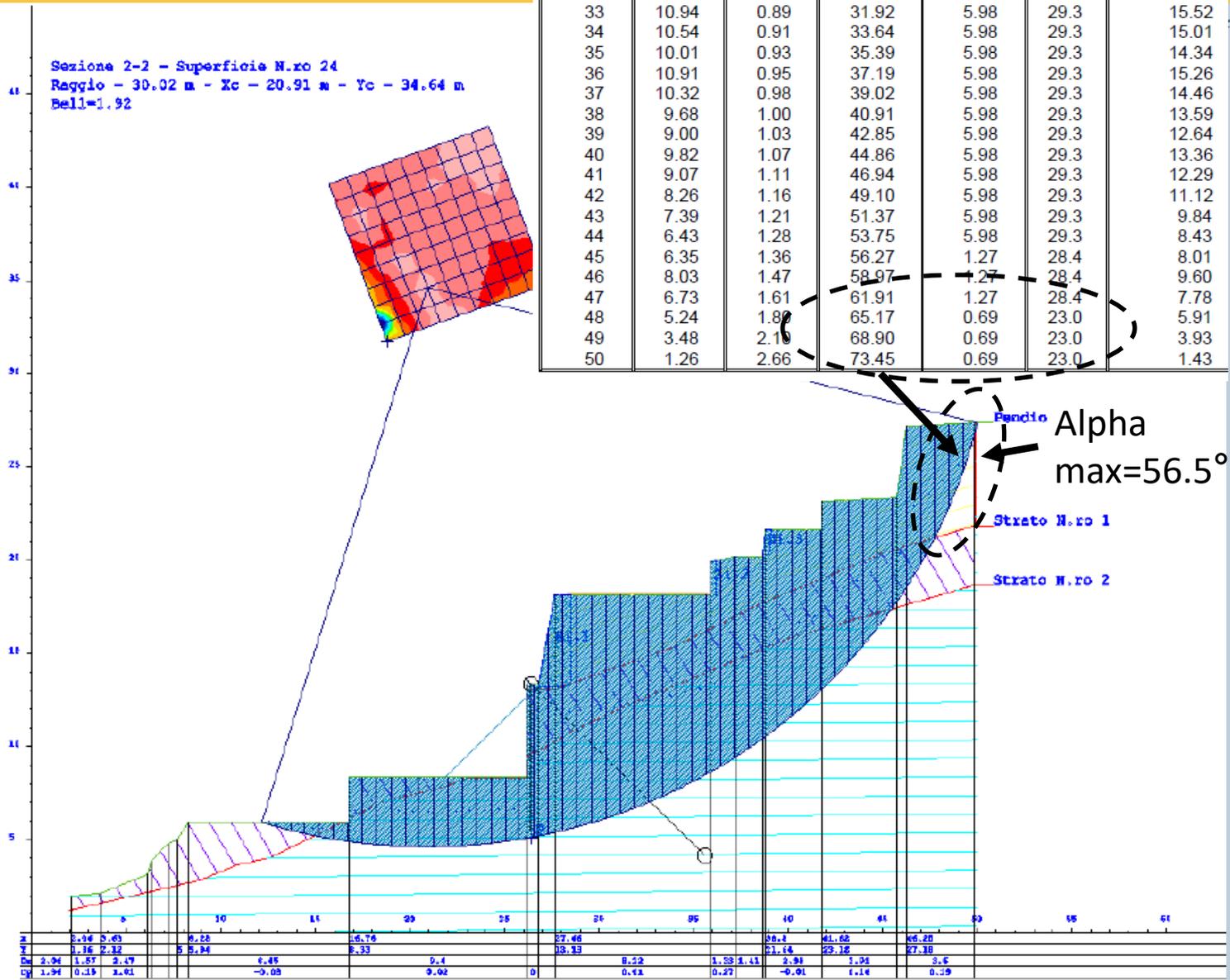
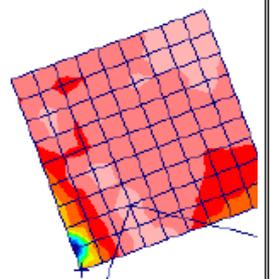
	c' [daN/cm ²]	ϕ	γ [KN/m ³]
1	0,733	35°	21
2	0,156	34°	19,1
3	0,0844	28°	14,9

Concio N.ro	h (m)	L (m)	α (°)	c (t/mg)	ϕ (°)	W (t)
28	10.97	0.83	23.73	5.98	29.3	15.70
29	10.63	0.84	25.32	5.98	29.3	15.28
30	10.26	0.85	26.93	5.98	29.3	14.84
31	9.86	0.86	28.57	5.98	29.3	14.38
32	11.24	0.88	30.23	5.98	29.3	15.90
33	10.94	0.89	31.92	5.98	29.3	15.52
34	10.54	0.91	33.64	5.98	29.3	15.01
35	10.01	0.93	35.39	5.98	29.3	14.34
36	10.91	0.95	37.19	5.98	29.3	15.26
37	10.32	0.98	39.02	5.98	29.3	14.46
38	9.68	1.00	40.91	5.98	29.3	13.59
39	9.00	1.03	42.85	5.98	29.3	12.64
40	9.82	1.07	44.86	5.98	29.3	13.36
41	9.07	1.11	46.94	5.98	29.3	12.29
42	8.26	1.16	49.10	5.98	29.3	11.12
43	7.39	1.21	51.37	5.98	29.3	9.84
44	6.43	1.28	53.75	5.98	29.3	8.43
45	6.35	1.36	56.27	1.27	28.4	8.01
46	8.03	1.47	58.97	1.27	28.4	9.60
47	6.73	1.61	61.91	1.27	28.4	7.78
48	5.24	1.80	65.17	0.69	23.0	5.91
49	3.48	2.10	68.90	0.69	23.0	3.93
50	1.26	2.66	73.45	0.69	23.0	1.43

COEFFICIENTI SICUREZZA
Valori Medi



Sezione 2-2 - Superficie N.ro 24
Raggio - 30.02 m - Xc - 20.91 m - Yc - 34.64 m
Bell=1.92



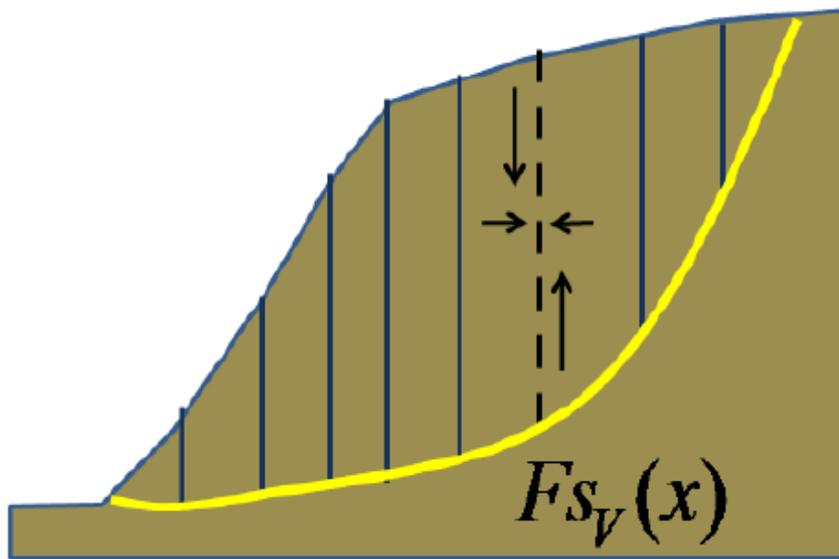
z	3.34	0.63	0.28	0.76	27.46	38.2	41.62	46.25
y	1.16	2.32	5.24	8.33	10.33	11.44	12.18	12.38
Da	2.94	1.85	2.47	4.45	6.22	7.81	9.01	9.6
Cy	1.94	0.15	2.61	-0.05	0.42	0.27	-0.01	1.14

Per dettagli su questo tema .. Vedasi il video sul Mio canale di YOUTUBE (canale LORENZO BORSELLI) :

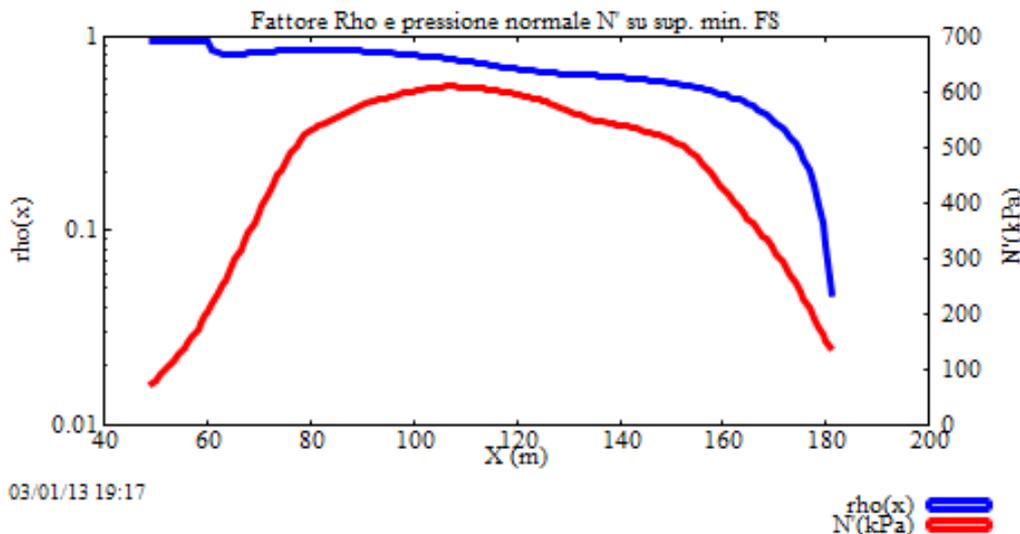
Sono sempre le sole superfici circolari quelle con minor FS ?? - Video 7 (21:22 min)

Ulteriori Problemi numerici e di convergenza

- Numero insufficiente (o eccessivo..) di conci che dividono la massa scivolante
- Funzioni dE/dx e altre derivate (metodo di Janbu)
- Sovrappressioni negative (in aree con basso peso unitario terreno, basso c' , basso W e forti spinte idrostatiche)
- Pressioni normali alla sup. di scivoolamento, negative
- Tension cracks (forze di trazione in zone sommitali dei pendii con $C', C_u > 0$)
- + molti altri... **fattore $Rho(x)$ e $Fv(x)$..**



$$F_{S_v} = \frac{c' H(x) + [E(x) - U_v(x)] \tan \bar{\phi}'}{T(x)}$$



$$Rho(x) = \left| \frac{F_s}{F_{S_v}(x)} \right|$$

Perché sia staticamente e cinematicamente accettabile il valore di FS calcolato, secondo diversi studi (Sarma ,1973;Sarma e Tan. 2006) è **necessario** che all'interno della massa potenzialmente scivolante sia sempre verificato:

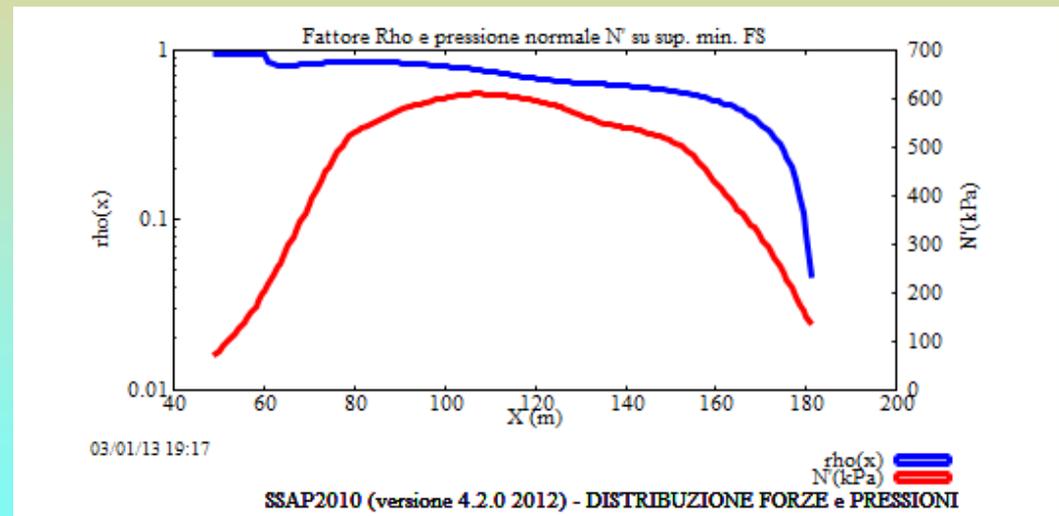
$$F_{S_v} = \frac{c'H(x) + [E(x) - U_v(x)] \tan \bar{\phi}'}{T(x)} > 1.0$$

Mentre altri autori (es. Zhu , 2003) sostengono che comunque che **deve essere sempre**:

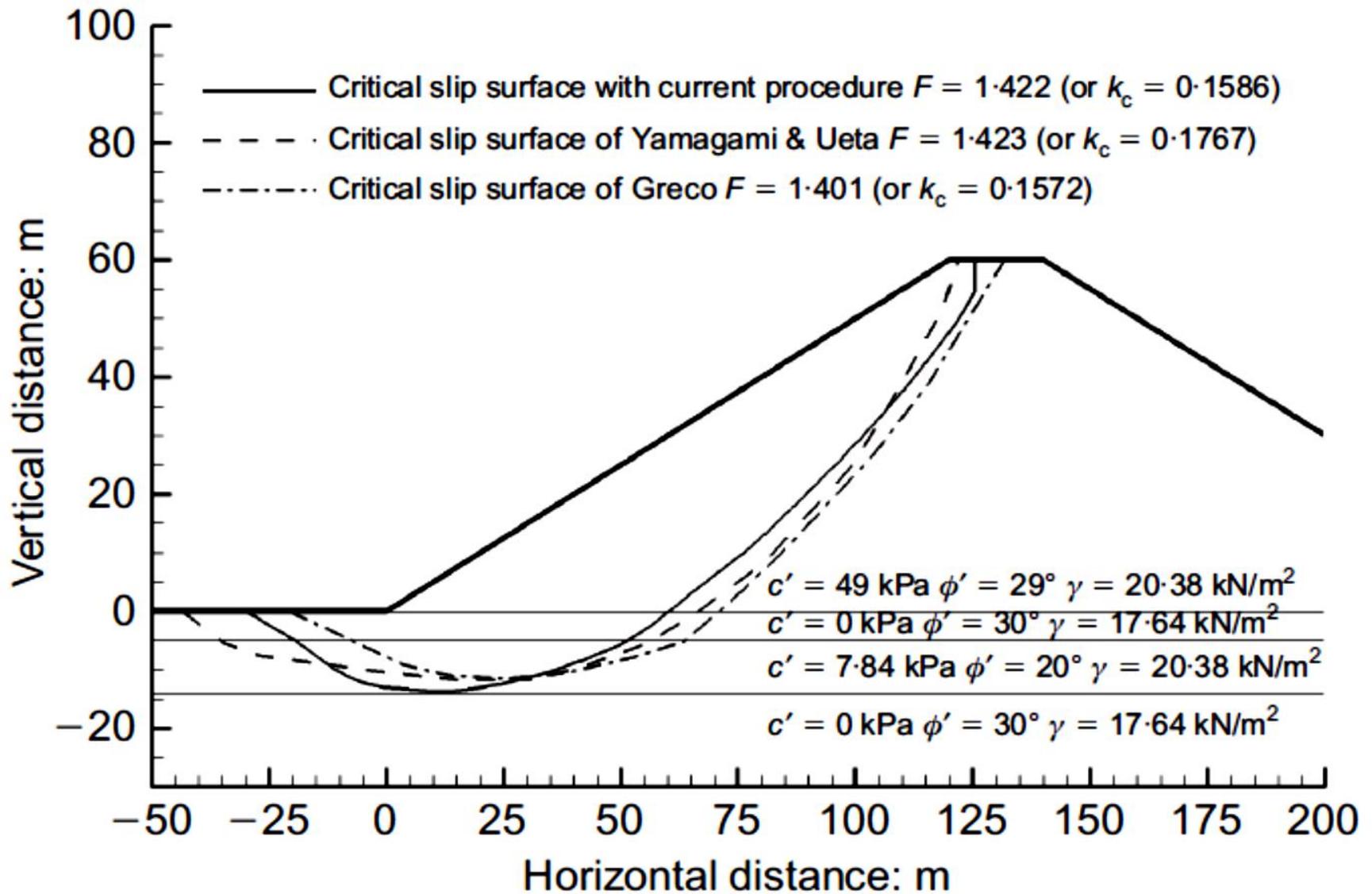
$$Rho(x) = \left| \frac{F_s}{F_{S_v}(x)} \right| < 1.0$$

ovvero

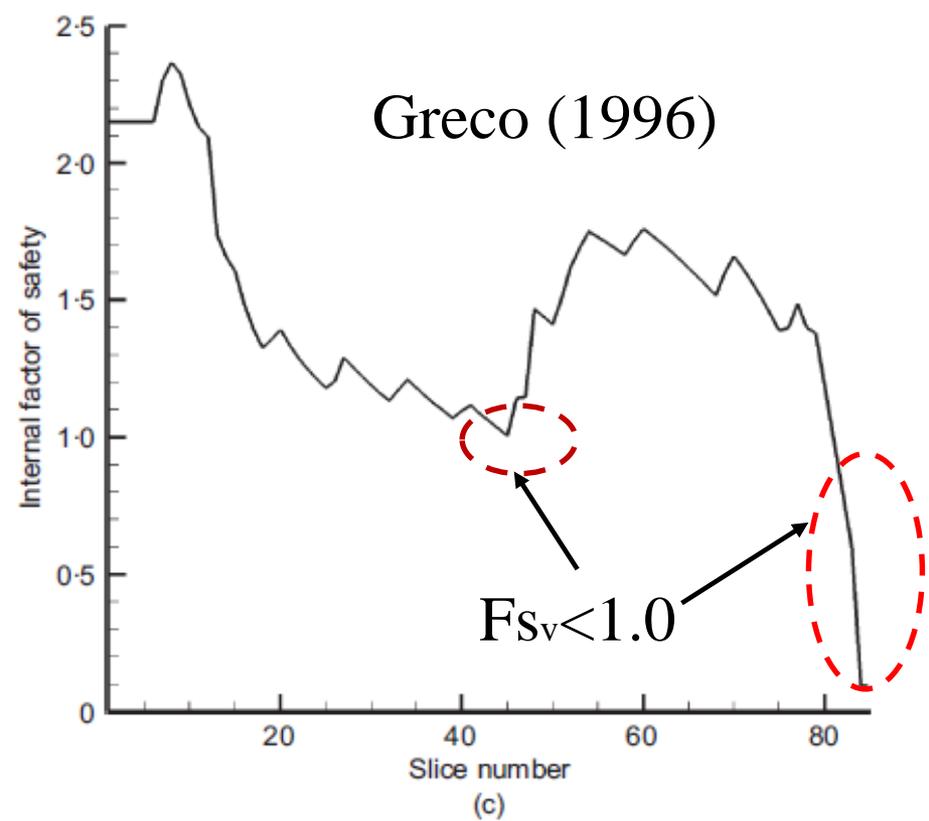
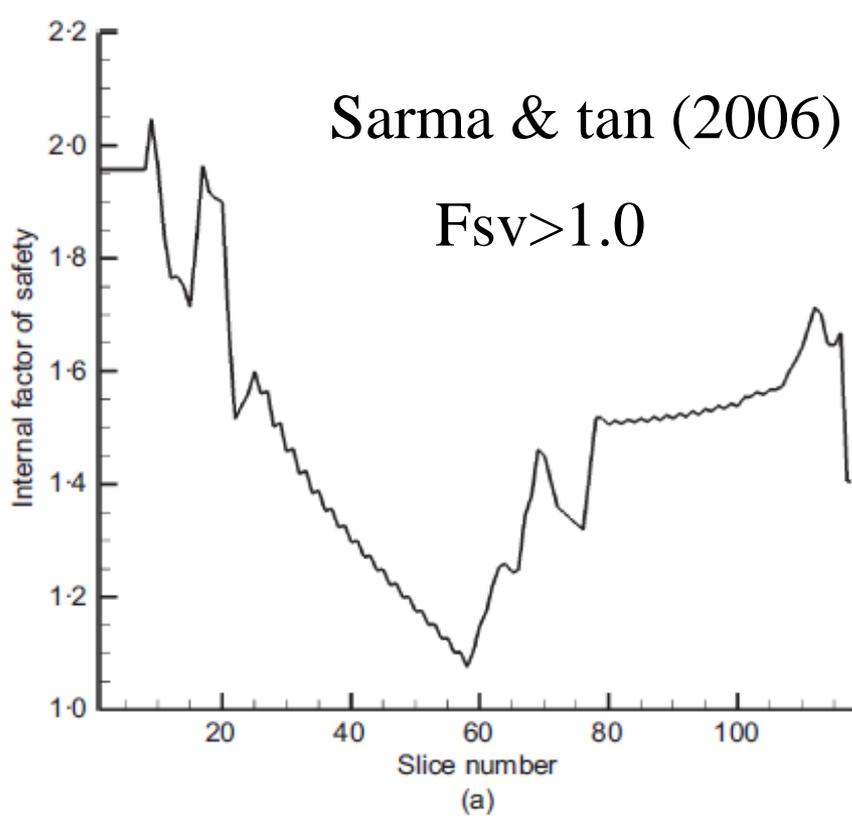
$$|F_s| < |F_{S_v}(x)|$$



Questo è il criterio in uso in SSAP2010 al momento.. Che può essere usato per filtrare superfici non compatibili .. Se lo si desidera



Sarma e Tan (2006)



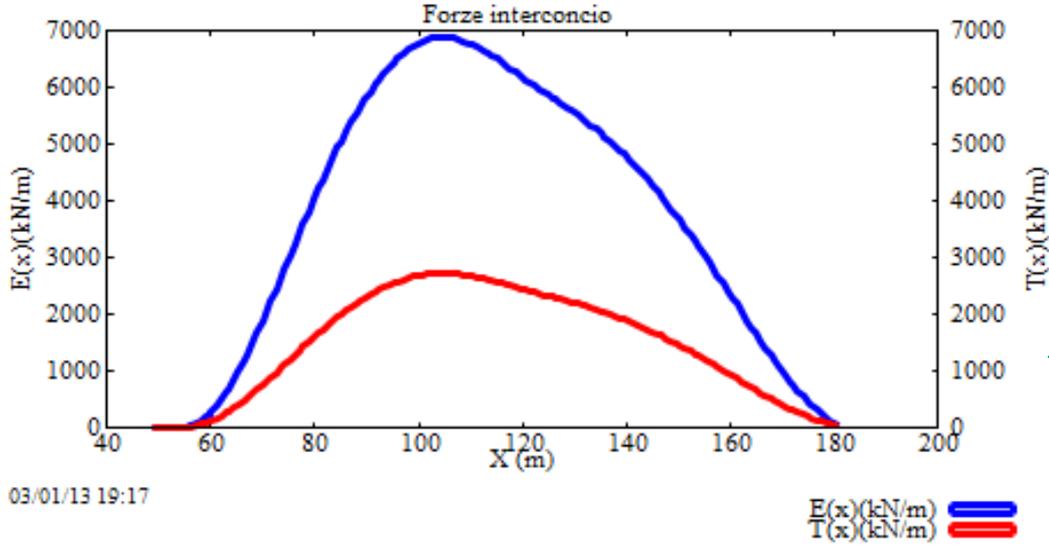
(a)

(b)

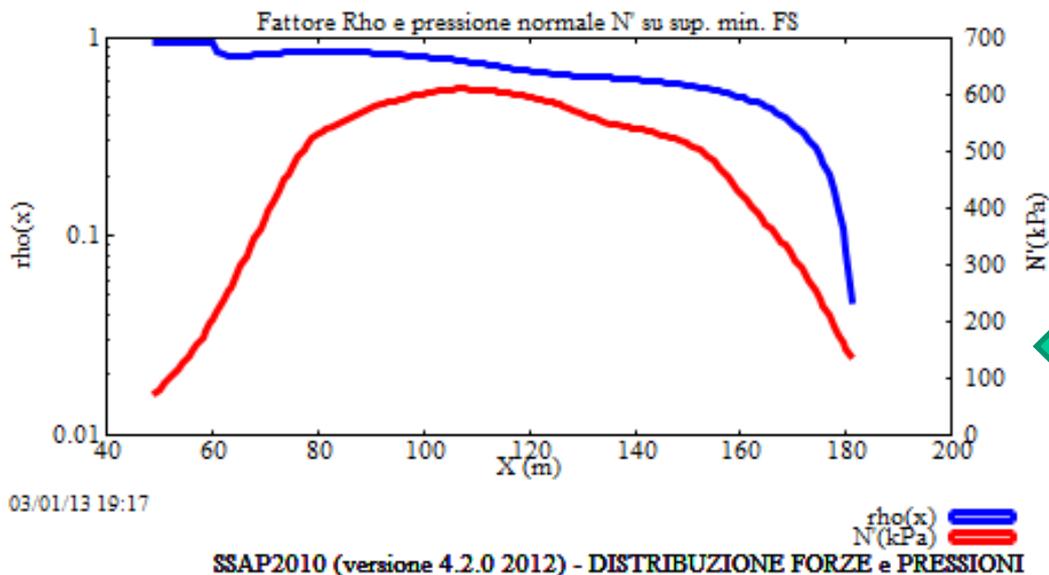
F_{sv} ricalcolato da Sarma e Tan (2006) per le due Superfici critiche corrispondenti: nella figura (b) sono indicate le violazioni del criterio di Sarma (1973):



$$F_{sv} = \frac{c' H(x) + [E(x) - U_v(x)] \tan \bar{\phi}'}{T(x)} > 1.0$$



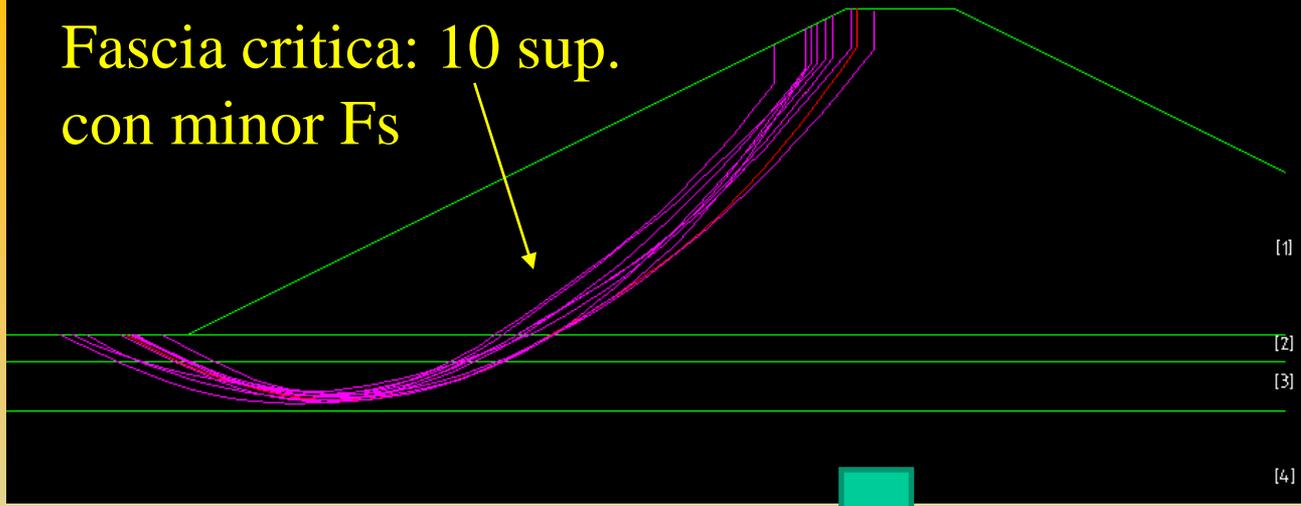
Distribuzione Funzione
forze interconcorso $E(x)$
 $T(x)$



Distribuzione $\rho(x)$ e
 $N'(x)$ (stress normale
Efficace sulla superficie di
Scivolamento)

Esempio di *Sarma*
e *Tan* (2006) in SSAP 4.2.0

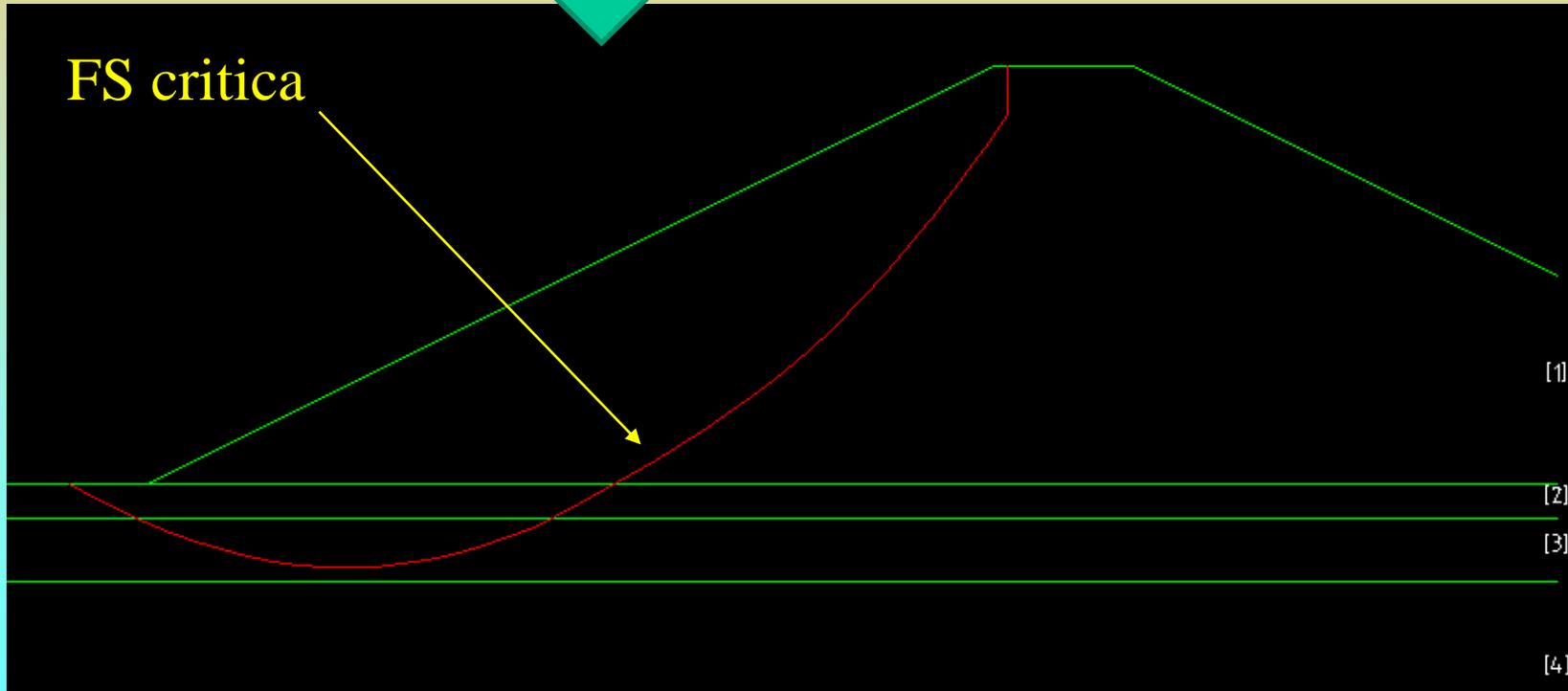
Fascia critica: 10 sup.
con minor Fs

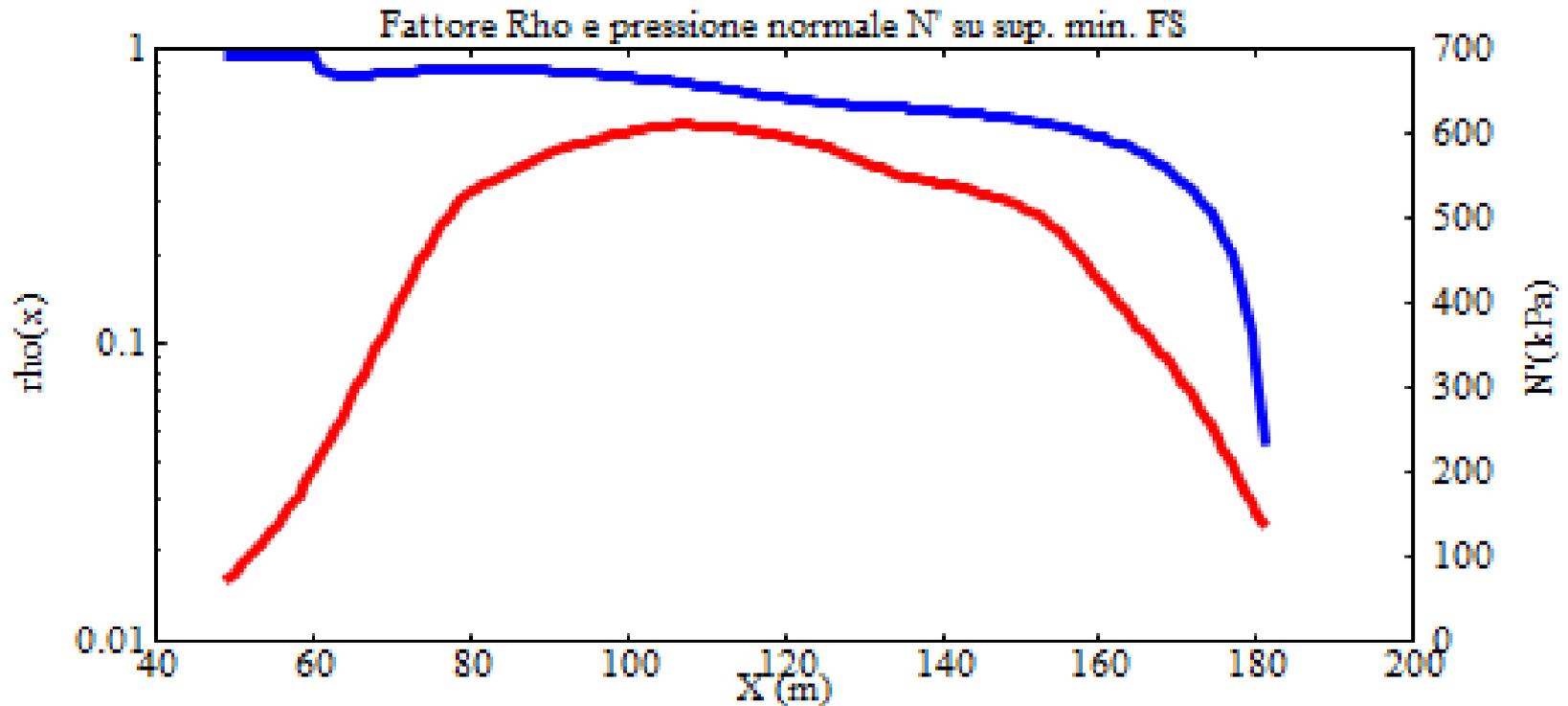


Lo stesso pendio in ssap
2010 rel 4.2.0
Fs=1.367 (metodo
spencer 1973) con
tension crack,
Motore random search
smooth... (sarà un
esempio su cui ci
eserciteremo ..)



FS critica

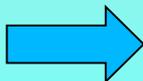




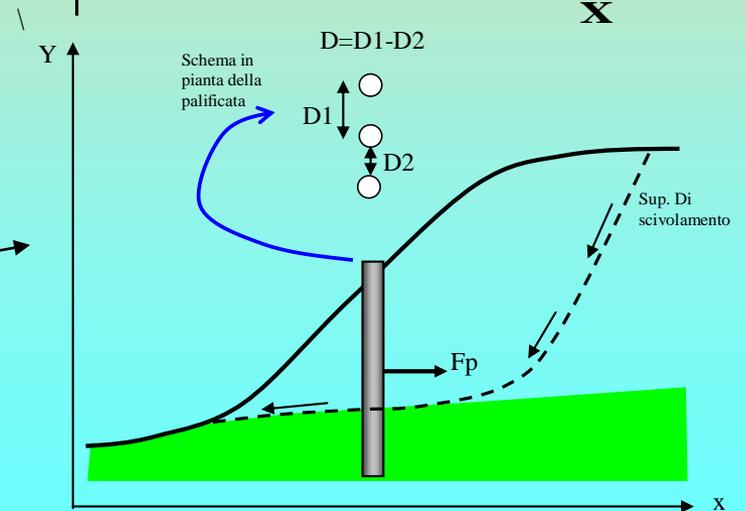
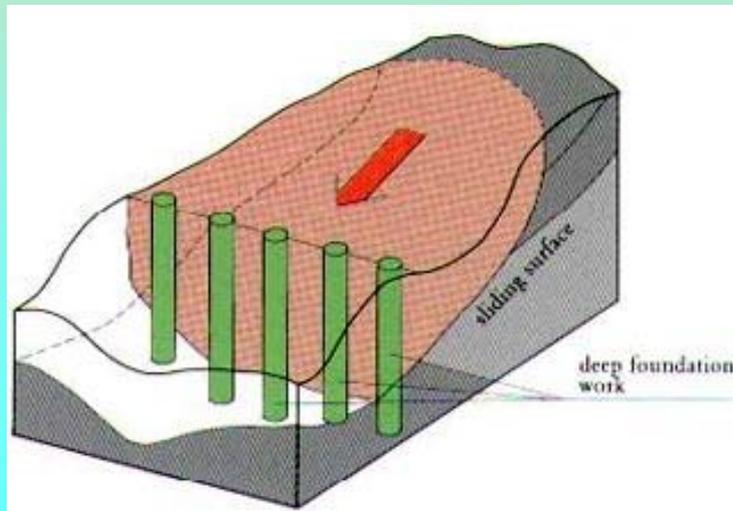
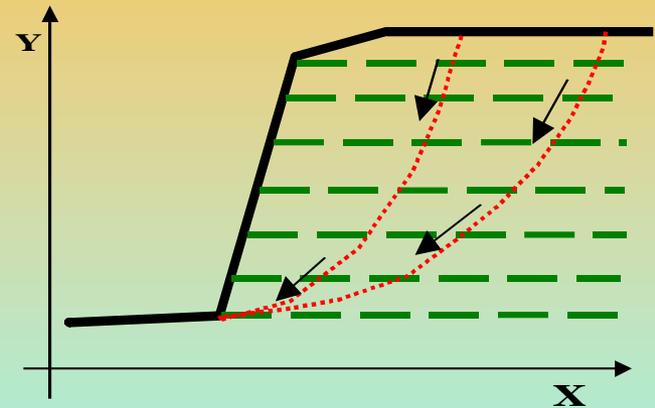
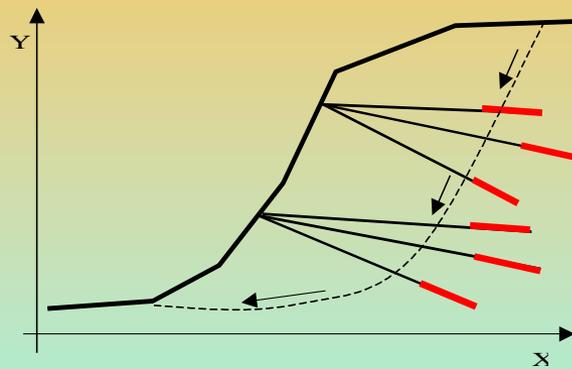
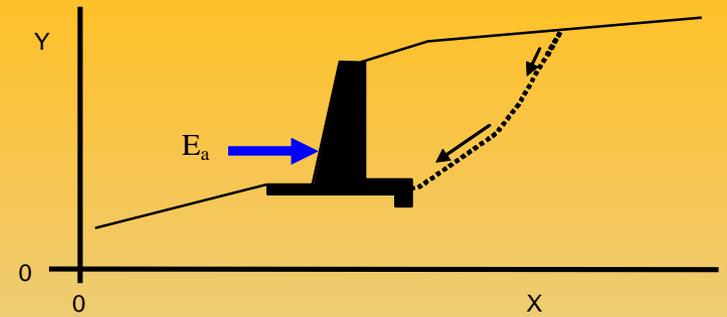
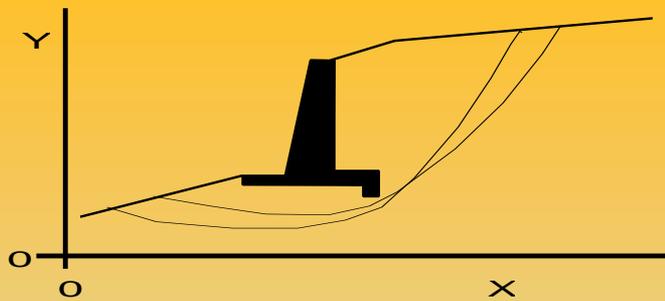
03/01/13 19:17

rho(x) 
 N'(kPa) 

SSAP2010 (versione 4.2.0 2012) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

Funzione Rho(x)  $Rho(x) = \left| \frac{Fs}{Fs_v(x)} \right| < 1.0$

Tipi strutture di rinforzo in un pendio -1



Strutture di rinforzo in un pendio -2

APPLICATION	MAIN LOAD
① RETAINING STRUCTURES 	Tension, shear
② SLOPE STABILISATIONS 	Shear, bending

Da Brandl (2001)

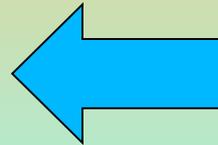
La interazione strutture – pendio e gli effetti su F_s verranno trattati in una sezione successiva del corso..

Verifica Stabilità dei pendii, Domande a cui rispondere...

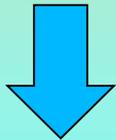
1) È possibile gestire la complessità stratigrafica e geomeccanica di un pendio ?



2) Posso analizzare scenari diversi (sismici, strutture, scavi, riporti, sovraccarichi, acquiferi in pressione)?



3) Sono possibili metodi calcolo affidabili di FS ?



4) Quali strumenti software Sono Affidabili ?



5) Esistono software di questo tipo .. a costo Zero?

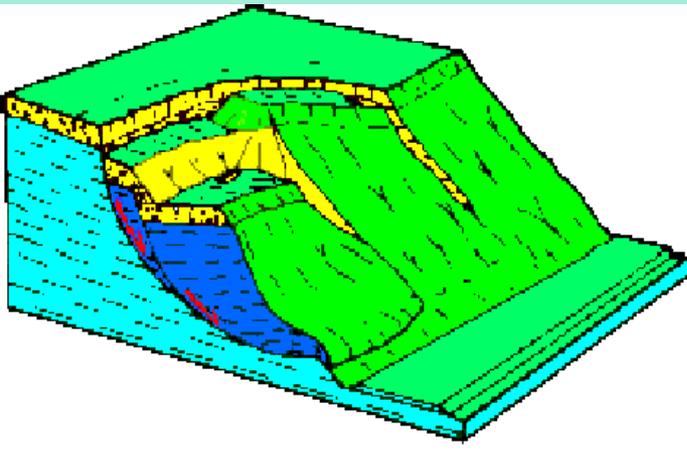
Una possibile risposta alle precedenti domande

SSAP (slope stability analysis program) è un codice di calcolo per la verifica della stabilità dei pendii, mediante il metodo dell'equilibrio limite, in modalità avanzate...

La versione attuale, SSAP 2010, è la 5.1 (luglio 2021).

SSAP2010 e' caratterizzato da un utilizzo completamente libero per tutti coloro che, per motivi di studio e lavoro, sono interessati a effettuare verifiche di stabilità dei pendii con rigorosi metodi di calcolo all'equilibrio limite su pendii naturali, artificiali e/o con opere di rinforzo quali (terre armate, palificate, tiranti gabbionate, reti in aderenza,..etc.).

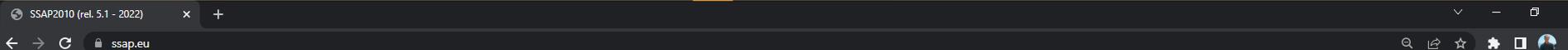
sito ufficiale SSAP: <https://www.ssap.eu>



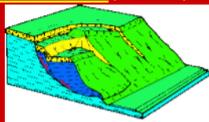
SSAP2010

SU

WWW.SSAP.EU



SSAP2010 Slope Stability Analysis Program release 5.1 (build n.12697)



special credits:
CONACYT (Mexico):
Proyectos Ciencia Basica:
CB-2012/184060
CB-2016/286764

[Perche' SSAP?](#)



[Caratteristiche generali](#)

[Manuale Tecnico \(PDF\)](#)



**(DISPONIBILE VERSIONE AGGIORNATA,
rel. 5.1 - 27 Marzo 2022)**

[DOCUMENTO di VALIDAZIONE
CODICE SSAP
\(versione 1.4\) \(PDF\)](#)

SSAP2010

(*SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM*)

Versione 5.1(2022) - Win 64 Bit

(27-03-2022) - BUILD n. 12697

Software Interamente Freeware

Completamente Gratuito e di utilizzo libero
per Privati, Ingegneri, Geologi, Studenti
e Pubbliche Amministrazioni (vedasi [licenza d'uso](#))

SSAP2010 è un software freeware completo per la verifica della stabilità dei pendii naturali e artificiali o con elementi di rinforzo. E' uno strumento avanzato, sviluppato in circa 30 anni di lavoro. SSAP mette a disposizione degli utenti un set di strumenti originali per effettuare in modo approfondito verifiche di stabilità utilizzando soli metodi di calcolo rigorosi basati sull'Equilibrio Limite e Innovativi Motori di generazione e ricerca delle superfici con minore Fattore di Sicurezza(Fs) . Una interfaccia grafica Windows WIN 10 e una serie di strumenti software per l'assemblaggio del modello del pendio, per la visualizzazione grafica e per il reporting, completano il software (vedasi il link alle [caratteristiche generali del programma](#)).

SSAP Project Synthetic Description and Goals (in english) (HERE)



[Informazioni su Corsi SSAP](#)

! Prossimi Corsi APC e Seminari/Corsi a invito su SSAP, nel 2022 in Italia !

31 MARZO, 7-14-21 APRILE 2022, WEB-MINAR (3+3+3+3=12 ore), CORSO BASE PER L'IMPIEGO DEL PROGRAMMA SSAP
Organizzato da [Ordine dei Geologi del Piemonte \(Torino\)](#) - [Info corso e programma](#)

! Corsi APC e Seminari/Corsi a invito su SSAP, tenuti nel 2021 in Italia !

9, 12,14 Aprile , WEB-MINAR (3+3+3=9 ore): "STABILITA' DEI PENDII CON SSAP 2010."
Organizzato da [Associazione Georisorse e Ambiente - GEAM \(Torino\)](#) - [Info corso e programma](#)

22 e 23 aprile, WEB-MINAR (3+2=5 ore): Seminario on-line - Verifiche di stabilità dei pendii nel contesto delle NTC2018

Introduzione al codice SSAP2010 e descrizione delle sue funzionalita' - DICEA 23/9/2022 , UNIFI

SSAP 2010

Software Interamente Freeware

Gratuito e di utilizzo libero

per Privati, Geologi, Ingegneri, Studenti

e Pubbliche Amministrazioni

Vedasi licenza d'uso su:

<https://www.ssap.eu/ssap2010licence.pdf>

SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM
release 5.1 (c) (1991-2022)
Build No. 12697 Windows 64 Bit
by Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D.
lborselli@gmail.com
<https://www.lorenzo-borselli.eu>

AVVIO VERIFICA
VERIFICA GLOBALE
VERIFICA SINGOLA

RISULTATI
DIAGRAMMI FORZE
MAPPA PRESSIONE FLUIDI
VEDI GRAFICI SUPERFICI
GENERA / VEDI MAPPA F_s LOCALE

MODELLO PENDIO
MODELLO DI CALCOLO: Morgestern - Price (1965)
COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh): 0.0000
VERTICALE (Kv): 0.0000 (Kv assunto con segno positivo)

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA SUPERFICI: Sniff Random Search (SRS)
ZONA DI INIZIO - Progressive - (m): da 0.53 a 24.50
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m): da 3.20 a 26.10
QUOTA LIMITE INFERIORE (m): 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m): 1.07

RISULTATI IN TEMPO REALE
F_s ITERATIVO: 4.0273
INTERVALLO F_s delle 10 SUPERFICI CON MINOR F_s: 1.0008 - 1.1132
n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: 1026 di 15000
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA: 41.820 - 98.18

PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETE(%): 6.84

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP
Coefficiente sismico orizzontale - Kh: 0.000
Coefficiente c=Kv/Kh: 0.500
Kv (negativo):

METODO DI CALCOLO
JANBU RIGOROSO (1973)
SPENCER (1973)
SARMA I (1973)
MORGENSTERN - PRICE (1965)
CHEN - MORGENTERN (1983)
SARMA II (1979)
BORSELLI (2016)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA
% Tolleranza stress normali negativi: 10 %
% Tolleranza RHO=(Fs/Fv) > 1.0: 100 %
Limite T(x)/E(x)
LIMITATO
Non LIMITATO
Reimposta Valori Standard
Stabilizzatore numerico attivo

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI
RANDOM SEARCH (RS)
CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 3.1
NEW RANDOM SEARCH (NRS) 1.1
SOLO PER CONVEX
Convessita' limitata
Delta alpha: 10.00

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH
Steps di scansione: 60
Frequenza attivazione: 0.75
Variante NO-CONVEX SNIFF
No-convex oscillazione massima (gradi): -24.00
ottimizza tracciatore discontinuita' sottili

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP
F_s di Progetto richiesto. Solo per analisi deficit di resistenza: 1.200

TIRANTI - ANCORAGGI
PASSIVI
ATTIVI
Attiva nuova metodologia calcolo automatica mobilitazione

PALIFICATE
Metodo calcolo
ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
KUMAR-HALL (2006) (+ conservativa)
Applicare nuova metodologia Calcolo Mobilitazione
Criterio Calcolo Mobilitazione
MAX [F_pm , E(x)]
MIN [F_pm , E(x)]

TIRRE ARMATE
Attiva calcolo con criterio di mobilitazione

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO
EFFETTO ATTIVO
EFFETTO DISATTIVO
Opzioni Smussature
Riempimento Acqua
No Riempimento Acqua
Riempimento Acqua

TENSION CRACKS TESTA PENDIO
EFFETTO DISATTIVO
EFFETTO ATTIVO
Opzioni Tension Cracks
Riempimento Acqua
No Riempimento Acqua
Riempimento Acqua

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA
Forza Ea (alla Base) - kN/m: 0.00
Forza Eb (in Testa) - kN/m: 0.00

PRESENZA DI OSTACOLO INTERNO
CON OSTACOLO
SENZA OSTACOLO

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP
Coefficiente sismico orizzontale - Kh: 0.000
Coefficiente c=Kv/Kh: 0.500
Kv (negativo):

METODO DI CALCOLO
JANBU RIGOROSO (1973)
SPENCER (1973)
SARMA I (1973)
MORGENSTERN - PRICE (1965)
CHEN - MORGENTERN (1983)
SARMA II (1979)
BORSELLI (2016)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA
% Tolleranza stress normali negativi: 10 %
% Tolleranza RHO=(Fs/Fv) > 1.0: 100 %
Limite T(x)/E(x)
LIMITATO
Non LIMITATO
Reimposta Valori Standard
Stabilizzatore numerico attivo

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI
RANDOM SEARCH (RS)
CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 3.1
NEW RANDOM SEARCH (NRS) 1.1
SOLO PER CONVEX
Convessita' limitata
Delta alpha: 10.00

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH
Steps di scansione: 60
Frequenza attivazione: 0.75
Variante NO-CONVEX SNIFF
No-convex oscillazione massima (gradi): -24.00
ottimizza tracciatore discontinuita' sottili

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP
F_s di Progetto richiesto. Solo per analisi deficit di resistenza: 1.200

TIRANTI - ANCORAGGI
PASSIVI
ATTIVI
Attiva nuova metodologia calcolo automatica mobilitazione

PALIFICATE
Metodo calcolo
ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
KUMAR-HALL (2006) (+ conservativa)
Applicare nuova metodologia Calcolo Mobilitazione
Criterio Calcolo Mobilitazione
MAX [F_pm , E(x)]
MIN [F_pm , E(x)]

TIRRE ARMATE
Attiva calcolo con criterio di mobilitazione

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO
EFFETTO ATTIVO
EFFETTO DISATTIVO
Opzioni Smussature
Riempimento Acqua
No Riempimento Acqua
Riempimento Acqua

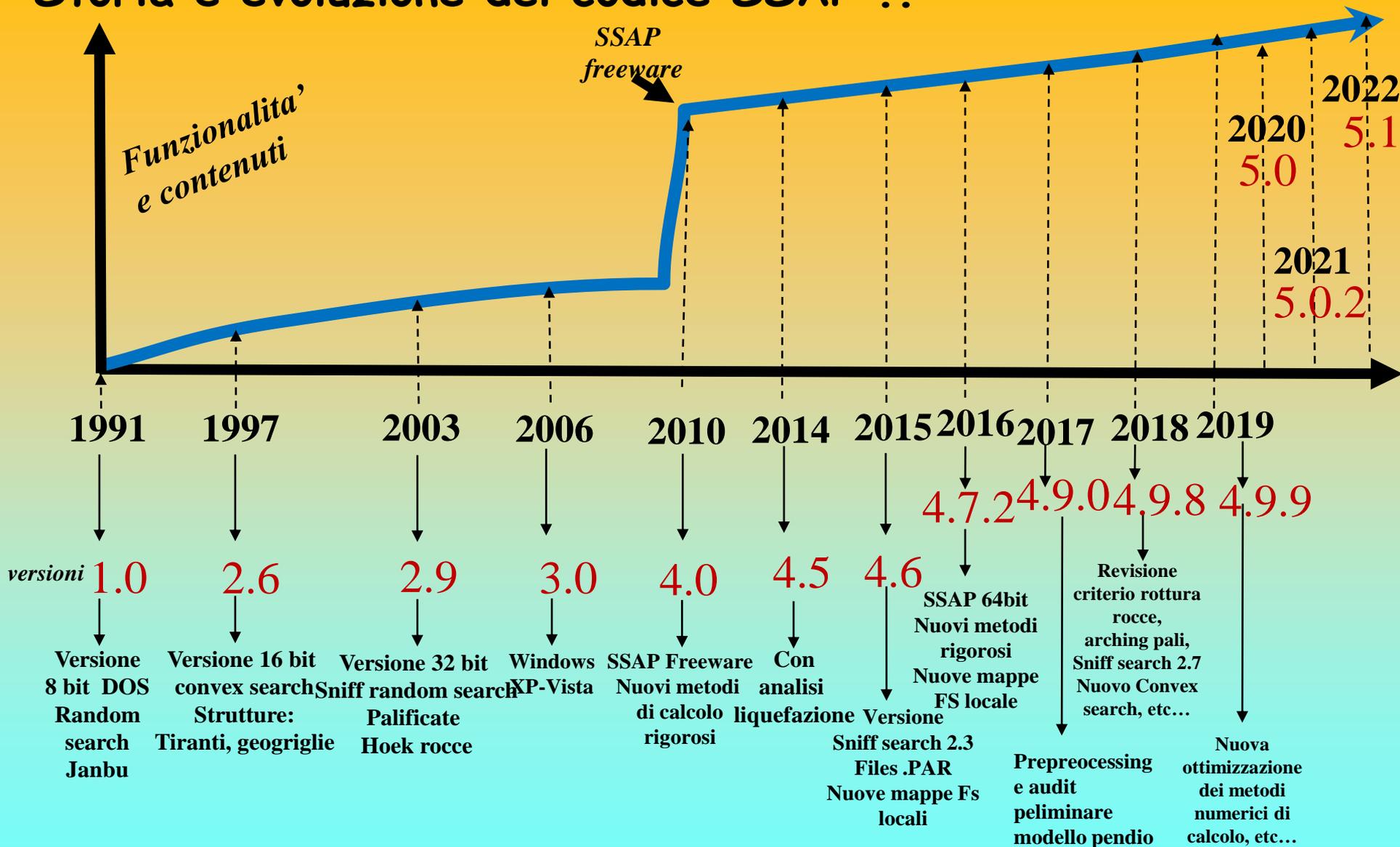
TENSION CRACKS TESTA PENDIO
EFFETTO DISATTIVO
EFFETTO ATTIVO
Opzioni Tension Cracks
Riempimento Acqua
No Riempimento Acqua
Riempimento Acqua

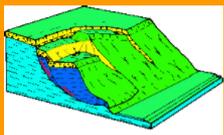
FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA
Forza Ea (alla Base) - kN/m: 0.00
Forza Eb (in Testa) - kN/m: 0.00

PRESENZA DI OSTACOLO INTERNO
CON OSTACOLO
SENZA OSTACOLO

SSAP 2010 non è un software commerciale

Storia e evoluzione del codice SSAP ..





[\[torna alla Home page\]](#)

ssap2010 (rel. 5.1 - 2022). (ultimo aggiornamento 27 marzo 2022)

SI CONSIGLIANO GLI UTENTI DI TENERE SEMPRE AGGIORNATO IL PACCHETTO SSAP INSTALLATO...!!

Cronologia - Novità e bug fixes.

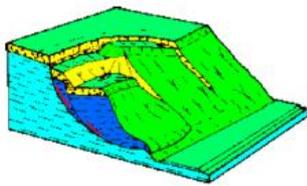
(si ricorda in [area download](#) è possibile sempre scaricare la versione più aggiornata del programma con la correzione dei seguenti *bugs* o con le seguenti funzionalità aggiunte):

- **27-03-2022:** versione 5.1 SSAP2010 - Aggiornamento pacchetto di installazione. (solo per PC con architetture a 64bit) BUILD 12697 (MAIN RELEASE)
 - AGGIORNAMENTO. Correzione bug nella verifica di ammassi rocciosi fratturati (e modellizzati con criterio GSI-GHB +JRC) . Il Bug era associato a situazioni con famiglie discontinuita' subverticali ($\beta > 80^\circ$) legato all'algoritmo di tracciamento di questo tipo di discontinuita'. La anomalia e' stata segnalata dal Dr. Geol. Matteo Marini (Bolzano), che ringrazio moltissimo per il contributo offerto con questa segnalazione.
 - AGGIORNAMENTO. Il motore di calcolo del fattore di sicurezza FS associato a ciascuno dei metodi di calcolo rigorosi disponibili (Janbu, Spencer, Sarma, Morgestern & Price, etc.) è stato ulteriormente ottimizzato per rendere ancora più affidabile e stabile il valore di FS Finale. Lo sviluppo ulteriore del codice di calcolo, realizzato negli ultimi 8 mesi, si e' centrato nell'ottimizzazione di algoritmi originali preesistenti, nello sviluppo di nuove procedure di calcolo numerico, e in tests delle nuove procedure implementate utilizzando, come riferimento, numerosi pendii Benchmark disponibili nella letteratura scientifica sull'argomento. Le nuove procedure di calcolo implementate permettono un incremento medio della velocita' computazionale di almeno il 50% rispetto alla versione precedente (SSAP 5.0.2) ed un incremento ulteriore nella affidabilita' e stabilita' numerica dei risultati.
 - AGGIORNAMENTO. Revisione algoritmo di calcolo della mobilitazione automatica di Tiranti/Chiodi e terre armate.
 - AGGIORNAMENTO. Revisione algoritmo motore SNIFF RANDOM SEARCH (versione 3.1) utilizzato nella generazione delle superfici di potenziale scivolamento
 - AGGIORNAMENTO. Ottimizzazione algoritmi per tutti i motori di generazione delle superfici di scivolamento.
 - AGGIORNAMENTO. Ottimizzazione algoritmi per la generazione di mappe a colori del FS locale e del OSR.
 - AGGIORNAMENTO. Correzione di vari bugs nella gestione della base dei dati caricati.
 - AGGIORNAMENTO. Correzione di vari bugs nella gestione della interfaccia utente, e aggiunta di nuove funzionalita' come la possibilita' di una modifica diretta e integrale di un modello di pendio precedentemente caricato.
 - AGGIORNAMENTO. Modifiche nella interfaccia Utente del software SSAP e del software MAKEFILES, ora nella versione 5.6.
 - AGGIORNAMENTO. Aggiornamento contenuto pacchetto SSAP con GNUPLOT versione 5.4.3.
 - AGGIORNAMENTO. Aggiornamento contenuto pacchetto SSAP con QCAD versione 3.27.1.
 - AGGIORNAMENTO. Aggiornamento contenuto pacchetto SSAP con SUMATRAPDF versione 3.3.3.
 - AGGIORNAMENTO. Aggiornamento alla versione SSAP 5.1 del Manuale di riferimento del software. In particolare le modifiche maggiori riguardano i capitoli 2,3,4,6,9.
 - **NOTA IMPORTANTE.** Ricordo che esiste un controllo che avverte qualora SSAP stia operando in un percorso a in una cartella della area dati che contiene nel nome caratteri speciali o con accento. Viene indicato il suggerimento di rimuovere accenti e caratteri speciali nella cartella, o nelle cartelle, del percorso. In molte installazioni di Windows la presenza di caratteri speciali rende impossibile operare al pacchetto GNUPLOT 5.4.3, utilizzato da SSAP nel rendering grafico di diagrammi e mappe a colori. In questo caso non e' possibile a SSAP mostrare grafici e mappe quando richiesto.
 - **NOTA IMPORTANTE.** Si notifica la necessita' di tenere aggiornato il vostro sistema operativo Windows. Sono sempre piu' frequenti gli aggiornamenti di sicurezza e di funzionalita' distribuiti automaticamente da Microsoft. In alcuni casi un non adeguato aggiornamento del sistema operativo non permette un corretto funzionamento di SSAP generando "runtime error" al caricamento di un file del modello del pendio. Si ricorda che nella pagina <https://www.ssap.eu/basicsetup.html> vengono indicate in dettaglio le istruzioni di installazione aggiornate e la spiegazione di comuni problemi segnalati e suggerimenti per una loro risoluzione. In caso di anomalie operative di SSAP fate riferimento a queste istruzioni, che peraltro sono in continuo aggiornamento
 - **INFORMAZIONE IMPORTANTE.** A cura del Centro di Microzonazione Sismica (<https://www.centromicrozonazione.sismica.it>) e' stato recentemente pubblicato, da CNR Edizioni, un manuale che sara' sicuramente di estremo interesse e utilita' per tutti voi. Il testo "*Protocolli di acquisizione ed elaborazione dati relativi alle attivita' di Microzonazione Sismica di livello 3 in Italia Centrale*" (2020), redatto da circa 26 tra accademici di varie universita' italiane e ricercatori CNR,OGS,INGV,ENEA,ISPRA si compone di 127 pagine, ed e' distribuito in 9 capitoli. Il Manuale offre una guida estremamente valida nella procedura di Microzonazione sismica di livello 3. Il manuale puo' essere scaricato liberamente al seguente link: https://cnr.it/sites/default/files/public/media/attivita_editoria/978-88-8080-407-9:Microzonazione_Sismica_in_Italia_Centrale.pdf . Segnalo che nel capitolo 8 che tratta della analisi preliminare della stabilita' dei pendii, e in particolare alla pagina 89 troviamo il seguente testo: "*Per ciò che concerne gli strumenti di calcolo, oltre ai numerosi software commerciali disponibili per analisi all'equilibrio limite, a puro titolo di esempio si segnala la presenza di applicazioni freeware di comprovata affidabilità, quale SSAP2010 (SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM - www.ssap.eu)*".
- **16-07-2021:** versione 5.0.2 SSAP2010 - Aggiornamento pacchetto di installazione. (solo per PC con architetture a 64bit) BUILD 12007
 - AGGIORNAMENTO. Correzione di bug che affettava le condizioni di pendio di pendio con *wiremesh*(reti in aderenza) ancorate con tiranti/chiodi dove, oltre ai tiranti e chiodi di ancoraggio della rete, fossero preseneti tiranti con testa sottostante la superficie topografica di riferimento. Si tratta di una casistica rara, ma possibile in alcuni casi speciali come le strutture tipo: "*Ombrello Consolidatore*", prodotti da diverse aziende specializzate. Va detto che SSAP puo' operare nella progettazione e verifica (locale e globale) di qualunque tipo di "*Ombrello Consolidatore*" esistente

Cronologia evoluzione ssap da ottobre 2010 cambiamenti e correzioni

<https://www.ssap.eu/newsandbugfix.html>

Introduzione al codice SSAP2010 e descrizione delle sue funzionalita' - DICEA 23/9/2022 , UNIFI

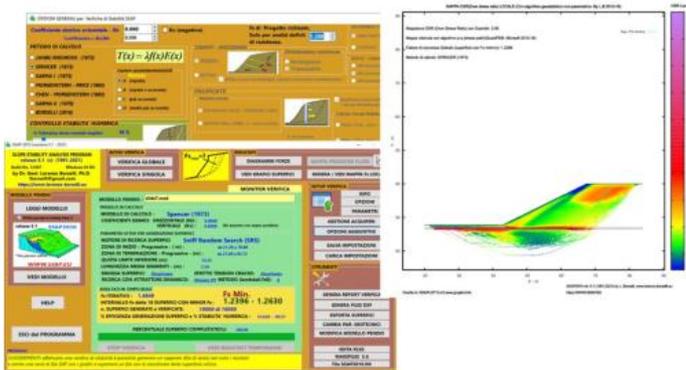


SSAP 2010

"a step away..."

(SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM)

<https://www.ssap.eu>



Reference Manual /Manuale di Riferimento
Versione 5.1 (2022)

by

Dr. Lorenzo Borselli, Geol, Ph.D.*

26-03-2022

* Full Professor of Geotechnics and Engineering Geology
Faculty of Engineering, Institute of Geology
Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
San Luis Potosí, Mexico

Associate Researcher, Research Institute for Geo-Hydrological Protection (CNR-IRPI),
National Research Council (CNR), Perugia, Italy

WEB:page and CV: <https://www.lorenzo-borselli.eu>

E-mails: lborselli@gmail.com , lorenzo.borselli@uaslp.mx

DOI: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31522.91841>

Storia e evoluzione del codice SSAP .. Continua...

MARZO 2022 - Versione 5.1 .

Nuovo manuale completo per la versione
SSAP2010 aggiornato alla 5.1, disponibile in
formato elettronico PDF (485 pagine).

Una documentazione estesa e in continua
crescita..

Grazie anche ai suggerimenti di molti utenti...



http://www.ssap.eu/manuale_ssap2010.pdf

Caratteristiche SSAP 5.1

(in estrema sintesi)

OBBIETTIVI DI SSAP

- 1. Possibilità di rappresentare adeguatamente tutte le discontinuità presenti nei pendii naturali o artificiali.*
- 2. Evitare tutte le eccessive assunzioni semplificative sulla stratigrafia, sul profilo della falda, sulle superfici di scorrimento.*
- 3. Seguire gli attuali standard di lavoro e le normative nelle verifiche di stabilità nei pendii in terreni sciolti e ammassi rocciosi fratturati;*
- 4. Implementare nel software una serie di strumenti di calcolo tra i più avanzati e originali nell'ambito dei modelli di calcolo per le verifiche all'equilibrio limite.*
- 5. Conseguire tempi di calcolo realistici anche per elaboratori anche di medie capacità.*
- 6. Facilità di uso e interfaccia amichevole, con console a pulsanti, uso del Mouse e di sistemi touch-screen, un sistema di aiuto contestuale*

Caratteristiche base di SSAP 2010

• Verifiche di stabilità dei pendii con il metodo dell'equilibrio limite (Limit Equilibrium Method -LEM)

• Pendii in terreni sciolti e/o con ammassi rocciosi fratturati, e/o condizioni di liquefazione

• Condizioni sismiche (metodo pseudo statico + metodo degli spostamenti)

7 metodi di calcolo LEM - RIGOROSI...!!

* Janbu rigoroso(1973);

* Spencer (1973)

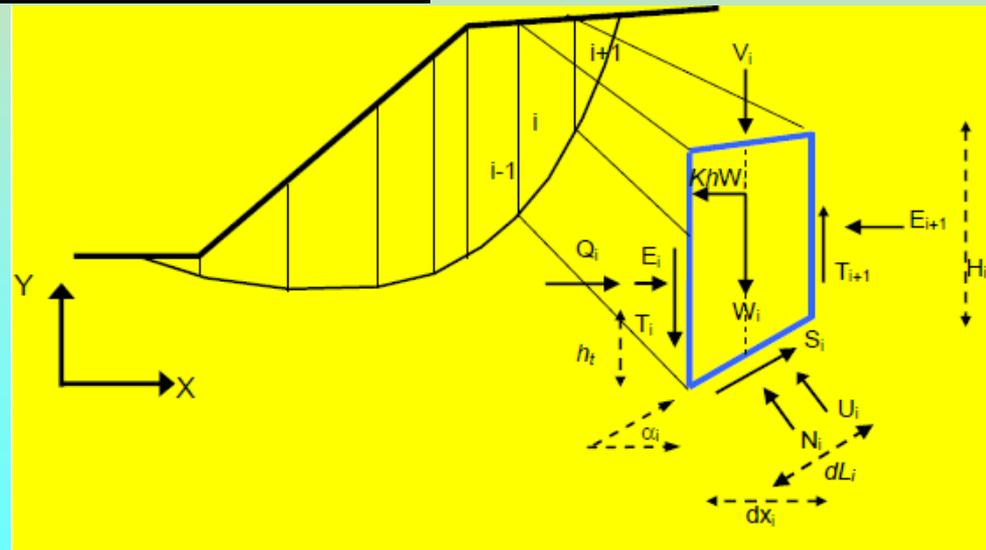
* Sarma I (1973);

* Morgenstern & Price (1965);

* Chen & Morgestern (1983)

* Sarma II (1979)

* Borselli (2016)**



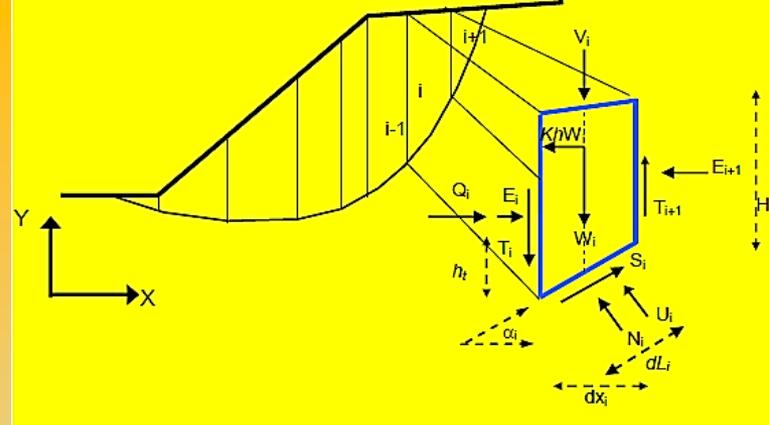
** incluso a partire dalla versione SSAP 4.7.2

Introduzione al codice SSAP2010 e descrizione delle sue funzionalità - DICEA 23/9/2022, UNIFI

7 Metodi LEM rigorosi

tabella 2.1: relazione funzionale che esprime $T(x)$ per i vari modelli di calcolo implementati in SSAP

Gruppo	Modello di calcolo adottato per la risoluzione di FS	Relazione funzionale che esprime $T(x)$
1	Spencer (1967,73)	$T(x) = \lambda E(x)$
1	Sarma I (1973)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - P_w(x)) \tan \bar{\varphi}' \right] \right\}$
2	Morgestern & Price (1965)	$T(x) = \lambda f(x) E(x)$
2I	Chen -Morgestern (1983)	$T(x) = [\lambda f(x) + f_0(x)] E(x)$
2	Borselli(2016) ¹	$T(x) = \lambda [f(x) + f_1(x)] E(x)$
2	Sarma II (1979)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_s} f(x) \left\{ \bar{c} H(x) + \left[(E(x) - P_w(x)) \tan \bar{\varphi}' \right] \right\}$
3	Janbu Rigoroso (1973) ²	$T(x) = E(x) \tan \alpha_r + h_r \frac{dE(x)}{dx} - h_e \frac{dQ}{dx} + 0.5 K_c H \frac{dW}{dx}$

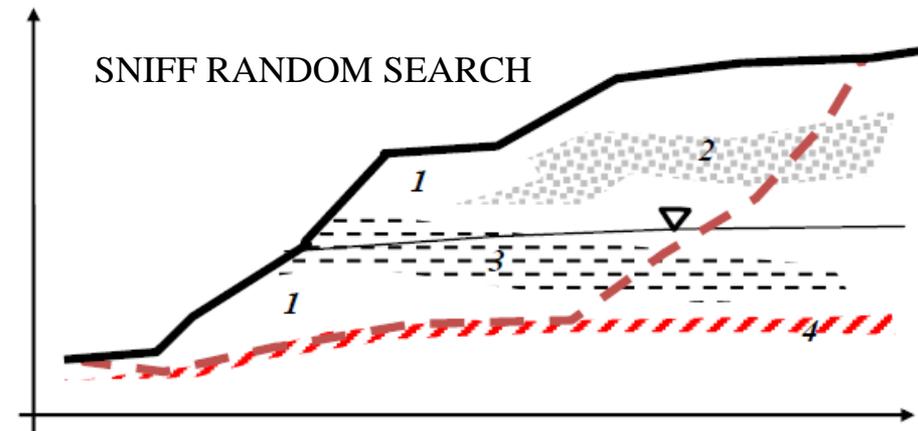
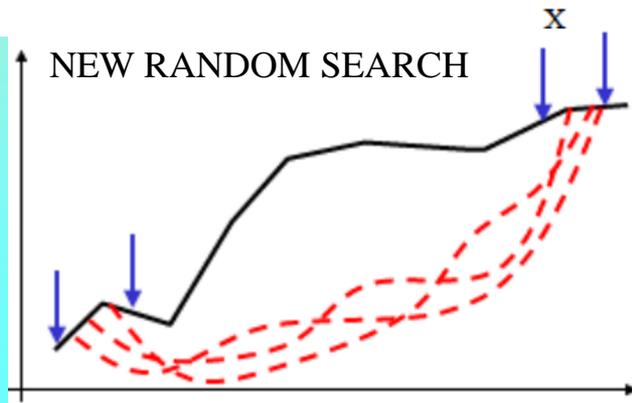
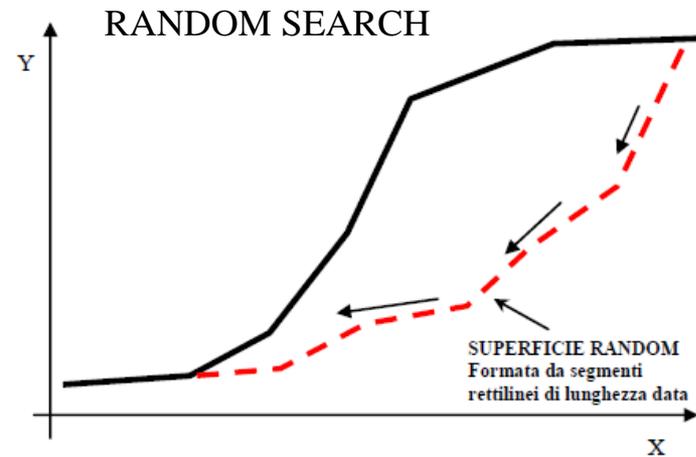
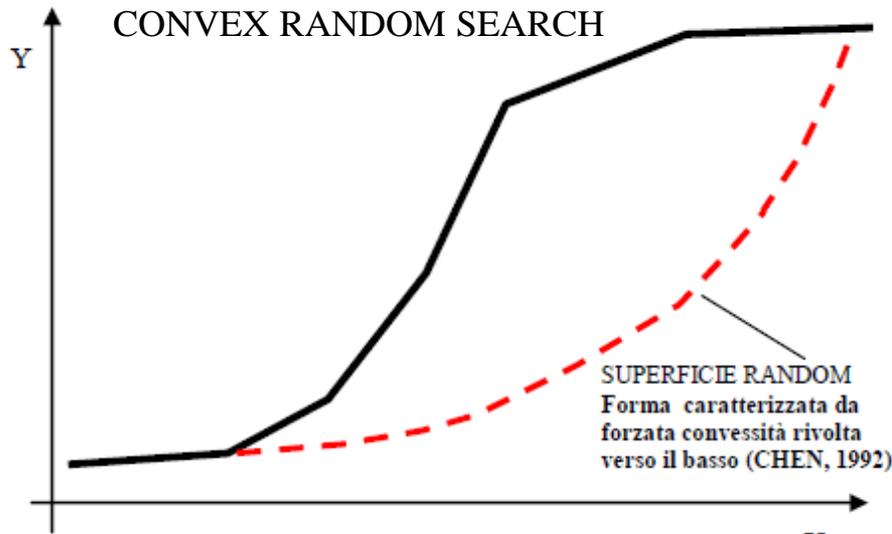


← I 7 metodi di calcolo rigorosi presenti in SSAP

← Nuovo Metodo !

Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

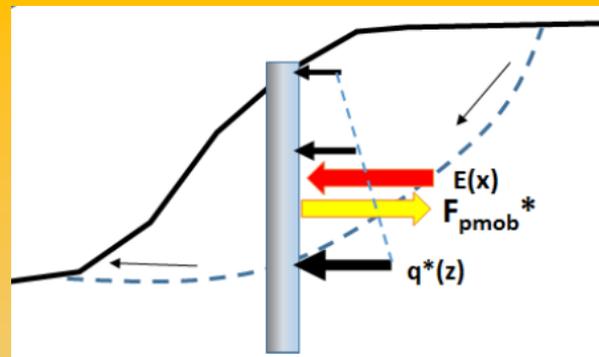
- 4 motori di ricerca superfici random (per superfici con F_s minimo) e 3 varianti principali (totale 12 metodologie diverse per generare e ricercare superfici con F_s minimo)



Caratteristiche base di SSAP 2010

... continua

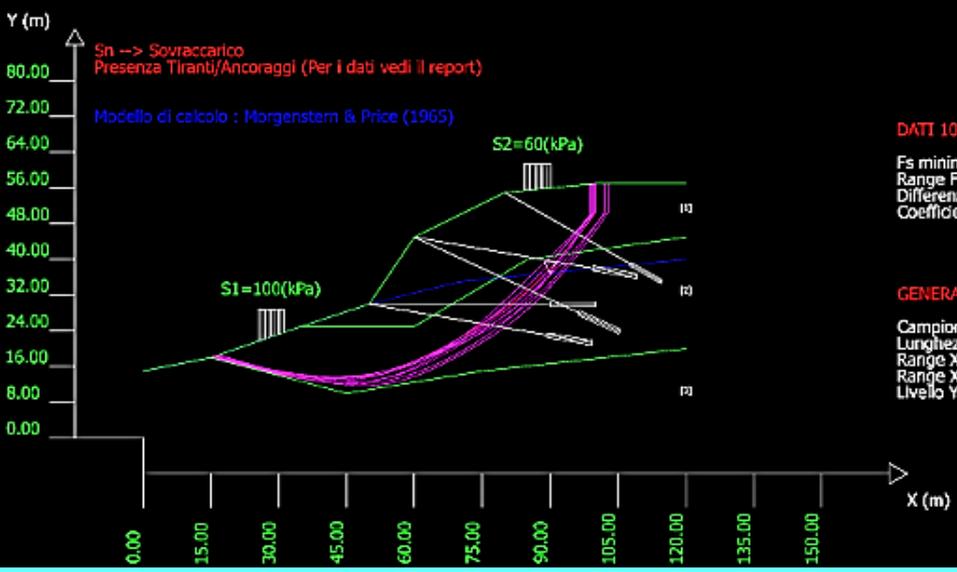
- Strutture di sostegno e rinforzo (muri - tiranti - terre rinforzate con geogriglie/geosintetici - palificate - sovraccarichi)
- Creazione DXF istantanea e visualizzazione grafica



SSAP 4.5.0 (2014) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.2.1 (2014)

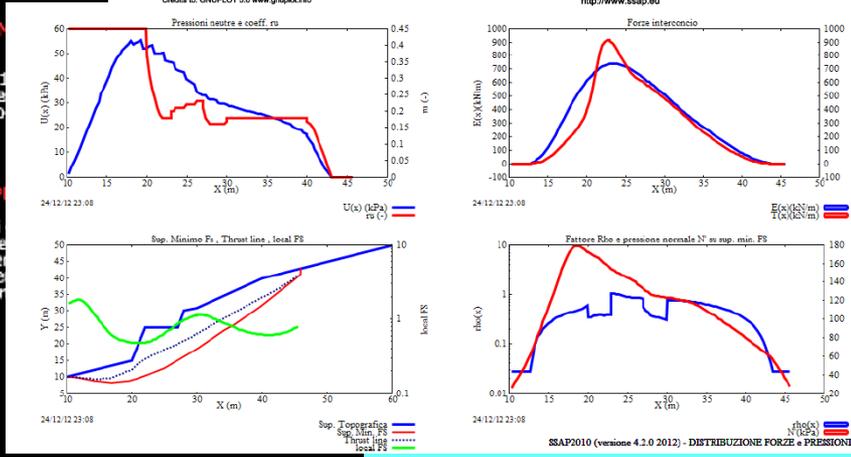
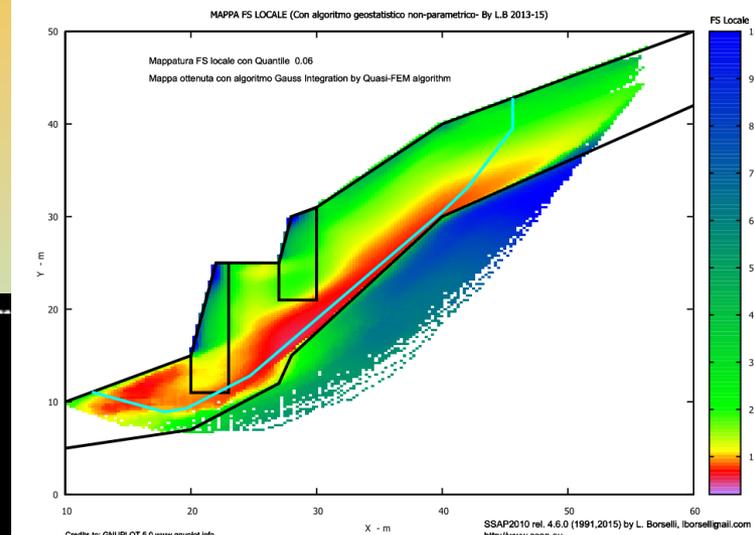
Data : 7/10/2014
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

#	Parametri Geotecnici degli strati #
N.	phi' deg C' kPa Cu kPa Gamm kN/m3 GammSat kN/m3 sgd MPa GSI ..
1	28.00 40.00 0 17.00 18.00 0 0
2	0 0 0 22.00 23.00 15.00 20.00
3	0 0 0 23.00 24.00 30.00 40.00



DATI 10 SUR. CON
 Fs minimo : 1.274
 Range Fs : 1.274 -
 Differenza % Range
 Coefficiente Sismico

GENERAZIONE SURF
 Campione Superfici
 Lunghezza media se
 Range X inizio gene
 Range X termine ge
 Livello Y minimo ge



Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

Inoltre:

- filtro di sub-verifica per eliminare le superfici di scivolamento non fisicamente possibili (Sarma 1973).
- opzione per effettuare verifica con ricerca automatica delle superfici di scivolamento con fessure di trazione in testa al pendio
- console per il controllo della stabilità numerica delle soluzioni
- compatibilità NTC 2018 e analisi in condizioni sismiche pseudostatiche e metodo degli spostamenti con approccio semiprobabilistico (Biondi et al. 2011)

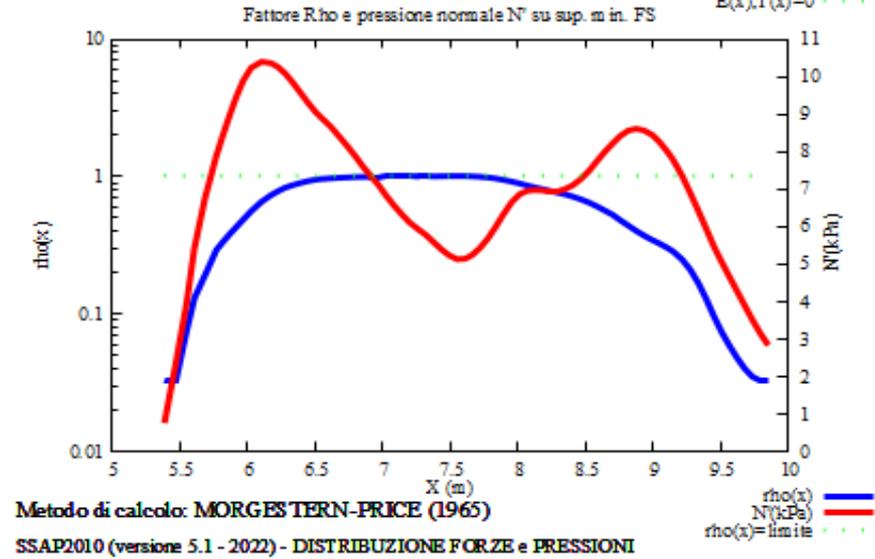
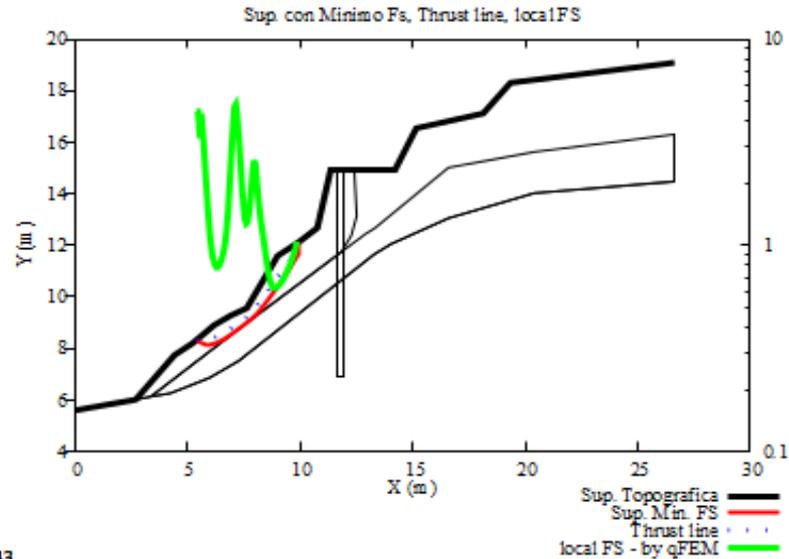
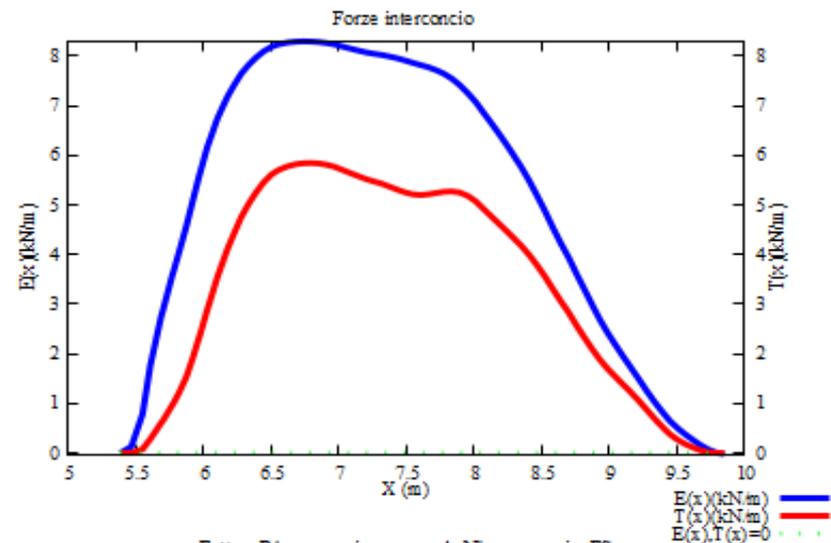
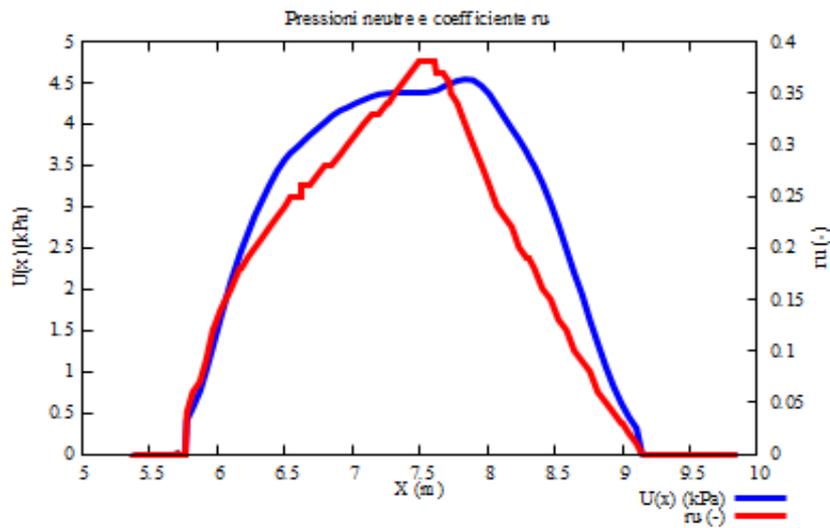
Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

Inoltre:

- finestra con i diagrammi delle pressioni interne, del FS locale, e delle forze interne tangenziali e orizzontali, entro la massa in scivolamento soggetta a verifica.
- Utilizzo di nuove strategie computazionali proposte anche da Zhu et al (2003) per eliminare i problemi di convergenza notoriamente esistenti nel metodo di calcolo di Janbu(1973) e negli altri metodi di calcolo rigorosi. Questi algoritmi sono stati ulteriormente sviluppati in modo originale, migliorati, testati e resi più affidabili in SSAP2010.
- Completa verifica di superfici di scivolamento singole definite dall'utente;
- Reporting in modo testo e grafico (.DXF, .BMP)

Altre funzioni importanti:

- Integrazione strutture (pali, geogriglie, tiranti..)
- Generazione files DXF (creazione file DXF) :
 - a. Plottaggio modello pendio
 - b. Fascia critica 10 sup con minor F_s
 - c. Superfici di minor F_S in assoluto
 - d. Plottaggio di superfici entro uno specifico intervallo di F_S
- Esportazione superficie con minor F_s in file .SIN coordinate superficie singola critica Con minor F_s
- Verifiche su superfici singole definite dall'utente, con ricerca K_c critico (come il metodo Sarma(1973) classico ma esteso a tutti i metodi di calcolo..)



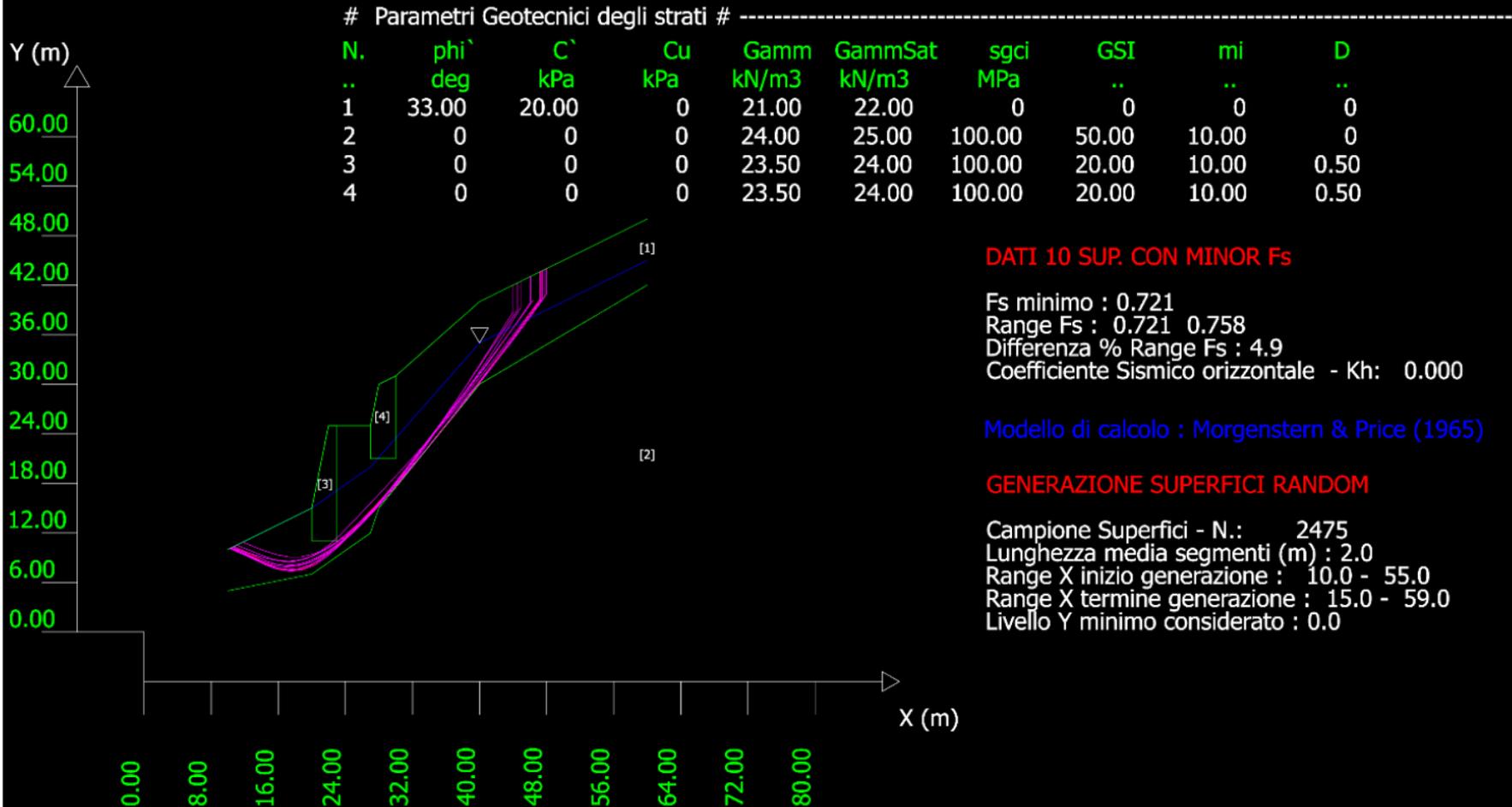
Metodo di calcolo: MORGES TERN-PRICE (1965)

SSAP2010 (versione 5.1 - 2022) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI

Diagrammi distribuzione interna forze e pressioni

Reporting in modo testo e grafico (.BMP o PDF)

Data : 20/3/2014
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente



Reporting in modo testo e grafico (.DXF)

Opzioni per verifica stabilità

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP

Coefficiente sismico orizzontale - Kh Kv (negativo)

Coefficiente c=Kv/Kh

METODO DI CALCOLO

JANBU RIGOROSO (1973)

SPENCER (1973)

SARMA I (1973)

MORGENSTERN - PRICE (1965)

CHEN - MORGENSTERN (1983)

SARMA II (1979)

BORSELLI (2016)

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$

Esplora spazio(lambda, f0)

Metodo

A (rapido)

B (rapido e accurato)

C (più accurato)

D (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

% Tolleranza RHO= $|Fs/Fv| > 1.0$

Reimposta Valori Standard Stabilizzatore numerico attivo

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

RANDOM SEARCH (RS)

CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)

SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 3.1

NEW RANDOM SEARCH (NRS) 1.1

SOLO PER CONVEX

Convessita' limitata

Delta alpha

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Variante NO-CONVEX SNIFF

Steps di scansione

Frequenza attivazione

No-convex oscillazione massima (gradi)

ottimizza tracciato discontinuita' sottili

TIRANTI - ANCORAGGI

PASSIVI

ATTIVI Attiva nuova metodologia calcolo automatico mobilitazione

Distribuzione resistenza

Rettangolare

Trapezoidale

PALIFICATE

Metodo calcolo

ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)

KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

Fattore di riduzione Fp (NTC2018) (Variare da 1 a 100)

% di massima mobilitazione teorica

Applicare nuova metodologia Calcolo Mobilitazione

Criterio Calcolo Mobilitazione

MAX [Fp m , E(x)]

MIN [Fp m , E(x)]

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

Opzioni Smussatore

EFFETTO ATTIVATO

EFFETTO DISATTIVATO

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

EFFETTO DISATTIVATO

EFFETTO ATTIVATO

Riempimento Acqua

No Riempimento Acqua

Riempimento Acqua

Opzioni Tension Cracks

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m

Forza Eb (in Testa) - kN/m

NTC2018/EC-7 - ROCCE

DISATTIVATO

ATTIVATO

ROCCE - Criterio Hoek et al (2002)

HB Generalizzato - Carranza-Torres(2004)

HB Generalizzato - Lei et al(2016)

HB Generalizzato - Lee et Pietruszczack(2017)

TERRE ARMATE

Attiva calcolo automatico mobilitazione

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

DISATTIVATO

ATTIVA Modalita' 1

ATTIVA Modalita' 2

FILTRAGGIO SUPERFICI

FILTRARE

NON FILTRARE

PRESENZA DI OSTACOLO INTERNO

CON OSTACOLO

SENZA OSTACOLO

Fs di Progetto richiesto. Solo per analisi deficit di resistenza.

$\gamma_{\phi'}$
 $\gamma_{c'}$

HELP OK Cancel

PARAMETRI GEOMETRICI VERIFICHE DI STABILITA'

LUNGHEZZA MEDIA (m) SEGMENTI DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO 4.80

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI INIZIO

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) ZONA DI INIZIO (m) 0.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) ZONA DI INIZIO (m) 108.00

QUOTA (Yo) ZONA PROIBITA INFERIORE (m) 0.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI TERMINAZIONE

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) DI TERMINAZIONE (m) 12.00

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) DI TERMINAZIONE (m) 117.60

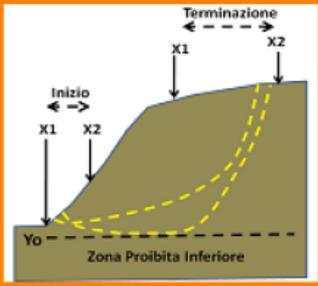
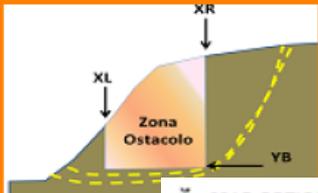
NUMERO MASSIMO SUPERFICI DA GENERARE 10000

COORDINATE OSTACOLO

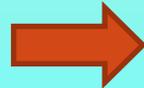
XL 0.00 XR 0.00 YB 0.00
 Ascissa sinistra (m) Ascissa destra(m) Quota base ostacolo (m)

NOTA BENE: Tutte le coordinate sono espresse in metri (vedasi manuale per descrizione PARAMETRI)..

HELP OK


Opzioni aggiuntive e parametri
Modificabili per verifica stabilità



SSAP OPZIONI AGGIUNTIVE

REGISTRAZIONE SUPERFICI PER SUCCESSIVO PLOTTAGGIO

$F_{s_{min}} < F_s \leq F_{s_{max}}$

Fs minimo 0.50

Visualizza entro:
Fs massimo 1.00

Numero massimo
superfici da registrare 10000

Attiva Registrazione Superfici

GENERAZIONE MAPPA Fs LOCALE o OSR (Over Stress Ratio)

Dimensione Griglia mappa FS

Nodi X 200 X Nodi Y 200

Fs Minimo 0.20 % dei dati da usare 100.0

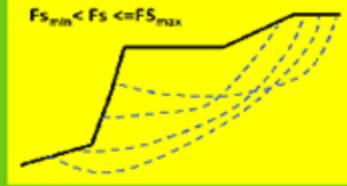
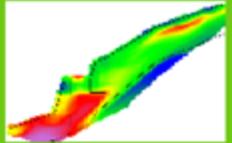
Fs Massimo 10.00 Quantile Locale Fs 0.05

Attiva Mappatura FS o OSR Locale Attiva Plot vettoriale zone plasticizzate

TIPO MAPPA

- by qFEM
- by p-qFEM
- OSR
- by LEM

HELP OK Cancel

Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

Inoltre...

Modulo gestione acquiferi

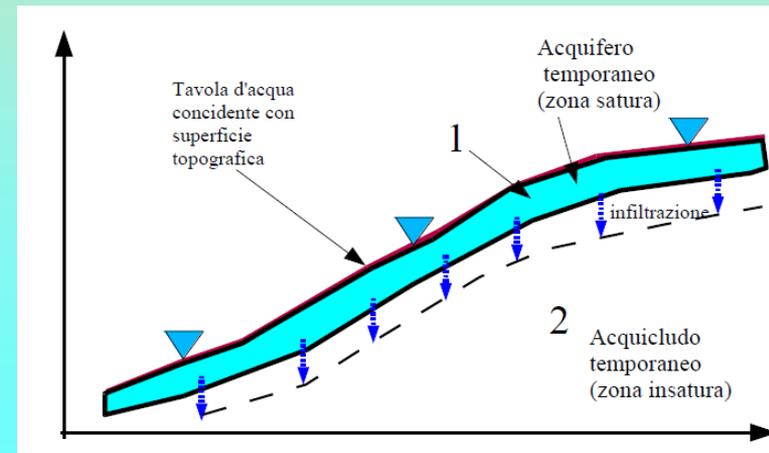
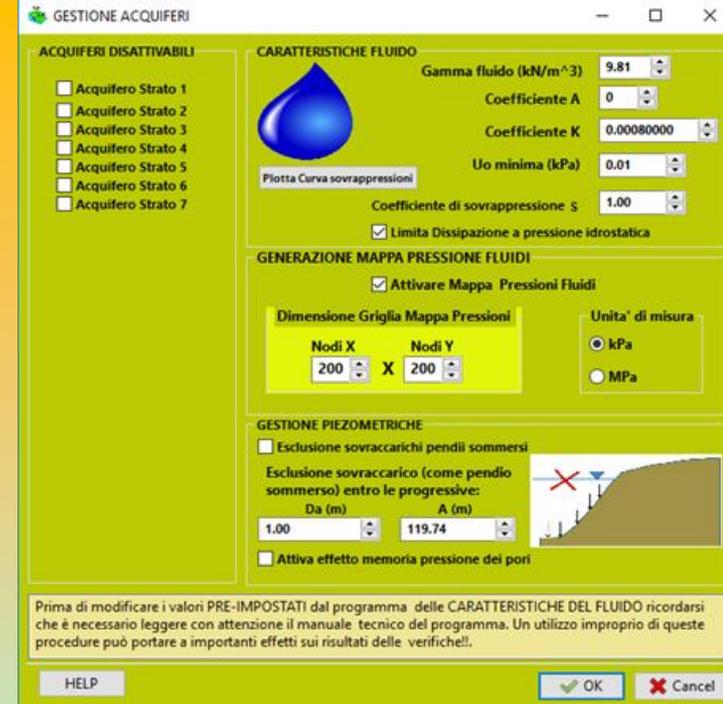
• acquicludi; falde sospese e strati temporaneamente saturi sopra porzioni insature;

• Nel caso di falde in pressione abbiamo un algoritmo, sviluppato in modo originale dall'autore, per simulare la dissipazione progressiva della pressione di pori in prossimità della superficie;

• Possiamo escludere il calcolo del sovraccarico esterno di masse d'acqua nel caso di porzioni di pendio sommerso. (simulazione di un effetto di svaso rapido in un bacino artificiale);

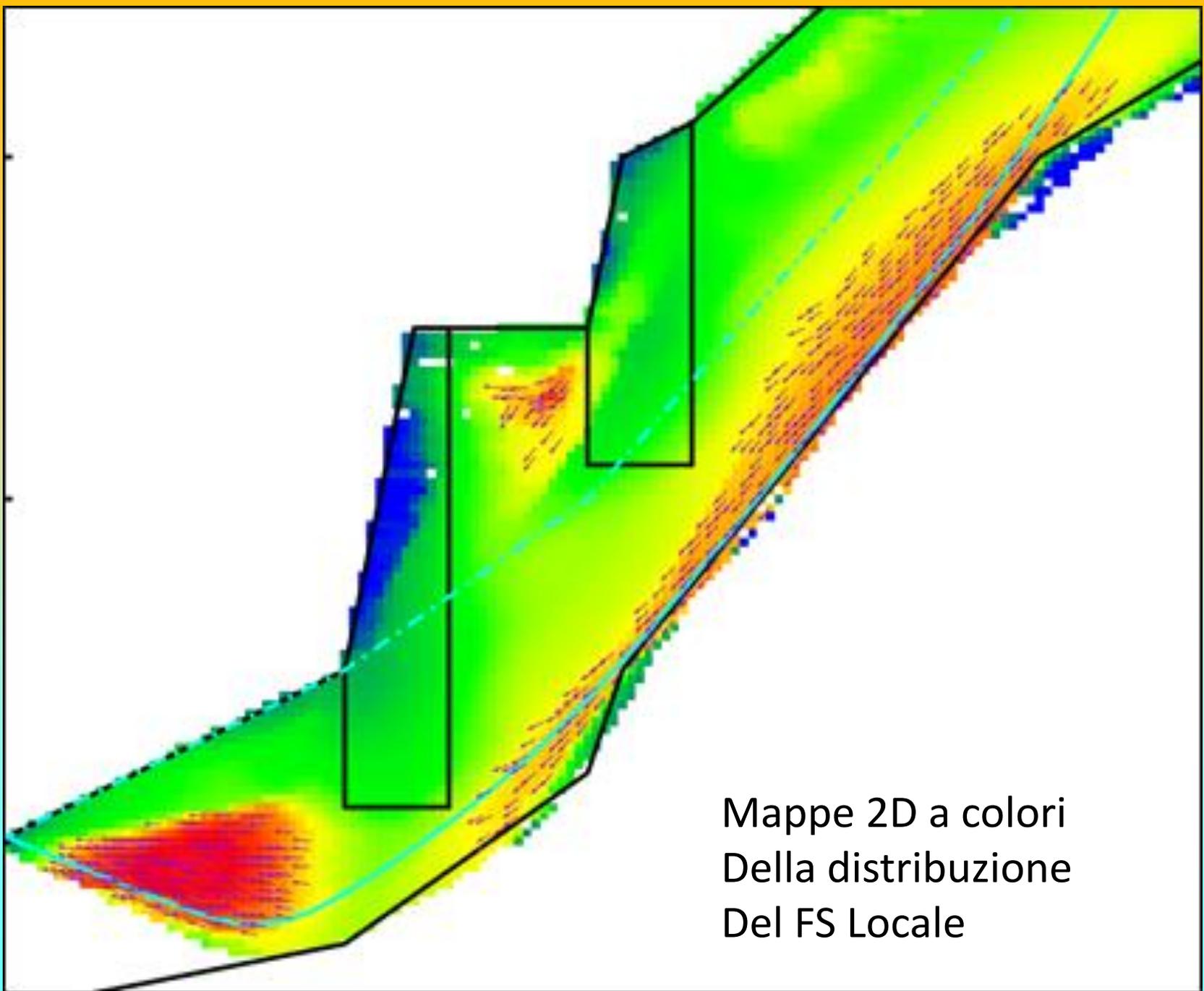
• Possibilità' di considerare le forze e pressioni in un acquifero in moto di Filtrazione

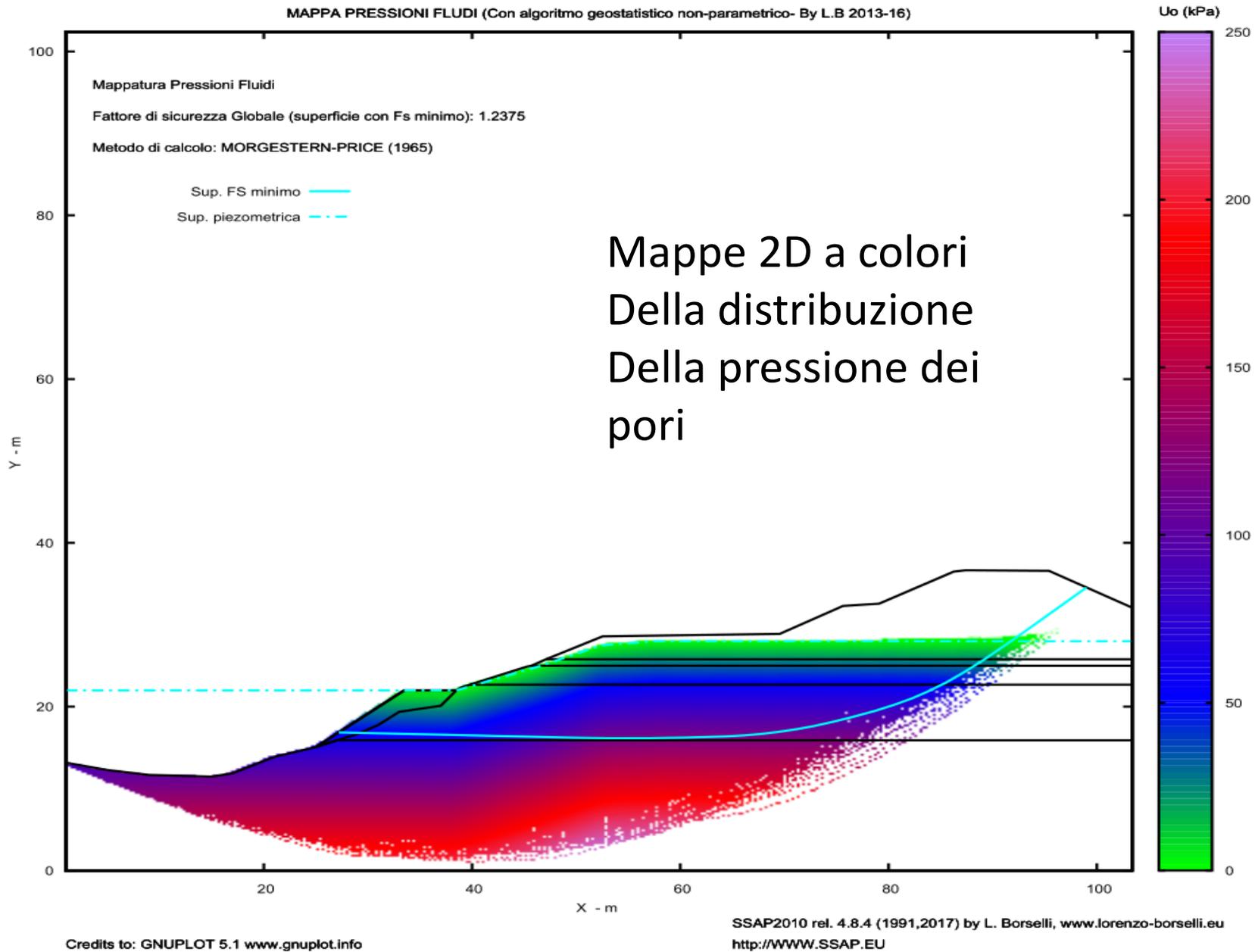
Introduzione al codice SSAP2010 e descrizione delle sue funzionalita' - DICEA 23/9/2022 , UNIFI



Segue funzioni importanti:

- Verifiche in condizione di liquefazione (post-sisma)
- Generazione mappe 2D (raster) FS medio locale e Over stress ratio
- Generazione mappe 2D (raster) pressione dei pori (pressione neutre).





DENTRO SSAP 5.1...

Teorie e metodi della geomeccanica

**TEORIE CLASSICHE
LEM, CRITERI DI
ROTTURA**

Teoria LEM
Spinta delle terre
Criteri rottura lineari
e non lineari. Etc.

**METODI RIGOROSI
LEM E INTERAZIONE
STRUTTURE**

Metodi Spencer, Morgestestern, Sarma
Jambu etc.
Interazione con strutture (pali, geosintetici,
Tiranti, muri etc.)

**METODI NUMERICI
AVANZATI**

Monte Carlo Random Search (Siegel 1981)
Alternative Fs, lambda Solving (Zhu 2005)

Implementazione metodi, teoria e algoritmi in SSAP

Criteri rottura GHB, Barton Bandis ,
Olson & stark (liquefazione), con varianti speciali.
Metodo sismico pseudostatico e degli
Spostamenti , Kc critico Sarma, generalizzato a tutti
i metodi.

RANDOM SEARCH con varianti speciali
SNIFF RANDOM SEARCH , NEW RANDOM
SEARCH
Attrattore Dinamico , smussatore superficie,
FS e Lambda solving con modifiche per
essere usato con tutti i metodi rigorosi LEM
Mappe raster qFEM, SRM e OSR fattore FS locale

Sviluppo di Componenti Originali in SSAP

Qualcosa in più sulla licenza d'uso di SSAP2010

SSAP2010 è un software FREeware, cioè distribuito gratuitamente solo via web (<https://WWW.SSAP.EU>).

Esiste una unica versione completa del software SSAP2010 ed è quella disponibile gratuitamente e scaricabile dal sito ufficiale.

La licenza d'uso di SSAP2010 consente agli utenti un uso illimitato del software con la possibilità di scaricare da web tutti i futuri aggiornamenti.

La ri-distribuzione non è consentita. (da altri siti web o servers)

Qualcosa in più sulla licenza d'uso di SSAP2010..

Continua....

Il software SSAP20010 non è un software commerciale. La sua distribuzione è senza fini di lucro.

Tuttavia anche se SSAP2010 è un software freeware , esso non è un software OPEN-SOURCE. Infatti il codice sorgente rimane nella esclusiva disponibilità del solo Autore.

I risultati della applicazione sono di esclusiva responsabilità dell'utilizzatore... Non si è responsabili di danni a infrastrutture informatiche e/o perdita di dati..

Alcuni risultati di SSAP2010

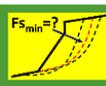
Il Progetto SSAP ha raggiunto molti dei suoi obiettivi iniziali:

- 1) Larga Diffusione a un ampio spettro di potenziali utenti: imprese private, professionisti, enti pubblici, studenti, ricercatori. (si stimano circa 3000 utilizzatori attivi in Italia)**
- 2) Sito web accessibile e documentazione aggiornata. (media di 1000 accessi al mese (con 65% di nuovi visitatori)).**
- 3) Alcuni Componenti e algoritmi totalmente originali.**
- 4) Metodi LEM rigorosi e più avanzati dello standard medio. Il SSAP è comunque competitivo con molti dei noti software commerciali.**
- 5) Formazione e divulgazione con corsi e seminari (in Italia e Messico). Progetto di divulgazione no – profit (totalmente)**
- 6) E' attualmente al mondo il primo software completo per analisi LEM rigorose, completamente freeware (cioè Gratis) senza versioni di prova a scadenza (trial) o limitate.**

Ma vi è ancora spazio per fare molto di più...

SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM
release 4.9.0 (c) (1991-2017)
Build No. 9990 Windows 64 Bit
By Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D.
lborselli@gmail.com
<http://www.lorenzo-borselli.eu>

AVVIO VERIFICA
VERIFICA GLOBALE
VERIFICA SINGOLA



RISULTATI
DIAGRAMMI FORZE
VEDI GRAFICI SUPERFICI
MAPPA PRESSIONE FLUIDI
GENERA / VEDI MAPPA Fs LOCALE

MONITOR VERIFICA

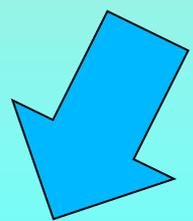
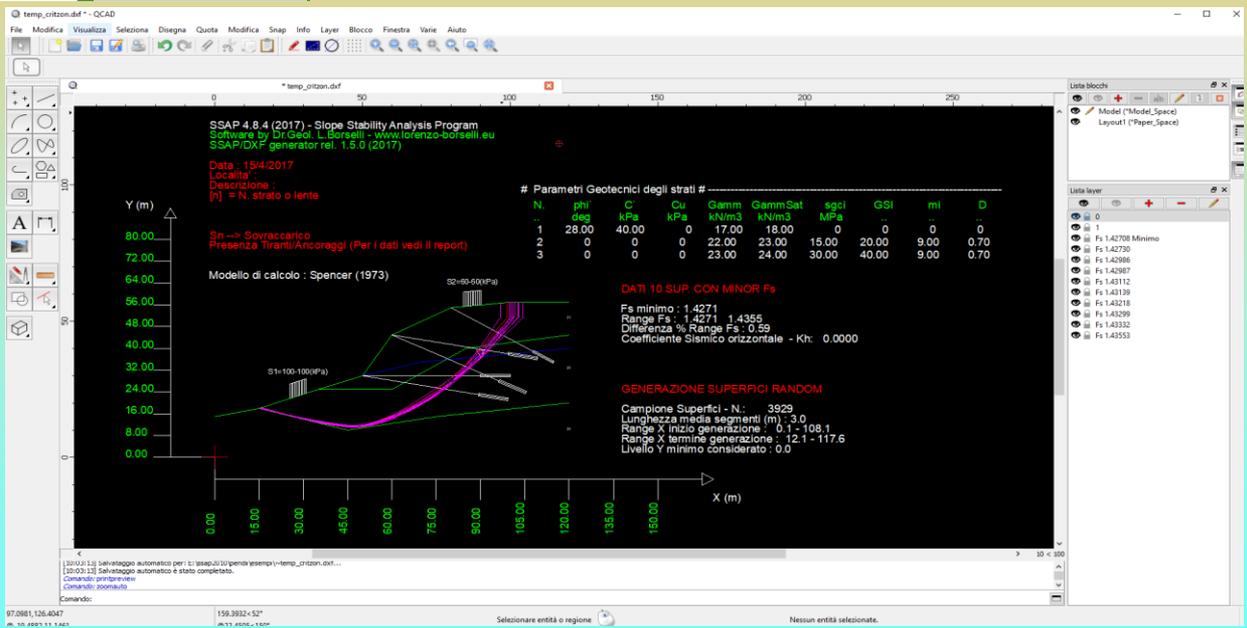
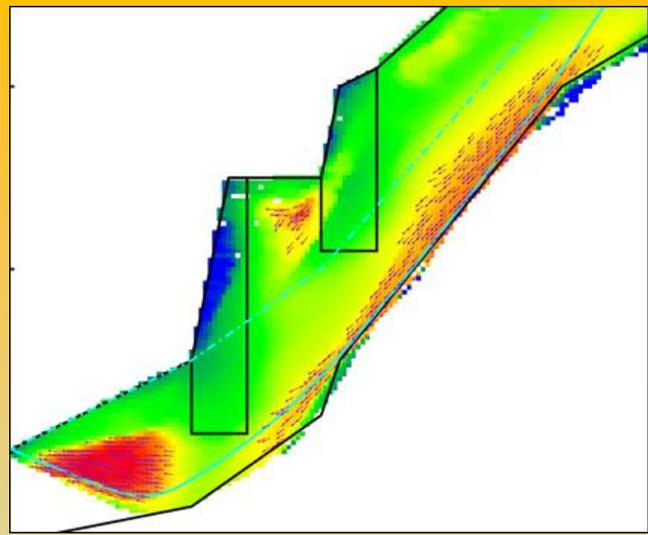
SETUP VERIFICA
INFO
OPZIONI
PARAMETRI
GESTIONE ACQUIFERI
OPZIONI AGGIUNTIVE
SALVA IMPOSTAZIONI
CARICA IMPOSTAZIONI

STRUMENTI
GENERA REPORT VERIFICA
GENERA FILES DXF
ESPORTA SUPERFICI
CAMBIA PAR. GEOTECNICI
EDITA FILES
MAKEFILES 5.2
File SSAP2010.INI

MODELLO PENDIO
LEGGI MODELLO
 Attiva preprocessing fase 2
SSAP2010
release 4.9.0
VEDI MODELLO
http://WWW.SSAP.EU
HELP
ESCI dal PROGRAMMA

MODELLO PENDIO : anisotropy_1.mod
MODELLO DI CALCOLO : Morgestern - Price (1965)
MODELLO DI CALCOLO :
COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh) : 0.0000
VERTICALE (Kv) : 0.0000 (Kv assunto con segno positivo)
PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA SUPERFICI : Sniff Random Search (SRS)
ZONA DI INIZIO - Progressive - (m) : da 22.00 a 128.20
ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m) : da 33.80 a 137.64
QUOTA LIMITE INFERIORE (m) : 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m) : 4.72
SMUSSA SUPERFICI: Disattivato EFFETTO TENSION CRACKS: Attivato
RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: Attivato METODO (lambda0,Fs0) : A
RISULTATI IN TEMPO REALE
Fs ITERATIVO : 5.9807 **Fs Min.**
INTERVALLO Fs delle 10 SUPERFICI CON MINOR Fs : **1.8283 - 1.8307**
n. SUPERFICI GENERATE E VERIFICATE : 4016 di 10000
% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA : 17.057 -- 90.19
PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETE(%): 40.16
STOP VERIFICA VEDI RISULTATI TEMPORANEI

MESSAGGI:
SUGGERIMENTI: effettuata una verifica di stabilit  e   possibile generare un rapporto (file di testo) con tutti i risultati e anche una serie di file DXF con i grafici e esportare un file con le coordinate della superficie critica.



Quali futuri sviluppi per il codice SSAP....



EVOLUZIONE futura di SSAP2010 e aree di sviluppo :

- **INTERFACCIA UTENTE** (per tenere il passo con la evoluzione Sistemi operativi)
- **METODI DI CALCOLO:** possibili miglioramenti e nuove opzioni per migliorare ancora la stabilità numerica e i filtri post-processing.
- **MOTORI DI RICERCA:** nuove opzioni e ottimizzazioni
Nuovo MOTORE DI RICERCA BASATO SU GLOBAL OPTIMIZATION E GENETIC ALGORITHMS (GIA IN USO NELLA ESPLORAZIONE DELLO SPAZIO (F_s0, λ_0) in SSAP e nel software Decolog 6.0(www.decolog.org) (autore L. Borselli)
- **Miglioramento GRAFICI E OUTPUT GRAFICO RISULTATI:** mappe F_s , e DXF e rendering in GNUPLOT in evoluzione
- **REVISIONE/ESTENSIONE REPORTING** (es. per i pali e terre armate e tiranti su suggerimento di alcuni utenti..)
- **SITO WEB:** aggiornamento continuo
- **MANUALE UTENTE:** aggiornamento continuo

SVILUPPI recenti..

- **Back analysis Montecarlo per sistemi multistrato (zone in frana) [Prococollo gia' Operativo]**
- **Analisi approfondita indici e forze di mobilizzazione palificate per ausilio progettazione [FATTO !]**
- **Analisi approfondita indici e forze di mobilizzazione tiranti per ausilio progettazione [FATTO !]**
- **Analisi approfondita indici e forze di mobilizzazione terre armate per ausilio progettazione [FATTO !]**
- **Integrazione completa sistema di calcolo con effetti wiremesh ancorate (reti in aderenza) in pendii in roccia [FATTO !]**
- **VARIE E EVENTUALI SUGGERITE DAGLI UTENTI !! (*come è sempre stato..*) : la lista è corposa...!**

Progetto no-profit per la divulgazione di SSAP2010

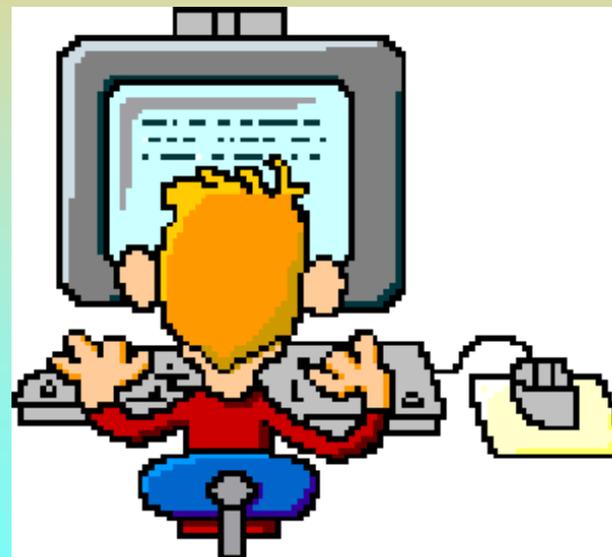
Informazioni su www.ssap.eu/corsi.html

Tipo di corso CORSO	Data e Luogo	ENTITA' ORGANIZZATRICE	durata (ore)	crediti APC (dal 2014 con la nuova normativa)	Download documenti PDF del corso
Corso base	10-11 dicembre 2010 (La Spezia)	Ordine dei geologi della Liguria	12	12	programmazione
Corso base	10-20 maggio 2011 (Firenze)	Fondazione dei Geologi della Toscana	14	14	programmazione
Corso Base	21-22 gennaio 2013 (Firenze)	Fondazione dei Geologi della Toscana	13	13	programmazione
Corso Avanzato	24-25 gennaio 2013 (Firenze)	Fondazione dei Geologi della Toscana	12	12	programmazione
Seminario Generale	25 gennaio 2013 (Perugia)	Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica - CNR-IRPI	8	-	programmazione presentazione PDF
Corso Base	12-13 Giugno 2013 (Bari)	Ordine degli Ingegneri della provincia di Bari	14	-	programmazione
Corso Base	14-15 Giugno 2013 (Bari)	Ordine dei Geologi della Puglia	14	14	programmazione
Seminario	21-gennaio 2014 (Bari)	Dipartimento di Ingegneria Civile, Politecnico di Bari seminario a invito organizzato dalla Prof.ssa Ing. Federica Cotecchia	3	-	presentazione PDF
Corso Base	10 Aprile 2014 (Bari)	Ordine dei Geologi della Puglia	8	8	programmazione
Corso Avanzato	11-12 Aprile 2014 (Bari)	Ordine dei Geologi della Puglia	14	14	programmazione
Corso Base	14-15 Aprile 2014 (Potenza)	Ordine dei Geologi della Basilicata	14	14	programmazione
Corso Base	23-24 Giugno 2014 (Pescara)	Ordine dei Geologi dell'Abruzzo	14	14	--
Corso Base	25-26 Giugno 2014 (Lucera (FG))	Ordine dei Geologi della Puglia	14	14	programmazione

Tabella corsi precedenti

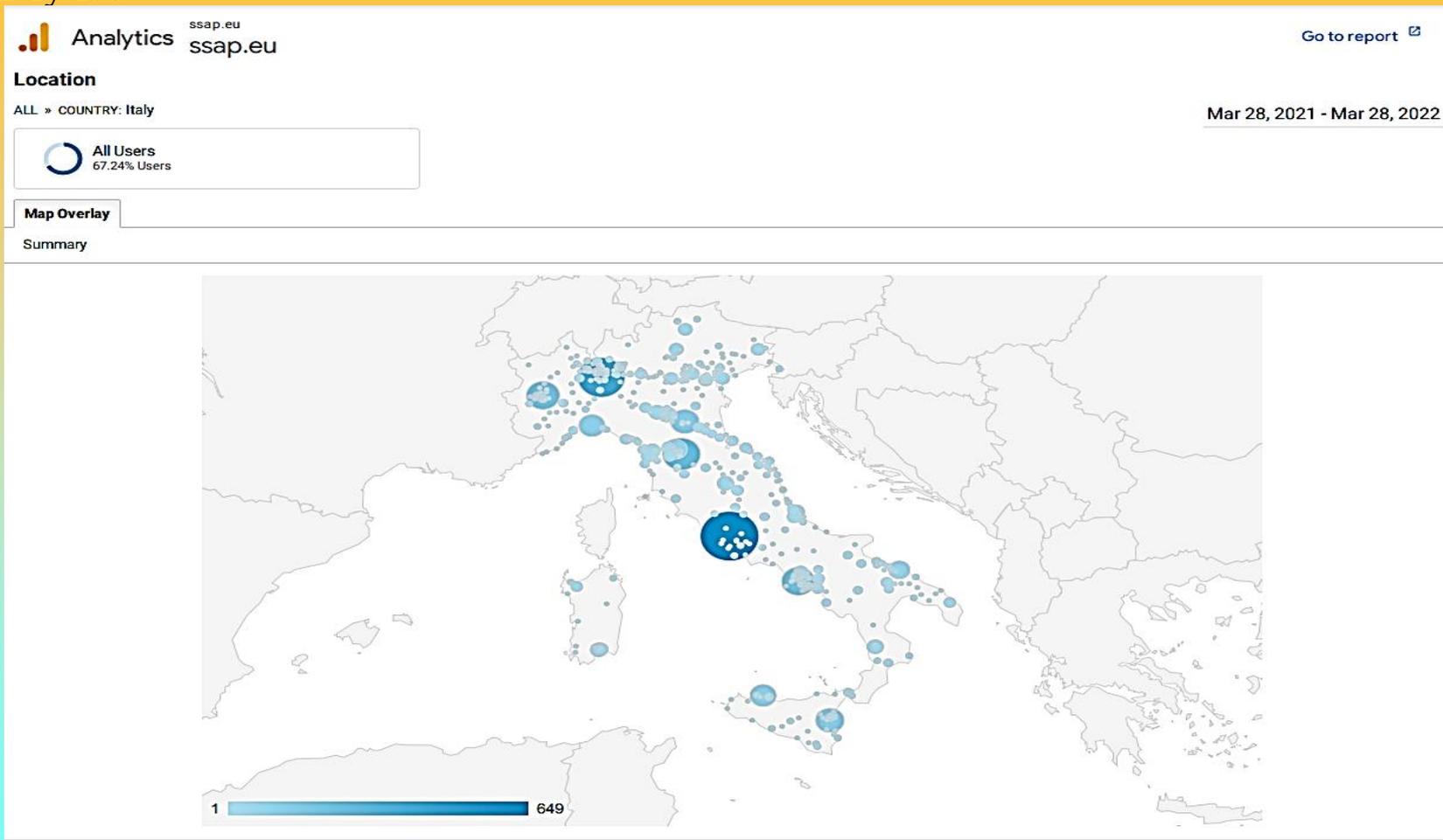


Corsi e seminari a invito in Italia dal 2010



Distribuzione geografica in italia flusso di visitatori (ultimo anno)

Statistics by
Google Analytics



**Circa 10000
accessi e
Circa 5000
Downloads del
software
In un anno**

Il numero di visitatori e' associato al diámetro dei cerchi e alla intensita' di colore

Validazione codice SSAP SSAP2010...

**Documento di Validazione
del codice SSAP**

(versione 1.4 del 16/06/2019)

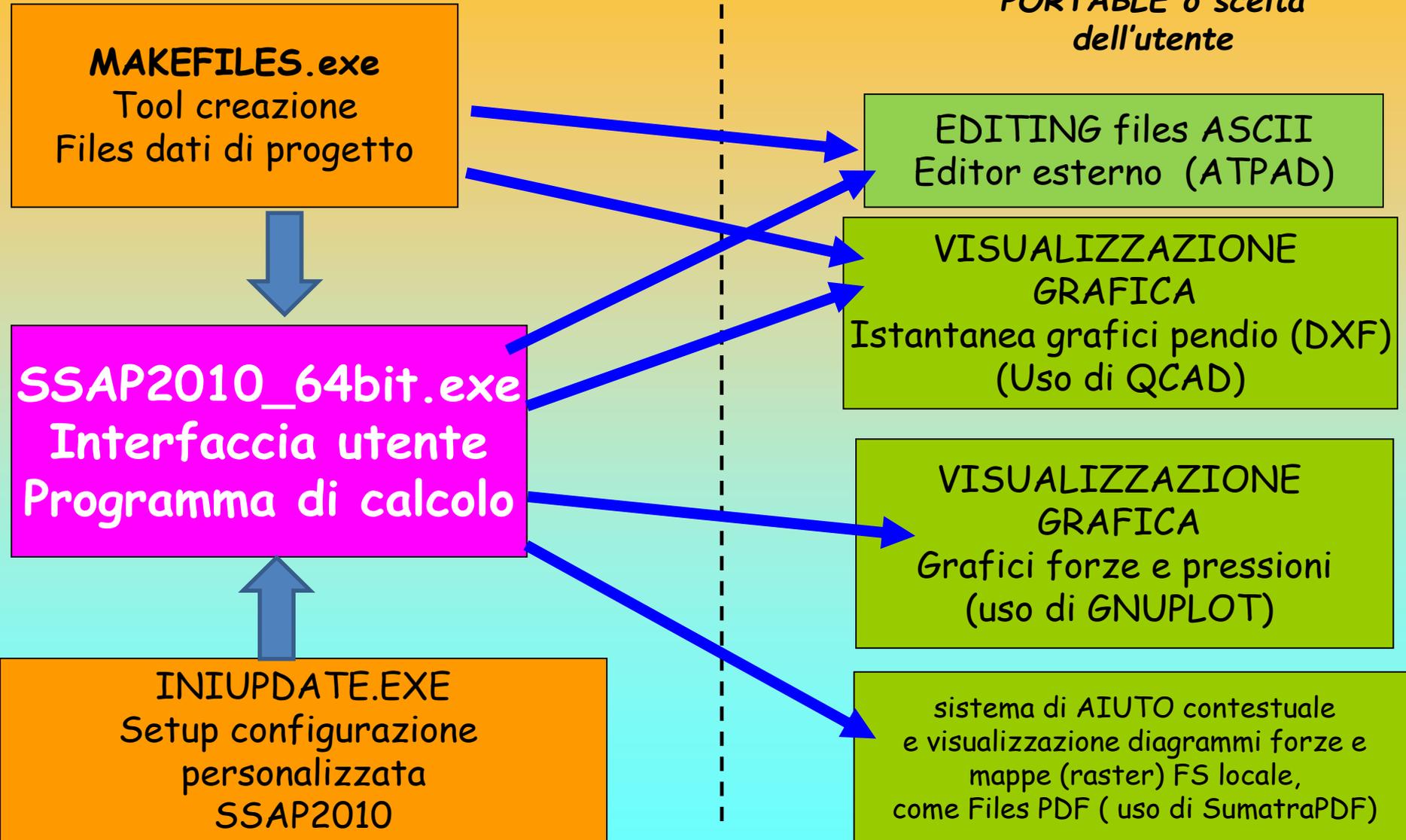
Documento in formato PDF(7.2 MB)

Struttura del software

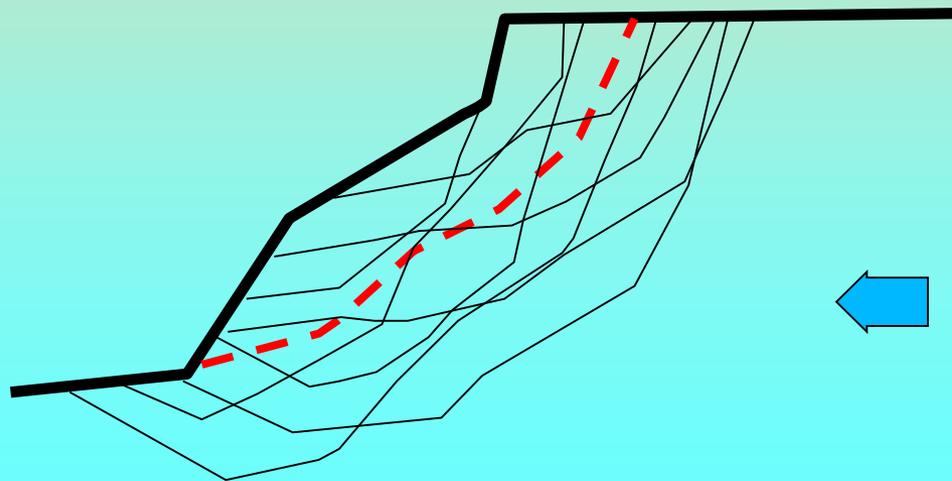
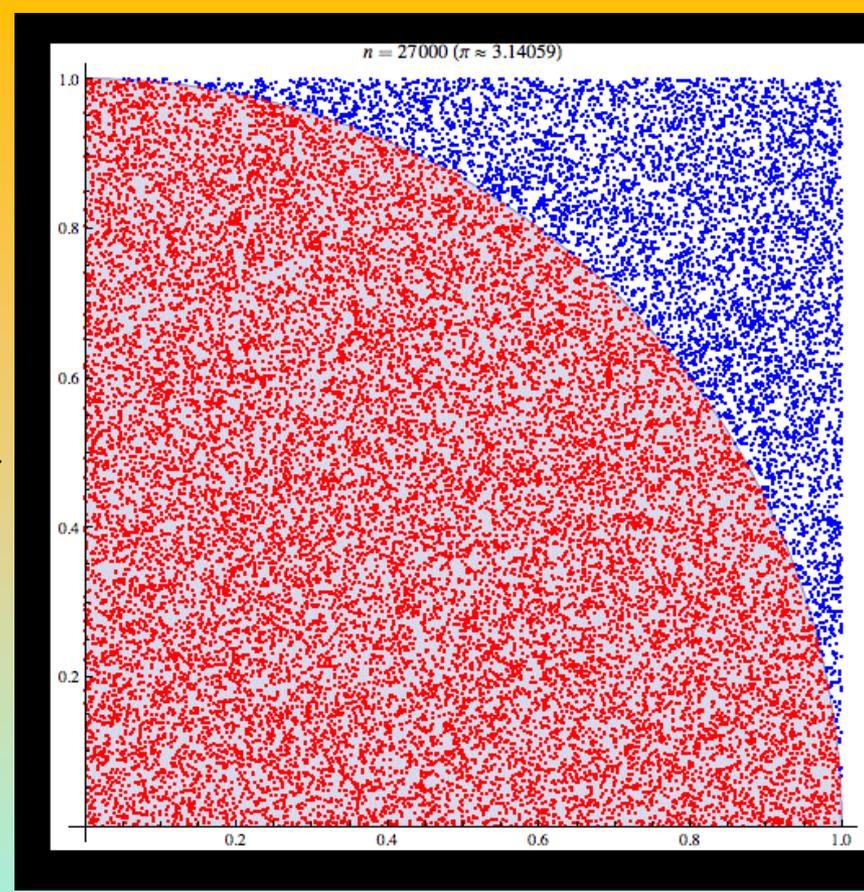
SSAP 2010 (rel. 5.1)

software SSAP2010

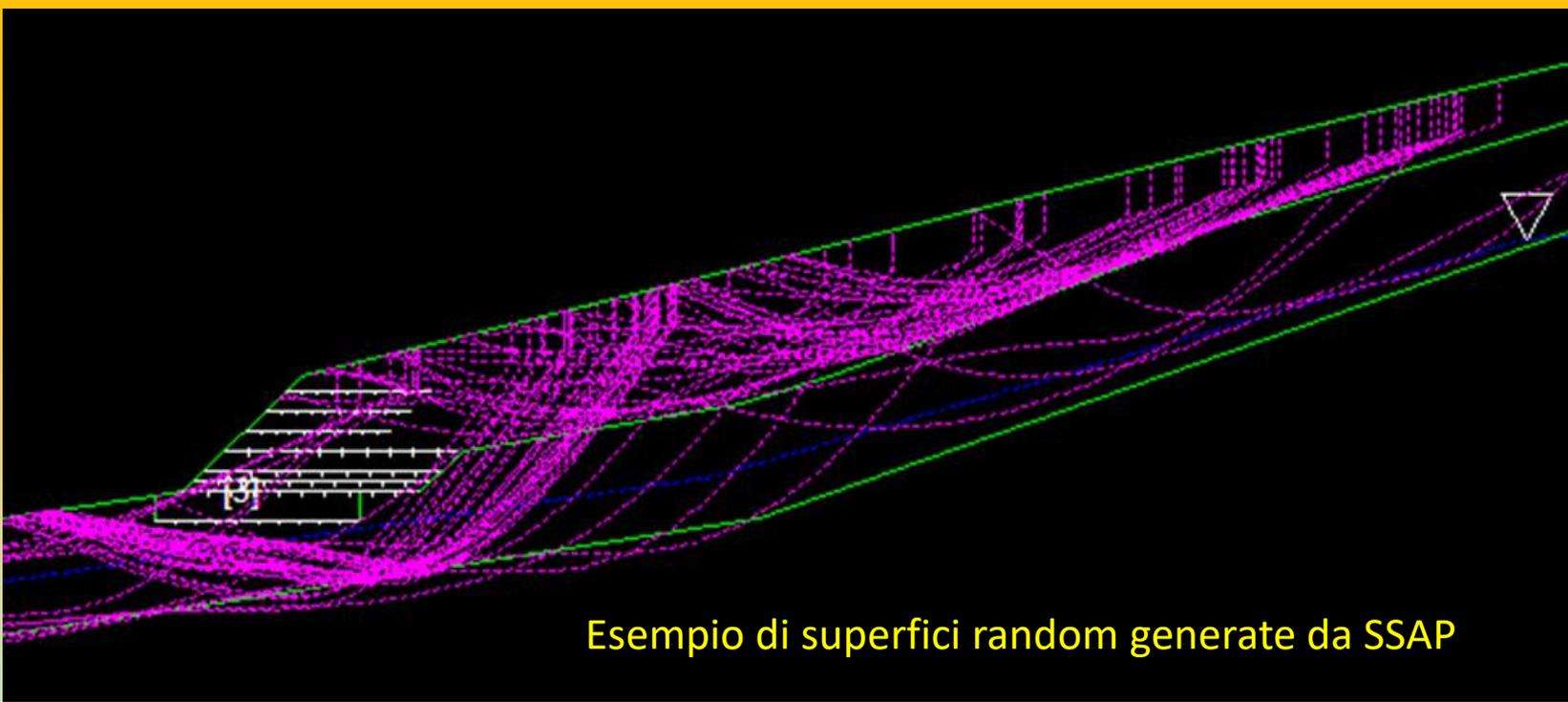
Programmi esterni
(freeware), preimpostati
nella versione
PORTABLE o scelta
dell'utente



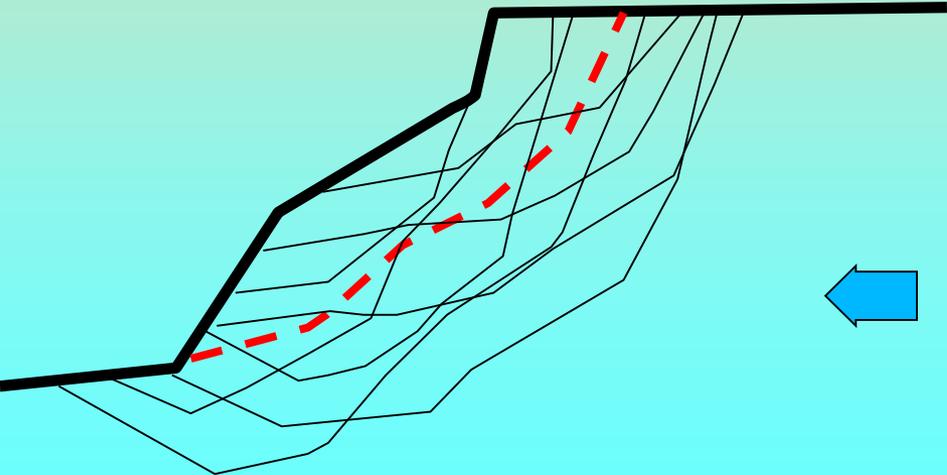
Monte Carlo method applied to approximating the value of π . After placing 30000 random points, the estimate for π is within 0.07% of the actual value. Simulazione animata su: https://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method



In maniera similare si possono generare infinite superfici con tecnica Montecarlo applicata alla stabilita' dei pendii

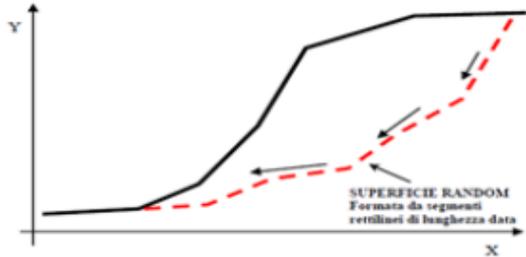


Esempio di superfici random generate da SSAP



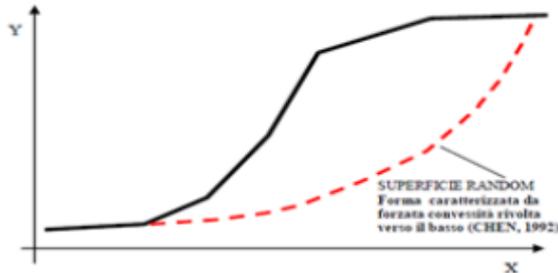
In maniera similare si possono generare infinite superfici con tecnica Montecarlo applicata alla stabilita' dei pendii (Siegel et al. 1981)

•4 motori di ricerca superfici random - dettagli



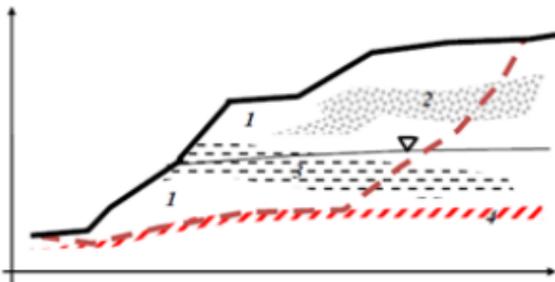
RANDOM SEARCH

Non fa assunzioni preliminari sulla forma delle superfici di scivolamento. I modelli di generazione delle superfici si rifanno parzialmente al modello classico di SIEGEL et al. (1981) che è praticamente un modello di tipo 'Monte Carlo' cioè basato sulla generazione di una distribuzione di numeri casuali, da utilizzarsi per produrre una serie di superfici random.



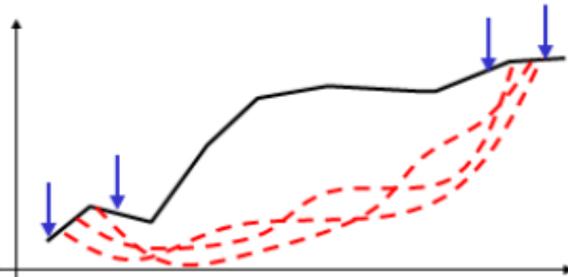
CONVEX RANDOM SEARCH

Questa tecnica segue una strategia diversa proposta da CHEN (1992) che consiste nel forzare la generazione di superfici aventi forme con convessità rivolta verso il basso. Anche questo è un modello di tipo 'Monte Carlo' cioè basato sulla generazione di una distribuzione di numeri casuali, da utilizzarsi per produrre una serie di superfici random



SNIFF RANDOM SEARCH – *Il método più potente e innovativo...*

Il metodo si basa sulla strategia che tende a massimizzare, durante la generazione di superfici random, il passaggio negli strati che hanno le caratteristiche di resistenza più scadenti. Il metodo Sniff Search permette di "sentire" durante la generazione delle superfici quali sono i livelli o le inclusioni o gli strati più deboli incontrati, e quindi tenta, in via preferenziale, di passare in essi.



NEW RANDOM SEARCH – *Il método nuovo...*

Non fa assunzioni preliminari sulla forma delle superfici di scivolamento. Ma è particolarmente ottimizzato per generare superfici che hanno degli intervalli di inizio e soprattutto di terminazione molto stretti, indicati dall'utente.

•4 motori di ricerca superfici random - criteri di scelta

RANDOM SEARCH

Vantaggi: rapido e buono in caso di complessità stratigrafica e strutture. Di uso generale.

Svantaggi: non sempre efficiente nella individuazione della superficie con il minimo Globale di FS

Sempre Indicato in: casi di stratigrafia con incremento marcato di Φ' con la profondità

CONVEX RANDOM SEARCH

Vantaggi: rapido e di utilizzo generale anche in ammassi rocciosi

Svantaggi: casi di stratigrafia con incremento marcato di Φ' con la profondità, o miglioramento marcato qualità dell'ammasso rocciosi con la profondità.

Sempre Indicato in: pendii con maggiore isotropia stratigrafica

SNIFF RANDOM SEARCH

Vantaggi: gestione di complessità stratigrafica e strutture.

Svantaggi: richiede molte più risorse di calcolo.

Sempre Indicato in: casi di pendii in roccia e con discontinuità, casi di strati e lenti molto sottili, casi di marcata anisotropia (orizzontale e verticale) stratigrafica

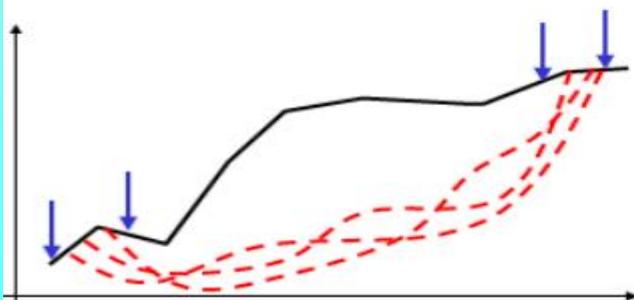
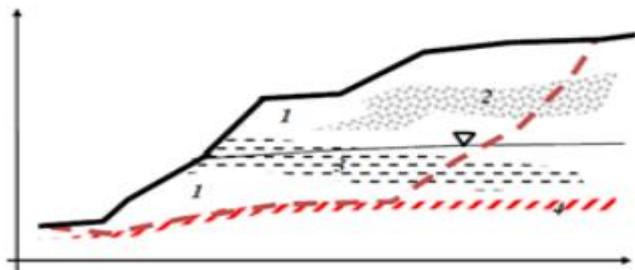
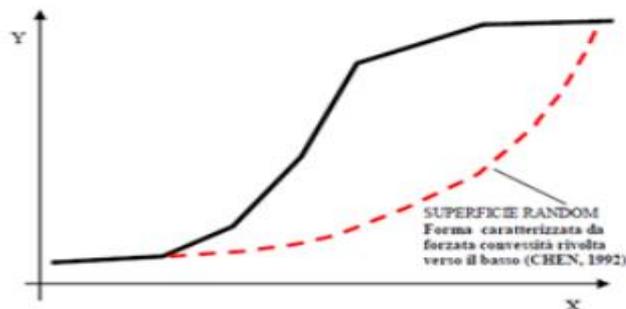
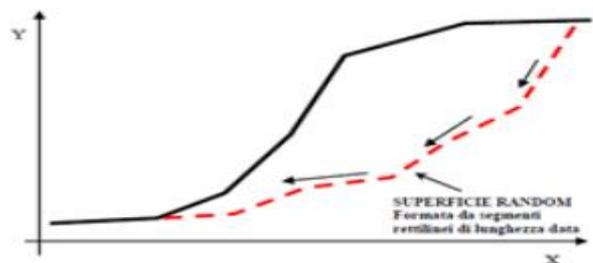
NB: Può operare in modalità sia CONVEX che NO-CONVEX

NEW RANDOM SEARCH

Vantaggi: rapido in caso di complessità stratigrafica e strutture. Di uso generale.

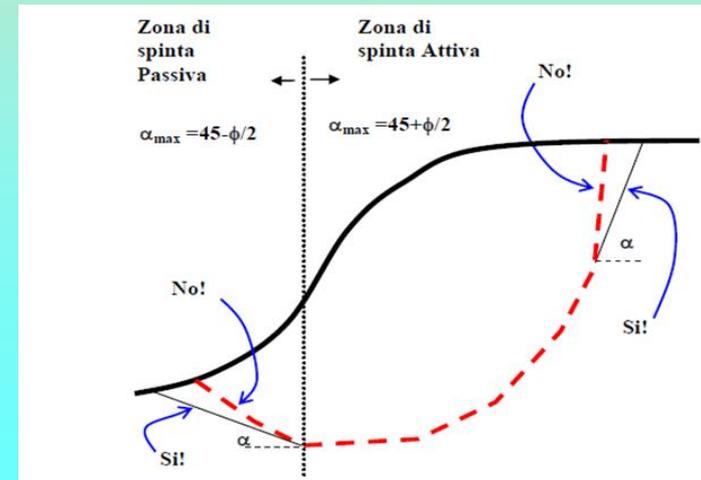
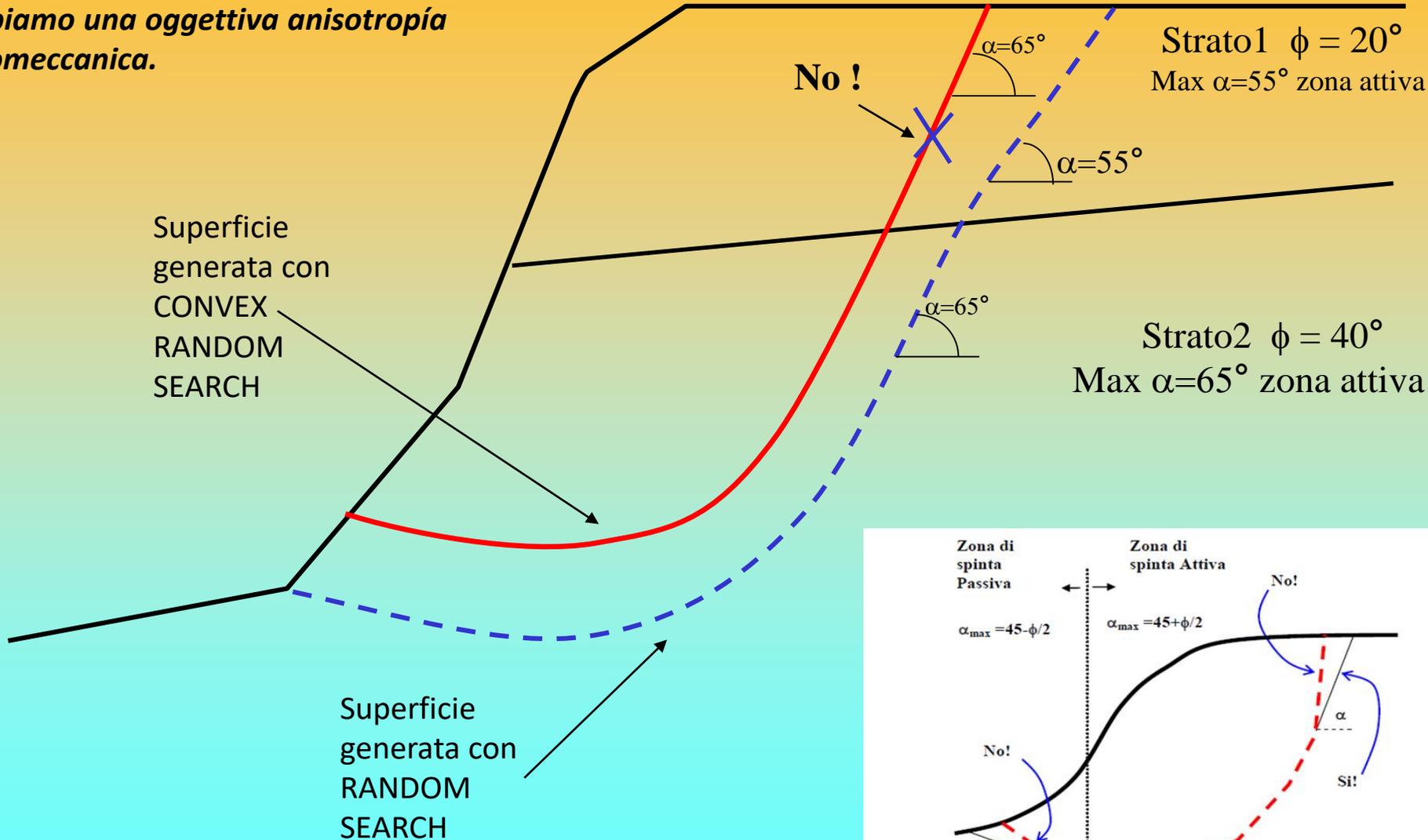
Svantaggi: non sempre efficiente nella individuazione della superficie con il minimo Globale di FS

Sempre Indicato in: casi con necessità di effettuare ricerche con zone terminazione molto strette.



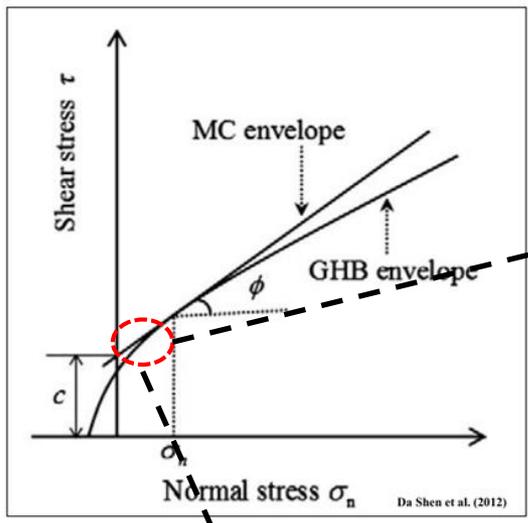
OSSERVAZIONI sui MOTORI DI RICERCA:

E' conveniente testare piu' motori di ricerca sullo stesso pendio, qualora abbiamo una oggettiva anisotropia geomeccanica.



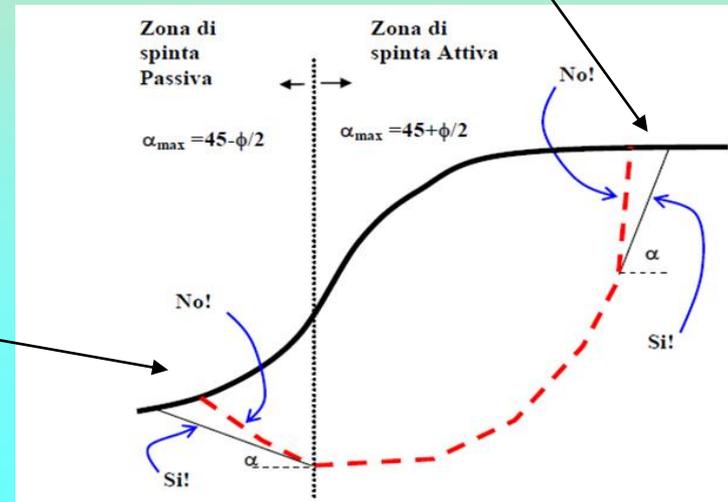
OSSERVAZIONI sui MOTORI DI RICERCA:

Caso di ammassi rocciosi e
criterio di rottura GHB, JRC



Superficie
RANDOM

Perche non possono essere considerate
superfici sempre perfettamente circolari...



Modello del pendio : 6 criteri di rottura implementati

Criterio di rottura lineare Mohr-Coulomb (terreni sciolti):

- **Tensioni efficaci** ϕ', c'
- **Tensioni Totali** - C_u (resistenza al taglio cond. non drenate)

Criterio di rottura Non Lineare generalizzato, Hoek & et al. (2002,2006)
(*ammassi rocciosi fratturati* - dominio isotropo - CONTINUO)

- **Tensioni efficaci** - ϕ', c' **equivalenti** calcolati a partire da parametri geomeccanici ammasso roccioso (GSI, UCS, m_i, D)

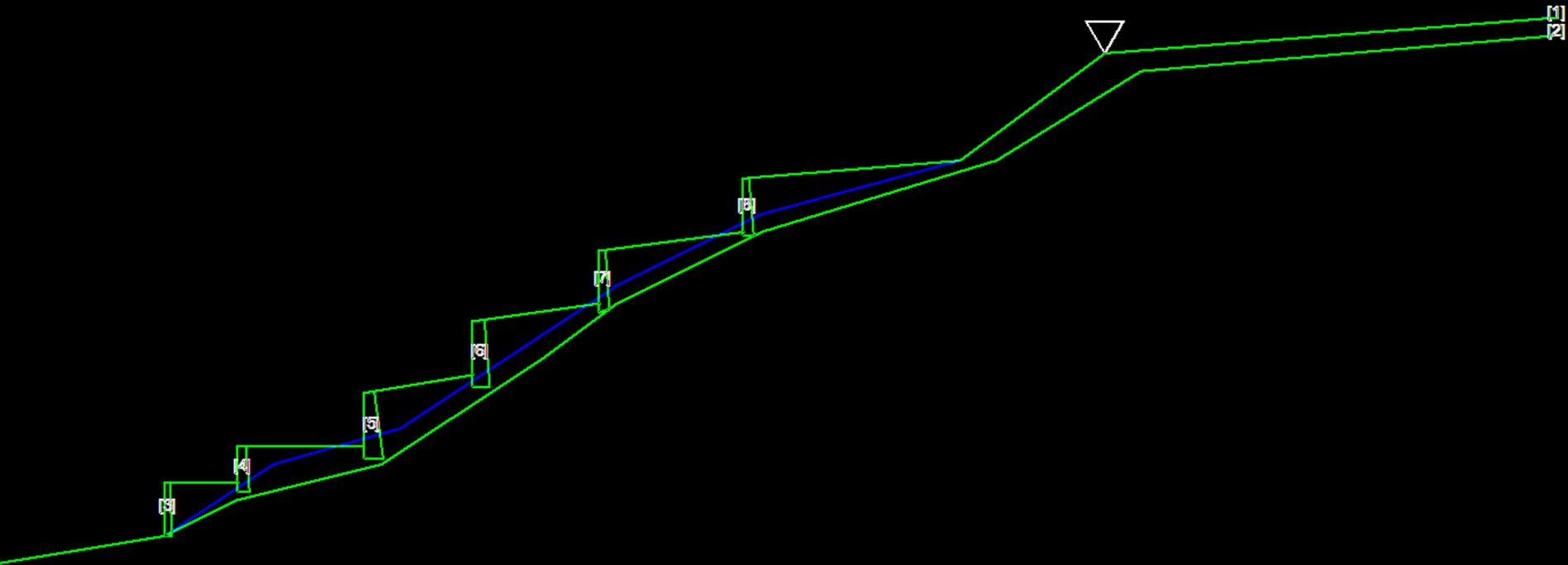
Criterio di rottura Non Lineare, Barton Bandis (1990) (discontinuita' in
ammassi rocciosi - dominio anisotropo - DISCONTINUO)

- **Tensioni efficaci** - ϕ', c' **equivalenti** sulla discontinuita' calcolati a partire da parametri geomeccanici ammasso roccioso ($J_{rc}, UCS, \beta, L \dots$ etc.)

Criterio di rottura Lineare per Liquefazione dinamica e statica , Olson e Stark (2003)

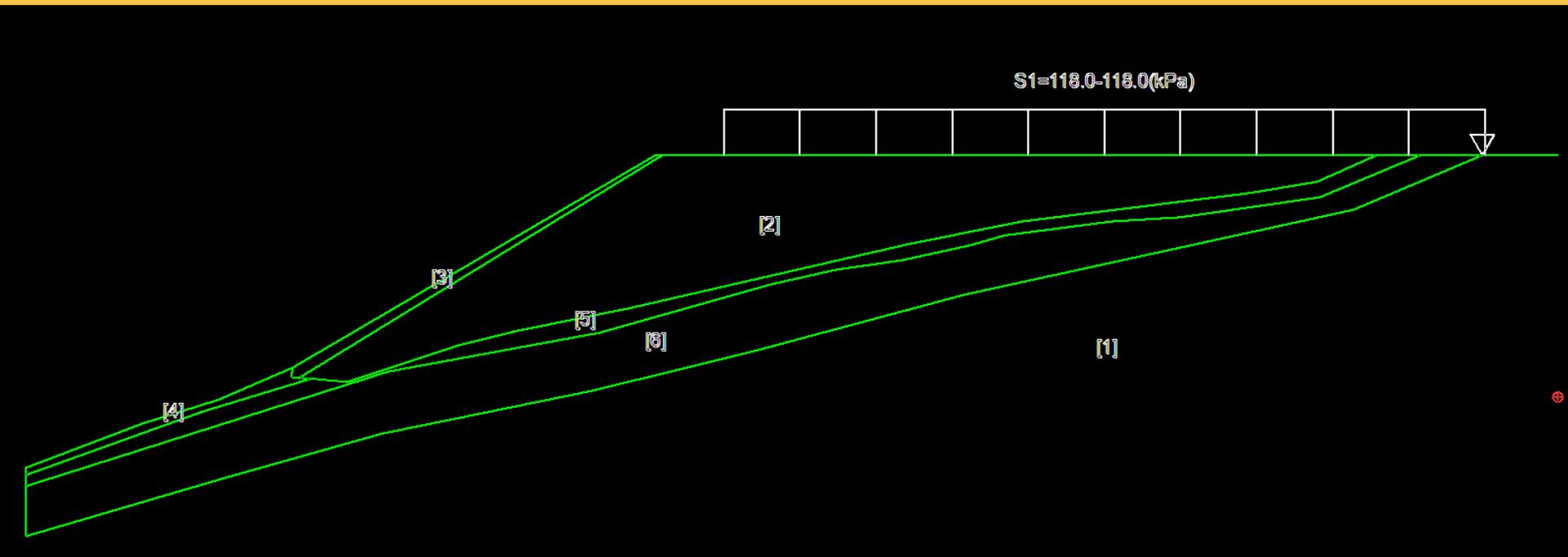
- **Tensioni Totali** - C_u (equivalenti con non drenate , res . Al taglio post-liquefazione totale)
- **Tensioni efficaci** - ϕ', c' (in caso di Liquefazione parziale, con incremento U_0)

Studio e pratica su un esempio di pendio terrazzato con muri a secco su deposito colluviale saturo (suolo residuale) su ammasso roccioso. (caso particolare dei muri a secco) :



Cartella ..\pendii\esempi corso base\Terraces_examples

Studio e pratica su un esempio rilevato in pendio con sovraccarico :



Cartella ..\pendii\esempi corso base\casucc4

11 Video con esempi pratici uso SSAP Su YOUTUBE.COM

Canale:

LORENZO BORSELLI

https://www.youtube.com/channel/UCcOmf_OHXWIDr9oXvS6X7fw

VIDEO SU CANALE YOUTUBE : [LORENZO BORSELLI](#)

(cliccare sui collegamenti successivi per attivare la visualizzazione su www.youtube.com direttamente dal Browser che avete attivato per la navigazione internet)

Esempio completo di verifica di stabilita'- [Video 1](#) (15:32 min)

Esempio di salvataggio e caricamento impostazioni di verifica - [Video 2](#) (5:37 min)

Esempio di importazione di superfici da file DXF - [Video 3](#) (20:12 min)

Confronto tra SSAP 32 bit e SSAP 64 bit - [Video 4](#) (5:31 min)

SSAP Versione 4.7.2 del 19 marzo 2016 - [Video 5](#) (14:30 min)

Esempio di editazione di un file .GEO nel corso di una verifica - [Video 6](#) (4:47 min)

Sono sempre le sole superfici circolari quelle con minor FS ?? - [Video 7](#) (21:22 min)

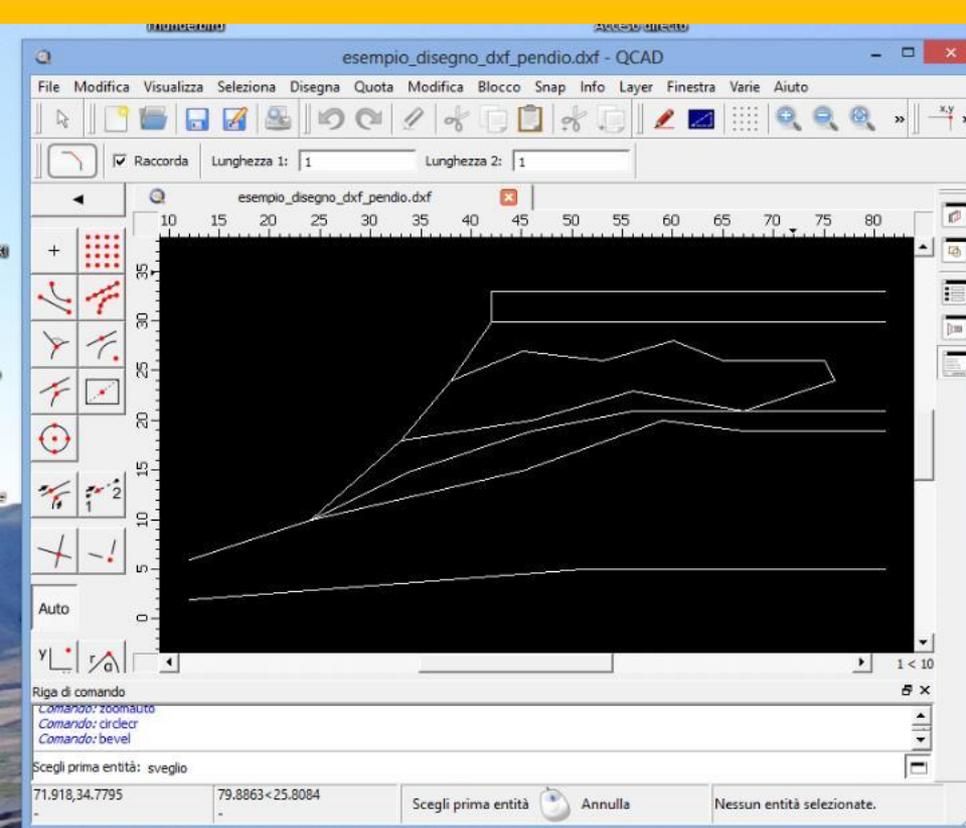
Pagina WEB di SSAP - [Video 8](#) (19:33 min)

Errori comuni in ssap e loro soluzione - [Video 9](#) (17:46 min)

Gli strumenti di sviluppo di SSAP2010 - [Video 10](#) (15:52 min)

SSAP 4.9.8 - Parte 1: introduzione - [Video 11](#) (30:06 min)

Lista completa su: <https://www.ssap.eu/videos.html>



Crea file dati superfici Strati

INSERIMENTO COORDINATE
 GENERATO MODO a 12 SUR a 3

Coordinate nodo superficie (in m)

Coordinate X nodo: 0,00

Coordinate Y nodo: 0,00

14		81,00	30,00
15	##3	-----	-----
16		24,00	10,00
17		45,00	15,00
18		59,00	20,00
19		67,00	19,00
20		81,00	19,00
21	##4	-----	-----
22		12,00	2,00
23		51,00	5,00

Procedura importazione nodi Strati/Falda da DXF

Lista Entita', nel file DXF analizzato, utilizzabili per la importazione (DXF compatibili con versione autocad 14 (2000) e superiori)

Editare questa colonna

N. Entita'	Tipo	Inizia da X	Inizia da Y	Finisce a X	Finisce a Y	N. Nodi	Lente	N. Strato/Falda
1	Polilinea	12	6	81	33	7	NO	1
2	Polilinea	42	30	81	30	2	NO	2
3	Polilinea	24	10	81	19	5	NO	3
4	Polilinea	12	2	81	5	3	NO	4
5	Polilinea	33	18	33	18	12	SI	5
6	Polilinea	12	6	81	21	6	NO	0
7								
8								
9								
10								
11								

Decimale ammessi per esportazione Coordinate nodi: 2

File DXF Analizzato: esempio_disegno_dxf_pendio.dxf

Stato del lavoro: **CONSOLIDATO**

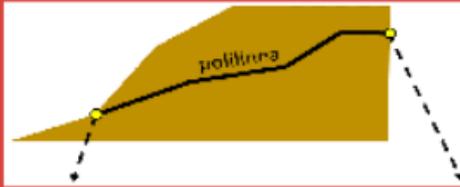
SCANSIONE DXF
 MKFILES 4.0 by L. Borselli (2007,2014)

MKFILES 4.0
by L. Borselli (2007,2014)

procedura per scansione e importazione superfici direttamente da file DXF

Esempio di importazione di superfici da file DXF - Video 3 (20:12 min)
 canale Youtube : **Lorenzo Borselli**

Lista Entita', nel file DXF analizzato, utilizzabili per la importazione (DXF compatibili con versione autocad 14 (2000) e superiori)



Editare questa colonna



N. Entita'	Tipo	Inizia da X	Inizia da Y	Finisce a X	Finisce a Y	N. Nodi	Lente	N. Strato/Falda
1	Polilinea	12	6	81	33	7	NO	1
2	Polilinea	42	30	81	30	2	NO	2
3	Polilinea	24	10	81	19	5	NO	3
4	Polilinea	12	2	81	5	3	NO	4
5	Polilinea	33	18	33	18	12	SI	5
6	Polilinea	12	6	81	21	6	NO	0
7								
8								
9								
10								
11								

Decimali ammessi per esportazione Coordinate nodi

SCANSIONE DXF

File DXF Analizzato: esempio_disegno_dxf_pendio.dxf

Stato del lavoro: **CONSOLIDATO**



consolida assegnazione strati

cancella assegnazione strati

MKFILES 4.0
by L. Borselli (2007,2014)

Vedi DXF



OK



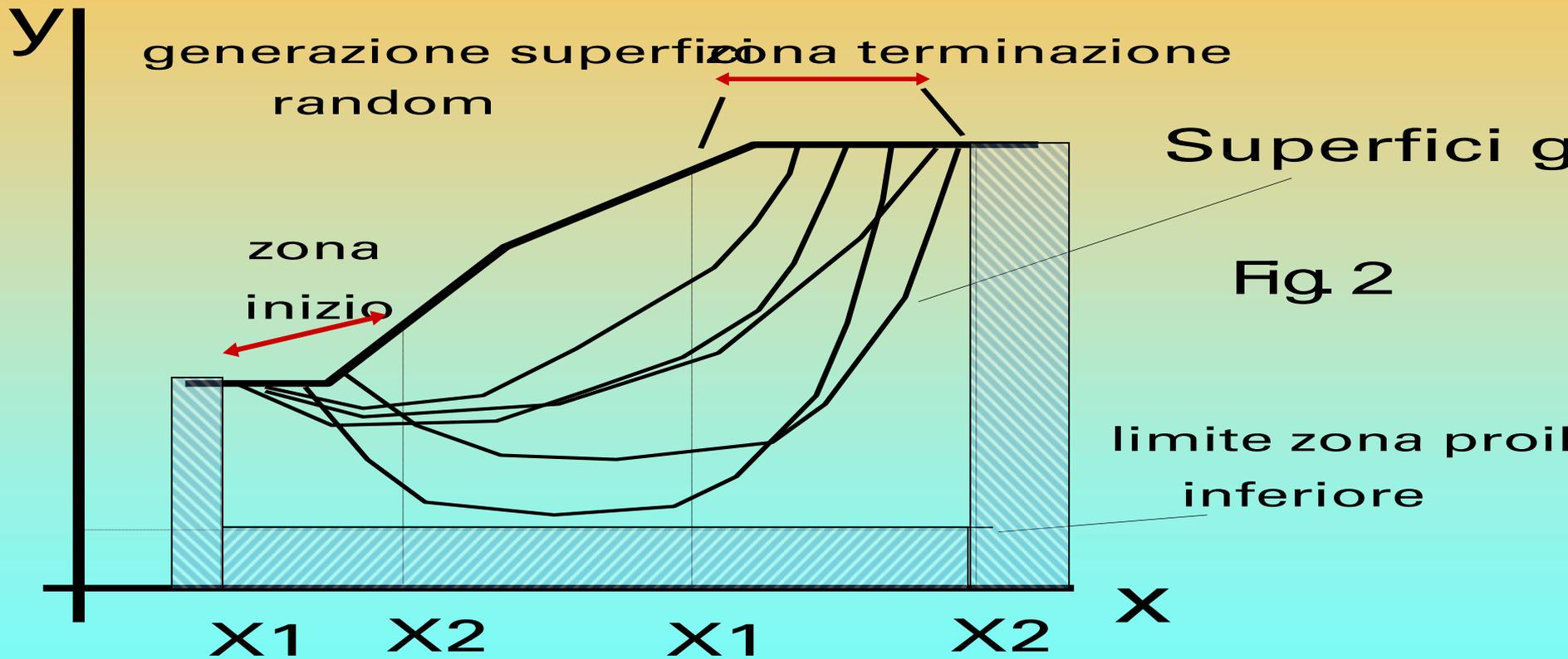
Annulla

procedura per scansione e importazione superfici direttamente da file DXF

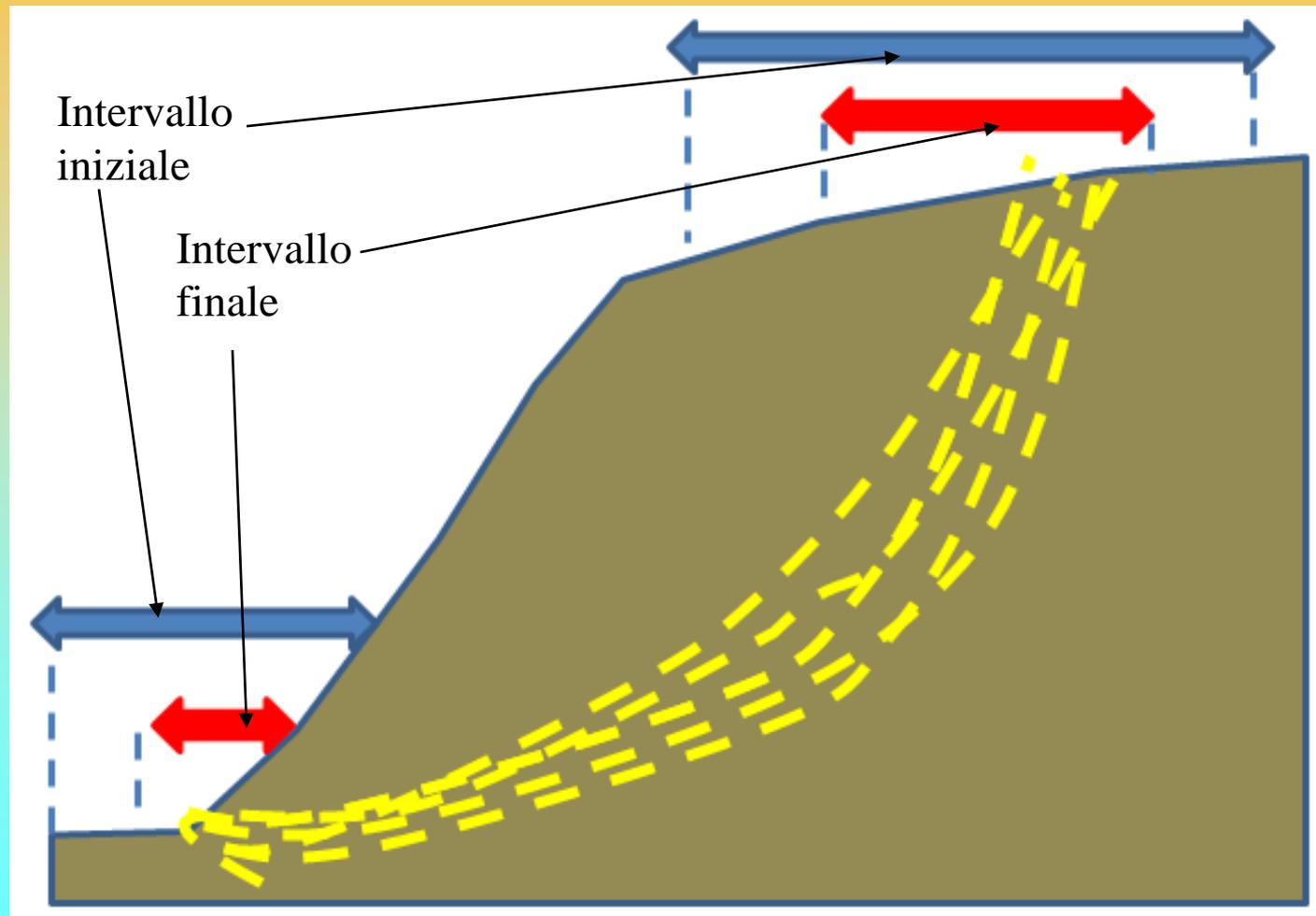
Esempio di importazione di superfici da file DXF - [Video 3](#) (20:12 min)

canale Youtube : **Lorenzo Borselli**

Definizione dell'area di ricerca nelle tecniche random search Montecarlo

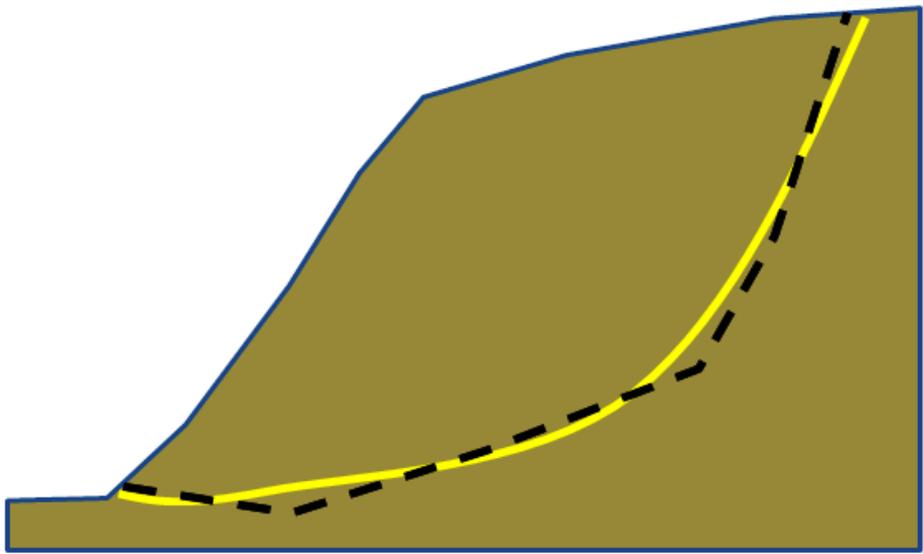


Attrattore dinamico .. Algoritmo che restringe progressivamente l'area di ricerca durante l'analisi. Questa procedura e' preimpostata, ma può essere disattivata. Velocizza in molti casi la identificazione della superficie e della zona critica entro un pendio.

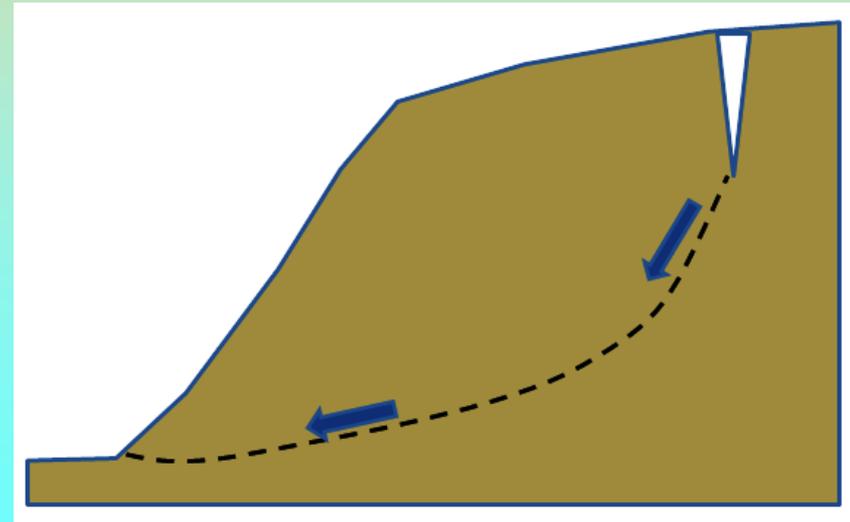


Inoltre

Generatore superficie random
Smussate...



Ricerca automatica superfici
con max profondità Tension cracks



Criterio di controllo delle superfici POST GENERAZIONE

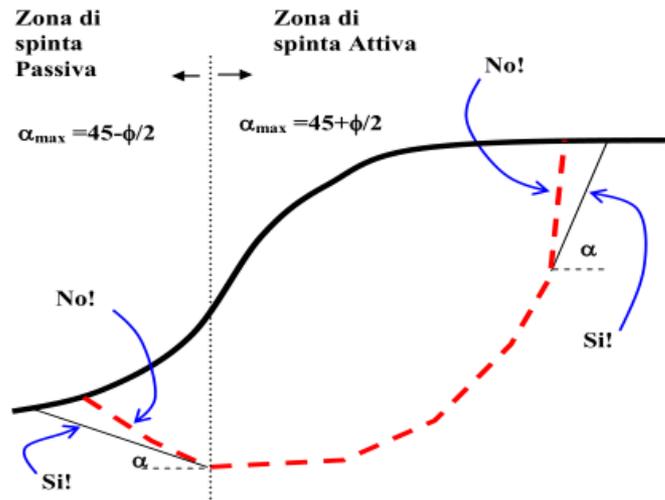


Fig. 2.37a

Il programma SSAP 2010 effettua un controllo stringente su ogni superficie, prima di effettuare i calcoli, e scarta quelle superfici che, anche solo localmente, violano gli angoli di inclinazione limite. Le superfici vengono scartate perché cinematicamente non possibili. In SSAP 2010 il controllo viene fatto automaticamente senza necessità di intervento dell'utente. Questo aspetto innovativo ha incrementato la affidabilità dei risultati.

Un esempio di violazione sistematica della teoria della spinta e rottura delle terre è illustrata nella seguente figura (fig. 2.37b) dove si vede di una struttura in terre armate in rilevato dove si effettua una verifica di stabilità su una superficie circolare che mostra come, sia nella zona di spinta attiva che in quella di spinta passiva, risulti violate i criteri di rottura e gli angoli di pendenza limite precedentemente indicati.

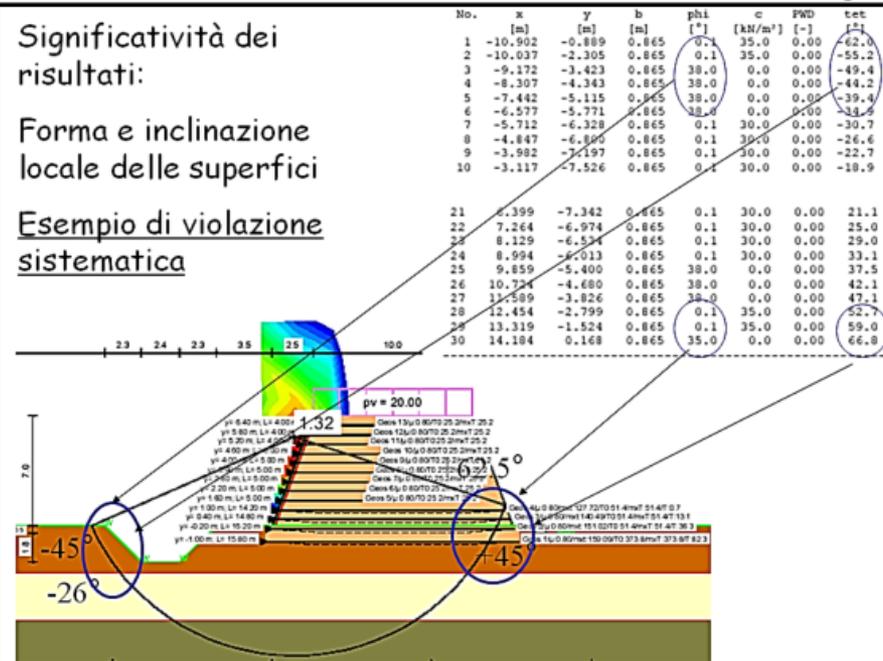


Fig. 2.37b

Criterio di controllo delle superfici POST GENERAZIONE-2

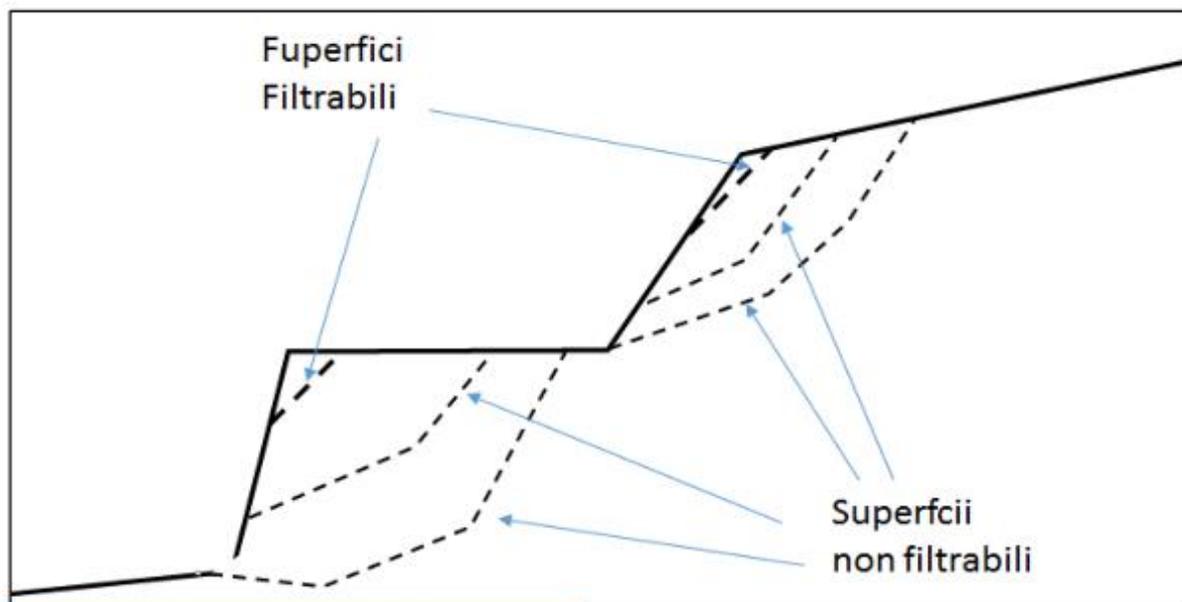


fig. 5.29

Superfici troppo corte; cioè costituite da soli 1-2 segmenti possono non essere rilevanti ai fini di una verifica di stabilità globale dato che possono interessare volumi ridotti del pendio (es. meno di $1m^3$). Normalmente all'avvio del programma questa opzione è attivata.

La scelta di effettuare il filtraggio è talvolta utile quando si hanno pendii con superfici topografiche con piccole gibbosità e irregolarità. Applicando il filtraggio vengono escluse quelle piccole superfici critiche (non significative ai fini della verifica di stabilità) che talvolta vengono identificate in corrispondenza delle piccole irregolarità della superficie topografica (fig. 5.29). A scelta dell'utente il filtraggio può essere disattivato

Metodi di calcolo di FS - confronto Metodi che garantiscono



$$\sum V_i = 0 \quad \sum M_i = 0$$

$$\sum H_i = 0$$

Una Analisi Comparativa -2

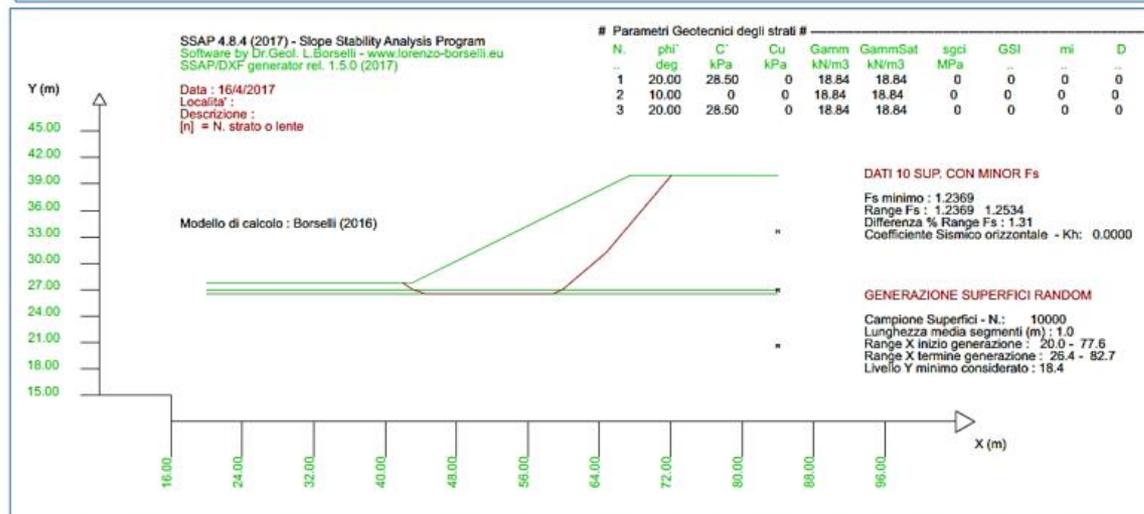


Fig. I.6: Risultato verifica utilizzando motore SNIFF-RANDOM SEARCH con segmenti medi di lunghezza 1m, assenza effetto tension cracks e metodo di calcolo Borselli (2016)

Metodo Borselli (2016) → Fs 1.2369

Metodi di calcolo di FS - confronto
 Metodi che garantiscono



$$\sum V_i = 0 \quad \sum M_i = 0$$

$$\sum H_i = 0$$

Una Analisi Comparativa -3

Tabella I.2. Risultati analisi comparativa tra i vari metodi di calcolo rigorosi.

Tipo modello (gruppo)	Metodo di calcolo	FS	lambda	Differenza % Fs rispetto metodo Spencer
1	Spencer (1973)	1.2365	0.1833	-
2	Borselli (2016)	1.2357	0.1564	-0.06470
2	Morgestern –Price (1965)	1.2374	0.2369	+0.07279
2	Chen-Morgestern (1983)**	1.2373	0.186	+0.06470
1	Sarma I (1973)	1.2237	0.0471	-1.03518
2	Sarma II (1979)	1.2282	0.0446	-0.67125
3	Jambu Rigoroso (1973)*	1.2707	-	+2.7658

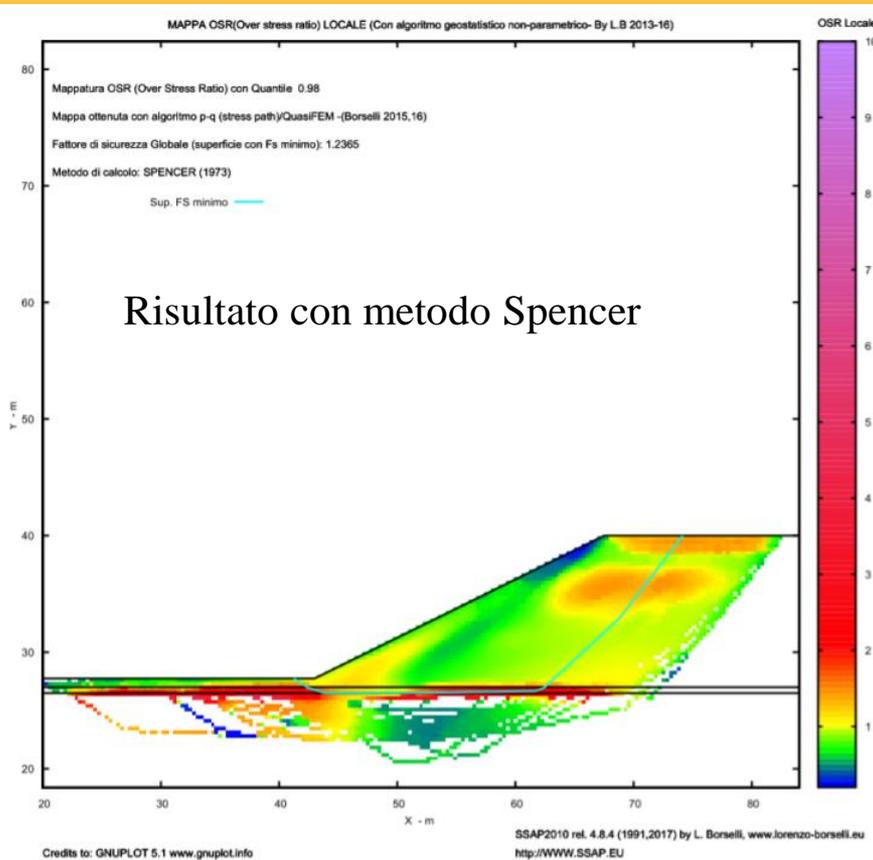
*Note: *il metodo di Janbu rigoroso non fa uso del fattore di scala lambda per la soluzione di FS; **Il metodo di Chen- Morgestern coincide con quello Morgestern-Price nel caso che la pendenza della superficie topografica, agli estremi della superficie di scivolamento, sia uguale a 0 (come nel caso in studio)*

Metodi di calcolo di FS - confronto Metodi che garantiscono Una Analisi Comparativa - 4



$$\sum V_i = 0 \quad \sum M_i = 0$$

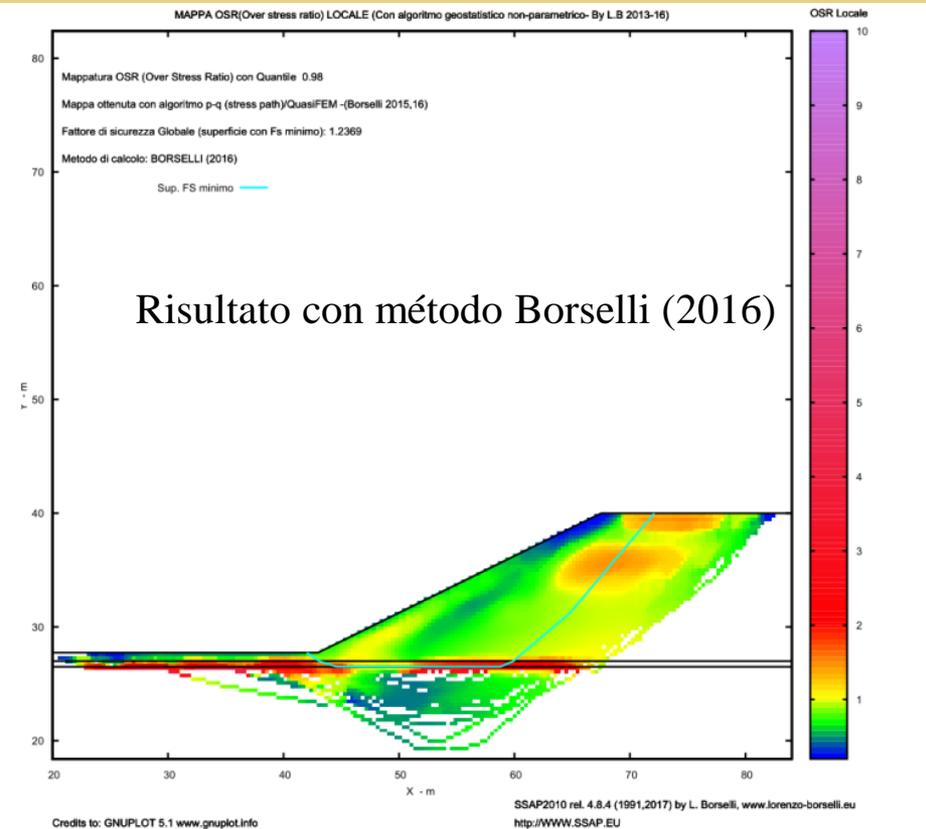
$$\sum H_i = 0$$



Risultato con metodo Spencer

Fig. I.5: Risultato verifica utilizzando motore SNIFF-RANDOM SEARCH con segmenti medi di lunghezza 1m, assenza effetto tension cracks e metodo di calcolo Spencer (1973): mappa del OSR (over stress ratio)

Mappa Over stress ratio (per dettagli vedasi manuale SSAP 4.8.2 Appendice I)

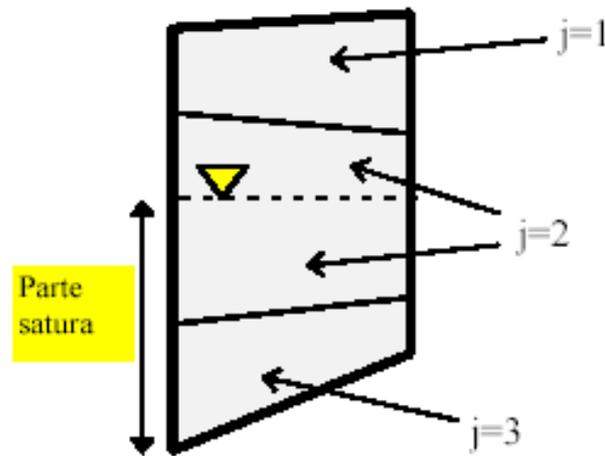


Risultato con metodo Borselli (2016)

Fig. I.8: Risultato verifica utilizzando motore SNIFF-RANDOM SEARCH con segmenti medi di lunghezza 1m, assenza effetto tension cracks e metodo di calcolo Borselli (2016): mappa del OSR (over stress ratio)

Pressioni idrostatiche - pressioni dei pori - pendii sommersi

La pressione interstiziale alla base di ogni concio viene calcolata attraverso il coefficiente della pressione interstiziale alla base di ogni concio, r_{u_i} che viene determinato, nel caso generico di un concio costituito da strati di materiali diversi (fig. 2.3):



$$r_{u_i} = \frac{V_w \gamma_w}{\sum_j V_j \gamma_j} \quad (2.5)$$

dove:

- J indice dello strato che fa parte del concio i -esimo
- V_w Volume della parte di concio satura
- γ_w Peso unitario dell'acqua
- V_j Volume dello strato j che fa parte del concio i -esimo
- γ_j Peso unitario dello strato j (peso unitario sopra falda o peso unitario saturo, se in falda)

Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

Inoltre...

Modulo gestione acquiferi

- falde in pressione
- acquicludi; falde sospese e stati temporaneamente saturi sopra porzioni insature;
- Nel caso di falde in pressione algoritmo, sviluppato in modo originale dall'autore, per simulare la dissipazione progressiva della pressione di pori in prossimità della superficie;
- escludere il calcolo del sovraccarico esterno di masse d'acqua nel caso di porzioni di pendio sommerso. (simulazione di un effetto di svaso rapido in un bacino artificiale);

GESTIONE ACQUIFERI

ACQUIFERI DISATTIVABILI

- Acquifero Strato 1
- Acquifero Strato 2
- Acquifero Strato 3
- Acquifero Strato 4
- Acquifero Strato 5
- Acquifero Strato 6
- Acquifero Strato 7

CARATTERISTICHE FLUIDO



Gamma fluido (kN/m³): 9.81

Coefficiente A: 0

Coefficiente K: 0.00080000

Uo minima (kPa): 0.01

Coefficiente di sovrappressione s: 1.00

Limita Dissipazione a pressione idrostatica

GENERAZIONE MAPPA PRESSIONE FLUIDI

Attivare Mappa Pressioni Fluidi

Dimensione Griglia Mappa Pressioni

Nodi X: 200 X Nodi Y: 200

Unita' di misura

kPa

MPa

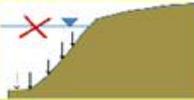
GESTIONE PIEZOMETRICHE

Esclusione sovraccarichi pendii sommersi

Esclusione sovraccarico (come pendio sommerso) entro le progressive:

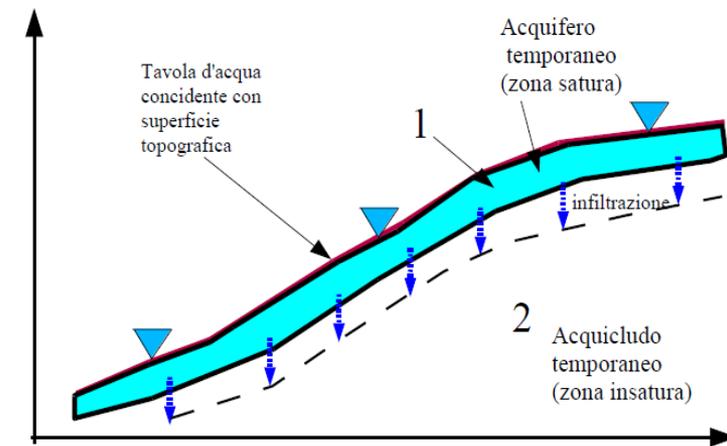
Da (m): 1.00 A (m): 119.74

Attiva effetto memoria pressione dei pori

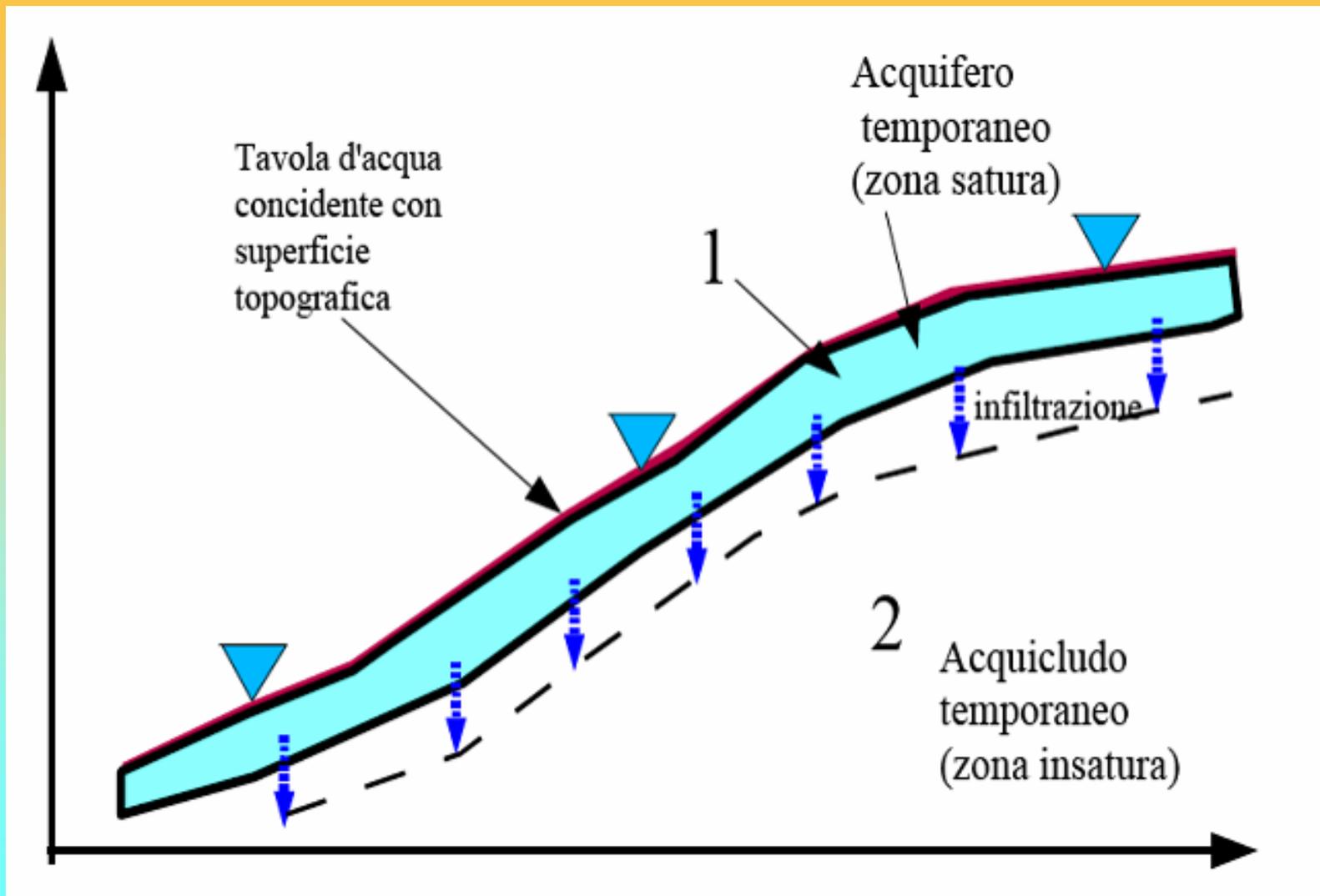


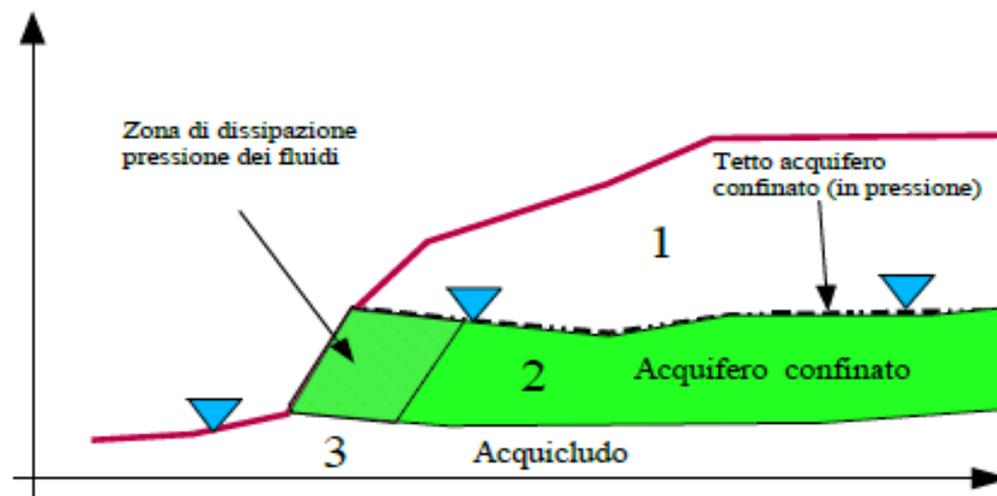
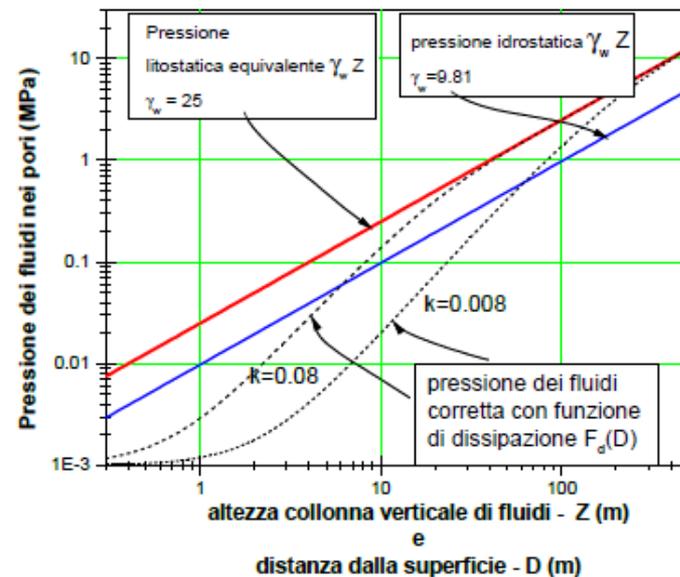
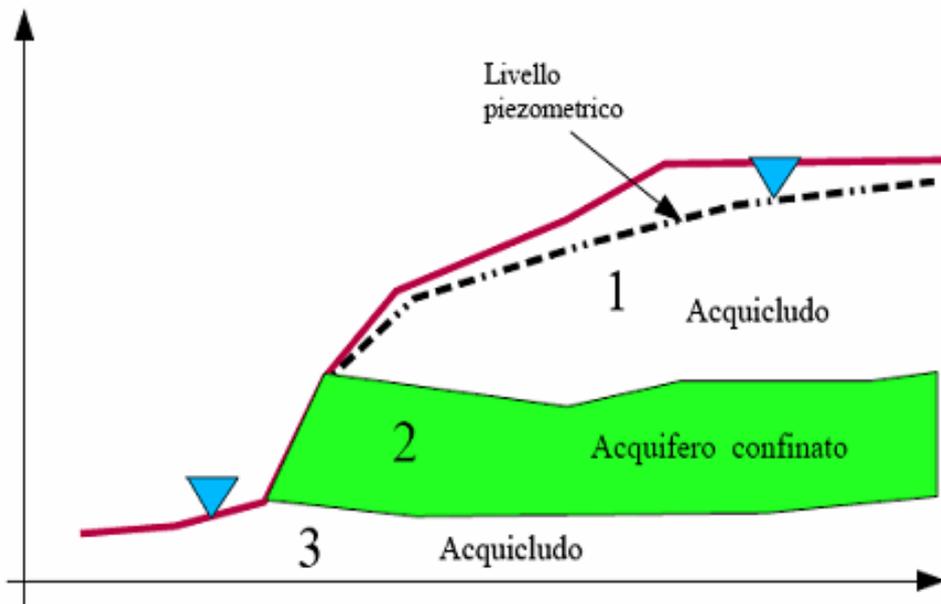
Prima di modificare i valori PRE-IMPOSTATI dal programma delle CARATTERISTICHE DEL FLUIDO ricordarsi che è necessario leggere con attenzione il manuale tecnico del programma. Un utilizzo improprio di queste procedure può portare a importanti effetti sui risultati delle verifiche!!

HELP OK Cancel

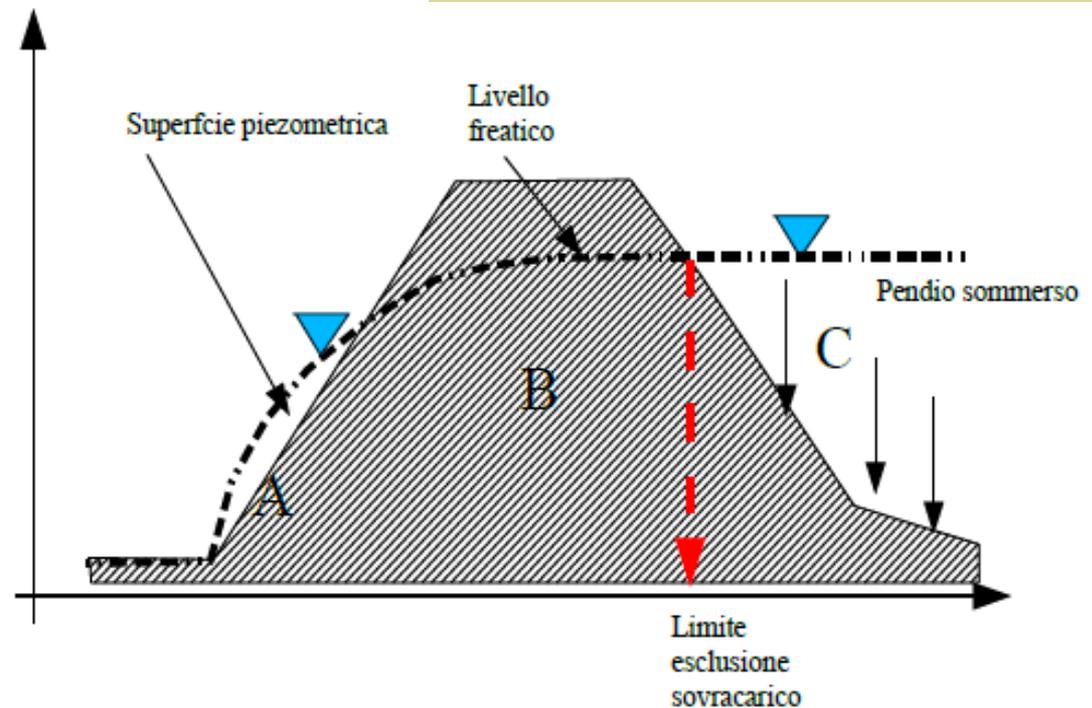
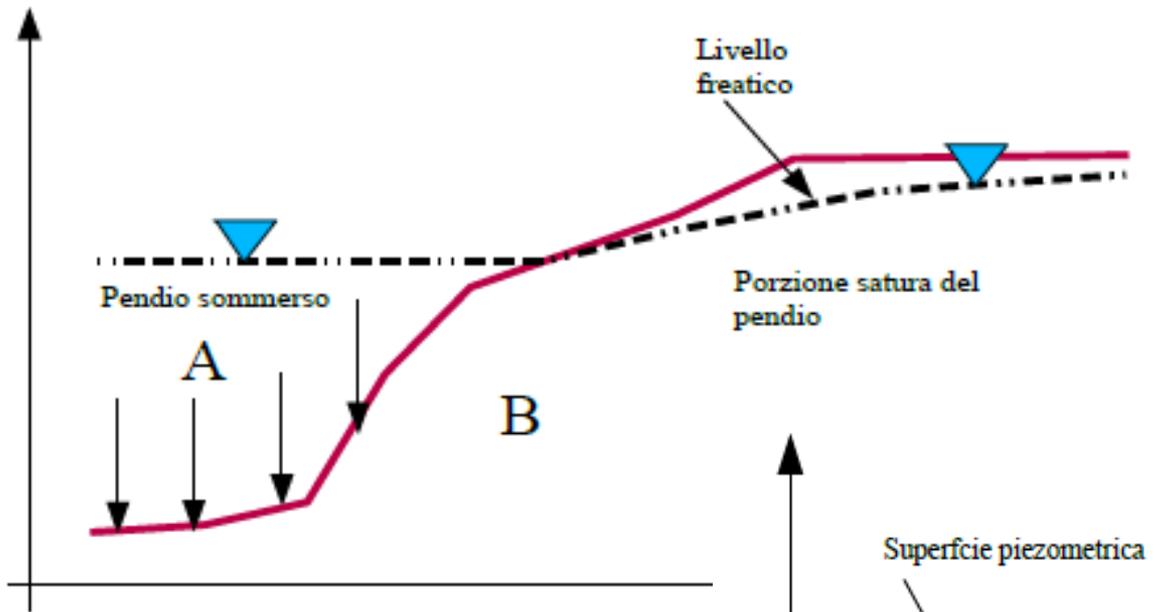


Gestione acquiferi





Gestione acquiferi



Reporting e analisi dei risultati – alcuni moduli presenti nel file di report

yyy.txt - AkelPad

```

File Modifica Visualizza Opzioni Aiuto
# Report elaborazioni #

-----
- SSAP 4.5.0 - Slope Stability Analysis Program (1991,2014)-
  BY
  Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *,**
  *UASLP, San Luis Potosi, Mexico
  e-mail: lborselli@gmail.com
  CV e WEB page personale: www.lorenzo-borselli.com
  ** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2013

-----

File report: E:\ssap2010\pendii\esempi\yyy.txt
Data: 24/9/2014
Localita' :
Descrizione:

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

  __ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m)

  SUP T.      SUP 2      SUP 3
  X          Y          X          Y          X          Y
  0.00      15.00     35.00     25.00     15.00     18.00
  15.00     18.00     60.00     25.00     45.00     10.00
  35.00     25.00     85.00     40.00     75.00     15.00
  50.00     30.00    120.00     45.00    120.00     20.00
  60.00     45.00     -         -         -         -
  80.00     55.00     -         -         -         -
  100.00    57.00     -         -         -         -
  120.00    57.00     -         -         -         -

----- SUP FALDA -----
  X          Y          (in m)
  0.00      15.00
  15.00     18.00
  35.00     25.00
  50.00     30.00
  70.00     35.00
  90.00     37.00
  120.00    40.00
  
```

yyy.txt - AkelPad

```

File Modifica Visualizza Opzioni Aiuto
Coefficiente K      0.000800
Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

          fi'      C'      Cu      Gamm      Gamm_sat      STR_IDX      sgci      GSI      mi      D
STRATO 1      28.00     40.00     0.00     17.00     18.00     3.985     0.00     0.00     0.00     0.00
STRATO 2      0.00      0.00     0.00     22.00     23.00     1.896     15.00    20.00     9.00     0.70
  
```

yyy.txt - AkelPad

```

File Modifica Visualizza Opzioni Aiuto
TIRANTE/ANCORAGGIO N.5

  Coordinata X Testa (m):      80.00
  Coordinata Y Testa (m):      55.00
  Angolo con orizzontale(Gradi): -30.00
  Lunghezza (m):                40.00
  Tensione o Forza (KN/m):      500.00
  % lunghezza cementata (%):    20.00

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----
*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO :      0.00      0.00      0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m):      4.8 (+/-) 50%
RANGE ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax):      0.10      108.10
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin):      0.00
RANGE ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax):      12.10      117.60

*** TOTALE SUPERFICI GENERATE :      4815

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----
METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN & PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.000
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0
durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----
* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Fattore di sicurezza (FS)      1.326 - Min. -      X      Y      Lambda=      0.517
                                32.54     24.14
                                42.11     21.23
                                46.58     19.87
                                51.29     19.81
                                60.04     23.61
                                66.19     26.75
                                70.65     29.04
                                74.42     31.19
  
```

1:1 Ins Win 1252 (ANSI - Latin I)

56:53 Ins Win 1252 (ANSI - Latin I)

11 Video con esempi pratici uso SSAP Su YOUTUBE.COM

Canale:

LORENZO BORSELLI

https://www.youtube.com/channel/UCcOmf_OHXWIDr9oXvS6X7fw

VIDEO SU CANALE YOUTUBE : [LORENZO BORSELLI](#)

(cliccare sui collegamenti successivi per attivare la visualizzazione su www.youtube.com direttamente dal Browser che avete attivato per la navigazione internet)

Esempio completo di verifica di stabilita'- [Video 1](#) (15:32 min)

Esempio di salvataggio e caricamento impostazioni di verifica - [Video 2](#) (5:37 min)

Esempio di importazione di superfici da file DXF - [Video 3](#) (20:12 min)

Confronto tra SSAP 32 bit e SSAP 64 bit - [Video 4](#) (5:31 min)

SSAP Versione 4.7.2 del 19 marzo 2016 - [Video 5](#) (14:30 min)

Esempio di editazione di un file .GEO nel corso di una verifica - [Video 6](#) (4:47 min)

Sono sempre le sole superfici circolari quelle con minor FS ?? - [Video 7](#) (21:22 min)

Pagina WEB di SSAP - [Video 8](#) (19:33 min)

Errori comuni in ssap e loro soluzione - [Video 9](#) (17:46 min)

Gli strumenti di sviluppo di SSAP2010 - [Video 10](#) (15:52 min)

SSAP 4.9.8 - Parte 1: introduzione - [Video 11](#) (30:06 min)

Lista completa su: <https://www.ssap.eu/videos.html>

Applicazione di SSAP2010 in ammassi rocciosi fratturati e rocce tenere e uso del criterio di rottura GSI di Hoek & Brown (2002,2006) e Barton Bandis (1990) per sistemi con discontinuita'

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
Universidad Autónoma de San Luis Potosi -UASLP
Instituto de Geología
Facultad de Ingeniería.
San Luis Potosi, MEXICO
lborselli@gmail.com
lorenzo.borselli@uaslp.mx
<https://www.lorenzo-borselli.eu>

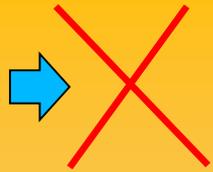


Nella versione 2.9 del codice SSAP è stato introdotto il criterio di rottura pubblicato da Hoek et al. (2002) per la caratterizzazione della resistenza al taglio degli ammassi rocciosi fratturati.

Questo criterio di rottura estende quello tradizionalmente utilizzato per i terreni sciolti (Mohr-Coulomb) e permette di utilizzare il metodo di verifica della stabilità mediante l'equilibrio limite anche in presenza di ammassi rocciosi fratturati, dove è necessario una metodologia che permetta di definire la resistenza al taglio dell'ammasso in termini dei parametri ϕ' e C' .

La metodologia di Hoek che si è evoluta in oltre 25 anni di studi di meccanica e ingegneria delle rocce (Hoek & Bray, 1997; Marinos & Hoek, 2001, Hoek et al.; 2002, 2006) permette attraverso una caratterizzazione delle qualità meccaniche e strutturali dell'ammasso una percorso non ambiguo che porta alla valutazione dei parametri necessari per effettuare una verifica di stabilità dei pendii.

Complessita' stratigrafica e geomeccanica
Influenza di eterogeneita' e discontinuita'

Con questo simbolo le casistiche che SSAP non puo' trattare 

SHALLOW

May be controlled by discontinuity pattern or material deterioration. Often triggered by rainfall, vegetation jacking or vibration



ravelling



rock fall

Da Hencher (2007)

STRUCTURAL

Failure geometry follows pattern of geological discontinuities



planar



complex



topple



wedge

DEEP-SEATED NON-STRUCTURAL

Rock mass is weakened by discontinuities even though they do not fully define the failure geometry



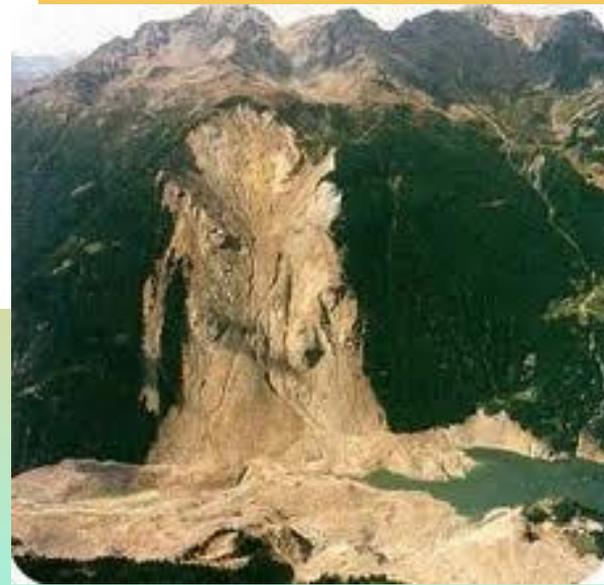
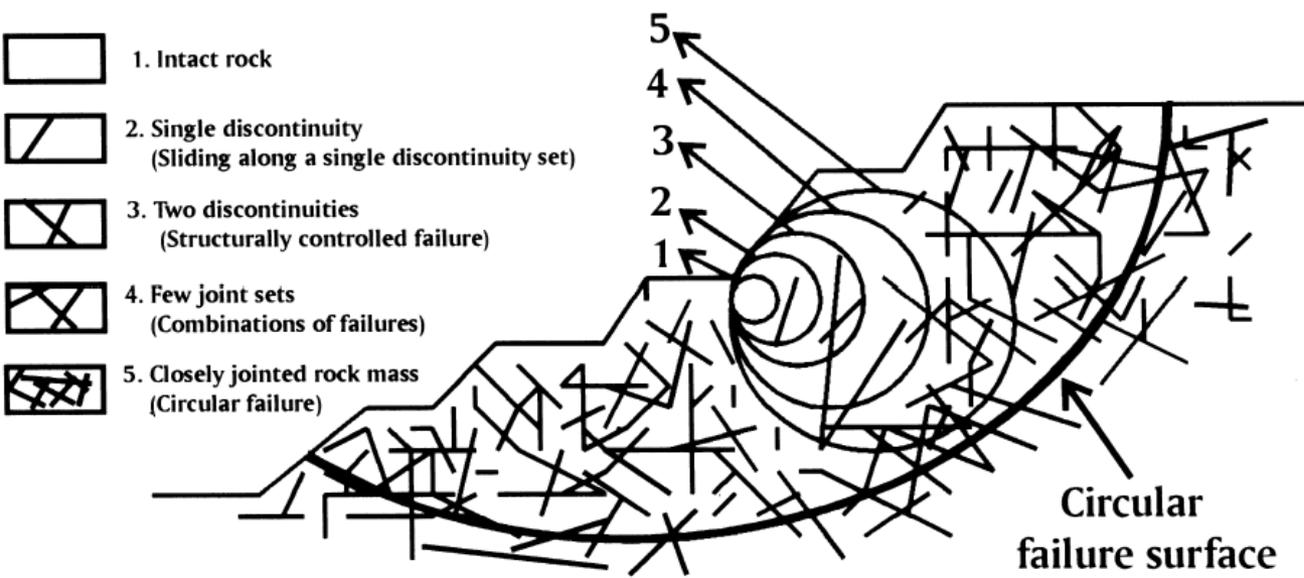
Options for assessing rock mass strength include:

- Rock Mass Rating RMR
- GSI (Hoek-Brown)
- Hack SSPC (Hack, 1998)

Il campo di applicazione della metodologia è limitato ai pendii in roccia dove non sono presenti instabilità e distacchi di natura strutturale:(scivolamenti di cunei o poliedri di roccia , toppling /ribaltamenti, e caduta di massi).

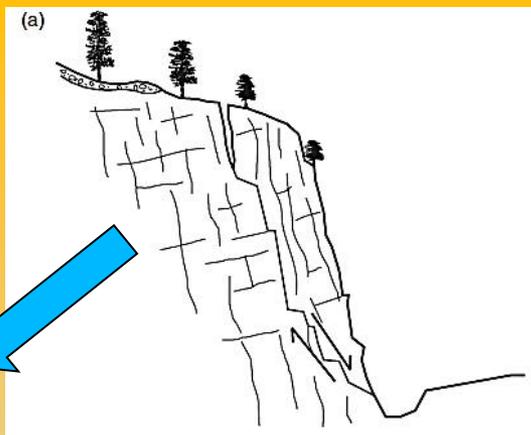
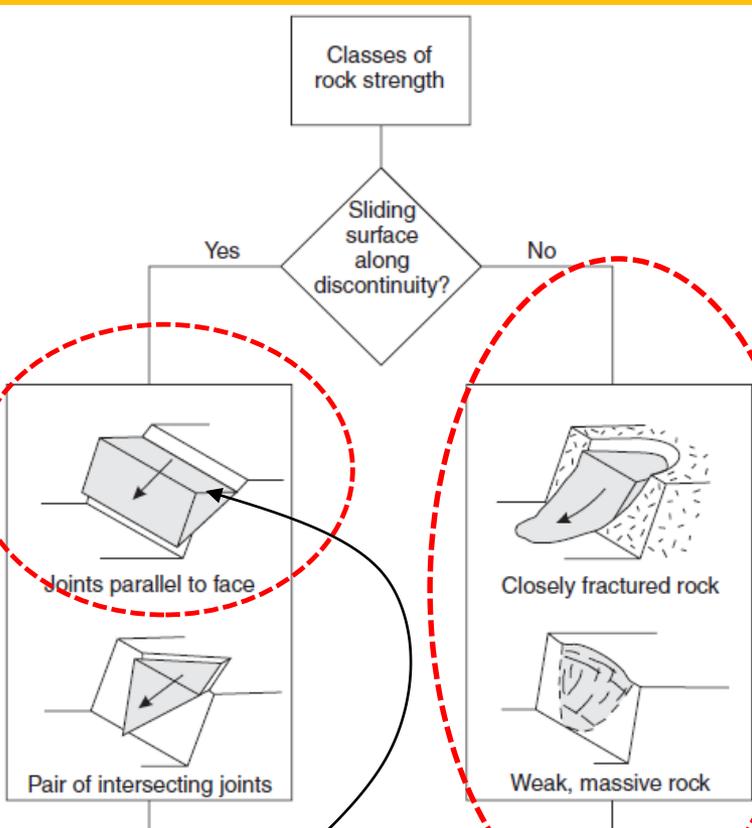
Uno dei principi base della meccanica delle rocce è che la resistenza meccanica di un ammasso roccioso nel suo insieme è generalmente più bassa rispetto a quello degli elementi di roccia intatta che lo compongono.

La resistenza meccanica complessiva è infatti funzione della resistenza meccanica degli elementi di roccia intatta e di una serie di caratteristiche dell'ammasso: presenza e distribuzione di **fessure e giunti**; **effetti di disturbo esterni** quali scavi, trivellazione e uso di esplosivi; variabilità delle caratteristiche dell'ammasso alla scala dell'affioramento, indotta da **discontinuità litologiche e strutturali**: **bande di alterazione e fasce milonitiche/cataclastiche**, **sistemi di faglie**, alternanze con litologie diverse in formazioni in **facies di flysch**.



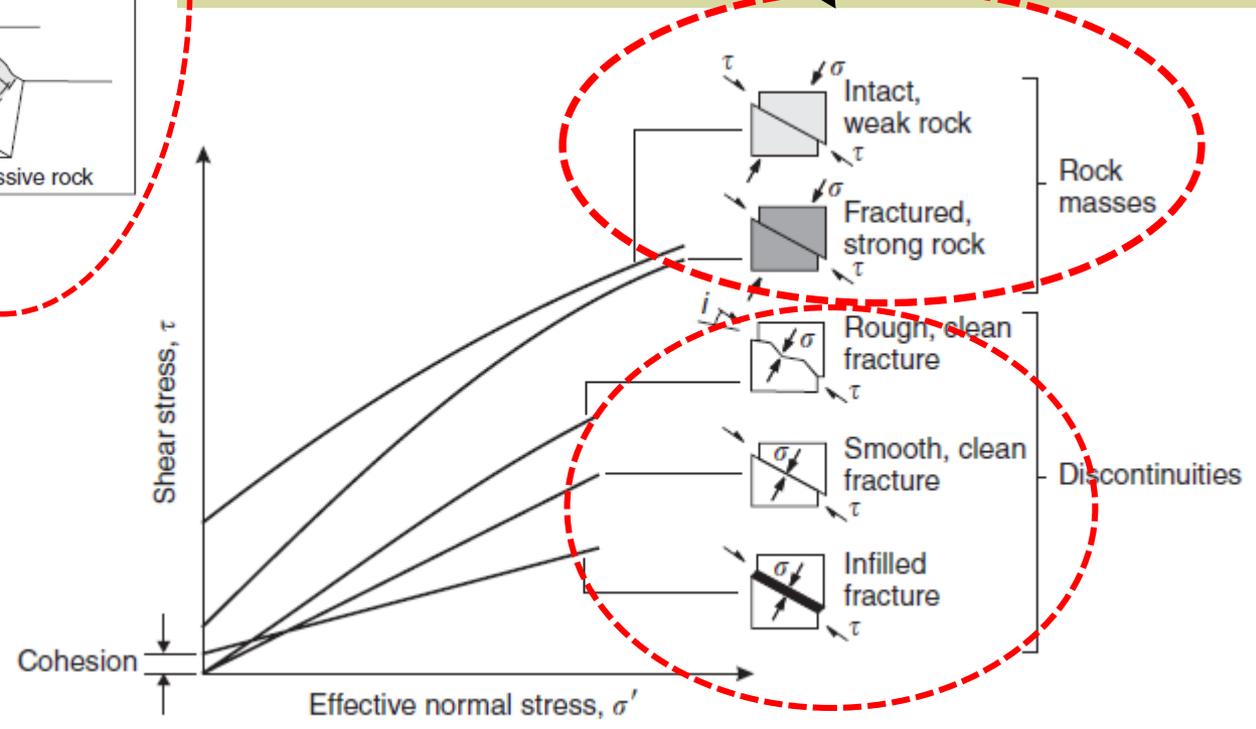
da Sonmez et al. (1998)

prendendo in esame una dimensione di ammasso preogressivamente maggiore le singole discontinuità diventano meno importanti per la stabilità locale e diventano prevalenti la loro distribuzione e densità nell'indebolire le caratteristiche meccaniche generali. In questo caso eventuali superfici di scivolamento potranno realizzarsi parzialmente, e localmente, anche in modo parallelo a discontinuità presenti ma in generale tagliando eventuali ponti di roccia



SAAP si applica anche in questo caso

Metodo GSI in SSAP: ambito di applicazione



RMR (Bieniawski 1989)

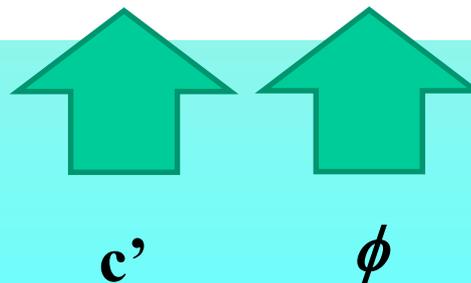
Categorías de la clasificación

R.M.R.	Descripción del macizo rocoso	Clase
Suma de los puntajes obtenidos de las tablas anteriores		
81 - 100	Muy bueno	I
61 - 80	Bueno	II
41 - 60	Medio	III
21 - 40	Malo	IV
0 - 20	Muy malo	V

Características resistentes del macizo rocoso

Clase (R.M.R.)	c [Kpa]	ϕ °	t sin soporte
I (81 - 100)	> 400	> 45	20 años, luz de 15m
II (61 - 80)	300 - 400	35 - 45	1 año, luz de 10m
III (41 - 60)	200 - 300	25 - 35	1 semana, luz 5 m
IV (21 - 40)	100 - 200	15 - 25	10 hs., luz 2.50 m
V (0 - 20)	< 100	< 15	30 min, luz 1m

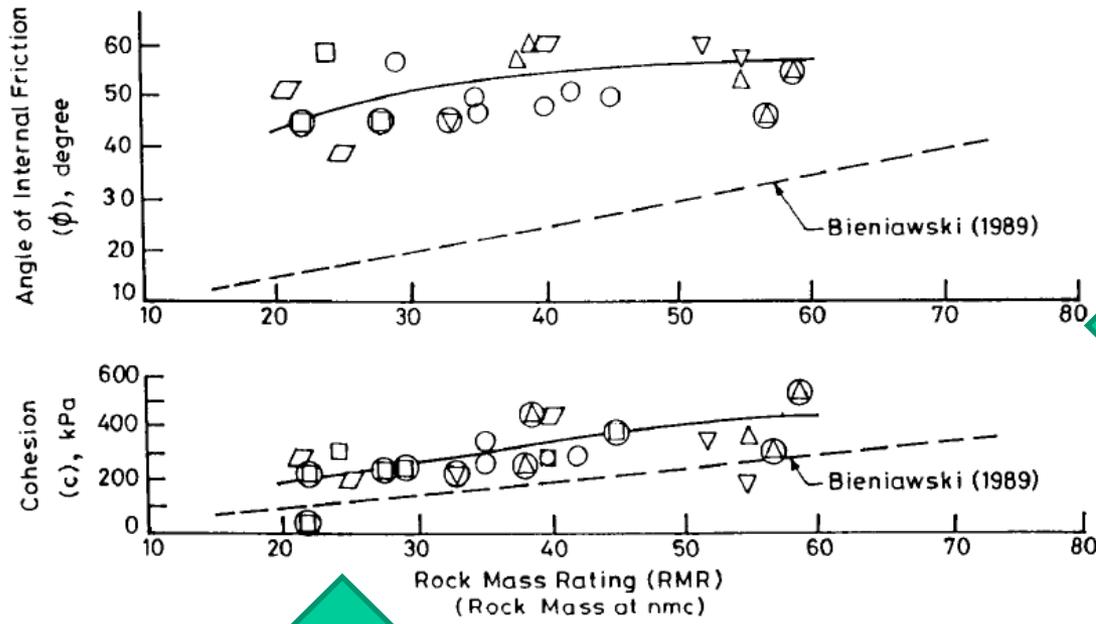
**Si puo' usare in SSAP
Ma non e' consigliabile..**



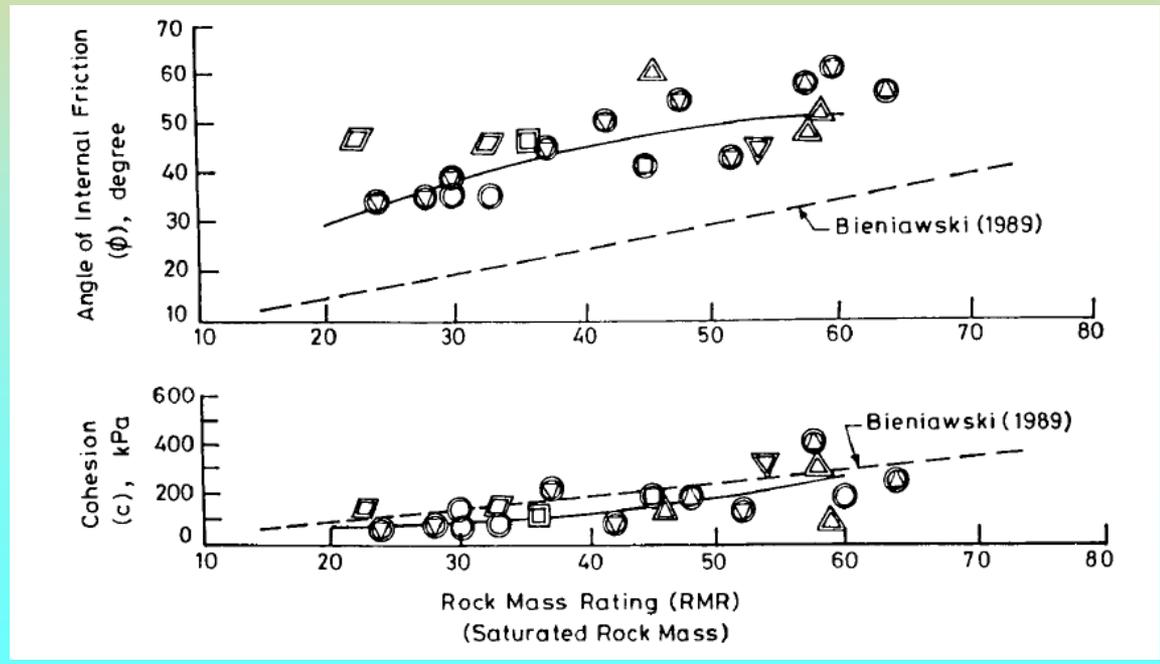
Comparazione valori tavola beniawski (RMR) e E dati sperimentali resistenza al taglio in sito

In ammasso ricciosi non saturi e saturi

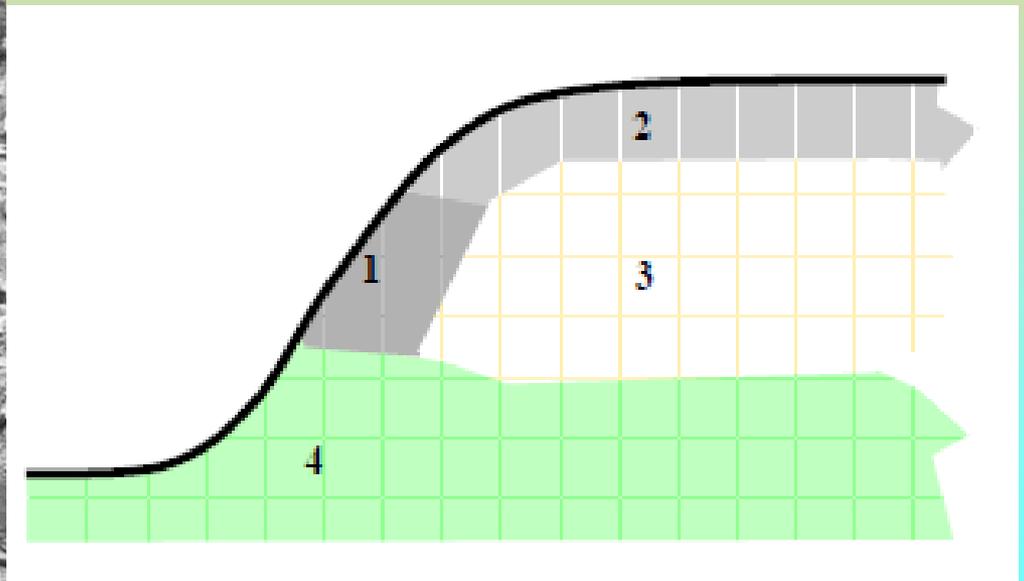
Mehrotra, 1993

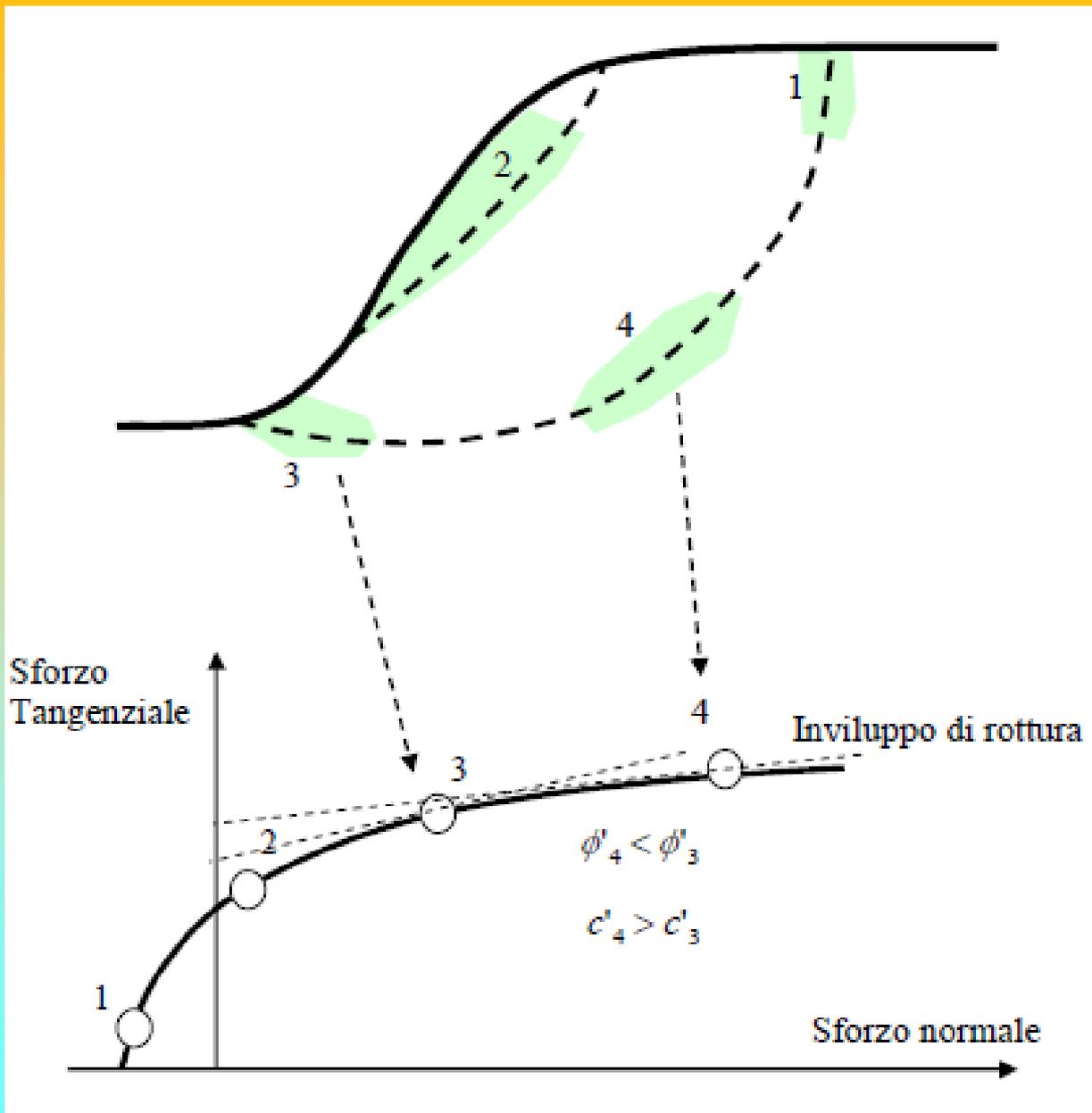


I valori della tavola Beniawski (RMR) sottostimano di molto l'angolo di frizione interna E talvolta anche un poco la coesione dell'intero ammasso

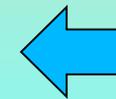


Con la caratterizzazione di un ammasso mediante il metodo di Hoek è implicito assumere che esso venga considerato un mezzo omogeneo e isotropo. Nella realtà in un ammasso, anche se omogeneo dal punto di vista della litologia, possono esistere zone con caratteristiche di alterazione o caratterizzazione delle discontinuità diverse. In questo caso il metodo va applicata dopo aver suddiviso l'ammasso stesso in unità strutturali e meccaniche diverse che vengono poi, al loro interno assunte omogenee.





Una delle caratteristiche del criterio di rottura di Hoek è che esso definisce, per l'ammasso nel suo insieme, un **inviluppo di rottura curvo** all'interno del diagramma degli sforzi normali e tangenziali



Per l'applicazione del criterio di rottura di Hoek et al (2002), anche detto "sistema/metodo GSI", è necessario determinare o stimare per l'ammasso quattro parametri di base:

1. La resistenza a compressione uniassiale σ_{ci} (Mpa) degli elementi di roccia intatta, valutata solitamente mediante prove Point Load o assimilate.
2. L'indice geologico di resistenza **GSI** (adimensionale) che sintetizza le caratteristiche strutturali essenziali dell'ammasso.
3. La costante litologica m_i (adimensionale) che dipende dalla litologia dell'ammasso ed è stimabile da apposite tabelle.
4. Il fattore di disturbo **D** (adimensionale) che variando da 0 a 1 rappresenta il grado di disturbo indotto da operazioni di scavo meccanico o esplosivi.

METODO APPROSSIMATO di hoek per la stima di c' e phi' equivalenti local
Per valutare la res. Al taglio secondo il criterio Mohr-coulomb..

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

Phi'

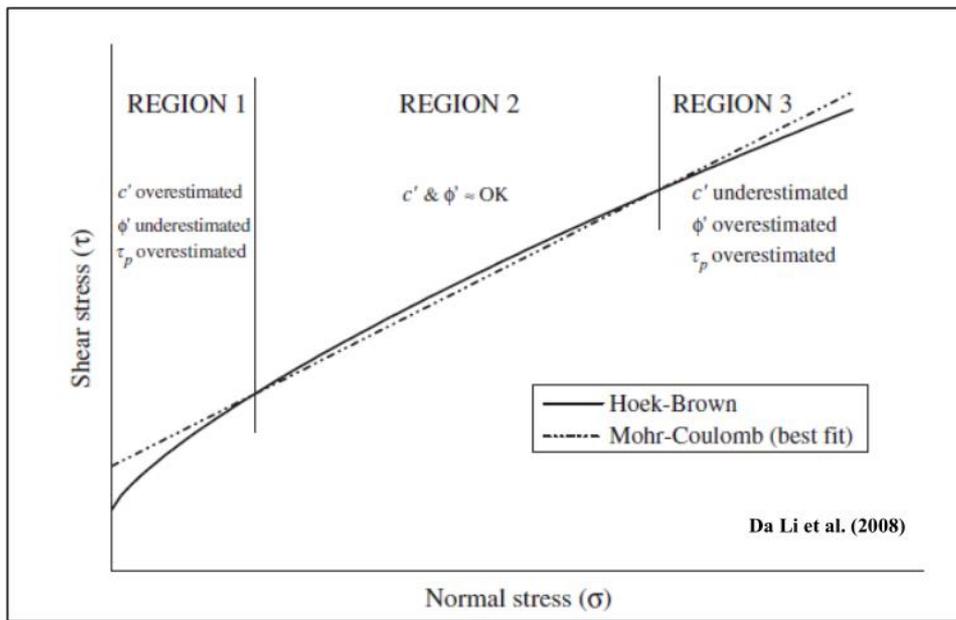
$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left[(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n} \right] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \left(6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1} \right) / ((1+a)(2+a))}}$$

C'

Dalla primavera 2018 il metodo approssimato per la stima dei Parametri di resistenza la taglio in SSAP NON si usa più...!!

Si Usano invece metodi numerici e analitici più rigorosi ..

N.B.: in molti Software famosi, anche a elementi finiti, è invece ancora in uso il metodo approssimato...



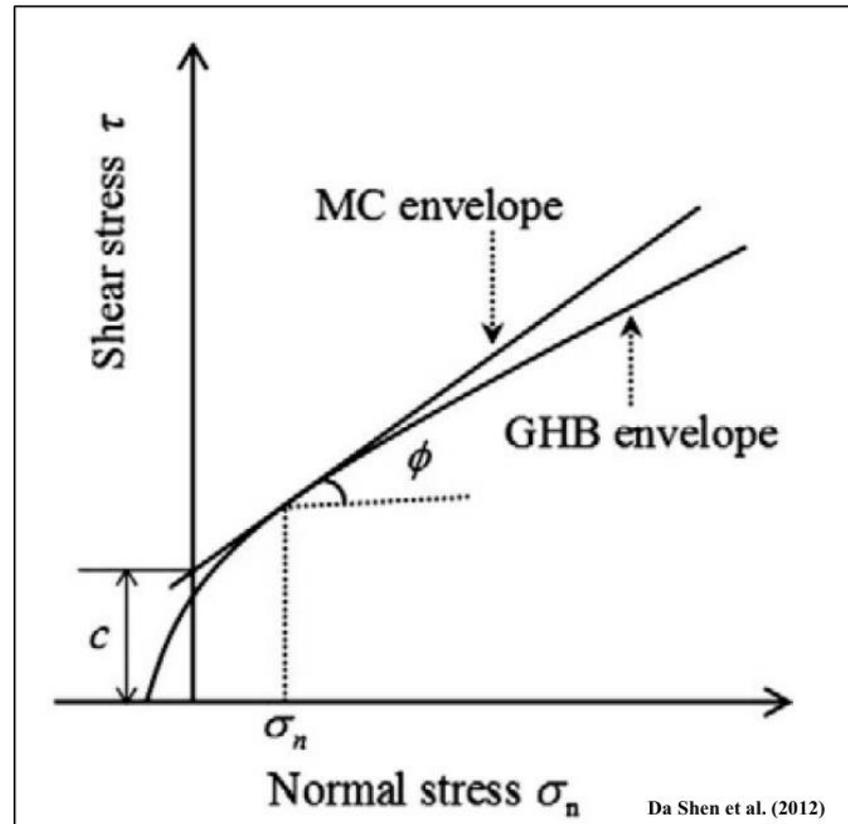
Il metodo di Hoek et al 2002 di linearizzazione locale (mediante best fit) dell'involuppo sigma /tau e' molto impreciso, secondo diversi autori: Carranza-Torres(2004), Brown (2008).

Pero' esistono valide alternative.. numeriche e semianalitiche efficienti

Dall'averzione SSAP 4.9.2 abbiamo piu' efficienti alternative per calcolare i valori c' e phi', lungo l'involuppo di rottura curvo del criterio HB generalizzato. (GHB)

Tabella D.1

N. Metodo	Nome	Tipo di metodo	Rif. bibliografico
1	Carranza-Torres	Numerico	Carranza-Torres(2004)
2	Lei et al.	Numerico	Lei et al.(2016)
3	Lee & Petruszczak	Semi-analitico	Lee & Petruszczak (2017)



		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES

Da software ROCKLAB

← Stima del parametro GSI

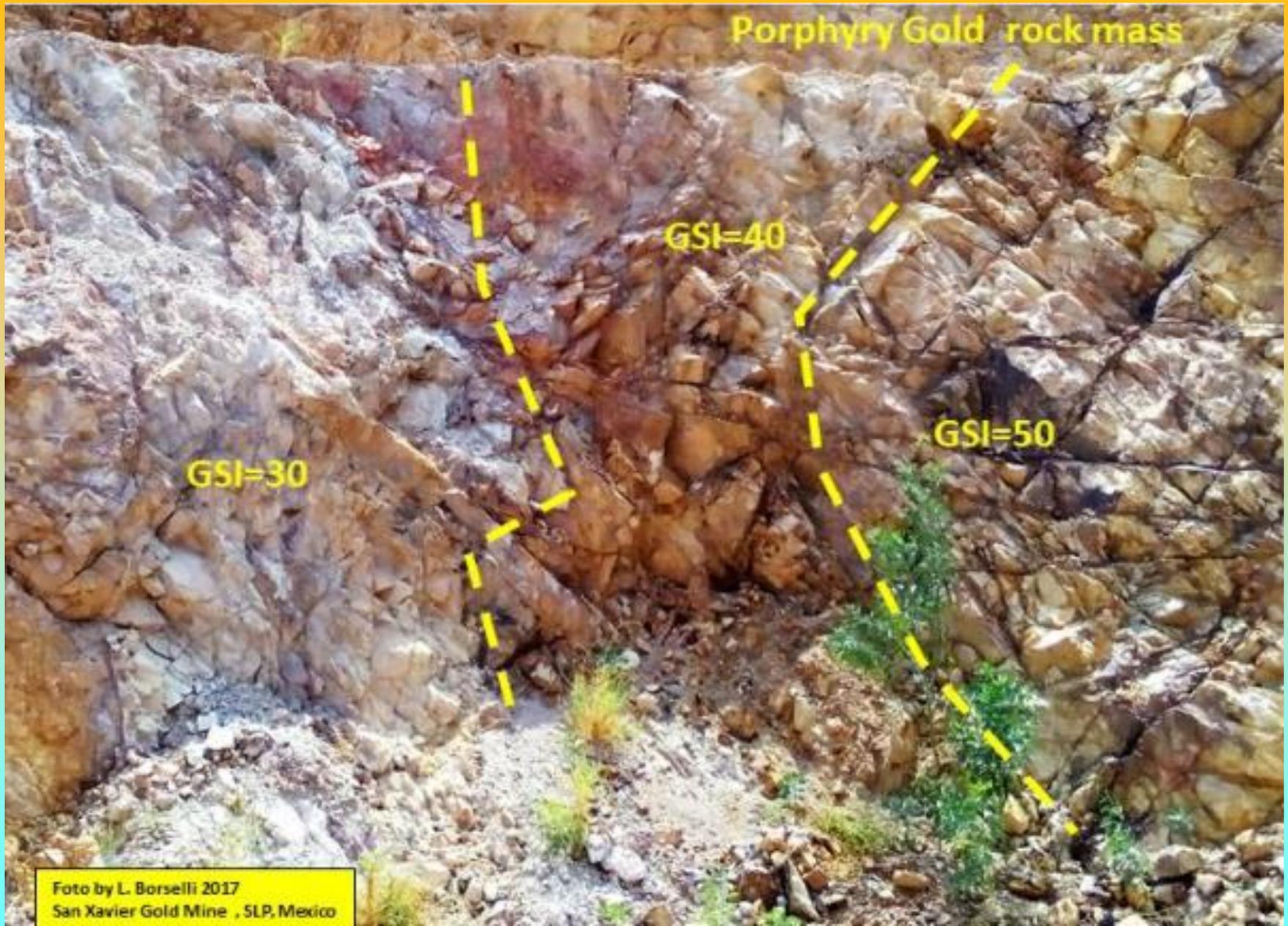
Porphyry Gold rock mass

GSI=30

GSI=40

GSI=50

Foto by L. Borselli 2017
San Xavier Gold Mine , SLP, Mexico



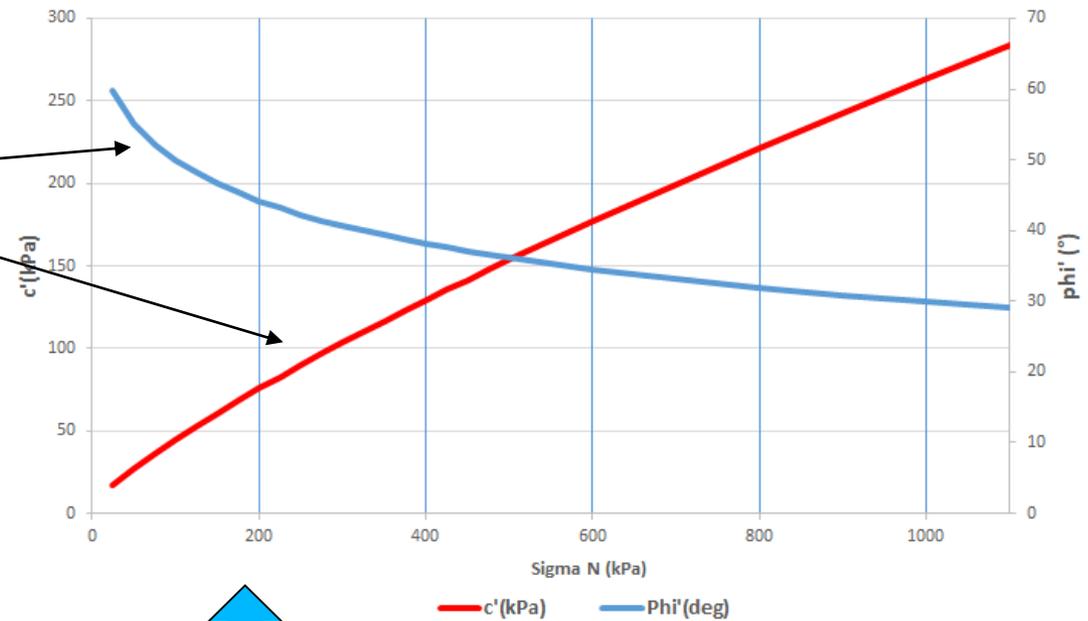
La unità *porphyry intrusion breccia* è caratterizzato da $\sigma_{ci}=15$ (MPa); GSI =25; $m_i =22$;

D=0.5.

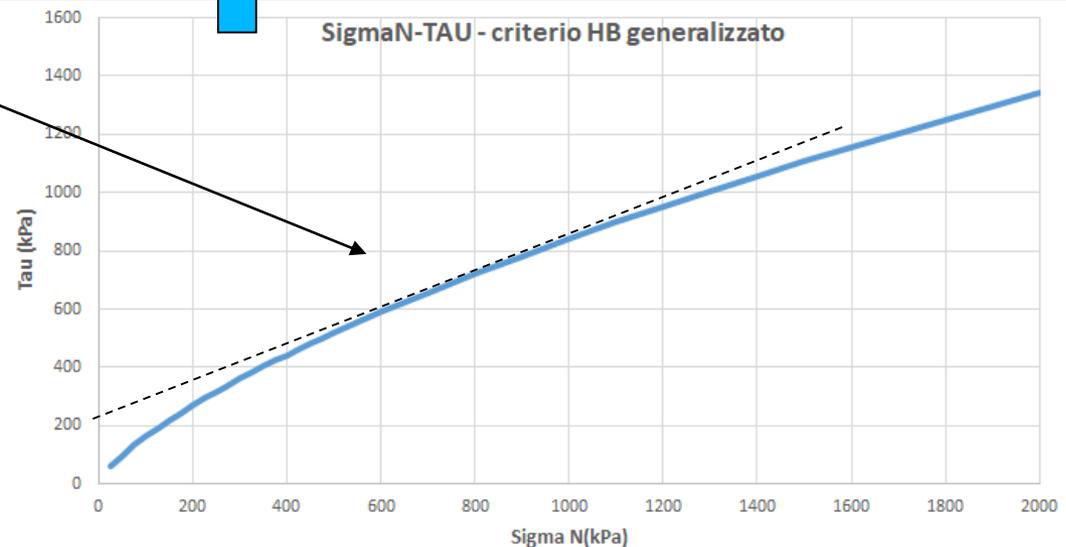
Si nota come i valori c' e ϕ' Equivalenti variano in modo rilevante in funzione dello stato tensionale che determina il valore locale di $\Sigma N'$ e del Valore della resistenza al taglio totale locale.

**Metodo numerico
Per la stima dei
parametro
In funzione dello
stato tensionale**

Criterio HB generalizzato



SigmaN-TAU - criterio HB generalizzato

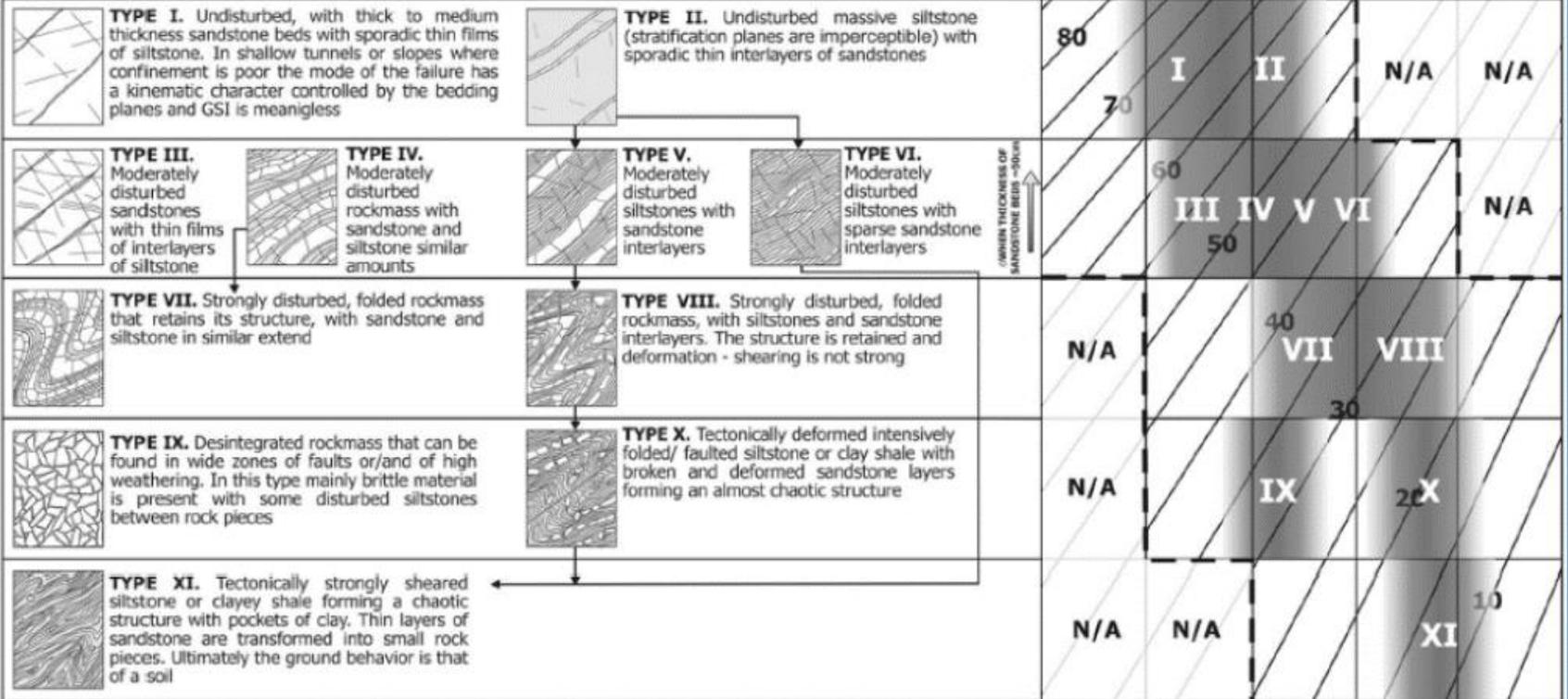


GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI) FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLYSCH

Chart modified and extended by V. Marinos from the P. Marinos & E. Hoek (2001) original one

Heterogeneous rockmasses are meant those with alternating layers of clearly different lithology types with significant differences in their strength properties. For flysch, a typical formation with heterogeneous rock masses, these alternations are consisting of sandstones and siltstones. Clay shales may be present. From a description of the lithology, structure and surface conditions of discontinuities (particularly of the bedding planes), choose a box in the chart. **The selection of the structure should be based on the tectonic disturbance (undisturbed, slightly disturbed, strongly disturbed - folded, desintegrated, sheared), the proportion of siltstones against sandstones and the expressed or not stratification inside the siltstone layers. In the type IV and V when the thickness of sandstone beds exceed 50cm an increase of the GSI value by 5 is suggested. From type IV and the following types, the stratification planes are perceptible inside the siltstone mass. Locate the position in the box that corresponds to the conditions and estimate the average value GSI from the contours. The determination of the structure and the condition of discontinuities may range between two adjacent fields. Note that the Hoek - Brown criterion does not apply to structurally controlled failures. Where unfavourably oriented continuous weak planar discontinuities are present, these will dominate the behaviour of the rock mass. The strength of some rock masses is reduced by the presence of groundwater and this can be allowed for by a slight shift to the right in the columns for fair, poor and very poor conditions. Water pressure does not change the value of GSI and it is dealt with by using effective stress analysis.**

STRUCTURE AND COMPOSITION



N/A Means geologically impossible combination. In the non - shadowed areas, such rockmasses are not impossible to find but it is very unusual

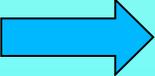
→ Means deformation after tectonic disturbance

Fig. D.33 (da Marinos 2017)

Per Formazioni in facies di flysch



Stima alternativa Generalizzata ed efficiente di GSI

Vedi manuale SSAP pagine 254 e
seguenti Per stima Vb e Jc... e
conseguentemente
di GSI. Russo (2009) 

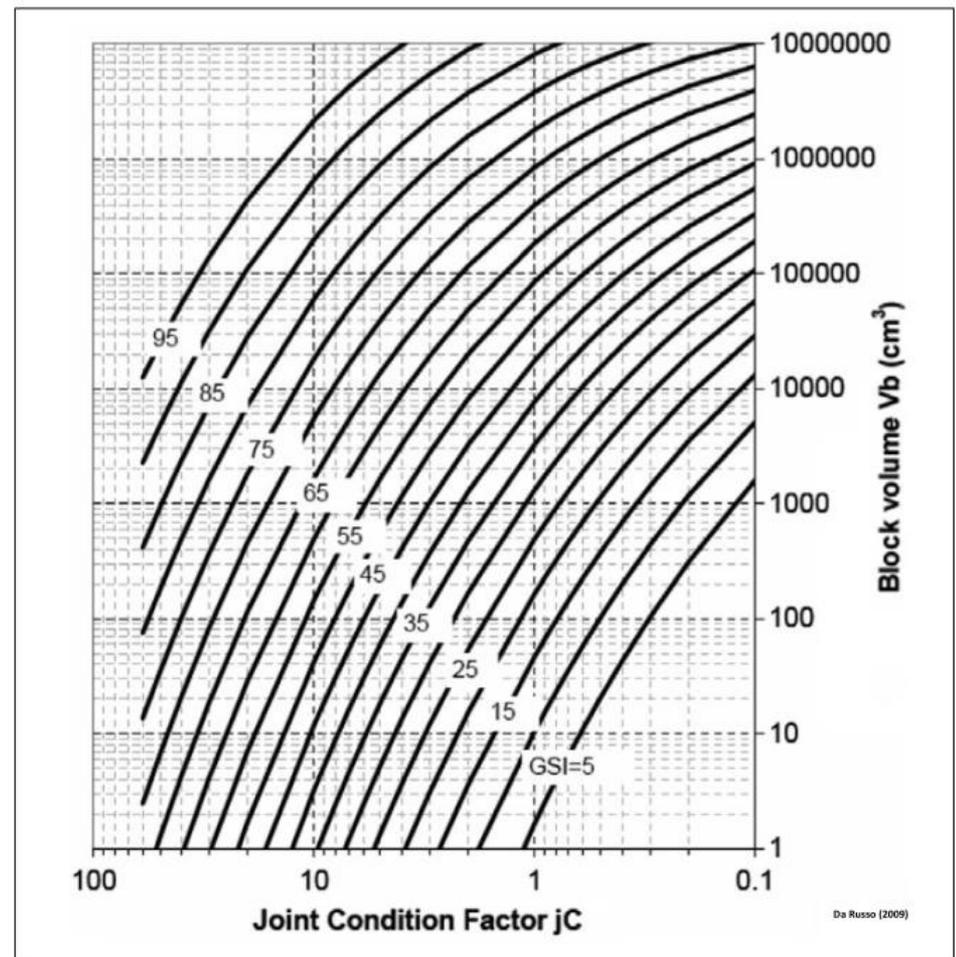


Fig. D.12

$$GSI = 153 - \frac{165}{\left[1 + (1.0526 JC^{0.5} V_b^d)^{0.44} \right]} \quad D.11$$

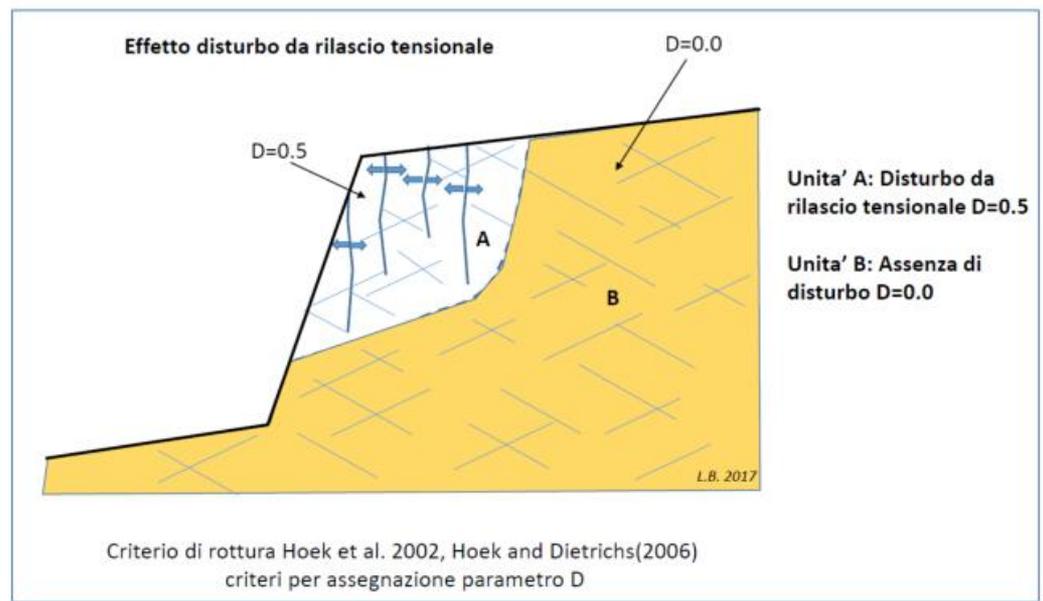
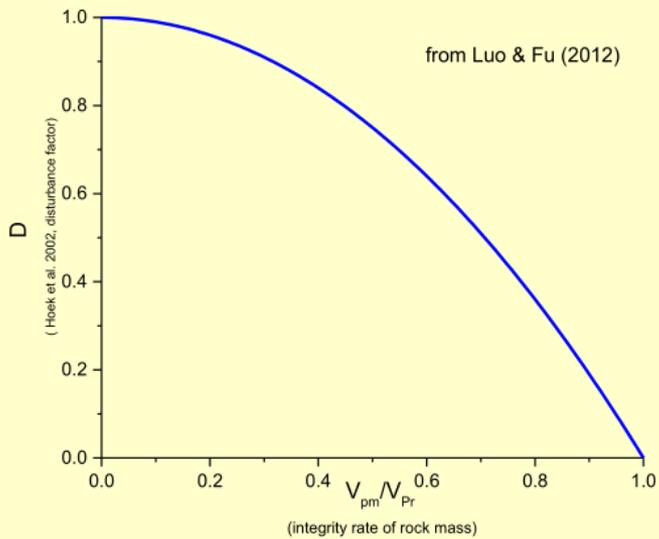
con :

$$d = 0.37 JC^{-0.2} \quad D.12$$

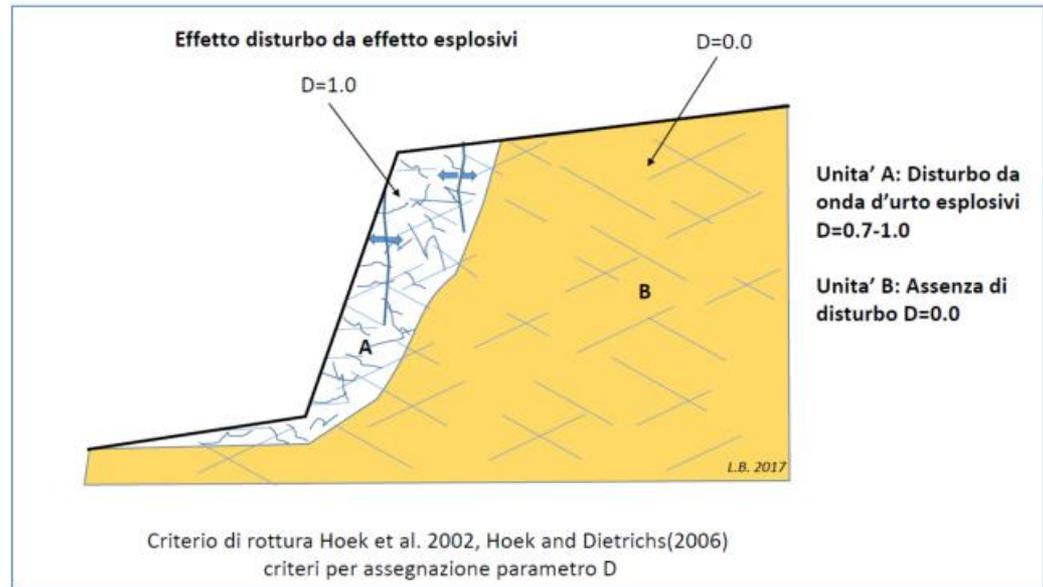
dove:

JC: joint condition factor (adimensionale)

V_b: Volume medio dei blocchi in (m³)

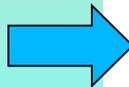


(a)

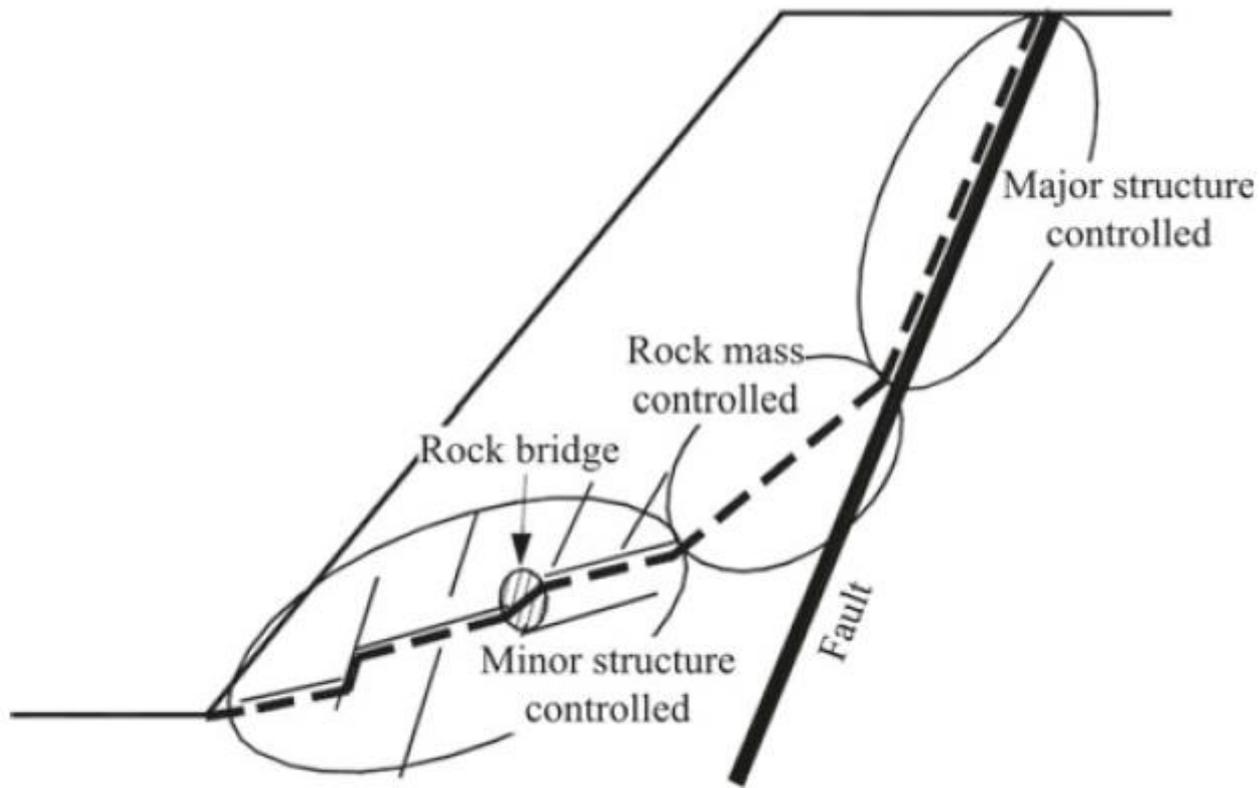


(b)

Borselli (2018)



Stima Parametro D
(fattore di disturbo indotto)
in
Manuale SSAP
pagina **264** e seguenti..



Schematic diagram of structurally-controlled instability (Baczynski 2000)

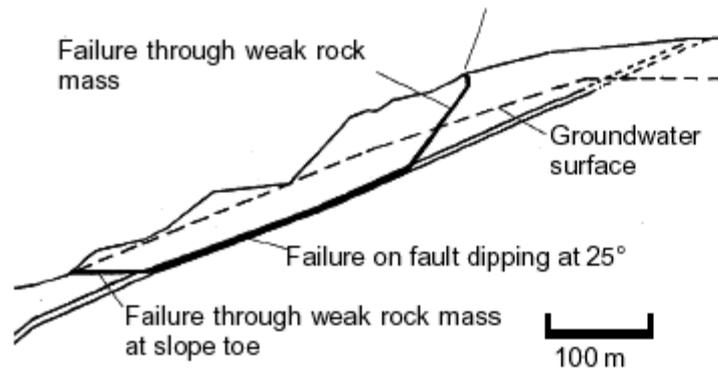
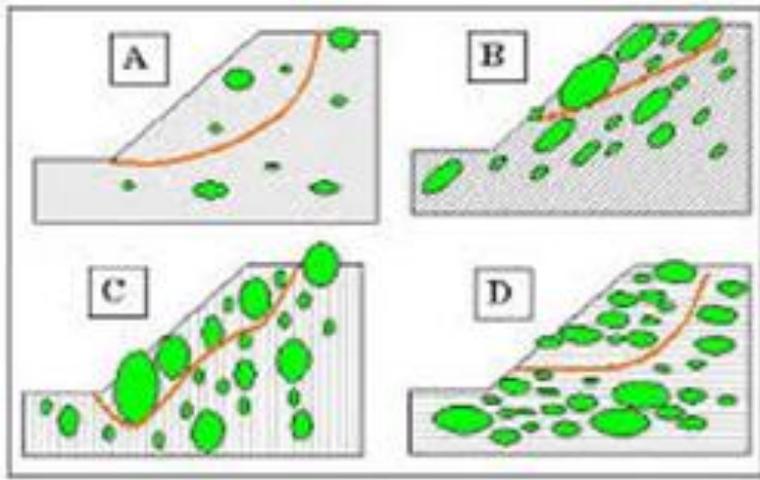


Figure 11.31: Complex slope failure controlled by an outward dipping basal fault and circular failure through the poor quality rock mass overlying the toe of the slope.

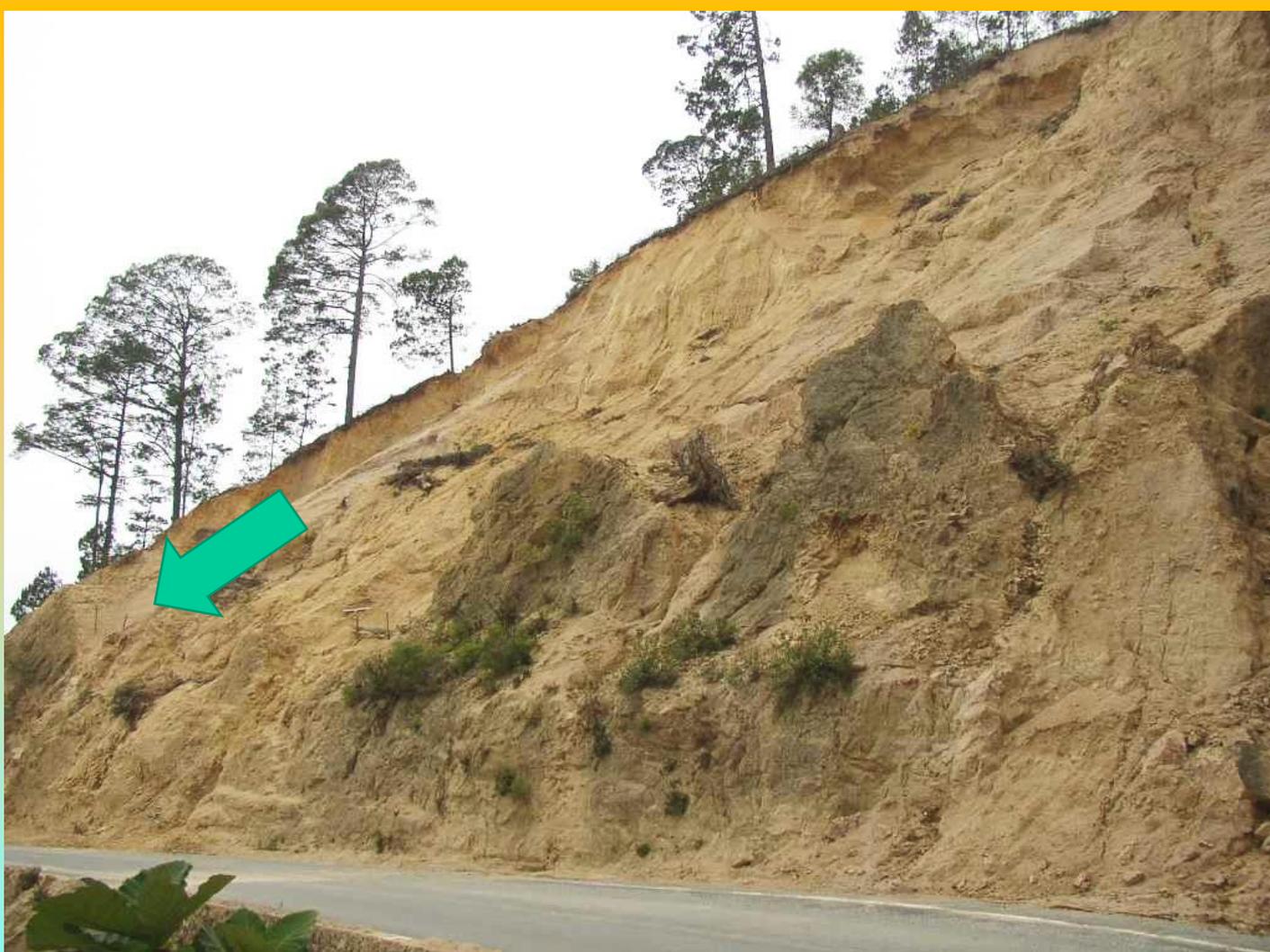
Esempio: Problemi di variabilità nelle caratteristiche meccaniche in **olistostromi** (formazione tettonicamente complesse) originatesi da accumulo di frane in ambiente sottomarino e successivamente tettonizzate nella fase orogenetica successiva.. **Densità dei blocchi e proprietà della matrice fine. Terreno ? Roccia tenera ?**



Sta adesso prevalendo la applicazione in questi casi del método GSI evoluto.. Per applicazioni a rocce tenere e tettonizzate.

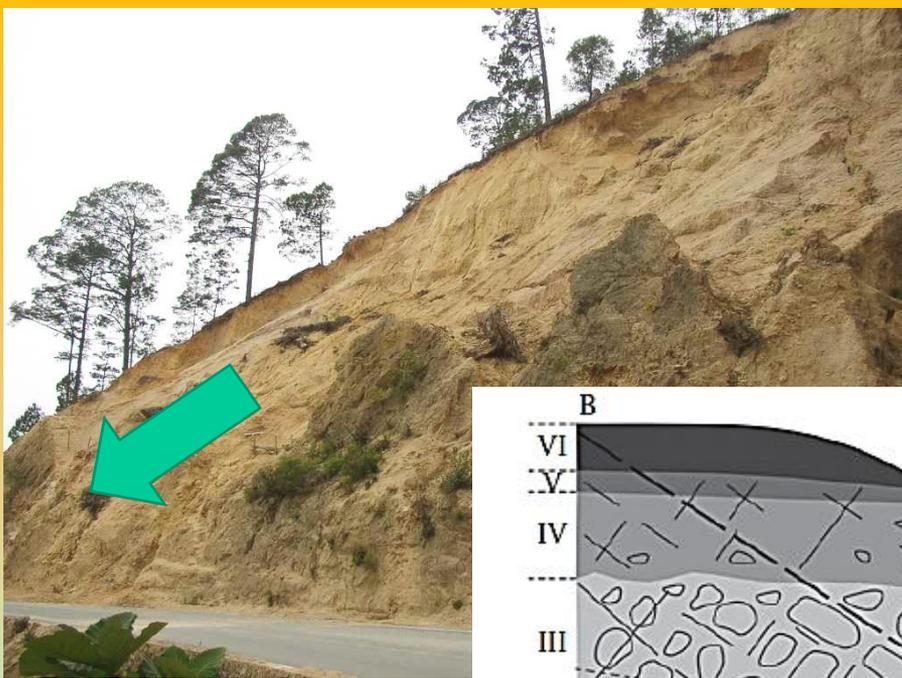
Però Vedasi anche la teoria BIMROCKS (come alternativa)



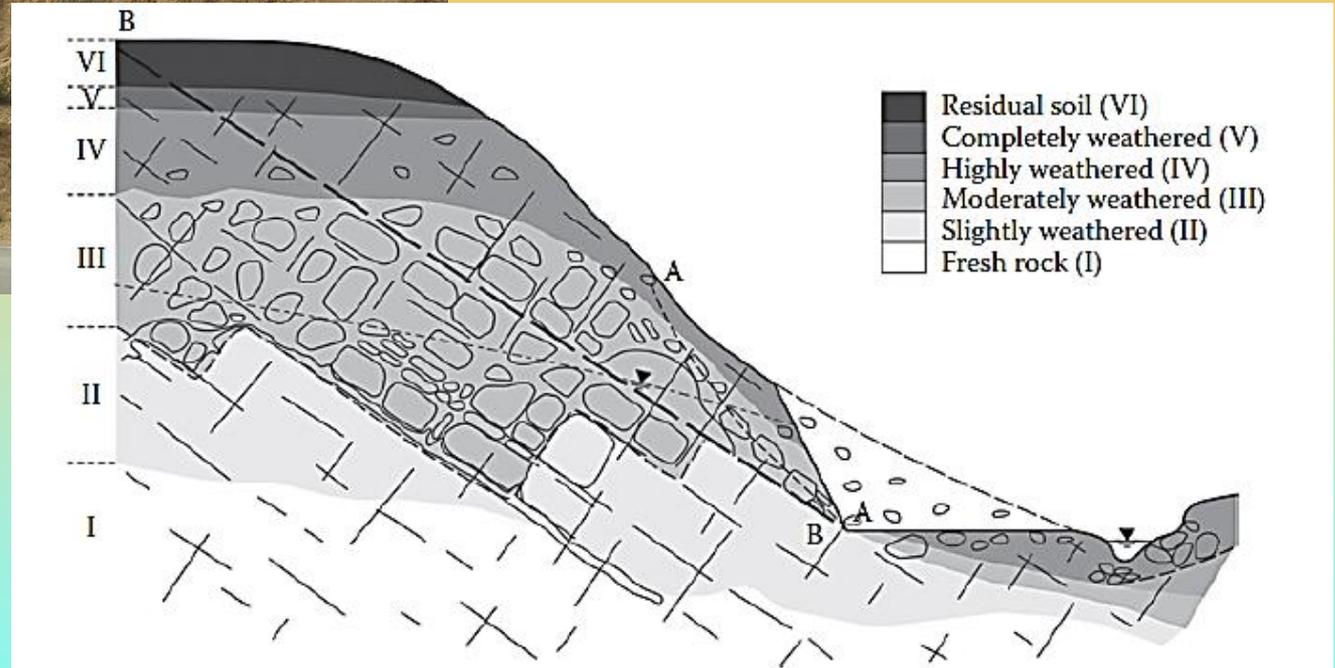


Granito rosa
molto alterato nei primi 4 metri
(*saprolite*)

Chiapas occidentale, Mexico Foto L. Borselli (2004)



Processo di alterazione superficiale e stabilita' dei pendii..

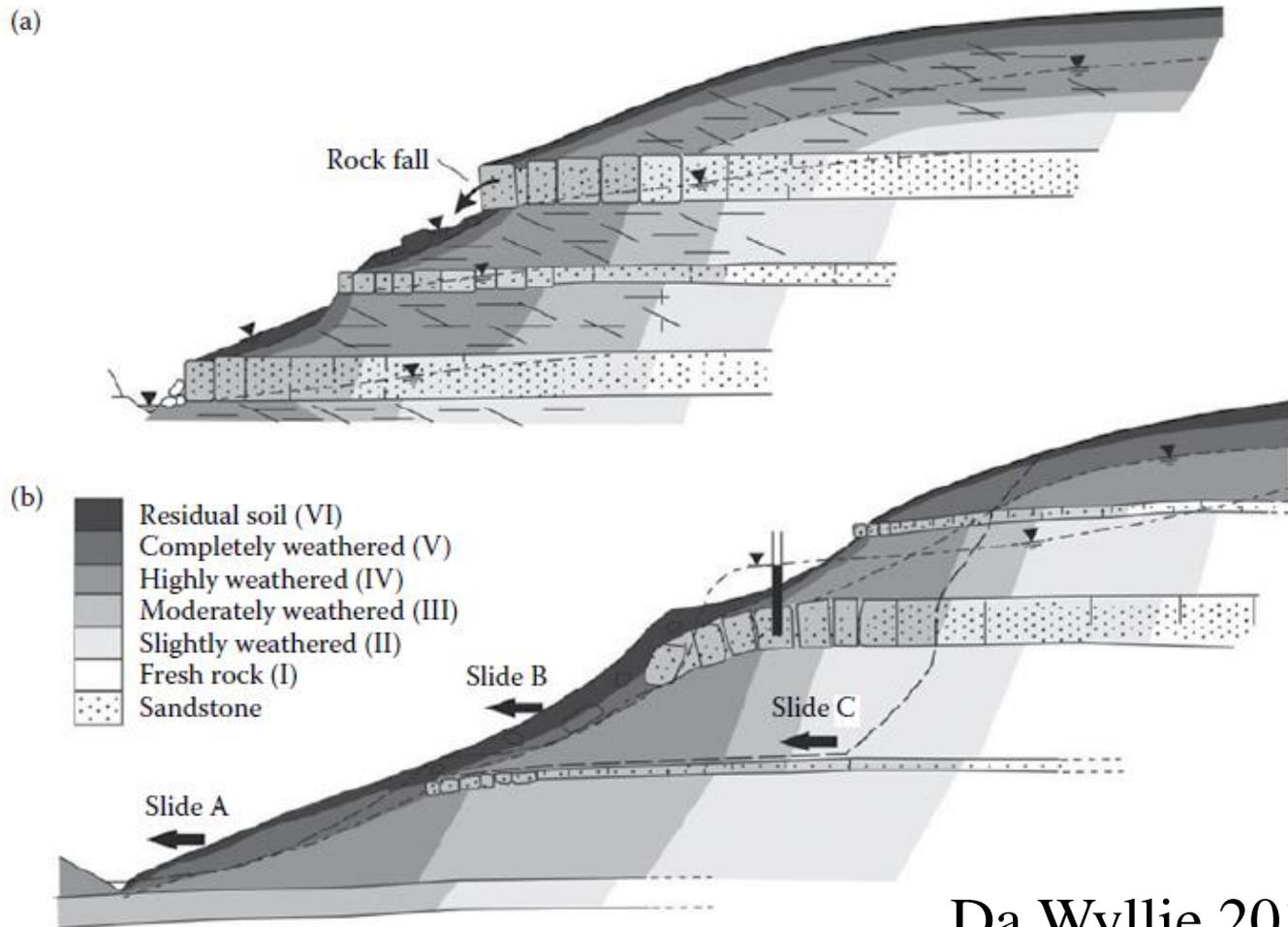


Granito rosa

molto alterato nei primi 4 metri

(*saprolite*)

Chiapas occidentale, Mexico Foto L. Borselli 2004



Da Wyllie 2018

Figure 3.12 Typical slope in interbedded sandstone and shale with colluvium deposits at surface; (a) ground water flow concentrated in higher conductivity sandstone beds and (b) typical types of slope instability (Deere and Patton, 1971).

Processo di alterazione superficiale
e stabilita' dei pendii..

Figure 5.12
Options for slope stability analysis.
After Hencher & McNicholl, 1995.

Dominio continuo



Complessita' stratigrafica e geomeccanica
Influenza di eterogeneita' e discontinuita'

Dominio discontinuo



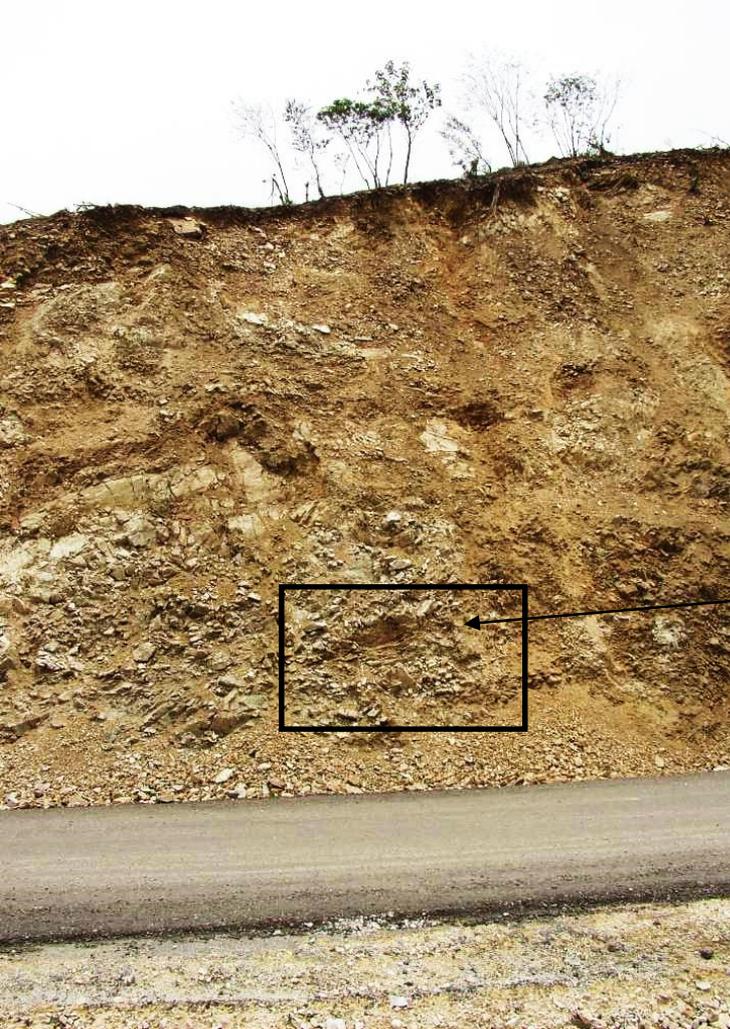
Option	Schematic diagram	Approach for defining parameters and analysis
1. Treat as uniform (continuum)		<ul style="list-style-type: none"> parameters from laboratory or <i>in situ</i> tests taken to be representative of zone
2. Treat as uniform but weakened by discontinuities (continuum)		<ul style="list-style-type: none"> allowance made for influence (but not control) of discontinuities on mass properties (e.g. Hoek-Brown)
3. Treat as heterogeneous (continuum)		<ul style="list-style-type: none"> consideration given to influence of strong inclusions with deviated failure paths
4. Treat as discontinuous due to structural control		<ul style="list-style-type: none"> discontinuity controlled

Motozintla – Chiapas Messico 2003



Ammasso roccioso
Costituito granodiorite
estremamente alterata

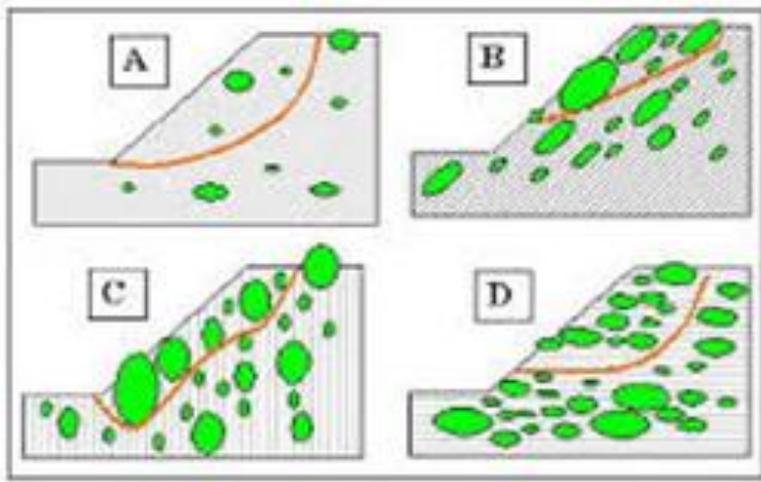
Hoek rock mass strength parameters (Hoek 1997,2002)						strength parameters at Z=4m	
sgci (MPa)	GSI	mi	D	assumed Unit weighth (kN/m ³)	effective stress at Z=4m (kPa)	c' (kPa)	φ' (degrees)
5	18	15	0.7	24	96	12.0	30.6



Contatto tettonico graniti /micascisti
Breccia di faglia

Hoek rock mass strenght parameters (Hoek 1997,2002)							strength parameters at Z=4m	
sgci (MPa)	GSI	mi	D	assumed Unit weighth (kN/m ³)	effective stress at Z=4m (kPa)	c' (kPa)	φ' (degrees)	
35	20	10	0.7	24	104	26.1	41.5	

Esempio: Problemi di variabilita' nelle caratteristiche meccaniche in **olistostromi** (formazione tettonicamente complesse) originatesi da accumulo di frane in ambiente sottomarino e successivamente tettonizzate nella fase orogenetica successiva.. **Densita' dei blocchi e proprieta' della matrice fine. Terreno ? Roccia tenera ?**



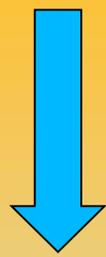
*Una alternativa da poco in uso e' quello di caratterizzare gli olistostromi come **BIMROCKS** (Blocks In Matrix Rocks). Nuovo criterio di determinare Φ' e C' come media pesata tra matrice e blocchi Criterio utilizzabile in SSAP.. Ma i parametri sono difficili da ottenere in campo..*



Area con Isotropia strutturale
(strati a reggipoggio piu'
Famiglie aggiuntive di discontinuita')

Area con discontinuita' e marcata
Anisotropia strutturale
(strati a franapoggio)

(Barton-
Bandis 1990
Per specifiche
discontinuita')



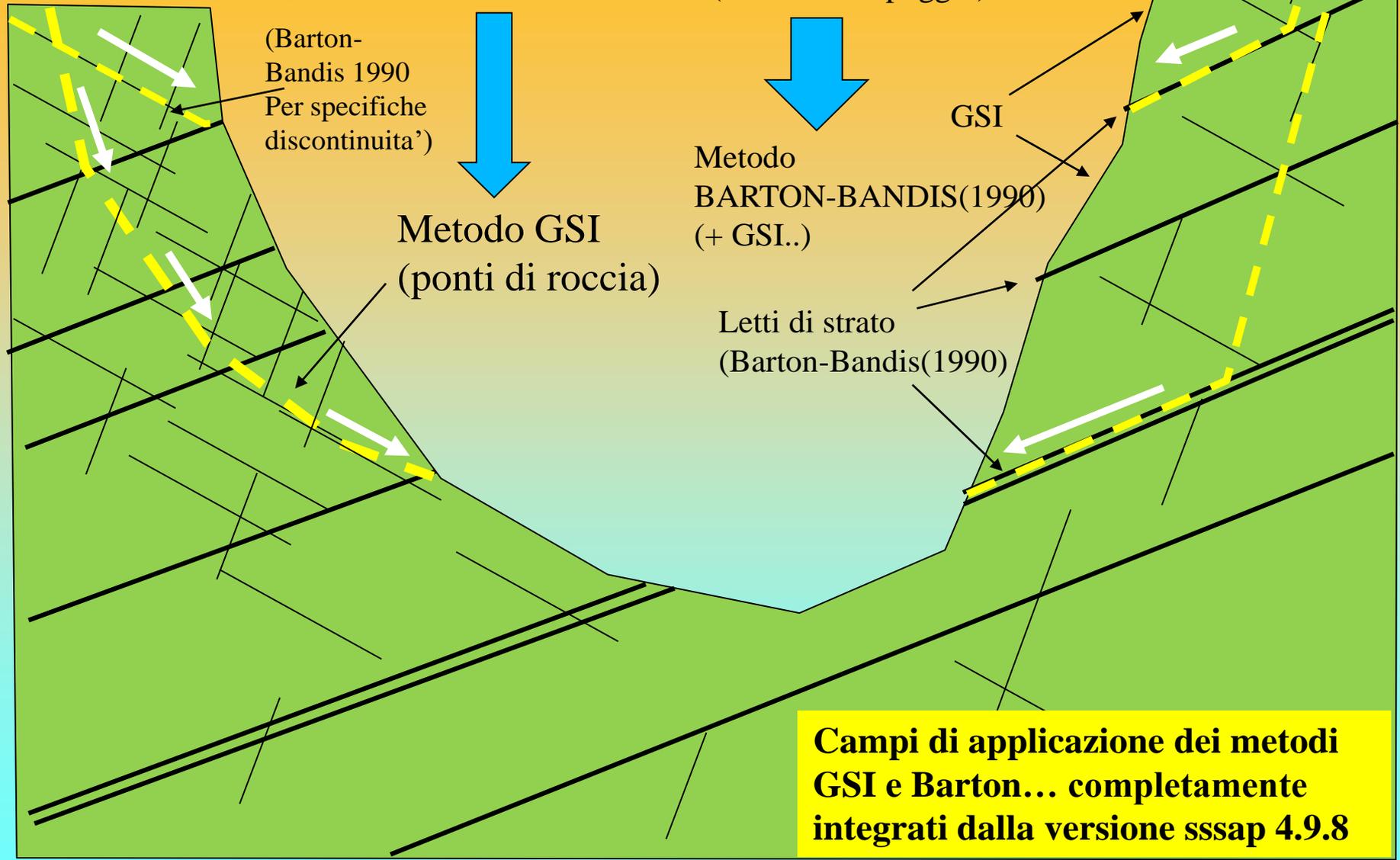
Metodo GSI
(ponti di roccia)



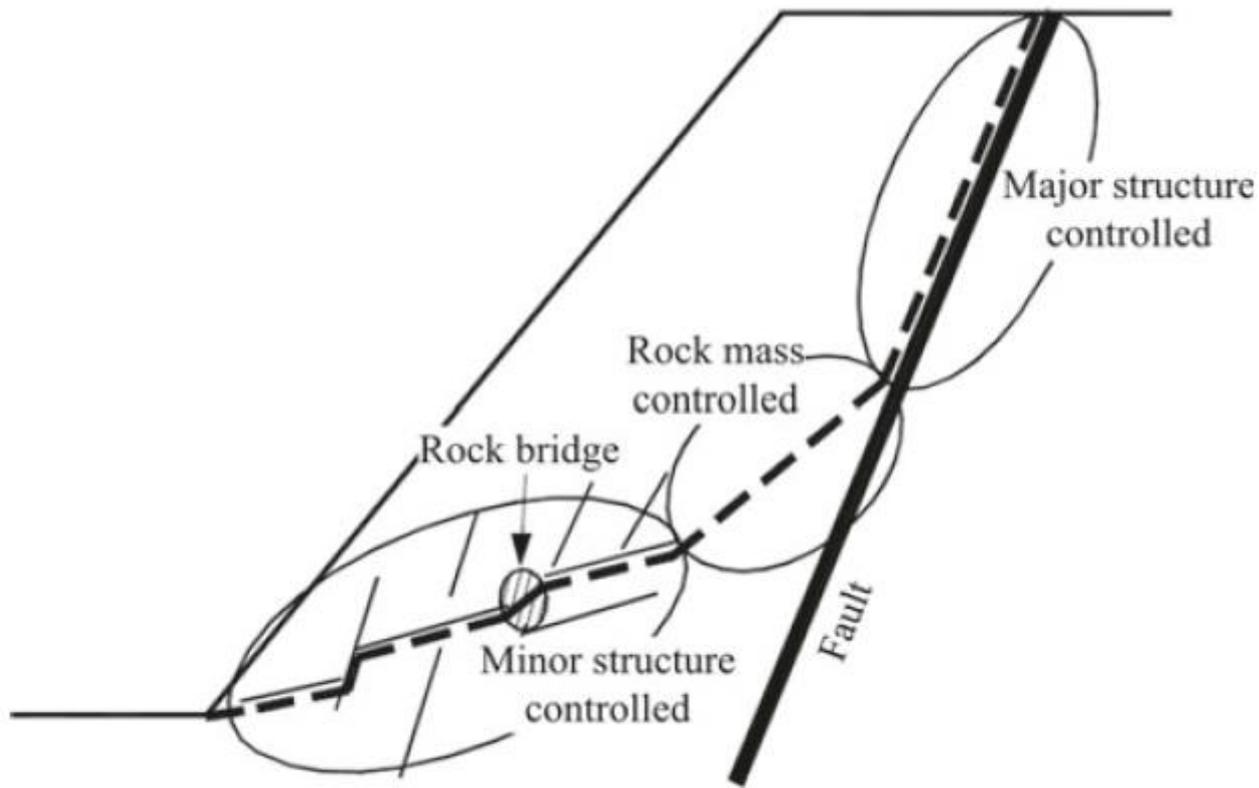
Metodo
BARTON-BANDIS(1990)
(+ GSI..)

Letti di strato
(Barton-Bandis(1990))

GSI



**Campi di applicazione dei metodi
GSI e Barton... completamente
integrati dalla versione sssap 4.9.8**



Schematic diagram of structurally-controlled instability (Baczynski 2000)

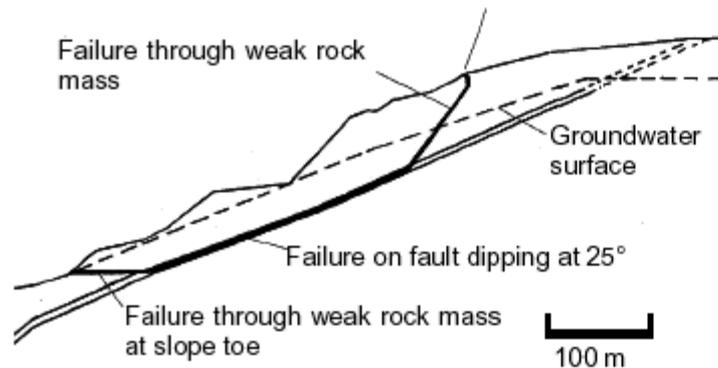
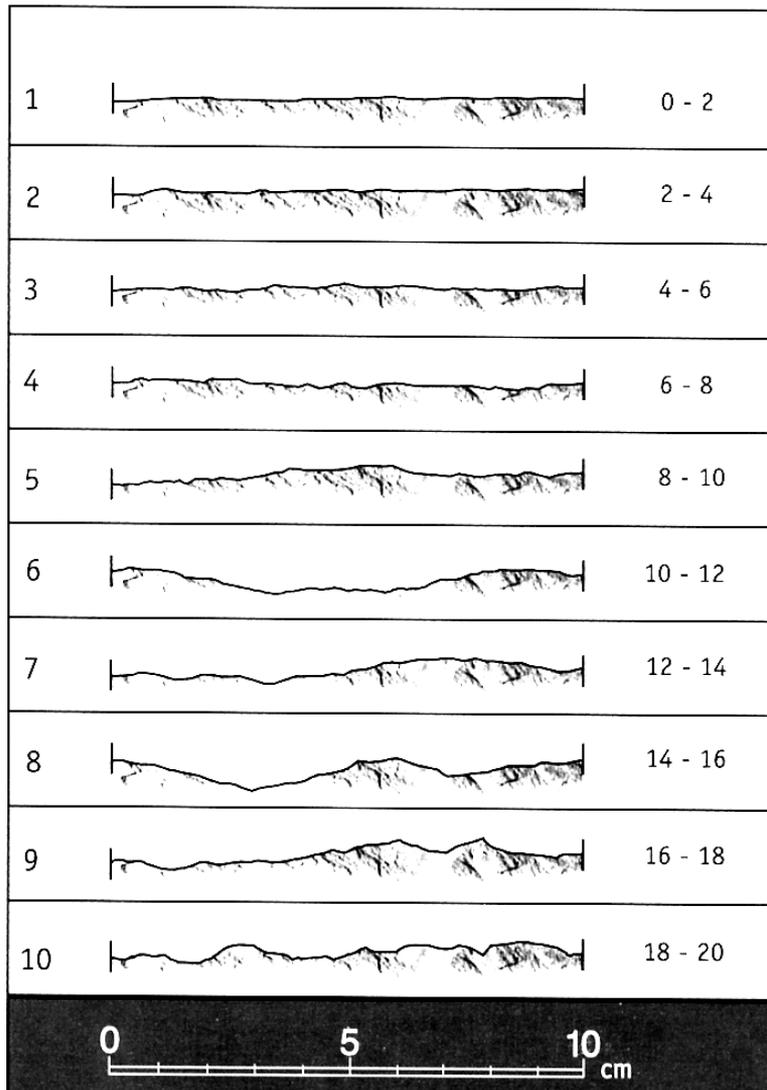


Figure 11.31: Complex slope failure controlled by an outward dipping basal fault and circular failure through the poor quality rock mass overlying the toe of the slope.

Caso di discontinuita' ben identificate

Criterio di Barton - Bandis (1990) y Patton 1966 per resistenza al taglio in discontinuita'

Tavola del JCR



JRC = coefficiente rugosita' (dimensionalmente un angolo)

JCS = resistenza compressione uniassiale sulla superficie della discontinuita' (MPa)

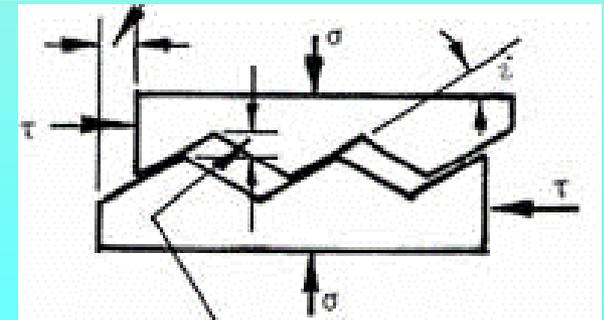
σ_n = pressione normale alla superficie della discontinuita'

ϕ_r = angolo di frizione residuale (da tilt test e prove con sclerometro) , i = angolo di dilatanza

Barton & Bandis (1990)

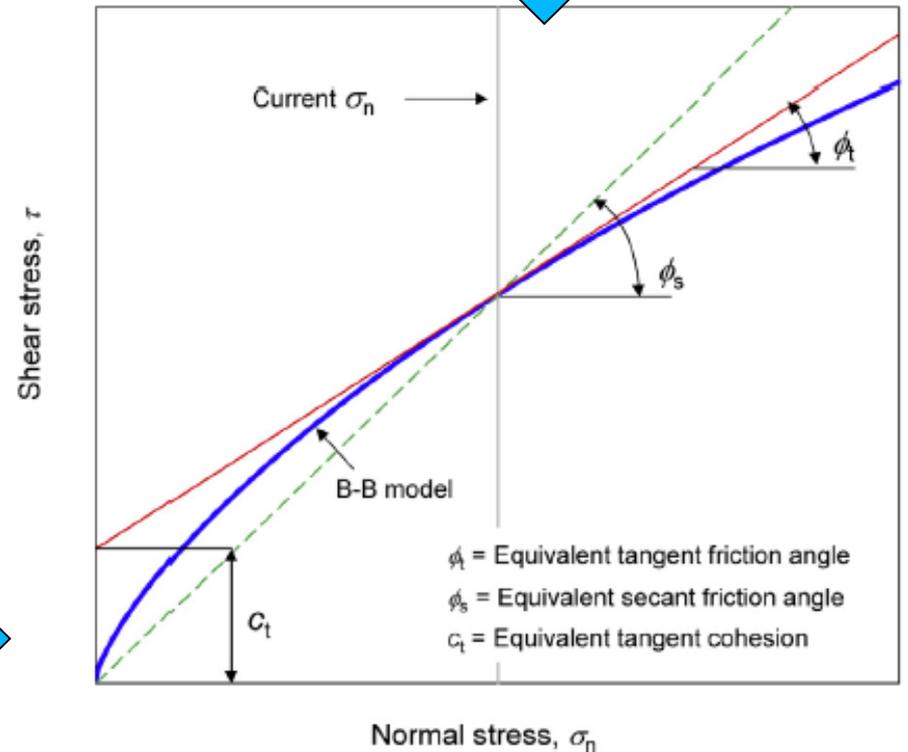
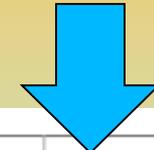
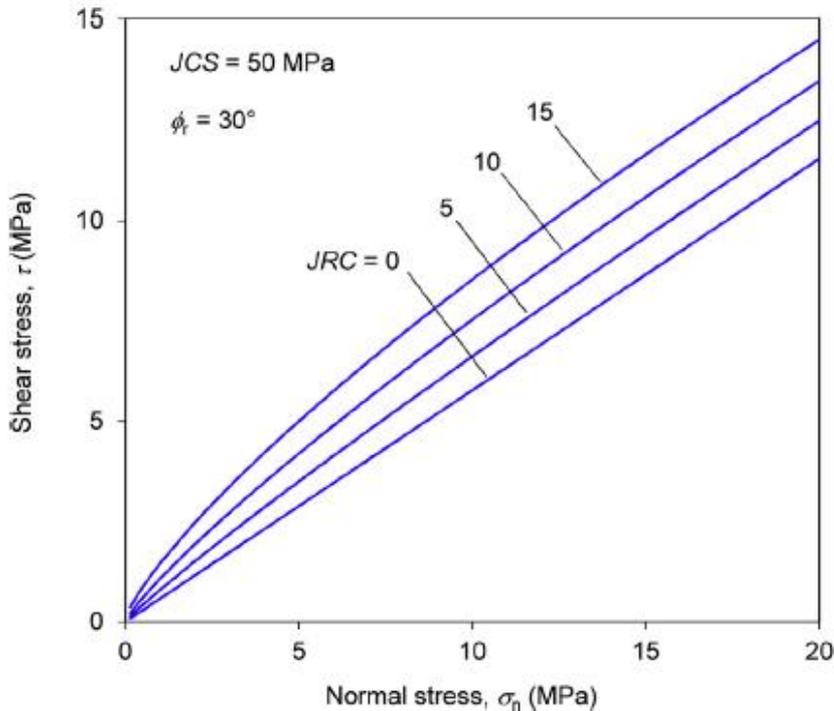
$$\tau = \sigma_n \tan \left[JRC * \text{Log}_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_r \right]$$

$$\tau = \sigma_n \tan (i + \phi_r) \quad \text{Patton (1966)}$$

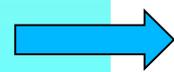


Criterio B-B non-lineare che puo'essere usato a partire dalla versione ssap 4.9.6

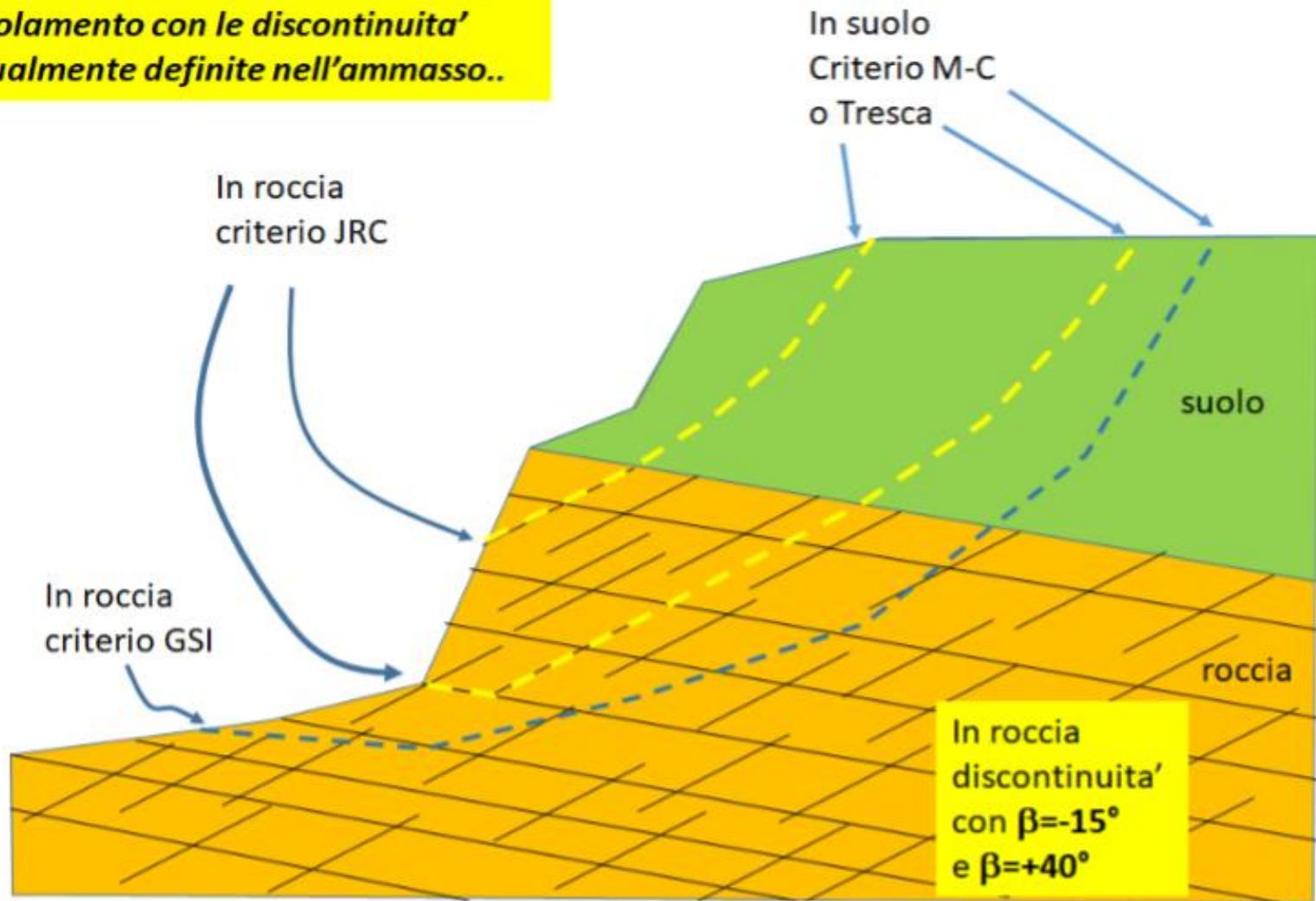
Dato che anche il criterio di rottura di Barton per le discontinuita' e' curvo anche la stima di ϕ' e c' equivalenti non puo' essere semplicemente linearizzato. (porterebbe a grosse sovrastime o sottostime)



La stima locale dei valori ϕ' e c' equivalenti in SSAP seguendo il método di Prassetto et al. (2017)

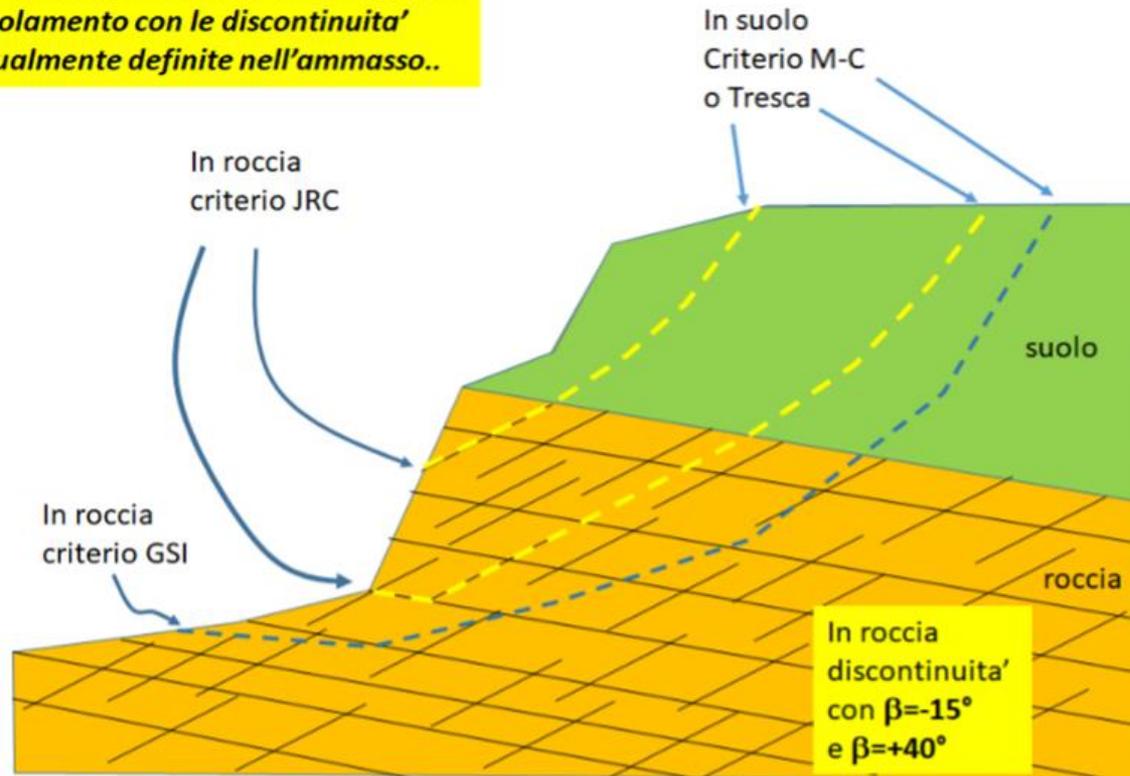


In roccia la scelta del criterio dipende dalla collinearità delle superfici di scivolamento con le discontinuità eventualmente definite nell'ammasso..

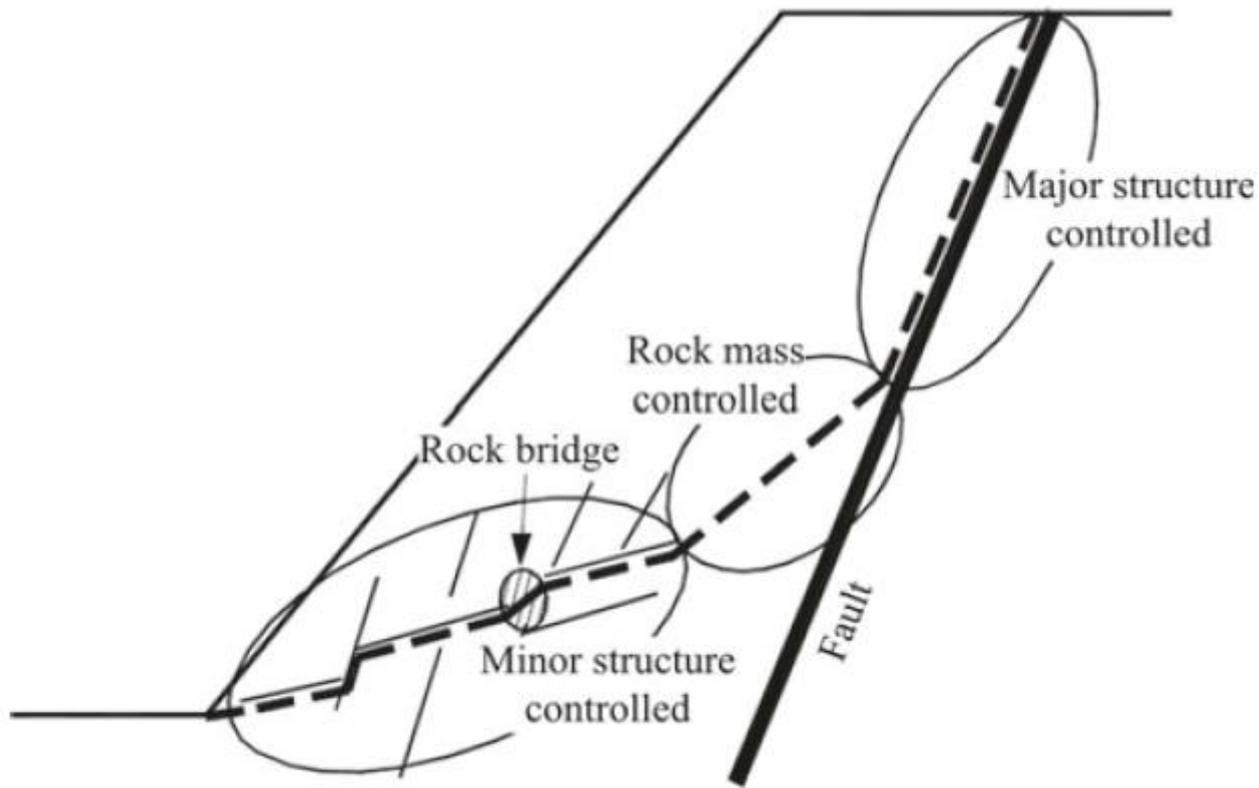


Caso di ammasso roccioso definito con entrambi i criteri GSI +JRC in presenza di famiglie di discontinuità orientate e ponti di roccia

In roccia la scelta del criterio dipende dalla collinearita' delle superfici di scivolamento con le discontinuita' eventualmente definite nell'ammasso..



Durante l'attraversamento di un ammasso roccioso da parte di una superficie di scivolamento di tentativo la scelta del criterio di rottura da utilizzare automaticamente verrà fatta dal software SSAP una volta che le caratteristiche delle famiglie di discontinuità siano indicate nell'ammasso roccioso fratturato secondo il criterio indicato in figura D.33 (criterio di collinearita'). Nel caso che la collinearita' locale, con le discontinuità indicate, non sia verificata o l'ammasso sia definito con i soli parametri del criterio GSI il criterio locale di rottura sarà quello GSI di Hoek et al./2002).



Schematic diagram of structurally-controlled instability (Baczynski 2000)

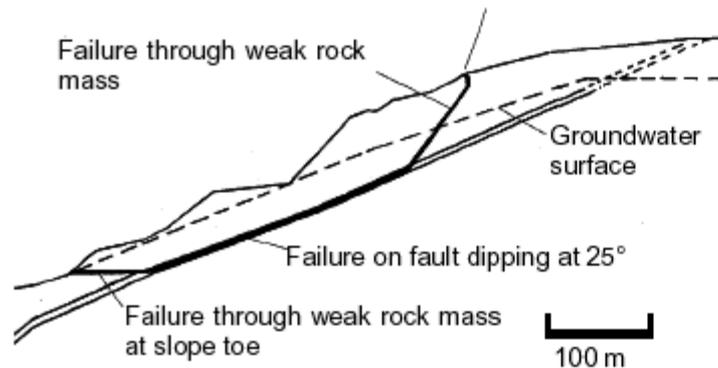
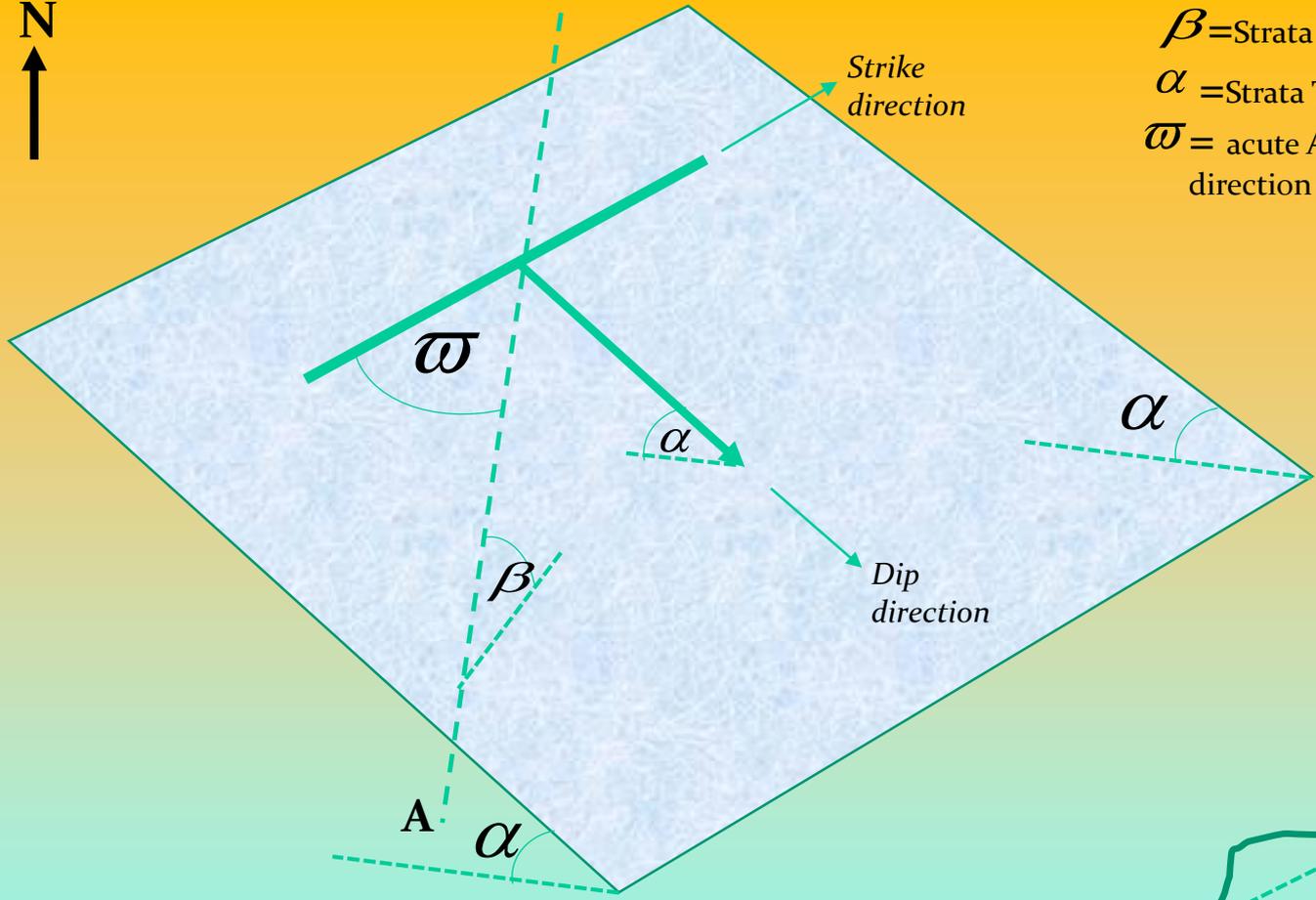
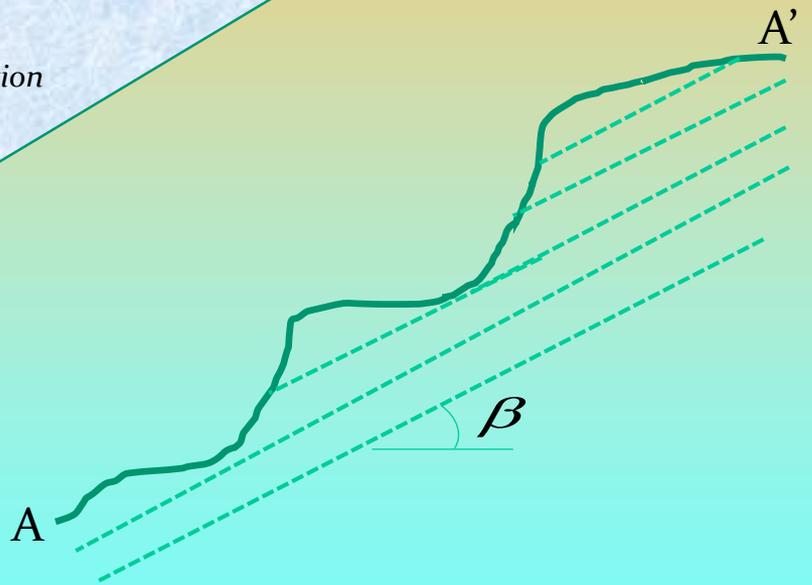


Figure 11.31: Complex slope failure controlled by an outward dipping basal fault and circular failure through the poor quality rock mass overlying the toe of the slope.



β = Strata apparent dip (°)
 α = Strata True dip (°)
 ω = acute Angle between strike direction and direction of section A-A' (°)



$$\beta = \arctan[\tan(\alpha) \sin(\omega)]$$

L.B. 2020

Studio, e pratica, su un esempio di ammasso roccioso fratturato , con presenza 3 famiglie di discontinuita' e progetto di consolidazione con Wiremesh in acciaio a doppia torsione ancorata con tiranti

Parametri Geotecnici degli strati Ridotti ai sensi NTC2018/EC-7 #Per Rocce vedasi Report di verifica, per dettagli

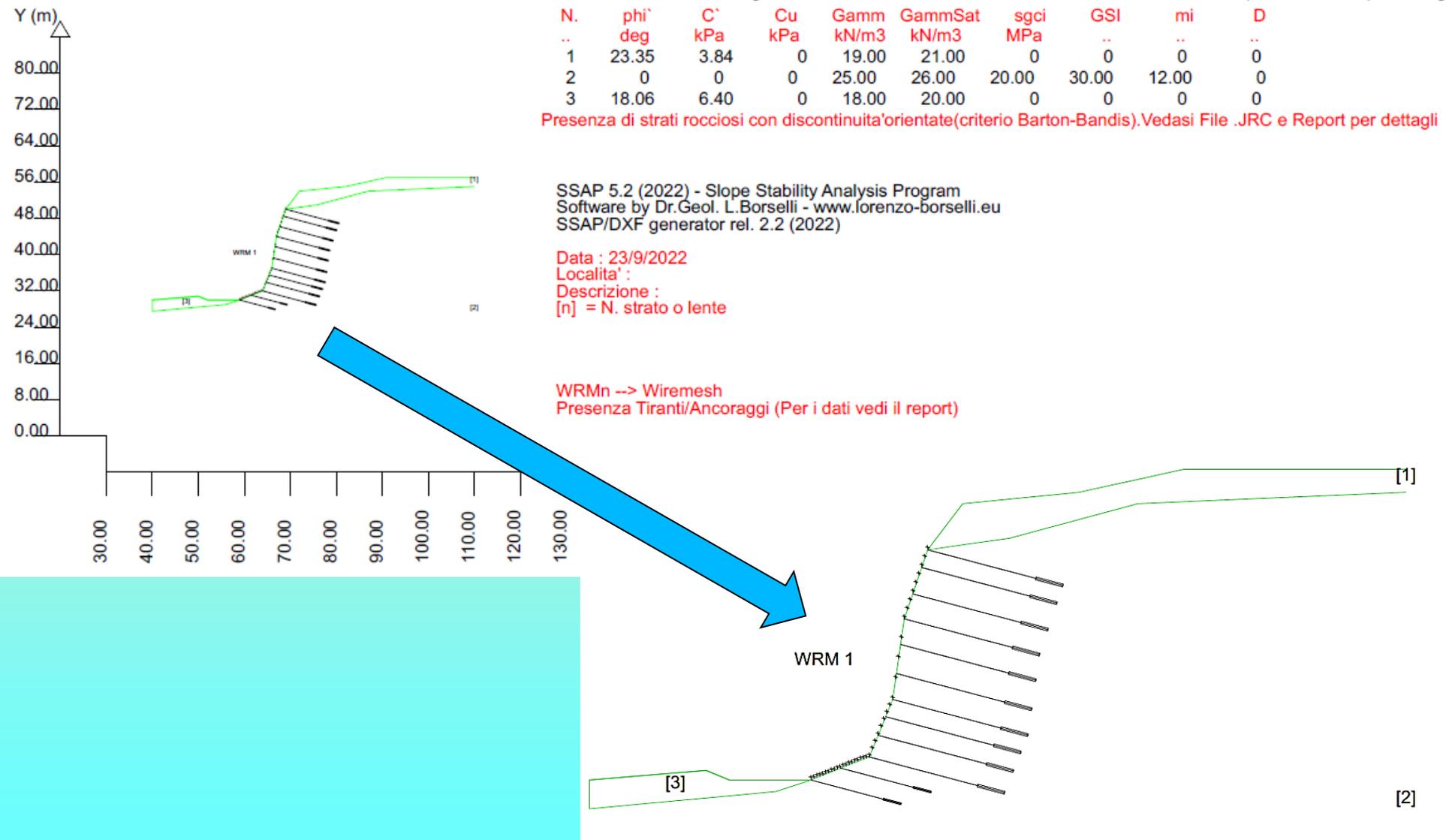
N.	phi' deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI ..	mi ..	D ..
1	23.35	3.84	0	19.00	21.00	0	0	0	0
2	0	0	0	25.00	26.00	20.00	30.00	12.00	0
3	18.06	6.40	0	18.00	20.00	0	0	0	0

Presenza di strati rocciosi con discontinuita'orientate(criterio Barton-Bandis).Vedasi File .JRC e Report per dettagli

SSAP 5.2 (2022) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.2 (2022)

Data : 23/9/2022
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

WRMn --> Wiremesh
Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)



Liquefazione e stabilita' dei pendii In SSAP2010

Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D

Universidad Autónoma de San Luis Potosi -UASLP

Instituto de Geología

Facultad de Ingeniería.

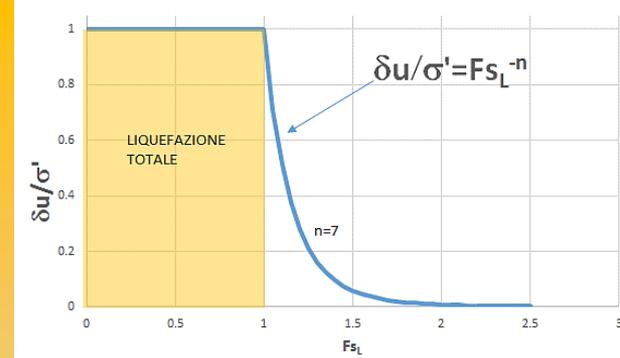
San Luis Potosi, MEXICO

E_mail:

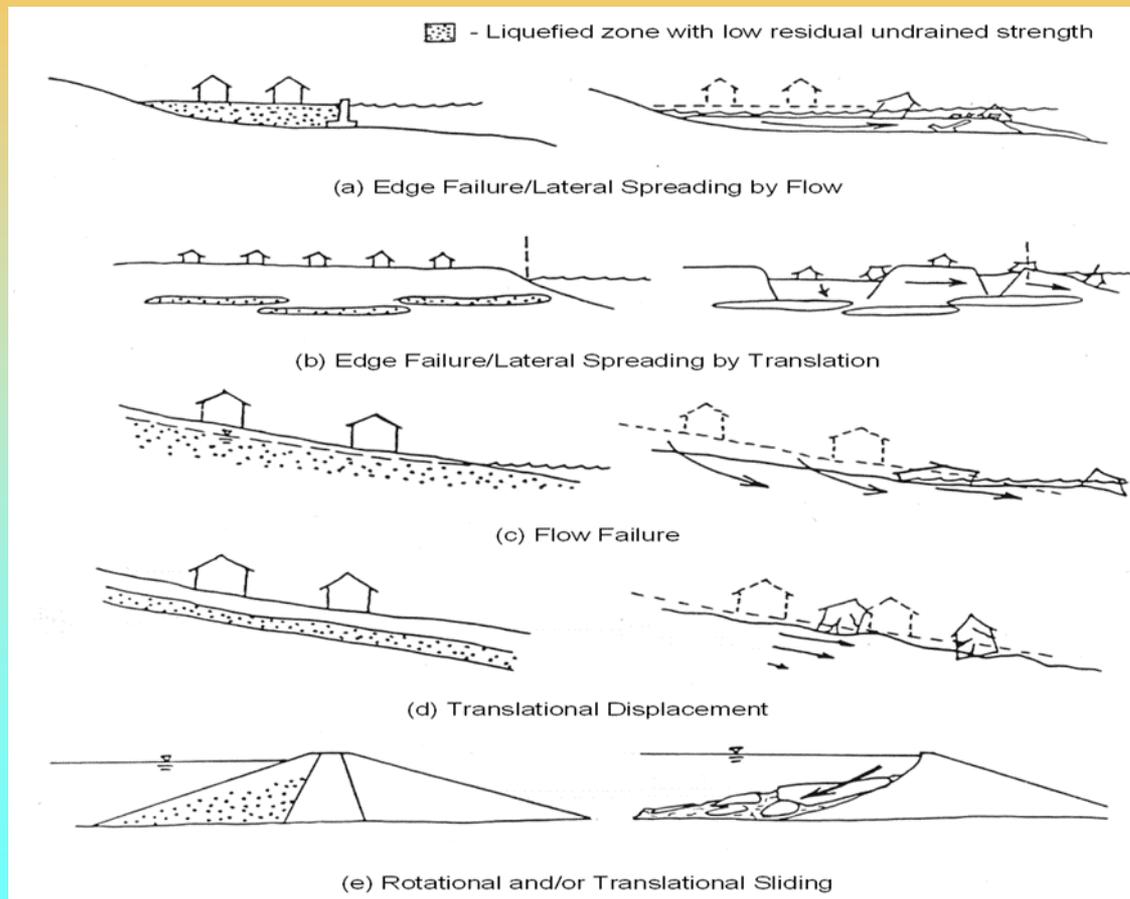
lborselli@gmail.com

lorenzo.borselli@uaslp.mx

<http://www.lorenzo-borselli.eu>

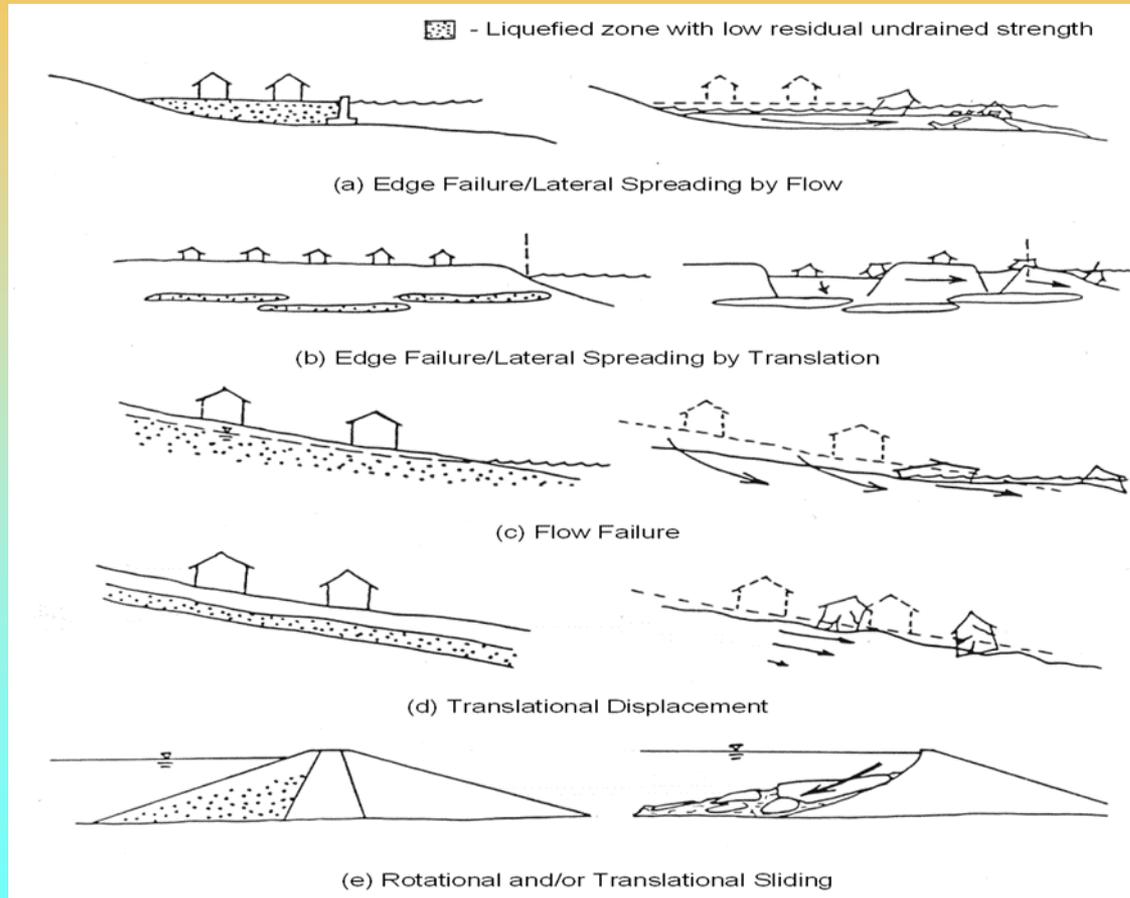


Liquefazione e stabilità dei pendii



Dal punto di vista del SSAP facciamo in particolare riferimento al processo di liquefazione che ha luogo su pendii naturali o artificiali (figura a lato). Il processo di liquefazione in pendii o opere in terra deve essere analizzato con procedure particolari, posteriormente a una analisi preliminare di liquefacibilita' del deposito associata a una specifica sollecitazione sismica di progetto..

Liquefazione e stabilità dei pendii



Il primo passo per integrare in una verifica di stabilità l'effetto di una potenziale liquefazione totale o parziale è rispondere a una serie di quesiti:

1. Se e quali strati del nostro pendio hanno caratteristiche di potenzialmente liquefacibili.
2. Se esistono strati liquefacibili quale è il potenziale di liquefazione (Fattore di sicurezza liquefazione) rispetto a uno stress ciclico (sismico) in condizioni non drenate, che produrrà una liquefazione totale o parziale.

Liquefazione e stabilità dei pendii

determinazione preliminare del fattore di
sicurezza a liquefazione in 5 steps

Step	Equazione o grafico	Parametro	Descrizione
1	$CSR = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 r_d \left(\frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$	CSR	<i>cyclic stress ratio</i> - rapporto di stress ciclico indotto dal indotto dal sisma
2	$r_d = 1 - 0.012z$ (Vedasi anche fig. 2.24a)	r_d	Coefficiente di riduzione di stress in profondità
3	$CRR_{M=7.5, \sigma'_{vc}=1} = \exp \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{126} \right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{23.6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right)$ CRR(fig.2.25a) MSF fig.2.25b)	CRR; MSF	<i>cyclic resistance ratio</i> - rapporto di resistenza ciclico del deposito e magnitudo scaling factor
4	$K\alpha$ (figura 2.25.b)	$K\alpha$	Coefficiente di correzione per Fattore di sicurezza a liquefazione per deposti in pendio
5	$FS_{liq} = CRR / (CSR / MSF / K\alpha)$	FS_{liq}	Fattore di sicurezza a liquefazione

Da Borselli (2015)

Liquefazione e stabilità dei pendii

Per condizioni $FS_{liq} > 1.0$ vari autori Marcuson et al. (1990,2007), Towhata (2008), hanno proposto una relazione del tipo di quella mostrata in figura tra il fattore di sicurezza a liquefazione e il rapporto tra l'eccesso di pressione dei pori prodotto dal sisma rispetto allo sforzo efficace pre-sisma..

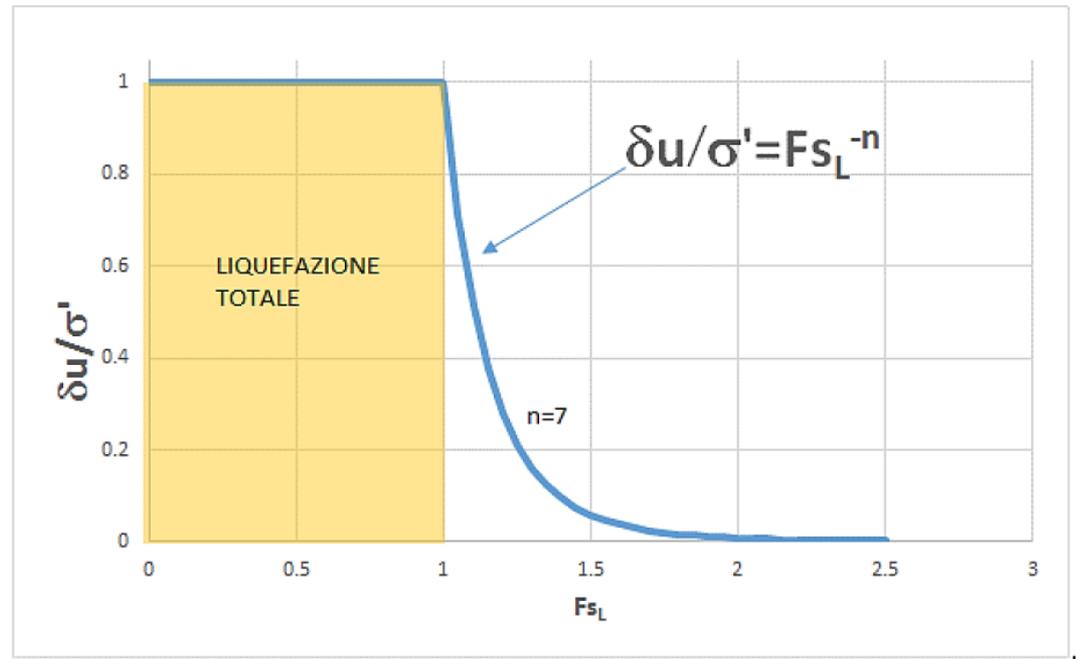
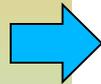


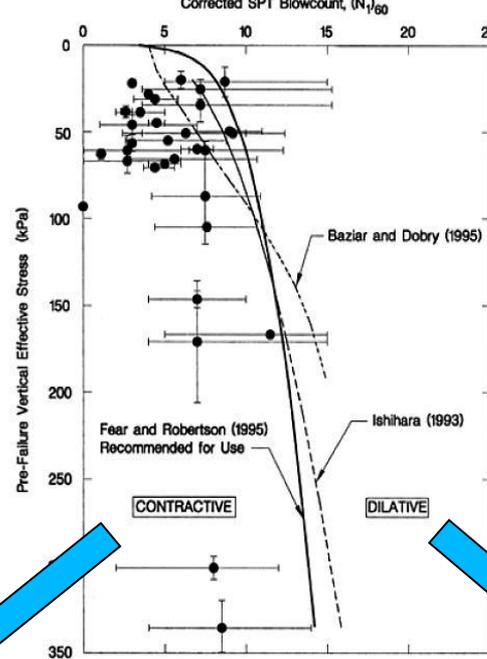
Fig. 2.27 (da Towhata, 2008, modificato)

La relazione proposta in figura è utilizzata da SSAP per valutare l'incremento di pressione di pori associato a valori $FS_{liq} > 1.0$. Questo procedimento consente, essendo sempre noto a priori il livello dello sforzo verticale efficace pre-sisma, di calcolare la nuova pressione di pori massima e **determinare le nuove condizioni per calcolare la resistenza al taglio in termini di pressioni efficaci (criterio di rottura Mohr-coulomb), in questo caso per le condizioni di liquefazione parziale.**

Liquefazione e stabilità dei pendii

(Procedura da Olson e Stark 2003)

Valutazione resistenza al taglio post liquefazione in condizioni non drenate
Per condizioni di liq. Totale: $FS_{liq} < 1.0$



SPT $(N_{1,60})$ Contractive Behavior Evaluation

Comportamento contrattivo

Comportamento dilatativo

$$\frac{s_u(LIQ)}{\sigma'_{v0}} = 0.03 + 0.0075[(N_1)_{60}] \pm 0.03 \quad \text{for } (N_1)_{60} \leq 12$$

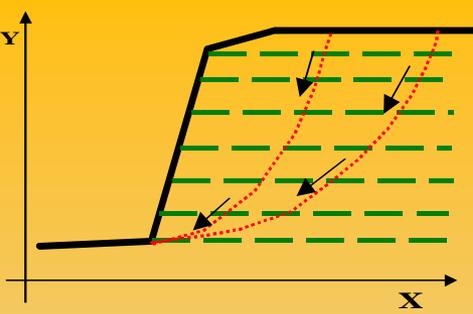
$$\frac{s_u(yield)}{\sigma'_{v0}} = 0.205 + 0.0075[(N_1)_{60}] \pm 0.04 \quad \text{for } (N_1)_{60} \leq 12$$

Da cui si ricava la C_u equivalente In (kPa)

$$\frac{S_u(finale)}{\sigma'_{v0}} = \frac{S_u(LIQ)}{\sigma'_{v0}} + \left(\frac{S_u(yield)}{\sigma'_{v0}} - \frac{S_u(LIQ)}{\sigma'_{v0}} \right) w$$

$$w = -1 + 2FS_{liq} \quad \text{se } 0.5 < FS_{liq} < 1.0$$

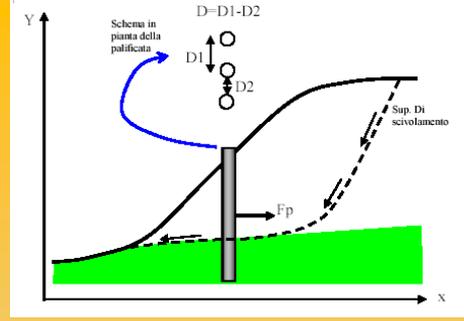
$$w = 0 \quad \text{se } FS_{liq} < 0.5$$



SSAP2010

Inserimento di opere di sostegno:

(palificate, tiranti, geogriglie, muri, gabbionate e reti in aderenza)

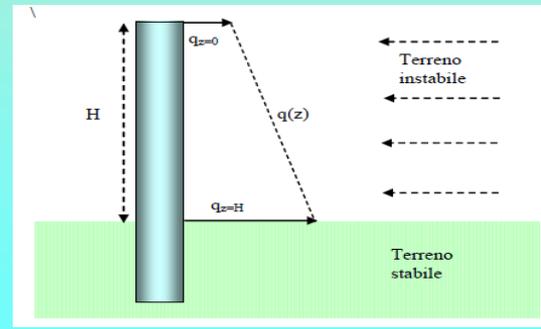
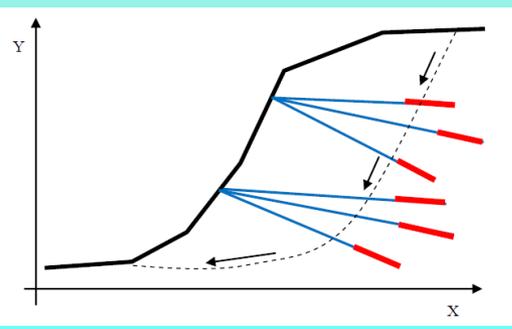


Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
 Universidad Autónoma de San Luis Potosí



UASLP
 Instituto de Geología
 Facultad de Ingeniería.
 San Luis Potosí, MEXICO

lborselli@gmail.com
 lorenzo.borselli@uaslp.mx
 http://www.lorenzo-borselli.eu



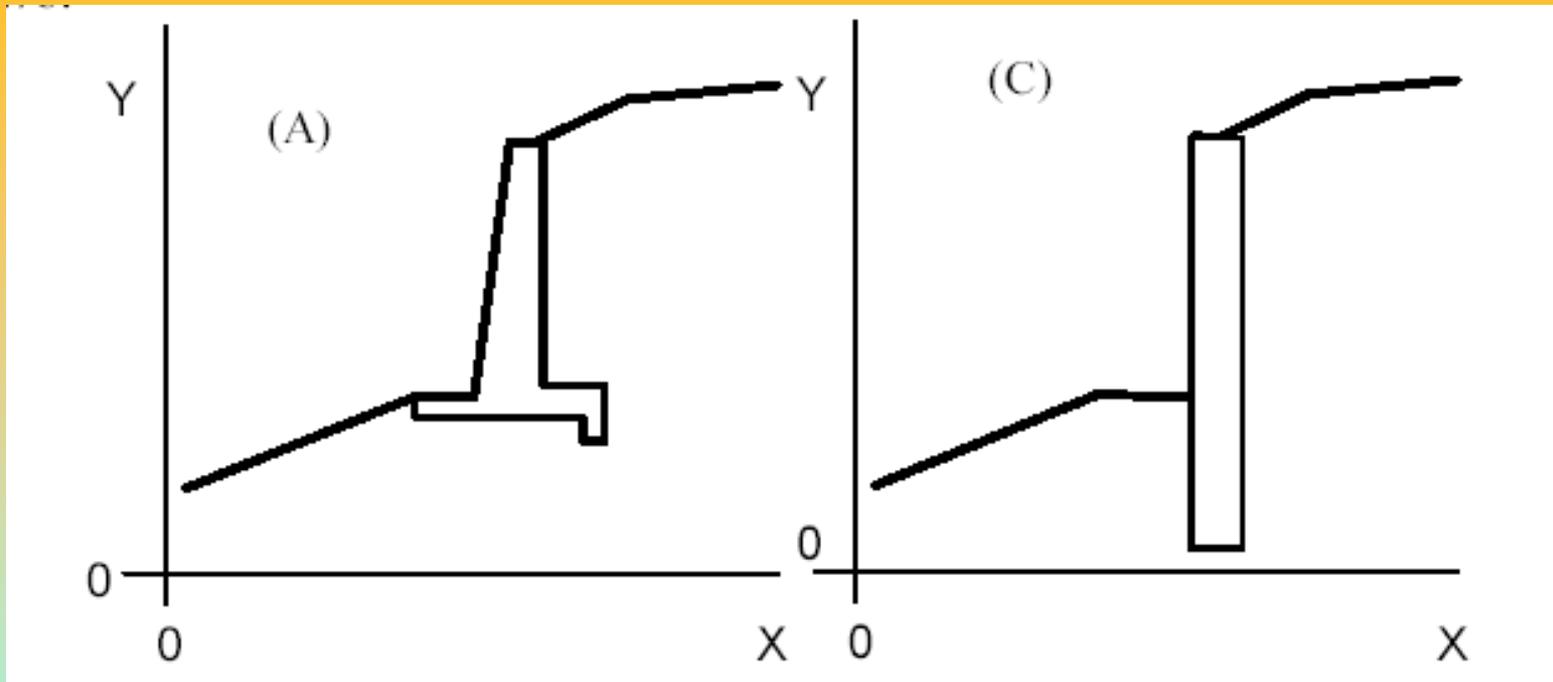
In SSAP è possibile inserire una serie di strutture di sostegno per valutare l'effetto complessivo nell'incremento del grado di stabilità.

Tiranti	max 40
Geogriglie/geosintetici	max 120
Palificate	max 12
Muri o strutture di contenimento locale (limitate dal max numero strati)	

Ogni struttura viene inserita nel modello del pendio attraverso una specifica parametrizzazione geometrica e meccanica, a seconda del modello adottato, per valutare gli effetti sulla stabilità.

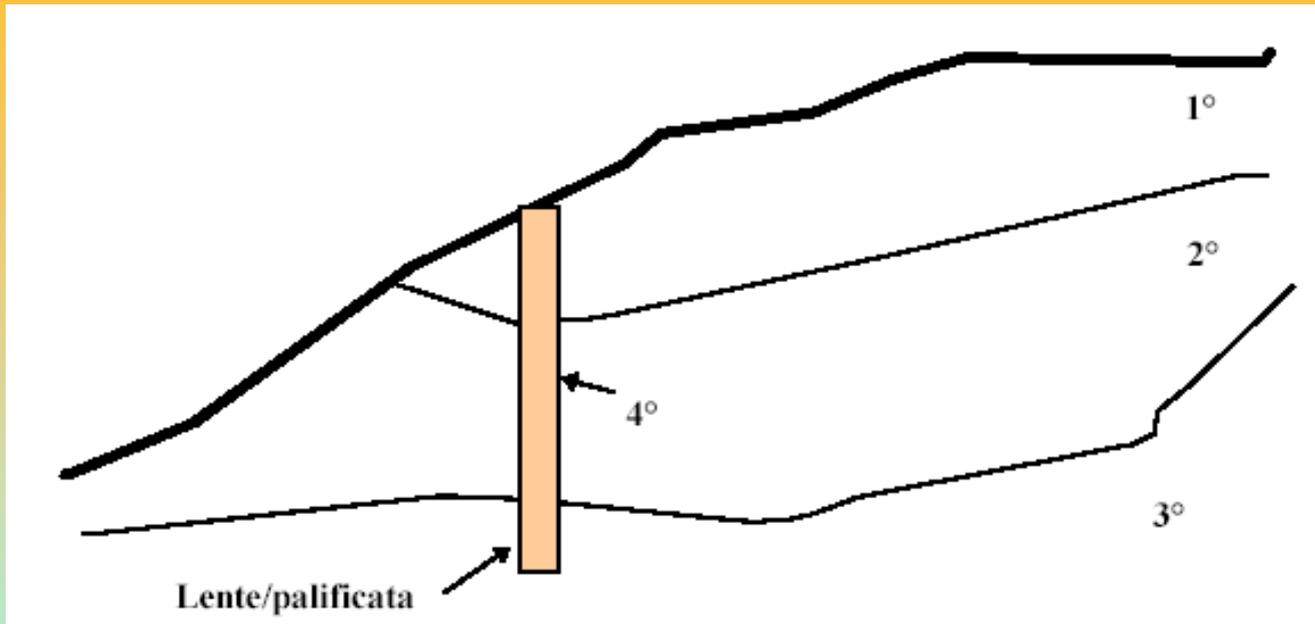
Nel caso della stabilità globale di muri di sostegno si procede invece in un modo diverso.

Elementi strutturali di contenimento e stabilizzazione



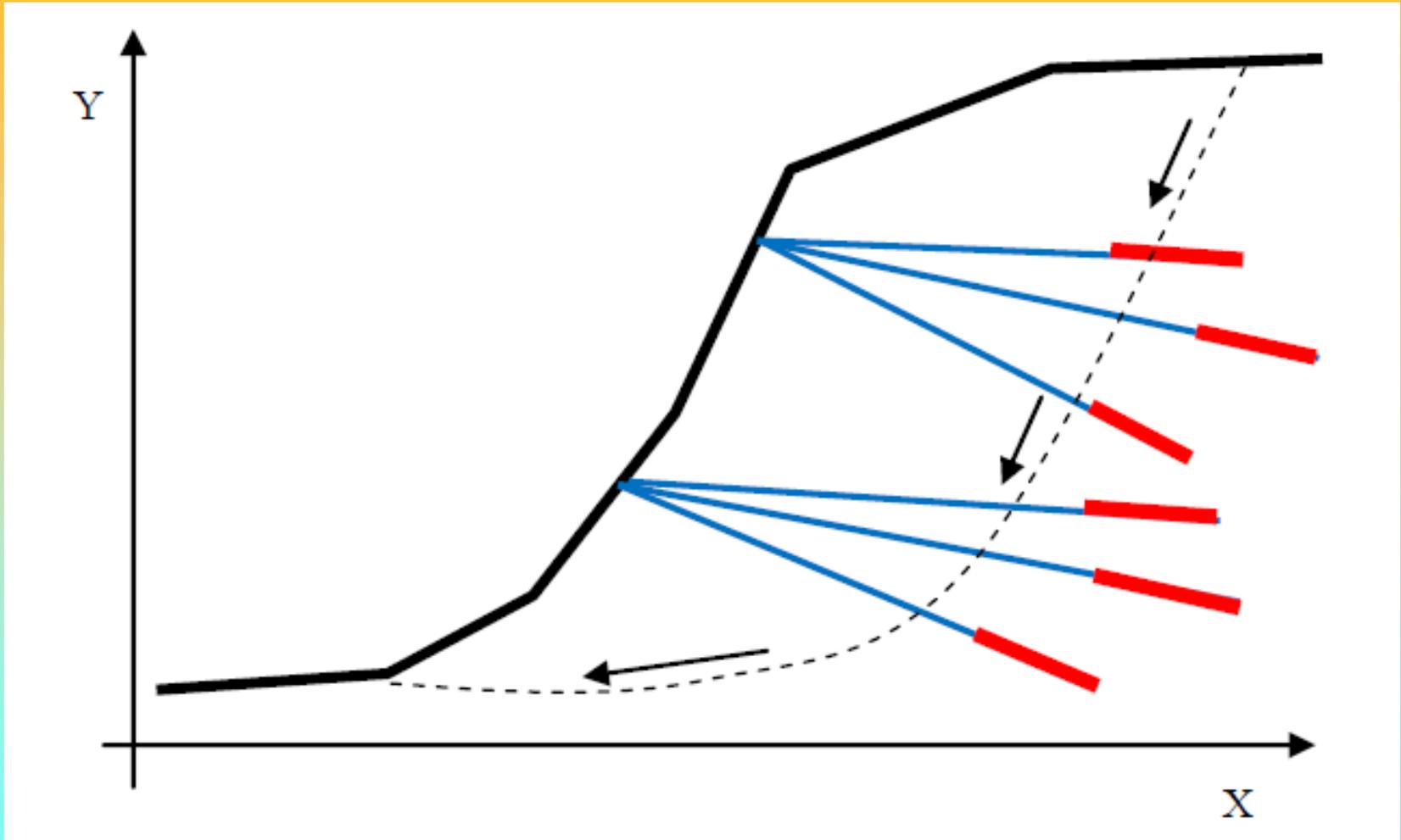
Inserimento elementi strutturali 3D
attraverso la loro sezione verticale in 2D
Ogni elemento è definito come una LENTE
entro uno strato
Per ogni elemento conviene definire
La sua resistenza al taglio equivalente (kPa)

Elementi strutturali di contenimento e stabilizzazione



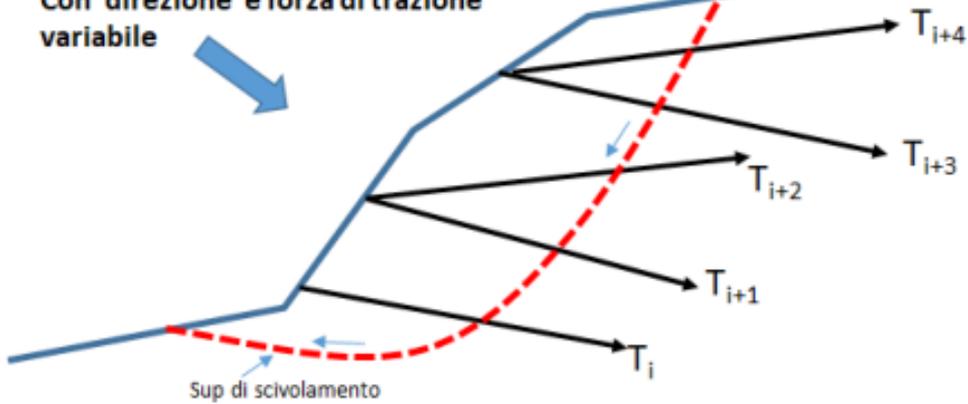
Inserimento elementi strutturali 3D
attraverso la loro sezione verticale in 2D
Ogni elemento è definito come una LENTE
entro uno strato
Per ogni elemento conviene inserire
la sua resistenza al taglio equivalente (kPa)

Tiranti

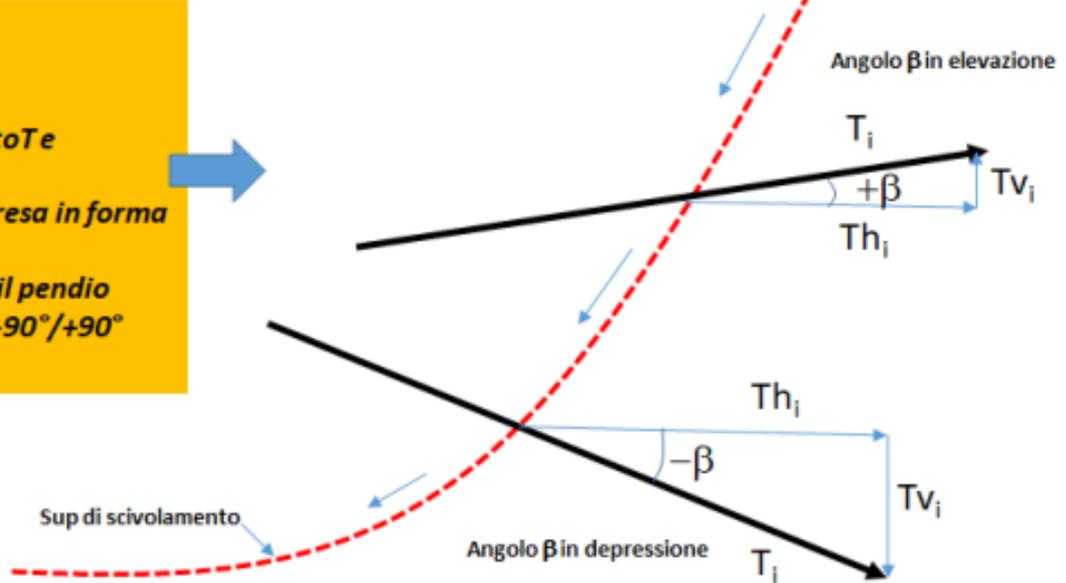
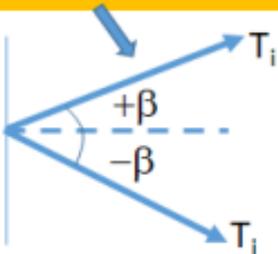


Tiranti

Pendio con tiranti/chiodi
Con direzione e forza di trazione
variabile



In SSAP ogni elemento di rinforzo espresso come chiodo o Tirante prende in considerazione la resistenza a trazione di progetto T e la sua direzione e verso. Quindi T e' una classica forza espressa in forma vettoriale. Per convenzione la direzione verso il pendio viene considerata in un intervallo $-90^\circ/+90^\circ$ mediante un angolo β



(a)

Calcolo FS nel caso di Tiranti/Chiodi

(Basato su Hoek 1981 e, Giani (1992), Read & Stacey (2009))

Tiranti/Chiodi PASSIVI
(non Pretensionati)

$$FS = \frac{\text{Forze Resistenti} + \sum_i Ta_i}{\text{Forze Agenti}}$$



Incremento forze resistenti

Tiranti/Chiodi ATTIVI
(Pretensionati)

$$FS = \frac{\text{Forze Resistenti}^*}{\text{Forze Agenti} - \sum_i Ta_i}$$



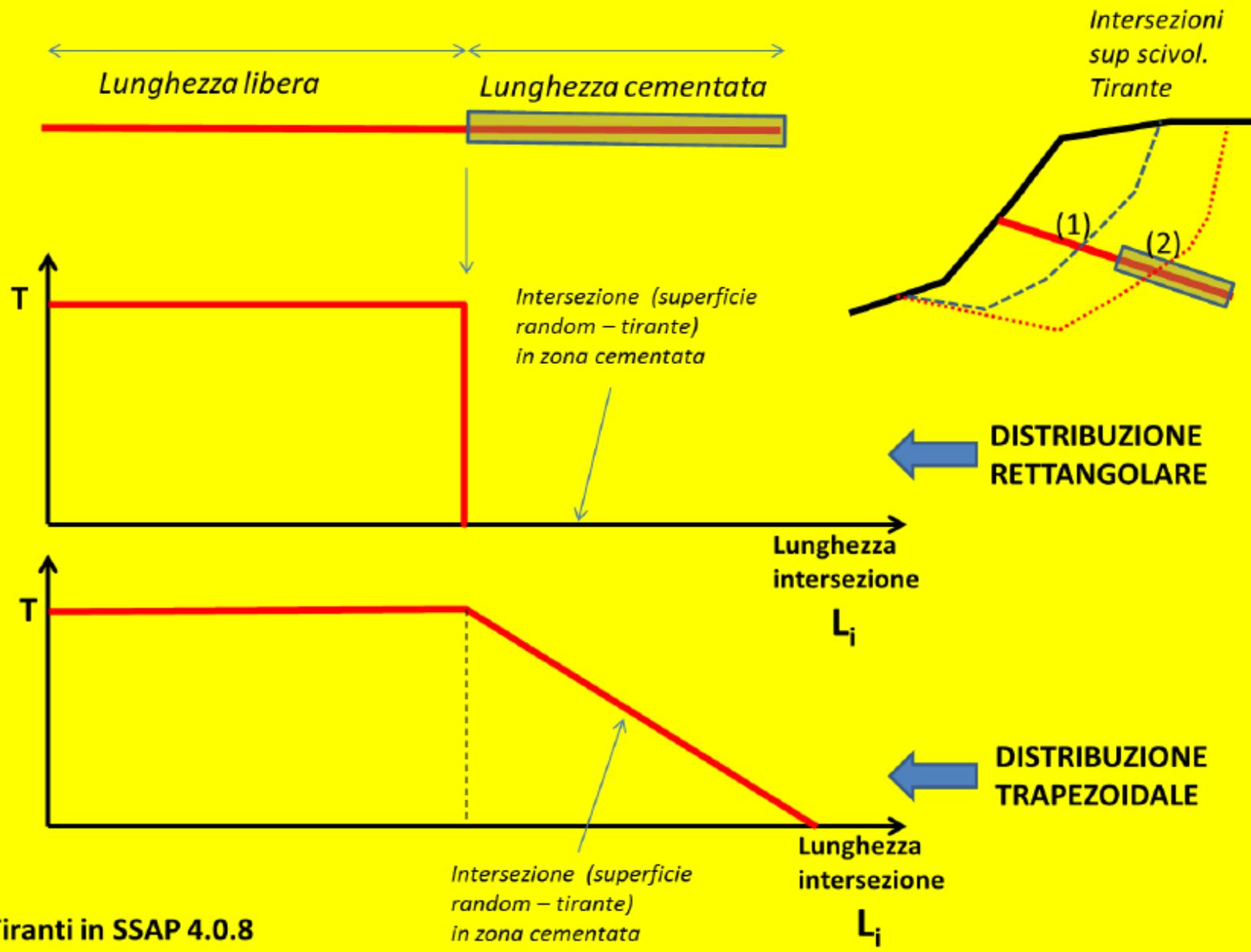
Decremento forze agenti e
Incremento N' Locale (che agisce sulle
forze resistenti)

Dove :

$\sum_i Ta_i =$ Contributo netto del tirante nella direzione locale della superficie di scivolamento

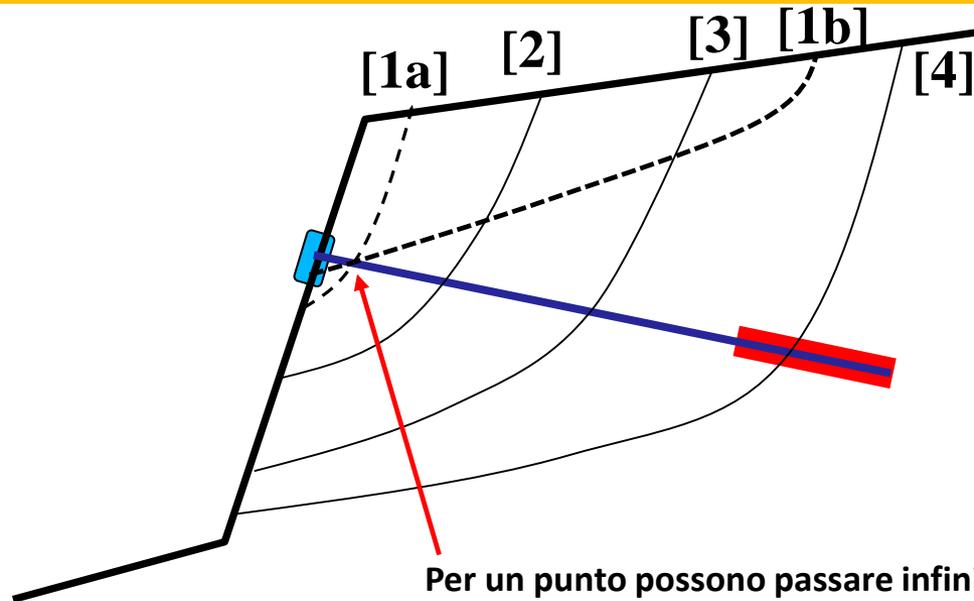
** Si considera per il Tirante ATTIVO l'incremento di N' locale prodotto dal Pretensionamento*

Tiranti



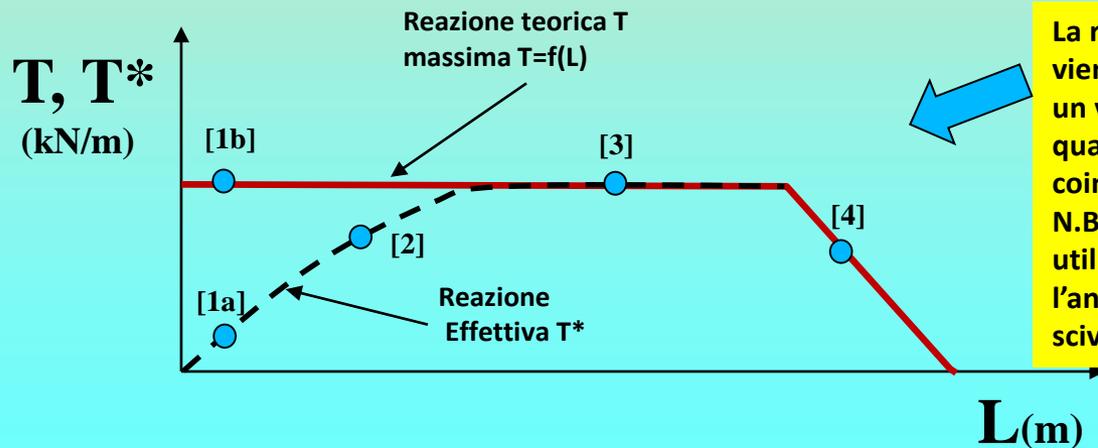
Novita'

A partire da SSAP 4.9.9: Mobilizzazione effettiva di T



Per un punto possono passare infinite superfici. La frazione di T mobilizzata nello stesso punto di intersezione tra Superficie e tirante Dipende da:

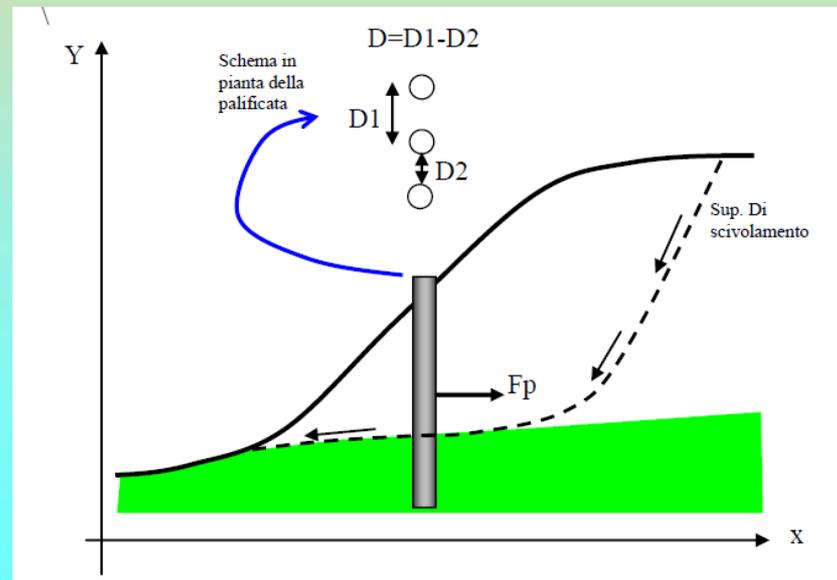
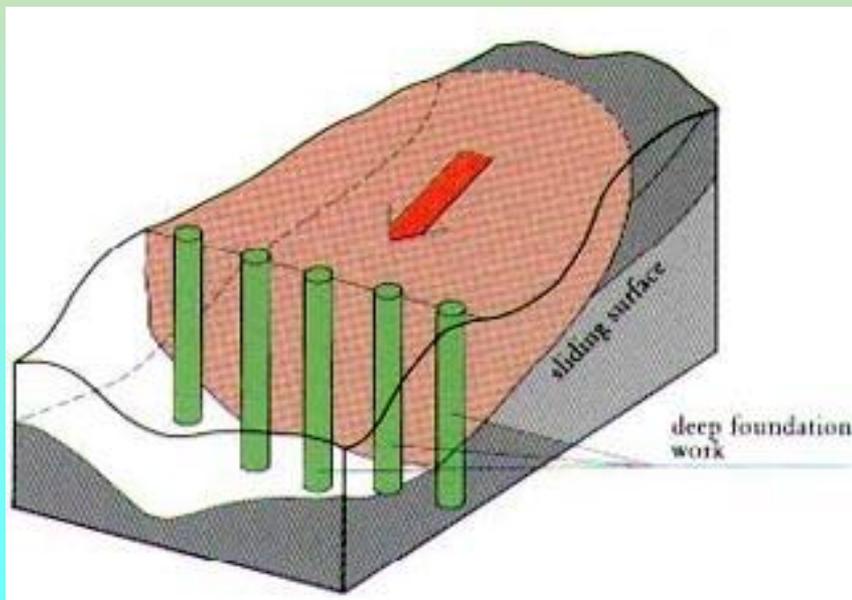
- Forma della superficie
- Volumi coinvolti
- ..etc.



La reazione teorica T massima $T=f(L)$ viene in SSAP Modificata calcolando un valore T^* corretto in funzione della quantità dipendente dal volume coinvolto
 N.B: il valore T^* deve poi essere utilizzato correttamente considerando l'angolo locale della sup di scivolamento.

palificate

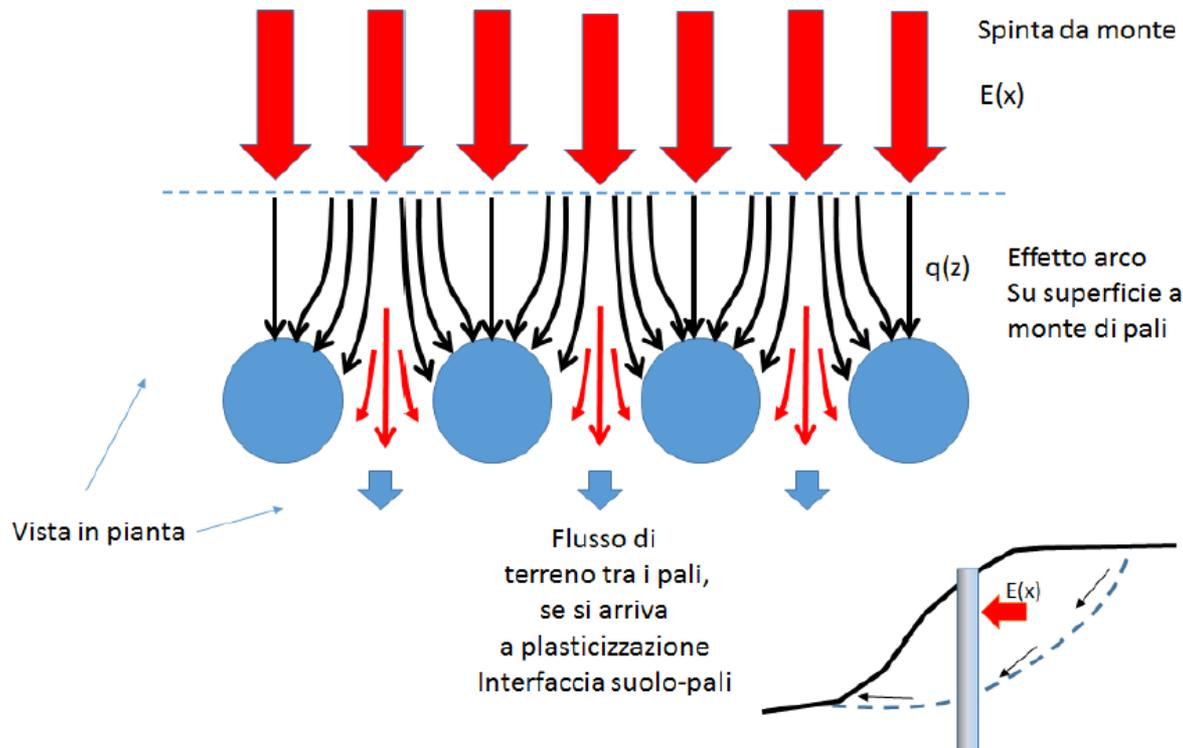
Le palificate, nella forma di una o più file di pali, sono una tecnica frequentemente adottata negli interventi di stabilizzazione di pendii. Ogni fila di pali inserita per una certa profondità nel pendio, attraversando la potenziale superficie di scivolamento, e inserendosi saldamente e profondamente entro un livello con adeguata resistenza meccanica, è in grado di esercitare una forza di reazione F_p opposta al movimento che permette di aumentare il fattore di sicurezza globale del pendio.



Metodo

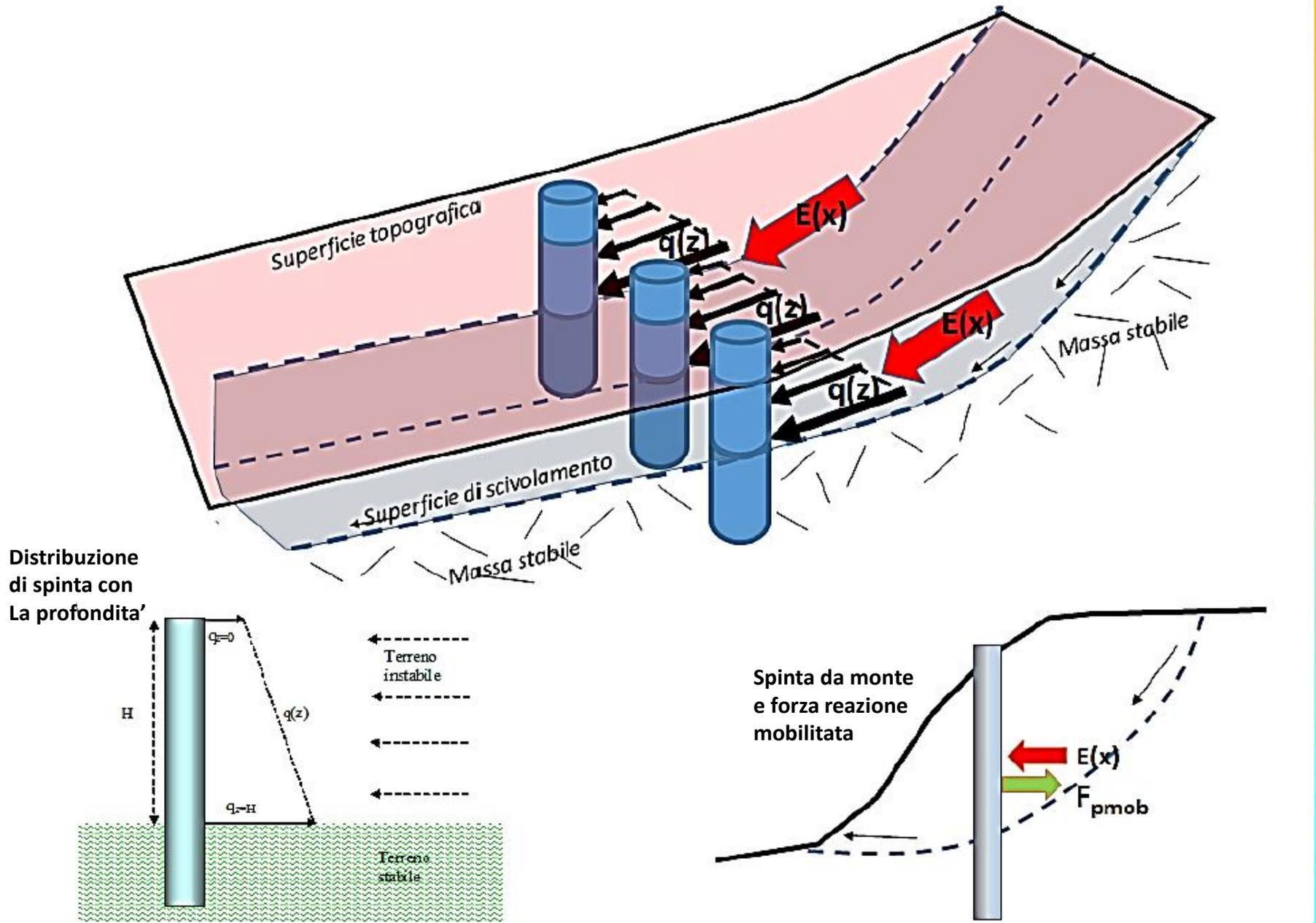
Ito Matsui (1975-1981) - Hassiotis et al. (1997) - Kumar et Hall. (2006)

- 1) al di sopra della superficie di scorrimento assunta i pali sono sottoposti a carichi noti e pari ai valori indicati al punto 1 della precedente diapositiva.
- 2) Al di sotto della superficie di scorrimento i pali sono assimilati a travi su suolo elastico. A questa ipotesi possono essere associate ipotesi aggiuntive sulla cinematica della testa dei pali: come la possibilità di avere la testa dei pali bloccata o libera alla traslazione o alla rotazione, necessaria per la analisi strutturale finale.

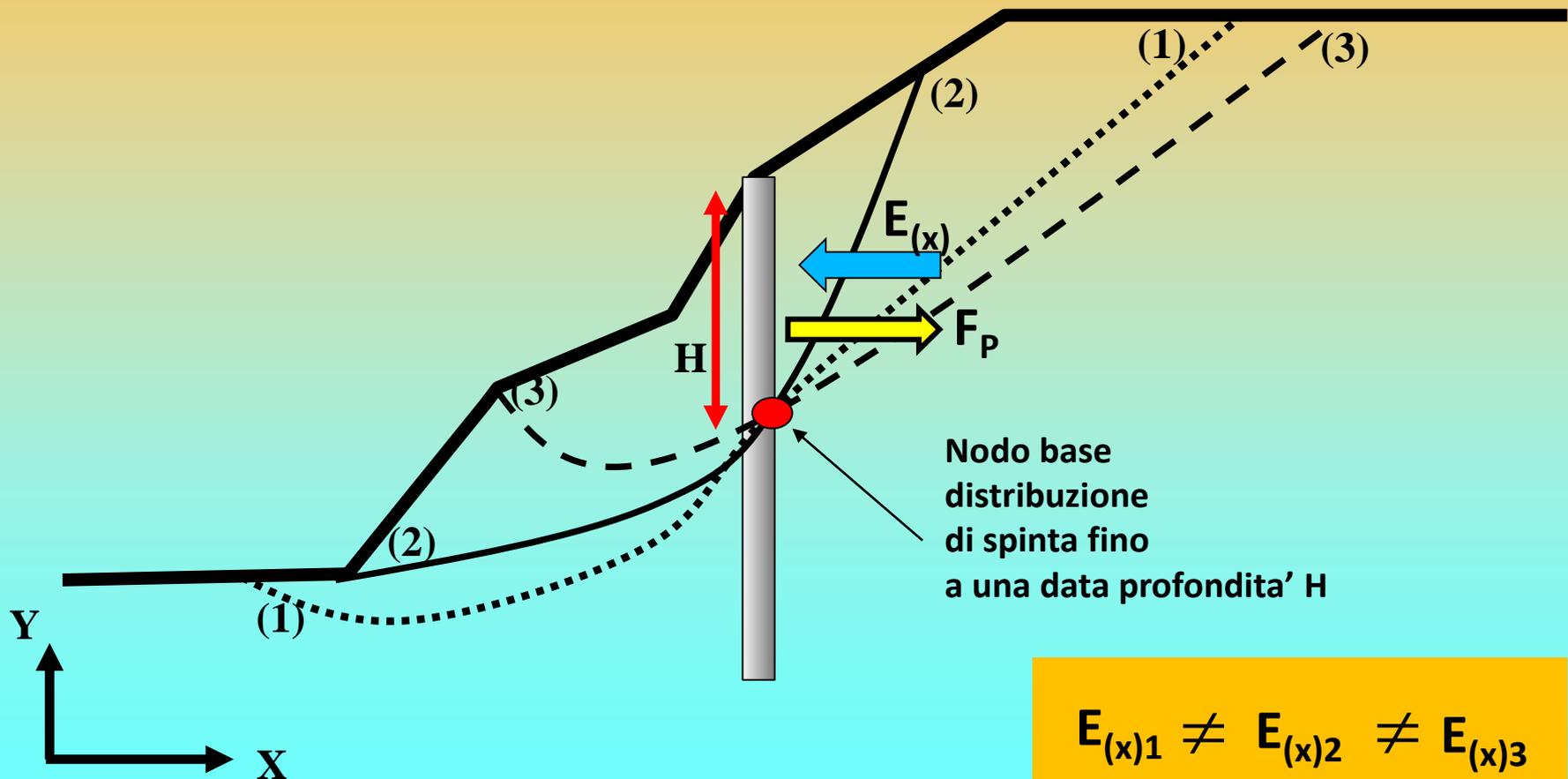


- 3) Il terreno instabile è contenuto dalla azione esercitata dai pali
- 4) Le sollecitazioni dei pali sono pari a quelle ammissibili. (salvo poi fare una verifica STRUTTURALE).

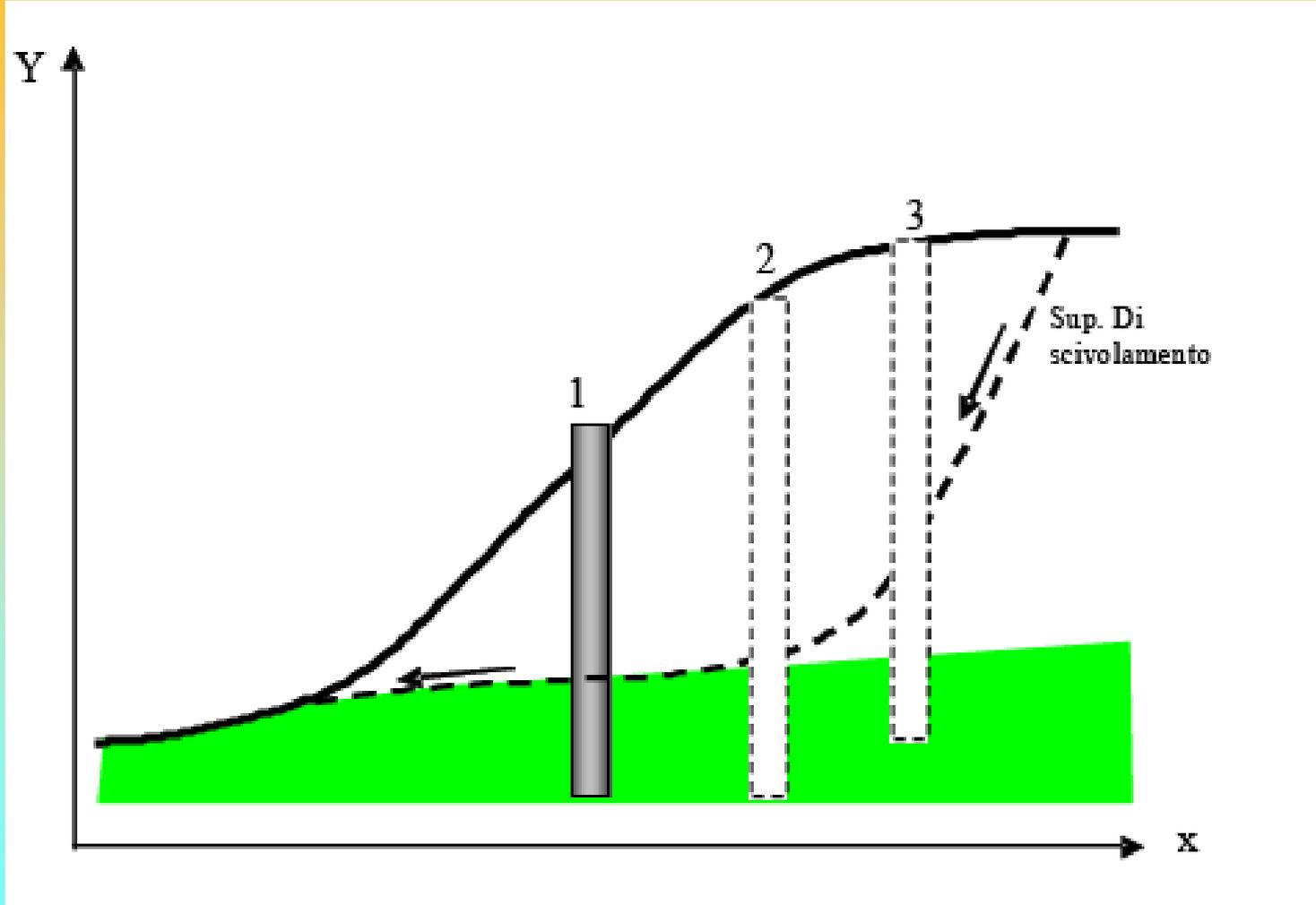
Metodo Ito Matsui (1975-1981) - Hassiotis et al. (1997) - Kumar et Hall. (2006)

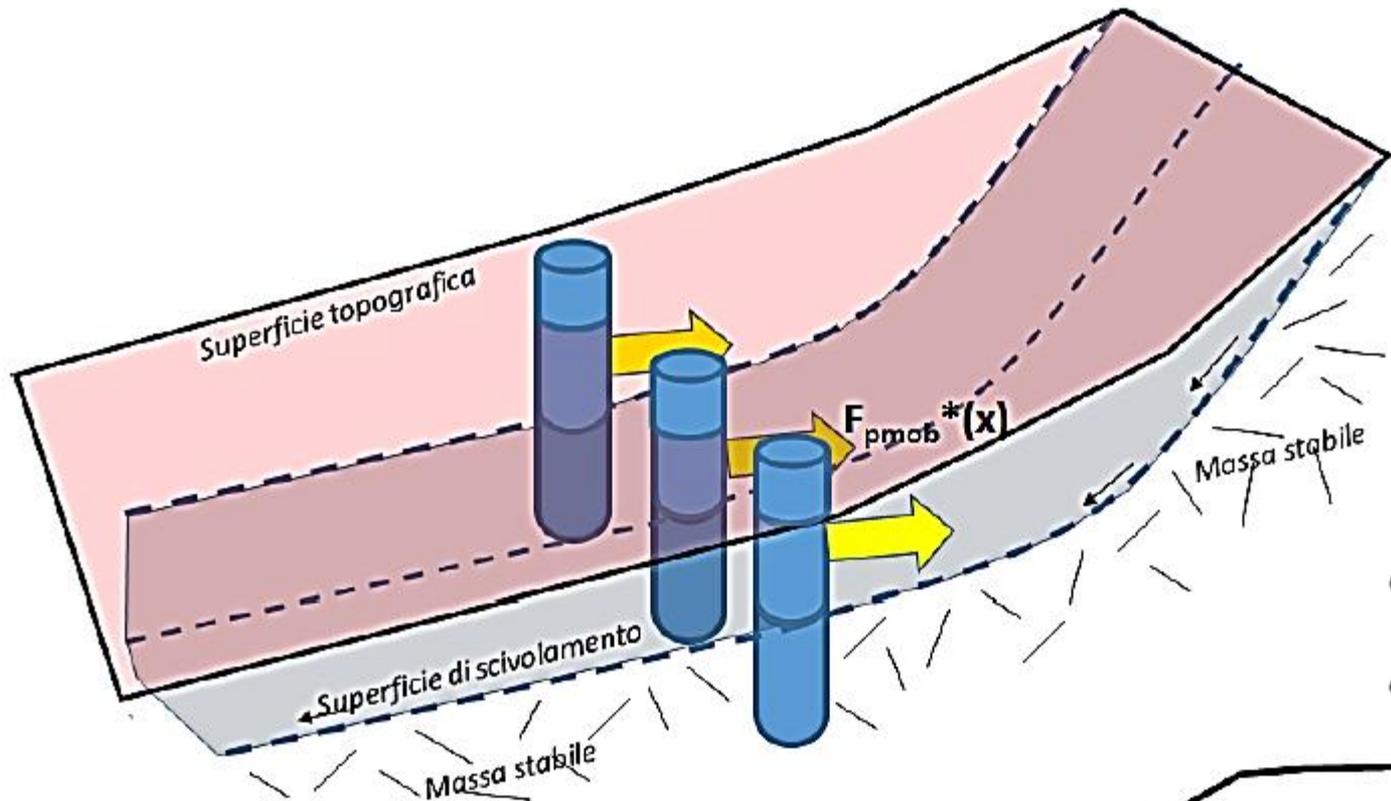


Nel nodo base della distribuzione di spinta, a profondidita' H , la spinta di reazione massima teorica F_p e' la stessa, dato che dipende da H e dal tipo di terreno, ma diverse saranno le Spinte effettive $E(x)$ che agiscono considerando le superfici (1), (2) e (3) nella figura sotto.



Possibili posizionamenti palificate (fino a 12 linee contemporaneamente)

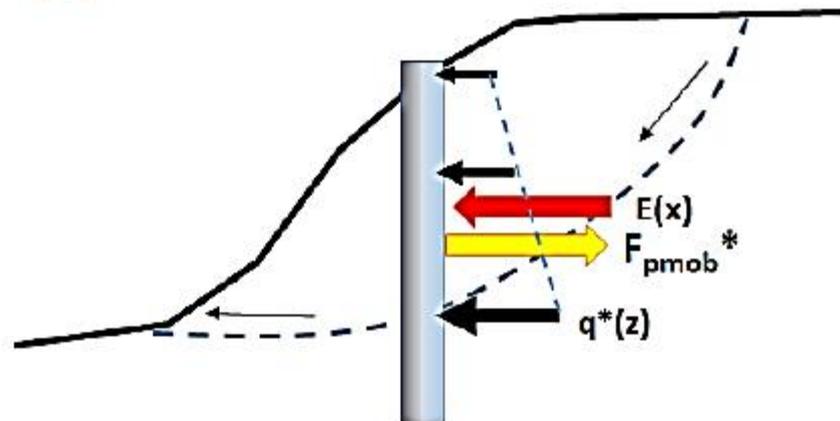




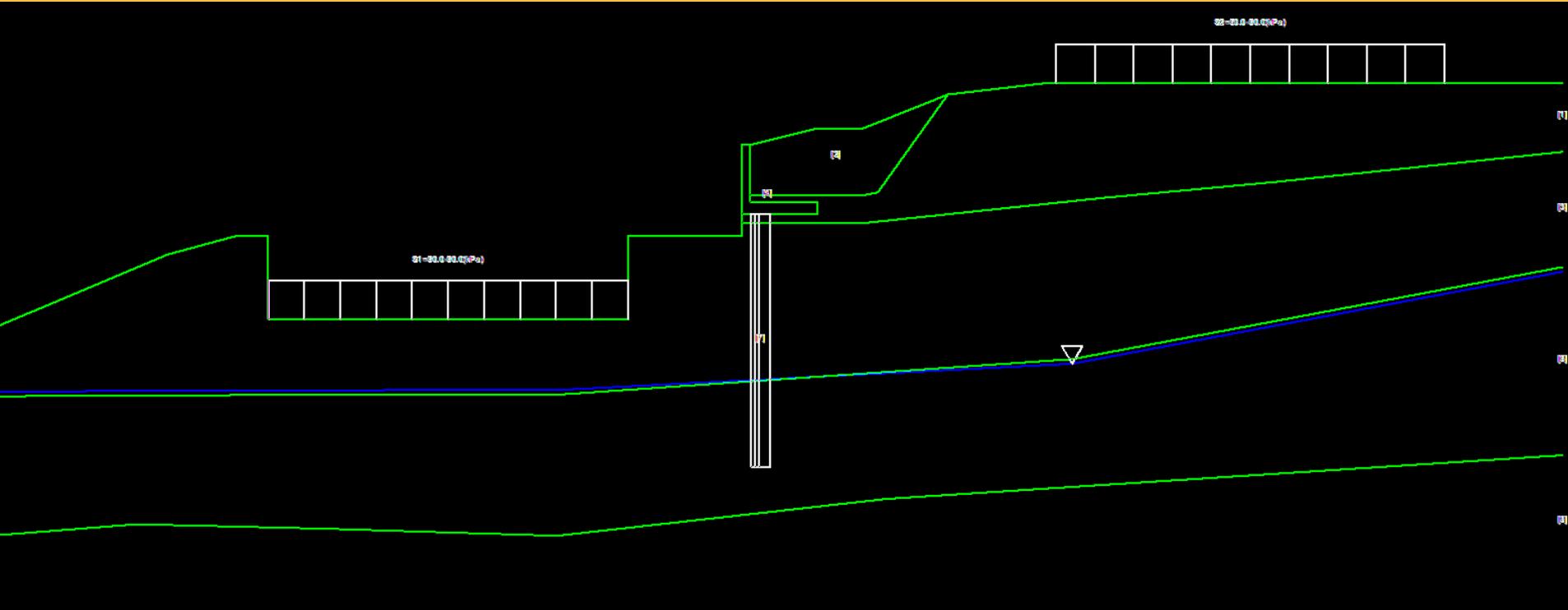
$$\alpha_m^* = \frac{F_{p_{mob}}^*}{F_p}$$

$$q^*(z) = q(z)\alpha_m^*$$

Reazione finale dei pali mobilizzata, $F_{pmob}^*(x)$, che entra nel complesso sistema di forze Interne alla massa potenzialmente scivolante ..., e distribuzioni delle forze sui pali $q^*(z)$,

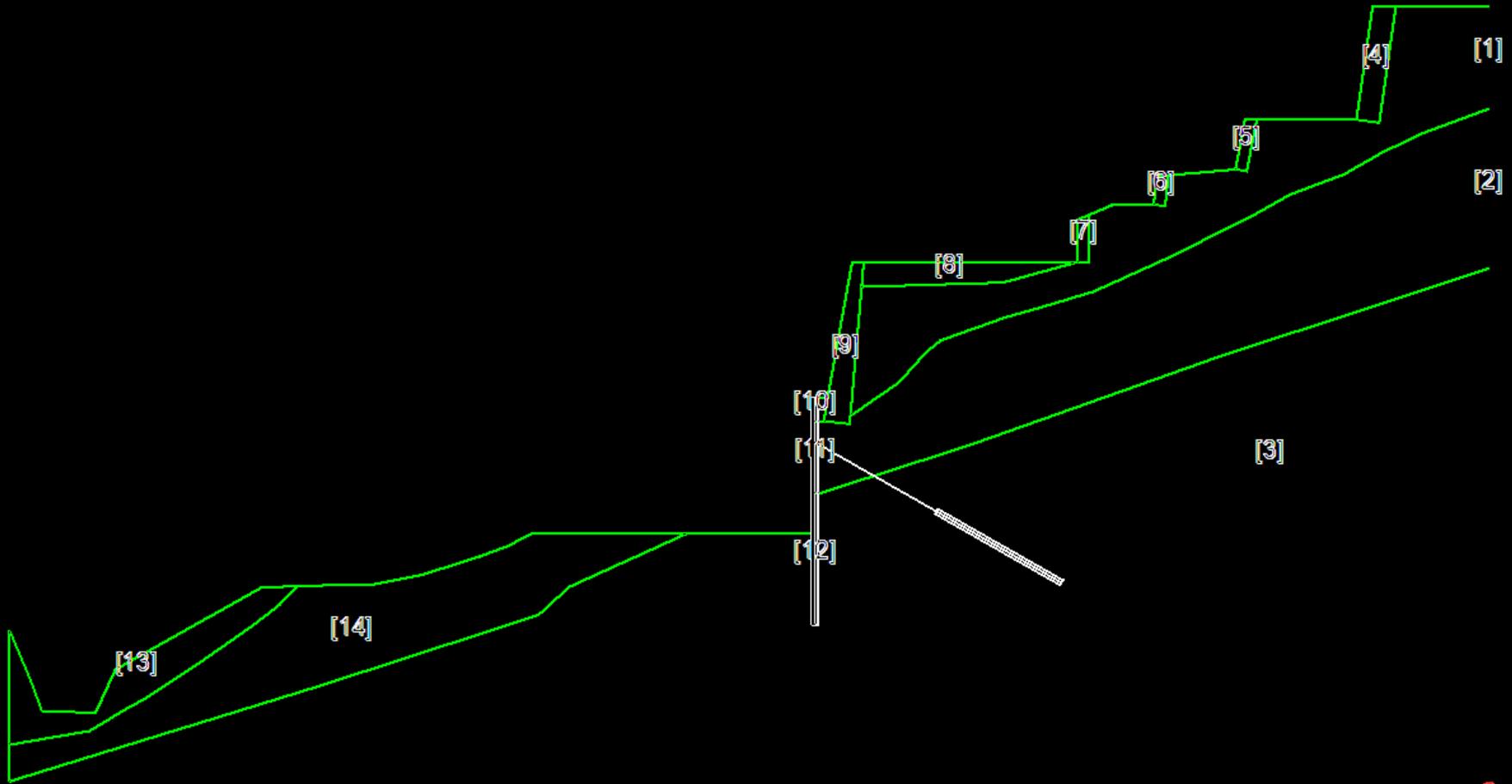


Studio e pratica su un esempio reale con palificata :



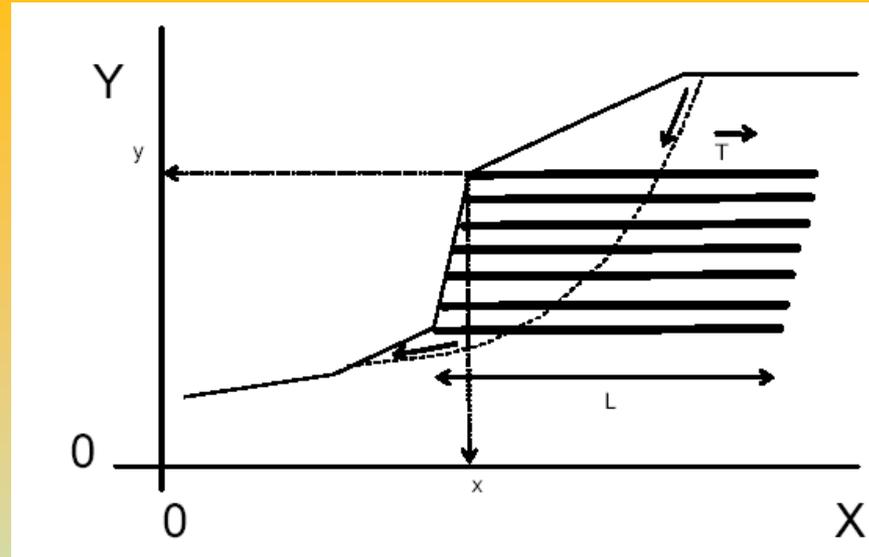
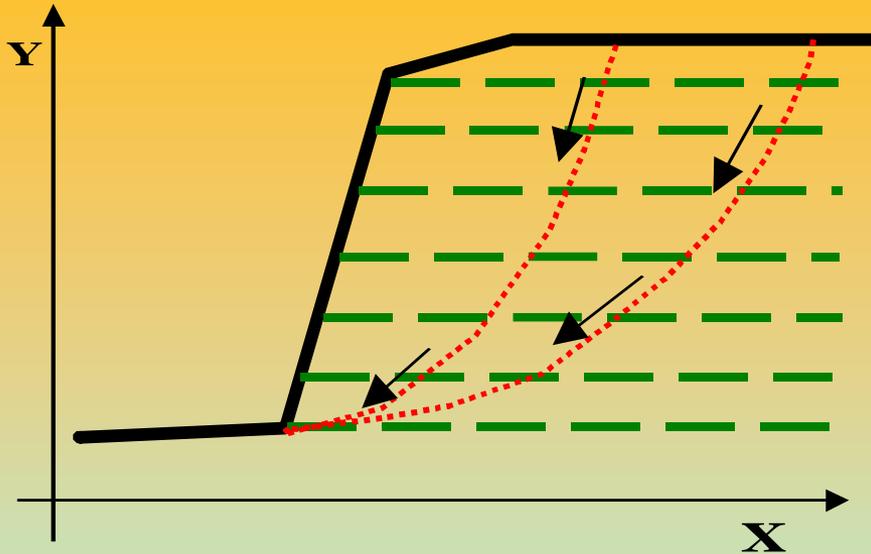
Cartella ..\pendii\esempi corso base\zuccon

Studio e pratica su un esempio reale con tiranti e pali in rocce tenere (provincia di la spezia) :

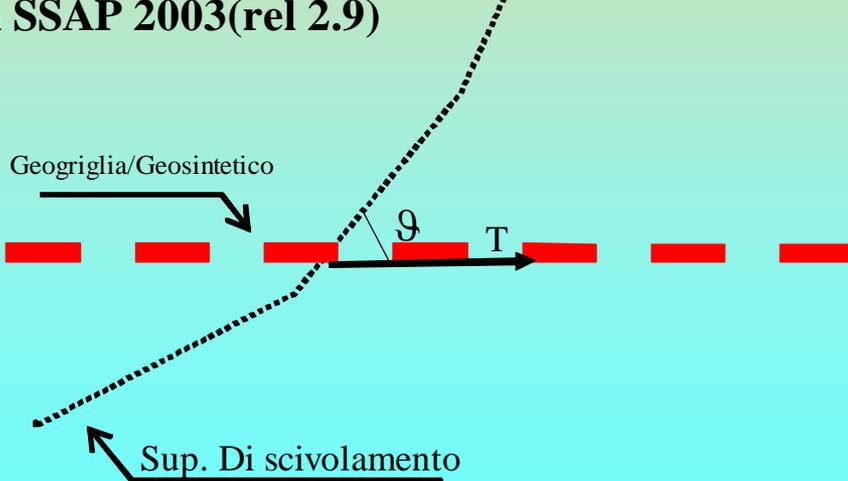


Cartella ..\pendii\esempi corso base\ **gulf_star\sez-D**

geogriglie

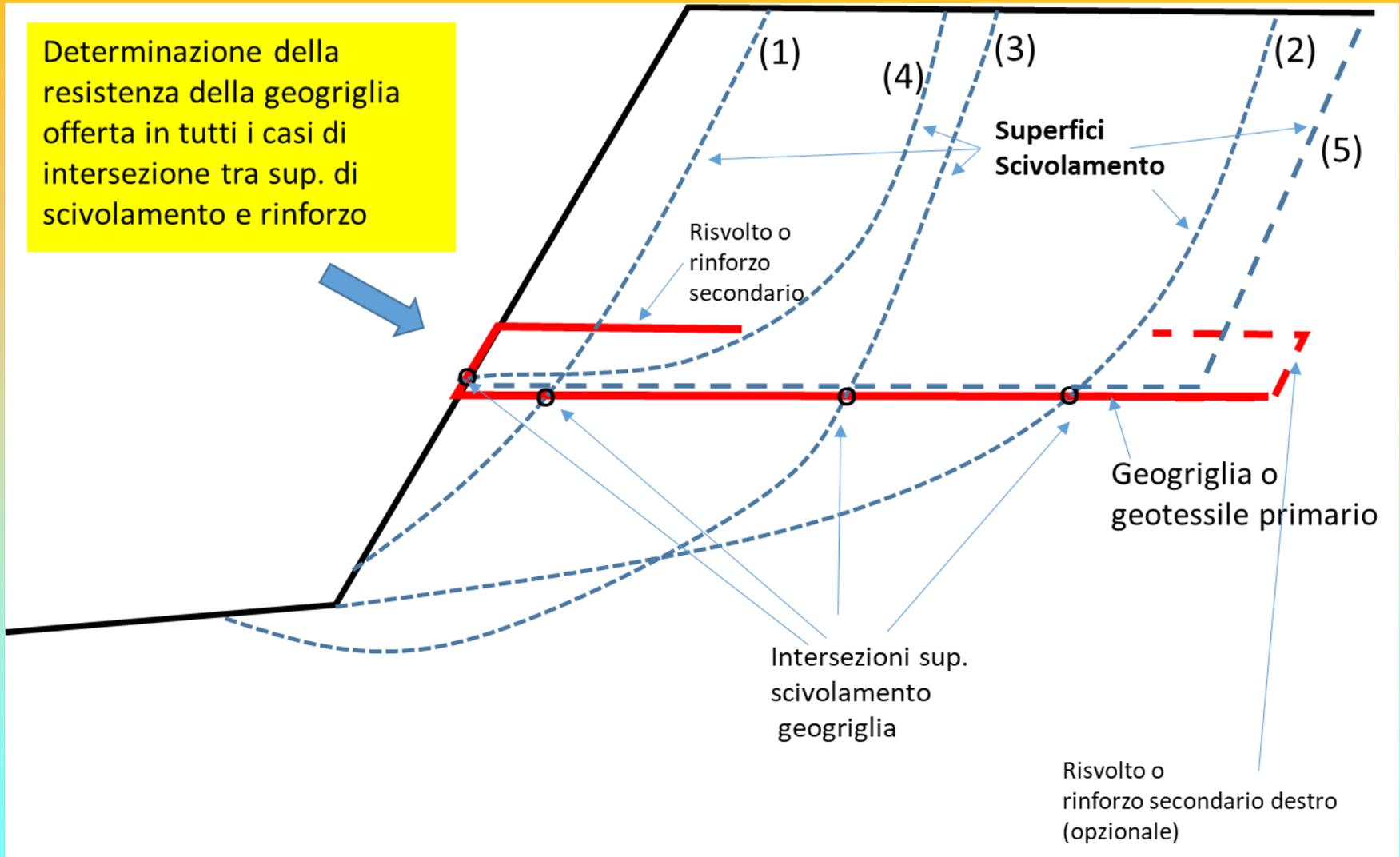


**Notazione introdotta e usata.
In SSAP 2003(rel 2.9)**



X	(in m)
y	(in m)
Lunghezza - L	(in m)
Res. Unit.	(in kN/m)
Trazione T	
Coeff. fb	(adimensionale)
Coeff α	(adimensionale)
Lunghezza risolto Lw	(in m)

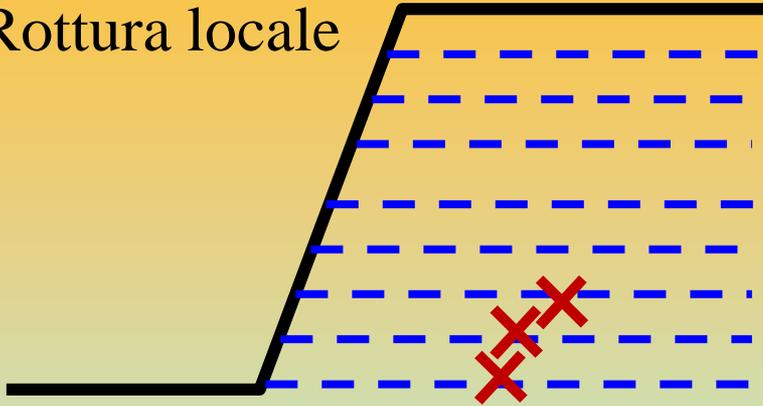
Geogriglie/Geotessili e Terre armate



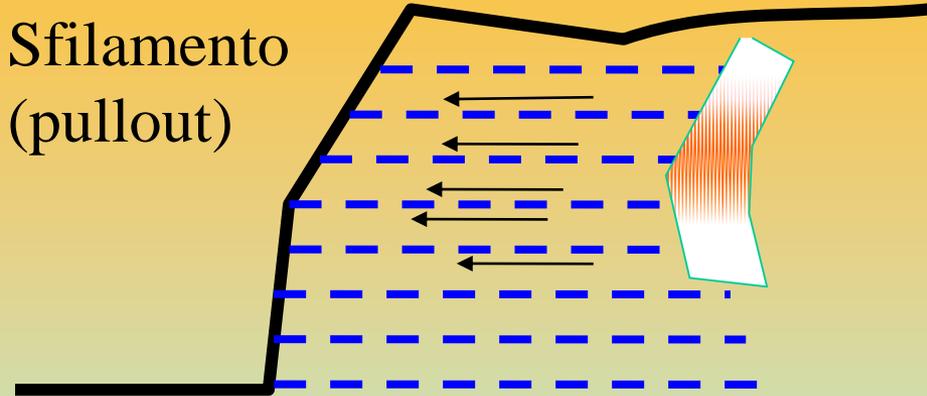
In un sistema di terre ármate, Esiste una molteplicita' di forme e di potenziali superficie di scivolamento

Processi di rottura e collasso in terre armate

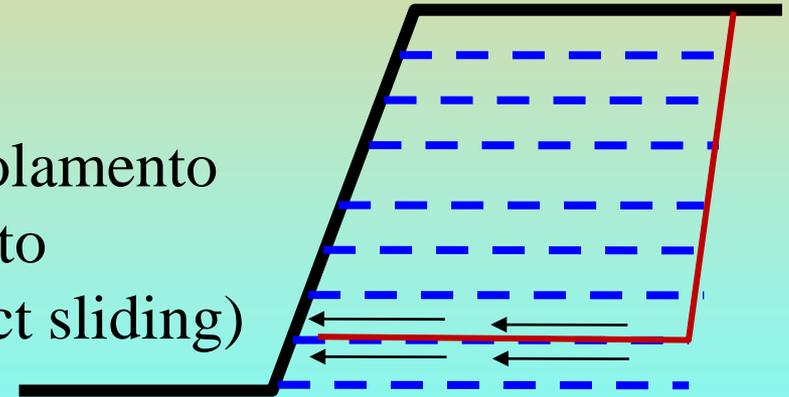
Rottura locale



Sfilamento
(pullout)



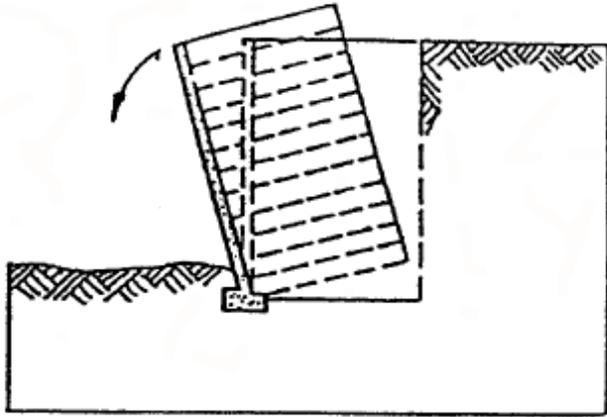
Scivolamento
Diretto
(direct sliding)



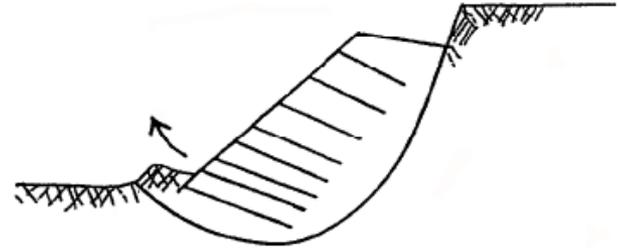
Verifiche stabilità interna

(sfilamento, rottura dei rinforzi, scivolamento diretto)

Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità di una TA

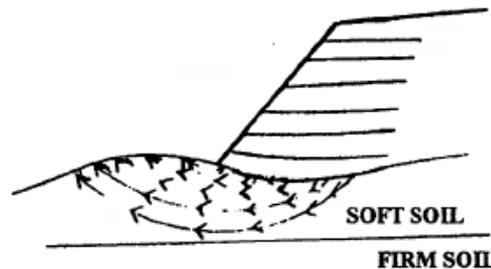


(b) Overturning (eccentricity)

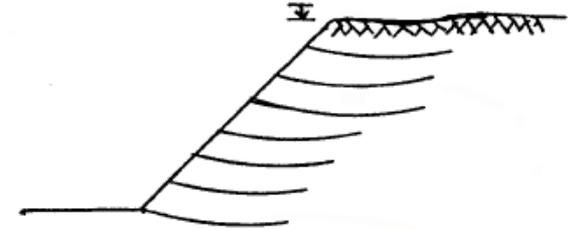


B) DEEP SEATED OVERALL INSTABILITY

**Verifiche stabilità
esterna
(capacità portante
e ribaltamento,
Scivolamento
rotazionale,
Cedimento...)**

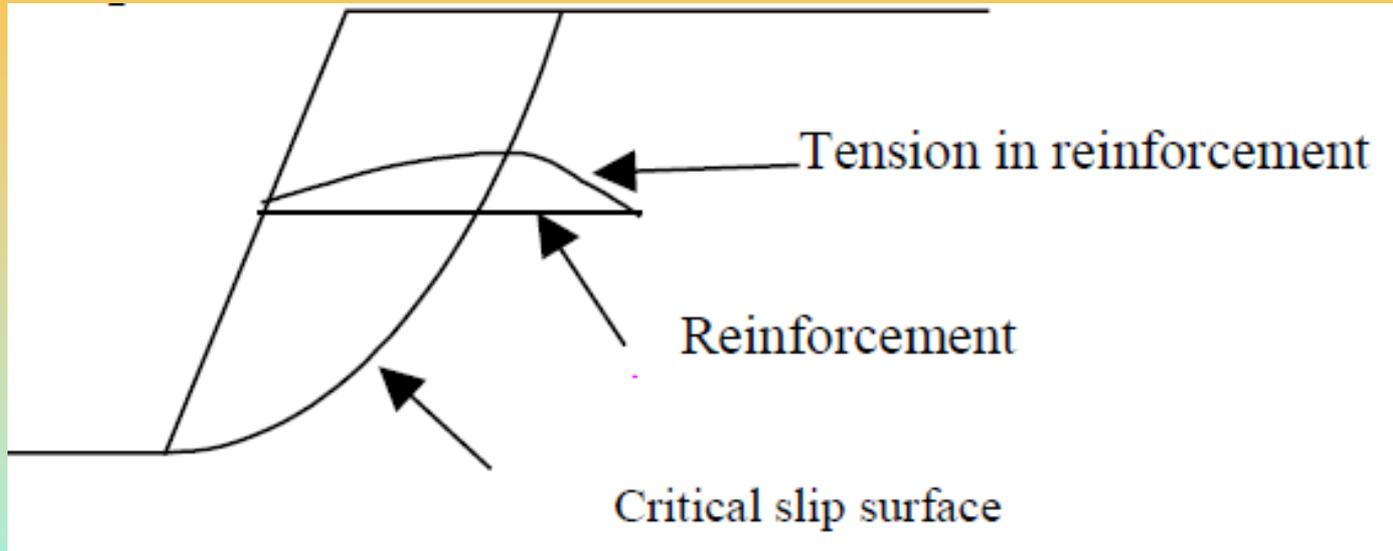


C) LOCAL BEARING CAPACITY
(LATERAL SQUEEZE) FAILURE



D) EXCESSIVE SETTLEMENT

Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità interna di una TA



Nei fatti all'interno della terra armata

La resistenza assunta per ogni armatura
è sempre la minore tra quelle di progetto

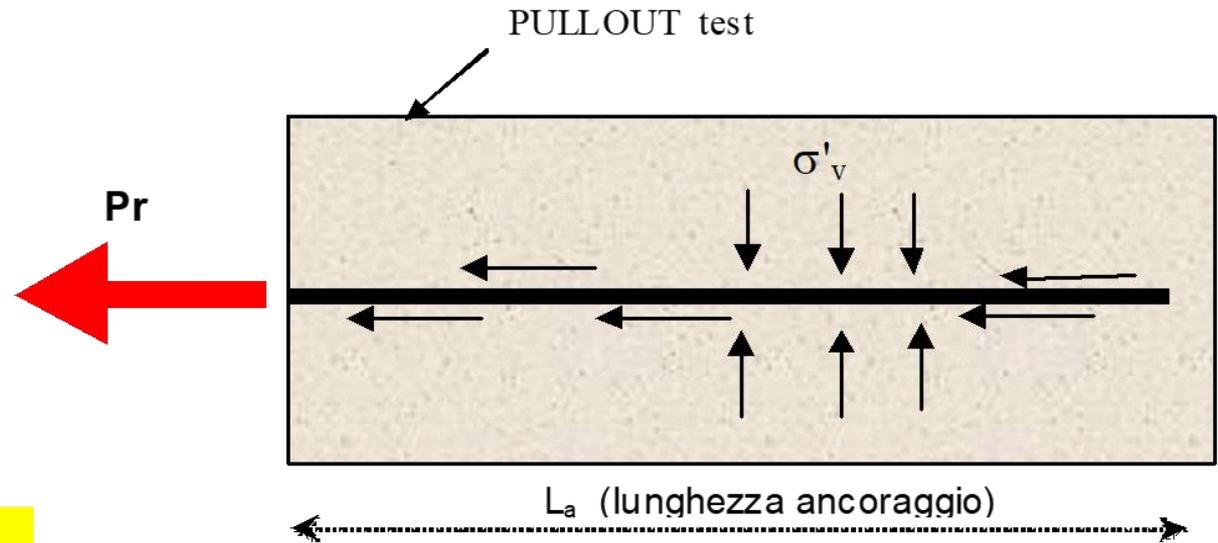
La tensione di resistenza al pullout.

A questa si aggiunge la connessione rivestimento – geosintetico (caso dei MSW)

$$T_d = \min[T_{pr}, P_r, \dots]$$

Cenni sui criteri di progettazione e verifica di stabilità interna di una TA

Resistenza allo sfilamento (pullout)



$$Pr = 2 f_b \tan \phi' \sigma'_v L_a$$

f_b

coefficiente di interazione suolo/geogriglia-geosintetico; variabile, a seconda di tipo di geosintetico/geogriglia, tra 0.6 e 1.0. Tale parametro è indicato nelle caratteristiche tecniche della geogriglia /geosintetico

Dovrebbe sempre essere sempre così'....

$$L_a = \min(L_s, L_d) \quad (2.14)$$

dove

L_s = lunghezza della geogriglia a sinistra della intersezione con la superficie di scivolamento

L_d = lunghezza della geogriglia a destra della intersezione con la superficie di scivolamento.

In entrambi i casi le lunghezze a sinistra e a destra includono gli eventuali risvolti nel caso la lunghezza degli stessi sia >0 per la geogriglia presa in esame.

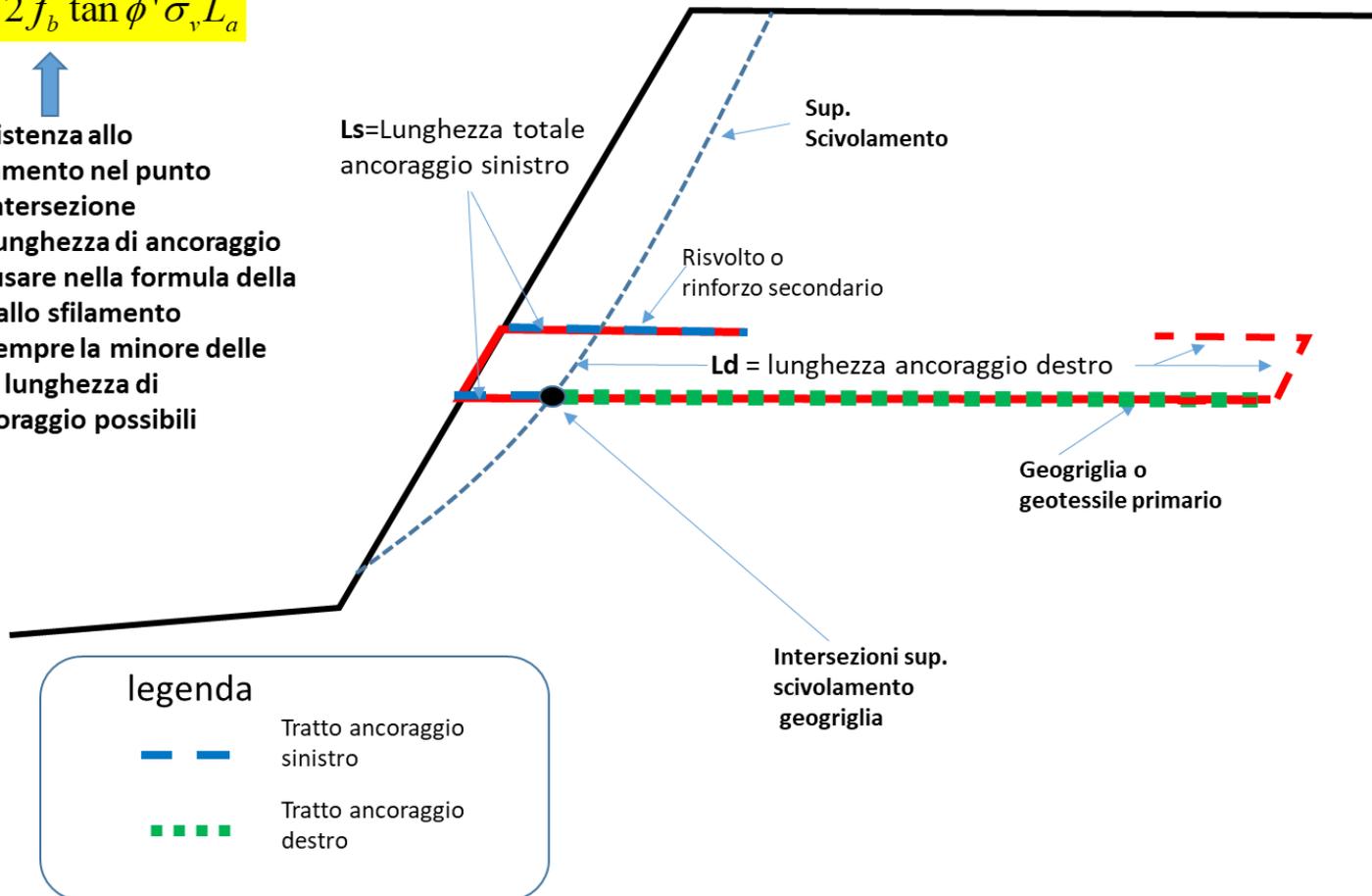
Per ogni geogriglia/geosintetico viene quindi assunto come parametro di resistenza del singolo rinforzo il valore MINIMO tra T e Pr

$$T_i = \min(T, Pr)$$

$$L_a = \min(L_s, L_d)$$

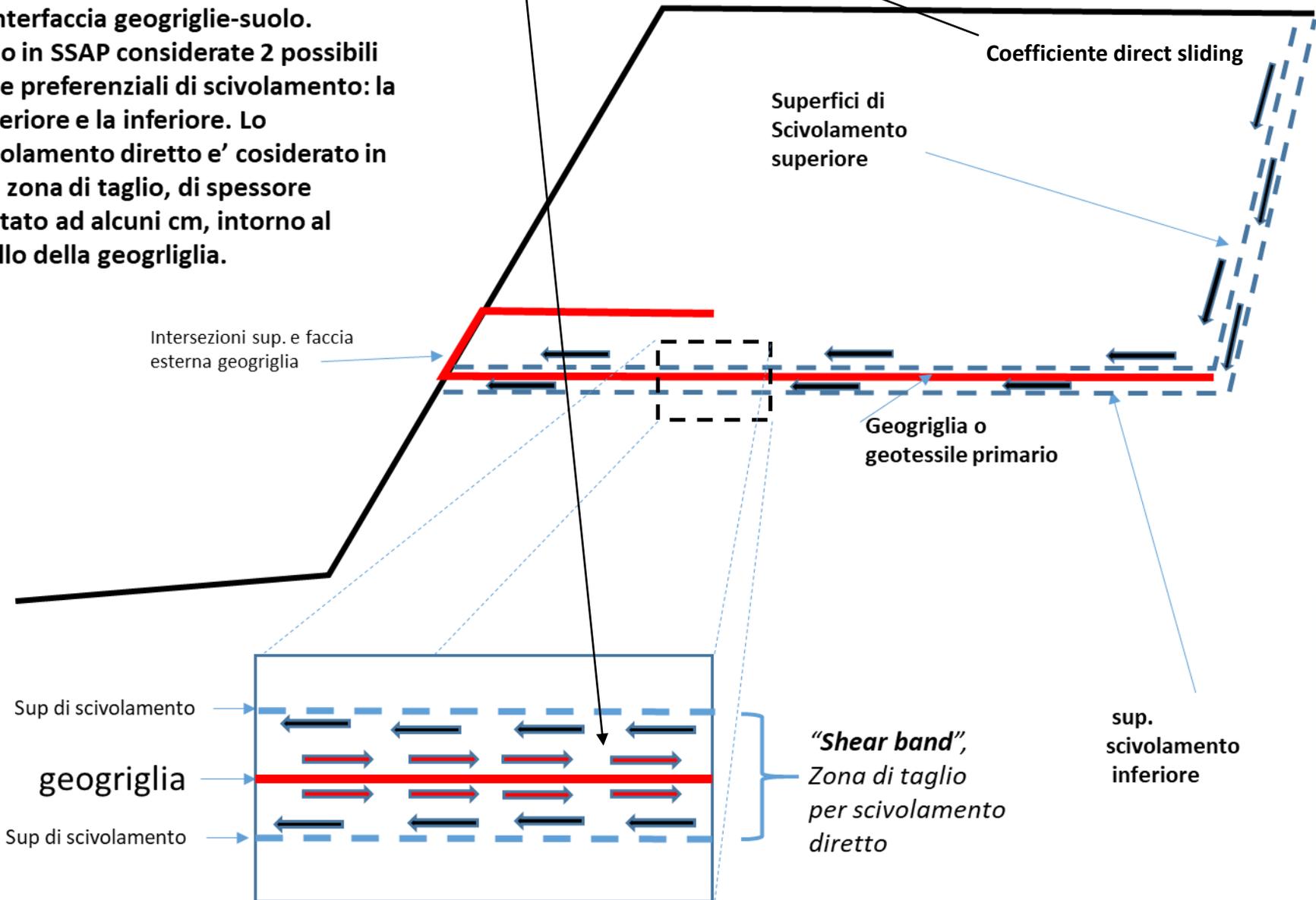
$$P_r = 2 f_b \tan \phi' \sigma_v' L_a$$

↑
Resistenza allo sfilamento nel punto di intersezione
La lunghezza di ancoraggio da usare nella formula della res allo sfilamento e' sempre la minore delle due lunghezza di ancoraggio possibili

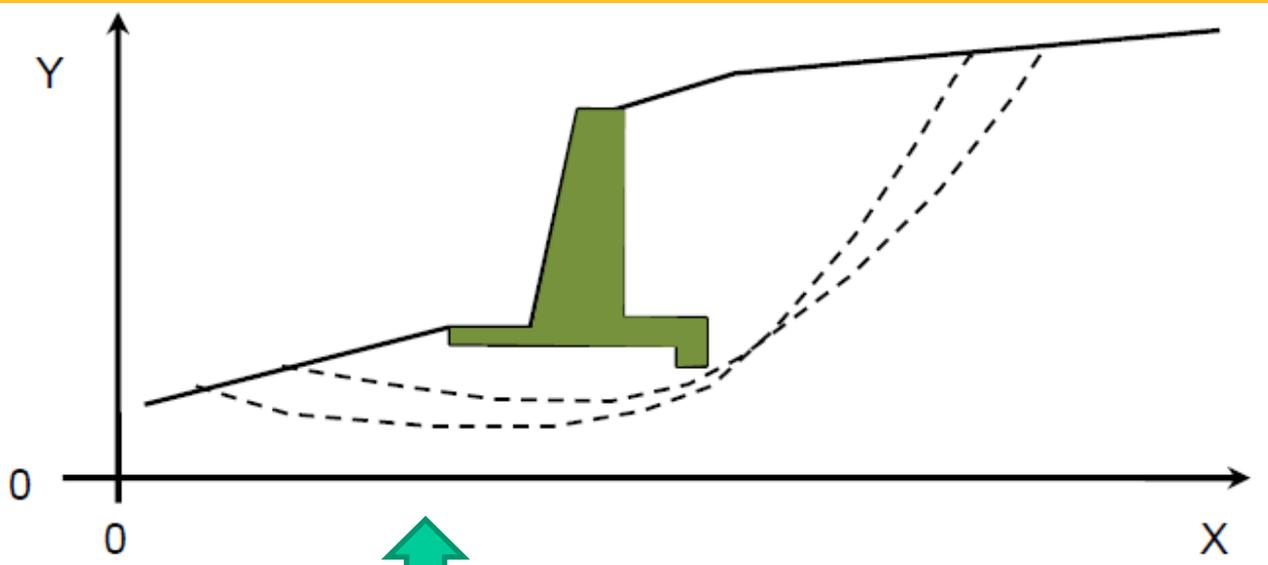


$$\delta = \arctan(f_{ds} \tan \phi')$$

Scivolamento diretto, "*direct sliding*" in corrispondenza di interfaccia geogriglie-suolo. Sono in SSAP considerate 2 possibili linee preferenziali di scivolamento: la superiore e la inferiore. Lo scivolamento diretto e' considerato in una zona di taglio, di spessore limitato ad alcuni cm, intorno al livello della geogriglia.

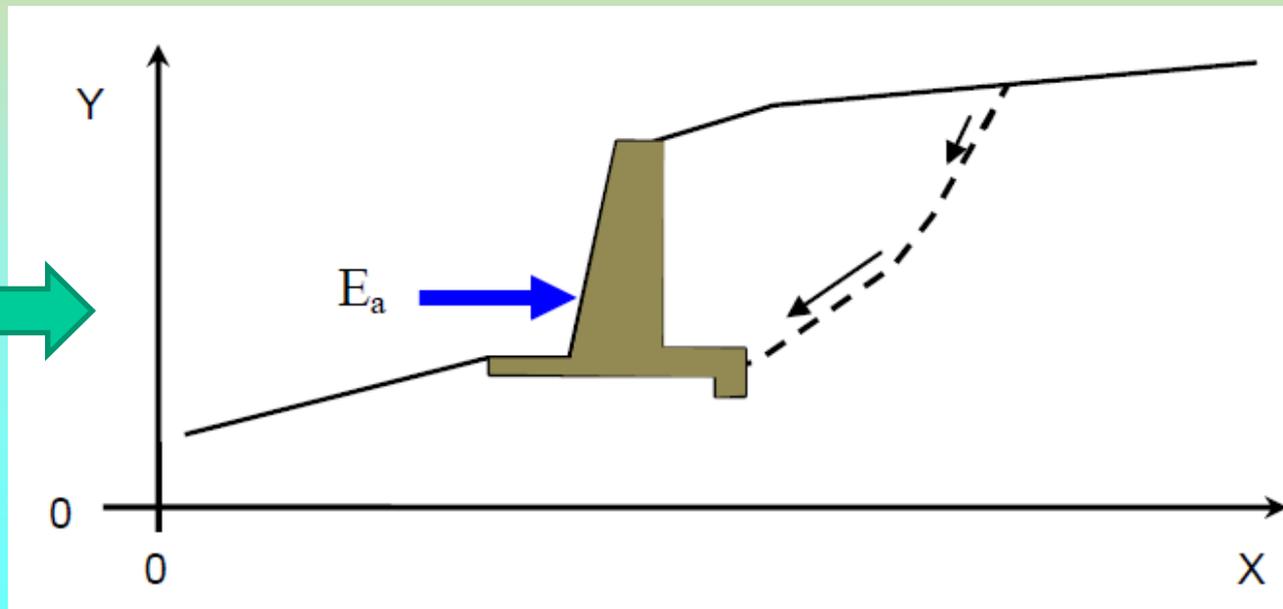


Muri

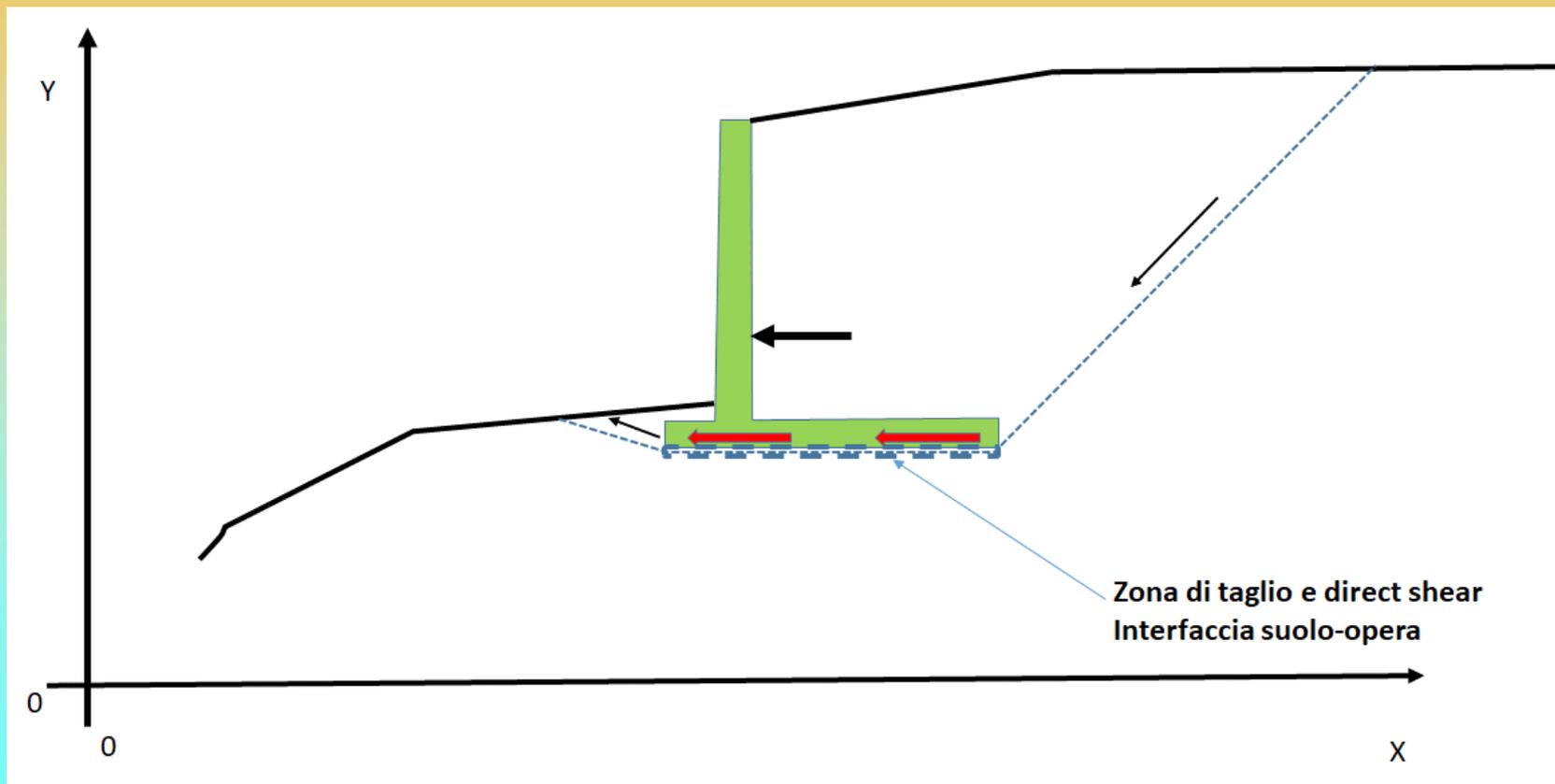


Una tipo di opera con Particolari interazioni Sono i muri di sostegno a gravità

SSAP consente le verifiche globali Includendo il muro E speciali verifiche singole Che comprendono la reazione alla base del muro (verfica locale)



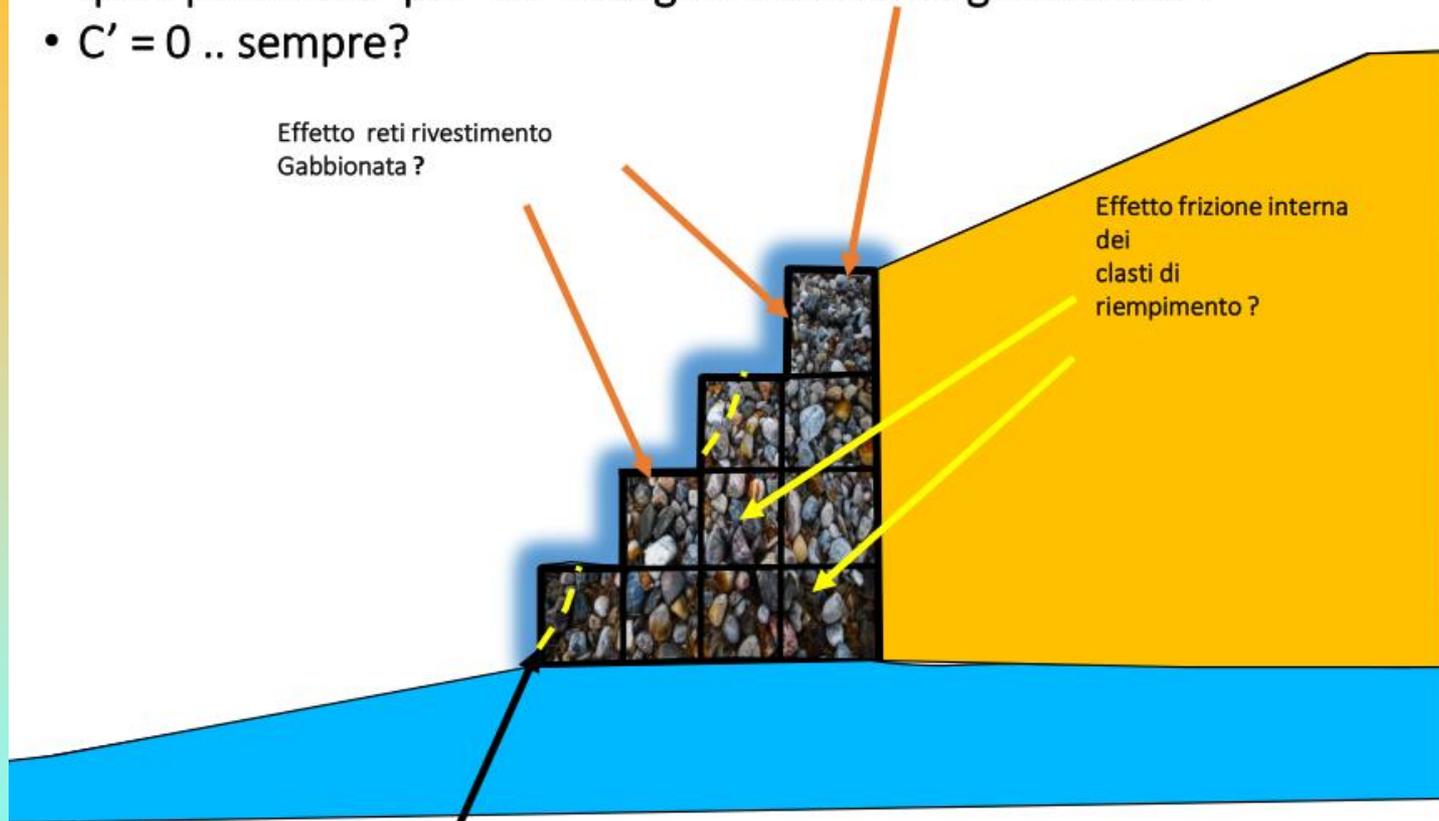
In SSAP e' possibile considerare leffetto addizionale del *direct sliding* alla interfaccia suolo struttura. (N.B. La interfaccia puo' non essere necessariamente orizzontale..) . Nella zona di interfaccia si puo' inserire una lente di spessore pochi cm, caratterizzata da una riduzione dei parametri di resistenza al taglio rispetto al terreno circostante. In questi casi e' conveniente comunque utilizzare anche lo SNIFF RANDOM SEARCH con le specifiche opzioni.



Vedasi anche manuale ssap

Caso particolare gabbionate

- quali parametri ϕ' e c' assegnare alla lente gabbionata ?
- $C' = 0$.. sempre?

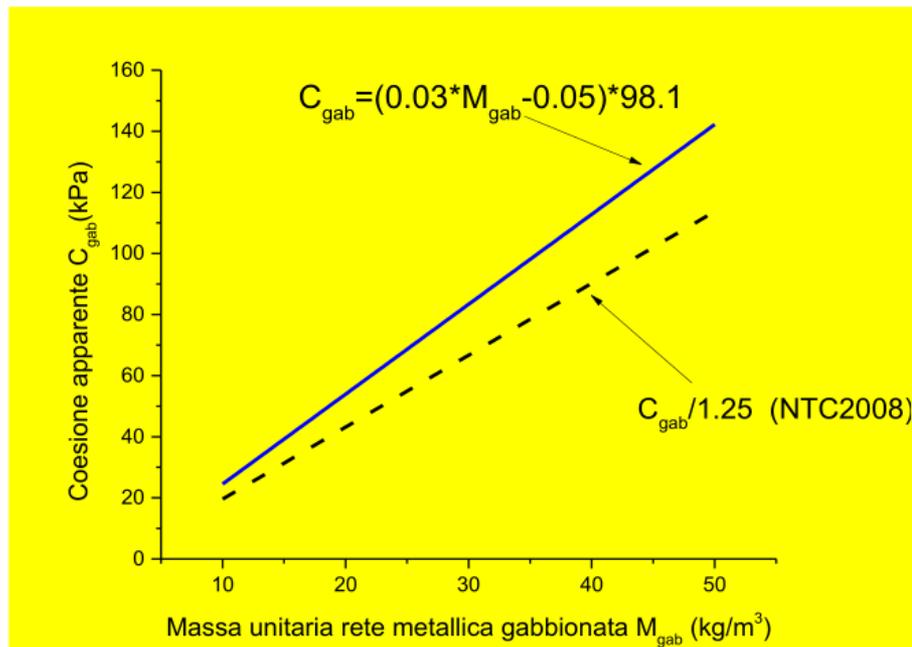


A scala di dettaglio non e' possibile garantire stabilita' con una gabbionata con $\phi'=40-45$ gradi e $c'=0$ (scala delle pareti verticali di ogni elemento) quindi e' necessario che fisicamente sia sempre $C'>0$...

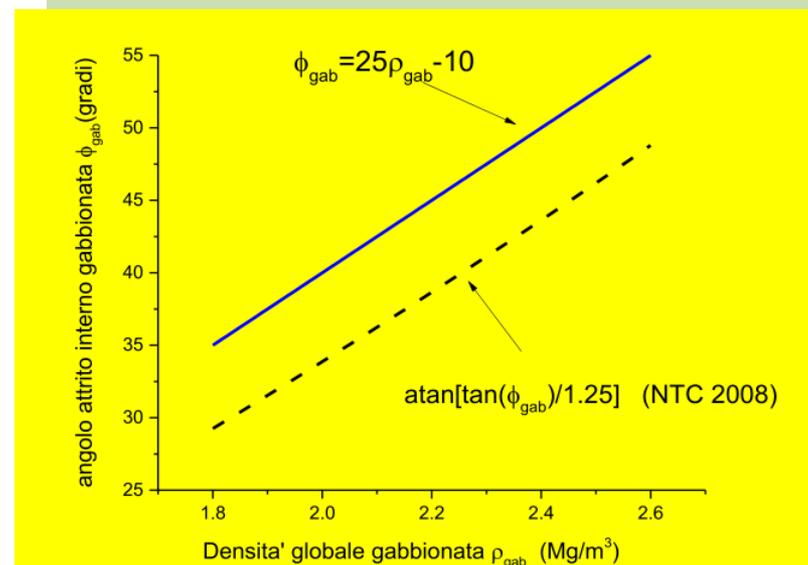
Di seguito una possibile soluzione , da Clayton et al. 2014

Caso particolare gabbionate -2

Stima dei parametri ϕ e c per gabbionate (da Clayton et al. 2014): con integrazioni by Lorenzo Borselli (www.lorenzo-borselli.eu) (aprile 2017)

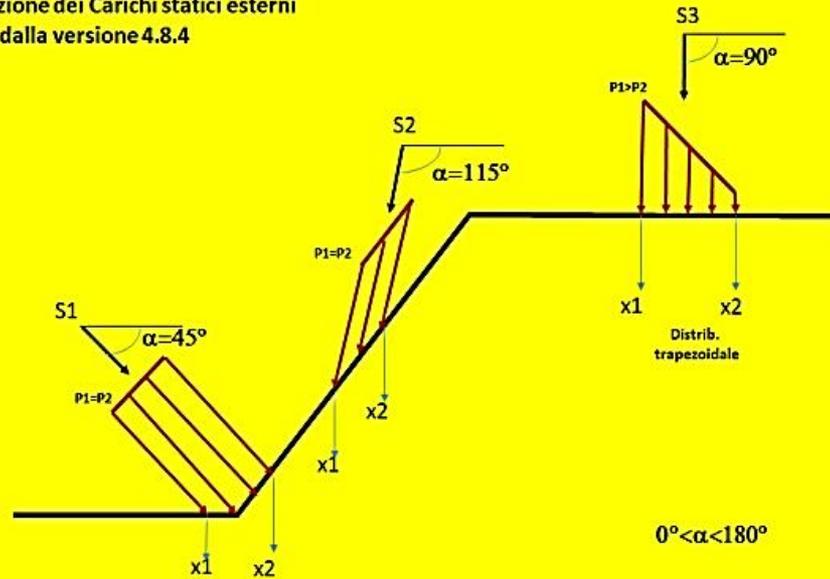


Una possibile risposta...



Clayton, C. R., Woods, R. I., Bond, A. J., & Milititsky, J. (2014). *Earth pressure and earth-retaining structures*. CRC Press.

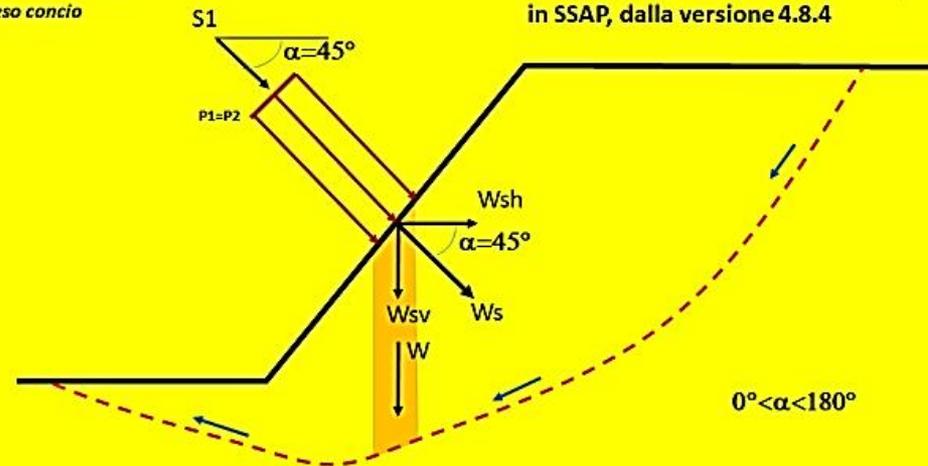
Distribuzione dei Carichi statici esterni
in SSAP, dalla versione 4.8.4



(b)

S1=carico distribuito applicato
Ws=componente orientata della forza applicata locale
Wsh=comp. Forza orizzontale
Wsv=comp. Forza verticale
W=forza peso concio

Scomposizione (e trasformazione)
 carichi statici esterni in componenti
 di forze verticali e orizzontali local,
 in SSAP, dalla versione 4.8.4



(c)

Il nuovo metodo di progettazione e verifica è illustrato su:

Reti in aderenza : progettazione alternativa in SSAP 5.0 per verifiche stabilità globali (LEM)

(versione 4.2 – febbraio 2020)

by Lorenzo Borselli

Full Professor di Geotecnica ed Engineering Geology
Istituto di Geología / Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP),
Av. Dr. Manuel Nava 5, 78240 San Luis Potosí,
S.L.P. - MEXICO

<https://www.lorenzo-borselli.eu>

Citare questo documento come:

Borselli, L. (2020). Reti in aderenza : progettazione alternativa in SSAP 5.0 per verifiche stabilità globali (LEM). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22444.82569>



È IMPORTANTE CONSIDERARE che ogni palificata dovrebbe venire inserita nel pendio anche come un elemento resistente al taglio, con forma e geometria propria come un qualsiasi strato o lente. A questo proposito si veda sia il capitolo 3 di questo manuale, sia l'appendice C, dove è presentato un metodo, suggerito dall'autore, per valutare i parametri di resistenza al taglio di una lente/strato palificata.

Per i dettagli nel formato del file che contiene i parametri per le palificate, si veda il capitolo 3 di questo manuale.

2.4.6 Reti in aderenza ancorate (*anchored wiremesh*)

I sistemi di reti in aderenza o *anchored wiremesh* sono un sistema integrato di rinforzi utilizzati nella stabilizzazione dei pendii in roccia, ammassi rocciosi fratturati, pendii in rocce tenere e terreni consolidati.

Le reti in aderenza, o *anchored wiremesh*, sono strutture di contenimento e rinforzo corticale flessibili costituite usualmente da rete in acciaio a doppia torsione ancorate da almeno due o più file di chiodi di rinforzo/tiranti (fig. 2.4.6.1). Queste strutture flessibili sono un importante strumento di consolidazione corticale di un pendio quando sussistono queste condizioni minime:

- Installazione su un pendio o parete costituita da roccia o sedimenti consolidati.
- Utilizzo di reti in acciaio a doppia torsione di alta resistenza.
- Collegamento alla parete da due o più file di chiodi/tiranti che garantiscano un adeguato ancoraggio della rete.
- Perfetta aderenza della rete alla superficie della roccia o del pendio.

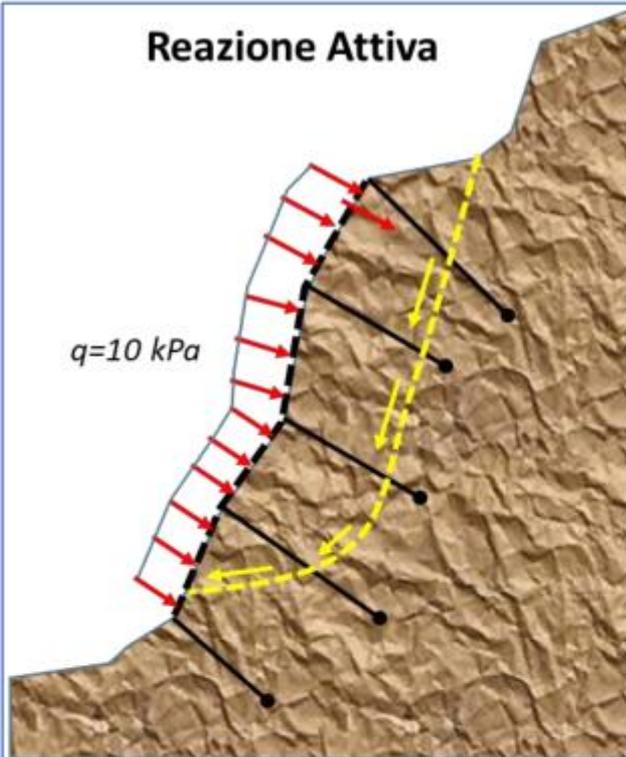


Figura 2.4.6.1 (foto: Borselli 2020)

Esistono diversi metodi di progettazione disponibili per simulare l'effetto locale di questi sistemi di rinforzo (Cala, 2012; Grimod & Giachetti, 2013; Blanco-Fernandez et al., 2011, 2013, 2016).

Il nuovo metodo di progettazione e verifica è in maniera approfondita illustrato in sezione 2.4.6 Manuale SSAP 5.1:

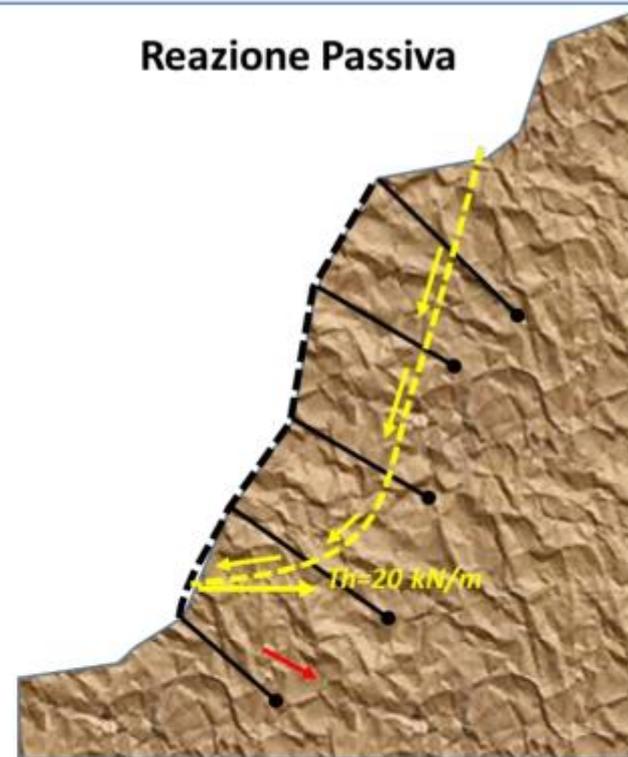
Reazione Attiva



Modello di reazione di tipo ATTIVO

La rete ancorata reagisce con una **reazione attiva** legata alla tensione di ancoraggio dei rinforzi (attivi o passivi). Esistono solo modelli approssimati per stabilire assumere la entità di questa azione di tipo attivo che può essere modellizzata come un sovraccarico, distribuito inclinato, e orientato perpendicolarmente alla superficie.

Reazione Passiva



Modello di reazione di tipo PASSIVO

La rete ancorata reagisce con una **reazione passiva** legata alla tensione di ancoraggio dei rinforzi (attivi o passivi) e alle caratteristiche di resistenza e deformabilità della rete.

Fino ad adesso esistono solo modelli semplificati per stabilire assumere la entità di questa reazione di tipo passivo che è legata alla entità delle sollecitazioni che si producono in corrispondenza della intersezione della superficie di scivolamento con la rete.

Tipologie riconosciute della reazione del sistema flessibile di rinforzo

Figura 2.4.6.4(Borselli, 2020)

Determinazione reazione passiva orizzontale della rete

Legenda simboli

- $d=d_1+d_2$ = distanza tra i rinforzi di fissaggio piu vicini (m)
- $d(1+\epsilon_r)=dl_1+dl_2=d$, Lunghezza rete deformata (m)
- α = Coefficiente di mobilitazione T_r , di progetto [0.0,1.0]
- $\epsilon_r=[(dl_1+dl_2)-d]/d$ coeff. deformazione lineare a rottura
- T_r = Resistenza limite a trazione della wire mesh (kN/m)
- $T_{1,2}$ = Forza di ancoraggio di progetto dei rinforzi (kN/m)
- $T_{1,2}^*$ = Forza di sfilamento sul rinforzo indotta da deformazione rete (kN/m)
- T_h = Reazione orizzontale passiva wire mesh (kN/m)
- $\theta_{1,2}$ = Pendenza locale zone rinforzi (°)
- $\beta_{1,2}$ = Inclinazione ancoraggio (chiodi/tiranti)(°)
- $\omega_{1,2}$ =angolo tra rete deformata e parete (°)
- δ =angolo inclinazione reazione passive rete(°)

$T_h = \alpha T_r \cos \delta$

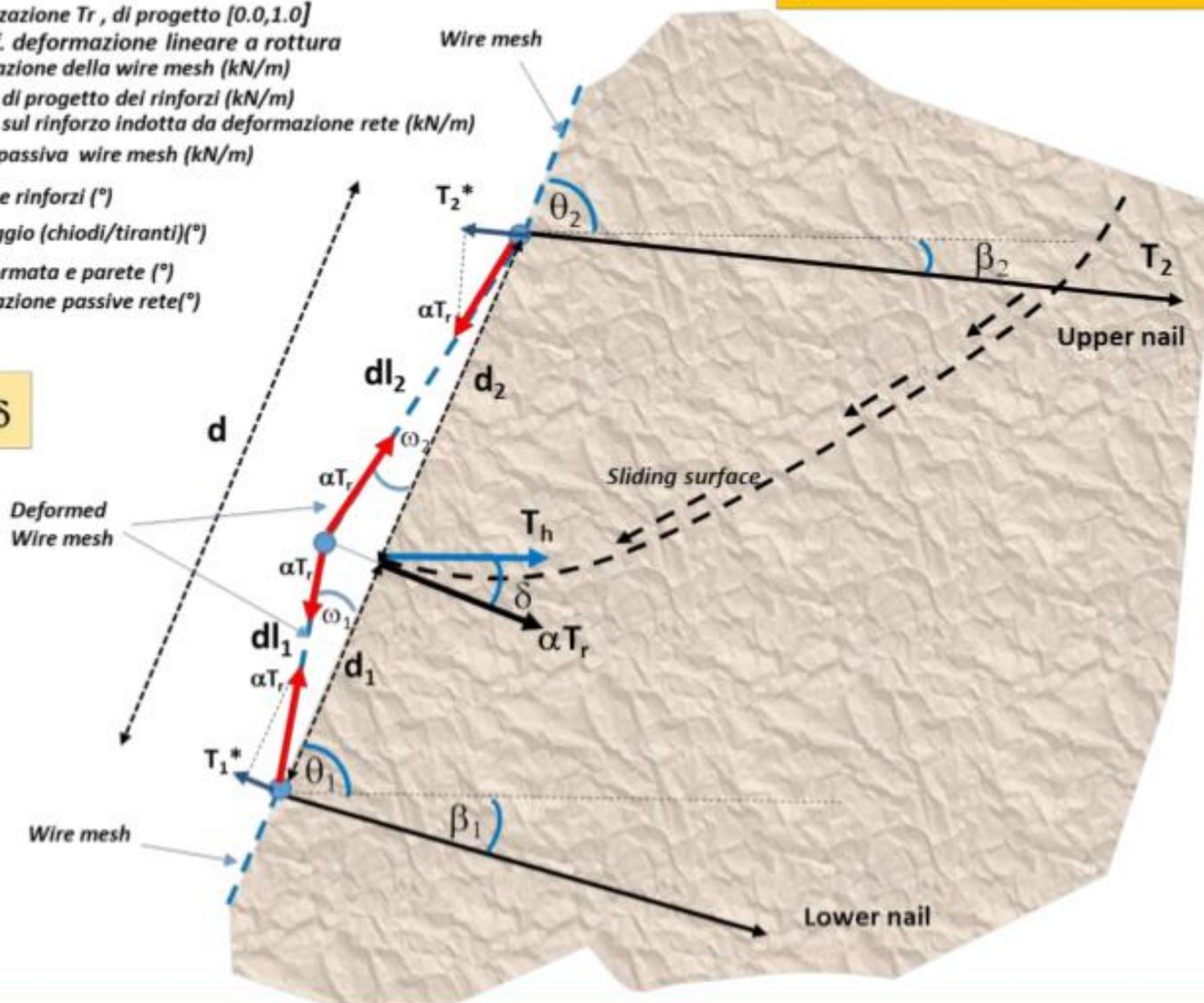


Figura 2.4.6.7(Borselli, 2020)

North Appenine
Italy - spring 2003
Photo by L.B.

**Grazie a Tutti per l'attenzione
e la partecipazione !**



Introduzione al codice SSAP2010 e descrizione delle sue funzionalita' - DICEA 23/9/2022 , UNIFI