



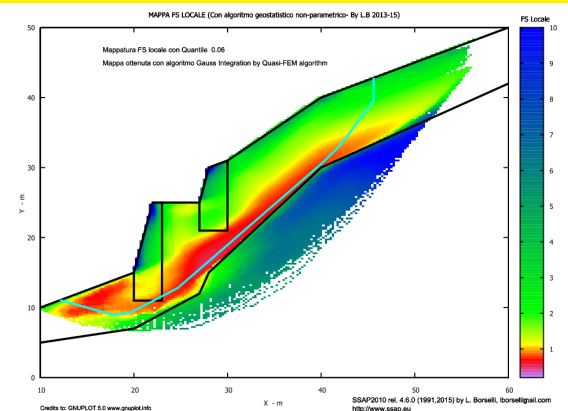
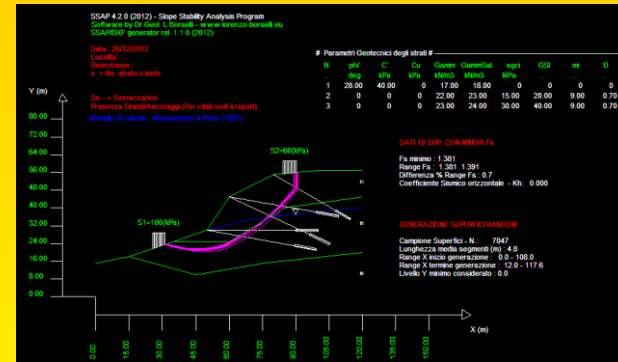
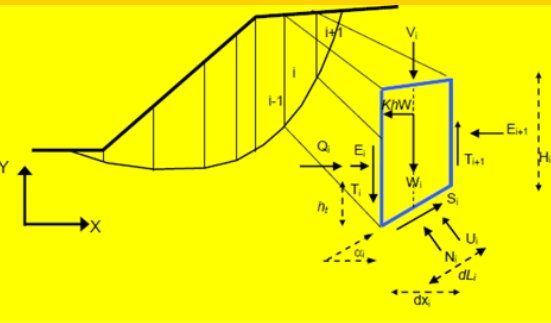
La stabilità dei versanti secondo le NTC 2018: cenni teorici e algoritmi di applicazione con SSAP (Slope Stability Analysis Program)



Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
 Full Professor - Geotechnics and Engineering Geology
 Universidad Autonoma de San Luis Potosi -UASLP
 Instituto de Geología
 Facultad de Ingeniería.
 San Luis Potosi, MEXICO

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

Visiting Professor
 Dipartimento di Scienze della Terra (DST)
 Università degli Studi di Firenze
 Via La pira 4, Firenze, Italia

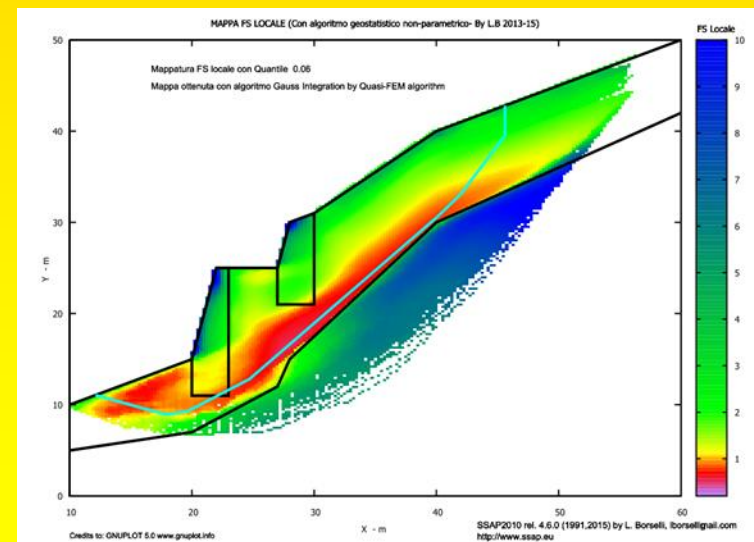


Verifica di stabilità dei pendii: cosa significa?

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.**



NTC 2018 - Prescrizioni generali:

Nel capitolo 6 vengono trattati gli aspetti geotecnici della progettazione, in particolare le opere di fondazione e di sostegno, gli interventi di miglioramento e rinforzo di terreni e ammassi rocciosi, le opere in materiali sciolti, la stabilità dei fronti di scavo e più in generale del sito in cui insiste l'opera nel suo complesso.

È dunque al capitolo 6 del Decreto che dobbiamo porre attenzione per i nostri obiettivi. Naturalmente è necessario notare che nel testo delle NTC2018 vi sono continui riferimenti agli altri capitoli (es. 2,3,7) del testo con riferimento alla progettazione finale

Nel capitolo 6.3.4 troviamo delle NTC2018 troviamo testualmente per le verifiche di stabilità dei pendii:

“La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_f) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematisimo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico. L’adeguatezza del margine di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve comunque essere giustificata sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell’affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un’eventuale frana.”

Una semplice equazione che puo' sintetizzare il concetto precedente..

$$F_S = \frac{R_d}{E_d} > \max[1.0, \gamma_R, F_S^P]$$

Dove:

F_S : fattore di sicurezza ottenuto con le verifiche all'equilibrio limite , secondo gli scenari e approcci specifici indicati dalla normativa per il caso in esame.

R_d : resistenze di progetto

E_d : Azioni di progetto

γ_R : coefficiente parziale sulle resistenze di progetto

F_S^P : Fattore di sicurezza minimo ritenuto accettabile dal progettista

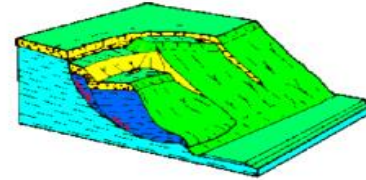
Da:

BORSELLI L. (2018). "SSAP 4.9.6 - SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM". MANUALE DI RIFERIMENTO. DEL CODICE SSAP Versione 4.9.6 https://www.ssap.eu/manuale_ssap2010.pdf . DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28883.68643>

Per dettagli .. 

APPENDICE F - SSAP2010 E LE VERIFICHE DI STABILITA' SECONDO LE NTC2018

(aprile 2018) - Versione 2.0 (preliminare)



LUCIA GRECO, Bari*

**Ing. Geotecnico, Co- Responsabile Italiana progetto di divulgazione SSAP ,
lugreco10@gmail.com*

LORENZO BORSELLI, San Luis Potosi, Messico**

***PhD. Docente di Geotecnica e Engineering Geology,
Universidad Autonoma de san Luis Potosi, SLP, Messico
lborselli@gmail.com , lorenzo.borselli@uaslp.mx*

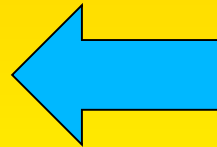


Verifica Stabilità dei pendii: domande alle quali rispondere...

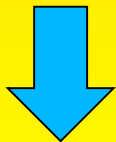
1) È possibile gestire la complessità stratigrafica e geomeccanica di un pendio ?



*2) Posso analizzare scenari diversi (sismici, strutture, scavi, riporti, sovraccarichi, acquiferi in pressione)?
Es. quanto richiesto dalle NTC2018?*



3) Sono possibili metodi calcolo affidabili di FS ?



*4) Quali strumenti software
Sono Affidabili ?*



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

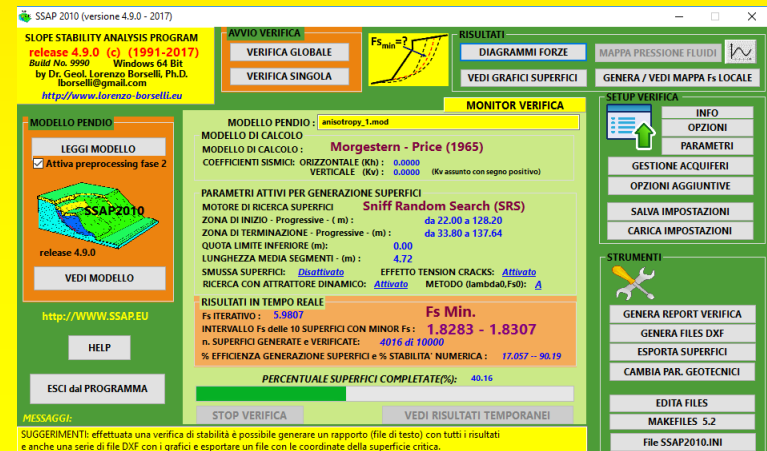
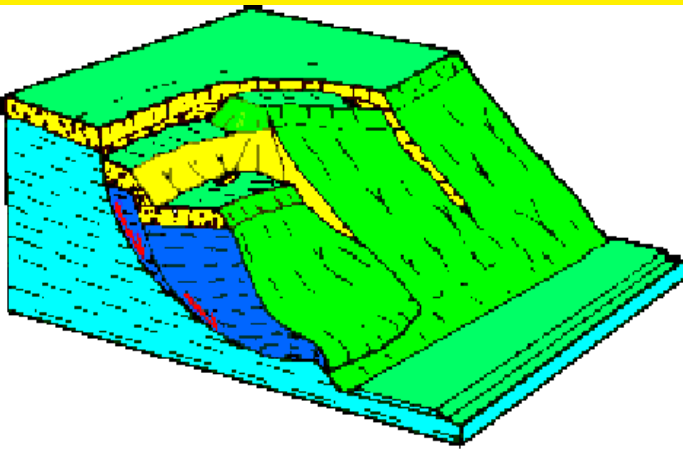
Una possibile risposta alle precedenti domande

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...

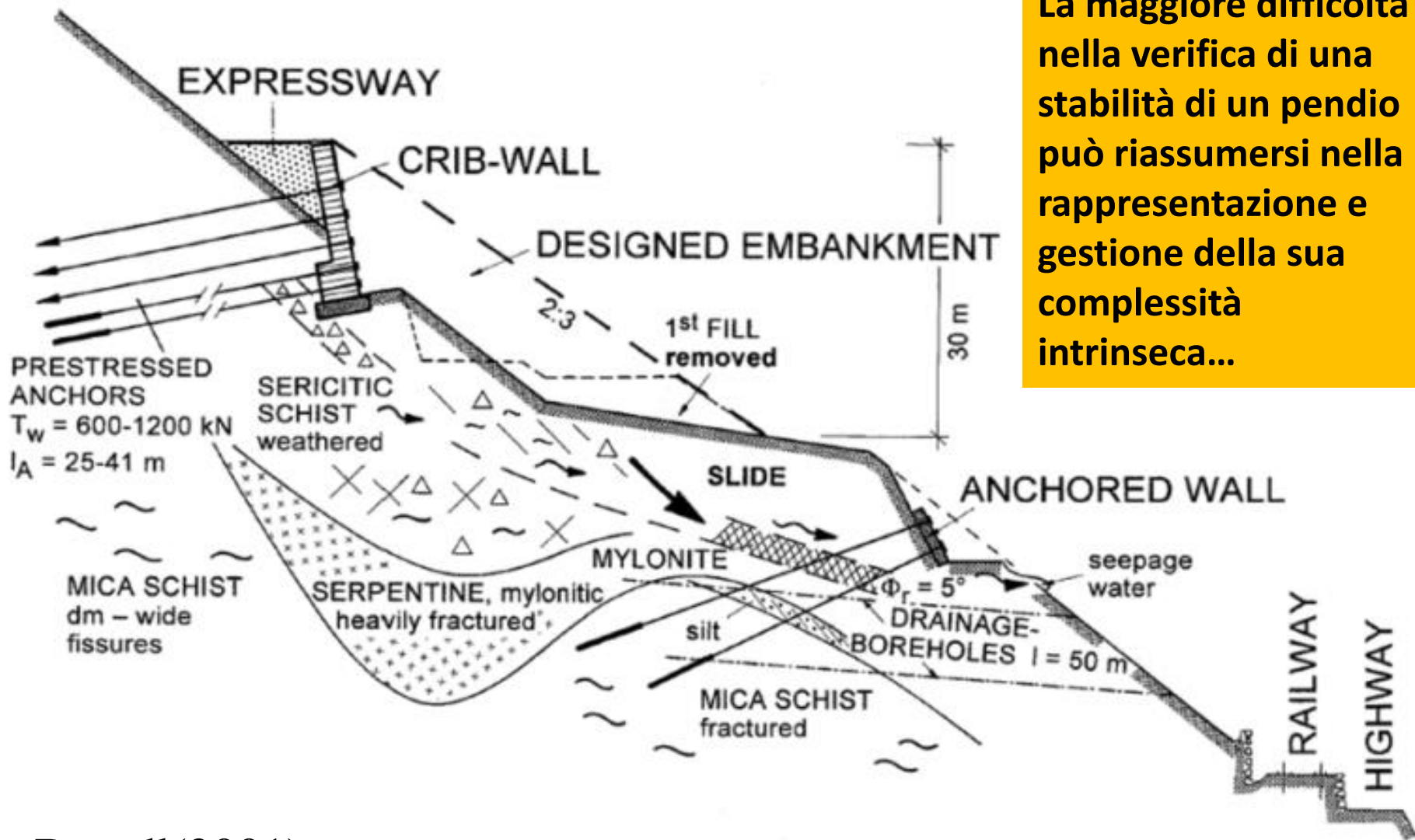
La versione attuale, SSAP 2010, è la 4.9.6 (maggio 2018).

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: <http://www.ssap.eu>



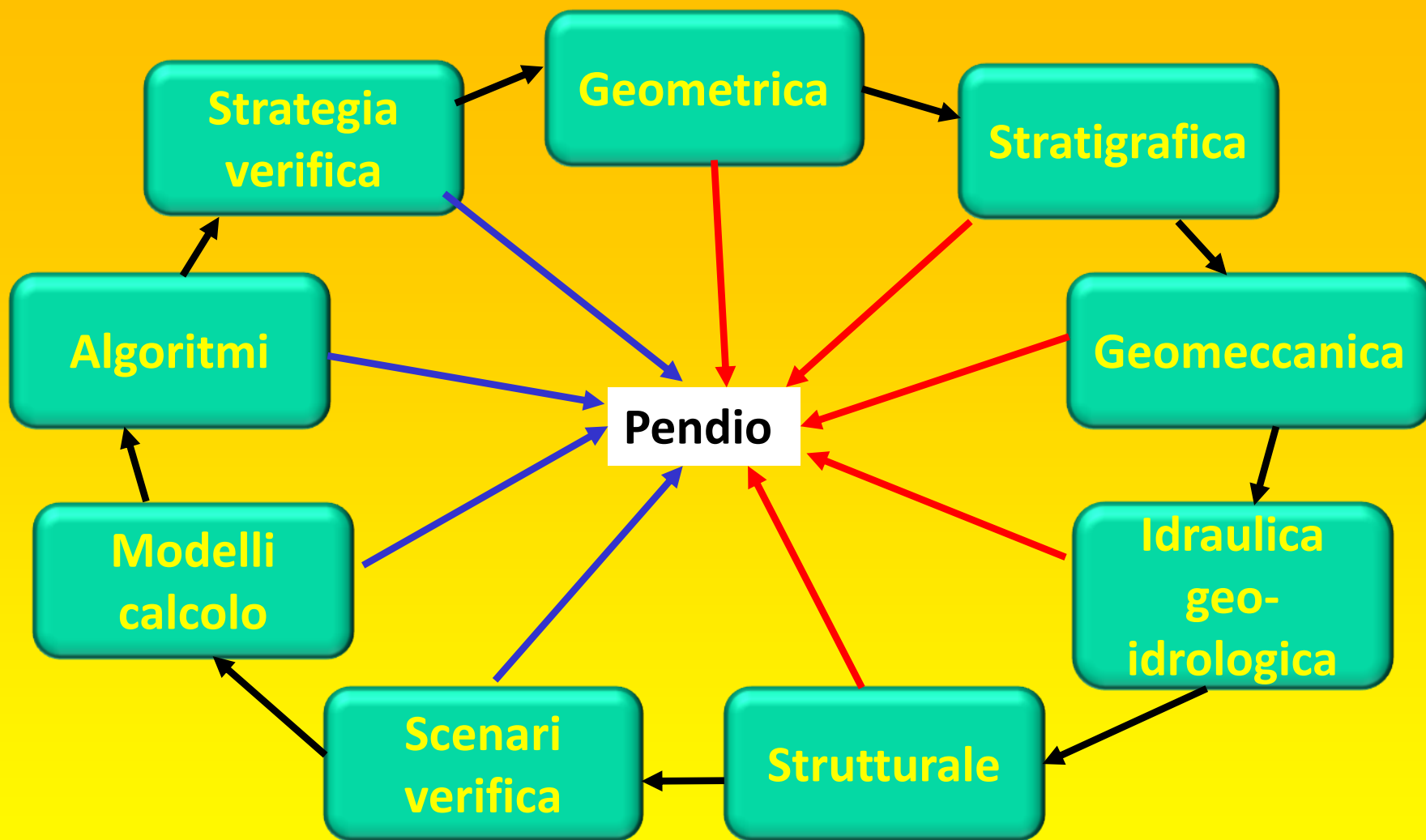
La maggiore difficoltà nella verifica di una stabilità di un pendio può riassumersi nella rappresentazione e gestione della sua complessità intrinseca...



Da Brandl(2001)

Esempio di complessità geologica e geomeccanica e strutturale

Complessità verifica stabilità: componenti e interazioni



Componenti della modellistica



Componenti del Modello pendio



SSAP2010 su WWW.SSAP.EU

SSAP2010 (rel. 4.9.6 - 201 x

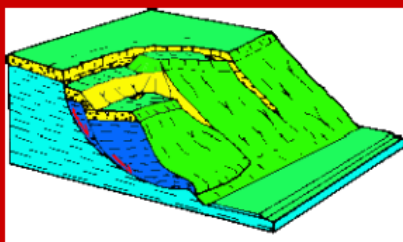
Seguro | https://www.ssap.eu

Aplicaciones Dell Settings HP Software and Drive HP Connected Environmental Change Groundwater Mecha Scopus preview - Sci bibliotecas.uaslp.mx free download. Elect An Introduction to

special credits:

CONACYT:

**Proyecto Ciencia Basica
CB-2012/184060**



**SSAP2010
(rel. 4.9.6)**

*anche con versione
PORTABLE
(installabile su chiavi
USB e senza bisogno di
configurazioni)*

[Perche' SSAP?](#)

[Caratteristiche generali](#)

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

SAP2010

(SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM)

Versione 4.9.6 (2018) - Win 64 Bit

(22 maggio 2018)

Software Interamente Freeware

Completamente Gratuito e di utilizzo libero

*per Privati, Ingegneri, Geologi, Studenti
e Pubbliche Amministrazioni (vedasi [licenza d'uso](#))*

SSAP Project Synthetic Description and Goals (in english) ([HERE](#))



[Informazioni su Corsi SSAP](#)

(esclusivamente organizzati da enti senza fini di lucro)

! Recenti Corsi e Seminari SSAP svolti nel 2018 in Italia !

SSAP 2010 non è un software commerciale

Software Interamente Freeware

Gratuito e di utilizzo libero

per Privati, Geologi, Ingegneri, Studenti
e Pubbliche Amministrazioni

Vedasi licenza d'uso su:

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

The image displays the SSAP 2010 software interface, which is a slope stability analysis program. The main window is titled "SSAP 2010 (versione 4.9.4 - 2018)" and "SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM release 4.9.4 (c) (1991-2018)".

AVVIO VERIFICA: VERIFICA GLOBALE, VERIFICA SINGOLA

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

MODELLO PENDIO: LEGGI MODELLO, VEDI MODELLO

MODELLO DI CALCOLO: Spencer (1973)

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI: Sniff Random Search (SRS)

RISULTATI IN TEMPO REALE: Fs ITERATIVO: 1.5008, INTERVALLO Fs delle 10 SUPERFICI CON MINOR Fs: 1.4726 - 1.4801, n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: 5237 di 10000, % EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA: 12.916 -- 99.79

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP: Coefficiente sismico orizzontale - Kh: 0.000, Coefficiente c+Kv/Kh: 0.500, Fs di Progetto richiesto: 1.100

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

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA: % Tolleranza stress normali negativi: 10%, % Tolleranza RHO - |Fst/Fv| + 1.0: 100%

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI: RANDOM SEARCH (RS), CONVEX RANDOM SEARCH (CRS), SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.6

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

Da SSAP ... 2.9 a SSAP 4.9.6



2010 – rel. 4.0. *FREEWARE*

2013 – rel 4.2.2

2014 – rel 4.3.2

2015 – rel 4.6.0

2016 – rel 4.7.2

2017 – rel 4.8.4

2017 – rel 4.9.0

2018 – rel 4.9.6

SSAP è il risultato di attività di ricerca e sviluppo dell'autore, condotta a partire dal 1991, comunque autonoma rispetto alle attività di ricerca, passate e attuali, condotte all'interno del CNR. Fino al 2011.

Ora lo sviluppo prosegue in Messico, nella UASLP, ma a beneficio anche del nostro Paese.... Ma nel 2018 Anche presso la UNIFI..come Visiting Professor

SSAP 2010 (versione 4.9.4 - 2018)

AVVIO VERIFICA
VERIFICA GLOBALE
VERIFICA SINGOLA

MONITOR VERIFICA

MODELLO PENDIO: **ESS.MOD**

MODELLO DI CALCOLO: **Spencer (1973)**

MODELLO DI CALCOLO: **Spencer (1973)**

COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (Kh): 0.0000
VERTECALE (Kv): 0.0000 (Kv assunto con segno positivo)

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA SUPERFICI: **Sniff Random Search (SRS)**

ZONA DI INIZIO - Progressiva - (m): da 0.10 a 108.10

ZONA DI TERMINAZIONE - Progressiva - (m): da 12.10 a 117.60

QUOTA LIMITE INFERIORE (m): 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m): 3.00

SMUSSA SUPERFICI: *Attivata*

RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: *Attivata* METODO (lambda0, Fd0): *A*

RISULTATI IN TEMPO REALE

Fs ITERATIVO: **1.5008**

INTERVALLO Fs delle 10 SUPERFICI con MINOR Fs: **1.4726 - 1.4801**

n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: **5237 di 10000**

% EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITA' NUMERICA: **12.916 - 99.79**

PERCENTUALE SUPERFICI COMPLETATE(%): **52.37**

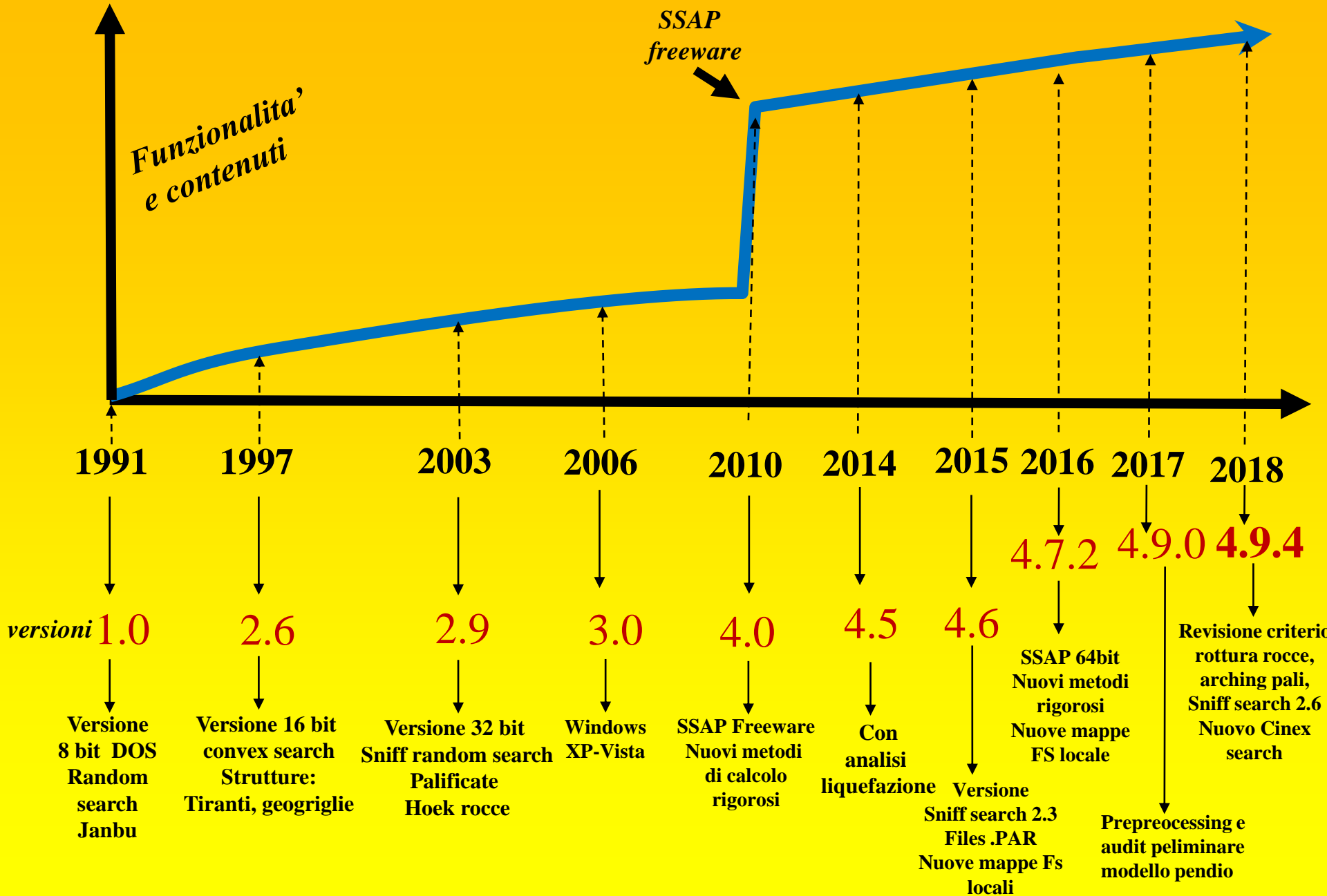
STOP VERIFICA VEDI RISULTATI TEMPORANEI

ESCI dal PROGRAMMA

MESSAGGI: SUGGERIMENTI: effettuata una verifica e anche una serie di file DXF con i risultati

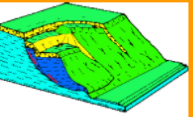
STRUMENTI: GENERA REPORT VERIFICA, GENERA FILES DXF, ESPORTA SUPERFICI, CAMBIA PAR. GEOTECNICI, EDITA FILES, MAKEFILES 5.2, File SSAP2010.INI

Storia e evoluzione del codice SSAP ..



SSAP2010 - news and bu x

www.ssap.eu/newsandbugsfix.html



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

ssap2010 (rel. 4.x.x , 2010-2017). (ultimo aggiornamento 19 ottobre 2017)

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

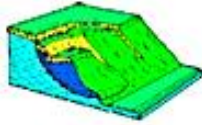
Cronologia - Novità e bug fixes.
(si ricorda in [area download](#) è possibile sempre scaricare **la versione più aggiornata del programma** con la correzione dei seguenti bugs o con le seguenti funzionalità aggiunte):

- **19-10-2017: versione 4.9.0 SSAP2010.exe -PORTABLE- Aggiornamento pacchetto di installazione.**
 - Estensione procedure di Pre-processing (*audit*) del modello del pendio caricato. Adesso la scansione del modello e' ancora piu' approfondita. La estensione delle procedure riguarda sia il software SSAP sia il software MAKEFILES
 - Nella cartella PENDII sono ora disponibili 14 nuovi esempi in piu' di pendii, con differenti gradi di complessità e presenza di strutture.
- **16-10-2017: versione 4.9.0 SSAP2010.exe -PORTABLE- Aggiornamento pacchetto di installazione.**
 - Adesso, una volta lanciato SSAP, il programma si ricorda della ultima area lavoro (area dati utilizzata), e caricando un modello apre inizialmente quest'ultima area di lavoro utilizzata.
 - Correzione anomalia di round-off numerico che causava una divisione per zero nel calcolo dell'effetto dei pali, quando la superficie di scivolamento coincideva con il nodo della testa di un palo ubicato esattamente sulla superficie topografica.
 - Correzione alla pagina 349 del manuale di SSAP.
 - QCAD 3.18 (versione basic Free) integrato nel pacchetto
- **24-09-2017: versione 4.9.0 SSAP2010.exe -PORTABLE- Aggiornamento pacchetto di installazione.**
 - Per ammassi rocciosi fratturati definiti secondo il criterio di rottura Hoek-Brown (2002). Nuovo algoritmo di stima dei valori locali di c' e Φ_i' , lungo una superficie di scivolamento, che implementa la nuova procedura proposta da Shen et al. (2012). Questo algoritmo si aggiunge a quello classico di Hoek et al. (2002), precedentemente esistente. La nuova procedura di stima viene selezionata nella finestra OPZIONI. L'algoritmo di Shen et al. (2012) risolve in modo molto efficiente le incertezze residue ancora presenti nel metodo classico di stima proposto da Hoek et al. (2002). Il nuovo metodo normalmente genera in media valori di FS maggiori, fino a +5%, rispetto al metodo classico.
 - Modifiche nel report .in modo testo, generato alla fine di una verifica di stabilita', per tenere conto della nuova procedure descritte nel punto precedente.
 - Ottimizzazioni minori procedura di calcolo del valore di FS locale. In particolare leggera modifica dell'algoritmo delle mappe di FS locale con metodo SRM e OSR.
 - Correzioni di alcuni messaggi di testo della procedura di scansione preliminare del modello del pendio caricato (procedura di Audit fase 1 e fase 2).
 - Correzioni e modifiche minori interfaccia utente.
 - Nuovo Programma di installazione SSAP, con nuova interfaccia semplificata.
- **09-09-2017: versione 4.8.8 SSAP2010.exe -PORTABLE- Aggiornamento pacchetto di installazione.**
 - Rendering grafico dei Plots delle forze e pressioni interne e mappe a colori della pressione dei fluidi e del FS locale, mediante pacchetto GNUPLOT 5.2 ufficiale (www.gnuplot.info) incluso nel pacchetto SSAP2010.
 - Ottimizzazioni minori procedura di calcolo del valore di FS locale. In particolare leggera modifica del calcolo del *normal effective stress*.
 - Correzioni di alcuni messaggi di testo della procedura di scansione preliminare del modello del pendio caricato (procedura di audit fase 1 e fase 2).
 - Impostazione al 10% del valore standard di tolleranza dei valori di stress normali negativi sulla superficie di scivolamento (vedasi finestra OPZIONI). Utile nel caso di pendii sommersi.
- **18-08-2017: versione 4.8.8 SSAP2010.exe -PORTABLE- Aggiornamento pacchetto di installazione.**
 - Nuova Procedura di preprocessing (o scansione) del modello del pendio caricato, effettuata prima di procedere con la verifica di stabilita'. La prima parte di questa procedura veniva effettuata (parzialmente) anche nelle versioni precedenti. La seconda parte della procedura e' totalmente nuova e permette un controllo degli errori più approfondito e dettagliato.
 - Adesso il programma SSAP può essere installato in qualunque cartella del vostro PC, o su un drive esterno, indipendentemente dal percorso della cartella. Adesso non vi sono più le limitazioni delle versioni precedenti che obbligavano a un nome della cartella senza spazi vuoti. Analogamente le cartelle con che contengono i files del modello possono essere di qualunque tipo. Non siamo più obbligati a cartelle con nomi senza spazi vuoti.
 - MAKEFILES 5.2 con nuova procedura di preprocessing integrata analoga al software SSAP 4.8.8
 - Uso del editore di testo, freeware, ATPAD.exe (in italiano) per editare i files di testo, in sostituzione del precedente programma AKELPAD.
 - Manuale aggiornato alla versione 4.8.8 con estensione della documentazione nelle appendici B e L e inserite note sulla procedura di preprocessing al caricamento di un modello del pendio.

Cronologia evoluzione ssap dal ottobre 2010 cambiamenti e correzioni

<http://www.ssap.eu/newsandbugsfix.html>

Lorenzo Borselli L.- SSAP2010 e NTC2018 – Politecnico di Milano 29 Maggio 2018



SSAP 2010

"un passo oltre..."

(SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM)

<https://www.ssap.eu>



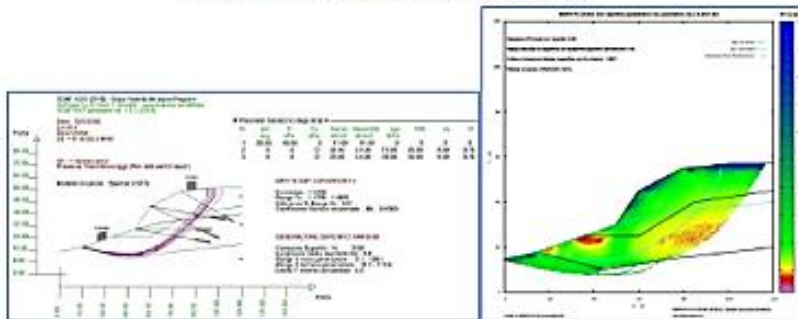
Manuale di Riferimento
Versione 4.9.6 (2018)

by
Dr. Lorenzo Borselli, Geol., Ph.D.,**
Aprile 2018

* Docente di Geotecnica e Geologia Applicata
Facoltà Di Ingegneria, Universidad Autonoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, Mexico

**Già Ricercatore e Responsabile di Sezione (fino al Luglio 2011)
C.N.R. - IRPI, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, ITALIA

WEB e Curriculum Vitae: <https://www.lorenzo-borselli.eu>
e-mail: lborselli@gmail.com, lorenzo.borselli@uaslp.mx



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

aprile 2018 - Versione 4.9.6 .

Nuovo manuale completo per la versione
SSAP2010 aggiornato alla 4.9.6, disponibile
in formato elettronico PDF (460 pagine).

Una documentazione estesa e in continua
crescita..

Grazie anche ai suggerimenti di molti utenti...



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

**10 Video con esempi
pratici uso SSAP
Su YOUTUBE.COM
Canale: LORENZO BORSELLI**

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

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)

Contenuti Originali di SSAP nel panorama dei software e teoria delle Verifiche di Stabilità' LEM

- 3 Motori di generazione superfici Random tra cui Uno totalmente originale (SNIFF RANDOM SEARCH, borselli 1997-2018)
- Tecniche di generazione integrata e controllo rispetto teoria spinta delle terre, integrata nella metodologia LEM
- 7 Metodi di calcolo LEM rigorosi ottenuti dalla modifica dell'algoritmo di Zhang(2005) per il calcolo efficiente di FS
- Nuovo metodo LEM rigoroso (Borselli 2016)
- Controlli di significatività fisica distribuzioni $E(x)$ e $T(x)$ come criterio di convergenza FS

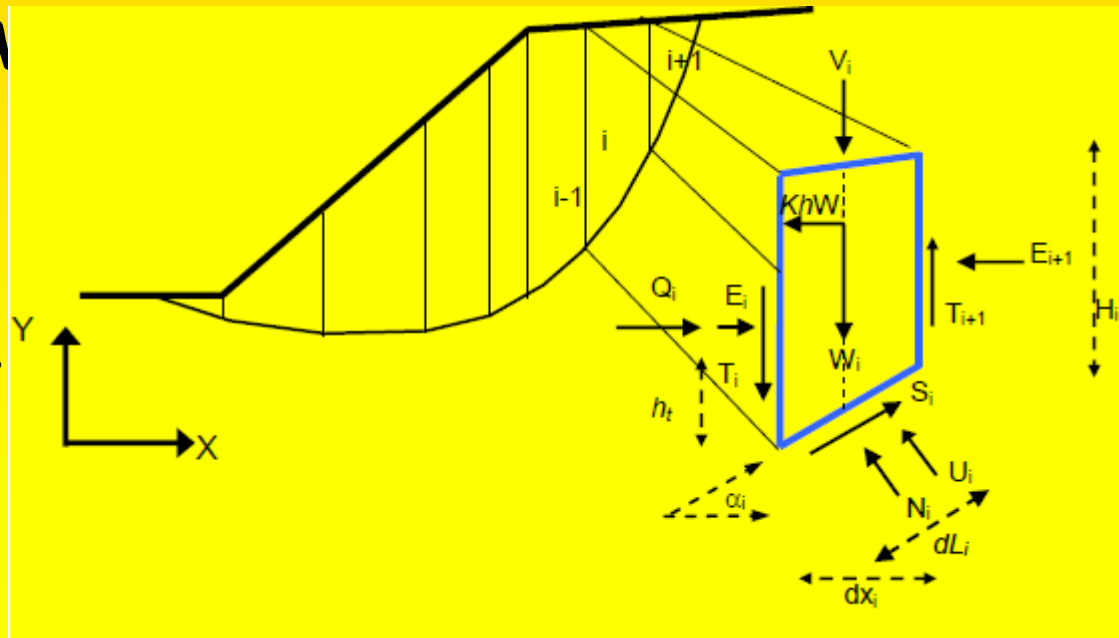
- **Mappe a raster a colori distribuzione spaziale F_s locale con una innovativa metodologia (Quasi FEM , Borselli 2013,2017)**
- **5 criteri di rottura per terreni, ammassi rocciosi fratturati, e analisi suoli liquefacibili**
- **Metodo Sarma(1973) generalizzato a tutti i metodi calcolo LEM per il calcolo del coefficiente sismico orizzontale critico tale che abbiamo $F_s=1.0$**
- **Verifiche di stabilita' in condizioni di liquefazione post sisma per effetti di liquefazione totale o parziale (con incremento pressione neutra) .**

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 e degli spostamenti)

7 metodi di calcolo LEM

- * Janbu rigoroso (1973);
- * Spencer (1973)
- * Sarma I (1973);
- * Morgenstern & Price (1965);
- * Chen & Morgenstern (1983)
- * Sarma II (1979)
- * Borselli (2016)**

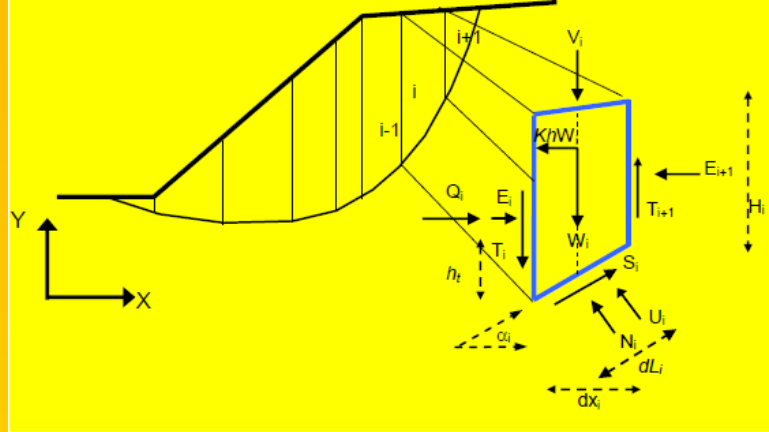


** incluso a partire dalla versione SSAP 4.7.2

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



Nuovo Metodo !

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.

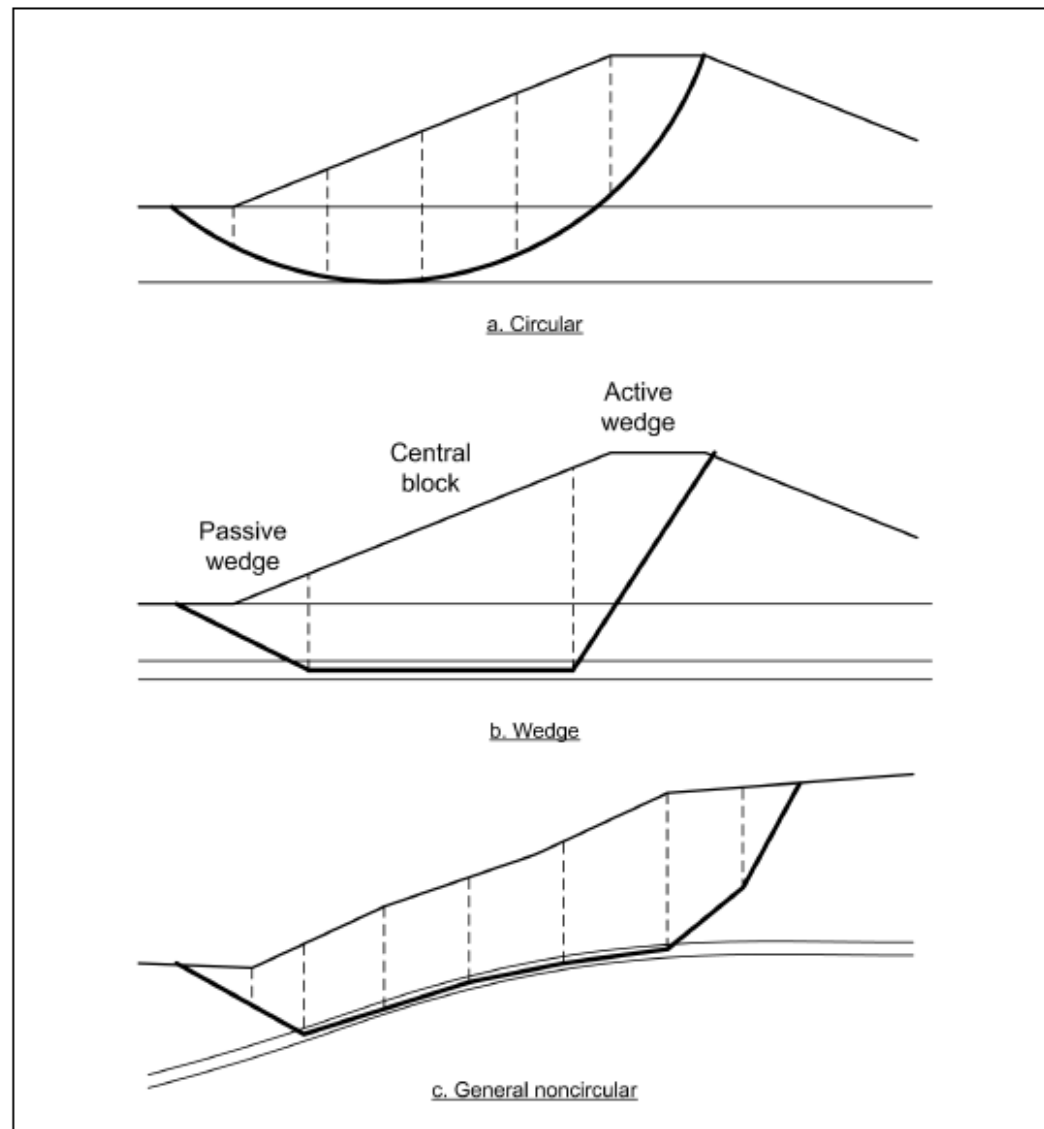


Figure C-3. Shapes for potential slip surfaces

Griglia di ricerca

Vincolato al passo prefissato:

ΔX

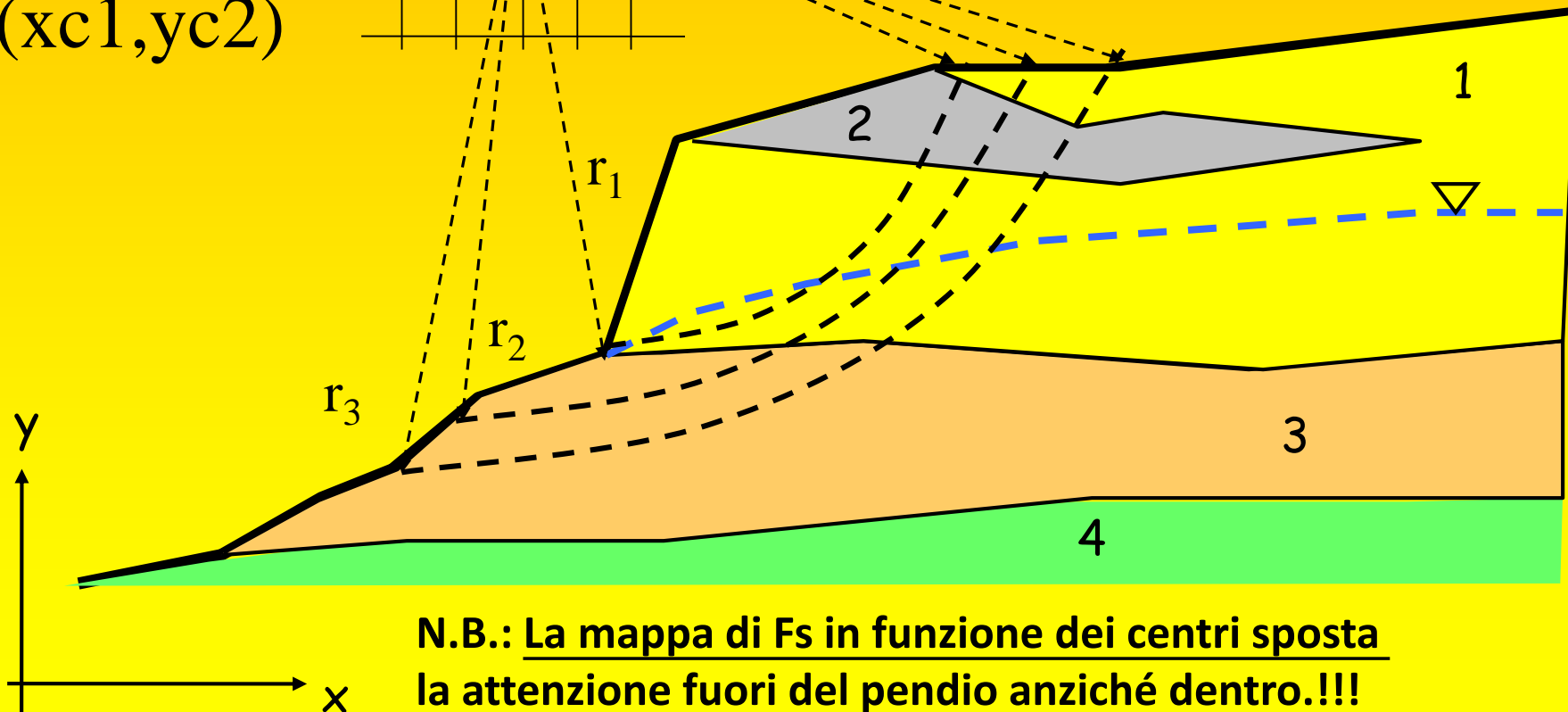
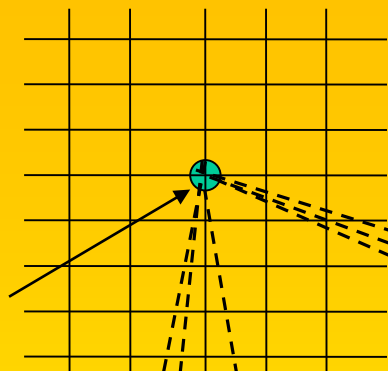
ΔY

Δr oppure r (random)

ΔX

ΔY

$c(xc1, yc2)$

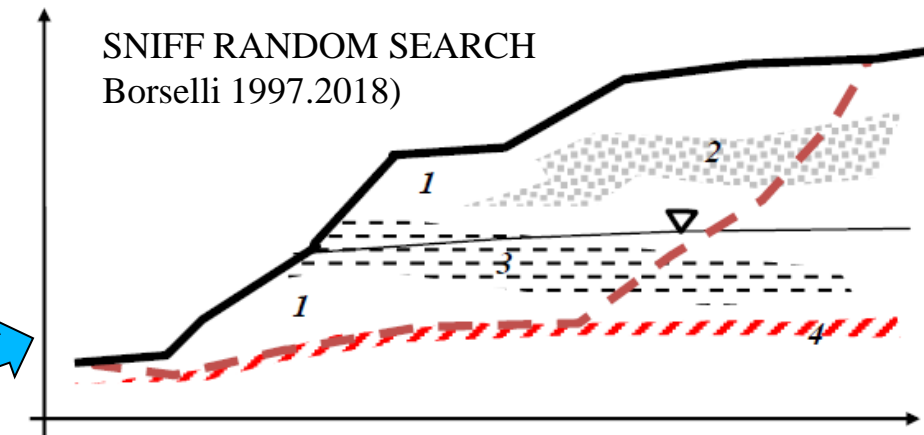
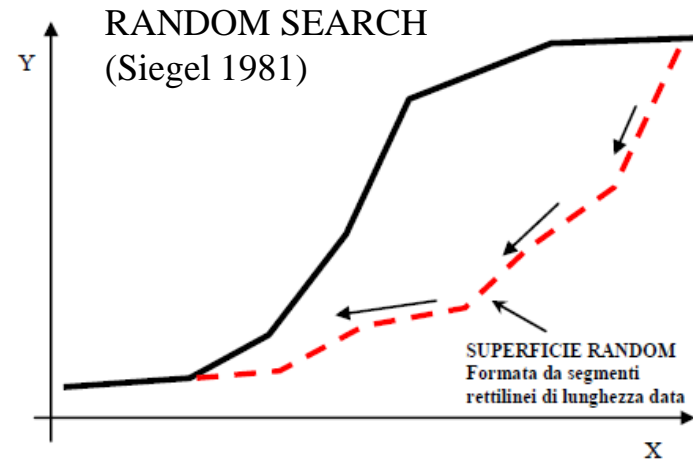
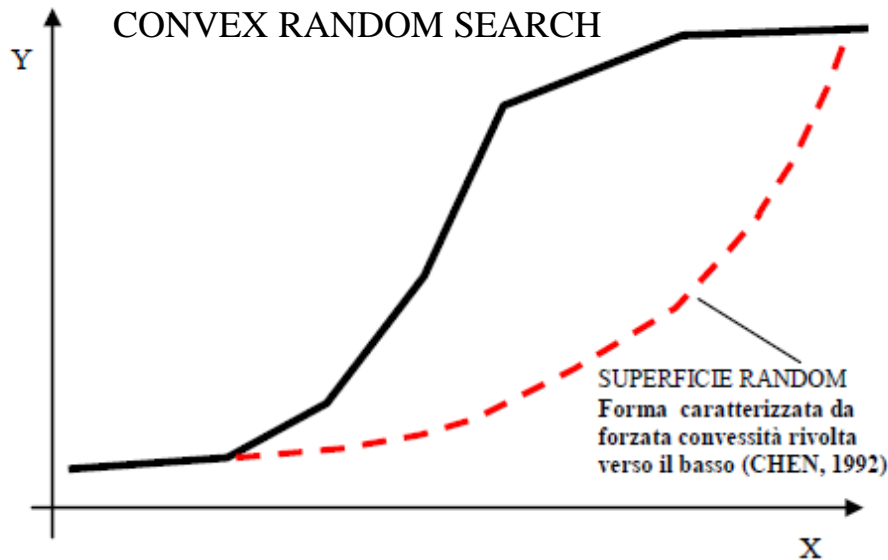


N.B.: La mappa di Fs in funzione dei centri sposta la attenzione fuori del pendio anziché dentro.!!!

Le forme circolari sono solo una frazione delle forme possibili

Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

- 3 motori di ricerca superfici random (per superfici con F_s minimo) e 3 varianti principali (totale 9 metodologie diverse per generare e ricercare superfici con F_s minimo)



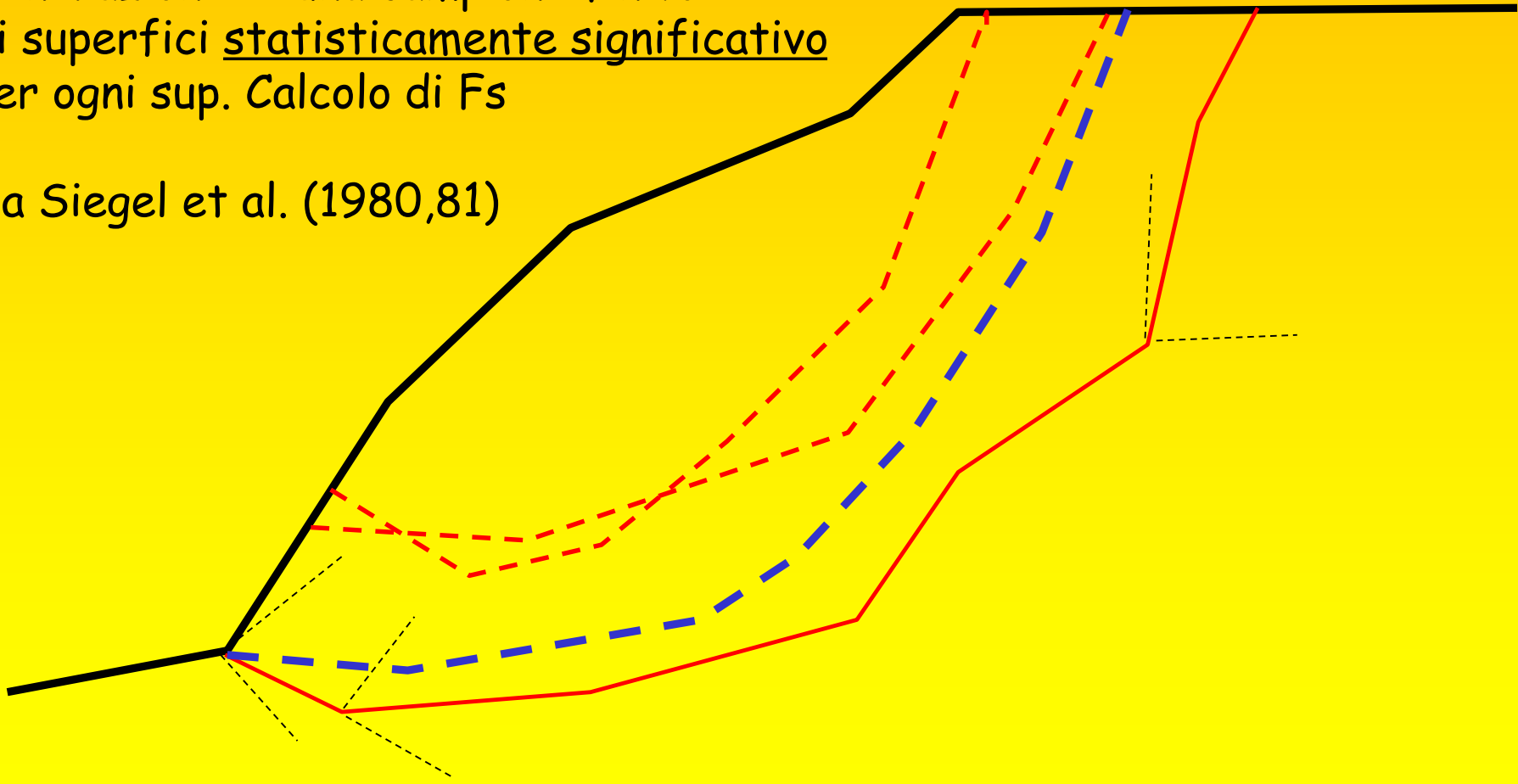
I motori di ricerca sono basati sulle tecniche Monte Carlo avanzate o su algoritmi originali: come lo SNIFF RANDOM SEARCH

Superfici generiche - Generazione random montecarlo

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

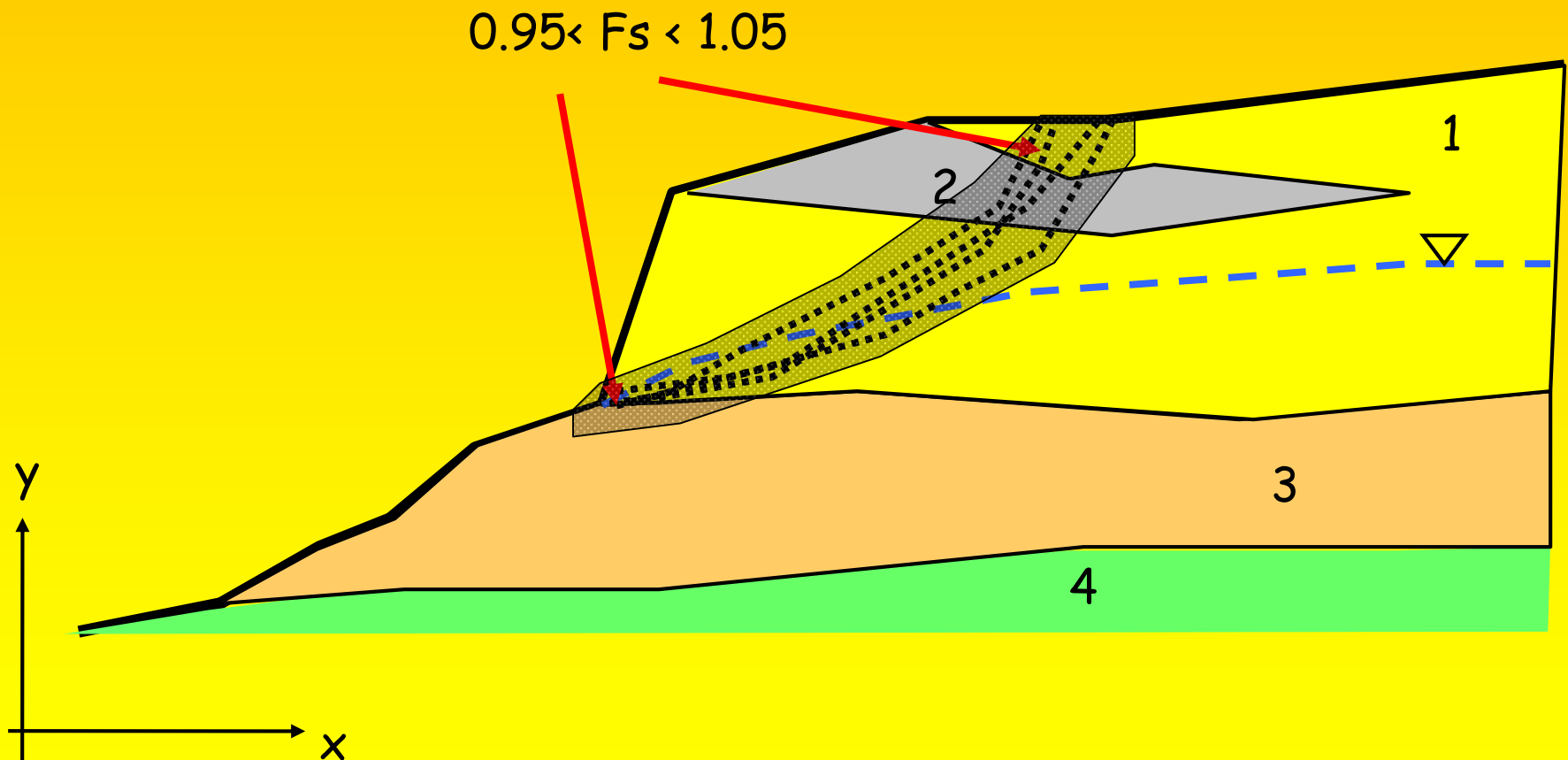
Generazione di una campione finito
di superfici statisticamente significativo
Per ogni sup. Calcolo di F_s

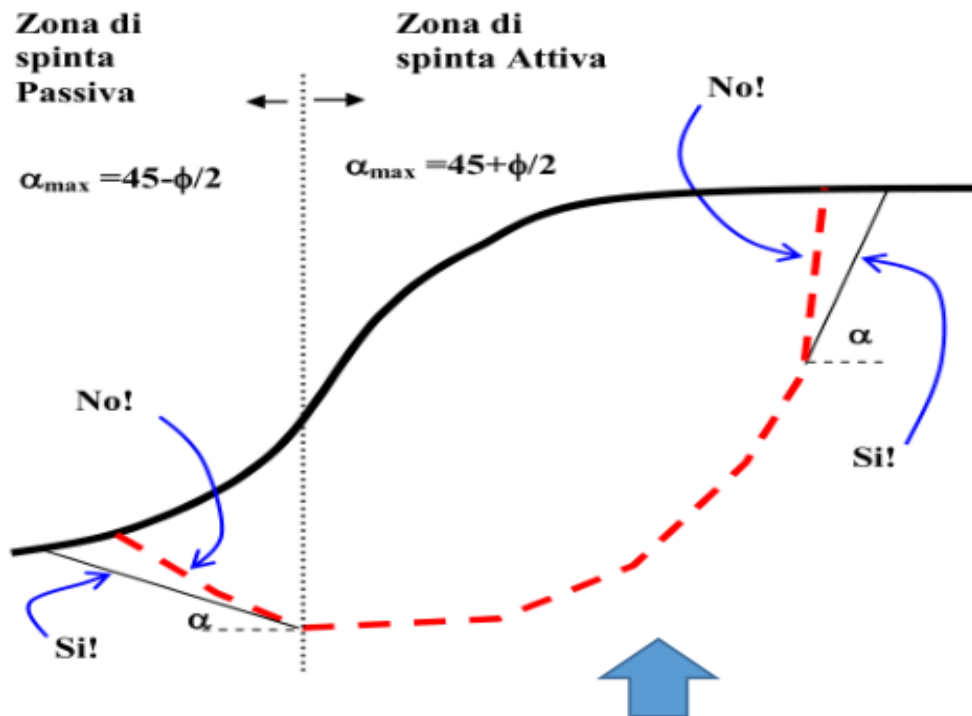
Da Siegel et al. (1980,81)



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





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.

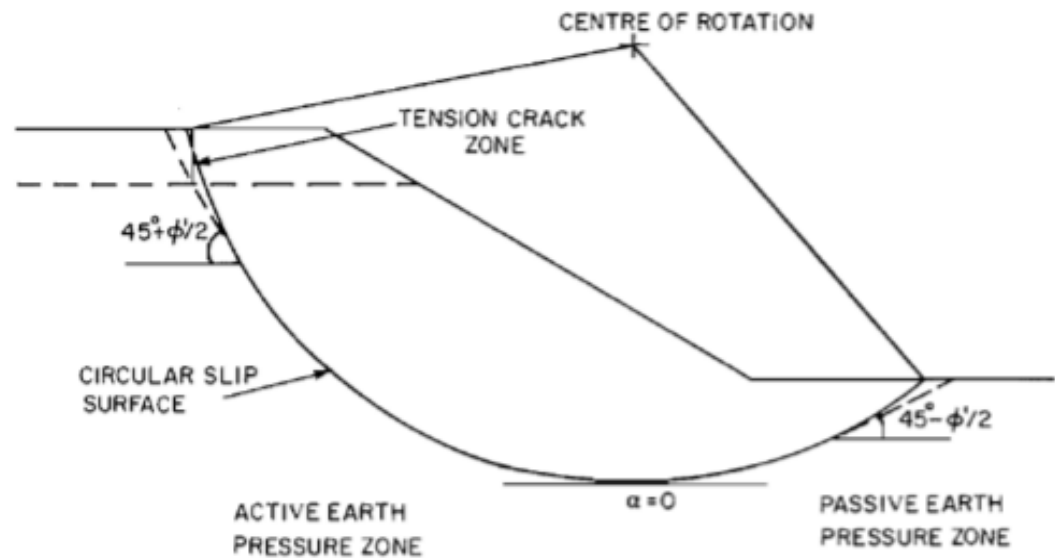


FIG. 4. Soil slope divided into active and passive earth pressure zones.

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:

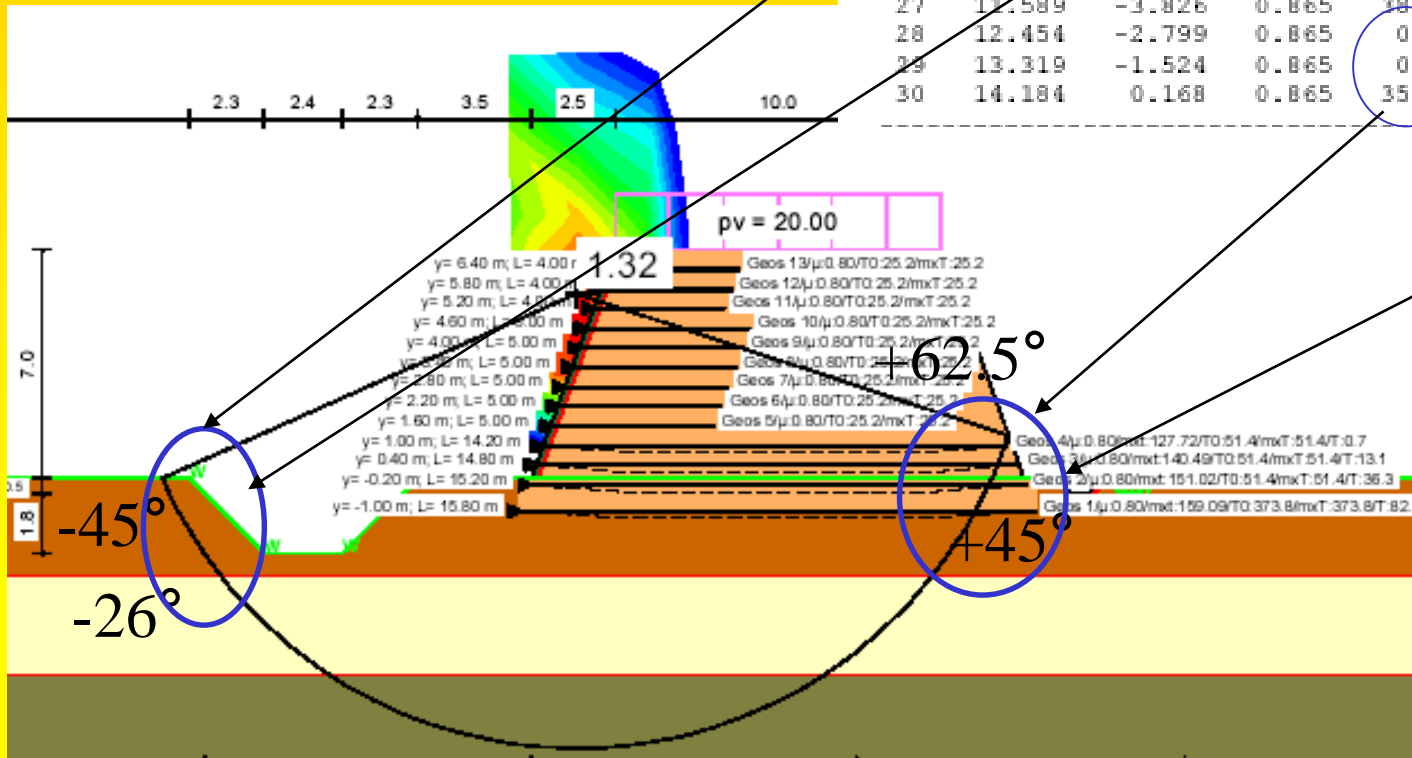
$$[10] \quad \alpha = \phi' / 2 + 45^\circ$$

← ↑
 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 sistemática



| No. | x [m] | y [m] | b [m] | phi [°] | c [kN/m ²] | 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 |

$xc = 30,604$ $yc = 28,023$ $Rc = 9,543$ $Fs=1,669$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | 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 |

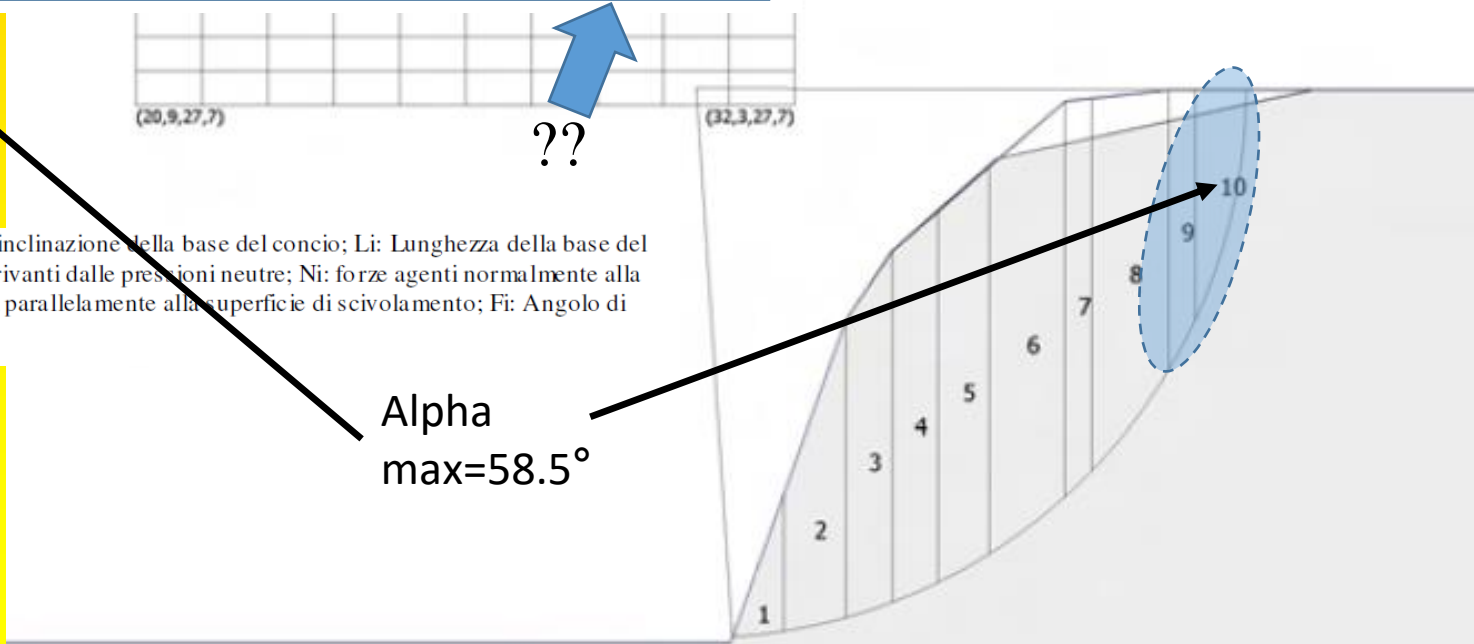
(ID=16) $xc = 30,60$ $yc = 28,02$ $Rc = 9,54$ $Fs=1,67$



??

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.

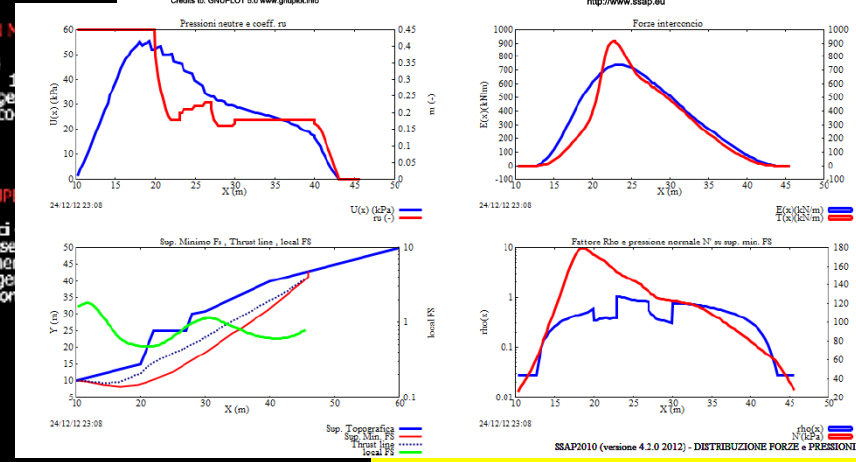
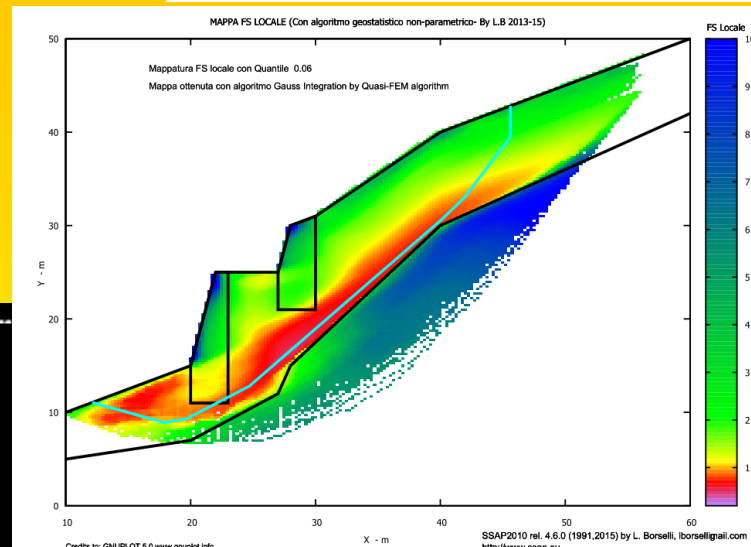
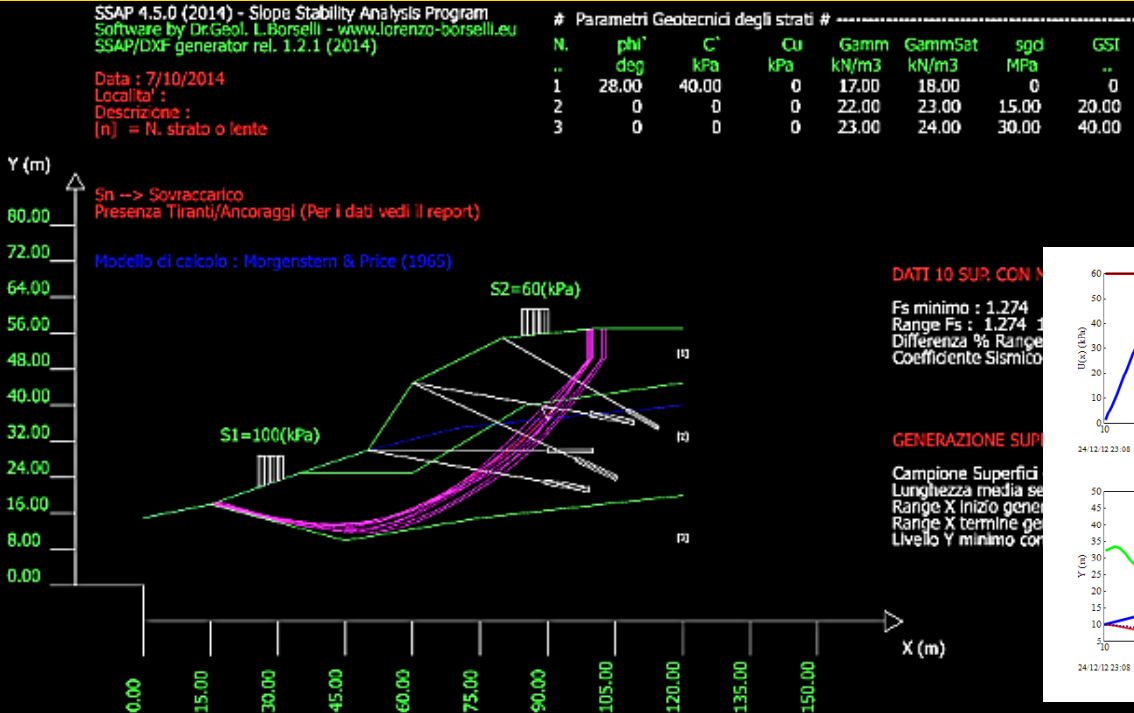
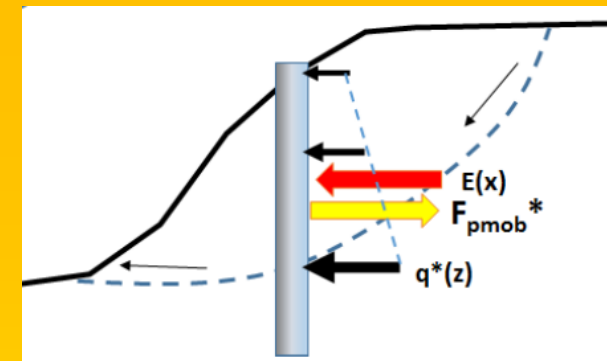
Alpha
max=58.5°



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



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/o metodo degli spostamenti con approccio semiprobabilistico (Biondi et al. 2011)
- aggiornamento documentazione alle NTC2018

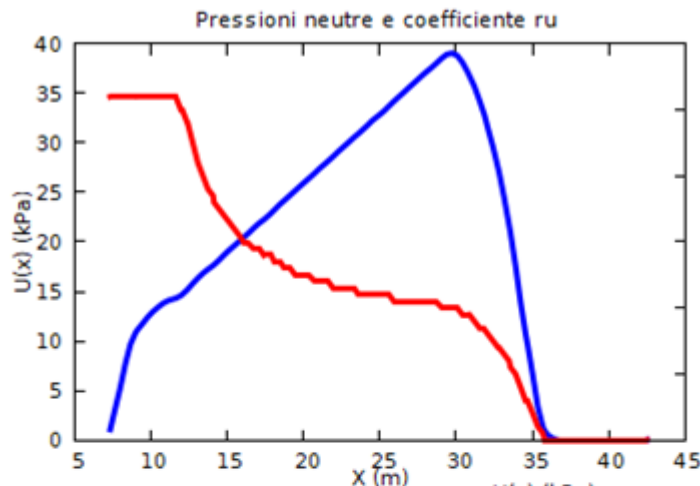
Caratteristiche base di SSAP 2010 ... continua

Inoltre:

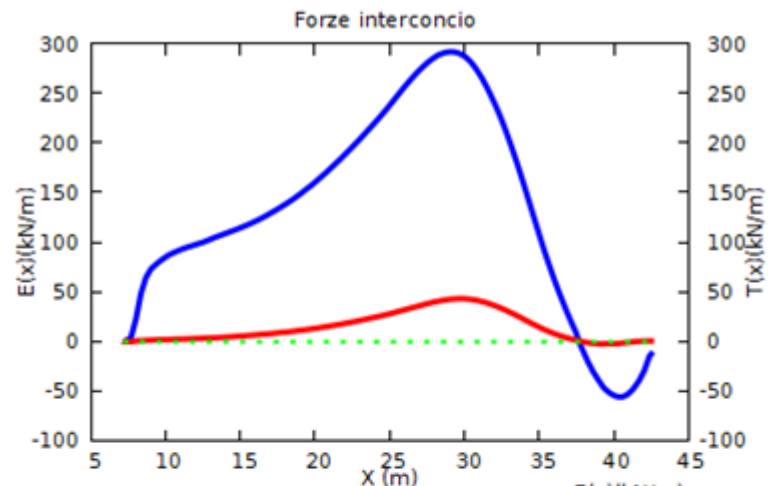
- finestra con i diagrammi delle pressioni interne, del FS locale, e delle forze interne tangenziali e orizzontali, entro la massa in scivolamento soggetta a verifica.
- Utilizzo di nuove strategie computazionali proposte anche da Zhu et al (2003) per eliminare i problemi di convergenza notoriamente 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, PDF)

Altre funzioni importanti:

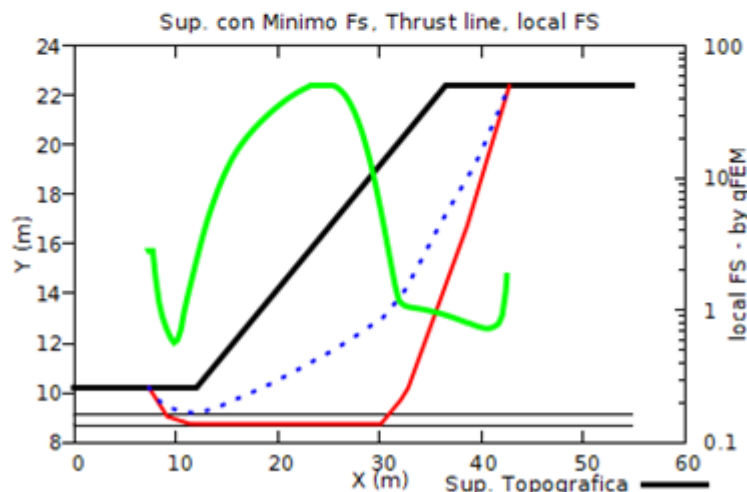
- Integrazione strutture (pali, geogriglie, tiranti..)
- Generazione files DXF (creazione file DXF) :
 - a. Plottaggio modello pendio
 - b. Fascia critica 10 sup con minor F_s
 - c. Superfici di minor F_S in assoluto
 - d. Plottaggio di superfici entro uno specifico intervallo di F_S
- Esportazione superficie 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..) e applicazione combinata del metododo degli spostamenti sulla superficie critica considerata



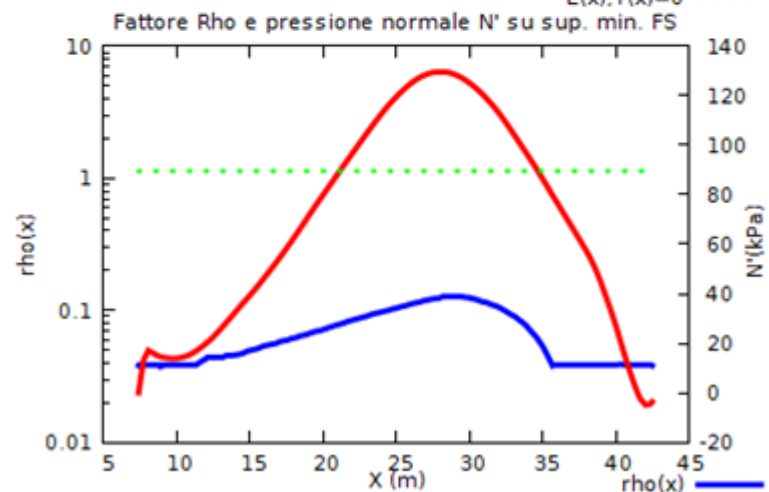
23/04/17 00:40



23/04/17 00:40



23/04/17 00:40



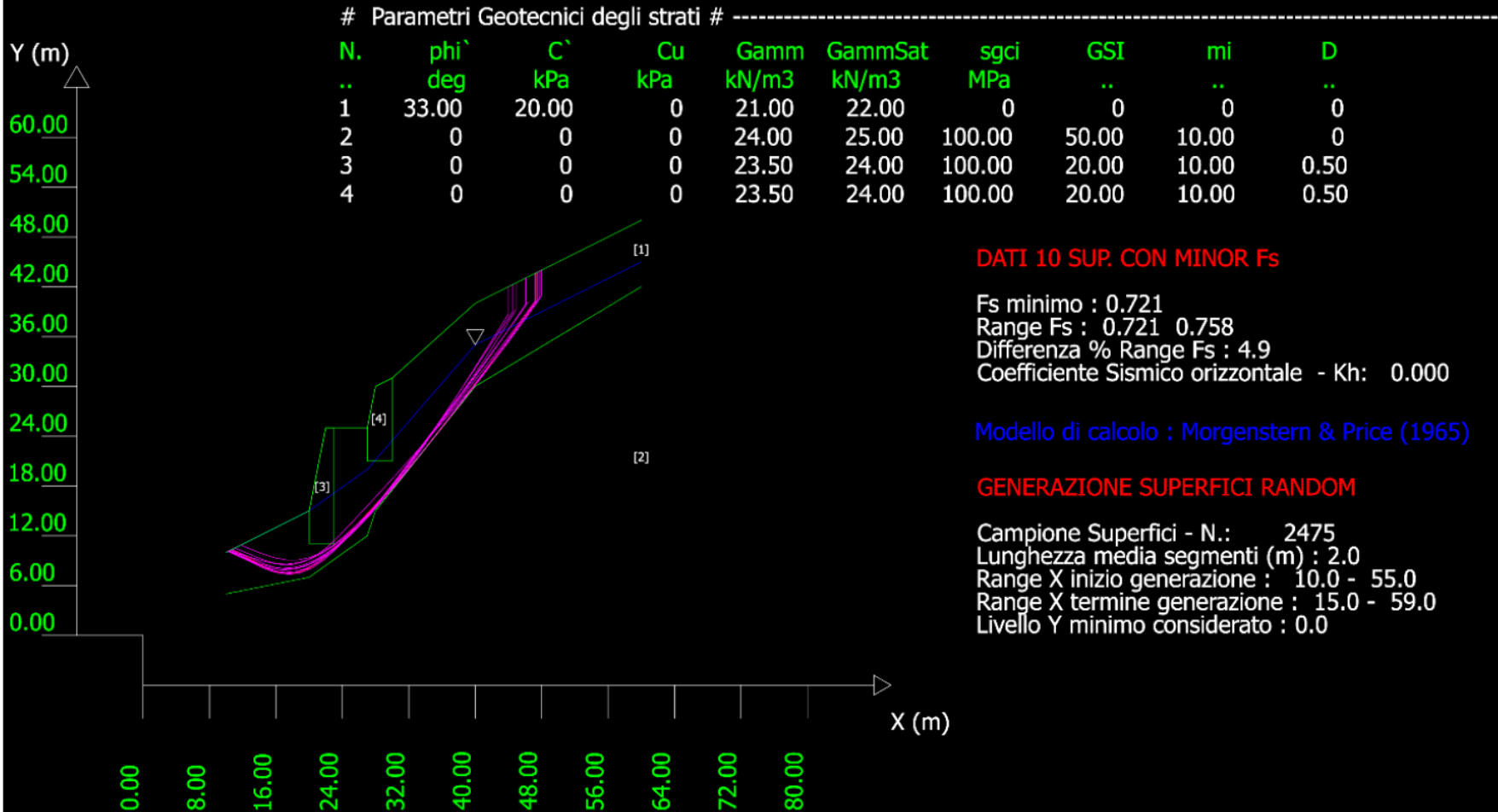
23/04/17 00:40

SSAP2010 (versione 4.8.4 - 2017) - 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

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

NTC2018/EC-7 - ROCCE
 DISATTIVATO $\gamma_{\phi'}$
 ATTIVATO $\gamma_{c'}$

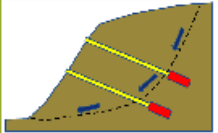
ROCCE - Criterio Hoek et al. (2002)
 HB Generalizzato - Carranza-Torres(2004)
 HB Generalizzato - Lei et al.(2016)
 HB Generalizzato - Lee et Pietruszczack(2017)

METODO DI CALCOLO

JANBU RIGOROSO (1973)
 SPENCER (1973)
 SARMA I (1973)
 MORGESTERN - PRICE (1965)
 CHEN - MORGESTERN (1983)
 SARMA II (1979)
 BORSELLI (2016)

$T(x) = \lambda f(x) E(x)$
 Esplora spazio(lambda0, fs0)
Metodo
 A (rapido e accurato)
 B (più accurato)
 C (molto più accurato)

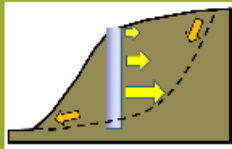
TRANTANTI - ANCORAGGI

PASSIVI 
 ATTIVI

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 mobilizzazione teorica

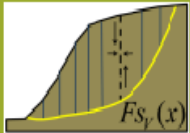
Applicare nuova metodologia Calcolo Mobilizzazione
 Criterio Calcolo Mobilizzazione
 MAX [Fp m , E(x)]
 MIN [Fp m , E(x)]

CONTROLLO STABILITA' NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi

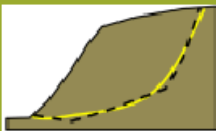
% Tolleranza RHO=|Fs/Fv| > 1.0

Reimposta Valori Standard


 Limita T(x)/E(x)
 LIMITATO
 Non LIMITATO

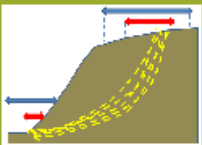
SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

EFFETTO ATTIVATO **Opzioni Smussatore**
 EFFETTO DISATTIVATO



ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI

DISATTIVATO
 ATTIVATO



MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

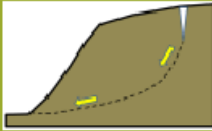
RANDOM SEARCH (RS)
 CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
 SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 2.6

SOLO PER CONVEX
 Convessita' limitata
 Delta alph

TENSION CRACKS TESTA PENDIO


EFFETTO DISATTIVATO
 EFFETTO ATTIVATO

Opzioni Tension Cracks



FILTRAGGIO SUPERFICI

FILTRARE
 NON FILTRARE




SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH

Variante NO-CONVEX SNIFF
 Steps di scansione
 Frequenza attivazione
 No-convex oscillazione masima (gradi)
 ottimizza tracciato discontinuita' sottili


FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m
 Forza Eb (in Testa) - kN/m



PRESENZA DI OSTACOLO INTERNO

CON OSTACOLO
 SENZA OSTACOLO



HELP

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

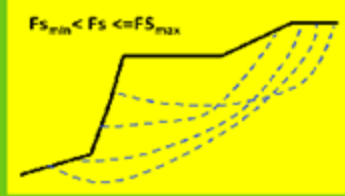
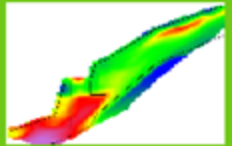
Fs Massimo 10.00 Quantile Locale Fs 0.05

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...

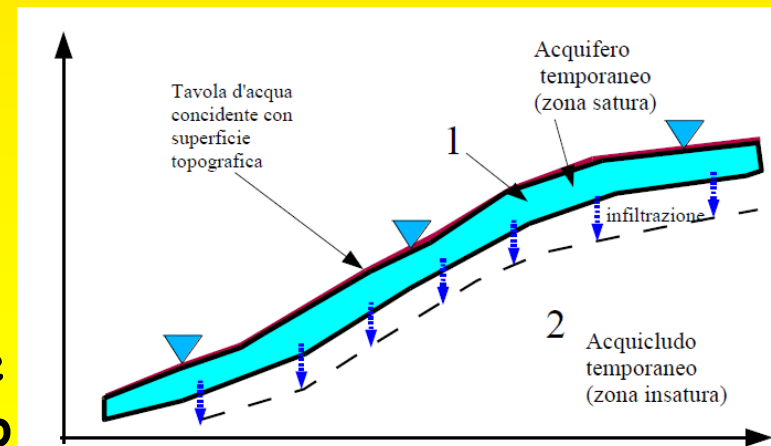
Modulo gestione acquiferi

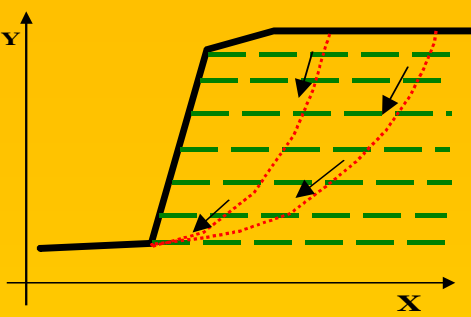
- falde in pressione
- acquicludi; falde sospese e stati temporaneamente saturi sopra porzioni insature;
- Nel caso di falde in pressione algoritmo, sviluppato in modo originale dall'autore, per simulare la dissipazione progressiva della pressione di pori in prossimità della superficie;
- escludere il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

The screenshot shows the 'GESTIONE ACQUIFERI' software interface. It is divided into several sections:

- ACQUIFERI DISATTIVABILI:** A list of seven aquifers (Acquifero Strato 1 to 7) with checkboxes, all of which are currently unchecked.
- CARATTERISTICHE FLUIDO:** A section for fluid properties. It includes a blue water drop icon and a 'Piotta Curva sovrappressioni' button. Parameters include: Gamma fluido (9.81), Coefficiente A (0), Coefficiente K (0.00080000), Uo minima (0.01), and Coefficiente di sovrappressione S (1.00). There is a checked option for 'Limita Dissipazione a pressione idrostatica'.
- GENERAZIONE MAPPA PRESSIONE FLUIDI:** A section for map generation. It includes a checked option for 'Attivare Mappa Pressioni fluidi'. It also has a 'Dimensione Griglia Mappa Pressioni' section with 'Nodi X' and 'Nodi Y' both set to 200. The 'Unita' di misura' is set to 'kPa'.
- GESTIONE PIEZOMETRICHE:** A section for piezometric management. It includes an unchecked option for 'Esclusione sovraccarichi pendii sommersi'. Below it, 'Esclusione sovraccarico (come pendio sommerso) entro le progressive:' is shown with 'Da (m)' set to 1.00 and 'A (m)' set to 119.74. There is a small diagram of a slope with a piezometric head and a red 'X' indicating a specific point. A checked option for 'Attiva effetto memoria pressione dei pori' is also present.

At the bottom, there is a warning message: '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!!'. There are 'HELP', 'OK', and 'Cancel' buttons at the bottom.

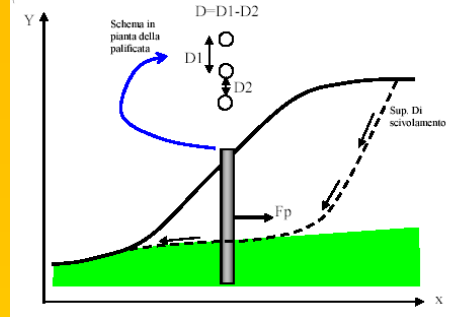




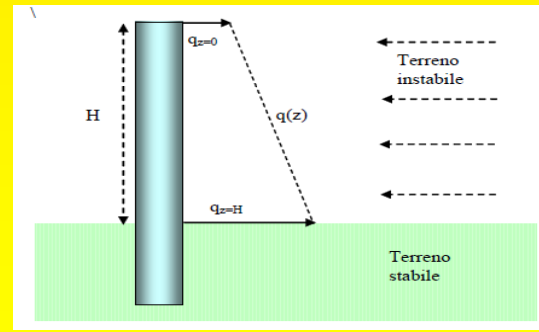
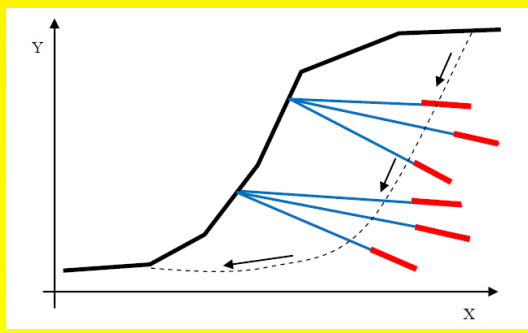
SSAP2010

Inserimento di opere di sostegno:

(palificate, tiranti, geogriglie, muri, e gabbionate)



Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D
 Universidad Autónoma de San Luis Potosí
 UASLP
 Instituto de Geología
 Facultad de Ingeniería.
 San Luis Potosi, 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

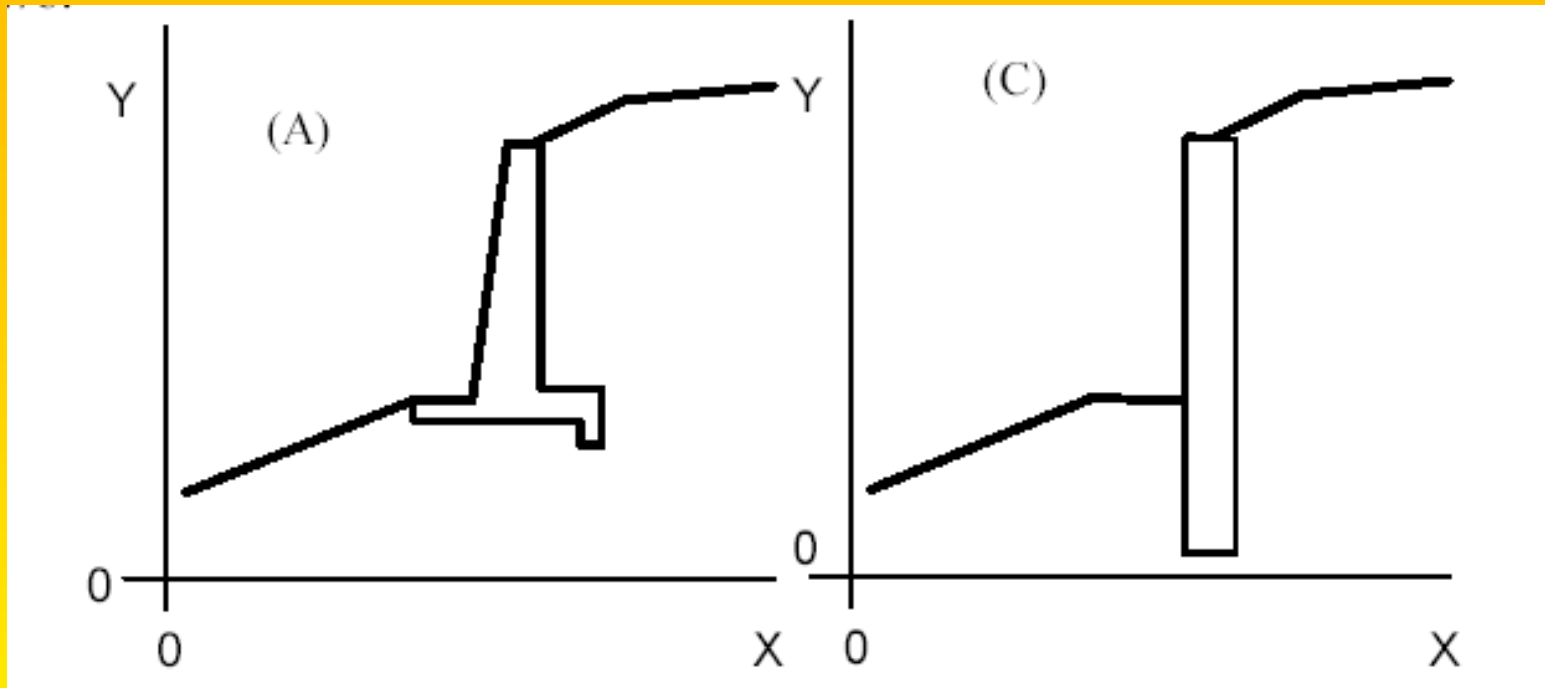
Palificate max 12

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.

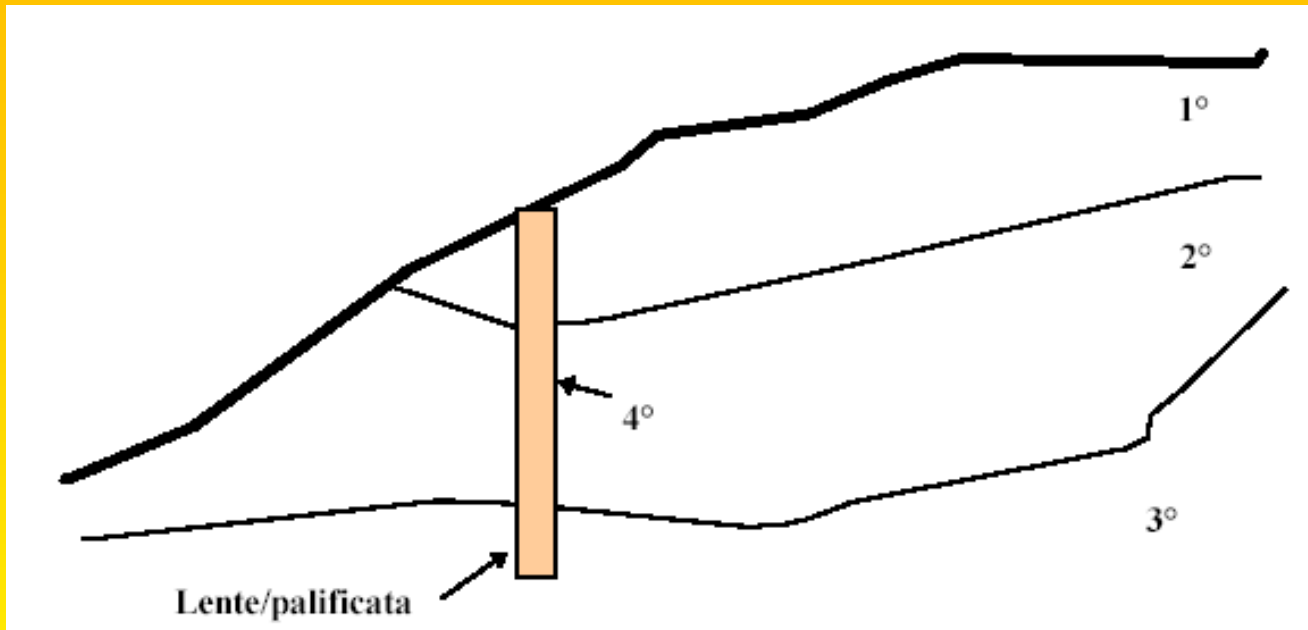
Nel caso della stabilità globale di muri di sostegno si procede invece in un modo diverso.

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

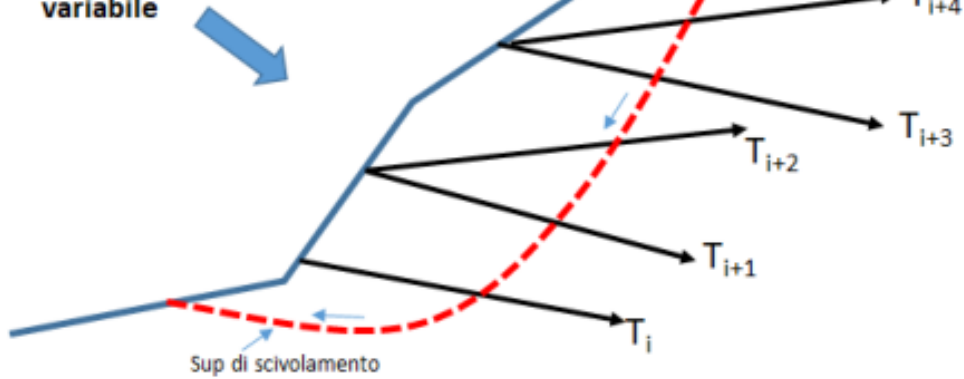
Secondo le RACCOMANDAZIONI ISRM (1993) il termine Tirante si riferisce "all'insieme composto da armatura, malta, dadi di bloccaggio, piastra di ripartizione, ecc , utilizzati per il rinforzo del terreno oppure come trasferimento al terreno di carichi esterni".

Tali strutture sono solitamente utilizzate per incrementare la stabilità di un pendio e per ancorare opere di sostegno a un substrato generalmente ad elevate proprietà meccaniche (es. roccia). L'azione dei tiranti , solitamente in gruppo, è in pratica una azione di tipo stabilizzante che ha influenza sul coefficiente di sicurezza complessivo del pendio ove essi sono posizionati.

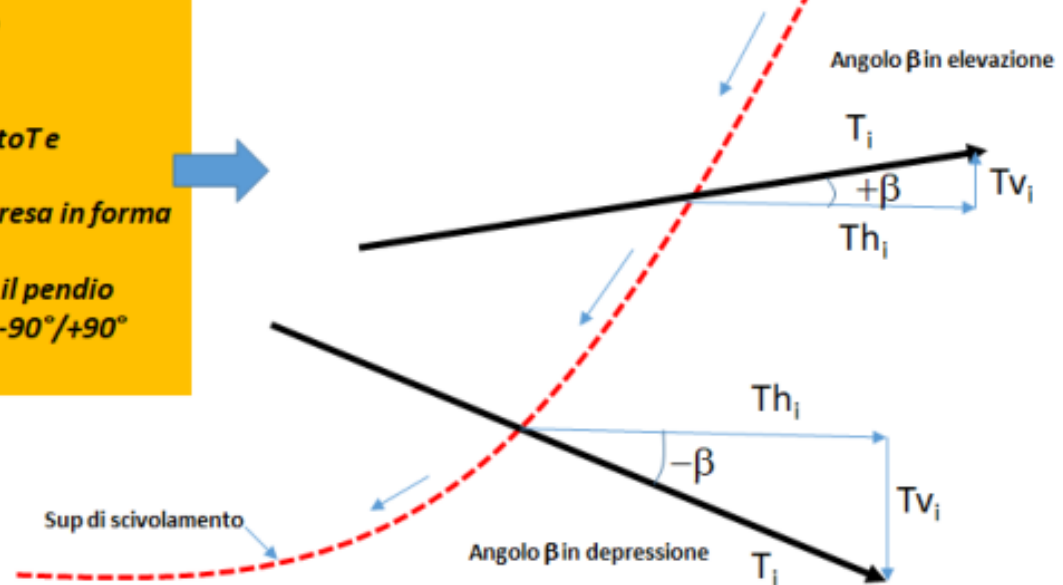
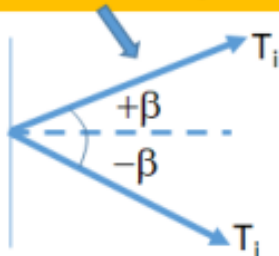
Secondo la normativa vigente per ciascuno dei tiranti è previsto una tensione o resistenza di progetto (espressa in Tonnellate o kN/m) ricavata mediante opportune prove di carico fino a rottura o sfilamento(RACCOMANDAZIONI ISRM , 1993).

Tiranti

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



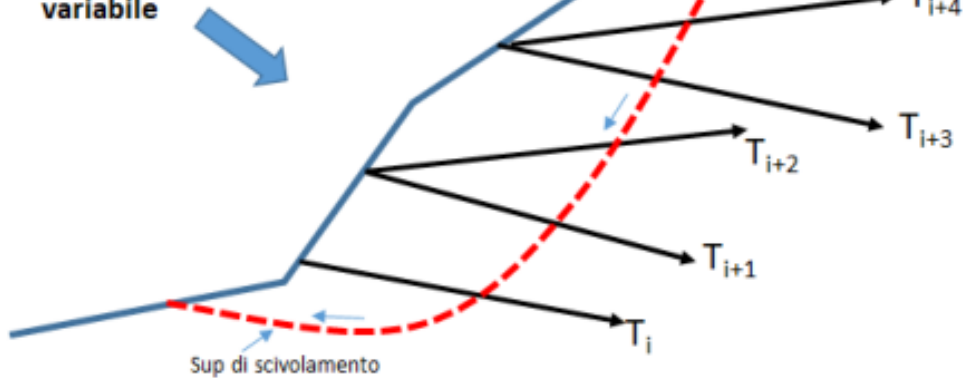
In SSAP ogni elemento di rinforzo espresso come chiodo o Tirante prende in considerazione la resistenza a trazione di progetto T e la sua direzione e verso. Quindi T e' una classica forza espressa in forma vettoriale. Per convenzione la direzione verso il pendio viene considerata in un intervallo $-90^\circ/+90^\circ$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



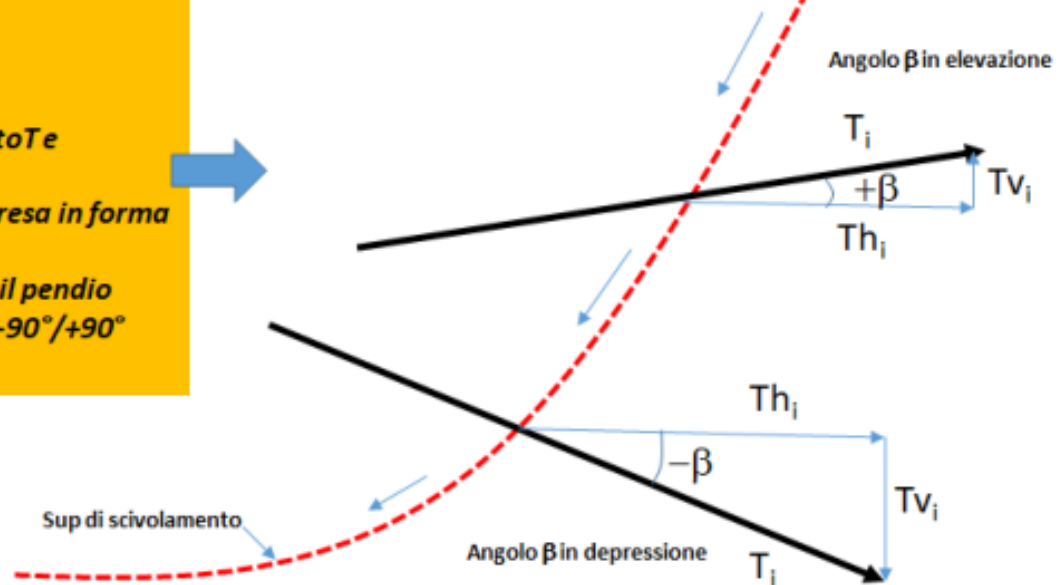
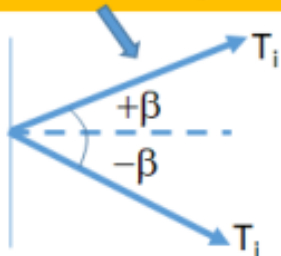
(a)

Tiranti

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

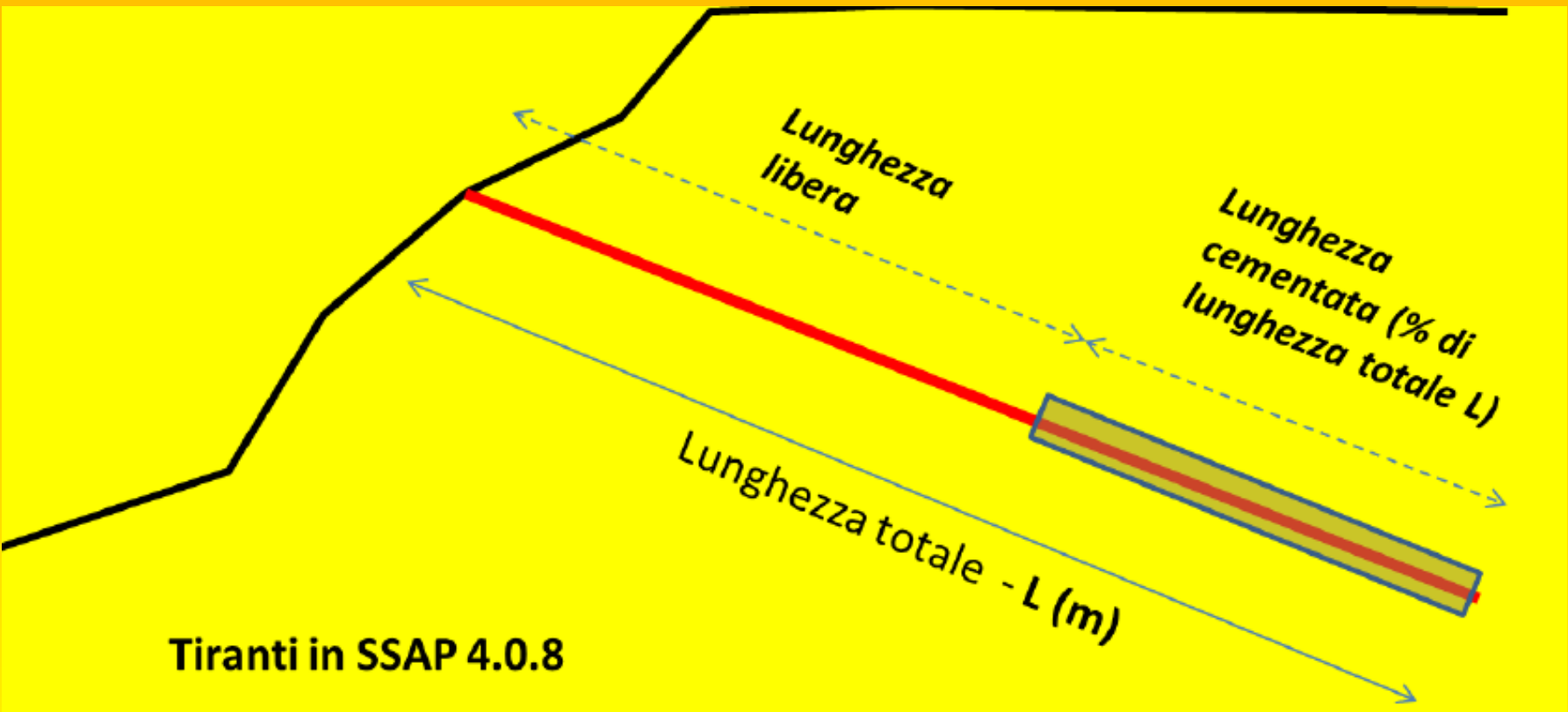


In SSAP ogni elemento di rinforzo espresso come chiodo o Tirante prende in considerazione la resistenza a trazione di progetto T e la sua direzione e verso. Quindi T e' una classica forza espressa in forma vettoriale. Per convenzione la direzione verso il pendio viene considerata in un intervallo $-90^\circ/+90^\circ$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



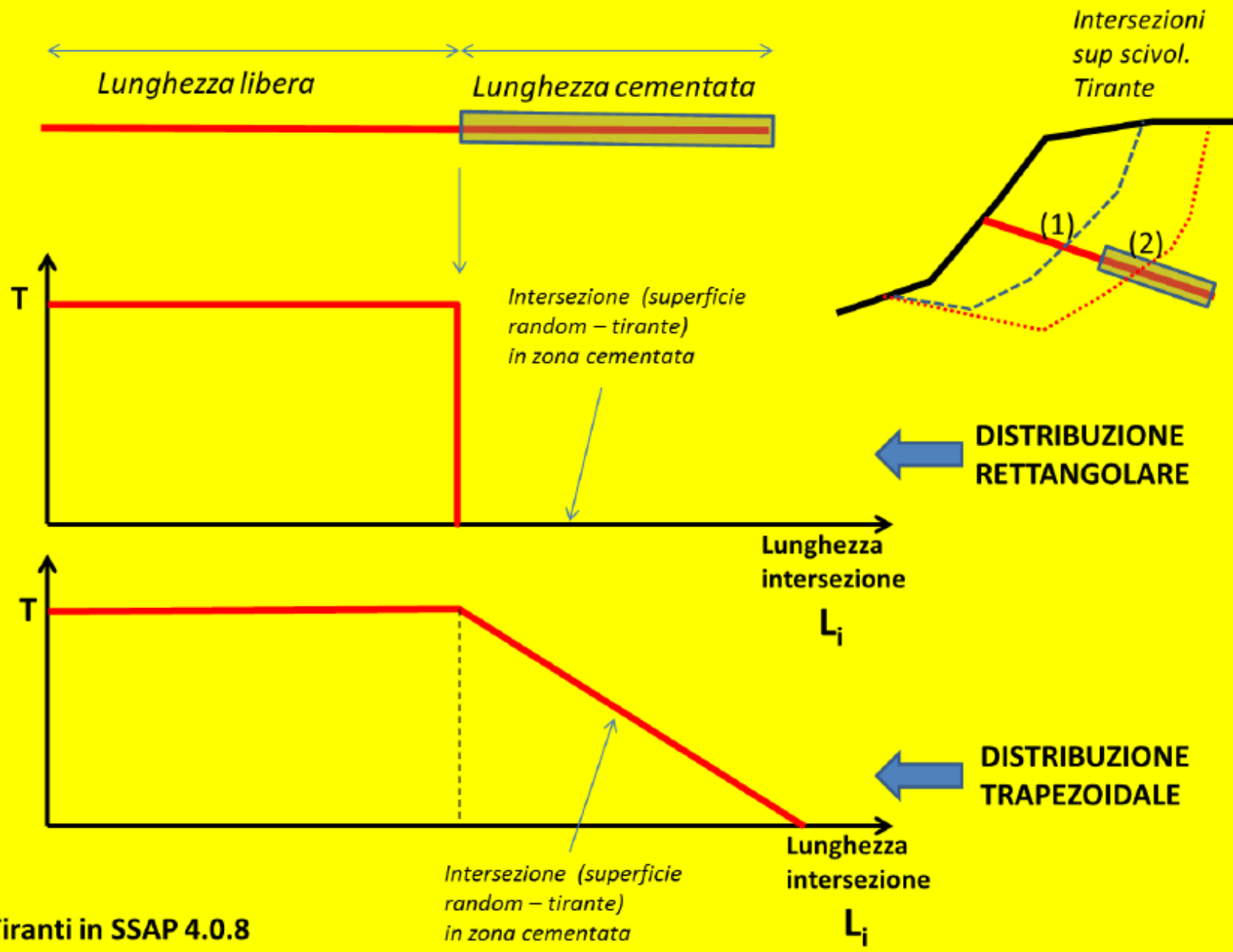
(a)

Tiranti



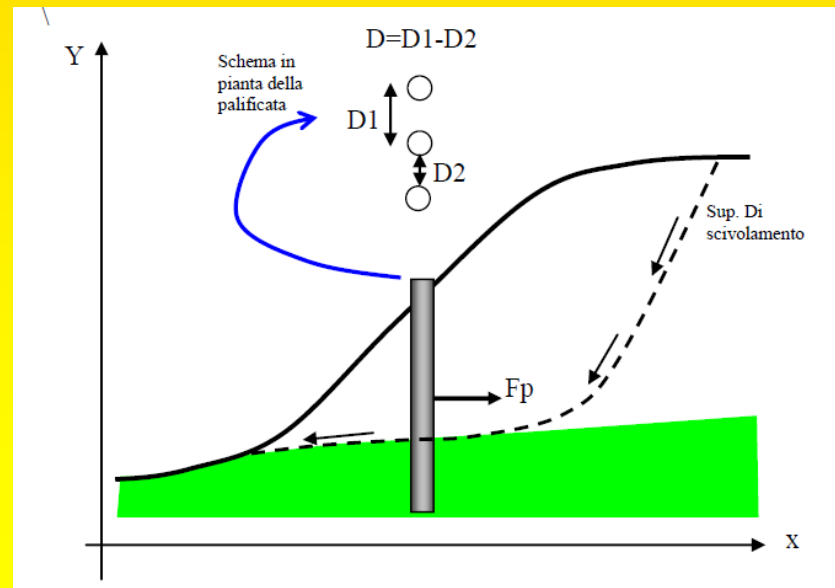
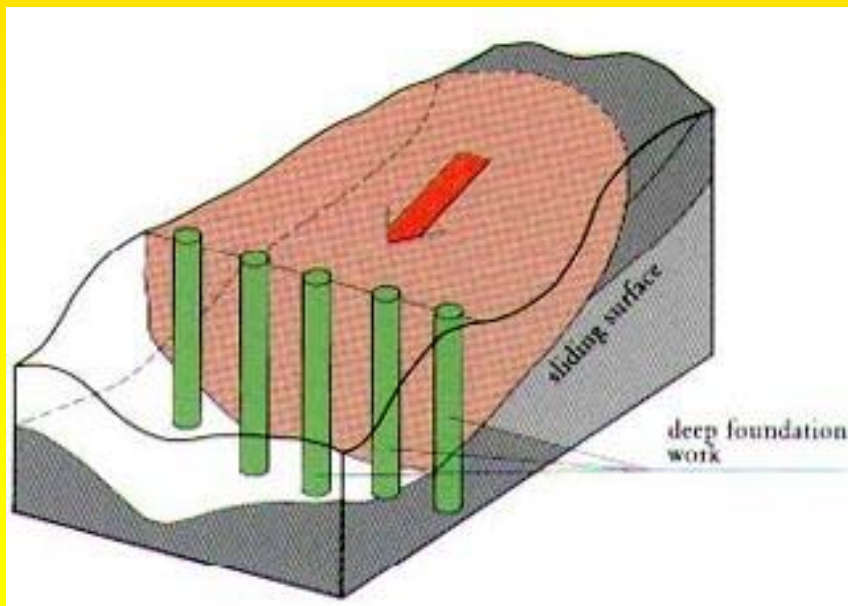
Tiranti in SSAP 4.0.8

Tiranti



palificate

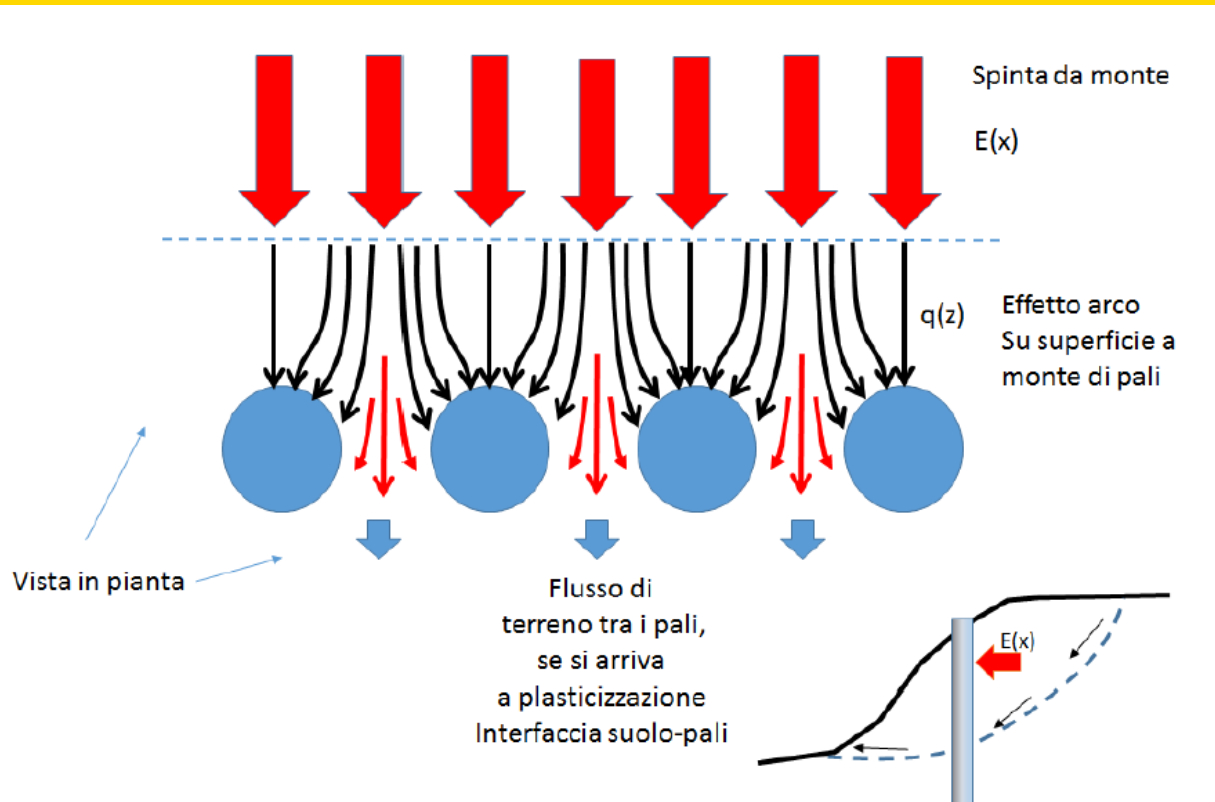
Le palificate, nella forma di una o più file di pali, sono una tecnica frequentemente adottata negli interventi di stabilizzazione di pendii. Ogni fila di pali inserita per una certa profondità nel pendio, attraversando la potenziale superficie di scivolamento, e inserendosi saldamente e profondamente 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

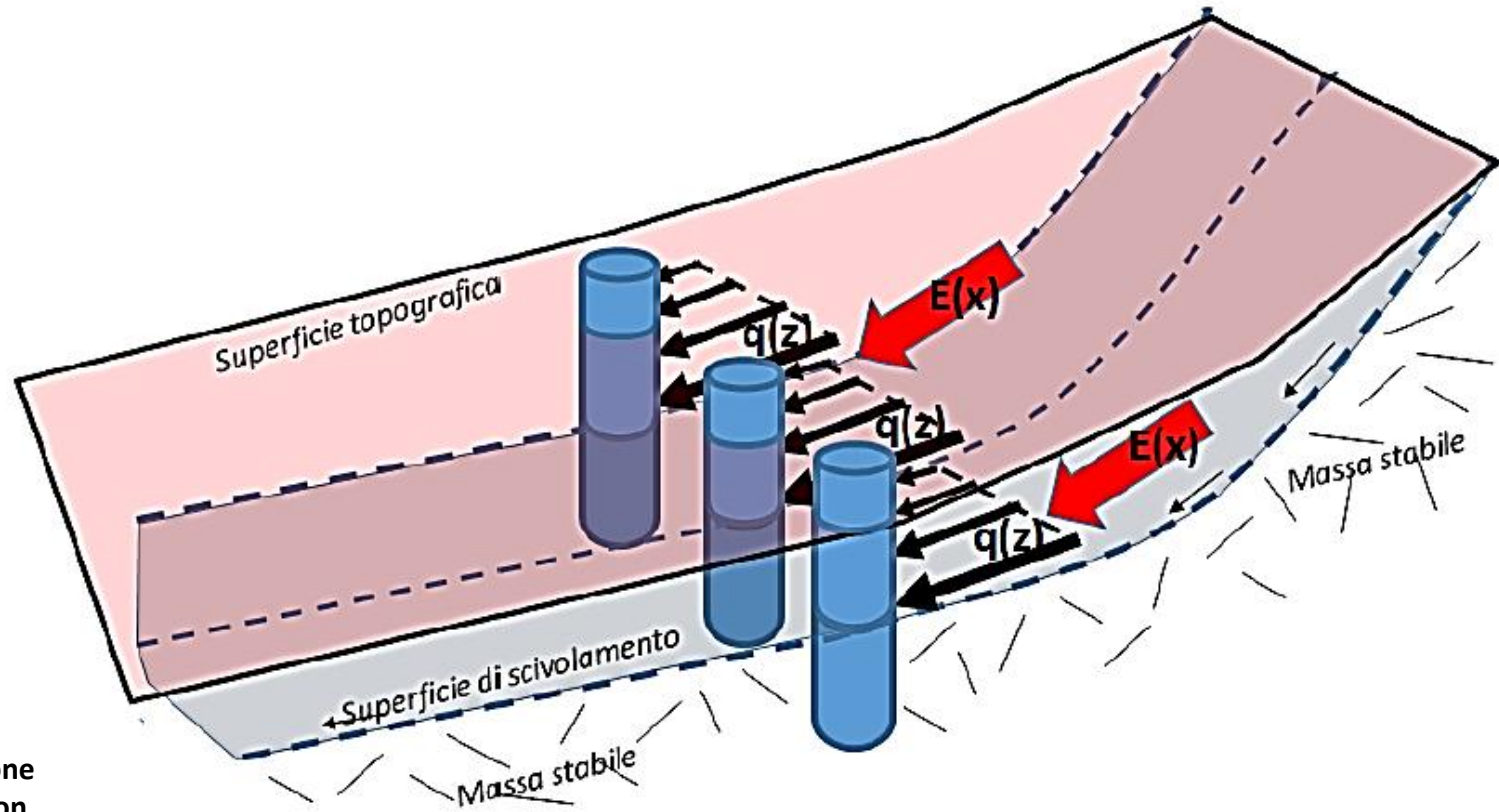
Ito Matsui (1975-1981) - Hassiotis et al. (1997) - Kumar et Hall. (2006)

- 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.

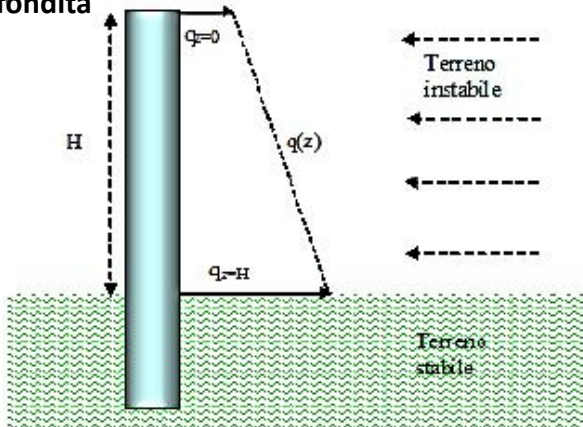


- 3) Il terreno instabile è contenuto dalla azione esercitata dai pali
- 4) Le sollecitazioni dei pali sono pari a quelle ammissibili. (salvo poi fare una verifica STRUTTURALE).

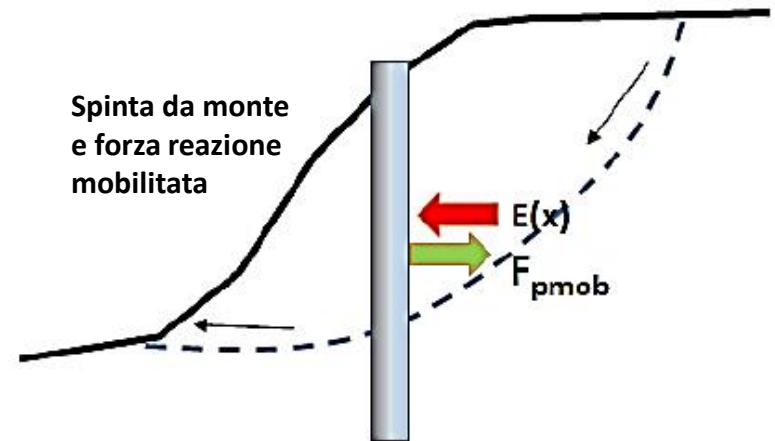
Metodo Ito Matsui (1975-1981) - Hassiotis et al. (1997) - Kumar et Hall. (2006)

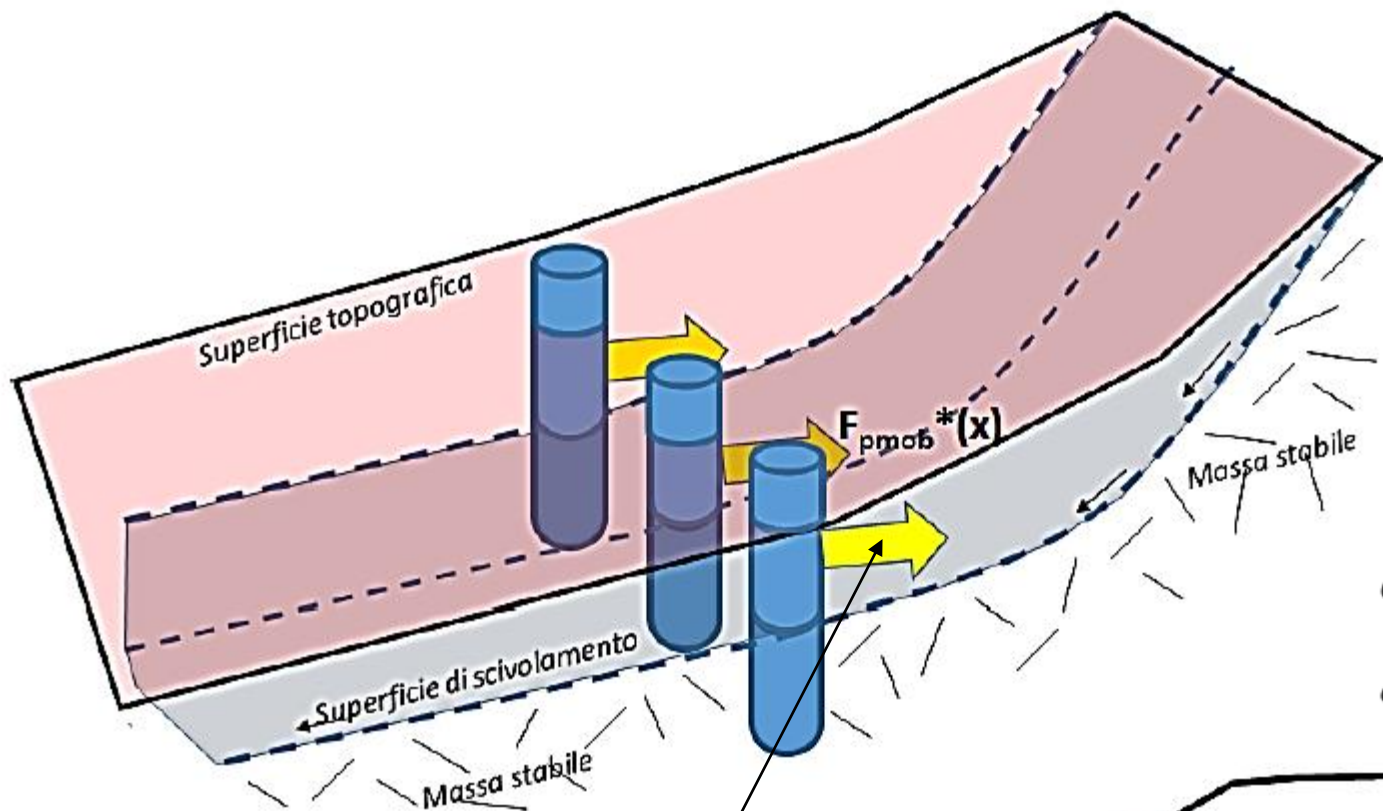


Distribuzione di spinta con la profondità'



Spinta da monte e forza reazione mobilitata

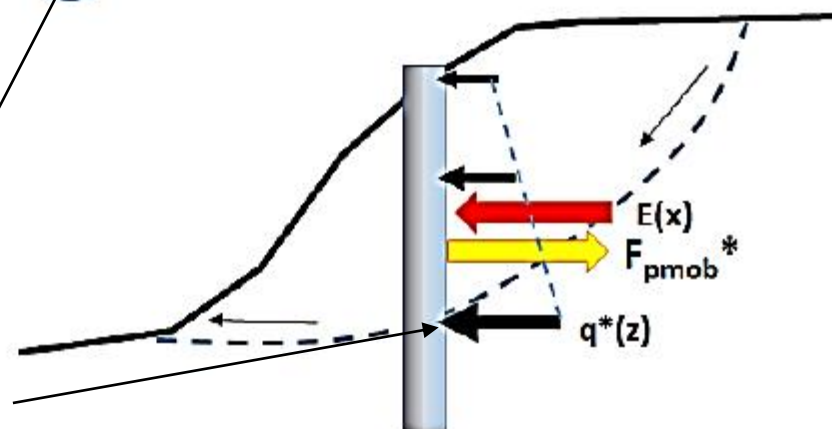




$$\alpha_m^* = \frac{F_{p_{mob}}^*}{F_p}$$

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

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 $q^*(z)$,



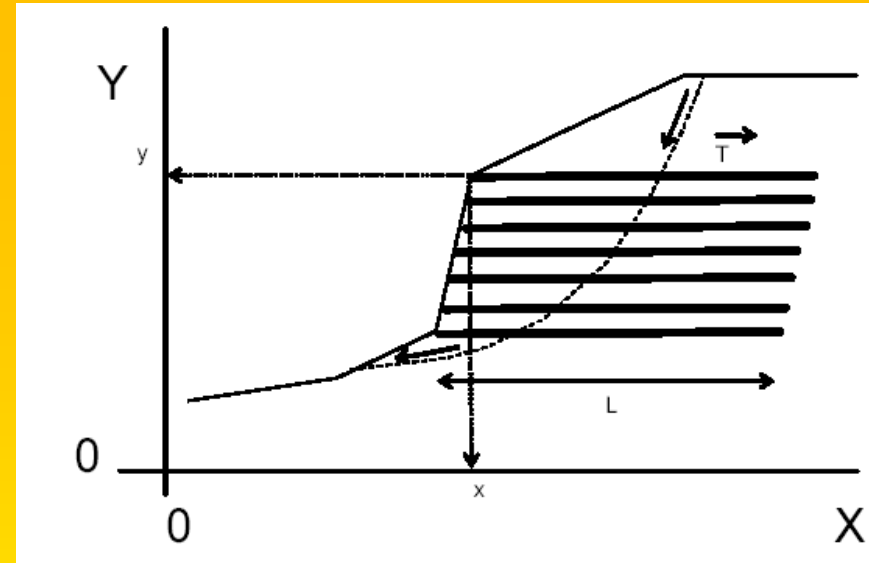
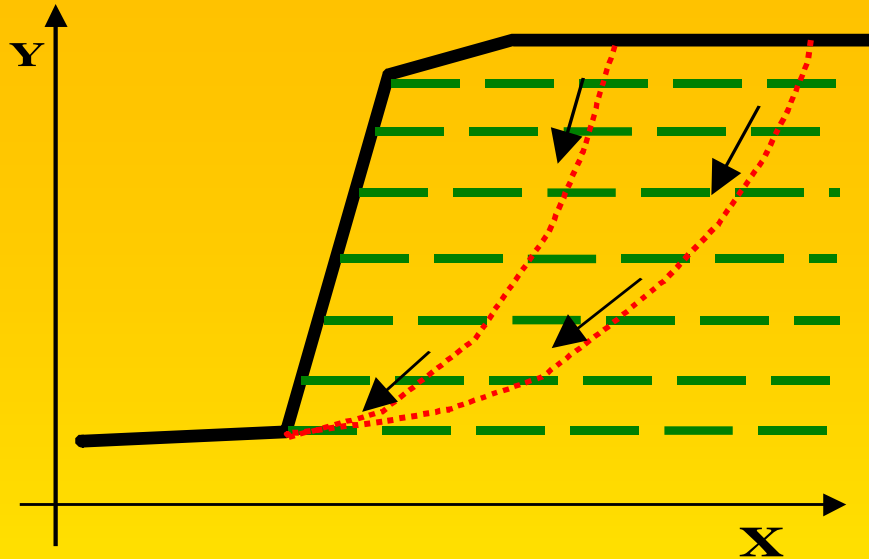
geogriglie

Le strutture in terra rinforzata sono correntemente utilizzate per la stabilizzazione di scarpate artificiali e rilevati..

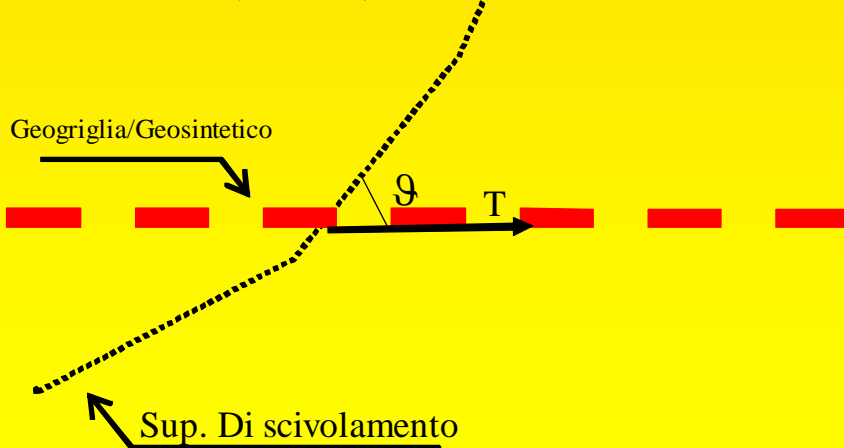
La stabilità complessiva di un pendio dove è presente un sistema di geogriglie deve essere effettuata tenendo conto della tensione o resistenza massima di progetto, della posizione, lunghezza di ciascuna delle geogriglie presenti e della interazione con le varie superfici di scivolamento possibili

La resistenza massima unitaria di progetto e la lunghezza di ogni geogriglia deve essere determinata mediante i correnti metodi di progettazione che tengono conto della stabilità interna dell'opera(collasso, superamento di resistenza delle armature, sfilamento ecc.). Vedasi a questo proposito: Jewell (1990,1991), Greenwood(1990), FHWA (1997).

geogriglie

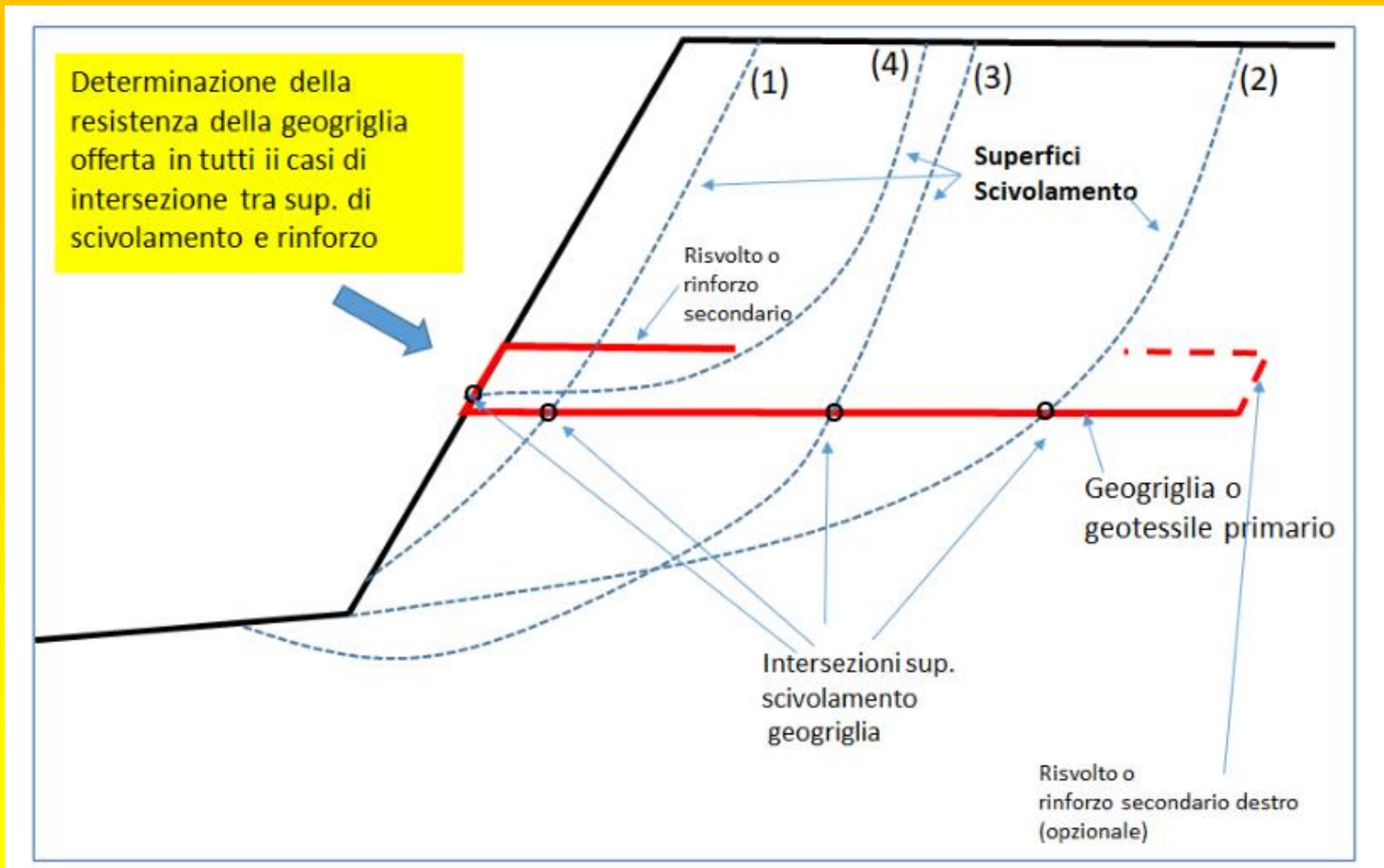


**Notazione introdotta e usata.
In SSAP 2003(rel 2.9)**



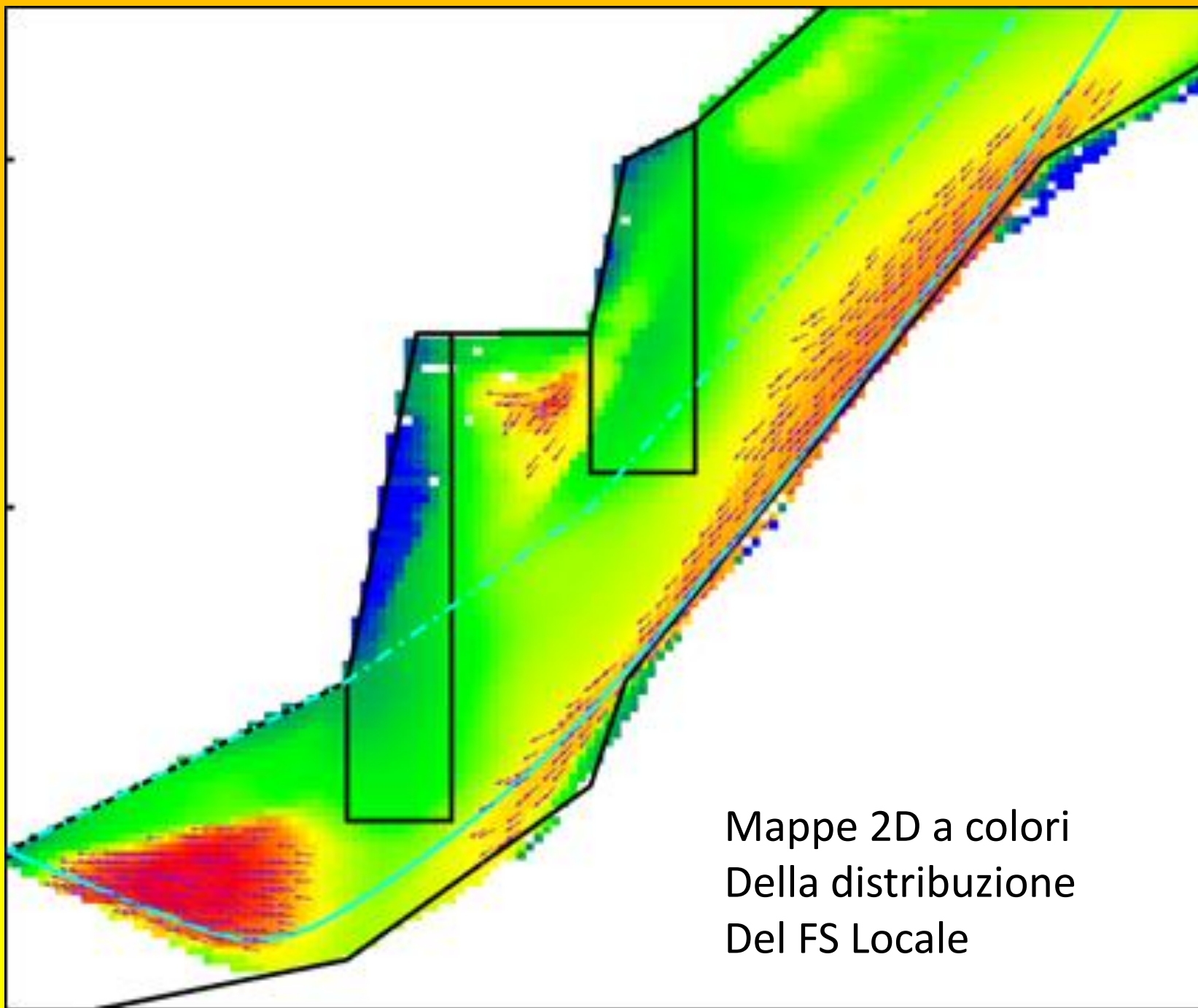
| | |
|----------------------------------|-----------------|
| X | (in m) |
| y | (in m) |
| Lunghezza - L | (in m) |
| Res. Unit. | (in kN/m) |
| Trazione T | |
| Coeff. fb | (adimensionale) |
| Coeff α | (adimensionale) |
| Lunghezza risolto Lw | (in m) |

geogriglie

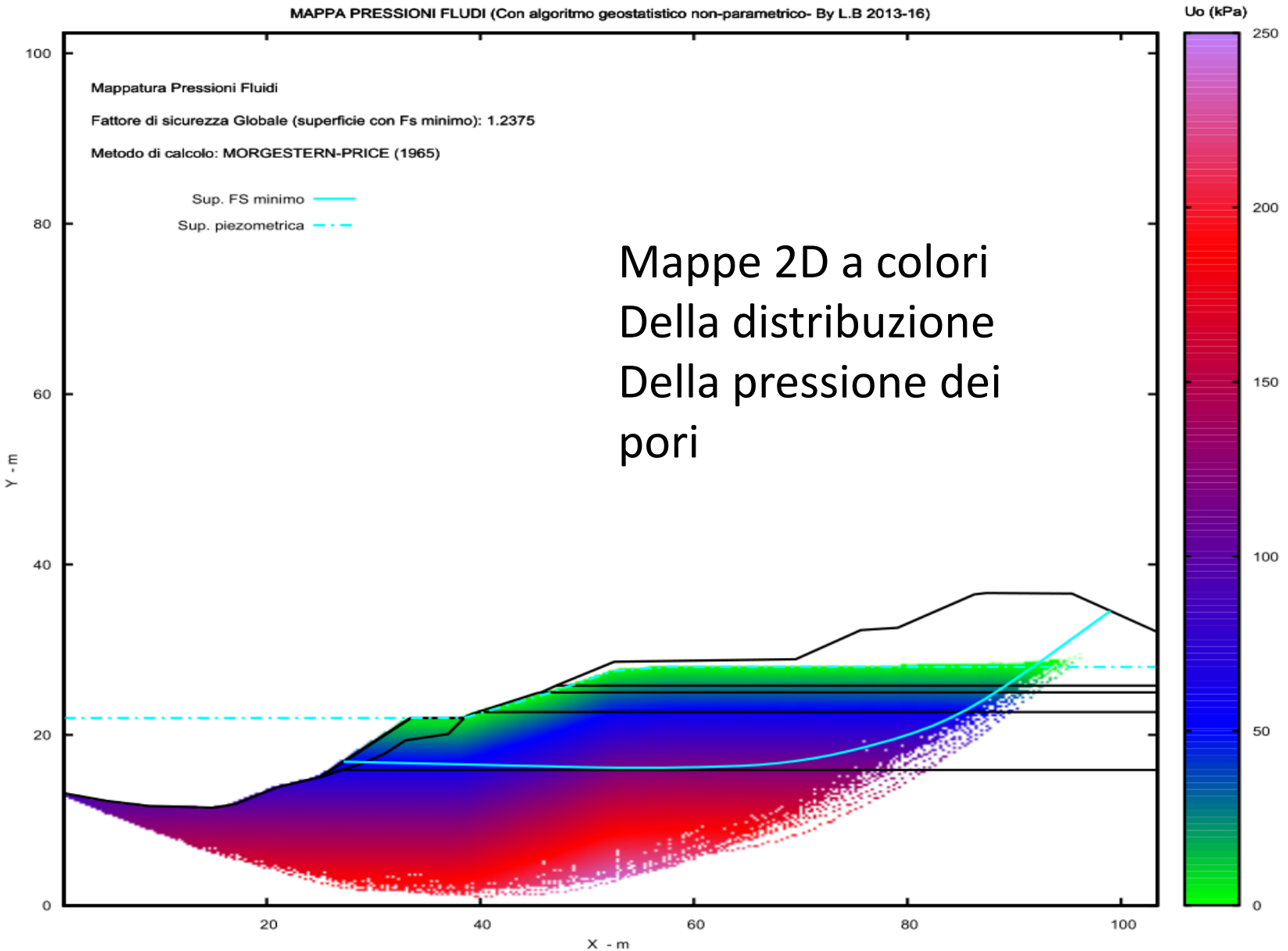


Segue funzioni importanti:

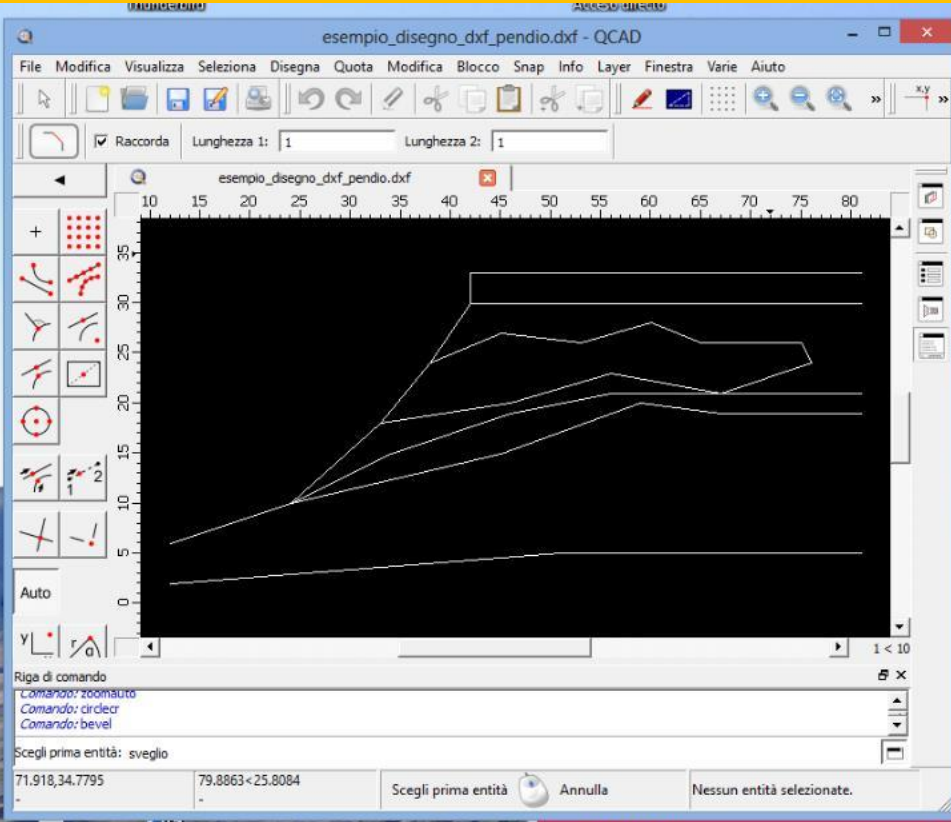
- Verifiche in condizione di liquefazione (post-sisma)
- Generazione mappe 2D (raster) FS medio locale e Over stress ratio
- Generazione mappe 2D (raster) pressione dei pori (pressione neutre).



Mappe 2D a colori
Della distribuzione
Del FS Locale



Mappe 2D a colori
Della distribuzione
Della pressione dei
pori



Creazione file dati superfici Strati

INSERIMENTO COORDINATE
 GENERATO MODO a 12 SUR a 3
 Coordinate nodo superficie (in m)
 Coordinata X nodo: 0,00
 Coordinata 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

Scrive Nodo Cancella Ultimo

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)

Polilinea

Editar 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

consolida assegnazione strati cancella assegnazione strati

OK Annulla

MKFILES 4.0
 by L. Borselli (2007,2014)

procedura per scansione e importazione superfici direttamente da file DXF

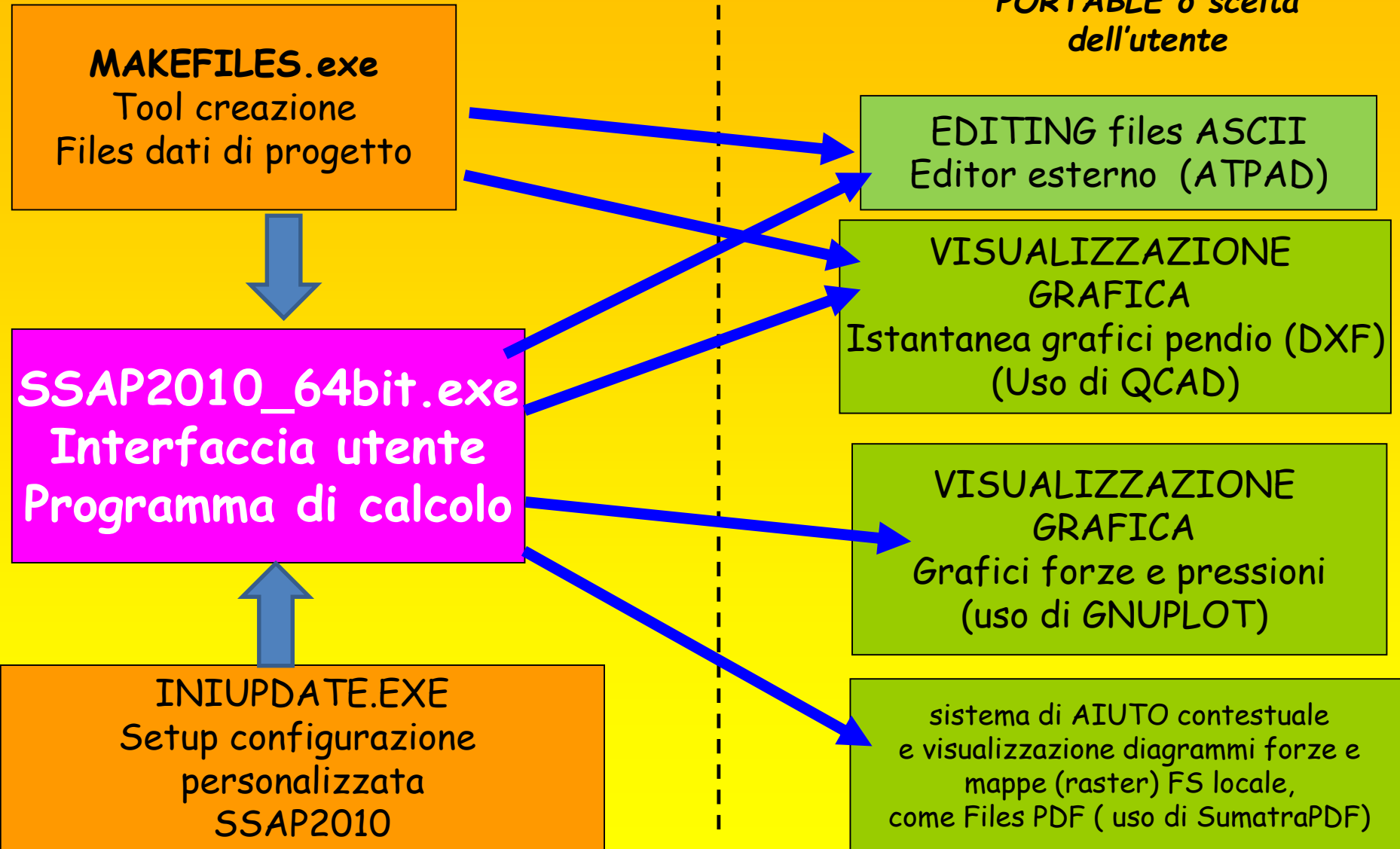
**Esempio di importazione di superfici da file DXF - [Video 3](#) (20:12 min)
 canale Youtube : **Lorenzo Borselli****

Struttura del software

SSAP 2010 (rel. 4.9.6)

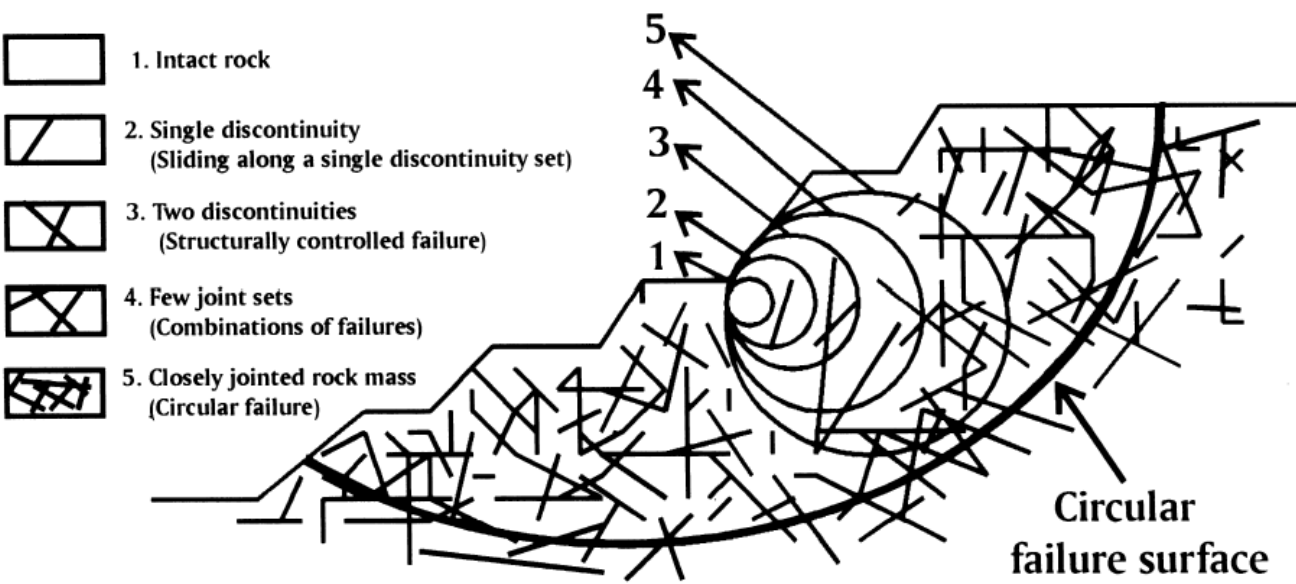
software SSAP2010

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



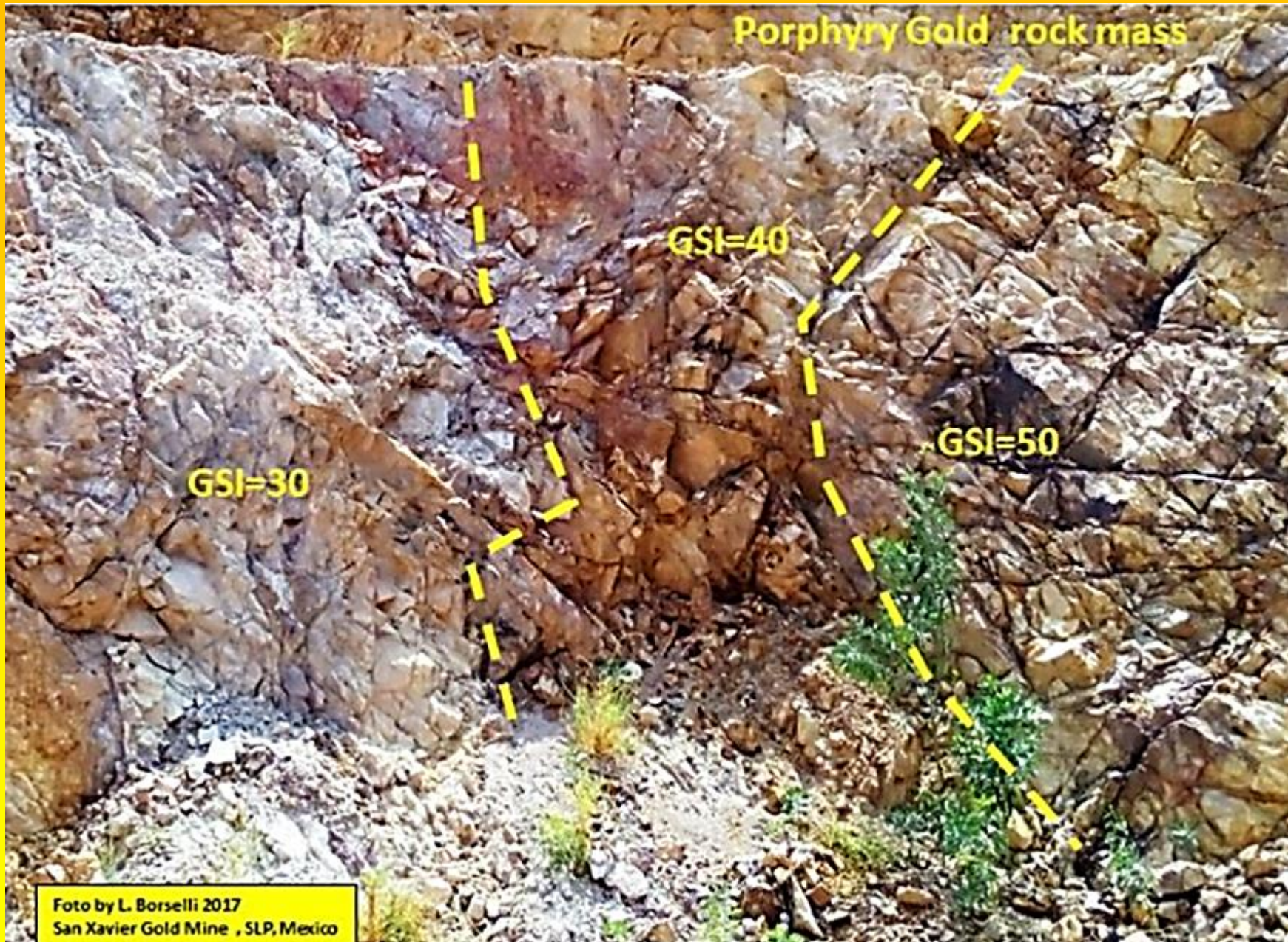
Applicazione di SSAP2010 in ammassi rocciosi fratturati e rocce tenere e uso del criterio di rottura GSI di Hoek & Brown (2002,2006) +JRC Barton Bandis (1990), barton (2013)

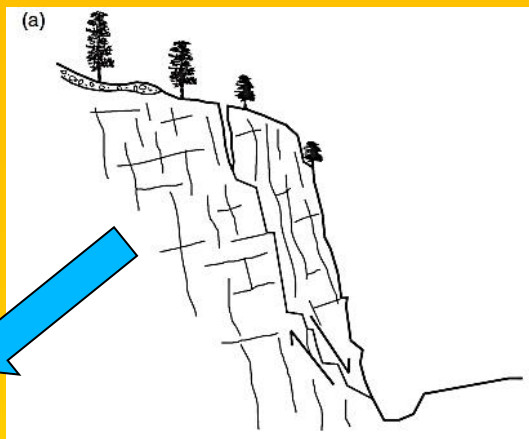
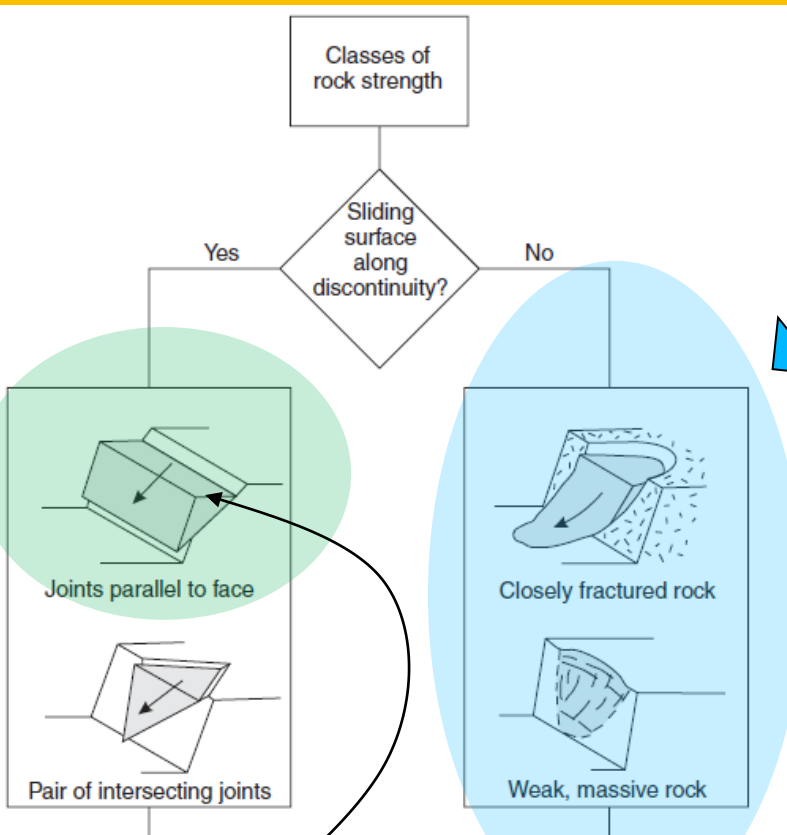




da Sonmez et al. (1998)

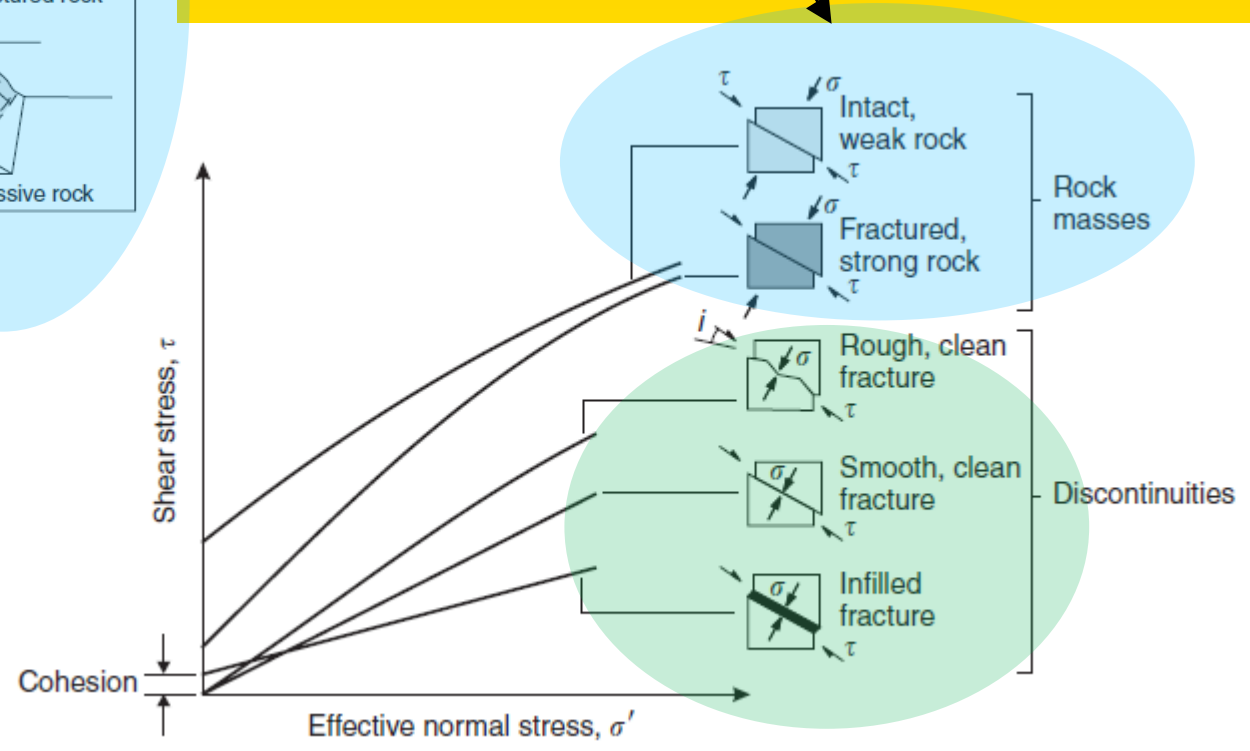
prendendo in esame una dimensione di ammasso preogressivamente maggiore le singole discontinuità diventano meno importanti per la stabilità locale e diventano prevalenti la loro distribuzione e densità nell'indebolire le caratteristiche meccaniche generali. In questo caso eventuali superfici di scivolamento 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



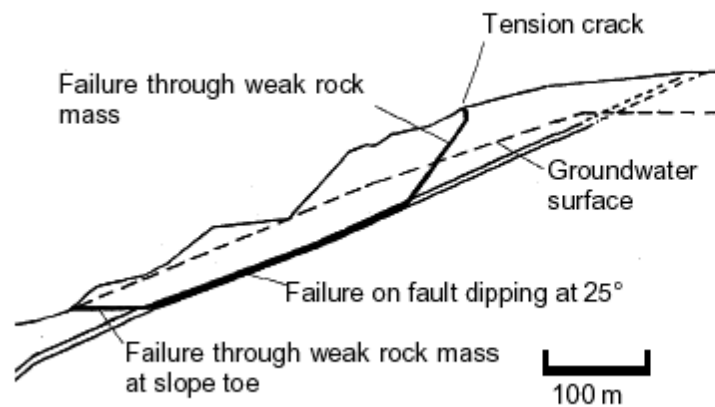
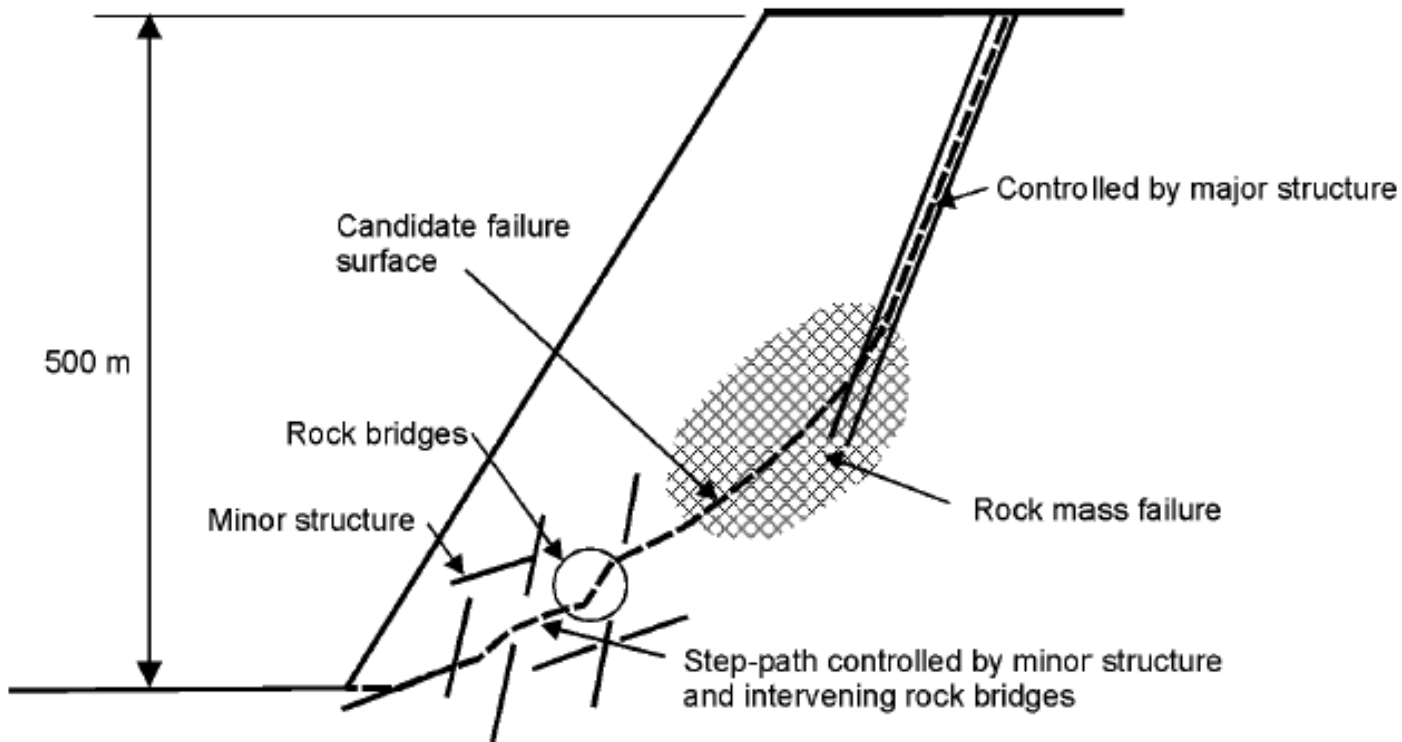
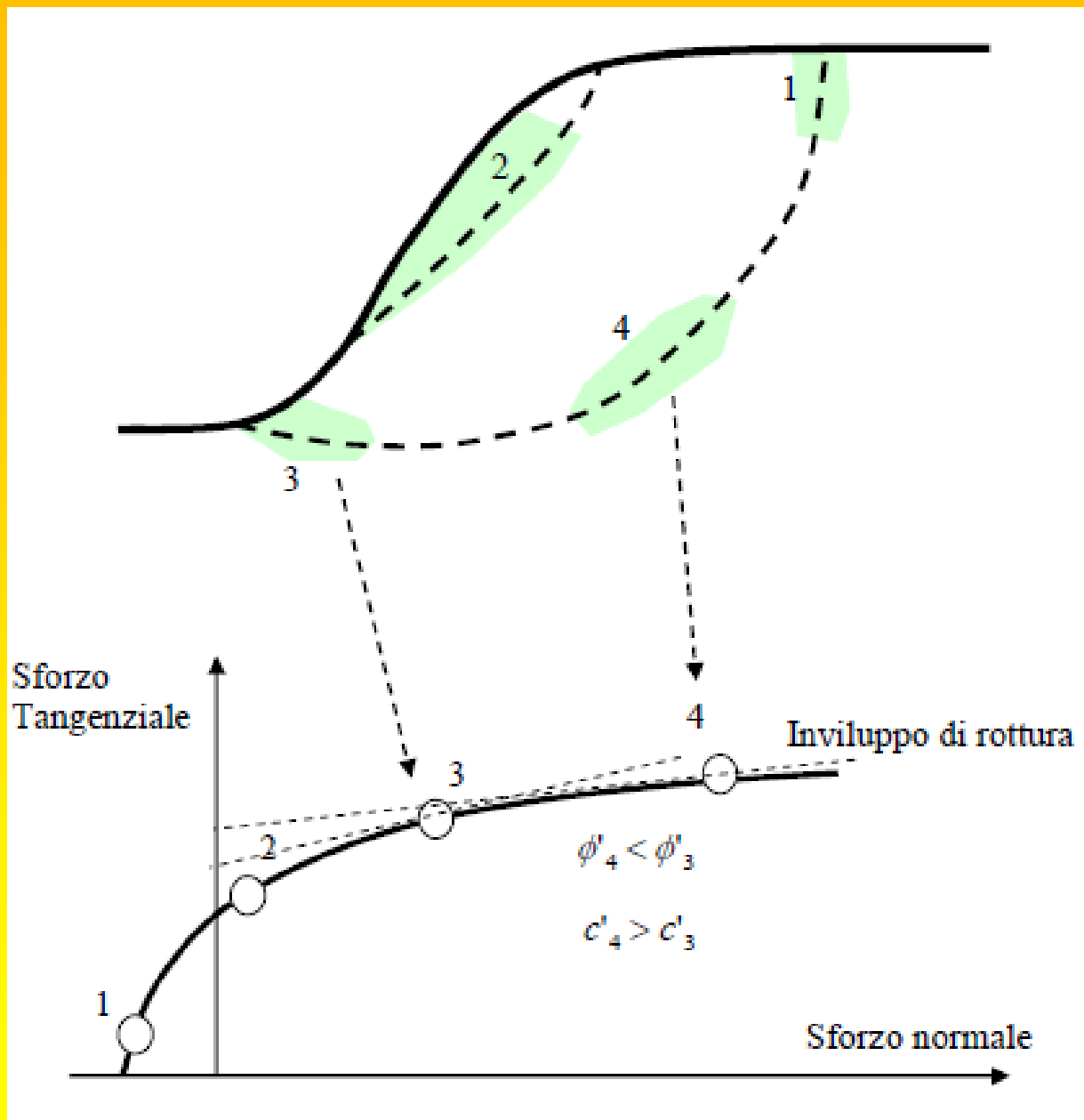


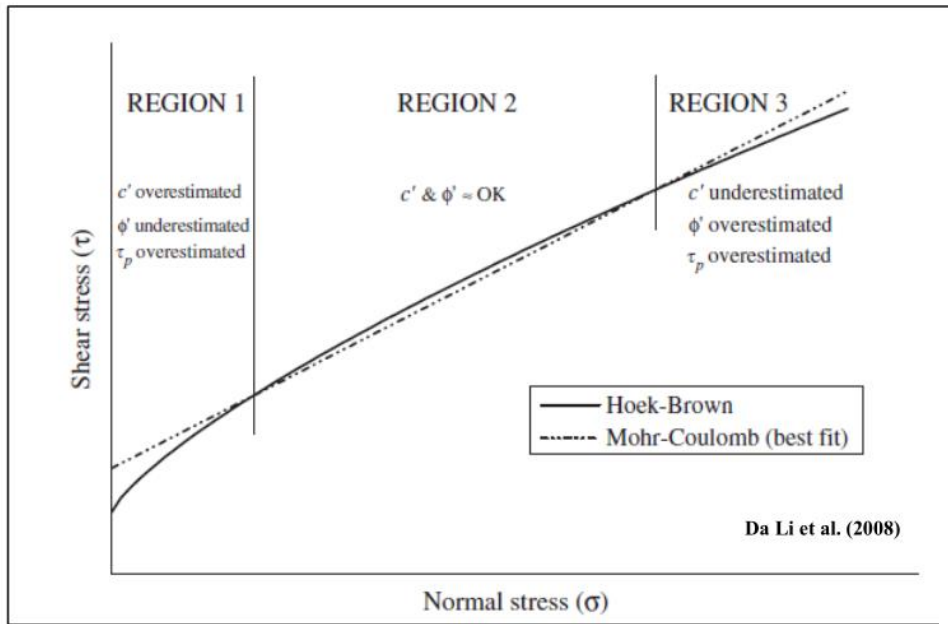
Figure 11.31: Complex slope failure controlled by an outward dipping basal fault and circular failure through the poor quality rock mass overlying the toe of the slope.



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.

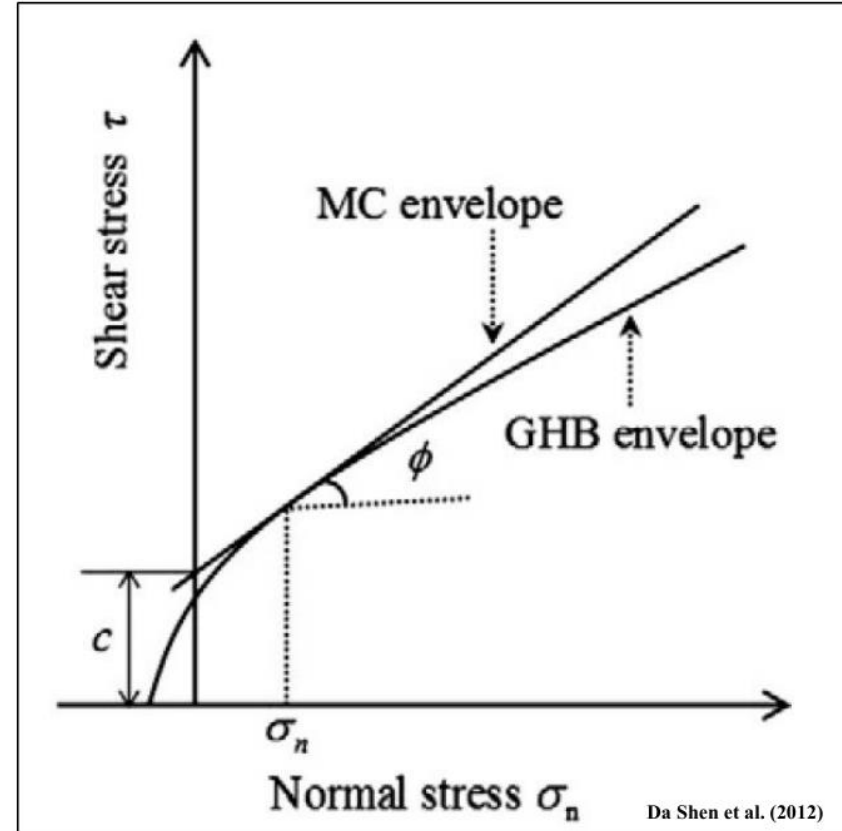


Il metodo di hoek et al 2002 di linearizzazione locale (mediante best fit) dell'involuppo sigma /tau e' molto impreciso, secondo diversi autori :Carranza-Torres(2004), Brown (2008) Pero' esistono valiede alternative numeriche e seminalitiche efficienti

Dall versione SSAP 4.9.2 abbiamo Tre delle piu effienti alternative per calcolare i valori c' e ϕ' lungo l'involuppo Di rottura del criterio HB generalizzato.

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) |



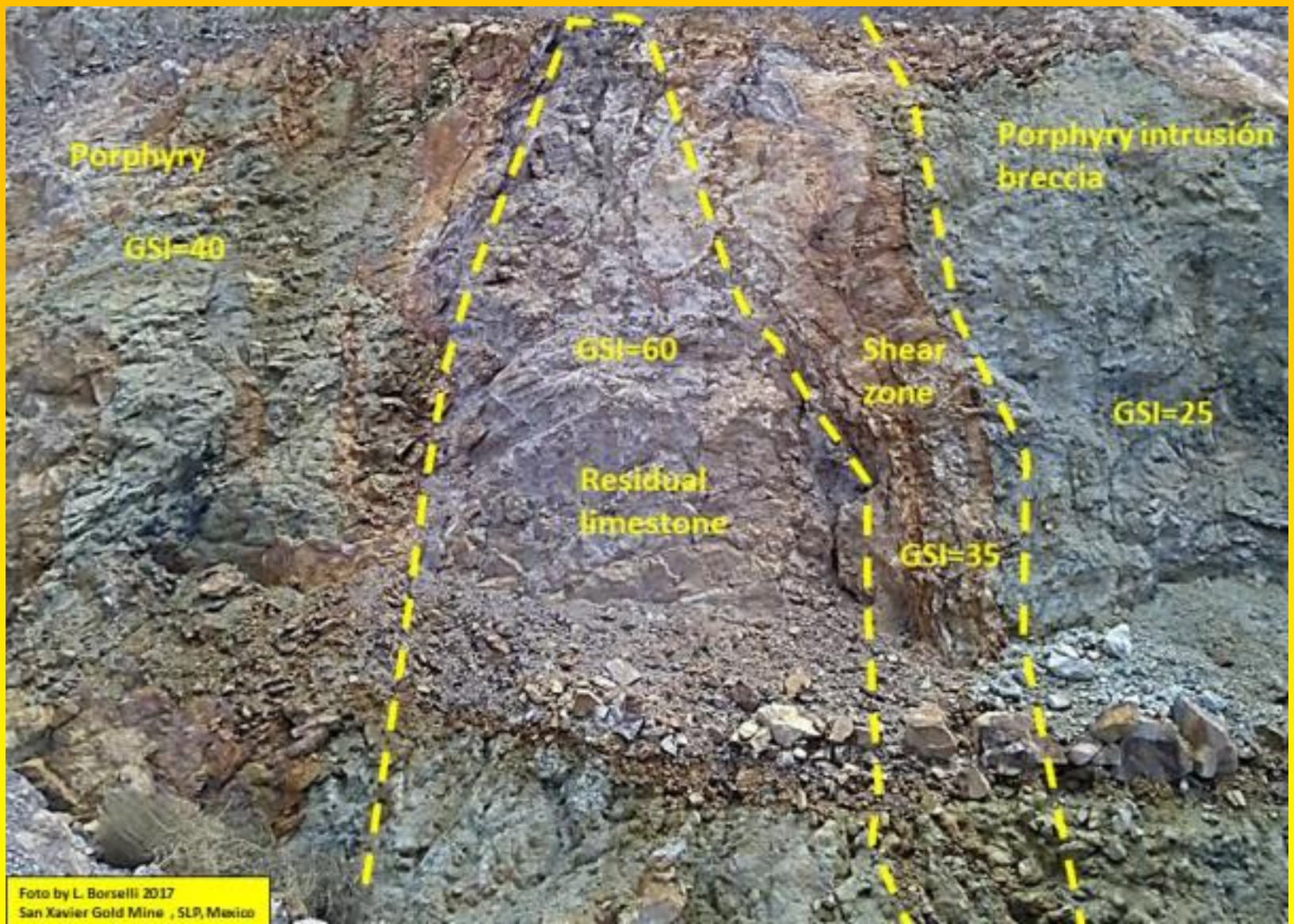
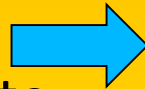


Foto by L. Borselli 2017
San Xavier Gold Mine , SLP, Mexico

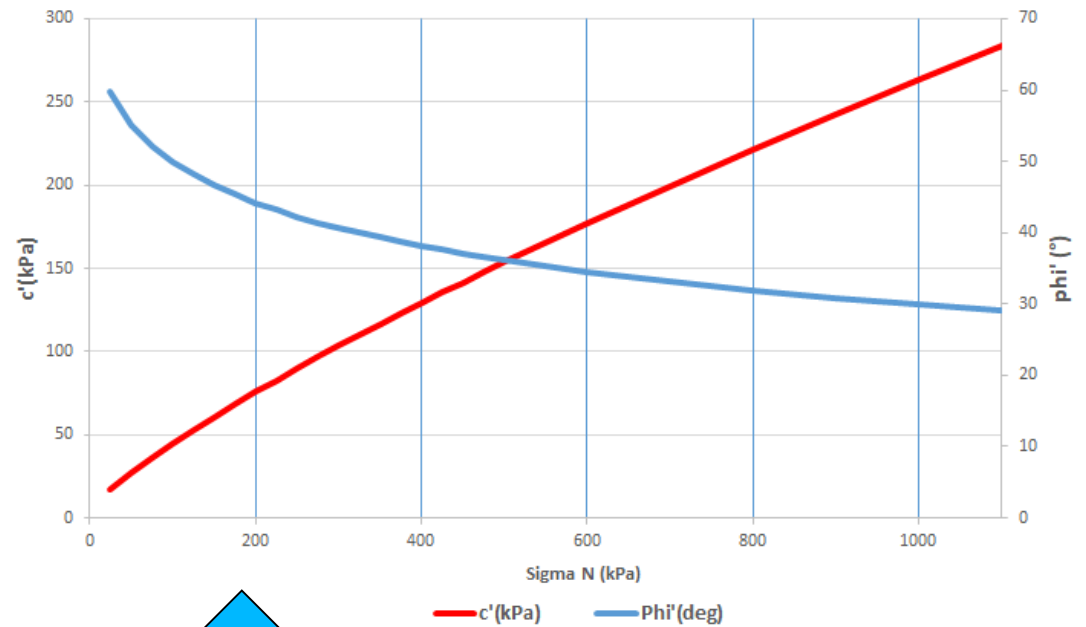
La unità *porphyry intrusion breccia* è caratterizzato da $\sigma_{ci}=15$ (MPa); GSI =25; $m_i =22$;

D=0.5.

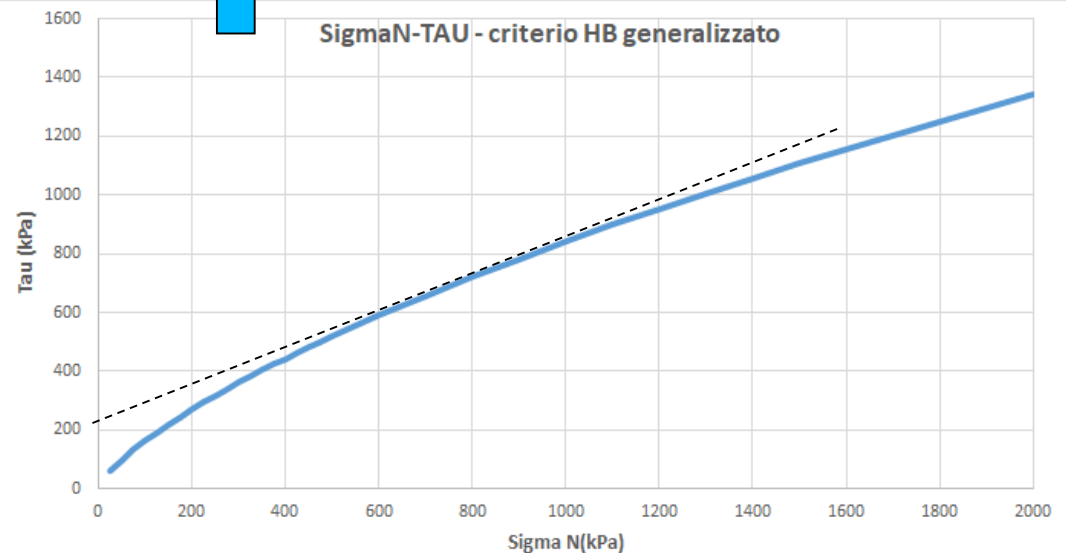
Si nota come i valori c' e ϕ' Equivalenti variano in modo rilevante in funzione dello stato tensionale che determina il valore locale di $\Sigma N'$ e del Valore della resistenza al taglio totale locale.



Criterio HB generalizzato



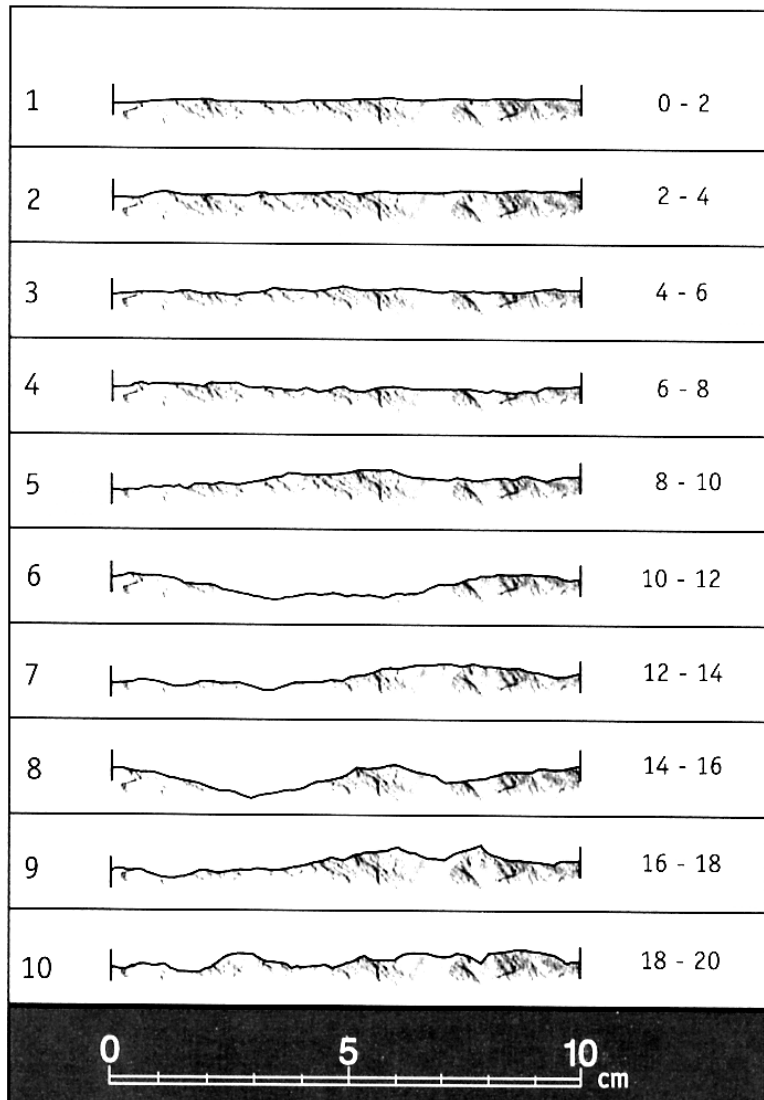
SigmaN-TAU - criterio HB generalizzato



Caso di discontinuita' ben identificate

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

Tavola del JCR



JRC = coefficiente adimensionale di rugosita'
 JCS = resistenza compressione uniassiale sulla superficie della discontinuita' (MPa)

σ_n = pressione normale alla superficie della discontinuita'

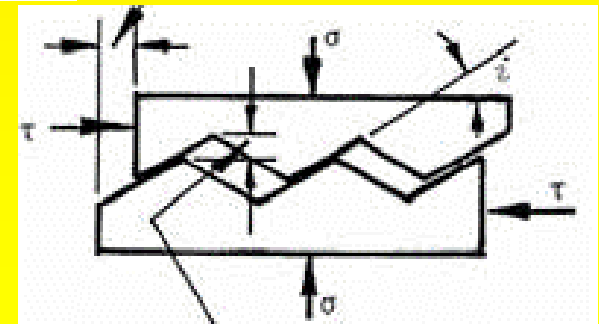
ϕ_r = angolo di frizione residuale (da tilt test)

i = angolo di dilatanza

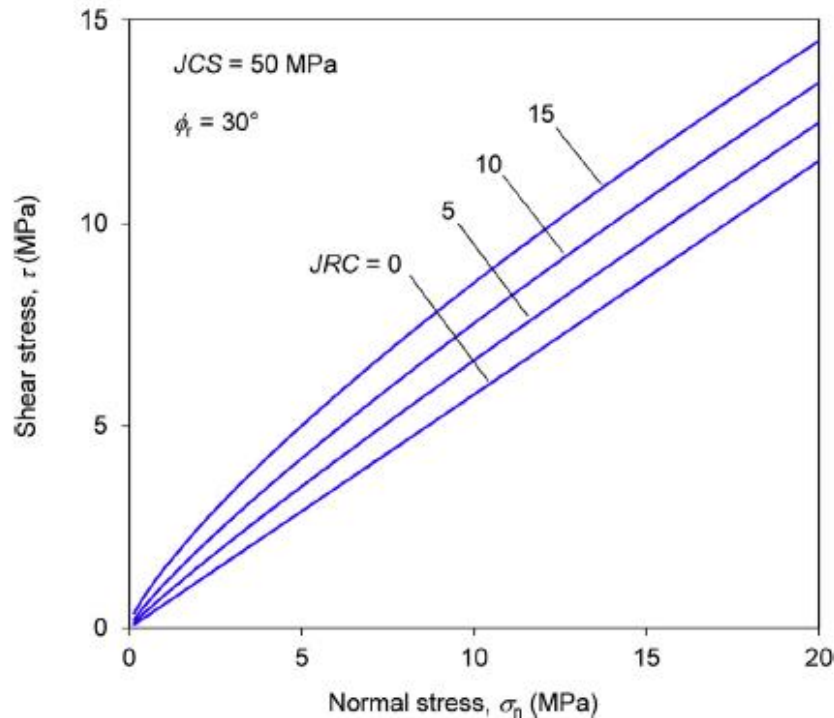
Barton & Bandis (1990)

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

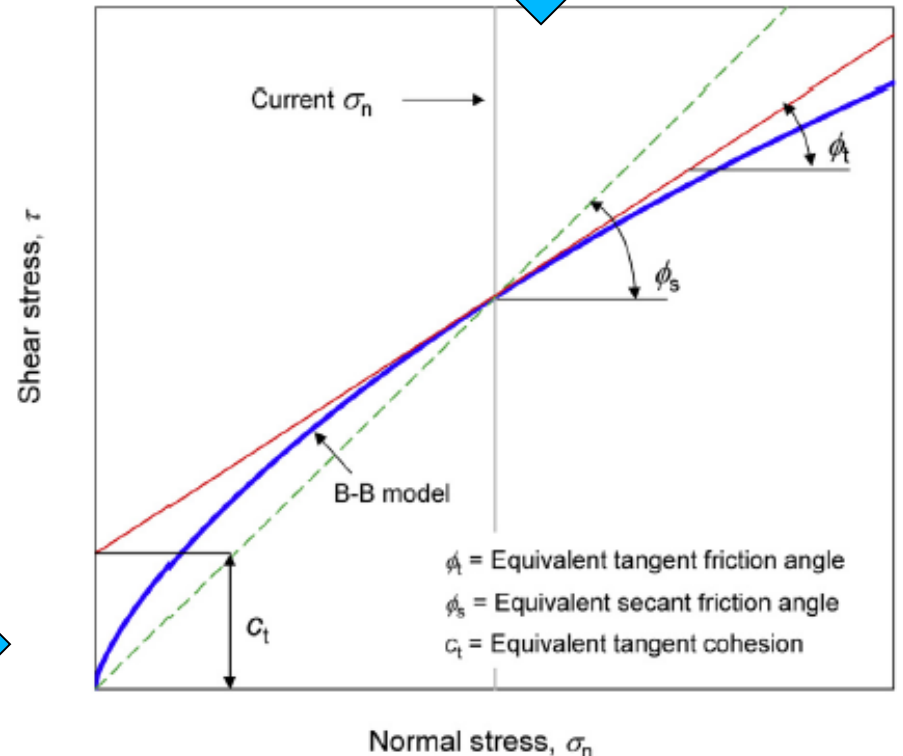
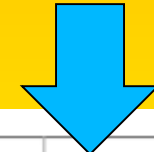
$$\tau = \sigma_n \tan (i + \phi_r) \quad \text{Patton (1966)}$$



**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 segue in SSAP il método di Prassetyo et al. (2017)

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

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

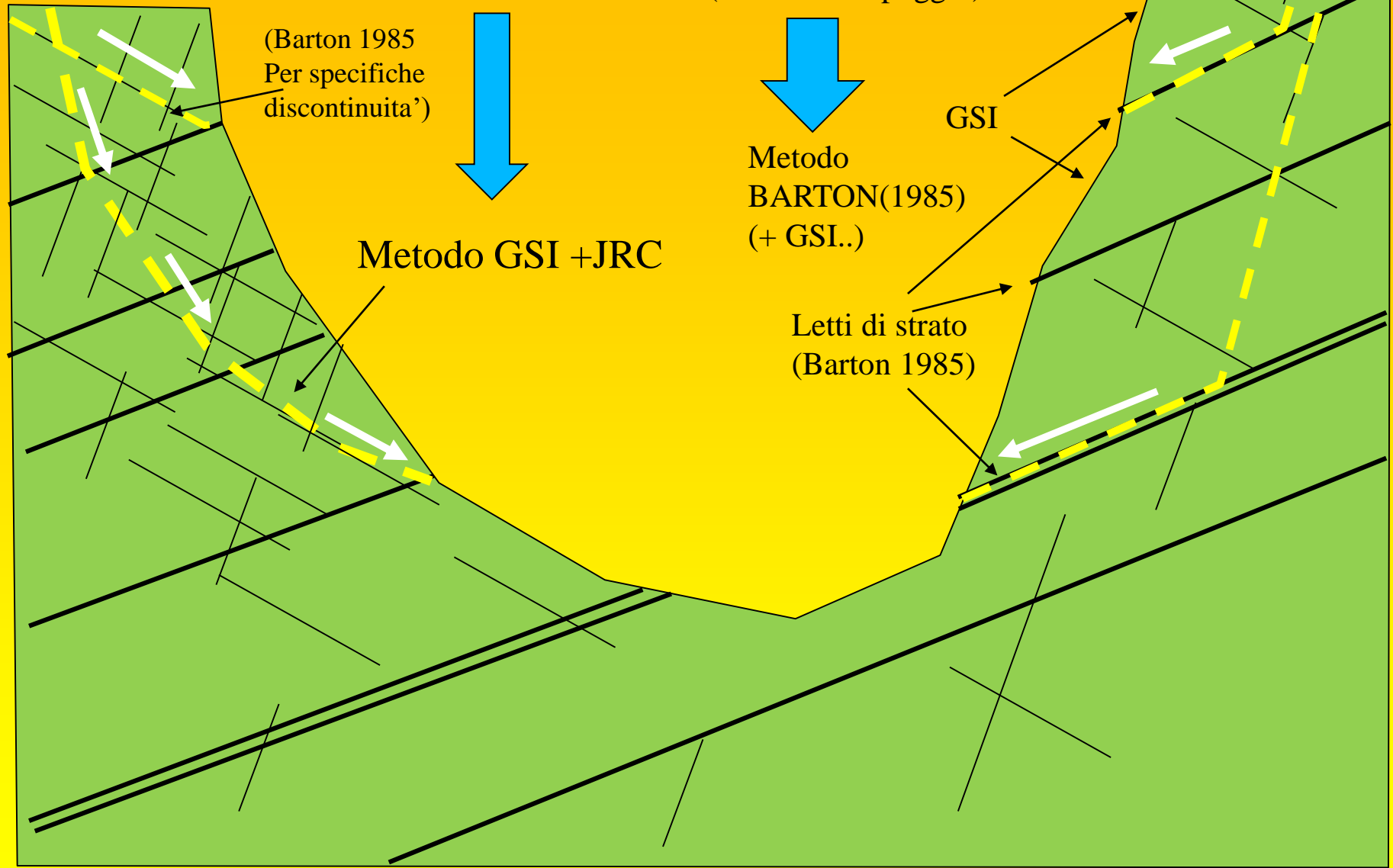
(Barton 1985
Per specifiche
discontinuita')

Metodo
BARTON(1985)
(+ GSI..)

Metodo GSI +JRC

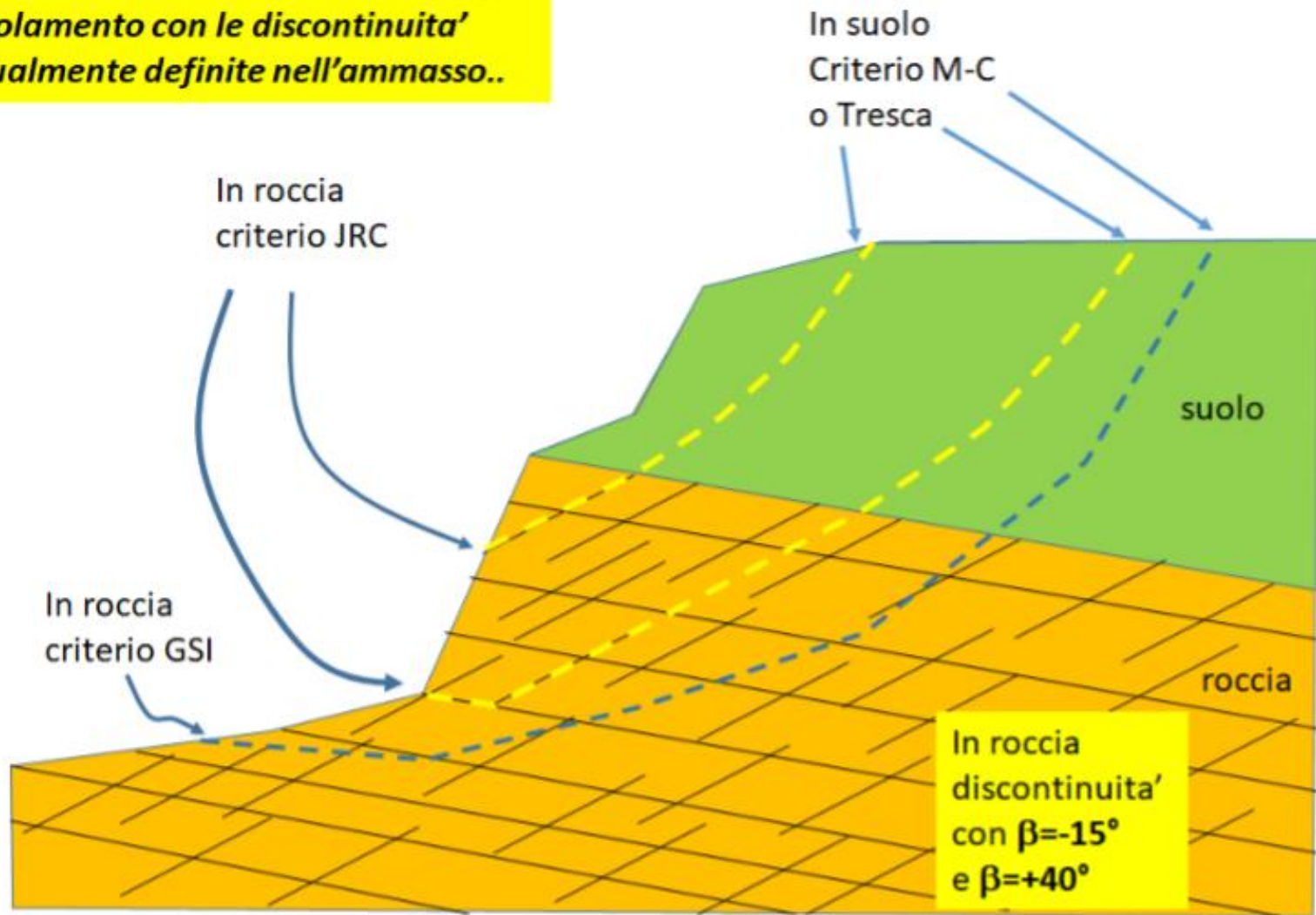
Letti di strato
(Barton 1985)

GSI



Campi di applicazione dei metodi GSI e JRC e GSI+JRC

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 e JRC e con discontinuità orientate geometricamente definite...

**Da dove viene la integrazione del método GSI (Hoek et al. 2002) e
Il criterio JRC (Barton & Bandis(1990); Barton (2013)) ?**

E' una evoluzione del seguente lavoro:



Pergamon

Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 31, No. 4, pp. 323-345, 1994

Copyright © 1994 Elsevier Science Ltd

Printed in Great Britain. All rights reserved

0148-9062/94 \$7.00 + 0.00

0148-9062(93)E0007-B

Rock Mechanics Investigations for Rock Slope Stability Assessment

P. LUNARDI†

P. FROLDI‡

E. FORNARI§

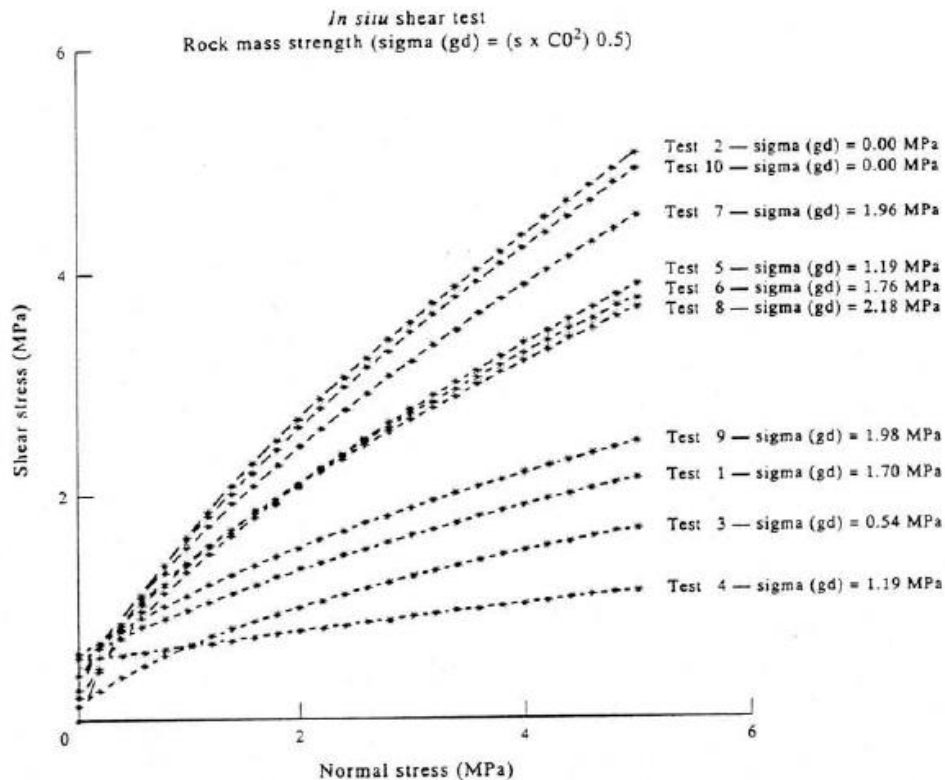


Fig. 15. Diagrams of the shear rock masses strength from tests *in situ* by Hoek and Brown strength criterion processing.



**Hoek and Brown
(GSI versione
preliminare)**

Prove dirette di taglio *in situ*
In Lunardi *et al.* (1994)

Barton JRC

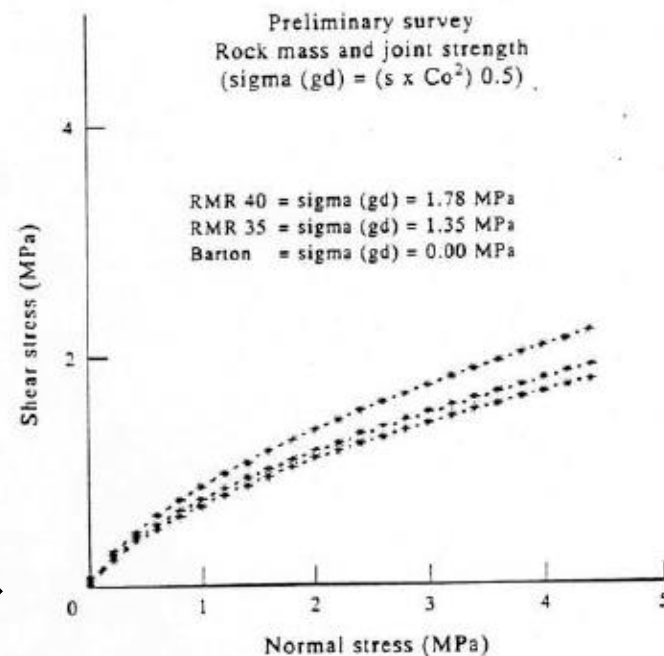


Fig. 16. Diagrams of the rock masses and joint shear strength from Bieniawski classification and Barton theory and using Hoek and Brown and Barton strength criteria for processing data.

STABILITY OF THE SLOPES – METHOD OF BELL

LEFT ABUTMENT – SECTION 1

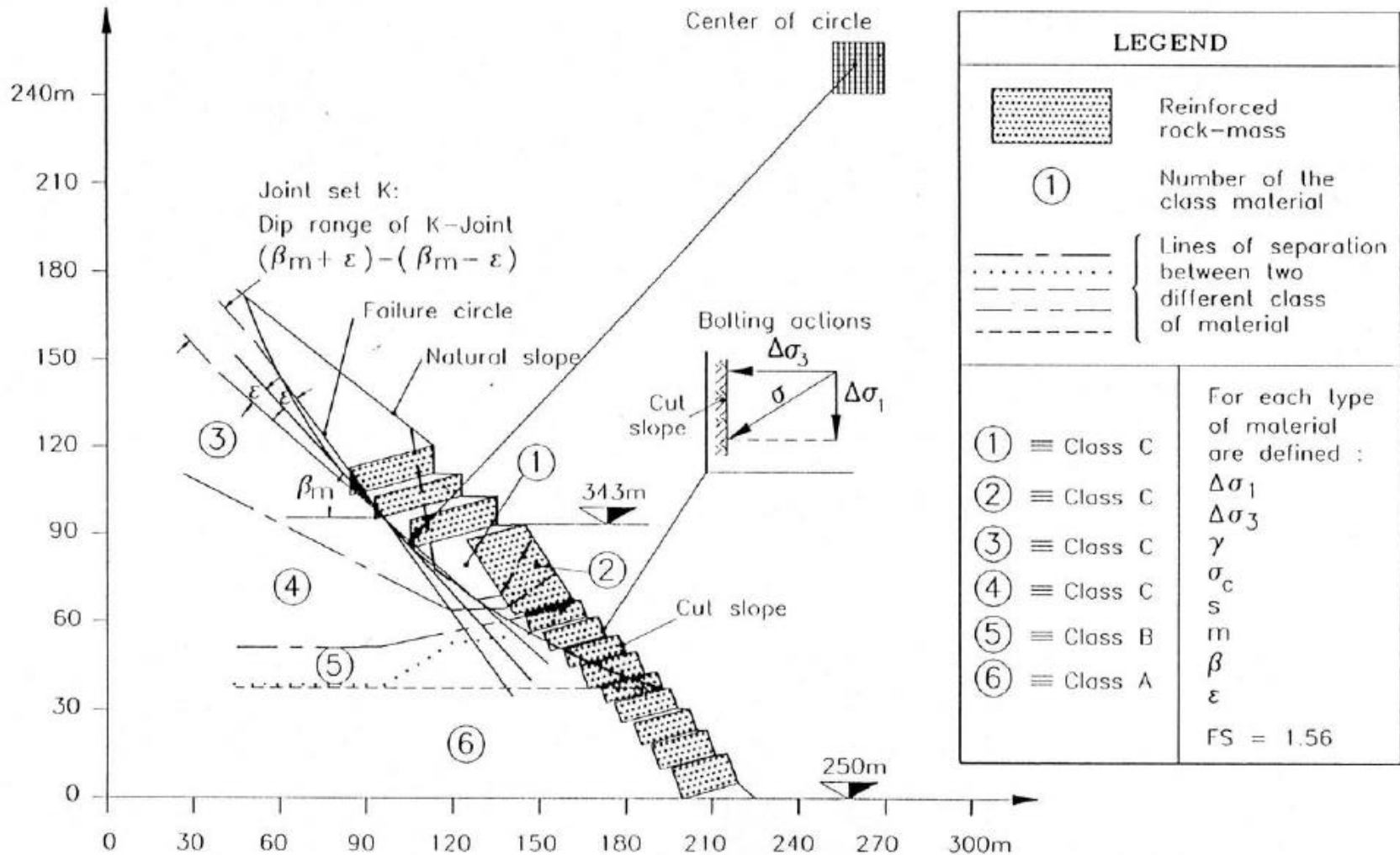
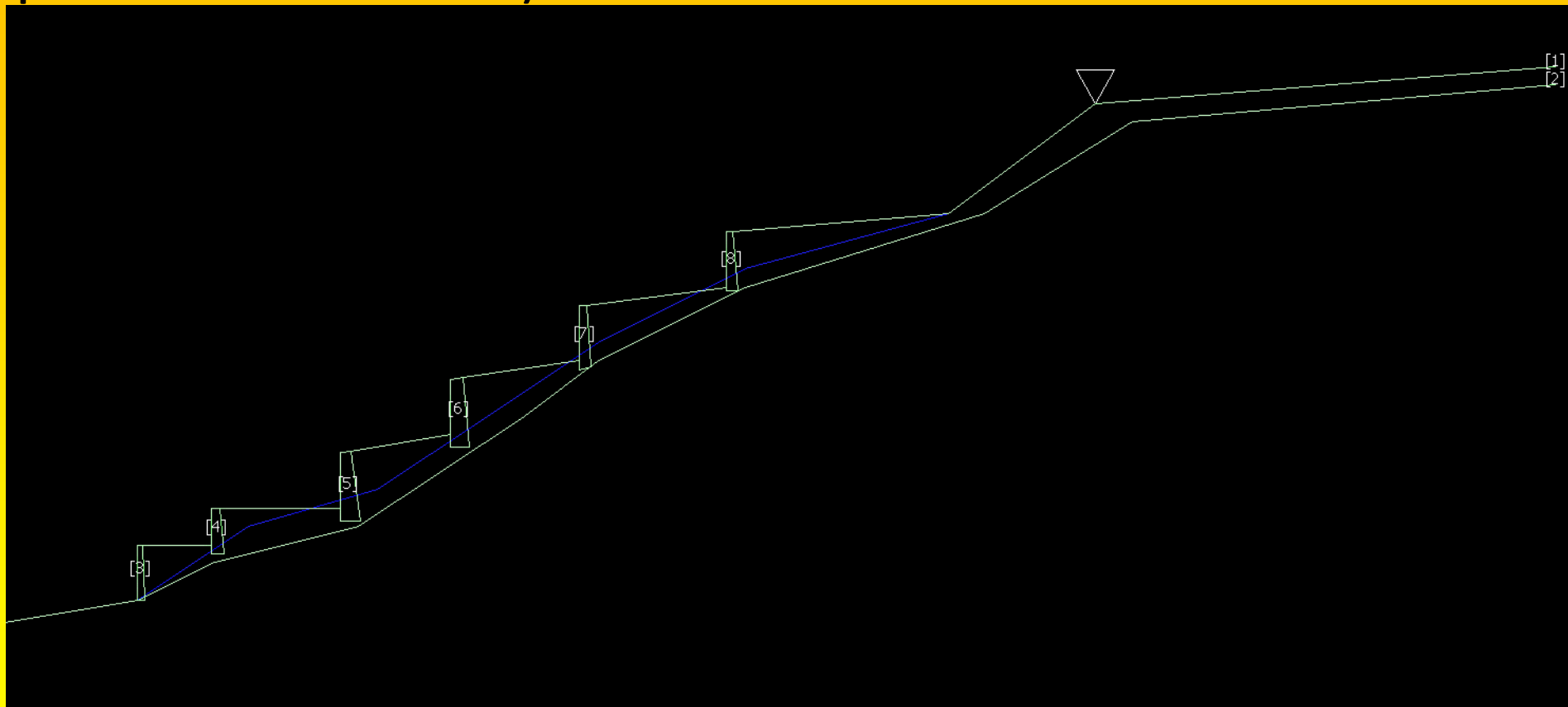


Fig. 17. Scheme of the changes improved on the method of Bell.

Studio su un esempio di pendio terrazzato con muri a secco su deposito colluviale saturo (suolo residuale caratterizzato con criterio mohr-coulomb condizioni drenate) poggiante su ammasso roccioso. (caso particolare dei muri a secco) :



**I muri a secco sono trattati come ammassi rocciosi fratturati..
E quindi parametrizzati con il criterio GSI**

Parametri Geotecnici degli strati

| N. | phi° deg | C° kPa | Cu kPa | Gamm kN/m3 | GammSat kN/m3 | sgci MPa | GSI | mi | D |
|----|-------------|--|-----------|---------------|------------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 | 25.00 | 10.00 | 0 | 17.00 | 19.00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 22.00 | 23.00 | 25.00 | 30.00 | 12.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 20.00 | 21.00 | 20.00 | 15.00 | 12.00 | 0.50 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 20.00 | 21.00 | 20.00 | 15.00 | 12.00 | 0.50 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 20.00 | 21.00 | 20.00 | 15.00 | 12.00 | 0.50 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 20.00 | 21.00 | 20.00 | 15.00 | 12.00 | 0.50 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 20.00 | 21.00 | 20.00 | 15.00 | 12.00 | 0.50 |
| 8 | 0 | 0 </td <td>0</td> <td>20.00</td> <td>21.00</td> <td>20.00</td> <td>15.00</td> <td>12.00</td> <td>0.50</td> | 0 | 20.00 | 21.00 | 20.00 | 15.00 | 12.00 | 0.50 |

Data : 31/5/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

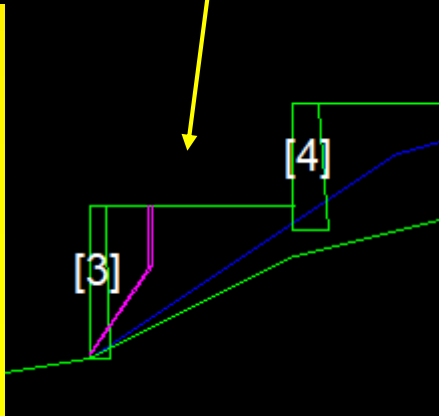
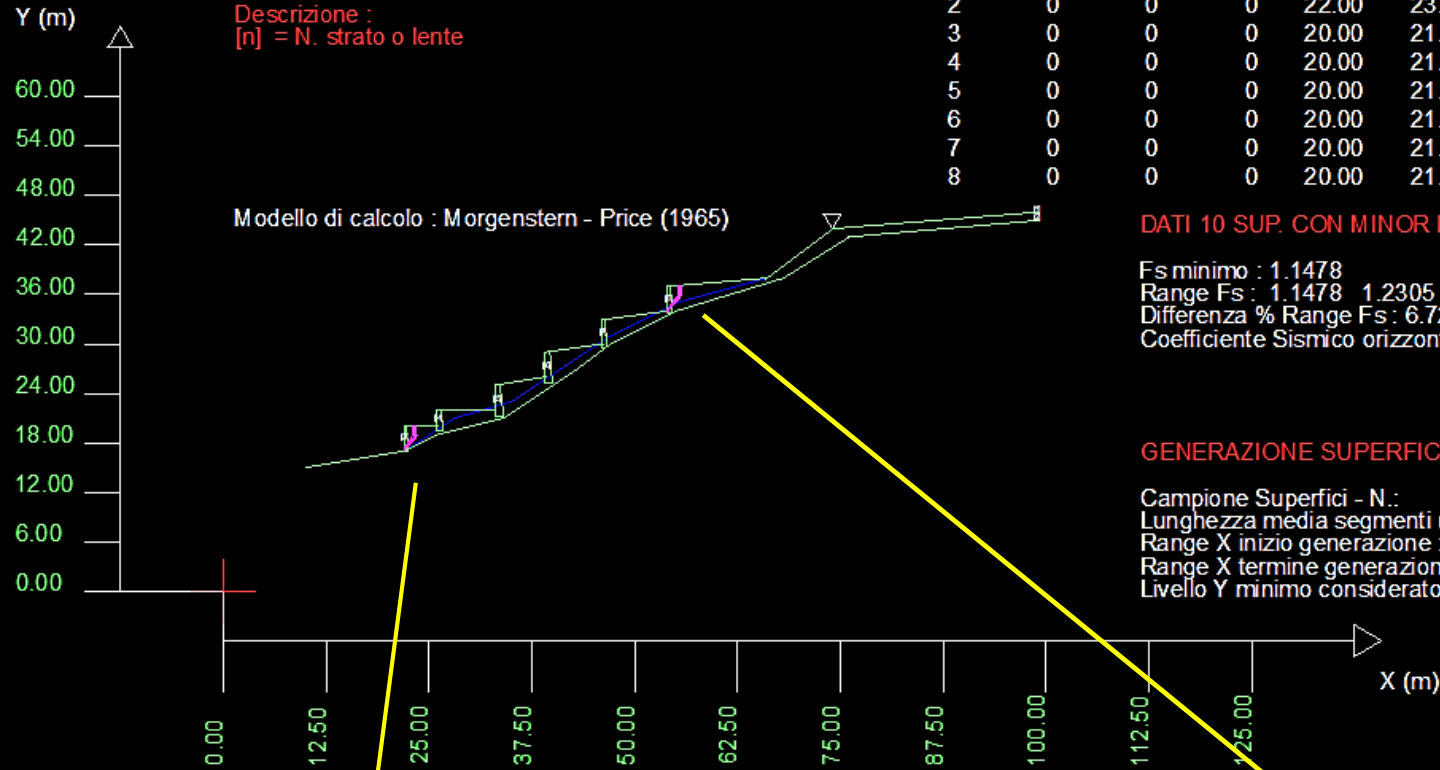
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

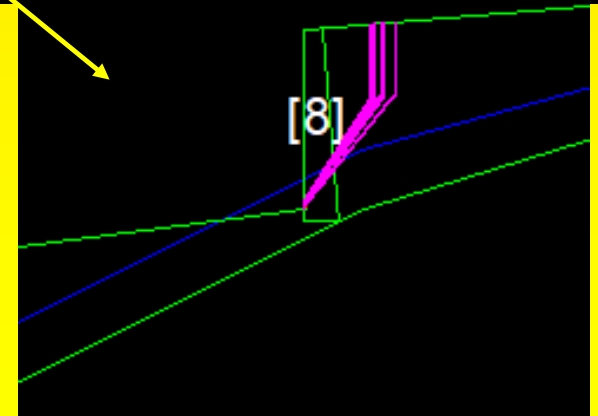
Fs minimo : 1.1478
 Range Fs : 1.1478 - 1.2305
 Differenza % Range Fs : 6.72
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

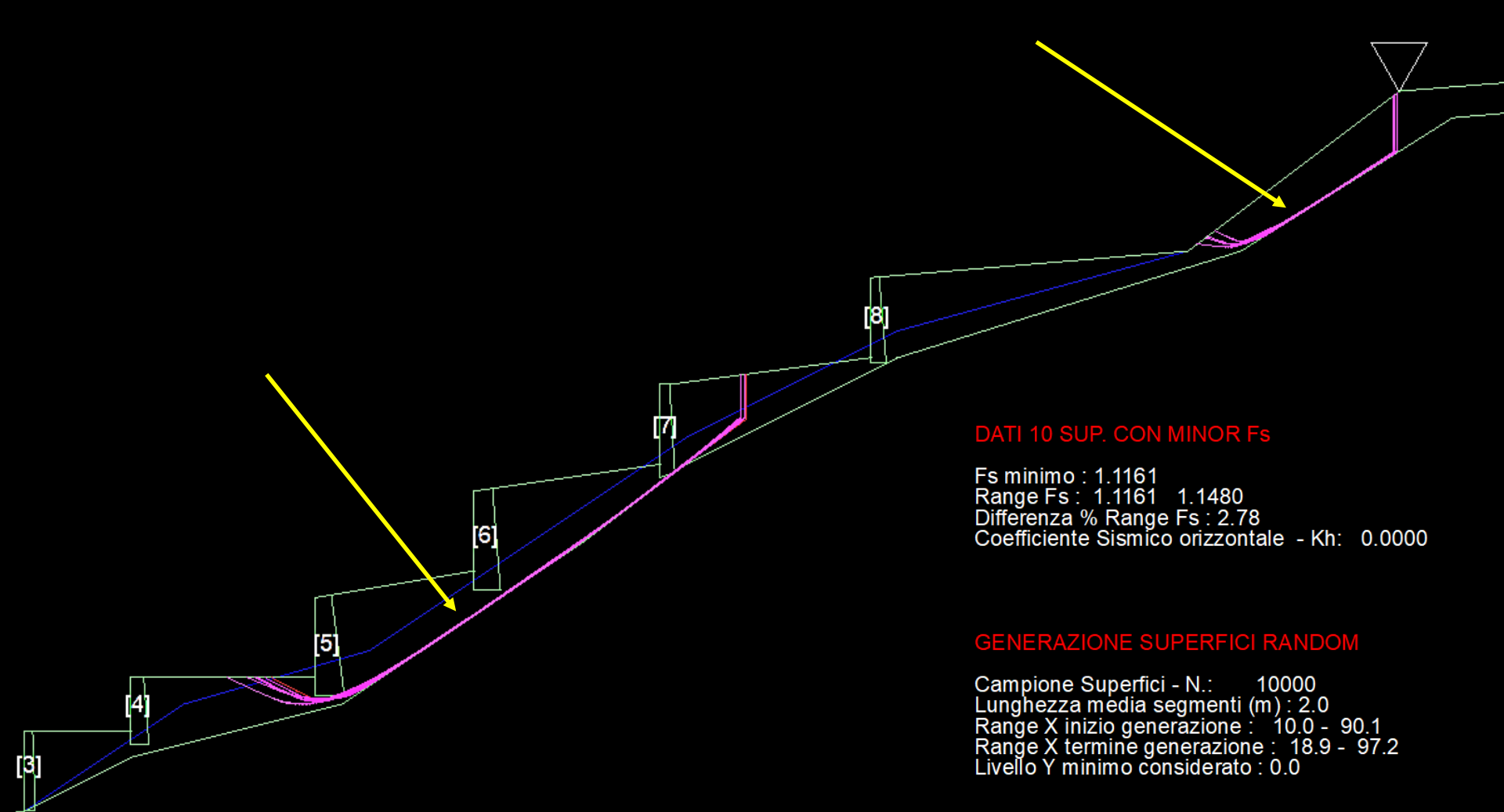
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5099
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.6
 Range X inizio generazione : 10.0 - 90.1
 Range X termine generazione : 18.9 - 97.2
 Livello Y minimo considerato : 0.0

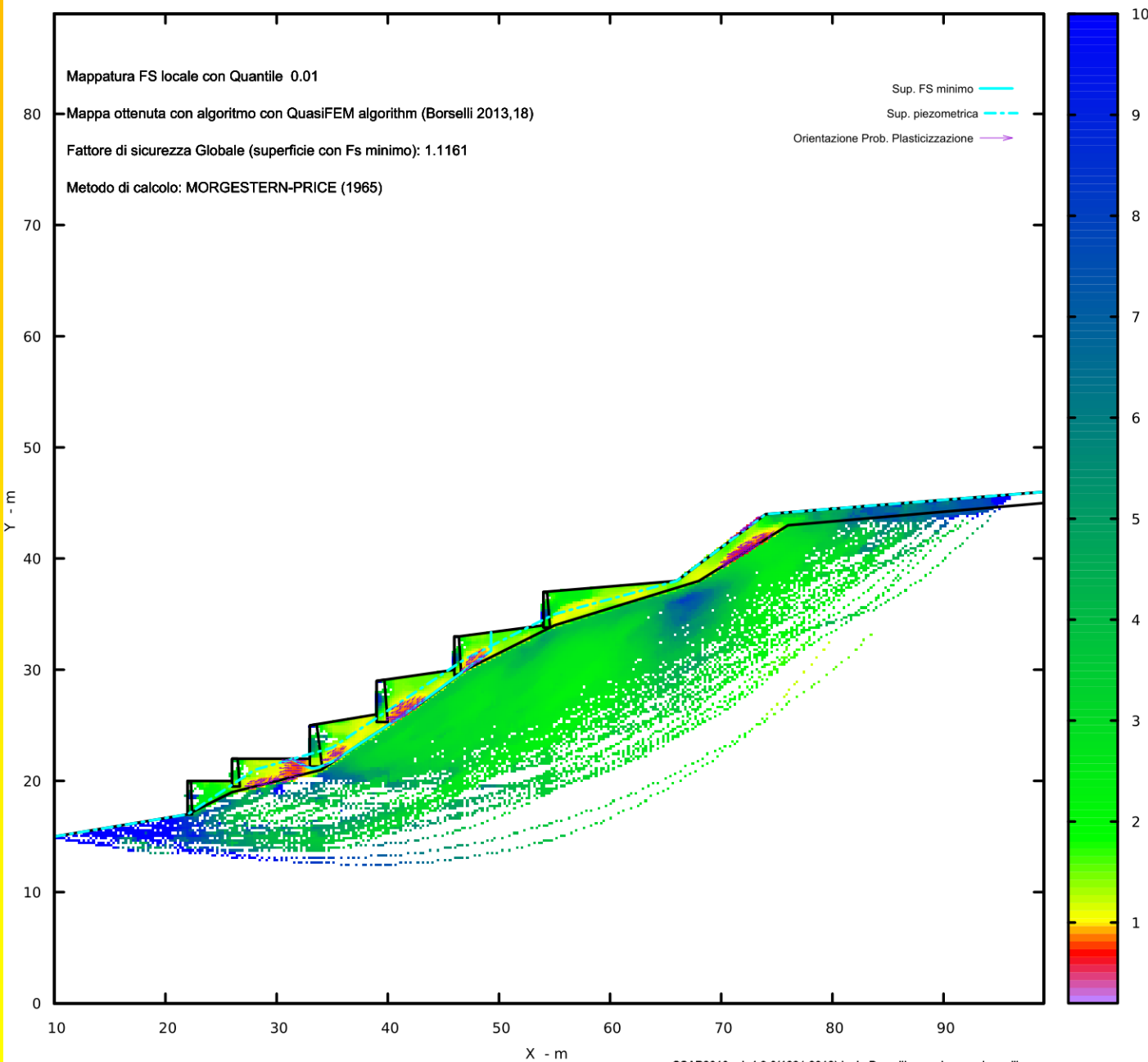


**Con il motore convex
 random search
 Le zone piu instabili
 sono alcuni muri a secco
 Considerando la
 possibile formazione di
 tension crack a tergo**

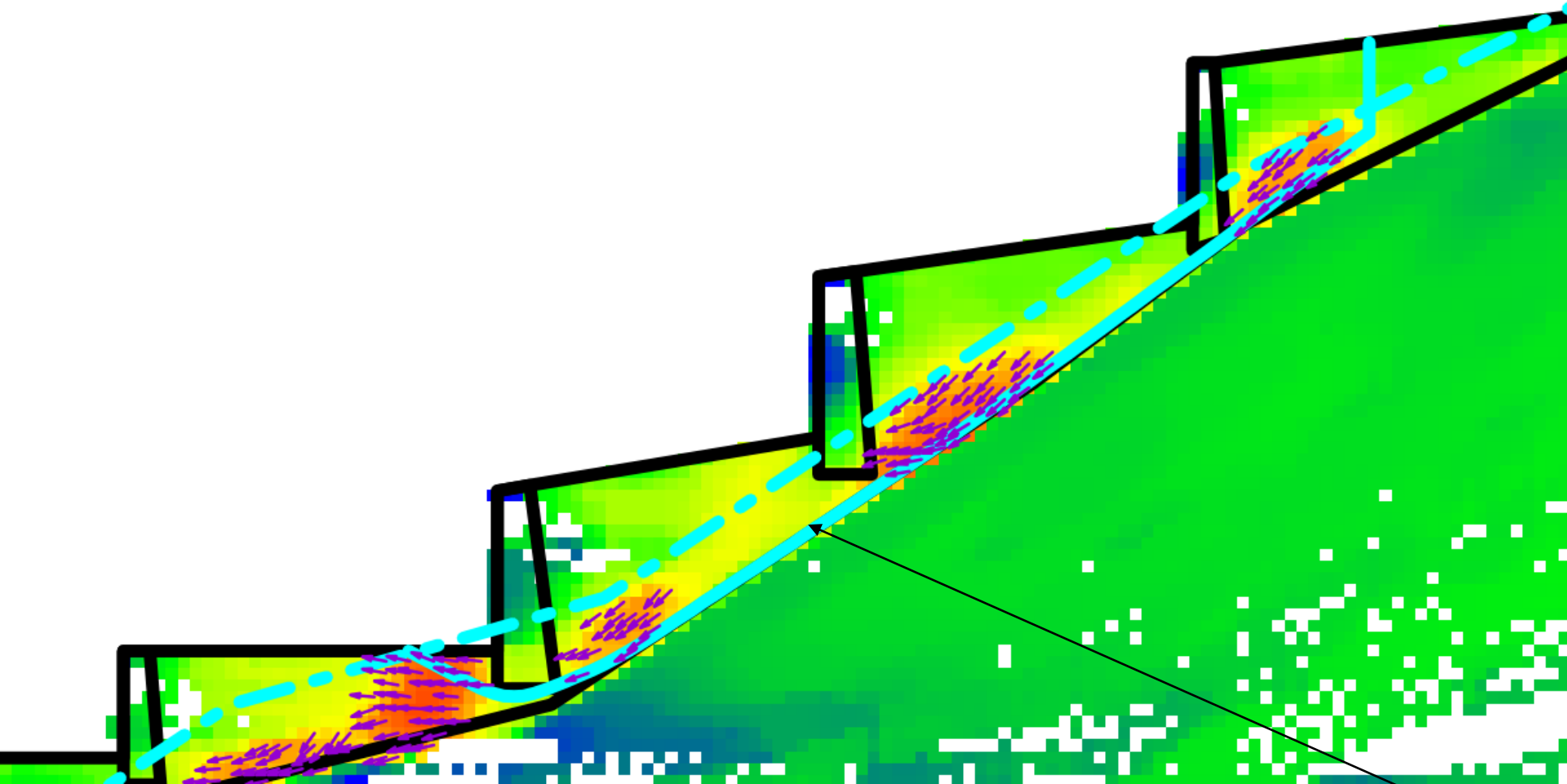




**Con lo sniff random search si possono evindenziare valori di FS piu bassi
 Che corrispondono a superfici con una estensione maggiore alla interfaccia
 Colluvium /roccia che by-passano il sistema dei terrazzi (tutte superfici non
 circolari !!)**



**mappa FS locale
con associata
alla zona con
minor FS
Individuata con
il motore sniff
random search.**

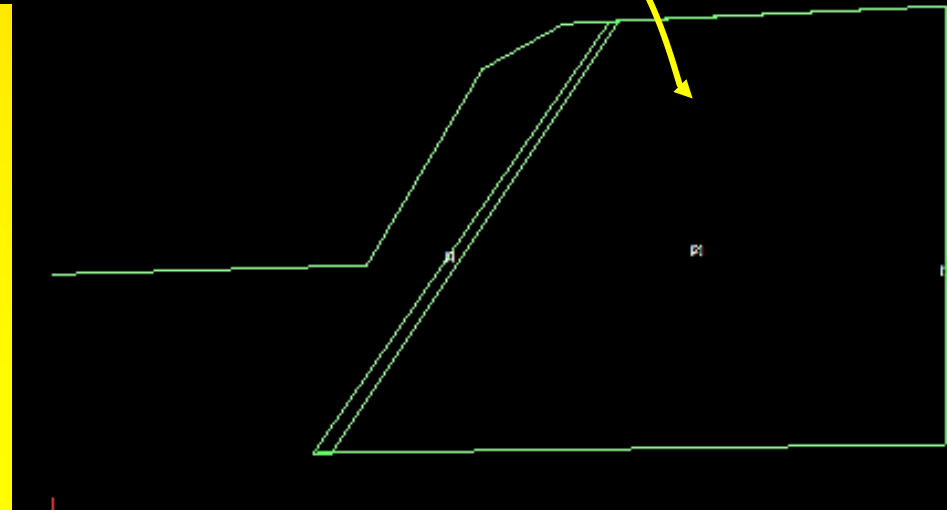
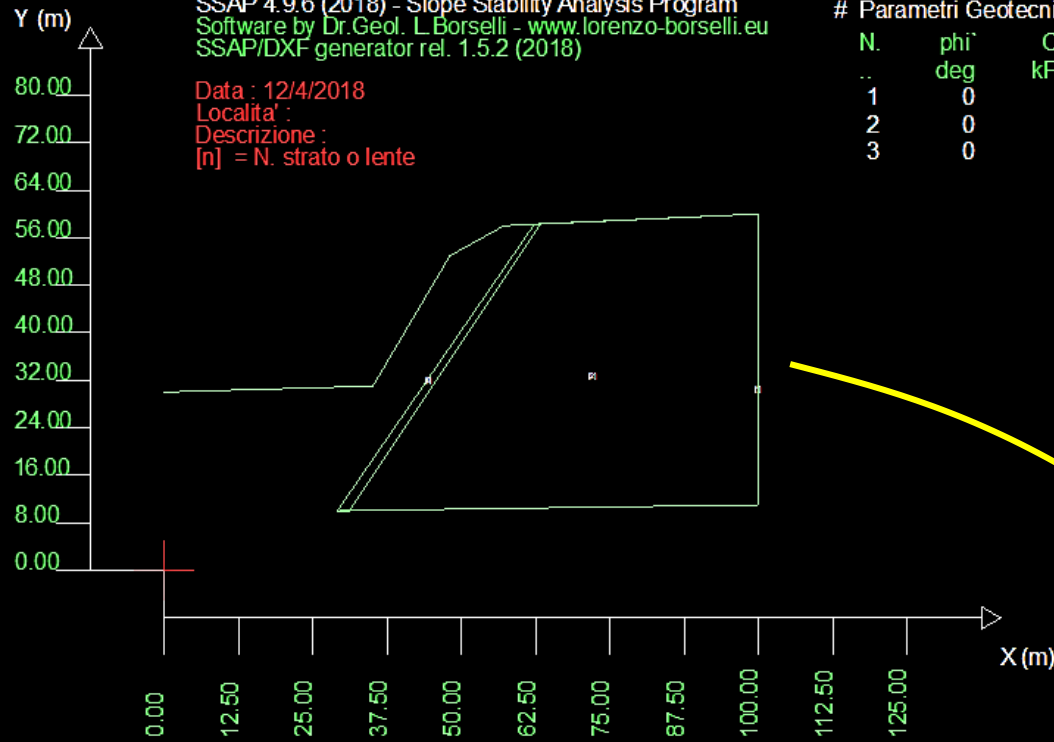


**Dettaglio della mappa FS locale con associata alla zona con minor FS
Individuata con il motore sniff random search.**

Data : 12/4/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

| N. | phi deg | C kPa | Cu kPa | Gamm kN/m3 | GammSat kN/m3 | sgci MPa | GSI | mi | D |
|----|------------|----------|-----------|---------------|------------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 |



Caso pendio fronte di scavo
 con faglia su formazioni
 flyshoidi

Caso 1 solo modello GSI :
pendio_GSI_JRC_2018

Modello: **gsi_fault.mod**

| N. | phi' deg | C' kPa | Cu kPa | Gamm kN/m3 | GammSat kN/m3 | sgci MPa | GSI | mi | D |
|----|-------------|-----------|-----------|---------------|------------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 |

Data : 31/5/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

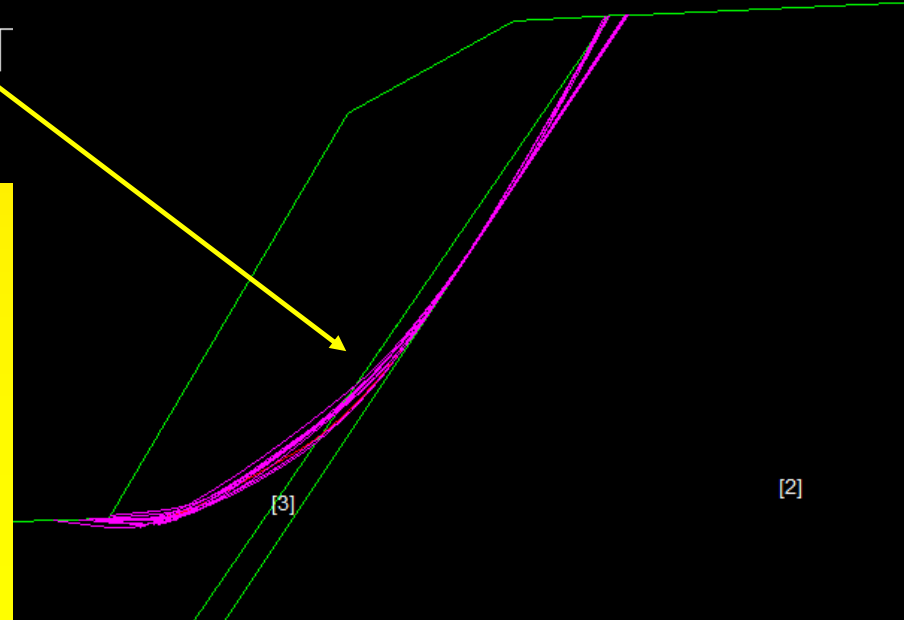
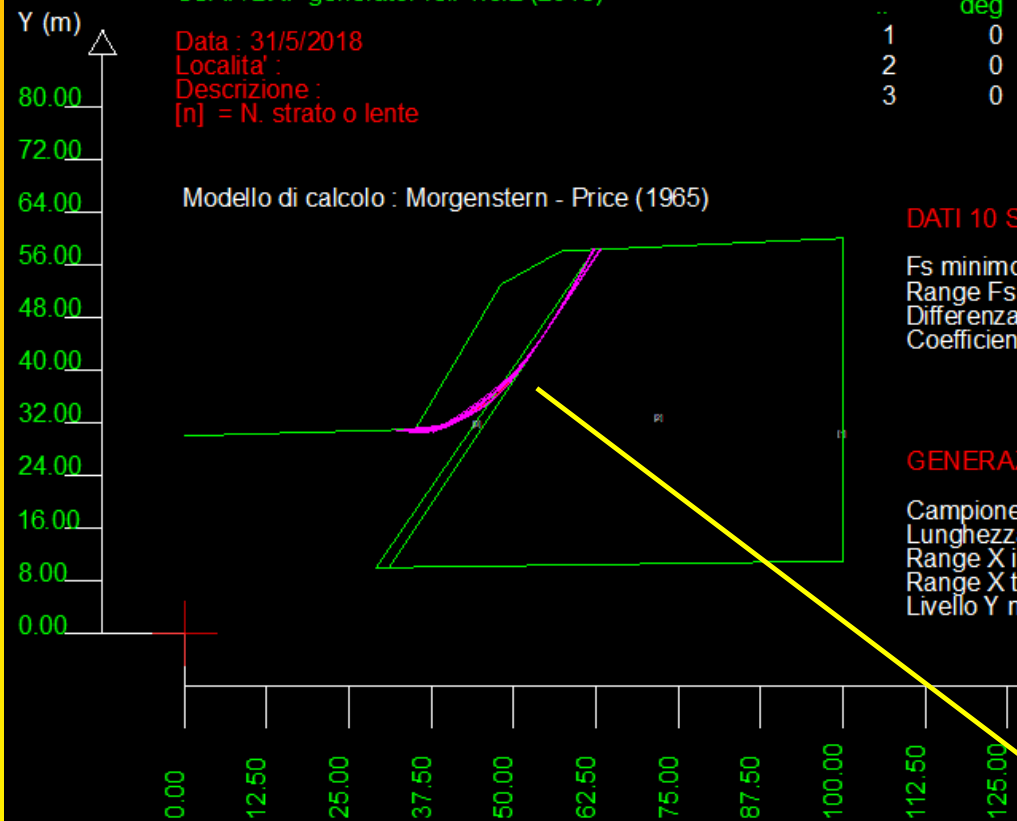
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.6994
 Range Fs : 2.6994 - 2.7460
 Differenza % Range Fs : 1.70
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 6671
 Lunghezza media segmenti (m) : 4.0
 Range X inizio generazione : 0.1 - 90.1
 Range X termine generazione : 10.1 - 98.0
 Livello Y minimo considerato : 0.0



Risultati con motore sniff
 random search con
 Ammassi definiti solo con il
 metodo GSI

| N. | phi' deg | C' kPa | Cu kPa | Gamm kN/m3 | GammSat kN/m3 | sgci MPa | GSI | mi | D |
|----|-------------|-----------|-----------|---------------|------------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 |

Data : 31/5/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

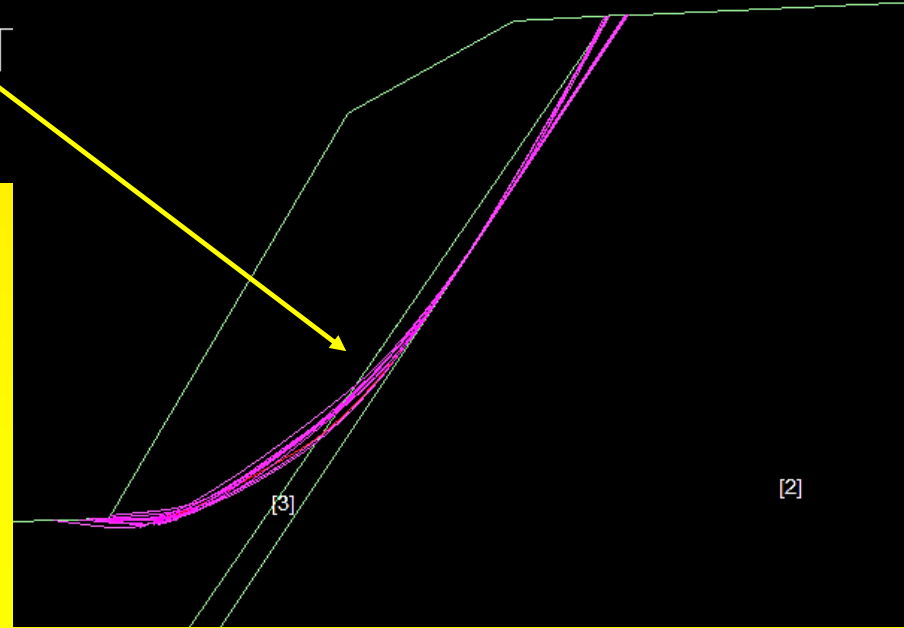
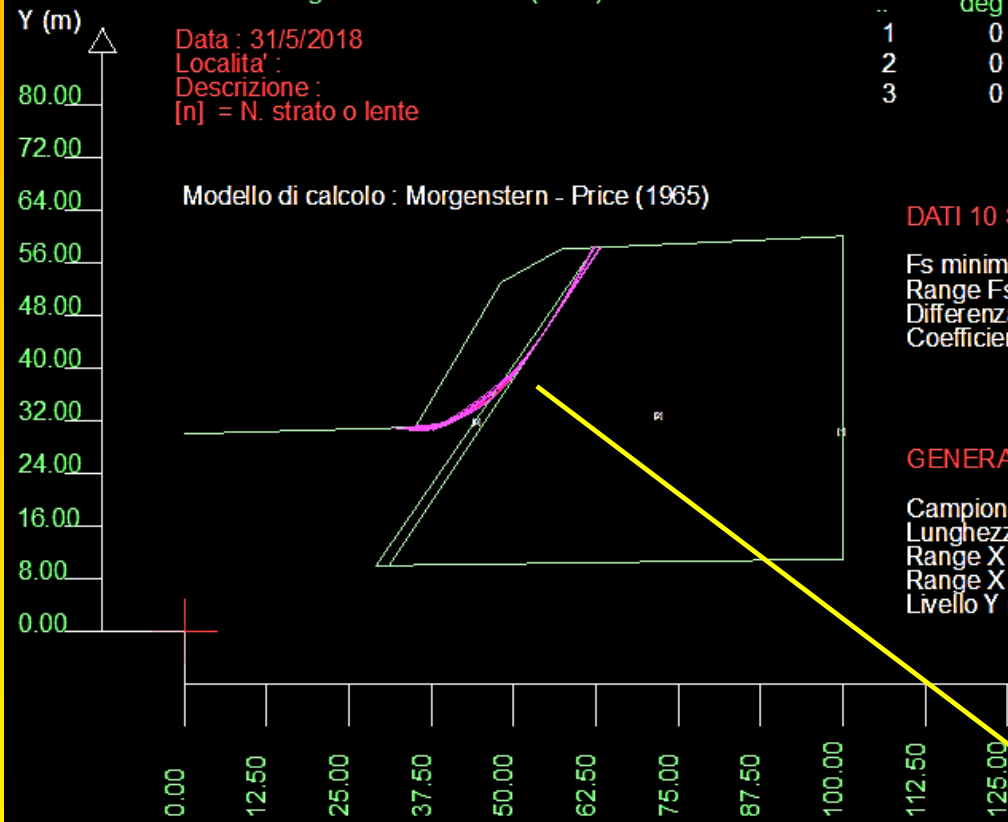
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.6994
 Range Fs : 2.6994 - 2.7460
 Differenza % Range Fs : 1.70
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 6671
 Lunghezza media segmenti (m) : 4.0
 Range X inizio generazione : 0.1 - 90.1
 Range X termine generazione : 10.1 - 98.0
 Livello Y minimo considerato : 0.0



Risultati con motore sniff
 random search con
 Ammassi definiti solo con il
 metodo GSI

File JRC (parametri criterio di Barton per le varie discontinuita' presenti)

| N. Strato | JRC | JCS(Mpa) | Φ_r° | L_0 | L(m) | β° | $\Delta\beta^\circ$ |
|-----------|-------|----------|----------------|-------|------|---------------|---------------------|
| 1 | 10.00 | 30.00 | 25.00 | 0.30 | 5.00 | 26.00 | 3.00 |
| 1 | 15.00 | 10.00 | 27.00 | 0.30 | 3.00 | -10.00 | 3.00 |
| 2 | 5.00 | 10.00 | 25.00 | 0.30 | 5.00 | 15.00 | 3.00 |
| 2 | 10.00 | 20.00 | 30.00 | 0.30 | 5.00 | 65.00 | 3.00 |
| 2 | 5.00 | 15.00 | 34.00 | 0.30 | 3.00 | 82.00 | 2.00 |



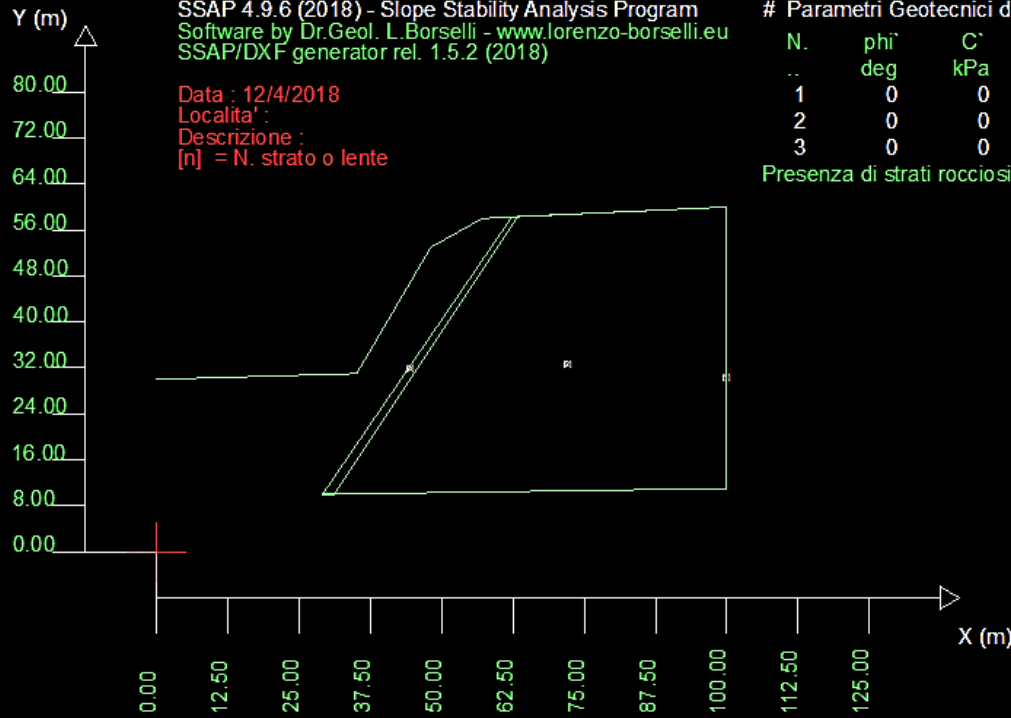
SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 12/4/2018
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

| N. | phi° | C' | Cu | Gamm | GammSat | sgci | GSI | mi | D |
|----|------|-----|-----|-------|---------|-------|-------|-------|------|
| .. | deg | kPa | kPa | kN/m3 | kN/m3 | MPa | .. | .. | .. |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 |

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



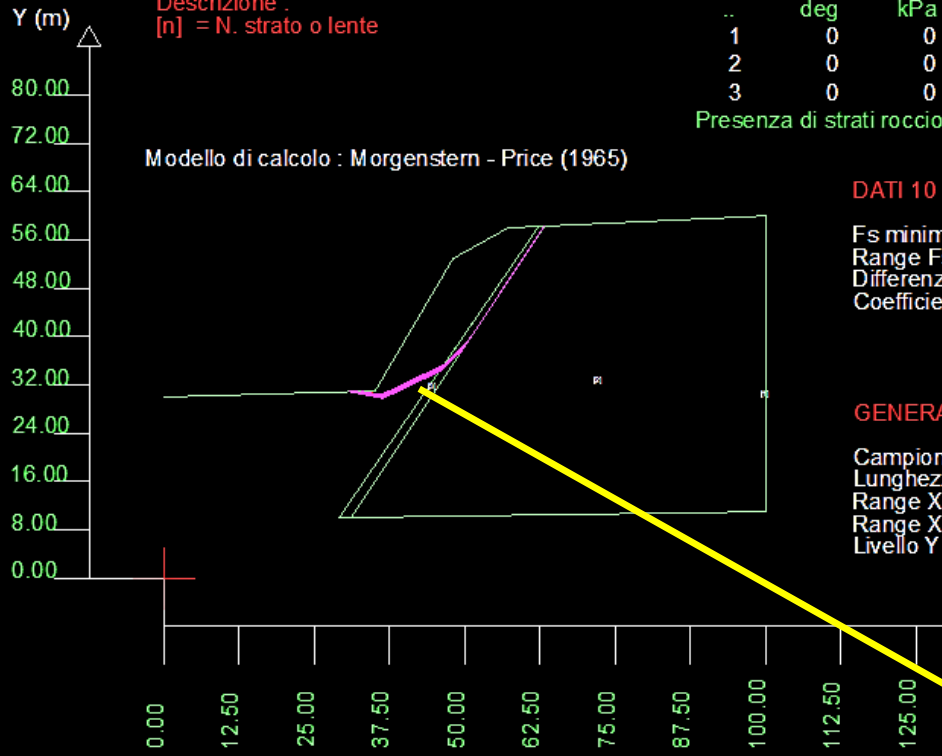
Caso pendio fronte di scavo con faglia su formazioni flyshoidi
Caso 2 modello GSI + JRC : **pendio_GSI_JRC_2018**

Modello: **gsi_jrc_fault.mod**

Data : 31/5/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

| # Parametri Geotecnici degli strati # | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------|-----|-----|-------|---------|-------|-------|-------|------|--|
| N. | phi' | C' | Cu | Gamm | GammSat | sgci | GSI | mi | D | |
| .. | deg | kPa | kPa | kN/m3 | kN/m3 | MPa | .. | .. | .. | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 | |

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



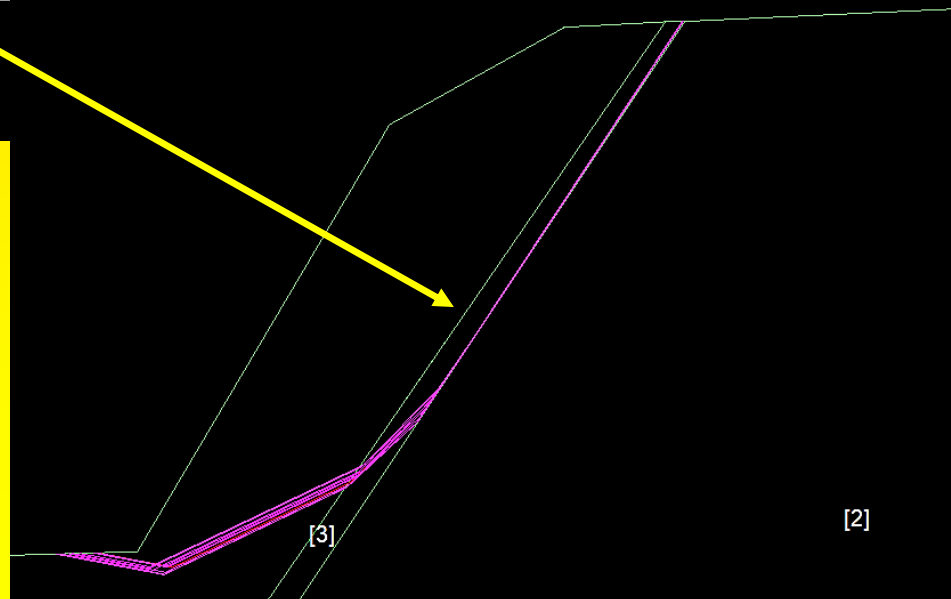
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 0.9905
 Range Fs : 0.9905 0.9966
 Differenza % Range Fs : 0.61
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

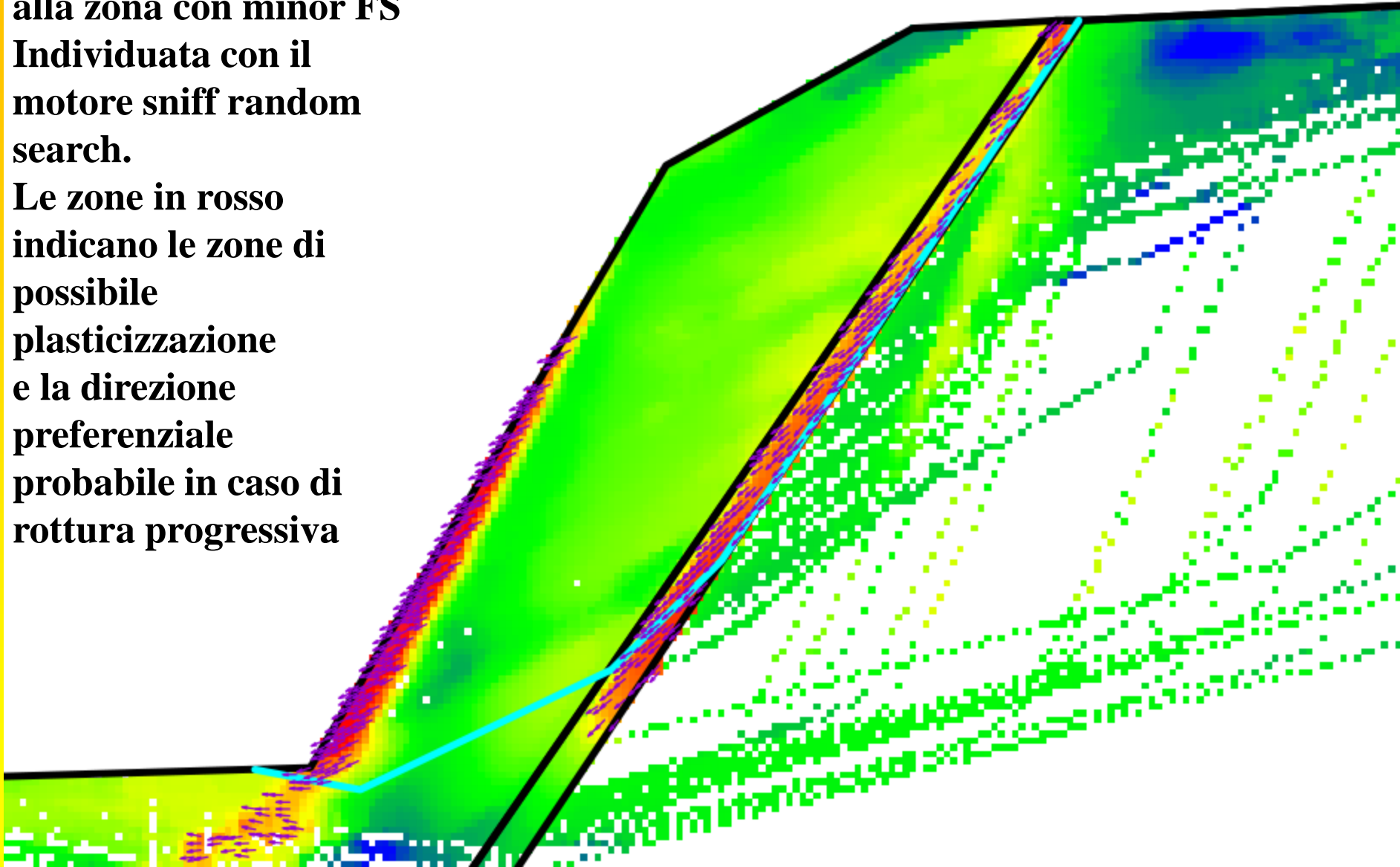
Campione Superfici - N.: 3144
 Lunghezza media segmenti (m) : 4.0
 Range X inizio generazione : 0.1 - 90.1
 Range X termine generazione : 10.1 - 98.0
 Livello Y minimo considerato : 0.0

Risultato con motore sniff random search. Le famiglie di fratture definite con il método di Barton sono tracciate dal motore sniff random search e in questi casi il criterio assunto e' quello Barton JRC (generalizzato), invece in mancanza di collinearita' si segue il método GSI come bel caso della Breccia di faglia dello strato 3. Abbiamo in questo caso FS=0.99 !!



**Dettaglio della mappa
FS locale con associata
alla zona con minor FS
Individuata con il
motore sniff random
search.**

**Le zone in rosso
indicano le zone di
possibile
plasticizzazione
e la direzione
preferenziale
probabile in caso di
rottura progressiva**



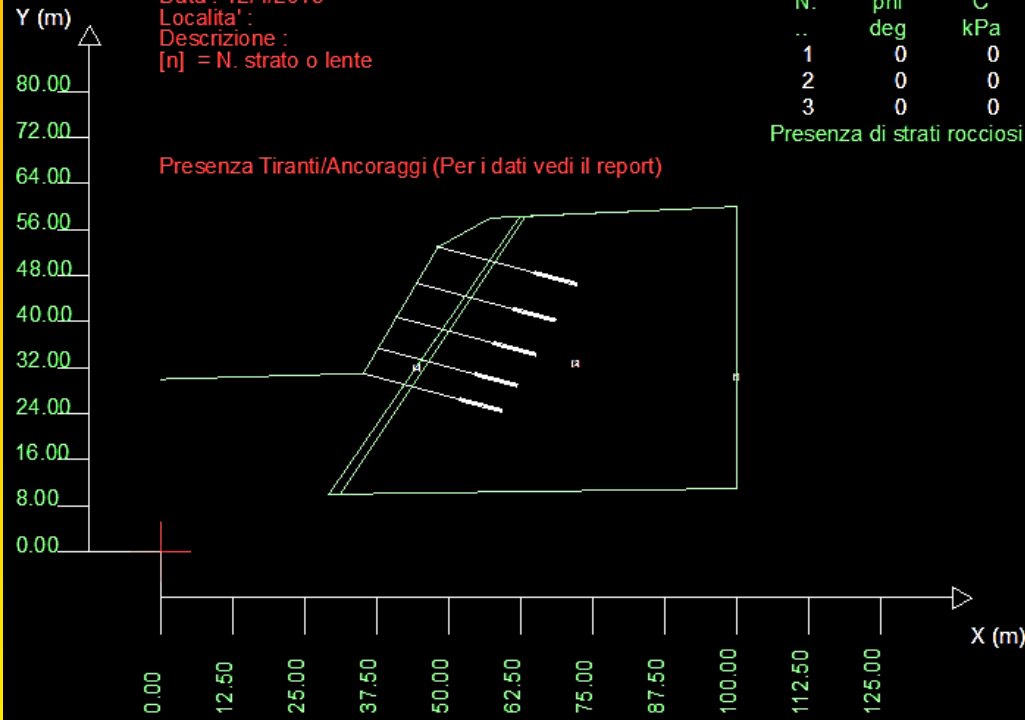
Data : 12/4/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

| N. | phi` deg | C` kPa | Cu kPa | Gamm kN/m3 | GammSat kN/m3 | sgci MPa | GSI | mi | D |
|----|-------------|-----------|-----------|---------------|------------------|-------------|-------|-------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 |

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

Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)



Caso pendio fronte di scavo con faglia su formazioni flyshoidi
 modello GSI+JRC+ tiranti attivi da 400 kN/m :

Modello: **gsi_jrc_fault_full_tiranti.mod**

Data : 31/5/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

Parametri Geotecnici degli strati

| N. | phi° | C' | Cu | Gamm | GammSat | sgci | GSI | mi | D |
|----|------|-----|-----|-------|---------|-------|-------|-------|------|
| .. | deg | kPa | kPa | kN/m3 | kN/m3 | MPa | .. | .. | .. |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 25.00 | 45.00 | 12.00 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 26.00 | 26.00 | 40.00 | 30.00 | 15.00 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 10.00 | 15.00 | 10.00 | 0.50 |

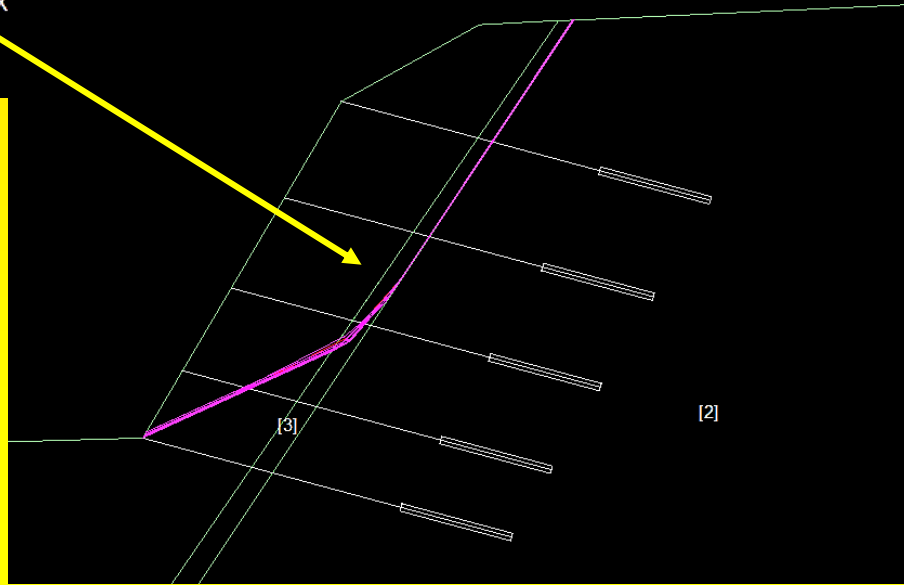
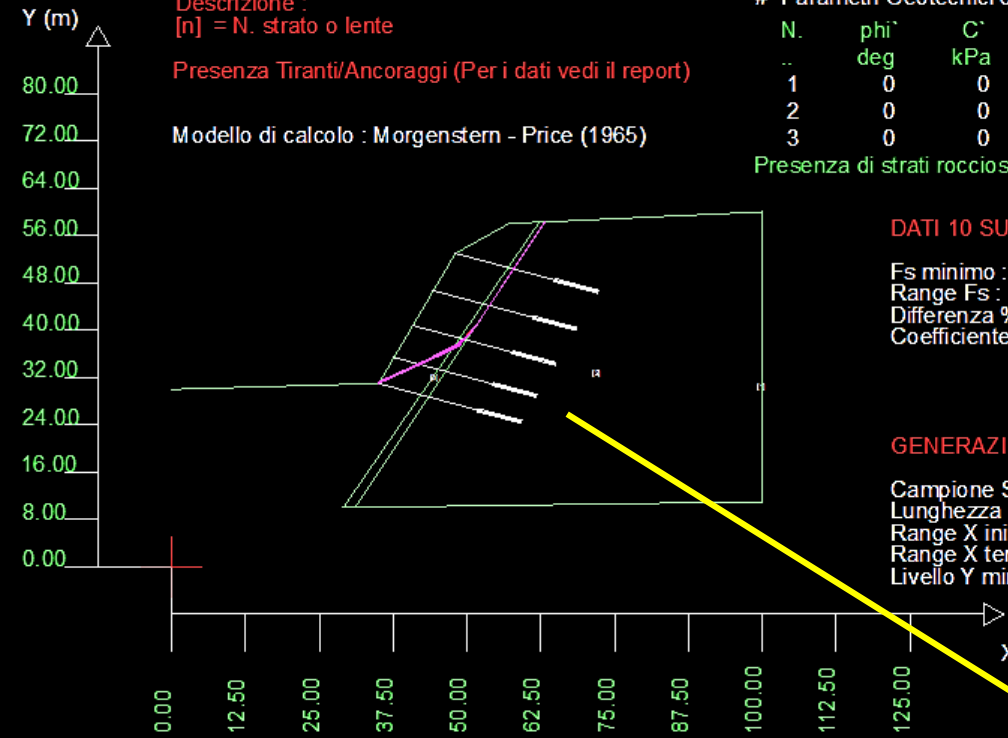
Presenza di strati rocciosi con discontinuita' orientate (criterio Barton-Bandis). Vedasi File .JRC e Report per dettagli

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2359
 Range Fs : 1.2359 1.2999
 Differenza % Range Fs : 4.92
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

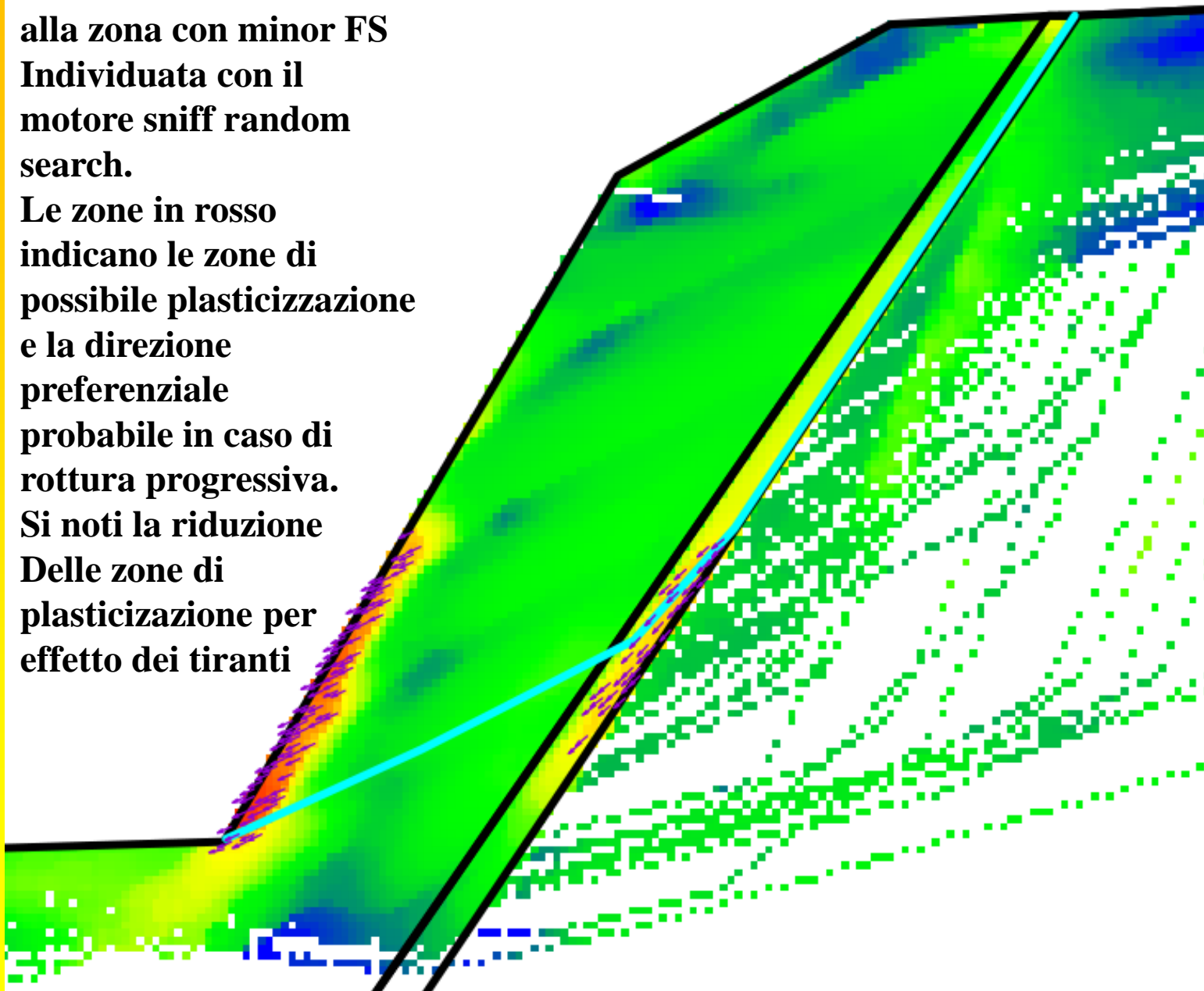
Campione Superfici - N.: 3174
 Lunghezza media segmenti (m) : 4.0
 Range X inizio generazione : 0.1 - 90.1
 Range X termine generazione : 10.1 - 98.0
 Livello Y minimo considerato : 0.0



Risultato con motore sniff random search. Le famiglie di fratture definite con il método di Barton sono tracciate dal motore sniff random search e in questi casi il criterio assunto e' quello Barton JRC (generalizzato), invece in mancanza di collinearita' si segue il método GSI come nel caso della Breccia di faglia dello strato 3. Abbiamo in questo caso FS= 1.236 Per l'effetto del sistema di Tiranti attivi

**Dettaglio della mappa
FS locale con associata
alla zona con minor FS
Individuata con il
motore sniff random
search.**

**Le zone in rosso
indicano le zone di
possibile plasticizzazione
e la direzione
preferenziale
probabile in caso di
rottura progressiva.
Si noti la riduzione
Delle zone di
plasticizzazione per
effetto dei tiranti**



Qualcosa in più sulla licenza d'uso di SSAP2010

SSAP2010 è un software FREeware, cioè distribuito gratuitamente solo via web (<http://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:

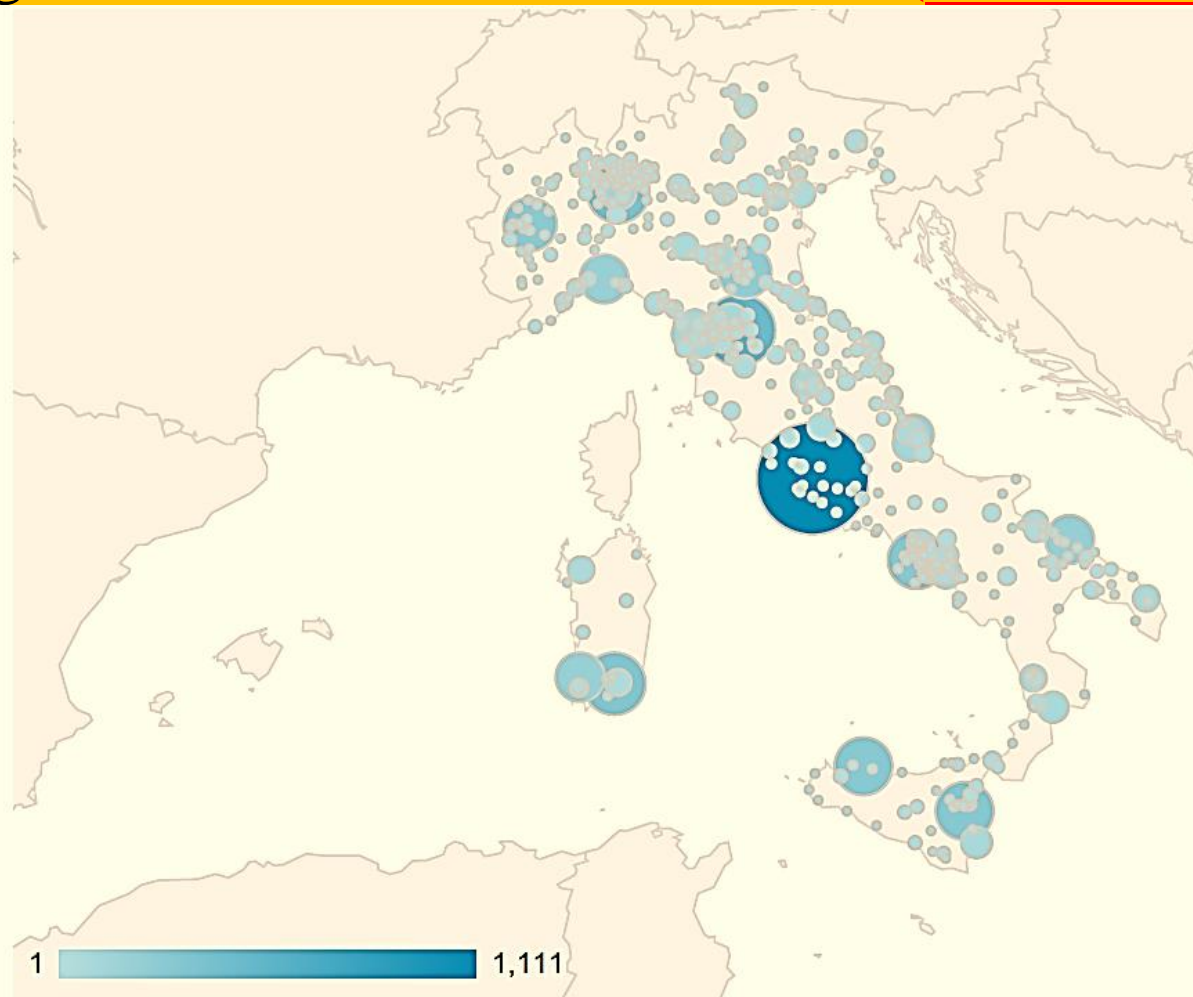
- 1) Larga Diffusione a un ampio spettro di potenziali utenti: imprese private, professionisti, enti pubblici, studenti, ricercatori. (si stimano circa 2500 utilizzatori attivi in Italia)**
- 2) Sito web accessibile e documentazione aggiornata. (media di 1000 accessi al mese (con 65% di nuovi visitatori)).**
- 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).**
- 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...

Distribuzione geografica in italia flusso di visitatori (ultimo anno)

Statistics by
Google Analytics

Circa 12000
accessi e
Circa 7000
Downloads del
software
In un anno



http://www.ssap.eu/Analytics_ssap.eu_Location_and_Behaviour_20170121-20180120.pdf

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

Progetto no-profit per la divulgazione di SSAP2010

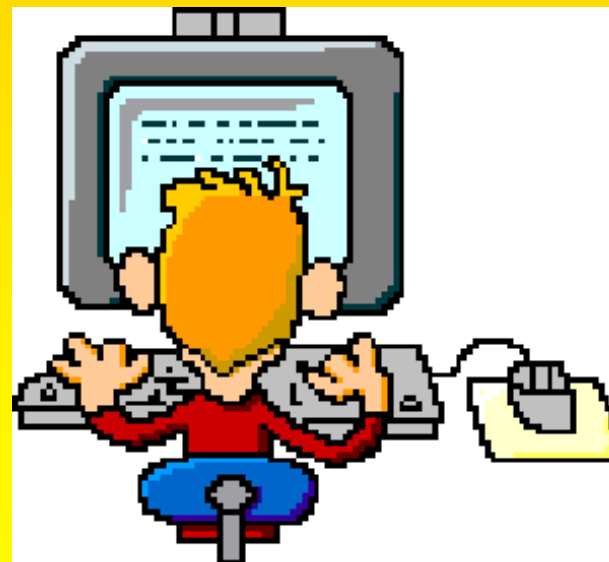
Informazioni su www.ssap.eu/corsi.html

| 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 (Is. Spezia) | Ordine dei geologi della Liguria | 12 | 12 | programm |
| Corso base | 10-20 maggio 2011 (Firenze) | Fondazione dei Geologi della Toscana | 14 | 14 | programm |
| Corso Base | 21-22 gennaio 2013 (Firenze) | Fondazione dei Geologi della Toscana | 13 | 13 | programm |
| Corso Avanzato | 24-25 gennaio 2013 (Firenze) | Fondazione dei Geologi della Toscana | 12 | 12 | programm |
| Seminario Generale | 25 gennaio 2013 (Perugia) | Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica - CNR-IRPI | 8 | - | programm presentazione PDF |
| Corso Base | 12-13 Giugno 2013 (Bari) | Ordine degli Ingegneri della provincia di Bari | 14 | - | programm |
| Corso Base | 14-15 Giugno 2013 (Bari) | Ordine dei Geologi della Puglia | 14 | 14 | programm |
| 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 | programm |
| Corso Avanzato | 11-12 Aprile 2014 (Bari) | Ordine dei Geologi della Puglia | 14 | 14 | programm |
| Corso Base | 14-15 Aprile 2014 (Potenza) | Ordine dei Geologi della Basilicata | 14 | 14 | programm |
| 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 | programm |

Tabella corsi precedenti



Corsi e seminari a invito in Italia dal 2010



SSAP2010 su WWW.SSAP.EU

Presentazioni Scaricabili dal sito ufficiale...

Presentazioni su SSAP in seminari a invito o in pubblicazioni internazionali

- [SSAP2010-Slope Stability Analysis Program - Invited seminar CNR-IRPI, Perugia, ITALY, \(28 January 2013\)](#) **(in italiano)**
- [Evaluación de la estabilidad de taludes complejos en suelo y roca por medio de software SSAP 2010: aplicaciones en Italia y - México](#) (invited seminar 21/03/2013, Mexico , DF, Sociedad Geologica Mexicana)**(en español)**
- [Advanced 2D Slope Stability Analysis by LEM with SSAP software](#). (PDF tool appendix to.... *BORSELLI L. 2013. Advanced 2D Slope stability Analysis by LEM by SSAP software: a full freeware tool for teaching and scientific community. IN "ICL Landslide Teaching Tools". Kyoji Sassa, Bin He, Mauri McSaveney, Osamu Nagai (EDS.). International Consortium on Landslides (ICL). PP. 428. ISBN: 978-4-9903382-2-0*) **(in english)**
- [SSAP2010-Slope Stability Analysis Program - Invited seminar, Politecnico di Bari ITALY, \(21 January 2014\)](#) **(in italiano)**
- [Modelado de estabilidad de taludes en el sistema solar: desde Marte, Luna y Ceres hasta Volcanes y microtaludes](#). - Invited seminar, Centro de Geociencias UNAM, Juriquilla Queretaro, 13/04/2016 , **(in spanish)**.
- [Modelado de estabilidad de taludes en el sistema solar: desde Marte, Luna y Ceres hasta Volcanes y microtaludes](#). - Invited seminar Centro de Geociencias UNAM, Juriquilla Queretaro, 13 april 2016 ,(in spanish)
- [Flank collapses and new relative instability analysis\(RIA\) techniques applied to active strato-volcanoes](#). Invited seminar - Boise State University, Boise (ID) 19/09/2016)
- [Evaluación de la estabilidad de taludes complejos en suelo y roca por medio de software SSAP2010 aplicaciones en Italia y México](#). - Invited seminar at Universidad Autonoma de Nuevo Leon (UANL), Linares, 10-10-2016 (in spanish)
- [Slope Stability Analysis Program - Programma di calcolo per l'analisi della stabilità dei pendii - SSAP2010](#). Invited Seminar. UNESCO Chair on the Prevention and Sustainable Management of Geo-Hydrological Hazards, University of Florence, Italy. 10-11-2016 (in italian)
- [SSAP in Breve \(2018\)](#). (in italian). (Sintesi delle caratteristiche essenziali del software SSAP). Su invito della Commissione Strutture e Geotecnica dell'Ordine degli Igegneri della Provincia di Firenze. (20-02-2018).
- [La stabilità dei versanti secondo le NTC 2018:cenni teorici e algoritmi di applicazione con SSAP](#). *IL RUOLO DELLA GEOINGEGNERIA NELLE NTC 2018 E NEGLI EUROCODICI: OPPORTUNITÀ DA COGLIERE* . Politecnico di Milano 29 maggio 2018 (in italian)

SSAP2010 su WWW.SSAP.EU

Articoli su SSAP...

Articoli su SSAP

- [BORSELLI L., GRECO L., PETRI P. 2014. SSAP2010, IL SOFTWARE FREEWARE PER LE VERIFICHE DI STABILITA' ALL'EQUILIBRIO LIMITE \(LEM\) NEI PENDII NATURALI E ARTIFICIALI, CON METODI RIGOROSI E AVANZATI. Geologi e Territorio , n° 1/2014 - pagg. 22-32 \(in italian\).](#)
- **BORSELLI L., GRECO L., PETRI P. 2015. VERIFICHE DI STABILITÀ ALL'EQUILIBRIO LIMITE (LEM) NEI PENDII NATURALI E ARTIFICIALI, CON METODI RIGOROSI E AVANZATI PER MEZZO DI SSAP2010 , SOFTWARE DI USO LIBERO (FREEWARE). Informa Geologi. vol. 3 , pag. 27-41 (scaricabile [QUD](#)) (in italian)**
- **BRUNETTI M.T., GUZZETTI F., CARDINALI M., FIORUCCI F., SANTANGELO M., MANCINELLI P., KOMATSU G., BORSELLI L., 2014. Analysis of a new geomorphological inventory of landslides in Valles Marineris, Mars, Earth and Planetary Science Letters, Vol. 405: 156-168, ISSN 0012-821X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2014.08.025>. (esempio applicazione SSAP su Marte..) vedasi anche [Frane Nel Sistema Solare](#) By CNR-IRPI**
- **BORSELLI L. 2013. Advanced 2D Slope stability Analysis by LEM by SSAP software: a full freeware tool for teaching and scientific community. IN "ICL Landslide Teaching Tools". KyojiSassa, Bin He, MauriMcSaveney, Osamu Nagai (EDS.). International Consortium on Landslides (ICL). PP. 428. ISBN: 978-4-9903382-2-0.**
- **BORSELLI L., CAPRA L., SAROCCHI D., De la CRUZ-REYNA S. 2011. Flank collapse scenarios at Volcán de Colima, Mexico: a relative instability analysis. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 208:51–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.08.004> (esempio applicazione SSAP in stabilita' edificio vulcanico attivo).**

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

www.lorenzo-borselli.eu

lborselli@gmail.com

lorenzo.borselli@uaslp.mx

Presentazione disponibile su : <https://www.lorenzo-borselli.eu>



Grazie a Tutti per l'attenzione !