

Studi di approfondimento di Livello 3 sulle aree di attenzione
per instabilità di versante

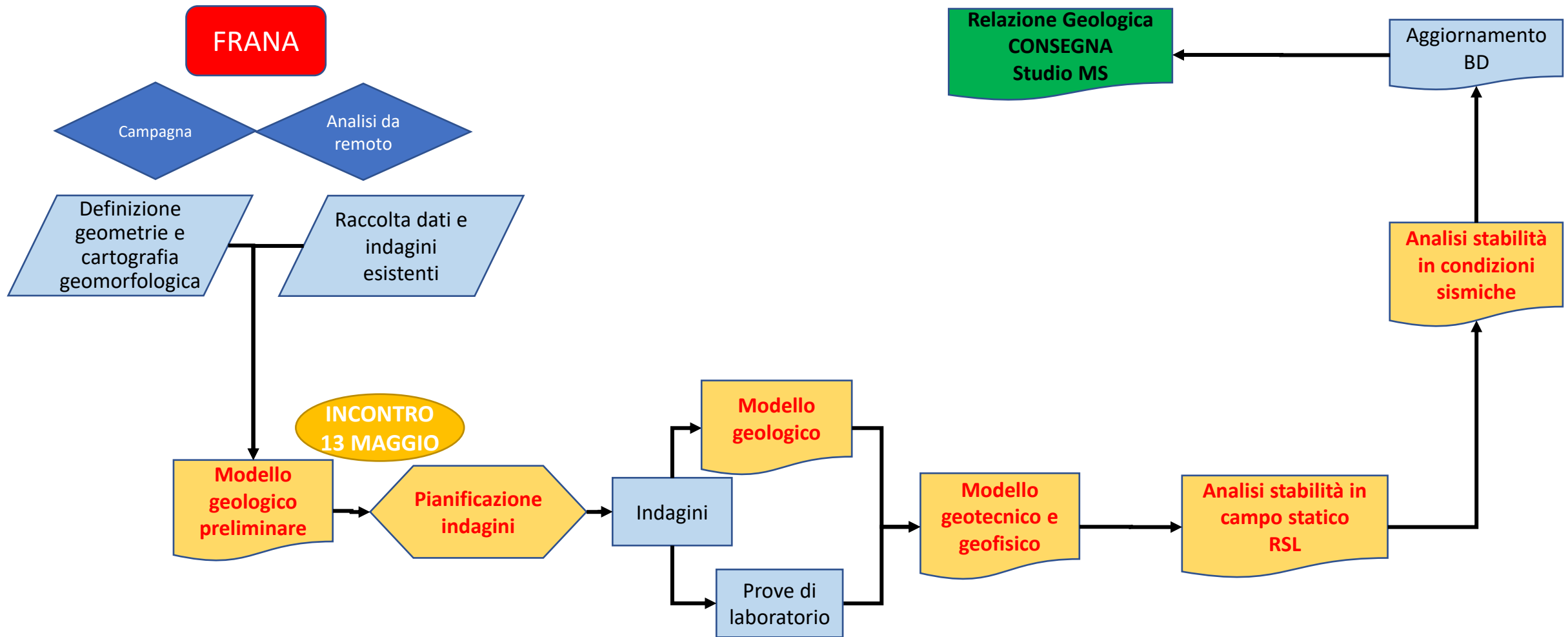
Modello geotecnico e analisi di stabilità in campo statico

Leonardo Disperati & Pier Lorenzo Fantozzi

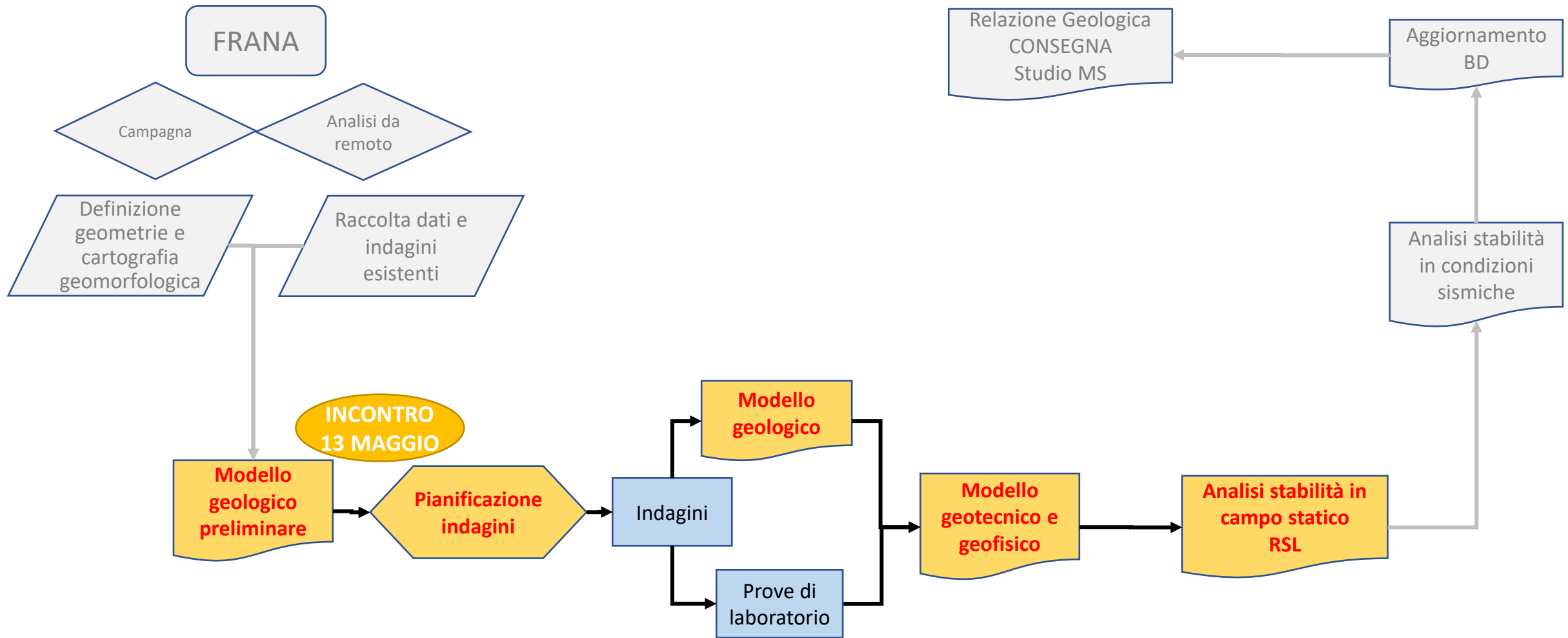
Università di Siena – Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente

Ancona, 11 aprile 2022

Obiettivi



Obiettivi



Aspetti introduttivi

- Vengono considerati i movimenti franosi «in terra»
- Possibili denominazioni dei **materiali coinvolti** (Hungry et al., 2013)

Material name	Character descriptors (if important)	Simplified field description for the purposes of classification	Corresponding unified soil classes	Laboratory indices (if available)
Rock	Strong	Strong—broken with a hammer		UCS>25 MPa
	Weak	Weak—peeled with a knife		2<UCS<25 MPa
Clay	Stiff	Plastic, can be molded into standard thread when moist, has dry strength	GC, SC, CL, MH, CH, OL, and OH	$I_p > 0.05$
	Soft			
	Sensitive			
Mud	Liquid	Plastic, unsorted remolded, and close to Liquid Limit	CL, CH, and CM	$I_p > 0.05$ and $I_L > 0.5$
Silt, sand, gravel, and boulders	Dry	Nonplastic (or very low plasticity), granular, sorted. Silt particles cannot be seen by eye	ML	$I_p < 0.05$
	Saturated		SW, SP, and SM	
	Partly saturated		GW, GP, and GM	
Debris	Dry	Low plasticity, unsorted and mixed	SW-GW	$I_p < 0.05$
	Saturated		SM-GM	
	Partly saturated		CL, CH, and CM	
Peat		Organic		
Ice		Glacier		

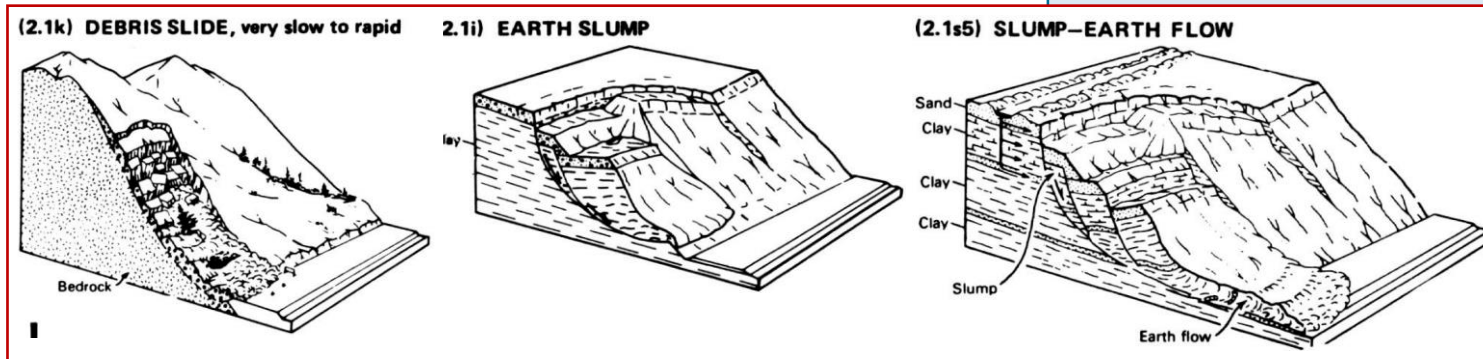
Hungry et al. (2013)



Aspetti introduttivi

- Classificazione per **tipologia** → vengono considerati gli **scorrimenti** (*slide*; Hungr et al., 2013)
 - planari
 - rotazionali
 - composti (*compound*)

Type of movement	Rock	Soil
Fall	1. <i>Rock/ice</i> fall ^a	2. <i>Boulder/debris/silt</i> fall ^a
Topple	3. <i>Rock block</i> topple ^a 4. <i>Rock flexural</i> topple	5. <i>Gravel/sand/silt</i> topple ^a
Slide	6. <i>Rock rotational</i> slide 7. <i>Rock planar</i> slide ^a 8. <i>Rock wedge</i> slide ^a 9. <i>Rock compound</i> slide 10. <i>Rock irregular</i> slide ^a	11. <i>Clay/silt</i> rotational slide 12. <i>Clay/silt</i> planar slide 13. <i>Gravel/sand/debris</i> slide ^a 14. <i>Clay/silt</i> compound slide
Spread	15. <i>Rock slope</i> spread	16. <i>Sand/silt</i> liquefaction spread ^a 17. <i>Sensitive clay</i> spread ^a
Flow	18. <i>Rock/ice</i> avalanche ^a	19. <i>Sand/silt/debris</i> dry flow 20. <i>Sand/silt/debris</i> flowslide ^a 21. <i>Sensitive clay</i> flowslide ^a 22. <i>Debris</i> flow ^a 23. <i>Mud</i> flow ^a 24. <i>Debris</i> flood 25. <i>Debris</i> avalanche ^a 26. <i>Earthflow</i> 27. <i>Peat</i> flow
	28. <i>Mountain slope</i> deformation	30. <i>Soil slope</i> deformation
	29. <i>Rock slope</i> deformation	31. <i>Soil</i> creep
		32. <i>Solifluction</i>

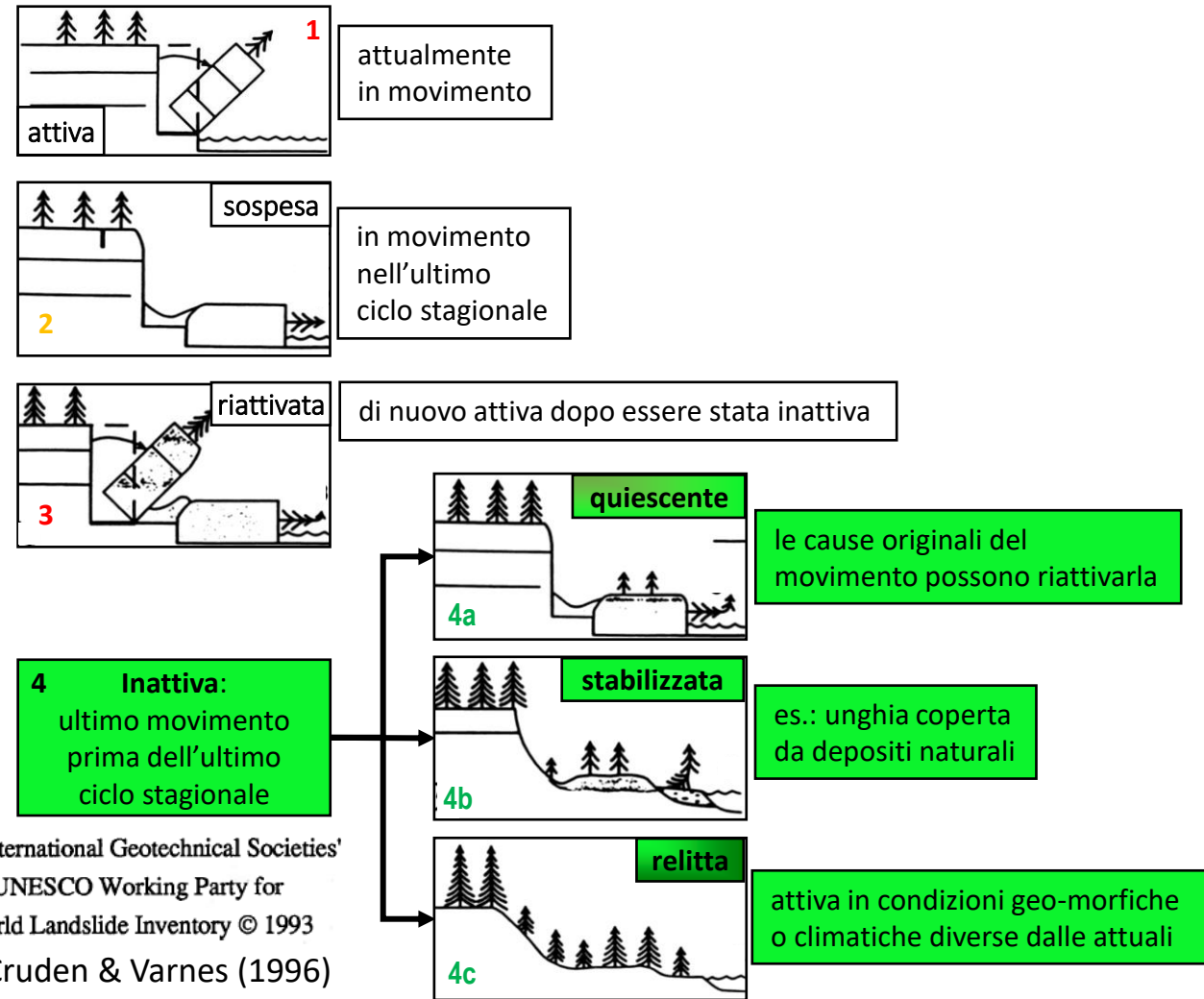


Hungr et al. (2013)

Aspetti introduttivi

- Classificazione per **stato di attività** → vengono considerate le frane «**inattive**» che includono i fenomeni:

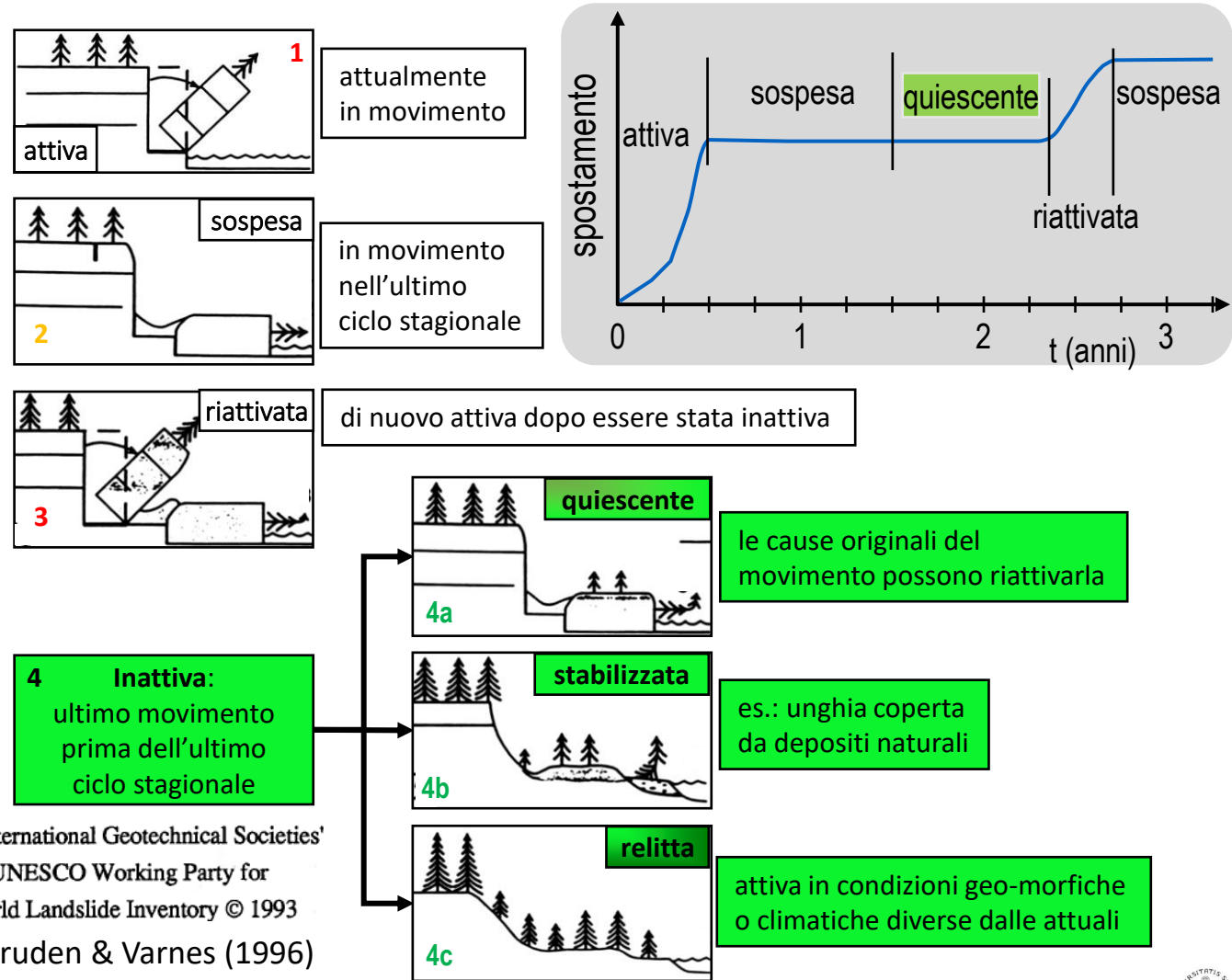
- quiescenti
- stabilizzati
- relitti



The International Geotechnical Societies'
UNESCO Working Party for
World Landslide Inventory © 1993
Cruden & Varnes (1996)

Aspetti introduttivi

- Lo stato di attività può essere
 - «definito quantitativamente» se si dispone di curve tempo - spostamento ottenute tramite misure multitemporali o monitoraggio
 - in sito di superficie e/o sottosuolo
 - da *remote sensing*



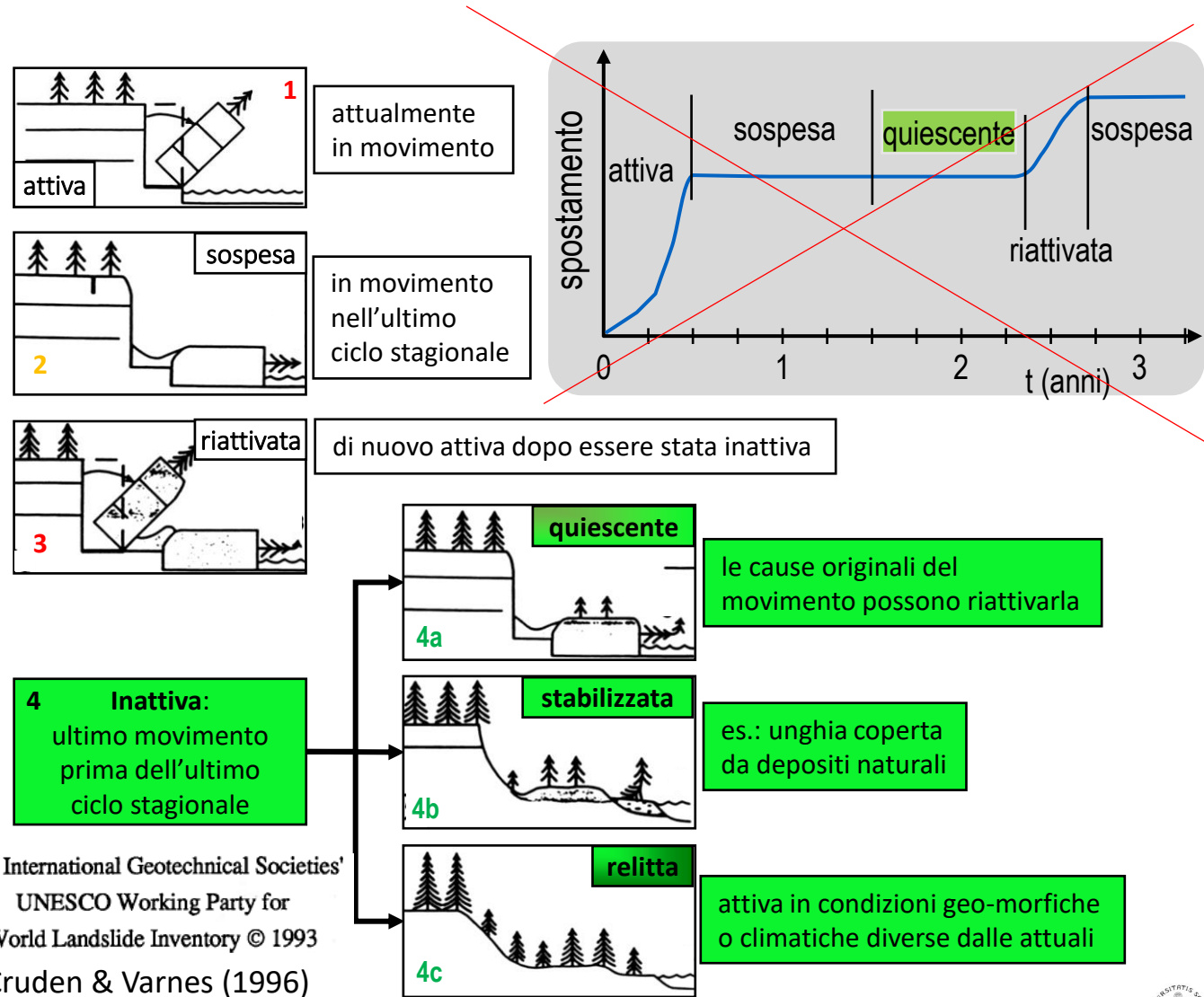
Aspetti introduttivi

- Lo stato di attività può essere

- «definito quantitativamente» se si dispone di curve tempo - spostamento ottenute tramite misure multitemporali o monitoraggio

- in sito di superficie e/o sottosuolo
- da *remote sensing*

- «**attribuito**» su base esperta tramite approcci e metodi geomorfologici



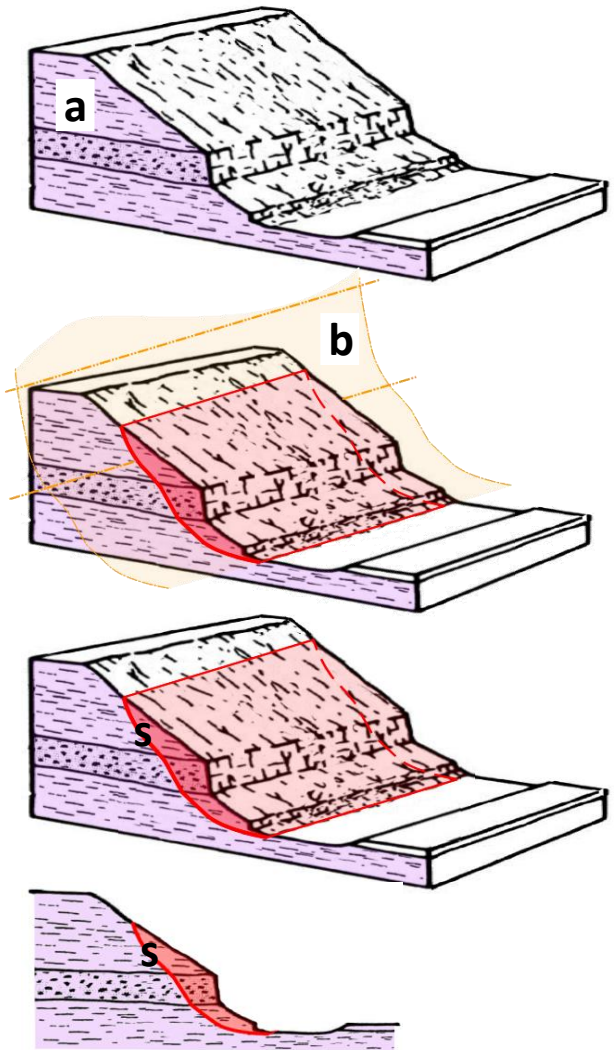
Aspetti introduttivi

- Lo stato di attività indica come possono **cambiare nel tempo** le **condizioni di equilibrio** del pendio per effetto di variazioni di fattori della stabilità, es.:
 - variazioni pressioni neutre
 - input sismico
 - ...
- Lo stato di attività può quindi essere **indagato / dedotto**
 - nelle **condizioni attuali**
 - per possibili **scenari futuri** dei fattori di stabilitàtramite **modellazione quantitativa** delle condizioni di equilibrio in condizioni statiche secondo diversi metodi, tra i quali:
 - metodi dell'equilibrio limite



Aspetti introduttivi

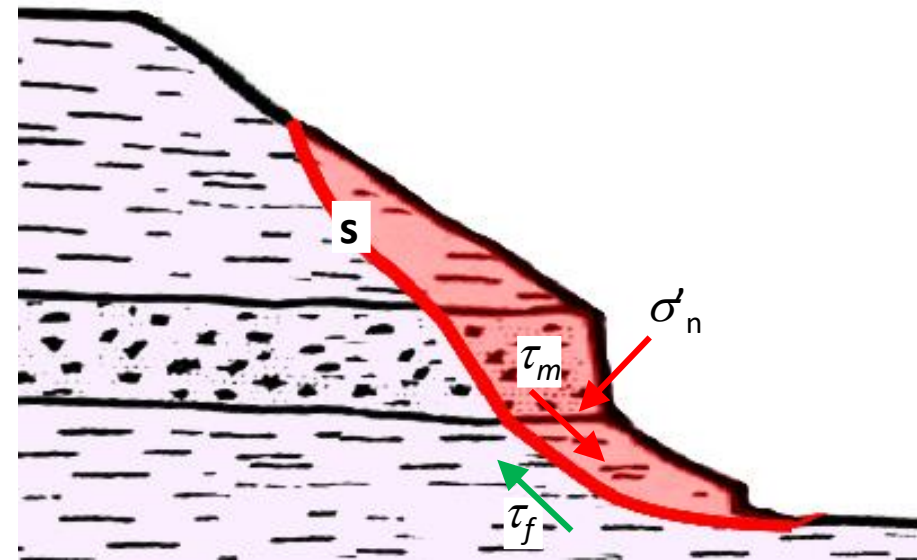
- Metodi dell'equilibrio limite
 - Assunzione di
 - **sezione** (a) rappresentativa del pendio
 - **superficie cilindrica di potenziale scorrimento** (b) prodotta da **generatrice normale** alla sezione
 - Si individua sulla sezione l'**intersezione (s)** (che separa la massa potenzialmente instabile per frana da quella stabile) sulla quale vengono valutate le condizioni di equilibrio
 - Approccio 2D
 - Condizioni di deformazione piana
 - Non si considerano gli effetti tridimensionali del problema



Aspetti introduttivi

- Metodi dell'equilibrio limite

- Comportamento del terreno rigido perfettamente plastico
 - Si trascura la deformazione pre-rottura
 - Resistenza mobilitata a rottura indipendente dalla deformazione



- Rottura contemporanea in tutti i punti della superficie s

- In corrispondenza di s vengono stimati:

- Resistenza al taglio disponibile τ_f

- tensioni efficaci: $\tau_f = c' + \sigma'_n * \tan \phi'$ (criterio di Mohr-Coulomb)

- tensioni totali: $\tau_f = c_u$ (criterio di Tresca)

- Sforzo di taglio τ_m

- Coefficiente di sicurezza: $F_s = \Sigma \tau_f / \Sigma \tau_m$

- Superficie critica: superficie con coefficiente di sicurezza minimo ($F_s = F_{s(MIN)}$)

- condizioni stabili: $F_{s(MIN)} > 1$

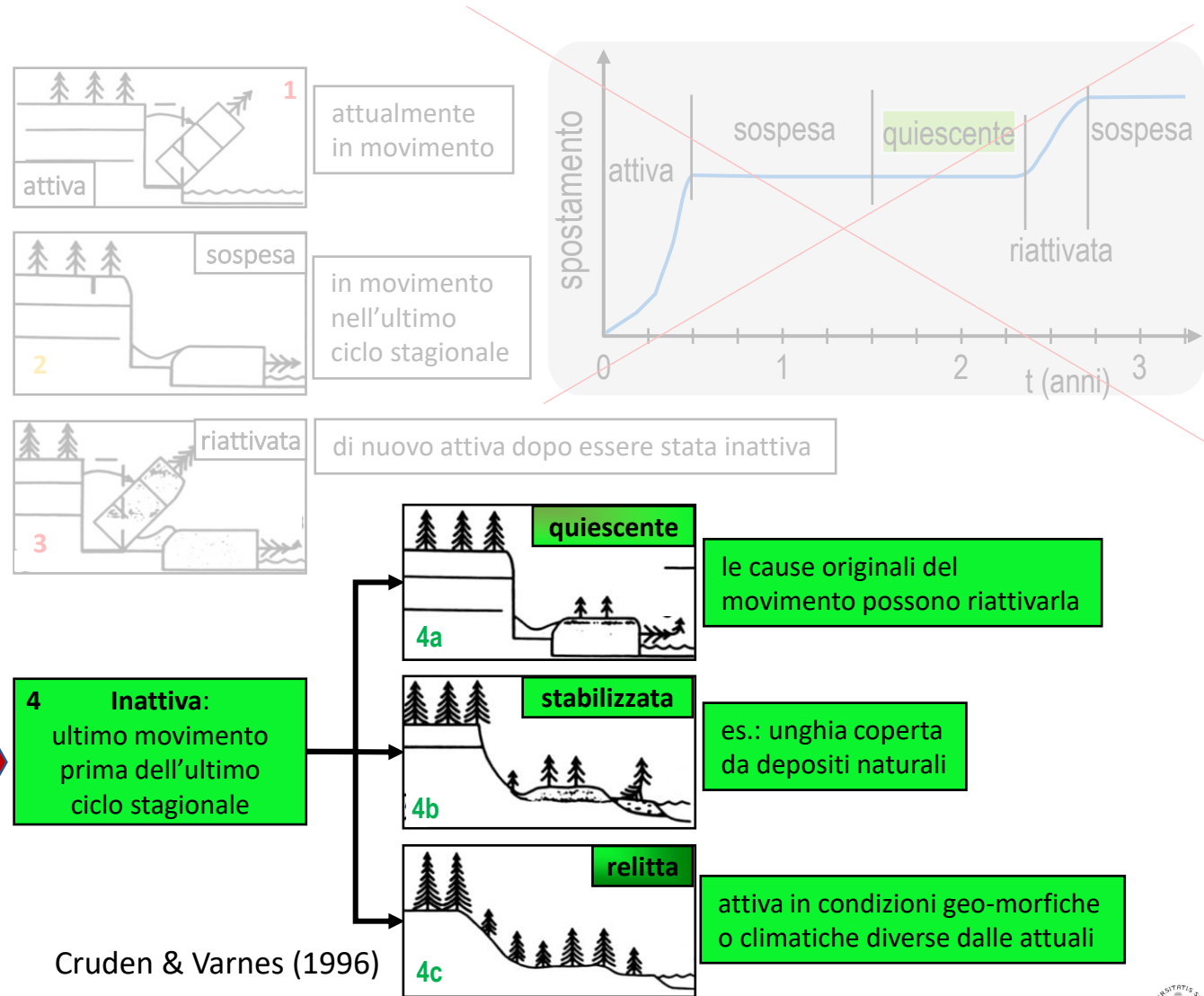
- condizioni di equilibrio limite o di collasso: $F_{s(MIN)} = 1$

Aspetti introduttivi

- Per le Zone di Attenzione per instabilità di versante (ZA_{FR}), successivamente alle valutazioni geomorfologiche, viene quindi valutato $F_{s(MIN)}$
- In generale, in condizioni statiche, dovrà essere verificata, la condizione

$$F_{s(MIN)} > 1$$

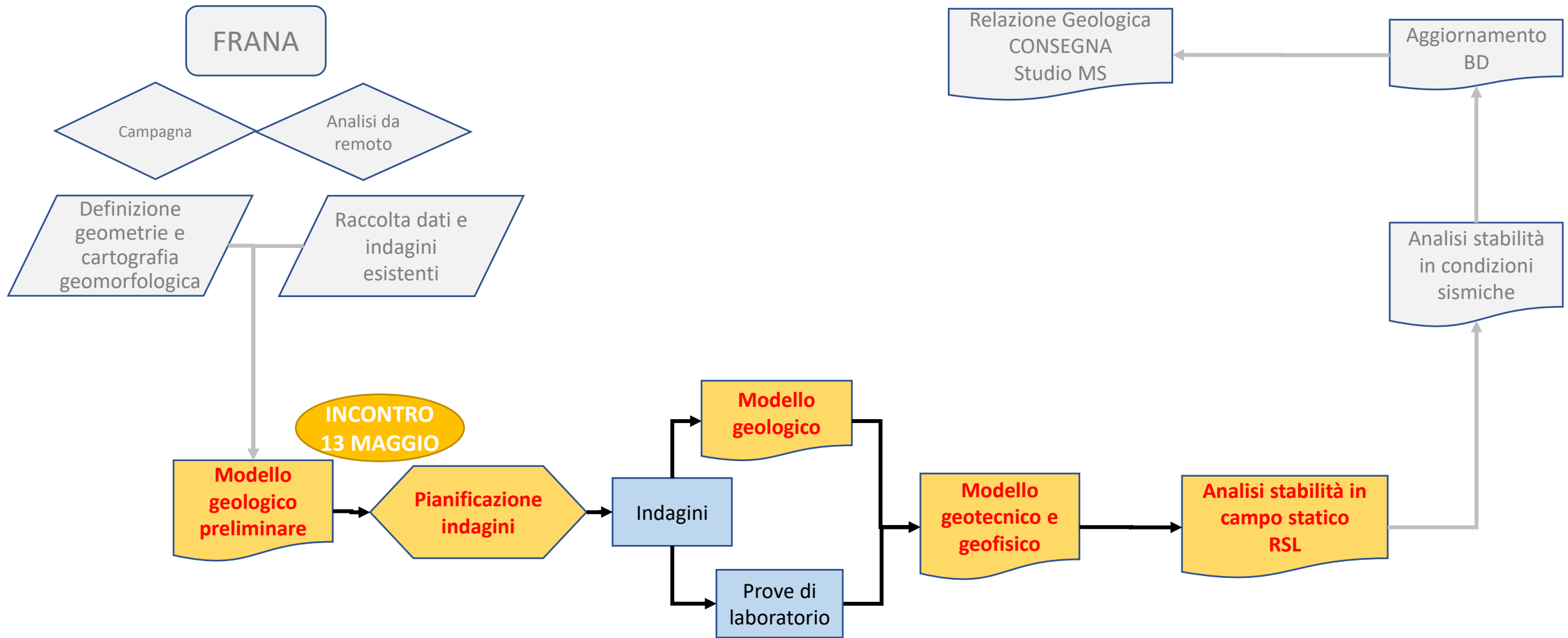
$$F_{s(MIN)} > 1$$



Cruden & Varnes (1996)

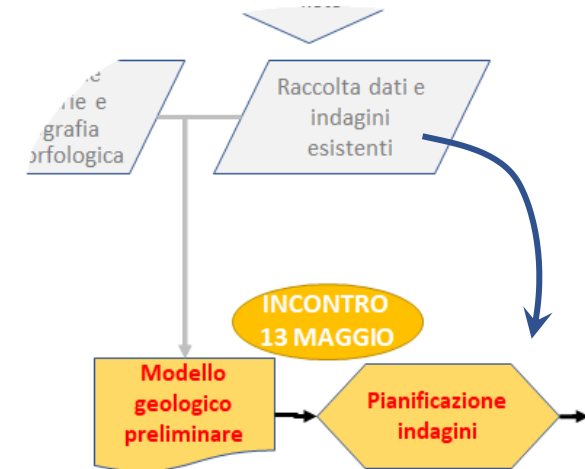


Obiettivi



Pianificazione indagini

- Analisi dati geologico-tecnici e di sottosuolo esistenti acquisiti per la modellazione geologica preliminare
 - Significatività
 - tipologia
 - modalità acquisizione
 - dati idrogeologici: epoca acquisizione
 - coerenza con il modello geologico preliminare



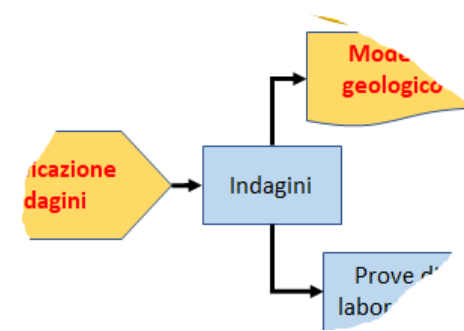
Pianificazione indagini

- Per le indagini geologico-tecniche, il «Disciplinare di incarico professionale» prevede prove penetrometriche e sondaggi
- Si considerano quindi **due situazioni di riferimento**
 - A. Dati geologico-tecnici **assenti** o **incoerenti/insufficienti**
 1. Esecuzione prove penetrometriche
 - Definizione unità geotecniche preliminari
 - Orizzonti a bassa resistenza/consistenza → possibili superfici di scorrimento →
→ scelta profondità campionamento
 - Integrazione con il modello geologico preliminare e programmazione sondaggi
 2. Esecuzione sondaggi
 - Campionamento a profondità «guidate» dalla FASE 1
 - Verifica interpretazioni penetrometriche
 - B. Dati geologico-tecnici **coerenti** con il modello preliminare
 - Programma integrato di prove penetrometriche e sondaggi



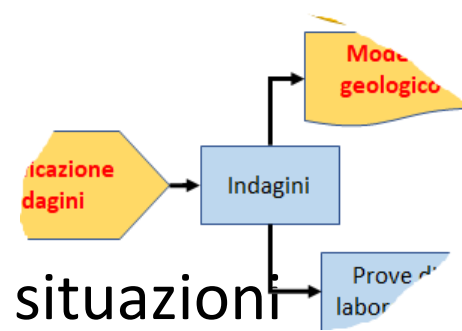
Indagini

- **Vincoli** dal «Disciplinare di incarico professionale»
- **Riferimenti metodologici** in: «Protocolli di acquisizione ed elaborazione dati relativi alle attività di Microzonazione Sismica di livello 3 in Italia Centrale» a cura del Centro per la Microzonazione Sismica



Studi di approfondimento di Livello 3 sulle aree di attenzione per instabilità di versante
L. Disperati & P.L. Fantozzi: «Modello geotecnico e analisi di stabilità in campo statico»

Indagini



- Tipologie, quantità, localizzazione, delle indagini dipendono dalle situazioni delle singole aree di studio e saranno concordate con la Commissione
- In generale sono previsti:
 - Prove **penetrometriche** tra le quali **CPT**, **CPTu**, **SPT** e **DPSH**, in funzione della litostratigrafia
 - rifiuto o profondità max. 30 m
 - geometria e caratterizzazione 3D di sottosuolo dell'area di studio
 - individuazione eventuale superficie di scorrimento, caratterizzazione geotecnica
 - **Sondaggi** geognostici a carotaggio continuo
 - profondità max. 30 m o raggiungimento substrato geologico «integro»
 - installazione **piezometro a tubo aperto** (ove non disponibili altre opzioni di misura)
 - **Prelievo campioni** indisturbati (se possibile) e rimaneggiati per l'esecuzione delle prove di laboratorio
- Compatibilmente con le tempistiche degli studi, saranno **verificati periodicamente** i valori di **soggiacenza** di piezometri e (eventuali) pozzi



Indagini

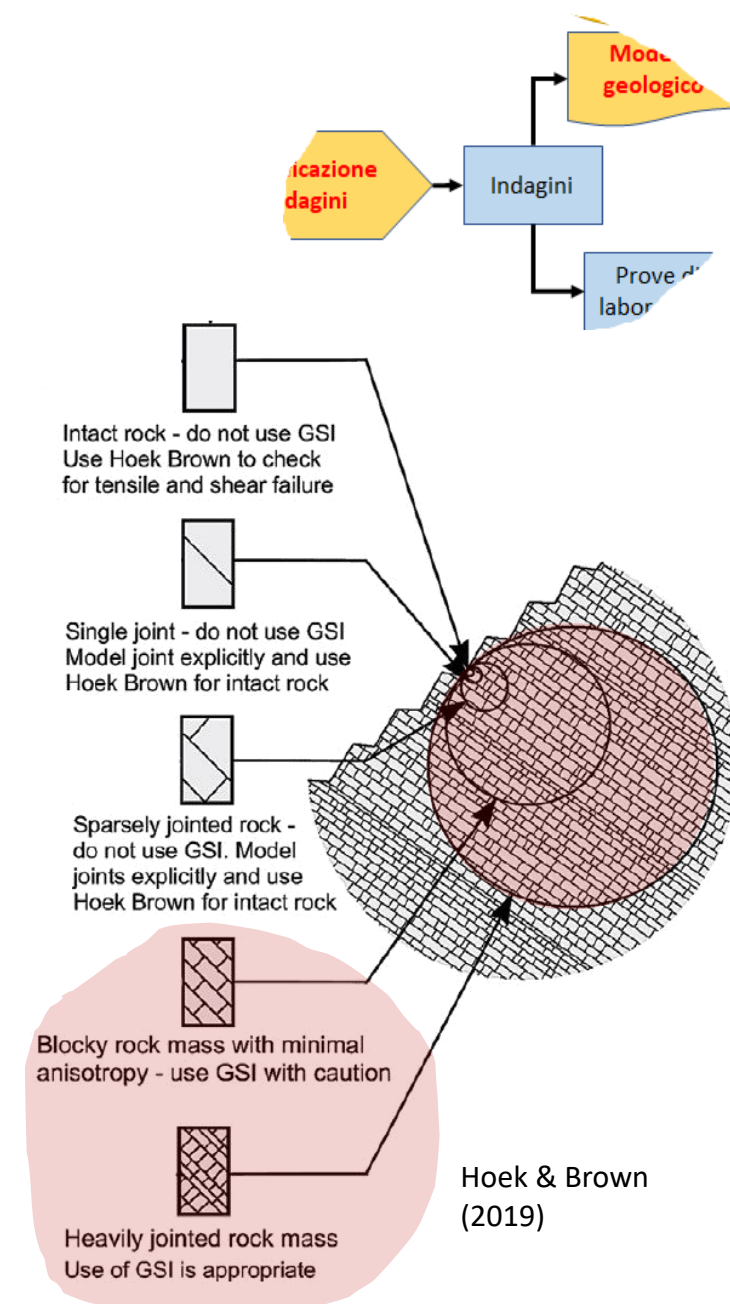
- Nel caso in cui dal rilevamento e/o dalle indagini geognostiche siano individuate unità litologiche costituite da **rocce – rocce deboli**, si può procedere come segue:
 - Se gli elementi strutturali dell'ammasso roccioso (→ **discontinuo**) hanno un controllo «limitato» sulla superficie di rottura
 - Si assimila il discontinuo ad un «**continuo equivalente**»
 - Si valutano i **parametri** di resistenza al taglio **equivalenti** di Mohr-Coulomb integrando:

- Criterio di rottura di Hoek & Brown (1997) generalizzato

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

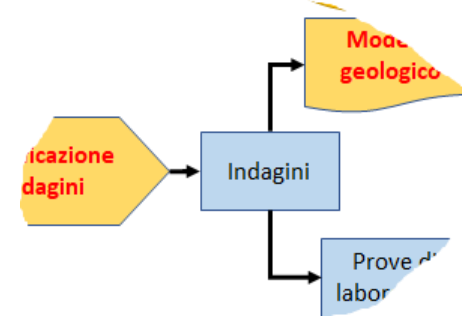
σ_c : resistenza a compressione uniaassiale della roccia
 m_b, s_i, a : parametri stimati tramite l'indice di ammasso GSI

- **Geological Strength Index (GSI)**



Indagini

- Abachi per la stima di GSI



GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)
 From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS			
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70		N/A
VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50	
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				30
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A		20
				10

Hoek & Marinos (2000)

Specifico per
ammassi
rocciosi
eterogenei

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI) FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLYSCH
 Chart modified and extended by V. Marinos & E. Hoek (2001) original one

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

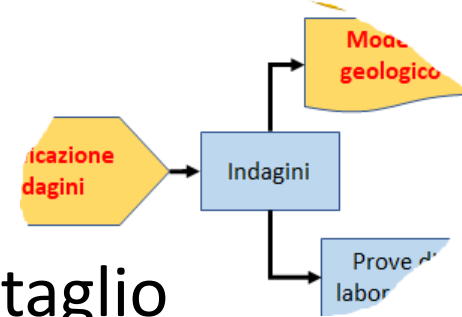
STRUCTURE AND COMPOSITION	SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES (Predominantly bedding planes)			
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered or oxydised surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Very smooth, occasionally slickensided surfaces with compact coatings or fillings with angular fragments
TYPE I. Undisturbed, with thick to medium thickness sandstone beds with sporadic thin films of siltstone. In shallow tunnels or slopes where confinement is poor the mode of the failure has a kinematic character controlled by the bedding planes and GSI is meaningless	80	I	II	N/A
TYPE II. Undisturbed massive siltstone (stratification planes are imperceptible) with sporadic thin interlayers of sandstones	70			N/A
TYPE III. Moderately disturbed sandstones with thin films of interlayers of siltstone	60	III	IV	N/A
TYPE IV. Moderately disturbed rockmass with sandstone and siltstone similar amounts		50	V	VI
TYPE V. Moderately disturbed siltstones with sandstone interlayers				
TYPE VI. Moderately disturbed siltstones with sparse sandstone interlayers				
TYPE VII. Strongly disturbed, folded rockmass that retains its structure, with sandstone and siltstone in similar extend	N/A		40	VII
TYPE VIII. Strongly disturbed, folded rockmass, with siltstones and sandstone interlayers. The structure is retained and deformation - shearing is not strong			30	VIII
TYPE IX. Desintegrated rockmass that can be found in wide zones of faults or/and of high weathering. In this type mainly brittle material is present with some disturbed siltstones between rock pieces	N/A			20
TYPE X. Tectonically deformed intensively folded/ faulted siltstone or clay shale with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure				X
TYPE XI. Tectonically strongly sheared siltstone or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. Thin layers of sandstone are transformed into small rock pieces. Ultimately the ground behavior is that of a soil	N/A	N/A		10
				XI

Marinos (2019)

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



Indagini



- Procedura schematica di stima dei **parametri** di resistenza al taglio **equivalenti** di Mohr - Coulomb

GSI

$$m_b = m_i \exp[(GSI - 100)/(28 - 14D)]$$

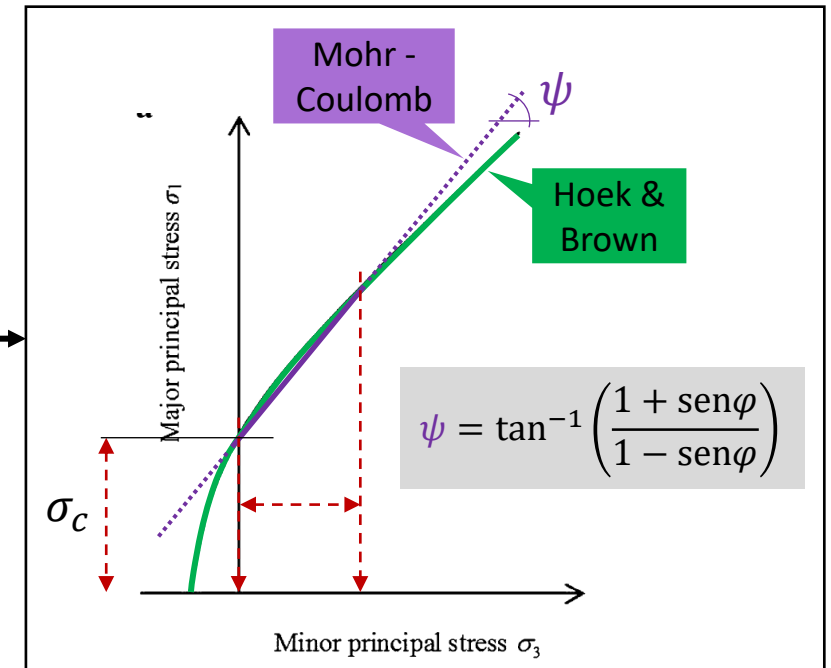
$$s = \exp[(GSI - 100)/(9 - 3D)]$$

$$a = 1/2 + 1/6(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

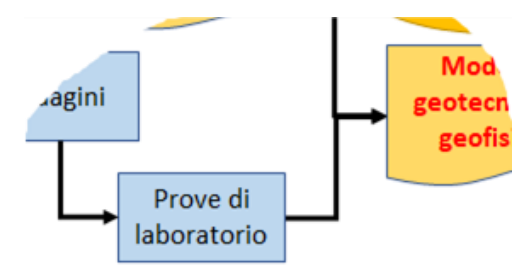
Hoek & Brown (1997; 2019)

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

- m_b , s_i , a : parametri stimati dall'indice di ammasso GSI
- D (*disturbance factor* - 0 ÷ 1): dipende dal grado di disturbo nel caso di «fronti» artificiali
- σ_c : resistenza a compressione uniassiale della roccia



Prove di laboratorio



- Prove fisiche

- Parametri **indice**

- Composizione granulometrica completa
 - Limiti di plasticità
 - Altri parametri indice

- Parametri di **stato**

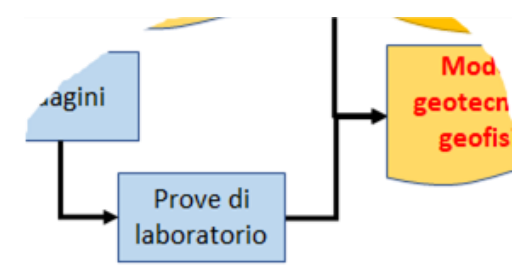
- **Peso di volume**
 - W_n, e, \dots

- Prove meccaniche

- Il modello geologico preliminare può consentire di ipotizzare la profondità della superficie di scorrimento → scelta **intervalli** delle **tensioni normali** / di **confinamento**
 - Prove di taglio diretto con misura dei **parametri residui**
 - (prova di taglio anulare)
 - Prove triassiali CIU con misura delle pressioni neutre
 - (Prove di compressione ad espansione laterale libera)



Prove di laboratorio

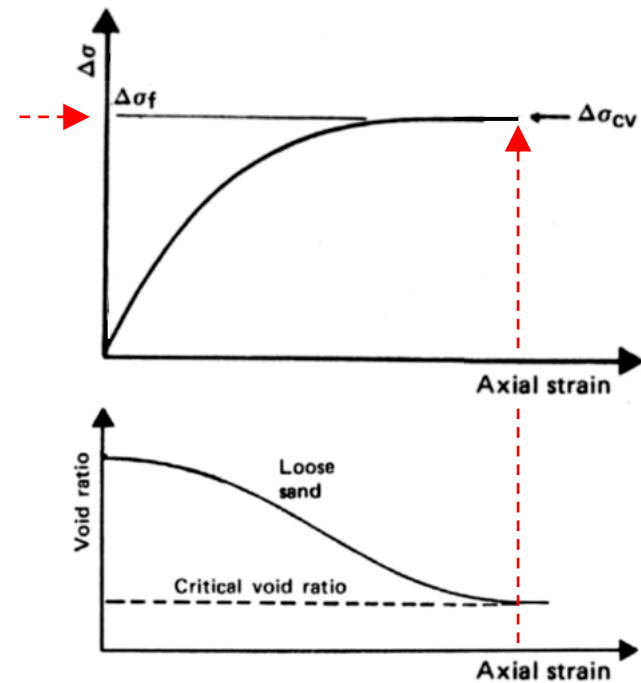


- Scelta delle **caratteristiche di resistenza al taglio** in termini di tensioni **efficaci** (AGI, 2005; Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR), 2017)

- Terreni a **comportamento duttile**, caratteristiche di resistenza condizioni a volume costante

$$c' \approx 0$$

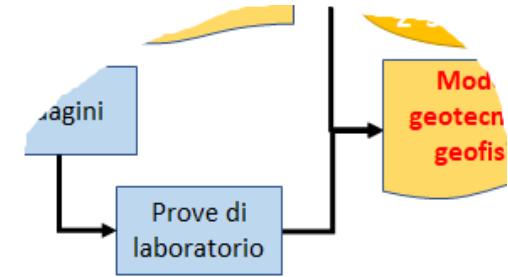
$$\phi' = \phi'_{cv}$$



(Das, 1983)



Prove di laboratorio



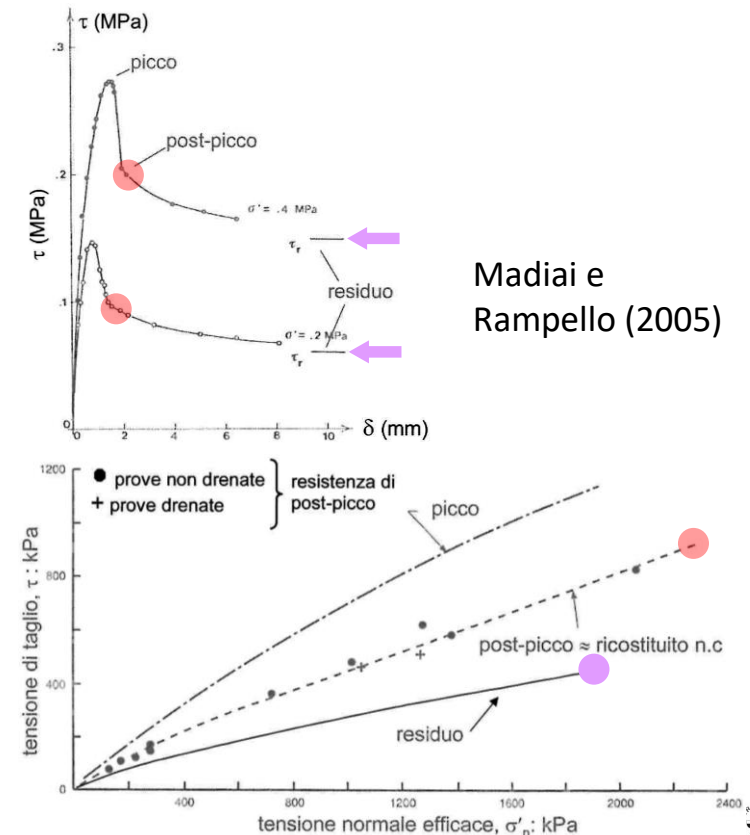
- Scelta delle **caratteristiche di resistenza al taglio** in termini di tensioni **efficaci** (AGI, 2005; Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR), 2017)

- Terreni a comportamento **fragile**
 - terreni granulari e coesivi sovraconsolidati con discontinuità preesistenti, caratteristiche di resistenza in condizioni a volume costante **post-picco**

$$c' \approx 0 \quad \phi = \phi_{pp}$$

- per elevati valori di scorrimento, caratteristiche di resistenza **residue**

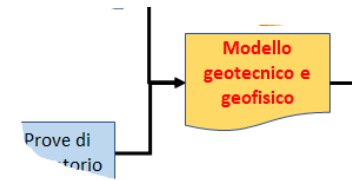
$$c' = 0 \quad \phi = \phi_r$$



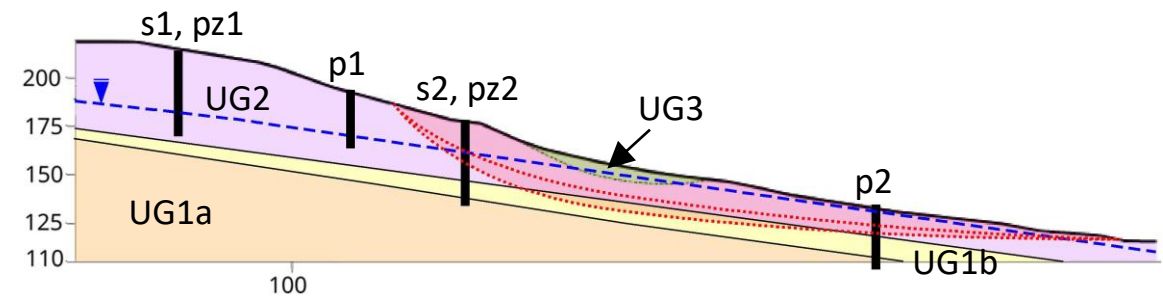
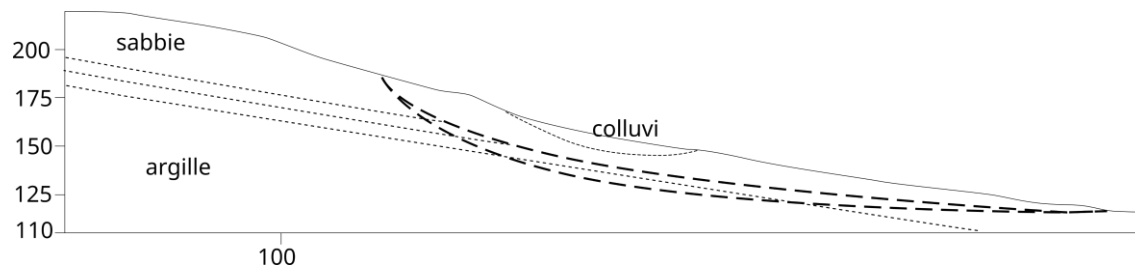
Madai e Rampello (2005)



Modello geotecnico



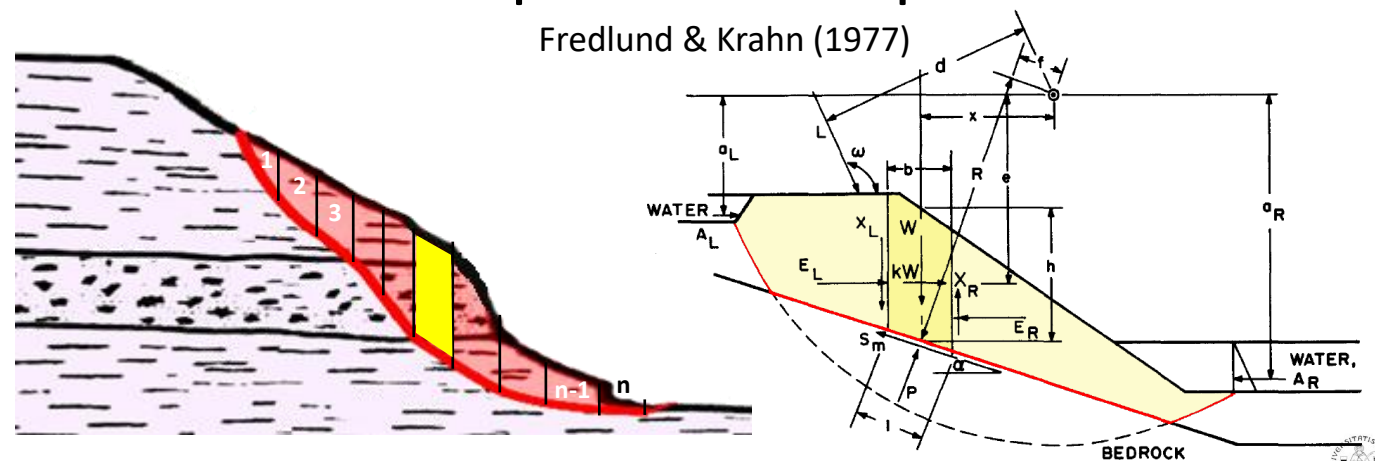
- Revisione e integrazione dei nuovi dati nel modello geologico preliminare
 - litologico-stratigrafici
 - geotecnici
 - geofisici
- Definizione e rappresentazione di:
 - **Unità geotecniche** (UG) e relativi **set di parametri** (γ , c' , ϕ , ...)
 - «Intervallo» della superficie **piezometrica**
 - (eventuale) superficie di scorrimento
 - Posizione indagini geognostiche (s, p, pz, ...)



Analisi di stabilità in campo statico

- Ricerca della **superficie critica** ($F_s = F_{s(MIN)}$)
- Impiego di sw che implementano diversi metodi all'equilibrio limite «**per elementi**» che possono essere applicati a
 - pendii non omogenei
 - superfici di scorrimento con geometria «irregolare»
- I diversi metodi assumono diverse **ipotesi «semplificative»** per ridurre il numero di incognite rispetto al numero di equazioni di equilibrio disponibili, es.:

- Bishop (1955)
- Morgenstern & Price (1965)
- Spencer (1967)
- Janbu (1973)





Analisi di stabilità in campo statico

- Tra i *sw freeware* si suggerisce SSAP2010 (SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM - www.ssap.eu)
 - Integra una versione base di QCAD per la delineazione del modello geotecnico

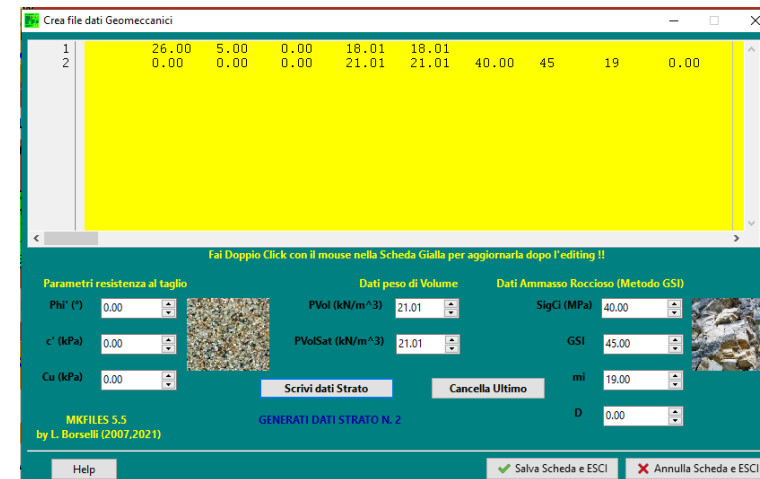


Analisi di stabilità in campo statico

- SSAP2010 - Input geometria e parametri del modello



Geometria
superfici



Parametri
geotecnici e
geomeccanici

Analisi di stabilità in campo statico

- SSAP2010 – Opzioni generali di calcolo

OPZIONI GENERALI per Verifiche di Stabilità SSAP

Coefficiente sismico orizzontale - Kh: 0.000
Coefficiente c=Kv/Kh: 0.500

Kv (negativo)

Fs di Progetto richiesto. Solo per analisi deficit di resistenza: 1.200

NTC2018/EC-7 - ROCCE
 DISATTIVATO
 ATTIVATO

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

METODO DI CALCOLO

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

Esplora spazio(λ , f_0 , f_s) Metodo

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

A (rapido)
 B (rapido e accurato)
 C (più accurato)
 D (molto più accurato)

CONTROLLO STABILITÀ NUMERICA

% Tolleranza stress normali negativi: 10 %

% Tolleranza RHO= $|F_s/F_v| > 1.0$: 100 %

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

Reimposta Valori Standard Stabilizzatore numerico attivo

MOTORE GENERAZIONE E RICERCA SUPERFICI

RANDOM SEARCH (RS)
 CONVEX RANDOM SEARCH (CRS)
 SNIFF RANDOM SEARCH (SRS) 3.0
 NEW RANDOM SEARCH (NRS) 1.0

SOLO PER CONVEX
 Convessità limitata
Delta alpha: 10.00

SOLO PER MOTORE SNIFF RANDOM SEARCH
Steps di scansione: 60
Frequenza attivazione: 0.75

Variante NO-CONVEX SNIFF
No-convex oscillazione masima (gradi): -10.00

ottimizza tracciante discontinuità sottili

TIRANTI - ANCORAGGI

PASSIVI
 ATTIVI Attiva nuova metodologia calcolo automatico mobilizzazione

Distribuzione resistenza
 Rettangolare
 Trapezoidale

PALIFICATE

Metodo calcolo
 ITO-MATSUI (1975) - HASSIOTIS (1997)
 KUMAR-HALL (2006) (+ conservativo)

Applicare nuova metodologia Calcolo Mobilizzazione

Criterio Calcolo Mobilizzazione
 MAX [F_{Pm} , E(x)]
 MIN [F_{Pm} , E(x)]

Fattore di riduzione Fp (NTC2018) (Variare da 1 a 100): 1.00

% di massima mobilizzazione teorica: 100.00 (%)

SMUSSA SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

EFFETTO ATTIVATO
 EFFETTO DISATTIVATO

Opzioni Smussatore

ATTRATTORE DINAMICO RICERCA SUPERFICI
 DISATTIVATO
 ATTIVA Modalità 1
 ATTIVA Modalità 2

TENSION CRACKS TESTA PENDIO

EFFETTO DISATTIVATO
 EFFETTO ATTIVATO

Riempimento Acqua
 No Riempimento Acqua
 Riempimento Acqua

Opzioni Tension Cracks

FILTRAGGIO SUPERFICI
 FILTRARE
 NON FILTRARE

FORZE AGGIUNTIVE PER SUPERFICIE SINGOLA

Forza Ea (alla Base) - kN/m: 0.00
Forza Eb (in Testa) - kN/m: 0.00

PRESENZA DI OSTACOLO INTERNO
 CON OSTACOLO
 SENZA OSTACOLO

HELP

Analisi di stabilità in campo statico

- SSAP2010 – Vincoli geometrici superficiali di scorrimento

PARAMETRI GEOMETRICI VERIFICHE DI STABILITA'

LUNGHEZZA MEDIA (m) SEGMENTI DELLE SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO 2.40

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI INIZIO

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) ZONA DI INIZIO (m) 1.20

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) ZONA DI INIZIO (m) 55.20

QUOTA (Y₀) ZONA PROIBITA INFERIORE (m) 0.00

DEFINIZIONE DELLA ZONA DI TERMINAZIONE

ASCISSA LIMITE SINISTRO (X1) DI TERMINAZIONE (m) 7.20

ASCISSA LIMITE DESTRO (X2) DI TERMINAZIONE (m) 58.80

NUMERO MASSIMO SUPERFICI DA GENERARE 10000

COORDINATE OSTACOLO

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

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

HELP OK Cancel



Analisi di stabilità in campo statico

- SSAP2010 – Output

SSAP 2010 (versione 5.0.2 - 2021)
SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM
release 5.0.2 (c) (1991-2021)
 Build No. 12007 Windows 64 Bit
 by Dr. Geol. Lorenzo Borselli, Ph.D.
 lborselli@gmail.com
<https://www.lorenzo-borselli.eu>

AVVIO VERIFICA
 VERIFICA GLOBALE
 VERIFICA SINGOLA

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

MODELLO PENDIO
 LEGGI MODELLO
 Attiva preprocessing fase 2
 VEDI MODELLO
<https://WWW.SSAREU>
 HELP
 ESCI dal PROGRAMMA

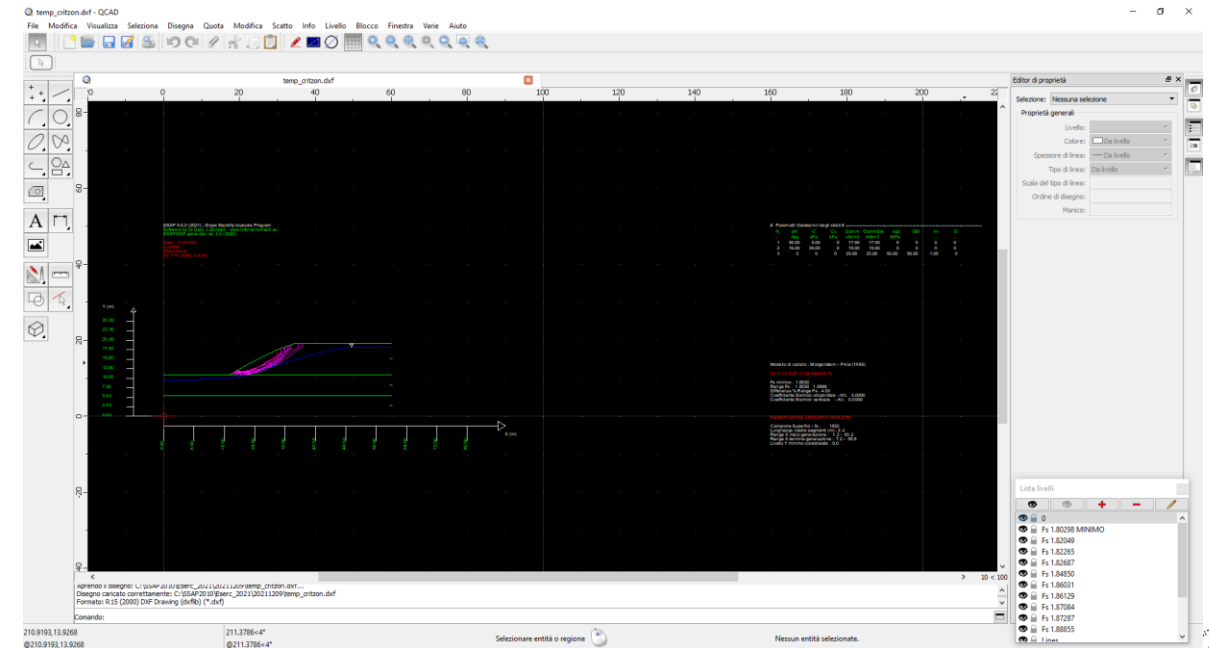
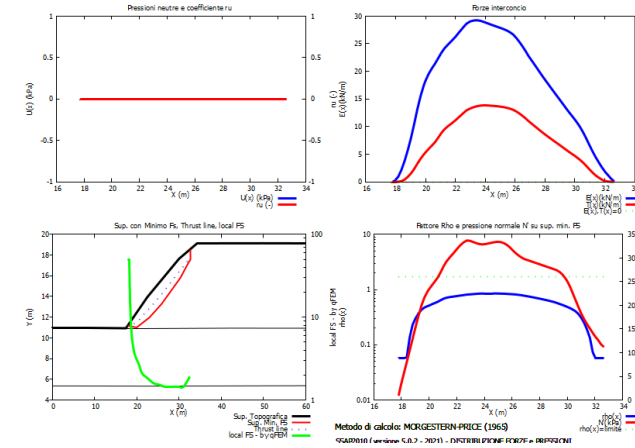
MODELLO PENDIO: Eserc. 2021_model A modifica valle&monte_v1.mod
MODELLO DI CALCOLO: Morgenstern - Price (1965)
COEFFICIENTI SISMICI: ORIZZONTALE (K_h): 0.0000
 VERTICALE (K_v): 0.0000 (K_v assunto con segno positivo)

PARAMETRI ATTIVI PER GENERAZIONE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA SUPERFICI Random Search (RS)
 ZONA DI INIZIO - Progressive - (m): da 1.20 a 55.20
 ZONA DI TERMINAZIONE - Progressive - (m): da 7.20 a 58.80
 QUOTA LIMITE INFERIORE (m): 0.00
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI - (m): 2.40
 SMUSSA SUPERFICI: Disattivato
 EFFETTO TENSION CRACKS: Attivato
 RICERCA CON ATTRATTORE DINAMICO: Attivato M1 METODO (lambda=0, F_{s0}): Δ

RISULTATI IN TEMPO REALE
Fs ITERATIVO: 2.9464
Fs Min.
INTERVALLO Fs delle 10 SUPERFICI CON MINOR Fs: 1.7192 - 1.7587
 n. SUPERFICI GENERATE e VERIFICATE: 7675 di 10000
 % EFFICIENZA GENERAZIONE SUPERFICI e % STABILITÀ NUMERICA: 66.301 -- 98.89

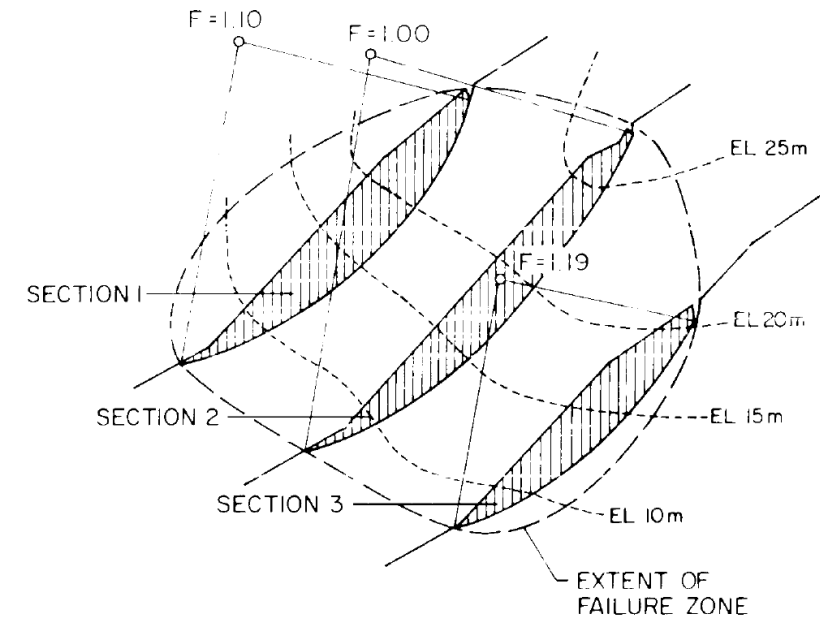
PERCENTUALE SUPERFICI COLTE: 76.75

STRUMENTI
 GENERA REPORT VERIFICA
 GENERA FILES DXF
 ESPORTA SUPERFICI
 CAMBIA PAR. GEOTECNICI
 EDITA FILES
 MAKEFILES 5.5
 File SSAP2010.INI



Analisi di stabilità in campo statico

- Calcolo $F_{s(MIN)}$ per diverse sezioni rappresentative del modello geotecnico
- Analisi degli effetti su $F_{s(MIN)}$ e sulla **posizione/geometria** della superficie critica di:
 - Diverse configurazioni della superficie piezometrica
 - Diverse combinazioni dei parametri fisico-meccanici di input
 - Verifica rispetto alla valutazione di stato di attività basata su criteri geomorfologici



Sevaldson (1956)

Grazie per l'attenzione!!!

