

Convegno

INGEGNERIA NATURALISTICA IN AMBITO MEDITERRANEO

Roma - 6 ottobre 2017

**Ingegneria naturalistica e aspetti geotecnici:
la mitigazione degli effetti dell'acqua
sulla stabilità dei pendii**

Ing. Ph.D. Ferdinando Totani



Prof. Ing. Gianfranco Totani
Università dell'Aquila



Ingegneria naturalistica e aspetti geotecnici

Per stabilizzare una frana in atto, o comunque per aumentare il F_s di un pendio o di una scarpata o di una sponda occorrono interventi.

Ogni intervento (sia che impieghi solo materiali artificiali, sia che impieghi solo materiali naturali, sia che impieghi entrambi), sia d'urgenza o sia definitivo, necessita a monte delle seguenti attività:

**Indagini geologiche / geofisiche
/ geotecniche / topografiche**



Indagini geotecniche e misure di monitoraggio

Hanno lo scopo:

- **di definire il modello geotecnico di sottosuolo ovvero lo schema fisico-meccanico-interpretativo del fenomeno;**
- **di procedere alle verifiche di stabilità del pendio nelle condizioni precedenti l'intervento di stabilizzazione.**

Le verifiche di stabilità vanno intese come diagnosi e come tali sono il presupposto delle terapie (interventi).

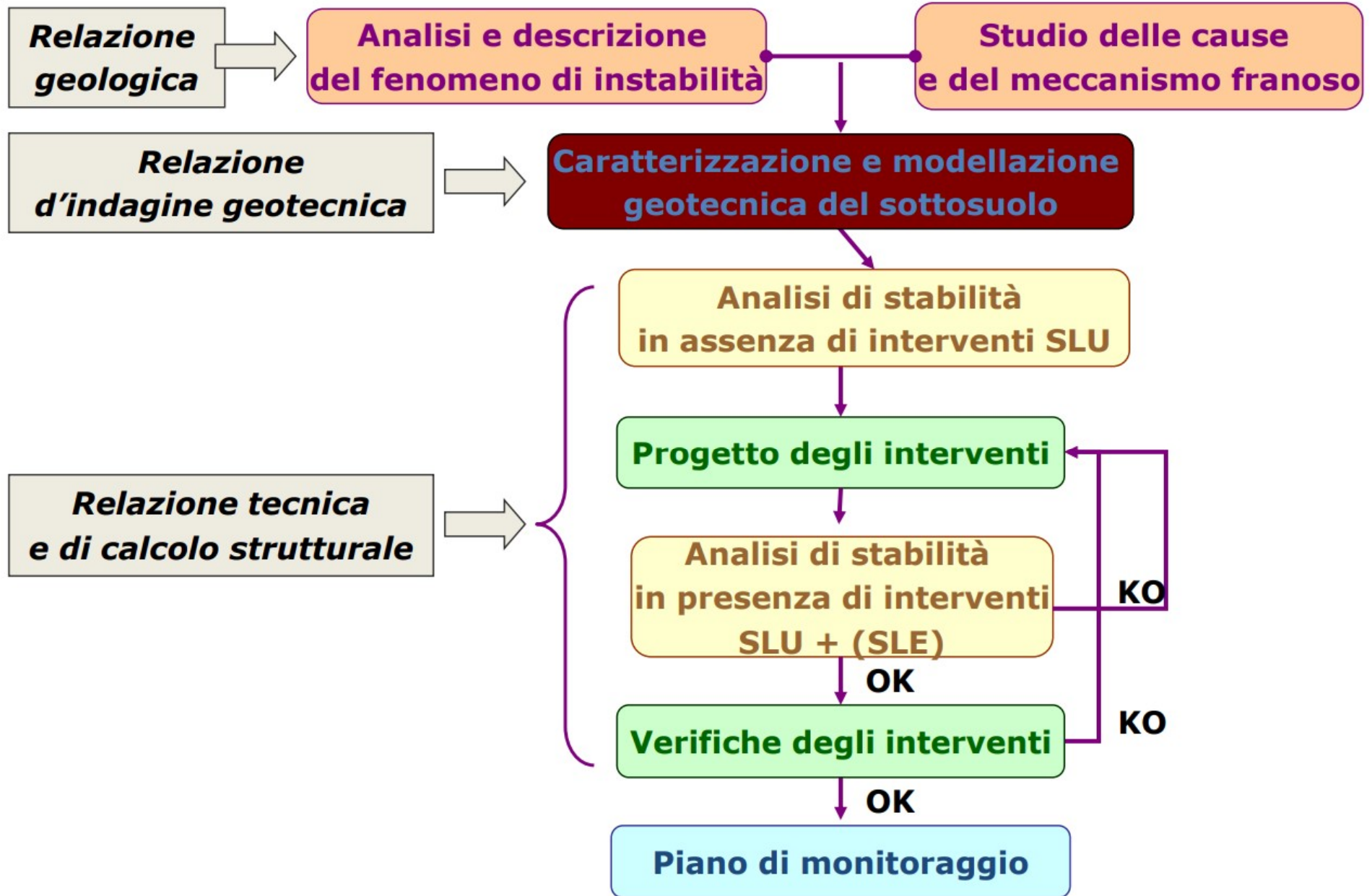
Senza una diagnosi corretta si rischia una terapia inefficace oppure con gravi controindicazioni oppure sovradimensionata (con conseguenti aumenti dei costi).



In sintesi

Prima di prendere dei provvedimenti per la stabilizzazione di un pendio instabile è necessario:

modellare il fenomeno di instabilità del pendio a sua volta indagato con prove geotecniche in sito e in laboratorio



**EFFETTI
DELL'ACQUA
SULLA
STABILITA'
DEI PENDII**



EFFETTI DELL'ACQUA

Gli effetti dovuti all'acqua sono quelli che maggiormente governano il fattore di sicurezza dei pendii.

Con il termine “effetti dell'acqua” si intendono le conseguenze in termini di azioni meccaniche, fisico-chimiche e chimiche dovute all'acqua presente nel terreno.

A parità di ogni altra condizione, una variazione della pressione neutra determina una variazione della resistenza al taglio del terreno e di conseguenza del coefficiente di sicurezza.

Ciò spiega e giustifica la stretta correlazione tra eventi meteorici e frane.

EFFETTI DELL'ACQUA SULLA STABILITA' DEI PENDII

PROCESSO

- a)** Incremento della pressione interstiziale
- b)** Erosione interna
- c)** Softening (rammollimento)
- d)** Weathering (alterazione)
- e)** Collasso strutturale

CONSEGUENZE

- Riduzione della resistenza al taglio
- Variaz. della permeabilità
- Riduzione dei parametri di resistenza al taglio
- Modifiche delle caratt. Fisico-chimiche e mecc.
- Variazione permeabilità e riduzione resist. al taglio

EFFETTI DELL'ACQUA SULLA STABILITA' DEI PENDII DELL'APPENNINO

Molti versanti dell'Appennino sono stabili con fattori di sicurezza di poco superiore all'unità, e perciò ogni azione non usuale che incrementa le forze destabilizzanti o diminuisce la resistenza (forti terremoti, piogge intense inusuali, rottura di condotte idriche, carichi nella parte alta di pendio, scavi nella parte bassa) può innescare scorrimenti e frane.

L'acqua è quasi sempre l'agente che contribuisce alla rottura dei pendii dell'Appennino.

Il drenaggio è senza dubbio il trattamento correttivo più generalmente utilizzato per stabilizzare le frane o per aumentare il fattore di sicurezza dei pendii non ancora franati.

Immagine aerea della frana Covatta (14 maggio 1996)

Alla data di riferimento dell'evento, la frana presentava le seguenti caratteristiche:

Sviluppo longitudinale: $\approx 1.400\text{m}$

Perimetro: 3.410m

Area interessata: $27,06$ ettari

Volume di terreno mobilitato: $\approx 2.000.000\text{m}^3$

Larghezza media: $\approx 240\text{m}$

Spessore medio: $\approx 12\text{m}$

Inclinazione media: $\approx 12^\circ$

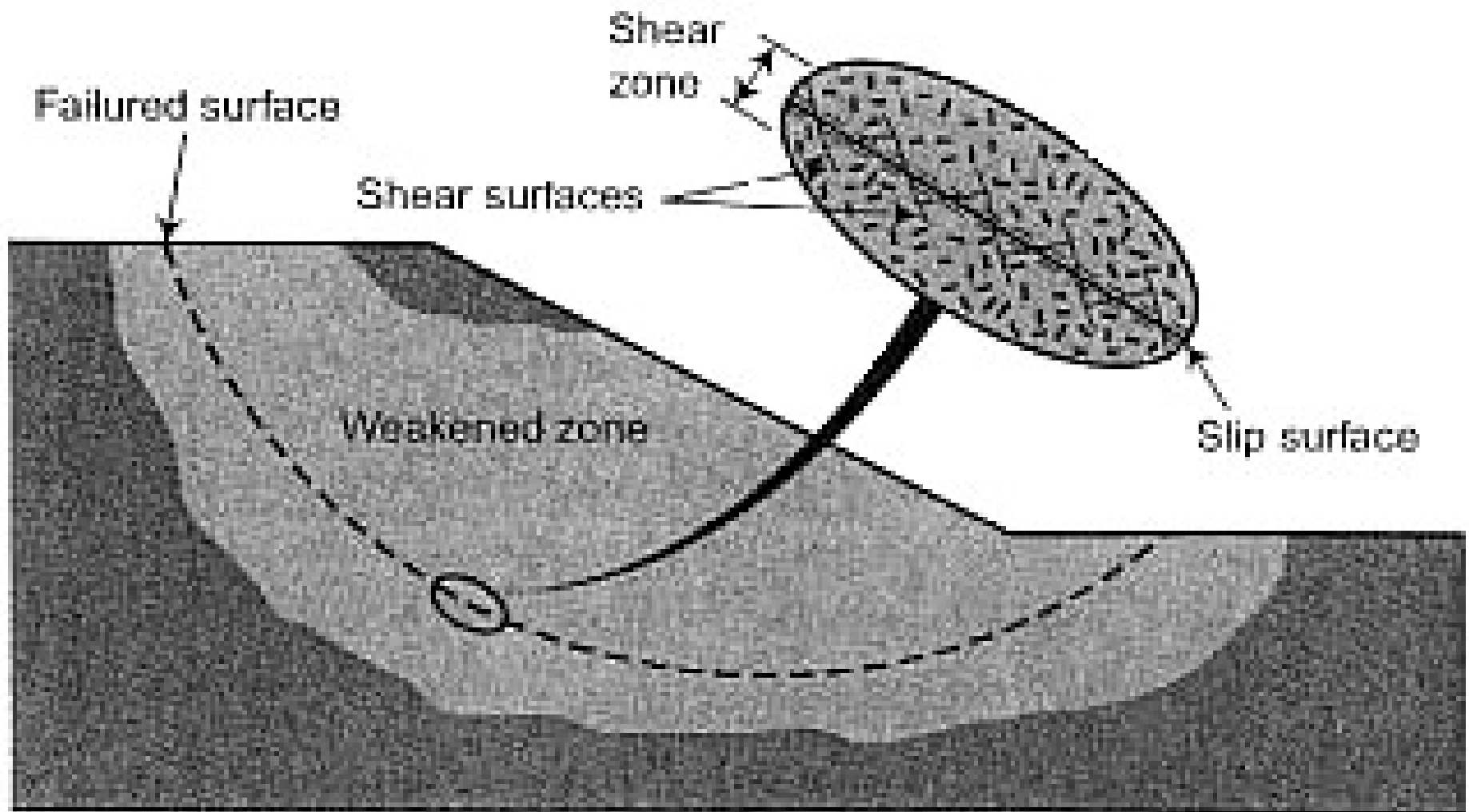


ZONE DI DEBOLEZZA

- Studi recenti (Leroueil e Vaughan, 1990) mostrano che significative zone di un pendio possono raggiungere la rottura locale prima o senza il manifestarsi della rottura generale.
 - Ciò è stato osservato nei pendii naturali di precarie condizioni di stabilità ed è stato confermato recentemente da diversi studi basati su indagini geotecniche in sito.
 - Gli studi hanno altresì messo in evidenza che la superficie di rottura si sviluppa all'interno di tali zone
- Esse vengono indicate come zone di debolezza**

ZONE DI DEBOLEZZA

L'individuazione delle zone di debolezza e delle superfici di scorrimento preesistenti è di grande importanza per la diagnosi di stabilità di un pendio



INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DI DEBOLEZZA

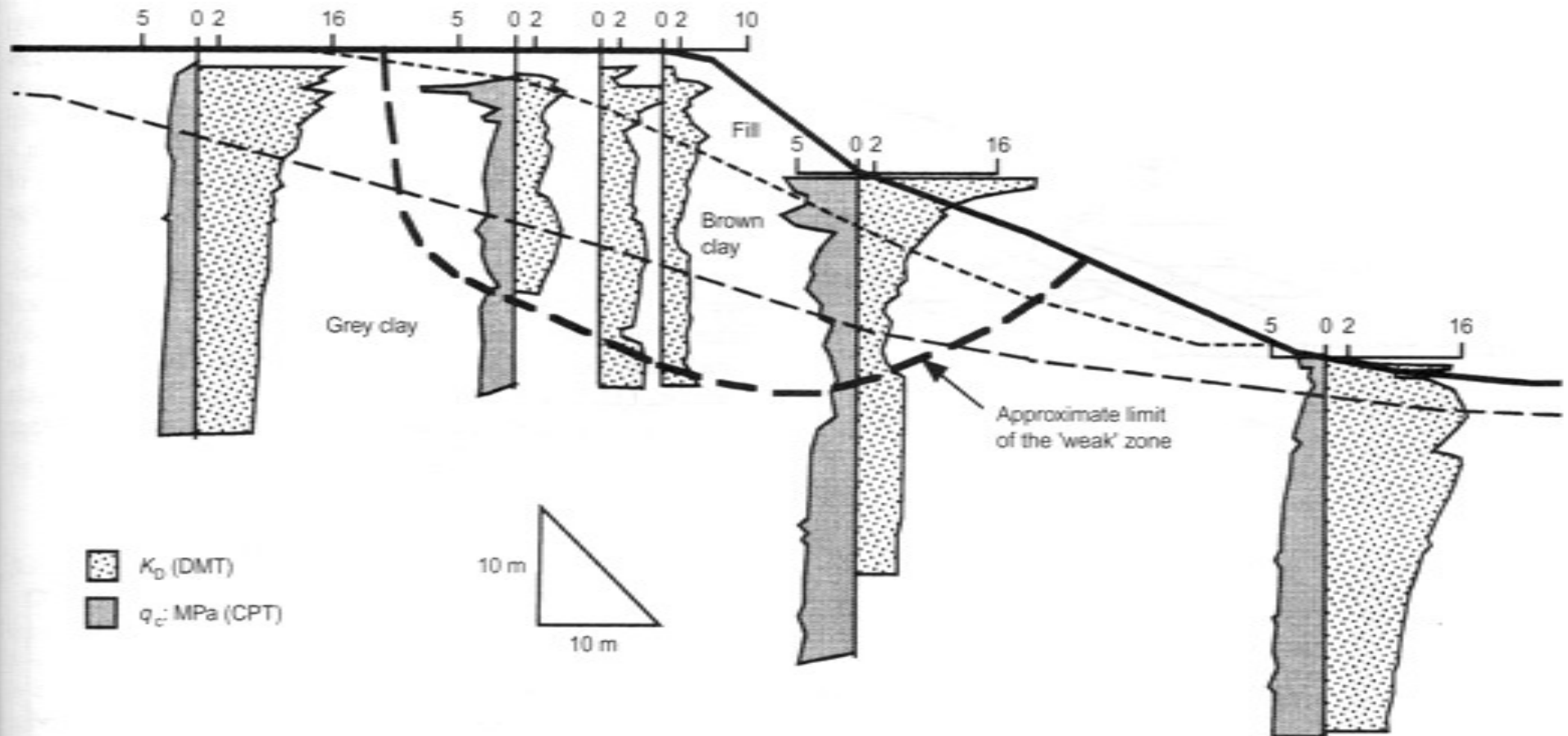


Fig. 58 Fig. 58: CPT(q_c) and DMT (K_D) profiles at Chieti, Italy (after Totani *et al*1997)

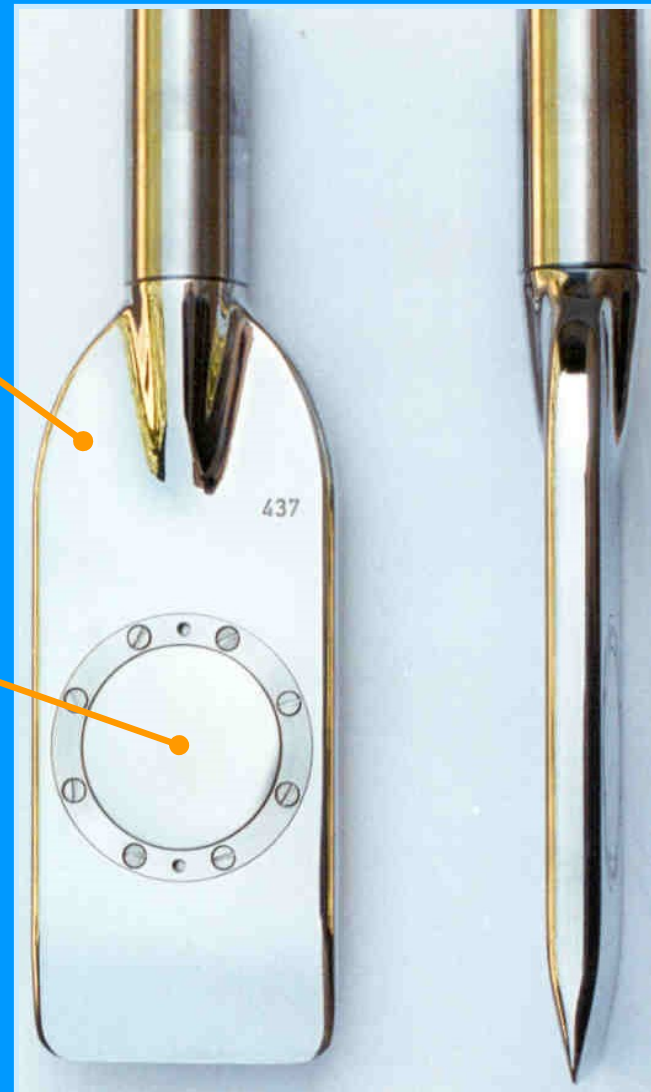
La Fig.58 è tratta dalla Rankine lecture di S. Leroueil (2001).

Géotechnique 51 No. 3 197-243

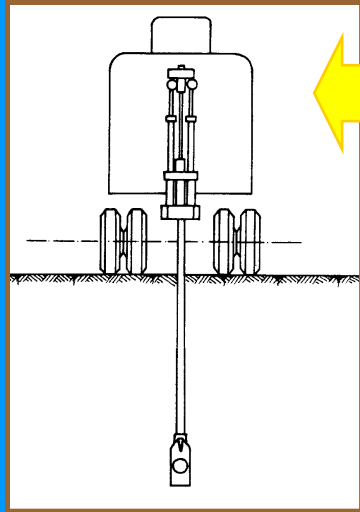
IL DILATOMETRO PIATTO

lama in acciaio inox

**membrana circolare
piatta espandibile
montata su un lato a
pari livello con piano
lama**



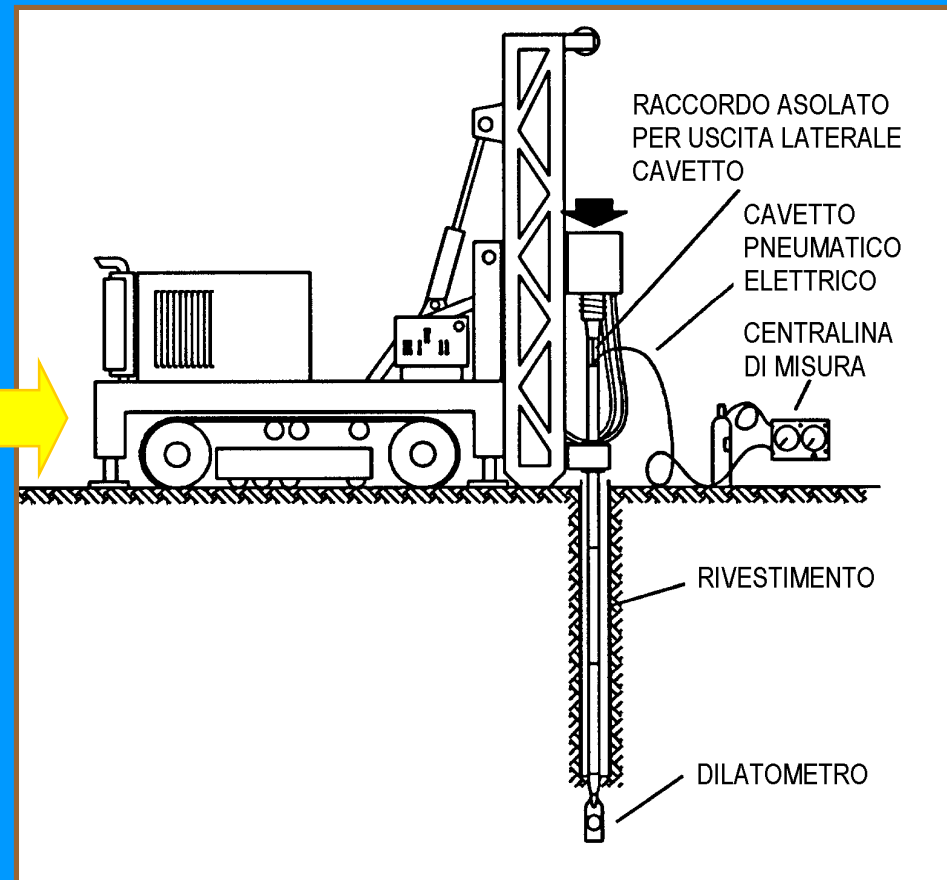
ATTREZZATURE per INSERIMENTO DMT



**INSERIMENTO DMT
MEDIANTE PENETROMETRO**

**INSERIMENTO DMT
MEDIANTE SONDA**

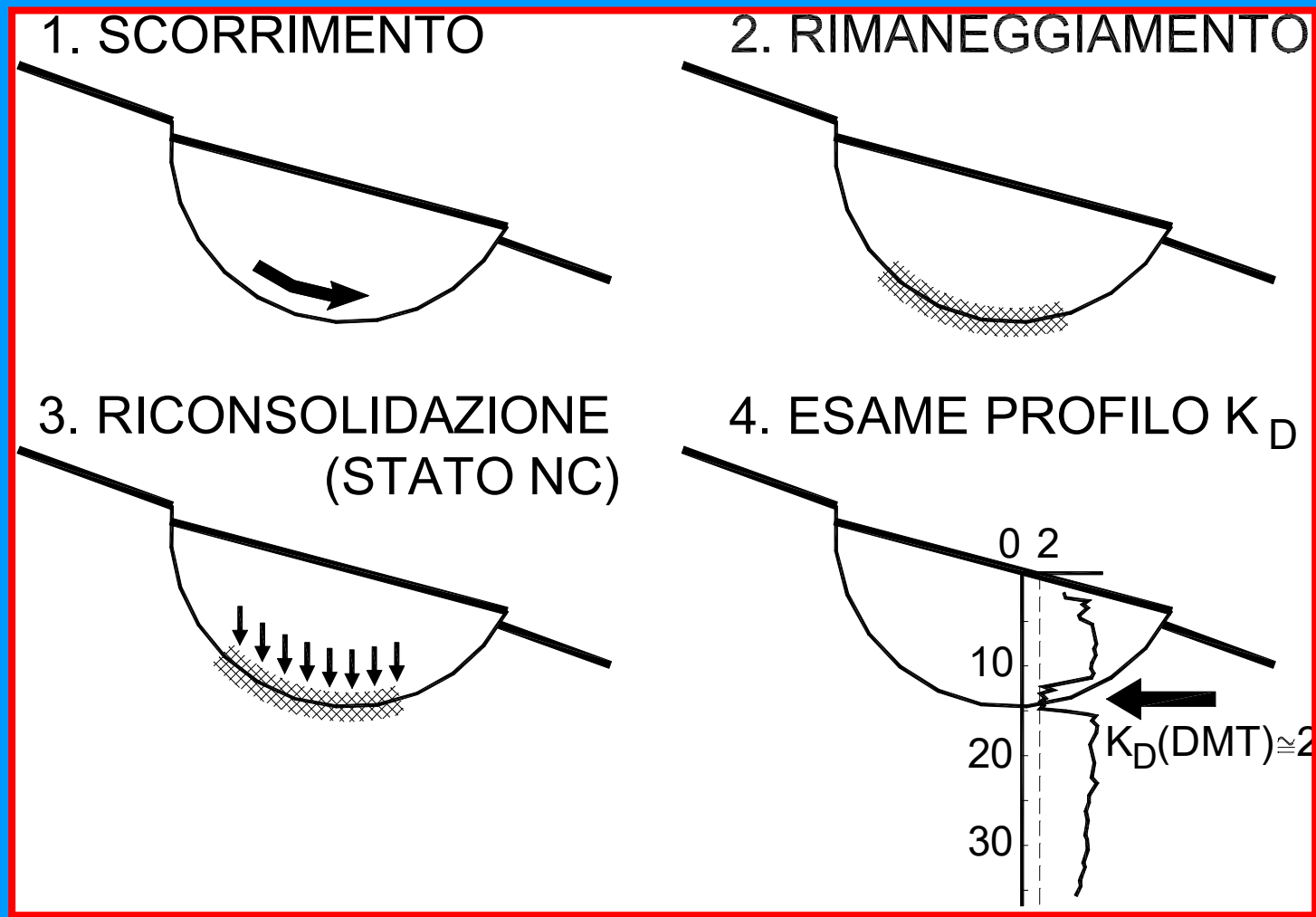
**Infissione DINAMICA (ad es.
SPT) ammessa (tranne sabbie
sciolte e argille sensitive) ma
non raccomandata**



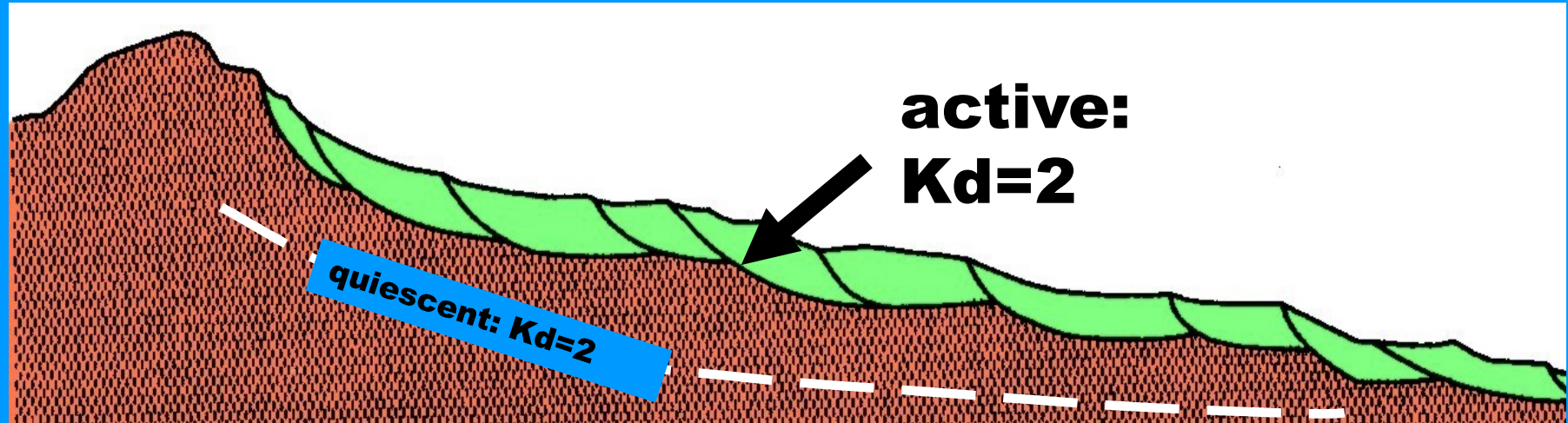
VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FRANA

INDIVIDUAZIONE DI SUPERFICI DI SCORRIMENTO

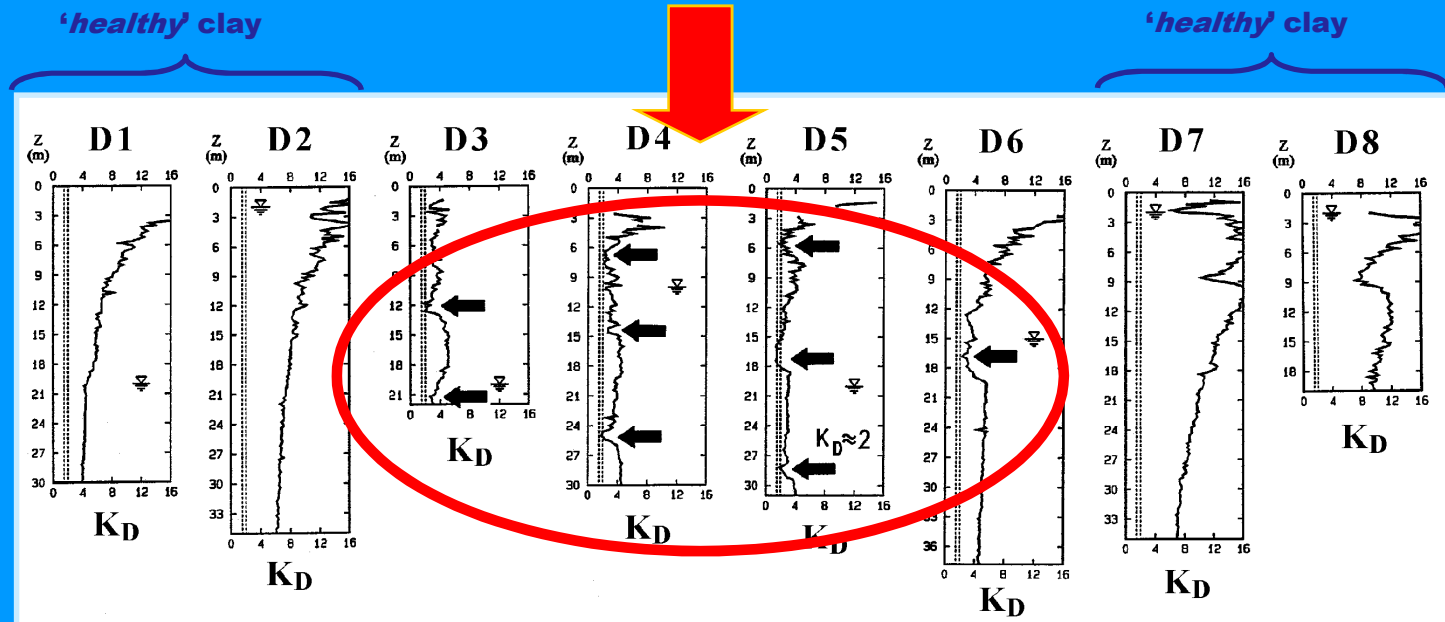
IN PENDII IN ARGILLE SOVRACONSOLIDATE (OC)



Reconstruction of multiple slip surfaces



infected clay ($K_p \approx 2$ due to active/quiescent slip surfaces)



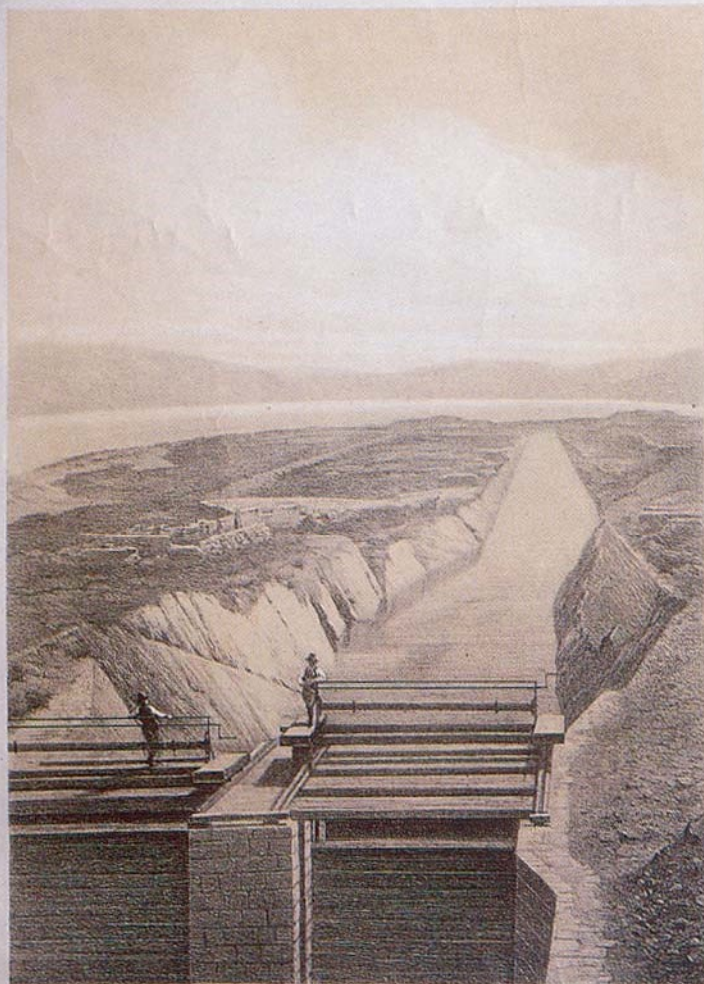
Gli interventi di restauro funzionale e riqualificazione ambientale del Canale Collettore Principale della Piana del Fucino

Gli interventi di restauro funzionale e riqualificazione ambientale del Canale Collettore Principale della Piana del Fucino





DESSÈCHEMENT DU LAC FUCINO.



L. CREMONA. del.

del. M. BIGNON. & TONIN.

*Canal provisoire d'écoulement portant les eaux du Lac
à l'Emissaire de Claude.*

DESSÈCHEMENT DU LAC FUCINO.



L. CREMONA. del.

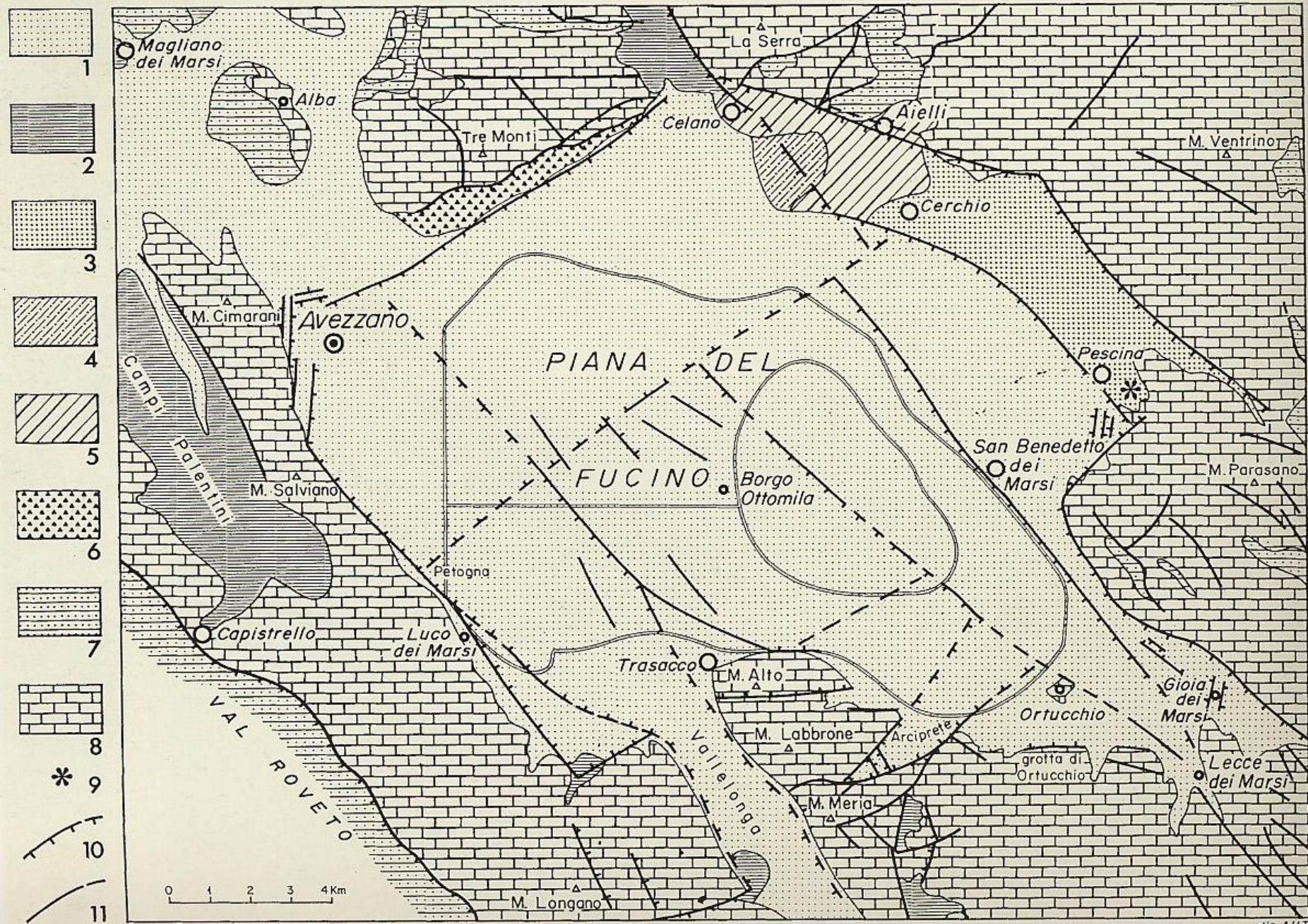
del. M. BIGNON. & TONIN.

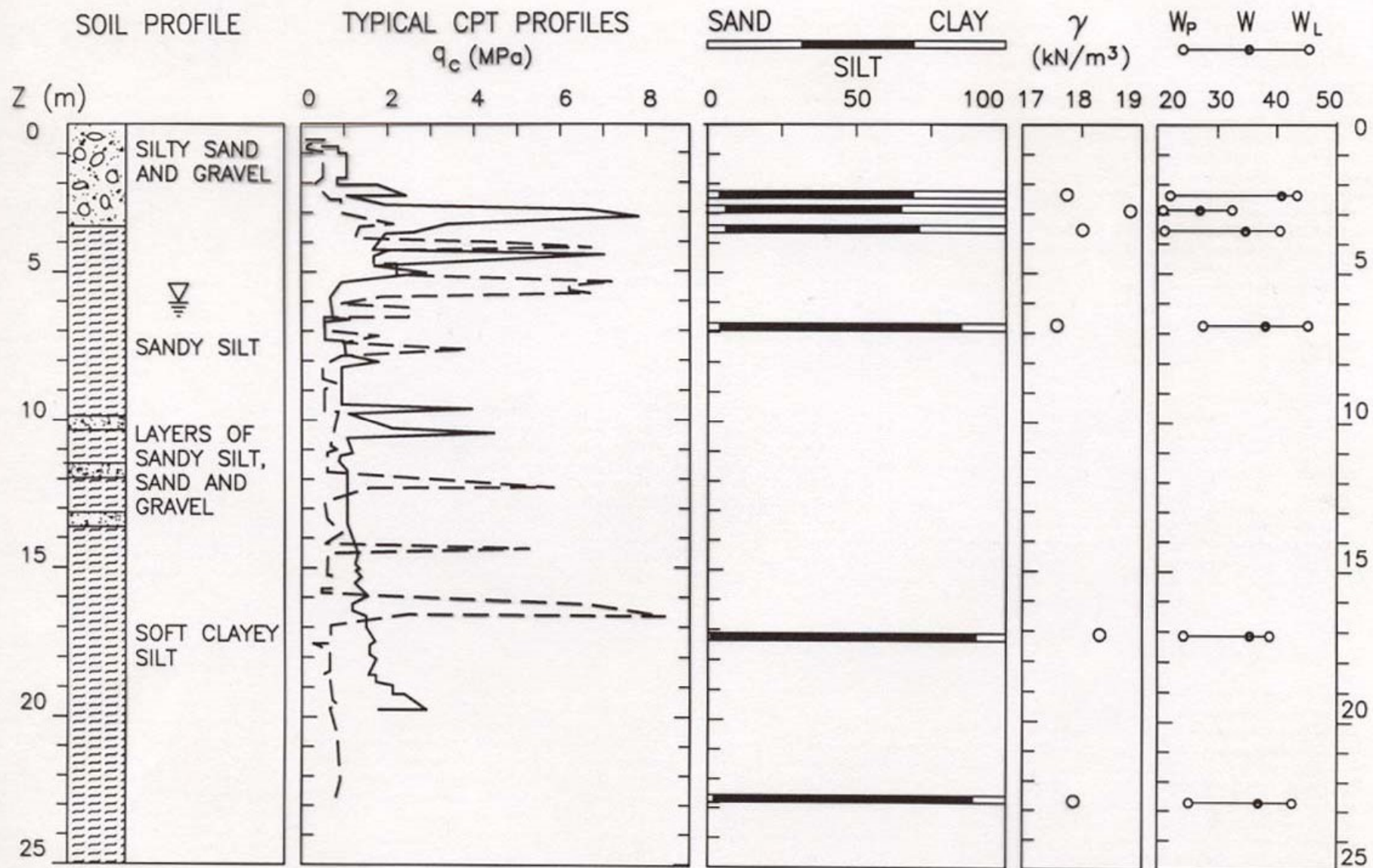
Entrée du Canal provisoire de l'Emissaire de Claude.



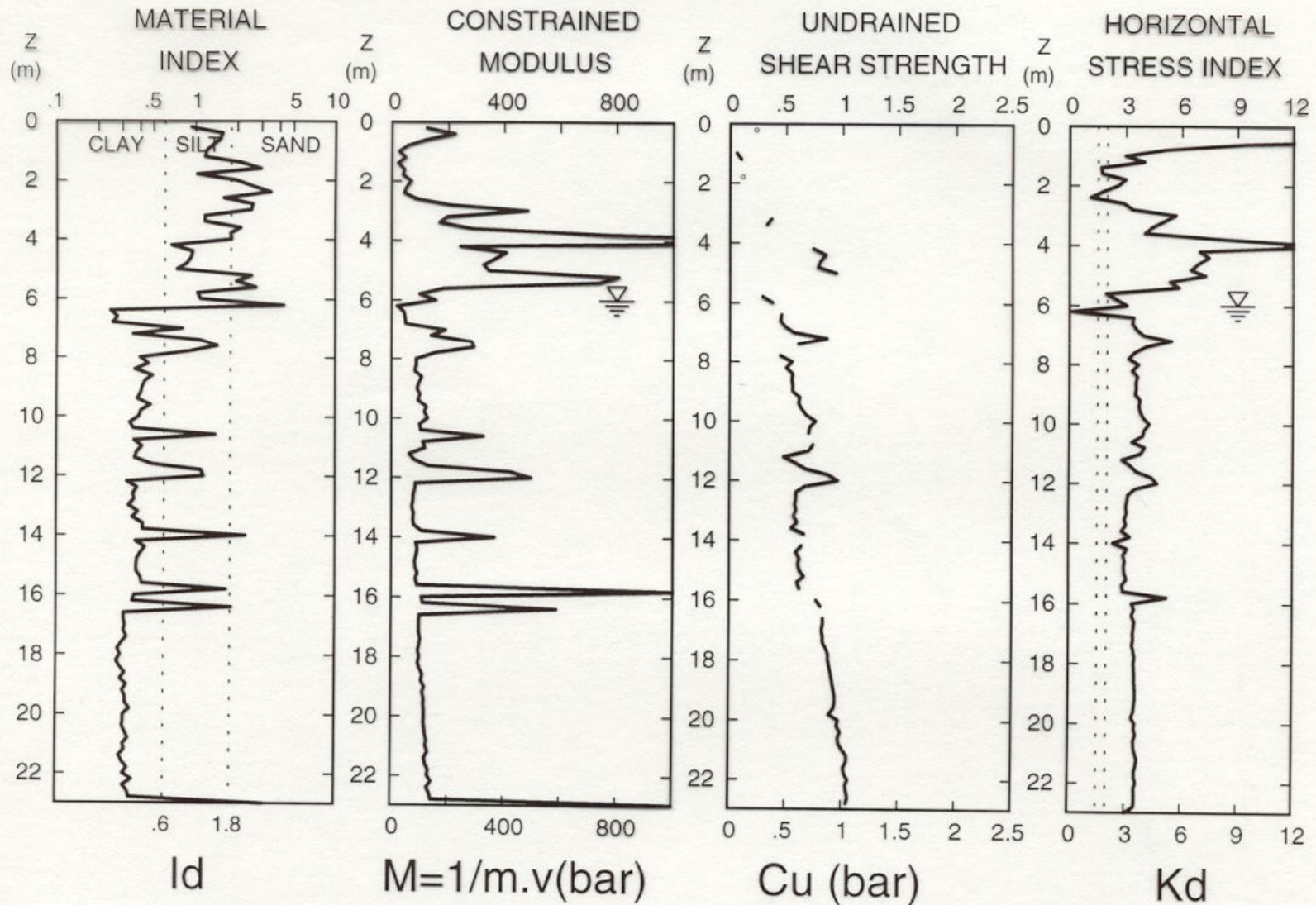


**Sponde del canale
collettore principale
interessate da
frequenti e ripetuti
fenomeni di instabilità**



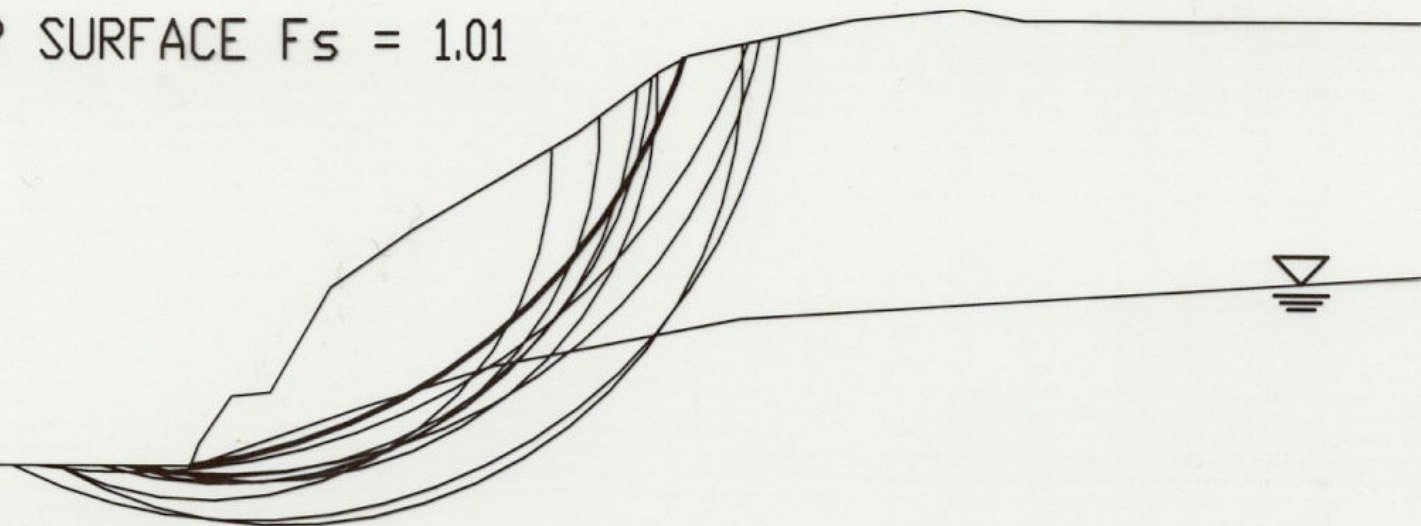
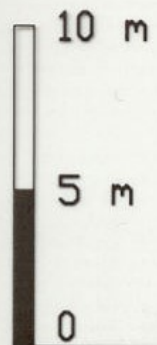


TYPICAL DMT PROFILES



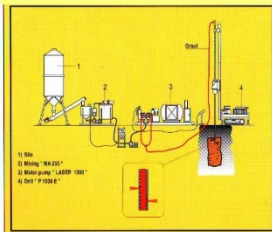
LOCATION OF SLIP SURFACES FROM THE BACK ANALYSIS (CURRENT CHANNEL SECTION)

— SLIP SURFACE $F_s = 1.01$

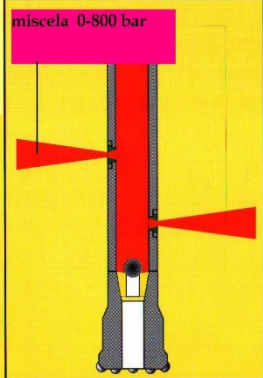


JET-GROUTING: METODI ESECUTIVI

SISTEMA MONOFLUIDO

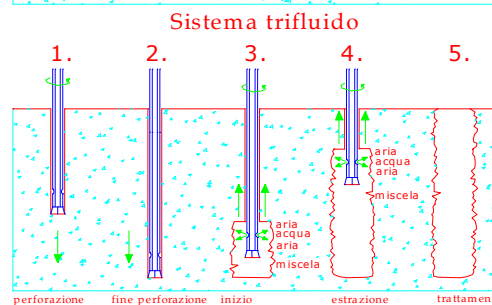
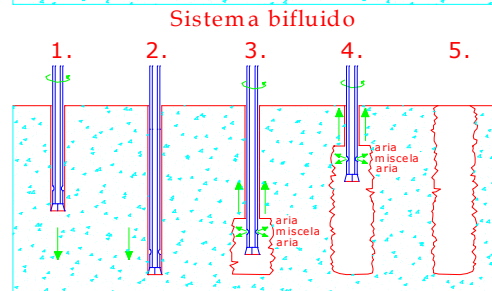
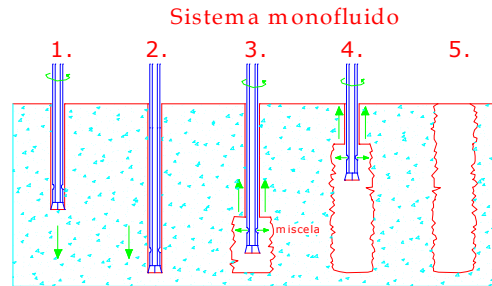
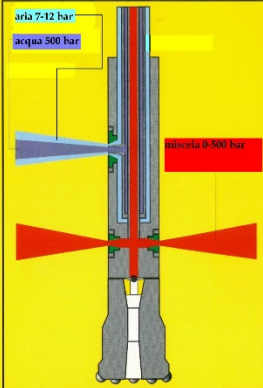
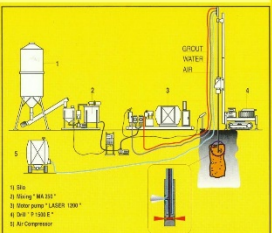


soil consolidation and waterproofing with HIGH SPEED
GROUT injection through nozzles of a mono drill rod

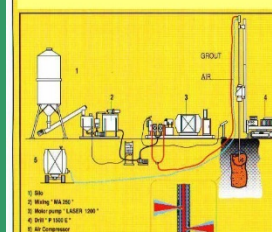


SISTEMA	A/C
MONOFLUIDO	0,7 - 2,5
BIFLUIDO	0,7 - 2,0
TRIFLUIDO	0,7 - 1,5

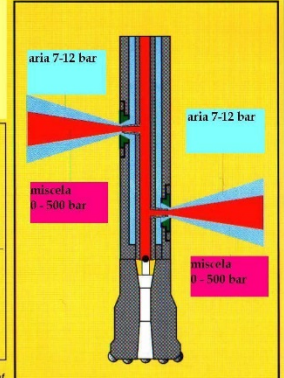
SISTEMA TRIFLUIDO



SISTEMA BIFLUIDO (miscela-aria)



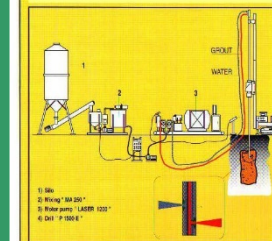
soil consolidation and waterproofing with HIGH SPEED
GROUT + AIR injection through concentric-double nozzles of a concentric-double drill rod



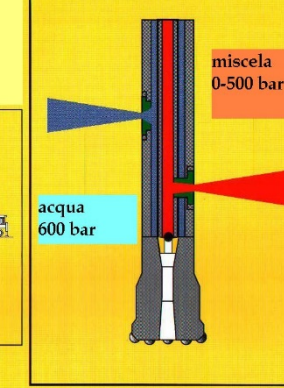
PRESSIONE [MPa]

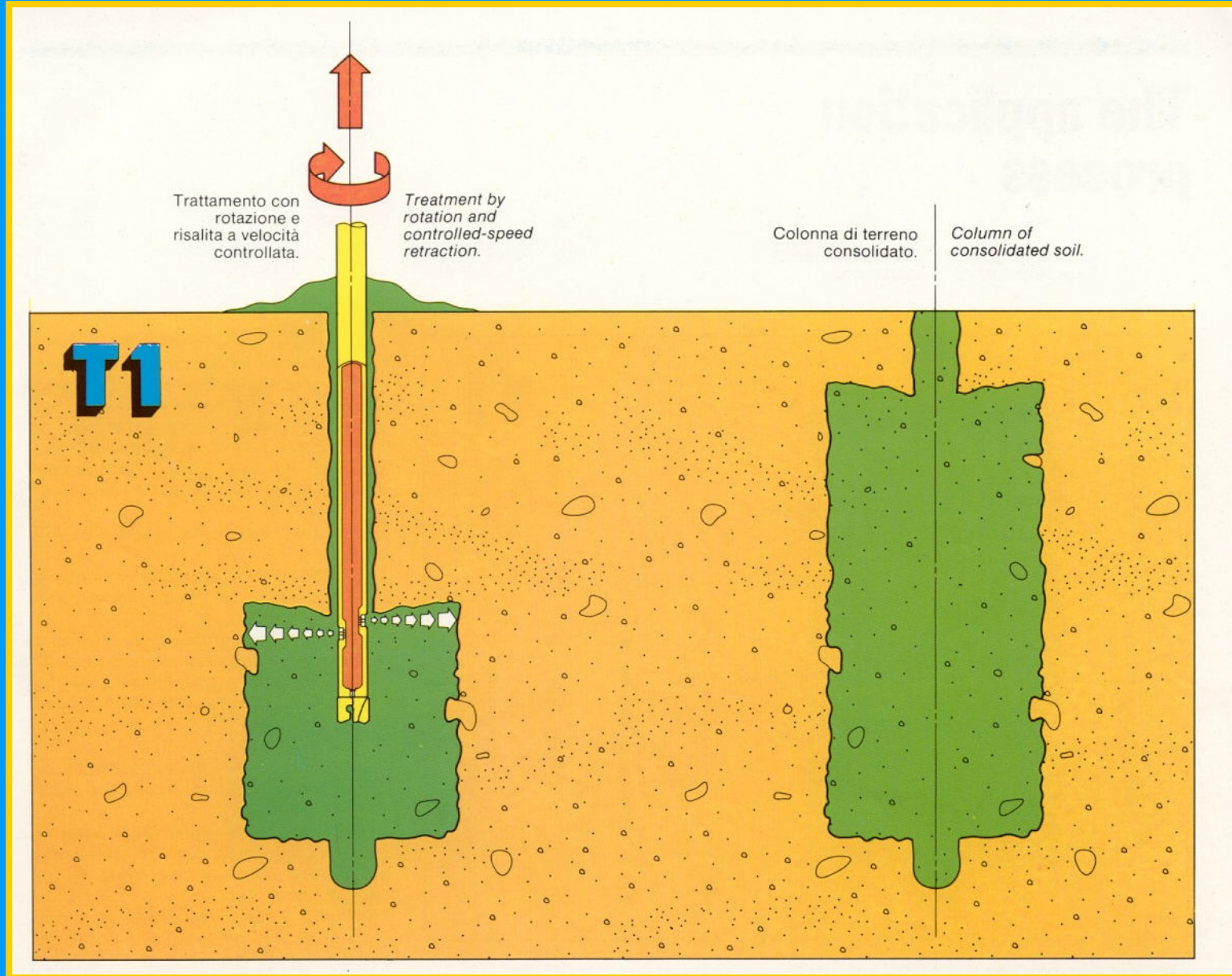
sistema	miscela	aria	acqua
monofluido	25-60		
bifluido	25-60	0,5-0,6	
trifluido	1,5-4	0,5-0,6	30-60

SISTEMA BIFLUIDO (miscela-acqua)



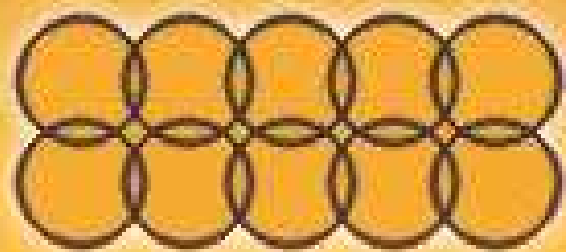
soil consolidation and waterproofing with HIGH SPEED
GROUT + WATER injection through concentric-double nozzles of a concentric-double drill rod







Single Range Columns Aggregation



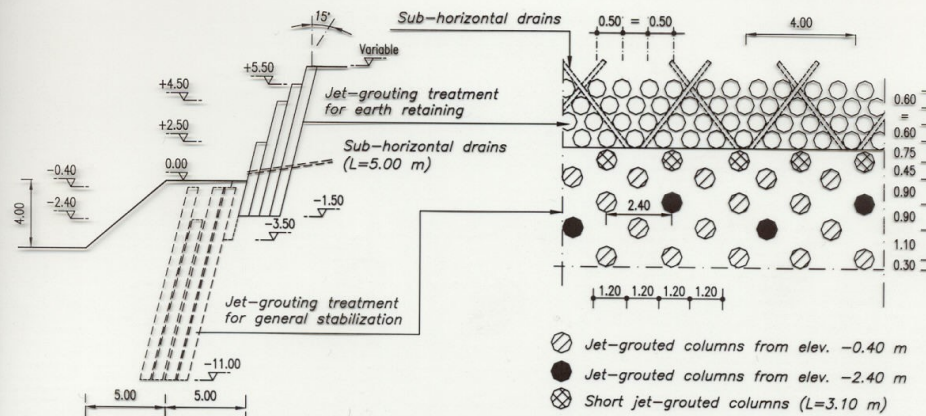
More Ranges Columns Aggregation

Borehole
75-150 mm.

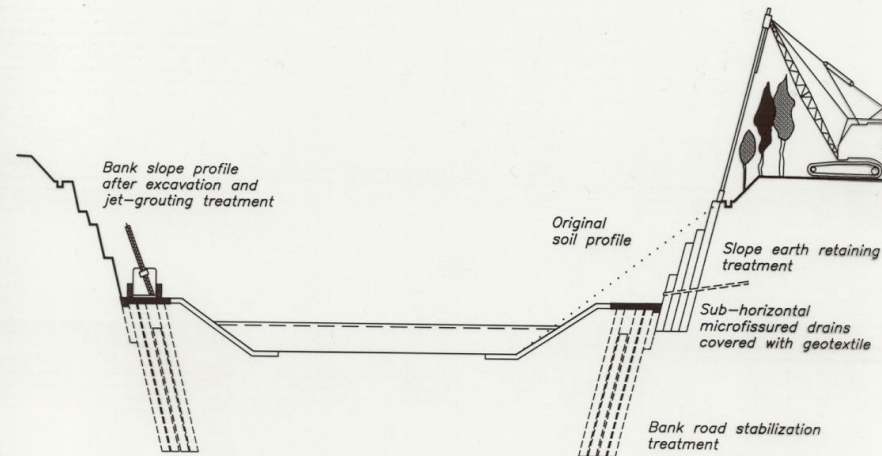
Sliding
Surface

Landslide Deep Consolidation
by Jet Grouting Technology

STABILIZATION WORKS BY JET-GROUTING

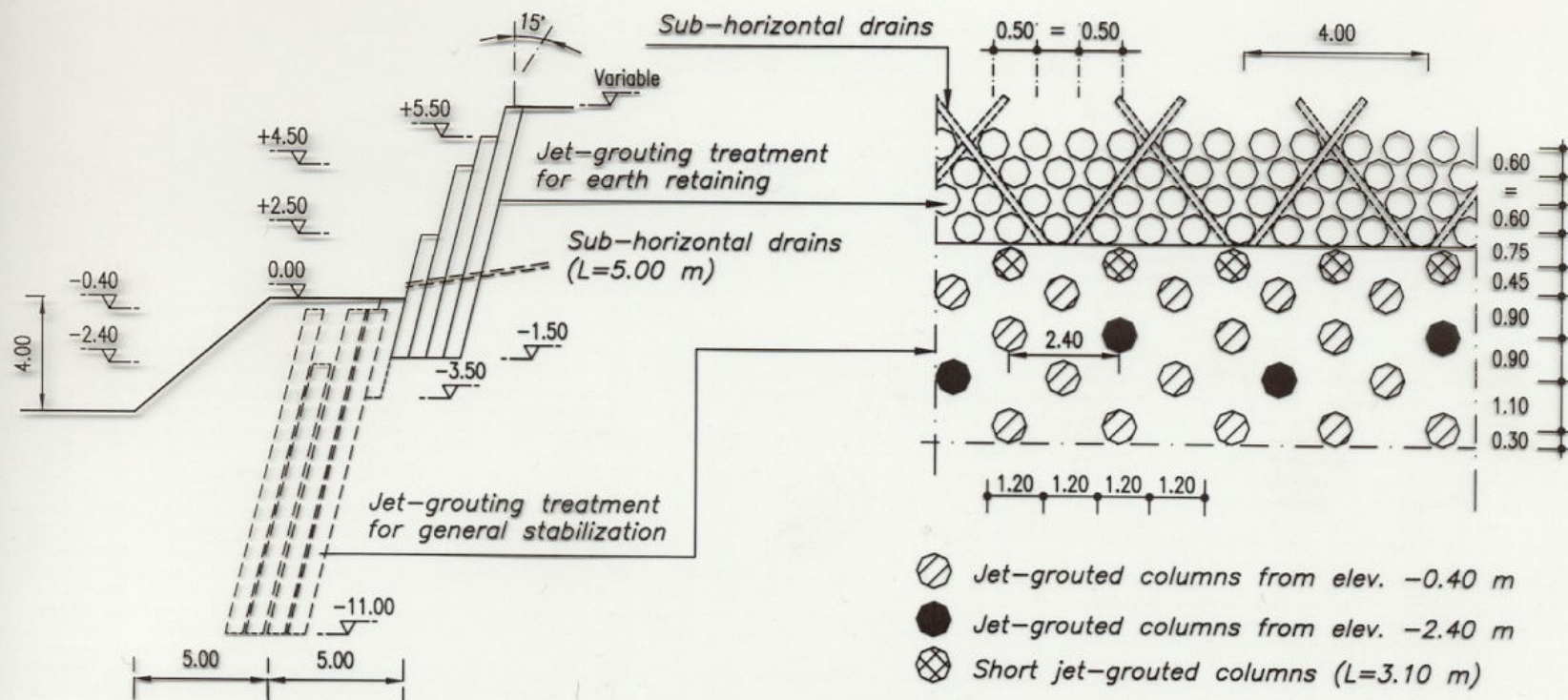


PLAN AND SECTION VIEW

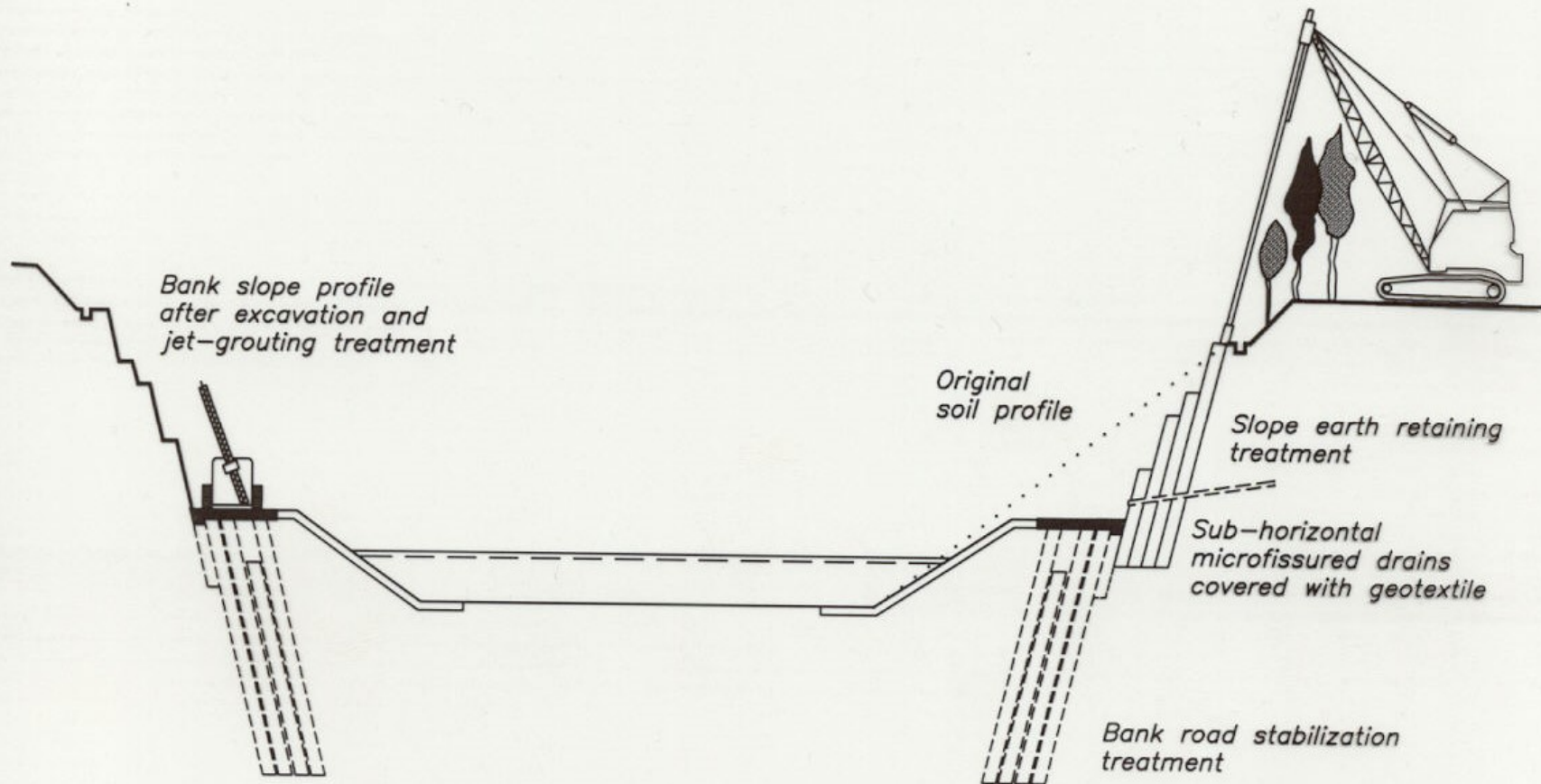


CONSTRUCTION SEQUENCE

STABILIZATION WORKS BY JET-GROUTING



PLAN AND SECTION VIEW



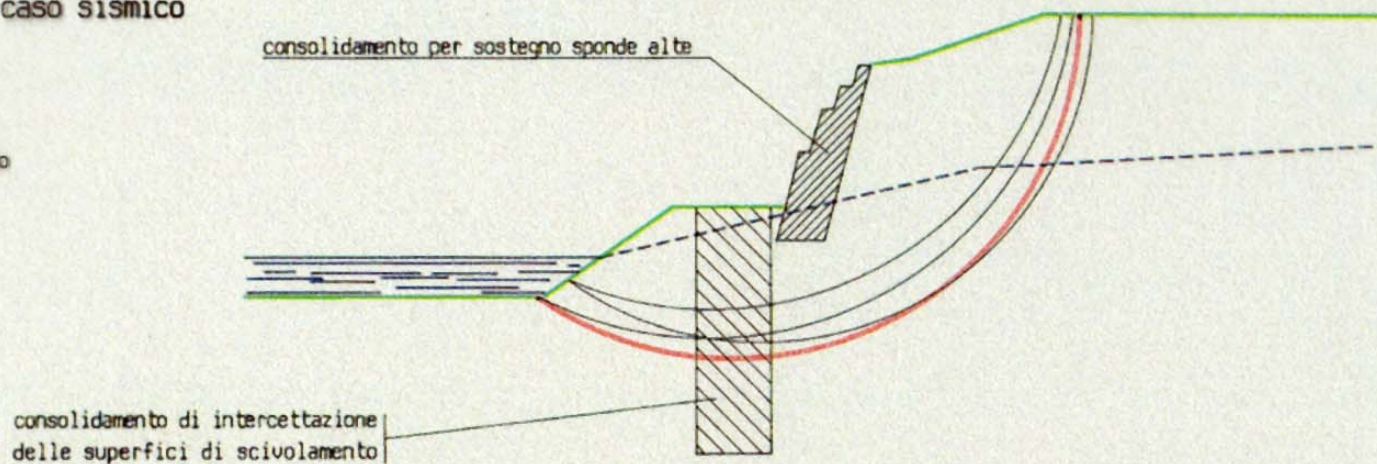
CONSTRUCTION SEQUENCE

VERIFICA STABILITA' GLOBALE

SEZ. 43 dx - scarpata - caso sismico

Coefficiente sicurezza
superficie critica di scivolamento

— $F_s = 1.22$



VERIFICA STABILITA' GLOBALE

SEZ. 43 dx - max. piena

Coefficiente sicurezza
superficie critica di scivolamento

— $F_s = 1.56$

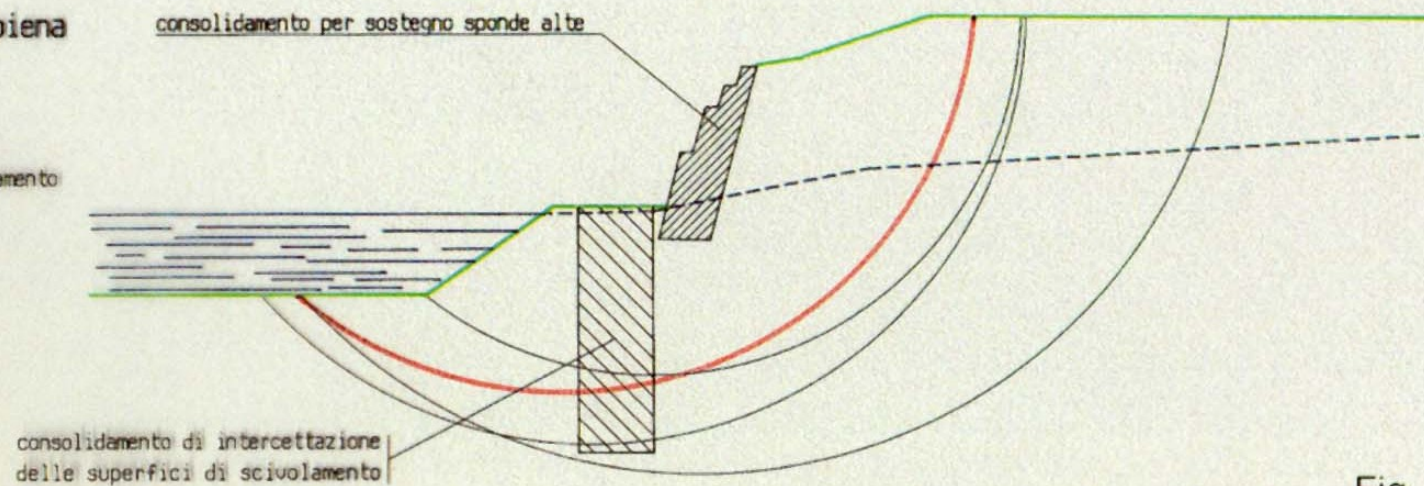


Fig. 5





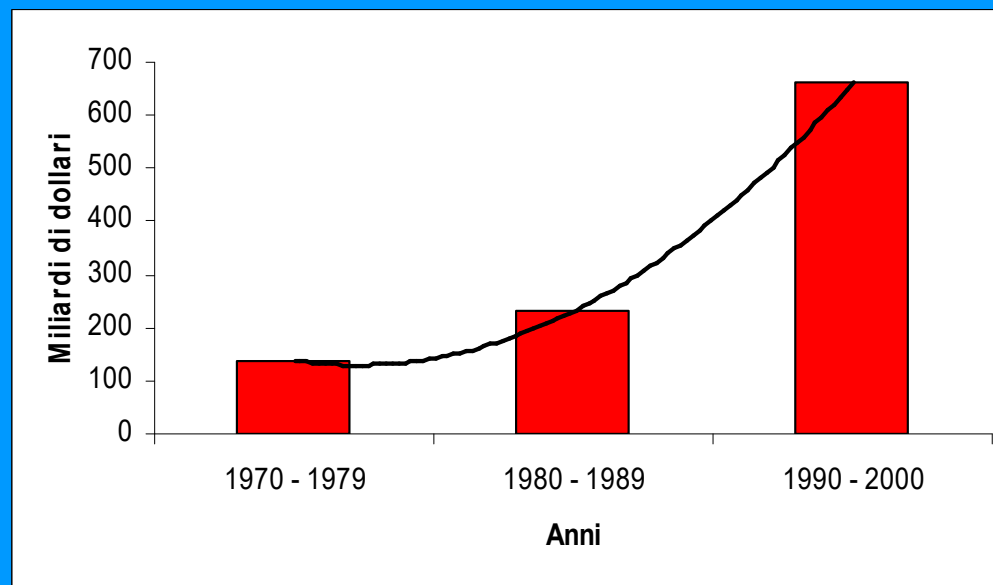
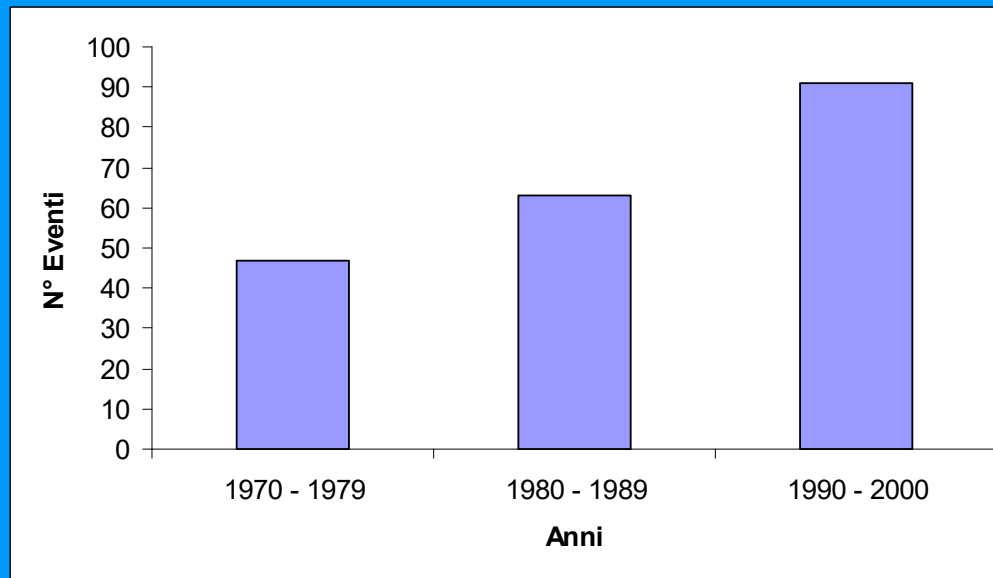






CONSIDERAZIONI FINALI

Numero di eventi catastrofici e danni economici



CONSIDERAZIONI FINALI

“Mitigare” è l'esigenza forte che oggi si pone

**Ricondurre il rischio di frana
entro limiti economicamente e
socialmente accettabili
attraverso**

- Individuazione delle aree a rischio di frana**
- Individuazione degli interventi per la mitigazione del rischio**



*La protezione
dei terreni, delle
risorse
sotterranee e
delle risorse
idriche sarà il
compito
primario
dell'ingegneria
geotecnica e
dell'ingegneria
naturalistica.*