



Prof. Aurelio Ghersi - [www.dica.unict.it/users/aghersi/](http://www.dica.unict.it/users/aghersi/)

SPOLETO

22-23 settembre 2017



## MECCANICA DELLE FRANE E METODOLOGIE DI CONSOLIDAMENTO

### 2 - Cinematica delle frane e costruzione di sezioni bilanciate

Romolo Di Francesco - [www.romolodifrancesco.it](http://www.romolodifrancesco.it)

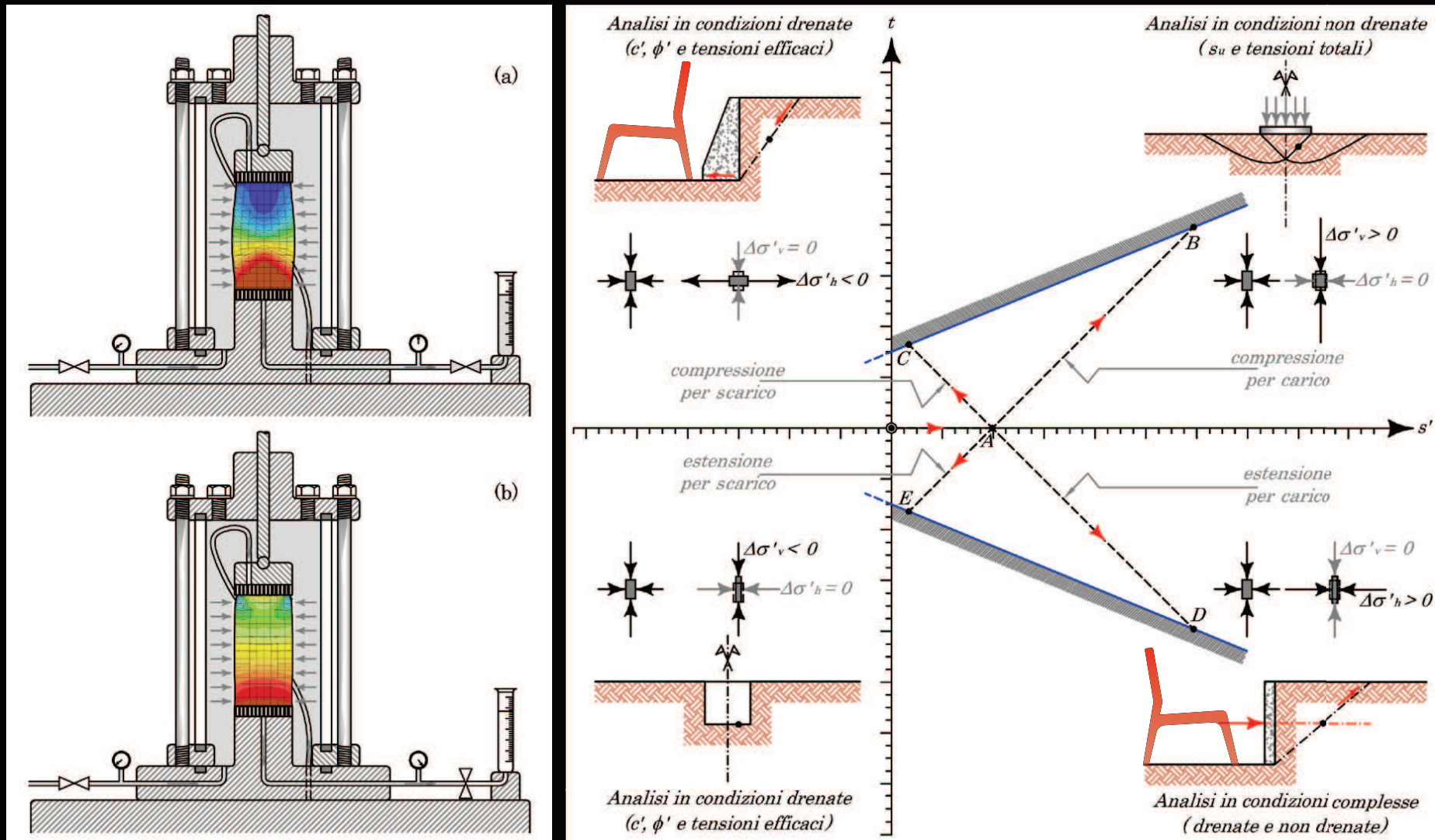


# 1) CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE: definizioni generali

FRANA è un termine generico che viene usato per descrivere sia il processo sia la forma.

Nel primo caso descrive il movimento che avviene per effetto della forza di gravità; nel secondo caso descrive l'accumulo che ne deriva.

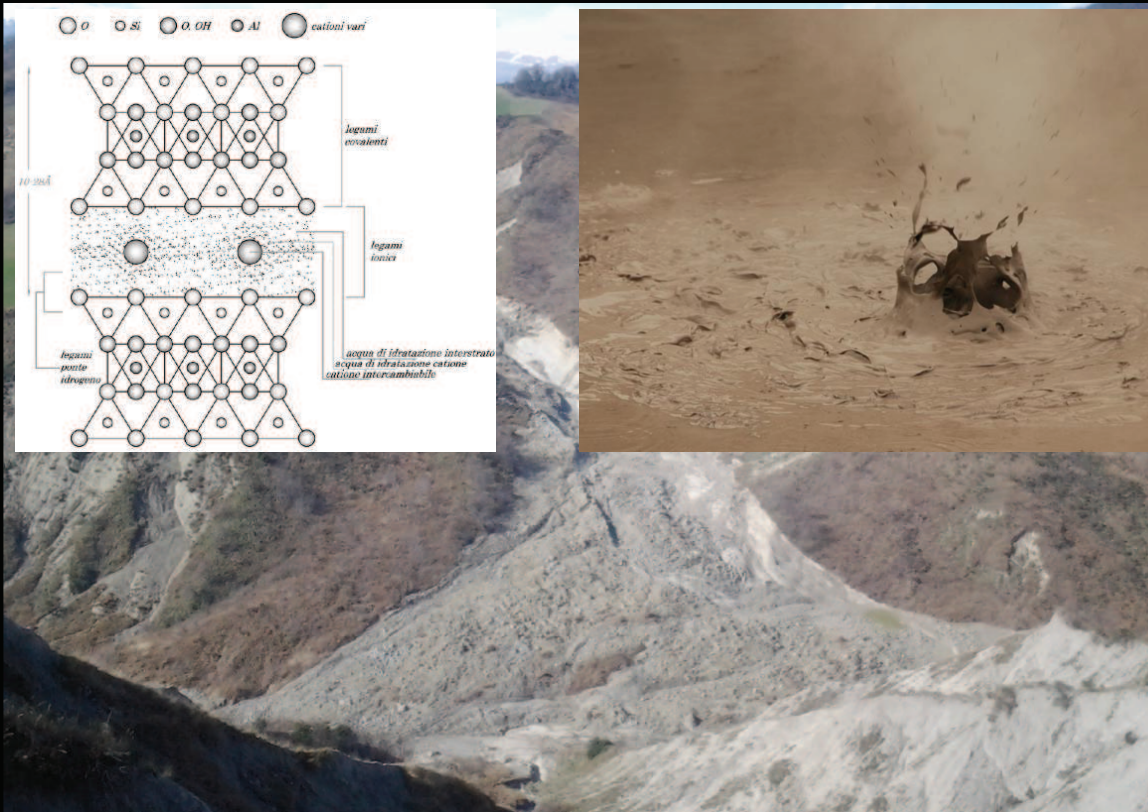
Da un punto di vista meccanico una frana è il risultato di una sollecitazione di compressione per scarico a monte (che agisce sul piano orizzontale) e di una sollecitazione di estensione per carico a valle.





# 1) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA DELLE FRANE: i vari approcci

Il materiale franato può comportarsi come una massa coerente o semicoerente, con deformazione interna spinta, modesta o in taluni casi anche nulla; in presenza di argilla, per elevati contenuti d'acqua e spinte destrutturazione si raggiunge la condizione di completa fluidificazione entrando nel campo delle colate il cui comportamento sfugge alle regole della meccanica classica.



Il comportamento descritto suggerisce che la classificazione delle frane può essere agevolata se viene usato, come elemento tassonomico, l'approccio cinematico.

In questo caso possiamo distinguere 3 grandi classi (pur esistendo anche i movimenti complessi):

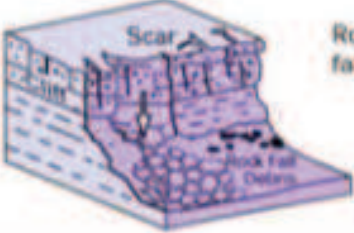
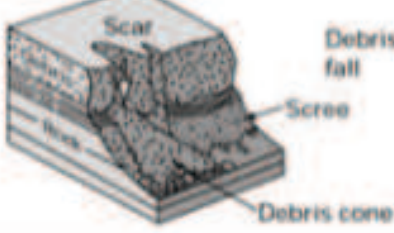



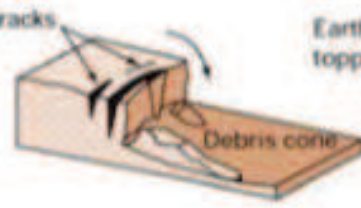

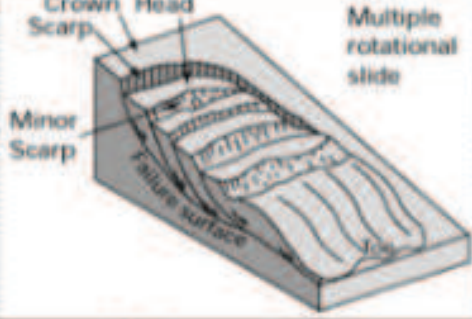
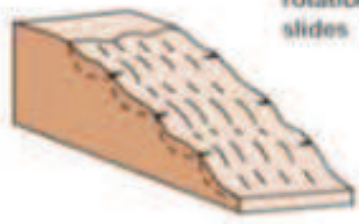


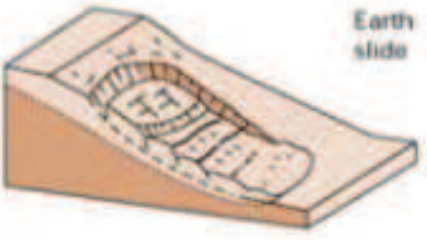
- le frane per scorrimento (o scivolamento)
- le frane per crollo
- le frane per colamento.

In alternativa, esiste anche l'approccio tassonomico basato sulla velocità di spostamento

Classe	Descrizione	Velocità tipica
7	estremamente rapide	5 m/sec
6	molto rapide	3 m/sec
5	rapide	2 m/h
4	moderate	10 m/mese
3	lente	2 m/anno
2	molto lente	20 mm/anno
1	lentissime	<20 mm/anno



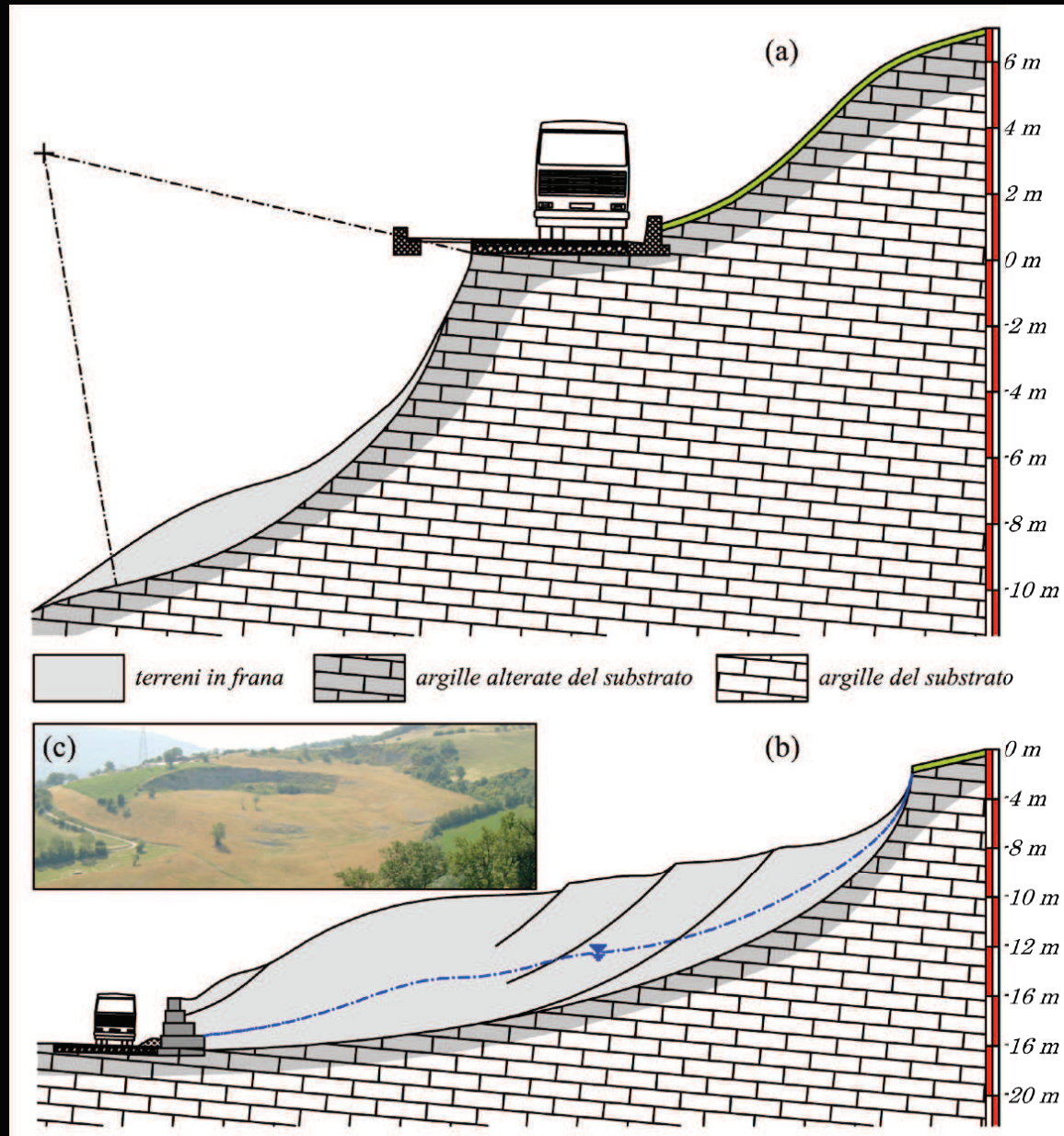
# 1) CLASSIFICAZIONE DELLE FRANE: l'approccio cinematico

Material		ROCK	DEBRIS	EARTH
Movement type				
FALLS		 <p>Scar Rock fall Debris</p>	 <p>Scar Debris fall Debris cone</p>	 <p>Scar Earth fall Debris cone</p>
		 <p>Rock topple</p>	 <p>Debris topple Debris cone</p>	 <p>Cracks Earth topple Debris cone</p>
		 <p>Single rotational slide (slump) Failure surface</p>	 <p>Crown Head Scarp Minor Scarp Failure surface Multiple rotational slide</p>	 <p>Successive rotational slides</p>
SLIDES				
	Translational (Planar)	 <p>Rock slide</p>	 <p>Debris slide</p>	 <p>Earth slide</p>





## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



Sono caratterizzate da una superficie di rottura concava verso l'alto e da un movimento che avviene attorno ad un centro di rotazione soltanto per le superfici assimilabili ad archi di cerchio.

Questo implica due aspetti consequenziali:

- il terreno deve essere omogeneo;
- le dimensioni sono limitate.



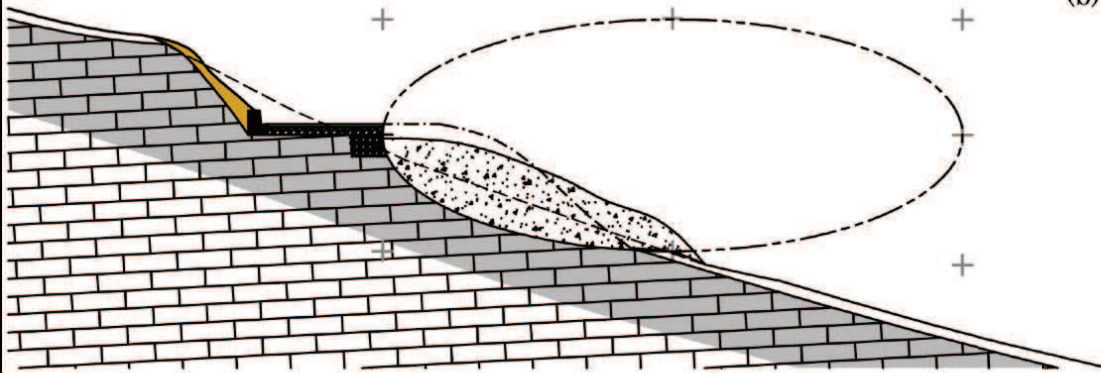
Più comunemente le frane rotazionali assumono la geometria ad arco di ellisse e ricalcano gli stessi principi meccanici, basati sulla rottura attiva, che regolano la formazione e la geometria dei piani di faglia.



## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



(a)



(b)

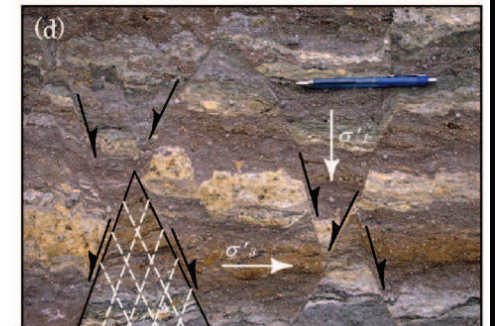
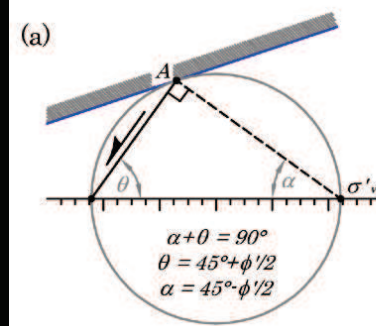
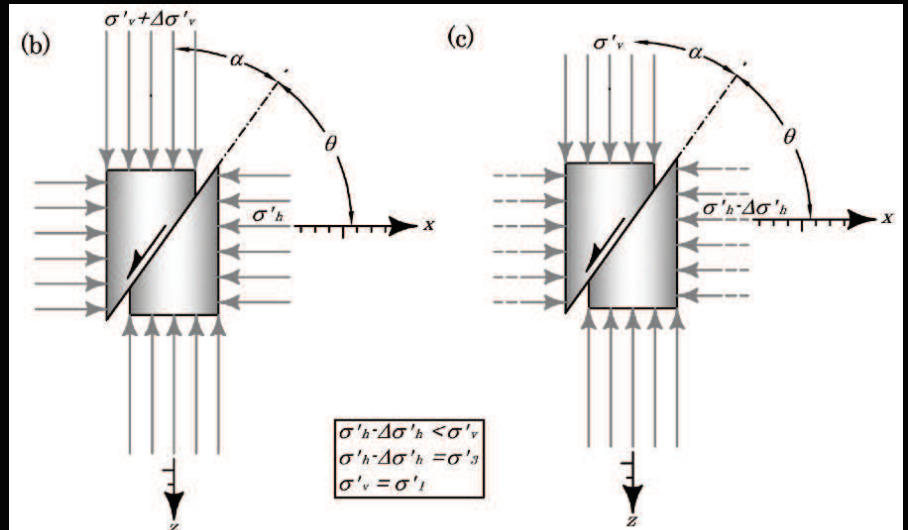


(c)



(d)

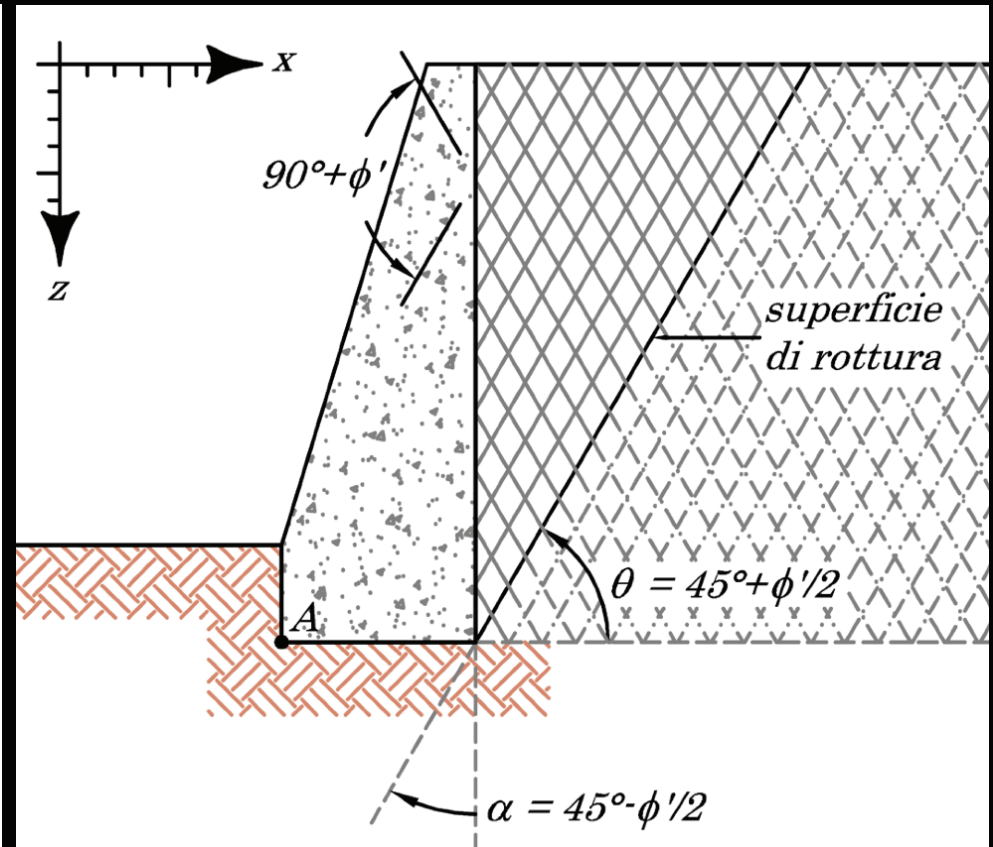
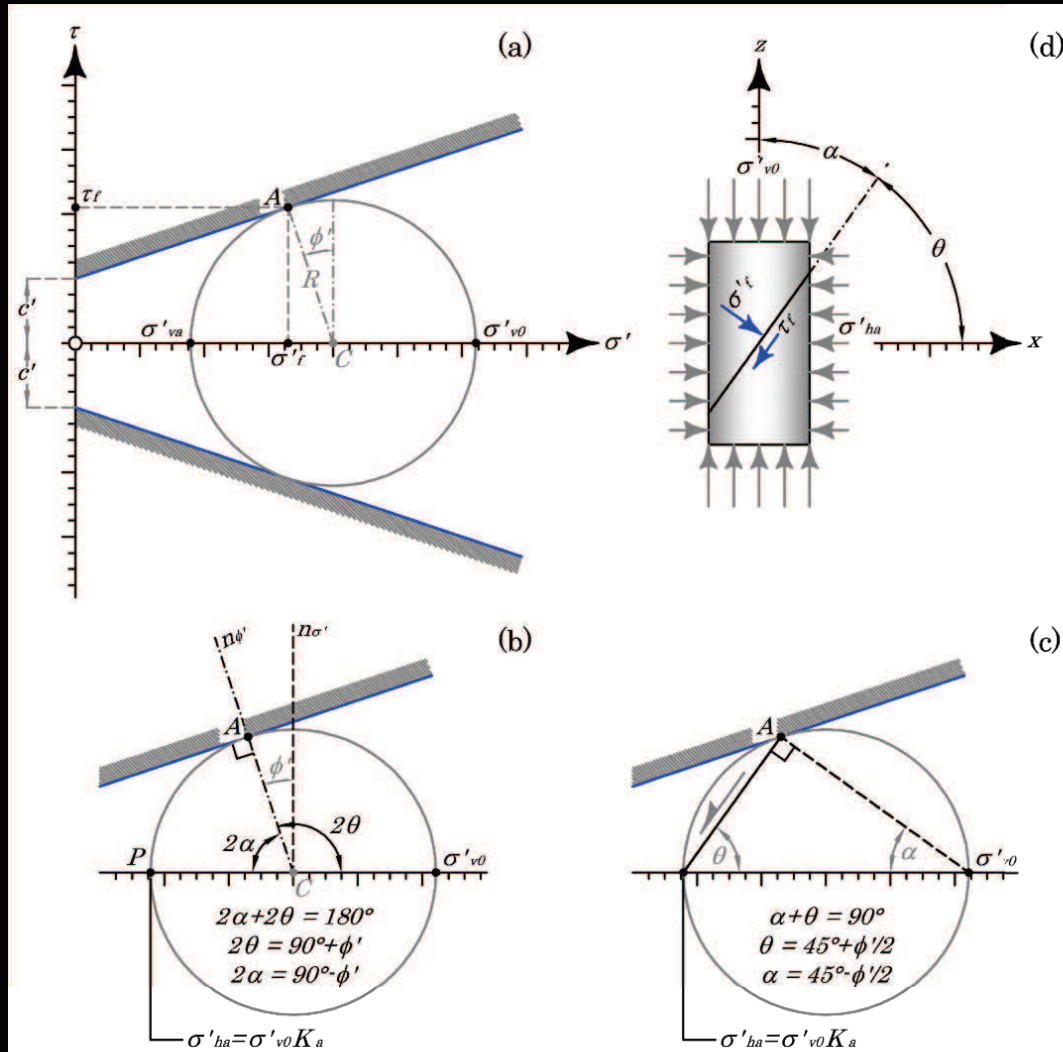
Più comunemente le frane rotazionali assumono la geometria ad arco di ellisse e ricalcano gli stessi principi meccanici, basati sulla rottura attiva, che regolano la formazione e la geometria dei piani di faglia.



Il Polo è il punto posto sull'asse delle ascisse dal quale le rette uscenti intersecano la circonferenza in punti corrispondenti allo stato tensionale agente sul piano di rottura.



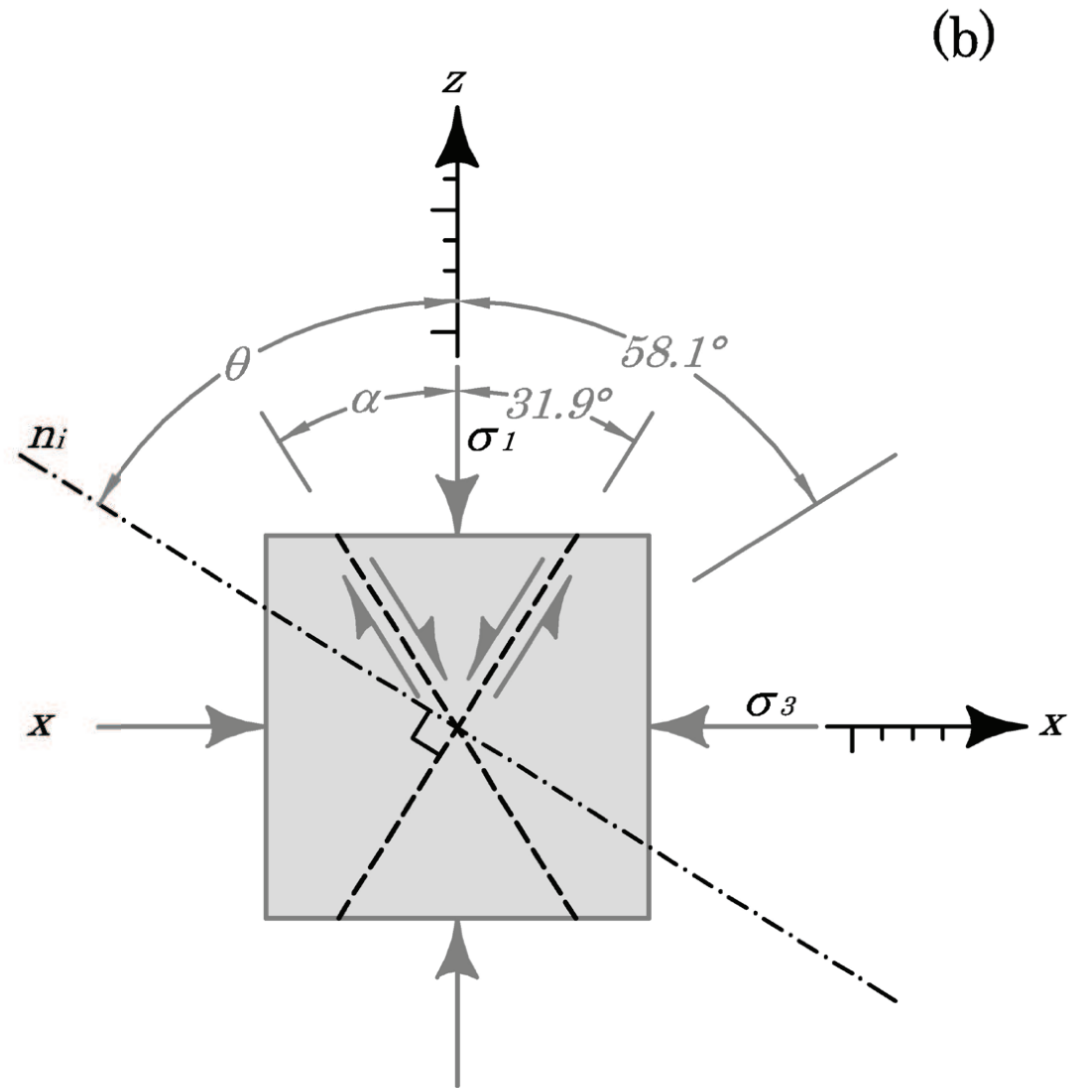
## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



La superficie di rottura attiva in una rottura per compressione per carico (tipica delle fondazioni) o per compressione per scarico (tipica dei muri) è sempre la stessa; si noti che la seconda condizione corrisponde alla superficie di rottura e scivolamento delle frane

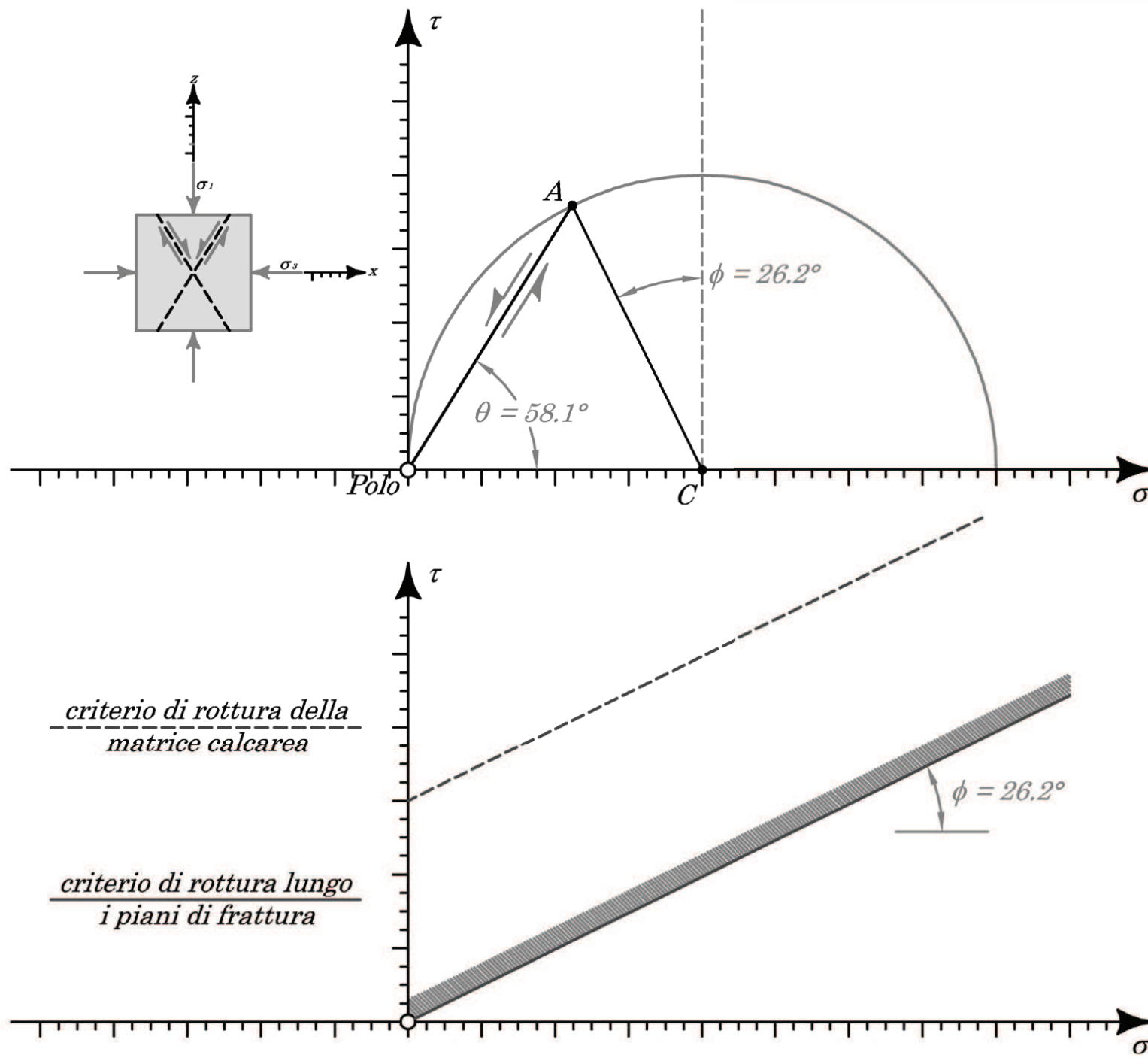


## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



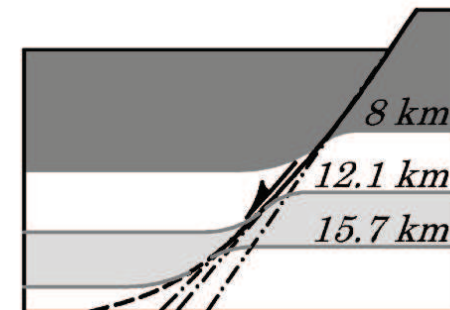
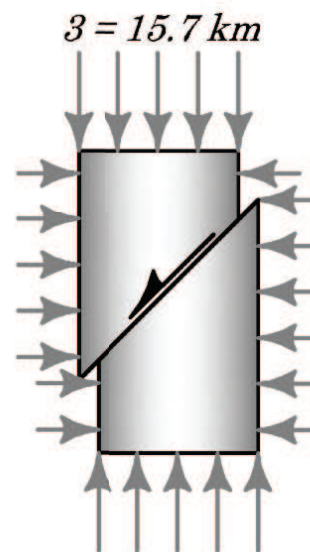
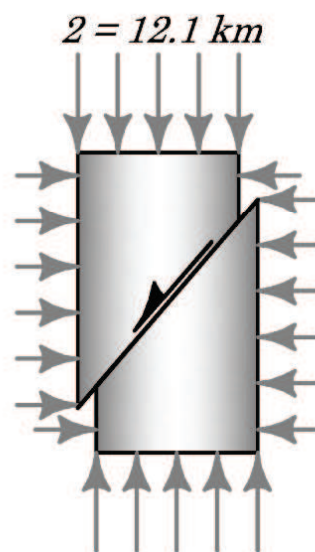
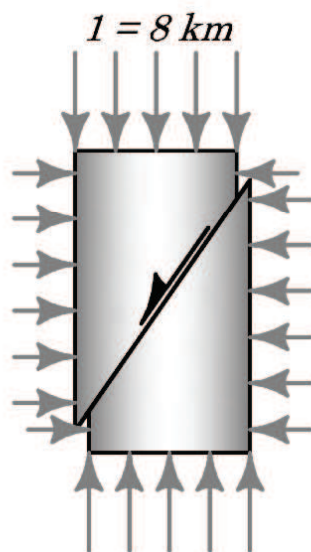
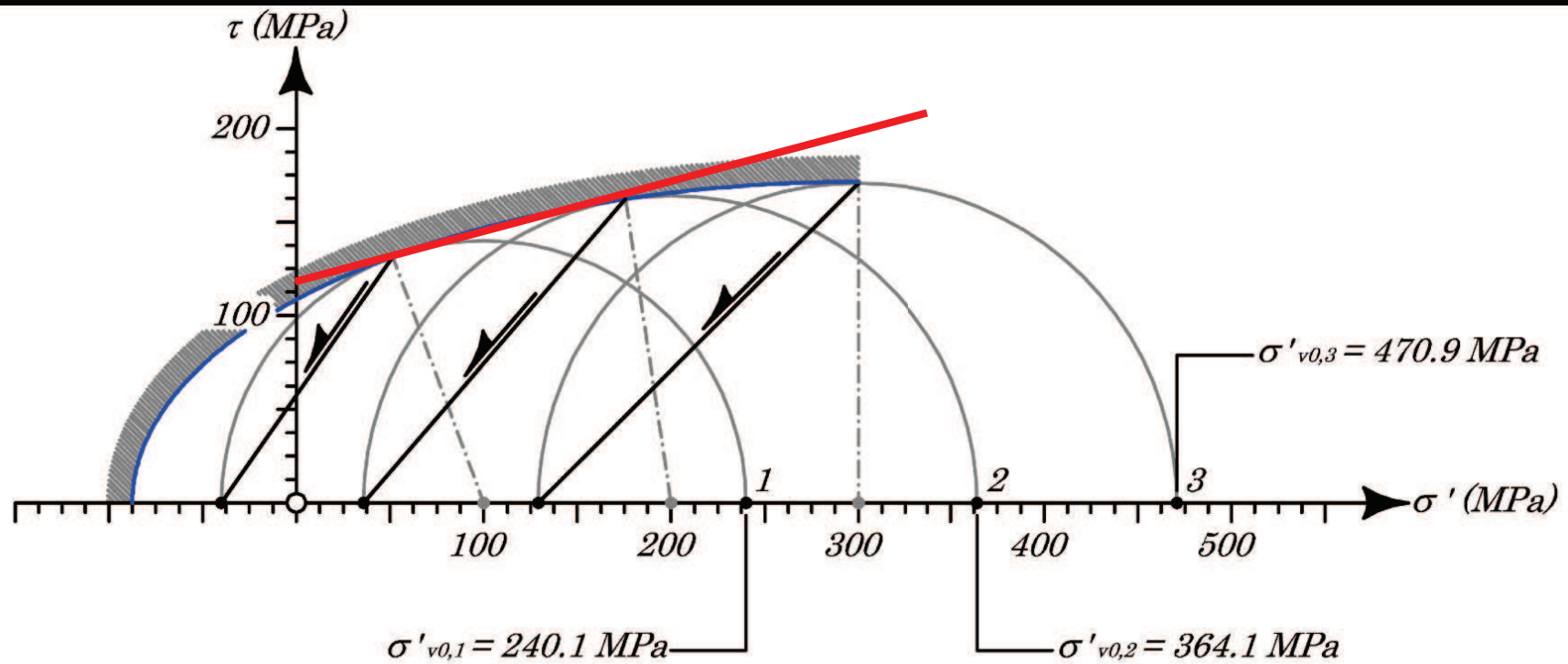


## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali





## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



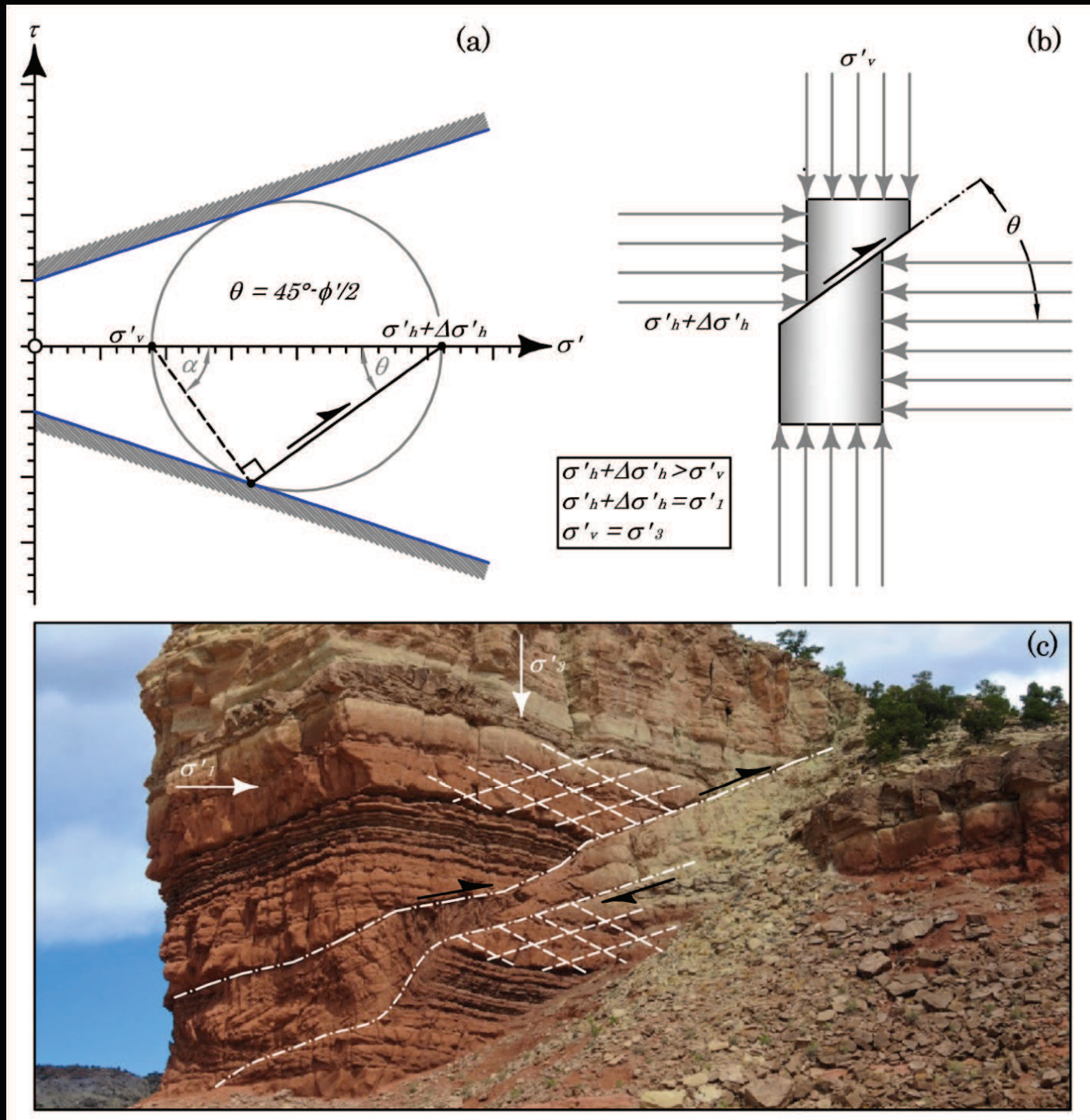


## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali





## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



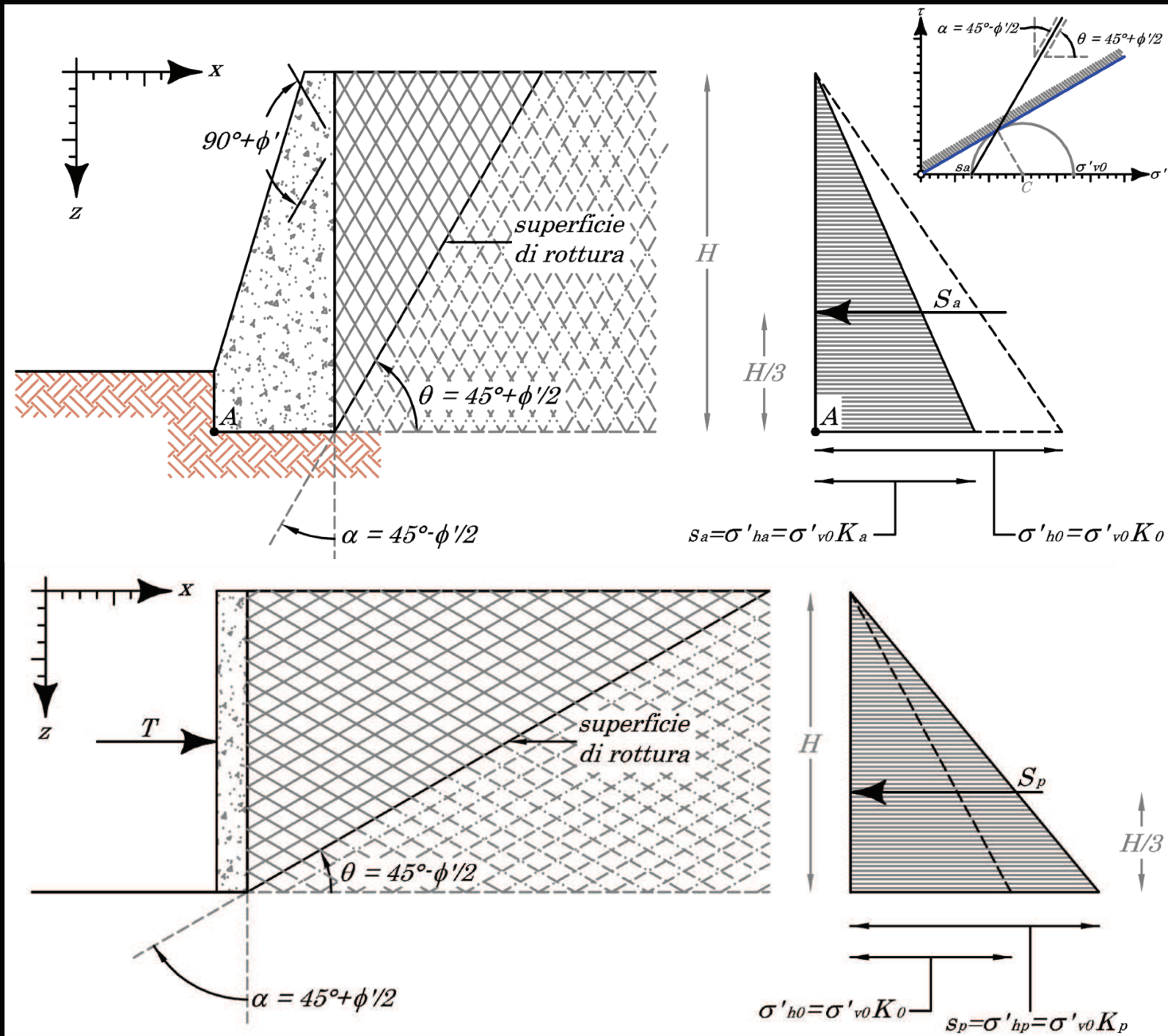


## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali

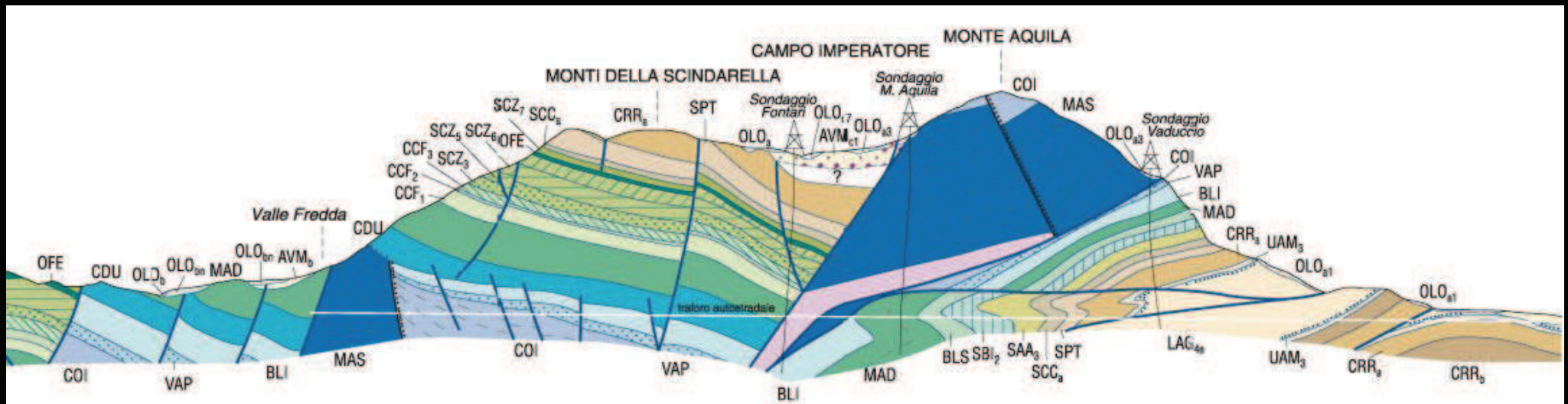
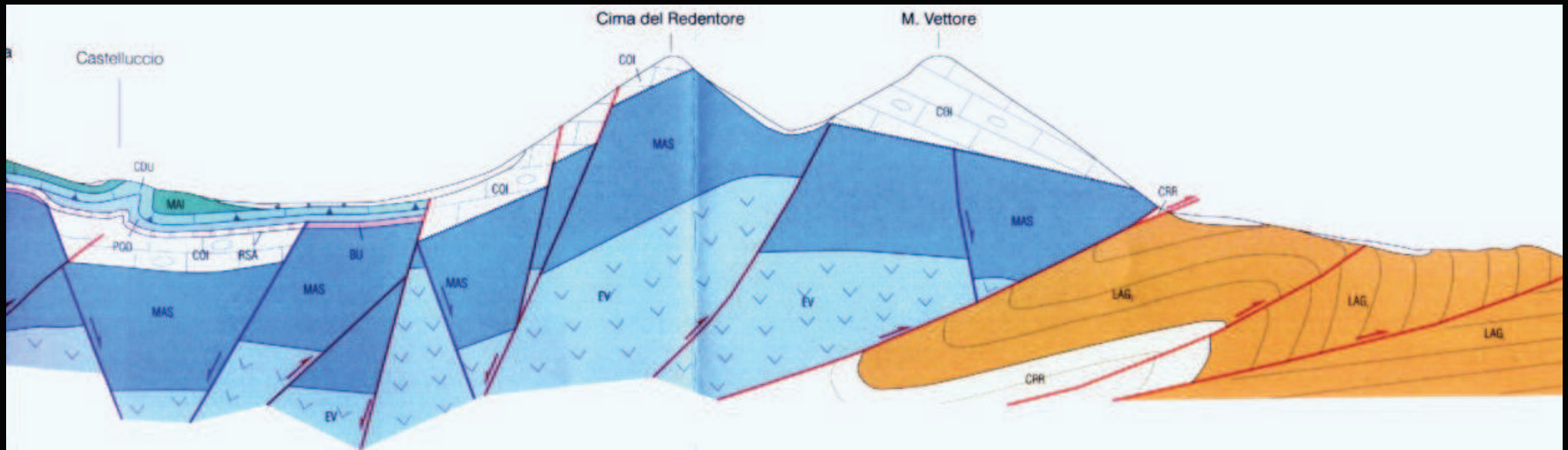




## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali



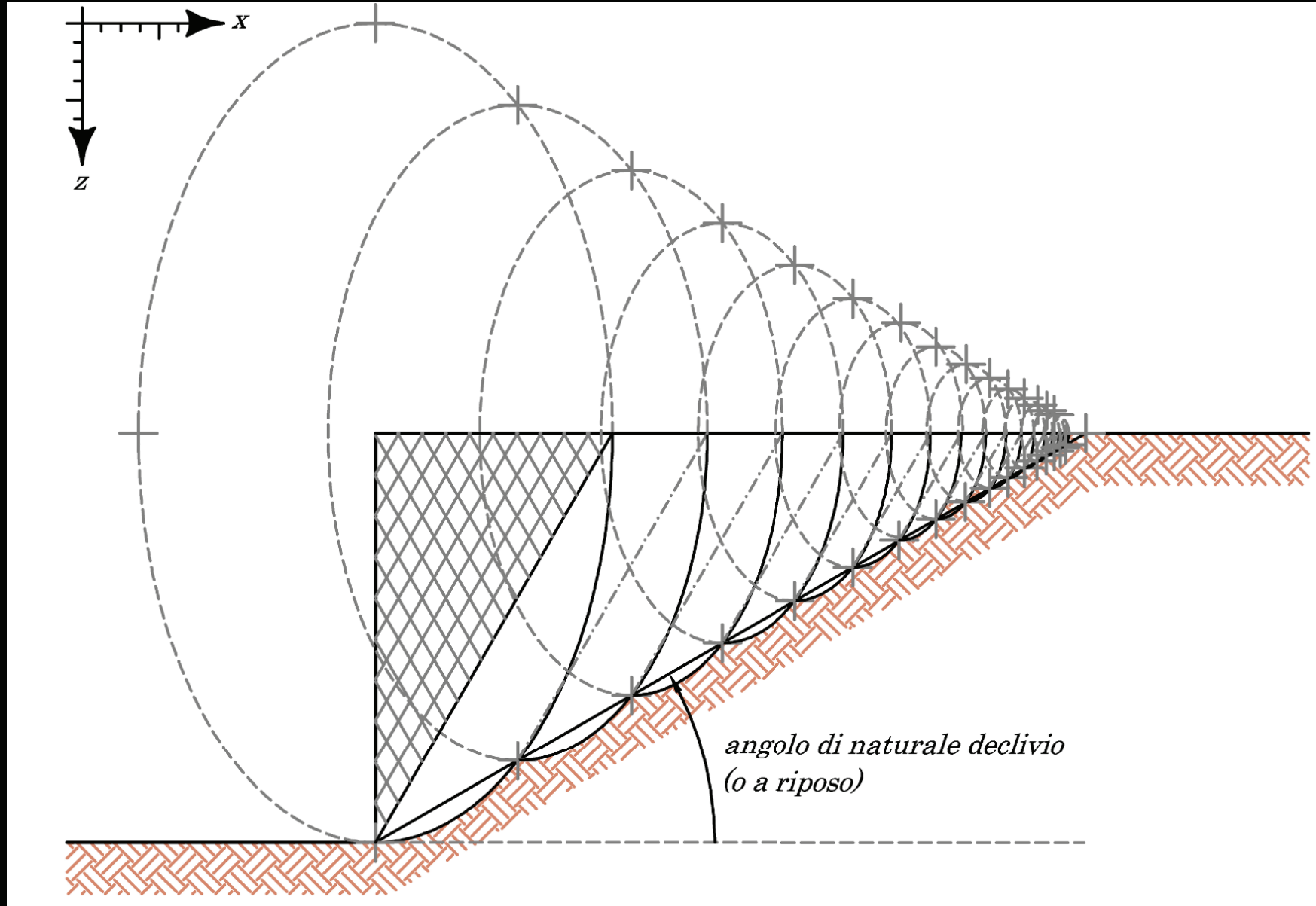
## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali





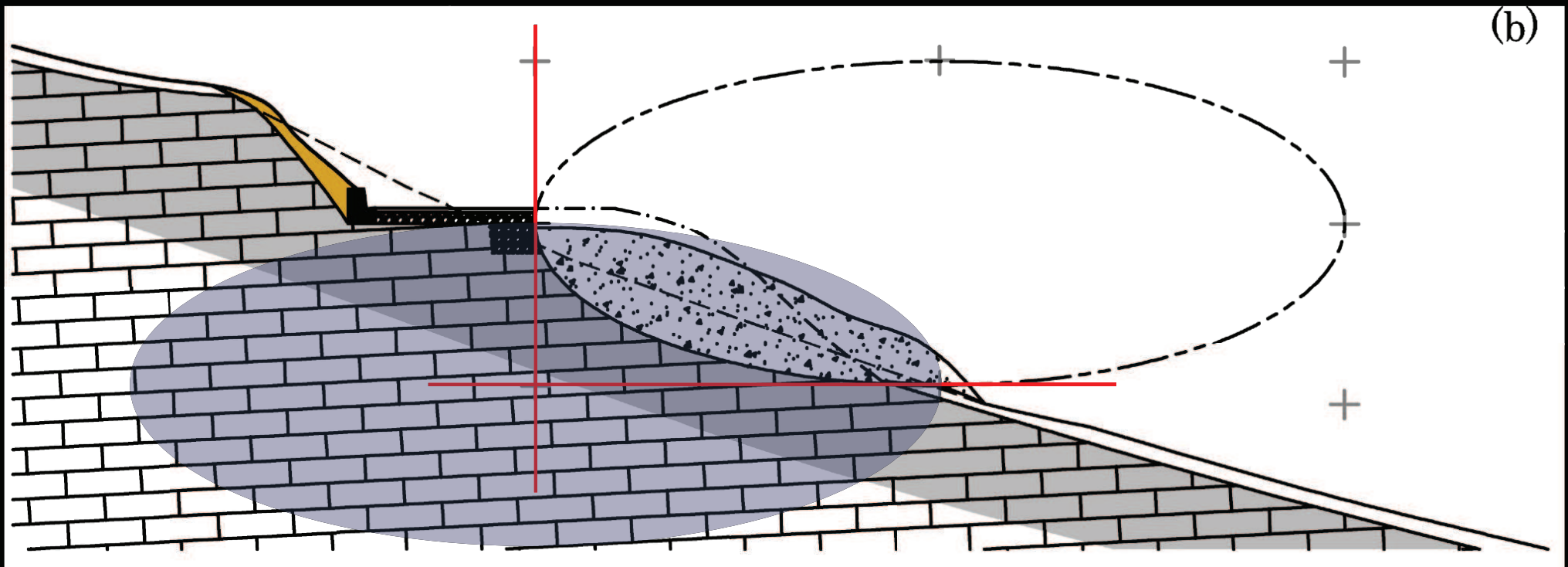
## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali

La superficie di rottura attiva in una rottura per compressione per carico (tipica delle fondazioni) o per compressione per scarico (tipica dei muri) è sempre la stessa; si noti che la seconda condizione corrisponde alla superficie di rottura e scivolamento delle frane



## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali

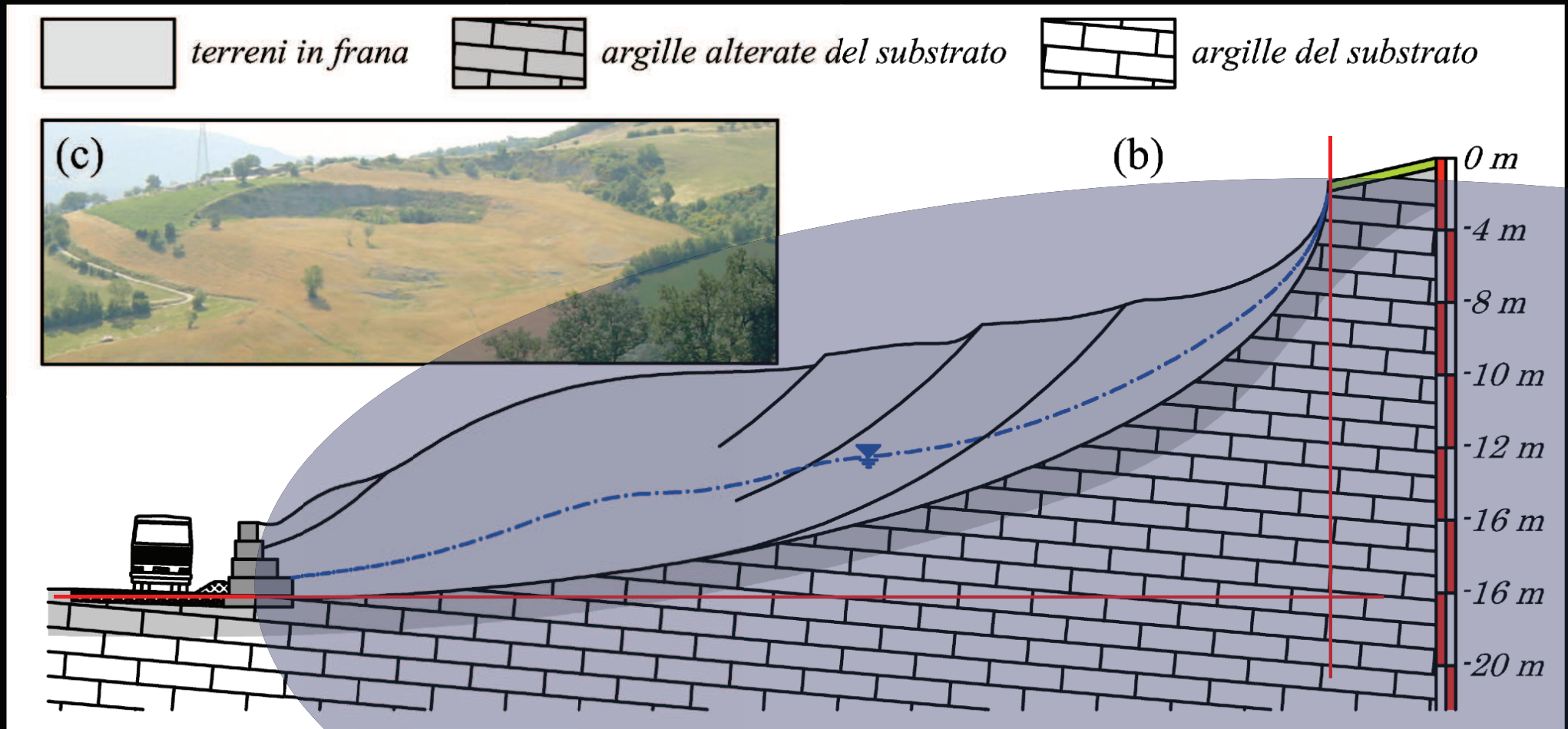
Più comunemente le frane rotazionali assumono la geometria ad arco di ellisse e ricalcano gli stessi principi meccanici, basati sulla rottura attiva, che regolano la formazione e la geometria dei piani di faglia.





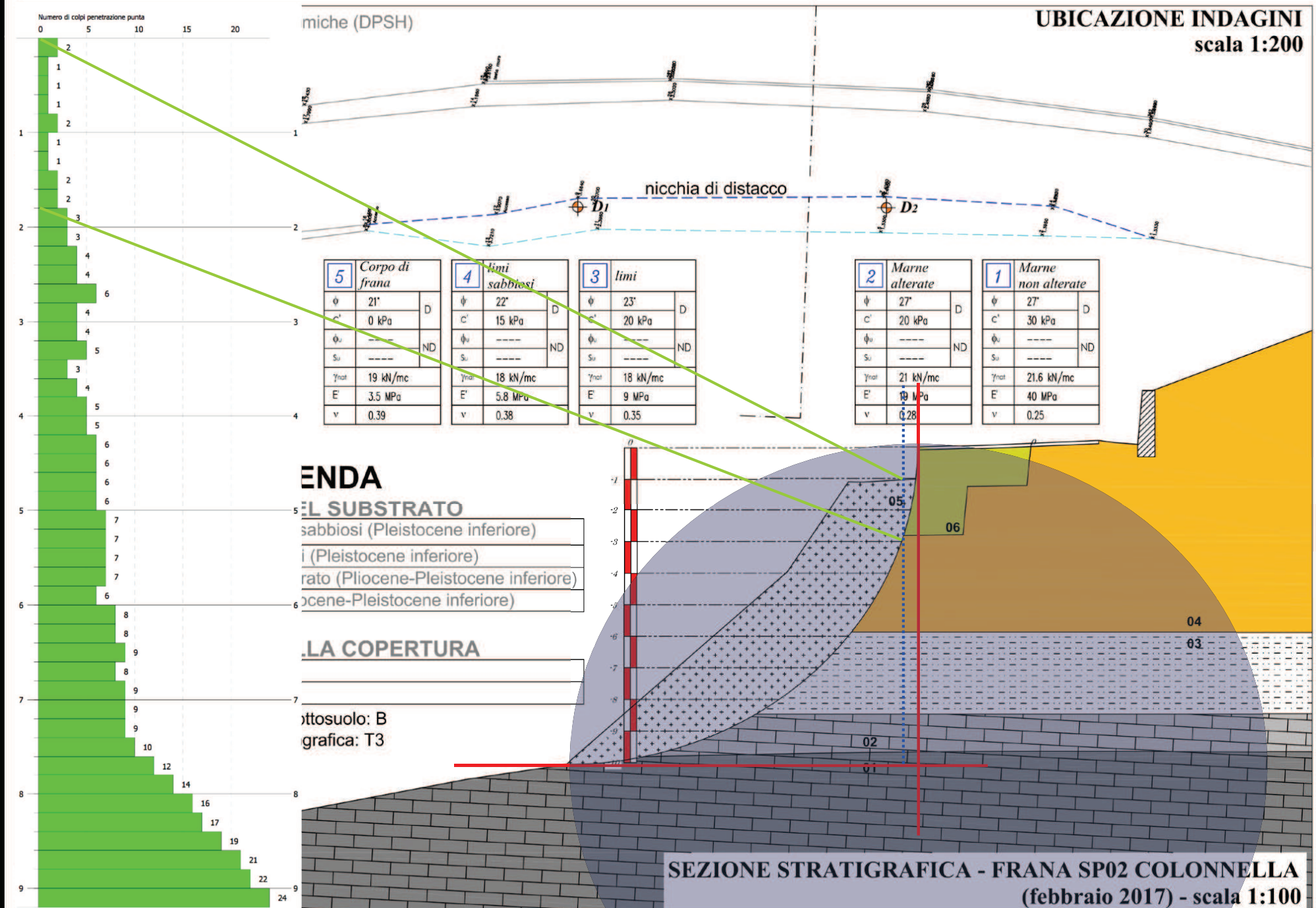
## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali

Più comunemente le frane rotazionali assumono la geometria ad arco di ellisse e ricalcano gli stessi principi meccanici, basati sulla rottura attiva, che regolano la formazione e la geometria dei piani di faglia.



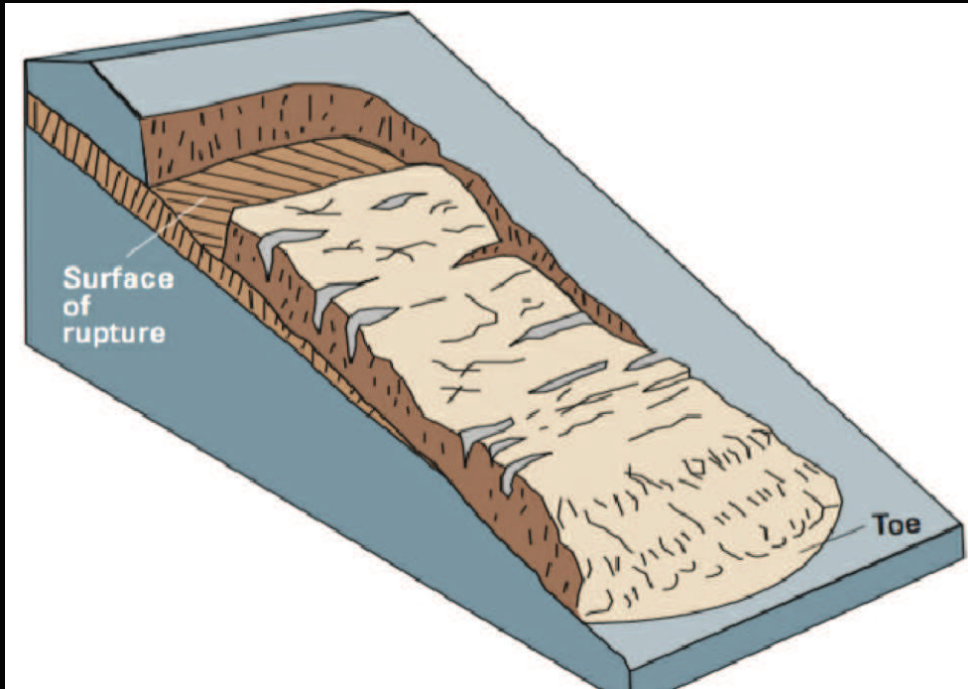


## 2) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane rotazionali





### 3) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane traslazionali



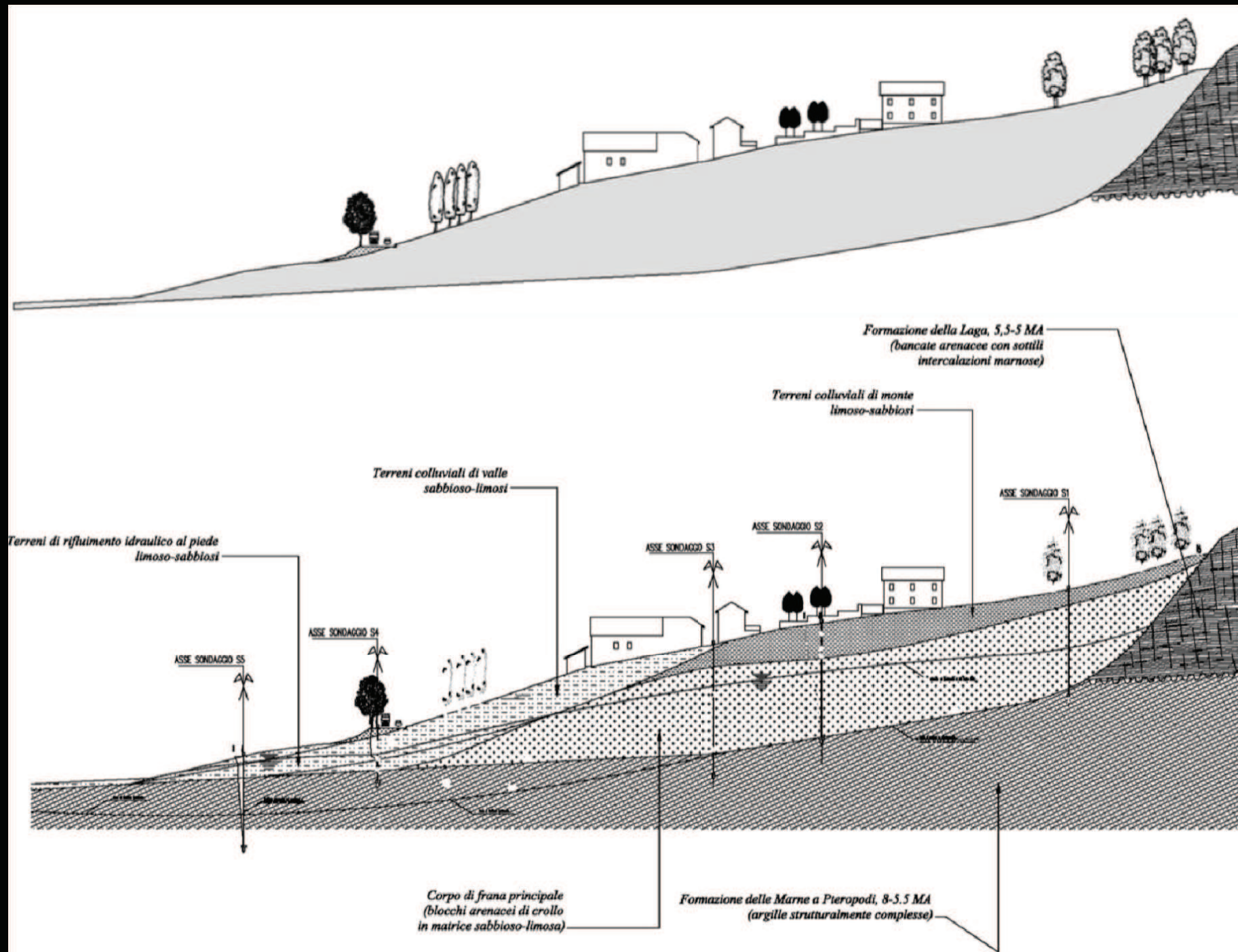
Sono caratterizzate da una superficie di rottura e scivolamento all'incirca planale, salvo essere quasi sempre presente una componente rotazionale iniziale (frane roto-traslazionali).

A differenza delle precedenti, raggiungono rapidamente le condizioni di equilibrio e a parità di dimensioni manifestano spessori inferiori, con un rapporto spessore lunghezza molto basso (dell'ordine di 0,1); le larghezze possono variare dalle decine di metri ai chilometri nel caso delle frane a carattere regionale.





### 3) CLASSIFICAZIONE CINEMATICA: le frane traslazionali

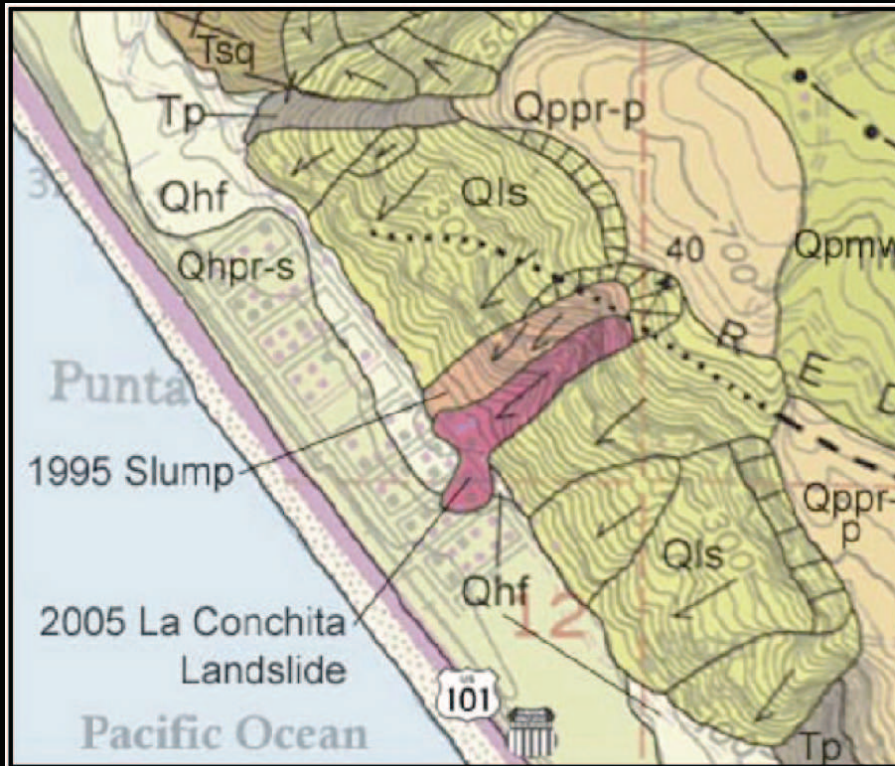




## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

Lo studio delle frane (soprattutto nelle condizioni di emergenza) può essere limitato a 3 sole fasi:

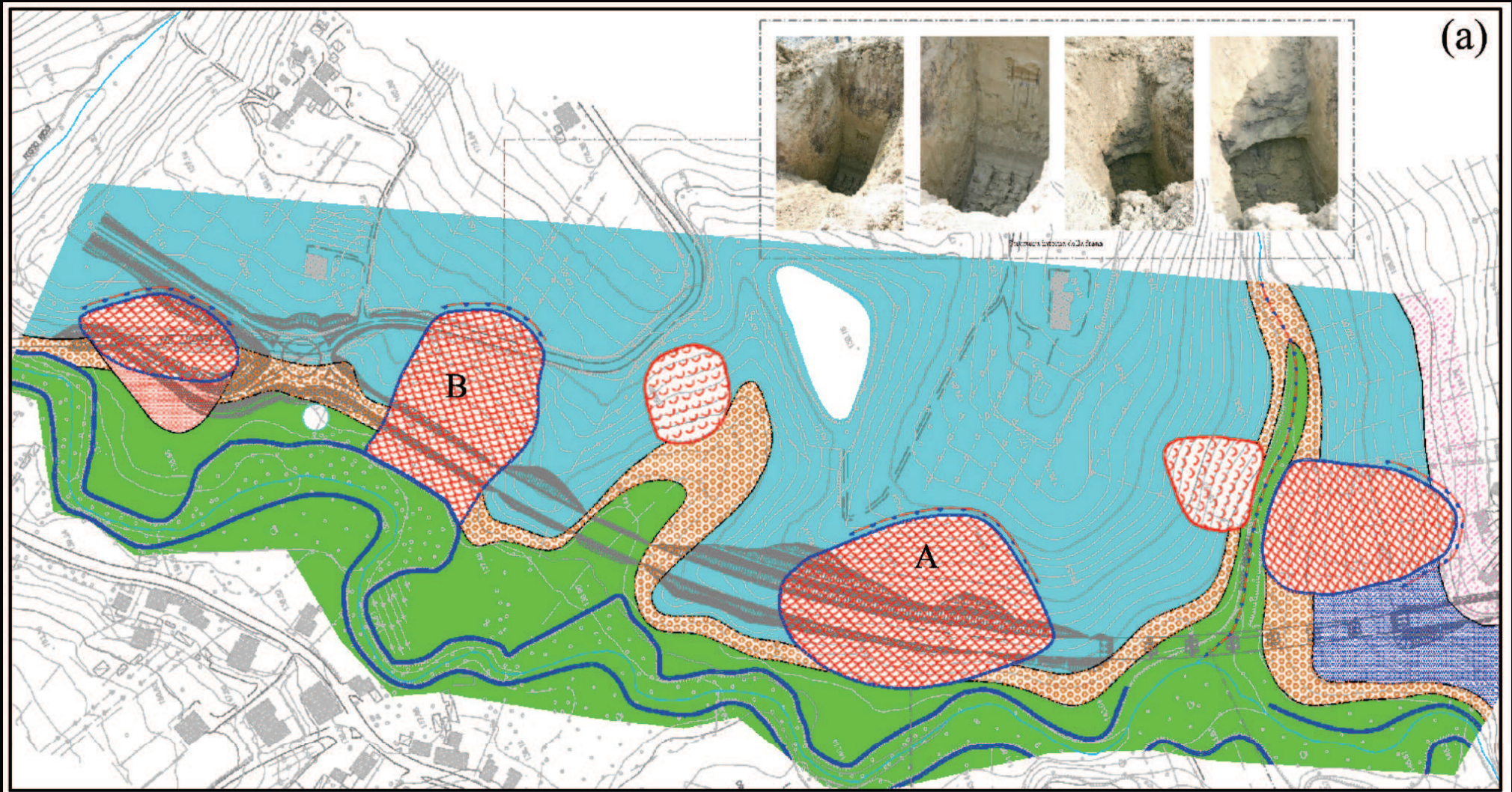
- 1) studio geologico e geomorfologico
- 2) costruzione della sezione bilanciata
- 3) applicazione della back-analysis



Se si sbaglia la prima fase si sbaglia tutto ...



## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematismo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematismo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematisimo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



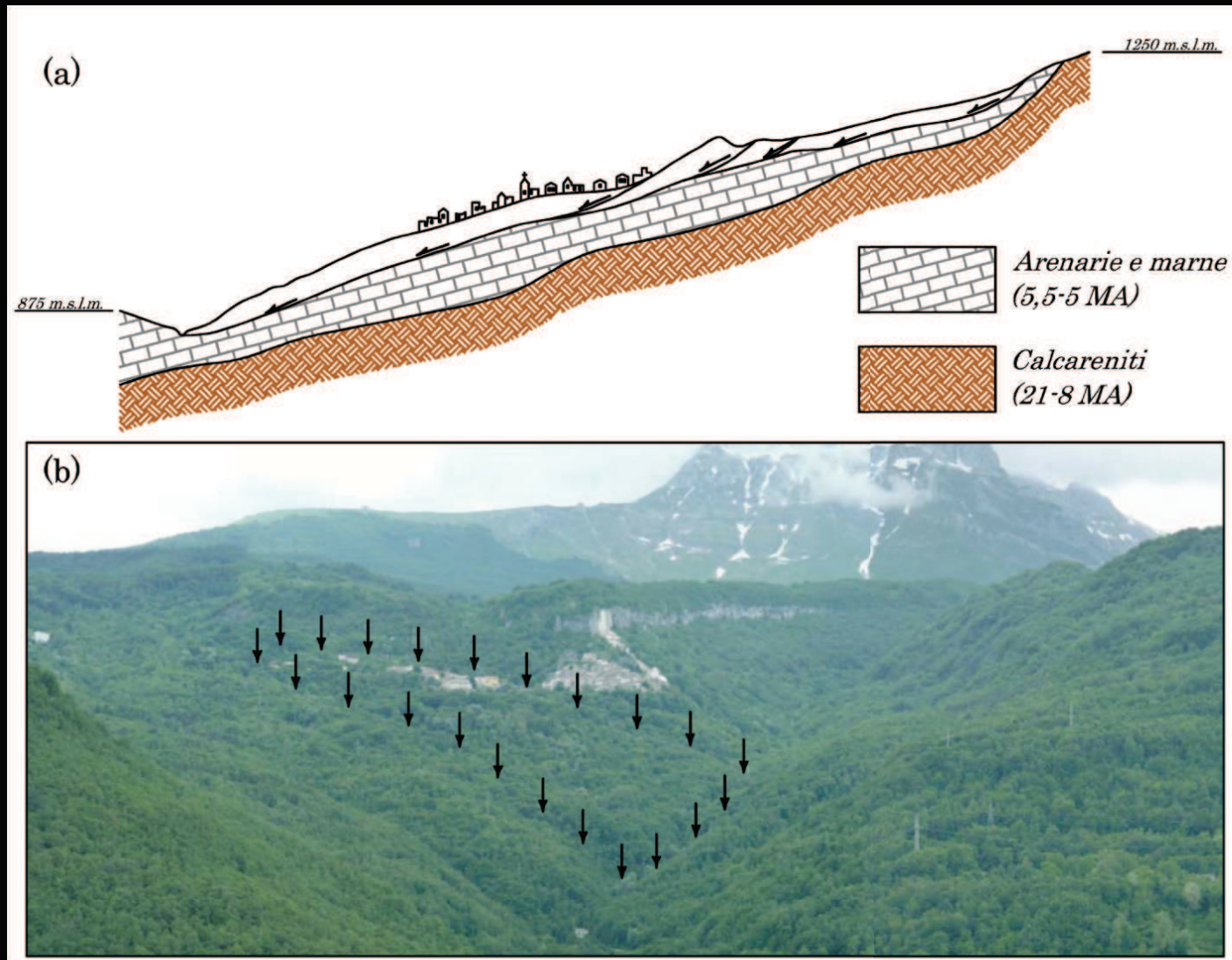
#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematisimo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori

#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematismo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematismo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematismo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematismo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematisimo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

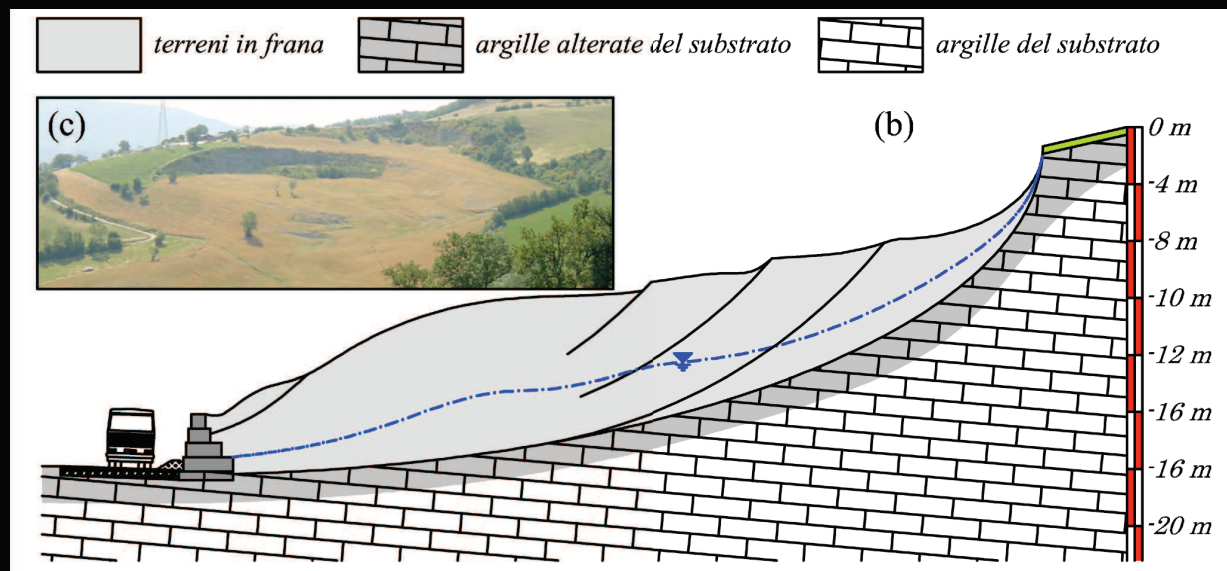
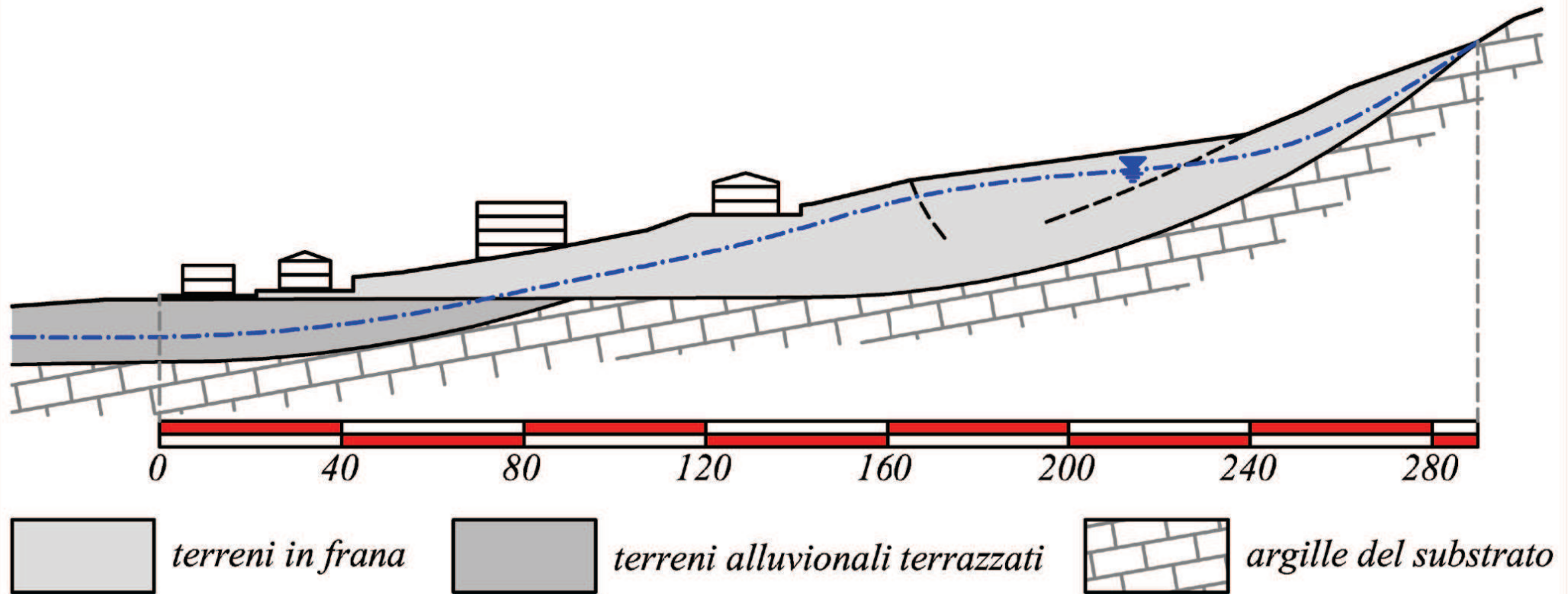


Fase 1 (studio geologico e geomorfologico):

- perimetrazione della frana
- individuazione del cinematisimo
- definizione della geometria della falda o delle possibili linee di drenaggio
- definizione degli spessori



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

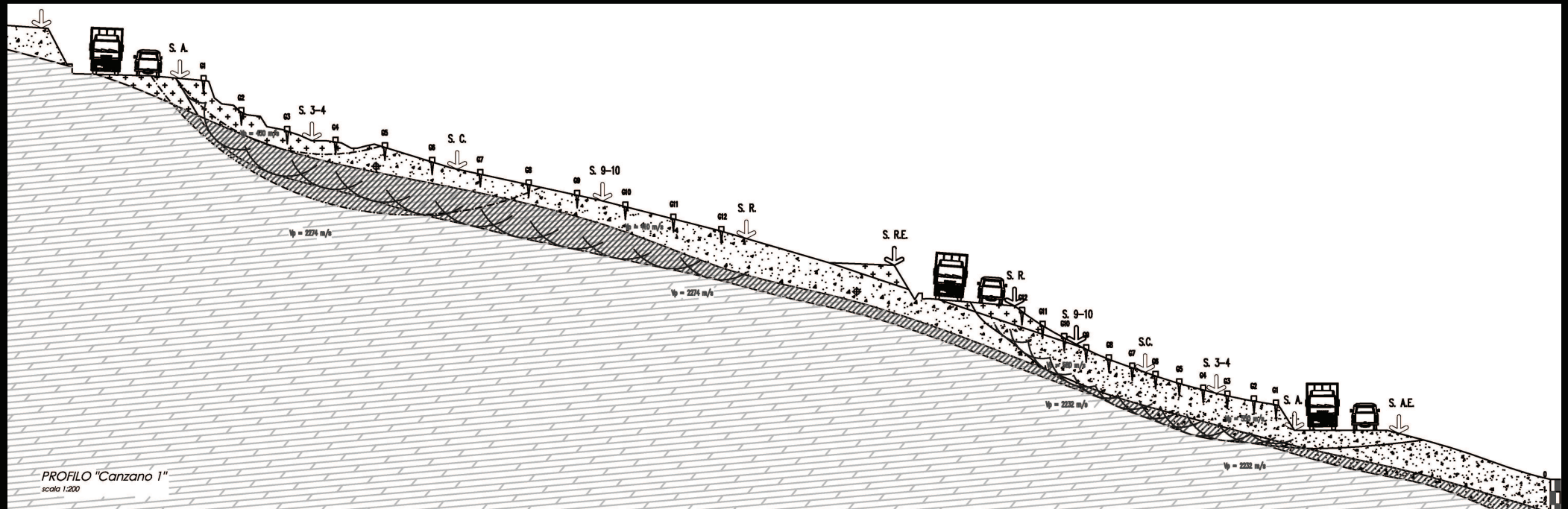


Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata):

- metodi di calibrazione della sezione
- sismica a rifrazione
- indagine geoelettrica



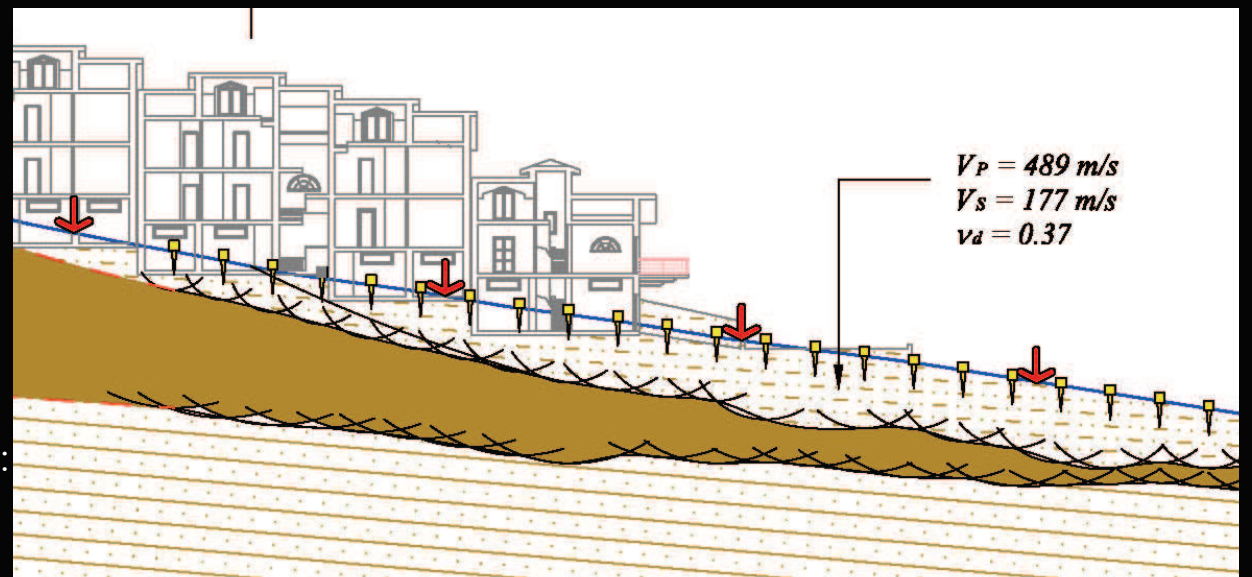
## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Le leggi fondamentali che governano la sismica a rifrazione sono: il **principio di Huygens** (o delle sorgenti sismiche), il **principio di Fermat** (o del tempo minimo) e la **legge di Snell** (o dell'angolo critico).

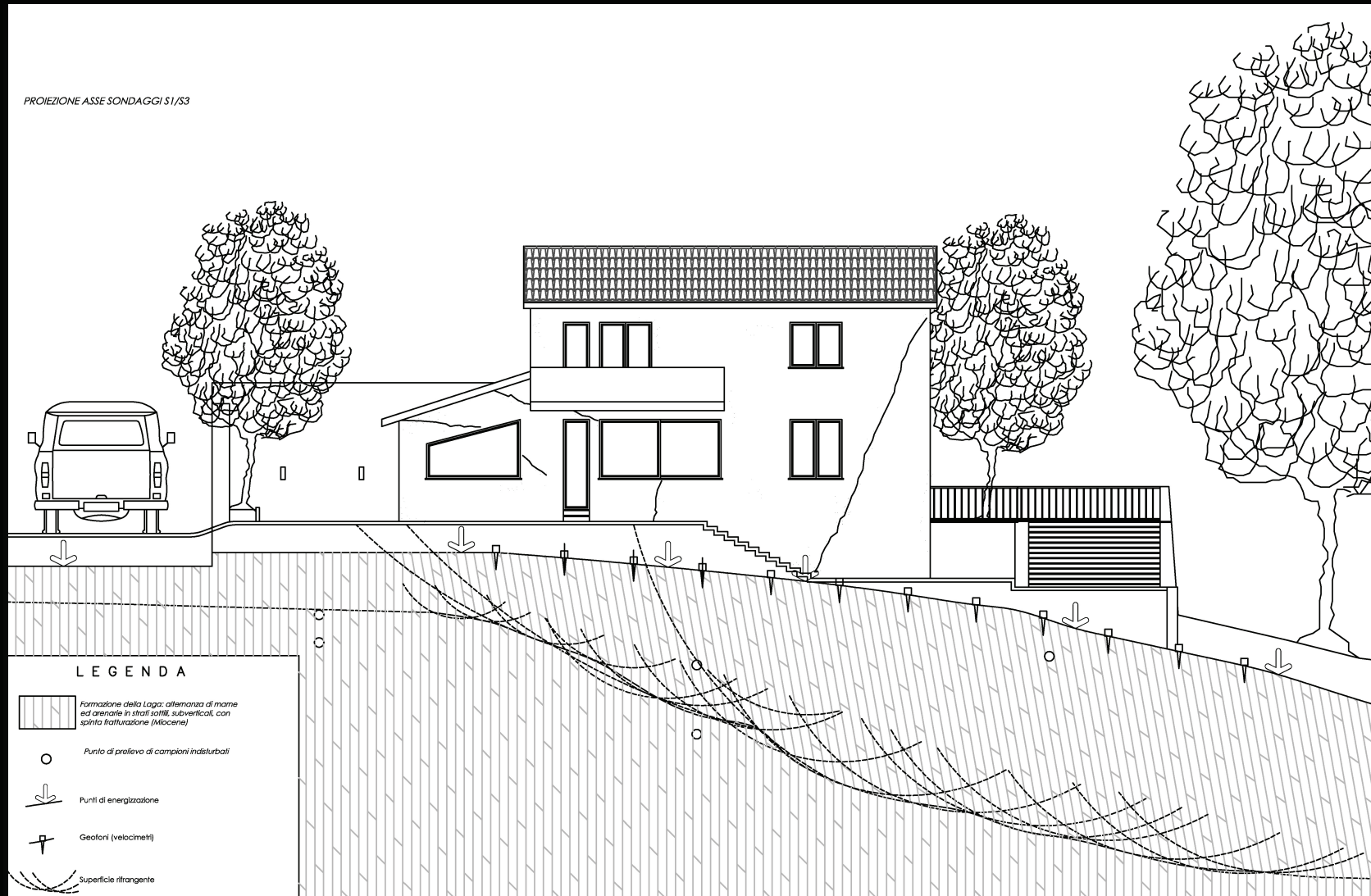
Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata):

- metodi di calibrazione della sezione
- **sismica a rifrazione**
- indagine geoelettrica





## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

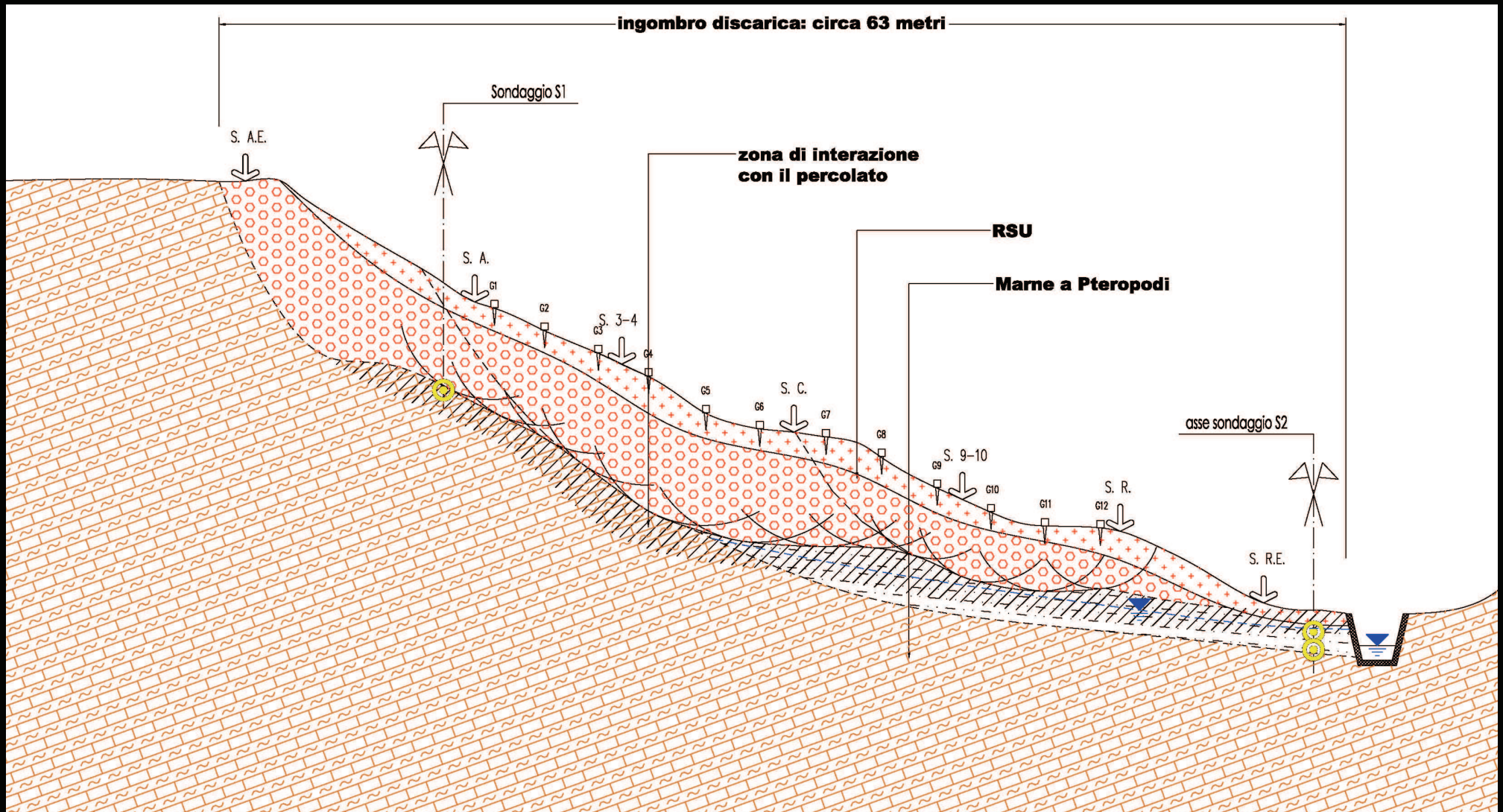


Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata):

- metodi di calibrazione della sezione
- **sismica a rifrazione**
- indagine geoelettrica



## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

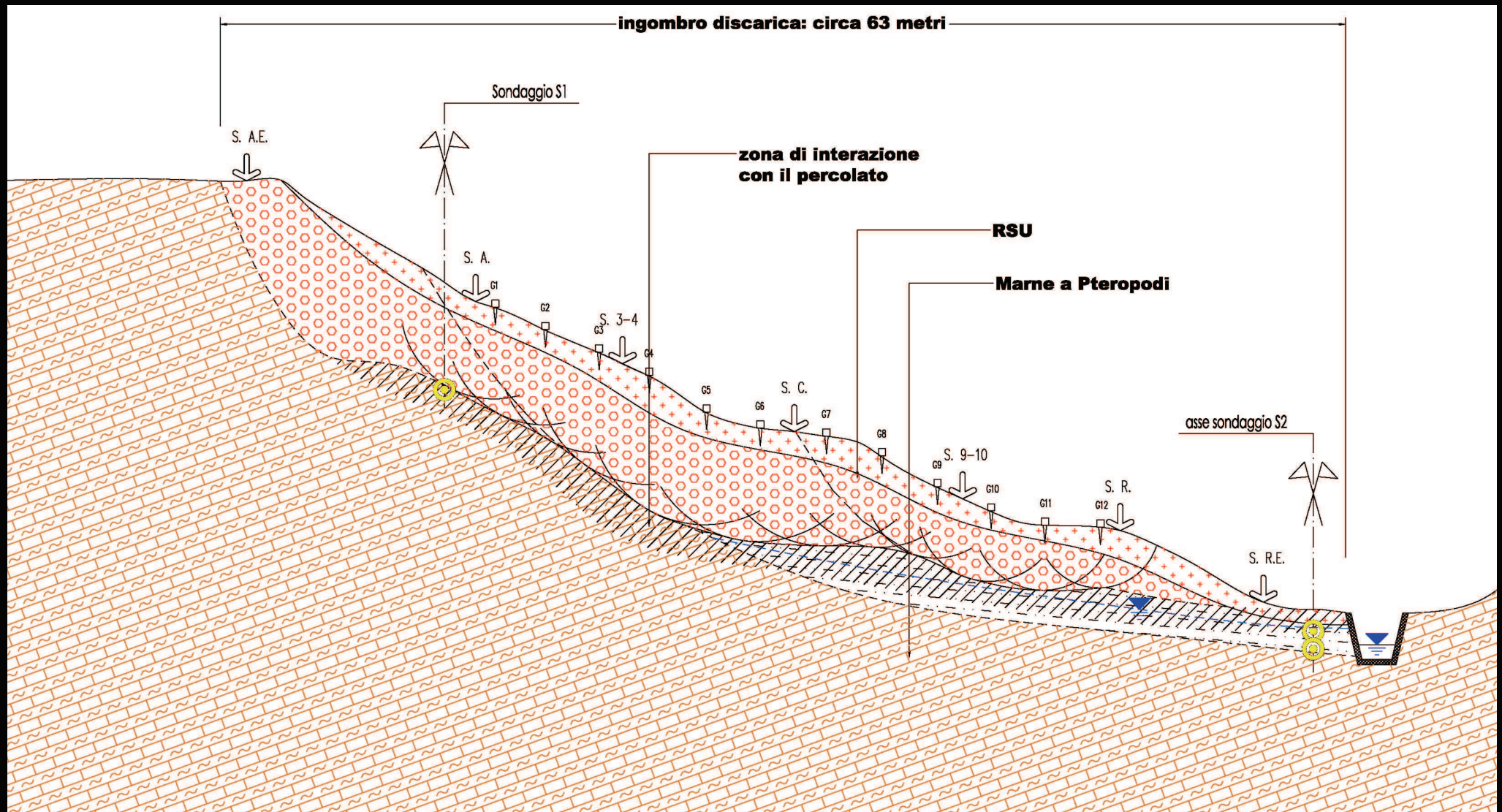


Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata):

- metodi di calibrazione della sezione
- **sismica a rifrazione**
- indagine geoelettrica



## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

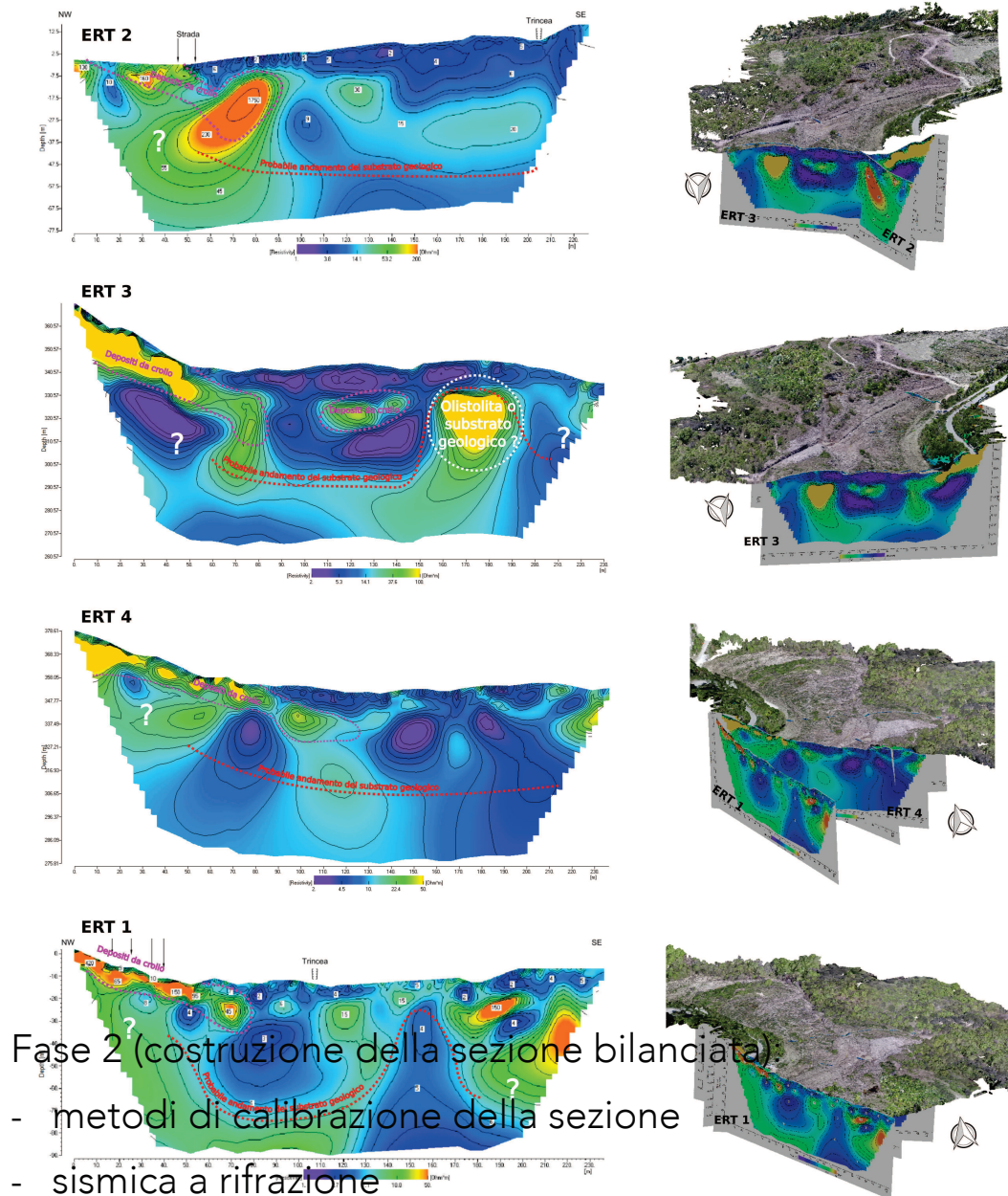


Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata):

- metodi di calibrazione della sezione
- **sismica a rifrazione**
- indagine geoelettrica



# 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



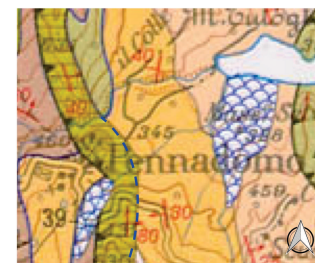
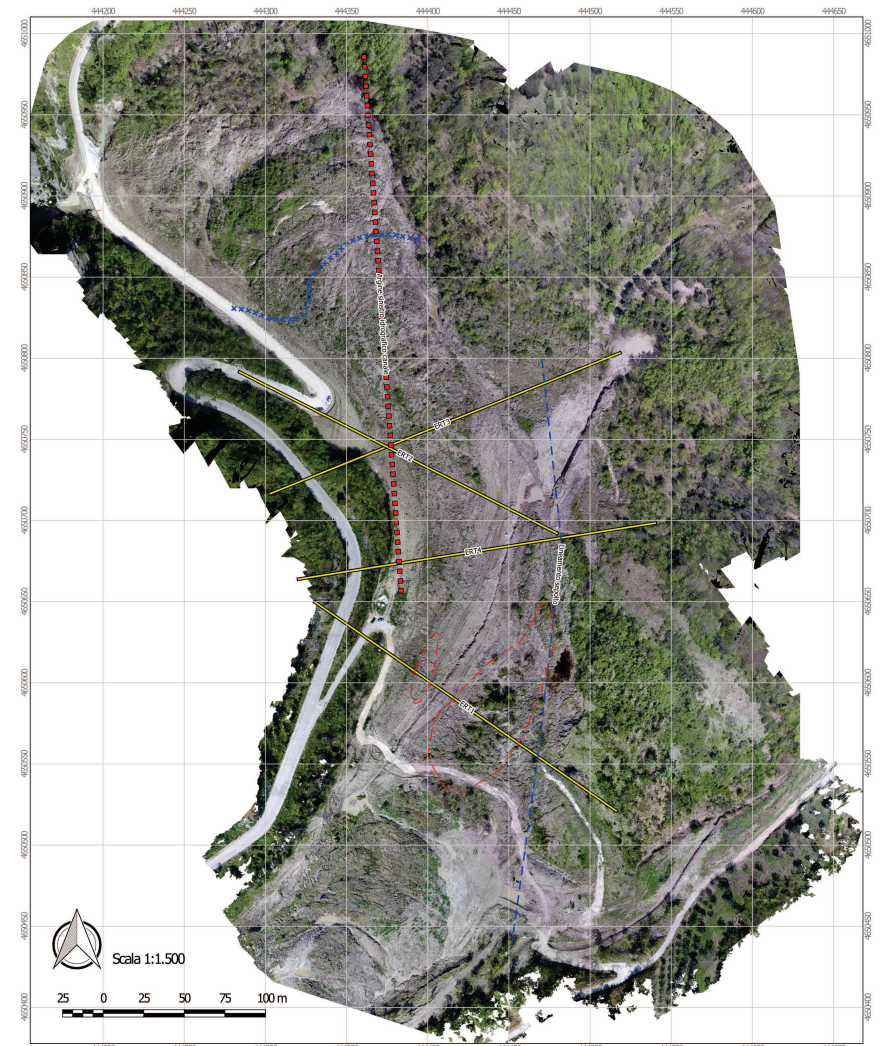
Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata)

- metodi di calibrazione della sezione
- sismica a rifrazione

Le sezioni geoelettiche effettuate permettono di discriminare le morfologie sepolte, evidenziate in tratteggio nelle relative sezioni; in particolare nelle sezioni geoelettiche disposte perpendicolarmente al flusso (ERT 1 ed ERT 2) sono ben identificabili sia una morfologia concava ascrivibile ai depositi movimentati dalla colata, sia un promontorio (che risale alla grossa porzione di argine presumibilmente sulla base dei rilievi geomorfologici effettuati nell'area al substrato geologico (lineamento sepolto). Tale interpretazione trova riscontro con gli elementi geomorfologici rilevati ed in particolare con l'asse di deflusso della colata, pressoché parallelo al presunto lineamento sepolto (come evidenziato oltremodo nelle illustrazioni a falsi colori dell'ALLEGATO B) e con la cartografia geologica di riferimento dell'area (immagine a sinistra - Ghisetti & Vezzani, 1996).

## ALLEGATO A

ORTOFOTO AL 21 APRILE 2017 E SEZIONI GEOELETTICHE

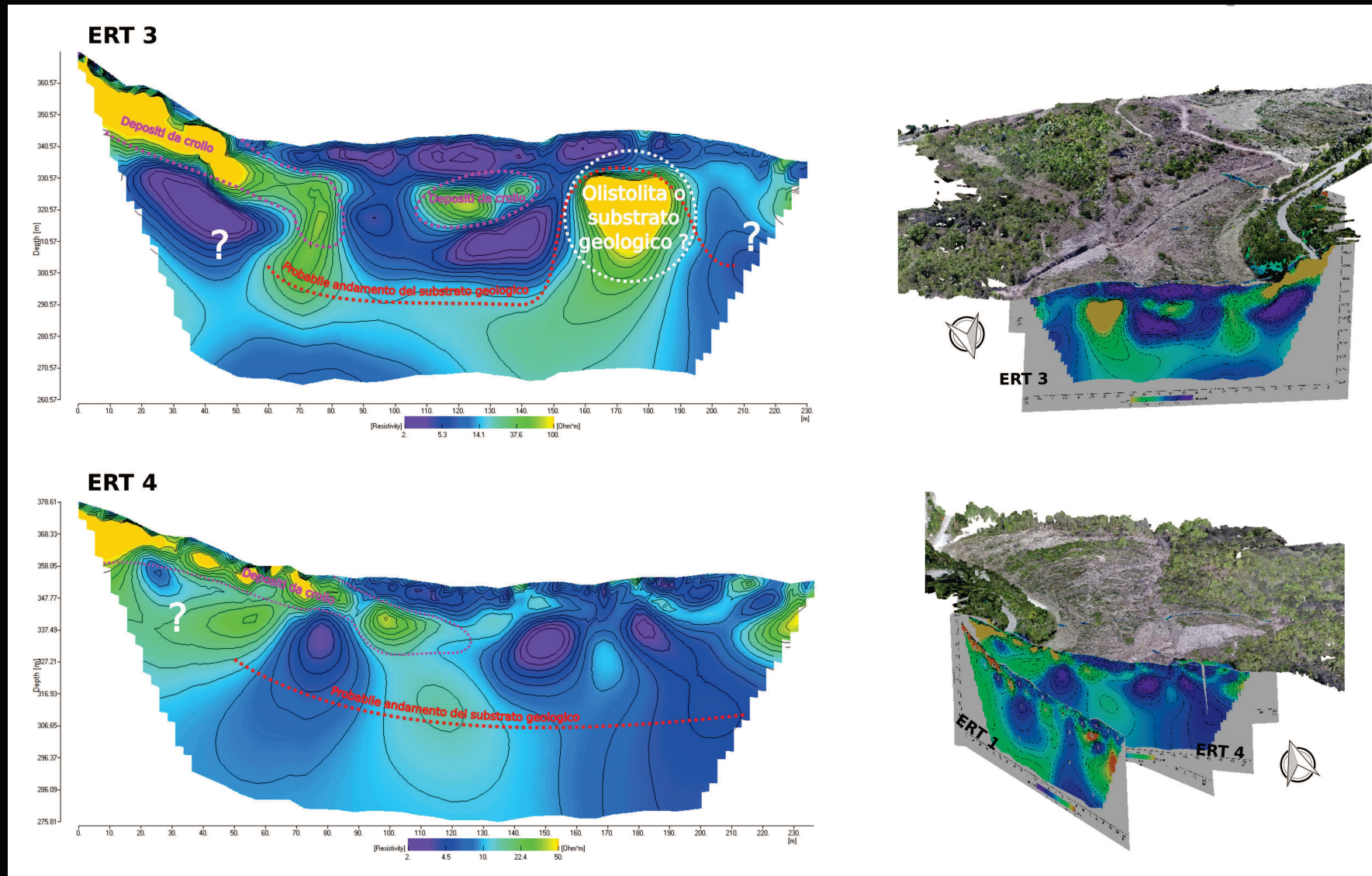


## LEGENDA

- Traccia Stendimento geoelettico
- Lineamento sepolto presunto
- Ipotesi di allineamento del bordo in sinistra idrografica dell'argine / canale di drenaggio in progetto
- Delimitazione area in deposito/erosione ad Aprile 2017 (Confronto tra Fotogrammetrico Luglio 2016 e Fotogrammetrico di Aprile 2017)
- Delimitazione area in deposito/erosione ad Aprile 2017 (Confronto tra Fotogrammetrico Luglio 2016 e Fotogrammetrico di Aprile 2017)



## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

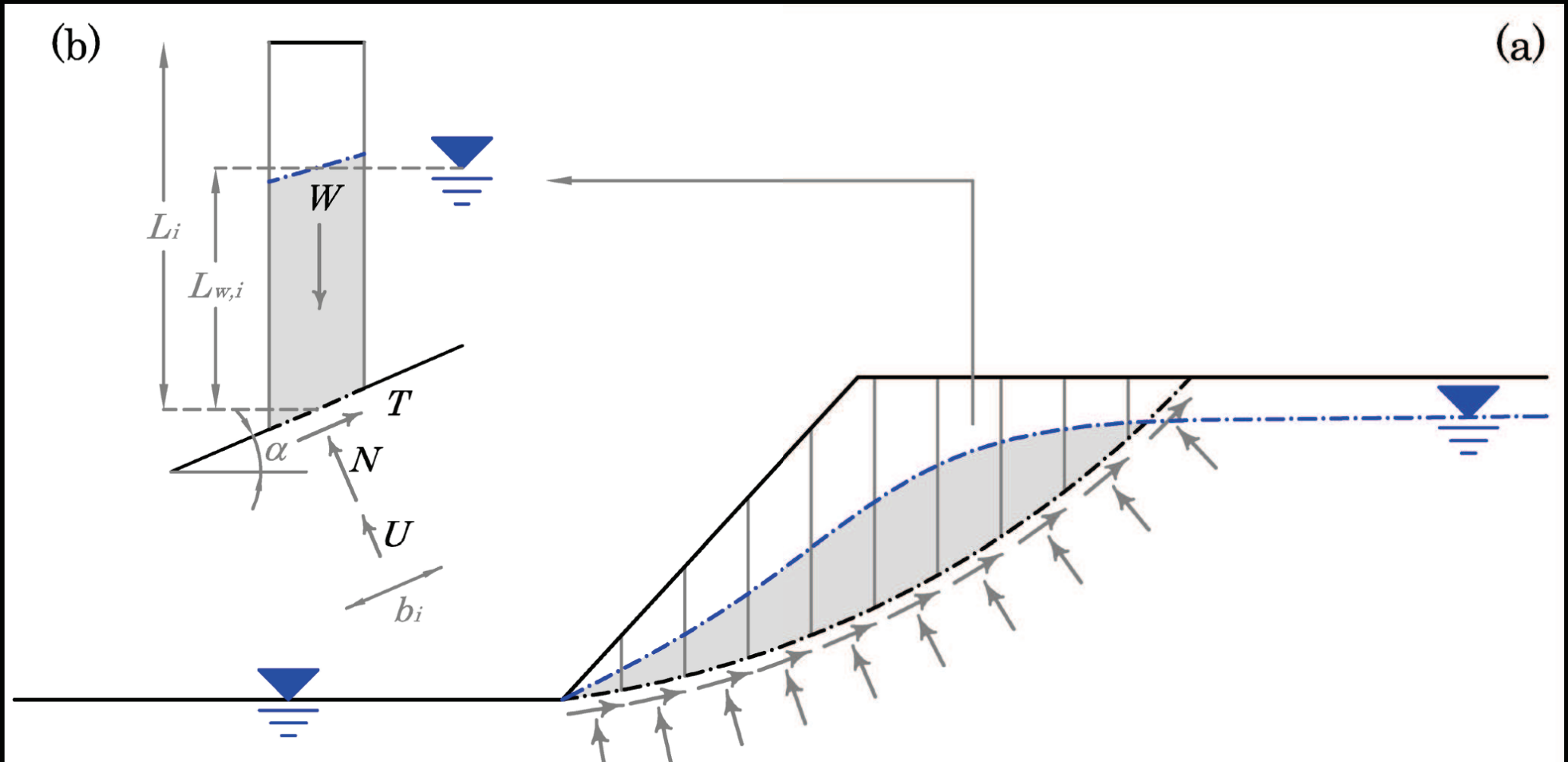


Fase 2 (costruzione della sezione bilanciata):

- metodi di calibrazione della sezione
- sismica a rifrazione
- indagine geoelettrica



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE

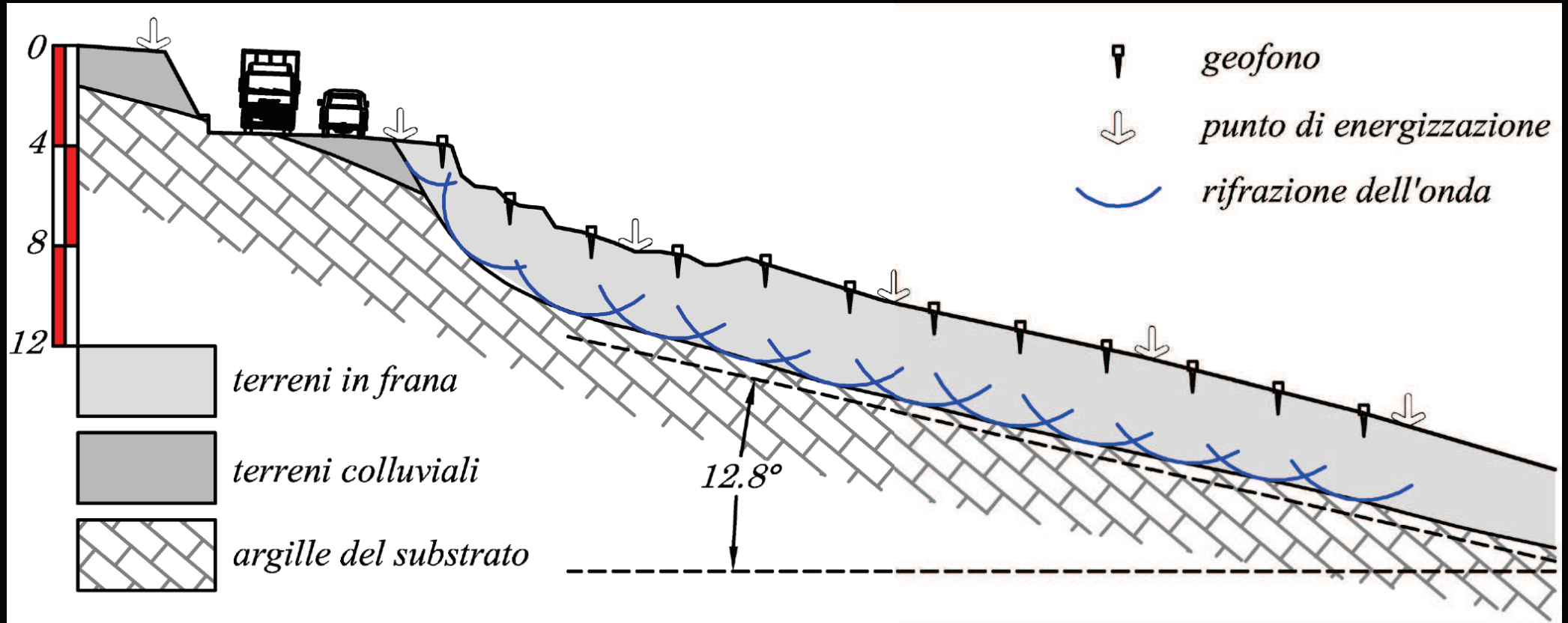


Fase 3 (applicazione della back-analysis):

- modulazione del peso di volume dei terreni
- modulazione della superficie piezometrica
- inversione del calcolo di stabilità per una coesione nulla



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



$L = 4$  metri

$L_w = 2$  metri

peso di volume: 19/19,5/20 kN/mc

$f' = 17,1^\circ/17^\circ/16,9^\circ$

$L = 4$  metri

$L_w = 0$  metri

peso di volume: 19,5 kN/mc

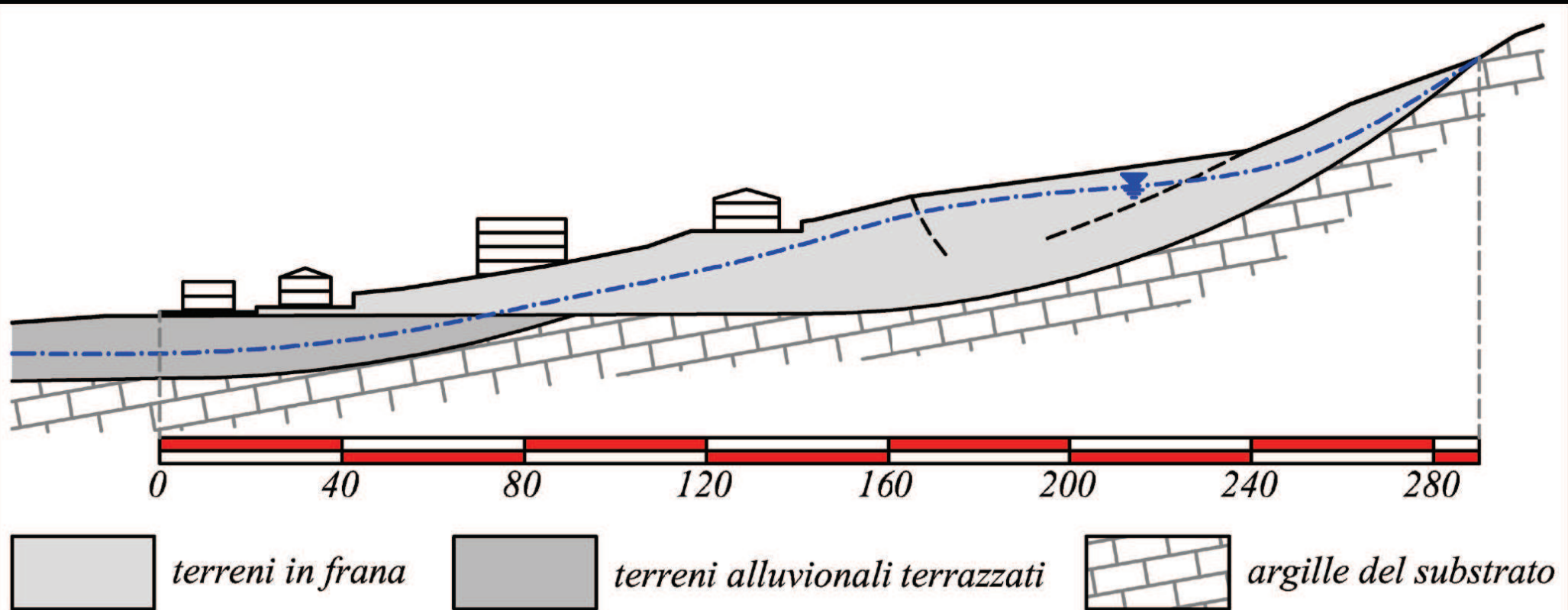
$f' = 12,8^\circ$

Fase 3 (applicazione della back-analysis):

- modulazione del peso di volume dei terreni
- modulazione della superficie piezometrica
- inversione del calcolo di stabilità per una coesione nulla



#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Back-analysis:

$$f' = 13^\circ$$

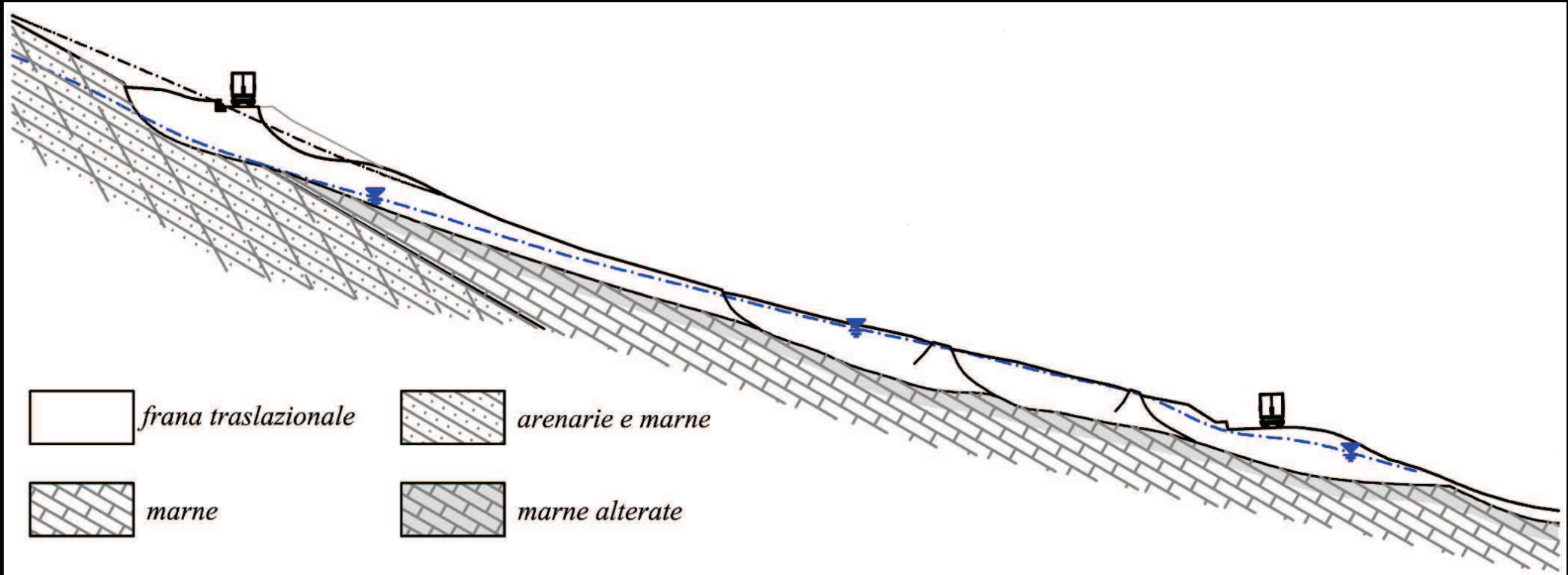
Prove di laboratorio:

$$f' = 12^\circ$$

Fase 3 (applicazione della back-analysis):

- modulazione del peso di volume dei terreni
- modulazione della superficie piezometrica
- inversione del calcolo di stabilità per una coesione nulla

#### 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Back-analysis:

$$f' = 26,3^\circ$$

Prove di laboratorio:

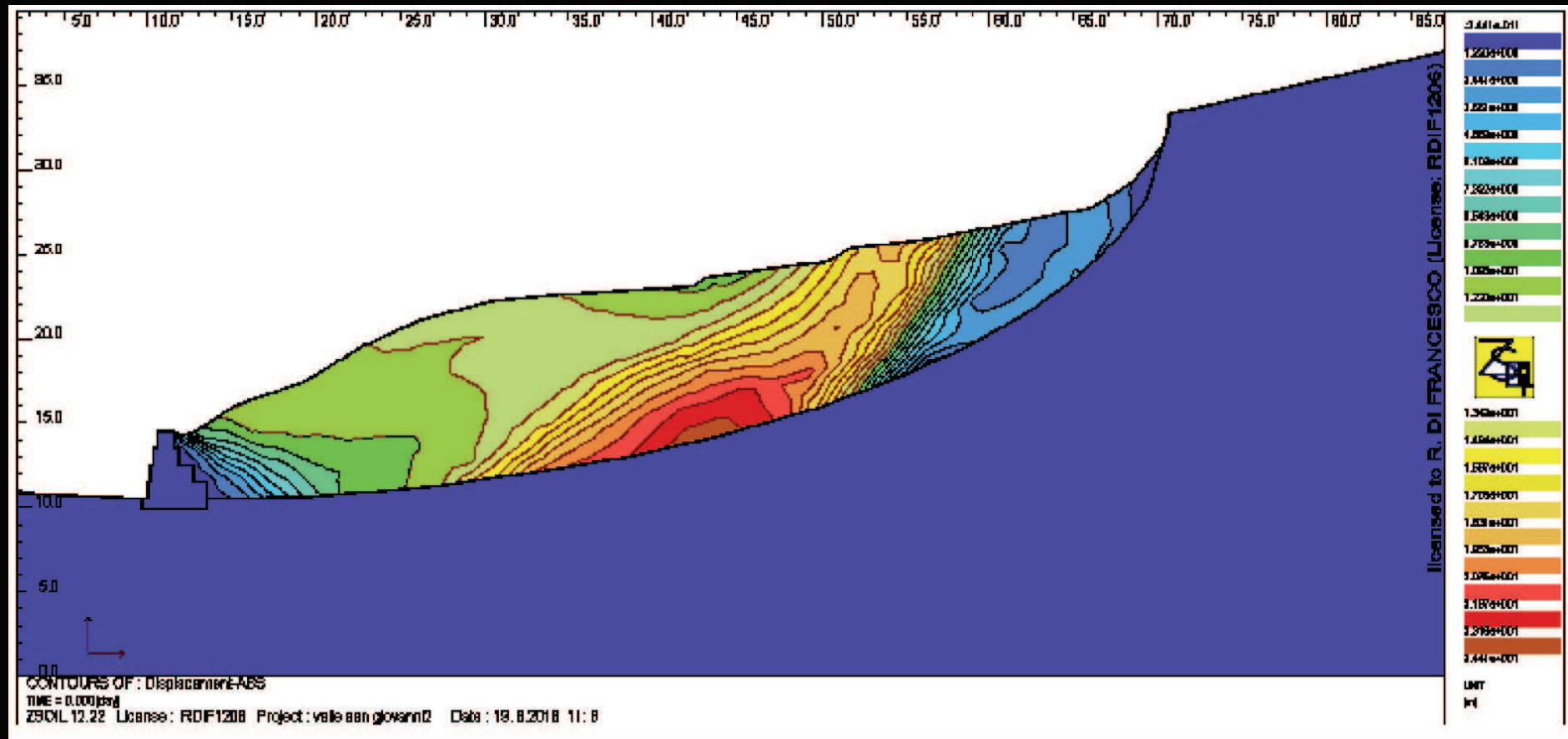
$$f' = 26^\circ$$

Fase 3 (applicazione della back-analysis):

- modulazione del peso di volume dei terreni
- modulazione della superficie piezometrica
- inversione del calcolo di stabilità per una coesione nulla



## 4) L'APPROCCIO BASE (o approccio minimo) ALLO STUDIO DELLE FRANE



Back-analysis:

$$f' = 18^\circ$$

Fase 3 (applicazione della back-analysis):

- modulazione del peso di volume dei terreni
- modulazione della superficie piezometrica
- inversione del calcolo di stabilità per una coesione nulla

## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva

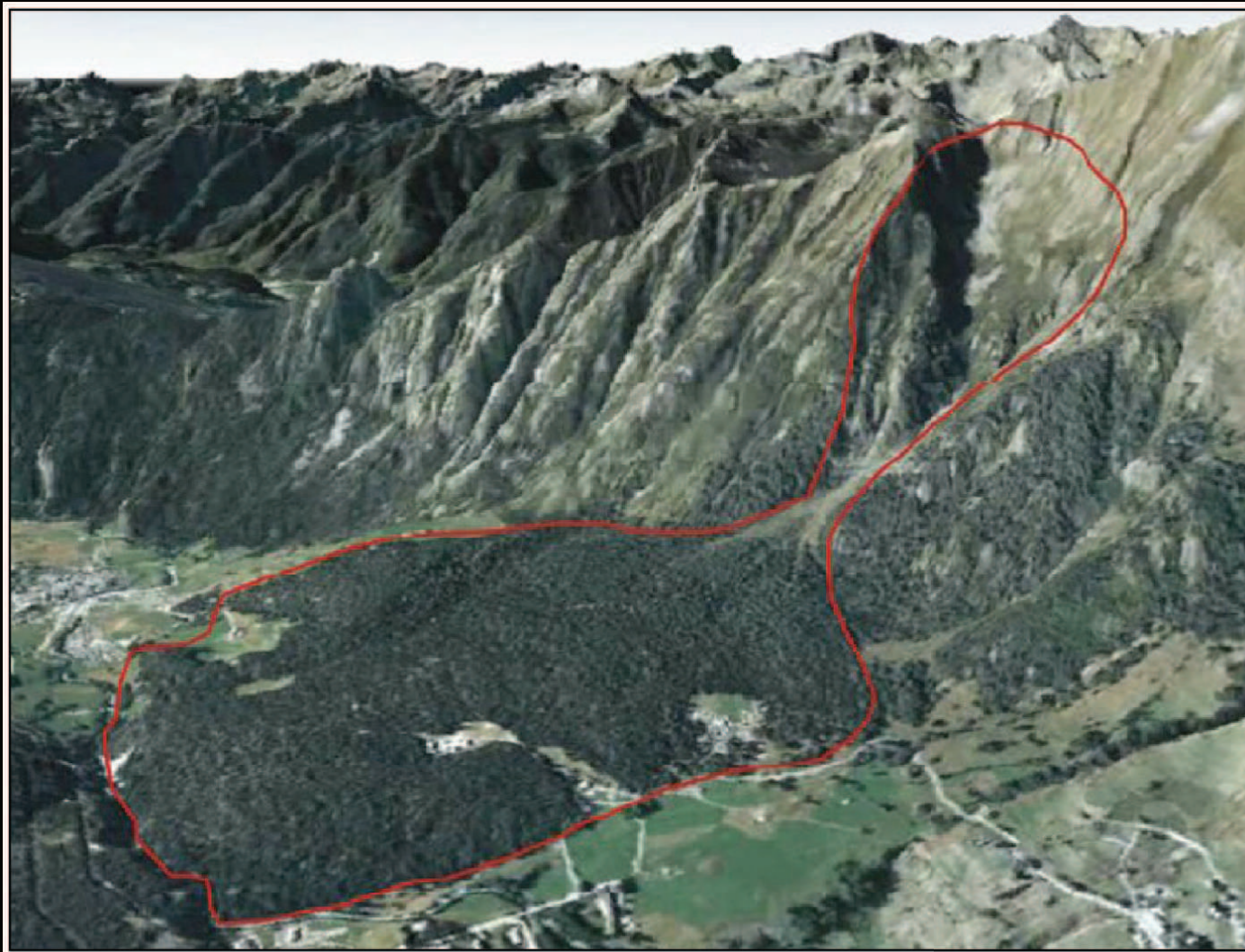




## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematisismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva

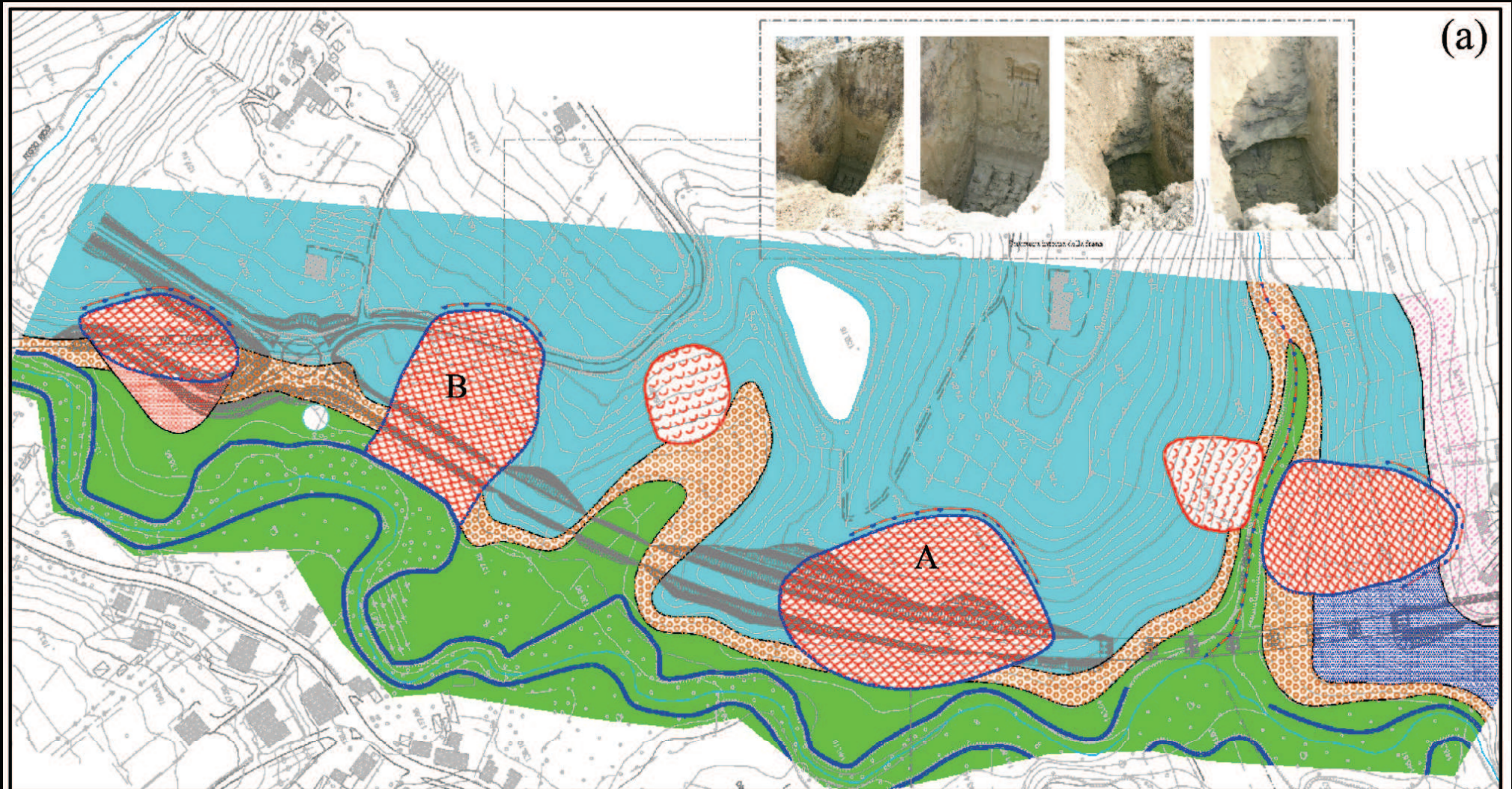




## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva





## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

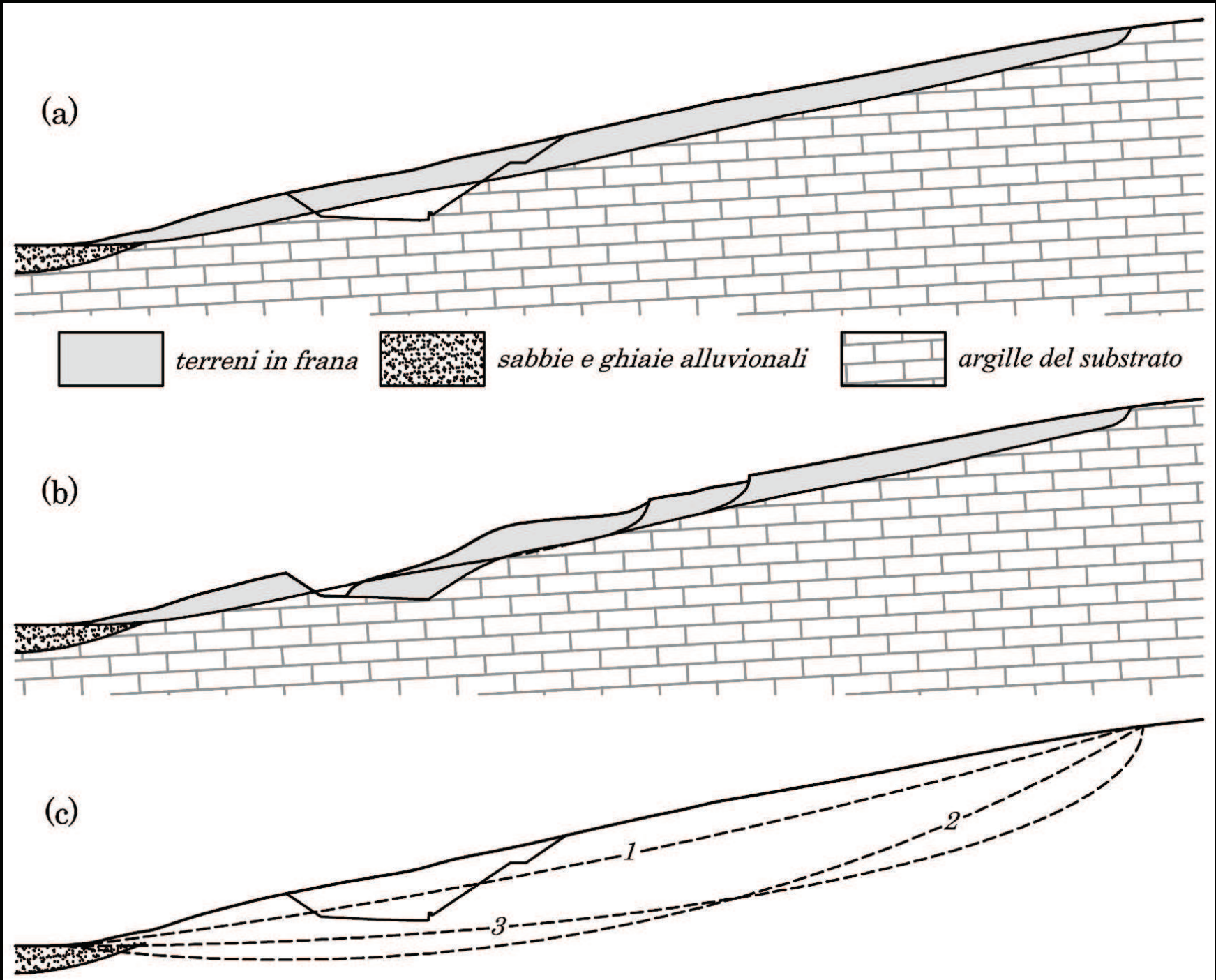
- la legge di compatibilità d e l cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva



## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità d e l cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva

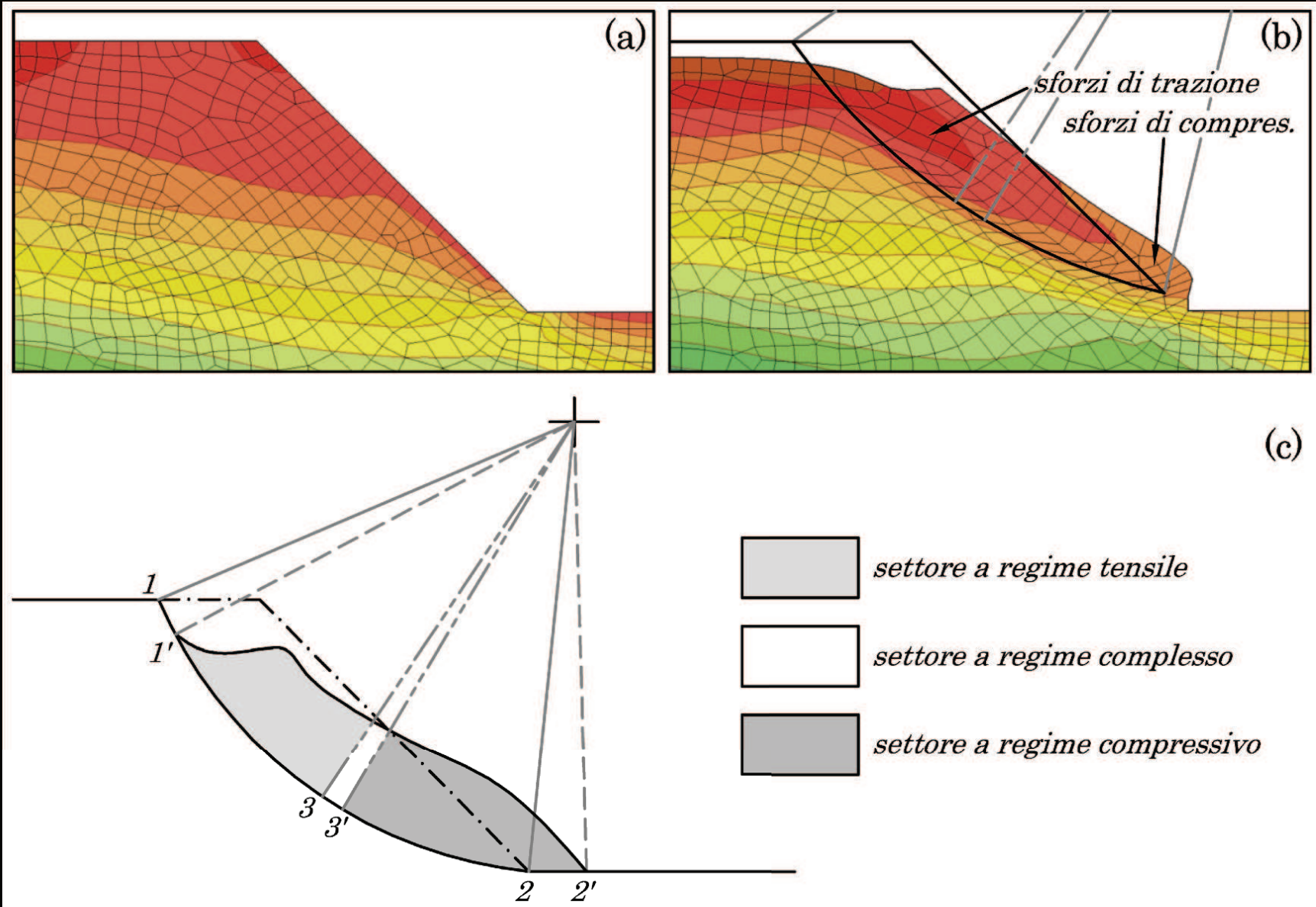




## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

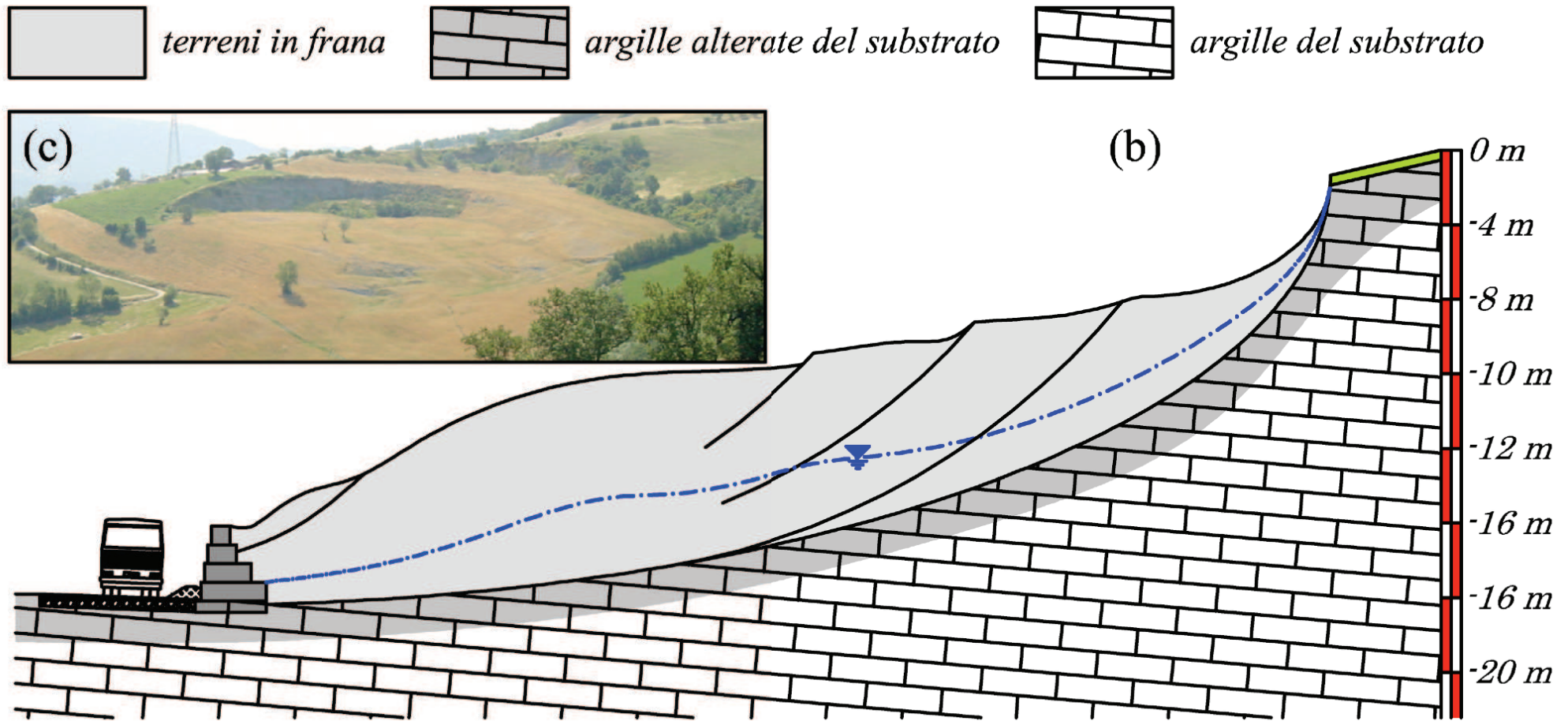
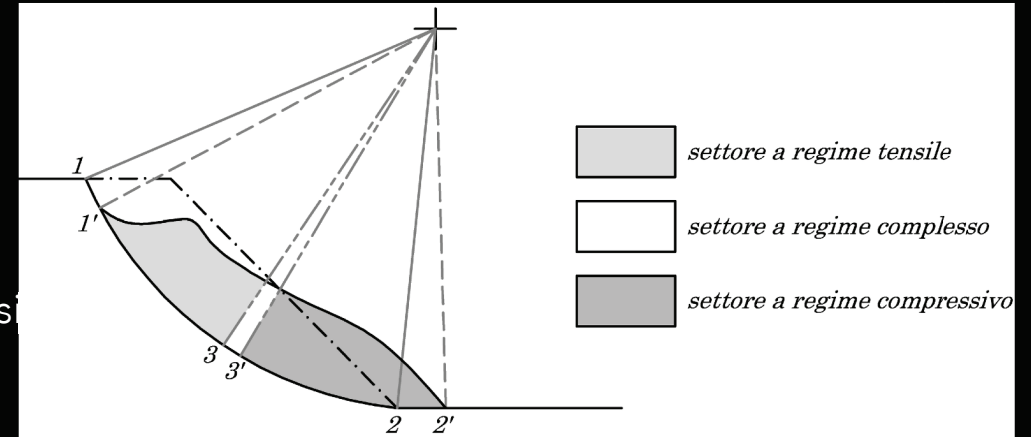
- la legge di compatibilità d e l cinematico
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva



## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva

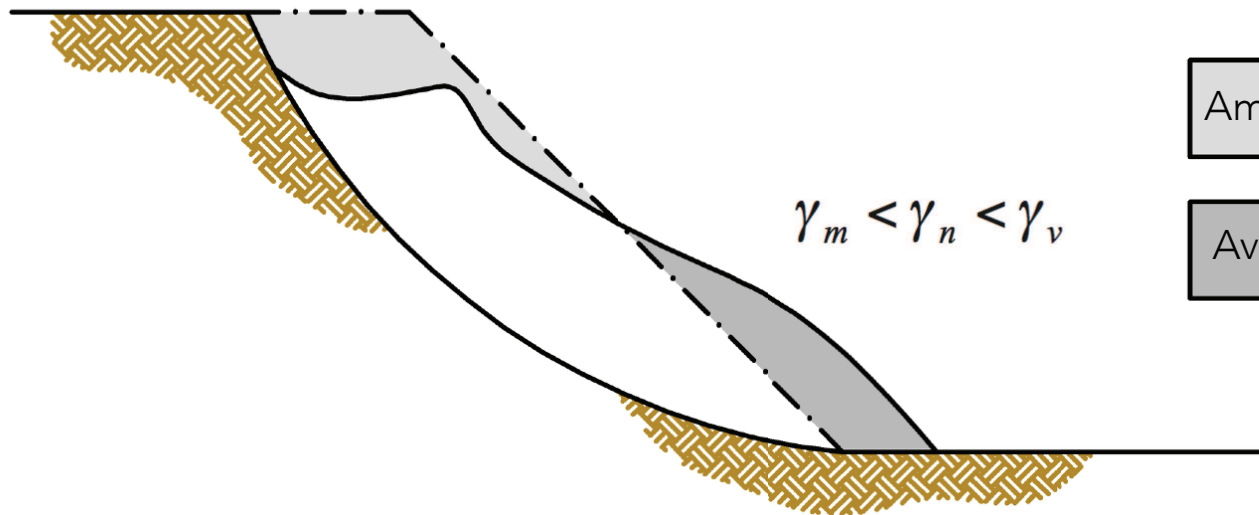




## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva

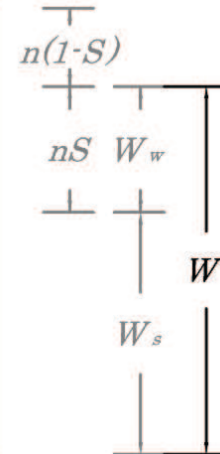
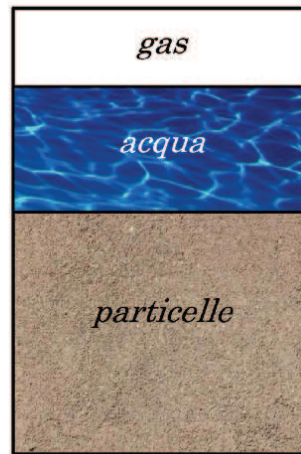
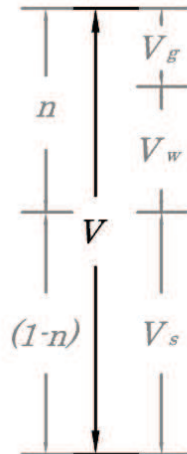
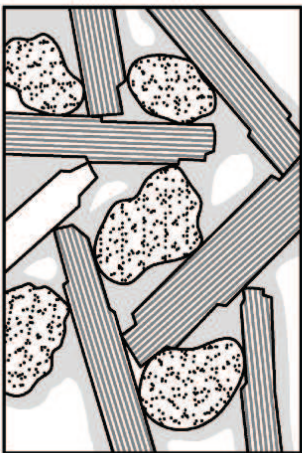


$A_m$

*massa in uscita a monte*

$A_v$

*massa in entrata a valle*



$$\gamma = \left[ (1-n) G_s \right] + (n \cdot S \cdot \gamma_w)$$

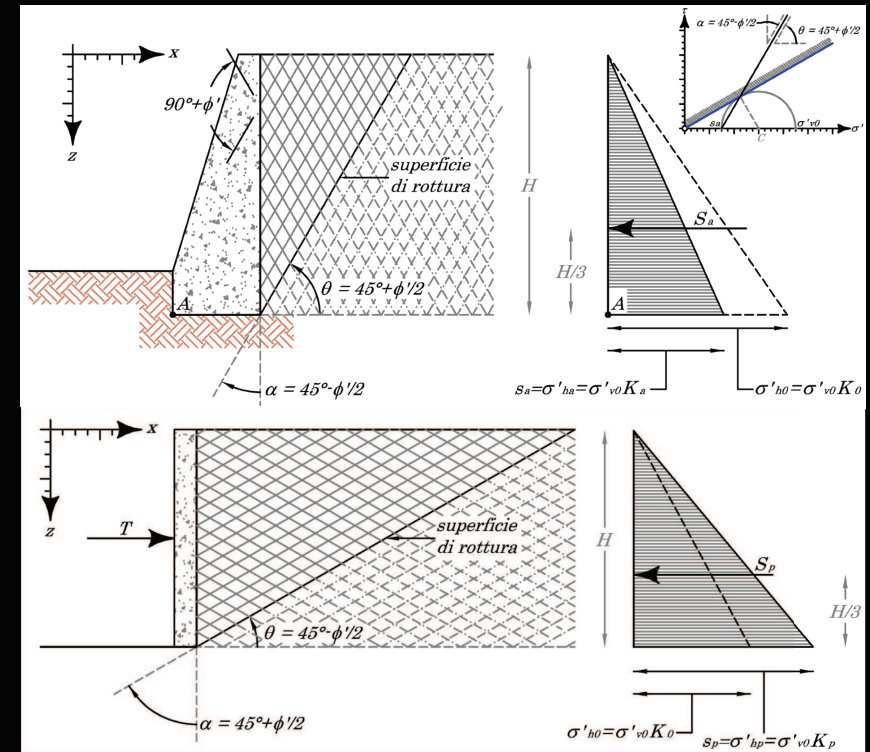
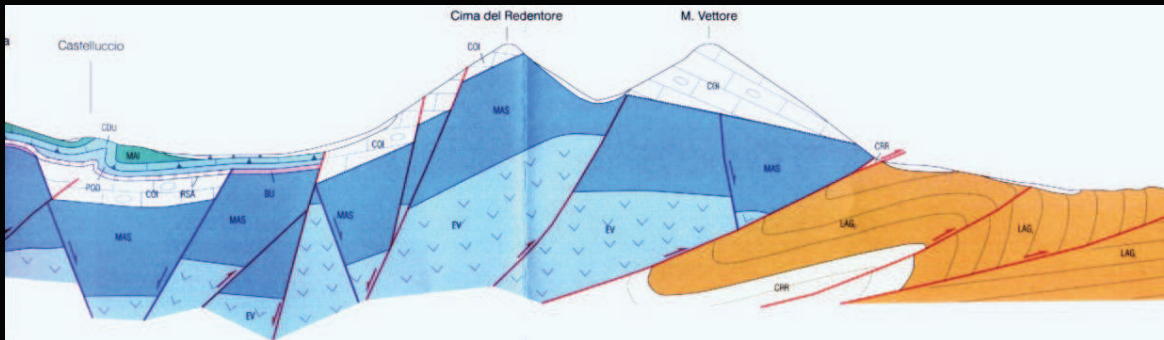
$$R = A_v / A_m = 1,08$$

Il valore medio di  $R$  è 1,10; il valore massimo è 1,15

## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva



Dall'analisi delle rotture per compressione per scarico e per estensione per carico emerge che:

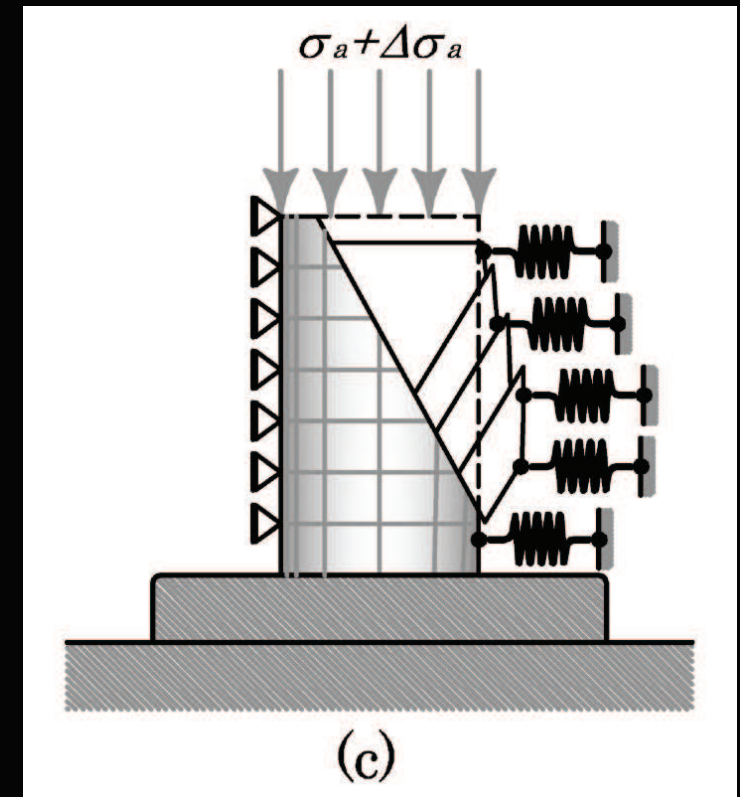
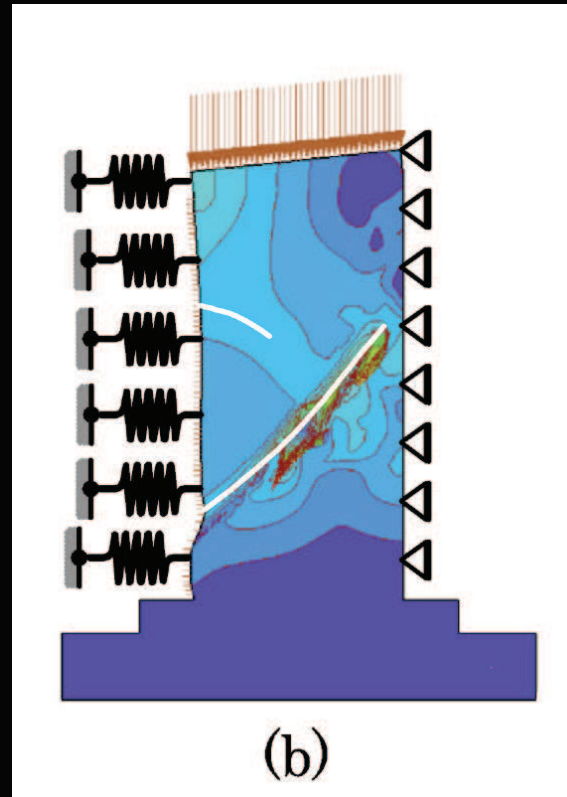
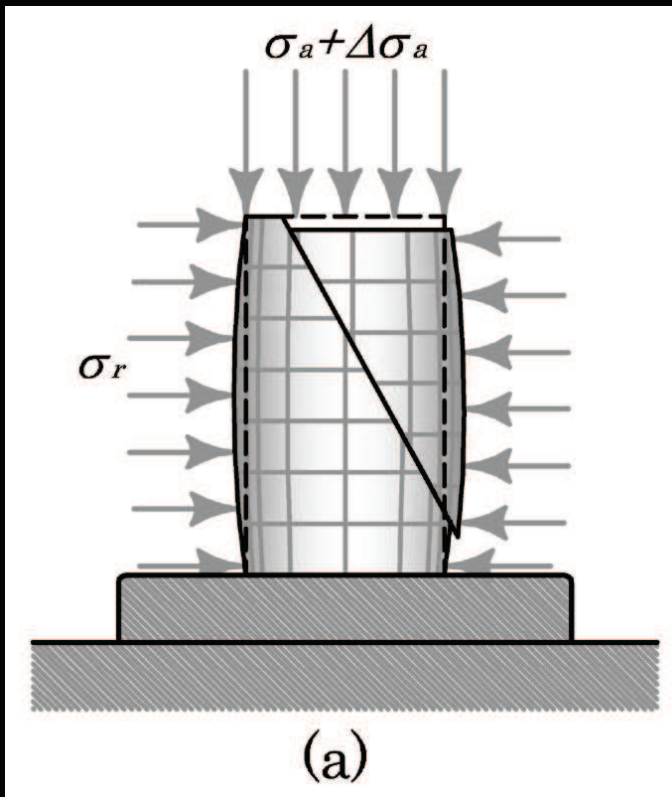
- la rottura attiva sviluppa superfici inclinate di  $45^\circ + f'/2$  rispetto all'orizzontale;
- la rottura passiva sviluppa superfici inclinate di  $45^\circ - f'/2$  rispetto all'orizzontale;
- le superfici di rottura attiva e passiva formano angoli acuti di ampiezza  $f'$  ed angoli ottusi di ampiezza  $180^\circ - f'$ ;
- al settore di monte di una frana soggetto a trazione con rotture attive corrisponde un settore di valle in compressione con possibile sviluppo di rotture passive;
- le superfici di rottura sono generalmente curvilinee, perché seguono leggi non lineari;
- la presenza di un vincolo localizzato può generare lo sviluppo di rotture passive nell'ambito di una rottura attiva globale.



## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva





## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva

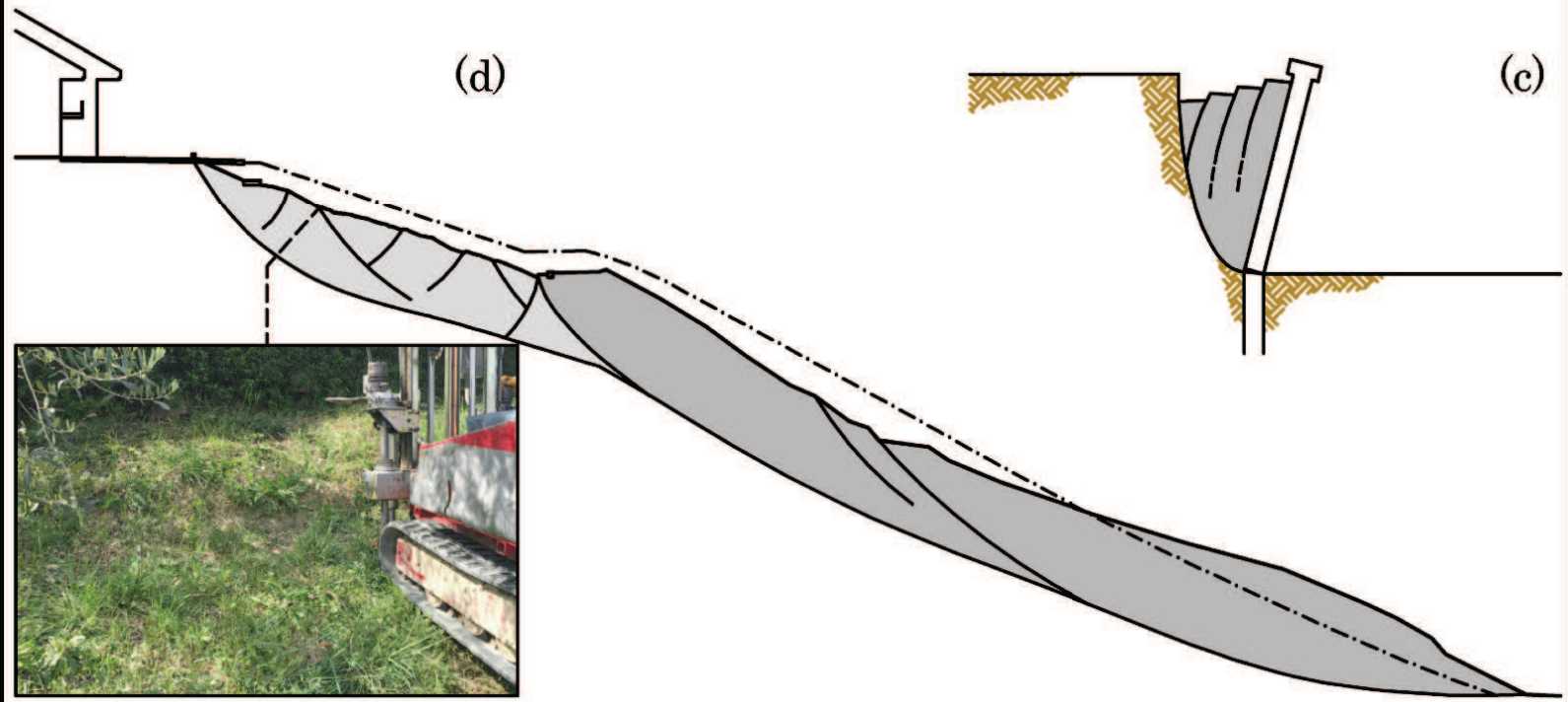




## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE

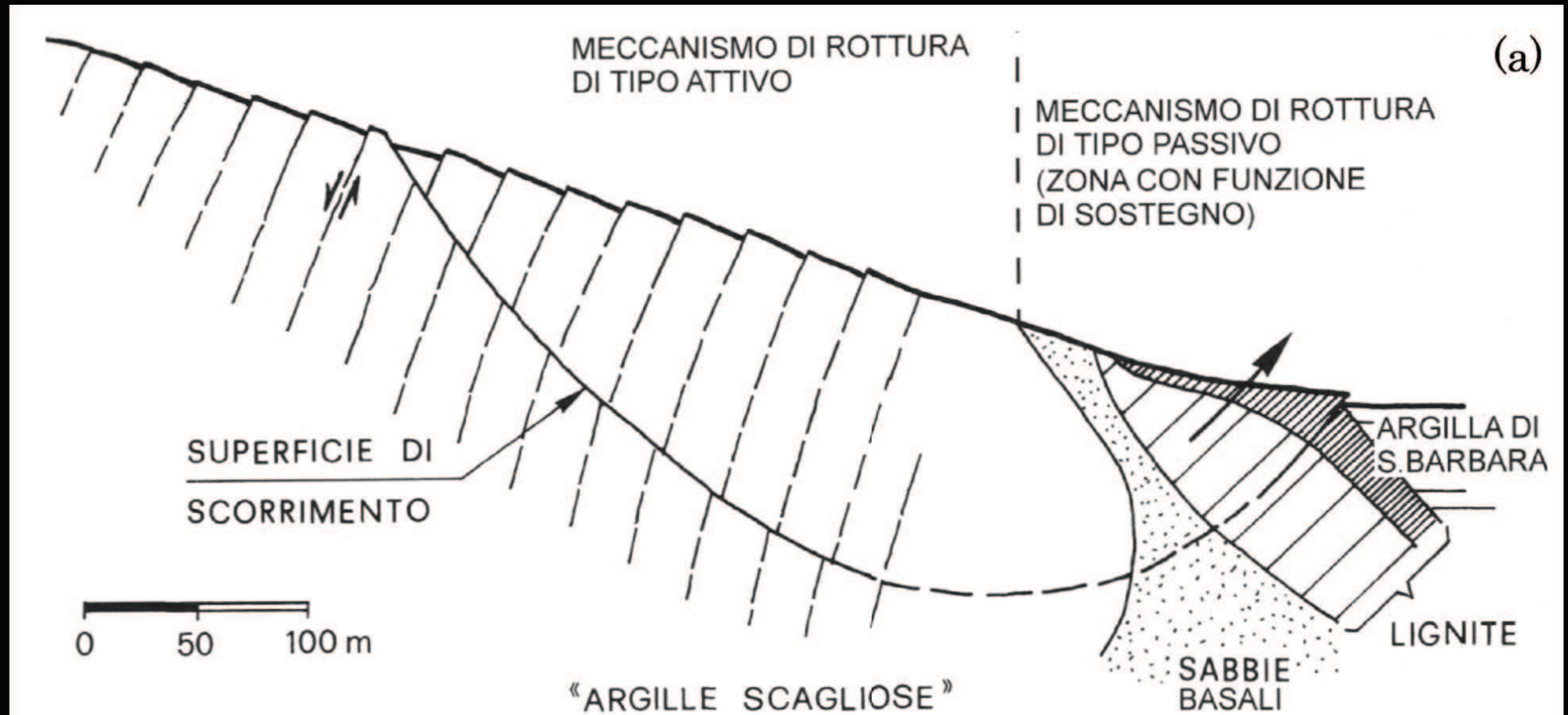
Occorre rispettare:

- la legge di compatibilità del cinematicismo
- la legge di esistenza delle linee neutre
- la legge del bilancio di massa
- la legge dei rapporti reciproci tra rottura attiva e passiva





## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE





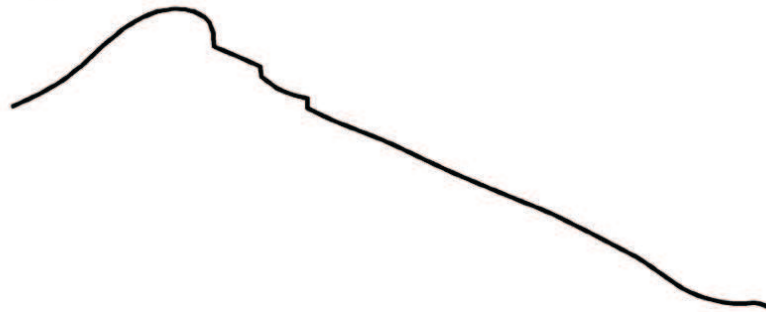
## 5) METODI DI COSTRUZIONE DELLE SEZIONI BILANCIATE



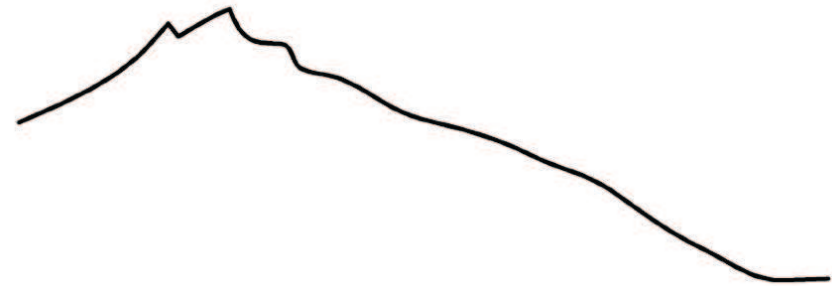


## 6) APPLICAZIONI DELLE ROTTURE ATTIVA E PASSIVA ALLA MORFOLOGIA

(a)



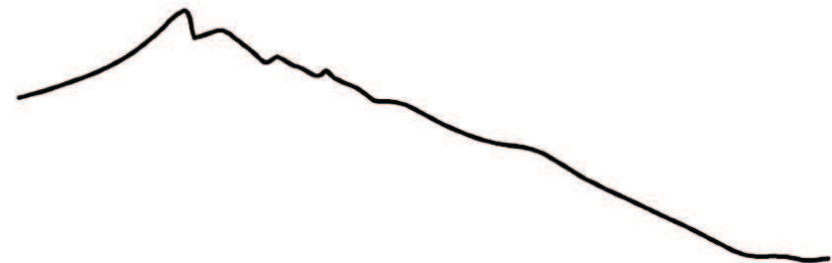
(b)



(c)



(d)



(e)

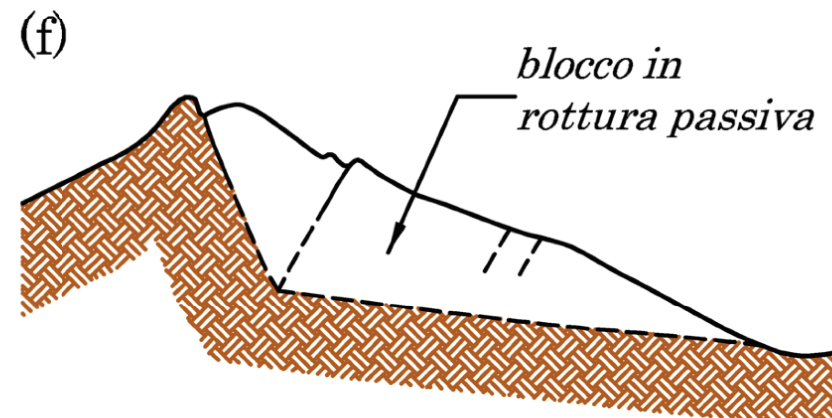
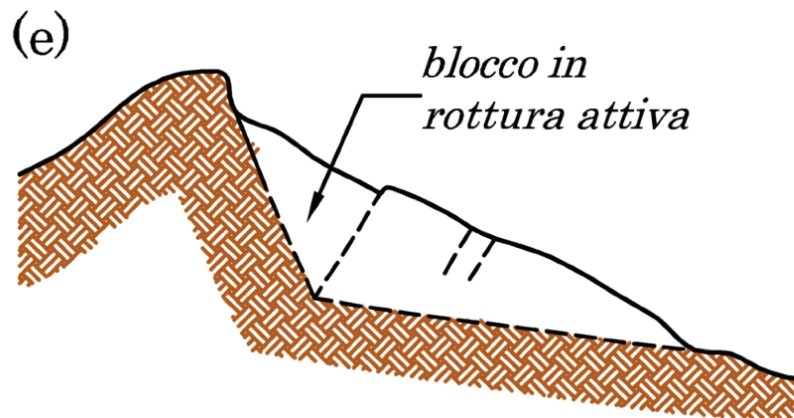
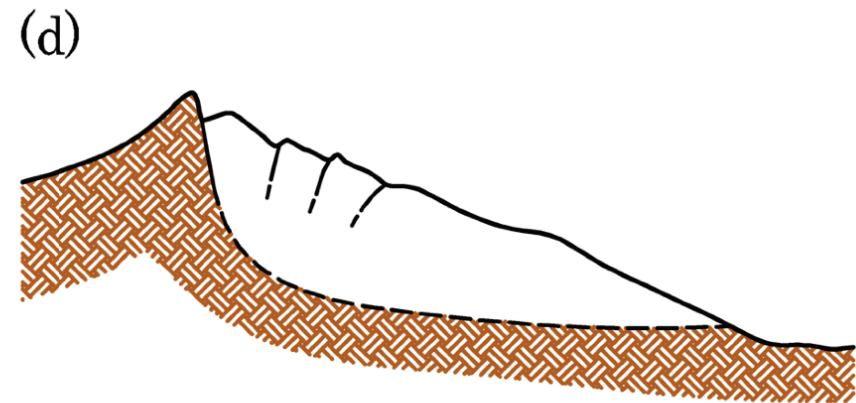
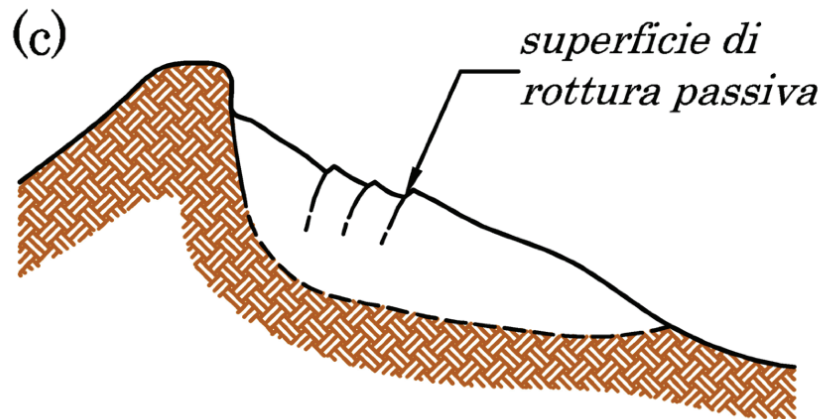
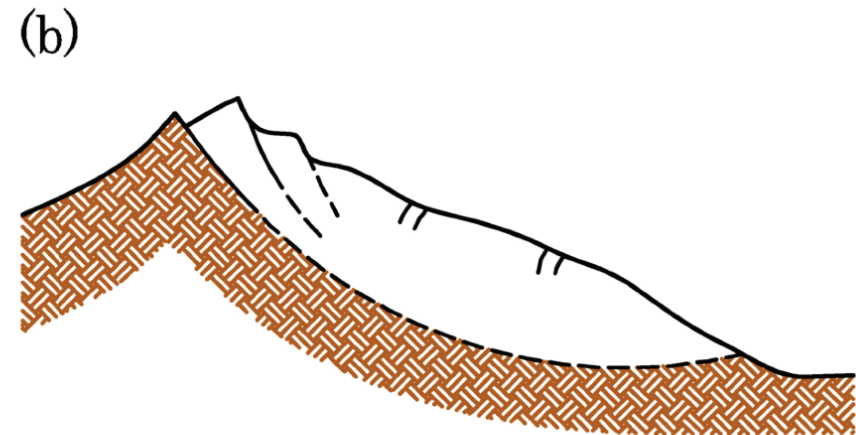
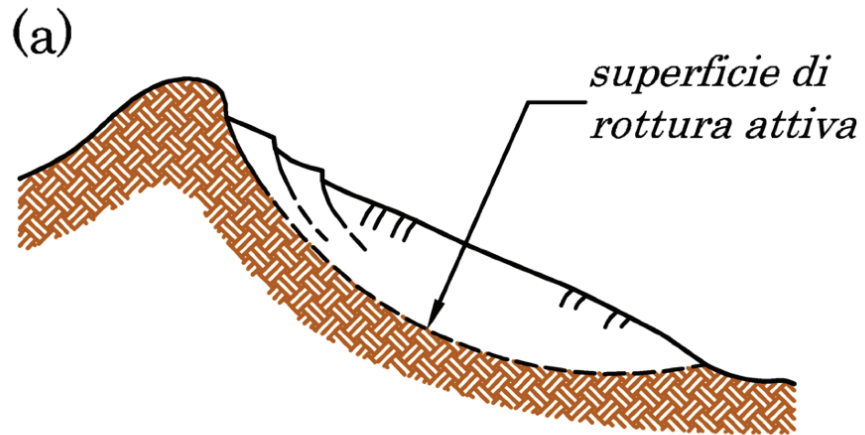


(f)

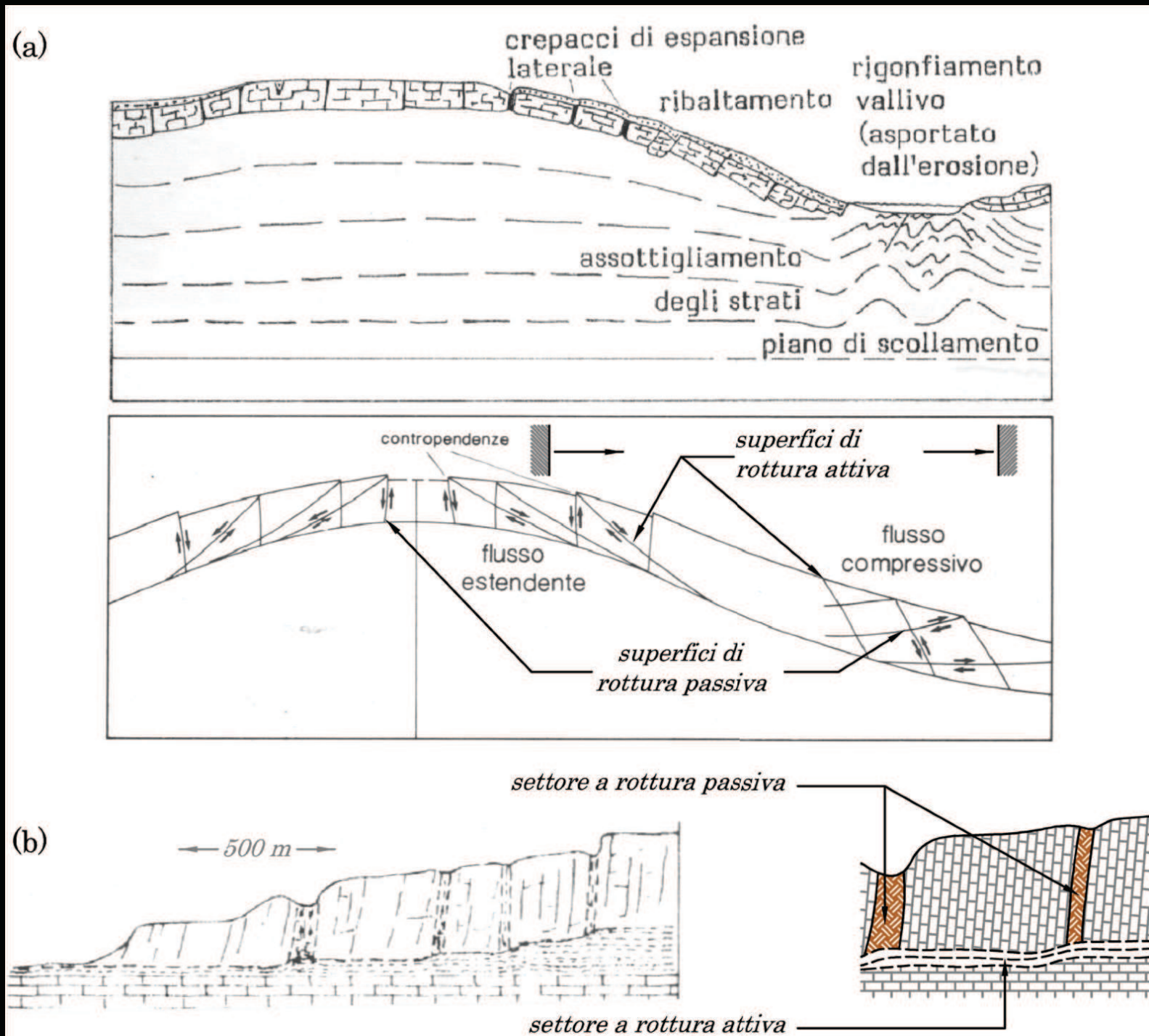




## 6) APPLICAZIONI DELLE ROTTURE ATTIVA E PASSIVA ALLA MORFOLOGIA



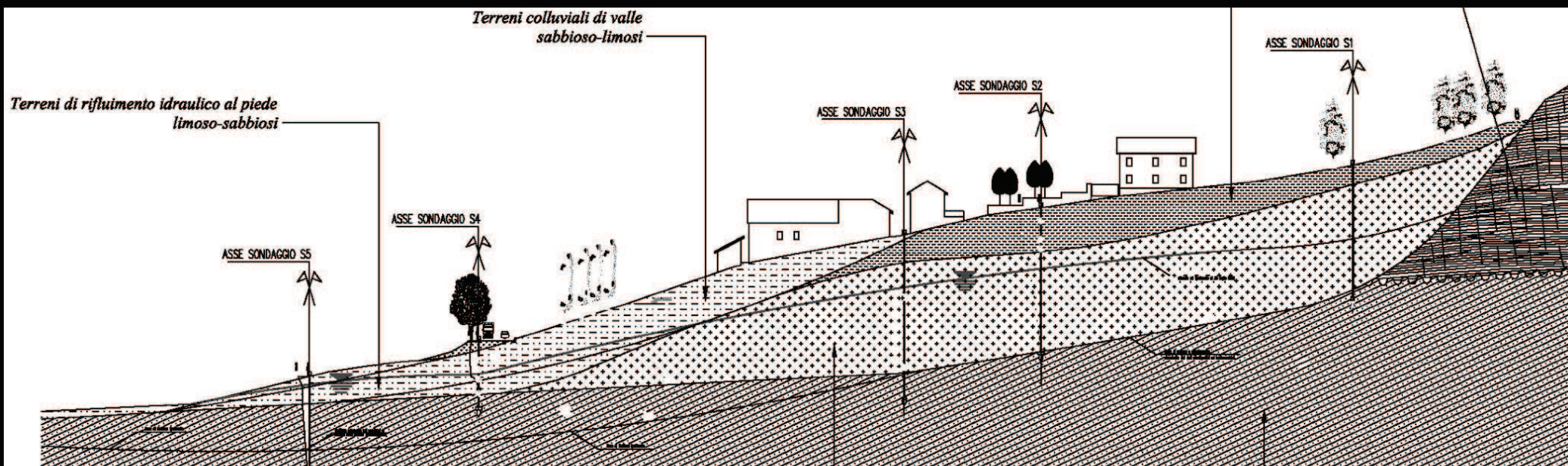
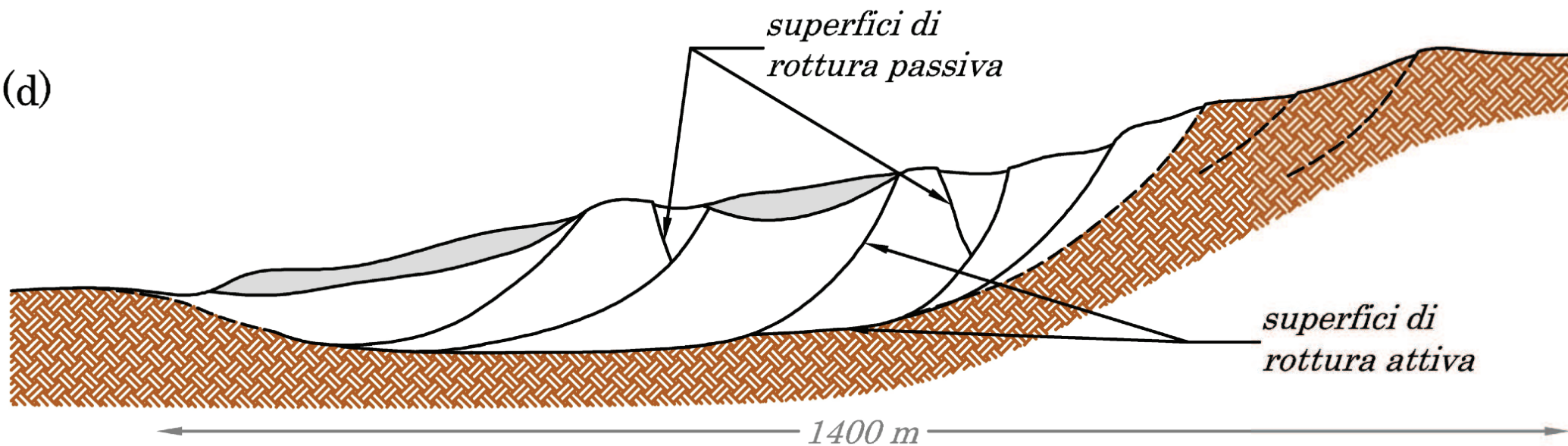
## 6) APPLICAZIONI DELLE ROTTURE ATTIVA E PASSIVA ALLA MORFOLOGIA





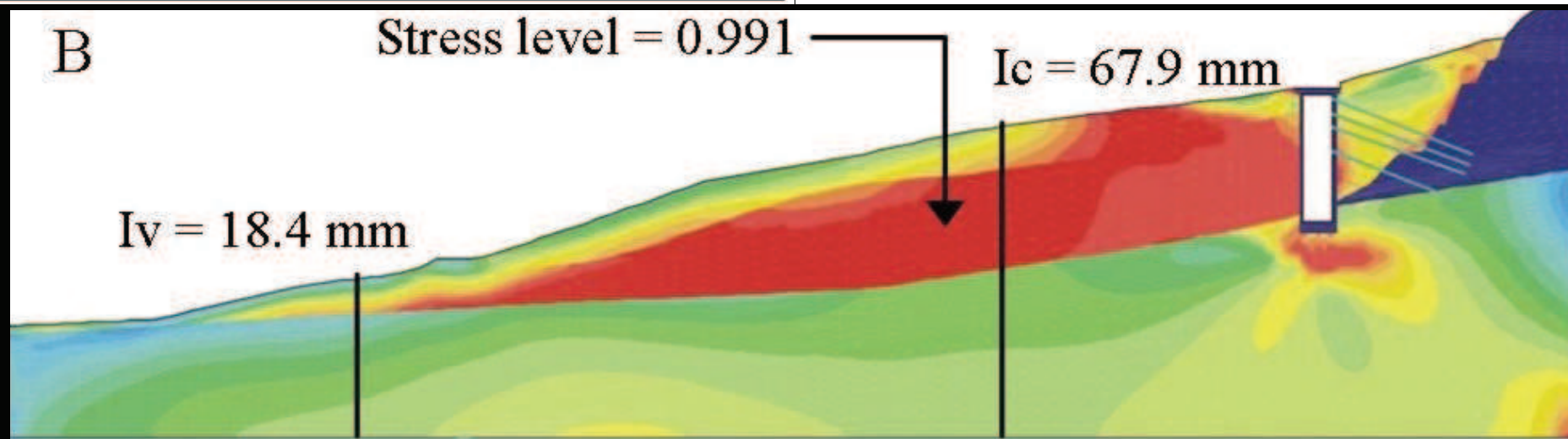
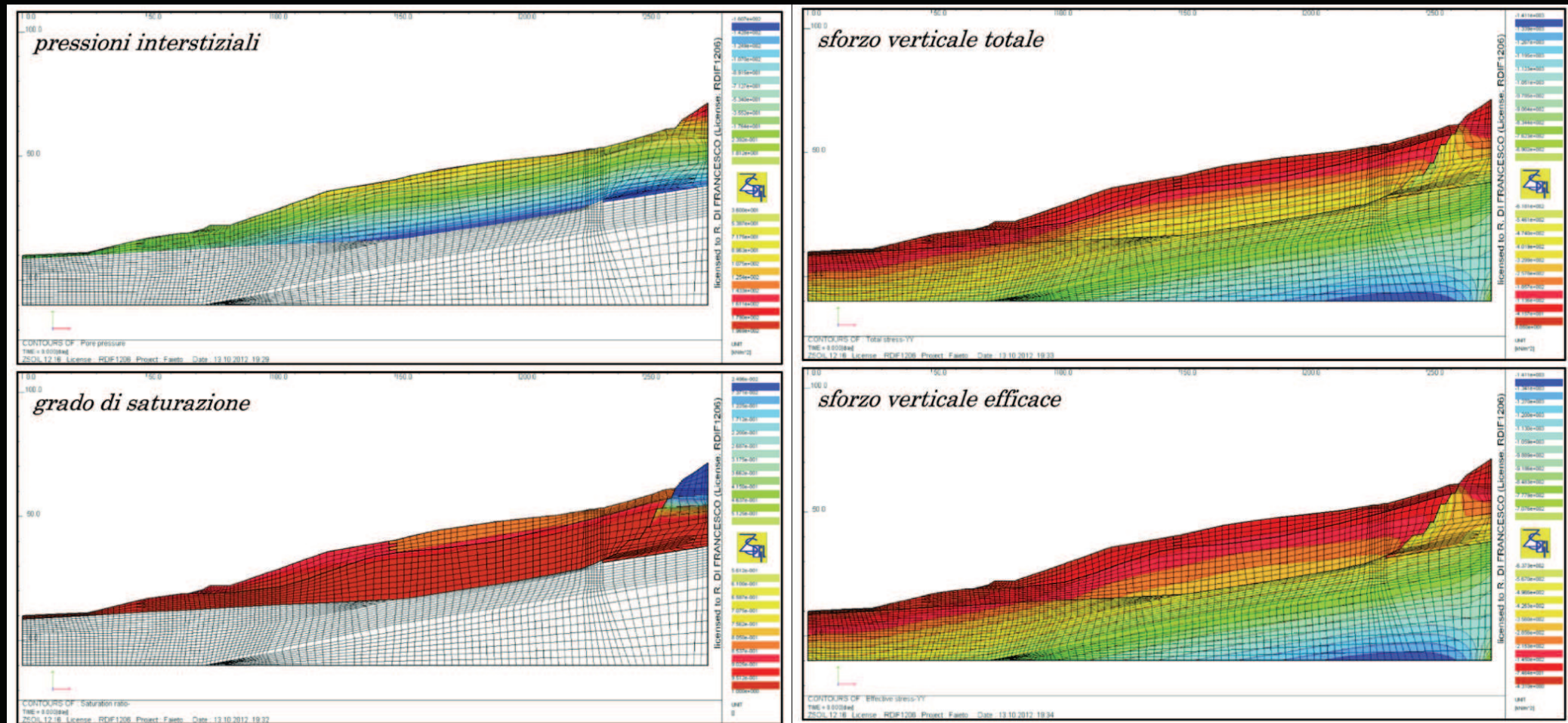
## 6) APPLICAZIONI DELLE ROTTURE ATTIVA E PASSIVA ALLA MORFOLOGIA

(d)





## 6) APPLICAZIONI DELLE ROTTURE ATTIVA E PASSIVA ALLA MORFOLOGIA





## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO





## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO





## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO



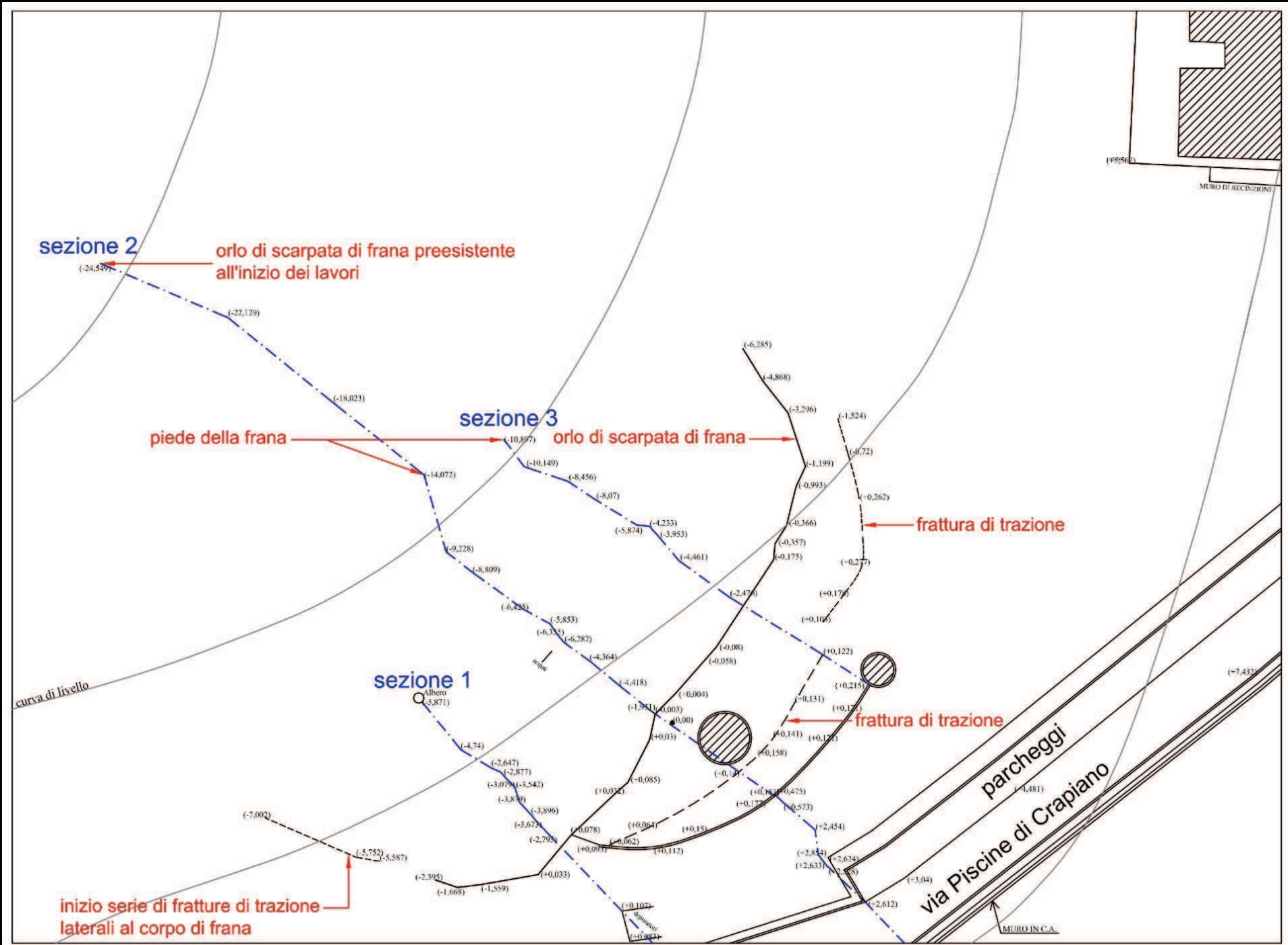


## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO





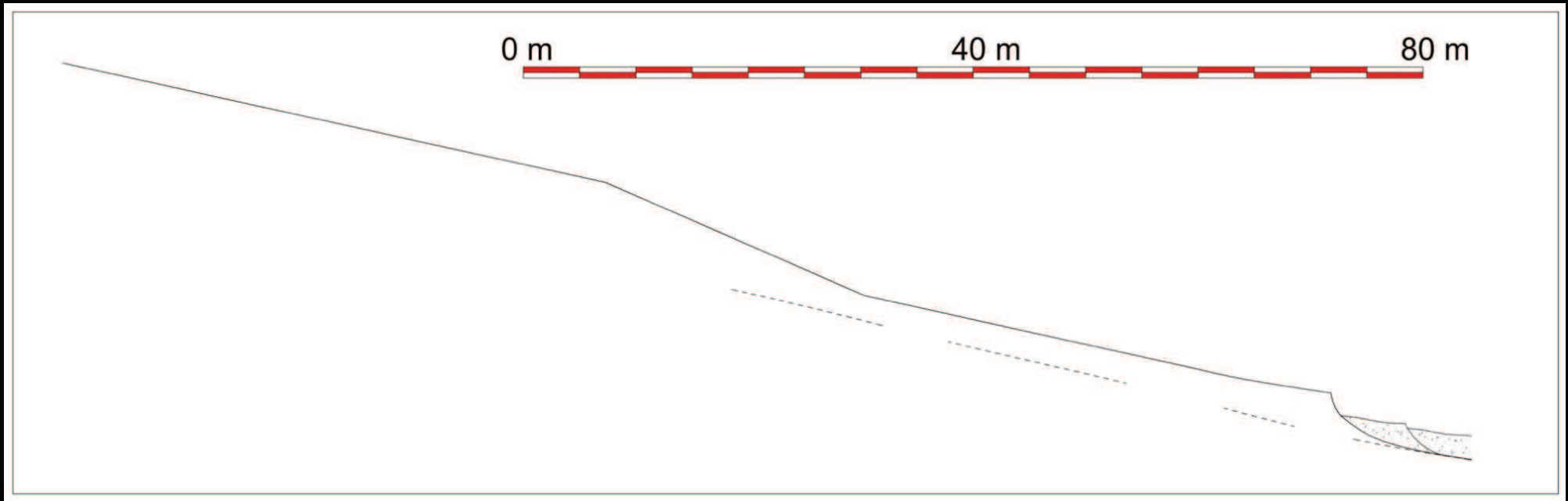
## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO



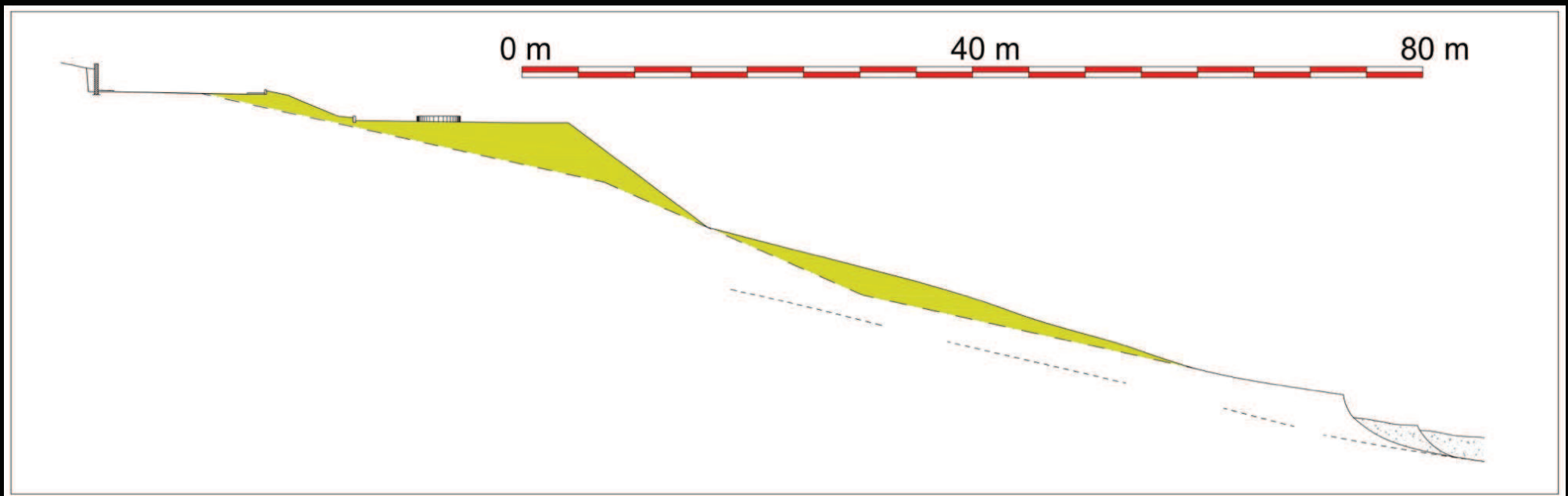


## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO

Profilo originario del terreno ricostruito dalla carta a curve di livello del 2004



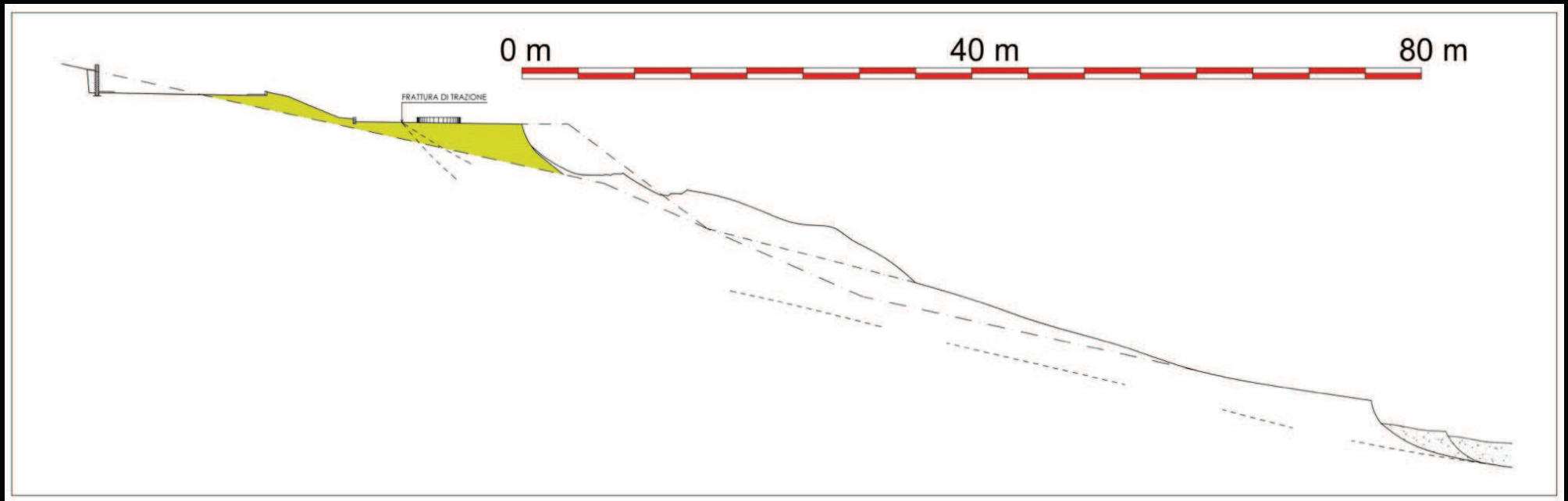
Profilo del terreno pre-collasso ricostruito utilizzando Google-Earth



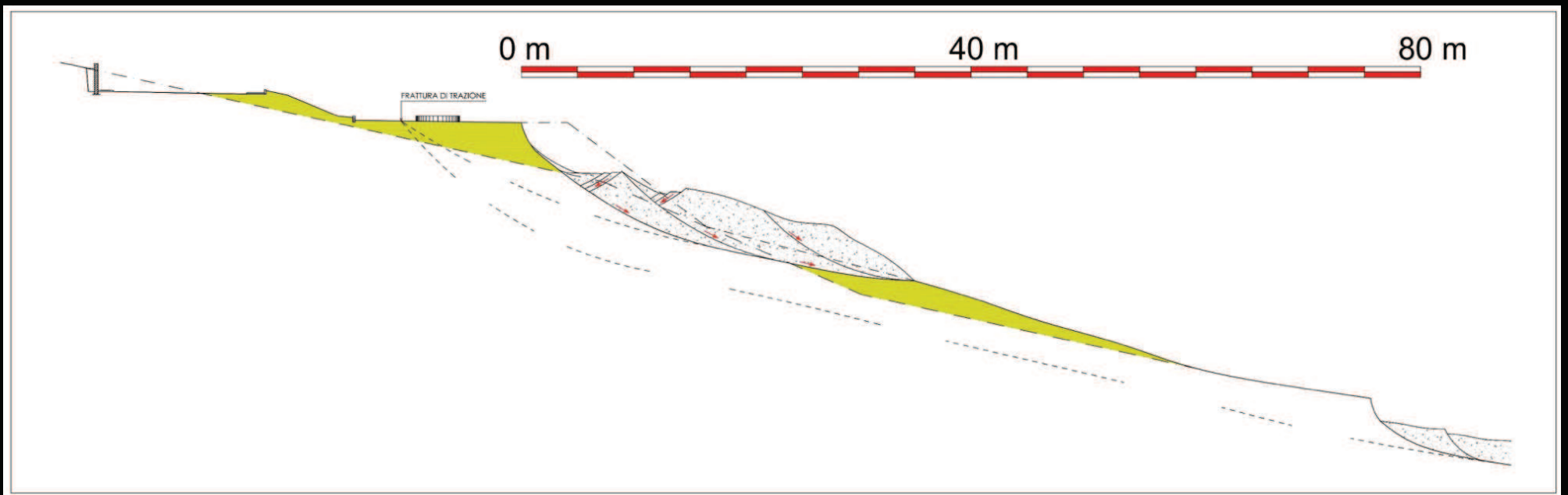


## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO

Profilo del terreno post-collasso ricostruito mediante rilievo topografico

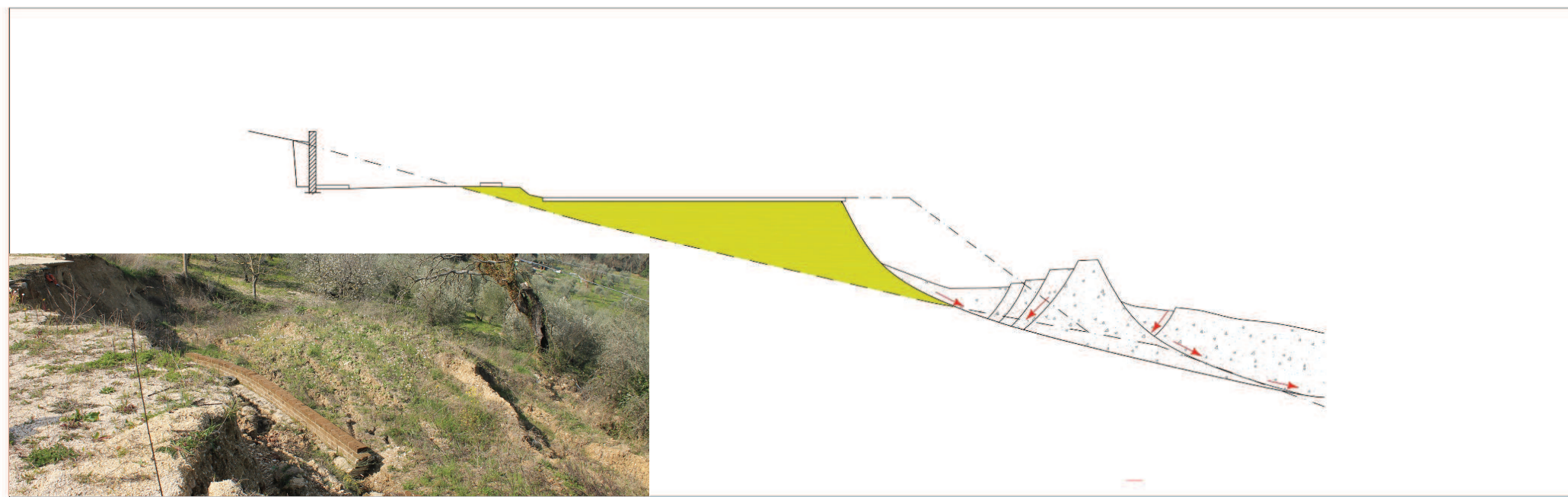
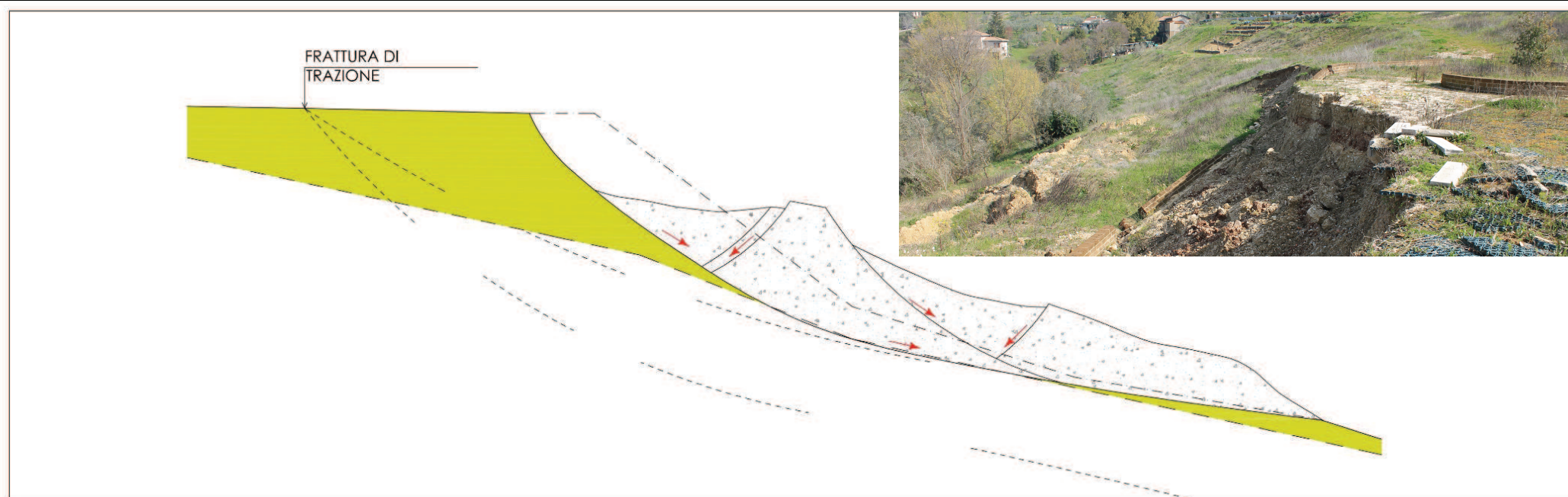


Profilo del terreno pre-collasso ricostruito mediante le tecniche di bilanciamento della sezione



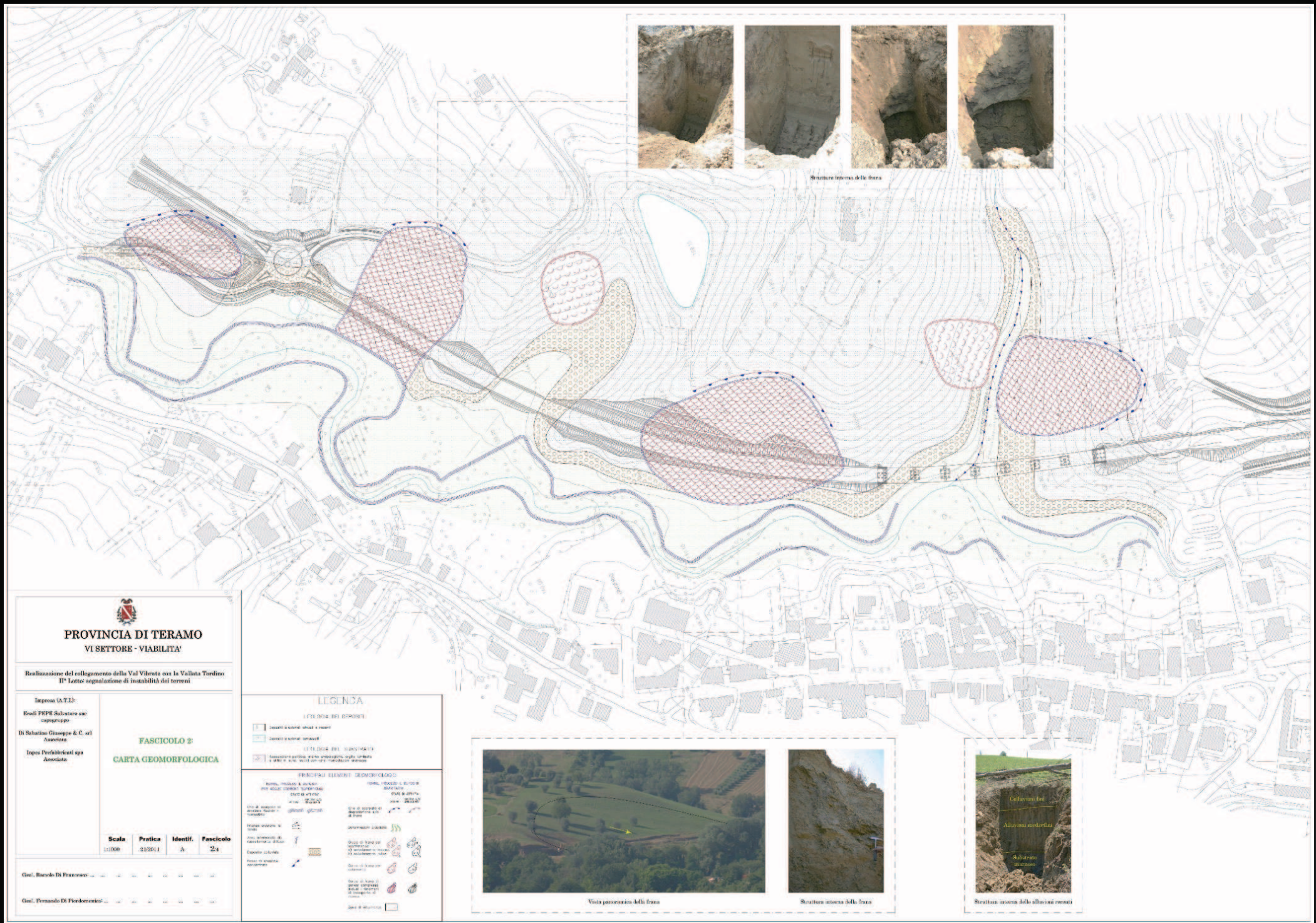


## 7) UN ESEMPIO APPLICATIVO



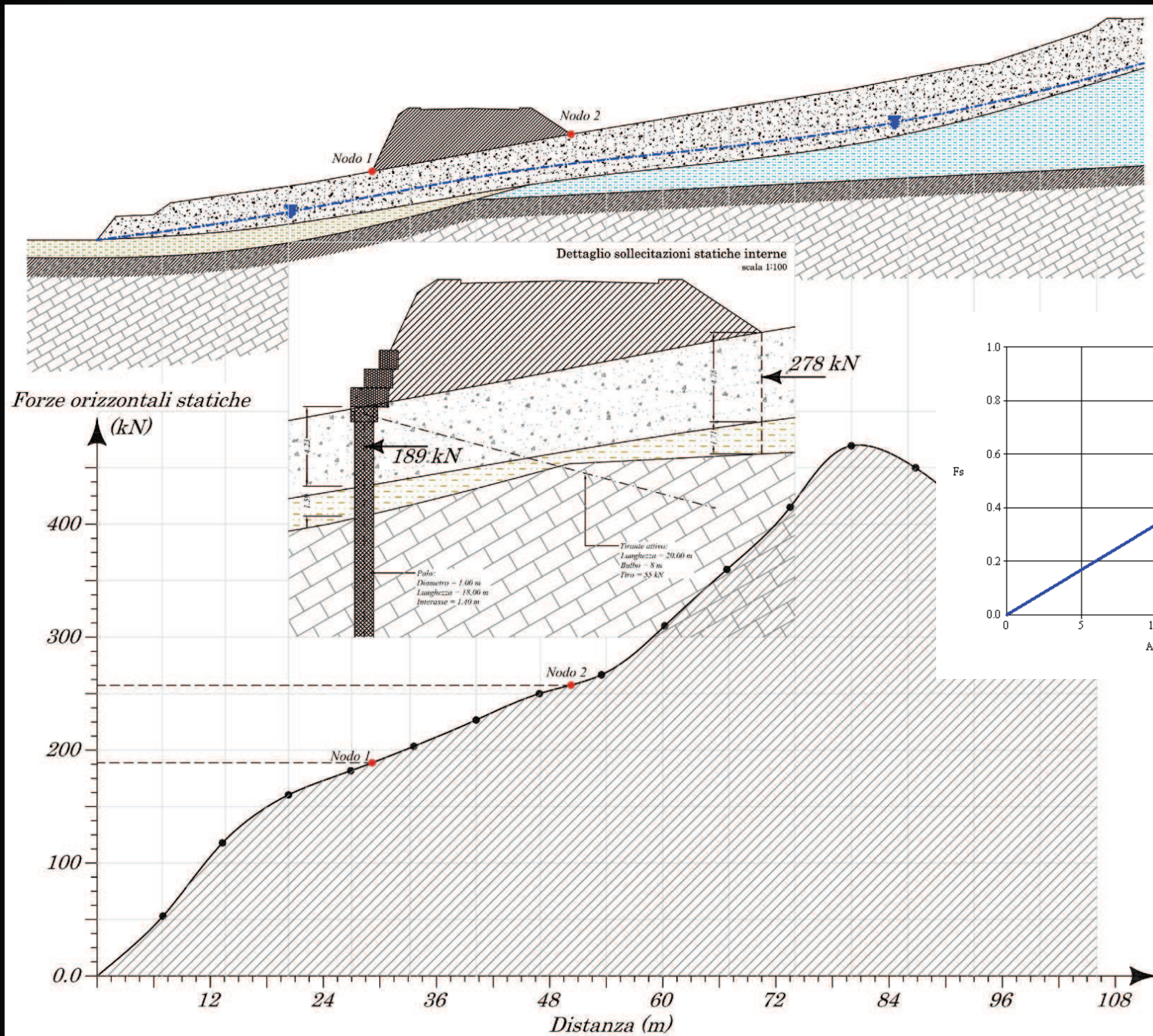


## 8) BACK-ANALYSIS: un caso di studio

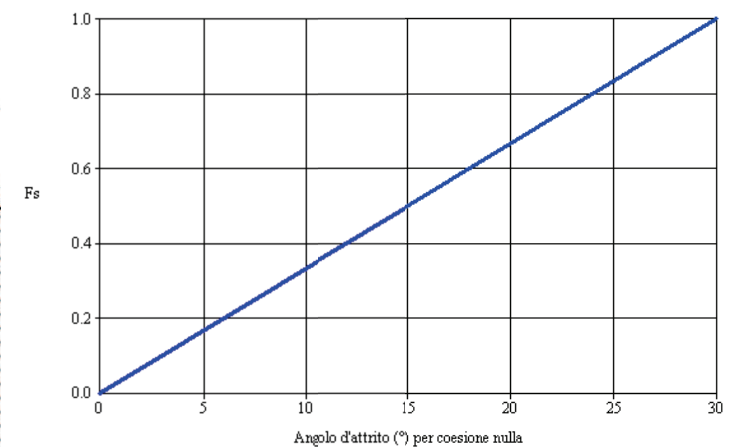




## 8) BACK-ANALYSIS: un caso di studio



Back Analysis





## 8) BACK-ANALYSIS: un caso di studio





## 8) BACK-ANALYSIS: un caso di studio



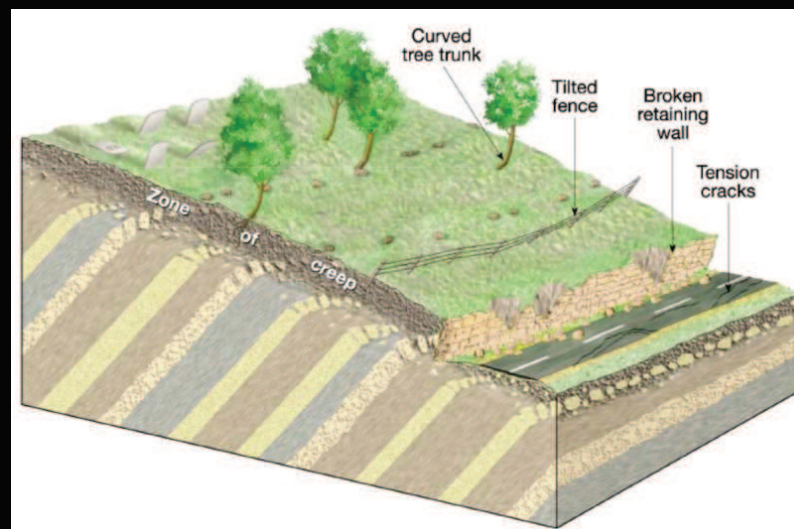
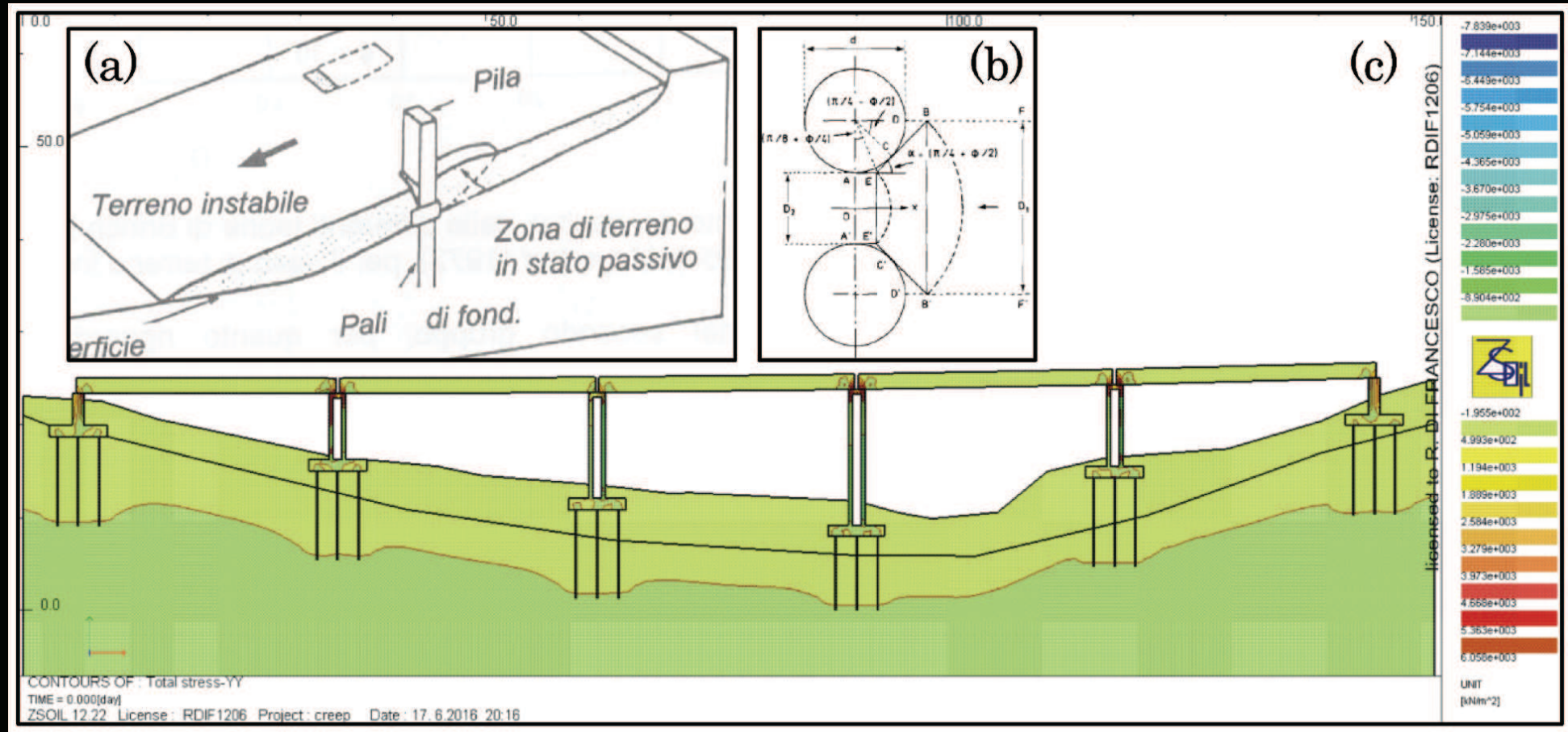


## 8) BACK-ANALYSIS: un caso di studio



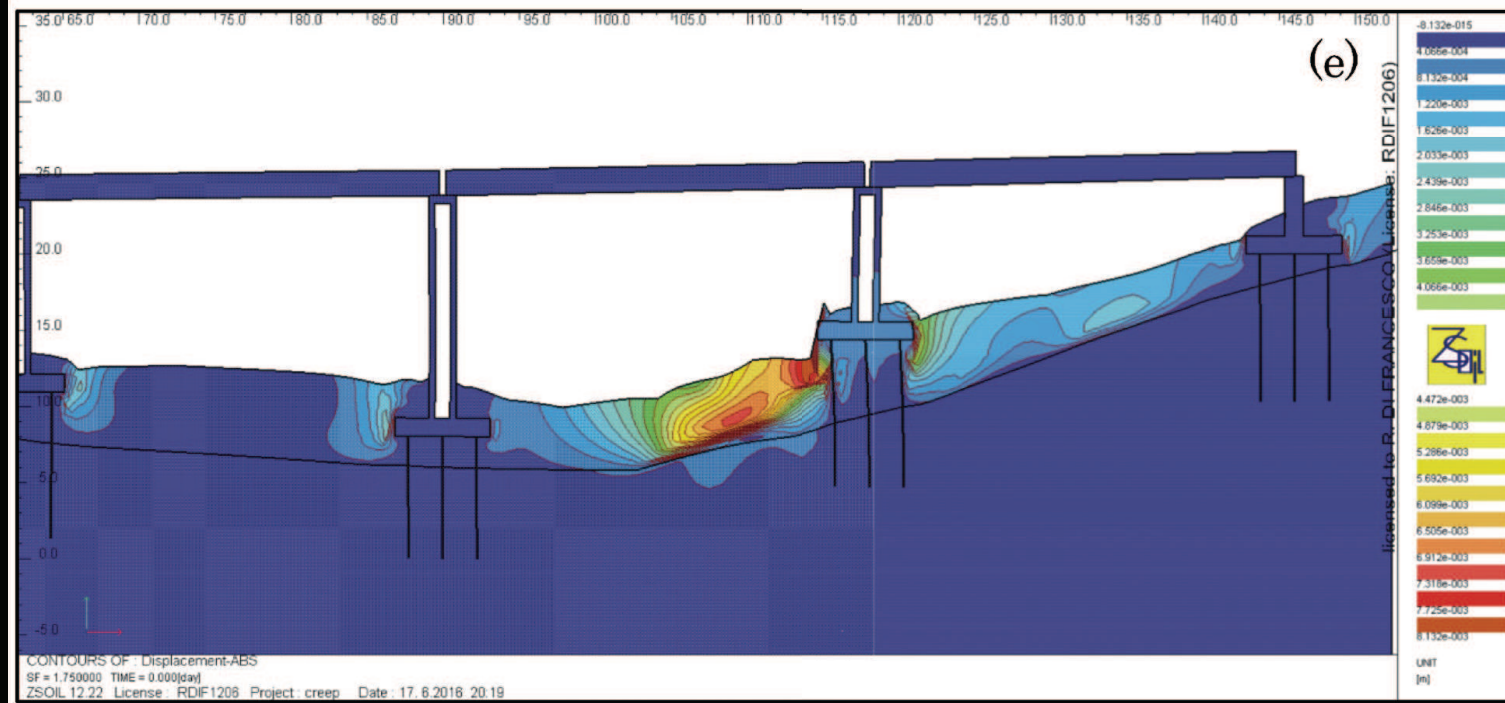
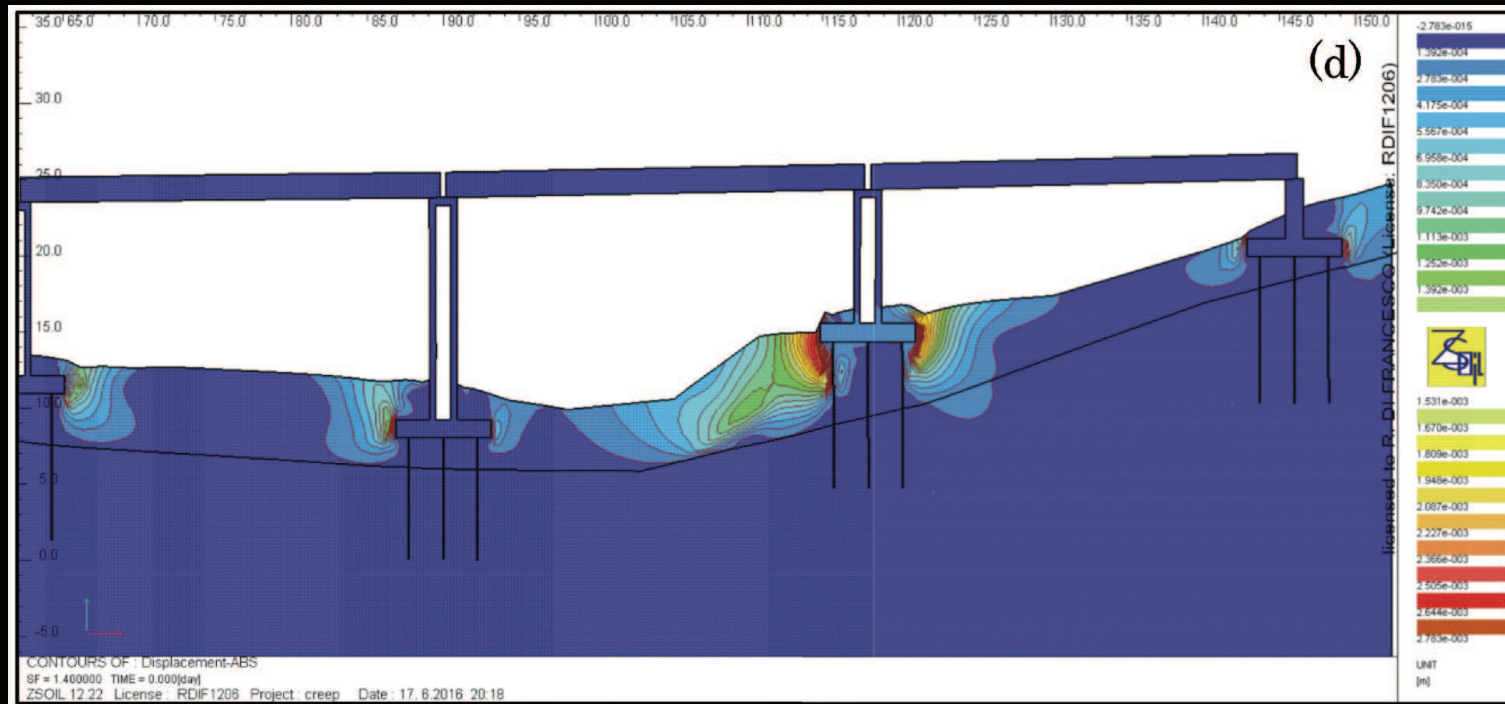


## 9) IL PROBLEMA DELLE STRUTTURE SU VERSANTI IN DEFORMAZIONE PLASTICA





## 9) IL PROBLEMA DELLE STRUTTURE SU VERSANTI IN DEFORMAZIONE PLASTICA





# FINE

Tutte le figure sono protette dai diritti di copyright;  
contattare l'autore per l'autorizzazione all'uso.