

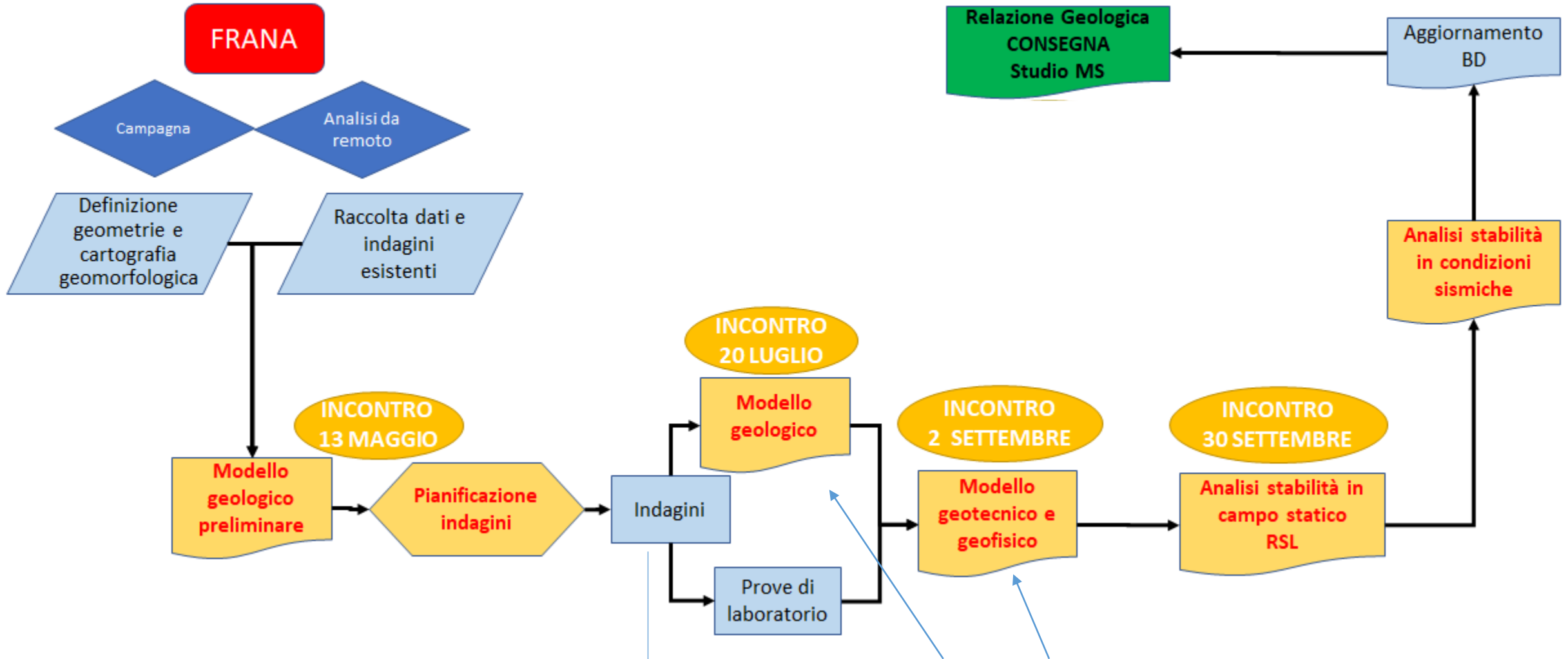
Coordinamento e allineamento

Prospezioni geofisiche per la modellazione del corpo di frana

Dario Albarello

*Centro per la Microzonazione Sismica e le sue Applicazioni
Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente
Università degli Studi di Siena*

dario.albarello@unisi.it



Nel processo di realizzazione dello studio, le indagini **geofisiche** supportano la costruzione del **modello geologico** e di quello **geofisico**

In questo processo, le indagini geofisiche hanno due finalità principali:

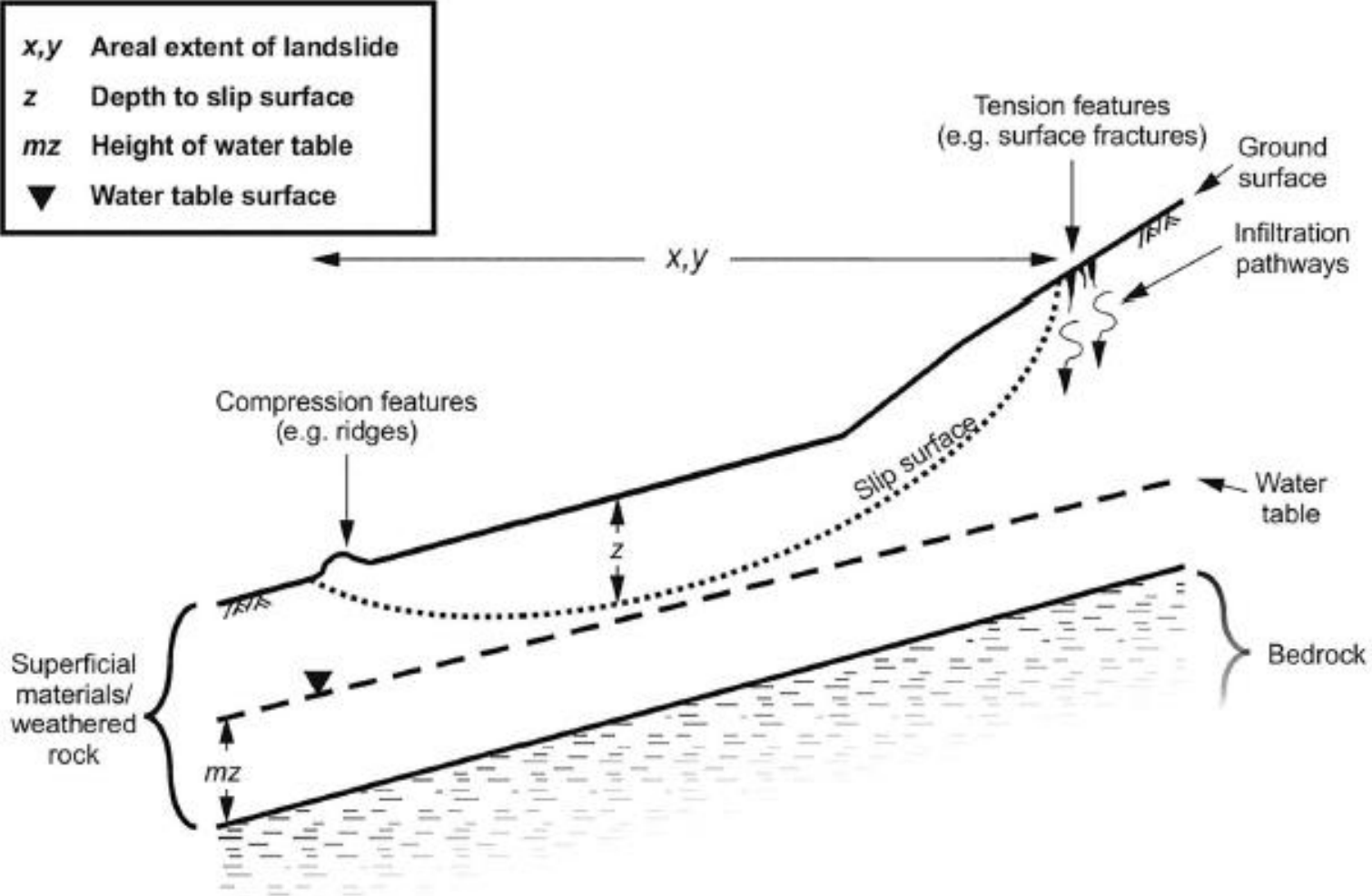
- *Fornire informazioni per la costruzione di un modello geologico del corpo di frana*
- *Fornire informazioni per la ricostruzione della sollecitazione cui il corpo di frana potrebbe essere sottoposto in caso di terremoto*

Si tratta di obiettivi diversi che vanno perseguiti con tecniche di indagine differenti

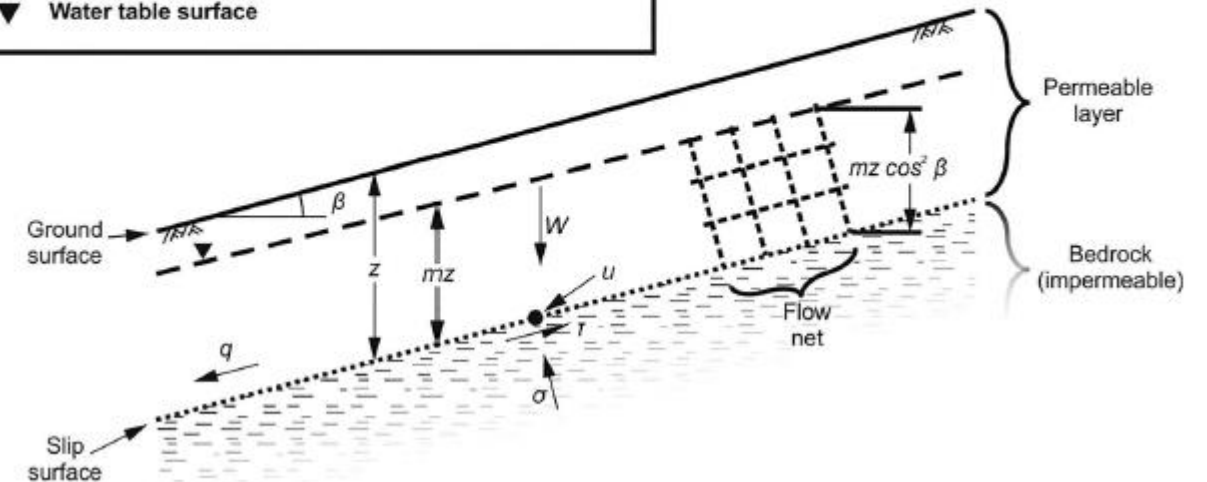
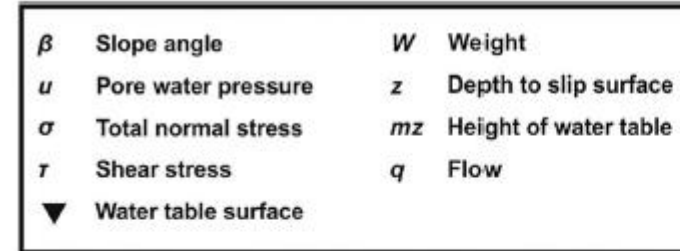
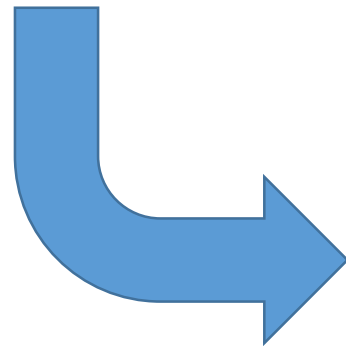
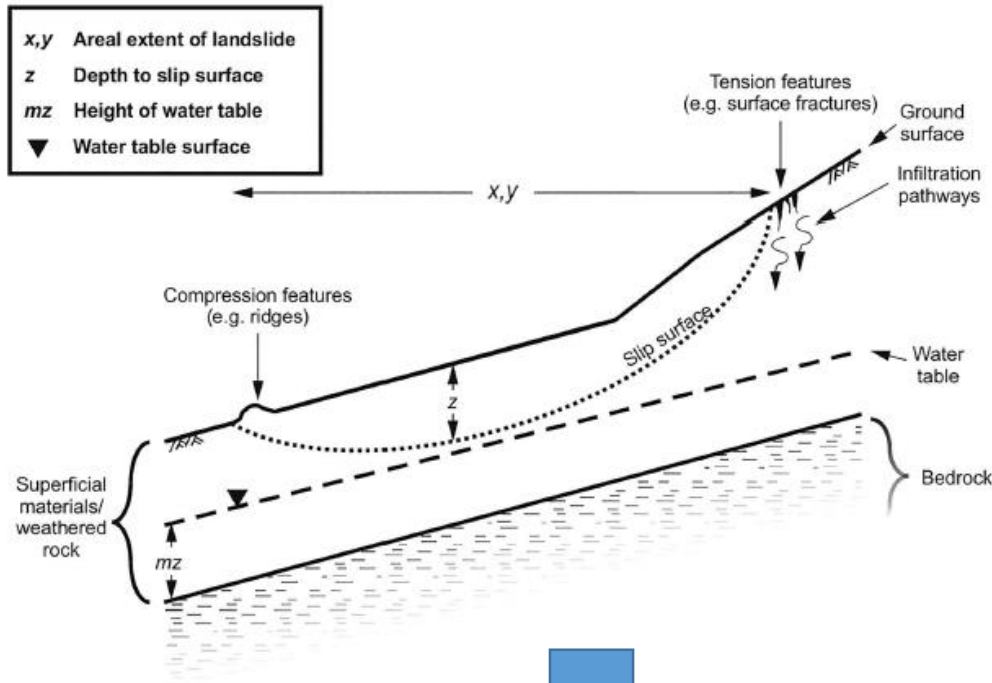
Nel **primo caso** si cerca di ricostruire la geometria del contatto fra la parte mobilizzata ed il materiale in posto: quindi è in primo piano l'inferenza delle eterogeneità laterali e verticali delle proprietà meccaniche dei materiali

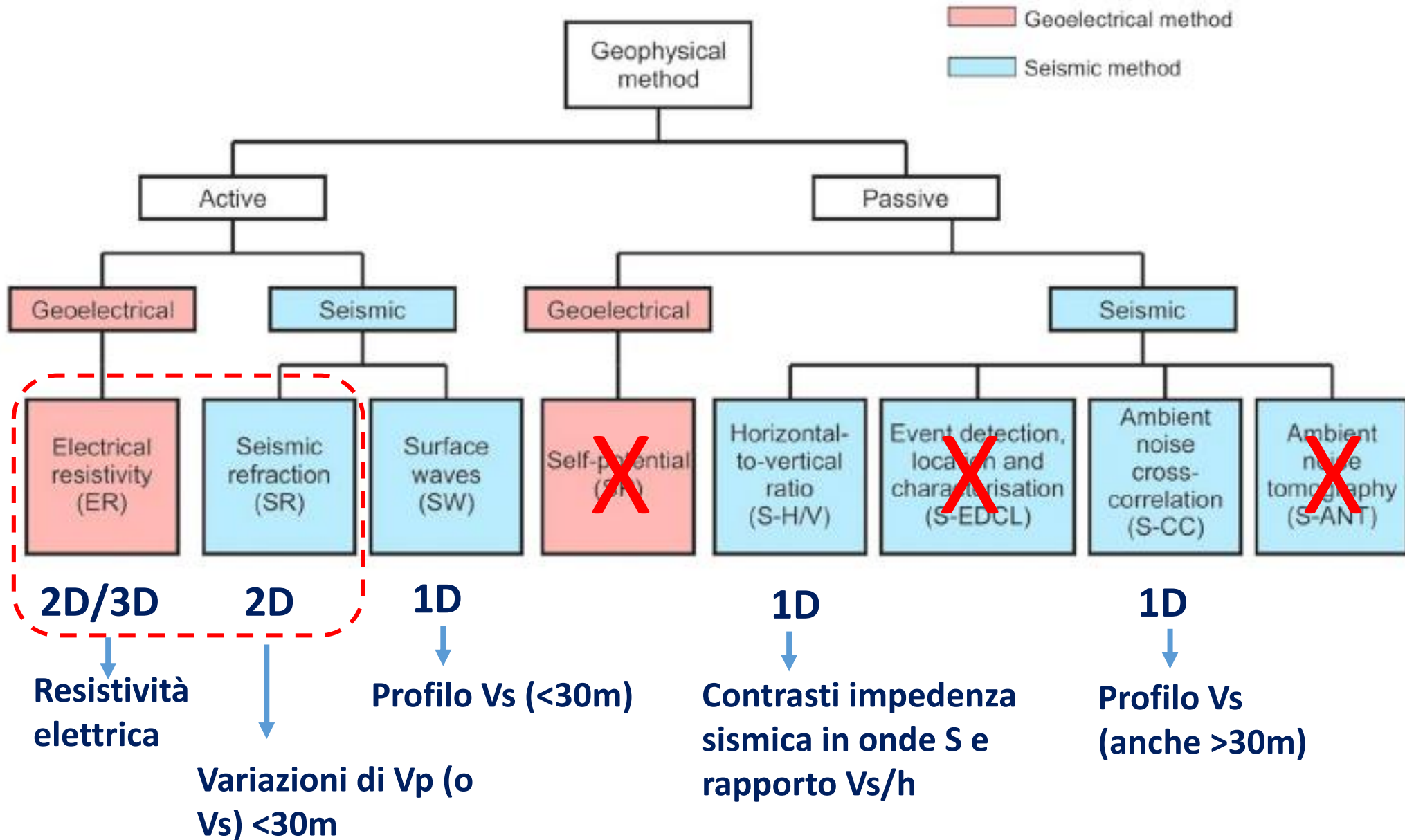
Nel **secondo caso** si fa riferimento ad un modello unidimensionale rappresentativo dell'intero corpo di frana che si riduce alla ricostruzione di un singolo profilo di velocità delle onde di taglio fino al substrato sismico

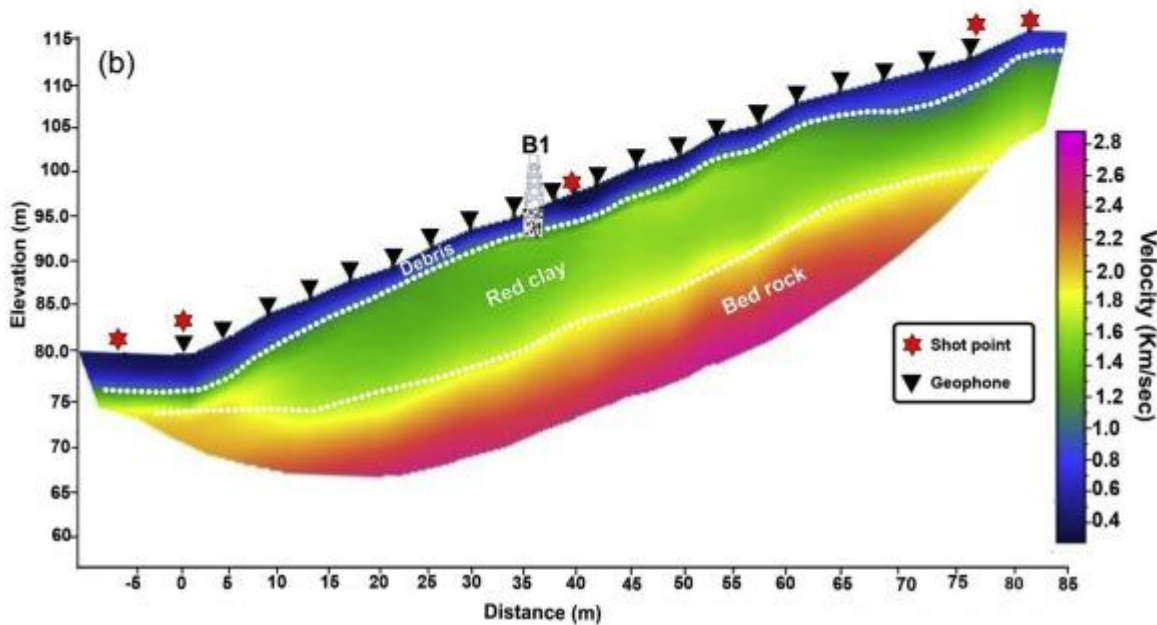
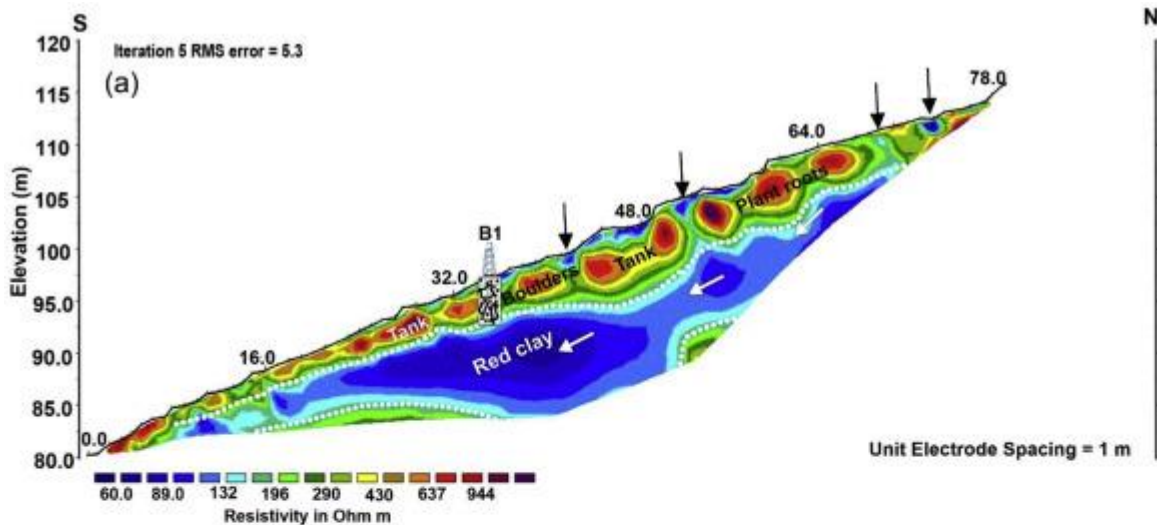
Nella figura sono mostrati in forma sintetica e lungo una sezione longitudinale i principali elementi informativi che sono l'oggetto delle indagini geofisiche per la ricostruzione del modello



Questo modello verrà ulteriormente semplificato per l'analisi di stabilità in campo dinamico

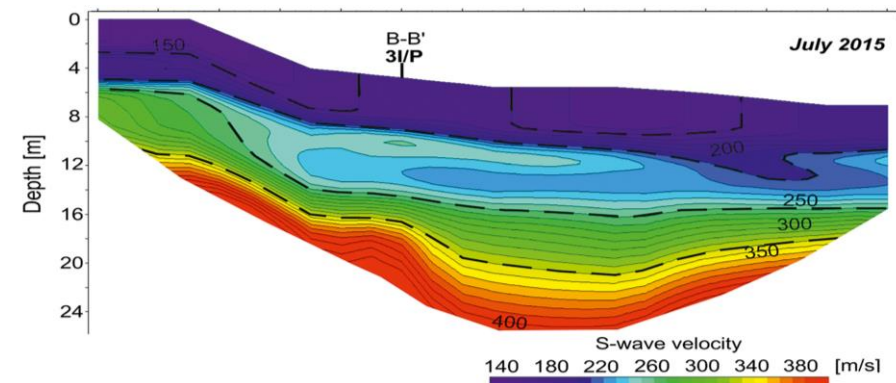






Per lo studio della geometria sepolta del corpo di frana e del suo substrato meccanico, l'uso di tecniche tomografiche (resistività, V_p e V_s) è di primaria importanza

Un uso congiunto di queste tecniche sarebbe molto auspicabile dato che forniscono informazioni riguardo a diverse proprietà del sottosuolo

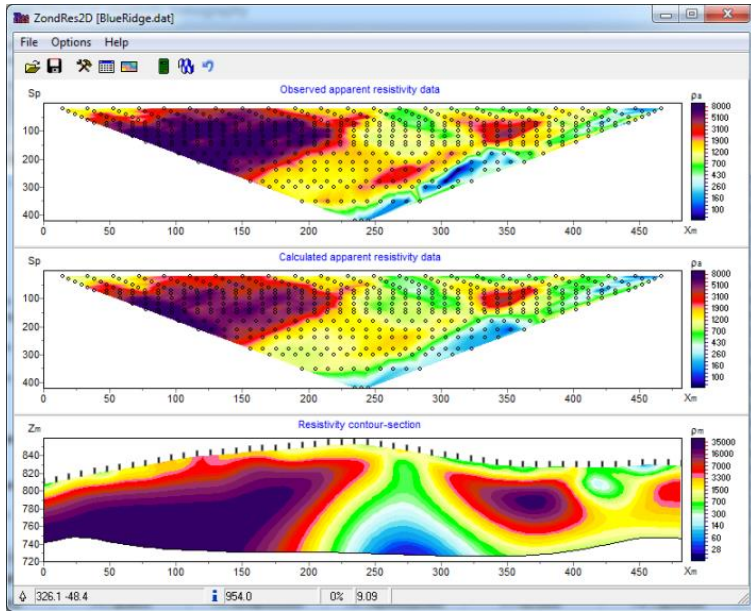


L'impiego di queste tecniche di superficie prevede tre fasi

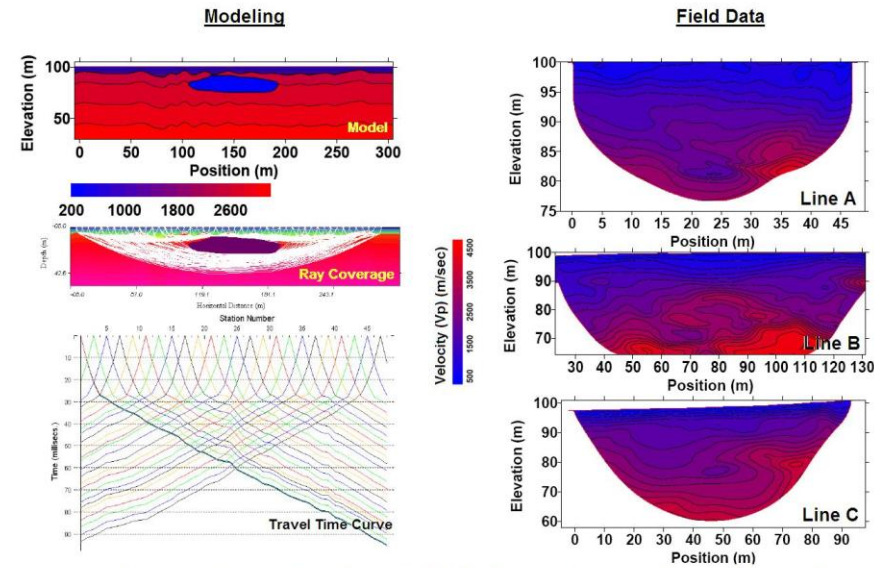
1. **Esecuzione** delle misure (*potenziali elettrici, tempi di volo delle onde sismiche, spettro medio delle vibrazioni ambientali*) e determinazione delle relative incertezze sperimentali
2. **Inversione** delle misure per la determinazione dei valori da attribuire alle grandezze di interesse nelle diverse parti del sottosuolo (*V_p, V_s, Resistività*)
3. **Interpretazione** dei risultati in termini di parametri di interesse per lo studio (*profondità della superficie di scorrimento, tavola d'acqua, litologia*)

E' bene tenere concettualmente distinte queste fasi, valutando per ciascuna di queste le possibili ambiguità che riguarderanno soprattutto la fase interpretativa

Inoltre, ciascuna di queste fasi deve essere accuratamente documentata e, quando affidata a terzi, condivisa dal responsabile dello studio che dovrebbe partecipare direttamente almeno alla terza fase del lavoro



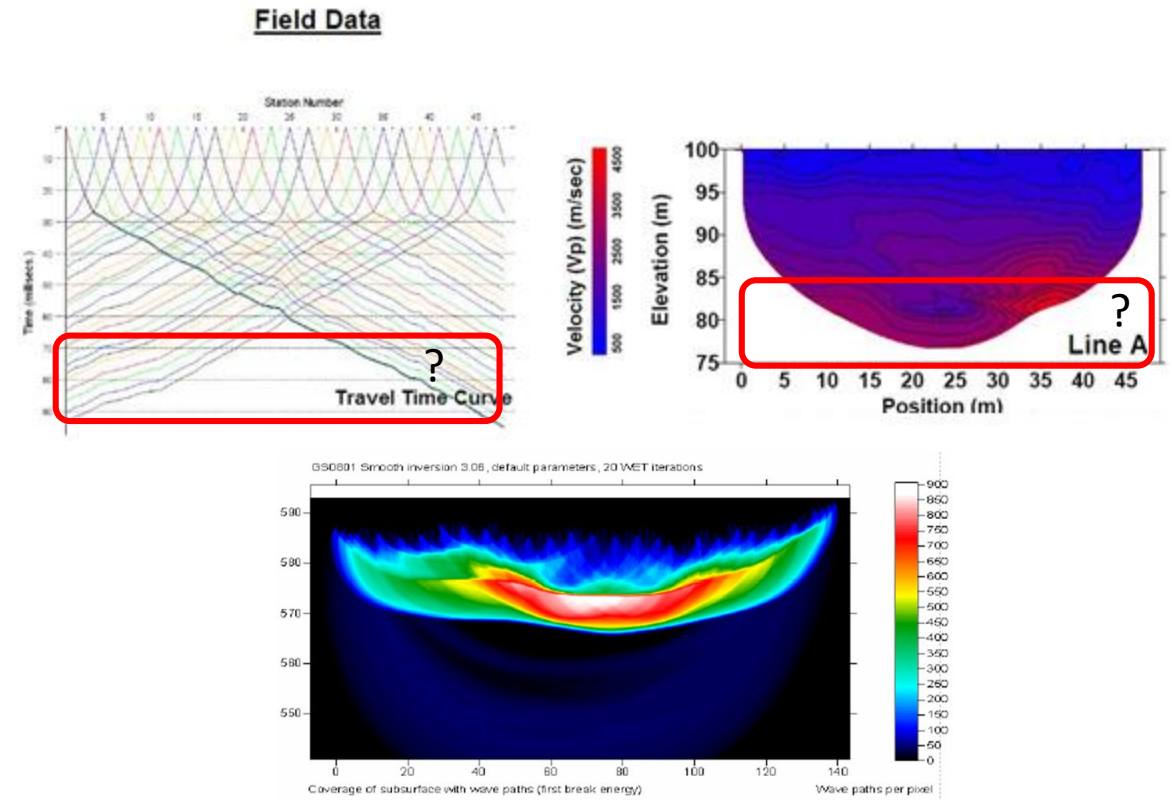
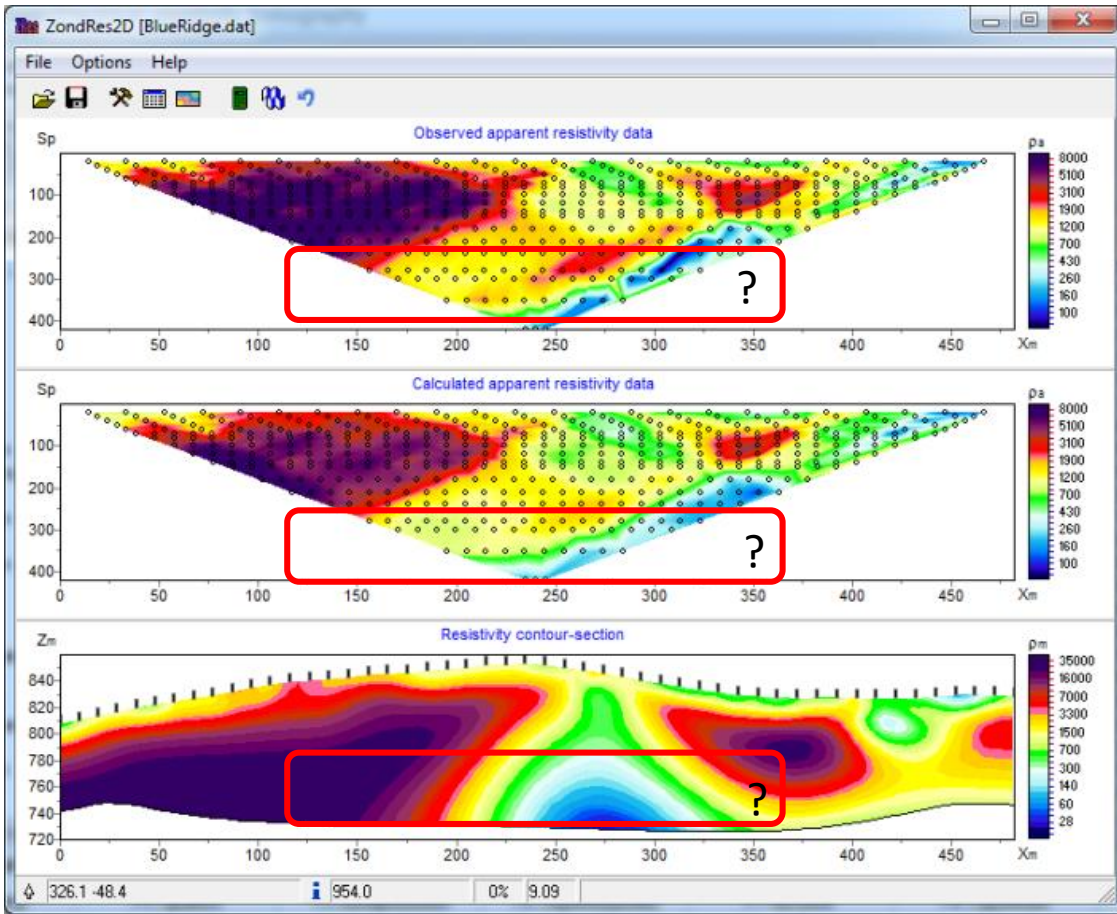
Refraction Tomography



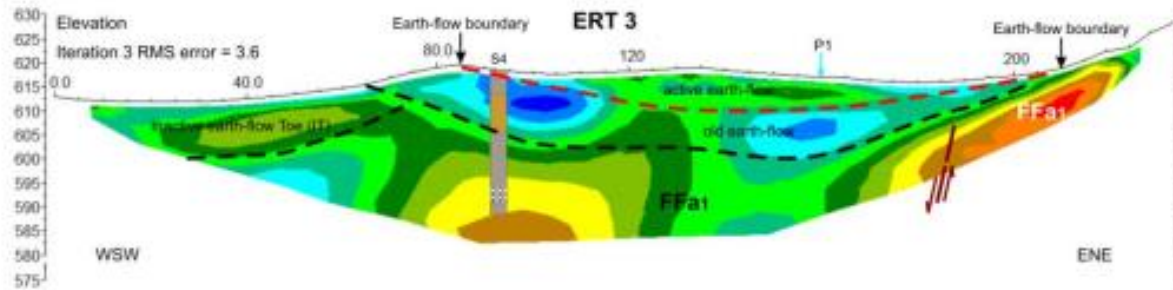
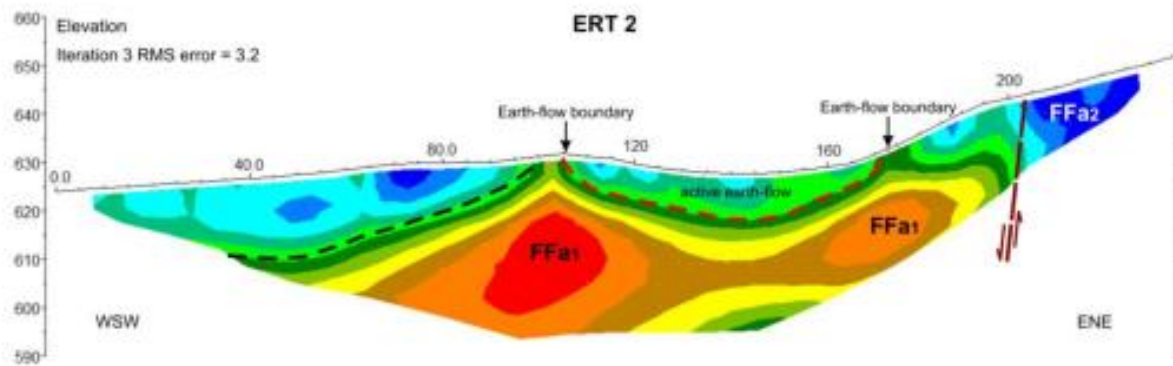
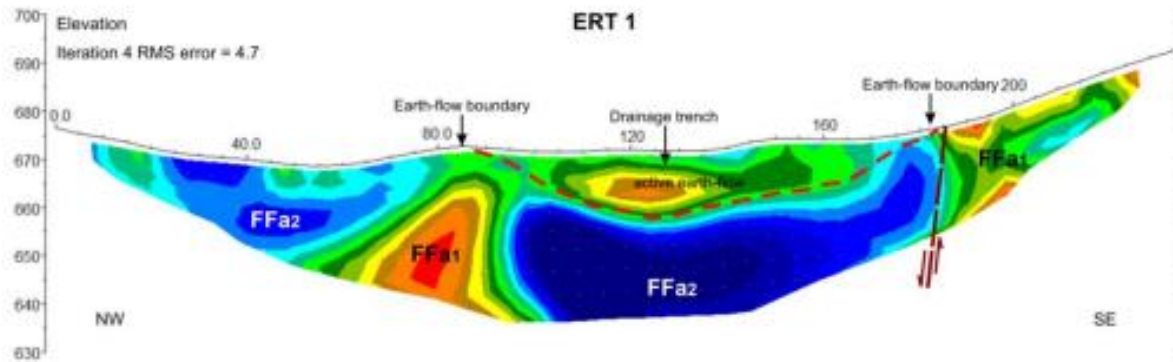
Principles of refraction tomography illustrated by using modeling (left column), and real data sets from three seismic lines (right column). (From Sheehan et al., 2005)

L'inversione richiede procedure numeriche caratterizzate da una forte non linearità che si riflette in una molteplicità di modelli in grado di riprodurre il dato osservativo: va quindi accompagnata ed eseguita in piena consapevolezza degli obiettivi: **bisogna guardarsi dagli automatismi**

Dato che la soluzione proposta quasi certamente non è unica, prima di procedere all'interpretazione, sarebbe opportuno valutare la stabilità della soluzione proposta dal codice provando a variare casualmente i dati in ingresso nell'intervallo di incertezza sperimentale



Si tenga anche presente che nella configurazione tomografica la copertura informativa non è omogenea e dipende dalla qualità del dato originale che spesso ha un peggior rapporto segnale/rumore relativamente ai segnali rappresentativi della parte più profonda

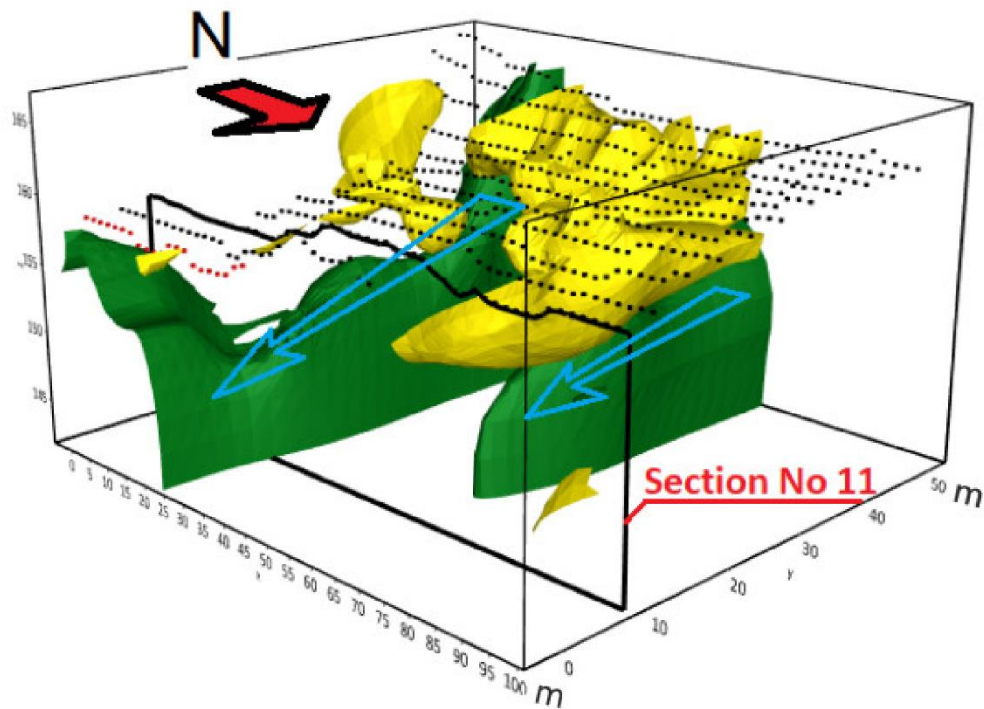


Unit Electrode Spacing = 5.00 m

Clay

Fault

Il rischio della sovrainterpretazione è sempre presente soprattutto nel caso delle tomografie elettriche nelle quali il cromatismo automatico spesso riflette differenze assai ridotte della resistività



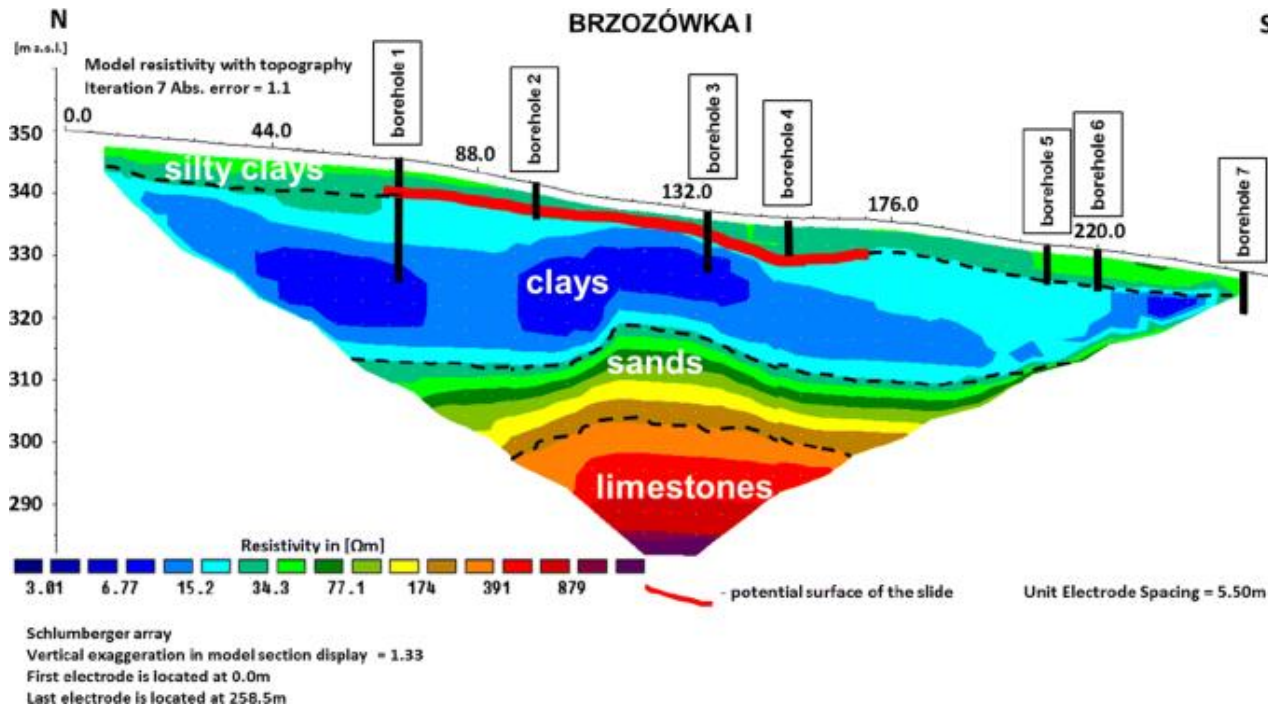
Personalmente ritengo che un modello 2D ben vincolato sia meglio di un modello 3D suggestivo ma fuori controllo

Queste cautele, sono tanto più necessarie quando si propongono modelli tridimensionali integrati che sono spesso frutto di artifici grafici **tanto suggestivi quanto avventati**

Prima di procedere a qualunque interpretazione è necessario valutare il livello effettivo di copertura delle misure distinguendo queste dalle interpolazioni/estrapolazioni

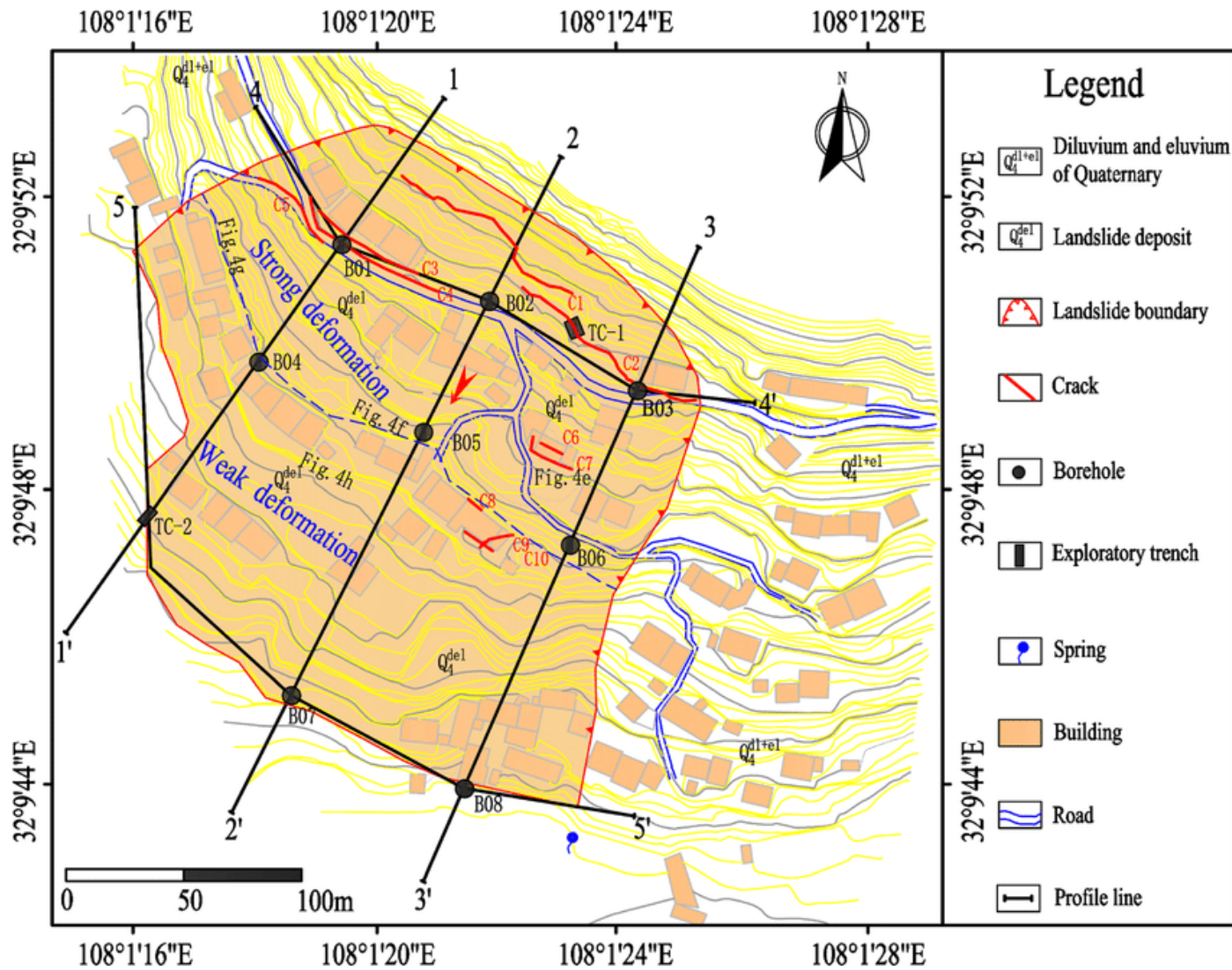
Dato che qualunque risultato permetterà una qualche interpretazione, bisogna prima essere sicuri che quel risultato sia **sperimentalmente vincolato**

Tenendo presenti questi limiti, la geofisica costituisce uno strumento essenziale soprattutto per **estendere lateralmente** i risultati dei sondaggi: **saranno questi ultimi a vincolare l'interpretazione dei risultati delle misure geofisiche**

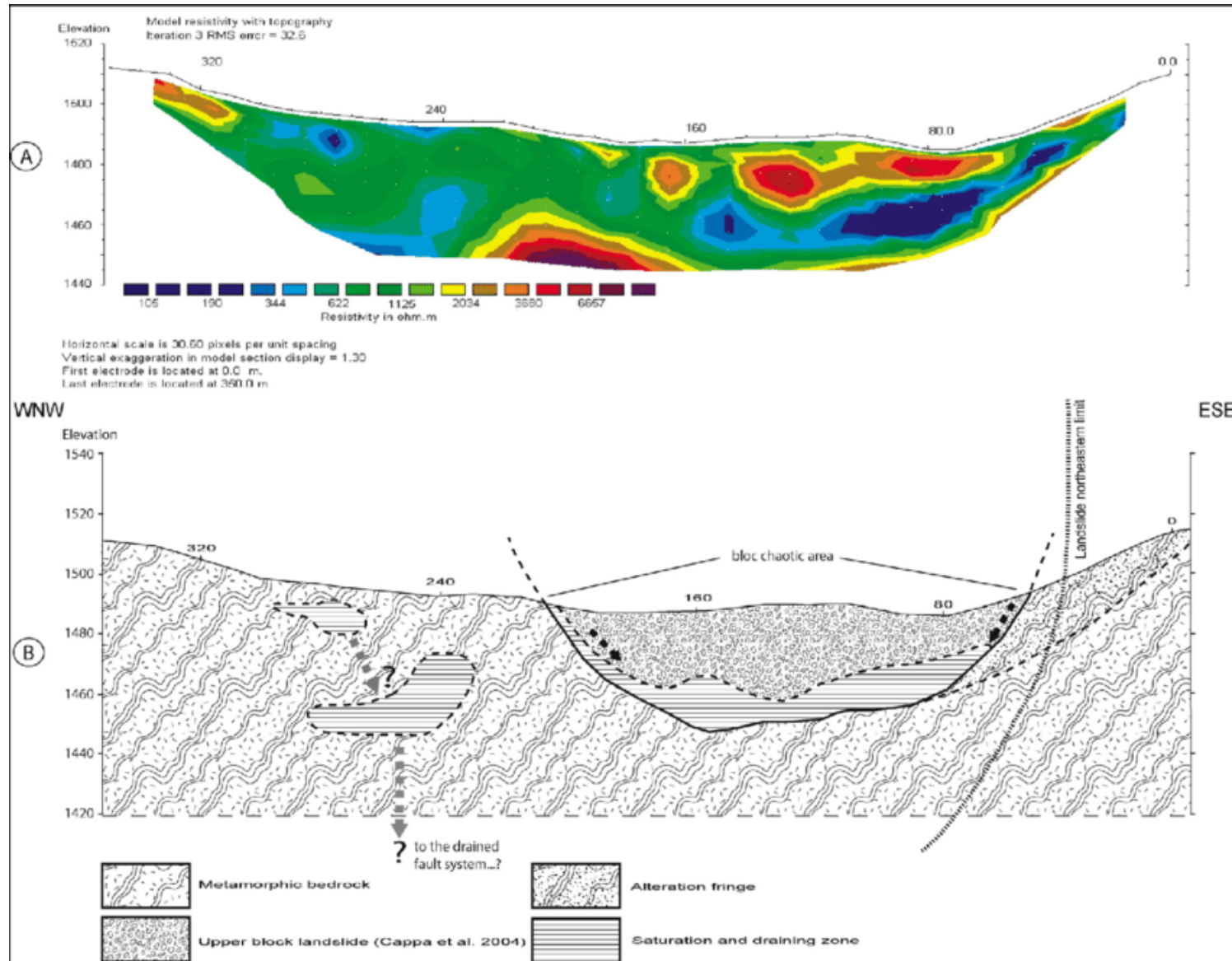


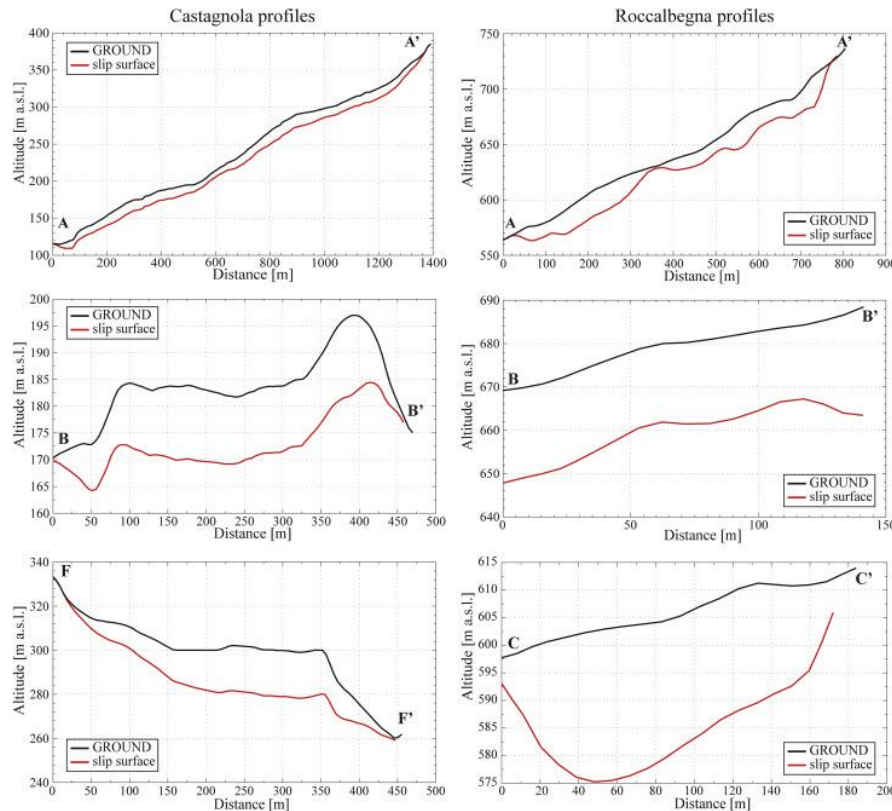
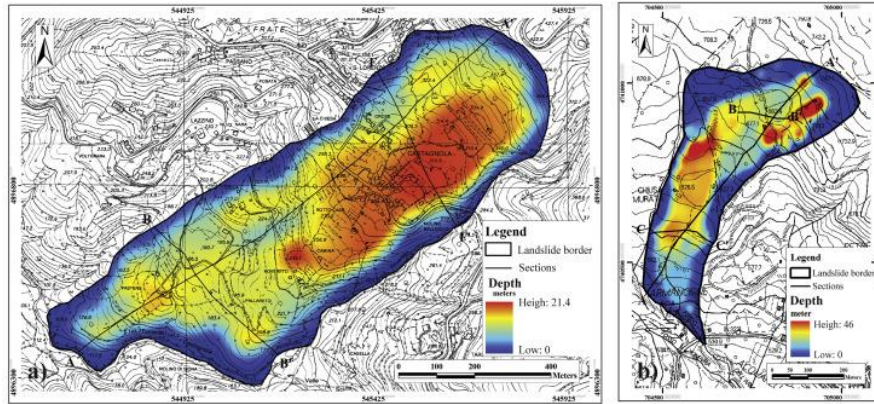
Permetteranno per esempio di distinguere la presenza di orizzonti prevalentemente argillosi dalle zone sature

Data la loro importanza, è necessario che la pianificazione delle misure geofisiche preveda un buon grado di sovrapposizione con l'ubicazione dei sondaggi



Visto che l'obiettivo primario delle prospezioni è delimitare il corpo di frana distinguendolo da materiali in posto (o non mobilizzati) risulta essenziale estendere i profili **al di fuori** della zona in frana, cosa che spesso viene trascurata

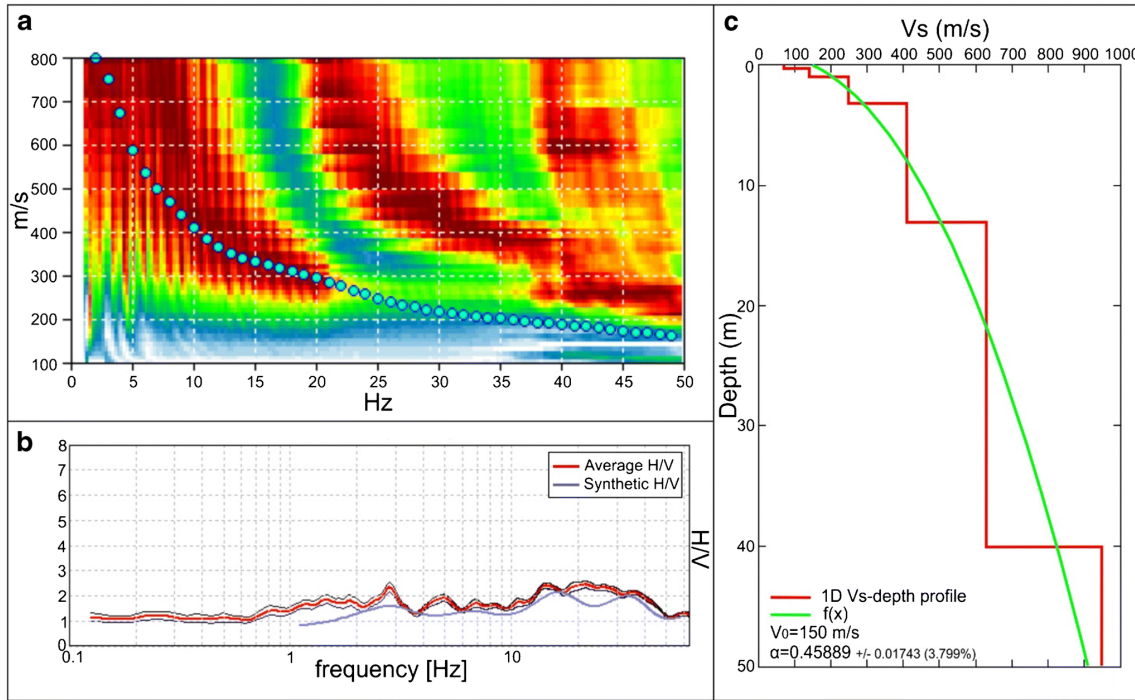




Anche le misure di vibrazioni ambientali con la tecnica HVSR possono rivelarsi utili per l'identificazione della superficie di scorrimento ma solo se questa corrisponde ad un marcato contrasto di impedenza sismica relativamente alle onde S

Questa corrispondenza andrebbe accertata tramite osservazioni indipendenti prima di procedere ad interpretazioni avventate

In mancanza di questo controllo la presunta associazione andrebbe posta in forma altamente dubitativa



Invece le misure HVSR, quando invertite congiuntamente alle misure delle velocità di fase delle onde superficiali su antenna sismica, forniscono un vincolo essenziale (**anche se unidimensionale**) per la determinazione del profilo di velocità delle onde S necessario per il calcolo della risposta sismica locale e la determinazione del moto sismico atteso

In particolare, offrendo la possibilità di raggiungere profondità relativamente elevate possono aiutare ad identificare la profondità del basamento sismico al di sotto del corpo di frana, informazione necessaria all'applicazione delle procedure per la stima della risposta sismica locale

Va tenuto presente che quando applicate ad un corpo di frana, a causa delle marcate eterogeneità laterali, queste stime possono essere piuttosto variabili: quindi converrebbe ripeterle in punti diversi e confrontarne i risultati con quelli della MZS nelle aree contigue

In sintesi:

1. Le misure geofisiche di superficie in configurazione tomografica giocano un ruolo importante nella determinazione della geometria del corpo di frana (soprattutto quelle sismiche) e per valutare la distribuzione dei fluidi (soprattutto quelle elettriche)
2. Date le possibili ambiguità interpretative vanno pianificate congiuntamente a quelle relative ai sondaggi geognostici e disposte in modo tale da permettere la distinzione fra materiali in posto e quelli interessati dalla frana
3. Le misure MASW e HVSR sono essenzialmente finalizzate alla determinazione del profilo di V_s da utilizzare per la modellazione 1D della risposta sismica locale e il carico sismico atteso; in questo contesto, la definizione del substrato sismico di riferimento gioca un ruolo chiave