

MECCANICA DELLE FRANE E METODOLOGIE DI CONSOLIDAMENTO

Corso di aggiornamento per ingegneri

12 Crediti Formativi Professionali

San Ponziano, Spoleto, 22-23 settembre 2017

Corso organizzato da APICE srl e prof. Aurelio Gherzi
col patrocinio dell'Ordine degli ingegneri della provincia di Perugia



Argomenti trattati:

Metodi di studio delle frane (4 h):

- Criteri e metodi del rilevamento geomorfologico e della cartografia geomorfologica
- Forme, depositi e processi legati all'azione della gravità
- Classificazione e morfologia delle frane
- Frane superficiali e frane profonde
- Casi di studio

Introduzione

Nonostante vi sia una ricca bibliografia in merito alla problematica gravitativa, derivante da anni di ricerche, di progetti a carattere nazionale ed internazionale, centinaia di volume monotematici (per citarne alcuni: BRUNDSSEN & PRIOR, 1984; DIKAU et al., Eds., 1996; TURNER & SCHUSTER, Eds., 1996; e relative bibliografie in essi contenuti), e da lavori professionali, anche con approcci metodologici differenti, **tuttavia ancora oggi molto spesso si incorre in problematiche legate:**

- 1- alla numerose e differenti proposte di classificazione dei fenomeni franosi** (JAHN, 1964; NEMCOK et al., 1972; VARNES, 1978; COLOSIMO, 1982; BRUNDSSEN & PRIOR, 1984; CARRARA et al., 1985; HUTCHINSON, 1988; VALLARIO, 1992; CRUDEN & VARNES, 1996; APAT, 2006; ecc.),
- 2- nell'adozione di terminologie che molte volte generano confusione tra gli stessi addetti ai lavori** (frane attive, quiescenti, inattive, relitte, sospese, sepolte, stabilizzate, dormienti, paleofrane, planari, stratificate, triangolari, scatolari, ibride, intermittenti, a fungo, nastriformi, florescenti, arborescenti, composite, ecc.),
- 3- nell'utilizzo di cartografie e legende geomorfologiche redatte secondo criteri oramai superati** (TRICART, 1965; BASHENINA et al., 1966; DEMEK, 1972; PANIZZA, 1972; DEMEK & EMBLETON, 1978; GARDINER & DACKOMBE, 1983; GNGFG – CNR, 1993; SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1994; DRAMIS & BISCI, 1998),
- 4- alla mancanza di definizioni certe e validate dalla comunità scientifica** circa le stesse tipologie di frana (per es.: non esiste una definizione completa ed esauriente di frana profonda, né sulle caratteristiche geometriche, morfologiche, geotecniche ecc., tipiche per classificare una frana come frana profonda);
- 5- alla necessità che anche tra i geologi professionisti e gli addetti ai lavori, ci sia condivisione ed unicità di utilizzo della terminologia tecnico-scientifica.**

Con il termine di **frana o fenomeno franoso** (movimenti di versante) si intende ***il movimento di materiale (roccia, detriti o terra) che avviene lungo i versanti.*** Appartengono alla categoria dei movimenti di massa, ovvero ai processi morfogenetici caratterizzati dal movimento di materiale lungo i versanti ad opera della forza di gravità.

Esistono cause innescanti e fattori predisponenti che determinano questi processi morfogenetici; solitamente essi sono molteplici, complessi e spesso combinati tra loro.

Tra le **cause innescanti**:

- scalzamento al piede di un versante a opera di acque fluviali o litorali;
- processi di disaggregazione meteorica;
- precipitazioni meteoriche particolari;
- attività sismica;
- attività antropica.

Tra i **fattori predisponenti**:

- presenza di intercalazioni argillose;
- elevata fratturazione;
- incoerenza del materiale;
- presenza di stratificazione, fessurazione, laminazione o scistosità (con giacitura a franappoggio);
- attività antropica.

Colamenti



Scivolamenti traslativi



Crolli/Ribaltamenti



Scorrimenti rotazionali



Una classificazione esauriente perché adattabile alla realtà geomorfologica italiana è quella di Varnes (1978). Tale classificazione in base al tipo di movimento si articola in cinque classi principali:

1. *Crolli*
2. *Ribaltamenti*
3. *Scivolamenti (rotazionali e traslativi)*
4. *Espansioni laterali*
5. *Colate*

alle quali si aggiunge la classe dei fenomeni



















6. *Complessi*

Ognuna di queste classi è quindi suddivisa ulteriormente, sulla base del tipo di materiale coinvolto nel fenomeno franoso:

- a. *roccia*
- b. *detrito*
- c. *terra*

in tre sottoclassi per un totale di circa 20 tipi.

Classificazione dei fenomeni franosi

TIPO DI MOVIMENTO (PREVALENTE)	TIPO DI MATERIALE (PRIMA DEL MOVIMENTO)*		
	AMMASSO ROCCIOSO (BEDROCK)	PREVALENTEMENTE GROSSOLANO DETTRITO (BEDS)	TERRENO SCIOLTO (ENGINEERING SOILS) TERRA (BENT)
I - CROLLI (FALLS) La massa si muove prevalentemente nell'aria. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi, e il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto.	 CROLLO DI ROCCIA (ROCK FALL) Estremamente rapido	 CROLLO DI DETTRITO (DEBRIS FALL)	 CROLLO DI TERRA (EARTH FALL)
II - RIBALTAMENTI (TOPPLES) Movimento dovuto a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata. Qualora il fenomeno non sia lento può evolvere in un crollo o in uno scorrimento.	 RIBALTAMENTO DI ROCCIA (ROCK TOPPLE) (Da Petros e Walters, 1972)	 RIBALTAMENTO DI DETTRITO (DEBRIS TOPPLE)	 RIBALTAMENTO DI TERRA (EARTH TOPPLE)
III - SCORRIMENTI (SLIDES) A. ROTAZIONALI (e SCOSCENDIMENTI) (ROTATIONAL) Movimento dovuto a forze che producono un momento di rotazione attorno ad un punto posto al di sopra del centro di gravità della massa. La superficie di rottura si presenta concava verso l'alto. B. TRASLATIVI (e SCIVOIAMENTI) (p.d.) (TRANSLATIONAL) Il movimento si verifica prevalentemente lungo una superficie più o meno piano o debolmente ondulata, corrispondente frequentemente a discontinuità strutturali, anfratti taglie, punti di fratturazione o di stratificazione, o passaggi di fra strati di diversa composizione litologica, o contatto tra roccia in posto e detrito sovrastante.	 SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI ROCCIA (e SCIVOIAMENTO DI ROCCIA IN BLOCCO) (ROTATIONAL) Da est estremamente lento a moderato	 SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI DETTRITO (e SCIVOIAMENTO ROTAZIONALE DI DETTRITO, e SCOSCENDIMENTO DI DETTRITO (DEBRIS SLUR))	 SCORRIMENTO ROTAZIONALE DI TERRA (e SCIVOIAMENTO ROTAZIONALE DI TERRA, e SCOSCENDIMENTO DI TERRA (EARTH SLUR))
IV - ESPANSIONI LATERALI (LATERAL SPREADS) Movimenti di espansione laterale, diffusi in una massa frastuola che si verificano in due esemplari modi: A. non si riconosce né una superficie basale di scorrimento, né una zona di deformazioni plastiche ben definite (prevalentemente in roccia). B. l'espansione laterale della roccia o del terreno sciolto è dovuta alla liquefazione o alle deformazioni plastiche del materiale sottostante.	 SCORRIMENTO TRASLATIVO DI ROCCIA IN BLOCCO (e SCIVOIAMENTO DI ROCCIA IN BLOCCO) J-1 SCORRIMENTO TRASLATIVO DI BLOCCHI (e SCIVOIAMENTO DI BLOCCHI) ROCCIA IN BLOCCO Da molto lento a moderato	 SCORRIMENTO TRASLATIVO DI DETTRITO (e SCIVOIAMENTO DI DETTRITO) (DEBRIS SLUR) Da molto lento a rapido	 SCORRIMENTO TRASLATIVO DI TERRA IN BLOCCO (e SCIVOIAMENTO DI TERRA IN BLOCCO) (EARTH SLUR) Da molto lento a moderato
V - COLAMENTI (FLOWS) A. IN AMMASSI ROCCIOSI (IN BEDROCK) Il fenomeno comprende deformazioni spazialmente continue e estese, da superficiali che producono, Essi comportano movimenti differenziali, che sono estremamente lenti e generalmente non accelerati, fra unità che rimangono relativamente intatte. I movimenti possono: 1) avvenire lungo più superfici di taglio che apparentemente non sono colligate; 2) provocare piegamenti o rigonfiamenti; oppure 3) apparire accomunati, simili, nella distribuzione delle velocità, ai movimenti tipici dei fluidi viscosi. B. IN TERRENI SCIOLTI (IN SOIL) Il fenomeno si esplica con movimenti entro la massa spostata, tal, per cui o la forma assunta del materiale in movimento si distribuisce apparentemente delle velocità di spostamento, sono simili a quelle dei fluidi viscosi. Le superfici di scorrimento nella massa che si muove non sono generalmente visibili, oppure hanno breve durata. Il limite tra la massa in movimento e il materiale in posto può essere una superficie netta di movimento differenziale, oppure una zona di scorrimenti distribuiti. Il movimento varia da estremamente rapido a estremamente lento.	 COLATA DI DETTRITO (DEBRIS FLOW) Da molto lento a moderato	 COLATA DI DETTRITO (DEBRIS FLOW) Da molto lento a moderato	 COLATA DI TERRA (EARTH FLOW) Da molto lento a moderato
VI - COMPLESSI (COMPLEX) Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei cinque tipi principali sopra descritti. Molte frane sono complesse, ma, generalmente un tipo di movimento predomina, spazialmente o temporaneamente, sugli altri.	 COLATA DI DETTRITO (DEBRIS FLOW) Da molto lento a moderato	 COLATA DI DETTRITO (DEBRIS FLOW) Da molto lento a moderato	 COLATA DI TERRA (EARTH FLOW) Da molto lento a moderato

NOMENCLATURA

SCARPATA PRINCIPALE (MAIN SCARP) - Superficie generatrice della frana, che delimita l'area dell'instabilità circoscritta dalla parte superiore della frana, provocata dall'allontanamento del materiale da sotto di quella non spostata. Questa è la superficie di rottura, che costituisce la superficie di scorrimento.

SCARPATA SECONDARIA (MINOR SCARP) - Ripida superficie che si innalza al margine superiore, preceduta da movimenti differenziali all'interno della massa spostata.

TESTATA (HEAD) - La parte più alta del materiale di frana, lungo il limite tra il materiale spostato e la scarpata principale.

PUNTO DI SOMMITÀ (TOP) - Il punto più alto del limite tra il materiale spostato e la scarpata principale.

MARGINE INFERIORE DELLA SUPERFICIE DI ROTTURA (TOE OF SURFACE OF RUPTURE) - Il limite (che sempre si trova) tra la parte inferiore della superficie di rottura e la superficie originale del versante.

LINEA DELLA FRANA (TOE) - Il margine del materiale spostato, situato alla maggior distanza dalla scarpata principale.

PUNTO INFERIORE (TOE) - Il punto dell'angolo situato a maggior distanza dal punto sommitale della frana.

PIEDE (FOOT) - Quella parte del materiale spostato che si trova a valle del margine inferiore della superficie di rottura.

CORPO PRINCIPALE (MAIN BODY) - Quella parte del materiale spostato che ricade sulla superficie di rottura, tra la scarpata principale e il margine inferiore della superficie di rottura.

PIANO (FLANK) - Lato della frana.

CORONA (CROWN) - Il materiale rinviato in posto, e quindi non spostato, adiacente alla parte più alta della scarpata principale.

SUPERFICIE ORIGINARIA DEL VERSANTE (ORIGINAL SLOPE SURFACE) - La superficie del versante che esisteva prima che avvenisse il movimento frano.

SUPERFICIE DI SEPARAZIONE (SURFACE OF SEPARATION) - Termine generale per indicare la superficie che separa il materiale spostato da materiale in posto, indipendentemente dal fatto che lungo di essa vi sia o non vi sia una rottura.

TIPOLOGIA DEI MOVIMENTI DI VERSANTE (TYPES OF SLOPE MOVEMENTS)

Il tipo di materiale coinvolto è classificato secondo il suo stato prima del movimento iniziale, e, oppure, se il tipo di movimento cambia, secondo il suo stato al momento nel quale è avvenuto o è cominciato.

Ad esempio, la frana di Elm (n. 1) iniziò come scorrimento di blocchi e crollo di roccia, ma al momento nel quale si trasformò in una colata il materiale era costituito da una massa sciolta di frammenti di roccia che si muoveva molto rapidamente.

Quasi tutte le colate lente di terreni sciolti coerenti sono complesse, in quanto lungo i fianchi e la superficie basale è presente una netta superficie di taglio, mentre la distribuzione delle velocità entro il materiale spostato può essere tipica dello scorrimento viscoso.

ESEMPI

1. SCORRIMENTO ROTAZIONALE COLATA DI TERRA (SLUMP - EARTH FLOW)

2. SCORRIMENTO ROTAZ. - RIBALTAMENTO (SLUMP - EARTH TOPPLE)

3. SCORRIMENTO TRASLATIVO DI BLOCCHI - CROLLO DI ROCCIA (DEBRIS FLOW - ROCK FALL)

4. CROLLO DI ROCCIA - COLATA DI DETTRITO (ROCK FALL - DEBRIS FLOW)

INCARICAMENTO E RIGONFIAMENTO VALLO (OVERBURDEN AND SWELLING)

Il materiale che si è allontanato dalla sua posizione originale nel versante. Può essere deformato o non deformato.

1. ZONA DI DISTACCO (ZONE OF DETACHMENT) - L'area entro la quale il materiale scivola o si muove a valle.

2. ZONA DI ACCUMULO (ZONE OF ACCUMULATION) - L'area entro la quale il materiale scivola o si muove a valle.

3. SINISTRA E DESTRA (LEFT-RIGHT) - Nella descrizione di un corpo frano, o meglio, di una frana, si utilizzano le parole "sinistra" e "destra" o "sinistralità" e "destinalità" per indicare la direzione del movimento.

4. LUNGHEZZA (LENGTH) - La distanza tra la superficie di rottura e la superficie di accumulo.

5. COMPONENTE ORIZZONTALE DI L.C.

6. COMPONENTE VERTICALE DI L.C.

7. MASSIMO SPESORE DEL CORPO DI FRANA, ALL'INIZIO DEL MOVIMENTO.

8. LUNGHEZZA TOTALE DELL'AREA INTERESSATA DAL MOVIMENTO FRANO.

DEFORMAZIONI PLASTICHE SUPERFICIALI

Movimenti lenti che interessano i materiali di copertura (fino al substrato alterato) che ricoprono i versanti montani e collinari e soprattutto nelle aree di impluvio dove maggiore è lo spessore della coltre superficiale (fino ad alcune decine di metri). Esse si manifestano per lo più in superficie con tipiche ondulazioni ad ampio raggio. Questi movimenti mostrano variazioni stagionali di velocità rallentando o addirittura arrestandosi durante l'estate per poi rimobilizzarsi in autunno e inverno in concomitanza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti.

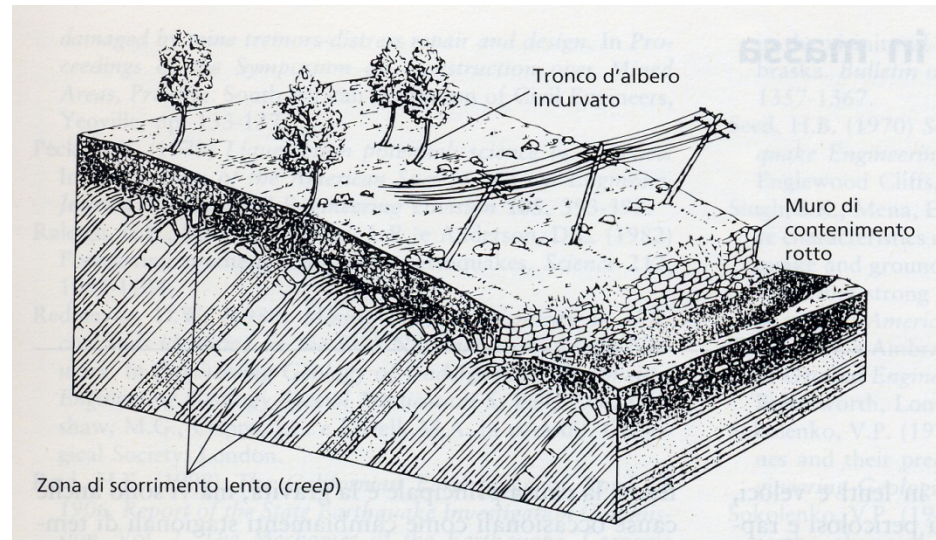


SOLIFLUSSI

Si riconosce per il formarsi di colate, lobi terrazzette ed increspature del terreno; assieme al materiale fine si spostano gli elementi grossolani. La coltre erbosa, se presente e continua, può non rompersi e lasciar vedere con le sue deformazioni questi movimenti. (in ambiente periglaciale si parla di geliflusso)

SOIL CREEP (o *Reptazione*)

Movimento molto lento verso il basso di suolo e regolite, che varia a seconda del tipo di suolo, del clima, della pendenza del versante e della densità di copertura vegetativa. Consiste in una deformazione lenta del regolite i cui livelli superiori si muovono lungo il pendio ad una velocità maggiore di quella dei livelli inferiori. Si manifesta attraverso lo spostamento e la rotazione verso valle di alberi, pali e recinzioni e da deformazione e rottura di muri di contenimento.



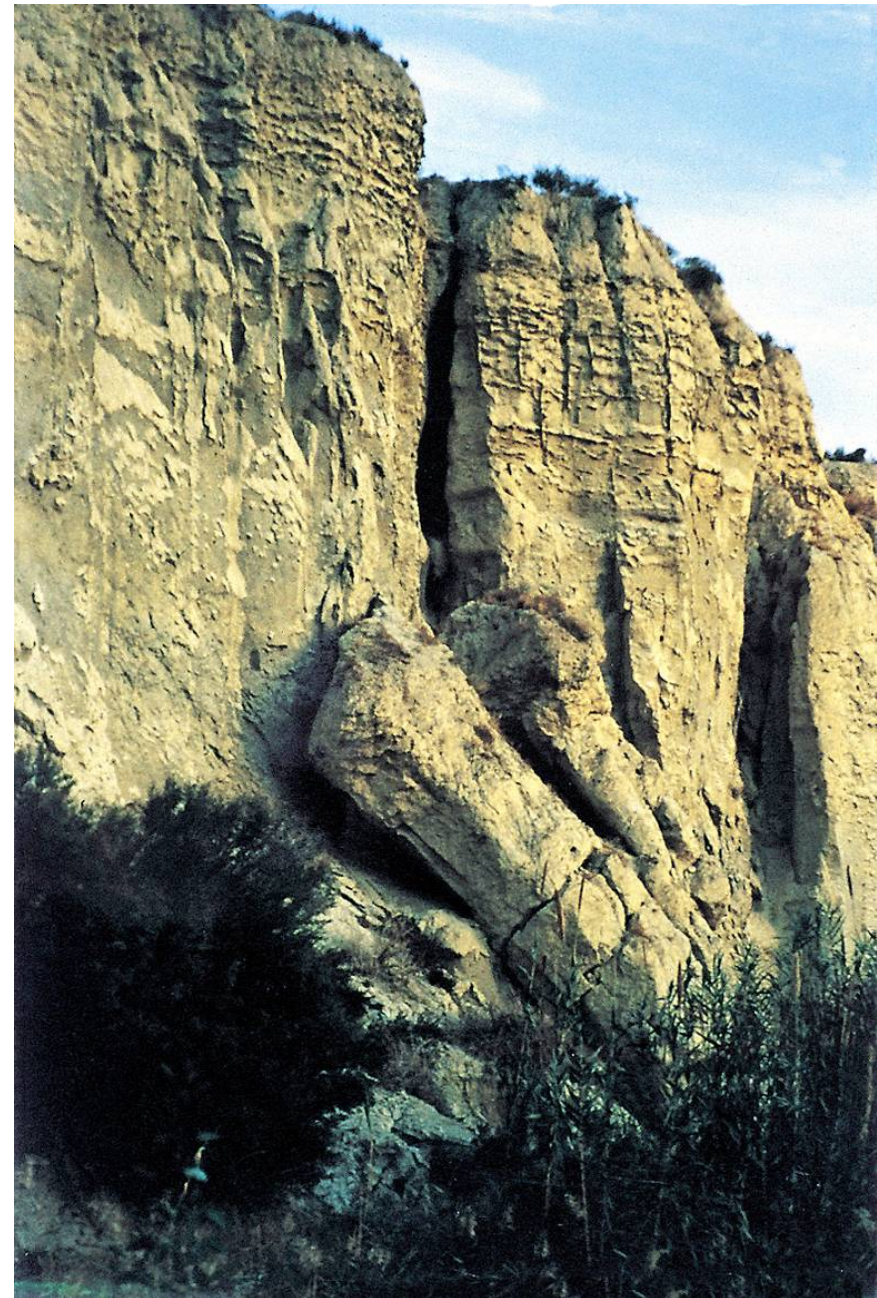
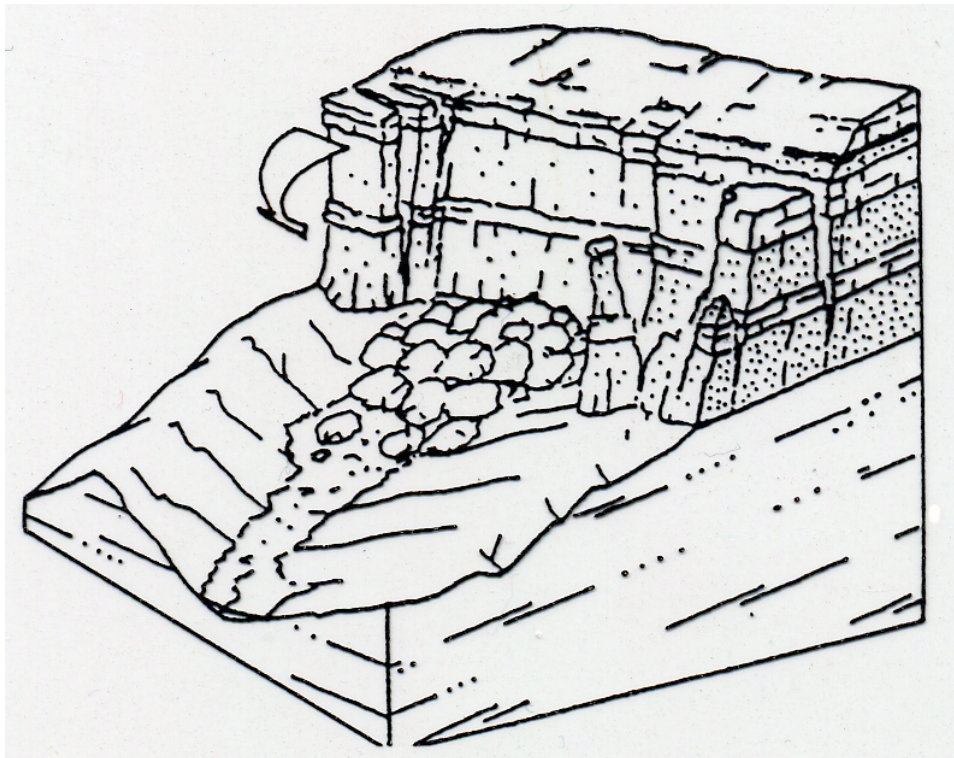
CROLLI (FALLS)

Singoli massi e/o blocchi o porzioni di ammassi rocciosi che si staccano da pareti litoidi verticali o subverticali o da scarpate naturali e/o antropiche e che si muovono in aria. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi ed il rotolamento di frammenti di roccia o di terreno sciolto. Il movimento è estremamente rapido. Il deposito è costituito da un accumulo di materiale di varie dimensioni che si raccoglie al piede del versante, ma in cui singoli blocchi di dimensioni maggiori possono percorrere anche notevoli distanze.



RIBALTAMENTI (TOPPLES)

Movimento dovuto ad un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata.



SCIVOLAMENTI (SLIDES) E SCORRIMENTI (SLUMP)

Movimenti franosi che per la presenza di superfici di neoformazione o preesistenti all'interno del corpo litoide, presentano superfici di taglio più o meno profonde con concavità rivolta verso l'alto o dalla forma planare. Il movimento può essere contemporaneo su tutti i punti della superficie, oppure propagarsi da un'area di rottura localizzata. Al contrario dello scorrimento rotazionale (a), dove il movimento tende a raggiungere una configurazione più stabile delle masse, con lo scivolamento traslativo (b) viene messa in crisi tutta la porzione superiore del versante.

Riconoscibili per la presenza di blocchi ruotati, fratture verticali, venute di acqua, ecc. tali fenomeni sono generalmente di modesta estensione e possono avere un movimento sia molto rapido che lento, dando origine a vistose trincee, avvallamenti

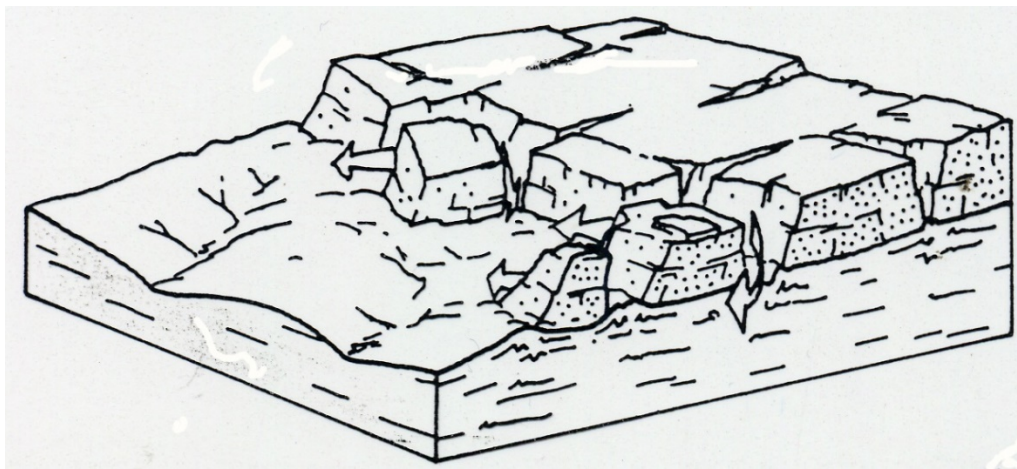
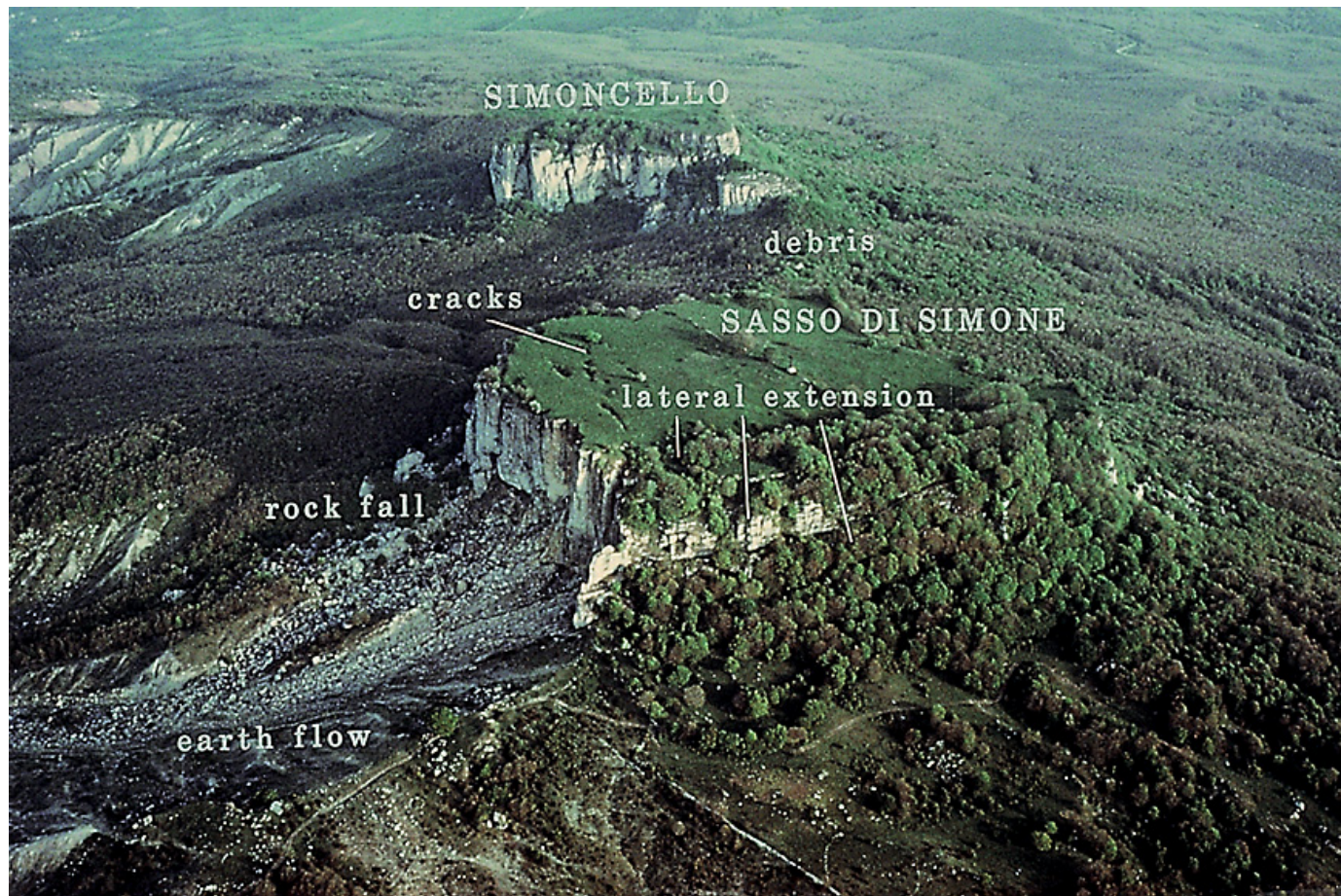


Monte Vettore (Monti Sibillini)



ESPANSIONI LATERALI

Movimenti di espansione laterale spesso per liquefazioni o deformazione plastica del materiale sottostante.





COLATE (FLOWS)

Frane dalla forma stretta ed allungata che evolvono lungo impluvi per effetto, nella maggioranza dei casi, della saturazione, da parte dell'acqua meteorica, di materiali essenzialmente argillosi e/o marnosi, originando al piede un accumulo dalla forma tipicamente lobata.

Il movimento non avviene solo sulla superficie di separazione tra massa in frana e materiale in posto, ma è distribuito in modo continuo anche nel corpo di frana.

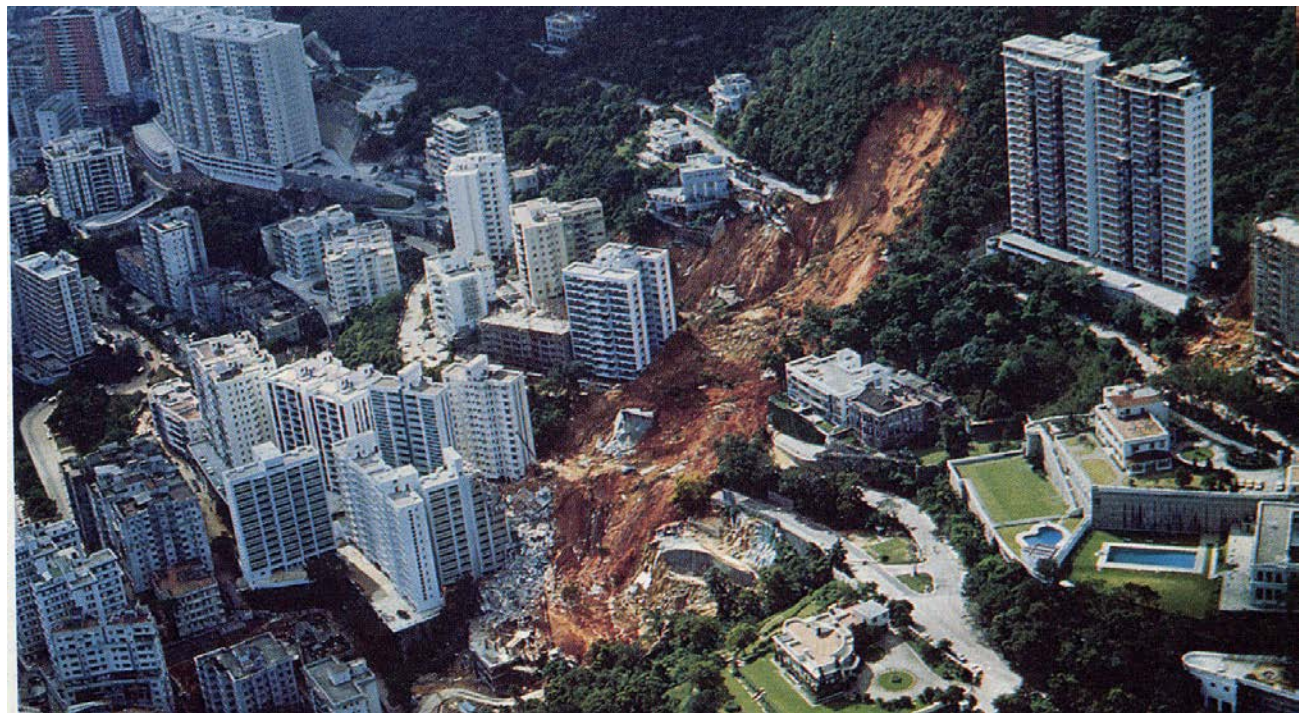
La velocità del movimento, che può variare da molto lenta a estremamente veloce, è in stretta dipendenza dalle dimensioni della massa che alimenta la frana, dalla pendenza del versante su cui avviene il movimento e dal grado di saturazione dei materiali coinvolti.

COLATE DI DETRITO (Debris flows)

I *debris flows* vengono definiti come dei moti di miscugli granulari costituiti da acqua e sedimenti incoerenti di diverso diametro ad elevata concentrazione solida, differendo di poco da quella relativa ad ammassi sedimentari in condizioni di quiete.

Le colate avvengono allorché un sufficiente volume di sedimenti, presente in forma di deposito in una porzione montana di bacini, viene mobilitato in occasione di eventi alluvionali, dando luogo alla formazione di “piene di sedimenti” che si propagano verso valle, sfruttando eventuali vie preferenziali come per esempio letti di torrenti, e con velocità che possono, talvolta, raggiungere alcune decine di metri al secondo; le colate si depositano infine dove le pendenze sono tanto ridotte da causarne l’arresto.

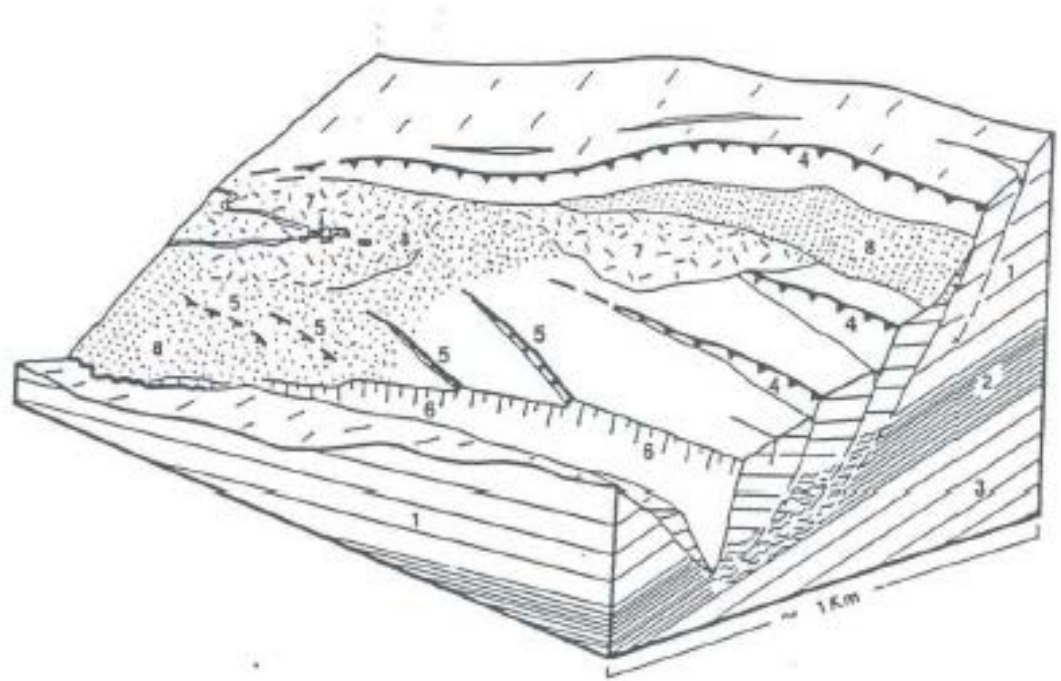




COMPLESSI (COMPLEX)

Il movimento risulta dalla combinazione di due o più dei cinque tipi principali precedentemente descritti.

Molte frane sono complesse ma, generalmente, un tipo di movimento predomina, parzialmente o temporalmente, sugli altri.



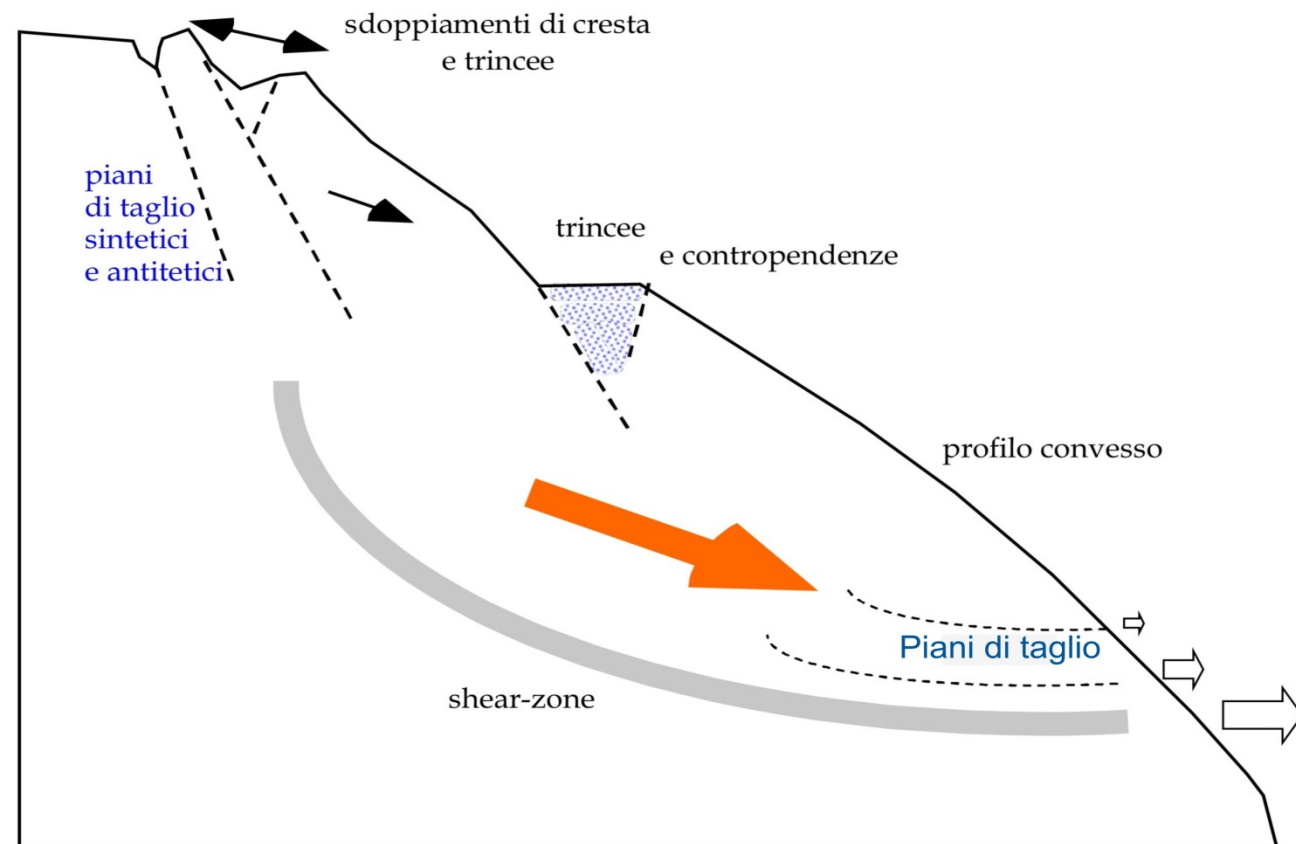
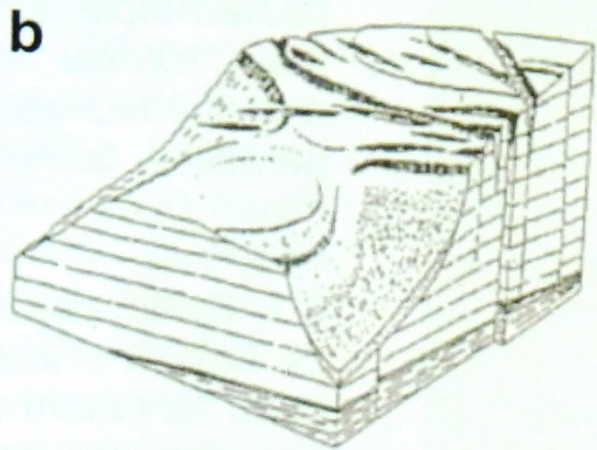
DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE (DGPV)

Riconoscibili per le caratteristiche contropendenze, trincee e scarpate (talora estese fino a qualche km) e per l'andamento irregolare generale dei versanti, le DGPV presentano dimensioni dell'ordine dei km² e profondità dell'ordine delle centinaia di metri.

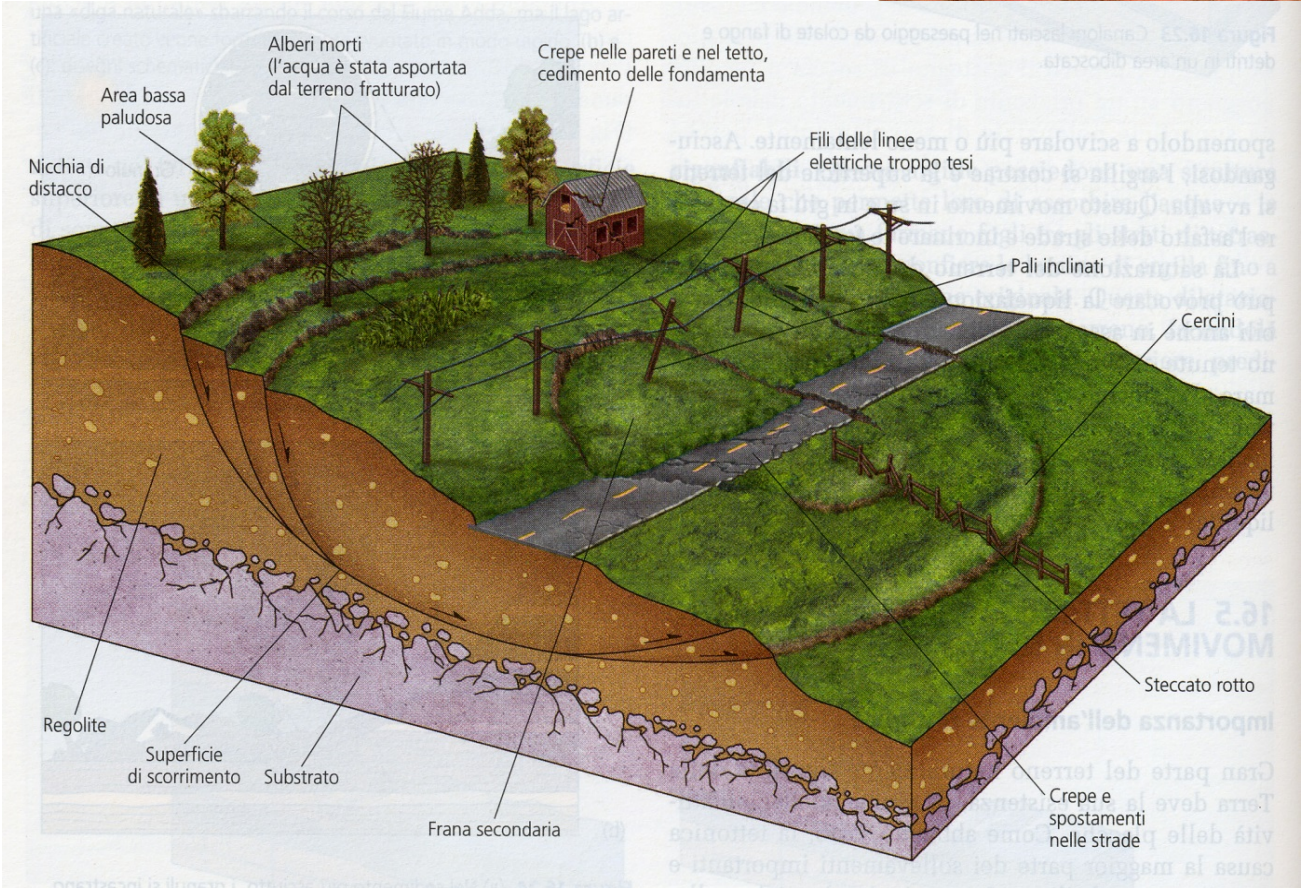
L'evoluzione di tali fenomeni gravitativi si realizza per lo più in modo estremamente lento, interessando materiali lapidei che non presentano generalmente un comportamento plastico. L'esistenza di forme di rottura rigida, come appunto scarpate, gradini e trincee, implica il manifestarsi di accelerazioni delle velocità di deformazione.

Possono evolvere nel collasso più o meno complesso delle masse deformate a seguito di crisi sismiche e/o meteorologiche.



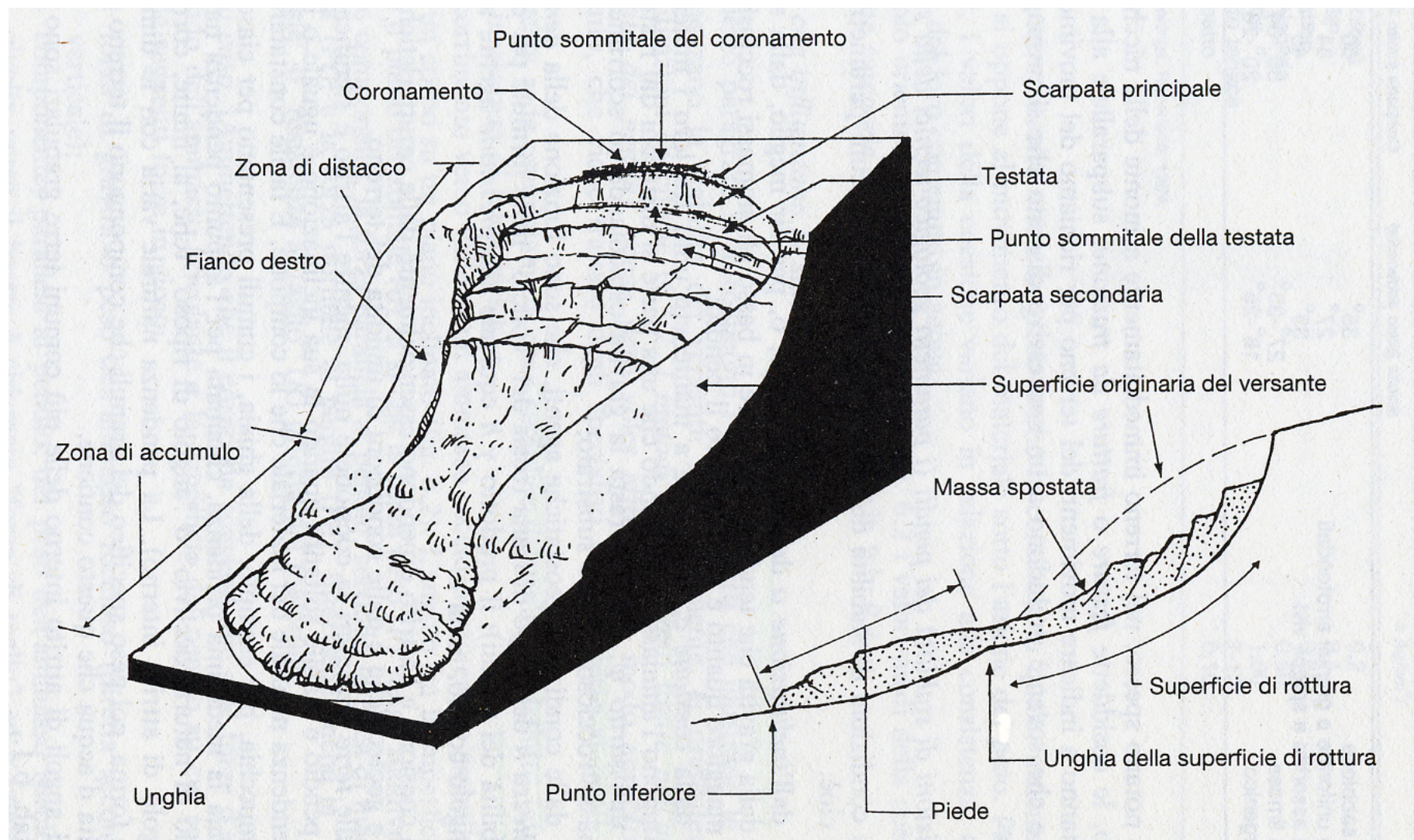


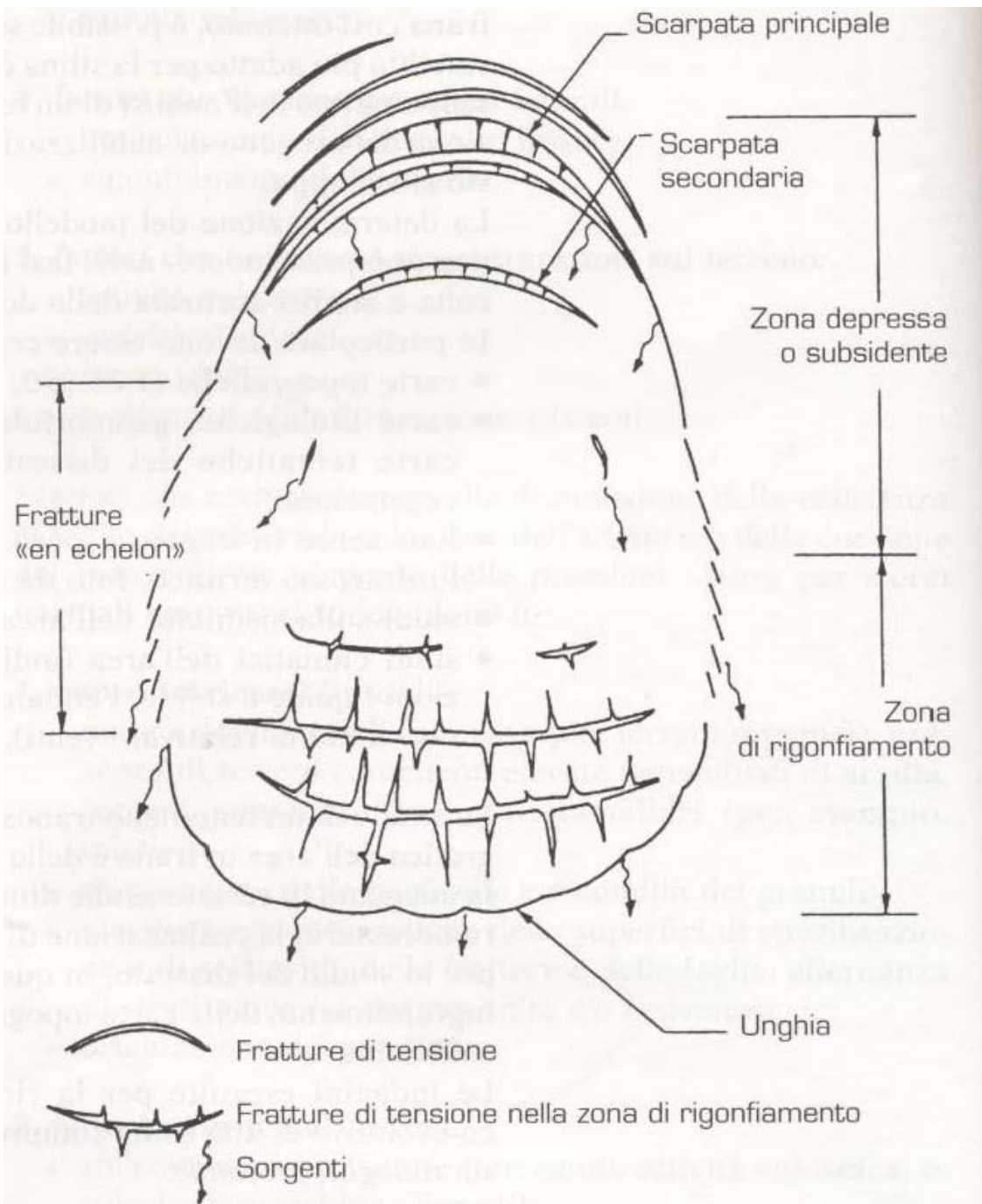
ELEMENTI DIAGNOSTICI



NOMENCLATURA DI UNA FRANA

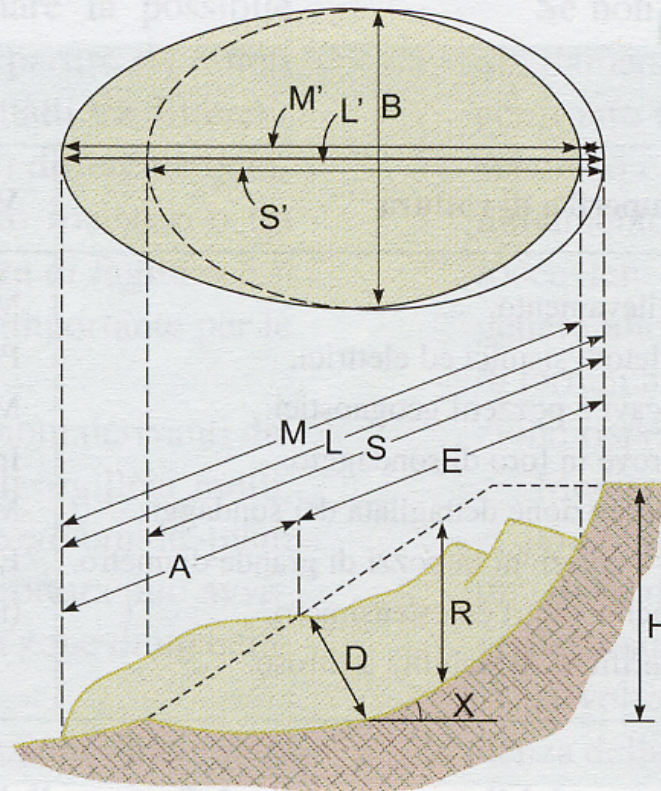
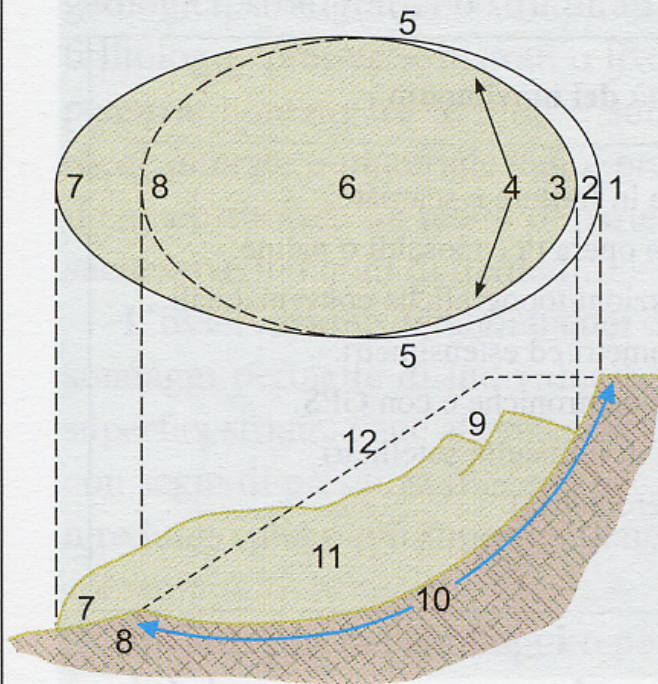
(da Cruden & Varnes, 1994)





(IAEG, Commissione Internazionale sulle Frane, 1990)

DEFINIZIONE	DESCRIZIONE
Larghezza frana W_d	Massima estensione della frana in direzione ortogonale alla lunghezza del materiale franato L_d
Larghezza superficie di rottura W_r	Massima larghezza tra i fianchi misurata perpendicolarmente alla lunghezza della superficie di rottura L_r
Lunghezza del materiale franato L_d	Distanza minima fra il punto sommitale ed il punto inferiore
Lunghezza della superficie di rottura L_r	Distanza minima tra l'unghia di frana ed il coronamento
Spessore della massa franata D_d	Spessore massimo del corpo di frana misurato perpendicolarmente al piano che contiene W_d e L_d
Profondità della superficie di rottura D_r	Profondità massima della superficie di rottura rispetto alla superficie originaria del terreno, misurata perpendicolarmente al piano contenente W_r e L_r
Lunghezza totale L	Distanza tra il punto inferiore ed il coronamento
Lunghezza della linea di centro L_{cl}	Distanza tra il punto inferiore ed il coronamento passante per punti della superficie originaria del terreno equidistanti dai margini laterali



1. Coronamento
2. Scarpata principale
3. Punto sommitale
4. Testata
5. Fianchi
6. Corpo principale
7. Piede
8. Punto inferiore
9. Scarpata secondaria
10. Superficie di rottura
11. Massa ribassata
12. Superficie originale del pendio

- B. Larghezza massima della massa spostata
- H. Dislivello fra il punto più alto del coronamento e il piede della superficie di rottura
- L. Lunghezza totale
- M. Lunghezza della massa spostata
- S. Lunghezza della superficie di rottura
- L', M', S'. Distanze orizzontali corrispondenti a L, M, S
- A. Zona di accumulo
- E. Zona di asportazione
- D. Profondità della massa spostata
- R. Profondità massima della superficie di rottura
- X. Angolo della superficie di rottura

Per molte frane rotazionali il volume della massa franata viene approssimato alla metà del volume dell'ellissoide:

Volume:

$$(4/3 \pi M \times D \times B) / 2$$

(e dove D è quasi sempre interpretato e mai misurato!!!!!!)

VELOCITÀ

Scala di velocità dei movimenti di pendio

Classe	Descrizione	Velocità (mm/sec)	Valori tipici	Danni probabili
7	Estremamente veloce	5×10^3	5 m/s	Violento e catastrofico. Distruzione di edifici per impatto della massa scivolata. Numero elevato di morti.
6	Molto veloce			L'evacuazione è difficile. Alcuni morti. Distruzione di edifici e strutture.
5	Veloce	5×10^1	3 m/min	L'evacuazione è possibile. Distruzione di edifici e strutture.
4	Moderato	5×10^{-1}	1.8 m/h	Parziale danneggiamento di installazioni provvisorie.
3	Lento	4.5×10^{-3}	13 m/mese	Possono essere applicate misure correttive. Le strutture ed edifici possono rimanere integri.
2	Molto lento	5×10^{-5}	1.6 m/anno	Le strutture permanenti non risultano danneggiate in generale
1	Estremamente lento	5×10^{-7}	16 mm/anno	Impercettibile se non con strumentazione. È possibile costruire con precauzioni.

STATO DI ATTIVITÀ DI UNA FRANA

La corretta ed univoca interpretazione dello stato di attività delle forme e della loro collocazione cronologica risulta di importanza fondamentale per la formulazione di ipotesi sull'evoluzione futura di un territorio.

In accordo con i più recenti riferimenti bibliografici (Varnes, 1978; GNGFG, 1987; Canuti et al, 1991) si è soliti distinguere tre stati di attività: attivo, quiescente, inattivo.

Sono da considerare **inattive** le forme per le quali l'agente morfogenetico non è più presente al momento del rilevamento, in quanto ha esaurito la propria attività oppure perché per tornare ad agire efficacemente sulla forma sarebbero necessarie profonde variazioni nei fattori morfoclimatici e/o morfodinamici.

Vengono considerate **attive s.s.** le forme per le quali risultano in atto al momento del rilevamento, o ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale, i processi che le hanno generate e ne hanno condizionato l'evoluzione;

Sono classificate come **quiescenti** le forme non attive al momento del rilevamento e prive di periodicità stagionale, per le quali però esistano sicuri dati (geomorfologici, storici, bibliografici, ecc.) che ne dimostrino l'attività passata nell'ambito dell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico e che abbiano oggettive possibilità di riattivazione non avendo esaurito la loro potenzialità di evoluzione.

Per quanto riguarda lo stato di attività di una frana, viene utilizzata la proposta metodologica contenuta in BISCI & DRAMIS (1991).

frane attive: si tratta di dissesti in cui sono evidenti segni di movimento in atto o recente, indipendentemente dall'entità e dalla velocità dello stesso; i segni possono essere molto evidenti (lesioni a manufatti, scarsa vegetazione, terreno smosso) oppure percepibili solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), così come la velocità di movimento può essere molto variabile. L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale (BISCI & DRAMIS, 1991). Le aree ove sono state riconosciute frane attive sono da considerarsi inutilizzabili per tutti gli usi ad esclusione dell'uso agricolo qualora non peggiorativo delle condizioni di stabilità delle aree interessate.

frane quiescenti: si tratta di frane senza indizi di movimento in atto o recente. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. E' da sottolineare che il fatto di non registrare movimenti in tempi recenti, o addirittura di non avere alcun dato storico di movimenti su una frana, non esclude a priori la riattivazione della stessa, anche con tempo di ritorno circa secolare. L'uso del suolo in queste aree andrebbe limitato alla agricoltura; ogni uso urbano o produttivo andrebbe valutato con estrema attenzione e consapevolezza per la potenziale riattivazione dei movimenti franosi.

Per una descrizione ottimale dell'attività del fenomeno, occorrerebbero i seguenti elementi principali:

1- stato di attività (attivo s.s., quiescente, inattivo, fossile); 2- tipo di attività (continua, intermittente, alternata, unica); 3- datazione dell'inizio dell'attività; 4- datazione della fine dell'attività (per i fenomeni inattivi) o dell'ultima attivazione (per i fenomeni quiescenti); 5- tempi di ritorno (per i fenomeni ad attività intermittente o alternata); 6- variazioni nel tempo dello stato di attività (passaggio da un tipo di attività ad un altro, modificazioni di intensità del processo morfogenetico, presenza di eventi eccezionali).

I fenomeni giudicati attivi andranno quindi suddivisi in base al loro tempo medio di ritorno:

- a- continui,
- b- stagionali,
- c- frequenti (tempi di ritorno compresi tra 1 e 10 anni),
- d- a medio termine di ricorrenza (tempi di ritorno compresi tra 10 e 100 anni),
- e- a lungo termine di ricorrenza (tempi di ritorno compresi tra 100 e 1000 anni),
- f- a lunghissimo termine di ricorrenza (tempi di ritorno maggiori di 1000 anni).

I fenomeni quiescenti possono essere distinti sulla base del tempo trascorso dall'ultima fase di attività fino al momento del rilevamento:

- a- Attuale (minore di 200 anni),
- b- Recente (200-1000 anni),
- c- Olocene antico (1000-10.000 anni),
- d- Pleistocene superiore-medio (10.000-700.000 anni),
- e- Pleistocene inferiore (700.000-2.000.000 anni),
- f- Pre-Quaternario (maggiore di 2.000.000 anni).

Classificazione delle frane secondo il loro grado di attività (da UNESCO 1993 – n.d.t.)

Classificazione	Descrizione	Tratti caratteristici e/o note
Attiva	Se attualmente in movimento	Topografia irregolare e lobata. Scarpata principale ben definita e senza vegetazione. Depressioni con ristagni. Solchi di erosione sui fianchi. Depositi al piede del pendio. Deviazione di corsi d'acqua.
Sospesa	Se mossasi nell'ultimo ciclo stagionale ma non attualmente attiva	
Riattivata	Se attiva dopo essere stata inattiva	
Inattiva	Se mossasi per l'ultima volta prima dell'ultimo ciclo stagionale. Può dividersi le classi riportate nella colonna a destra	Quiescente: se inattiva ma riattivabili dalle sue cause originali tuttora esistenti
		Naturalmente stabilizzata: se inattiva e non più influenzata dalle sue cause originali.
		Artificialmente stabilizzata: se inattiva e protetta dalle cause originali tramite misure di stabilizzazione. Relitta: se inattiva e sviluppatasi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse dalle attuali (riconoscibile per sviluppo vegetazione, forma, reticolo idrografico non deviato e interrotto). Talora riferita come fossile o antica (inattiva da secoli fino a migliaia di anni) o paleofrana (inattiva da decine di migliaia di anni).

Pericolosità

Adottando le raccomandazioni del Working Party for World Landslides Inventory (WP/WLI, 1993 -1994), lo stato di attività di una frana, da un punto di vista della pericolosità, è generalmente suddiviso nelle seguenti categorie:

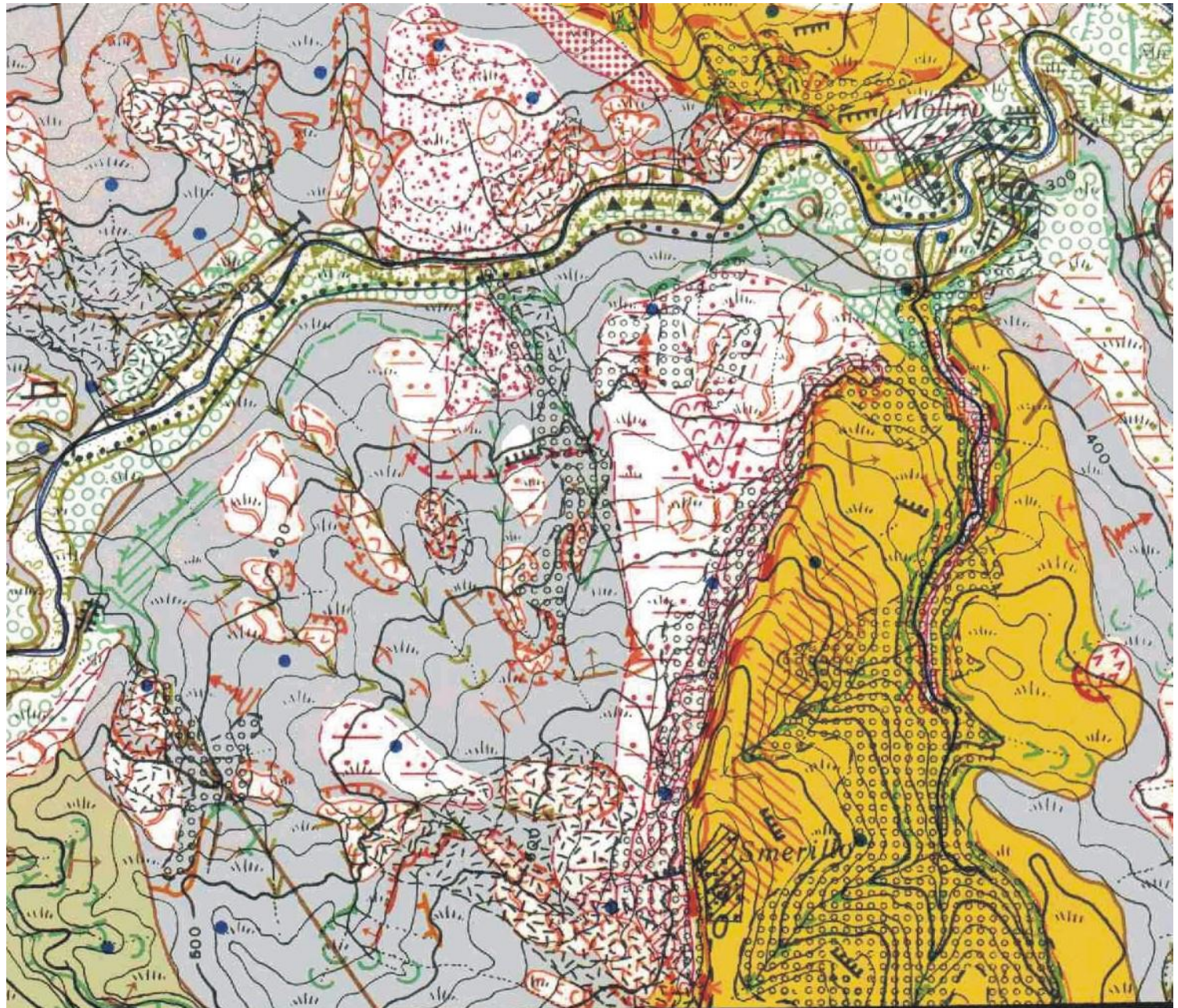
frane attive o sospese:

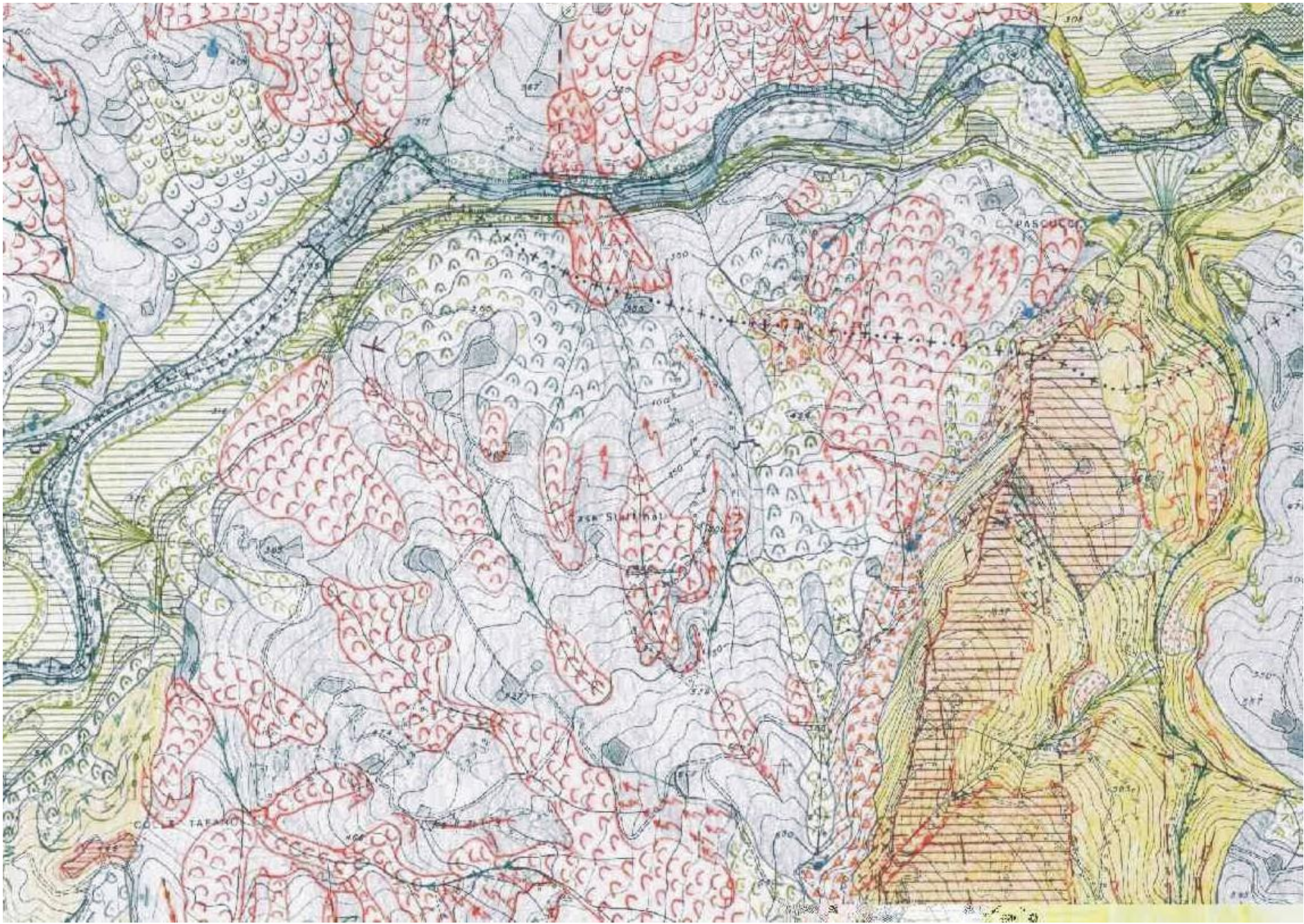
frane attualmente in movimento o che si sono mosse entro l'ultimo ciclo stagionale; corrisponde alla classe di pericolosità massima in cui sono attesi movimenti continui o intermittenti con ricorrenza annuale;

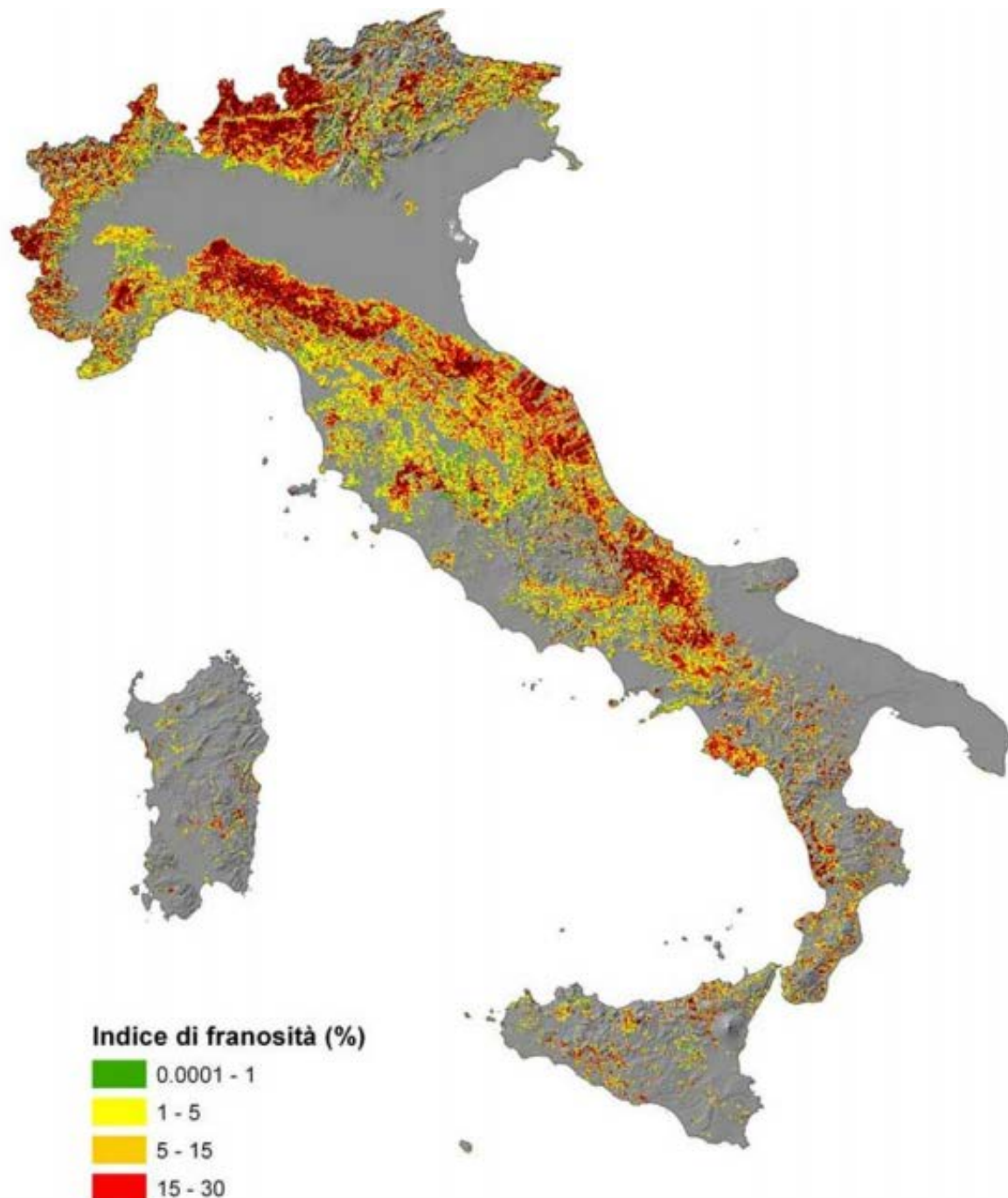
frane quiescenti o stabilizzate:

frane che si sono mosse l'ultima volta prima dell'ultimo ciclo stagionale che possono (se quiescenti), o non possono (se stabilizzate), essere riattivate dalle proprie cause originali; corrisponde ad una classe di pericolosità molto alta (in quanto i fenomeni franosi quiescenti possono essere riattivati naturalmente mentre le frane stabilizzate possono essere riattivate quasi sempre per interventi antropici).

Lettura Cartografie/Monitoraggio







Region / Self-Governing Province	Number of landslides	Density of landslides	Landslide area	Landslide Index	Landslide Index in mountainous-hilly areas
	no.	no./100 km ²	km ²	%	%
Piemonte	35,023	126	2,540	9.1	15.0
Valle d'Aosta	4,359	134	520	16.0	16.0
Lombardy	130,538	547	3,308	13.9	29.9
Bolzano-Bozen	1,995	27	463	6.2	6.3
Trento	9,385	151	879	14.2	14.7
Veneto	9,476	52	223	1.2	3.1
Friuli Venezia Giulia	5,253	67	511	6.5	14.8
Liguria	7,515	139	425	7.9	8.1
Emilia Romagna	70,037	317	2,511	11.4	23.2
Tuscany	39,517	172	1,464	6.4	8.0
Umbria	34,544	408	651	7.7	8.7
Marche	42,522	442	1,882	19.4	21.2
Lazio	10,548	61	399	2.3	3.5
Abruzzo	8,493	78	1,241	11.4	12.5
Molise	23,940	539	623	14.0	15.7
Campania	23,430	171	968	7.1	8.8
Puglia	843	4	85	0.4	1.0
Basilicata	9,187	92	333	3.3	4.0
Calabria	9,417	62	822	5.5	6.0
Sicily	4,727	18	539	2.1	2.4
Sardinia	1,523	6	188	0.8	1.0
ITALY	482,272	160	20,573	6.8	9.1

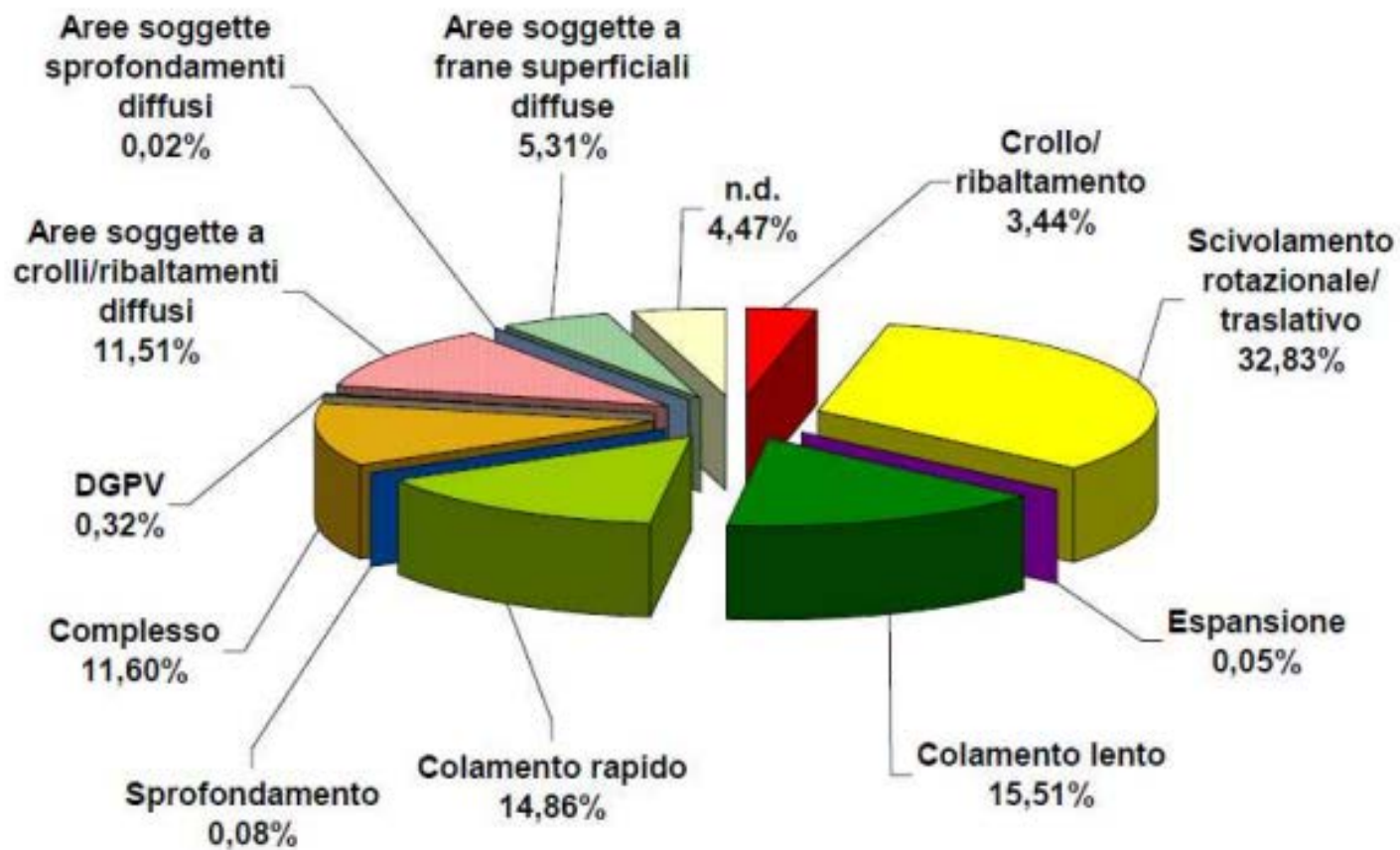


Figura 3.6 Tipologia di movimento (%).

Tabella 3.2 Area media in frana per tipologia di movimento.

Tipologia di movimento	Area media in frana (m ²)
DGPV	1.308.990
Aree soggette a sprofondamenti diffusi	144.283
Espansione	92.161
Complesso	86.587
Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi	75.230
Aree soggette a frane superficiali diffuse	55.003
Colamento lento	31.002
Scivolamento rotazionale/traslativo	30.078
Crollo/ribaltamento	25.914
Sprofondamento	16.549
Colamento rapido	15.210

Frane Profonde

Una definizione di frana profonda, è stata proposta da Dramis, dove per frana profonda, può essere considerata quella che, pur interessando uno spessore dei materiali dell'ordine delle poche decine di metri, presenta una morfologia ed una evoluzione tipica:

- 1- notevole estensione dell'area coinvolta,
- 2- profili topografici alquanto articolati,
- 3- presenza di trincee e/o fratture beanti,
- 3- lenta evoluzione del fenomeno;
- 4- velocità relativamente basse con repentina evoluzione in concomitanza con eventi esterni particolari (piogge, sismi, ecc.) o a seguito di attività antropica (es. Maierato; ecc).

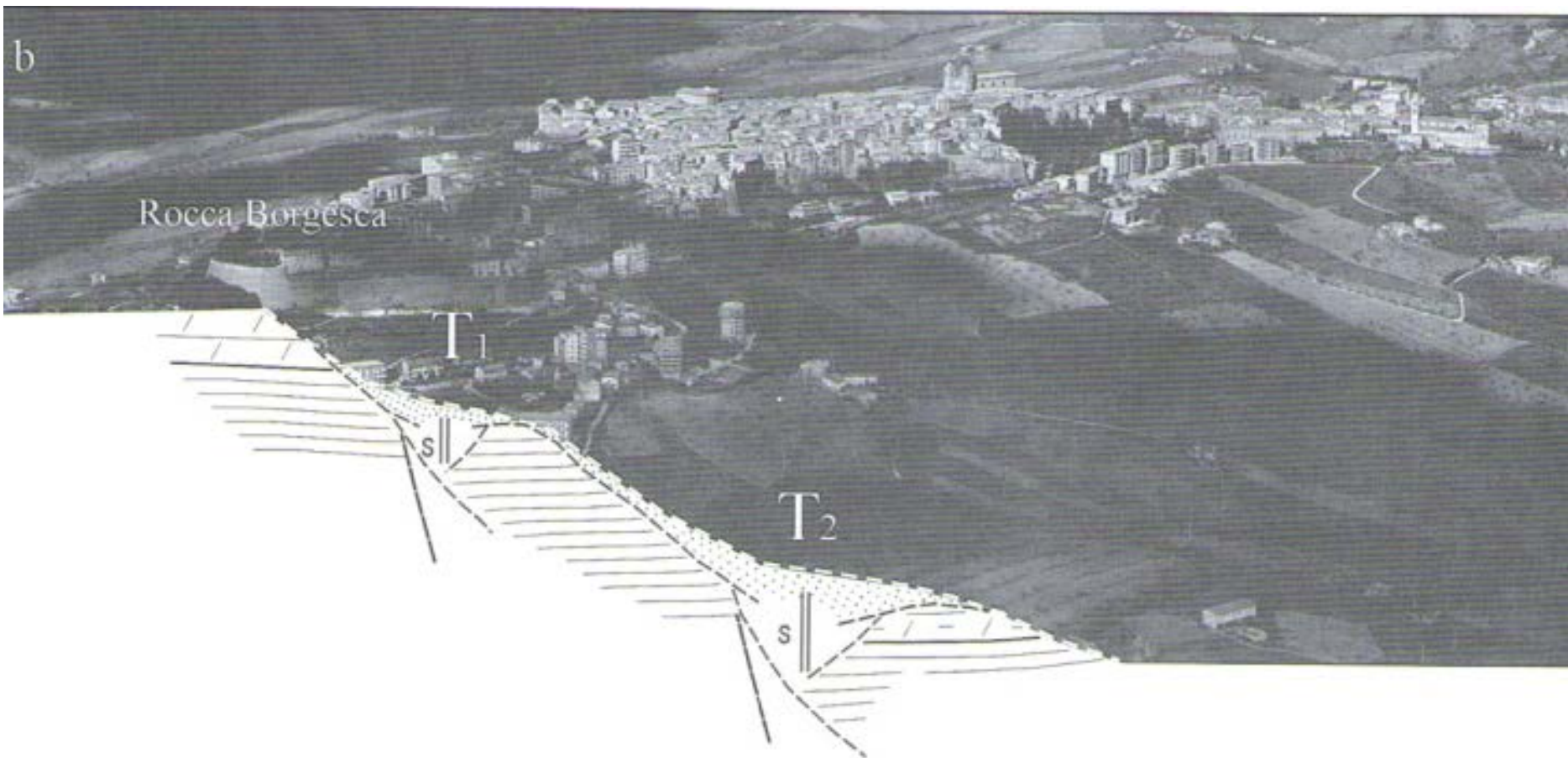
Analisi sedimentologiche e considerazioni geomorfologiche hanno spesso permesso di evidenziare come gli accumuli di tali fenomeni abbiano causato deviazioni e temporanei sbarramenti di corsi d'acqua, dando origine verso monte a limitati episodi lacustri (in alcuni casi i depositi sono intercalati a varie altezze nelle alluvioni terrazzate).

Sulla base delle ricerche effettuate sulle frane presenti nell'area marchigiana s.l. (FARABOLLINI et al., 1994; GENTILI & PAMBIANCHI, 1994; DRAMIS et al., 1995; DRAMIS et al., 2002), si può stimare in poche decine di metri di spessore di materiale coinvolto il limite oltre il quale una frana rientra nel campo delle frane profonde.

Esse sono dovute solitamente a fenomeni di scorrimento e/o di deformazione su strati profondi di masse di spessore più o meno rilevante, pur avendosi in superficie pendenze anche relativamente dolci, minori di quella limite di equilibrio.

Gran parte di questi corpi di frana si sono generati in occasione di fasi ed eventi climatici (e forse tettonici) estremi, verificatisi anche migliaia di anni fa.





sandstones
pelites and
sandstones



sandstones
and pelites
fault

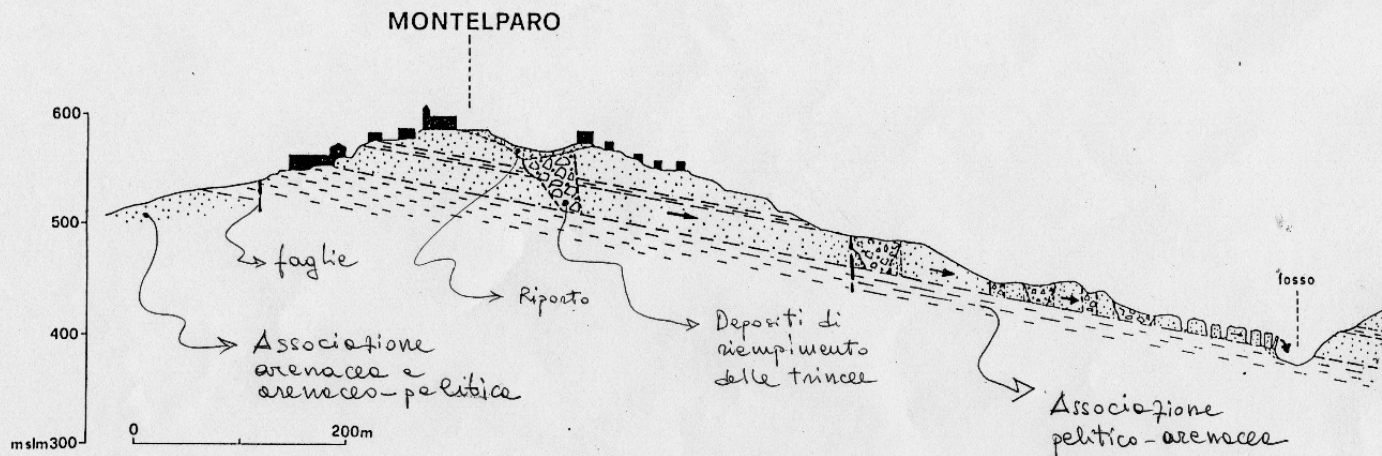


surficial deposits
unconformity



trench
borehole

Montelparo





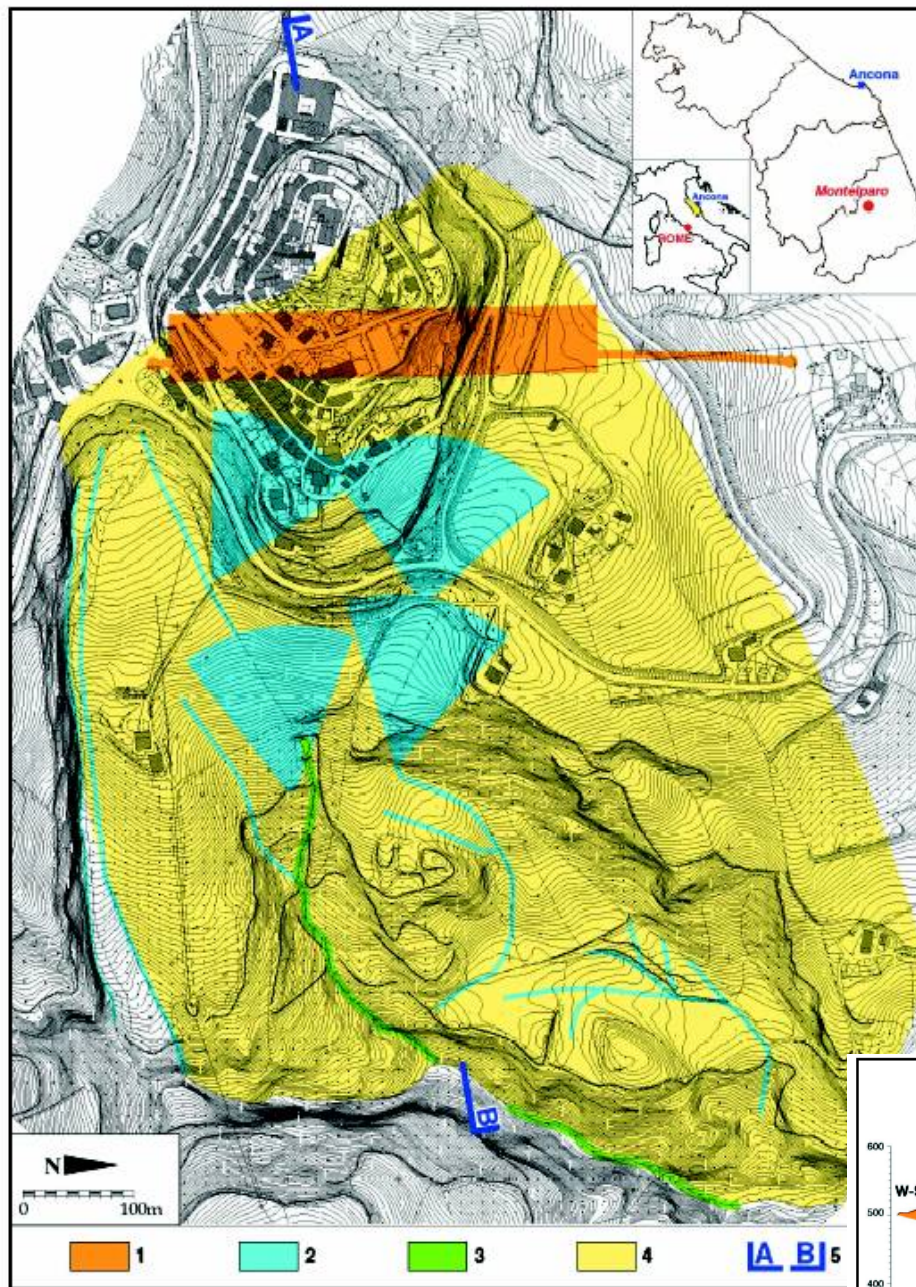


Fig. 2 – Map of remedial works: 1) Microtunnel drainage system; 2) Tubular drains and trenches; 3) Superficial hydraulic control measures; 4) Landslide area; 5) Cross-section

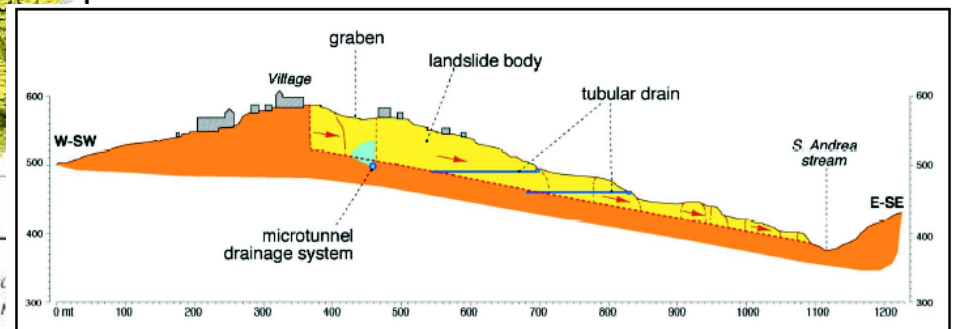
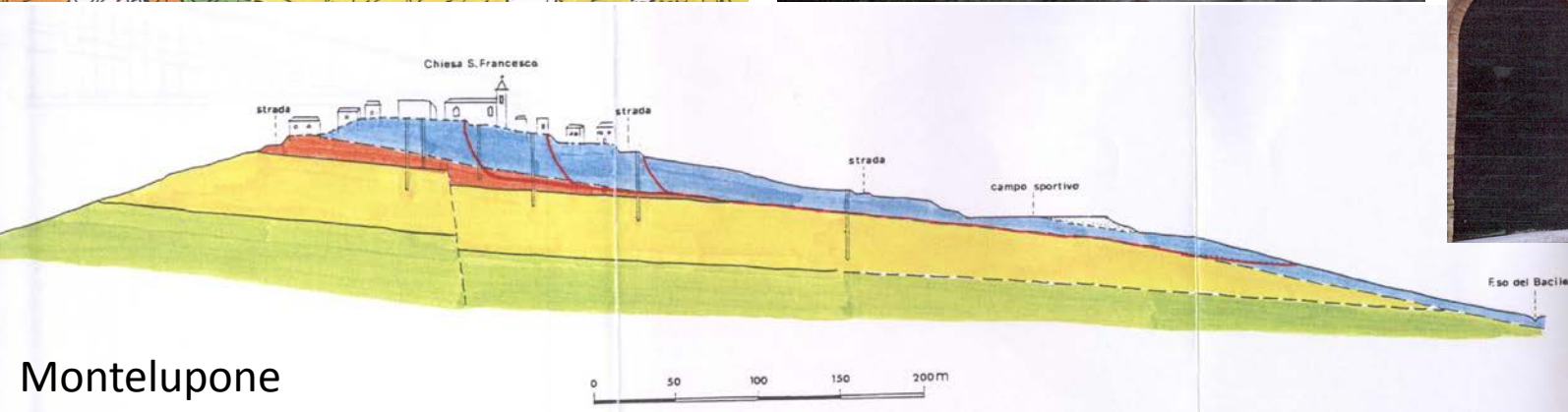


Fig. 3 – Diagrammatic cross-section A – B.

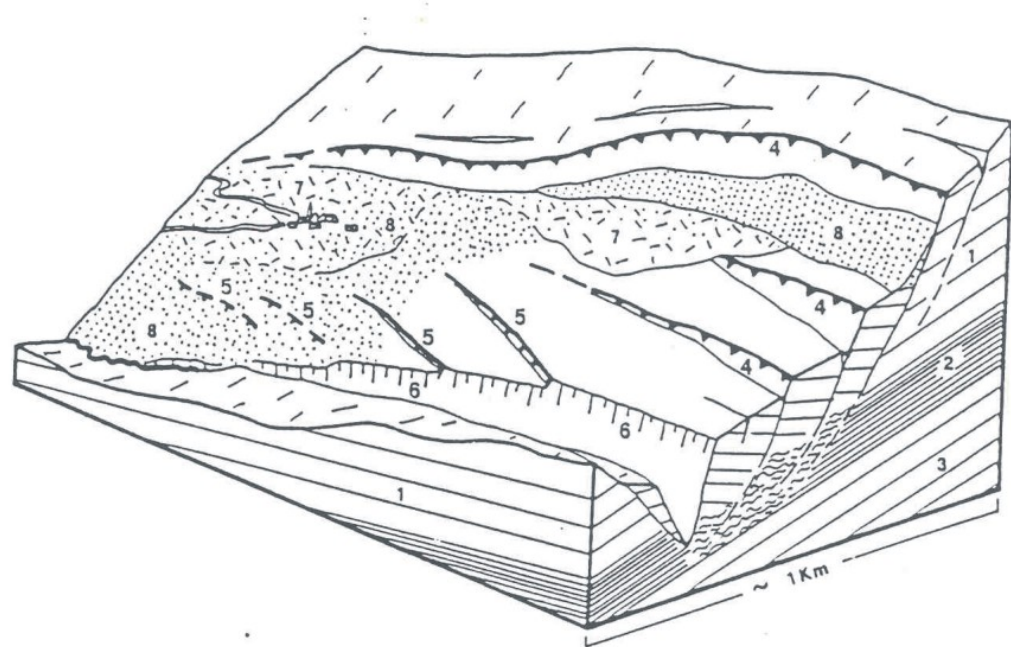


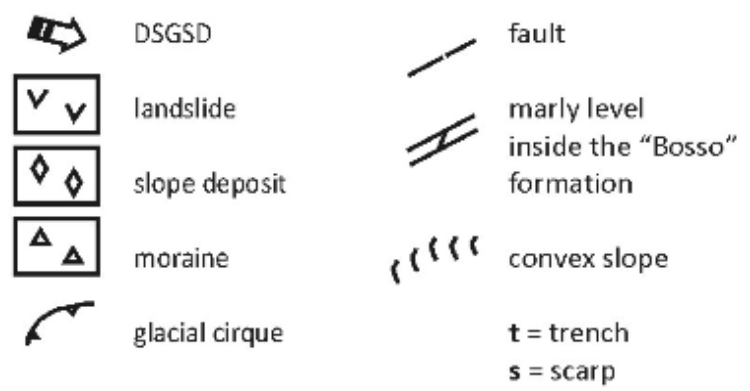
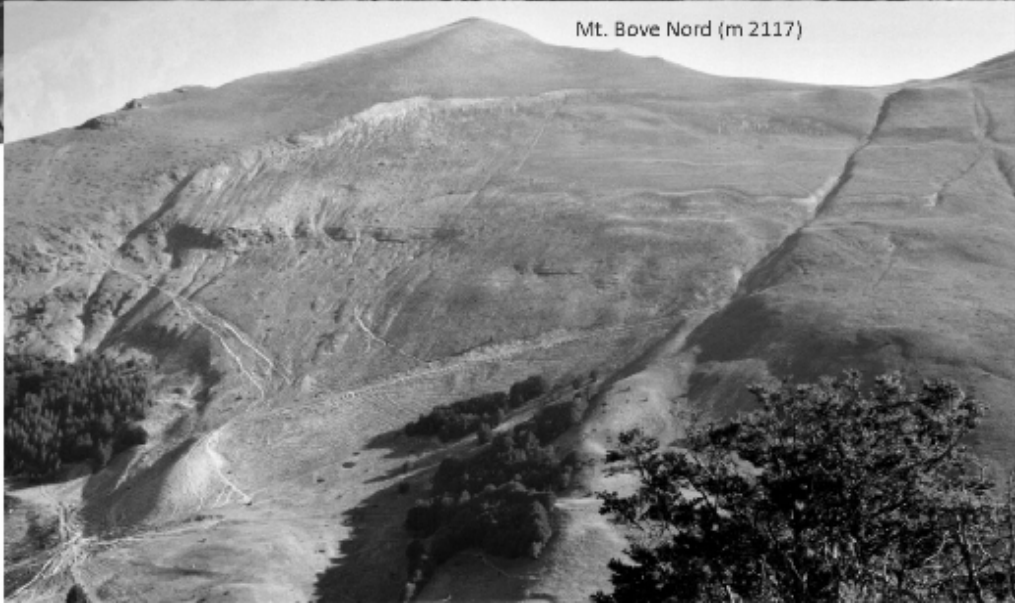
Montelupone

Bolognola – Appennino umbro-marchigiano



Fenomeni franosi complessi



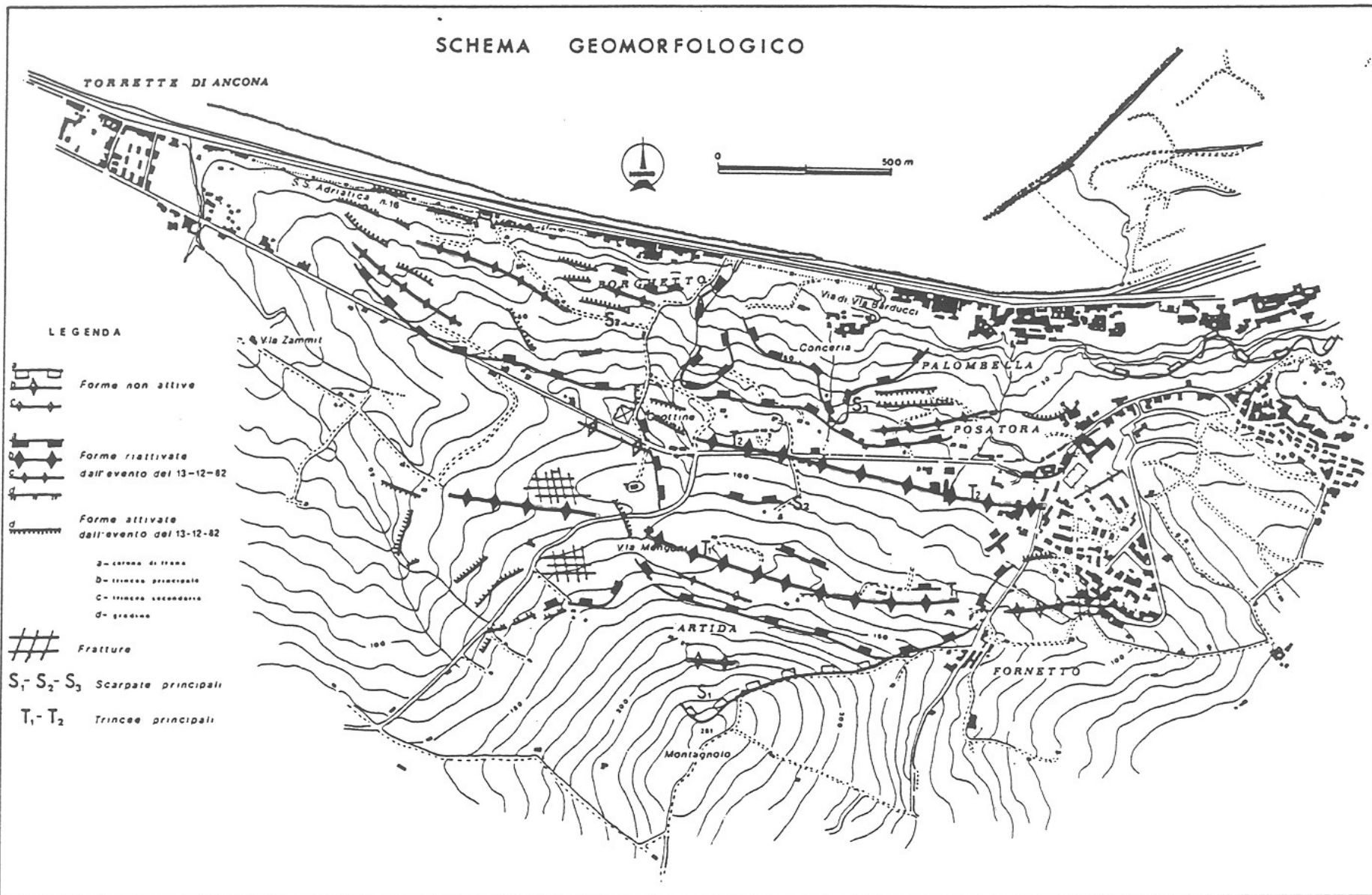


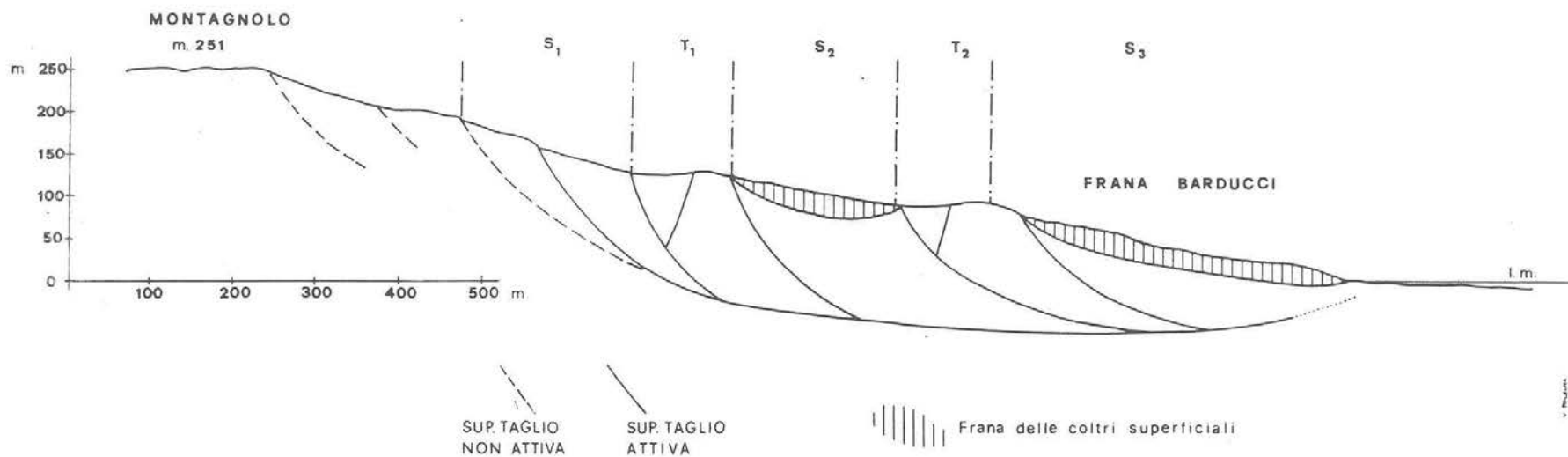
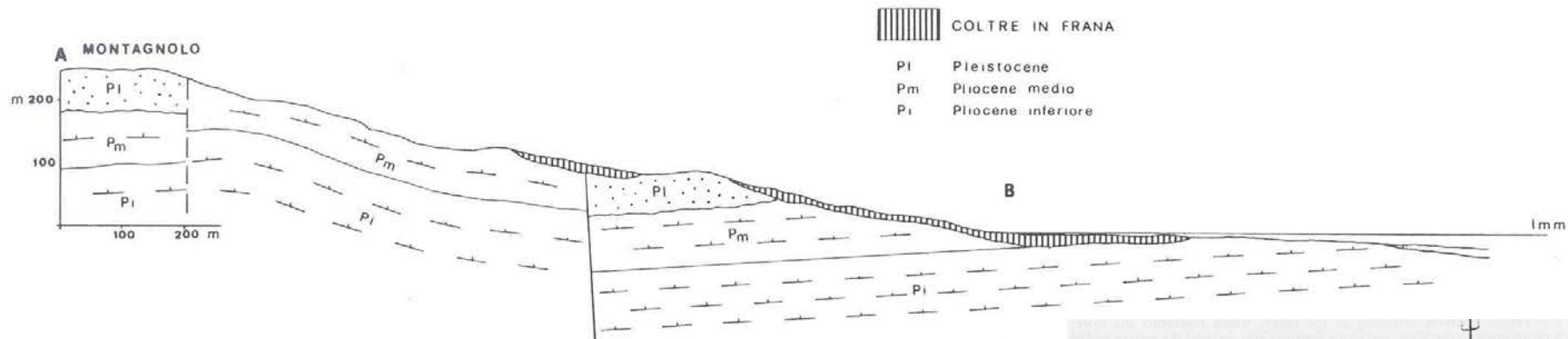
Frana di Ancona, 1982

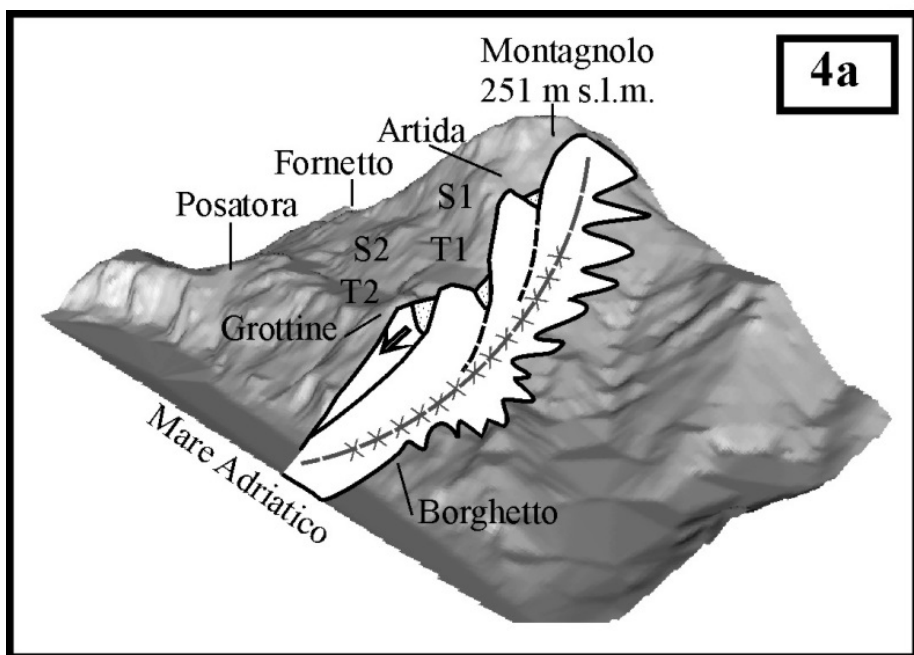
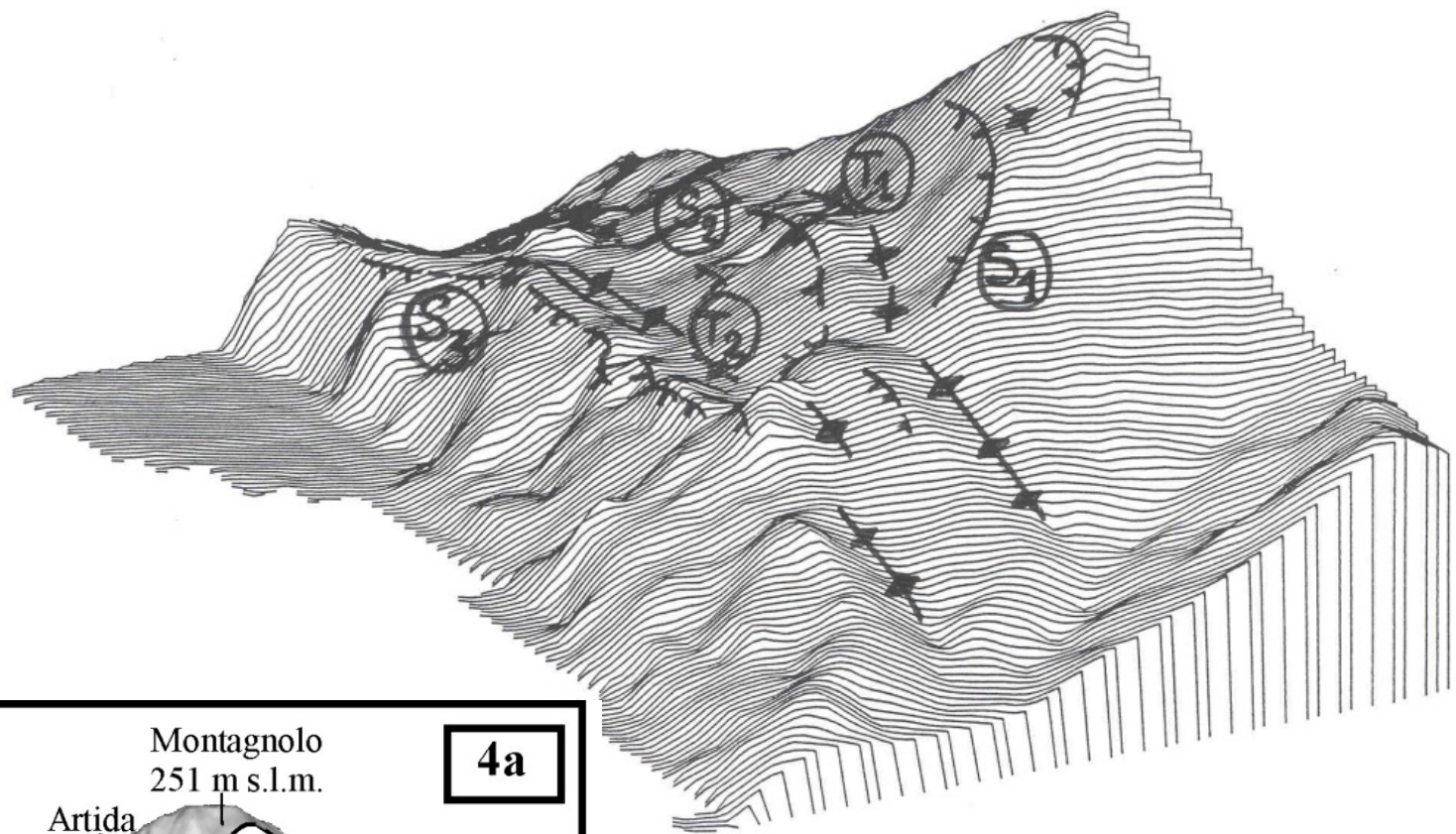


Il Montagnolo visto dall'area industriale del Porto di Ancona. Si noti il vistoso gradino che corrisponde alla scarpata principale della grande deformazione gravitativa di Ancona che si è riattivata il 13 dicembre 1982 (282150).

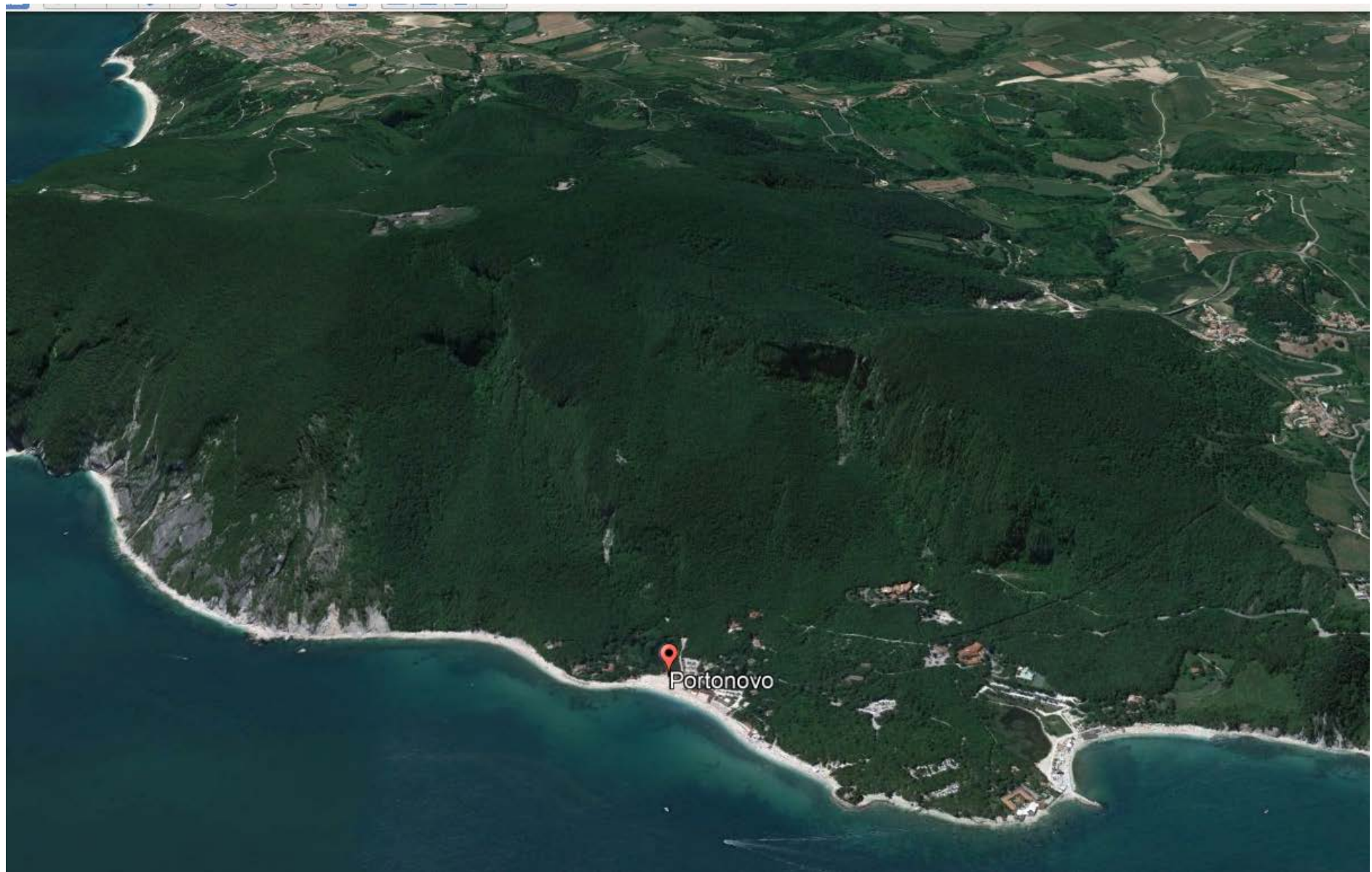
SCHEMA GEOMORFOLOGICO



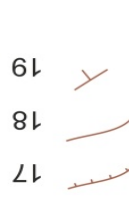
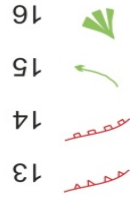
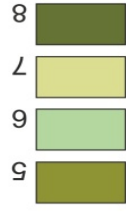
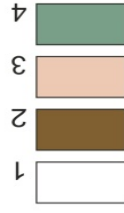




Frana di Portonovo di Ancona







Frana della Valtellina

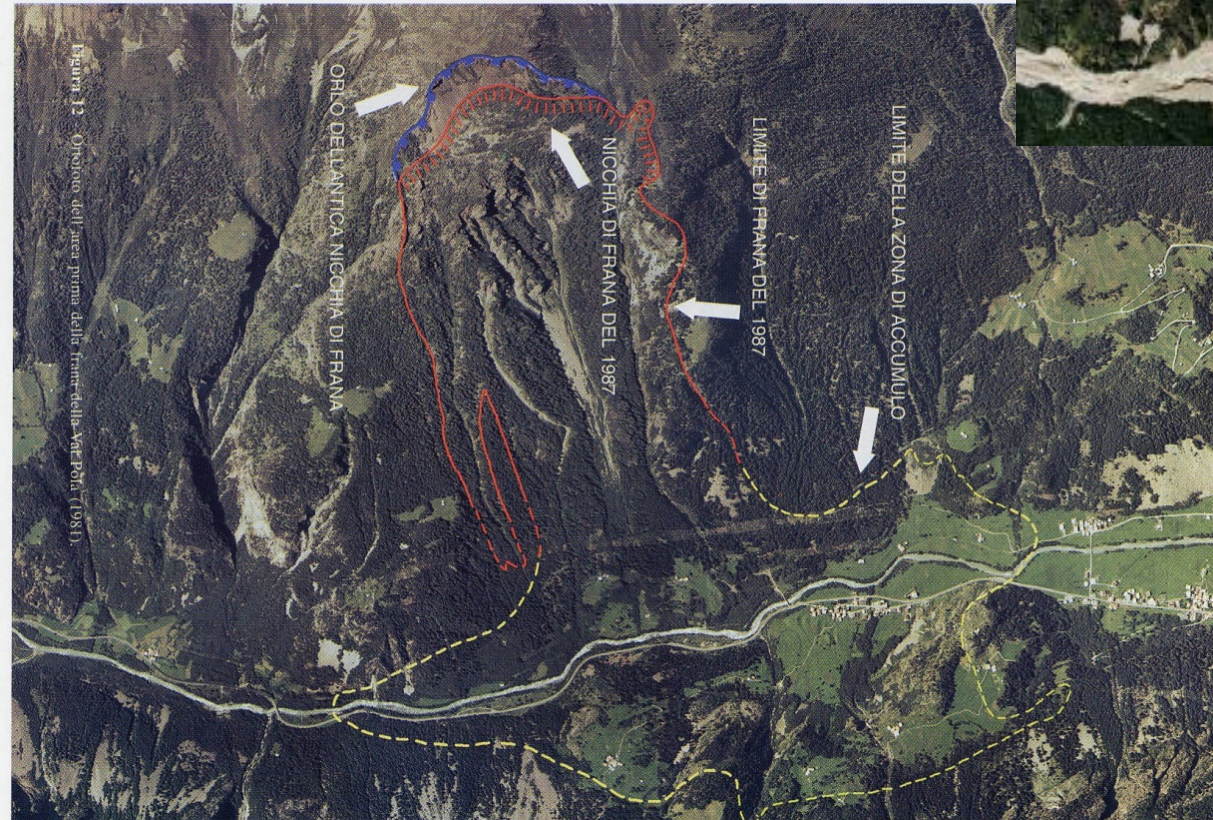
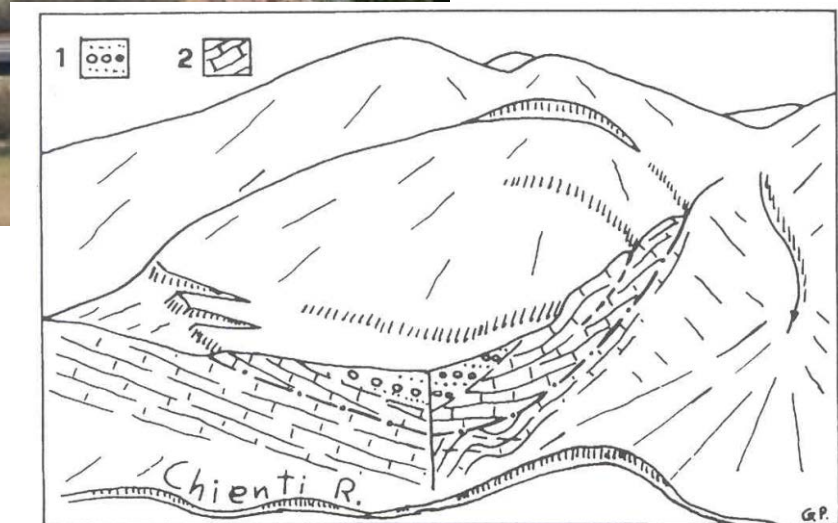
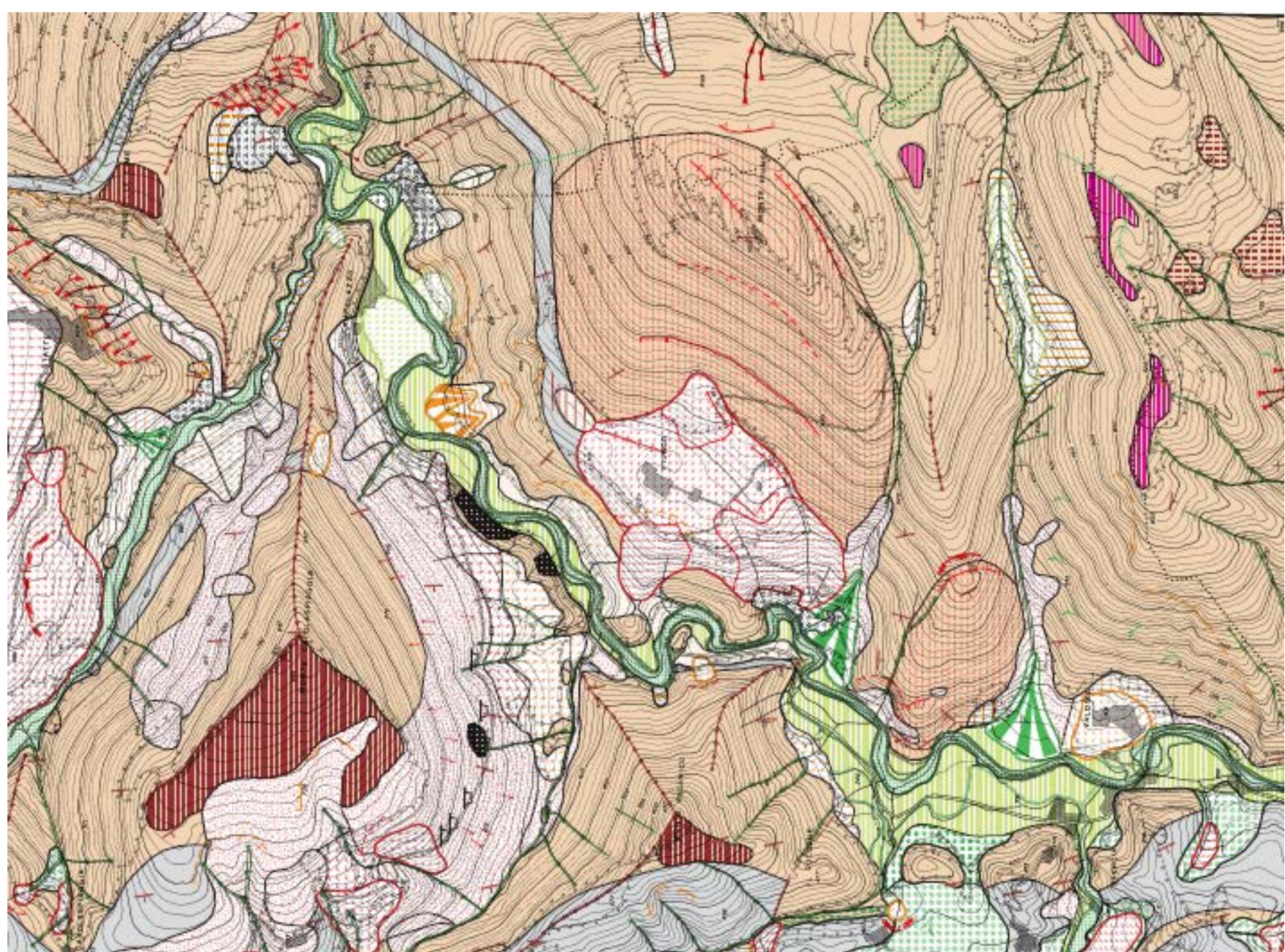


Figura 12 - Orizzonte dell'area prima della frana della Valtellina (1981).

Deformazioni gravitative profonde



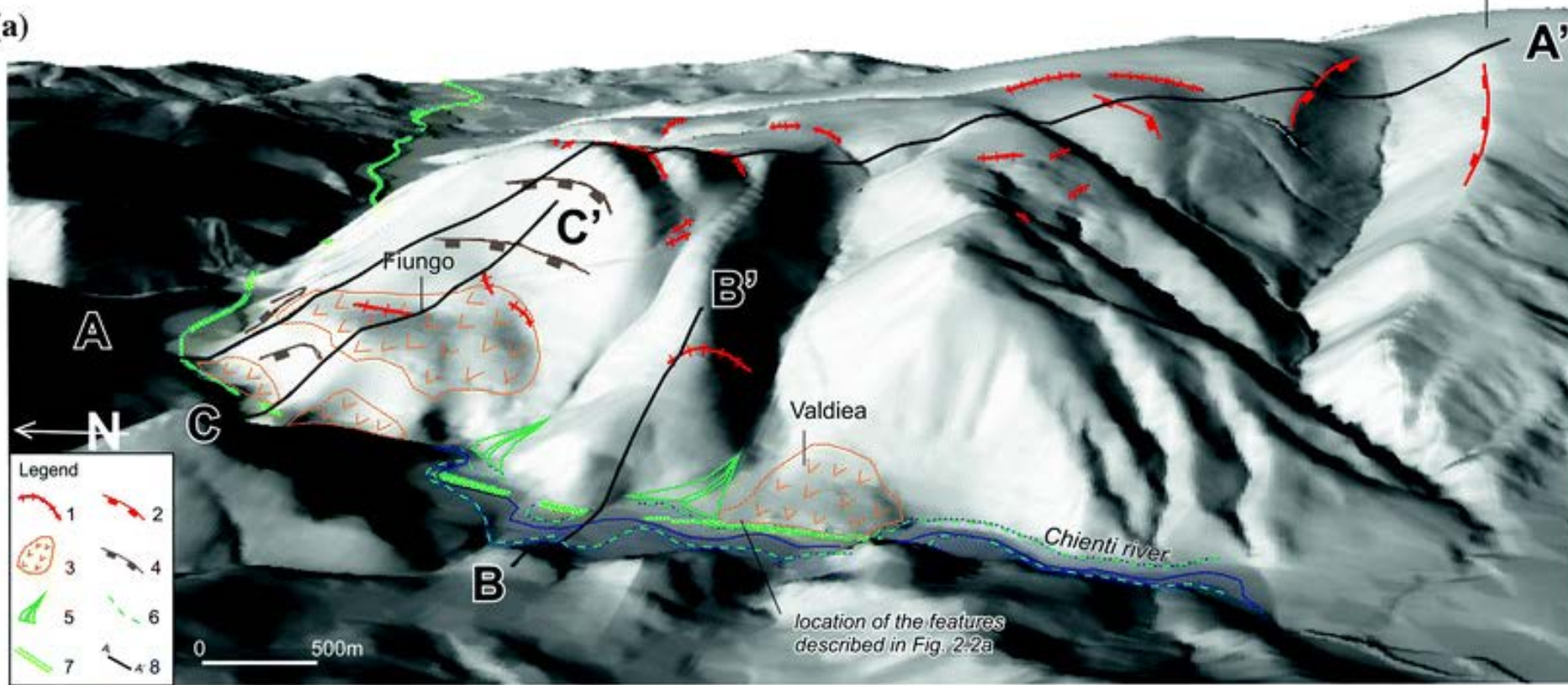




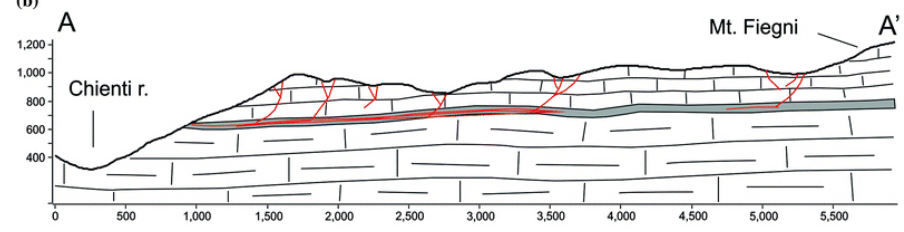
Mt. Fiegni

A'

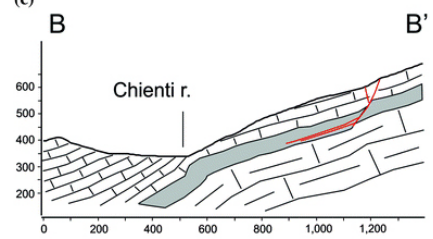
(a)



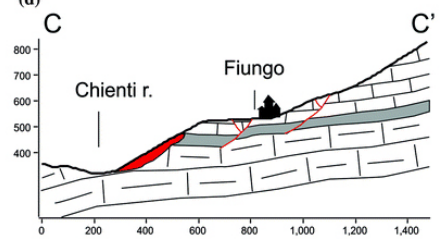
(b)



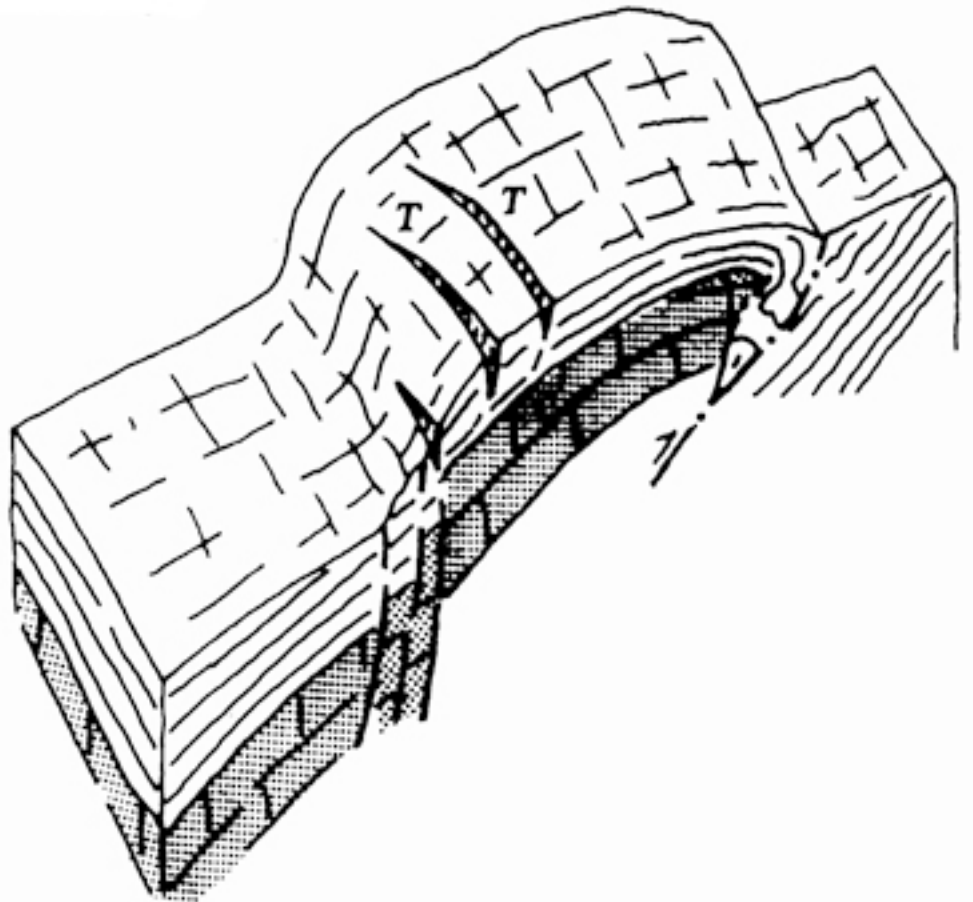
(c)



(d)



Monte Fema
(Appennino u-m)



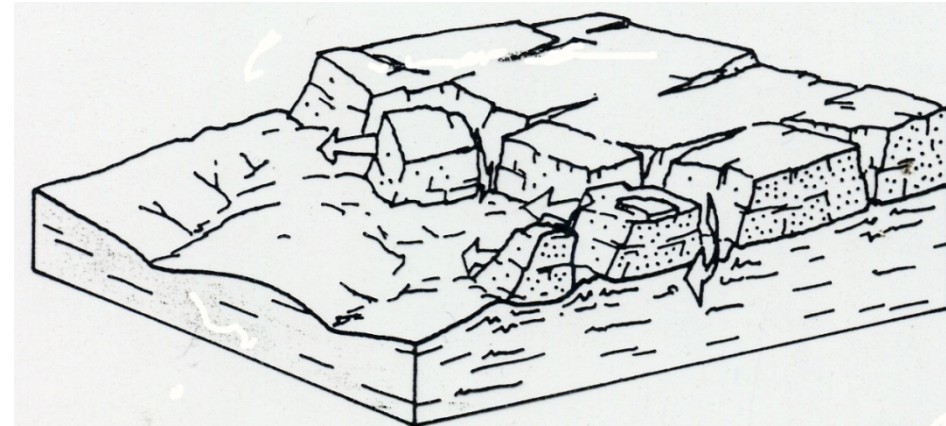
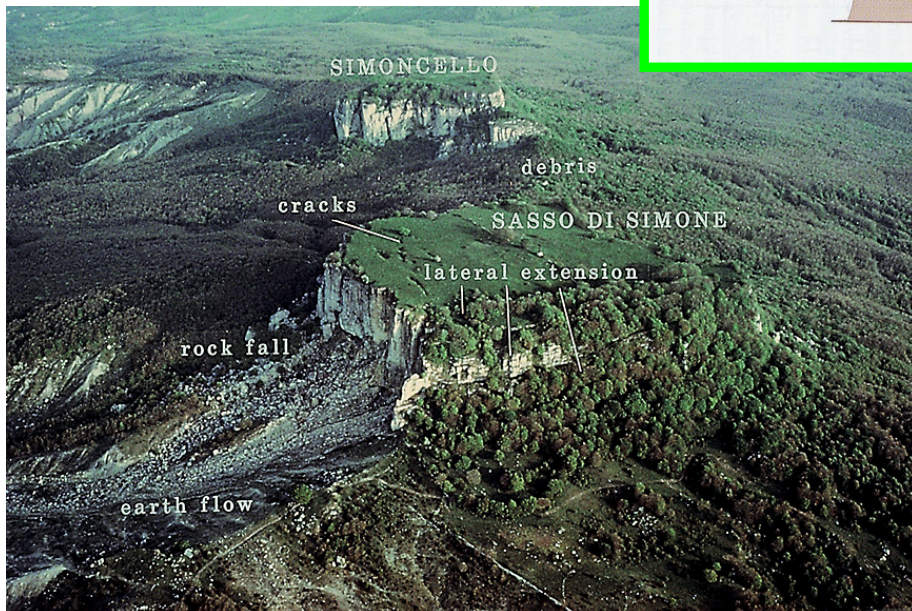
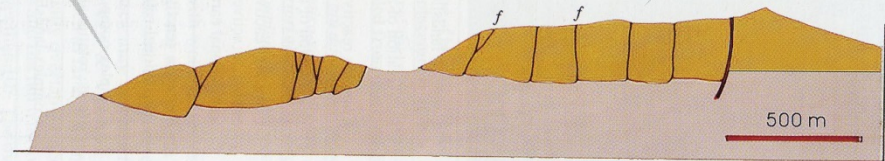
Lateral spread



b



a

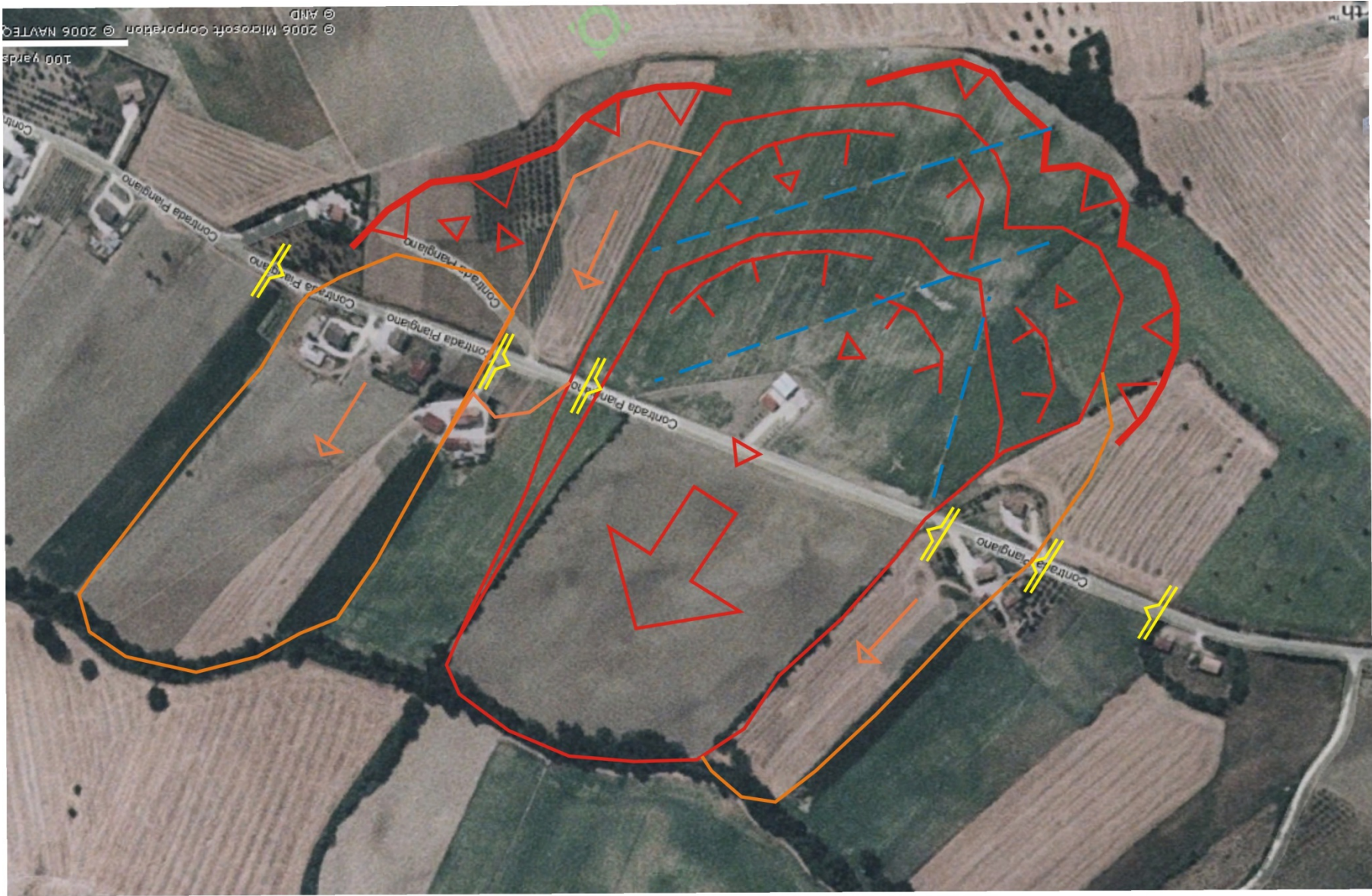


Es. Frana di Piangiano - Treia





CARG geomorfologico,
2000

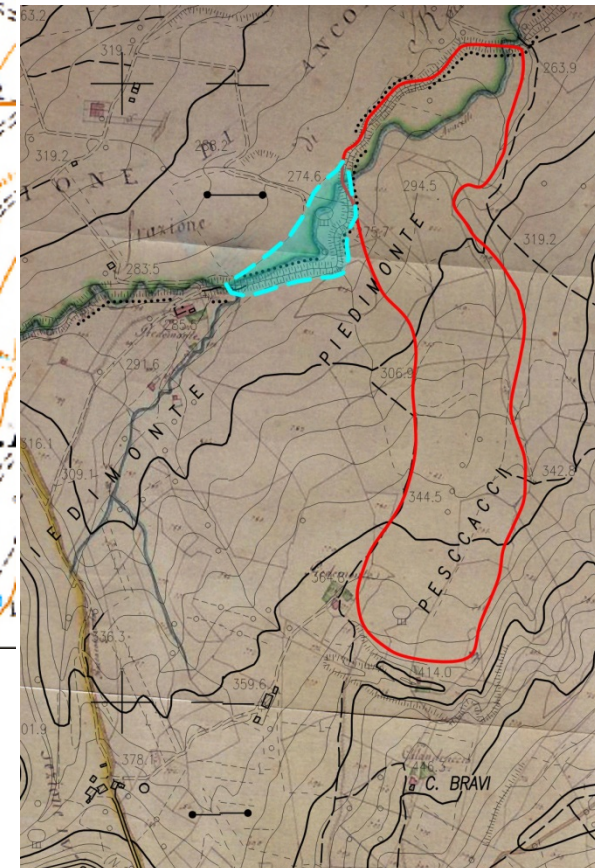
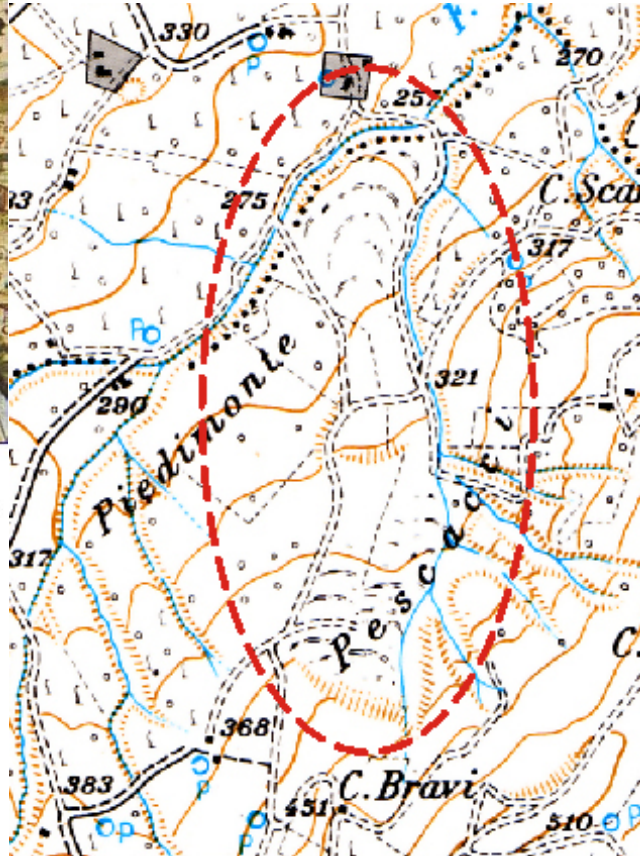


Serra San Quirico



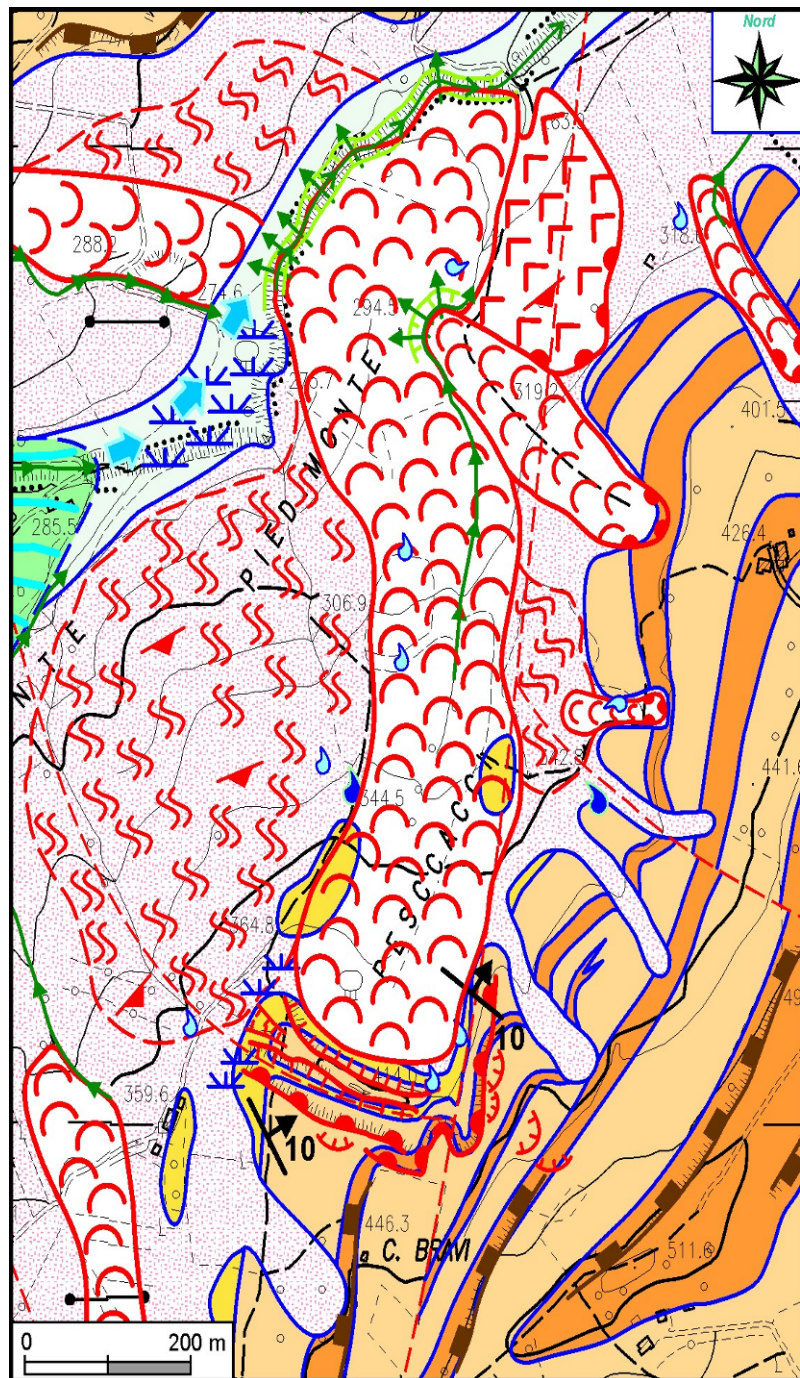


(tratto da: Domenico Gaspari, *Memorie Storiche di Serrasanquirico*, Roma, 1883)



Catasto gregoriano - XIX sec.



Stralcio della mappa del territorio di Rocca Contrada (Arcevia), in un disegno del sec. XVIII, con evidenziato il Lago di Fugiano.
(da: V. Villani - Rocca Contrada - Ceti dirigenti, Istituzioni e Politica dalle origini al sec. XV. Ostra Vetere, 2006)






LEGENDA

GEOLOGIA

UNITA' DELLA COPERTURA

-  **Coltre eluvio-colluviale:** argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi, con inclusi arenacei e marnosi eterometrici (*Olocene - Pleistocene sup.*)
-  **Depositi alluvionali attuali e recenti:** argille, limi, sabbie e ghiaie, variamente alternate (*Olocene*)


UNITA' DEL SUBSTRATO - *Formazione delle ARGILLE AZZURRE* (Pliocene inferiore)

-  Argille siltoso-marnose, con rare e sporadiche intercalazioni arenacee in strati sottili; talora, intercalazioni calcarenitiche (litofacies **Pelitica**)
-  Alternanze di argille siltoso-marnose ed arenarie, in strati sottili, con prevalenza della componente argillosa (litofacies **Pelitico-arenacea**)
-  Alternanze di arenarie ed argille siltoso-marnose, in strati medi e sottili, con prevalenza della componente arenacea (litofacies **Arenaceo-pelitica**)


-  Limite litologico
-  Faglia probabile
-  Giacitura degli strati

GEOMORFOLOGIA







FORME STRUTTURALI

-  Orlo di scarpata influenzata dalla struttura


FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'

-  Corona principale di frana
-  Corona secondaria di frana
-  Corpo di frana di tipo scorrimento
-  Deformazioni plastiche
-  Corpo di frana di tipo colamento
-  Contropendenza

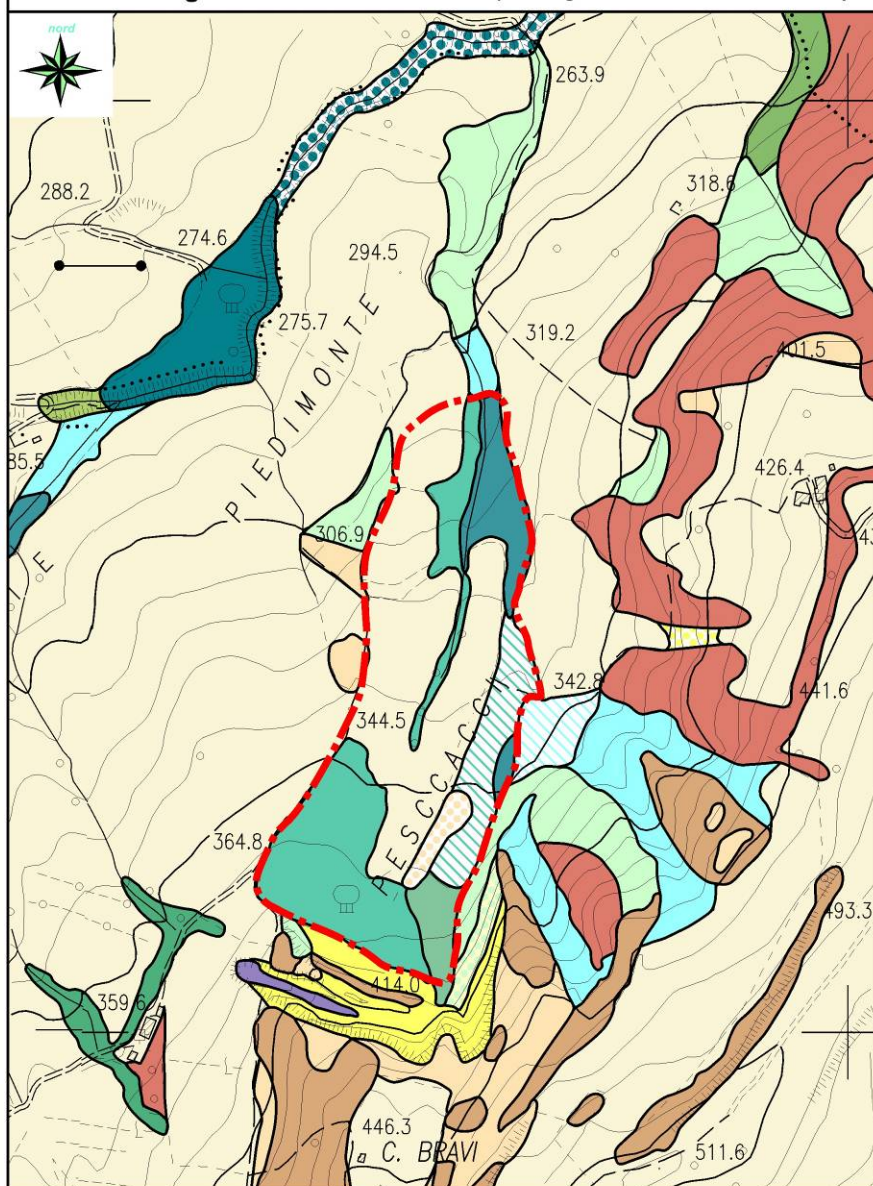
FORME FLUVIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO

-  Orlo di scarpata di erosione fluvio-torrentizia
-  Alveo con tendenza all'approfondimento
-  Intensa erosione laterale
-  Conoide alluvionale
-  Antica direzione di flusso
-  Ristagni idrici

IDROLOGIA

-  Sorgente perenne
-  Sorgente temporanea

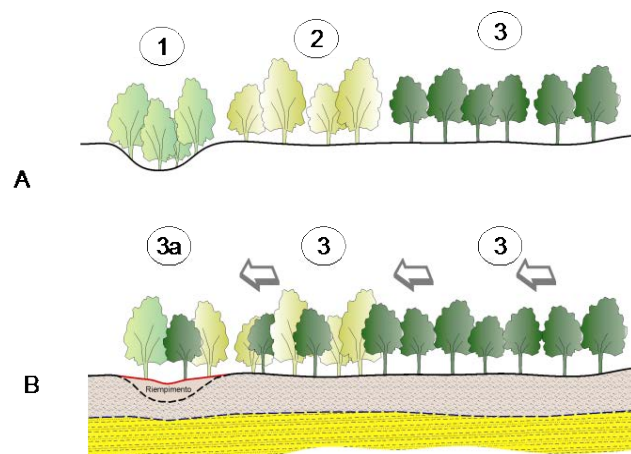
Carta della vegetazione - scala 1:5.000 (da Allegrezza, Mentoni & Tesei, ined.)



ANALISI DENDROMETRICO-STRUTTURALE

	Età media	Età max	Età min
Frax. ox.	23	32	13
Salix. ap.	21	26	11
Salix alb.	26	46	12
Pop. nig.	43	48	38
Pop. can.	44	58	16

Modello della successione delle diverse cenosi in rapporto al fenomeno franoso



A - transecto vegetazionale tipico (da Pedrotti & Gafta 1996)

1. *Salicetum albae*, 2. *Populetum albae*; 3. *Fraxinetum oxycarpae*

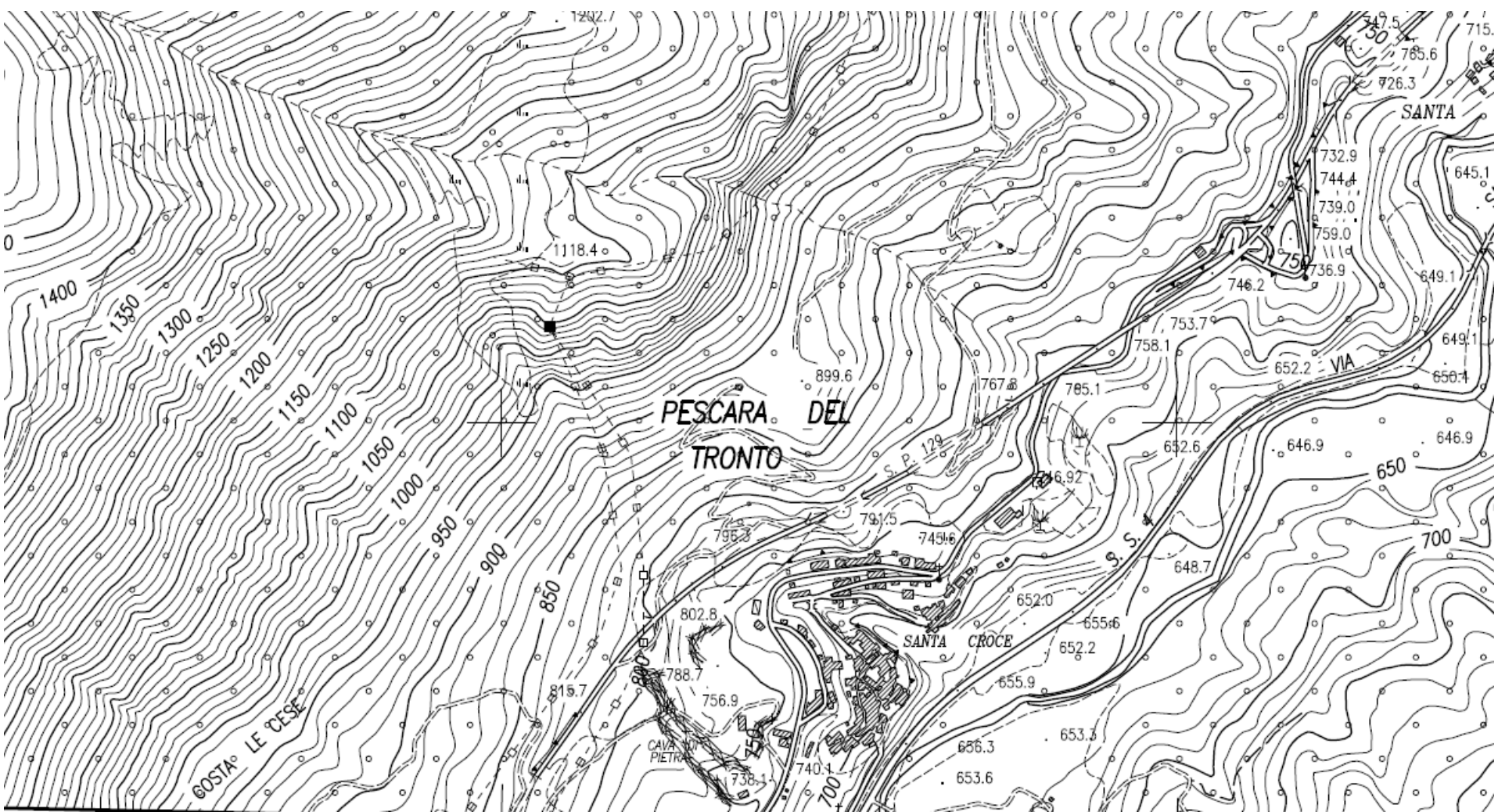
B – transecto vegetazionale relativo a Pescacchi

3a *Salici apenninae-Fraxinetum oxycarpae* subass. *fraxinetosum*;

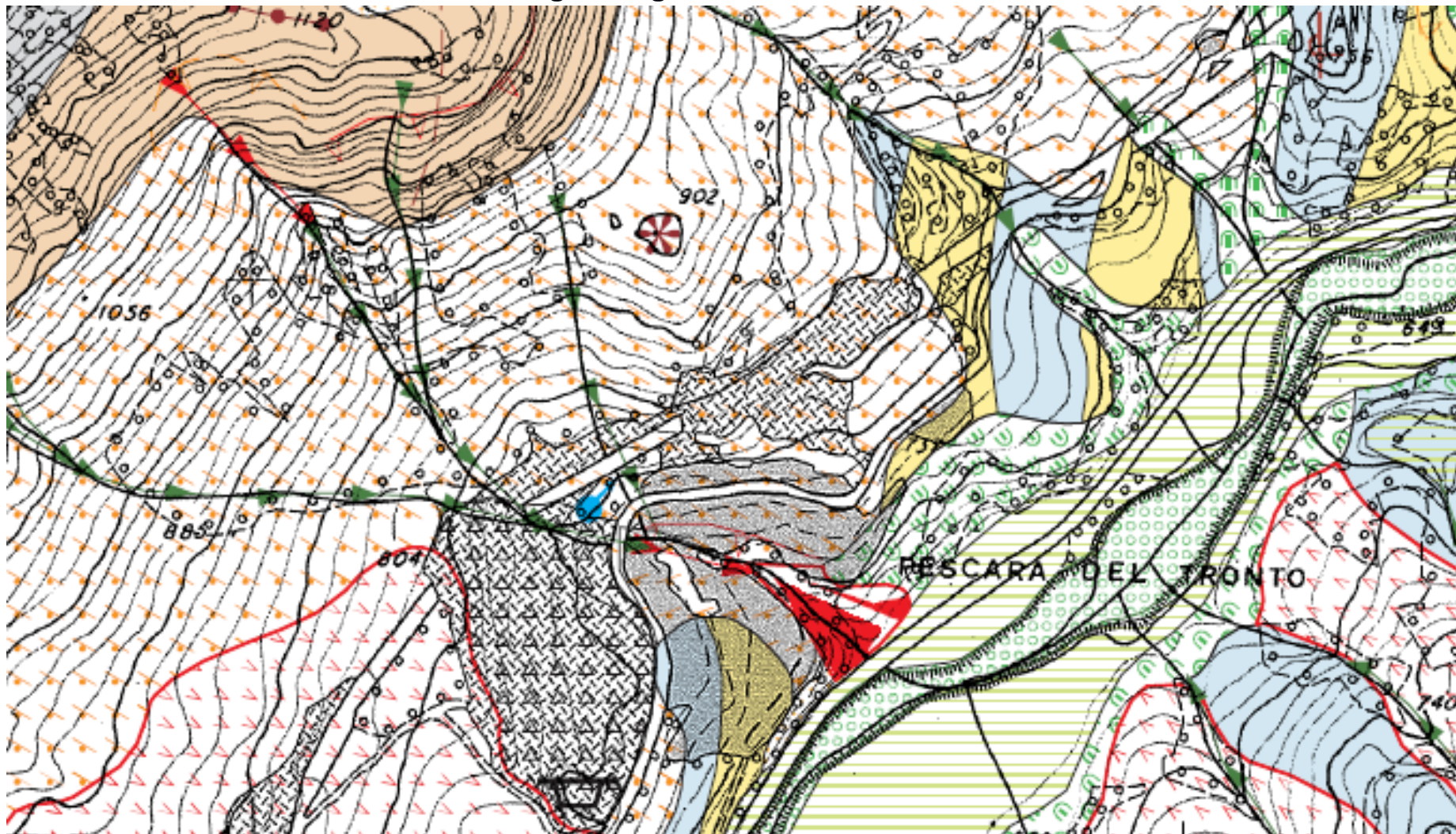
3. *Salici apenninae-Fraxinetum oxycarpae* subass. *aceretosum*

Pescara del Tronto





Carta Geomorfologica Regione Marche, Estratto Scala 1:10.000



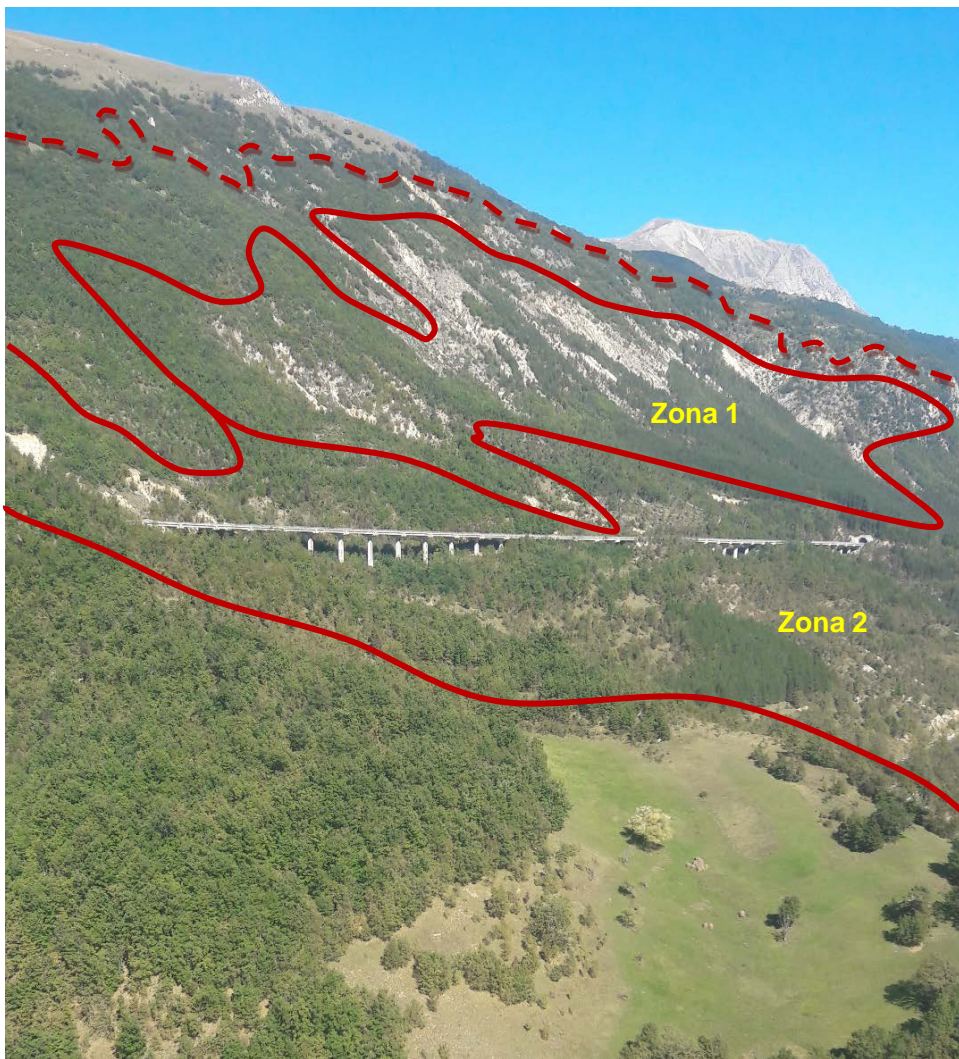


Fig. 1 In tratteggio zona di distacco della paleofrana, Zona 1 Area di attivazione fenomeni di debris flow, Zona 2 antico corpo di frana sulla quale sono stati riscontrati in diverse zone molteplici elementi di riattivazione cosismica

FRANA SUL F. NERA DEL 30.10.2016 (S.P. 209 VALNERINA)

In data 30 ottobre, a seguito dell'evento sismico che ha interessato il centro Italia, nei pressi di Visso si è prodotta una frana di crollo che ha interessato la Strada Provinciale Valnerina S.P. n.209 ed ha ostruito il corso del fiume Nera.

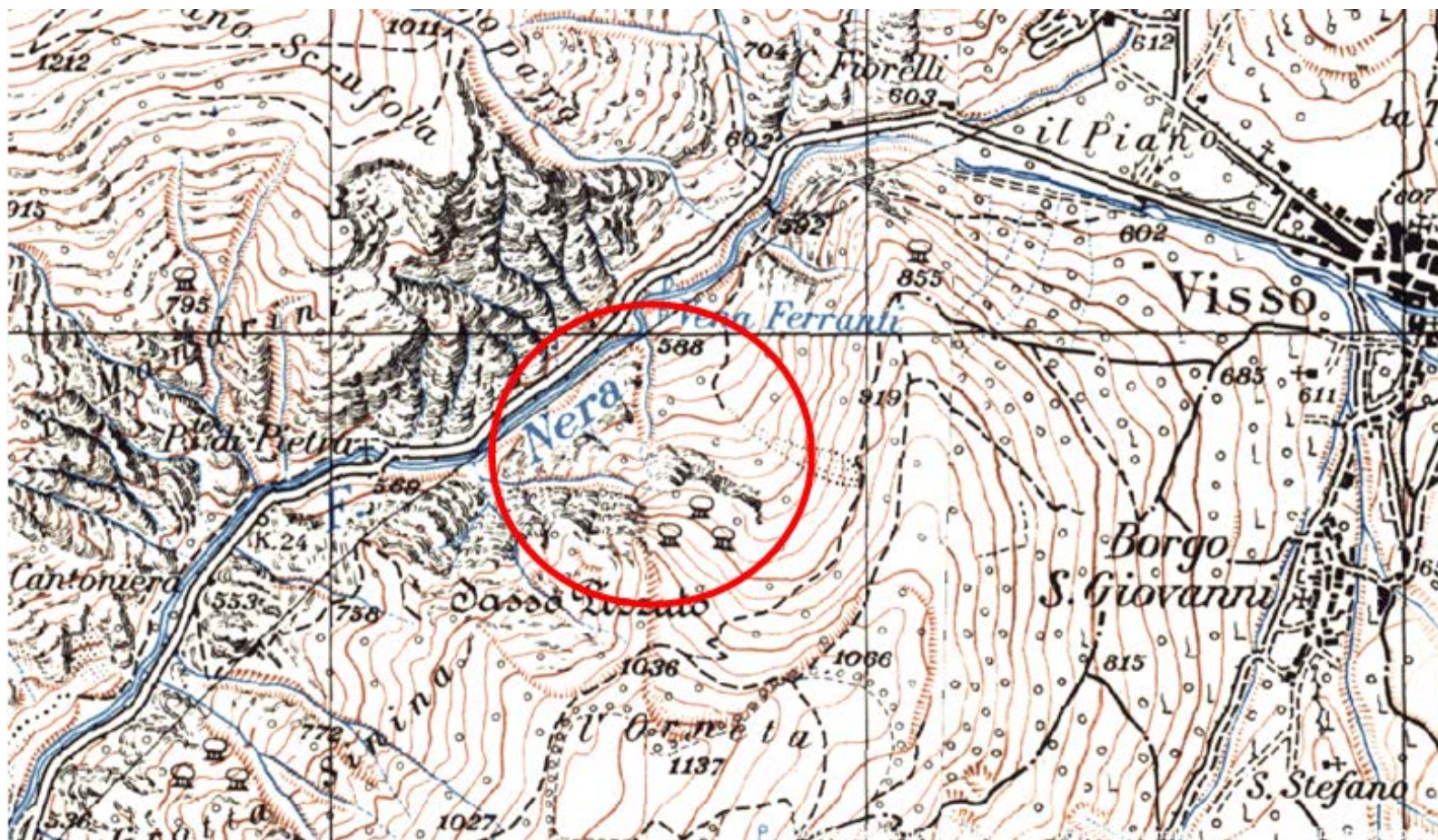
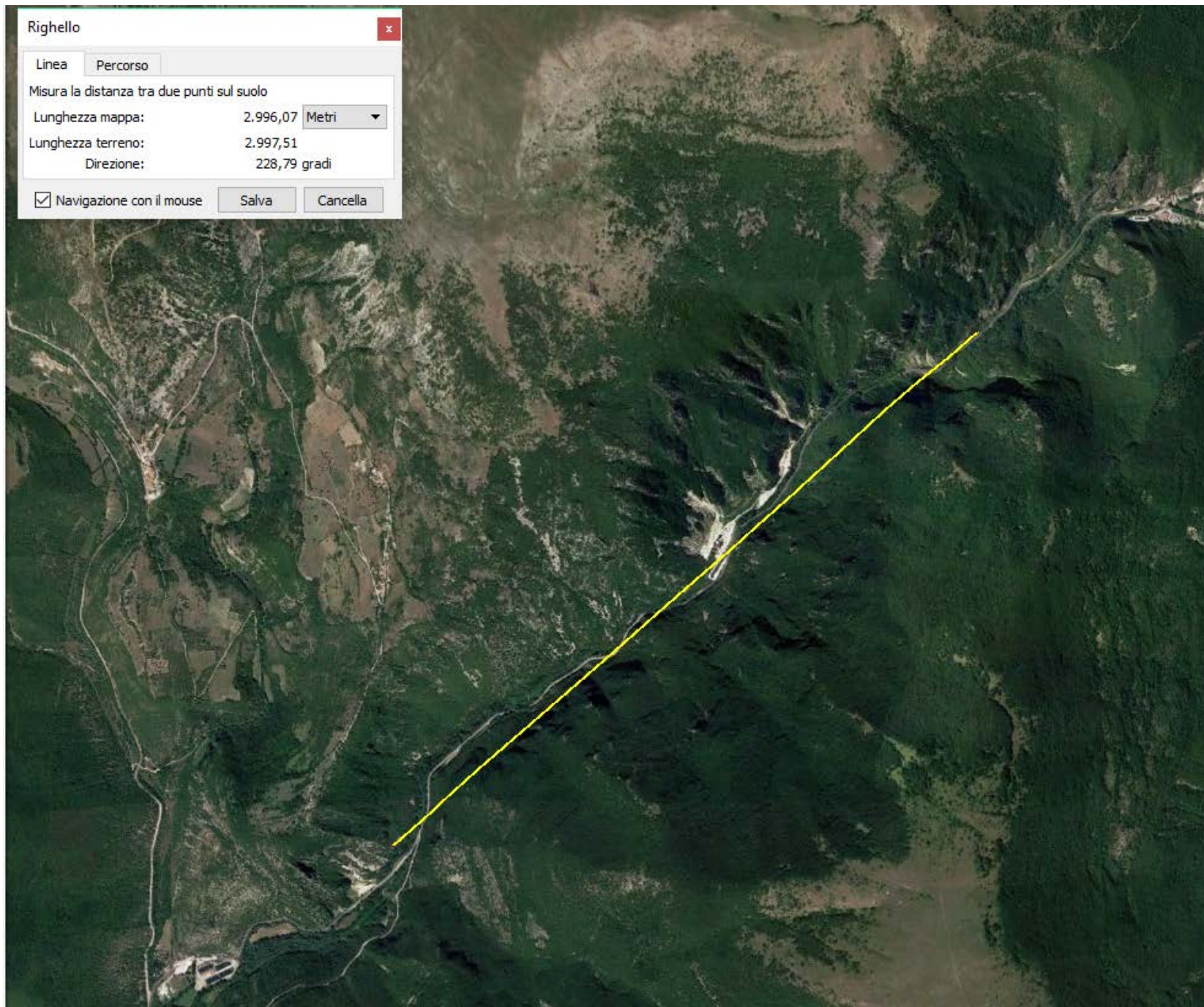


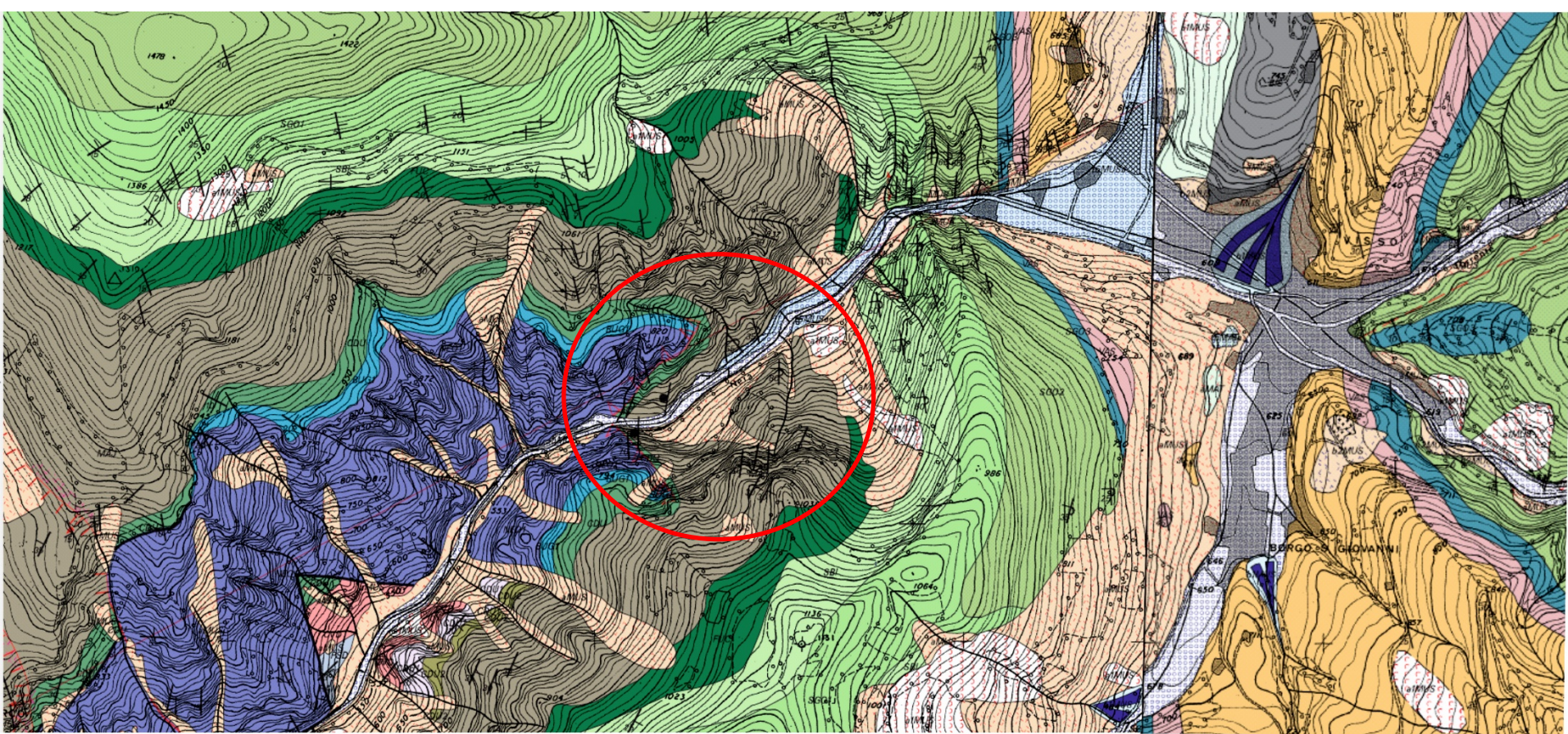
Foto
aerea
(da
Google
Earth)



GEOLOGIA

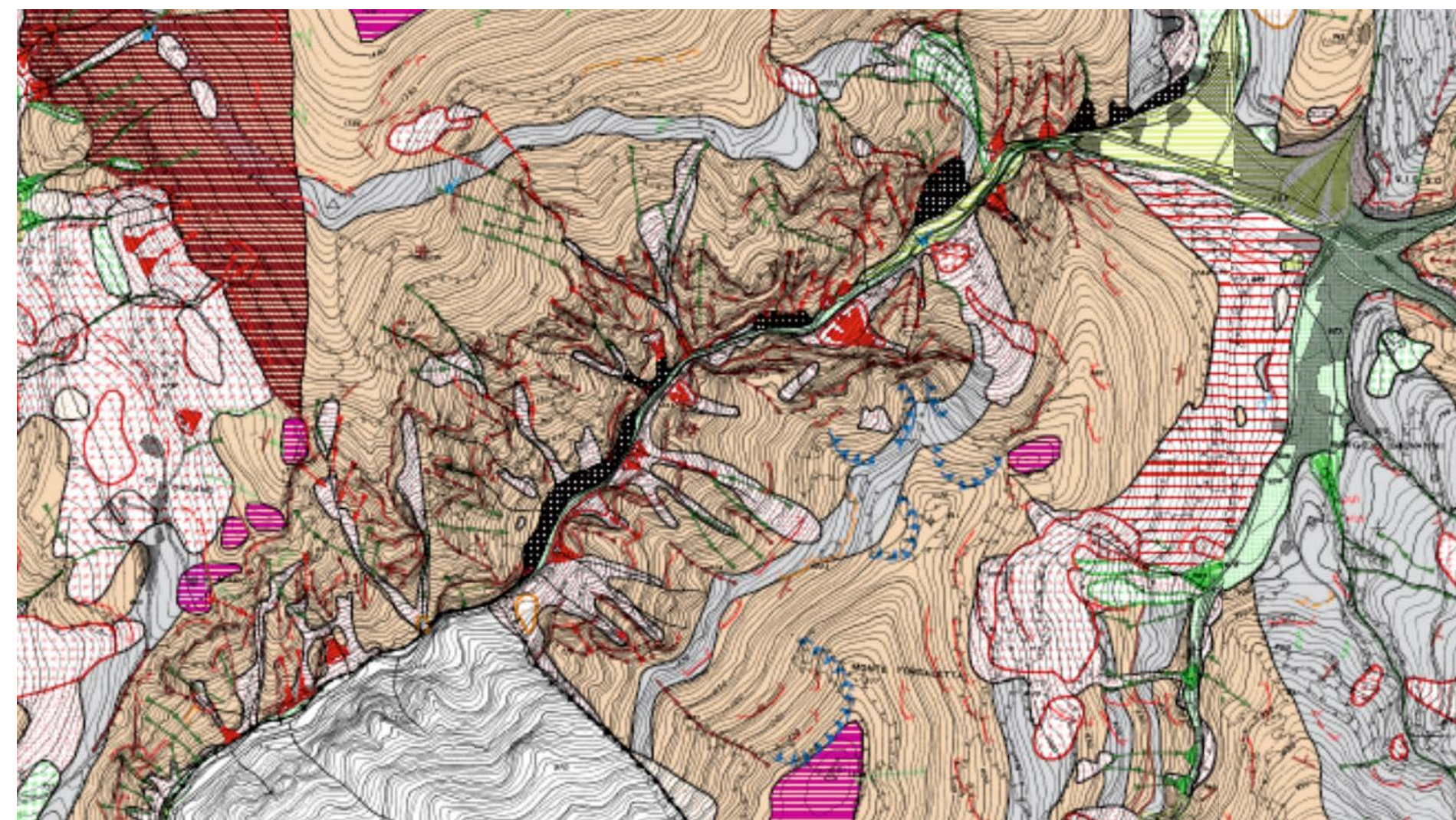
L'area in oggetto ricade all'interno della dorsale appenninica umbro-marchigiana caratterizzata da rocce calcaree giurassico-cretaciche, coinvolte in thrust e sovrascorrimenti e disarticolate dalla successiva tettonica distensiva.

Tali rocce sono state profondamente incise dal reticolo idrografico che hanno prodotto forre e valli strette e profonde con versanti acclivi e aggettanti.

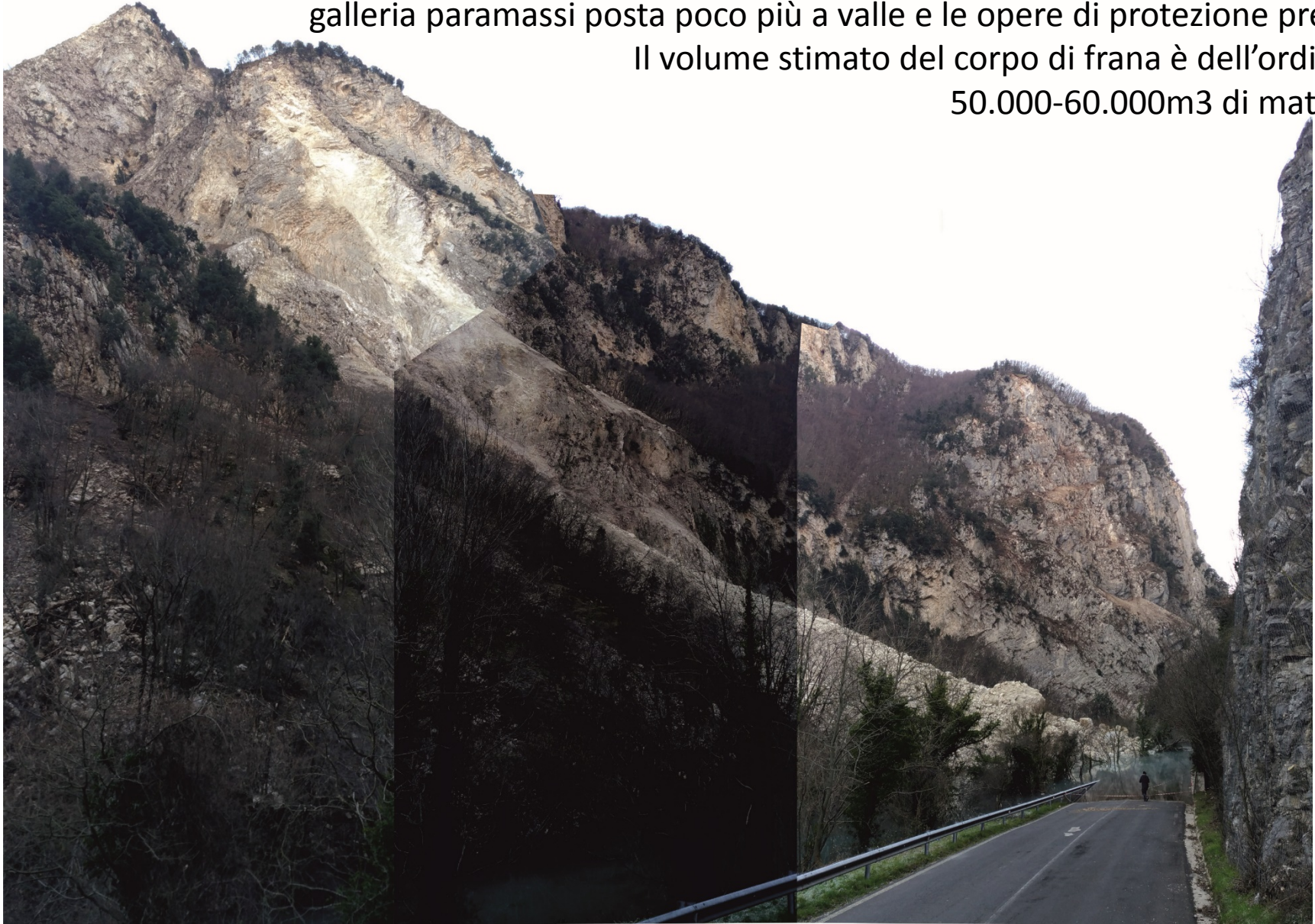


GEOMORFOLOGIA

Per effetto dell'alta energia di rilievo, per la concomitanza di processi di erosione superficiale e per le caratteristiche litologiche e strutturali delle rocce si sono creati estesi fenomeni franosi (principalmente fenomeni di crollo e subordinatamente di scivolamento e scorrimento) e depositi detritici di vario spessore, forma e materiale.



Con l'evento del 30 ottobre si è prodotta una immensa frana di crollo, che ha coinvolto anche il materiale detritico presente lungo il versante, andando ad ostruire il corso del fiume Nera per circa 100m. Altri fenomeni di crollo hanno danneggiato parzialmente anche la galleria paramassi posta poco più a valle e le opere di protezione presenti. Il volume stimato del corpo di frana è dell'ordine dei 50.000-60.000m³ di materiale.



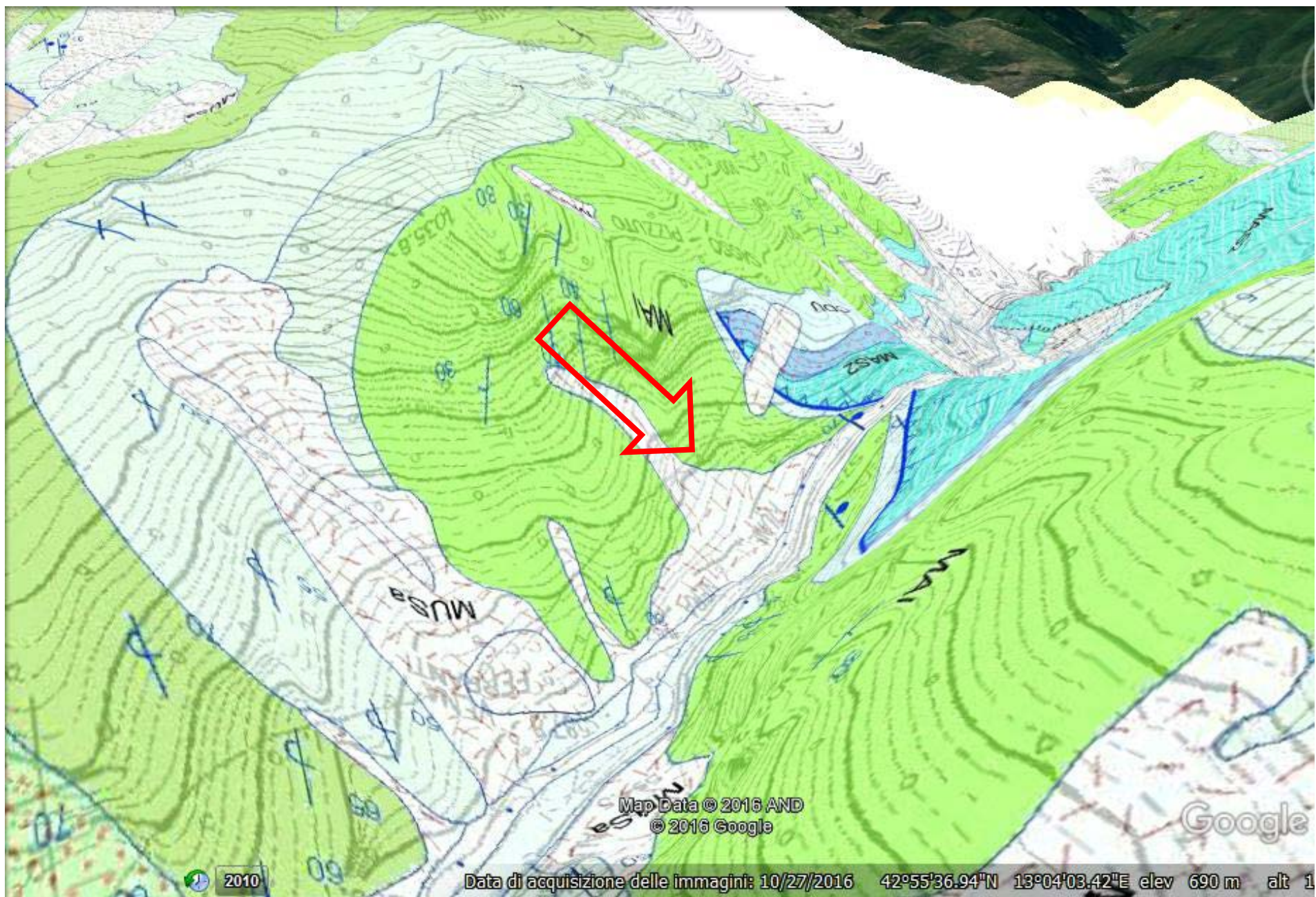
Il fronte di frana supera i
100 m : dal km 65 + 700 al
km 68 + 800.

Altri fenomeni di crollo
hanno parzialmente
danneggiato le barriere
paramassi (prima della
galleria artificiale) tra il km
64 + 800 ed il km 65 + 200
circa.

Lato Norcia







Ospedale di Camerano



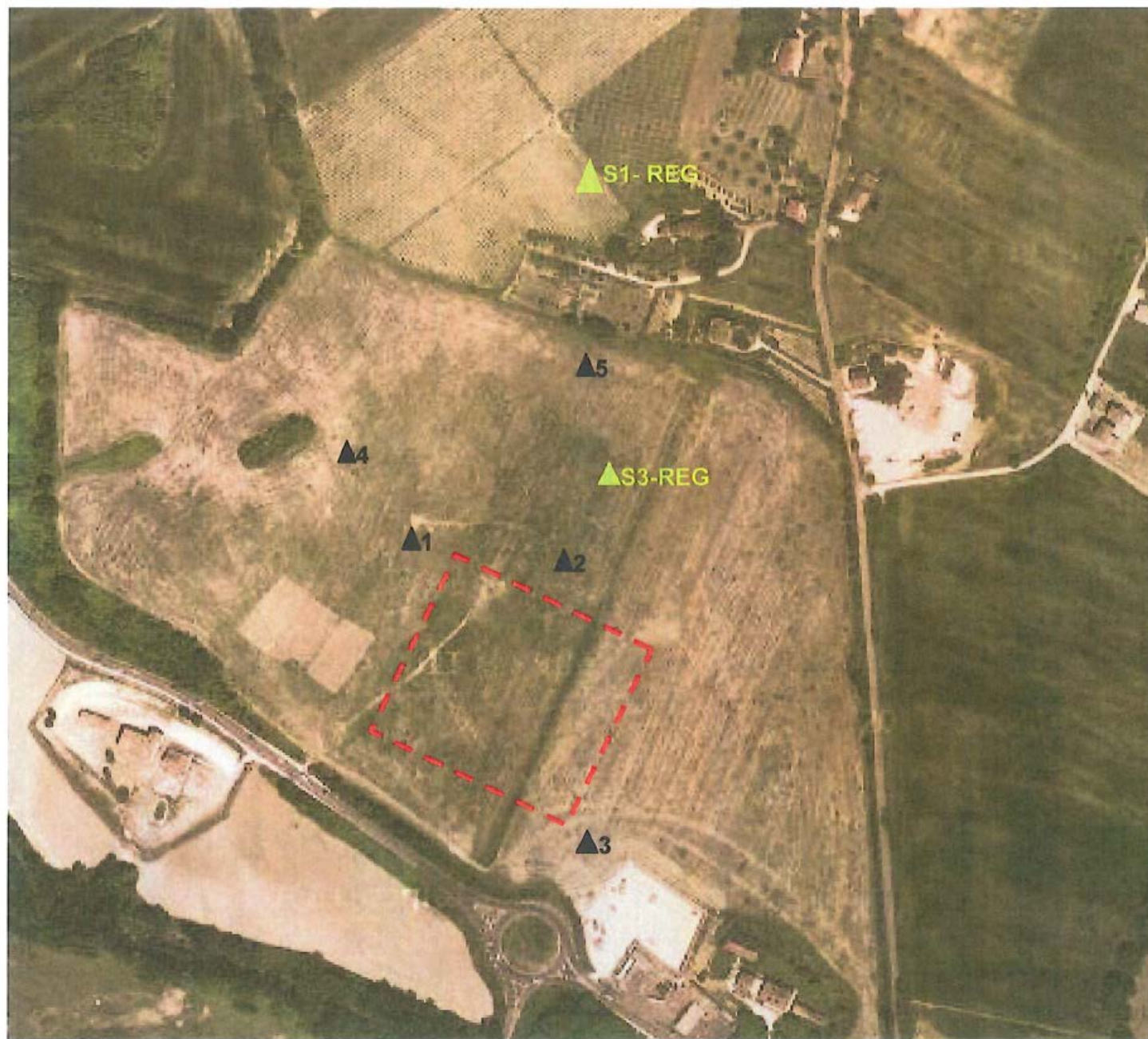







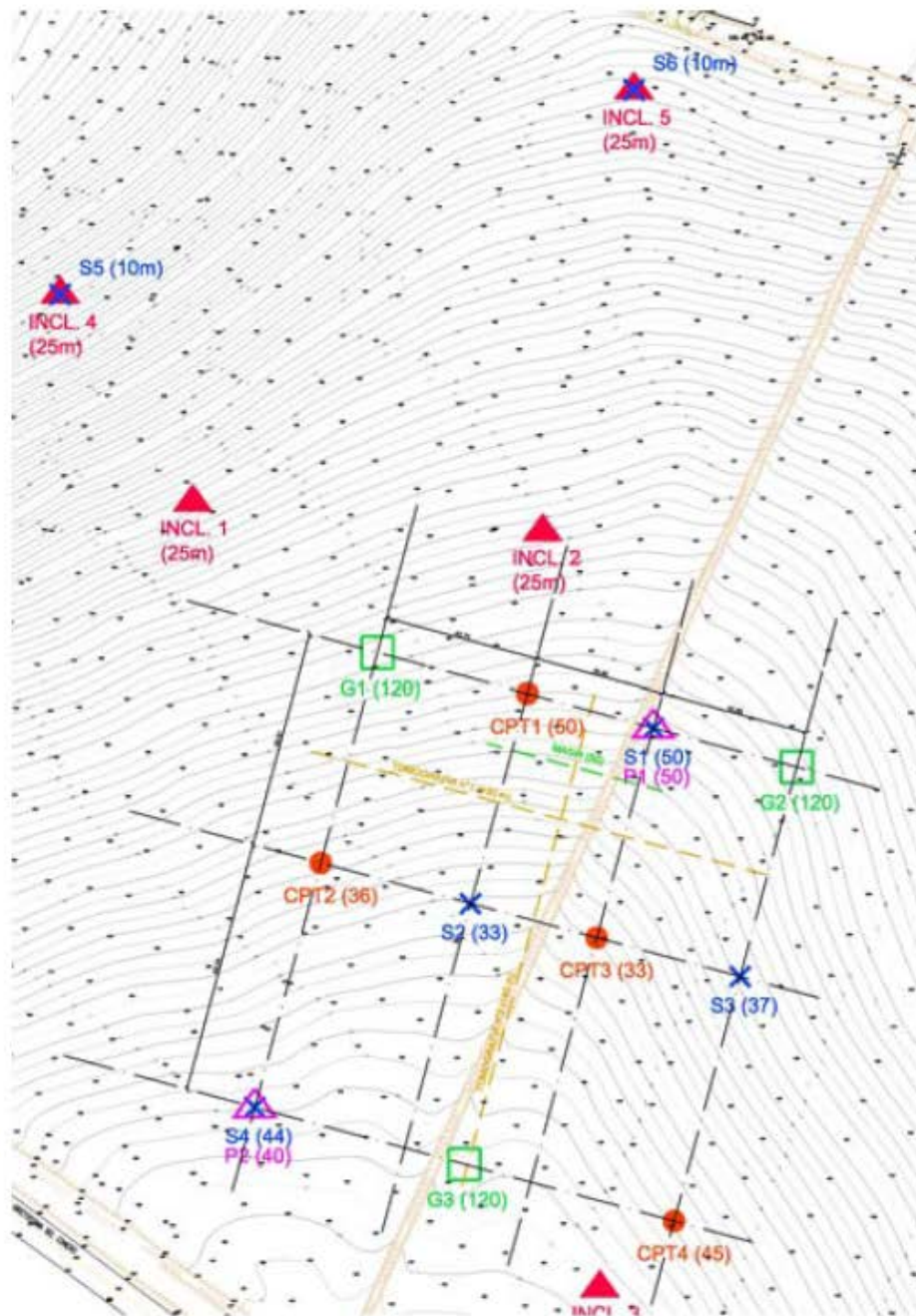


Figura 1. Posizione approssimativa degli inclinometri



LEGENDA SIMBOLI

-  SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO E A DISTRUZIONE DI NUCLEO, CON INDICAZIONE DELLA PROFONDITA'
-  PIEZOMETRO CASAGRANDE
-  SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO E ALLESTIMENTO PER PROVE GEOTERMICHE
-  PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) CON INDICAZIONE DELLA PROFONDITA'
-  INCLINOMETRO IN ALLUMINIO CON INDICAZIONE DELLA PROFONDITA'
-  PROSPEZIONE GEOFISICA MASW
-  PROSPEZIONE SISMICA GEOTOMOGRAFICA, CON INDICAZIONE DELLA LUNGHEZZA.



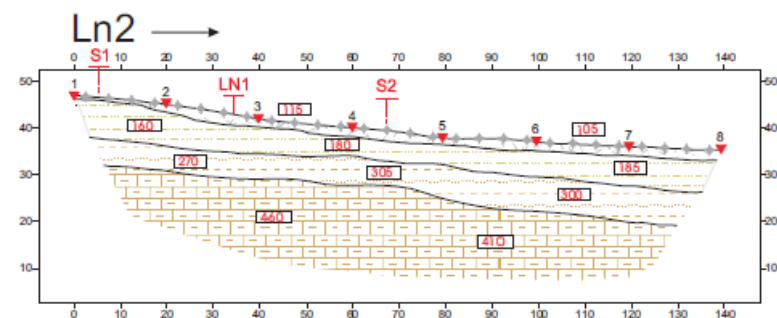
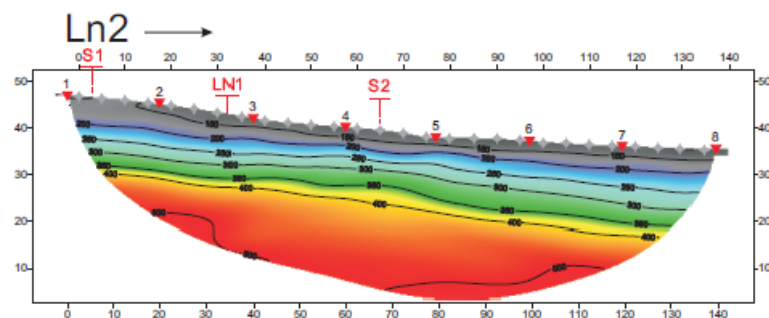
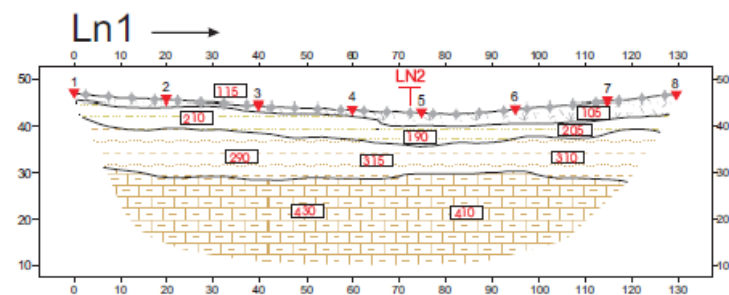
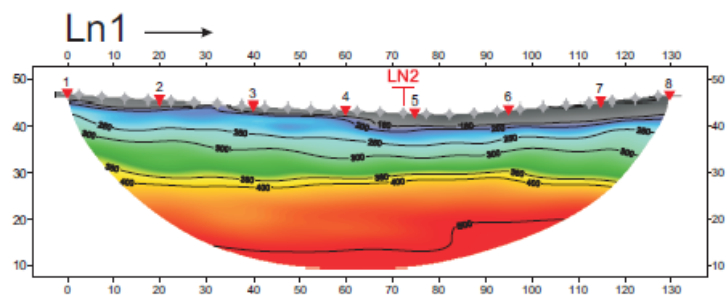


Figura 7 – Risultati indagini tomografiche.

Livello	Prof. (m da p.c.)	Spessore (m)	Descrizione
1	Da 0 a 1-4	0 - 12	depositi prevalentemente limoso argillosi
2	Da 1-4 a -3-5	12 - 29	depositi prevalentemente argilloso limosi
3	Da -2-5 a 11.3-20.8	> 29	argille grigio azzurre

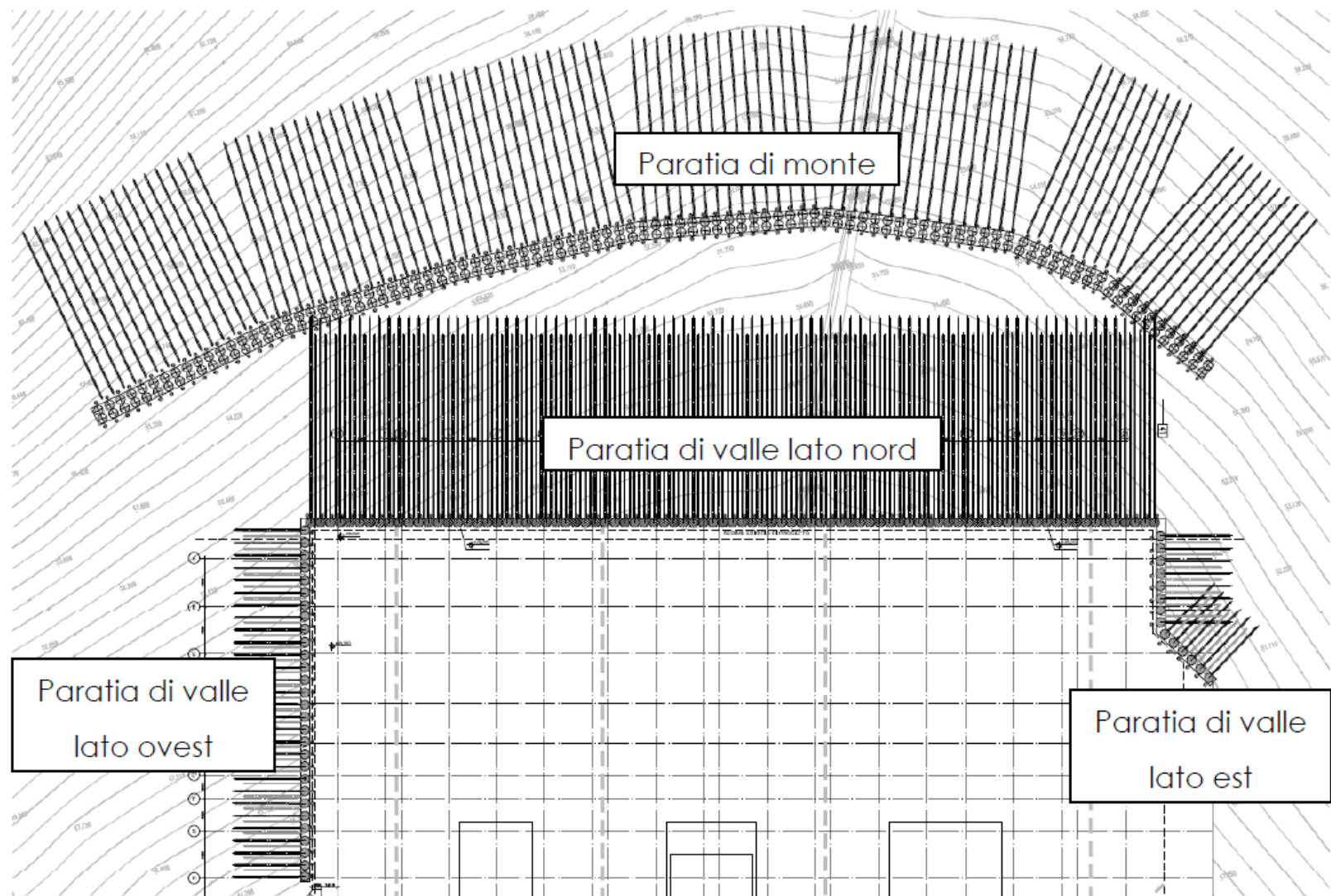


Figura 39 – Planimetria di inquadramento delle opere di sostegno.

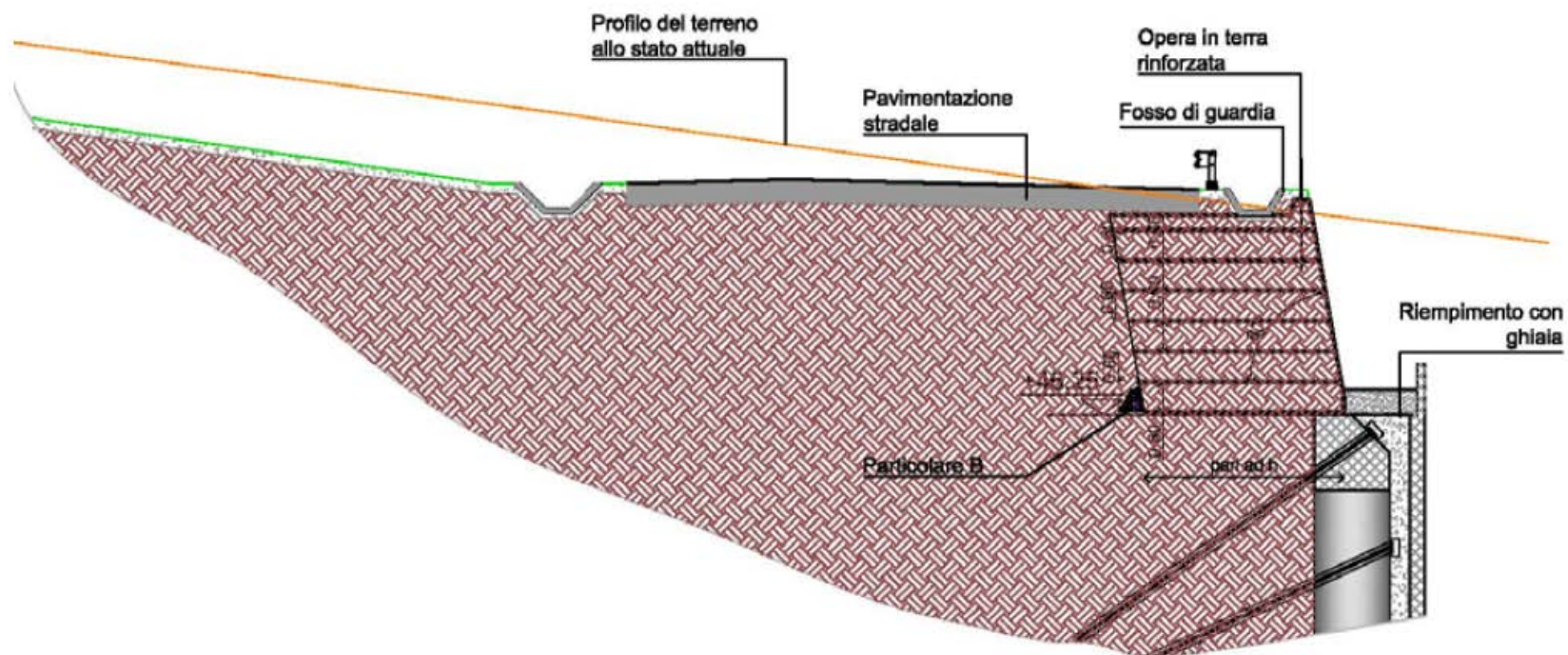
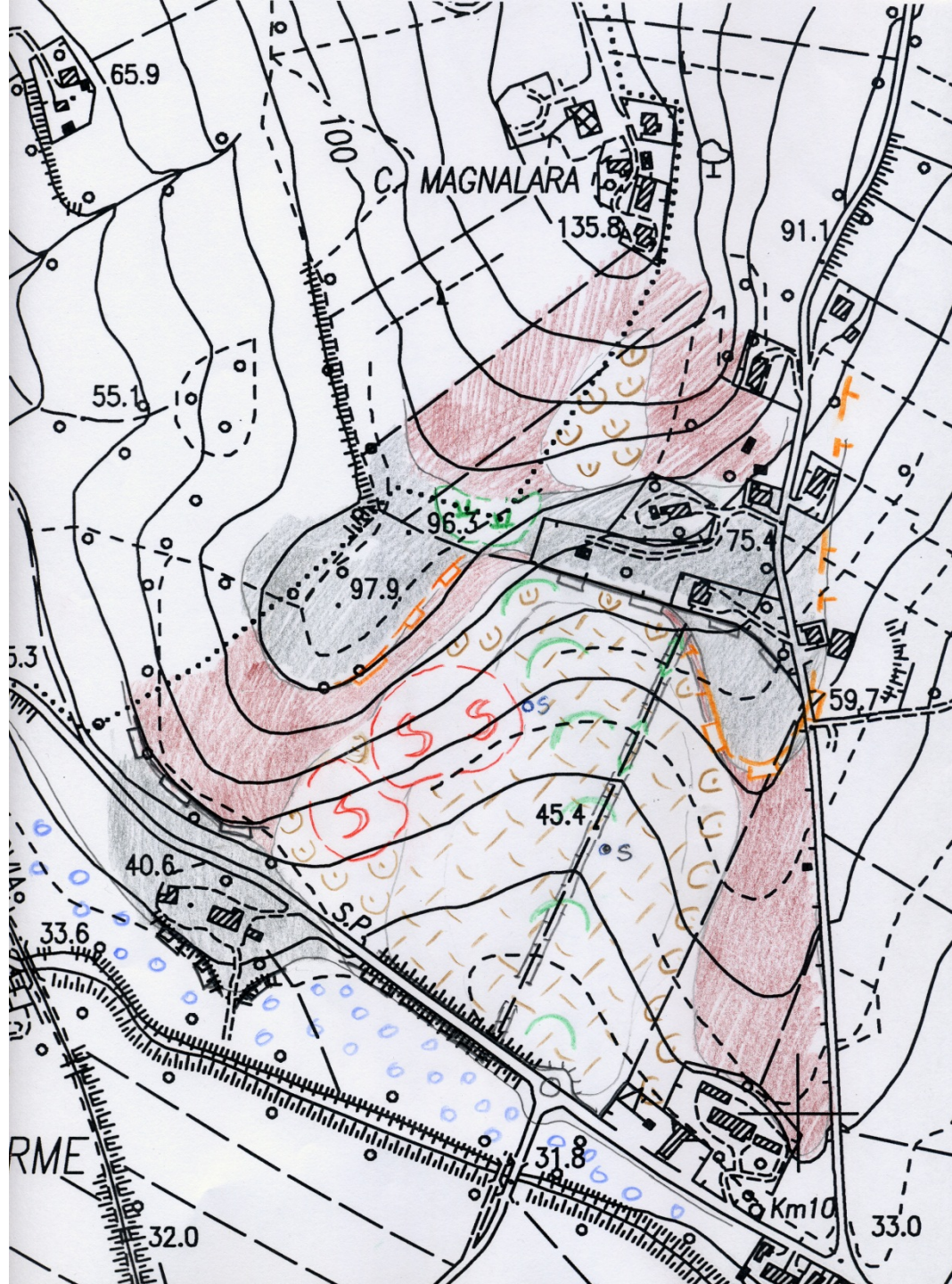


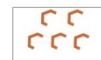
Figura 79 – Sezione di progetto.



Legenda del substrato



Depositi eluvio-colluviali (spessori < 5m)



Depositi eluvio-colluviali (spessori > 5m)



Substrato pelitico



Substrato pelitico-arenaceo e arenaceo-pelitico

Forme, depositi e processi legati agli agenti morfodinamici



Vallecola a conca



Fosso di erosione concentrata



Scarpata di erosione fluviale



Deformazioni plastiche



Scarpata con influenza strutturale



Scarpata antropica



Sono tutti casi semplici ?

Pirenei





Alpi

Morsano – Appennino modenese



Proposta metodologica

La pianificazione e la programmazione territoriale, in caso di mitigazione ai processi gravitativi, deve necessariamente prevedere, soprattutto in fase di classificazione territoriale e di individuazioni delle limitazioni d'uso del territorio, l'attenta analisi delle condizioni morfo-lito-idro-strutturali al contorno.

Molti dei fenomeni sopra descritti sfuggono all'osservazione ed alla giusta interpretazione per tre principali motivazioni:

- 1- per le loro grandi dimensioni che non ne permettono la visione d'insieme sul terreno,
- 2- per le loro caratteristiche profonde e complesse, per le quali i semplici metodi di studio, basati sulla modellazione, non sempre riescono a fornire la giusta risposta,
- 3- perché spesso tali fenomenologie sono di origine molto antica, per cui le forme diagnostiche sono frequentemente cancellate dai normali processi naturali, ai quali si somma talvolta, l'intervento antropico.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- AGNESI V., MACALUSO T. & PIPITONE G. (1987) - Ruolo delle deformazioni gravitative profonde nell'evoluzione geomorfologica dell'area di Scopello (Trapani). Boll. Soc. Geol. It., 106, 231-238.
- ANGELI M.C., BISCI C., BURATTINI F., DRAMIS F., LEOPERDI S., PONTONI F. & PONTONI F. (1996) – Two examples of a large– scale landslides affecting built-up areas in the Marche region (Central Italy). Quaderni di Geologia applicata, 3, 131-140.
- BASHENINA N.V., GELLERT J.F., JOLY F., KLIMASZEWSKI M. & SCHOLZ E. (1966) – The unified key to the detailed geomorphological map. IGU Comm. Appl. Geom., Folia Geographica, Krakow, 2(2), 7-40.
- BISCI C. & DRAMIS F. (1991) - Il concetto di attività in geomorfologia. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14(2), 193-199.
- BRUNSDEN D. & PRIOR D.B. (EDS.) (1984) – Slope instability. J. Wiley and Sons, Chichester, 552pp.
- CANCELLI A., MARABINI F., PELLEGRINI M. & TONNETTI G. (1984) – Incidenza delle frane sull'evoluzione della costa adriatica da Pesaro a Vasto. Mem. Soc. Geol. It., 27, 555-568.
- CARRARA A., D'ELIA B. & SEMENZA E. (1985) – Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi. Geol. Appl. Idrogeol., 20(II), 223-243.
- CATENACCI V. (1992) - Il dissesto geologico e geambientale in Italia dal dopoguerra al 1990. Mem. Descr. della Carta Geologica d'Italia (a cura del Serv. Geol. Naz.), vol. XLVII.
- COLOSIMO P. (1982) – Manuale di geologia tecnica delle frane. Nuove Ricerche, Ancona, 210pp.
- COPPOLA L., DRAMIS F., GENTILI B. & PIERUCCINI U. (1978) – Paleofrane nelle formazioni mesozoiche dell'Appennino umbromarchigiano. Mem. Soc. Geol. It., 19.
- CROSTA G. (1996) – Landslides, spreading deep seated gravitational deformation: analysis, examples, problems and proposals. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 19, 297-313.
- CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1996) – Landslide types and processes. In: TURNER & SCHUSTER, Eds. (1996) - Landslides: investigation and mitigation. Transportation Research Board, 247, 36-75.
- DEMEK J. (1972) - Manual of detailed geomorphological mapping. Academia, Prague, 344pp.
- DEMEK J. & EMBLETON C. (1978) – Guide to medium scale geomorphological mapping. IGU Comm. Geom. Survey and mapping, Stuttgart, 348pp.
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L. & IBSEN M.L., EDS. (1996) – Landslides recognition. J. Wiley & Sons, Chichester, 337pp.
- DRAMIS F. (1984) - Aspetti geomorfologici e fattori genetici delle deformazioni gravitative profonde. Boll. Soc. Geol. It., 103, 681-687.
- DRAMIS F. & BISCI C. (1998) – Cartografia geomorfologica. Pitagora Ed., 215pp.
- DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1995) - Neotectonics and large-scale gravitational phenomena in central Apennines, Italy. In: Slaymaker Ed., Steepland geomorphology, Wiley, 199-217.
- DRAMIS F., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1988) – Deformazioni gravitative profonde e grandi frane in un tratto di valle trasversale dell'Appennino Marchigiano (fiume Chienti). Boll. Mus. St. Nat. Lunig., 6-7, 29-33.
- DRAMIS F., GENTILI B., PAMBIANCHI G. & ARINGOLI D. (2002) – La morfogenesi gravitativa nel versante adriatico marchigiano. Studi Geol. Camerti, nuova serie, 1, 103-125.
- DRAMIS F., SORRISO-VALVO M. (1994) - Deep seated slope deformations, related landslides and tectonics. Engng. Geology, 38, 231-243.
- FARABOLLINI P., FOLCHI VICI D'ARCEVIA C., GENTILI B., LUZI L., PAMBIANCHI G. & VIGLIONE F. (1994) - La morfogenesi gravitativa nelle formazioni litoidi dell'Appennino centrale. Mem. Soc. Geol. It., 123-136.
- FARABOLLINI P., GENTILI B., MATERAZZI M. & PAMBIANCHI G. (2000) - Analisi del rischio geoambientale: il bacino del fiume Potenza nelle Marche centrali. Atti X Congr. Naz. Geologi "Il territorio Fragile".
- FARABOLLINI P. & SPURIO E. (2009) - Applicazione dei GIS nello studio dei fenomeni di debris flows dell'appennino umbro-marchigiano (regione Marche, Italia). Rendiconti SGI online, 8.
- GARDINER V. & DACKOMBE R. (1983) – Geomorphological Field Manual. Allen & Unwin, London, 254pp.
- GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1994) - Gravitational morphogenesis of the Apennine chain in Central Italy. Proc. VII Int. Congr. IAEG, Lisbona, 1177-1186.
- HUTCHINSON J.N. (1988) - General Report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, Lausanne, A.A. Balkema, 1, 3-35.
- JAHN A. (1964) - Slopes morphological features resulting from gravitation. Zeitschr. Geomorphol. Suppl., 5, 59-72.
- MAHR T. (1977) – Deep-reaching gravitational deformations of high mountain slopes. IAEG Bull., 16.
- MAHR & NEMCOK (1977) - Deep-seated creep deformations in the crystalline cores of the Tatry Mts. IAEG Bull., 16, 104-106.
- NEMCOK A. (1972) - Gravitational slope deformation in high mountains. Proc. 24th Int. Geol. Cong., Montreal, Sect. 13, 132-141.
- NEMCOK A. & BALIAK F. (1972) – Gravitational deformations in mesozoic rocks of the Carpathian mountain ranges. Bull. IAEG, 16, 109-111.
- NEMCOK A., PCSEK J. & RYBAR J. (1972) – Classification of landslides and other mass movements. Rock Mechanics, 4(2), 71-78.
- PAMBIANCHI G., FARABOLLINI P. & MENTONI M. (2000) – Analisi del rischio da frana. In: Nanni T. (a cura di) Il Rischio idrogeologico nella Provincia di Macerata. Provincia di Macerata, 101pp.
- PANIZZA M. (1972) – Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio. Boll. Soc. Geol. It., 91, 207-237.
- PASUTO A. & SOLDATI M. (1990) – Rassegna bibliografica sulle deformazioni gravitative profonde di versante. Il Quaternario, 3(2), 131-140.
- RADBRUCH-HALL D. (1978) - Gravitational creep of rock masses on slopes. Chap. 17, In: Voight B. (ed.) "Rockslides and Avalanches Natural Phenomena". Develop. in Geotech. Engng., 14, Elsevier, 608-657.
- RADBRUCH-HALL D.H., VARNES D.J. & SAVAGE W.Z. (1976) – Gravitational spreading of steep-sided ridges (Sackung) in Western United States. IAEG Bull., 14.
- SAVAGE W.Z. & VARNES D.J. (1987) - Mechanics of gravitational spreading of steep-sided ridges (sackung). IAEG Bull., 35; 31-36.
- SGN - SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1994) - Carta geomorfologica d'Italia - 1:50.000: guida al rilevamento. Quaderni ser. III, vol. 4, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 42 pp.
- SCHUSTER R.L. (1996) - Socioeconomic significance of landslides. In: TURNER & SCHUSTER, Eds. (1996) - Landslides: investigation and mitigation. Transportation Research Board, 247, 13-33.
- SOLOMONENKO V.P. (1977) - Landslides and collapses in seismic zones and their prediction. IAEG Bull., 15, 4-8.
- SORRISO-VALVO M. (1979) – Trench features on steep-sided ridges of Aspromonte, Calabria (Italy). Proc. Polish-Italian Seminar on Mass Movements, Szymbark, 1979, Warszawa.
- TER-STEPANIAN G. (1977) - Deep-reaching gravitational deformation of mountain slopes. Gen. Rep. Sec. 2, IAEG Symp. of Prague, 1977, IAEG Bull., 16, 87-94.
- TERZAGHI K. (1962) - Stability of steep slopes on hard unweathered rock. Géotechnique, 12, 251-270.
- TRICART J. (1965) – Principes et méthodes de la geomorphologie. Masson, Paris, 496pp.
- TURNER & SCHUSTER, Eds. (1996) - Landslides: investigation and mitigation. Transportation Research Board, 247, 675pp.
- VALLARIO A. (1992) – Frane e territorio. Liguori ed., 548pp.
- VARNES D.J. (1978) - Slope Movement Types and Processes. In: Landslides: Analysis and control. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Chapter 2.
- ZISCHINSKY U. (1966) - Movement of unstable valley sides. Gesellschaft der Geologic und Bergbaustudenten, Mitteilungen, v. 17, June, 127-168 (in German).
- ZISCHINSKY U. (1969) - Über Sackungen. Rock Mech., 1(1), 30-52.
- ZISCHINSKY U. (1991) – Bergzerreissung e Talzus Schub. Il Quaternario, 4(1b), 215-222.