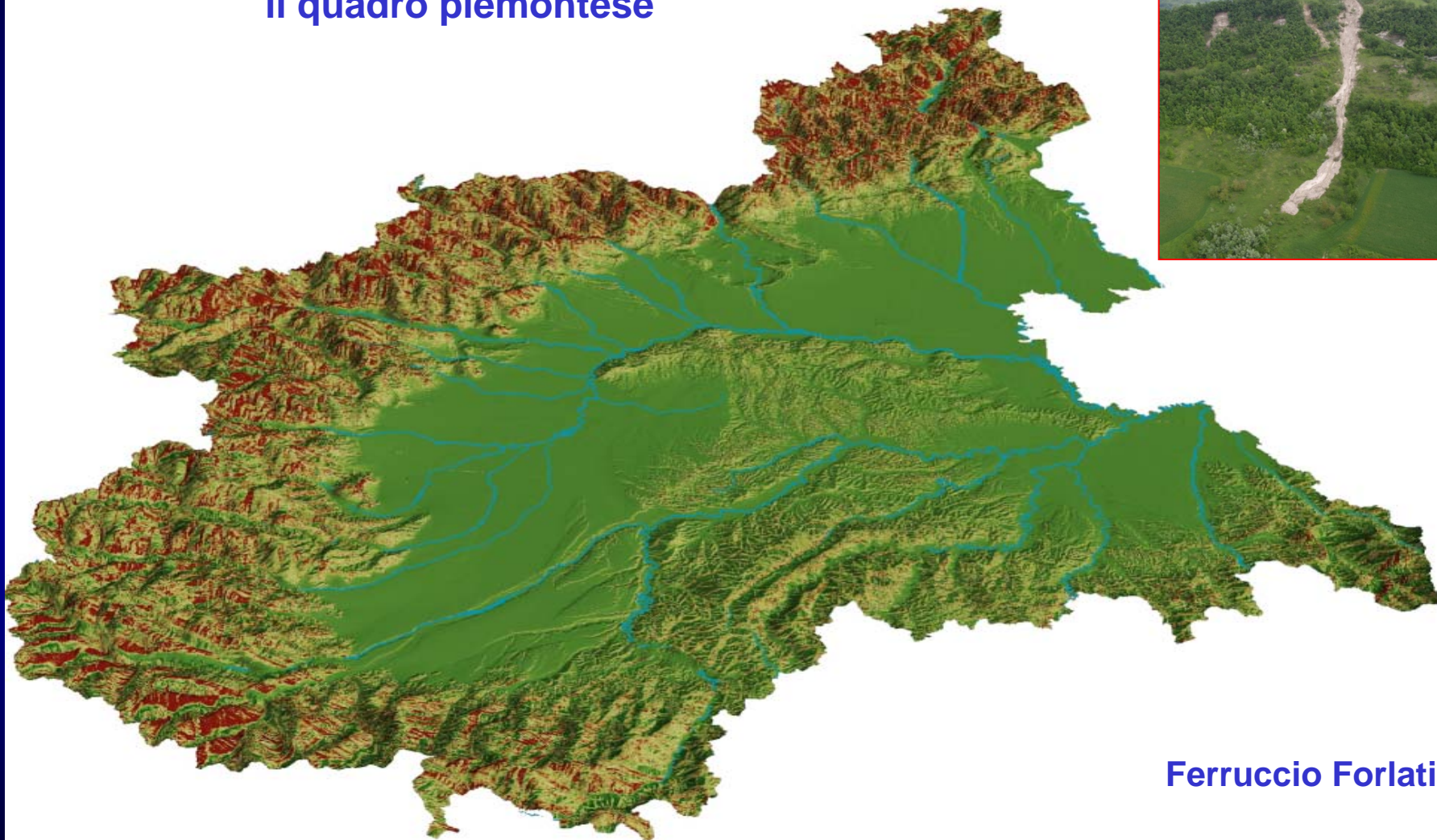


## Frane superficiali indotte dalle precipitazioni: il quadro piemontese



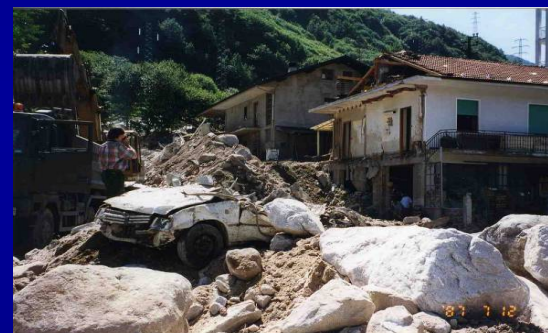
Ferruccio Forlati

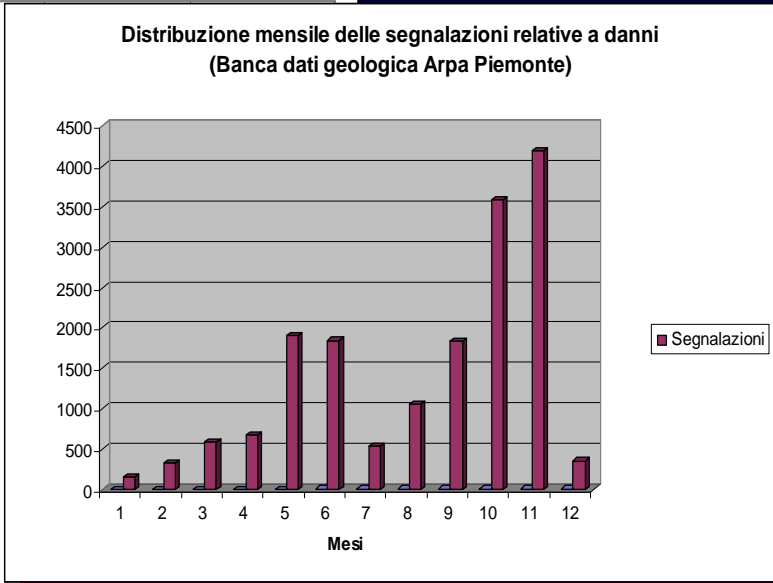
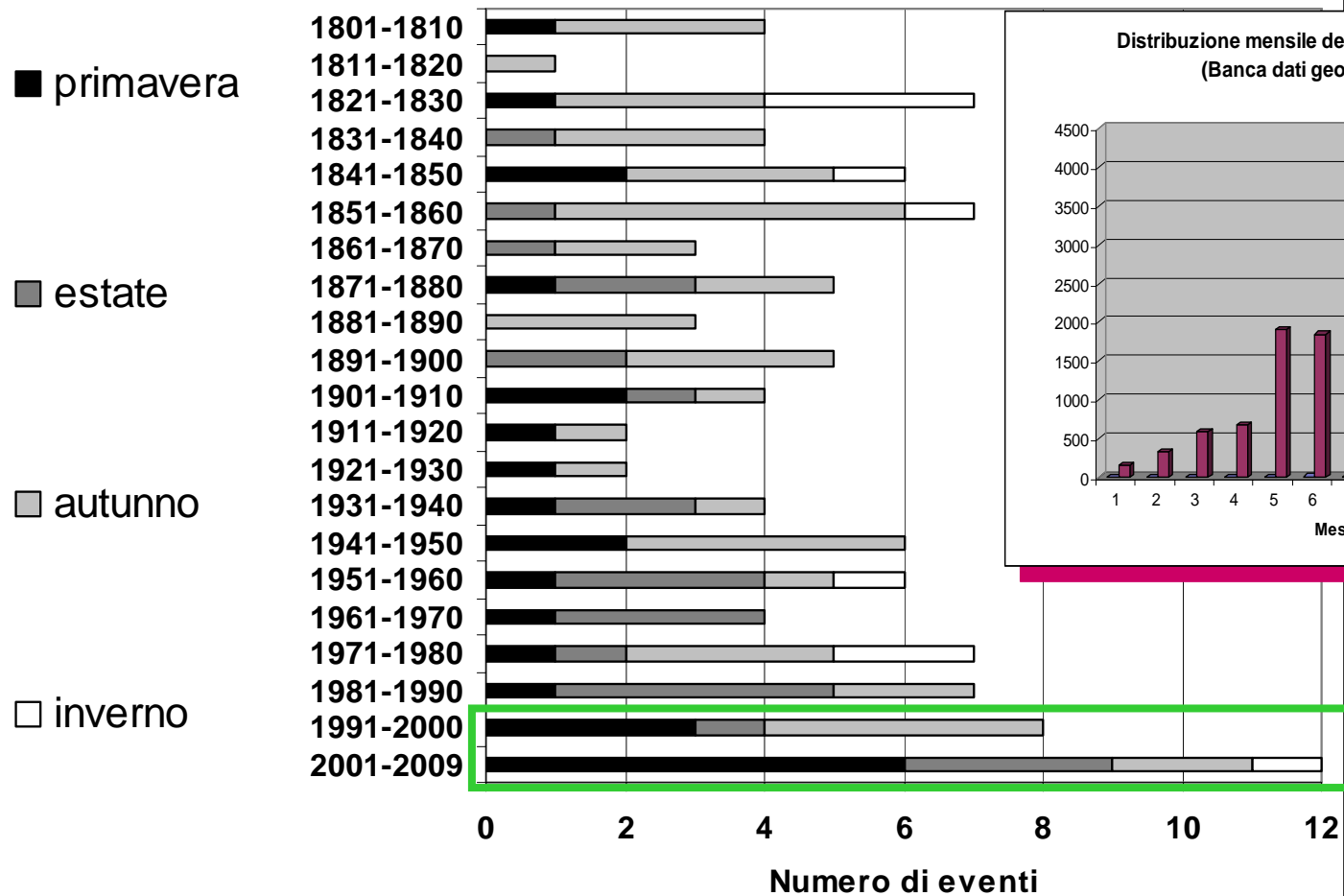
I processi morfodinamici presenti sul territorio regionale possono essere riuniti in tre gruppi principali

processi sui versanti (frane di vario tipo);

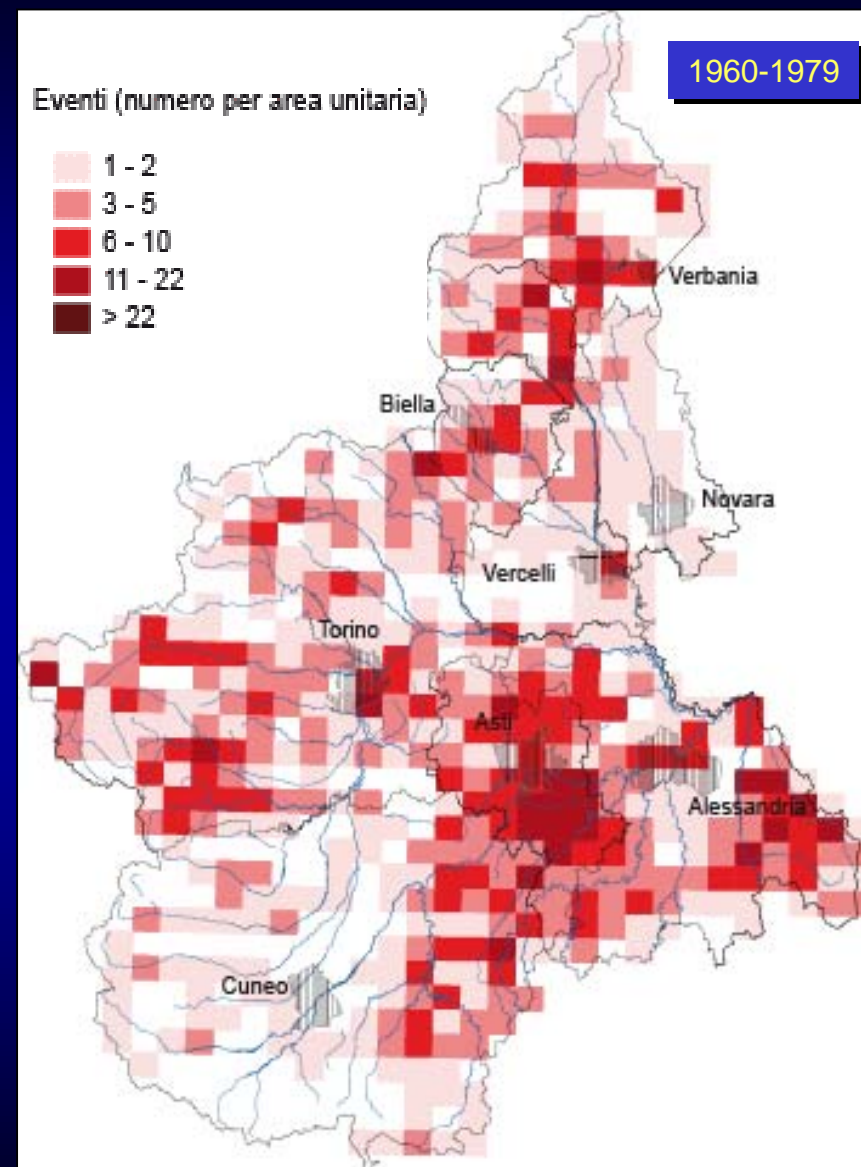
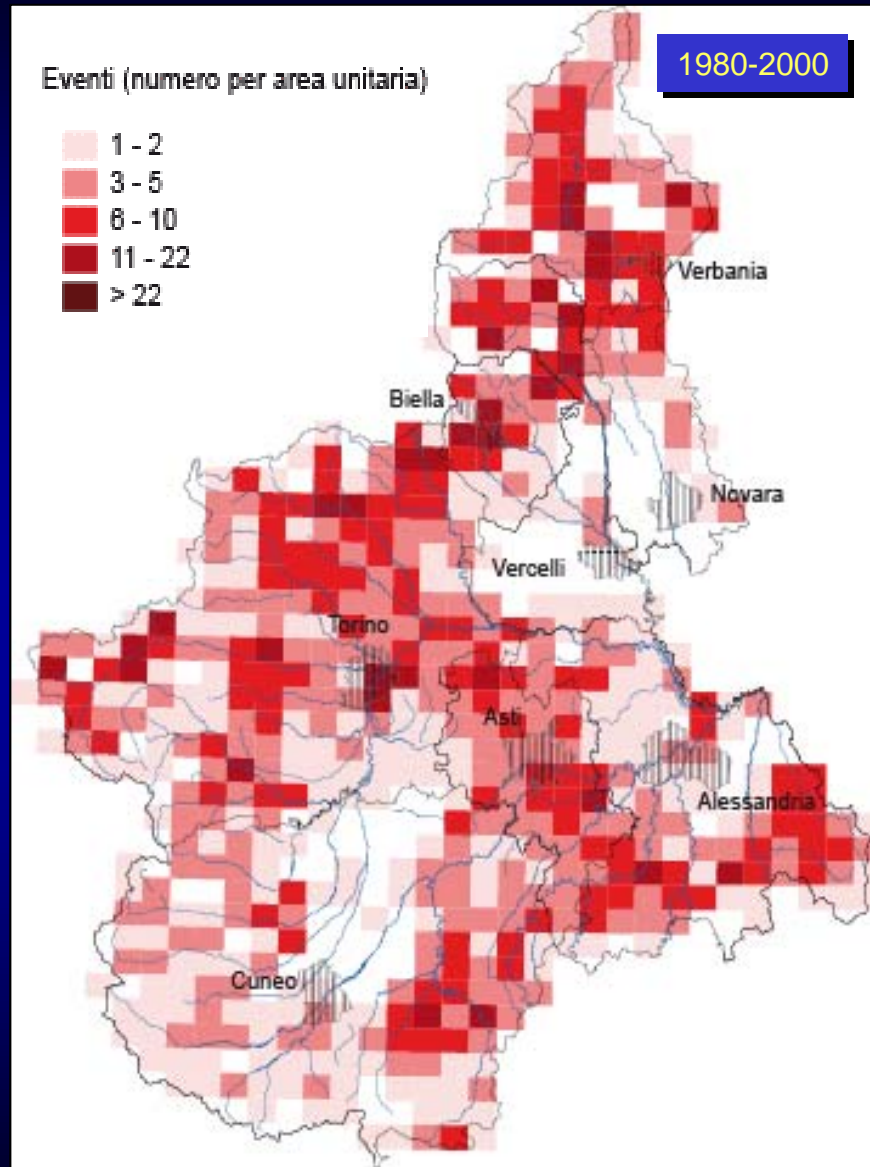
processi lungo i corsi d'acqua d'ordine inferiore (erosioni, forte trasporto solido);

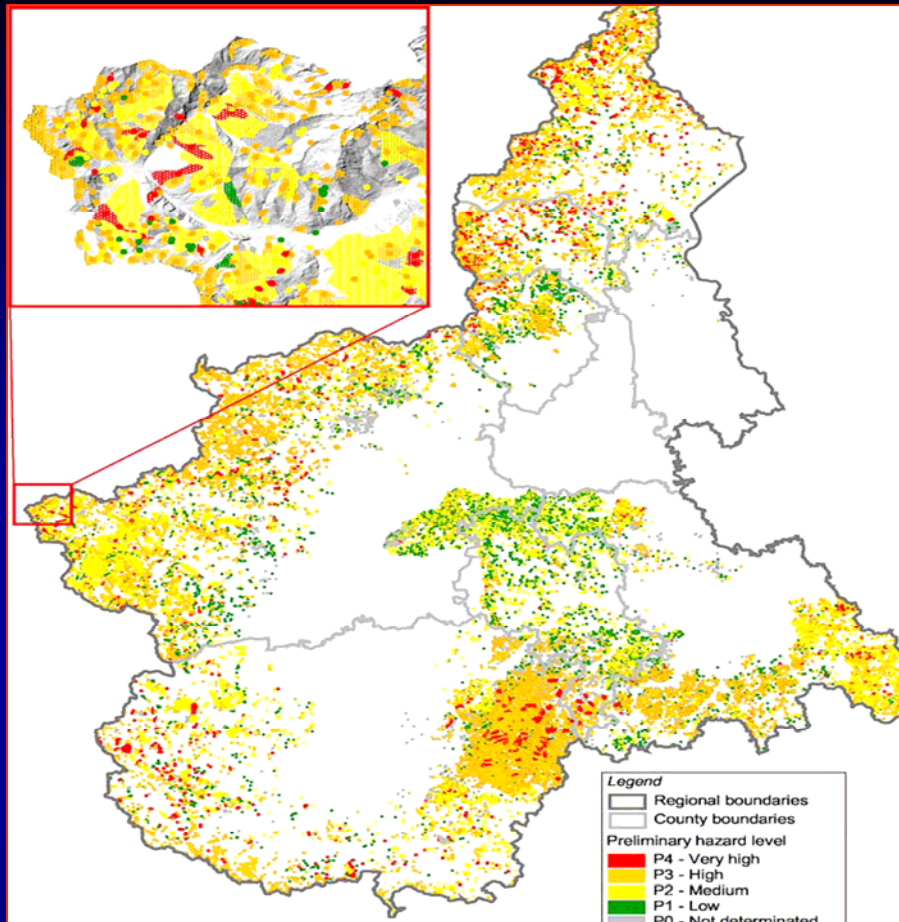
processi lungo i corsi d'acqua nei fondovalle principali ed in pianura (erosioni di fondo e di sponda, tracimazioni, allagamenti).





- Dal 1801 circa 100 eventi: uno ogni 2-2.5 anni circa
- Eventi autunnali circa il 45 %
- Aumento (almeno in parte) apparente degli eventi dagli anni '90





**Legend**  
 Regional boundaries  
 County boundaries  
 Preliminary hazard level  
 P4 - Very high  
 P3 - High  
 P2 - Medium  
 P1 - Low  
 P0 - Not determined

		Areal extension				Intensity					
		A1	A2	A3	A4	M1	M2	M3	M4		
Velocity	Very slow	M1	M1	M2	M3	Frequency	Low	P1	P1	P2	P3
	Slow	M1	M2	M3	M4		Medium	P1	P2	P3	P4
	Rapid	M2	M3	M4	M4		High	P2	P3	P4	P4



**Rock falls and topples**

are very common in the alpine environment, particularly in massive rock units. Movement is very rapid to extremely rapid; it can involve roads, houses, and human activities. Often these landslides border the middle-lower part of deep seated gravitational deformations



**Deep seated gravitational deformations**

involve all of the principal geo-structural units of western alps, with a higher frequency in metamorphic schistose rock units. The upper part of the slopes exhibit a clear dislocation, characterized by ridge-top trenches with elongated depressions. The middle-lower parts of the slopes show a bulge morphology due to rock-mass dilatancy. Sometimes these phenomena could evolve into other types of landslides

**Complex landslides**

are equally distributed in the Alpine and Appennine environment. They are characterized by a low probability of evolving as catastrophic events, but can have very large direct and indirect impact on human infrastructures and environments.



**Rotational/traslational slides**

occur predominantly on surface of rupture or relatively thin zones of intense shear strain. These are the most common landslides in Piemonte. Translational slides are generally diffused in Prealpine and Appennine/Torino Hill, whereas translational slides are typical of the Langhe environment.



**Shallow rapid flows**

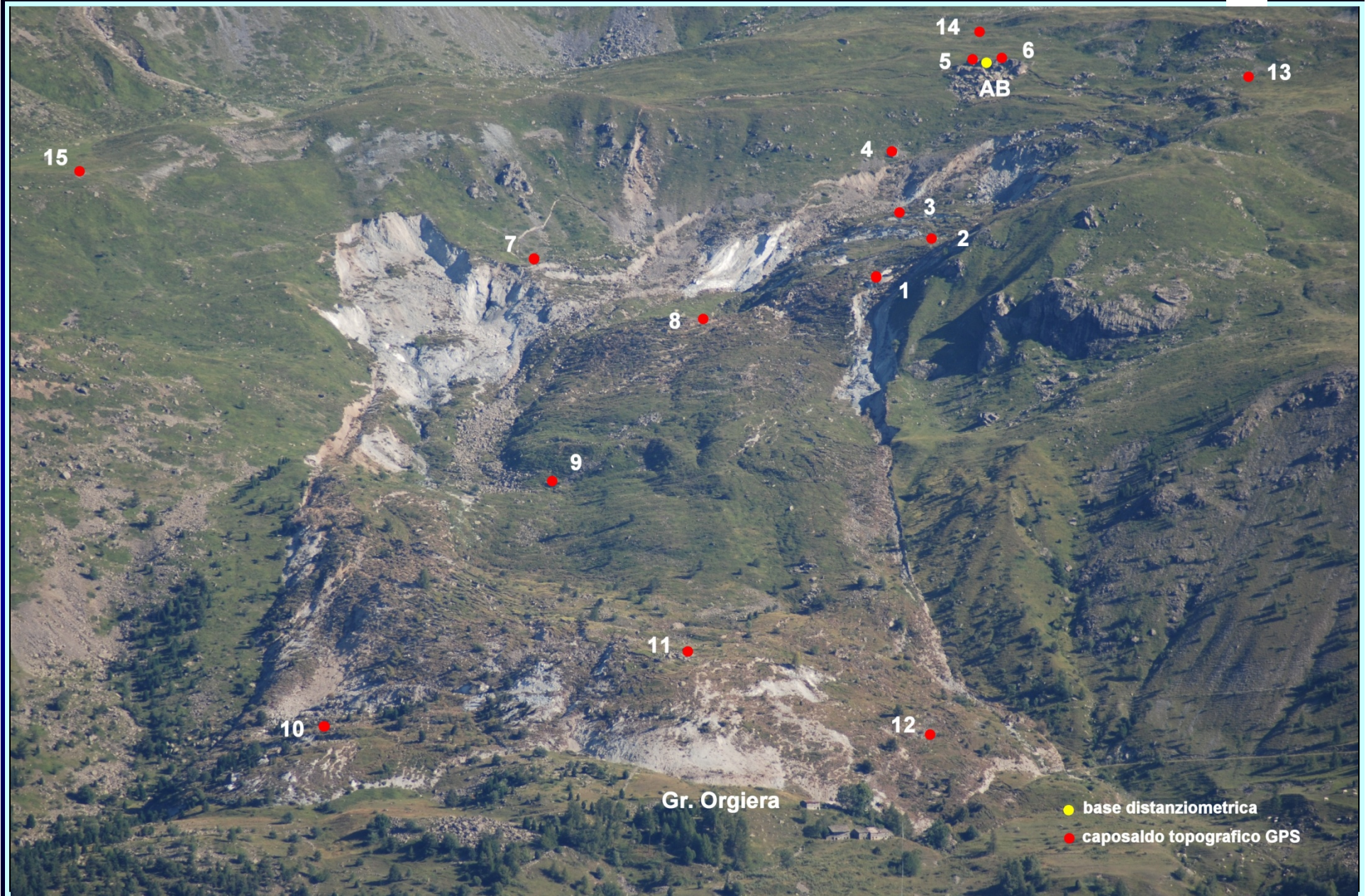
involve thin colluvium and are triggered by severe meteorological events. They are very common in the Prealpine and hilly environment. Despite the modest volumes involved, these landslides are very dangerous due to their velocities.



**Slow flows**

involve clayey materials with high plasticity. The distribution of velocities in the displacement mass resembles that of a viscous liquid. The movement is slow or extremely slow and can alternate between periods of acceleration and stoppage. Flows can remain active over very long periods, thus causing considerable damage to property and roads.

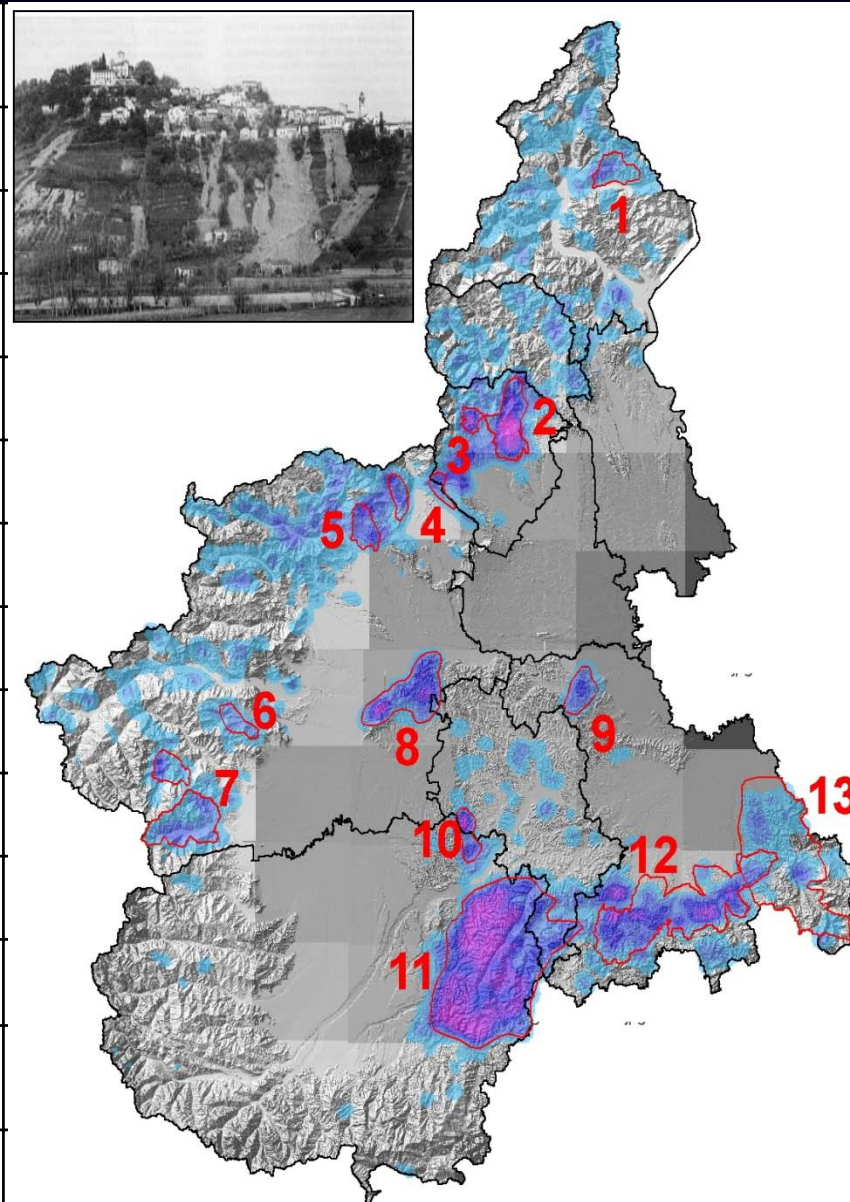




L'esame della letteratura e della documentazione inedita sugli eventi alluvionali avvenuti anteriormente agli anni '60 nell'Italia Settentrionale consente di delineare un **quadro cronologico e spaziale sufficientemente circostanziato** delle piene nella rete idrografica principale e secondaria e delle frane più rilevanti.

Del tutto **carente** risulta, invece, la casistica riferita ad una tipologia di frane **molto modeste per sviluppo areale e per entità dei volumi coinvolti**, ma che possono rivelarsi estremamente temibili. Si tratta di quei fenomeni che avvengono a spese delle coltri superficiali in occasione di eventi pluviometrici severi.

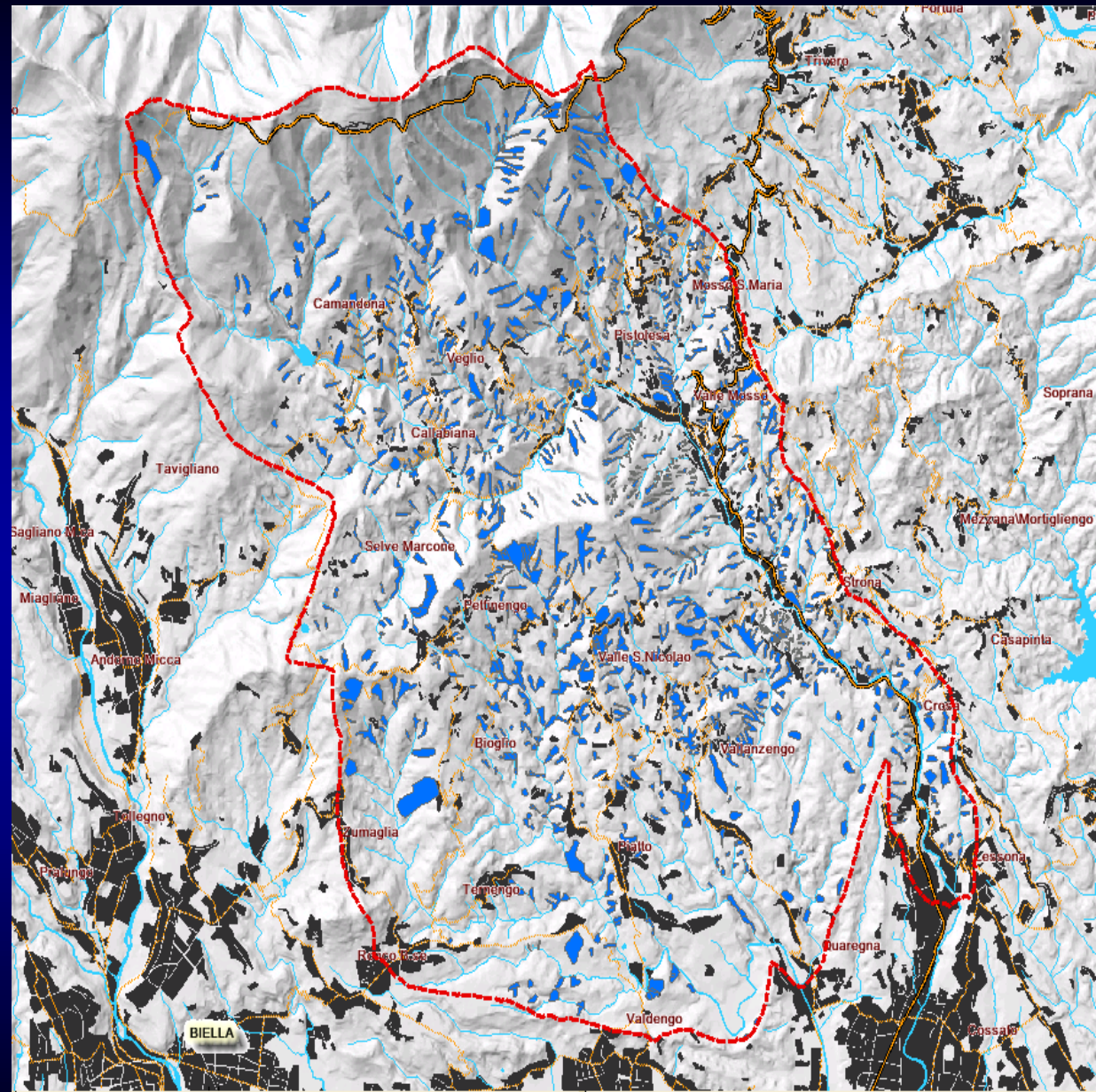
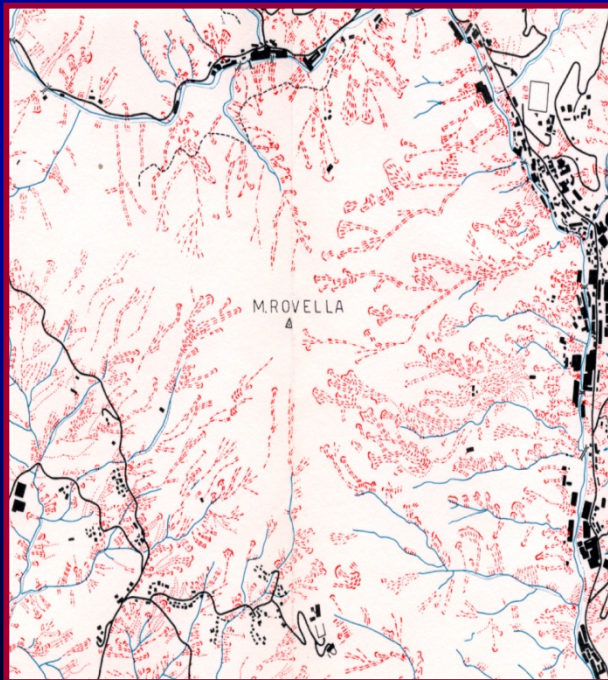
Area	Evento Alluvionale	Data Evento	Densità dissesti rilevati
1	Valle Vigezzo	07/08/1978	Media
2	Valle Strona di Mosso	02/11/1968	Alta
3	Valle Cervo	04-06/06/2002	Media
4	Anfiteatro Morenico Ivrea	02-06/11/1994	Media
5	Valle Sacra	1994-2000	Media
6	Valle Sangone	13-16/10/2000	Media
7	Valle Pellice - Germanasca	19-20/05/1977	Media
8	Collina di Torino	--	Alta
9	Collina di Casale Monferrato	--	Media
10	Colline di Canale	2-6/11/1994 ?	Media
11	Langhe	2-6/11/1994	Alta
12	Colline Bormida, Orba, Lemme	6-8/10/1977	Alta
13	Colline Scrivia, Borbera, Curone	5-7/11/2000	Bassa





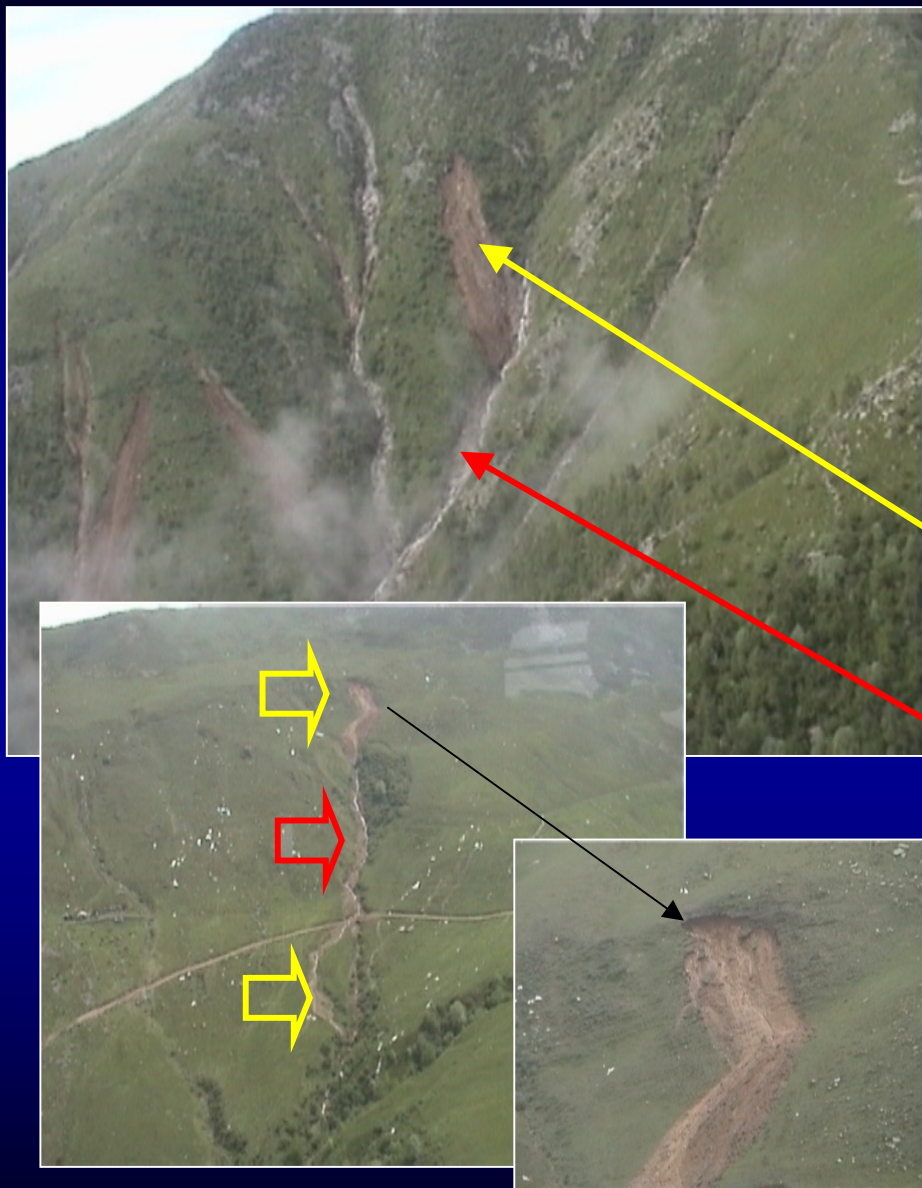
Effetti dell'evento alluvionale del **2 Novembre 1968** in Biellese:

Concentrazione di frane alle pendici del **Monte Rovella** nel bacino del **T. Strona di Cossato** (particolare della carta realizzata da M.Govi, in Carraro *et al.*, 1970).



Questa tipologia di processi, noti in letteratura come **shallow landslide**, si sviluppa con maggior frequenza in ambiente prealpino ed in zone collinari, coinvolgendo per lo più limitate porzioni di terreni non coerenti della copertura superficiale che le acque di infiltrazione hanno portato alla saturazione.



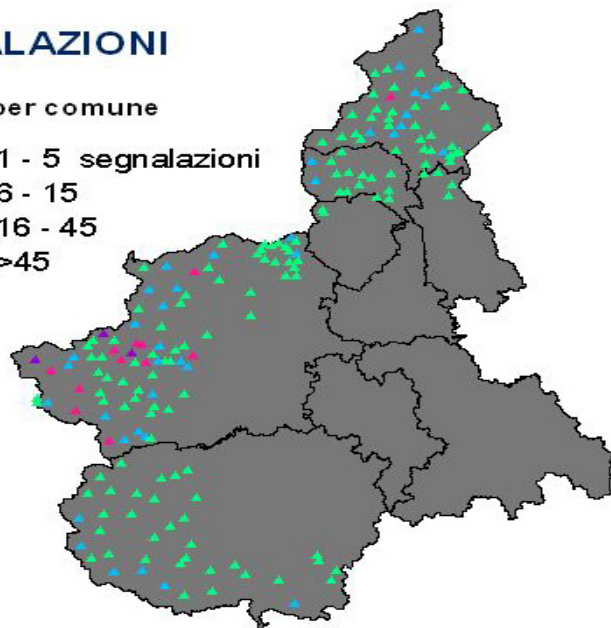


Con il termine frana di **scivolamento superficiale** si comprende, a volte in modo imperfetto, sia il fenomeno franoso in senso stretto, sia la successiva evoluzione, peraltro non sempre presente, di traferimento degli accumuli nella rete idrografica minore, che favorisce l'innesco o l'esaltazione dei fenomeni di trasporto in massa.

### SEGNALAZIONI

Danni per comune

- ▲ 1 - 5 segnalazioni
- ▲ 6 - 15
- ▲ 16 - 45
- ▲ >45



Segnalazioni di danni per colate o attività legata al reticolo minore a forte pendenza. I simboli individuano il baricentro del comune cui i dati fanno riferimento.



## II CONTESTO DEL PROBLEMA



Nonostante i modesti volumi coinvolti le frane della coltre superficiale risultano particolarmente temibili a causa della **elevata velocità** raggiunta dalla massa mobilizzata

La pericolosità di questi fenomeni è da mettere in relazione inoltre con la loro **rapidità di sviluppo**, con la **difficoltà di prevederne l'ubicazione**, ma, anche, con l'elevata **densità di distribuzione areale** dei singoli fenomeni, le cui traiettorie di discesa sul versante hanno così una notevole probabilità di interferire con aree antropizzate.



**Frane indotte da precipitazioni:  
previsione e prevenzione**

vittime

60%

# MOVIMENTI FRANOSI

25%

11%

4%

attività  
fluviale e  
torrentizia

crolli e  
valanghe  
di roccia

frane  
coinvolgenti il  
substrato

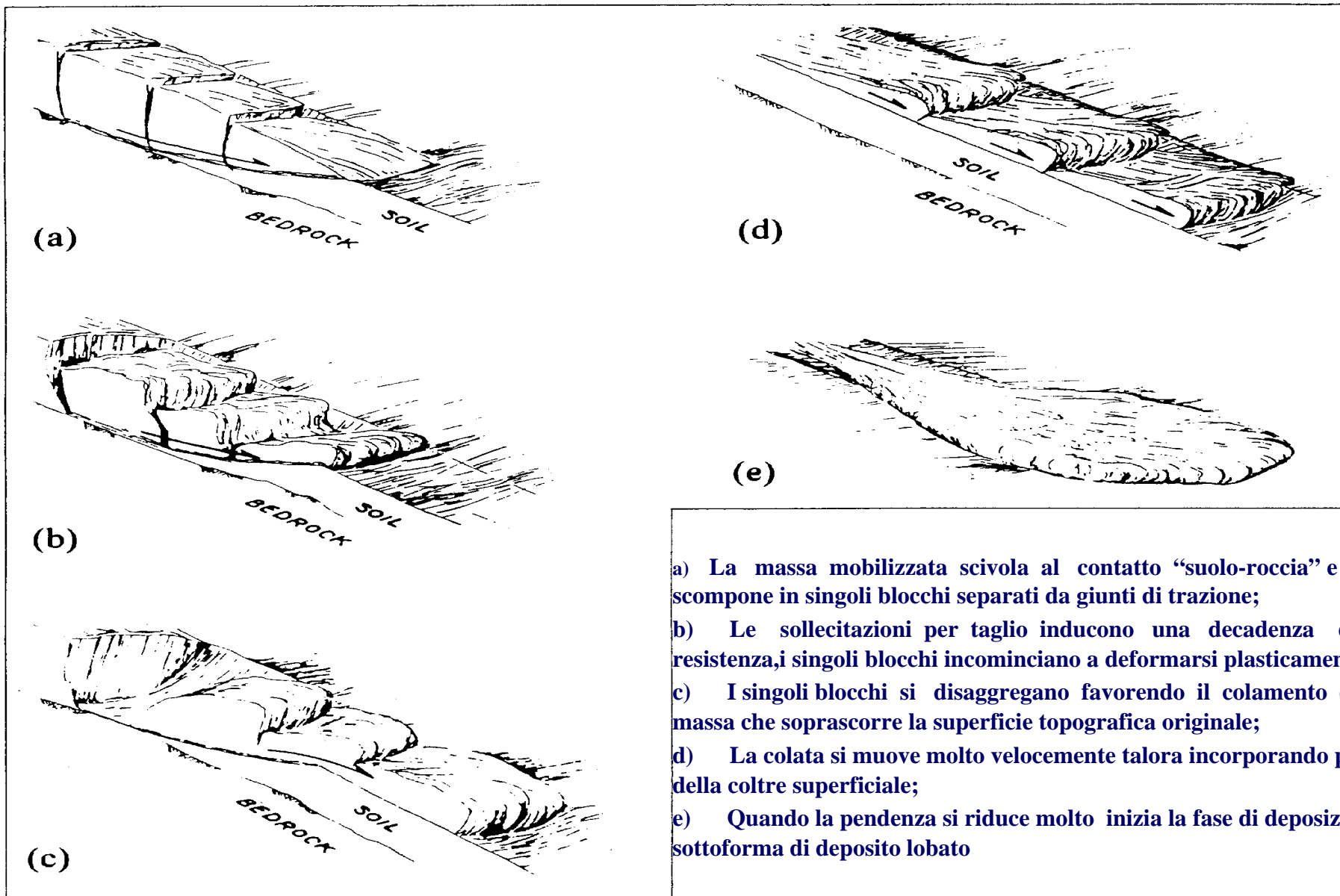
frane  
superficiali

Molti ricercatori (Ellen e Fleming 1987, Ellen 1988, Fleming e Johnson 1994, ) hanno evidenziato che le modalità di evoluzione e la tipologia di movimento delle frane che interessano la coltre superficiale **variano in relazione dello spessore** di quest'ultima.

Le frane che coinvolgono **elevati spessori** si sviluppano come **scorrimenti di tipo rotazionale** che **raramente evolvono in colata rapida** con disgregazione e fluidificazione della massa coinvolta.

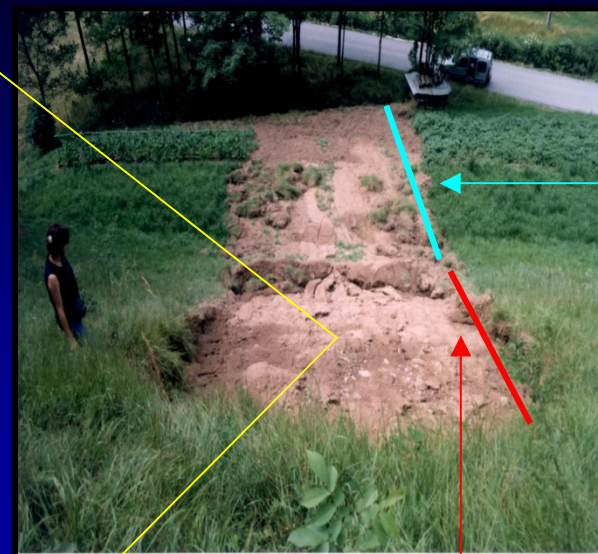
Al contrario le frane che coinvolgono **modesti spessori** si sviluppano inizialmente come **scivolamenti planari** a cui segue **una disgregazione e fluidificazione** della massa mobilizzata.





- a) La massa mobilizzata scivola al contatto “suolo-roccia” e si scompone in singoli blocchi separati da giunti di trazione;
- b) Le sollecitazioni per taglio inducono una decadenza della resistenza, i singoli blocchi incominciano a deformarsi plasticamente;
- c) I singoli blocchi si disaggregano favorendo il colamento della massa che soprascorre la superficie topografica originale;
- d) La colata si muove molto velocemente talora incorporando parti della coltre superficiale;
- e) Quando la pendenza si riduce molto inizia la fase di deposizione sottoforma di deposito lobato





Particolare della superficie di scorrimento con **tracce evidenti della direzione di iniziale traslazione** della massa mobilizzata

Movimento prevalente per scorrimento

Movimento prevalente per colamento

L'azione innescante è attribuibile alla **elevata quantità di acqua che si può infiltrare** negli orizzonti più superficiali dei suoli; quantità non smaltibili celermente verso i livelli più profondi e meno permeabili o attraverso il substrato.



Sono possibili **2 diversi meccanismi** (che fanno riferimento a due approcci concettuali differenti -**flusso stazionario terreni saturi**; **terreni parzialmente saturi**):

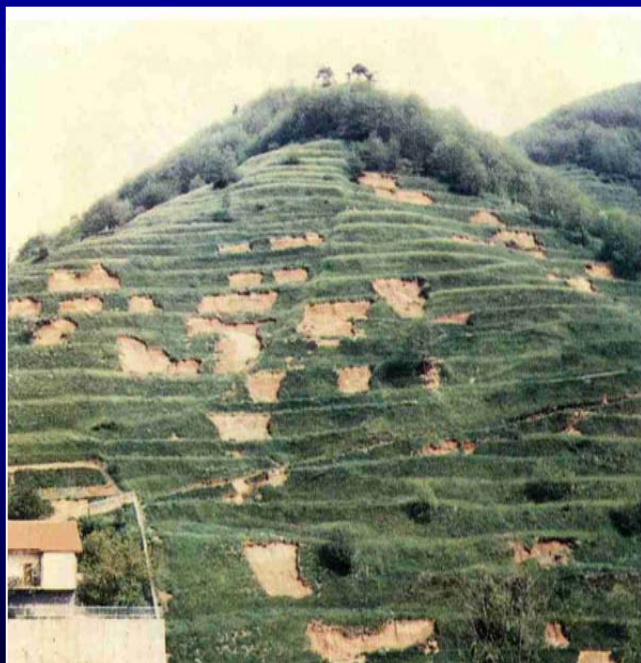
**Rapida infiltrazione nella zona non satura, creazione di una falda temporanea parallela al pendio e conseguente incremento della pressione nei pori. Ciò comporta una riduzione della tensione normale e della resistenza al taglio agente sul piano di rottura (meccanismo più probabile per spessori della coltre limitati).**

**L'infiltrazione verticale determina la riduzione della "suzione" (suction) all'interno dell'orizzonte ed il conseguente decremento della coesione apparente (meccanismo usuale per i "suoli residuali" aventi spessori non trascurabili).**

In altri casi il **substrato roccioso, altamente fessurato**, funge da “serbatoio” ingenerando, in seguito a notevoli apporti idrici sotterranei **elevate sovrapressioni all’interfaccia suolo-roccia** a causa della differente permeabilità dei due mezzi; questo incremento di pressione idrica determina condizioni critiche di instabilità della coltre superficiale

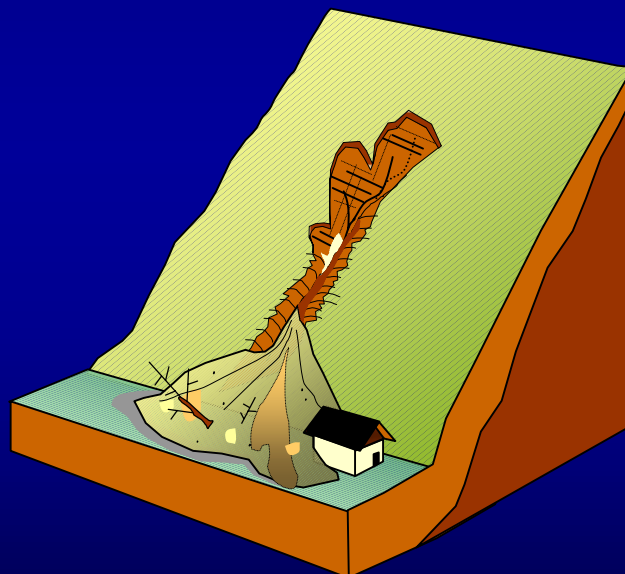


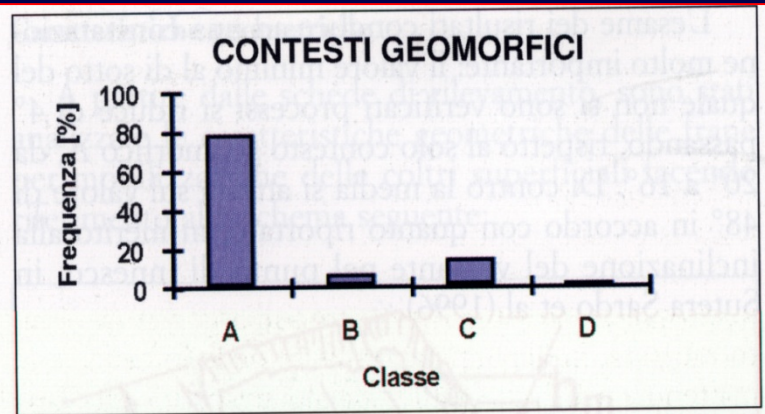
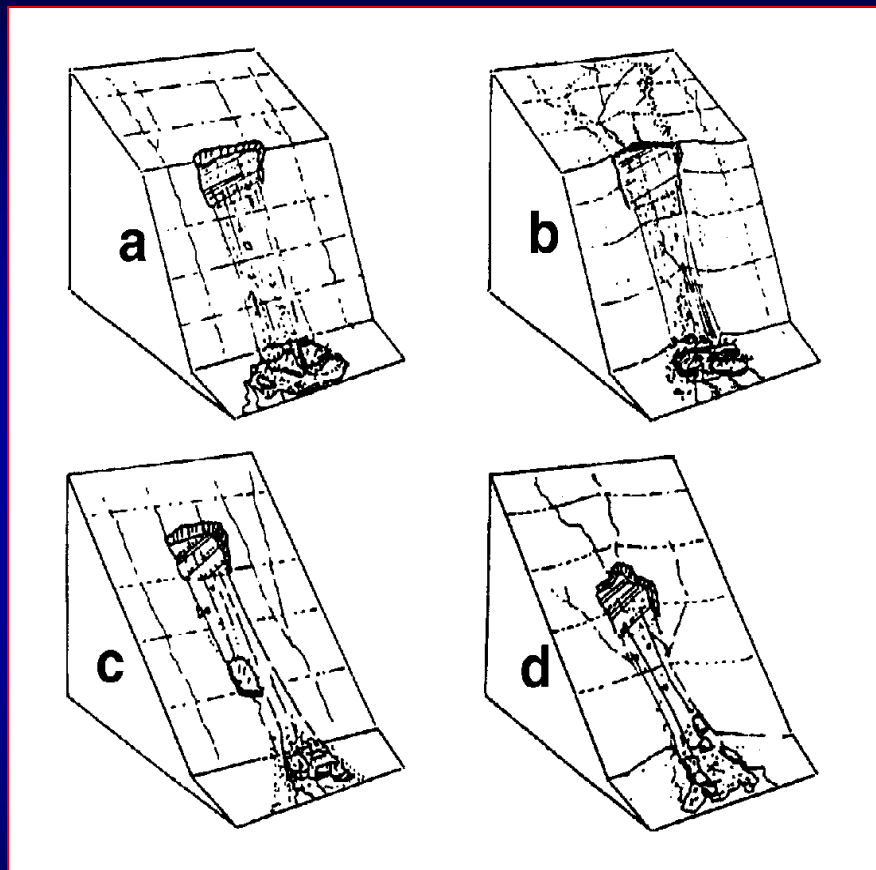
La nicchia di distacco è spesso situata in un punto di inflessione del pendio, frequentemente alla **testata dei tributari** di primo ordine dove le pendenze sono spesso elevate.



Un ruolo importante hanno le **ondulazioni del terreno** sviluppate parallelamente alle linee di maggior pendenza ed i **terrazzi** sia di modellamento antropico, sia naturale; gli **avvalamenti** e le **piccole depressioni** nelle quali possono concentrarsi maggiori quantità d'acqua sono spesso sede dell'innescio di tali tipologie di frana.

# Alcune caratteristiche salienti delle frane superficiali





Contesto Geomorfico	Freq. [n]	Freq. [%]
Versante piano parallelo con accentuata variazione di pendenza (A)	183	78.2
Versante debolmente concavo con accentuata variazione di pendenza (B)	15	6.4
Versante piano parallelo continuo (C)	32	13.7
Versante debolmente concavo continuo (D)	4	1.7



Edificio parzialmente travolto e distrutto da una piccola frana nel bacino del Torrente Melezio Orientale, con perdita di una vita umana (agosto 1978, foto C.N.R.-I.R.P.I.).

Elevata velocità di movimento (sino a  $\leq 50$  km/h) che può tradursi in impatti distruttivi con gli edifici (4 vittime a Serravalle Scrivia, ott. 1977; 18 vittime a Tresenda (SO), maggio 1983; 11 vittime a Tartano (SO), luglio 1987; 14 vittime a Varallo Sesia, nov. 1994);



Peveragno(Cn) danni strutturali ad un edificio ( giugno 2000 )



**Frana di Varallo Sesia che ha provocato la distruzione di due edifici, la morte di 14 persone e il ferimento di altre 3 (Evento alluvionale del Novembre 1994)**





**Feisoglio. Frana che ha provocato la distruzione di un rustico e la morte di due persone (Novembre 1994)**



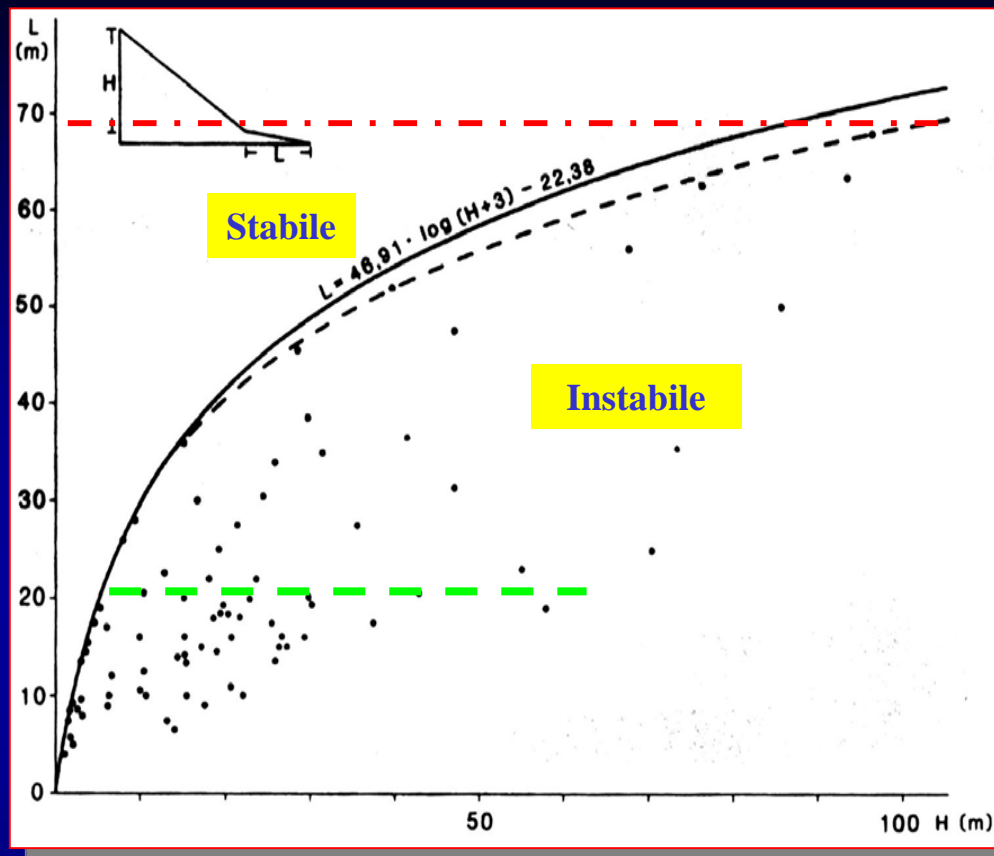
Val Pesio : Evento giugno 2002  
( 1 vittima)

- elevate distanze percorse dalla massa mobilizzata. Spesso la massa si deposita oltre il piede del versante percorrendo ampi tratti pianeggianti;



Evento Novembre 1994  
foto C.N.R.-I.R.P.I

La massa mobilizzata può raggiungere zone a **debole pendenza** alla base del pendio “scivolando” su un livello d’acqua di spessore millimetrico.

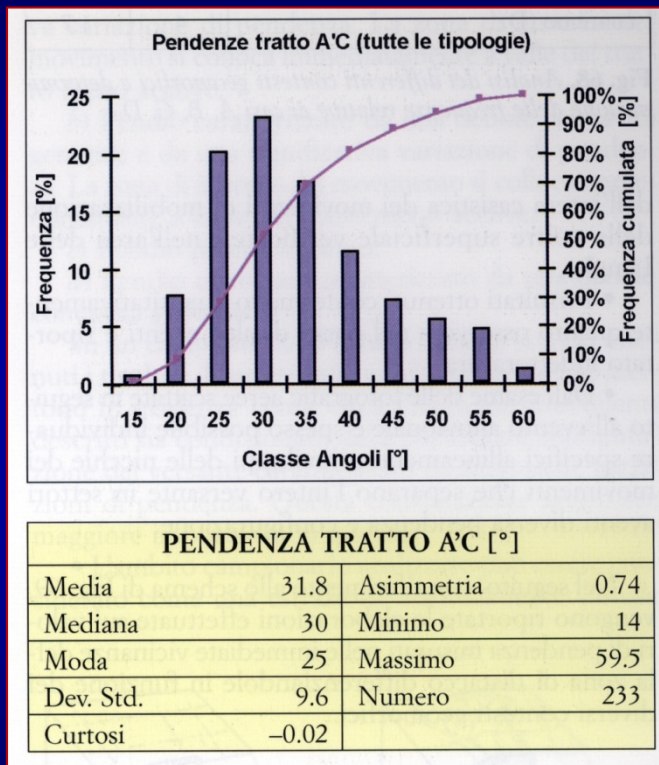


Govi *et al.* (1985) condusse un'indagine sulle massime distanze percorribili dai materiali franati al piede del versante, su un campione di **80** casi (ottobre 1977, Alessandrino meridionale).

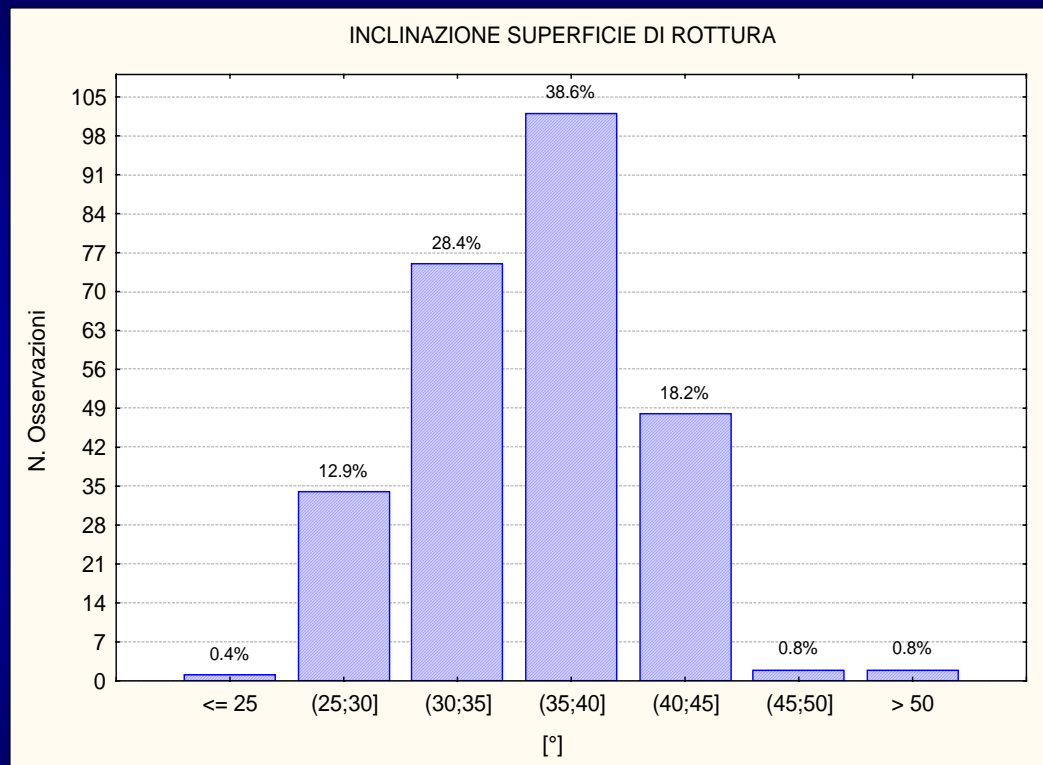
Mettendo in relazione le distanza di arresto  $L$  degli accumuli misurate a partire dalla base del versante in tratti pressoché pianeggianti con l'altezza  $H$  del punto di distacco ricavò una curva inviluppo che definisce "il **campo delle distanze di sicurezza**". Dal diagramma si può osservare che gran parte dei punti si concentra intorno a valori di  $L$  pari a circa 20 m

Massime distanze di arresto ( $L$ ) messe in relazione con le altezze ( $H$ ) del punto di distacco (da Govi *et al.*, 1985).

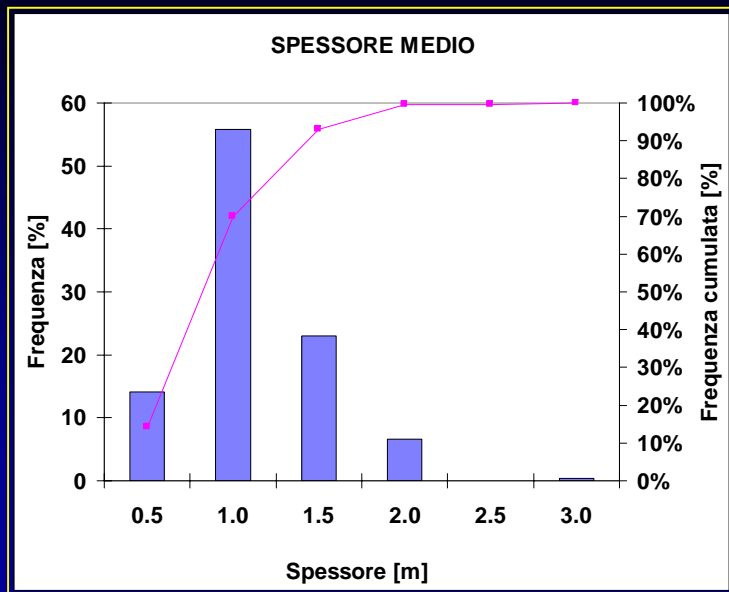
- Pendenza media dei versanti coinvolti generalmente compresa nell'intervallo 15°÷45°;



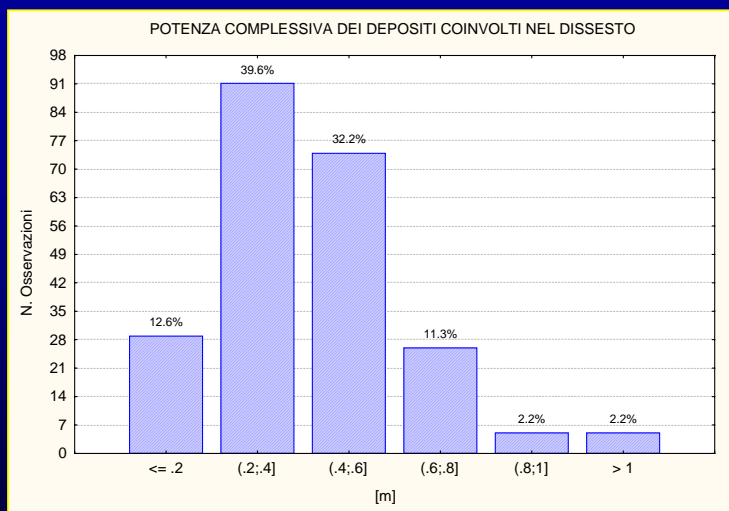
**Ambiente collinare**  
**Media 31.8 sd 9.6**



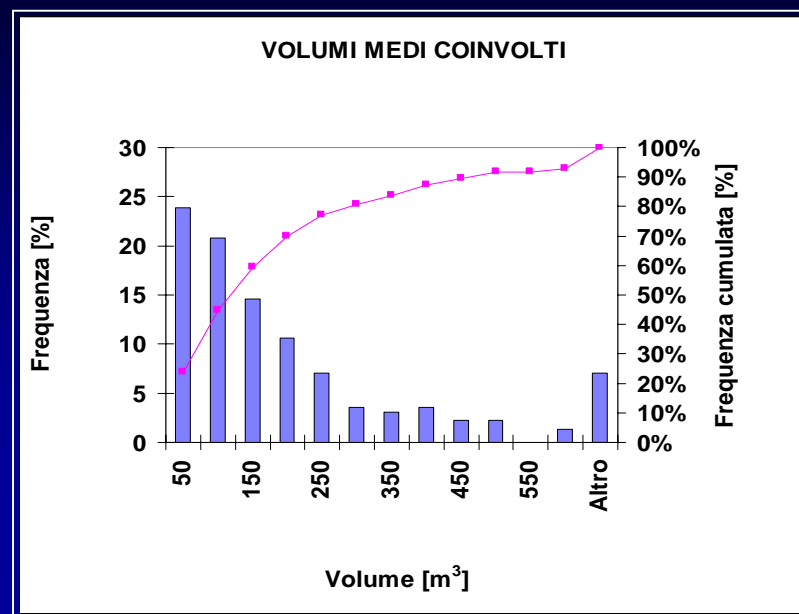
**Ambiente alpino**  
**Media 35.7 sd 8.7**



Evento Novembre 1994(Langhe), numero casi = **526**  
 Valor medio = **.98 m**  
 Deviazione standard= **.38**

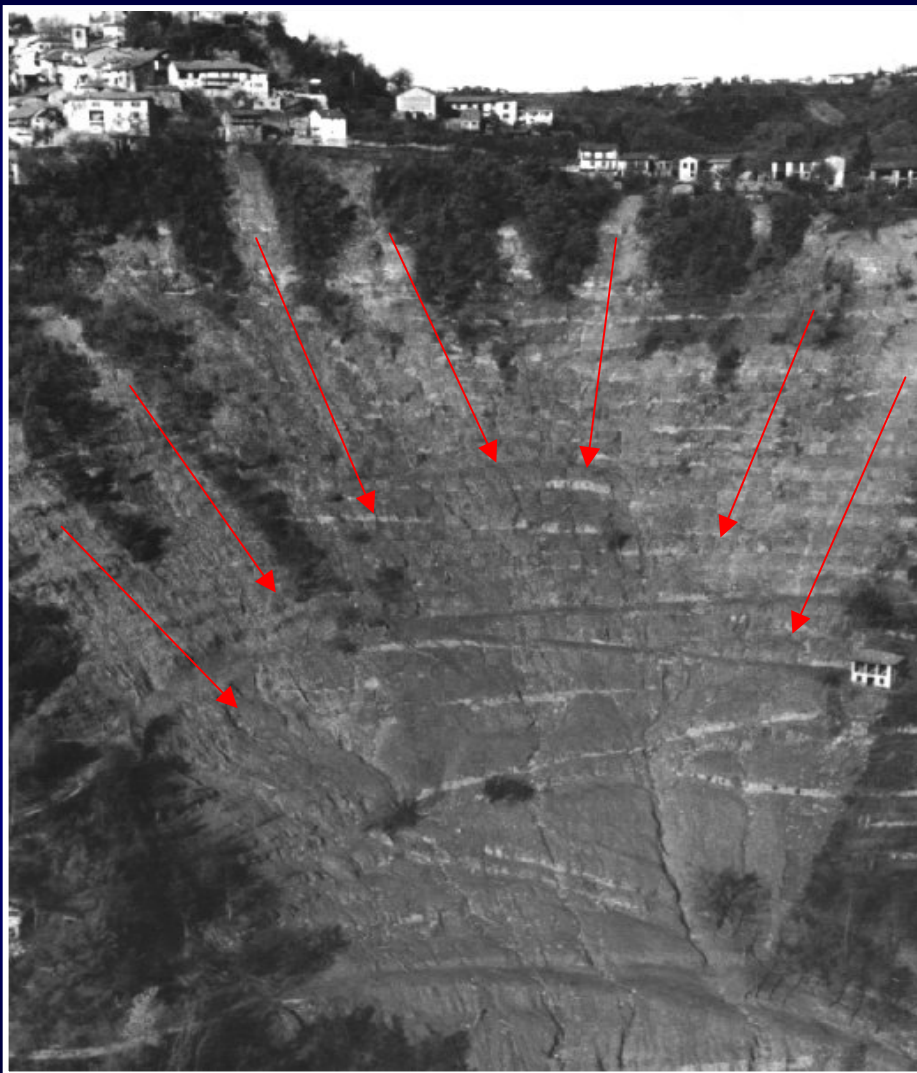


Evento Agosto 1978 (Ossola), numero casi = **376**  
 Valor medio = **.8 m**  
 Deviazione standard= **.15**



- L'analisi dei **volumi mobilizzati**, nell'evento alluvionale del 1994, ha evidenziato che **l'84 %** circa delle frane rilevate ha un volume, calcolato nella zona di nicchia, minore o uguale a **350 m<sup>3</sup>**, con un valore medio di **150 m<sup>3</sup>** circa.

Tali valori indicano che, globalmente, questi volumi sono riconducibili a fenomeni di modesta entità dal punto di vista delle masse coinvolte, ma l'elevata velocità che queste raggiungono durante l'evoluzione del moto contribuisce ad elevare in modo esasperato l'energia cinetica del sistema



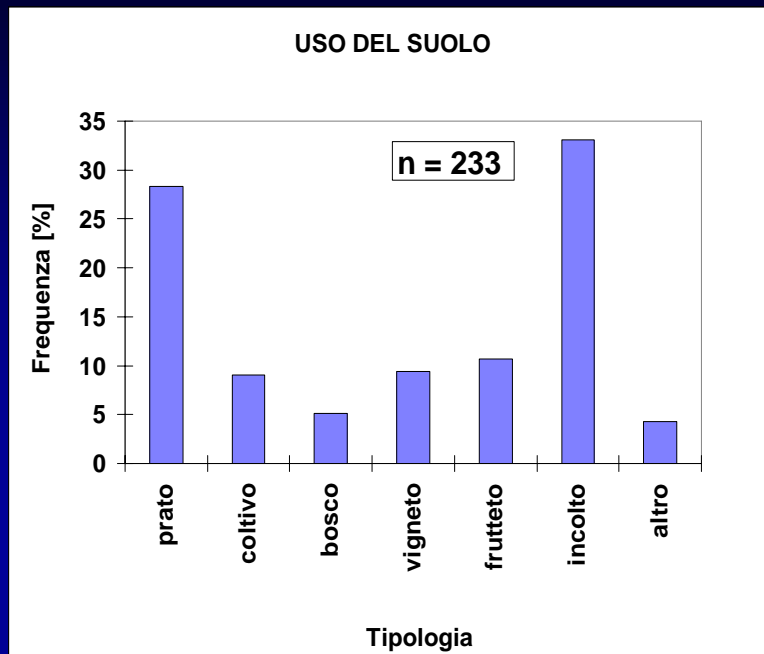
- **Frequente tendenza alla coalescenza delle nicchie di distacco e/o degli accumuli (aggregazione anche di diverse decine di singole frane);**







Novembre 1994  
Cerreto langhe



- Coinvolgimento di settori di versante generalmente privi di vegetazione d'alto fusto, più frequentemente a prato/pascolo, incolto o, in zone collinari, a vigneto o frutteto. Per la coltivazione di queste ultime colture si è diffusa l'usanza di terrazzare il pendio e proprio in corrispondenza dell'orlo di questi gradini sono frequentissimi i casi di innesco di frane.

Molte frane per mobilitazione dei terreni della coltre detritica superficiale si collocano in corrispondenza o almeno in relazione a **punti di emergenza o di sistemi di raccolta o di drenaggio delle acque meteoriche** o scorrenti sul versante.

Ne consegue che sempre più frequentemente **si determinano condizioni artificiali sul territorio** che possono promuovere l'attivazione di tale tipo di processo franoso o l'esaltazione degli effetti.

Dato significativo **su un campione di ca 530 movimenti franosi (evento 1994 langhe)** il 27% ha subito il convogliamento di acque a monte dovuto ad interazione di natura antropica.



Novembre 1994  
Cerreto langhe



Novembre 1994  
Fianco sinistro della valle Belbo

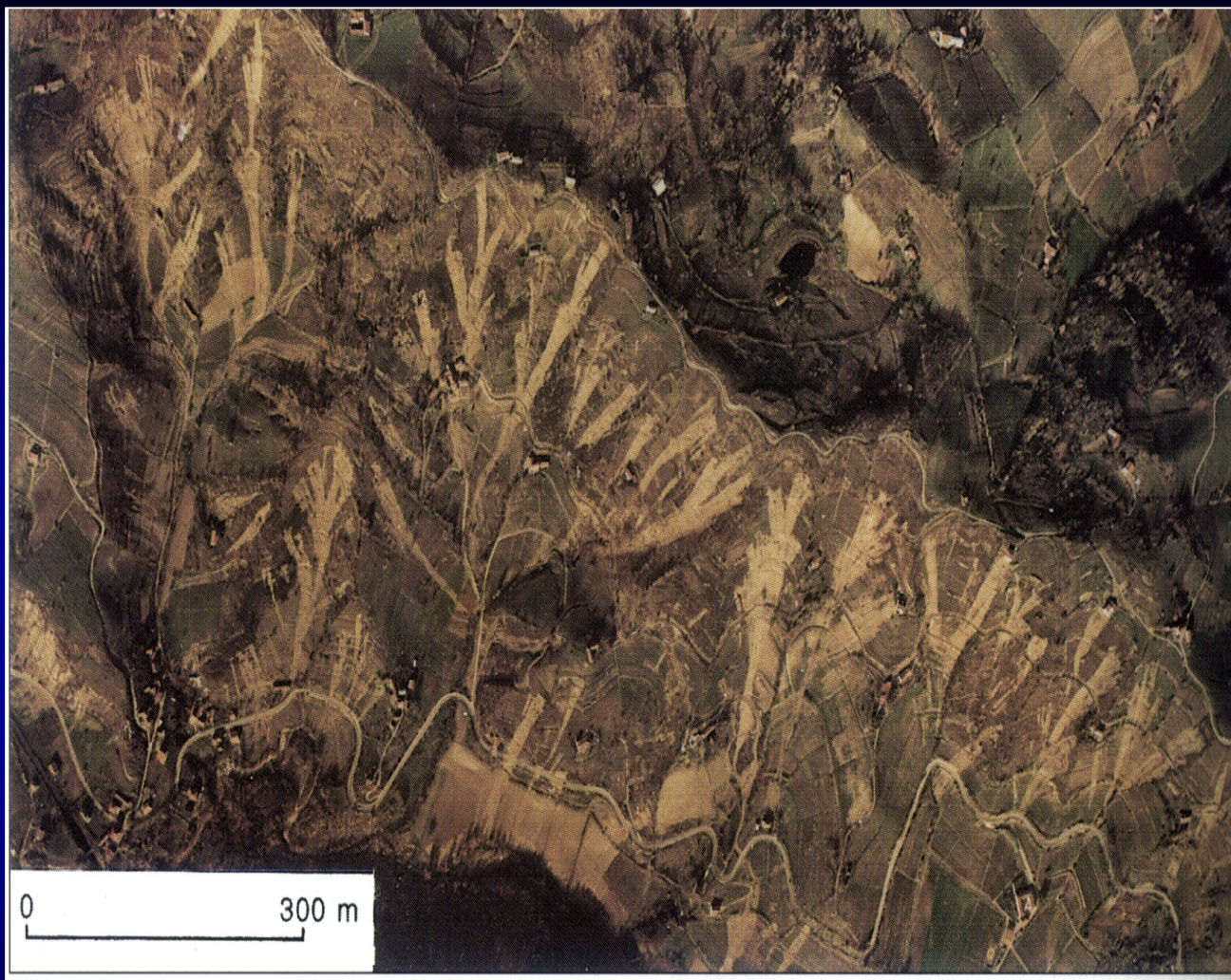
- Elevata densità di singoli fenomeni per unità di superficie (140 frane/km<sup>2</sup>, in Carnia nel settembre 1983; circa 160 frane/km<sup>2</sup> nelle Langhe Piemontesi nel novembre 1994);



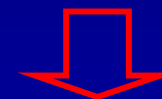
Evento 2-6/11/1994  
Langhe



Evento 7/08/1978  
Val Vigezzo



La concentrazione di frane innescate dalle **piogge del Ottobre 1977** sul versante destro del T. Caramagna fortemente acclive non trova analogo riscontro sul lato opposto del crinale nonostante l'omogeneità litologica.(\*)



**DIFFORMITA' MORFOSTRUTTURALI**

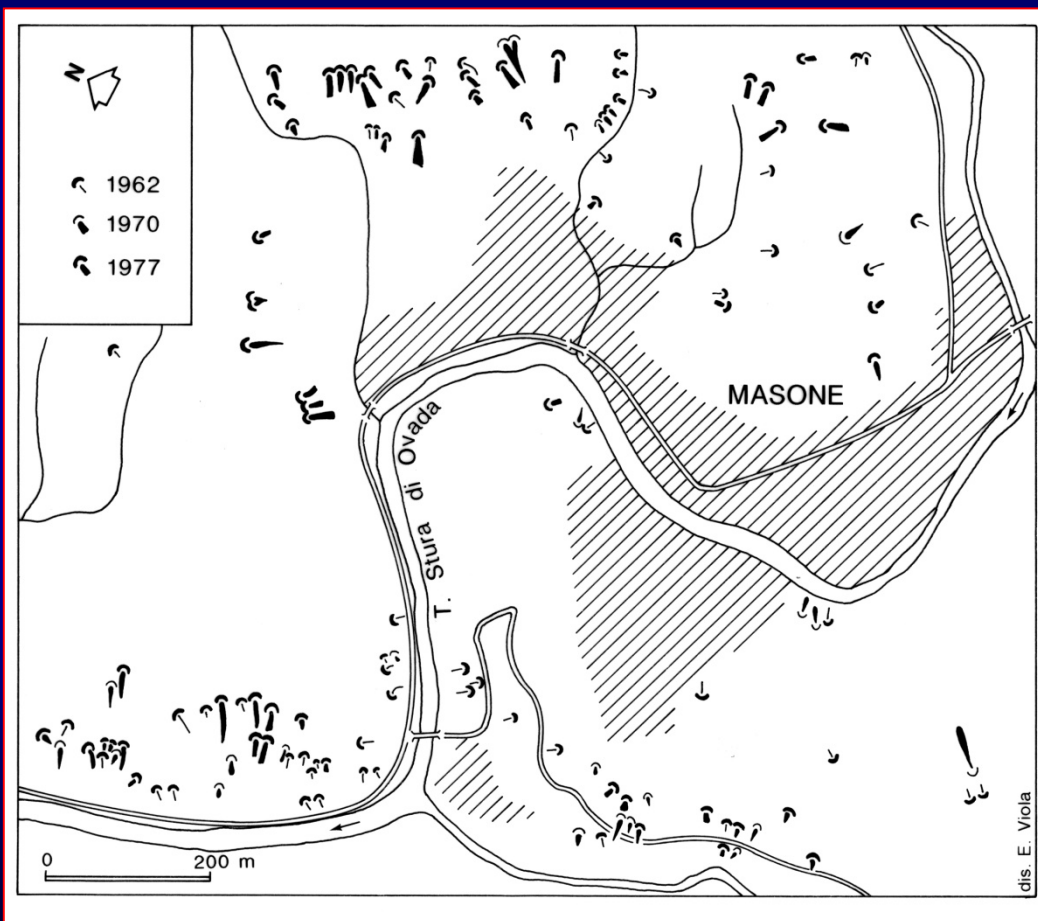
**DESTINAZIONE D'USO DEL SUOLO**

**DISTRIBUZIONE PIOGGE**

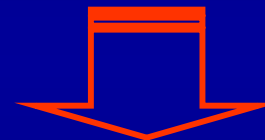
*Dorsale spartiacque tra le valli del T.Caramagna presso Prasco e del T. Stanavasso.*

(\*)(Eventi alluvionali e frane nell'Italia settentrionale, CNR\_IRPI, GNDCI 1999)

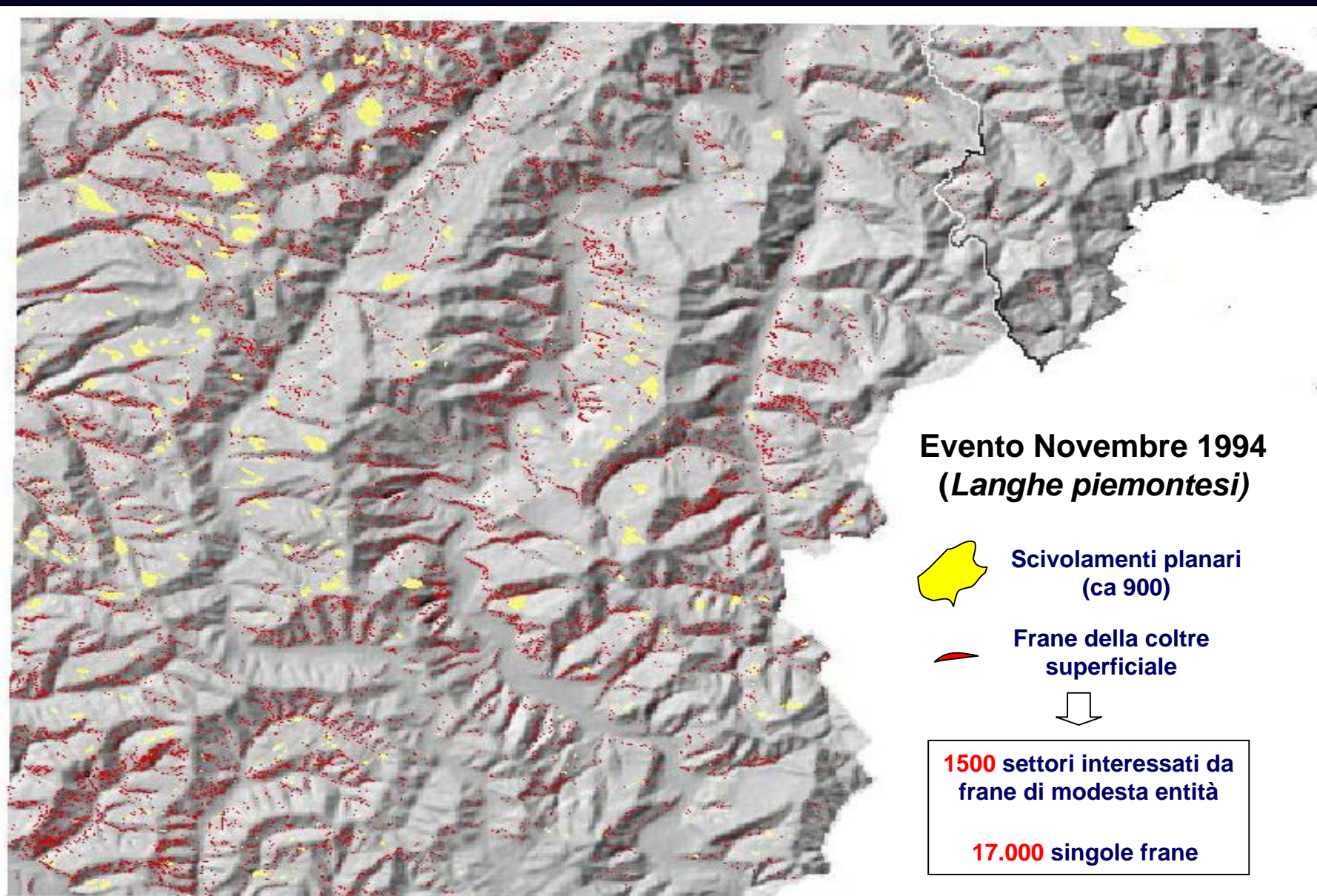
- Scarsa probabilità di riattivazione nel medesimo luogo di precedente innesco, ma **alta probabilità di accadimento di nuovi fenomeni in aree immediatamente adiacenti**;



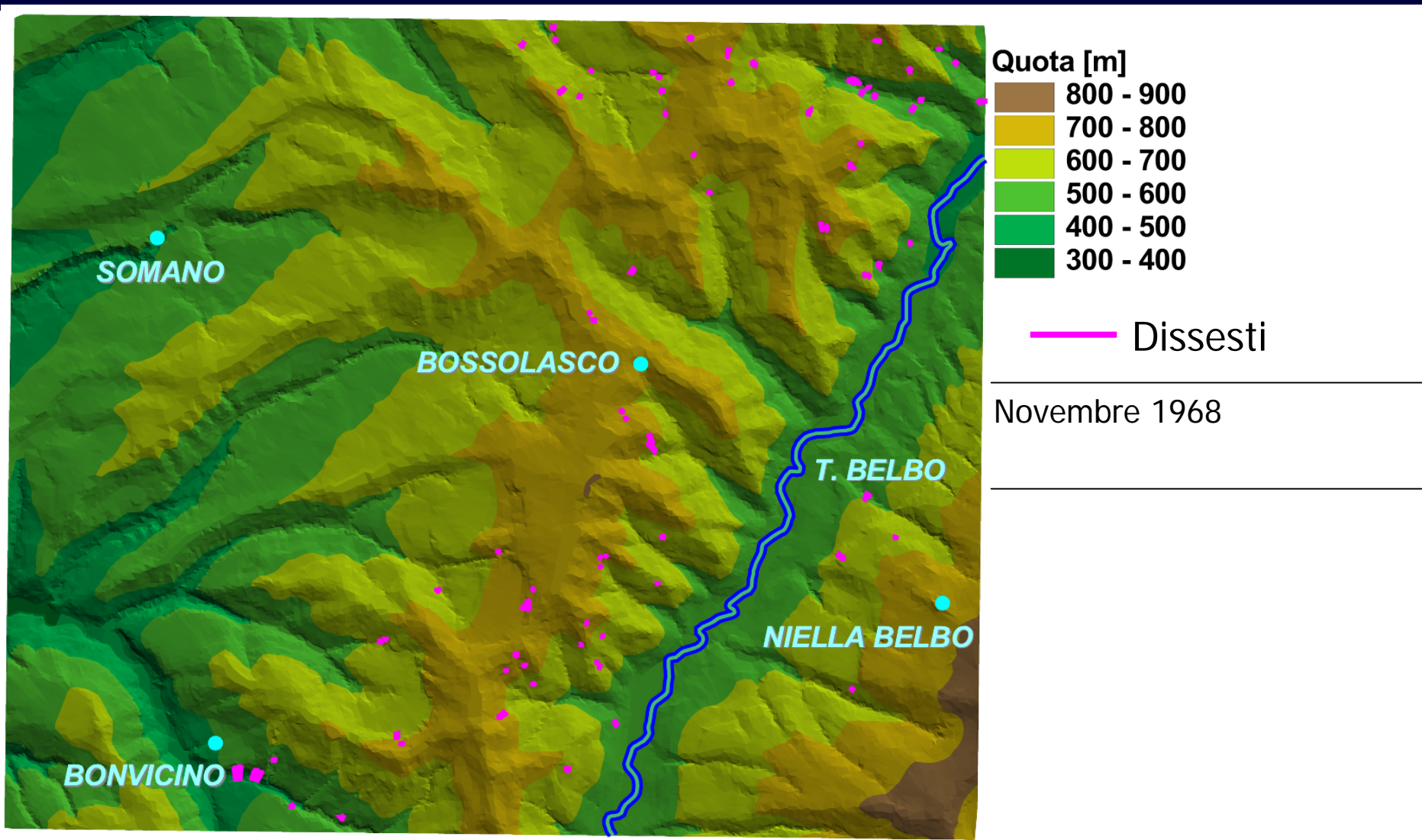
Generazioni di frane in stretta adiacenza, ma senza sovrapposizione malgrado il ristretto ambito geografico in cui si sono sviluppate - Masone, GE (da C.N.R.-I.R.P.I., 1999).



**Ciò starebbe ad indicare che il tempo di ricostituzione della coltre eluviale/detritica rimossa è superiore, quanto meno, all'intervallo intercorrente tra un evento e l'altro**

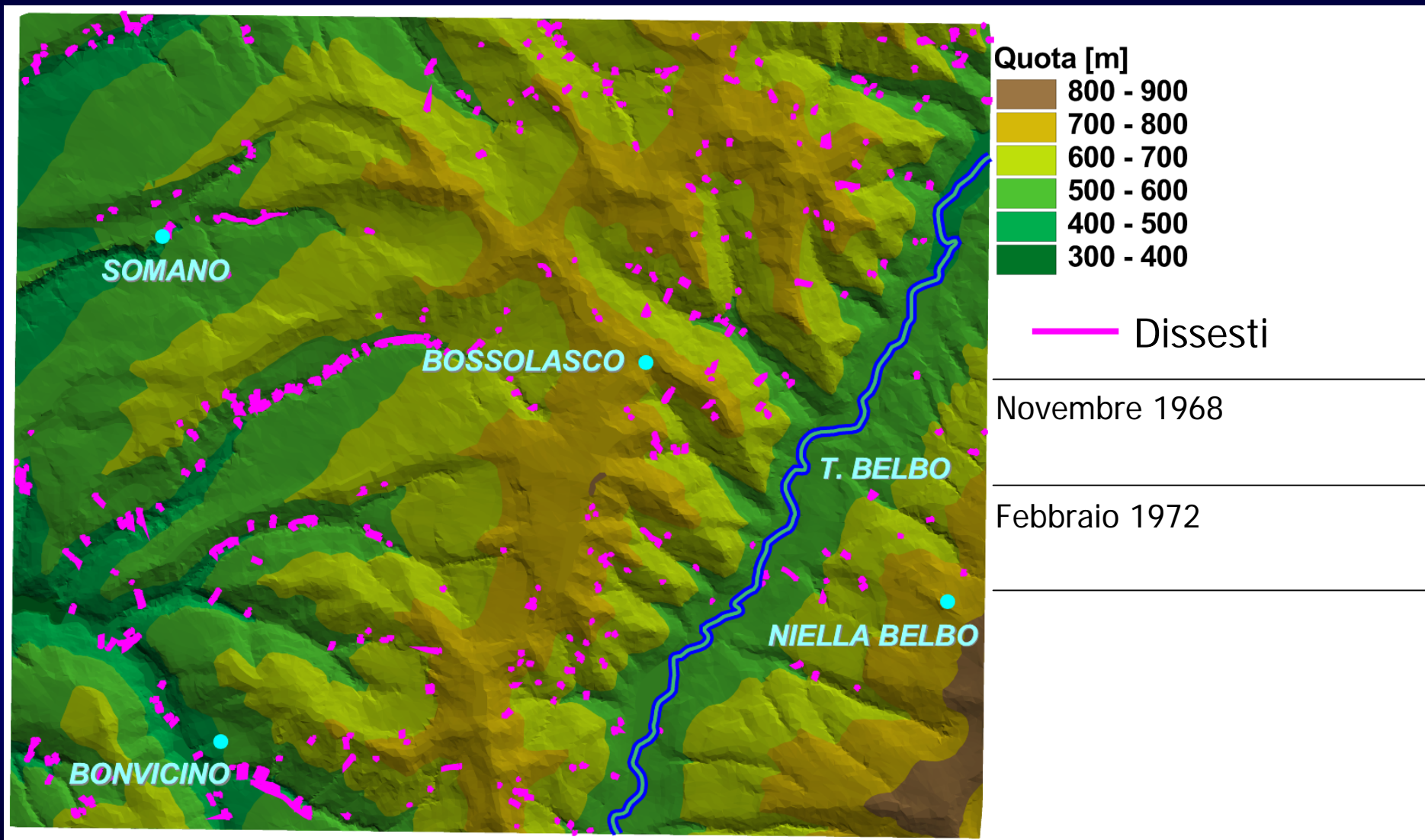


➤ Sezione C.T.R. 211050 "Bossolasco":

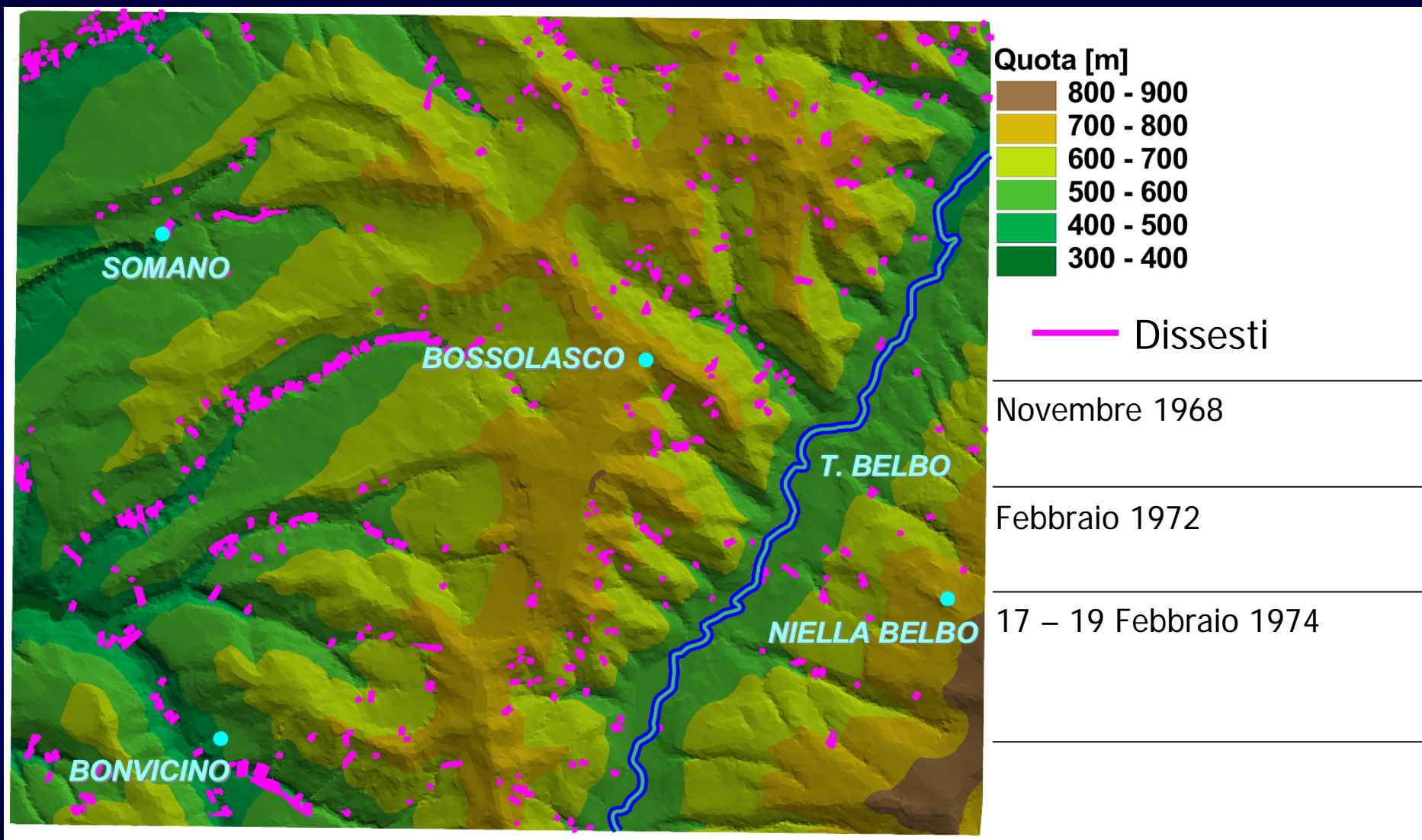




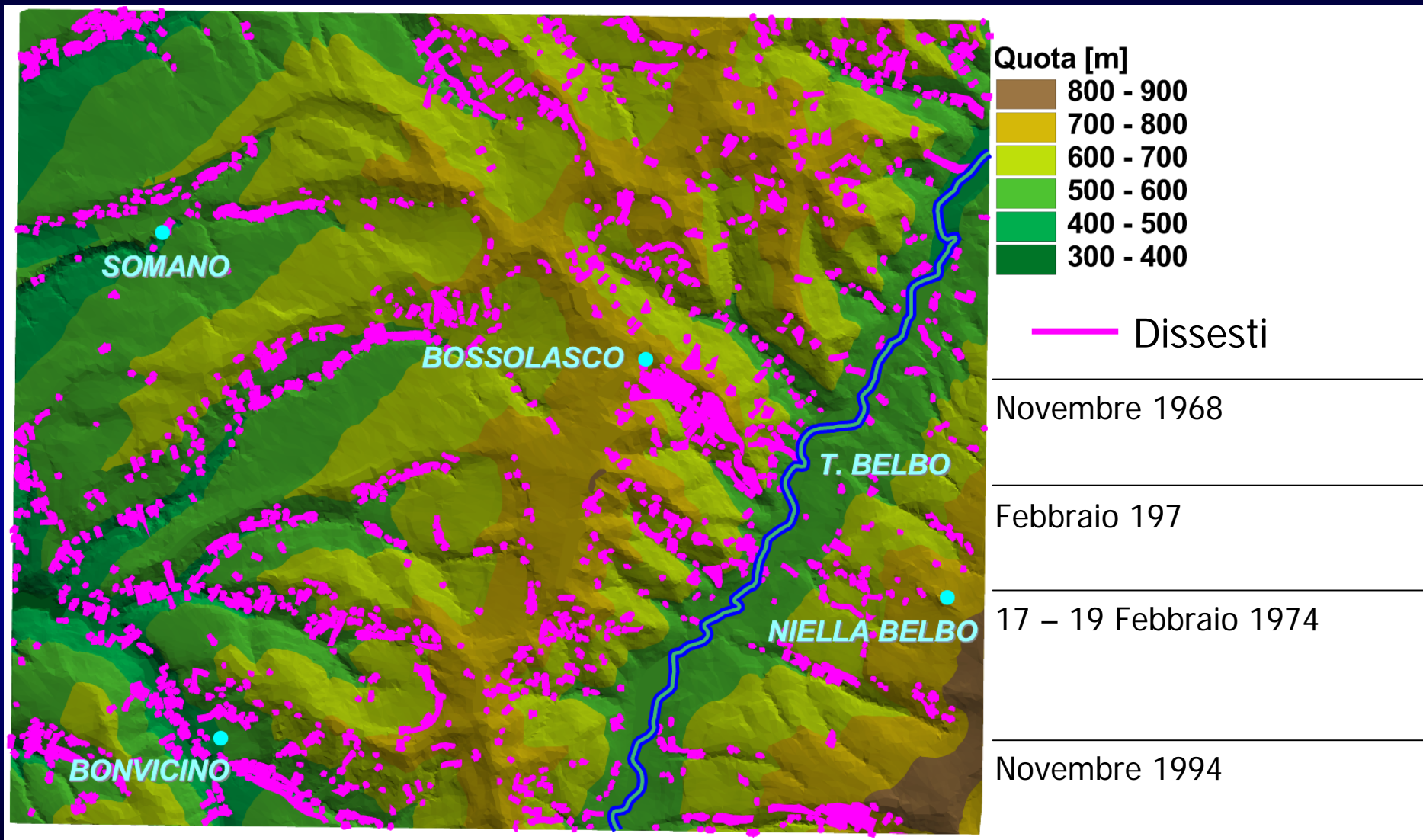
➤ Sezione C.T.R. 211050 "Bossolasco":



➤ Sezione C.T.R. 211050 "Bossolasco":

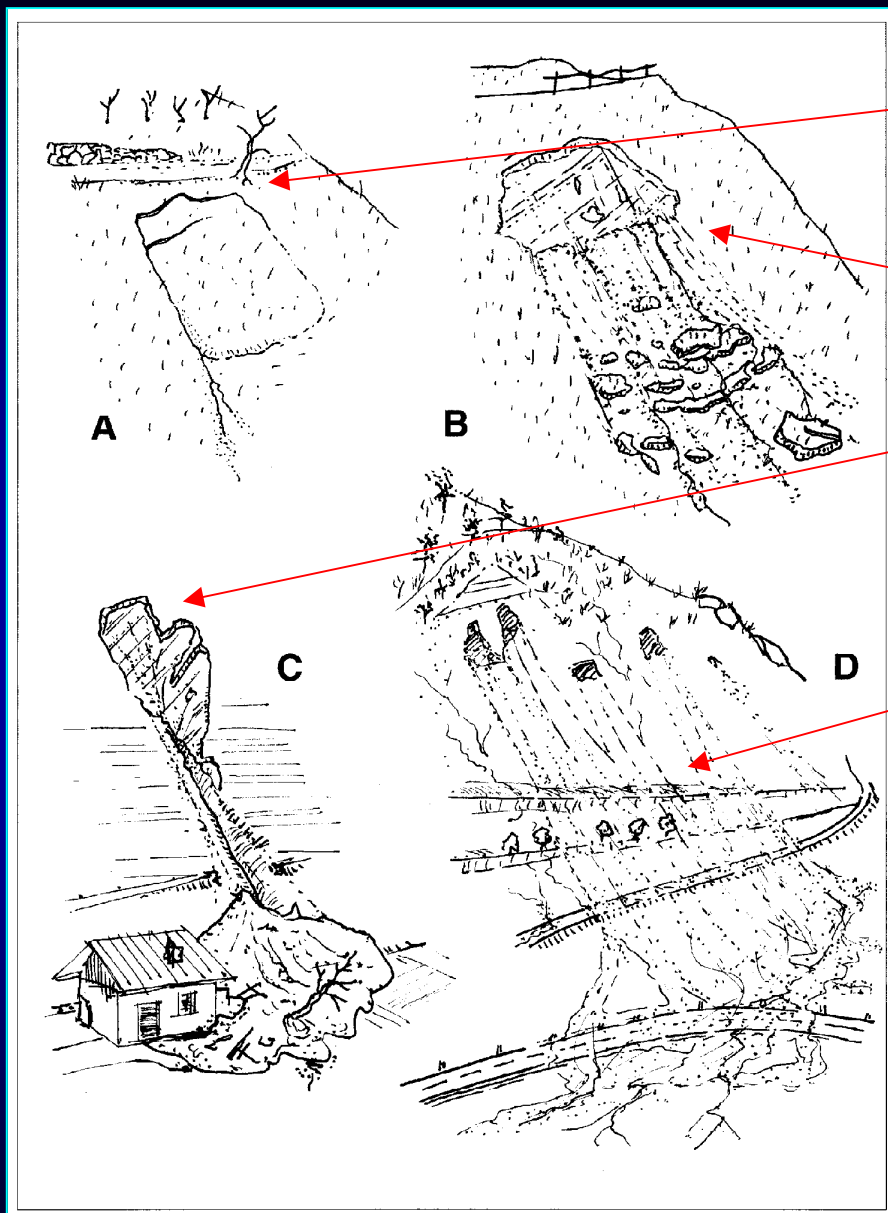


➤ Sezione C.T.R. 211050 "Bossolasco":





- Fattori innescanti imputabili a severi eventi meteorologici caratterizzati da **piogge spesso protratte nel tempo e con elevati valori di intensità oraria;**
- **Mancanza** o quasi di **indizi premonitori;**
- **Azione morfogenetica scarsamente incisiva** sull'assetto originario dei versanti;








### LEGENDA


- 


**Tipo A** - Porzioni della coltre di alterazione superficiale che, seppur delimitate e scomposte da fratture, non hanno subito movimenti tali da esporre la superficie di rottura.  
Risulta evidente solo l'incipiente sovrascorrimento del bordo inferiore della massa spostata sul piano campagna  
(*incipient translational soil-slip*; Varnes, 1978).
- 

**Tipo B** - Porzioni della coltre di alterazione superficiale che hanno subito traslazioni di entità tale da esporre la superficie di rottura.  
La massa spostata, nella sua parte preservata, è costituita da zolle disunte che hanno mantenuto singolarmente la loro integrità grazie all'effetto coesivo svolto dagli apparati radicali  
(*translational soil-slip*; Varnes, 1978).
- 

**Tipo C** - Porzioni della coltre di alterazione superficiale che a seguito del movimento iniziale e della successiva destrutturazione della massa spostata, degenerano in colata.  
Al movimento della massa spostata è spesso associata un'attività erosiva con conseguente presa in carico di altro materiale.  
L'accumulo, di norma in forma lobata, è in genere ben identificabile  
(*earth-flow*; Varnes, 1978).
- 

**Tipo D** - Porzioni della coltre di alterazione superficiale che, a seguito della traslazione iniziale e della destrutturazione della massa spostata, degenerano in colata estremamente fluida, con trasporto del materiale in "sospensione".  
Il flusso si dispone su un'ampia sezione laminare e progredisce con scarso attrito sul piano campagna senza dar luogo a forme erosive.  
Generalmente non si osserva una zona di accumulo in quanto il materiale viene completamente disperso lungo il percorso  
(*disintegrating soil-slip*; Kesseli, 1943).
- 

Soil-slip di tipo B, C e D innescati su scarpate a pendenza elevata o molto elevata (maggiore di 30°), direttamente incombenti sugli alvei torrentizi.  
Durante il movimento la massa spostata, a causa dell'elevata velocità e del contenuto in acqua, viene generalmente destrutturata.  
L'accumulo non è visibile in quanto asportato e preso in carico dal corso d'acqua
- 

Settori di versante terrazzati artificialmente ed interessati da numerosi fenomeni di piccole dimensioni non cartografabili singolarmente.
- 

Linea di involuppo dei coronamenti dei soil-slip, in genere rappresentata da orli di scarpate naturali e artificiali.



*Immagine aerea ravvicinata di una frana di mobilitazione della coltre alterata nella quale è evidente l'estrema fluidificazione del materiale detritico. Gli altri indizi visibili in foto (fratture, scarpate) sono legati ad altri processi franosi di diversa tipologia.*



Esempi (A, B, C, D) di dissesto riferibili allo schema della figura precedente.



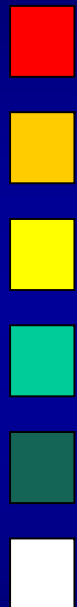
Evento Novembre 1994  
Langhe piemontesi

Il fenomeno, escluso l'incipiente, è quindi caratterizzato da una **nicchia di distacco**, da un "corridoio di discesa", che nei casi **B** e **D** costituisce semplicemente una sorta di "zona di transito" che sovente si mostra sgombra da detrito e non particolarmente danneggiata, e da una zona di accumulo più o meno delineata.

In sintesi, si può parlare di vera e propria traslazione di un corpo detritico che mantiene in un primo momento una sua relativa geometria originale seguita, talora, dal colamento (più o meno fluido) della massa coinvolta.

Sovente la coesistenza dei diversi meccanismi di movimento, identificati nelle quattro casistiche sopra evidenziate, colloca tali fenomeni nell'ambito delle **frane complesse** (Cruden & Varnes, 1996).

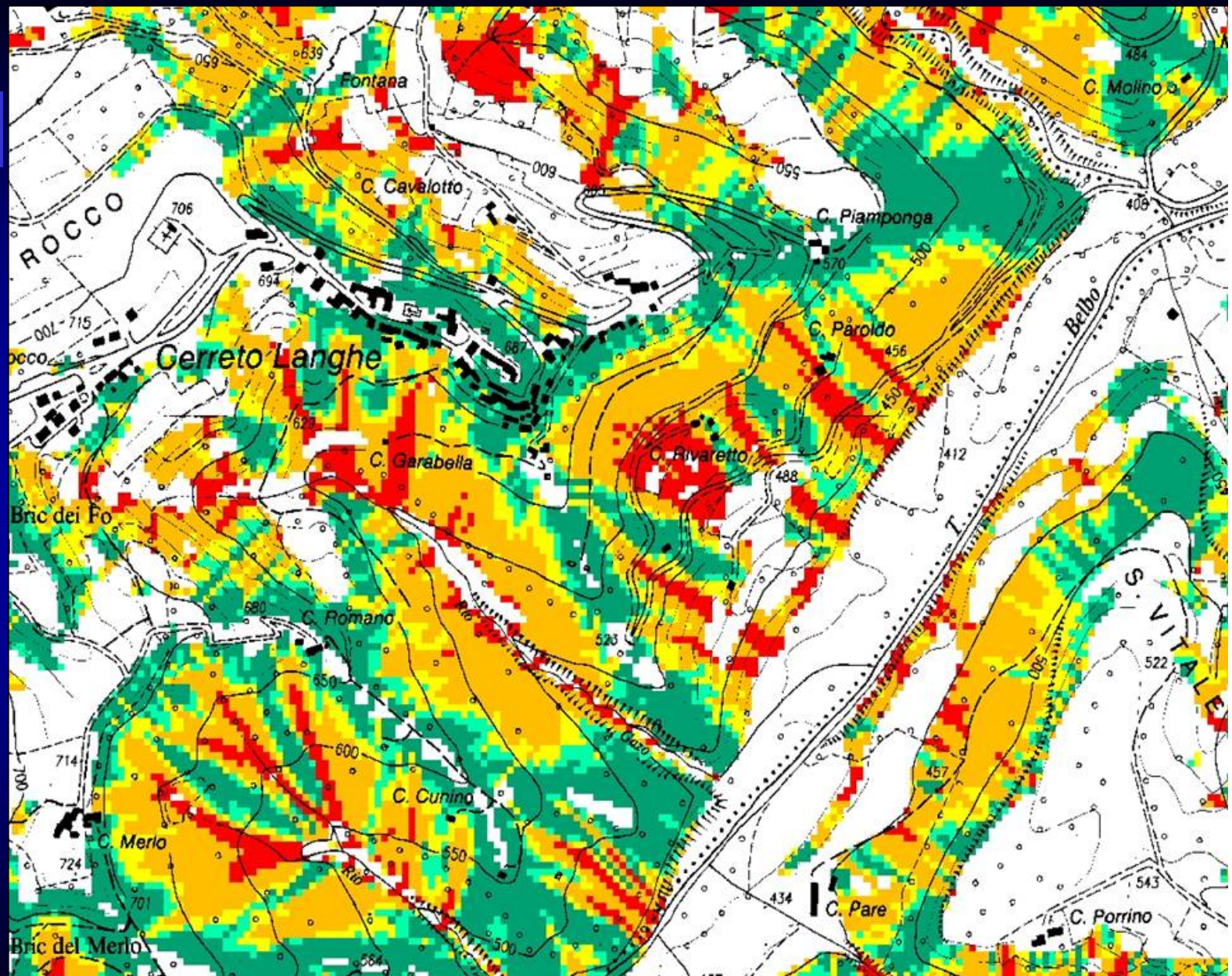
Impiego in senso  
"statico": Pianif. Terr.



+

Probabilità

-





Prospettive e spunti  
di riflessione

- **Centri di ricerca:** Il contributo fondamentale dell' "esperto di dominio" è quello di gestire correttamente l'incertezza insita nei modelli esplicitandone il procedimento, chiarendone i limiti, i vantaggi e le problematiche e prospettandone le corrette modalità d'impiego.
- **Pubblica amministrazione:** esercita funzioni di coordinamento ed indirizzo gestendo il territorio mediante una visione di insieme, in tale prospettiva dovrebbe farsi garante della qualità e uniformità dell'approccio fornendo strumenti e servizi idonei;
- **Professionisti:** impiego mirato di strumenti conoscitivi forniti dalla PA e analisi ragionata del singolo problema specifico;
- **Destinatario dell'Azione (Amministrazione locale):** acquisire consapevolezza dei pericoli, e del plus valore offerto da una corretta gestione territoriale in una logica di sviluppo sostenibile (prospettiva partecipativa)