

## Processi d'instabilità sui versanti

### PREMESSA

Gli ambienti geologici costituenti l'ossatura dei rilievi collinari e alpini del territorio regionale piemontese presentano un'ampia varietà di litotipi di diversa natura ed età. Questa situazione è spiegabile se si rammenta come proprio in questo quadrante europeo si siano concentrate le principali fasi tettoniche tuttora agenti, che hanno determinato la costruzione dell'edificio alpino-appenninico. Questo fatto ha anche creato il presupposto per l'innescò di una contemporanea azione di demolizione del rilievo ad opera dei vari agenti esterni connessi alle variazioni del clima.

In determinati ambiti di questo territorio, la predominanza di certe formazioni geologiche, e le situazioni strutturali e geomorfologiche ad esse associate, hanno determinato le condizioni affinché, sotto l'aspetto dei processi morfodinamici lungo i versanti abbiano preso forma in modo prevalente particolari tipologie di instabilità piuttosto che altre.

L'identificazione e l'analisi di questi diversi raggruppamenti tipologici, nonché una loro tipizzazione a scala regionale sono affrontate per la prima volta in modo organicamente completo nelle Note della Banca Dati Geologica (1990), pubblicazione dell'allora Servizio Geologico della Regione Piemonte predisposta in collaborazione con il CNR-IRPI di Torino e con il supporto informatico del C.S.I.-Piemonte.

Questa "attitudine" territoriale si è manifestata, nel tempo, in modo arealmente palese soprattutto in seguito a quegli eventi idrometeorologici che hanno coinvolto globalmente settori rilevanti della regione, come quanto si è verificato durante l'evento del 1994 oggetto di questo studio monografico.

Le precipitazioni di questo evento (cfr. Cap. 1), nei giorni tra il 2 e il 6 novembre 1994, hanno interessato principalmente, con una progressione che dal Golfo Ligure si è spostata verso la parte settentrionale del Piemonte, le Alpi Liguri, le colline della zona delle Langhe e del Monferrato e, infine, l'area montana tra Ivrea e Varallo Sesia.

In ciascuno di questi ambienti, si sono attivate numerose frane che, in particolare nell'area delle Langhe (Fig. 1), hanno assunto le tipologie e le peculiarità delle fenomenologie che solitamente colpiscono quello specifico ambito territoriale.

Nei capitoli che seguono sono analizzate, in par-

ticolare, due tra le tipologie di instabilità di versante che maggiormente hanno caratterizzato i rilievi piemontesi, ovvero gli *scivolamenti planari* e le *frane a carico delle coperture detritiche*, attraverso l'esame degli ambienti geologici e morfologici maggiormente interessati: la **zona delle "Langhe"**, per entrambe le tipologie, e quelli dell'**Anfiteatro Morenico di Ivrea**, per le frane superficiali.

### 5.1. PROCESSI D'INSTABILITÀ NELL'AREA DELLE LANGHE

#### Cenni geologico-strutturali

Dal punto di vista geologico, i rilievi collinari delle Langhe, appartenenti al Bacino Terziario Piemontese, sono rappresentati da successioni ritmiche di rocce sedimentarie terrigene di età compresa tra l'Oligocene ed il Miocene superiore.

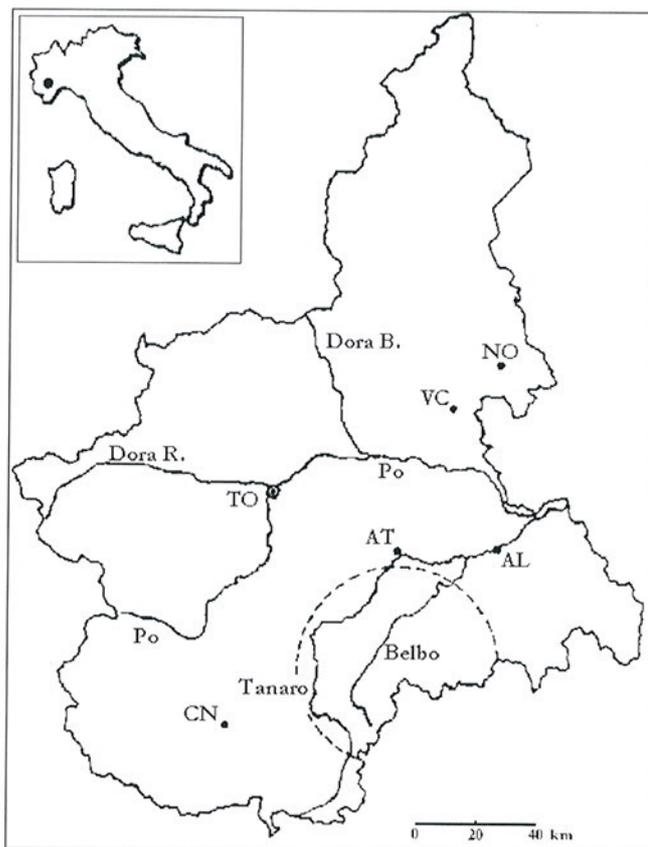


Fig. 1. Inquadramento geografico delle Langhe piemontesi.

Si tratta di *facies* a sedimentazione normale di mare poco profondo passanti ad ambienti di sedimentazione torbida conseguenti ad una trasgressione marina che, a partire dall'Oligocene, si è propagata da NE verso SW.

Nella zona centrale la successione Oligo-Miocenica possiede una potenza non inferiore a 4000 m. I litotipi prevalenti sono marnoso-siltosi da grigio-giallognoli ad azzurri ed arenaceo-sabbiosi grigi, gialli e rossastri, potenti anche un paio di metri, ma più frequentemente compresi tra 5 e 50 cm.

Strutturalmente questi depositi sono caratterizzati da una giacitura isoclinale sufficientemente regolare immergente verso NW con un'inclinazione variabile tra 8° e 15°, che ha portato alla formazione di un paesaggio a valli asimmetriche caratterizzate da un versante "lungo" a debole inclinazione conforme alla stratificazione e da uno, opposto "corto", generalmente ripido, inciso sulla testata degli strati (Fig. 2).

### Processi di instabilità dei versanti durante l'evento

In questa area particolare (Fig. 1), le piogge della prima decade di novembre hanno determinato, oltre alla crisi generalizzata di tutta la rete idrografica, l'insorgere di un numero talmente elevato di fenomeni franosi, su un territorio così esteso, che non si ha memoria storica di un evento di tale intensità. Per ritrovare qualcosa di analogo, anche se complessivamente non di tale portata, bisogna risalire agli eventi del maggio 1926, maggio 1948, novembre 1968, febbraio 1972 e marzo 1974.

Su questi colline si sono così attivati, in uno spazio temporale relativamente breve, tra le prime ore del mattino di sabato e la notte di domenica 6 novembre, migliaia di movimenti franosi di varia tipologia e dimensione che, interessando centri abitati, singoli edifici, viabilità e infrastrutture, hanno arrecato gravissimi danni, provocando anche alcune vittime (cfr. Tav. 1 fuori testo).

Per quanto concerne l'instabilità dei versanti, si sono identificate essenzialmente tre tipologie di movimento:

1. fenomeni franosi per saturazione e mobilizzazione dei materiali sciolti costituenti le coperture super-

ficiali, sviluppatasi prevalentemente sui versanti più acclivi;

2. fenomeni franosi coinvolgenti il substrato roccioso anche a notevole profondità, sviluppatasi come scivolamenti planari lungo giunti paralleli alle superfici di strato, aventi inclinazione compresa tra 8° e 15°, generalmente coincidente con quella dei versanti;

3. fenomeni franosi coinvolgenti le coperture più potenti e talora parti di substrato più disaggregato, sviluppatasi come scorrimenti rotazionali, su versanti generalmente più acclivi dei precedenti e diversamente orientati.

L'analisi preliminare delle caratteristiche dinamiche ed evolutive di ogni specifica fenomenologia ha indirizzato l'attenzione verso quei processi di instabilità che lasciavano presupporre una recrudescenza dei movimenti. La conseguente valutazione del rischio residuo ha portato alle seguenti considerazioni:

1. le frane per saturazione e mobilizzazione dei materiali sciolti superficiali si sono innescate ed esaurite nel corso dell'evento; si è potuto pertanto, in generale, escludere la mobilizzazione di ulteriori masse instabili poste al contorno delle aree coinvolte, ritenendo che future precipitazioni di una certa consistenza avrebbero provocato l'instabilità di altri settori di versante difficilmente identificabili;

2. gli scivolamenti planari sono stati riconosciuti come le fenomenologie di maggiori dimensioni più ricorrenti e più diffuse arealmente. In molti casi le frane osservate sono risultate essere riattivazioni di fenomeni passati e gli elementi morfostrutturali che le hanno contraddistinte hanno mostrato una netta corrispondenza con quelli precedentemente individuati. In molti altri casi si sono mobilizzati ben localizzati settori di versante all'interno di più antichi e grandi fenomeni gravitativi, senza peraltro coinvolgerli nella loro globalità. Si è riscontrato infine, anche se in percentuale molto minore, lo sviluppo di scivolamenti planari di neoformazione, generalmente caratterizzati da dimensioni non rilevanti. In merito alle caratteristiche evolutive di questo tipo di frane, si è rilevata un'ampia variabilità di situazioni che andavano dalla semplice apertura di fessurazioni, profonde anche 15-20 m e con sviluppo lineare che in alcuni casi raggiungeva alcune centinaia di metri, senza

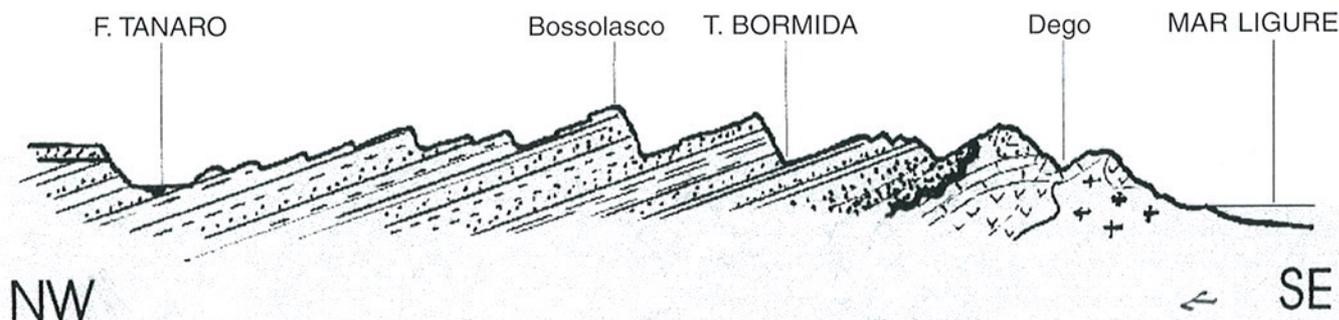


Fig. 2. Profilo schematico dimostrativo della situazione strutturale del substrato nell'area delle Langhe tra il fiume Tanaro e il Mar Ligure. La sezione posta da NW a SE mostra la disposizione, in monoclinale, della successione sedimentaria del Bacino Terziario Piemontese posta in discordanza (verso destra) sui litotipi preoligocenici appartenenti ai Domini Brianzonese e Piemontese.



**Fig. 3.** Comune di Feisoglio, località Piazza. Poco a valle di una vecchia scarpata si sono delineate alcune fratture perimetrali legate all'attivazione del 1994.

sensibili dislocazioni di massa (Fig. 3, 3 bis) fino, attraverso vari stadi evolutivi intermedi (Fig. 4), allo scivolamento ed allo scompaginamento dell'intera massa dislocata (Fig. 5, 5 bis).

Per tutte le motivazioni elencate, il rischio residuo per queste fenomenologie risultava essere piuttosto elevato, sia a breve sia a lungo termine. Le situazioni rilevate hanno richiesto già nei primi giorni dopo l'evento una particolare specifica attenzione, in quanto hanno evidenziato condizioni di diffusa pericolosità che si sono manifestate progressivamente con processi tardivi che avrebbero potuto evolvere in senso peggiorativo in funzione del deterioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali coinvolti e delle mutate condizioni ambientali;



**Fig. 4.** Comune di Rocca Cigliè, regione Mollie. Ripresa aerea di un ampio settore di versante coinvolto in uno scivolamento planare arrestatosi in una fase di evoluzione "intermedia".



**Fig. 5.** Comune di Murazzano, località C. Bruciata. Lo spettacolare scivolamento planare che ha interrotto la strada statale tra Murazzano e Bossolasco, può essere preso come esempio di un processo evoluto.

3. gli scivolamenti rotazionali, benché fossero caratterizzati anch'essi da un certo rischio residuo, imputabile alla possibile mobilizzazione di settori limitrofi, sono risultati tuttavia in numero limitato e perlopiù localizzati in aree poco antropizzate.

### Indagini e studi

In conseguenza di quanto verificatosi, nel corso dell'evento, con l'obiettivo di fornire gli strumenti di conoscenze di base per attuare misure di salvaguardia della pubblica incolumità e pianificare gli interventi di sistemazione, sono state condotte in modo sistematico numerose indagini, coinvolgendo più figure professionali coordinate dal Settore Studi e Ricerche Geologiche-Sistema Informativo Prevenzione Rischi della Regione Piemonte.

Le indagini e gli studi condotti a seguito dell'evento hanno quindi privilegiato la valutazione dell'instabilità inerente gli scivolamenti planari senza peraltro escludere l'esame delle altre tipologie disestive.

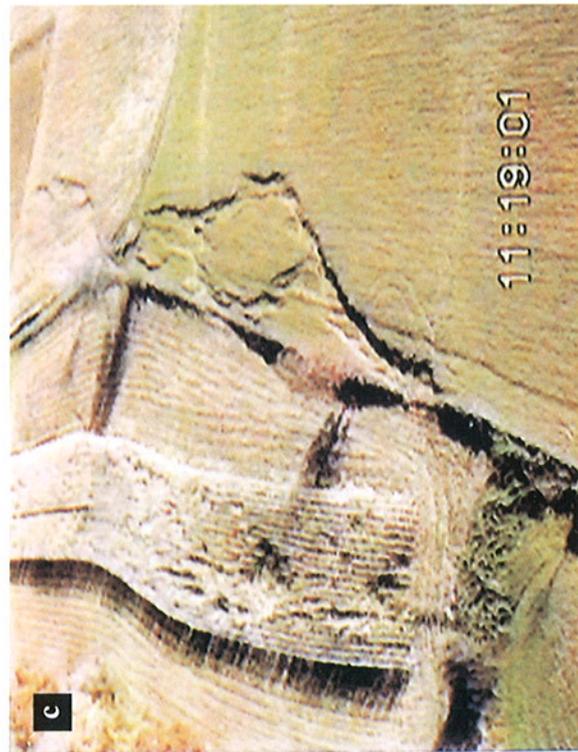
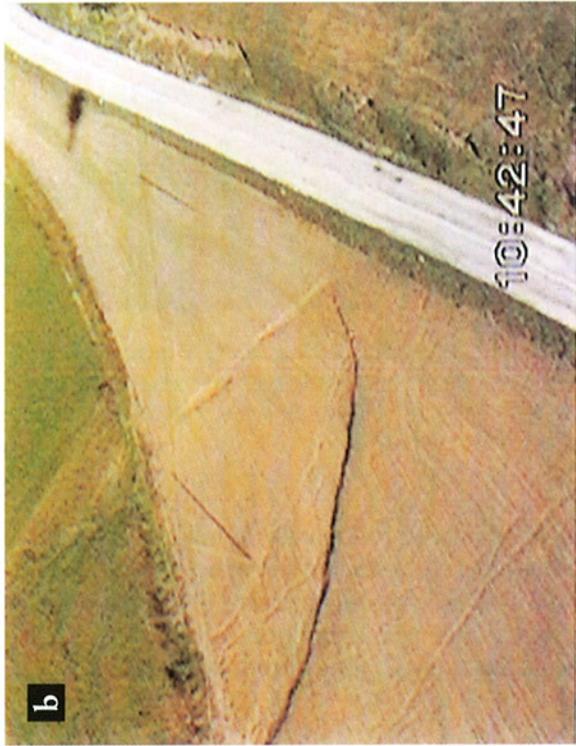
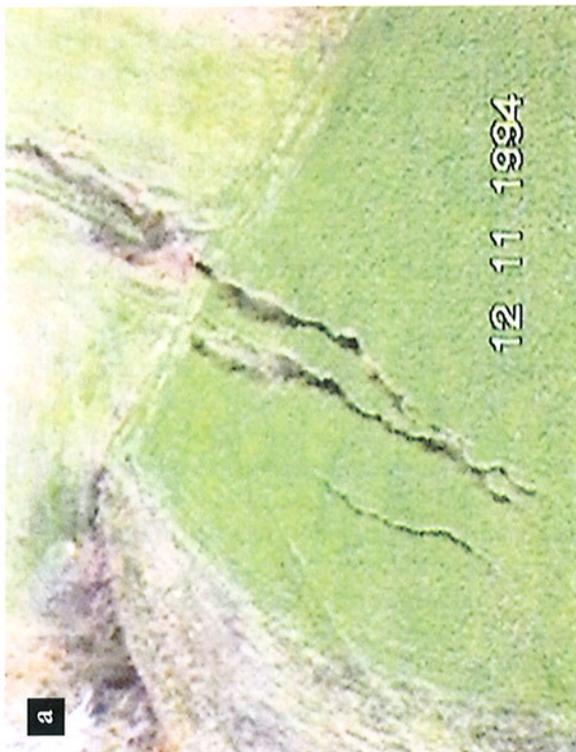
Il lavoro è essenzialmente consistito in una fase di raccolta dati ed in una successiva conduzione di analisi a posteriori al fine di definire i principali fattori influenzanti l'instabilità.

Le attività si sono articolate nel seguente modo:

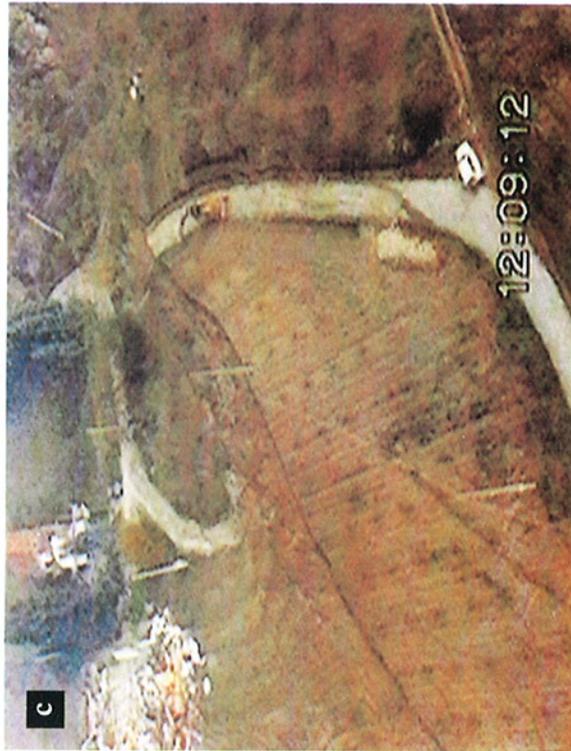
- *Attività in corso di emergenza*

(a) istituzione di un Gruppo di Lavoro multidisciplinare Regione Piemonte, C.N.R.-IRPI e Politecnico di Torino avente il compito di indirizzare le indagini;

(b) individuazione e mappatura in scala 1:25.000 dei processi di instabilità mediante interpretazione di fotografie aeree scattate pochi giorni dopo l'evento alluvionale, alla scala 1:20.000 (attività svolta in collaborazione con il C.N.R.-IRPI di Torino) (Fig. 10);



**Fig. 3 bis.** Frane per scivolamento planare nelle Langhe. Indizi morfologici e tipologie evolutive: a) fratture di trazione legate ad un stato di "incompletezza" del movimento; b) fratture di trazione e scarpata di modesto rigetto in zona sommitale di un movimento incipiente; c) limite superiore, della lunghezza di poco inferiore ad un centinaio di metri, di un settore di versante impegnato da un movimento incipiente; d) limitato movimento, identificabile anche dalle fratture laterali, in un settore già affetto da movimenti progressi.



**Fig. 5 bis.** Frane per scivolamento planare nelle Langhe. Indizi morfologici e tipologie evolutive: a) movimento parzialmente evoluto con intersezione di fratture in zona di nicchia; b) ondulazioni nella parte terminale di un accumulo, collegabili ad un settore di compressione; c) limite laterale sinistro, con evidente traslazione della sede viaria, in un movimento "evoluto"; d) ampia esposizione del piano di scivolamento, con sovrascorrimento di parte del materiale oltre il fianco destro, in un movimento "evoluto".

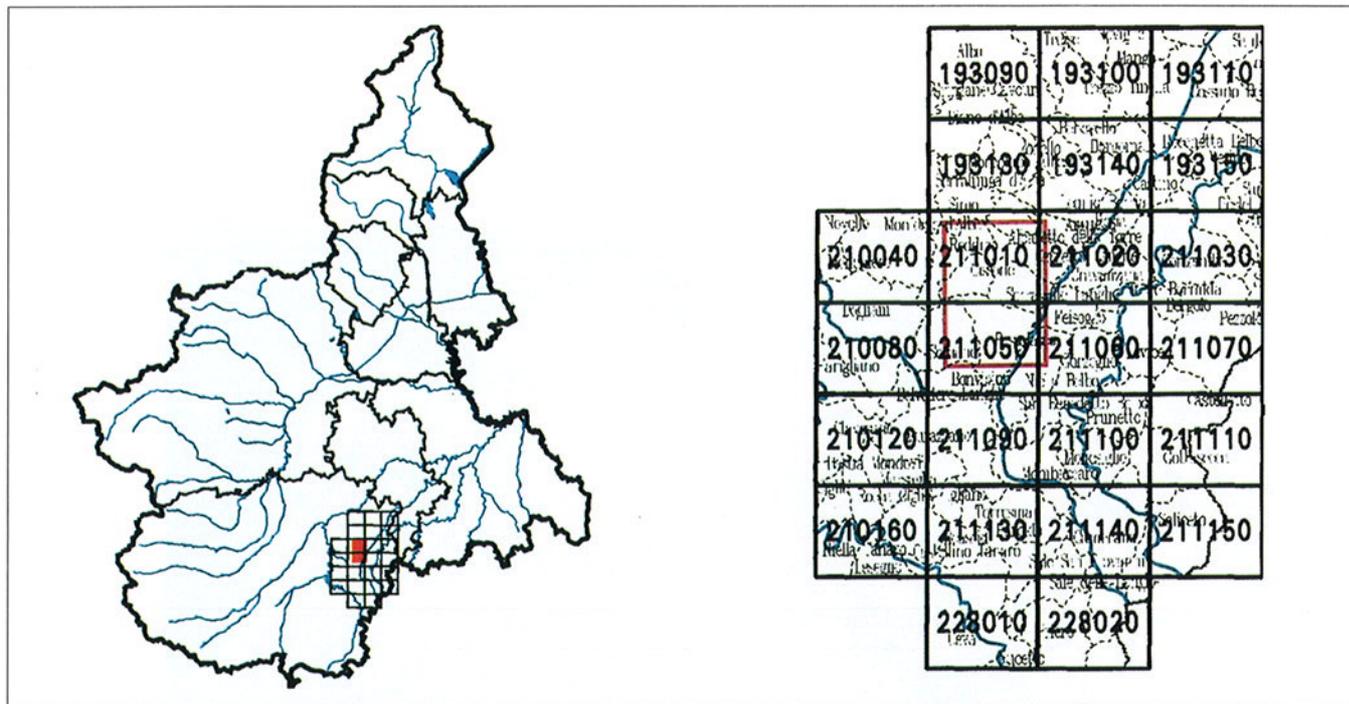


Fig. 6. Quadro delle Sezioni della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, utilizzate come supporto cartografico per l'elaborazione dello studio sugli scivolamenti planari. In rosso è identificata l'area rappresentata nella Tav. 5 fuori testo.

(c) definizione di criteri di raccolta dati e di una metodologia di rilevamento (attività svolta in collaborazione con il C.N.R.-IRPI di Torino);

(d) compilazione di schede tipo con creazione di database specifico.

• *Attività di gestione post-evento*

(a) stesura di cartografie tematiche inerenti i processi di instabilità alla scala 1:10.000, mediante analisi interpretativa delle foto aeree integrata da rilevamento e controlli di terreno (Fig. 5);

(b) analisi retrospettiva dei processi di instabilità, eseguita sulla base dei dati raccolti e delle diverse situazioni esaminate.

### 5.1.1. Frane per scivolamento planare

#### *Identificazione del processo*

Le conoscenze acquisite nel corso degli anni dal Settore Studi e Ricerche Geologiche della Regione Piemonte, anche attraverso l'analisi della letteratura esistente, hanno permesso di collocare le singole frane per scivolamento planare delle "Langhe" Piemontesi in un contesto di dissesto arealmente diffuso, in ragione dell'elevato numero di casi, della tipicità del fenomeno e della ricorrenza nel tempo.

Sia pure in modo puntuale ed episodico, già all'inizio del secolo alcuni Autori avevano posto l'attenzione sugli scivolamenti planari, riportando casi eclatanti già allora conosciuti. Il grave evento alluvionale del 4-6 novembre 1994 ha rifocalizzato l'attenzione su questa problematica, poiché su un'area di 800 km<sup>2</sup> compresa tra Alba e Ceva (S-N) e Dogliani e Roccaverano (W-E), sono stati individuati circa 800 movimenti franosi, la maggior parte dei quali si sono concentrati in un'area più ristretta di circa 400 km<sup>2</sup> (Fig. 7).

Le frane per scivolamento planare suscitano notevole interesse per le seguenti caratteristiche:

– *peculiarità geologico-stratigrafiche*

Sono fenomeni che si attivano esclusivamente in formazioni oligo-mioceniche, costituite in prevalenza da litotipi marnosi, marnoso-siltosi ed arenaceo-sabbiosi in successioni ritmiche caratterizzate da una disposizione giaciturale monoclinale poco o nulla variabile.

Gli scivolamenti planari si determinano infatti esclusivamente lungo giunti orientati a NW aventi inclinazioni prossime a quella dei pendii disposti a frana-poggio generalmente compresi tra 8° e 14°.

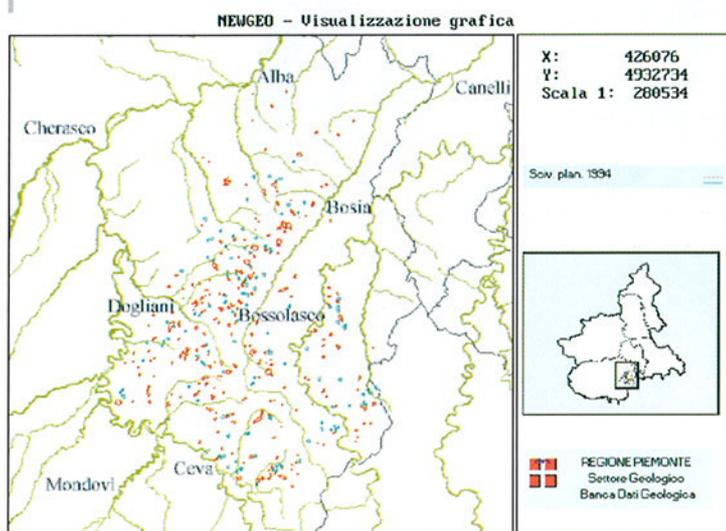


Fig. 7. Distribuzione spaziale delle frane per scivolamento planare durante l'evento alluvionale del novembre 1994.

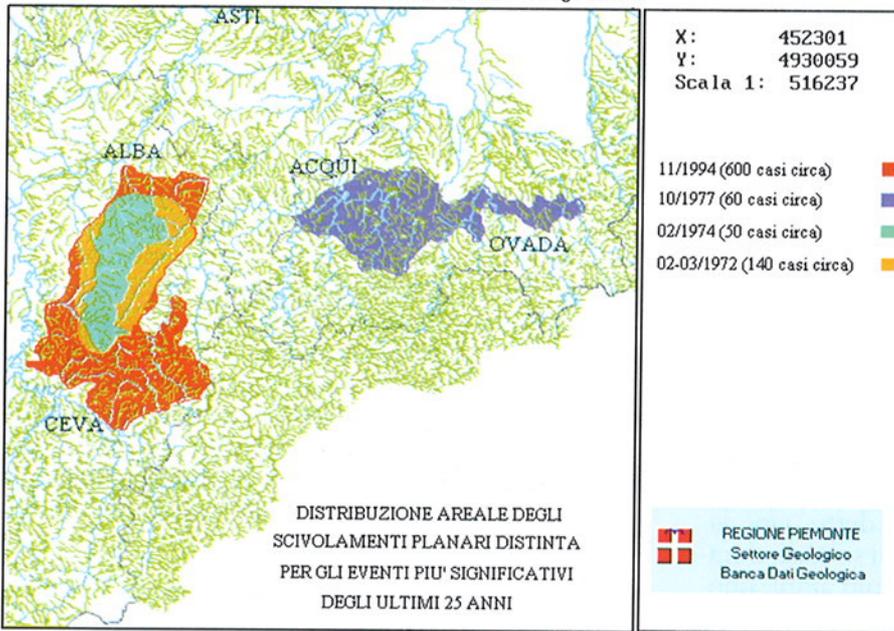


Fig. 8. Distribuzione areale degli scivolamenti planari, distinta per gli eventi più significativi dal 1972.

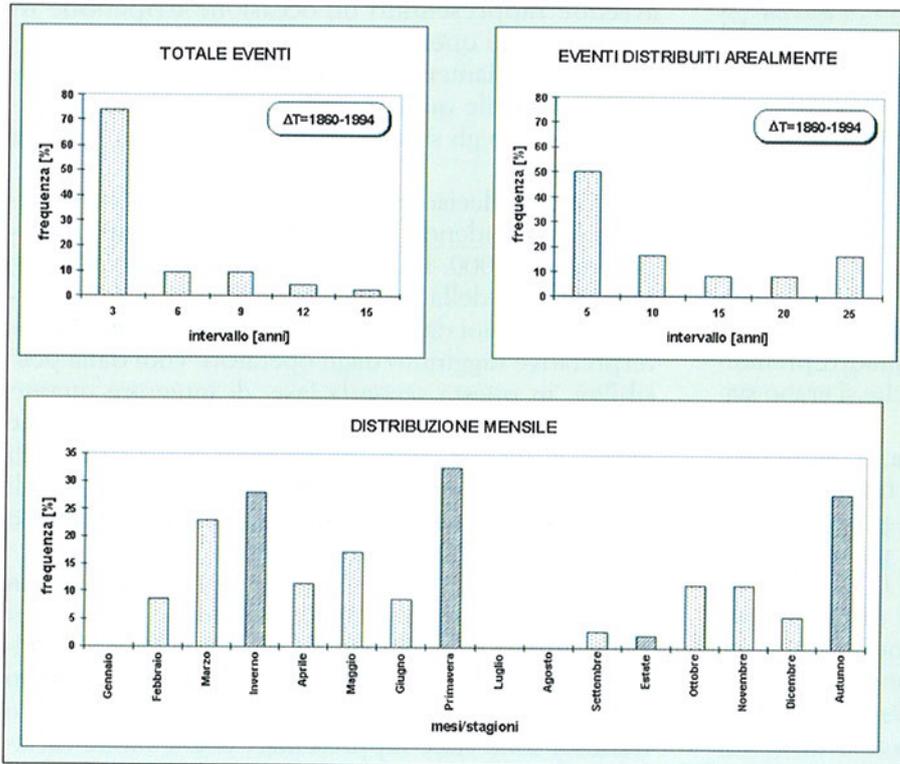


Fig. 9. Distribuzione temporale degli scivolamenti planari nel periodo 1864-1994 derivata dall'analisi dei dati storici del Sistema Informativo Geologico regionale.

– elevato numero di casi riscontrati

Sono stati censiti nel Sistema Informativo Geologico della Regione Piemonte oltre 2000 fenomeni franosi distinti in attivi e quiescenti, la cui localizzazione ben si accorda con la delimitazione geografica delle Langhe Piemontesi; nell'evento del 1994 ne sono stati riconosciuti circa 800 e in quello del 1972, nelle sole regioni di Bossolasco e Serravalle Langhe sono stati distinti 140 differenti settori coinvolti da scivolamenti planari;

– alta ripetitività accertata

La distribuzione spaziale degli scivolamenti planari, distinta per gli eventi più significativi degli ultimi

25 anni, evidenzia che la zona avente baricentro all'incirca in Bossolasco è stata interessata per ben tre volte da eventi di un certo rilievo, ovvero febbraio 1972, marzo 1974 e novembre 1994 (Fig. 8). La distribuzione temporale delle frane per scivolamento planare avvenute nel periodo 1860-1994, ricavata dal Sistema Informativo Geologico della Regione Piemonte, indica come nel 70% dei casi la frequenza di eventi idrometeorologici che hanno innescato fenomeni franosi di un certo rilievo, seppure in differenti settori delle Langhe e con diversa distribuzione spaziale, è di circa 3 anni (Fig. 9). La stessa aumenta fino a 5 anni, per instabilità arealmente più diffusa (coin-

volgenti contestualmente uno o più bacini). Inoltre, la distribuzione mensile degli eventi, calcolata nel medesimo intervallo 1860-1994, sebbene evidenzia una maggior ricorrenza di frane tardo-primaverile ed autunnale, sottolinea come nessun periodo dell'anno, ad eccezione dei mesi estivi, sia esente dal manifestarsi di tali processi;

#### – *caratteristiche evolutive*

Il cinematismo passa attraverso una prima fase preparatoria (comparsa in superficie di fratture di trazione più o meno continue nelle parti medio-alte del pendio e di rigonfiamenti del terreno nelle parti inferiori), perdurante nel tempo anche per alcuni decenni, ma che può ridursi a scarsi segnali premonitori anticipanti di poche ore, o minuti, il collasso vero e proprio. Il movimento propriamente detto, cioè la traslazione in massa di uno o più blocchi solidali, dura in genere da alcune ore, nei fenomeni più ampi, fino a pochi minuti in quelli circoscritti. Una terza ed ultima fase comprende movimenti relativi di adattamento e demolizione delle zolle traslate fino a giungere, in tempo sufficientemente breve e per gran parte dei fenomeni, alla costituzione di una copertura detritica continua che oblitera il piano di scorrimento già visibile e nella quale mal si distinguono vaghe prominente derivate dalle masse più voluminose (Govi et al., 1985; Susella, 1996).

#### *Studi e risultati*

Come accennato in precedenza, in fase di emergenza, si è reso necessario avere un quadro preliminare complessivo, in merito alle frane che si erano sviluppate nel corso dell'evento.

Per raggiungere questa conoscenza in tempi relativamente brevi è stata eseguita una fotointerpretazione speditiva volta ad individuare i principali corpi franosi e le situazioni di instabilità più significative, poi rappresentate alla scala 1:25.000 (Fig. 10).

Un'analisi generale delle tipologie di movimento che si sono attivate e degli effetti indotti hanno consentito di creare una prima valutazione in relazione alla quale è stato predisposto un *database* adatto a raccogliere tutte le informazioni ricavabili dalla sola fotointerpretazione.

Il lavoro svolto ha dovuto sottostare alla necessità di esecuzione in tempi brevi per poter fornire le informazioni di base a chi operava sul territorio nella gestione dell'emergenza.

Questa prima fase di lavoro ha comunque permesso di classificare 471 fenomeni franosi.

Successivamente, grazie all'esperienza già acquisita in anni di studio sui processi di instabilità dei versanti ed, in particolare, proprio sugli scivolamenti planari, è stato possibile stabilire fin dall'inizio una metodologia di analisi del territorio in relazione a quanto verificatosi. Per ogni singolo fenomeno individuato sono stati quindi adottati ben precisi criteri di rilevamento e raccolta dati sul terreno, stabilendo priorità in relazione allo stato di pericolosità e alle

caratteristiche delle frane individuabili in seno alle cartografie che venivano man mano prodotte con l'attività di fotointerpretazione. Sono state così elaborate specifiche schede riguardanti gli scivolamenti planari (Fig. 11).

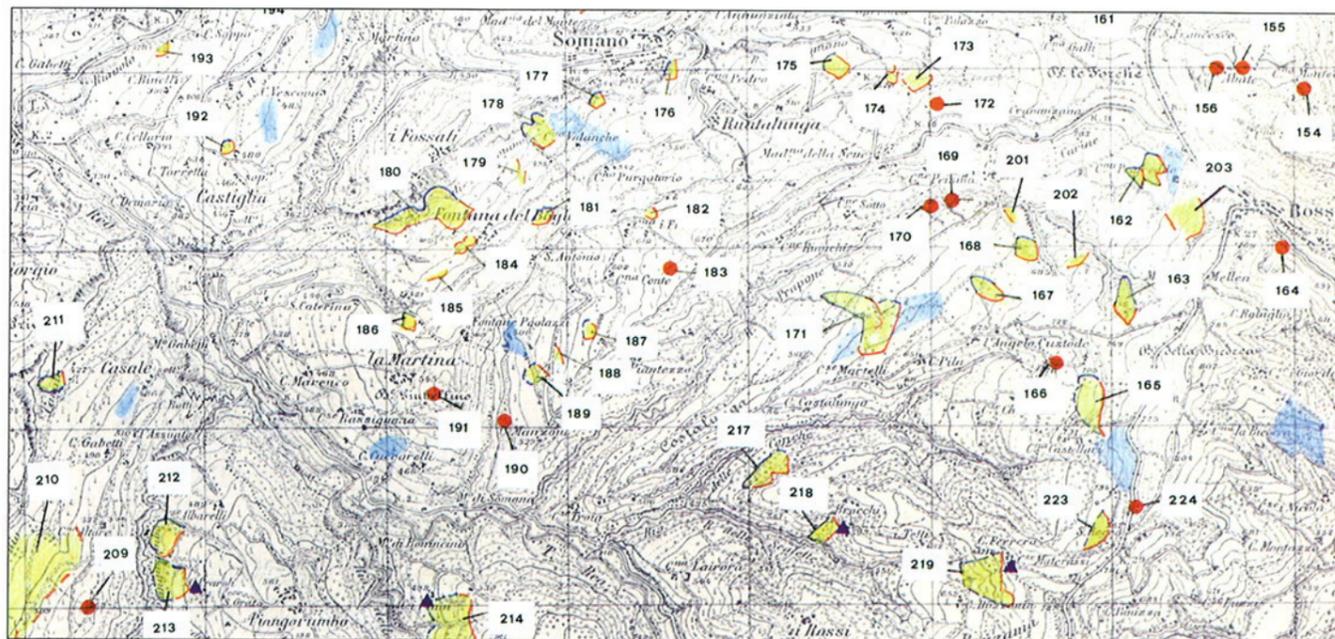
Per ogni frana è stato così possibile raccogliere informazioni sulle sue caratteristiche tipologiche ed evolutive, sulle caratteristiche geometriche e strutturali delle masse traslate e delle zone al contorno, sugli effetti e danni indotti, senza peraltro tralasciare la variabile *tempo* dei movimenti ricavabile da interviste in loco, dall'individuazione dei primi segni premonitori fino al momento del collasso generale. Anche in questo caso i dati sono stati inseriti in un *database* specifico; le informazioni così raccolte, hanno mostrato una buona correlazione con le informazioni ricavate dalle fotografie aeree, confermando la validità dello strumento fotointerpretativo.

Nella seconda fase del lavoro, superata l'emergenza, ci si è resi conto che un evento di questo genere, benché disastroso sul piano economico e sociale, avrebbe rappresentato un'occasione irripetibile di conoscenza di questi fenomeni e che pertanto sarebbe stato fondamentale analizzare il più dettagliatamente possibile quanto verificatosi per poter affinare al massimo gli strumenti della prevenzione e della previsione.

Si è così deciso di riprendere l'analisi fotointerpretativa scendendo nel dettaglio di una rappresentazione al 10.000. Il limite intrinseco dovuto alla scala (1:20.000) della ripresa aerea, è stato in gran parte superato, vuoi dall'affinamento delle capacità fotointerpretative raggiunto dagli operatori, vuoi dalla possibilità, in questa seconda fase, di integrare quanto ricavato dalla fotointerpretazione con una notevole massa di informazioni provenienti dalle attività di gestione dell'emergenza e da rilevamenti specifici di terreno finalizzati a riconoscere gli elementi dubbi o non visibili dalle fotografie aeree.

Il risultato di questo studio si è concretizzato in 24 sezioni alla scala 1:10.000, di cui la Tav. 5 fuori testo rappresenta un esempio, e nel censimento e nella rappresentazione grafica di più di 800 frane. Con questa metodologia di lavoro, oltre i limiti del corpo franoso, sono state rappresentate anche molte caratteristiche geometriche-cinematiche del movimento e sono state cartografate tutte le frane di una certa rilevanza caratterizzate da tipologie di movimento differenti dagli scivolamenti planari. In molti casi sono stati evidenziati settori di versante che, pur non potendo essere definiti con limiti precisi e quindi identificati come frane, tuttavia associavano indizi morfologici di presunta generale instabilità e quindi erano da ritenersi settori a rischio.

Queste cartografie tematiche, oltre alla rappresentazione delle varie frane e delle caratteristiche fisiche che le contraddistinguono, contengono anche molte informazioni inerenti i periodi di passate riattivazioni, gli effetti e danni indotti, nonché le attività di controllo e di monitoraggio che per alcune di queste sono state attuate.



Processi d'instabilità sui versanti

DESCRIZIONE TIPOLOGIA	SIGLA	SIMBOLOGIA	
		Individuazione approssimativa dell'area	Fenomeni di instabilità riconosciuti
FENOMENO INCIPIENTE Caratteri distintivi: apertura di fratture e fessurazioni, anche profonde nel terreno; deboli rigonfiamenti ed ondulazioni.	A		scarpata principale e/o frattura  limite incerto limite certo
FENOMENO EVOLUTO a) che appare confinato al piede. Caratteri distintivi: maggiore apertura delle fratture, buona definizione dei limiti di taglio laterale, significativi fenomeni di rigonfiamento o sovrascorrimento al piede.	B		
FENOMENO EVOLUTO b) libero al piede. Caratteri distintivi: esposizione della superficie di scivolamento, suddivisione in zolle del corpo mobilizzato, formazione di colate al piede.	C		
INDIZIO DI LOCALIZZATA RIATTIVAZIONE RECENTE SU ANTICA FRANA	T		
FRANA NON CARTOGRAFABILE	K		
AREA CON INDIZI MORFOLOGICI DI PRESUNTA INSTABILITÀ (Necessità di accertamenti sul terreno)			

21 Codice identificativo

DANNI ED EFFETTI INDOTTI	SIGLA	SIMBOLOGIA
Centri abitati danneggiati o distrutti	D	●
Centri abitati minacciati	E	▲
Nuclei abitati o singoli edifici danneggiati o distrutti	F	●
Nuclei abitati o singoli edifici minacciati	G	▲
Viabilità danneggiata o distrutta	H	
Viabilità minacciata	I	
Sbarramenti alla rete idrografica minore verificatisi	L	
Sbarramenti alla rete idrografica minore potenziali	M	

Fig. 10. Rappresentazione cartografica alla scala 1:25.000 delle situazioni di instabilità riconosciute attraverso fotointerpretazione speditiva.



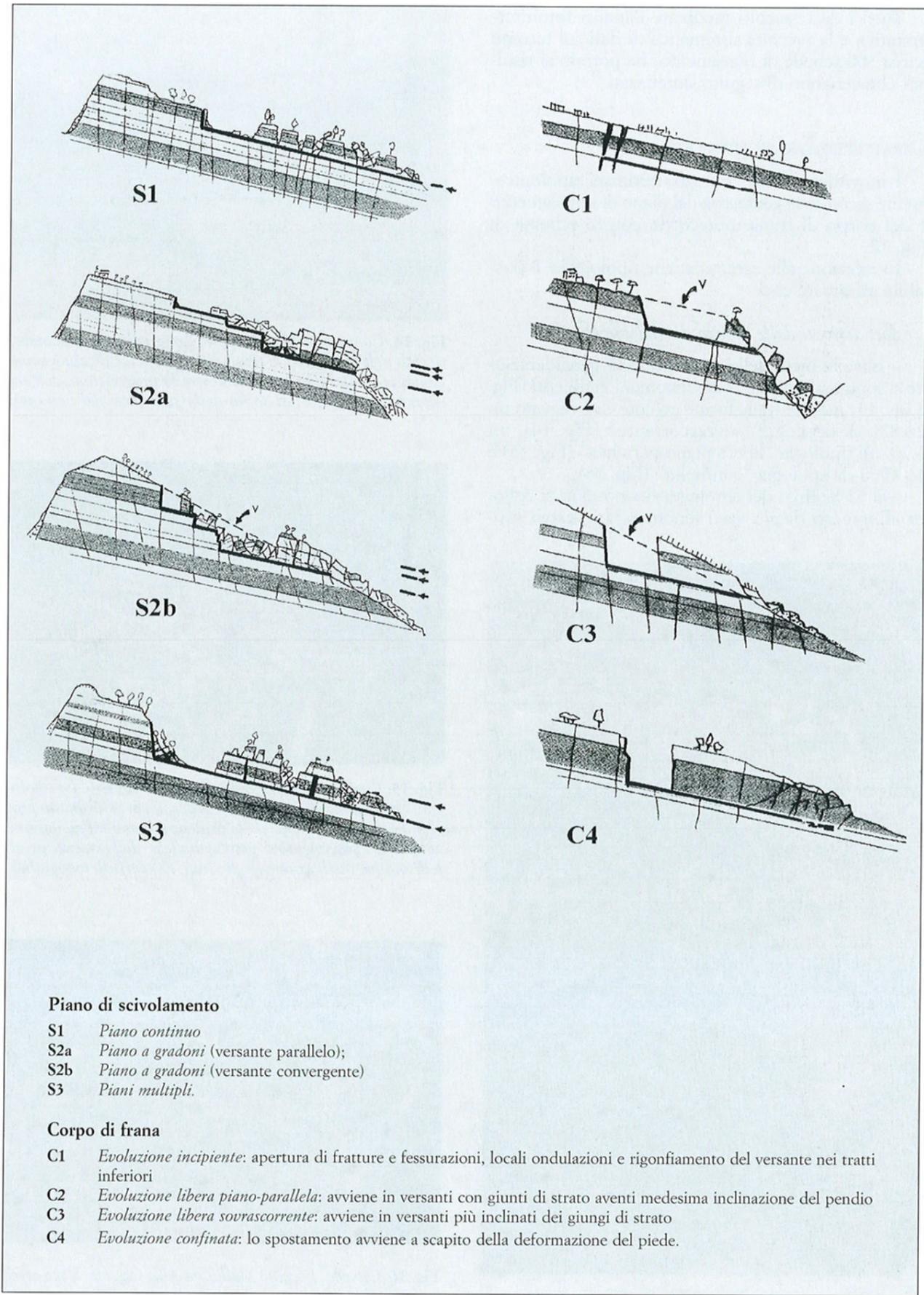


Fig. 12. Caratterizzazione tipologica degli scivolamenti planari.

Tutti i dati raccolti mediante l'analisi fotointerpretativa e la raccolta sistematica di dati sul terreno (circa 300 schede di rilevamento) ha portato ai risultati che vengono di seguito sintetizzati.

#### CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA

I movimenti sono stati caratterizzati tipologicamente secondo la geometria del piano di scivolamento e del corpo di frana in accordo con lo schema di Fig. 12.

In relazione alle caratteristiche tipologiche è possibile affermare che:

##### *dati derivati dalle schede di rilevamento*

– oltre la metà delle frane prese in considerazione si sono manifestate come fenomeni incipienti (Fig. 3 bis, 13) mentre fra le forme evolute, si è rilevato un 26.8% di tipologia “sovrascorrente” (Fig. 14), un 6.7% di tipologia “libera piano-parallela” (Fig. 15) e 11.49% di tipologia “confinata” (Fig. 16);

– il 51% circa dei fenomeni riconosciuti si colloca all'interno di più vasti fenomeni gravitativi rap-



**Fig. 14.** Comune di Mombarcaro. Lo scivolamento planare, ripreso nell'immagine, è tipologicamente classificabile come “sovrascorrente” così come dimostra la progressione dell'accumulo, in parte, al di sopra della superficie del versante.



**Fig. 15.** Comune di Mango, località S. Ambrogio. La tipologia “libera piano-parallela”, alla quale appartiene questo processo, è definita “libera” dalla presenza di una sovraincisione al piede del movimento e “piano-parallela” dall'evidente parallelismo tra inclinazione degli strati e superficie topografica.



**Fig. 16.** Cissona, Località Madonna della Cassina. Vista aerea generale della frana per scivolamento planare: in alto la scarpata principale, in basso le ondulazioni derivate dalla compressione e da locale sovrascorrimento.



**Fig. 13.** Immagine in ripresa obliqua di uno scivolamento planare apparentemente arrestatosi in una fase iniziale, seppure ben delimitato da fratture laterali.

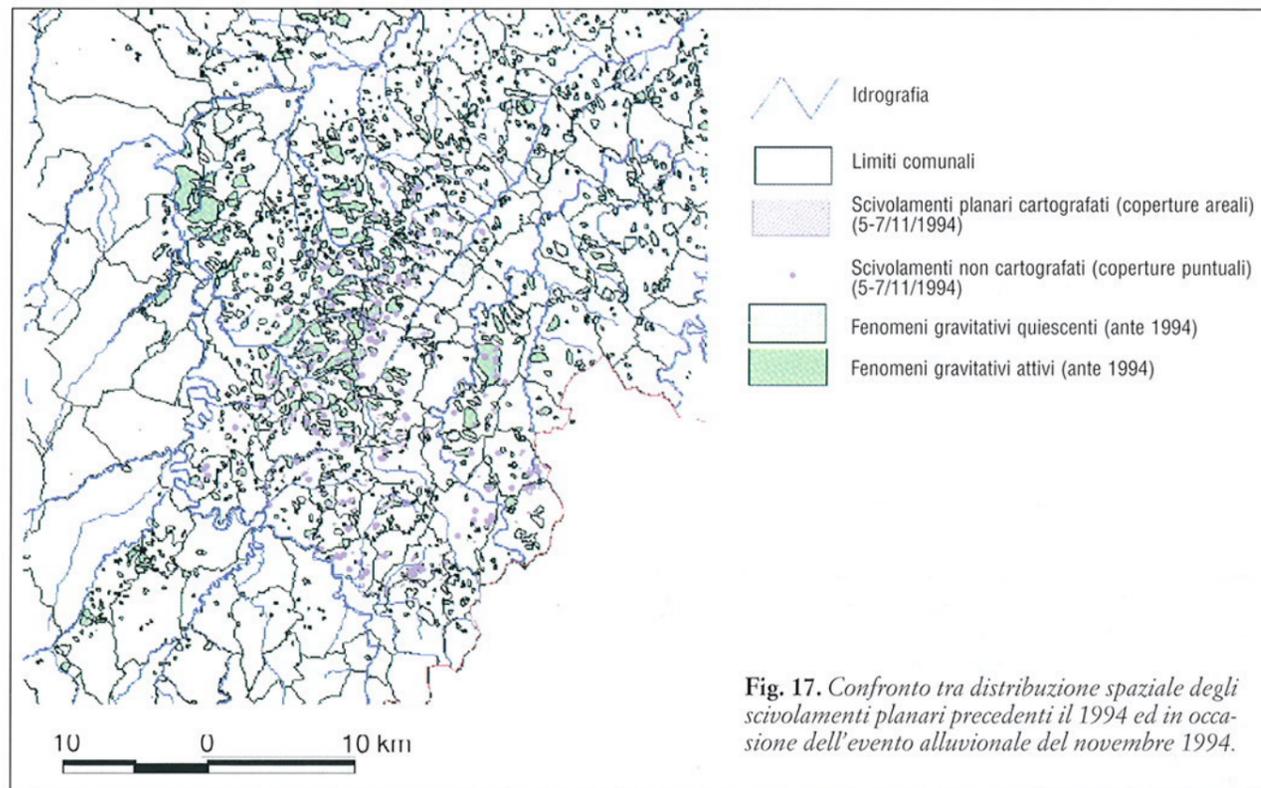


Fig. 17. Confronto tra distribuzione spaziale degli scivolamenti planari precedenti il 1994 ed in occasione dell'evento alluvionale del novembre 1994.

presentati nella cartografia alla scala 1:100.000 (del sistema informativo geologico) rivestendo un significato di locali riattivazioni. L'analisi di quest'ultime rapportate alle formazioni affioranti, mostra che i complessi litologici più colpiti (Fig. 18) sono le formazioni di Murazzano (36.78%), di Lequio (22.69%) e di Cassinasco (19.14%), sia per le loro peculiarità litologiche sia per la maggior estensione areale che le caratterizza. Valori decisamente più bassi si ritrovano nelle formazioni di Cortemilia (6.38%), nella marna di Paroldo (5.67%), nella formazione di Rocchetta (5.07%) e di Monesiglio (3.54%). Queste ultime formazioni hanno una distribuzione areale minore rispetto alle altre, fatta eccezione per quella di Cortemilia che tuttavia è caratterizzata da litologie arenacee più competenti.

*dati derivati dalla cartografia tematica alla scala 1:10.000*

– il successivo esame delle oltre 800 frane rilevate alla scala 1:10.000 rapportate alle formazioni geologiche coinvolte ha evidenziato le percentuali rappresentate in figura (Fig. 19).

#### DINAMICA ED EVOLUZIONE

*dati derivati dalle cartografie tematiche alla scala 1:10.000*

Uno studio fotointerpretativo dell'evento verificatosi nel 1972, integrato da informazioni storiche di archivio contenute nel sistema informativo geologico

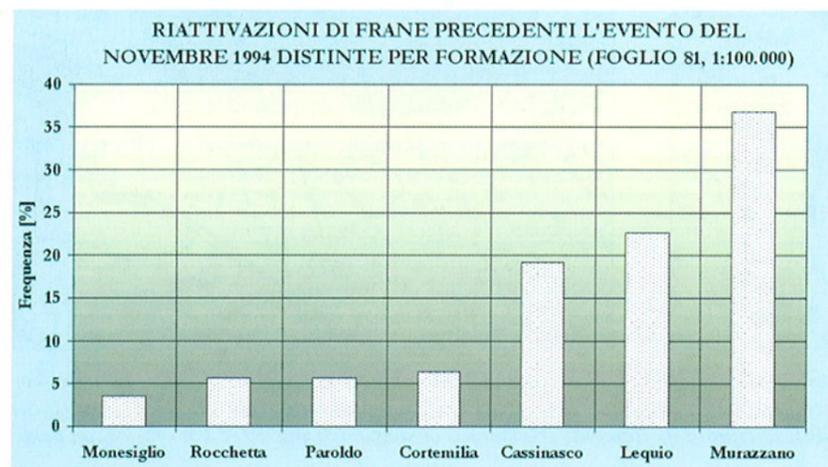


Fig. 18. Riattivazioni di frane per scivolamento planare precedenti l'evento del novembre 1994 distinte per formazione (Foglio 1:100.000 n. 81 Ceva).

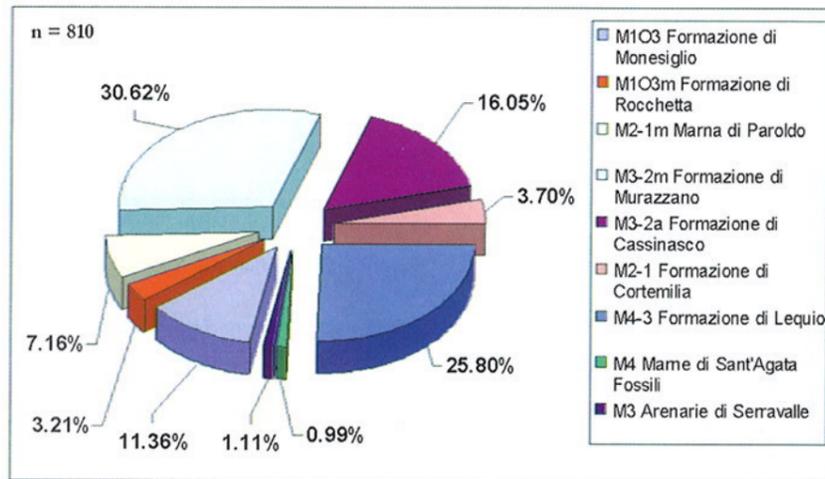


Fig. 19. Distinzione delle frane per scioglimento planare rilevate in funzione delle formazioni geologiche coinvolte.

e da interviste alla popolazione residente, basate su una discreta memoria storica dell'evento, ha consentito di realizzare, per due sezioni significative della carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 (Serravalle e Bossolasco), una rappresentazione esaustiva degli effetti indotti da quell'evento. Attraverso il confronto dei quadri conoscitivi desunti per i due eventi (1972-1994), si possono trarre utili considerazioni sulle caratteristiche dinamiche ed evolutive dei processi attivatisi, ovvero:

a) la percentuale di aree interessate da frane nei due diversi eventi è stata sostanzialmente equivalente;

b) un significativo numero di frane (62%), aventi dimensione superiori all'ettaro, si sono riattivate nel novembre 1994, con le seguenti modalità:

– riprendendo, nel 58% dei casi, gli elementi strutturali principali che avevano governato i movimenti del 1972 (Fig. 20),

– ampliando, nel 42% dei casi, settori di frana attivatisi nel 1972 (Fig. 21),

c) un discreto numero di frane (32%) verificatesi nel febbraio 1972 sempre con dimensione superiore all'ettaro, non ha manifestato segni di movimento nel 1994, fatta esclusione per alcune grandi frane (6%) che hanno fatto registrare piccoli locali assestamenti.

Infine numerose frane di piccole dimensioni ed isolate fratture di trazione si sono manifestate, nel corso dell'evento del 1994, in settori di versante che negli anni precedenti non avevano mostrato segni di movimenti riconoscibili.

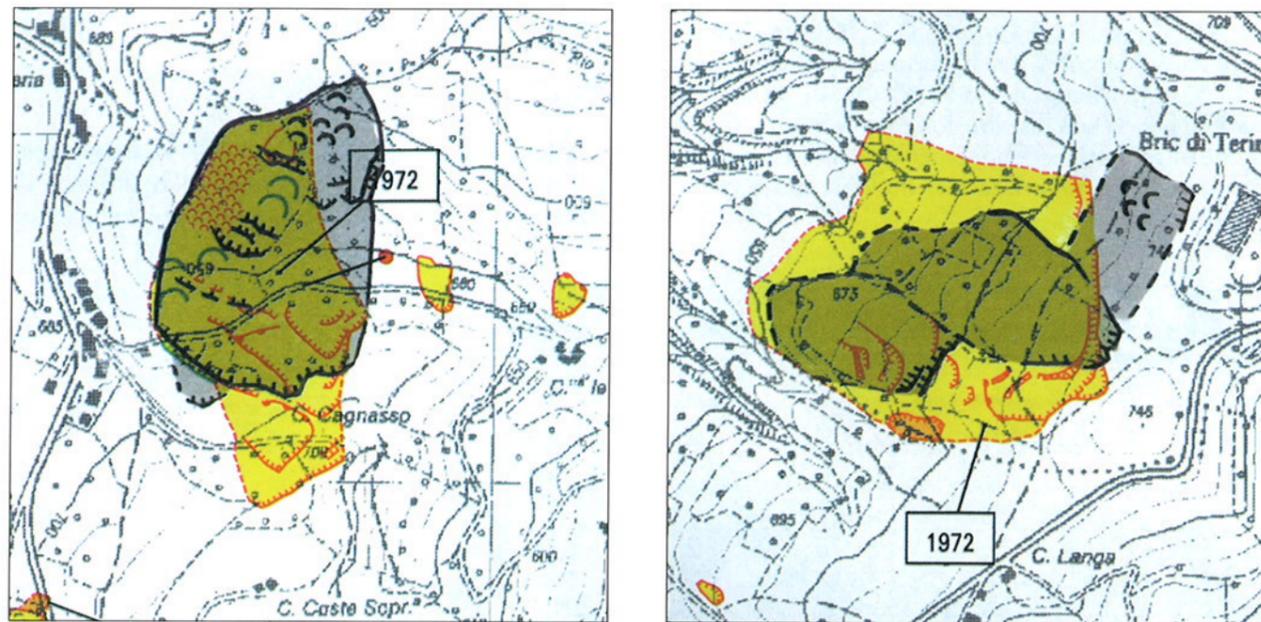
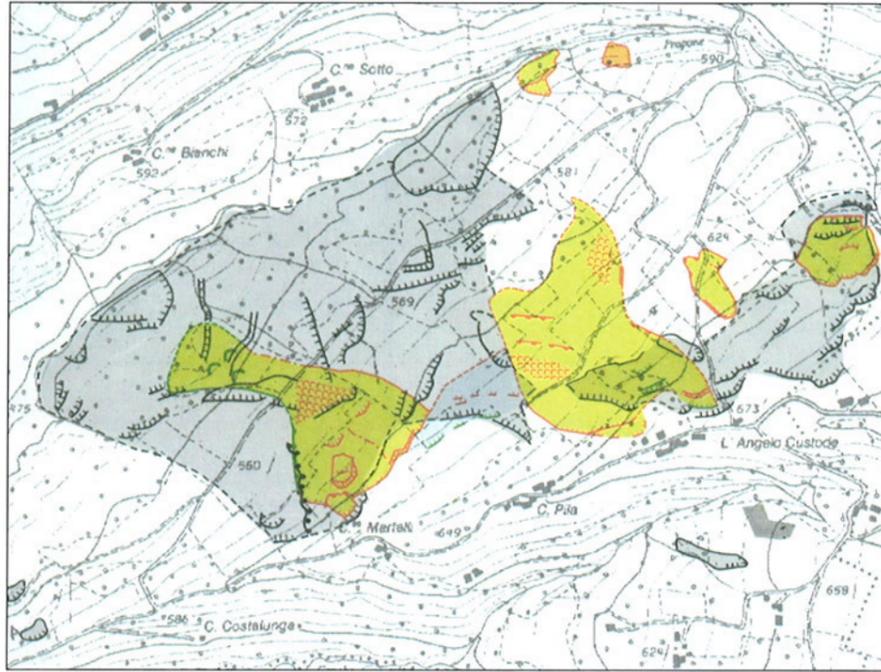


Fig. 20. Stralcio dalla cartografia, in originale a scala 1:10.000, "Gli scioglimenti planari nel territorio delle Langhe piemontesi attivati durante l'evento del 4-6 novembre 1994", Regione Piemonte, 1997. In figura sono riportati due esempi (località Case Cagnasso e Bric di Terino) riguardanti la ripresa di elementi strutturali, evidenziatisi nel 1972 (in grigio), da parte di movimenti attivatisi nel 1994 (in giallo).

**Fig. 21.** Stralcio dalla cartografia, in originale a scala 1:10.000, "Gli scivolamenti planari nel territorio delle Langhe piemontesi attivati durante l'evento del 4-6 novembre 1994", Regione Piemonte, 1997. Nell'immagine, località C. Costalunga, è riportato un esempio di ampliamento di un settore attivatosi nel 1972 (in grigio) da parte di un movimento innescatosi nel 1994 (in giallo).



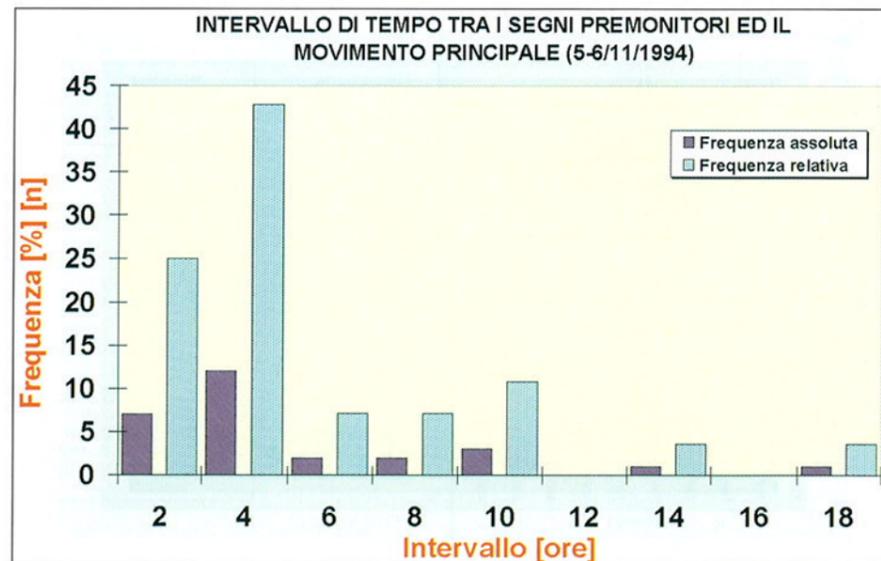
*dati derivati dalle schede di rilevamento*

Durante il lavoro di raccolta dati in situ, sono state effettuate numerose interviste tendenti a ricostruire i tempi e la dinamica dei movimenti. In particolare, si sono raccolte alcune interessanti notizie sul momento dell'innesco delle frane, fatto coincidere con la comparsa dei primi segni premonitori (percezione dei primi movimenti, comparsa di lesioni e prime fessurazioni su manufatti o terreni) e sull'ora del collasso, vale a dire il momento in cui si sono avuti i maggiori e più significativi movimenti. Si constata in generale un significativo intervallo di tempo (oltre le 2 ore per il 75% dei casi) tra la comparsa dei primi segni premonitori e la fase di collasso (Fig. 22). Dall'analisi di questi dati (70 casi circa), emerge che la quasi totalità delle frane si è attivata tra il pomeriggio e la notte del sabato 5 novembre con punte

massime tra le ore 20.00 e le ore 24.00 di quello stesso giorno (Fig. 23).

L'esame dei dati di rilevamento ha consentito di ricavare una popolazione di 108 misure utili per valutare l'elongazione, intendendo con questo termine la distanza tra la scarpata principale ed il limite inferiore dell'accumulo o della zona interessata da movimento percettibile. Dalla fig. 24 si nota come oltre il 65% delle misure corrisponda ad elongazioni comprese entro 100 m. Al fine di integrare le informazioni ricavate in campagna è stata inoltre condotta un'indagine sulla stima delle elongazioni mediante interpretazione delle fotografie aeree scattate nei giorni successivi all'evento.

Operando in tal modo sono state determinate 373 misure dell'elongazione. Anche in tale situazione il 50% dei casi corrisponde a valori compresi entro i 100 m (Fig. 24).



**Fig. 22.** Intervallo di tempo tra la comparsa dei primi segni premonitori ed il movimento principale (fase di collasso).

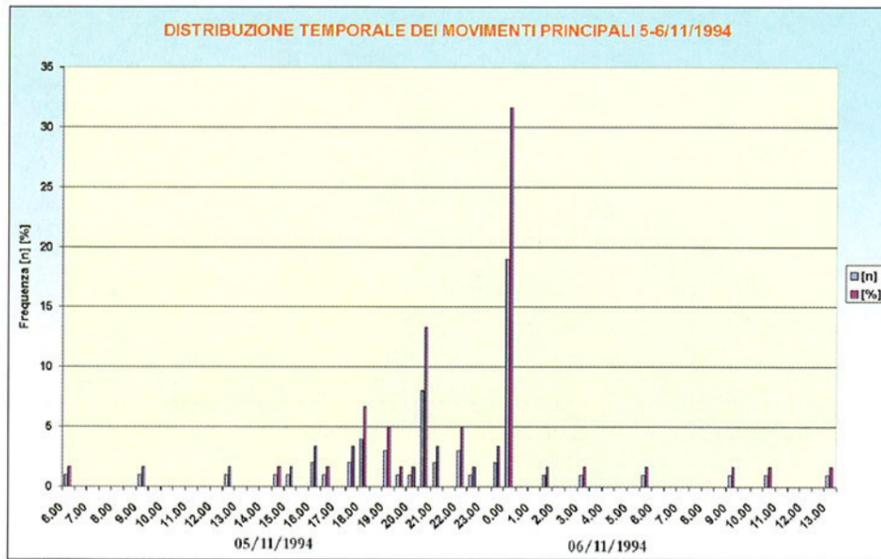


Fig. 23. Distribuzione temporale dei movimenti principali. Il picco in corrispondenza della mezzanotte del 6 novembre si riferisce a dati relativi ad eventi che dalle testimonianze sono avvenuti nella notte tra il 5 ed il 6 novembre. Per semplicità, dunque, sono stati attribuiti alla mezzanotte.

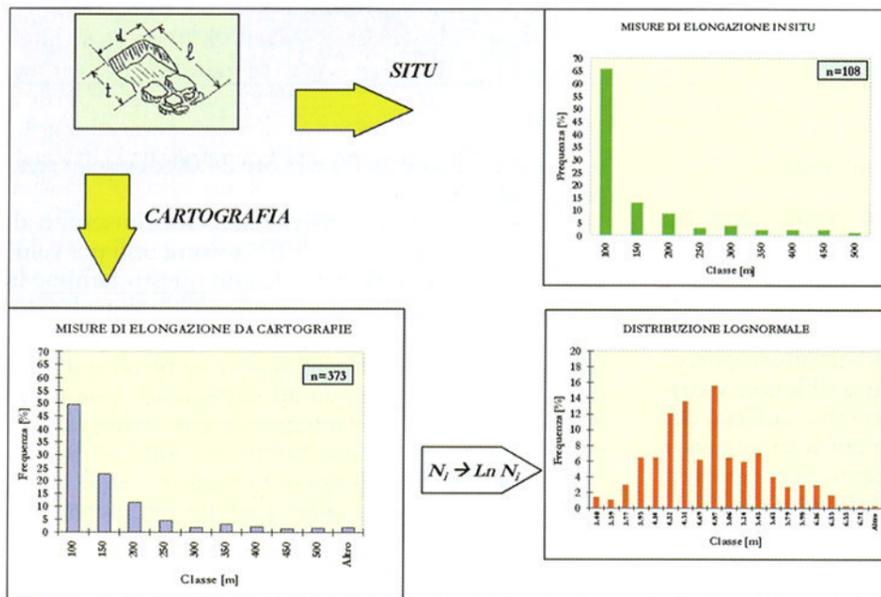


Fig. 24. Distanza tra la scarpata principale ed il limite inferiore dell'accumulo.

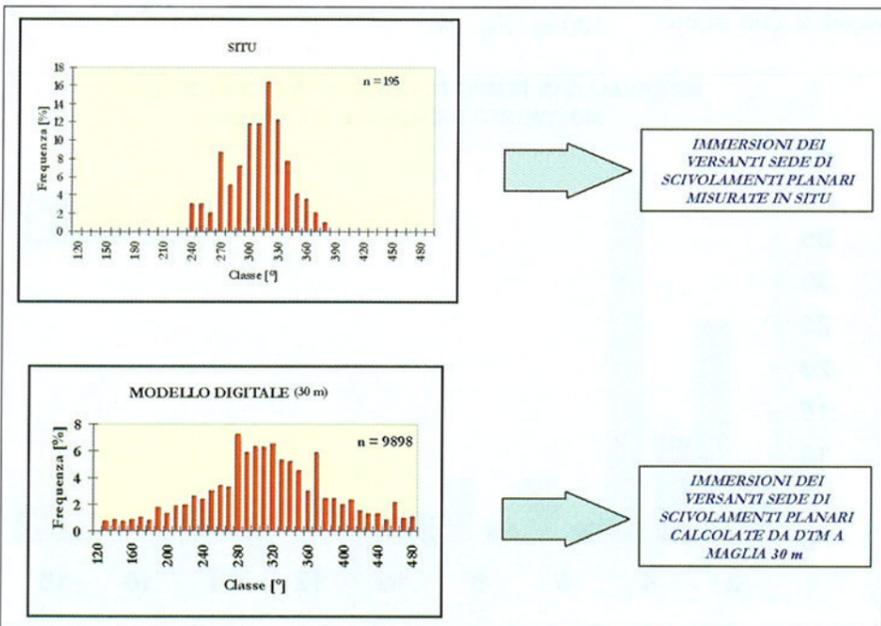


Fig. 25. Confronto tra le immersioni dei versanti interessati da frane per scivolamento planare ottenute da misure in situ e da modello digitale del terreno.

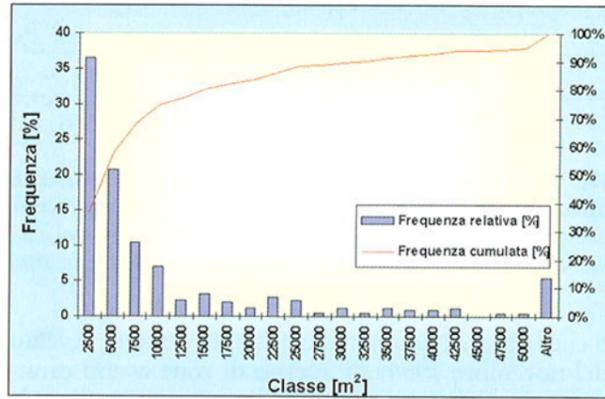


Fig. 26. Dimensioni areali delle frane per scivolamento planare.

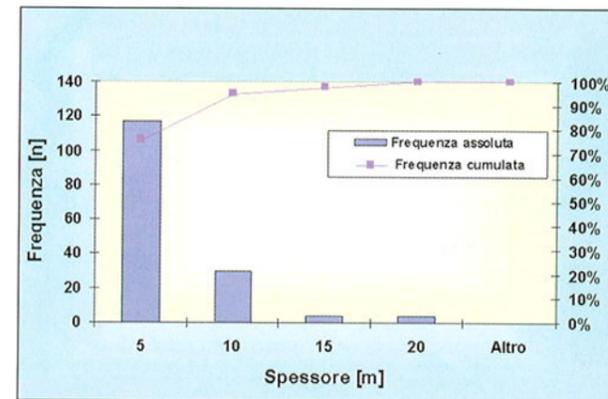


Fig. 28. Spessori masse traslate.

## CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E GIACITURALI

### Immersione dei versanti

Un'analisi statistica desunta da un modello digitale del terreno (discretizzato da elementi triangolari di 30 m di lato) ha posto in evidenza che circa il 99,7% dei fenomeni franosi verificatisi durante l'evento del 1994 (Fig. 25), ed il 92% delle aree già precedentemente interessate da frane, avviene in versanti avvenuti immersione compresa nell'intervallo  $210^\circ \pm 40^\circ$  (valori misurati *in situ* per l'evento del 1994:  $307^\circ \pm 30^\circ$ ).

I versanti caratterizzati da questa immersione ( $210^\circ - 40^\circ$ ), considerati su tre sezioni, alla scala 1:10.000, significative per il numero di frane (Serravalle, Bossolasco e Murazzano), rappresentano il 68% dell'area totale delle 3 sezioni, ossia 76 km<sup>2</sup> su 110 circa.

Le aree delle frane attivate nel corso dell'evento 1994, sommate alle aree caratterizzate da indizi di generale instabilità, hanno interessato una superficie totale di 3,4 km<sup>2</sup>, pari quindi al 4,5% delle aree ricadenti in tale intervallo di immersione.

### Dimensioni areali delle frane

Un'analisi statistica fatta sulle stesse tre sezioni al 1:10.000, ha messo in evidenza che il maggior numero di frane per scivolamento planare ha dimensioni inferiori all'ettaro (75%, Figg. 26, 27). Tuttavia se confrontiamo le superfici totali delle frane inferiori all'ettaro con quelle di maggiori dimensioni vediamo che queste ultime coprono una superficie complessiva di ben quattro volte superiore alle precedenti.

C.T.R. 1:10.000	SUPERFICIE	
	< 10.000 m <sup>2</sup>	> 10.000 m <sup>2</sup>
Serravalle	198.965.128	1.231.247.000
Bossolasco	201.813.326	714.934.000
Murazzano	242.971.000	674.600.000
<b>Totale</b>	<b>643.749.454</b>	<b>2.620.781.000</b>

Fig. 27. Superfici totali delle aree in frana inferiori e superiori ad 1 ha, calcolate sulle C.T.R. 1:10.000 Serravalle, Bossolasco e Murazzano.

### Spessori masse traslate

Il maggior numero di frane considerate a tipologia evoluta (schede di rilevamento) ha spessori inferiori a 5 metri (58,3%). È ancora significativo il numero delle frane caratterizzate da spessori variabili tra 5 e 10 metri (30,1%) mentre si riduce sensibilmente per quelle comprese tra 10 e 15 metri (10,3%) e decresce ulteriormente per frane con spessori superiori a 15 metri (1,5%) (Fig. 28).

### Superfici di scivolamento

Le superfici di scivolamento hanno valori di inclinazione normalmente distribuiti attorno a  $11^\circ \pm 3,7^\circ$  ed immersione pari a  $319^\circ \pm 21^\circ$  (fig. 29); nei giorni immediatamente successivi l'innescò delle frane, le superfici di scivolamento, piane e prive di irregolarità, apparivano in alcuni casi segnate da strie di movimento profonde sino ad un centimetro circa e con sviluppo lineare anche di un centinaio di metri, prodotte da protuberanze o noduli più resistenti all'interfaccia delle masse traslate (Fig. 29 bis). La differenza media tra l'immersione delle strie e l'immersione della superficie di scivolamento e l'immersione del versante è stata misurata rispettivamente in  $14,5^\circ$  e  $18,5^\circ$ .

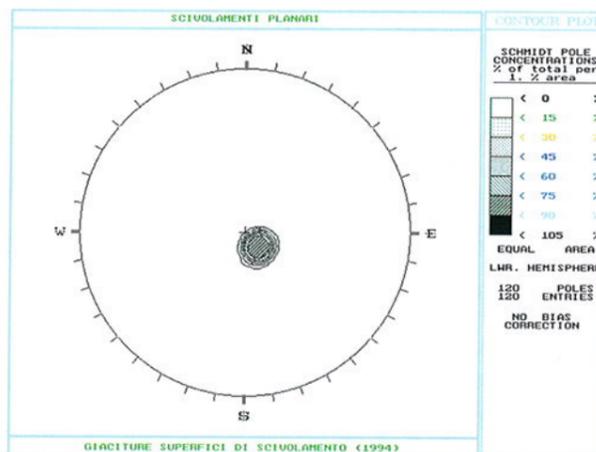
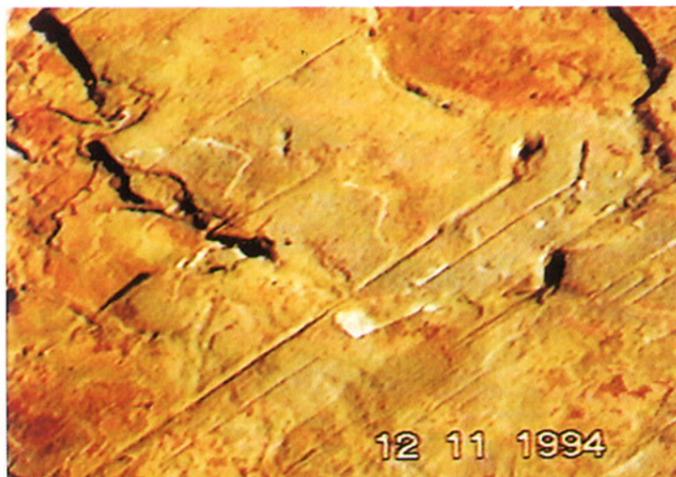


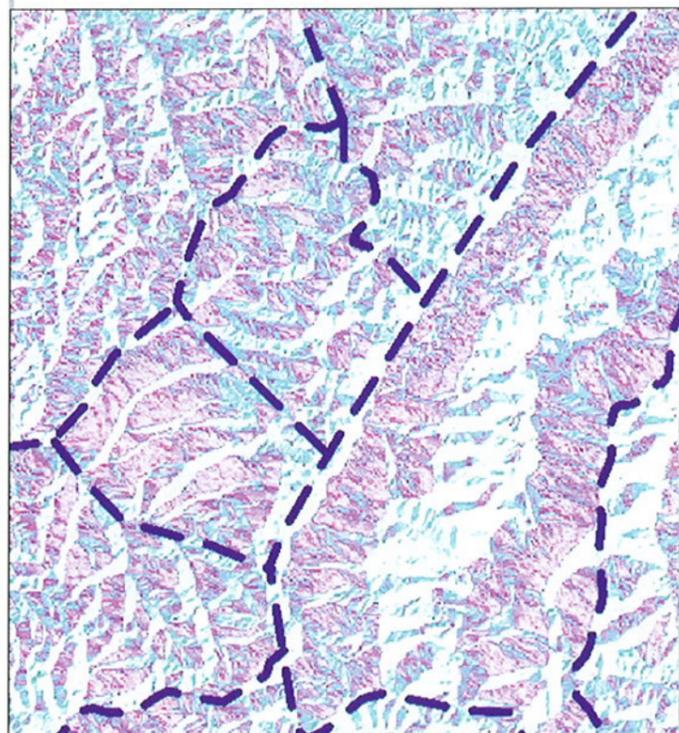
Fig. 29. Stereogramma relativo alle superfici di scivolamento.



**Fig. 29 bis.** Ripresa ravvicinata di una superficie di scivolamento con, in evidenza, le striature legate al movimento e le zone ossidate dalla preesistente circolazione idrica; l'area fotografata è pari a 0,25 m<sup>2</sup> circa.

#### RUOLO DELLE DISCONTINUITÀ SUBVERTICALI

Un aspetto fondamentale per la comprensione del fenomeno di instabilità è consistito nell'individuare i sistemi di discontinuità subverticali che isolano masse instabili e le loro mutue associazioni più frequenti che portano a condizioni predisponenti il collasso. A tal fine, sono state utilizzate diverse tecniche per l'individuazione delle discontinuità: rilievo in situ, fotointerpretazione ed analisi della rete idrografica minore. Il passo successivo è consistito nel cercare di ritrovare le associazioni di discontinuità più frequen-



**Fig. 30.** Suddivisione in domini omogenei, a partire dal modello digitale del terreno.

	Analisi idrografia	Sito
<b>K<sub>2</sub></b>	17°÷35° (26%)	22°÷32° (16%)
<b>K<sub>5</sub></b>	284°÷323° (13%)	294°÷335° (14%)

**Fig. 31.** Confronto tra i risultati dello studio sui sistemi di discontinuità, eseguito nel dominio geografico-strutturale omogeneo n. 3 avente baricentro all'incirca in Bossolasco, mediante analisi numerica dell'idrografia e misure in situ.

ti che hanno isolato porzioni instabili durante l'evento del novembre 1994, all'interno di zone aventi caratteristiche geografico-strutturali omogenee a grande scala. Utilizzando la rappresentazione cartografica del modello digitale del terreno, sono stati individuati sette domini (Fig. 30), per ciascuno dei quali è stata eseguita la discretizzazione delle direzioni di deflusso delle aste, il calcolo delle direzioni, la stima delle immersioni e relativo confronto con le misure eseguite in campagna sulle discontinuità verticali generalmente coincidenti con le scarpate principali e laterali che hanno svolto un ruolo predominante sulla dislocazione delle frane avvenute nel novembre 1994. È stato perciò possibile ricercare in ogni singolo ambito le associazioni più frequenti di discontinuità. La tabella di Fig. 31 che sintetizza i risultati ottenuti per uno degli ambiti scelti, pone in evidenza il sostanziale accordo tra i due approcci. In particolare si è ricavato che i sistemi di discontinuità K<sub>2</sub> e K<sub>5</sub>, aventi la funzione rispettivamente di giunto di trazione e del giunto che libera lateralmente la massa traslata, rappresentano le famiglie più frequenti in entrambi i casi. Tali risultati hanno pertanto permesso di identificare per i differenti ambiti territoriali le associazioni di sistemi di discontinuità che governano la dinamica evolutiva di settori di versante predisposti al dissesto.

#### CIRCOLAZIONE IDRICA

Le osservazioni effettuate in campagna hanno consentito di definire anche se in prima approssimazione un'ipotesi inerente le modalità di circolazione idrica nel sottosuolo.

La coltre superficiale presente in tutti i casi analizzati, con spessori variabili da alcune decine di cm sino a valori metrici, costituisce certamente, in concomitanza ad elevati apporti idrici, un naturale serbatoio di trattenimento delle acque piovane che, a causa della modesta pendenza dei versanti, tendono ad infiltrarsi piuttosto che a defluire.

La presenza di sviluppati sistemi di discontinuità verticali convoglia l'acqua in direzione degli strati più profondi. L'esistenza di flussi talora anche consistenti è spesso evidenziata dalla presenza, in superficie, di veri e propri inghiottitoi (Fig. 32) e, più in profondità dalla presenza di materiali intasanti rinvenuti ancora aderenti alle principali superfici di frattura apertesesi nel corso del movimento franoso (Fig. 33).

L'esistenza di decolorazioni o ossidazioni dei litotipi marnosi e marnoso-arenacei che risultano inte-



**Fig. 32.** Comune di Mombarcaro. Poco a valle dell'accumulo di una frana per scivolamento planare la presenza di un inghiottitoio di neoformazione indica, entro il substrato, l'esistenza di sistemi di fratturazione beanti sede di significativa circolazione idrica.

ressati da circolazioni d'acqua, per spessori centimetrici, nell'intorno delle discontinuità, testimonia non solo l'esistenza di una fitta rete di distribuzione dei flussi idrici lungo vie preferenziali, ma anche una notevole permanenza nel tempo di tale funzione (Fig. 34). La presenza, infine, di piccole fessure verticali che scompongono i singoli strati marnosi, dovute probabilmente a processi di ritiro ed essiccazione di tali materiali in seguito a variazioni periodiche di umidità naturale, veicolano grandi quantità di acqua in conseguenza delle forti pressioni negative indotte al loro interno esercitando una intensa e potente azione di "risucchio" per capillarità.

Si instaura in tal modo una circolazione idrica verso il basso che viene parzialmente interrotta in corrispondenza dei piani di stratificazione delle marne ed, in modo specifico, in corrispondenza alle superfici costituite da elementi più argillosi e che può portare alla completa saturazione di taluni settori piuttosto che altri.

La maggior apertura dei giunti di strato rispetto ad altri sistemi di discontinuità, la presenza di materiali argillosi all'interfaccia fa sì che la circolazione idrica avvenga di preferenza, anche se non in modo arealmente diffuso, lungo tali piani.



**Fig. 33.** Comune di Saliceto, località Masseria. L'osservazione delle superfici di fratturazione esposte, in zona di scarpata principale, da uno scivolamento planare mostra l'esistenza di un "cemento" detritico presumibilmente già presente, entro la disgiunzione, prima del movimento.



**Fig. 34.** Particolare del piano di scivolamento in un movimento a componente planare nel quale è evidentissima la presenza di un "crostone" di color ocre legato ad ossidazione per preesistente circolazione idrica entro il substrato.

Relativamente ai danni provocati dall'evento alluvionale, si è notato che la percentuale di edifici minacciati è superiore a quella relativa ad edifici distrutti o danneggiati (Figg. 35, 35 bis). Se si tiene conto che molti insediamenti sono risultati non direttamente interessati dalle frane che si sono attivate, si può ritenere che esista una conoscenza diretta del problema che ha comportato una fisiologica selezione nel tempo delle aree più sicure da adibirsi a residenza. La stessa affermazione perde significato per la viabilità, dove il rapporto si inverte, vale a dire che è maggiore il numero dei casi in cui la viabilità è colpita direttamente invece che minacciata (Fig. 36). Ciò è probabilmente dovuto al fatto che lo sviluppo delle comunicazioni, come necessità di mantenimento delle attività in quest'area, ha subito un significativo incremento rispetto allo sviluppo urbanistico residenziale che si è piuttosto orientato sul recupero dell'esistente;

– l'analisi dei danni arrecati ai centri o nuclei abitati dalle frane da scivolamento planare innescate e/o riattivate durante l'evento del novembre 1994, ha posto in evidenza come la percentuale maggiore di lesioni sia stata registrata per le abitazioni collocate lungo i settori superiori e mediani dei versanti. Al contrario, gli edificati posti al piede o in posizione prossima alla cresta sono risultati percentualmente meno soggetti a danni (Fig. 37). Esaminando la collocazione rispetto al versante dei centri abitati storici sede di Comune si nota che, nell'area più fre-

quentemente colpita da scivolamenti planari, il 64.5% è ubicato in posizione di cresta e solo il 9.7% nei tratti centrali del versante (Fig. 38). La scelta dei siti più idonei alla realizzazione dei centri insediativi deriva quindi dalla conoscenza del fenomeno di instabilità e dalla consapevolezza degli effetti da parte della popolazione;

– la constatazione che i numerosi scivolamenti planari del novembre 1994 non abbiano provocato vittime, come peraltro constatato quasi generalmente anche in altri episodi del passato, fa presupporre che nella popolazione sussista una certa memoria storica del problema che dipende dall'elevata frequenza con cui tale tipologia di frana si ripropone e dal quotidiano rapporto con il territorio, a prevalente vocazione agricola. Ciò ha comportato una accorta selezione delle aree da utilizzarsi a fini insediativi permanenti e dagli stessi motivi deriva probabilmente la sorprendente sensibilità nel percepire e distinguere i segni premonitori di instabilità. Grazie a questa sensibilizzazione al problema e tenuto anche presente che la fase preparatoria delle frane per scivolamento planare può avere durata di diversi anni e che l'intervallo tra la comparsa di segni premonitori ed il collasso è generalmente superiore a 2 ore, si può ritenere che per le Langhe si sia pervenuti ad un aumento della soglia di rischio socialmente accettabile che non deve peraltro esimere dall'approfondire le conoscenze sul problema, considerato che anche in questa zona si assiste ad una crescente richiesta insediativa per motivi turistici.

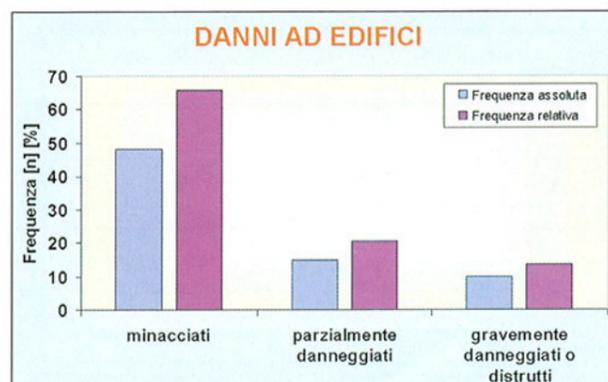


Fig. 35. Danni ad edifici.

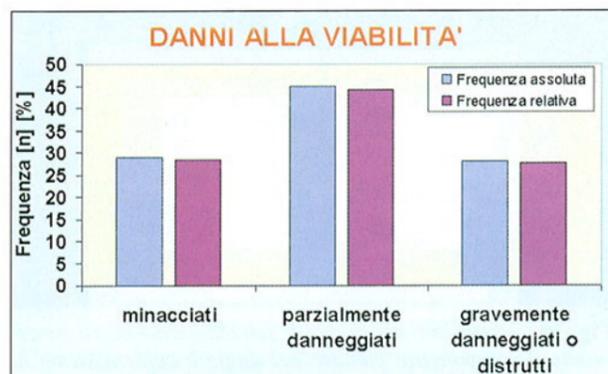


Fig. 36. Danni alla viabilità.

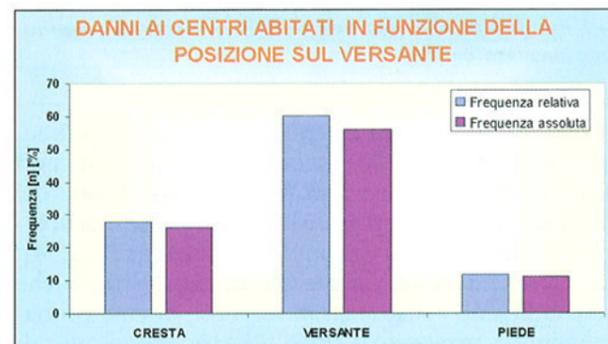


Fig. 37. Cresta danni ai centri abitati in funzione della posizione del versante.

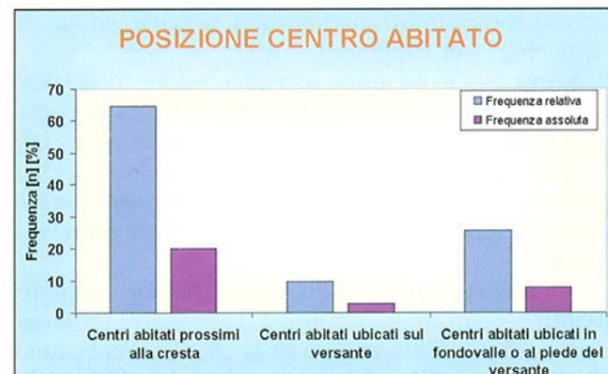
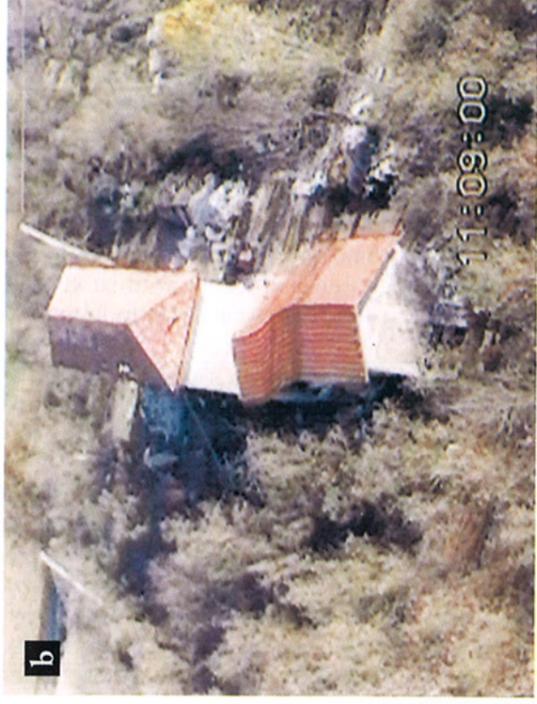
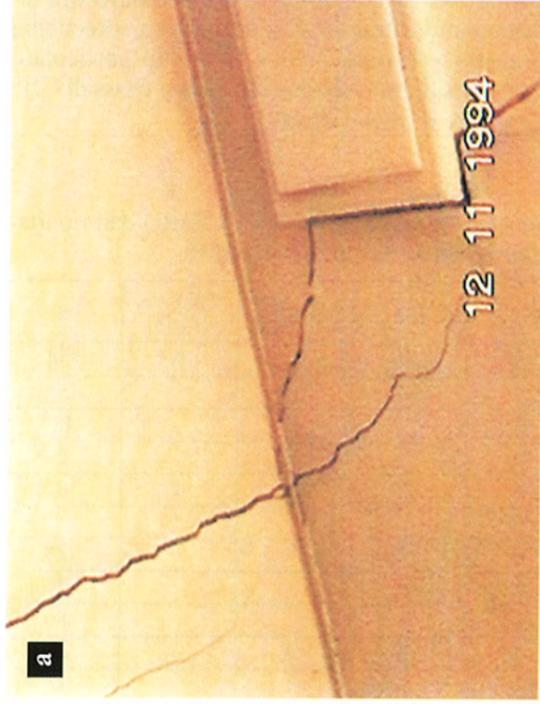


Fig. 38. Posizione dei centri abitati rispetto al versante.



**Fig. 35 bis.** Frane per scivolamento planare nelle Langhe. Danni a manufatti: a) lesioni a carico della soletta e della parete interna di un edificio coinvolto da un movimento franoso; b) vistosa deformazione di un edificio ad uso agricolo, evidenziata dalla curvatura del colmo del tetto; c) gravissime lesioni ad un edificio che, durante il movimento franoso, ha subito una traslazione superiore a 40 m; d) la scarpata principale di un grande movimento incipiente ha seriamente coinvolto un edificio come è evidenziato, in questa ripresa aerea obliqua, dalla frattura che attraversa il cortile (al centro dell'immagine).