



## 4.6. Frane complesse

Le frane ascrivibili a questa tipologia sono caratterizzate da un movimento risultante dalla combinazione di due o più fra le tipologie descritte in precedenza. La descrizione delle loro caratteristiche potrebbe essere, pertanto, rimandata a quanto già riportato nei precedenti capitoli; è, tuttavia, opportuno riportare in maniera sintetica alcune considerazioni, in ragione del fatto che questa categoria, sulla base della sintesi dei dati elaborati nel presente studio, è la più rappresentata sul territorio regionale, con oltre il 30% sul totale delle frane censite.

Se analizzati nel dettaglio, pressoché la totalità dei fenomeni franosi potrebbero essere riconosciuti con movimenti di tipo complesso. Poiché comunque in molti casi un tipo di movimento risulta prevalente rispetto agli altri, in accordo con quanto suggerito dalle linee guida del Progetto IFFI, tali fenomeni sono stati inquadrati nella tipologia del movimento principale. Una ulteriore necessaria considerazione è legata alle dimensioni areali e volumetriche dei fenomeni, all'aumentare delle quali è sempre più frequente avere a che fare con fenomeni di tipo complesso. Questo spiega il fatto che la gran parte delle frane di genesi più remota, spesso correlabili a fattori innescanti oggi non più attivi che hanno determinato movimenti di grandi dimensioni, appartengano a questa tipologia. Alcune di queste frane, per caratteristiche morfologiche e dimensioni, possono essere accostate alle *Deformazioni Gravitative di Versante* (DGPV): in effetti anche l'esame della bibliografia attesta come spesso la distinzione fra questi due fenomeni sia labile e di difficile rilevazione. D'altro canto è anche molto probabile che alcuni di questi fenomeni complessi siano derivati da pre-esistenti DGPV (Sorriso-Valvo, 1995). Questi fenomeni sono molto diffusi sul territorio regionale, al punto che ne costituiscono un elemento caratterizzante che ha influenzato anche l'insediamento antropico. La distribuzione delle frane complesse sul territorio è abbastanza omogenea, anche a causa dell'eterogeneità dei fenomeni che vengono raggruppati in questo insieme. Ad ogni modo è possibile riconoscere almeno due areali di maggiore addensamento che racchiudono molte delle frane di maggiori dimensioni rilevate: la fascia del settore imperiese orientale (Valli Argentina, Impero, Arroscia e Dianese) e il genovese centro-orientale (Valli Bisagno, Lavagna, Sturla, Graveglia, Aveto-Trebbia e alta Vara).

- **Meccanismo di movimento** – siccome si ha a che fare con un insieme di tipologie di fenomeni più che con un movimento specifico, i meccanismi di movimento sono diversi da caso a caso. Nell'impossibilità di trattare i singoli casi specifici, ci si limiterà a descrivere i sottoinsiemi di fenomeni più rappresentativi per il territorio ligure, ossia le frane per "scivolamento/colamento rapido" ed i "ribaltamenti/scivolamenti". Le prime, sicuramente maggiormente comuni e diffuse, si innescano inizialmente come una frana per scorrimento rotazionale o scivolamento planare; il materiale coinvolto nel movimento pochi istanti dopo il definitivo cedimento del versante crolla e si fluidifica, evolvendo, quindi, in colata. Generalmente si tratta di fenomeni di grandi dimensioni (Foto 4.6.1). Gli scivolamenti-ribaltamenti (Zaruba, 1982) si innescano come fenomeni di ribaltamento o crollo in presenza di balze rocciose in rocce molto competenti e con fratturazioni verticali; i blocchi collassati si accumulano sul sottostante versante caratterizzato dall'affioramento di litotipi meno resistenti e da acclività ridotte (Foto 4.6.2 e 4.6.3). L'aumento di carico in testa al versante e le sollecitazioni indotte dai crolli determinano l'innescamento di fenomeni di scorrimento rotazionale che coinvolgono sia il corpo d'accumulo del crollo che il sottostante versante.
- **Caratteristiche della nicchia di distacco** – data la natura composita di queste frane, è implicito che la zona della nicchia di distacco avrà le caratteristiche morfologiche tipiche della tipologia di movimento che ne determina l'innescamento (Foto 4.6.4). Si rimanda, pertanto, alla trattazione specifica dei precedenti capitoli per i relativi approfondimenti.
- **Caratteristiche dell'accumulo** – Per ciò che riguarda i fenomeni di scorrimento-colata il materiale costituente il corpo d'accumulo risulterà estremamente caoticizzato e costituito da detriti affatto classati le cui caratteristiche dipenderanno strettamente da quelle del materiale mobilizzato (Foto 4.6.5). La morfologia del corpo d'accumulo appare solitamente come una via di mezzo fra le forme tipiche delle colate rapide e gli scorrimenti rotazionali; solitamente, però, è possibile riconoscere la zona di testata ed il piede, così come per gli scorrimenti rotazionali, anche se il loro assetto è molto meno delineato. I corpi d'accumulo delle antiche frane complesse sono spesso sede di riattivazioni locali o totali, che talvolta avvengono in corrispondenza della superficie di scorrimento originaria (Foto 4.6.6 e 4.6.7).
- **Velocità del movimento** – anche la velocità del movimento è variabile a seconda delle caratteristiche tipologiche del singolo fenomeno preponderante. Per le frane di scorrimento-colata solitamente gli eventi si svolgono in pochi istanti, tuttavia non si dispone di dati adeguati per analizzare la fase immediatamente antecedente il definitivo collasso.

**Fattori predisponenti e innescanti**– anche per questa voce si può rimandare ai precedenti capitoli nei quali si trattano le singole specifiche tipologie di movimento. Ovviamente, avendo a che fare con fenomeni caratterizzati da due o più meccanismi di movimento distinti, anche i fattori predisponenti e innescanti tali frane dovranno essere costituiti da una commistione fra quelli individuati per le singole tipologie.

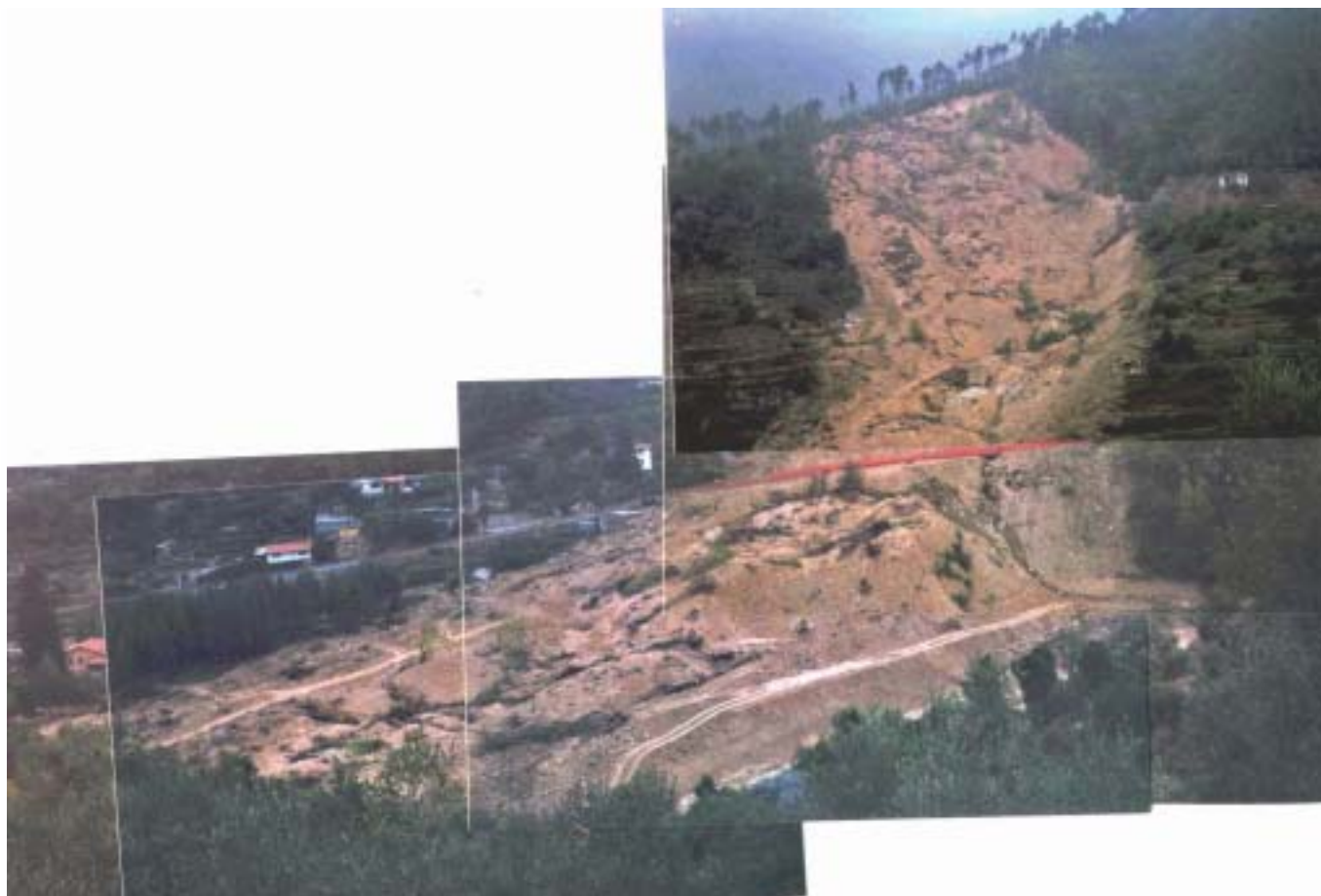


Foto 4.6.1- Bestagno (Comune di Ceriana). Arenarie di Bordighera. Frana complessa innescatasi a seguito dell'alluvione del Novembre 2000. Il meccanismo di innesco è di scivolamento/scorrimento, in parte impostato sulle superfici di strato. Piuttosto evidente l'evoluzione in colata del materiale movimentato, stimato in 350.000 m<sup>3</sup>, che ha invaso l'alveo del T. Armea e travolto alcune abitazioni, causando 2 vittime (Foto Dott. Geol Secondo).





Foto 4.6.2 - Case Porale (Comune di Ronco Scrivia). Conglomerati di Savignone e Argille a palombini del Passo dei Giovi. Nicchia e testata. La nicchia evolve per crolli e ribaltamenti. Il loro accumulo raccorda le pareti in corona con la testata



Foto 4.6.3 - Guvano (Comune di Vernazza). Arenarie del Macigno. La nicchia evolve per crolli ed alimenta il sottostante accumulo che è caratterizzata da movimento di scorrimento-colamento.





Foto 4.6.4 - Bestagno (Comune di Ceriana). Dettaglio della superficie di scivolamento presso la nicchia di frana. Si osserva il locale affioramento di una superficie di strato in corrispondenza della quale si è localmente impostato il movimento.



Foto 4.6.5 - Bestagno (Comune di Ceriana). Piede della frana. L'alveo del T. Armea è parzialmente ostruito.



Foto 4.6.6 - T. Casserola (Comune di Zignago e Rocchetta Vara). Argille e Calcari, Flysch di Ottone, Complesso di Casanova. L'accumulo detritico risulta costituito prevalentemente da una matrice limoso - argillosa in cui sono inseriti elementi lapidei isolati, anche di grandi dimensioni, di natura calcarea, arenacea ed ofiolitica. La costante azione erosiva del torrente e l'abbondante infiltrazione da parte di acque superficiali non adeguatamente controllate, che mantiene l'accumulo in condizioni di parziale saturazione, hanno provocato la rimobilitazione lungo la Valle del T. Casserola di una grande porzione di questo accumulo detritico. Il movimento franoso presenta sicuramente velocità di movimento diversificate a seconda delle zone; in prima approssimazione, è più veloce nella parte bassa (a valle dell'abitato di Piceda), dove prevale un movimento franoso classificabile come colamento, ed è più lento nella parte alta, dove prevale invece un movimento riconducibile ad uno scivolamento rotazionale con probabili superfici di scorrimento multiple (Foto Dott. Geol. Redoano Coppedè - AdB Magra).



Foto 4.6.7 - Caraschi (Comuni di Deiva Marina e Framura). Unità del Bracco (Ultramafiti, Gabbri, Diaspri, Calcari a Calpionelle, Argille a Palombini). Imponente frana di genesi sicuramente remota ma caratterizzata da importanti riattivazioni in vaste porzioni al piede dell'accumulo, dove le pendenze sono maggiori e si verifica lo scalzamento da parte del corso d'acqua (foto Dott. Geol. Casarosa, Univ. Di Pisa).





## 4.7. Deformazioni gravitative profonde di versante

Con il termine deformazione gravitativa profonda di versante (o generalmente con l'acronimo DGPV), sono indicate diverse tipologie di fenomeni gravitativi, spesso di vasta estensione areale e con coinvolgimento del substrato in profondità, caratterizzati da cinematica e geometria che li rende non inquadrabili direttamente nella sistematica dei movimenti franosi.

Questi fenomeni si contraddistinguono, oltre che per le dimensioni sempre ampie, per la presenza di evidenze geomorfologiche quali sdoppiamenti delle creste, scarpate, depressioni chiuse, rocce disarticolate, fratture profonde la cui evoluzione può portare alla formazione di trincee, intensa produzione di detrito e fenomeni di rigonfiamento che conferiscono al versante un marcato profilo convesso.

Le DGPV sono fenomeni particolarmente complessi, non ancora perfettamente compresi e interpretabili soprattutto per quanto riguarda la loro genesi ed evoluzione, certamente collegati all'attività neotettonica e, come tali, spesso intermedi tra le forme strutturali e vere e proprie manifestazioni di carattere gravitativo.

Proprio per le difficoltà legate al loro riconoscimento, soprattutto nel caso di fenomeni relitti o quiescenti, si è preferito restringere il numero di deformazioni gravitative profonde di versante censite in IFFI alle forme più evidenti e a quanto segnalato da pubblicazioni precedenti, escludendo tutti i casi in cui le anomalie morfologiche potevano essere imputabili anche a motivi di tipo stratigrafico, rinviando ad un successivo approfondimento che possa avvalersi anche di apposite analisi geologico strutturali di dettaglio, ad oggi non disponibili.

Anche sui casi diagnosticati, resta tuttavia un ampio margine di miglioramento del dato, sia in ordine alla perimetrazione che al grado di attività. A tale proposito si consideri che, secondo la letteratura, alcune tipologie di DGPV sono caratterizzate da movimenti costanti ed estremamente ridotti, altre sono praticamente immobili per anni e si mobilitano in concomitanza con episodi sismici. Inoltre, a causa delle dimensioni dei fenomeni, i metodi di monitoraggio tradizionalmente utilizzati per i movimenti franosi sono in questi casi scarsamente efficaci.

Nell'ambito del presente lavoro sotto la voce DGPV ricadono tipicamente almeno due differenti tipologie di fenomeni gravitativi:

- Gli Spandimenti laterali: tipici di ammassi lapidei competenti poggianti su substrati argillitici o, comunque, dal comportamento prevalentemente plastico, includendo in tale ambito sia l'Espansione laterale s.l. (*Lateral spread of ridges* di Radbruch-Hall et alii, 1976), sia il cosiddetto movimento di versante a blocchi (*Block type slope movement* di Zàruba & Mencl, 1969 e Passek, 1974). Tali fenomeni sono diffusi in gran parte del territorio regionale, con esempi segnalati nei conglomerati pliocenici al contatto con le sottostanti Argille di Ortovero, in corrispondenza del contatto tra i flysch cretacei calcareo marnosi e arenacei e il loro complesso di base a prevalente componente emipelagitica, nei calcari e nelle dolomie del Brianzonese al contatto con scisti del Permiano, nella Liguria orientale in presenza di estese placche di basalti e serpentiniti, sovrastanti flysch a componente pelitico-marnosa. Analogamente alle altre forme di DGPV, anche nel caso degli Spandimenti laterali, si suppone che il processo deformativo avvenga per spostamenti differenziali estremamente lenti senza che si generino superfici di rottura continue. Di solito l'ammasso roccioso appare estremamente fratturato, disarticolato, più raramente si ha evidenza di veri e propri fenomeni di rotazione di ingenti porzioni delle placche più tenaci. Esempi ben conservati sono stati ritrovati nella valle Scrivia in corrispondenza degli affioramenti del Conglomerato di Savignone al contatto con le Argilliti di Montoggio.
- Gli Insaccamenti per meccanismo di *creep* profondo (*Sackung* di Zichinsky, 1969): segnalati in differenti contesti geologici con alcuni esempi anche ben conservati come nell'area di Balestrino o nelle alte Valli Argentina e Arroscia e più tipicamente in contesti maggiormente evoluti e complessi (Foto 4.7.1) come nelle Valli Lavagna e Bisagno. Gli insaccamenti sono evidenziati in campagna dalla presenza di trincee (Foto 4.7.2) e raddoppiamenti delle creste, rigonfiamenti e contropendenze e, quasi ovunque, da una forte influenza sull'andamento del reticolo idrografico superficiale e profondo. All'interno del corpo di DGPV, l'ammasso roccioso conserva sempre la strutturazione della roccia, e verso la base si osserva generalmente continuità col substrato. L'insaccamento avviene in blocco e non è generalmente rilevabile un piano di rottura unico o principale: si ipotizza, infatti, che in profondità il versante presenti un'estesa fascia con comportamento di tipo visco-plastico (*creep*).



Foto 4.7.1 - Monte Castelletti, bacino del Rio Poggio (Comune di Bogliasco, GE) - Flysch della Formazione di Monte Antola. Deformazione gravitativa di versante tipo "sackung" che interessa diversi milioni di metri cubi di materiale. Tra le evidenze "di superficie": la zona di lacerazione in testata che presenta una morfologica pianeggiante e trench in cui si sono instaurati fenomeni di pseudcarsismo, la zona mediana con l'evidente rigonfiamento e la deviazione del corso d'acqua alla base del versante; a tutto ciò si accompagna un generale e diffuso stato di fratturazione e disarticolazione dell'ammasso roccioso.



Foto 4.7.2 - Loc. Carmo dei Brocchi, bacino del T. Arroscia (Comune di Rezzo, IM) - Flysch di Sanremo. Deformazione gravitativa di versante tipo "sackung". L'immagine mostra il trench nella zona di testata a cui si accompagna un generale e diffuso stato di fratturazione e disarticolazione dell'ammasso roccioso.



Con riferimento alle cause, come già detto, si assume in genere che molte delle deformazioni riconducibili a DGPV siano effetto di condizioni paleoambientali e strutturali differenti dalle attuali e che l'innescarsi dei fenomeni gravitativi sia da ricercarsi nel rapido approfondirsi dell'incisione valliva in concomitanza con l'abbassamento del livello medio marino durante l'ultima glaciazione.

Modelli numerici agli elementi finiti con analisi degli sforzi e delle deformazioni, sviluppati già negli anni settanta ed oggi molto diffusi ed applicati sia a livello di ricerca che nel mondo della geologia applicata all'ingegneria, porterebbero a confermare l'ipotesi di un rilassamento del versante a seguito di una modifica del campo tensionale con tempi di risposta comparabili con quelli ipotizzabili nel caso di un brusco incremento dell'attività erosiva.

Occorre infine ricordare che l'intrinseca debolezza del substrato in corrispondenza dei versanti interessati da DGPV comporta la presenza di fenomeni gravitativi corollari. Questi ultimi hanno come primo effetto quello di coprire e mascherare le manifestazioni superficiali collegate con i macro fenomeni profondi e, pertanto, molte forme di Deformazione Gravitativa profonda risultano ad oggi difficilmente riconoscibili.

## 4.8. Aree soggette a...

Nell'ambito del Progetto IFFI è stato introdotto nella classificazione dei movimenti il termine "aree soggette a..." per le tipologie "crollo/ribaltamento" e "frane superficiali" al fine di poter classificare agevolmente tutti quei settori di versante interessati da fenomeni franosi ricorrenti di limitata volumetria ed estensione areale, generalmente caratterizzati da movimenti piuttosto rapidi, ascrivibili al medesimo meccanismo di movimento.

Con riferimento al territorio ligure risultano presenti:

- ✓ AREE SOGGETTE A CROLLI/RIBALTAMENTI DIFFUSI - riferite a tutti quei settori di balze rocciose o versanti molto ripidi dove si ripetono fenomeni di distacco di singoli elementi lapidei o crolli di piccoli ammassi rocciosi, generalmente correlati ad uno stato di significativa fratturazione dell'ammasso roccioso ed innescati da processi di gelivazione o aloclastismo. (Foto da 4.8.1 a 4.8.6)
- ✓ AREE SOGGETTE A FRANE SUPERFICIALI DIFFUSE – riferite a tutti quei settori di versante interessati da frane di vario tipo (per lo più scorrimenti e colate rapide) a carico di spessori generalmente limitati dei terreni sciolti di copertura, che si sono innescate contestualmente ad eventi idrometeorologici di forte intensità (Foto 4.8.7 e 4.8.9)

In particolare la perimetrazione delle aree di cui sopra ricomprende sia la zona sorgente che quella di invasione dei materiali franati.

Quando la fenomenologia analizzata presentava evidenti caratteristiche di ripetitività temporale e variabilità spaziale, è stato attribuito uno stato di attività non determinato (non avendo molto significato definire uno stato di attività per fenomeni di fatto non prevedibili), nei casi invece in cui è stato possibile individuare situazioni di instabilità residua o attiva (masse detritiche dislocate ma non collassate o soltanto circoscritte da tagli e fessure del terreno) è indicato uno stato di attività quiescente o attivo.

Per le "aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi" lo stato risulta sempre attivo, poiché generalmente tali fenomeni si concentrano nei cicli stagionali caratterizzati da forte escursione termica con frequenze elevate (generalmente annuale).



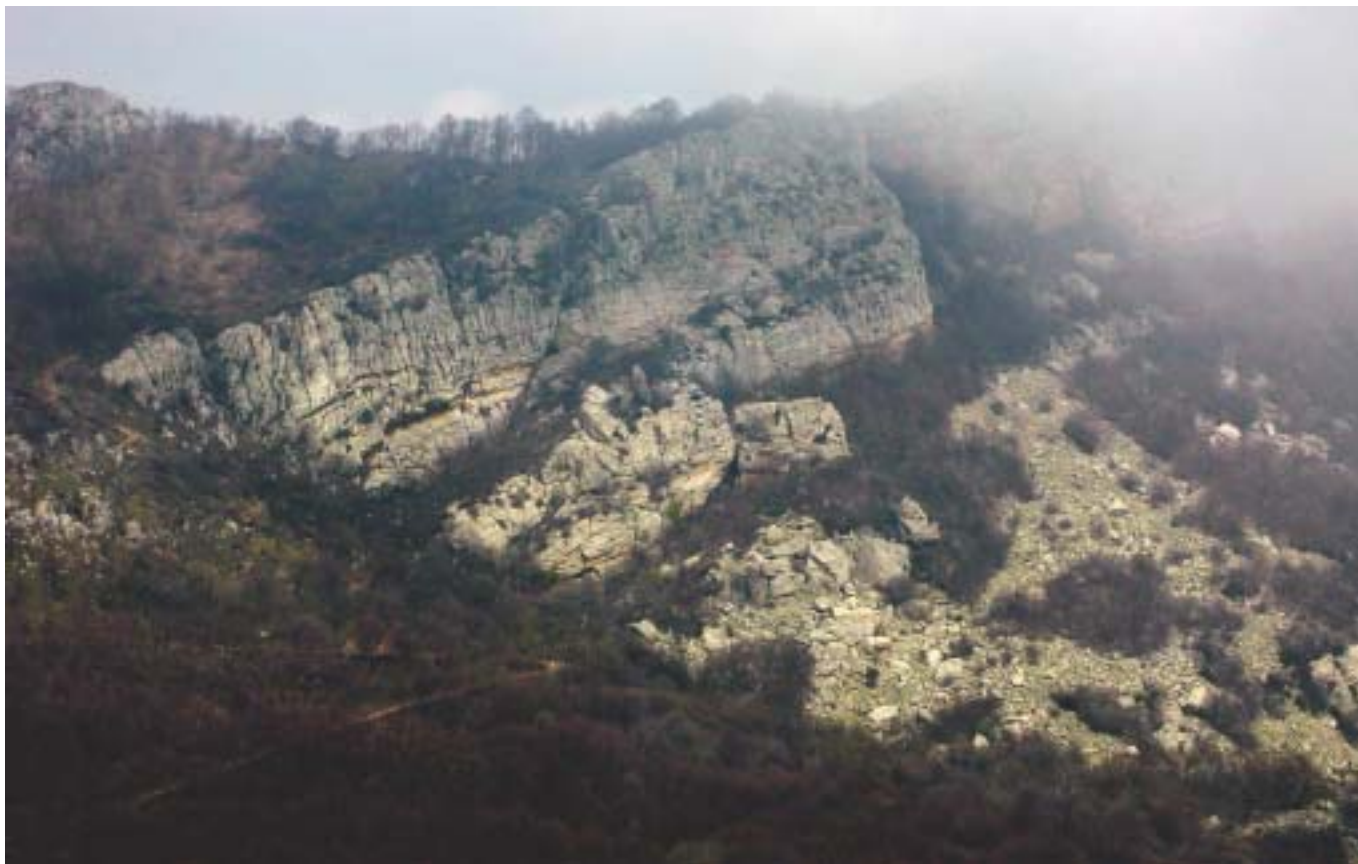


Foto 4.8.1 - Alto bacino T. Maremola (Comune di Giustenice - SV) - Dolomie di S. Pietro dei Monti. Balze rocciose soggette a fenomeni di crollo diffusi.



Foto 4.8.2 - Bacino T. Arrestra (Comune di Varazze - SV) - Serpentinocisti dell'unita del GdV. Ampia zona instabile con diffusi fenomeni di crollo e ribaltamento.



Foto 4.8.3 - Loc. Rondanina (Comune di Rondanina - GE) - Calcari marnosi di M. Antola. Parete soggetta a fenomeni di crollo diffusi.



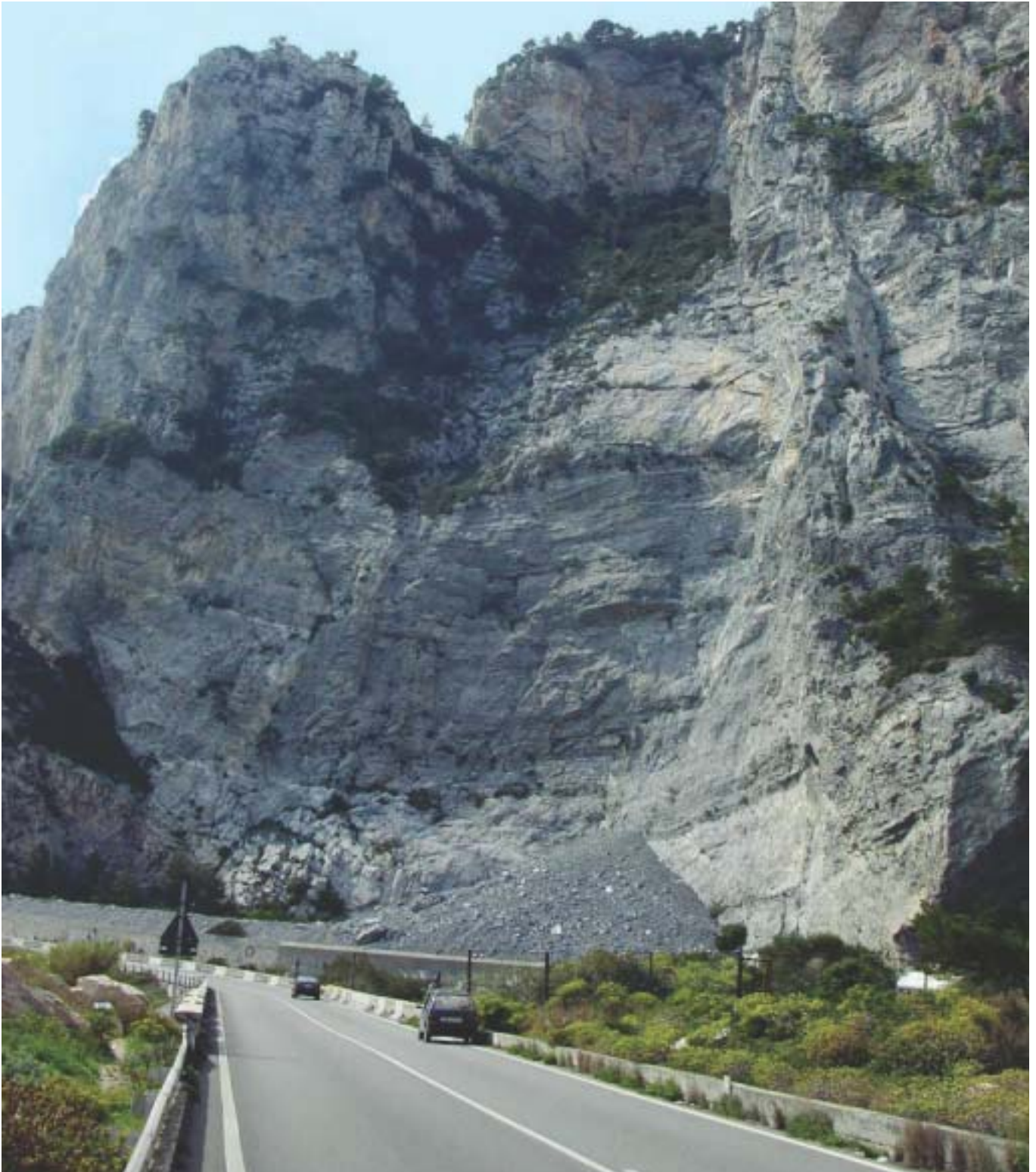


Foto 4.8.4 - SS 1 Loc. capo Noli (Comune di Noli- SV) - Dolomie S. Pietro dei Monti. Parete soggetta a crolli diffusi .





Foto 4.8.5 - SS 1 (Comune di Vado - SV) - Scisti della Formazione di Murialdo. Ampia zona instabile con diffusi fenomeni di crollo e ribaltamento.



Foto 4.8.6 - Passo della Forcella (Comune di Borzonasca - GE) - Olistostromi. Parete con diffusi fenomeni di crollo e ribaltamento.



Foto 4.8.7 - Vaccarezza (Comune di Genova - GE) - Serpentiniti del Gruppo di Voltri. Versante prativo con evidenti cicatrici di ripetuti soil slip di ridotte dimensioni.



Foto 4.8.8 - Vaccarezza (Comune di Genova - GE) - Serpentiniti del Gruppo di Voltri. Versante denudato e fortemente inciso da solchi di burronamento che configurano una situazione intermedia fra il ruscellamento e la franosità superficiale diffusa.