

8. Analisi del dissesto da frana nella Provincia di Bolzano - Alto Adige Südtirol

V. Mair, C. Strada, M. Volcan

8.1 Premessa

Con la presente si consegnano i dati del Progetto IFFI – Provincia Autonoma di Bolzano (PAB), così come previsto dall'Allegato tecnico della Convenzione, dal Piano Operativo di Lavoro (POL), dalle linee guida del progetto e dagli accordi tra le due parti. Comprende tutti i dati provenienti dagli archivi dell'Ufficio Geologia (archivi GEOKAT e CARG) ed altri Uffici della PAB (ED30 Ripartizione Bacini Montani), dai Giornali e dall'analisi delle foto aeree relative ai movimenti di versante e inoltre tutte le informazioni raccolte direttamente sul terreno e da progetti AVI-SCAI.

8.2 Fasi di lavoro

Le fasi di lavoro per la realizzazione del progetto sono di seguito elencate:

1. Coordinamento e direzione del lavoro
2. Censimento e raccolta dati
3. Compilazione schede
4. Informatizzazione dati cartografici
5. Informatizzazione dati alfanumerici
6. Informatizzazione dati iconografici
7. Integrazione dei dati tramite fotointerpretazione
8. Controlli sul terreno
9. Controllo e correzione dei rilievi
10. Rappresentazione cartografica 1:25.000
11. Verifica completezza e omogeneità dei dati
12. Controlli finali
13. Seminari (e workshop annuale)
14. Fornitura prodotti intermedi e finali all'APAT

8.3 Basi topografiche ed ortofoto

Come indicato nelle disposizioni IFFI per l'informatizzazione del progetto sono state utilizzate le seguenti basi:

- IGM scala 1: 25000, anno 1959/1984
- Ortofoto (b/n): voli (PAB) 1984-1997, scala 1:30.000
- Ortofoto (colori): volo IT2000, dell'anno 2000
- Ortofoto (b/n): voli (PAB) 2003, scala 1:30.000

Inoltre per lavori di campagna è stata usata la Carta Tecnica Provinciale, scala 1:5.000.

8.4 Studi e censimenti precedenti

I dati relativi alla ricerca sui giornali, alla fotointerpretazione e all'analisi di archivi precedenti (AVI-SCAI) derivano dalla migrazione all'interno del database IFFI dell'archivio dei movimenti franosi CARFRA (932 frane), mentre i dati relativi ai movimenti registrati da interventi del Servizio Geologico (verbali di sopralluogo e relazioni geologiche) sono stati inseriti tramite l'analisi della Banca Dati GEOKAT.

Le frane dell'archivio CARFRA sono aggiornate dal 1900 fino al 31 dicembre 1997 mentre gli eventi successivi al 1997 sono segnalati dalle pratiche dell'Ufficio geologia e prove materiali a Cardano nel database GEOKAT.

Inoltre il catasto frane è stato integrato con i dati provenienti dalla Ripartizione 30, Opere idrauliche della PAB, tramite migrazione informatica (Database ED30). Questi ultimi riguardano soprattutto gli eventi di debris flow.

Per concludere sono stati presi in considerazione anche i rilevamenti del Progetto CARG, aggiungendo tutte le frane (inserite nei dati fino ad ora informatizzati) ed i Piani di Pericolo Idrogeologico elaborati da diversi comuni.

8.5 Inquadramento geologico regionale

La PAB si estende per 7.525 km² con un ambiente di tipo montano con quote comprese tra i 200 m e 3.905 m.

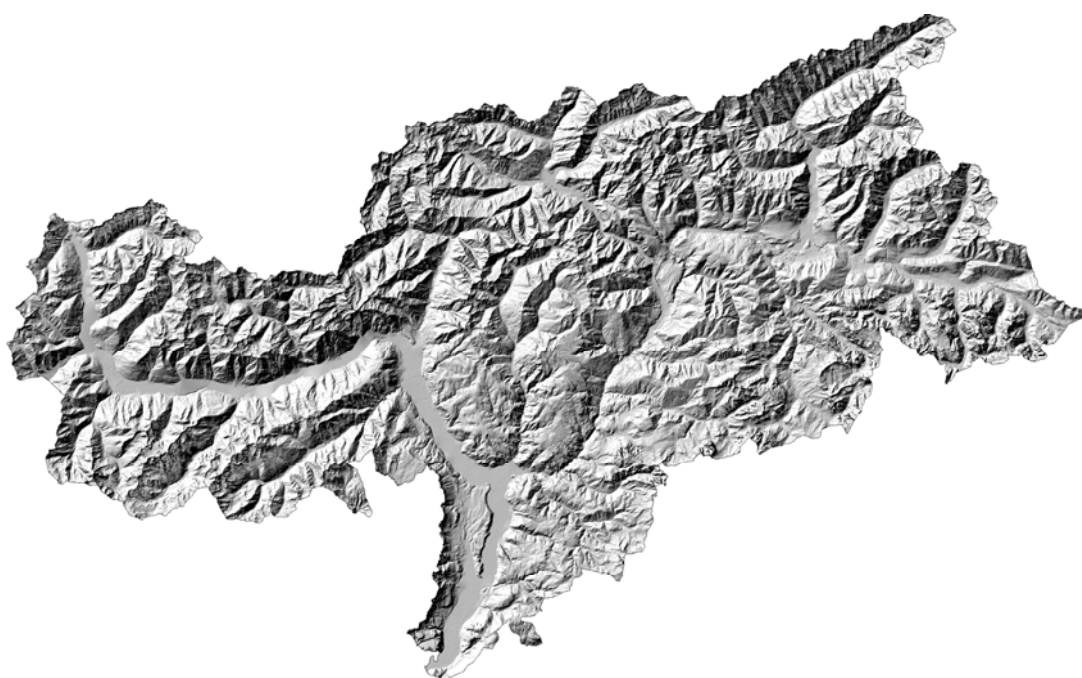


Figura 8.1 Modello digitale del terreno a maglia di 20 x 20m.

La carta geologica (Figura 8.2) evidenzia le unità geologiche principali che formano l'Alto Adige. Un grande lineamento tettonico, la Linea Periadriatica, nella sua parte occidentale anche denominata Linea Insubrica, divide il territorio in due unità differenti. Questa linea, dal Passo Tonale prosegue in direzione NE fino a Merano poi, con un lieve cenno verso E, giunge a Mules presso Vipiteno dove cambia direzione e segue la Val Pusteria in direzione pressoché E-O fino a Klagenfurt ed oltre. Questo lineamento tettonico, di primo ordine, divide da ca. 30 milioni d'anni le unità austroalpine dalle alpi meridionali.

Le Alpi Meridionali in gran parte consistono di rocce sedimentarie permo-cenozoiche che coprono i porfidi del Gruppo Vulcanico Atesino ed il Basamento Cristallino prepermiano. Le rocce sedimentarie preservate ed affioranti in modo straordinario formano le famosissime montagne delle Dolomiti. Il Gruppo Vulcanico Atesino è una successione complessa di rocce vulcaniche acide di uno spessore di 2-3 km, formata in un periodo di solamente 10 milioni d'anni a causa d'eruzioni subaeree più o meno esplosive. Nello stesso periodo tra 285-275 milioni d'anni si sono formati i corpi plutonici del Granito di Bressanone, dell'Ivigna e del Monte Croce. Il Basamento Cristallino delle Alpi Meridionali in gran parte consiste delle cosiddette Filladi di Bressanone, rocce prepermiane polimetamorfiche di origine pelitico-psammitica.

Le unità austroalpine come il Basamento dell'Ortles, dell'Ötztal, delle Breonie, dell'Anterselva consistono di rocce metamorfiche di varia composizione con una netta prevalenza di micascisti e paragneiss. Meno frequenti si trovano filladi quarzifere, anfiboliti, ortogneiss e marmi. Il Complesso del Monteneve, piccola subunità del Basamento dell'Ötztal, è famoso per la quantità e la grandezza di granati che possono raggiungere il diametro di 15 cm.

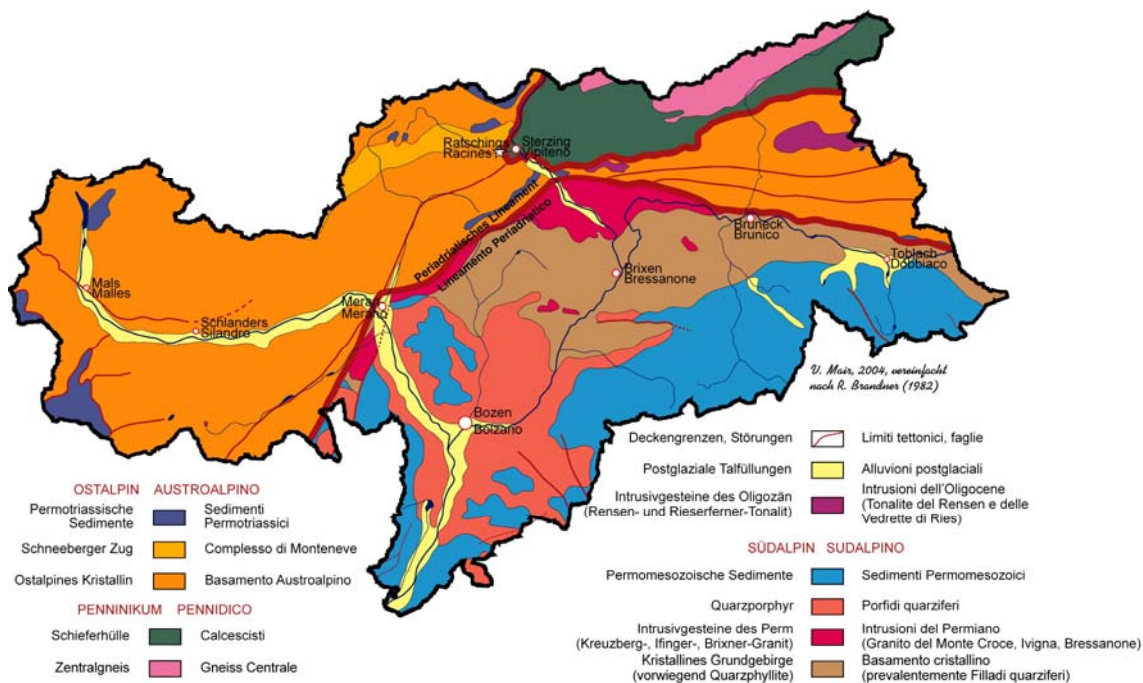


Figura 8.2 Carta geologica regionale semplificata.

L'angolo nordorientale dell'Alto Adige permette una panoramica sulle unità pennidiche del margine continentale passivo europeo, le quali si trovano alla base dell'austroalpino e che qui nella Finestra dei Tauri raggiungono la superficie formando lo spartiacque tra l'Italia e l'Austria. Le unità pennidiche consistono del vecchio basamento cristallino europeo con la corrispondente copertura sedimentaria, la falda del Picco dei Tre Signori-Greiner, alcuni metasedimenti con ofioliti dell'oceano pennidico, la Falda del Glockner ed i cosiddetti Gneiss Centrali. Questi ultimi derivano da protoliti granodioritico-tonalitici che 290 milioni d'anni fa intrusero il basamento cristallino europeo. Di seguito il metamorfismo alpino ha pervaso sia gli Gneiss Centrali che le falde giustapposte dando origine alla scistosità intensa delle rocce e formando intensi piegamenti di vario ordine (mm-km).

Corpi plutonici di varia grandezza, da pochi metri a qualche chilometro come il plutone delle Vedrette di Ries, del Rensen, del Lago Verde o del Gran Zebrù seguono l'andamento della Linea Periadriatica. Si tratta di fusi dioritico-tonalitici che dopo la collisione della placca europea con quella africana e all'inizio dell'innalzamento delle alpi ca. 30 milioni di anni fa intrusero la Linea Periadriatica stessa in forma delle cosiddette lamelle e l'austroalpino immediatamente a nord della linea.

Le coperture quaternarie sono dominate da sedimenti d'origine glaciale e fluvioglaciale, prodotti delle varie glaciazioni alpine. Solo nelle grandi valli come la Val Venosta, La Val Punteria, il fondovalle attorno a Bressanone, si trovano potenti successioni di depositi alluvionali. Indagini sismiche ed un sondaggio profondo nell'area di Merano (1999) indicano che la base dei depositi quaternari si trova a 670 m di profondità.

8.6 Morfologia e lineamenti geomorfologici regionali

La PAB è caratterizzata dal paesaggio montano-collinare (98%) che prevale nettamente su quello di pianura (2%) individuabile solo nei fondovalle con gli agglomerati e centri urbani principali.

Tabella 8.1 Percentuale d'area montano collinare rispetto alla superficie provinciale totale.

	km ²	%
Area montano collinare	7399.5	98.33
Area pianeggiante	125.9	1.67

Sono presenti numerosi gruppi montuosi le cui vette raggiungono quote superiori ai 3.500 m.s.l.m. e ne consegue la presenza di diversi ghiacciai ed aree di permafrost (chiazze di neve perenni, *rockglaciers*, ecc.). Considerando inoltre la conformazione geologica esposta nel precedente paragrafo, caratterizzata da rocce competenti, ne consegue un paesaggio acclive modellato soprattutto dall'erosione fluvio-glaciale d'epoca quaternaria. I depositi eluvio-colluviali dei versanti sono relativamente ridotti ad eccezione delle aree interessate da conoidi di detrito (formate da innumerevoli colate detritiche deposte all'imbocco delle valli laterali, es. Val Venosta) e da falde detritiche (es. Dolomiti). La limitata deposizione sui versanti dei sedimenti, prodotti dagli agenti esogeni, dall'erosione e dall'acclività, ha fatto sì che nelle aree di fondovalle fossero trasportati e depositi dai corsi d'acqua spessori sedimentari enormi, fino a diverse centinaia di metri (es. piana di Merano 675 m; conca di Bressanone oltre i 200 m).

I corsi d'acqua che delineano l'assetto idrico superficiale della provincia sono i fiumi Adige ed Isarco (vedi omonime valli di origine glaciale), dai cui numerosi affluenti minori sono state incise tutte le valli laterali. Non bisogna infine scordare che si tratta di una regione particolarmente ricca d'acque superficiali e sotterranee, caratterizzata da un clima di tipo temperato-continentale soggetto però ad escursioni termiche rilevanti.

Attualmente le principali cause di evoluzione del paesaggio, in termini di eventi franosi, sono il crioclastismo, l'acclività, fattori idrogeologici (erosione fluviale ecc.) ed infine l'azione antropica che, seppure controllata, è segno delle moderne esigenze di sviluppo.

8.7 Uso del suolo

Il territorio della PAB è costituito per il 55% da bosco (boschi, aree a vegetazione arbustiva e agroforestali) e per il 37 % da prati e pascoli (comprensivi di malghe, brughiere e aree agrarie con spazi naturali). Le frazioni minori corrispondono a: colture permanenti (vigneti e frutteti) per il 4,3%; acque (corsi d'acqua, ghiacciai, laghi e zone umide) per il 2%; zone urbanizzate per 1,1%; infine 0,3% e 0,4% rispettivamente di seminativi e aree industriali, commerciali e reti di comunicazione.

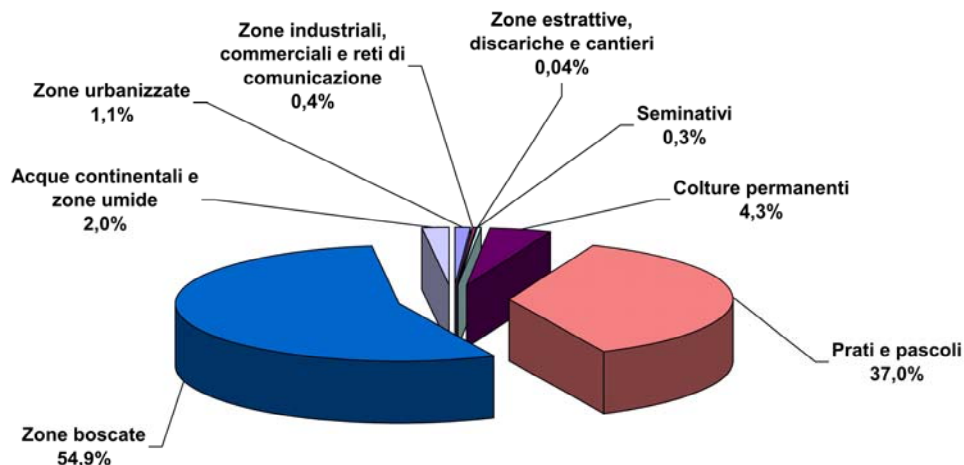


Figura 8.3 Grafico ricavato da semplificazione della Carta dell'uso del suolo (Reakarte) scala 1:10.000 della PAB.

8.8 Metodologia utilizzata per la perimetrazione delle frane sul territorio provinciale

La perimetrazione delle frane sul territorio regionale è stata eseguita mediante la verifica dei dati provenienti dai precedenti catasti e l'inserimento dei dati relativi alle pratiche più recenti secondo i criteri della scheda IFFI.

Il catasto CARFRA, essendo prevalentemente basato su fotointerpretazione, è stato completamente ricontrollato e per alcune frane di particolare importanza è stato fatto il rilevamento di campagna di dettaglio. I dati del catasto GEOKAT (verbali dei sopralluoghi e relazioni geologiche) sono sempre supportati da almeno un rilevamento di terreno e ove possibile anche da rilevamento cartografico e documentazione fotografica, di conseguenza tali pratiche sono state inserite direttamente nell'archivio IFFI mediante analisi della banca dati con conseguenti controlli in campagna e verifiche delle informazioni dei vari liberi professionisti.

I dati geometrici provenienti dalla Ripartizione 30 (DATABASE ED30) sono stati inseriti tramite migrazione informatica e sono stati modificati secondo i parametri cartografici del Progetto IFFI. Le schede informative sono state compilate nei campi obbligatori secondo gli standard del POL compatibilmente con le informazioni dedotte in fase di sopralluogo da parte della Ripartizione Opere idrauliche e verificate nuovamente dall'ufficio Geologia tramite fotointerpretazione.

Inoltre si deve considerare che parallelamente al Progetto IFFI sono in atto anche i rilevamenti CARG per la stesura delle nuove carte geologiche dell'Alto Adige-Südtirol da cui consegue un ulteriore confronto degli eventi franosi principali e un rilevamento alla scala 1:10.000 di tutti i fenomeni franosi e quelli attribuibili al permafrost (*rock glaciers* ecc.).

Allo stato attuale sono stati informatizzati tutti gli eventi franosi dell'intero territorio registrati fino a ottobre 2004 e gli eventi più significativi del 2005.

8.9 Analisi dei dati

8.9.1 Numero di frane

In totale sono state inserite nella banca dati IFFI circa 1.700 schede, che con i relativi sub-id corrispondono a 1.995 frane; di queste 635 con area superiore ad un ettaro (circa 840 se comprese anche quelle inferiori all'ettaro) e 130 fra aree che delimitano grandi DGVP o aree particolarmente colpite da frane di crollo o in cui sono presenti diffusi movimenti superficiali di versante. Le frane lineari sono 141 e corrispondono tutte a debris flow. Nella provincia di Bolzano l'area totale in frana corrisponde a 463,2 km² (6,15% del territorio).

Tabella 8.2 Numero di frane per ciascun livello informativo del database cartografico (vedi paragrafi 2.4.2 e 2.5.1).

PROVINCIA	PIFF	FRANE POLIGONALI	AREE SOGGETTE A...	DGPV	FRANE LINEARI	AREA TOTALE IN FRANA (km ²)
Bolzano	1995	635	125	5	141	463.2

8.9.2 Livelli di schedatura

Attualmente sono state consegnate 1.995 schede, tutte sono complete nei campi obbligatori per il secondo livello e con alcuni dati del terzo livello.

8.9.3 Tipo di movimento

Nei grafici seguenti è stata rappresentata la tipologia delle frane in base al tipo di movimento indicato nella scheda di primo livello. La tipologia del secondo livello è concorde in base ai vincoli di congruità stabiliti nella versione 2.34 degli aggiornamenti del DBFrane 2000.

Tabella 8.3 Tipologia del movimento.

MOVIMENTO	NOME MOVIMENTO	N° FRANE	%
1	Crollo/ribaltamento	693	34.74
2	Scivolamento rotazionale/traslativo	473	23.718
3	Espansione	1	0.05
4	Colamento lento	44	2.21
5	Colamento rapido	448	22.46
6	Sprofondamento	4	0.20
7	Complesso	149	7.47
8	DGPV	5	0.25
9	Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi	95	4.76
10	Aree soggette a sprofondamenti diffusi	1	0.05
11	Aree soggette a frane superficiali diffuse	29	1.45
0	n.d.	53	2.66

In Figura 8.4 si può osservare, sotto forma d'istogramma, il numero di frane classificate per tipologia di movimento; mentre nel successivo diagramma a torta (Figura 8.5) la tipologia è rappresentata in forma percentuale.

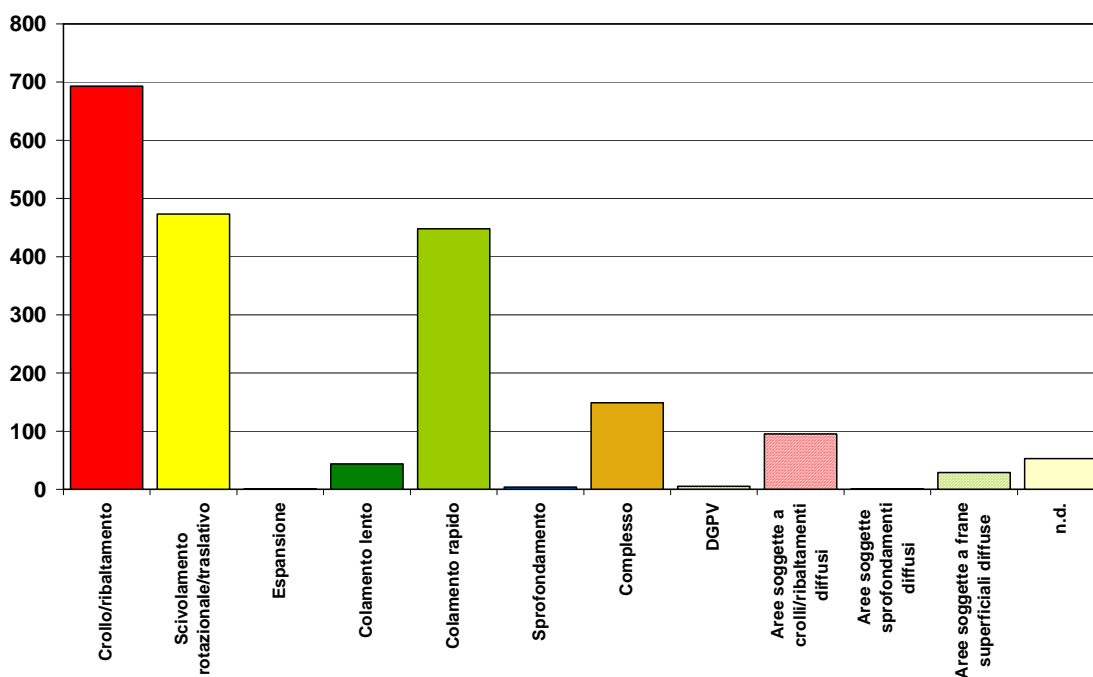


Figura 8.4 Numero di frane per tipologia di movimento.

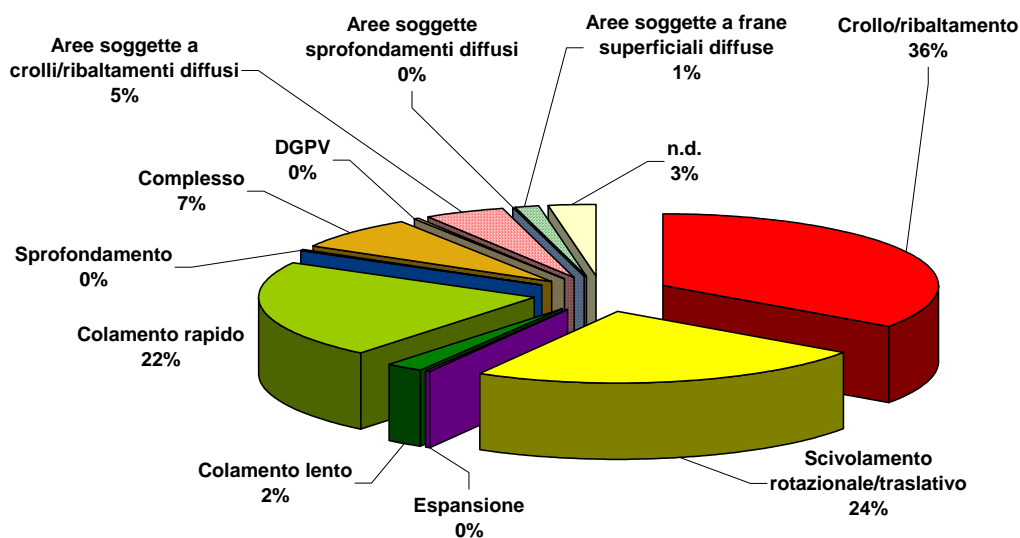


Figura 8.5 Percentuale delle frane per tipologia di movimento.

Data la morfologia del territorio, caratterizzato da pareti rocciose verticali, la tipologia di frana più diffusa è quella per crollo e ribaltamento di massi e/o blocchi di dimensioni variabili in base alla direzione e spaziatura dei sistemi di discontinuità presenti. Le formazioni rocciose coinvolte sono prevalentemente quelle ignimbritico-laviche del complesso vulcanico atesino e quelle calcareo-dolomitiche appartenenti alla successione sedimentaria triassica, ma non mancano crolli di cunei e di porzioni rocciose nelle rocce metamorfiche massive (gneiss e micascisti) e

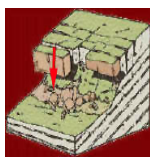
nelle plutoniti. I fenomeni che accentuano maggiormente gli eventi di crollo sono il crioclastismo, la fratturazione da radici e le precipitazioni intense.

Tra gli altri tipi di frana sono presenti in alta percentuale anche scivolamenti, colamenti rapidi e le frane complesse. Si tratta prevalentemente di frane in terra o detrito, generalmente superficiali che coinvolgono i versanti coperti da terreni eluvio-colluviali o till.

Nella categoria delle colate si rilevano soprattutto colamenti rapidi di detrito grossolano (*debris flow*) che trovano la loro via di scorrimento preferenziale lungo canali geomorfologici, per es. torrenti. Essi si manifestano sovente in ambiente alpino (aree caratterizzate da forti dislivelli), per lo più durante i nubifragi o specialmente anche in autunno a seguito di precipitazioni intense e prolungate. Le metamorfite d'origine sedimentaria (filladi e scisti) che tendono ad alterarsi e sbriciolarsi facilmente in piccoli frammenti sono interessate da tali fenomeni.

Considerando sia i grafici che la sintesi delle caratteristiche geologico-geomorfologiche della PAB, si può concludere che non è facile una regionalizzazione delle fenomenologie d'instabilità e gli eventi franosi in Alto Adige/Südtirol non sono riconducibili ad un unico tipo di movimento, ma rappresentano tutta la gamma di classificazione delle frane proposta da Varnes.

Di seguito si presentano alcuni eventi ritenuti rappresentativi delle tipologie franose presenti sul territorio della PAB e, dato che le frane per crollo sono il fenomeno più diffuso, sono stati esposti differenti casi per le formazioni geologiche principali.



Crollo: frana in roccia con un movimento in caduta libera o a salti e rimbalzi
(Classificazione di Varnes, 1978)

**Castelrotto SP 24: crollo da formazione ignimbratica massiva.
Eventi IFFI n. 210051700 e relativi sub-id.(1998-2004)**



Figura 8.6 Evento del 22/7/2001.

Versante roccioso ripido sottoposto a diffusi fenomeni di crollo di dimensioni variabili, dal singolo blocco (caduta massi) a distacchi d'interpareti rocciose. La SP 24, il cui tracciato è impostato lungo il versante, risente di molte interruzioni a causa dell'invasione del piano stradale da parte di detriti franati.

L'evento franoso cui si riferisce la documentazione fotografica è stato scatenato da precipitazioni intense.

Si è staccata una porzione di parete rocciosa che dopo il primo impatto si è frantumata in massi. Questi sono rotolati e rimbalzati lungo un canale naturale e hanno superato il piccolo vallo-argine esistente al ciglio stradale.

Sul versante sono evidenti locali pareti intensamente detensionate.

Sono stati eseguiti interventi di somma urgenza quali disgaggio e pulizia del versante (modeste pareti rocciose molto dissestate e nella zona al di sopra di un fronte di circa 15 m già rivestito di rete zincata). In seguito ad uno studio geologico di dettaglio si è proceduto alla realizzazione di un sistema di difesa passivo (galleria paramassi).



Figura 8.7 Documentazione fotografica relativa evento 210051704 del 3/2/2004.

**Val d'Ega SS241: crollo da formazione porfirica a lastre.
Evento IFFI n. 210076000 e relativi sub-id(1924-2006)**



Figura 8.8 Documentazione fotografica relativa a crolli all'interno dell'area 210076000 lungo la SS 241.

Serie di crolli localizzati in varie posizioni lungo i primi 7 km della SS 241. Le frane più comuni che si manifestano in questo settore sono crolli e ribaltamenti.

La causa innescante degli eventi di crollo spesso è legata al fenomeno di crioclastismo e alle precipitazioni intense. Tali fenomeni causano frequenti interruzioni al transito veicolare lungo la SS 241 e pericolo per i passeggeri degli autoveicoli.

Lungo la valle sono stati eseguiti numerosi interventi di sicurezza (disgaggio) e difesa (opere attive e passive) che però non si sono rivelati sufficienti a mettere in sicurezza il tratto stradale. Di conseguenza sono state progettate tre gallerie di cui una già realizzata e la seconda in fase d'opera.



Figura 8.9 Interventi di disaggio e di difesa attiva e passiva.

**Val Senales: Crollo in formazione cristallina.
Evento IFFI n. 210149800**



Figura 8.10 Documentazione fotografica dello stato del versante.



Figura 8.11 a) Massi instabili; b) Solco di rotolamento.

In data 9/07/04 si è verificato un crollo in roccia di 250 m^3 dalla quota 2.200 m stabilizzata a 2.150 m s.l.m.

Dal rilevamento sono stati individuati diversi punti soggetti a potenziali crolli di massi e blocchi. Il materiale di crollo è distribuito sulla sottostante area di versante. Solo due blocchi inferiori a $0,5 \text{ m}^3$ hanno raggiunto la carreggiata della SP 3. La fascia fra 2.250-2.100 m risulta fortemente allentata.

Fino a quota 2.300 m il versante è caratterizzato da affioramenti rocciosi più o meno inclinati, interrotti da più incisioni. A quota 2.300 m si osserva un evidente pianoro seguito nuovamente da una zona rocciosa. Il tratto inferiore, fra la SP 3 e quota 1.950 m, è caratterizzato da detrito di falda inclinato di 35° - 40° composto da blocchi di medio-piccolo diametro. Allo stato attuale non sono stati osservati segni di crolli in massa (con volume pari a centinaia di migliaia di m^3) né in atto né potenziali. Tuttavia ci sono evidenti segni di pericolo, da attivo a potenzialmente attivo, per possibili crolli da parete rocciosa (100 - 400 m^3) e caduta massi (da $<0,5$ a 60 m^3). Il processo dominante è proprio la caduta massi: $0,5$ - 2 m^3 (raramente 3 m^3), forma cubica, meccanismo di ribaltamento, caduta libera, rimbalzo e rotolamento.

**Campo Tures, SP 48: crollo in formazione magmatica terziaria.
Evento IFFI n. 210010202**



Figura 8.12 Nicchia di distacco.



Figura 8.13 Corpo di frana sui tornanti al km 6,700 della SP48.

Lungo la SP 48 è presente un'area soggetta a crolli e ribaltamenti diffusi (n. 210010200).

La documentazione fotografica riportata di seguito si riferisce all'evento sub-id 210010202 verificatosi nel giugno del 2004.

In quest'ultimo caso, infatti, si è staccata una lastra da una parete ripida costituita dalla formazione "Tonalite delle Vedrette di Ries".

La lastra, proveniente da un'altezza di 20 m circa, doveva avere dimensioni maggiori di 100 m³ poiché sono rimaste, lungo la linea di rotolamento, numerose piastre di dimensioni maggiori di 1 m³. Un sasso di 0,25 m³ ha raggiunto la strada formando un grosso buco nel fondo stradale e danneggiando gravemente il guard-rail. A seguito di un controllo accurato della parete e la verifica degli interventi di difesa esistenti è stato tentato un primo disgaggio che però non è stato portato a termine a causa della pericolosità della parete stessa. Ora è in via di realizzazione un vallo paramassi dell'altezza di 8 m.

Vetta del Piccolo Cir (Dolomiti di Selva di Val Gardena): crollo in formazione dolomitica
Evento IFFI n. 210167900

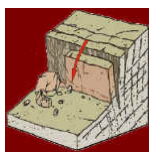


Figura 8.14 a) Percorso del sentiero (rosso) e canale percorso dal corpo di frana (blu); b) Nicchia di distacco sulla Cima piccola Cir; c) Argine di protezione per il rifugio.

Durante il mese di luglio 2004 si sono verificati più crolli successivi, per un totale di circa 70 m³ di materiale, dalla cima del Piccolo CIR.

I massi con meno energia si sono fermati sul cono detritico e quelli con più energia si sono fermati contro l'argine del rifugio Dantercepies. La causa è legata alle forti escursioni termiche che caratterizzano la stagione primaverile (crioclastismo). Il crollo ha provocato l'abbassamento della cima di circa 2 m; il CAI ha già provveduto al ripristino della croce in vetta e alla messa in sicurezza del sentiero attrezzato (ferrata del piccolo Cir). Altri blocchi, per un totale di 30 m³, rimangono instabili nella parte sud della parete ed è possibile che si verifichino altri crolli di assestamento mettendo così a rischio eventuali escursionisti sul sentiero al piede del cono detritico.

Non si sono verificati danni materiali, i massi si sono fermati a monte del vallo posto a difesa del rifugio. Si propone però la deviazione di parte del sentiero per gli escursionisti.



Ribaltamento: Frana in roccia ove il movimento è causato da un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione. Il fenomeno può evolvere in un crollo o in uno scorrimento.

(Classificazione di Varnes, 1978)

**Comune di Bolzano, Val d'Ega.
Evento IFFI n. 210076011**



Figura 8.15 Panoramica della parete rocciosa e particolari delle lastre porfiriche in fase di distacco.

A conferma di quanto esposto in precedenza, la conformazione geologica della Val d'Ega determina una certa predisposizione alle frane per ribaltamento a causa della tipica facies a lastre dei porfidi di cui sono costituiti i versanti della valle. Per esempio si propone l'evento franoso accaduto il 18/7/2002 in corrispondenza del km 2,700 della SS 241.

Si tratta del ribaltamento di lastre porfiriche dell'ordine di alcuni decimetri cubi, sulla carreggiata stradale, provenienti dalla parete di monte. La parete, alta circa 100 m, è detensionata e suddivisa in piastre e colonne in precario equilibrio. È stata eseguita un'ispezione del ciglio di monte della parete che si è rivelato totalmente alterato e con fratture aperte sul retro di singoli blocchi.

Le cause del dissesto sono riconducibili al grado di fratturazione, alla pendenza dei versanti e al fenomeno di crioclastismo. In questo caso si è proceduto con interventi immediati di disboscamento selettivo, disgiaggio e pulizia della parete rocciosa; quindi alla progettazione d'interventi di rivestimento e consolidamento della parete.



Scorrimento rotazionale: Il movimento avviene lungo una superficie di scorrimento concava verso l'alto. Perlopiù avviene in terreni sciolti.
(Classificazione di Varnes, 1978)

**Frana "Mörrerhof" a San Martino in Passiria.
Evento IFFI n. 210070802**

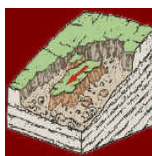


Movimento franoso nei pressi della SP 115 al km 0,400. Scivolamento del versante compreso il bosco e una porzione della SP 115.

Il movimento franoso è impostato su depositi glaciali e fluvio-glaciali e si è verificato nel novembre del 2000. La causa scatenante è riconducibile alle precipitazioni intense (circa 700 mm in due mesi) e dal contrasto di permeabilità fra i diversi tipi di sedimenti quaternari (limo e ghiaia). L'area circostante (210070801) è classificata come "area soggetta a frane superficiali diffuse" e in alcuni casi è stato riscontrato anche il contrasto di permeabilità fra micascisti /depositi quaternari.



Figure 8.16 Fasi di distacco dell'evento franoso (fratture di trazione e distacco del corpo di frana).



Scorrimento traslativo: Il movimento avviene lungo una superficie piana o debolmente ondulata. Si verifica prevalentemente in roccia e lungo piani di discontinuità come la stratificazione.

(Classificazione di Varnes, 1978)

**Frana "Bierbach".
Evento IFFI n. 210121800**



A causa delle intense precipitazioni, verificatesi durante l'autunno 2002 (circa 600 mm in tre settimane), si è attivato un fenomeno franoso sul prato che sovrasta il maso Ausserbierbach. La frana è di natura superficiale e interessa i terreni sciolti di copertura limoso-sabbiosa. I movimenti del terreno sono stati monitorati eseguendo letture regolari degli spostamenti a cavallo delle fessure e mediante captazione delle acque ipogee uscenti dalle stesse fessure. Alle ore 15.40 del 26/11/02 la frana si è attivata in maniera definitiva ed il materiale è defluito con una velocità di ca. 2 m/min raggiungendo l'orto e la piccola costruzione accanto all'abitazione. Nel giro di 20 ore ca. si è verificato il collasso completo del terreno in frana (superficie lunga circa 30 m, larga alla base 25 m e profonda tra 1.0÷1.5 m).

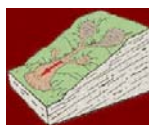


Già durante le prime fasi del dissesto, è stato portato sul posto un escavatore per asportare il terreno franato e ridurre così i danni alle infrastrutture. Sono stati inoltre posti in opera nei punti più critici le tubazioni drenanti per asportare le acque affioranti in area di frana.



Il dissesto non ha coinvolto l'abitazione del maso, ma esclusivamente la piccola costruzione presente a N-E della stessa abitazione e, marginalmente, la strada d'accesso.

Figura 8.17 a) Panoramica del versante; b) Corpo di frana che ha coinvolto l'edificio adiacente il maso; c) Prime fasi d'intervento (teli impermeabili sulla nicchia di distacco e tubi drenanti nell'area di frana).



Colamento lento: Comporta movimenti spazialmente continui sia in profondità che in superficie con diverse velocità all'interno della massa. In genere avviene in terreno sciolto completamente imbibito d'acqua.
(Classificazione di Varnes, 1978)

Frana di Corvara.
Evento IFFI n. 210050700



La frana di Corvara è costituita essenzialmente da un ampio fenomeno di stile complesso, classificabile come scivolamento-colata di terra (*earth flow*). Si sviluppa coinvolgendo la Formazione di La Valle e la Formazione di S. Cassiano. Questa frana è stata oggetto di molti approfondimenti d'indagine al fine della valutazione d'intervento più adeguato.

Dal punto di vista morfologico, si compone di distinti settori d'alimentazione, trasporto ed accumulo. L'area sorgente, a morfologia concava-complessa, è delimitata da una scarpata principale (in prevalenza subverticale, d'altezza anche superiore ai 25 m) e può essere suddivisa in quattro settori morfologici principali: S1, S2, S3 e S4. Nelle zone interne corrispondono a coltri di materiale argilloso, spesse fino a 40-50 m, soggette a scivolamenti traslazionali e colate. In S1 e S4 la maggior parte di tali fenomeni è quiescente. Al contrario, in S2 e S3 la maggior parte è attiva lungo superfici di scorrimento multiple, site fino a 30 m in profondità. La zona di trasporto (T) è larga approssimativamente 300 m ed è costituita da una coltre di materiale argilloso spessa 40 m. Tale coltre è soggetta a continuo movimento traslativo su superfici multiple profonde fino a 20-30 m ed è tuttora alimentata da colate attive più superficiali, che giungono principalmente dai settori sorgente S2 e S3. Queste colate sono avanzate in modo consistente negli ultimi anni (fino a 10 m/anno, come nel 1997-1998).

Il piede della frana, che si pone a ridosso dell'abitato di Corvara, non è in fase d'avanzamento. Questo è presumibilmente imputabile al fatto che l'unghia della frana è in realtà costituita dall'antico accumulo della frana di Arlara (paleofrana laterale che ostruì la valle).

Figura 8.18 a) Panoramiche della frana nel 1997; b) Panoramica nel 1998; c) Dettaglio degli eventi verificatisi nel 2000.

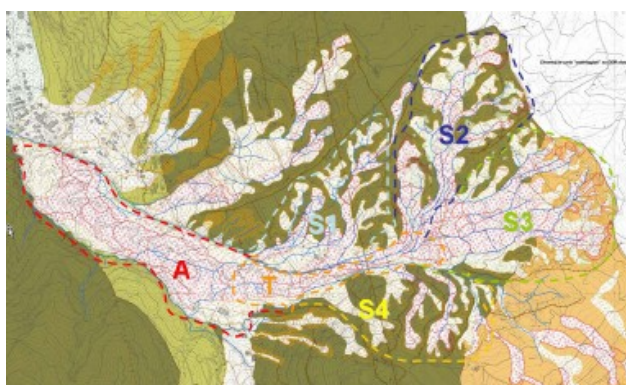


Figura 8.19 a) Ubicazione degli inclinometri (monitoraggio 1997-2001); b) Cartografia della frana con indicazioni morfologiche (S1, S2, S3, S4, T, A).



Colamento rapido: Movimenti che in genere avvengono in alveo e comportano il trasporto d'acqua e materiale sciolto (detrito) contemporaneamente.
(Classificazione di Varnes, 1978)

**Frana di Rio Bianco.
Evento IFFI n. 210123100**



Figura 8.20 a) Panoramica da elicottero della zona di deposito al piede del versante presso la confluenza col Rio Bianco; b) Particolare dell'accumulo sulla strada forestale all'apice della conoide alluvionale.

A causa delle intense precipitazioni di grandine e pioggia avvenute durante la notte fra il 12 e il 13 luglio 2002, si sono verificate diverse colate nell'area del torrente Rio Bianco. Cause e dimensioni degli eventi sono simili. Il materiale proviene da numerose nicchie di distacco di piccole dimensioni.

La documentazione fotografica si riferisce al rio "Pichl (Pichlbach)". Il detrito coinvolto nel colamento rapido corrisponde a sedimenti superficiali quaternari (Sintema della Garda).

DGPV: Deformazione gravitativa profonda del versante.

**Frana del Monte di Tarres (paese di Trafoi).
Evento IFFI n. 210027800 (2001)**



Figura 8.21 Panoramica del versante e sdoppiamento di cresta (2004).



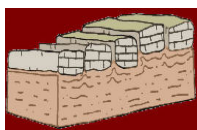
Figura 8.22 Nicchia di distacco (2004).

Si tratta di un tipico fenomeno alpino che, nel caso specifico, coinvolge un versante intero: nicchia di distacco presso la cima del Monte di Tarres (2.952 m s.l.m.) e piede che raggiunge il centro abitato di Trafoi a fondovalle (1.500 m s.l.m. circa). Questo movimento coinvolge sia micascisti e paragneiss del basamento cristallino che till e detriti di copertura. La massa si muove sotto forma di diverse zolle a velocità differenti e minaccia sia parte del centro abitato che la SS 38.

Dopo le intense precipitazioni dell'autunno 2000 in primavera (2001) si è velocizzato il movimento causando gravi danni a tre case e danni medi alla strada. Le prime opere di mitigazione (superficiale) sono in fase di completamento, alcuni edifici sono stati evacuati, altri hanno chiesto il trasferimento. La frana è monitorata.



Figura 8.23 Vista prospettica 3D.



Espansione laterale: Movimento dovuto alla deformazione di un materiale plastico dovuta al peso di un materiale rigido ad esso sovrapposto che a causa di ciò subisce fratturazione e ribaltamenti.
(Classificazione di Varnes, 1978)

**Frana di Salorno.
Evento IFFI n. 210147600**



Sono state individuate tre tipologie d'evento franoso possibile: crollo, ribaltamento e scivolamento planare di blocco lapideo. È presente una condizione di pericolo di caduta massi che interessa le abitazioni al piede del pendio. Negli ultimi decenni sono stati segnalati diversi eventi di crollo e negli anni '80 sono stati realizzati alcuni interventi di protezione localizzati.

La struttura dell'ammasso roccioso è condizionata da frequenti linee di frattura che, associate ai giunti di stratificazione, scompongono in maniera costante la roccia.

A seguito dei rilevamenti sono stati riscontrati su entrambi i versanti della Val d'Adige (Salorno e Cortaccia) elementi geomorfologici (trincea) tali da considerare la zona soggetta al fenomeno di "espansione laterale".

Difatti i versanti della valle sono caratterizzati da coperture quaternarie sovrapposte a dolomie della Formazione di Contrin (rigide e massive).

Figura 8.24 a) Panoramica del versante sul lato est (Salorno) del fenomeno di espansione laterale (agosto 2005); b) Particolari di ribaltamenti (2004-2005); c) Trincea d'espansione laterale (agosto 2005); d) Abitazioni sottostanti l'area soggetta a crolli (2005); e) Fratturazione.

Le dolomie poggiano presumibilmente su siltiti e marne (plastiche) della formazione di Giovo (membro della formazione di Cortaccia). In corrispondenza del cambio di permeabilità tra dolomie e marne sono presenti numerose sorgenti a portata stagionale che testimoniano un importante deflusso idrico sotterraneo. La presenza d'acqua, unita allo scarso irraggiamento delle pareti durante l'inverno, amplifica la fratturazione già presente nelle dolomie per crioclastismo.

Complessa: Il movimento risulta dalla combinazione di due o più movimenti.

Frana di Nalles.
Evento IFFI n. 210096200



Figura 8.25 Parte media del torrente con segni tipici d'erosione profonda e laterale a causa di debris flow.



Figura 8.26 Dettaglio di una delle nicchie di distacco.



Figura 8.27 Centro abitato al piede della frana (Nalles).

Alla base dei versanti carbonatici situati a sud di Nalles, è presente un esteso movimento franoso a carattere complesso che anche di recente (anni 2000-2003) ha causato numerosi danni ad infrastrutture e centri abitati. Le nicchie di distacco, per un'area di circa 0,3 km², sono situate alla testata d'alcuni affluenti del Rio di Grissiano e si originano per lo più alla base della formazione del Serla inferiore dove esiste un notevole contrasto di permeabilità. In occasione di precipitazioni intense e prolungate si originano scivolamenti rotazionali nei depositi prevalentemente terrigeni del Werfen e/o della potente copertura di till e detrito. Queste masse scivolano fino al letto del rio in un primo tempo ostruendone il corso, e quindi possono evolvere in colamenti rapidi (*debris flow*) che raggiungono l'area della conoide dello stesso sulla piana dell'Adige, presso l'abitato di Nalles. Dal 2002 le zone di distacco sono costantemente monitorate e sorvegliate tramite sistemi automatici con trasferimento dati in tempo reale.

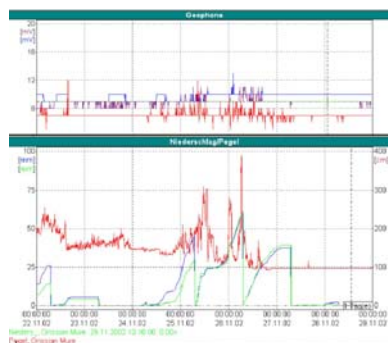


Figura 8.28 Grafici dal monitoraggio dei movimenti della frana per mezzo di geofoni (sopra); rappresentazione del livello del torrente (acqua e detrito) e delle precipitazioni (sotto).



Figura 8.29 Trasporto di detrito lungo il Rio Grissiano.

Sprofondamento: Fenomeno di collasso del terreno dovuto alla dissoluzione di rocce calcaree o gessose del substrato.

Maso Scofa (Comune di Trodena). Evento IFFI n.210116000
Lago di Sennes. Evento IFFI n.210137300



Figura 8.30 Sprofondamento al maso Scofa.

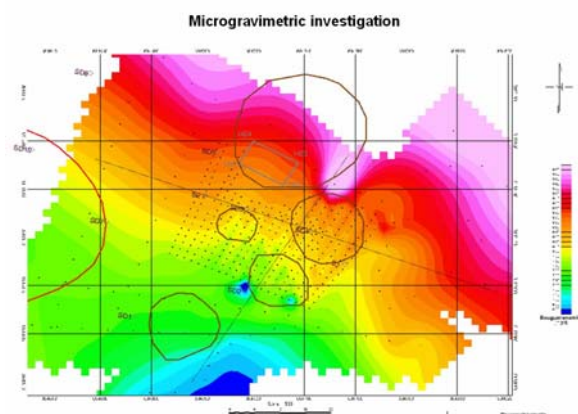


Figura 8.31 Analisi gravimetrica relativa al fenomeno di sprofondamento presso il maso Scofa.

In Alto Adige-Südtirol sono registrati solo due eventi di sprofondamento non originati da cause antropiche (per es. lo sprofondamento da galleria di miniera). Di seguito si citano entrambi:

1) Maso Scofa

A causa delle intense piogge del novembre 2000 è aumentata la dissoluzione del gesso della facies "Fiemmazza del Bellerophon" fino a causare il collasso della volta carsica. Tale collasso ha creato, nei prati antistanti il maso Scofa, uno sprofondamento di 10 m di diametro e 15 m di profondità. Le indagini hanno rilevato che ora sono presenti solo cavità embrionali. L'avanzare dell'erosione in tali cavità è monitorata tramite immagini da satellite.

2) Lago di Sennes

Il laghetto di Sennes serviva per l'abbeveraggio degli animali durante il pascolo estivo.

Il suo prosciugamento (settembre 1966) si è verificato a causa d'intense piogge che hanno provocato la dissoluzione dei calcari grigi e il conseguente collasso della volta carsica. Nell'arco di mezzora il lago si è svuotato e nei pressi del rifugio Pederù (circa 1.000 m più a valle) c'è stato un allagamento.



Figura 8.32 Lago di Sennes.

8.9.4 Stato d'attività

Come appare evidente dal grafico il 64% delle frane risulta in stato attivo/riattivato/sospeso ed a seguire il 21% sono quiescenti; solo l' 8% e 1% risulta rispettivamente stabilizzato e relitto.

Bisogna considerare che la maggior parte degli eventi franosi censiti sono crolli puntuali di roccia (vedi paragrafo 8.9.3). Nel caso di una parete rocciosa verticale e fratturata, soggetta a piccoli distacchi localizzati, essendo difficile riuscire a stabilizzarla completamente, si considera sempre attiva, riattivata o sospesa. Inoltre si può osservare che, per questa tipologia d'evento, spesso la soluzione migliore consiste nell'eseguire degli interventi di mitigazione provvisori in attesa della progettazione e realizzazione di una galleria. Di conseguenza, nonostante l'archiviazione degli eventi avvenga nel breve periodo, la documentazione e la conclusione dei progetti esecutivi delle opere di protezione avviene su lungo periodo e la maggior parte di questi sono ancora in atto.

Durante i suddetti tempi tecnici gli eventi rimangono classificati come attivi e solo a termine dell'opera sarà possibile cambiare la classificazione da attiva a stabilizzata.

Questo fattore comporta tra l'altro la revisione dei dati classificati in precedenza e viene considerato un punto debole del sistema; in ogni caso il progetto è in continua evoluzione e la risoluzione di questo problema diverrà un obiettivo per il prossimo futuro.

Per concludere se si considera che la tipologia per crollo tende per natura a permanere attiva e che i tempi d'esecuzione delle opere ritardano la conversione dello stato d'attività da attivo a stabilizzato, risultano più comprensibili i dati della statistica nonostante i numerosi interventi eseguiti sul territorio.

Tabella 8.4 Stato d'attività delle frane.

COD_STATO	DESCRIZIONE	N° FRANE	%
0	Non determinato	127	6.37
100	Attivo/riattivato/sospeso	1270	63.66
200	Quiescente	425	21.30
300	Stabilizzato	158	7.92
400	Relitto	15	0.75

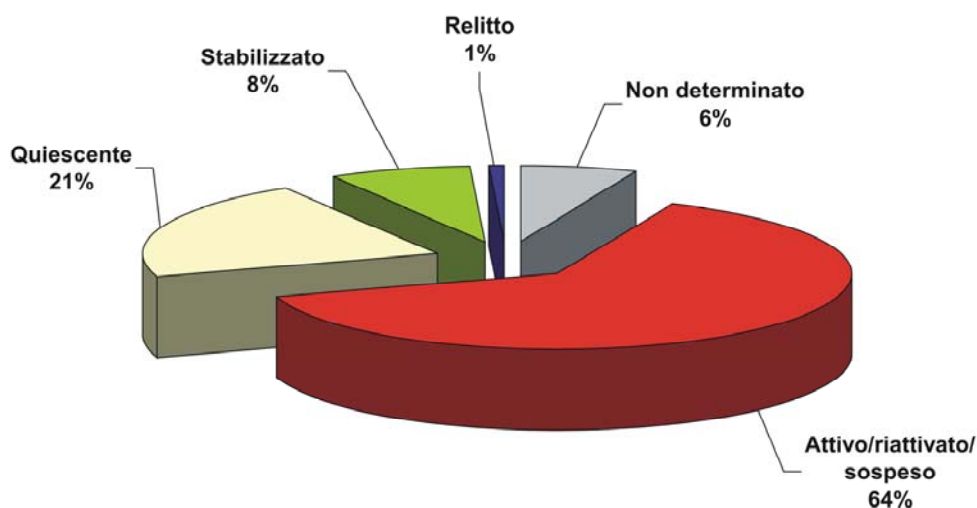


Figura 8.33 Percentuale delle frane per stato di attività.

8.9.5 Danni I livello

Seppure il territorio della PAB sia soggetto a molti eventi gravitativi, nella maggior parte dei casi non si registrano danni a persone. Questo dato deve essere messo in relazione a diversi fattori:

- 1) efficacia delle opere di protezione applicate e dei servizi di manutenzione delle stesse (es. svuotamento del detrito nelle reti , barriere...ecc.);
- 2) elevato numero di eventi franosi ma spesso di piccole dimensioni;
- 3) urbanistica adeguata alle caratteristiche del territorio per cui i movimenti gravitativi raramente coinvolgono edifici, persone, beni culturali, attività economiche e nuclei abitati;
- 4) la maggior parte dei dissesti coinvolgono strade, terreni agricoli, infrastrutture a rete/strutture di servizio pubblico (es. cavi e centrali elettriche o telefoniche) e opere di sistemazione quando presenti. Occasionalmente risulta a rischio anche la linea ferroviaria.

Tabella 8.5 Frane e danni.

COD_DAN	DESCRIZIONE	N° FRANE
1	Nuclei/centri abitati	25
2	Attività economiche	6
3	Terreno agricolo	221
4	Strutture di servizio pubbliche	22
5	Beni culturali	4
6	Infrastrutture di servizio	45
7	Ferrovie	29
8	Strade	672
9	Opere di sistemazione	128
10	Persone	3
11	Edifici isolati/case sparse	50
12	Corso d'acqua	10
0	n.d.	1390

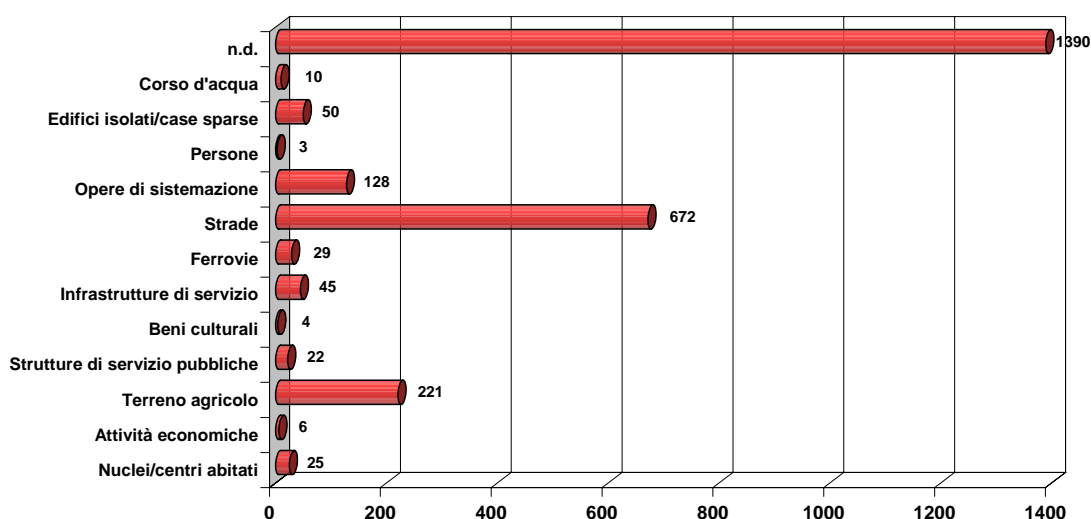


Figura 8.34 Numero di frane per tipologia di danno.

8.9.6 *Indice di Franosità (IF)*

L'Indice di Franosità (IF) è definito dal rapporto fra area in frana ed area di riferimento (es. regione, territorio montano-collinare, classe litologica, classe uso del suolo).

Dalle tabelle e grafici allegati si deducono le seguenti informazioni:

- L'indice IF in relazione alle dimensioni della regione e dell'area montano-collinare (Tabella 8.6) corrisponde approssimativamente al 6,2% del territorio in entrambi i casi (si ricordi che il 98% del territorio regionale è montano).
- La franosità in relazione alla litologia (Tabella 8.7) evidenzia che, escludendo le frane per le quali non è determinabile questo dato, le formazioni maggiormente colpite da dissesti sono di tipo roccioso (rocce metamorfiche poco foliate, rocce laviche effusive acide, rocce carbonatiche). A seguire le litologie più colpite sono conglomerati e brecce, terreni di riporto e detrito. Questi dati trovano corrispondenza nelle tipologie di frana più diffuse (crolli e scivolamenti). Si fa presente però che i sedimenti glaciali e fluvioglaciali mancano nella tabella di classificazione del Progetto IFFI e quindi sono stati accorpati alla categoria "n.d." che per questo motivo risulta sovrastimata. Tali depositi sono particolarmente diffusi su un territorio montuoso come l'Alto Adige e di conseguenza falsano parzialmente i dati.

Tabella 8.6 *Indice di franosità (IF) per regione e per area montano-collinare.*

Superficie totale regione (km²)	Area montano-collinare (km²)	Numero di PIFF	Area totale in frana (km²)	Densità dei fenomeni franosi (N° PIFF / Superficie provincia)	Indice di Franosità % (area totale in frana / superficie provincia)	Indice di Franosità % (area totale in frana / area montano-collinare)
7525	7399	1995	463.2	0.265	6.15	6.26

Tabella 8.7 Frane e litologia.

LITOLOGIA	N° FRANE
n.d.	478
rocce carbonatiche	126
travertini	0
marne	4
flysch calcareo-marnosi	37
arenarie, flysch arenacei	31
argilliti, siltiti, flysch pelitici	4
rocce effusive laviche acide	184
rocce effusive laviche basiche	10
rocce effusive piroclastiche	205
rocce intrusive acide	62
rocce intrusive basiche	4
rocce metamorfiche poco o nulla fogliate	390
rocce metamorfiche a fogliazione pervasiva	1
rocce gessose, anidritiche, saline	0
rocce sedimentarie silicee	8
conglomerati e brecce	190
detriti	76
terreni prevalentemente ghiaiosi	33
terreni prevalentemente sabbiosi	2
terreni prevalentemente limosi	2
terreni prevalentemente argillosi	22
terreno eterogeneo	2
terreno di riporto	124

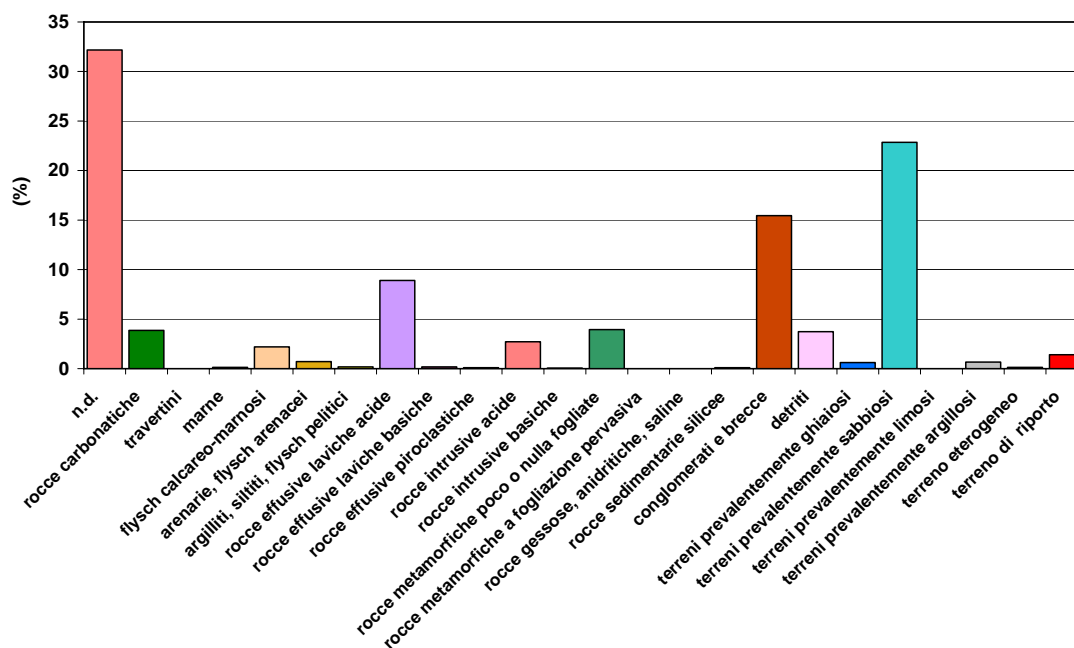


Figura 8.35 Franosità % per litologia.

8.10 Aggiornamento dati 2005

A seguito della precedente relazione tecnica (luglio 2005) si è continuato a procedere con l'inserimento nel database IFFI dei dati provenienti dagli archivi dell'Ufficio Geologia (archivi GEOKAT e CARG), integrati quando possibile da informazioni tratte da giornali, analisi delle foto aeree relative ai movimenti di versante e informazioni raccolte direttamente sul terreno.

Sono stati inseriti inoltre anche i dati relativi ai *debris flow* catalogati presso l'ufficio Opere Idrauliche mediante migrazione informatica e revisione delle geometrie e delle informazioni tecniche allo standard richiesto dal POL del Progetto IFFI. Infine sono state revisionate tutte le schede e, ove necessario, sono state integrate con le informazioni obbligatorie per raggiungere il secondo livello.

Attualmente nel catasto risultano 1.995 schede (contro le precedenti 1.246) tutte di secondo o terzo livello ed il database è aggiornato al settembre 2004.

8.11 Considerazioni conclusive

L'analisi dei dati storici è stata conclusa considerando tutti gli eventi franosi trovati negli archivi storici di varia provenienza. Anche l'analisi da foto aeree che riporta specialmente le aree in frana di maggiore estensione ma di difficile attribuzione temporale è pressoché conclusa. Si precisa che la maggior parte di questi fenomeni è stata rilevata nell'ambito dei Progetti IFFI e CARG.

I dati degli eventi franosi recenti, che provengono da altri uffici ma in gran parte dal Servizio Geologico stesso, vengono inseriti nell'arco di poche settimane. Come già accennato l'aggiornamento dei dati (progetti esecutivi e opere di protezione concluse) è ancora un problema da risolvere e sarà posto all'attenzione in un prossimo futuro.

L'analisi statistica dei dati ha rilevato che alcune categorie proposte dal Progetto IFFI, in particolare i litotipi, non sono appropriate al nostro territorio e perciò questi dati risultano falsati (es. till, ecc.).

Si fa presente che nella nostra banca dati interna questo problema non esiste perché abbiamo aggiunto varie voci alle specifiche tabelle che nell'export per la consegna confluiscono nei campi previsti sotto la voce "n.d."

8.12 Riferimenti bibliografici

Castiglioni G.B. (1991) Geomorfologia. UTET.

Stingl V., Mair V. (2005) Introduzione alla geologia dell'Alto Adige. Provincia Autonoma di Bolzano- Alto Adige, Uff. Geologia e prove materiali Cardano (BZ).



Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige
Autonome Provinz Bozen-Südtirol

8.13 *Struttura operativa Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige Südtirol*

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE-SÜDTIROL

Assessorato Cultura e intendenza scolastica ladina e lavori pubblici
Dipartimento/Direzione Ufficio 11.6 Geologia e prove materiali

Responsabile del Progetto:

Dott. Ludwig Nössing

Coordinatori:

Dott. Volkmar Mair

Dott. Claudia Strada

Segreteria di Progetto:

Dott. Mohane Volcan

Staff - Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

Dott. Mohane Volcan

Dott. Daniela Busetto

Dott. Beniamino Donati

Dott. Ursula Schulzenbacher

Dott. Christian Vian

Responsabile Informatizzazione:

Dott. Claudia Strada

Staff – Informatizzazione:

Dott. Mohane Volcan

Dott. Daniela Busetto

Dott. Beniamino Donati

Dott. Ursula Schulzenbacher

Dott. Silvia Tagnin

Dott. Christian Vian

Si ringraziano:

Dott. Judith Oberlechner (Uff.9.6 Informatica geografica e statistica)

Dott. Pierpaolo Macconi (Ripartizione 30, Opere idrauliche).

Rapporto finale Maggio 2006