

7. Analisi del dissesto da frana in Lombardia

M. Carelli, M. Ceriani, E. Valbuzzi

7.1 Premessa

Il Progetto Nazionale IFFI ha costituito per la Regione Lombardia un'occasione per uniformare le informazioni relative ai fenomeni franosi del proprio territorio in un unico database.

I dati di censimento ed inventario delle frane raccolti in oltre un decennio di attività, infatti, per diversi e giustificati motivi (tempi, finanziamenti, incarichi, metodologie, personale, conoscenze scientifiche ecc.), non risultavano tra loro omogenei e gestibili come un unico prodotto.

A partire dal 1988 l'ex Servizio Geologico della Regione Lombardia ha cominciato ad utilizzare, per la provincia di Sondrio, un prototipo di inventario delle frane con fotointerpretazione e schede di censimento, estendendolo nel 1991 alla Valcamonica (Bs) e nel 1996 alla provincia di Lecco.

In seguito (1998), con appositi progetti (progetto strategico 5.3.1, convenzione con IreR nel 1999), avvalendosi dell'esperienza di istituti scientifici specializzati nel campo del dissesto idrogeologico e nel trattamento e restituzione dei dati (Università di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologiche, CNR-IRPI di Perugia, Istituto per la dinamica dei processi ambientali - CNR di Milano, CNR-CSITE Bologna) e della consulenza di geologi professionisti, il lavoro ha acquistato sistematicità, metodologia, continuità e coordinamento tecnico-scientifico, consentendo di disporre dal 2002, di un inventario delle frane per tutto il territorio montano e collinare regionale.

Le informazioni provenienti da queste attività non risultavano però omogenee, il Progetto IFFI ha consentito di riconsiderare tutti i fenomeni franosi secondo un'unica legenda con criteri univoci sia per la tipologia dei fenomeni che per la digitalizzazione e l'organizzazione dei dati.

7.2 Fasi di lavoro

Per la realizzazione del progetto (fotointerpretazione, raccolta ed analisi dati storici e d'archivio, rilevamenti originali, controlli e verifiche sul terreno, informatizzazione) si sono svolte nel periodo marzo 2001 - dicembre 2004 le seguenti attività secondo le voci riportate nel POL (fra parentesi è riportato il soggetto attuatore):

1. *Coordinamento e direzione del progetto* (REGIONE); Direzione Generale Territorio e Urbanistica - Struttura Rischi Idrogeologici e Sismici;
2. *Gestione contabile-amministrativa* (REGIONE); affidamento di incarichi, convenzioni e relativi pagamenti (cfr. quadro economico);
3. *Censimento e raccolta dei dati esistenti* secondo le specifiche del paragrafo 3.1 dell'Allegato Tecnico. Sono stati raccolti dati e informazioni sui fenomeni franosi presso tutte le strutture regionali a vario titolo operanti sul territorio (REGIONE);
4. *Rappresentazione cartografica dei fenomeni conosciuti* su cartografia a scala 1:10.000 (REGIONE); sono stati cartografati oltre 118.000 fenomeni di dissesto;
5. *Compilazione delle schede IFFI* secondo quanto previsto nelle specifiche dell'Allegato 1 - Guida alla compilazione della Scheda Frane IFFI (REGIONE). Sono state compilate e consegnate con il primo rapporto (maggio 2002) **8.939 schede di primo livello** derivandole dall'archivio storico della regione Lombardia. Nel marzo 2003 sono state consegnate oltre 300 schede di secondo e terzo livello (alcuni campi obbligatori non sono stati completati). Nella consegna di settembre 2004 il numero complessivo di schede compilate era di circa **118.000 schede di primo livello**, mentre la consegna finale comprende oltre **130.000 schede di primo livello** delle quali circa 600 di secondo livello.
6. *Verifica della completezza e omogeneità dei dati* (REGIONE - UNIVERSITA' DI MILANO - BICOCCA);

7. Integrazione dei dati tramite fotointerpretazione e relativi controlli di taratura sul terreno (REGIONE - IREALP - UNIVERSITA' DI MILANO BICOCCA). E' stato affidato ad IREALP (Istituto di Ricerca per l'Ecologia e l'Economia Applicata alle Aree Alpine) l'incarico per effettuare il primo aggiornamento dell'inventario delle frane nell'ambito del Progetto IFFI. Questa attività è stata effettuata, tramite una convenzione, dal Dipartimento di Scienze geologiche e geotecnologie dell'Università di Milano - Bicocca con la consulenza continuativa di un esperto informatico presso la Struttura Rischi Idrogeologici e Sismici della Regione;

8. Controlli sul terreno (REGIONE - UNIVERSITA' DI MILANO - BICOCCA). Sono stati effettuati numerosi controlli a campione sul terreno per verificare quanto derivato dall'attività di fotointerpretazione o già presente nell'archivio storico;

9. Sperimentazione di una metodologia per la verifica dello stato di attività dei versanti con le immagini radar da satellite (POLITECNICO). E' stato affidato alla società Telerilevamento Europa T.R.E. del Politecnico di Milano l'incarico di elaborare le immagini radar dei satelliti ERS 1 e ERS 2 per verificare i movimenti in atto su circa 4.000 km² di territorio montano e 800 km² di territorio collinare (Oltrepò pavese). I risultati del lavoro mostrano che si hanno buoni riscontri di movimenti millimetrici su base annua anche sui rilievi montuosi rocciosi. I riflettori PS sono in genere manufatti, tetti, tralici, rocce esposte, ecc., ovvero bersagli per i quali le caratteristiche di riflessione dell'onda radar si mantengono stabili nella maggior parte delle immagini radar disponibili. Il confronto delle riflessioni dello stesso oggetto in diverse immagini permette di determinare l'attività dei dissesti, in genere sollevamenti e abbassamenti nel corso degli anni;

10. Informatizzazione dati cartografici, secondo le specifiche dell'Allegato 2 (REGIONE - UNIVERSITA' DI MILANO - BICOCCA);

11. Informatizzazione dati alfanumerici, secondo le specifiche dell'Allegato 3 (REGIONE - UNIVERSITA' DI MILANO - BICOCCA);

12. Informatizzazione dati iconografici (REGIONE - ENTE DI RICERCA); in corso di realizzazione. Questa attività ha comportato un imponente lavoro per la digitalizzazione tramite scanner del numeroso materiale iconografico disponibile negli archivi regionali;

13. Fornitura prodotti intermedi e finali al Servizio Geologico Nazionale (*file*, plottaggi, relazioni annuali, relazione illustrativa finale, CD-rom) (REGIONE);

14. Integrazione dei dati alfanumerici e geometrici nel corso del 2005 e nei primi mesi del 2006. L'attività ha comportato lo spostamento delle conoidi su un apposito layer, l'integrazione delle aree soggette a crolli, la suddivisione del layer "aree" tramite l'utilizzo dei bacini idrografici, l'inserimento delle aree calanchive dell'Oltrepò pavese, l'implementazione delle schede di II e III livello, l'acquisizione dei nuovi aggiornamenti tramite web.

7.3 Basi topografiche ed ortofoto

Per la redazione del lavoro sono stati utilizzate le seguenti riprese aerofotogrammetriche:

- Volo GAI 1954-55, scala 1:33.000, B/N;
- Volo IGM 1962, scala ~ 1:30.000, B/N;
- Volo IGM 1970, scala ~ 1:30.000, B/N;
- Volo Regione Lombardia TEM1 1981-83, scala ~1:20.000, colori;
- Volo Valtellina 1987, scala 1:13.000;
- Volo IGM 1991, scala ~ 1:40.000, B/N;
- Volo IGM 1995, scala ~ 1:40.000, B/N;
- Volo AIMA 1994-97, ortofoto digitale, B/N;
- Volo IT2000, scala 1:40.000 e ortofoto digitale, colori, scala nominale 1:10.000, risoluzione di 1 m a terra (pixel a terra).

Le basi topografiche utilizzate sono le CTR della Regione Lombardia, scala 1:10.000, anno 1983, con aggiornamenti locali al 1994.

7.4 Studi e censimenti precedenti

Le fonti utilizzate per la realizzazione del progetto sono:

- Archivio storico della Regione Lombardia, 1988-2005;

- Sistema informativo geologico, 1996-2000;
- Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia. Regione Lombardia, 2001;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Lecco. Scala 1:25.000, Dell'Orsina F., Pasotti J. E Sganga F. - Pubblicazione CNR n. 1942, 1999;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Sondrio. Scala 1:10.000. Regione Lombardia, 1990, report interno;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Edolo. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Ponte di Legno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Saviore. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Breno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valle di Scalve. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;
- Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valmalenco. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990;
- Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio, Agostoni S., Laffi R. e Sciesa E.- Pubblicazione CNR-GNDCl n. 1580, 1997;
- Centri abitati instabili della Provincia di Lecco, Agostoni S., Cantone G., Laffi R., Ratti R. e Sciunnach D. - Pubblicazione CNR-GNDCl n. 2066, 2000;
- Centri abitati instabili della Provincia di Pavia, Rossetti R. - Pubblicazione CNR-GNDCl n. 1780, 1997;
- Carta Geologica della Provincia di Bergamo, scala 1:50.000 e note illustrative. Provincia di Bergamo, Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR, 2000;
- Carta Geologica della Regione Lombardia, scala 1:250.000. A. Montrasio con la collaborazione di B. Bigioggero, L. Brigo, P. Casati, M. Cremaschi, A. Ferrario, M. Gaetani, R. Gelati, A. Gregnanin, F. Jadul, G. Orombelli, P.M. Rossi, P. Zuffardi. Regione Lombardia, Università degli Studi di Milano, 1990;
- Inventario frane della Provincia di Pavia. Provincia di Pavia;
- Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici. Torrente Staffora (PV), Torrente Pioverna (LC), Fiume Serio (BG), Fiume Oglio (Alta Valcamonica). Studio CNR – IRPI Torino, 1999-2000;
- Definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico. Aree campione: Valcamonica e Val di Scalve, alta Val Seriana, bacino del T. Staffora e territorio montano della Provincia di Lecco. Carte dei fenomeni franosi, scala 1:10.000; carte della pericolosità da frana, scala 1:25.000. Regione Lombardia, CNR – IRPI Perugia, CNR – CSITE Bologna, Dipartimento di Scienze Geologiche – Geotecnologiche Milano Bicocca, 1998-2000;
- Carta dei movimenti franosi della zona dell'Oltrepò Pavese. 15 tavole, scala 1:10.000. Regione Lombardia, 1998
- Dati sui fenomeni calanchivi (aree a franosità superficiale diffusa) dell'Università degli Studi Pavia (Prof. ssa Claudia Meisina);
- Dati derivanti dall'analisi radar PS di ampie porzioni del territorio lombardo per la verifica dello stato di attività delle frane.

7.5 Inquadramento geologico regionale

La Regione Lombardia occupa una posizione centrale nell'arco alpino, con valli disposte prevalentemente in direzione NS (Valchiavenna, Val Seriana, Valbrembana, Valcamonica, Val Sabbia) con l'eccezione della Valtellina disposta in direzione EO.

Le principali unità geologiche presenti (Figura 7.1), sono rappresentate dalle Unità Penniniche situate tra la Valmalenco e la Valchiavenna, dalle Unità Austroalpine che dalla Valmalenco vanno verso E e dalle Unità Sudalpine lungo il bordo meridionale della Linea Insubrica, dall'Adamello al Lago Maggiore.

Le Unità Pennidiche e quelle Austroalpine sono costituite principalmente da rocce metamorfiche e da modeste coperture sedimentarie, mentre le Unità Sudalpine hanno un basamento metamorfosato e una spessa copertura sedimentaria. Sono presenti 2 grossi corpi intrusivi tardo alpini, il plutone dell'Adamello e quello della Val Masino – Bregaglia.

Le unità Pennidiche formano la parte più profonda della catena alpina, mentre quelle dell'Austroalpino comprendono le unità strutturali più elevate della stessa. Entrambe sono caratterizzate da una struttura tettonica a grandi falde di ricoprimento. Il Sudalpino è interessato da pieghe e sovrascorrimenti.

L'ossatura metamorfica - intrusiva dell'asse alpino lombardo, modellato dalle glaciazioni con la decompressione dovuta allo scioglimento dei ghiacciai, dà origine ad estesi fenomeni di Deformazione Gravitativa di Versante (DGPV) cui si associano scivolamenti in roccia o in detrito, crolli e, in occasione di precipitazioni intense e/o prolungate, numerosissimi fenomeni di debris flow. Le litologie principali presenti sono filladi, micascisti, gneiss, anfiboliti.

La zona sudalpina è invece caratterizzata da un substrato sedimentario con prevalenza di carbonati (calcari, dolomie, calcari marnosi e marne) e sequenze torbiditiche che affiorano al margine prealpino. I fenomeni di dissesto prevalenti sono i crolli, gli scivolamenti planari ed i debris flow.

La zona di raccordo tra prealpi e pianura risulta caratterizzata da estesi depositi glaciali, fluvio-glaciali ed alluvionali con modesti fenomeni di scivolamento superficiale e crolli lungo i cigli ed i versanti delle scarpate principali.

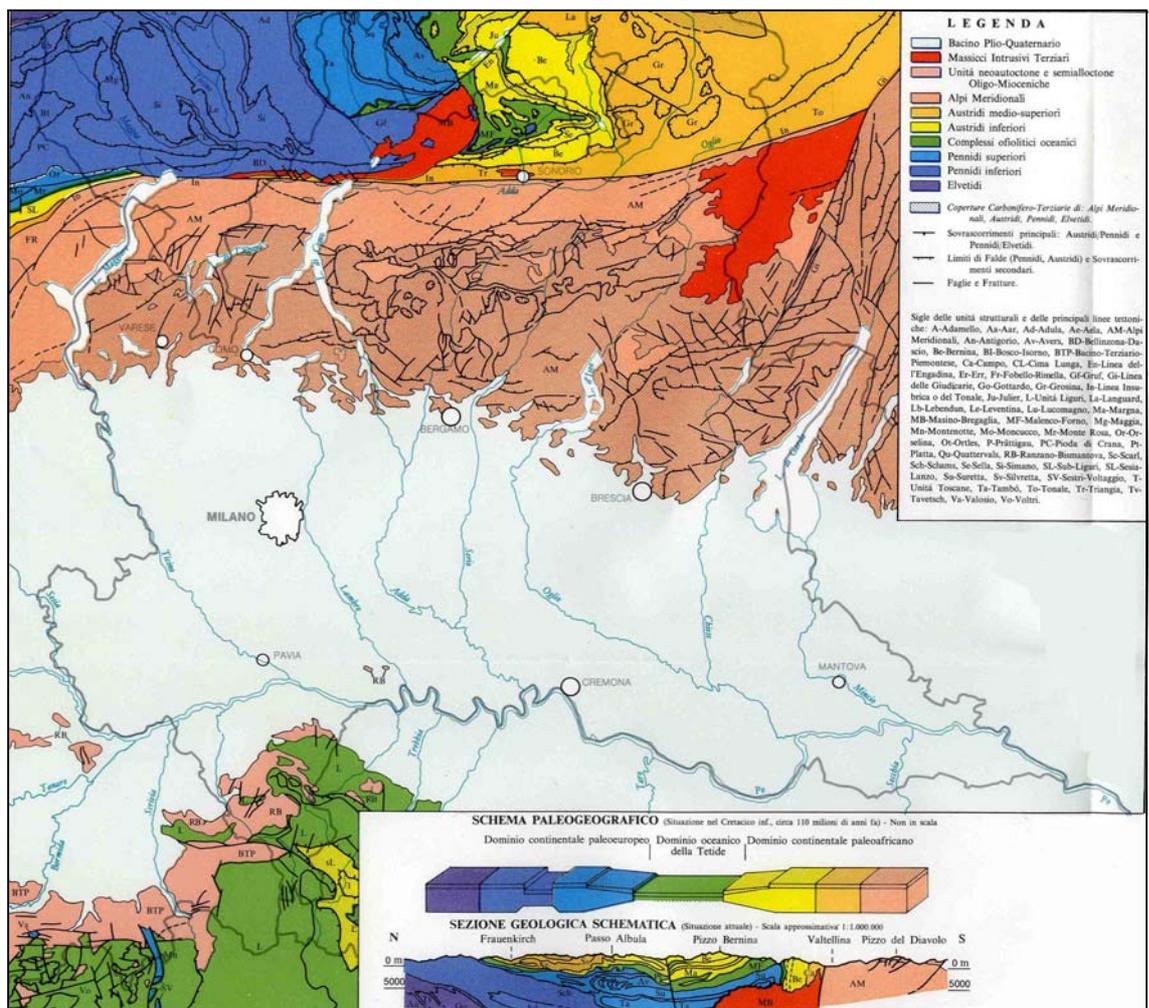


Figura 7.1 Schema geologico regionale.

La zona dell'Oltrepò Pavese è caratterizzata da frane tipiche dell'Appennino: colate, scivolamenti e scivolamenti-colata. Questo settore è costituito dalle Unità Liguri, alloctone e sedimentate nell'antico e profondo mare del bacino ligure e dai sedimenti marnoso-arenacei depositi sulle Unità Liguri che prendono il nome di Unità Epiliguri o Successione Ranzano – Bismantova. Una porzione limitata dell'Oltrepò è costituita inoltre dalle Unità del Bacino Terziario Piemontese. L'assetto fondamentale dell'Appennino settentrionale è un *fold and thrust belt* costituito dalla sovrapposizione di unità tettoniche diverse.

La Figura 7.2 evidenzia i caratteri tettonici della Regione Lombardia.

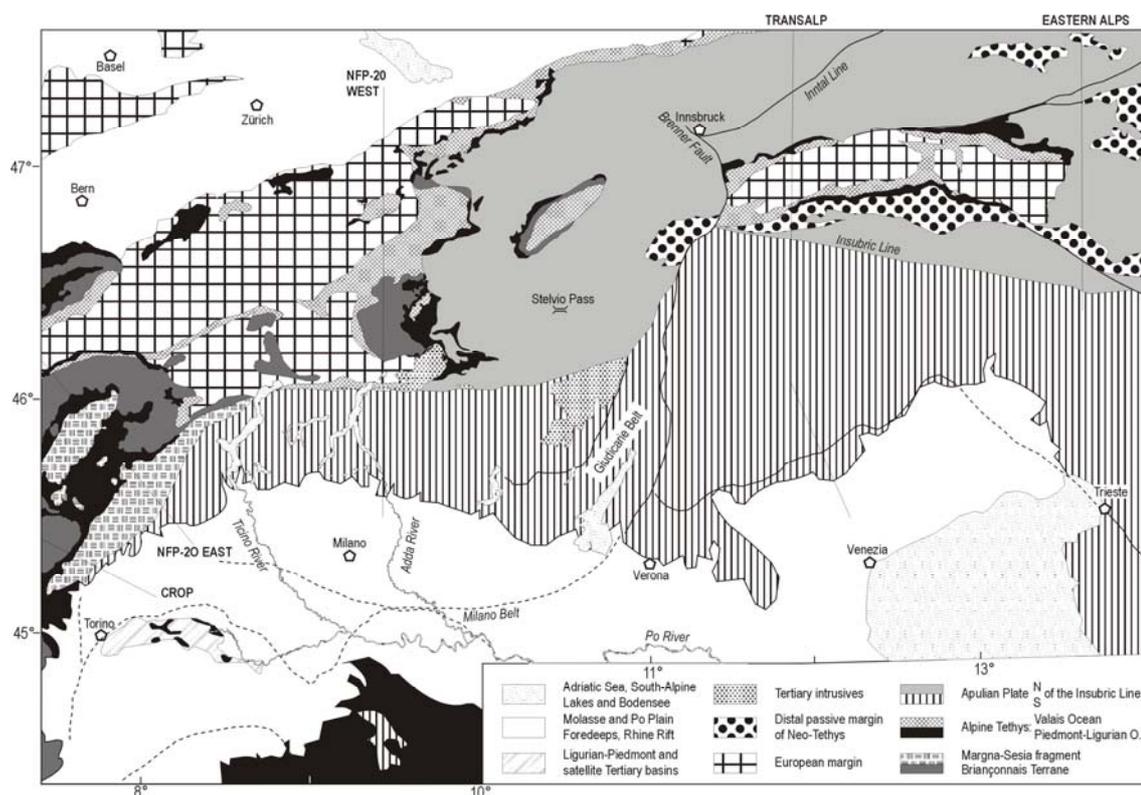


Figura 7.2 Schema tettonico, Schmid et alii, 2003 modificato da D. Sciunnach.

7.6 Morfologia e lineamenti morfologici regionali

La Lombardia presenta una porzione di territorio montuoso e collinare di 11.061 km² situato nella parte centro-settentrionale e nella parte sud-occidentale della stessa. La restante porzione di 12.794 km² è costituita da territorio pianeggiante situato nella parte più meridionale della regione. La Figura 7.3 evidenzia la suddivisione del territorio regionale in aree montano-collinari e di pianura secondo i criteri standard del POL, (pendenza < 3° e altitudine < 300 m s.l.m.).

Nelle zone pianeggianti sono compresi i grandi laghi alpini, ovvero Garda, Como, Iseo, Maggiore.

Le zone montuoso – collinari risultano, seppur in piccolissima parte, all'interno della Pianura Padana. Nella maggior parte dei casi sono rappresentate da scarpate fluviali con pendenze > 3°.

La superficie della regione risulta suddivisa in area pianeggiante per il 54% e in area montuoso-collinare per il restante 46%.

La parte settentrionale della regione è tipicamente alpina con montagne dai fianchi ripidi, cime elevate, vallate principali ampie e valli secondarie spesso incise e profonde. L'elevata energia del rilievo è il prodotto dei processi interni alla crosta terrestre e dei mutamenti climatici. Nelle Alpi sono ancora in corso processi di deformazione e sollevamento mentre durante il Quaternario ci fu lo sviluppo dei ghiacciai che hanno profondamente modellato il territorio.

L'evoluzione morfologica attuale è principalmente legata alle variazioni climatiche e al regime delle precipitazioni e delle acque superficiali.

Le Prealpi, situate nella zona centrale, si elevano dalla pianura con un blando raccordo formato essenzialmente da depositi glaciali, fluvio-glaciali e alluvionali. I massicci calcarei delle prealpi hanno sviluppato particolari forme del rilievo connesse a processi carsici.

La fascia dell'Oltrepò Pavese ha caratteristiche tipicamente appenniniche, con pendii poco acclivi, cime poco elevate e valli rimodellate dall'azione dell'acqua. Talvolta la morfologia è segnata da erosioni calanchive dovute alla presenza di argille scagliose e calcari.

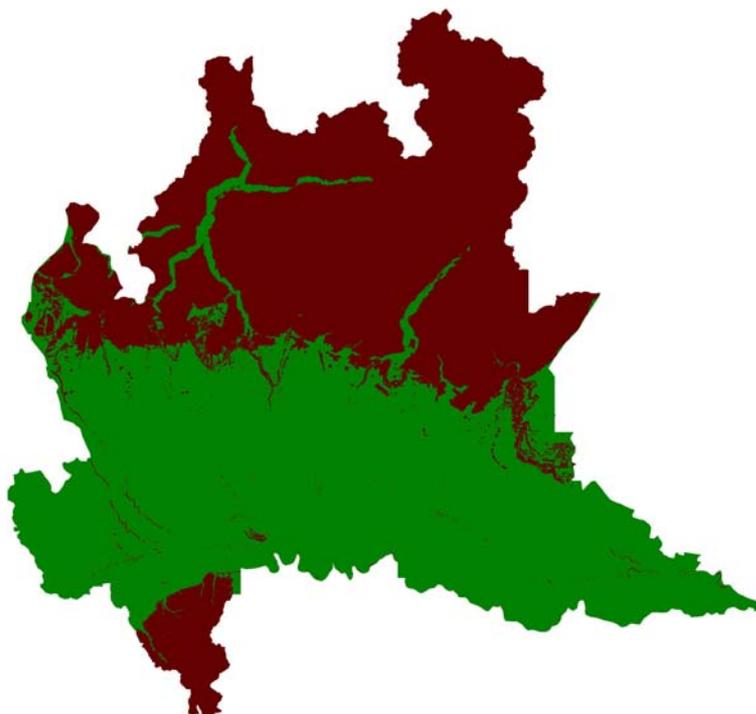


Figura 7.3 Suddivisione del territorio regionale in aree montano – collinari (marrone) e di pianura (verde).

La pianura è delimitata ad Ovest dal corso del Ticino e ad Est dal fiume Mincio con pendenze e quote blandissime. L'elevazione media è di circa 100 m s.l.m. I depositi sono essenzialmente legati al materiale eroso dalle catene montuose e a quello deposto dalle alluvioni del Po e dei suoi affluenti. Vi è la netta distinzione in 2 fasce: l'Alta pianura e la Bassa pianura. La prima si colloca ai piedi delle Prealpi e dell'Oltrepò pavese, la seconda occupa la restante parte. Le differenze principali tra le due aree sono rappresentate essenzialmente dall'elevazione, dalla natura dei terreni, dal regime delle acque e dalla vegetazione.

7.7 Uso del suolo

La carta dell'uso del suolo costituisce un prezioso strumento per la conoscenza del territorio ai fini della pianificazione e della gestione.

In Lombardia le aree artificiali, ovvero le zone urbanizzate, industriali, commerciali, reti di comunicazione, zone estrattive, discariche, cantieri e le zone verdi artificiali non agricole, costituiscono oltre il 9% del territorio regionale. Tali aree sono concentrate soprattutto nella Pianura Padana e in minor misura nei fondovalle principali.

L'analisi della suddivisione dei terreni agricoli in seminativi, colture permanenti, prati stabili e zone agricole eterogenee, permette di evidenziare, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, l'utilizzo del suolo agrario. In particolare, si nota come la Lombardia possieda la più elevata percentuale di superficie coltivata a seminativi e contemporaneamente la più bassa per le colture permanenti, costituite per lo più da colture legnose. Complessivamente i territori agricoli occupano circa il 48,6% del territorio.

Le zone boscate, le zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea e le zone aperte con vegetazione rada o assente sono concentrate sui versanti montuosi delle Alpi e Prealpi e nell'Oltrepò Pavese e, in misura minore, lungo le scarpate degli alvei. Complessivamente la superficie occupata è di circa il 39%.

La restante parte del territorio regionale è rappresentata da zone umide interne (0,13%) e da acque continentali (2,3%).

7.8 Metodologia utilizzata per la perimetrazione delle frane sul territorio regionale

Lo strumento maggiormente utilizzato per la perimetrazione delle frane è stata la fotointerpretazione, che ha consentito di individuare e mappare le diverse tipologie di frane presenti nel territorio regionale. Tale metodo si è integrato con i dati presenti nell'archivio frane presente in Regione Lombardia, con studi specifici e con rilievi di terreno.

L'osservazione del territorio attraverso la fotointerpretazione ha permesso di avere una visione complessiva dell'area in studio e di comprendere le relazioni spaziali tra i diversi fenomeni. L'uso della fotointerpretazione consente di riconoscere geometrie spesso non visibili da terra, mentre l'uso di riprese aerofotografiche multiscala e multitemporali permette una valutazione molto approfondita del territorio in esame.

I sopralluoghi sul terreno hanno consentito la verifica dei dati mappati attraverso la fotointerpretazione e di mappare dissesti di dimensioni non evidenziabili dalle foto aeree o avvenuti successivamente al volo.

7.9 Analisi dei dati

Attualmente sono presenti nella banca dati IFFI 130.540 fenomeni franosi pari a una superficie in frana di 3.307 km². Ovviamente le aree montuose e collinari presentano il maggior numero di fenomeni.

7.9.1 Numero di frane

La Tabella 7.1 riporta il numero di frane (PIFF) per provincia. La provincia col maggior numero di frane è Sondrio (41.666), seguono Brescia, Bergamo (rispettivamente con 31.012 e 26.583) e Lecco e Como (12.359 e 10.439). Le altre province hanno nel loro territorio un numero di frane nettamente inferiore rispetto alle sopraccitate.

Generalmente le province col numero maggiore di frane sono anche quelle che hanno un'area in frana maggiore. Per quanto riguarda la provincia di Pavia si osserva che, nonostante il numero di frane non sia elevato, la superficie relativa risulta molto vasta.

Tabella 7.1 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)
Varese	2510	440	1081	1	805	41,37
Como	10439	2577	4833	4	2636	216,34
Sondrio	41666	6954	14985	49	18839	1373,00
Milano	20	2	9	0	8	0,049
Bergamo	26583	4746	9244	11	12107	514,46
Brescia	31012	5744	13539	13	10667	750,8
Pavia	5949	4640	920	0	0	219,87
Lecco	12359	2428	2979	5	6724	191,82
Cremona	2	2	0	0	0	0,002

7.9.2 Livelli di schedatura

Sono state compilate 130.540 schede di I livello, oltre 600 schede di II livello e circa 300 schede di III livello (al momento alcuni campi di II livello non sono completi).

Nell'ambito della convenzione 2005 sono state completate le schede di II e di III livello per i fenomeni rientranti nelle specifiche del Progetto IFFI (Atlanti SCAI, aree L.267/98, dissesti rilevanti) e inserite numerose immagini.

7.9.3 Tipo di movimento indicato al I Livello Scheda frane

L'istogramma seguente (Figura 7.4) evidenzia la tipologia di movimento rispetto al numero di frane. La tipologia di frana più frequente (41% circa) è il colamento rapido. Si tratta di fenomeni ampiamente diffusi nelle Alpi e nelle Prealpi sia sui versanti che lungo le aste torrentizie e che coinvolgono i depositi superficiali. Questo tipo di fenomeno si innesca solitamente in seguito a precipitazioni intense.

Le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi sono porzioni di territorio dove si verificano distacchi di blocchi da pareti ripide e fratturate. Anche questi sono fenomeni ampiamente presenti nelle Alpi e nelle Prealpi e costituiscono circa il 32% dei dissesti della regione.

Lo scivolamento rotazionale/traslattivo costituisce il 16% del totale dei dissesti presenti in regione. E' caratterizzato da una o più superfici di scivolamento e può svilupparsi in materiali diversi (roccia, depositi superficiali). Questa tipologia di frana si sviluppa in tutto il territorio montano-collinare della regione.

Le aree soggette a frane superficiali diffuse rappresentano il 4% delle frane totali della regione. Si sviluppano soprattutto lungo le scarpate degli alvei e sui versanti scarsamente vegetati di alta montagna.

I crolli/ribaltamenti (3% delle frane presenti) avvengono solitamente su versanti in roccia coinvolgendo porzioni limitate di territorio.

Le restanti tipologie di frana sono scarsamente rappresentate nella nostra regione (4% circa).

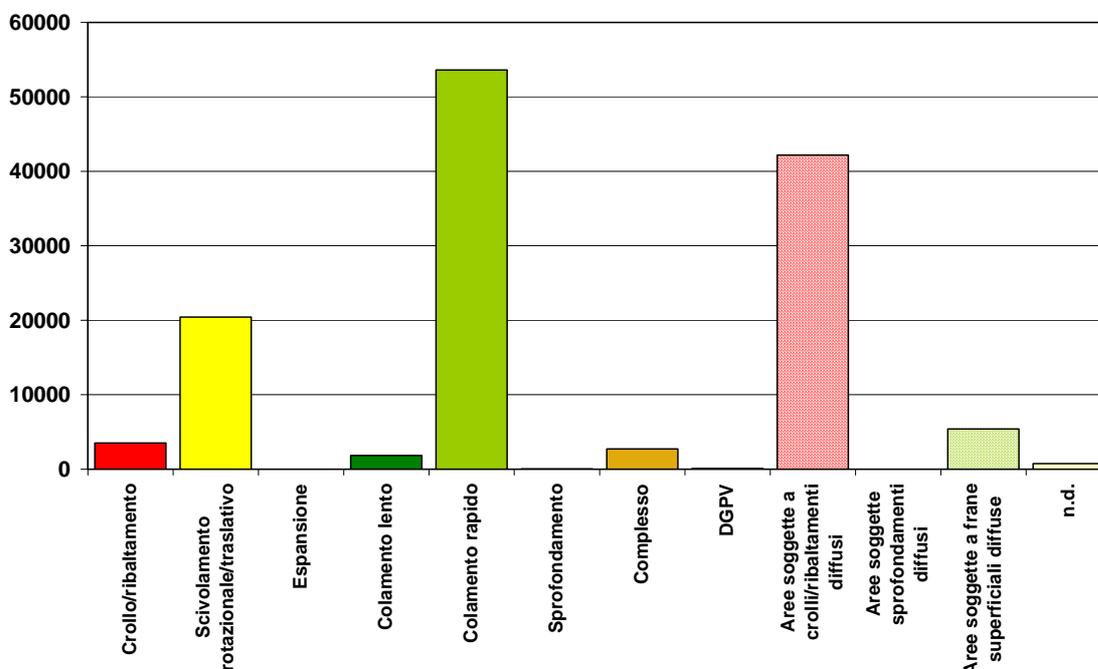


Figura 7.4 Numero di frane per tipologia di movimento.

Il diagramma a torta (Figura 7.5) evidenzia le percentuali di frana per tipologia di movimento.

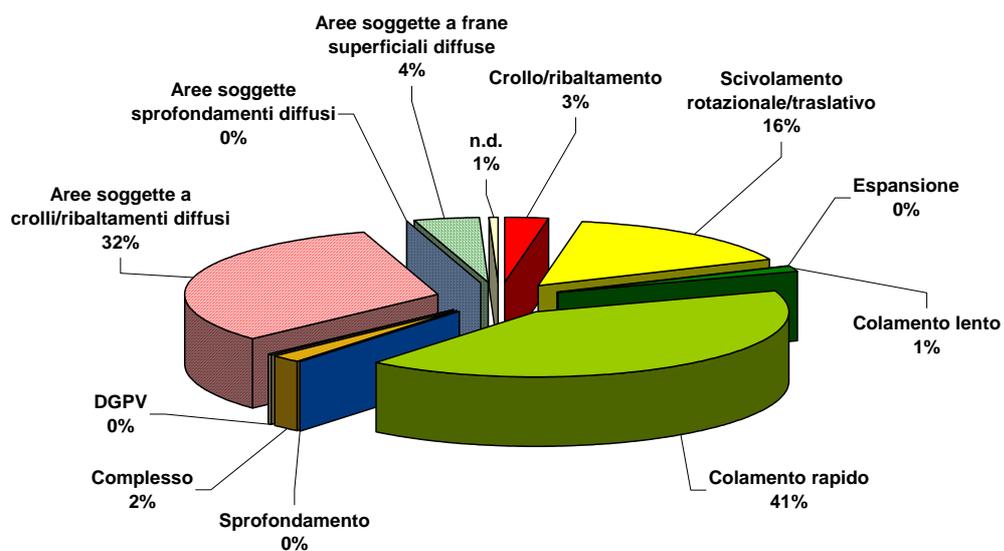


Figura 7.5 Percentuale delle frane per tipologia di movimento.

Di seguito vengono riportati alcuni esempi fotografici significativi di fenomeni franosi della Regione Lombardia. I diversi fenomeni mostrano tutti chiari segni di attività.



Figura 7.6 Debris flow attivi, Dosso del Grillo, Valdidentro-Bormio (Sondrio).

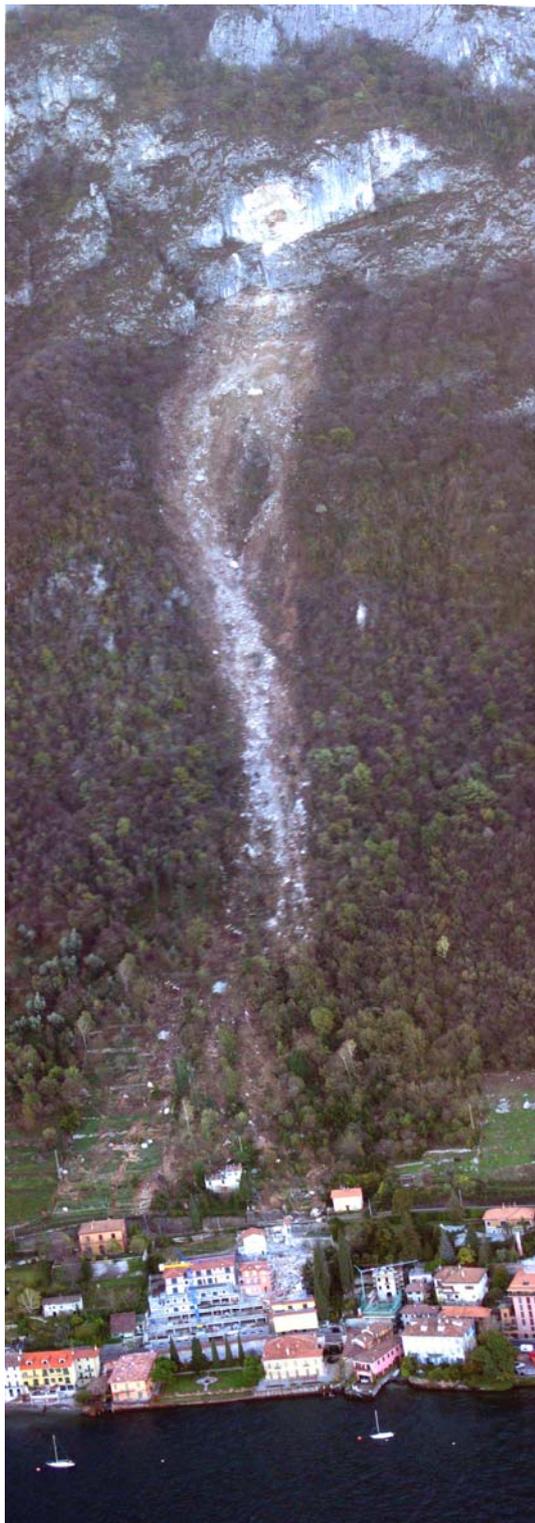


Figura 7.7 Crollo, 13 novembre 2004, ore 17.30, Varenna, Loc. Fiumelatte (Lecco). L'evento, che ha coinvolto la sede ferroviaria e alcuni edifici, ha causato 2 vittime.



Figura 7.8 Frana complessa, Cortenova (Lecco). L'evento, avvenuto alle ore 4.00 del 1 dicembre 2002, ha distrutto 16 edifici.



Figura 7.9 Scorrimenti-colate, Montesevale (Pavia).



Figura 7.10 Scivolamento, novembre 2002. L'evento ha causato la distruzione dell'abitato della località Camorone, Brembilla (Bergamo).



Figura 7.11 Scivolamento-colata detritica (colamento rapido), 17 novembre 2000, Dubino (Sondrio). L'evento ha parzialmente distrutto degli edifici e causato 1 vittima.

7.9.4 Stato di attività

L'attività di una frana può essere descritta in termini di stato, distribuzione e stile. Il diagramma della Figura 7.12 rappresenta la percentuale delle frane in Regione Lombardia suddivise per stato di attività. Stabilire lo stato di attività di un movimento franoso non è semplice, le informazioni a riguardo possono derivare da fotointerpretazione multitemporale, monitoraggio tradizionale, tecniche di interferometria da satellite (PS – *Permanent Scatter*).

In Regione Lombardia il 60% dei fenomeni, valutato su basi morfologiche, risulta attivo/riattivato/sospeso, il 30% circa risulta quiescente, il 6% non determinato, la restante parte ovvero, il 4% è relitto. Solo lo 0,2% dei dissesti censiti risulta essere stabilizzato. Nel quadro complessivo della regione i fenomeni "potenzialmente attivi" rappresentano quindi il 90% del totale non considerando in questa percentuale i fenomeni non determinati e includendo invece i fenomeni quiescenti in quanto le cause che hanno portato al movimento possono attivare nuovamente il dissesto.

Molti dei fenomeni attivi sono concentrati nella parte più a nord dell'Oltrepò Pavese. Nella restante parte del territorio lombardo la distribuzione è abbastanza omogenea eccetto nella provincia di Varese dove i fenomeni attivi risultano piuttosto scarsi.

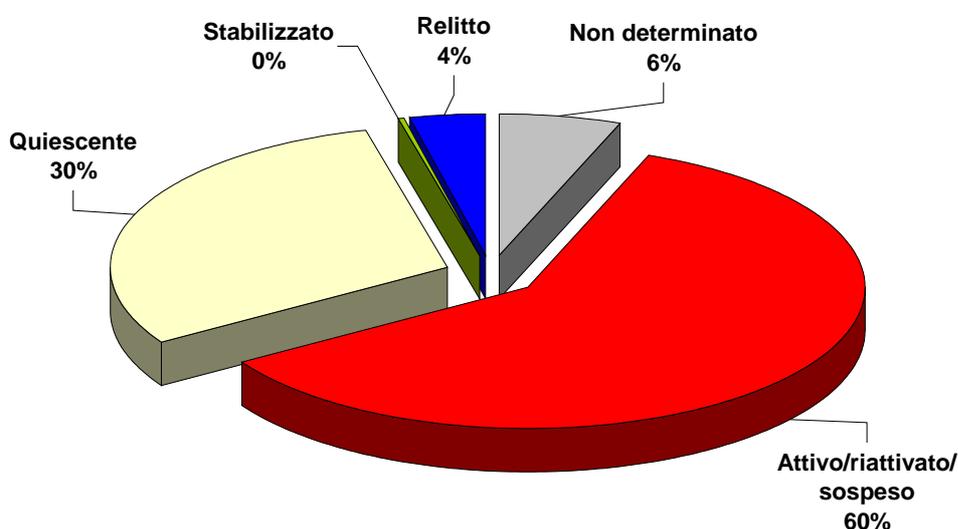


Figura 7.12 Percentuale delle frane per stato di attività.

7.9.5 Danni I livello

Vengono prese in considerazione le varie tipologie di elementi che possono subire dei danni in seguito ad un evento (Figura 7.13).

Il numero di frane per tipologia di danno indicato nelle schede di I livello, evidenzia che la quasi totalità (97%) dei danni causati dal fenomeno censito non è stato determinato o l'evento non ha causato nessun danno. L'elevata percentuale di fenomeni "non determinati" trova giustificazione nella metodologia di lavoro, infatti la maggior parte dei fenomeni censiti deriva da fotointerpretazione e pertanto non è stato possibile assegnare una tipologia di danno. Le principali tipologie di danno riguardano danni alle strade, circa l'1,3% che corrispondono al 42% dei danni accertati, lo 0,5% (ovvero il 16,6% dei danni accertati) sono danni a terreni agricoli, lo 0,3% (11,3%) a nuclei/centri abitati. La restante parte delle tipologie di danno, ovvero lo 0,9%, si sono verificate in misura percentualmente trascurabile.

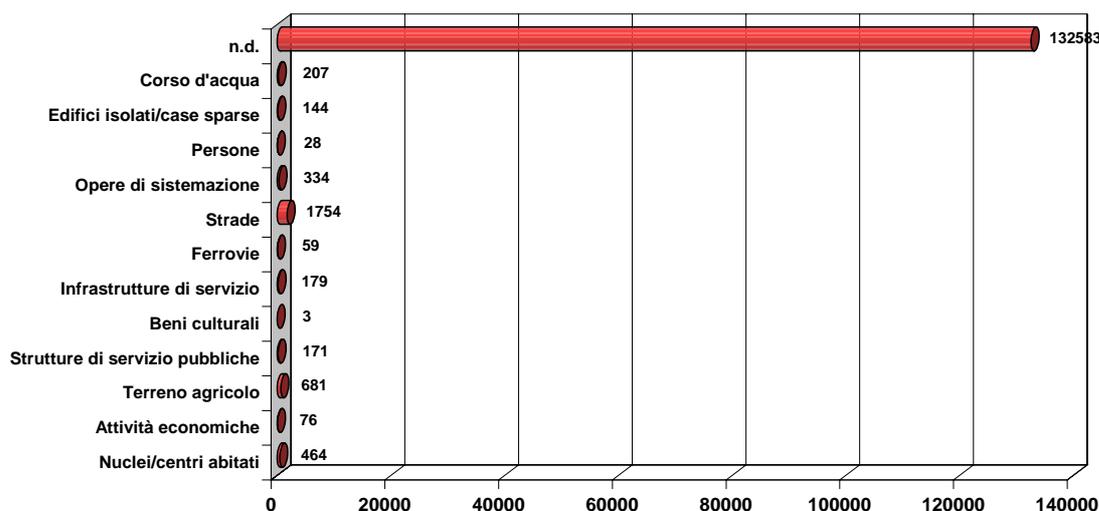


Figura 7.13 Numero di frane per tipologia di danno.

7.9.6 Indice di Franosità (IF)

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche del territorio regionale. La densità dei fenomeni franosi è di circa 5 PIFF/km², l'indice di franosità è pari al 14% circa, mentre l'indice di franosità rispetto all'area montano-collinare è il 30% circa.

Tabella 7.2 Caratteristiche riassuntive del territorio regionale.

Superficie totale regione (km ²)	Area montano-collinare (km ²)	Numero di PIFF	Area totale in frana (km ²)	Densità dei fenomeni franosi (N° PIFF / Superficie regione)	Indice di Franosità % (area totale in frana / superficie regione)	Indice di Franosità % (area totale in frana / area montano-collinare)
23.855	11.060,91	130.540	3.307,70	5,472	13,866	29,904

Le cause principali dei fenomeni franosi sono generalmente riferibili all'assetto geologico e strutturale delle rocce.

Dall'istogramma della Figura 7.14 si evidenzia che le classi litologiche a maggior percentuale (circa 50%) di franosità risultano essere "dioriti e gabbri", "graniti, granodioriti e tonaliti" e "serpentiniti e peridotiti".

Nei complessi eterogenei che affiorano nell'Oltrepò Pavese si hanno scivolamenti e colamenti lenti e la percentuale di franosità è del 41%. Nei detriti di falda e frane, che seguono con percentuale del 45%, si innescano fenomeni di scivolamento e di colamento rapido.

Le rocce effusive (vulcaniti) hanno invece una franosità del 32% dovuta, anche in questo caso, ad aree soggette a crolli/ribaltamenti.

Le rocce metamorfiche in genere presentano tutte le tipologie di fenomeni franosi al loro interno ad eccezione dei colamenti lenti, in questo caso la franosità è circa del 40%.

Le rocce di origine sedimentaria nel complesso hanno una franosità del 25%, escludendo le argille e argilliti che hanno una franosità del 37% con tipologie di movimento variabili.

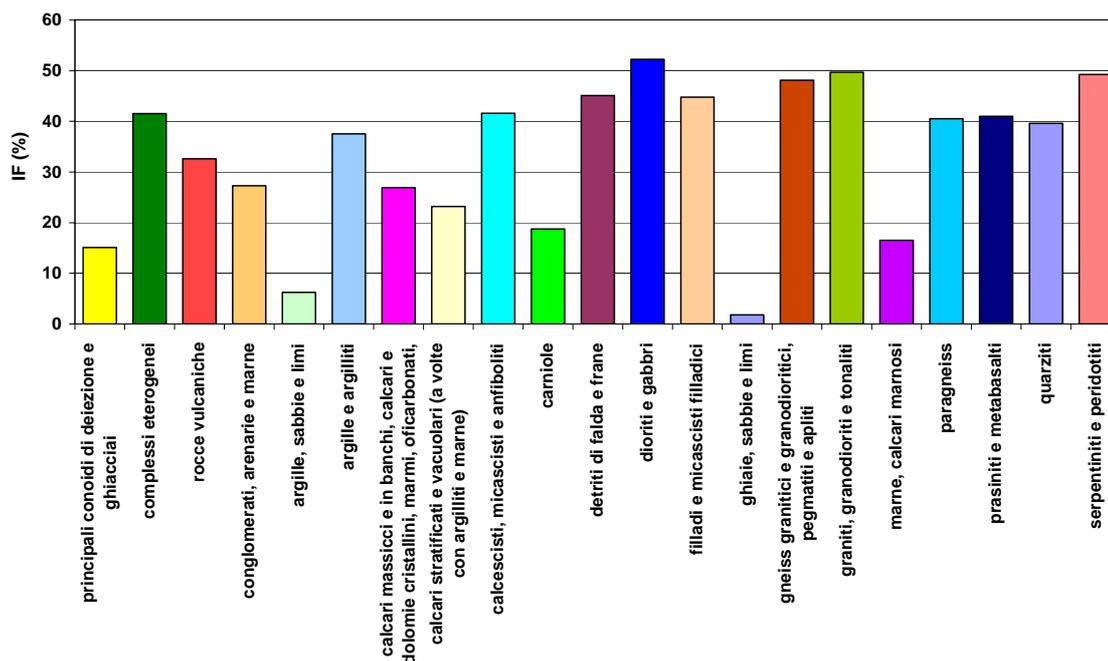


Figura 7.14 Indice di Franosità per classi litologiche.

I depositi di argille, sabbie e limi hanno franosità media del 6%. I principali conoidi di deiezione e i ghiacciai hanno una franosità del 15%.

Nel complesso si osserva una distribuzione omogenea dei fenomeni franosi nei diversi litotipi.

Prendendo in considerazione l'indice di franosità per uso del suolo (Figura 7.15), in Lombardia le zone aperte con vegetazione rada o assente sono quelle che presentano l'indice di franosità più alto ovvero il 47%. Seguono le zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea (40%), le culture permanenti (31%), le zone boscate (25%), i prati stabili (13%) e le zone estrattive discariche e cantieri (8%). L'indice di franosità nelle zone urbanizzate (edifici e viabilità) è circa dell' 1%.

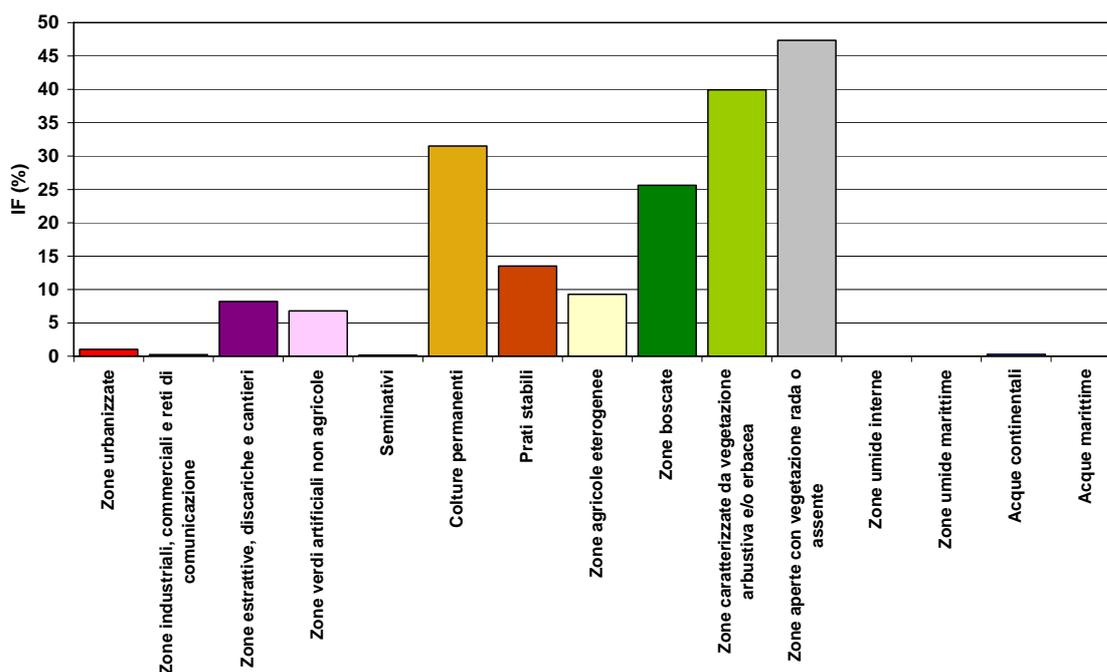


Figura 7.15 Indice di Franosità per uso del suolo.

7.10 Considerazioni conclusive

Il Progetto IFFI ha permesso di migliorare la conoscenza e la mappatura dei fenomeni franosi presenti nella Regione Lombardia, consentendo di avere una visione completa e omogenea del territorio. La rappresentazione complessiva e di sintesi che nasce dal lavoro rappresenta uno strumento di conoscenza fondamentale che, se continuamente aggiornato, costituirà un riferimento indispensabile per ogni studio ed analisi territoriale e, più in generale, per il governo e la sicurezza del territorio.

Ad oggi sono state censite **130.540** frane (poligoni, linee, punti). La densità maggiore dei fenomeni si trova nell'area dell'Oltrepò Pavese e nella parte più settentrionale della regione in Alta Valtellina e in Valmalenco. La grande maggioranza dei fenomeni attivi esistenti è considerabile come riattivazione di fenomeni già esistenti o comunque conosciuti su cui, a volte, sono stati costruiti centri abitati e infrastrutture di vario tipo.

L'analisi, la raccolta dei dati e il loro inserimento nel database secondo le specifiche del Progetto IFFI hanno comportato un lavoro ingente in termini di risorse coinvolte e complesso per la disomogeneità iniziale dei dati a disposizione. Quest'ultimo fattore ha parzialmente influito sul risultato finale in termini di corrispondenza del dato con tutte le specifiche di Progetto. Il lavoro svolto nel corso del 2005 e nei primi mesi del 2006 ha previsto quindi la revisione dei dati alfanumerici e geometrici per rispettare pienamente quanto previsto dal Progetto IFFI.

La base dati ottenuta rappresenta uno strumento ideale di partenza per la modellazione della pericolosità e della vulnerabilità connesse al rischio idrogeologico.

7.11 Aggiornamento dati 2005

Nei mesi che sono intercorsi tra la prima consegna IFFI (marzo 2005) e quella attuale sono state svolte diverse attività che hanno permesso di implementare e consolidare la banca dati esistente. In particolar modo si è provveduto a:

- separare i poligoni delle conoidi su un layer apposito;
- rivedere i poligoni delle aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi in particolare nell'area della Provincia di Lecco per uniformità con il resto del territorio;

- integrare le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi mediante l'analisi delle pendenze risultanti dal DTM;
- suddividere le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi e le aree soggette a frane superficiali diffuse utilizzando i limiti dei bacini idrografici codificati dalla Regione Lombardia;
- rivedere e implementare le DGPV;
- inserire le aree calanchive dell'Oltrepò pavese come "aree soggette a franosità superficiale diffusa";
- implementare le schede di II livello e le immagini per le frane derivanti dagli Atlanti SCAI e dagli studi 267/98;
- acquisire i nuovi aggiornamenti e le correzioni inserite tramite web dagli utenti;
- verificare e risolvere i problemi che generano errori con le procedure di collaudo dei dati.

In particolare i poligoni delle conoidi, inseriti nel data base come "colamenti rapidi" sono stati tolti dal data base e inseriti in un layer apposito data la loro non conformità con le direttive del Progetto.

Da un'attenta analisi si è deciso di rielaborare le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi, come già precedentemente specificato, sia per quanto riguarda l'area della Provincia di Lecco dove si è deciso di rivedere la perimetrazione delle stesse a causa della mappatura troppo dettagliata (dimensioni areali molto piccole) ottenuta con l'uso delle ortofoto digitali (IT2000), sia per tutta la regione utilizzando le pendenze ottenute dal DTM. In base a studi precedentemente effettuati e bibliografici si è infatti deciso di far ricadere nel livello aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi tutte le aree con pendenze superiori ai 40°. Le stesse sono state successivamente unite con le aree effettivamente rilevate sul terreno e/o mappate dalla fotointerpretazione. Queste aree sono poi state suddivise in base ai bacini idrografici per ottenere delle aree omogenee.

Sono state inserite nuove aree a franosità diffusa per l'area dell'Oltrepò pavese (aree calanchive) e riviste e mappate nuove DGPV attraverso un'analisi fotointerpretativa di maggior dettaglio di tutta la Regione.

Il lavoro svolto ha permesso di migliorare di molto la precisione e l'attendibilità dei dati alfanumerici e geometrici della Regione Lombardia.

Non sempre è stato comunque possibile compilare le schede di II livello e allegare della documentazione fotografica a causa del numero molto elevato dei fenomeni presenti nella Regione.

Per alcune delle attività di elaborazione della banca dati ci si è appoggiati, tramite Lombardia Informatica S.p.A. alla società di consulenza GLOBO. In particolare sono stati svolte le seguenti operazioni:

- Cancellazione dei disesti relativi a conoidi, DGPV, aree soggette a crollo e franosità superficiale diffusa dal DB e caricamento dello shapefile in un layer apposito gestito dall'applicativo GeolFFI;
- Correzione dello shapefile delle aree soggette a crollo derivate dal DTM regionale 20x20:
 - collassamento (eliminate) dei poligoni con area < 1.600 m²;
 - lisciatura (*smooth* 50 m) dei poligoni;
 - unione dello shapefile delle aree soggette a crollo derivate da DTM dalle stesse derivate da fotointerpretazione fondendo gli elementi adiacenti;
 - collassamento (eliminate) dei buchi con area < 1.600 m²;
 - unione dello shapefile derivato dal DTM con le aree a franosità superficiale diffusa già esistenti tenendo conto che dove esistono sovrapposizioni prevale la tipologia di area a franosità superficiale diffusa;
 - taglio dello shapefile ottenuto al punto precedente con i bacini idrografici della regione (30 ha.). I poligoni risultanti prendono attributo di fonte del dato = fotointerpretazione se sono per più del 40% derivati da fotointerpretazione.

Di seguito, nella Tabella 7.3, viene riportato un quadro riassuntivo delle attività svolte, della qualifica del personale impiegato, del tempo utilizzato per raggiungere gli obiettivi prefissati e del relativo costo economico nell'ambito della Convenzione del Progetto IFFI 2005.

Tabella 7.3 Aggiornamento e integrazione dei dati.

ATTIVITA'	DESCRIZIONE ATTIVITA'	QUALIFICA PERSONALE IMPIEGATO	MESI/ UOMO
Attività 1	Correzioni e miglioramento nel dettaglio della componente geometrica dei poligoni	informatico	6
Attività 2	Completamento delle schede di 2° e 3° livello dei fenomeni più importanti attraverso attività di ricerca iconografica, sopralluoghi di campo, inserimento degli allegati (documenti e fotografie) e relativa digitalizzazione nel database	geologo	8
Attività 3/4	Creazione di un layer apposito per le conoidi; divisione delle aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi e delle aree soggette a franosità diffusa nei corrispondenti sottobacini idrografici per evidenziare la direzione del bacino o versante in cui si verificano i fenomeni	informatico/geologo	6
Attività 5	Studio per l'adattamento dell'applicativo GeoIFFI (storicizzazione dei fenomeni) per un possibile uso a scala nazionale	informatico/geologo	2
TOTALE			22

Per l'attuazione del Progetto sono stati utilizzati cofinanziamenti regionali pari a 40.000 euro.

7.12 Riferimenti bibliografici

Archivio storico della Regione Lombardia, 1988 - 2005.

Sistema informativo geologico, 1996-2000.

Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia. Regione Lombardia, 2001.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Sondrio. Regione Lombardia, 1990.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Edolo. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Ponte di Legno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Saviore. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti di Breno. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valle di Scalve. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Valmalenco. Scala 1:25.000. Regione Lombardia, 1990.

Carta Geologica della Provincia di Bergamo, scala 1:50.000 e note illustrative. Provincia di Bergamo, Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR, 2000.

Inventario frane della Provincia di Pavia. Provincia di Pavia.

Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici. Torrente Staffora (PV), Torrente Pioverna (LC), Fiume Serio (BG), Fiume Oglio (Alta Valcamonica). Studio CNR – IRPI Torino, 1999-2000.

P.R.S. 5.3.1. Definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala di sottobacino idrografico. Aree campione: Valcamonica e Val di Scalve, alta Val Seriana, bacino del T. Staffora e territorio montano della Provincia di Lecco. Carte dei fenomeni franosi, scala 1:10.000; carte della pericolosità da frana, scala 1:25.000. Regione Lombardia, CNR – IRPI Perugia, CNR – CSITE Bologna, Dipartimento di Scienze Geologiche – Geotecnologiche Milano Bicocca, 1998-2000.

Carta dei movimenti franosi della zona dell'Oltrepò Pavese. 15 tavole, scala 1:10.000. Regione Lombardia, 1998.

Guide Geologiche Regionali(1990) Alpi e Prealpi Lombarde. Società Geologica Italiana.

Agostoni S., Cardinali M., Carrara A., Crosta G., Fossati D., Frattini P., Guzzetti F., Laffi R. & Reichenbach P. (2000) Assessment of landslide hazard of the Staffora basin (northern Italy) by integrating geomorphological and historical data within a multivariate model. XXV EGS General Assembly, Nizza, 24-29 aprile 2000.

Agostoni S., Ceriani M., De Andrea S., Laffi R. & Lauzi S (1989) *Atlante dei dissesti della Provincia di Sondrio a scala 1:10.000* (non pubblicato).

Agostoni S., Ceriani M., De Andrea S., Laffi R., Lauzi S (1990) Schede frane della Provincia di Sondrio (non pubblicato).

Agostoni S., Ceriani M., De Andrea S., Laffi R. & Lauzi S. (1993) Carta del Censimento dei dissesti della Regione Lombardia. *Atti del primo Seminario del Gruppo Geologia promosso dal Centro Interregionale per la Cartografia e dalla Regione Emilia Romagna*.

Agostoni S., Ceriani M., Fossati D., Mazzoccola D., Quattrini S. & Sciesa E. (1999) Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in Regione Lombardia in adempimento alla legge 267/98. *Prof. Geol.*, **9**, 9-25.

Agostoni S., Laffi R. & Sciesa E.(1997) *Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio*. Pubblicazione CNR-GNDICI n. 1580.

Agostoni S., Cantone G., Laffi R., Ratti R. & Sciunnach D. (2000) *Centri abitati instabili della Provincia di Lecco*. Pubblicazione CNR-GNDICI n. 2066.

- Carrara A., Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P., Antonini G., Galli M., Ardizzone F., Fossati D., Laffi R., Mazzoccola D., Sciesa E., Crosta G. & Frattini P. (2000) Confronto fra informazioni geomorfologiche e storiche nella definizione della pericolosità da frana a scala di bacino. *Biennale di Protezione civile, Bastia Umbra (PG), 26-29 ottobre 2000*.
- Carrara A., Guzzetti F., Cardinali M., Reichenbach P., Antonini G., Galli M., Ardizzone F., Fossati D., Laffi R., Mazzoccola D., Sciesa E., Crosta G. & Frattini P. (2000) Geographic information technology to assess landslide hazard in regional environmental planning. *Third congress on regional geological cartography and information systems, Munich (Bavaria, Germany) 24-27 ottobre 2000*.
- Ceriani M. & Carelli M. (2000) Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891-1990). *Professione Geologo*, **10**, 12-27.
- Ceriani M., Crosta G. & Quattrini S. (1998) Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi soggette a fenomeni di trasporto in massa e metodologia per il loro censimento in Valcamonica (BS) ed in Valchiavenna (SO) – Alpi Centrali. *Atti dei Convegni Lincei: "Il Rischio Idrogeologico e la Difesa del Suolo - Roma 1-2 ottobre 1998"*, Accademia Nazionale dei Lincei, 154.
- Ceriani M., Fossati D. & Quattrini S. (1998b) Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine: esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del torrente Re di Gianico – Valcamonica – Alpi Centrali. *Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – Ingegneria dell'acqua e sviluppo sostenibile, Catania 9-12 settembre 1998* (Vol III, pp. 15-26).
- Dell'Orsina F., Pasotti J. & Sganga F. (1999) Carta Inventario delle frane e dei dissesti della Provincia di Lecco. Scala 1:25.000. Pubblicazione CNR n. 1942.
- Fossati D. & Laffi R. (1988) Nota sugli eventi franosi avvenuti nel giugno 1988 in Val Pola (Valtellina). *Geol. Tecnica* **4/88**, 4-13.
- Fossati D., Laffi R. & Agostoni S. (1999) Prevenzione del rischio idrogeologico: i nuovi programmi del Servizio Geologico e Riassetto del Territorio della Regione Lombardia. *Professione Geologo*, **8**, 9-13.
- Fossati D., Laffi R., Agostoni S., Sciesa E., Mazzoccola D., Ratti R., Cantone G., Carelli M. *et alii* (2000) La cartografia della pericolosità da frana. L'esempio del bacino del torrente Staffora (Pavia). *Prof. Geol.*, **10**, 6-11.
- Fossati D. & Mannucci G. (1989) L'alluvione del 1987 in Valtellina e l'evento franoso della Val Pola. In: *Documenti del Territorio (Centro Interregionale)* **14/89**, 37-44.
- Fossati D., Mazzoccola D., Sciesa E. & Ceriani M. (2001) Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia. *Prof. Geol.*, **12**, 5-56.
- Frattini P., Crosta G.B., Ceriani M. & Fossati D. (2003) Inventario delle frane e dei dissesti della Regione Lombardia: analisi statistica e probabilistica per una valutazione preliminare delle pericolosità. *Atti I Convegno Nazionale AIGA, Chieti*, pp. 427-448.
- Lauzi S. & Padovan N. (1989) Scheda tecnica per il rilevamento dei fenomeni franosi. *Documenti del Territorio – Centro Interregionale*, **14/1989**, 45-46.
- Lauzi S. & Padovan N. (1990) Scheda tecnica per il rilevamento ed il censimento dei fenomeni franosi – note illustrative ed esempi di utilizzo nella provincia di Sondrio. *Geologia Tecnica*, **4/90**, 21-32.
- Mazzoccola D., Laffi R., Sciesa E. & Presbitero M. (1998) State of activity evaluation for landslides in deep-seated slope deformation. In: D. P. Moore & O. Hungr (eds) *Proceedings 8th Congress of the International Association of Engineering Geology and Environment, Vancouver, Canada* (Vol. II, 1209-1216).
- Mazzoccola D., Sciesa E., Ceriani M., Fossati D., Vaghi S., Cazzaniga C., Ratti R. & Cantone G. (2001): The landslide-flooding event of november 2000 in Regione Lombardia – Italy. *Proceedings of XXVI E.G.S. General Assembly, Nizza, 24-29 marzo 2001*.

- Mortara G., Ceriani M. & Laffi R. (1994): L'evento alluvionale del luglio 1992 nella conca di Bormio in alta Valtellina. *GEAM-Geoingegneria Ambientale e Mineraria, Quaderni di studi e di documentazione*, **17**, vol. 31 (4), 25-33.
- Polloni G., Ceriani M., Lauzi S., Padovan N. & Crosta G. (1992): Rainfall and soil slipping events in Valtellina. *Proceedings of. VI International Symposium of Landslides, Christchurch, Nuova Zelanda*.
- Rossetti R. (1997) *Centri abitati instabili della Provincia di Pavia*. Pubblicazione CNR-GNDCI n. 1780.



7.13 **Struttura operativa Regione Lombardia**

REGIONE LOMBARDIA

Direzione generale Polizia Locale Prevenzione e Protezione Civile
Unità Organizzativa Sistema Integrato di Sicurezza
Struttura Prevenzione Rischi Naturali

Responsabile del Progetto:

*Massimo Ceriani*¹

Coordinatori:

*Massimo Ceriani*¹

*Giovanni Battista Crosta*²

Responsabile scientifico:

*Massimo Ceriani*¹

Responsabile Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

*Massimo Ceriani*¹

Staff – Analisi del dissesto e verifiche di campagna:

*Alessandro Cagnoni*¹

*Giovanni Cantone*¹

*Caterina Cazzaniga*¹

*Francesco Pozza*¹

*Raffaella Ratti*¹

*Enrico Sciesa*¹

*Christian Ambrosi*²

*Francesco Bosio*²

*Giovanni Battista Crosta*²

*Samuel Cucchiario*²

*Paolo Frattini*²

*Sabrina Iannaccone*²

*Paolo Merlo*²

*Stefano Sesana*²

*Tommaso Simonato*²

*Elena Valbuzzi*²

Responsabile Informatizzazione:

*Massimo Carelli*⁵

Staff – Informatizzazione:

*Paolo Frattini*²

*Barbara Aldighieri*³

*Bruno Testa*³

*Barbara Epis*⁴

¹ Regione Lombardia - ² Università Degli Studi Milano-Bicocca - ³ CNR-IDPA Milano - ⁴ Lombardia Informatica-Globo - ⁵ IREALP

Si ringraziano:

Tecnici delle Comunità Montane e delle Province che hanno collaborato nella fase di coordinamento con tutti i Comuni per l'impostazione generale del Progetto.

Rapporto finale Maggio 2006