

Pericolosità e suscettibilità da frana in Emilia-Romagna

Claudio Tellini

Professore, geomorfologo, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Parma

1. INTRODUZIONE

L'Italia è uno dei Paesi europei maggiormente colpiti da disastri naturali e dai dati presentati nell'Annuario dei dati ambientali 2012, pubblicato dall'ISPRA, emerge che il nostro è un territorio fragile per quanto concerne il dissesto idrogeologico: circa il 10 per cento è classificato a elevato rischio per alluvioni, frane e valanghe, e più di 2/3 delle aree esposte a rischio riguarda centri urbani, infrastrutture e aree produttive. In particolare le frane occupano 20.700 km² pari al 6,9% del territorio nazionale. L'enorme criticità del nostro Paese emerge anche dal rapporto curato dal Dipartimento della protezione civile di Legambiente: *“Ecosistema rischio 2011- Monitoraggio sulle attività delle amministrazioni comunali per la mitigazione del rischio idrogeologico”*- secondo il quale.... *“Frane e alluvioni comportano ogni anno un bilancio pesantissimo per il nostro Paese, sia per le perdite di vite umane che per gli ingenti danni economici. A fronte di ingenti risorse stanziare per il funzionamento della macchina dei soccorsi, per l'alloggiamento e l'assistenza agli sfollati, per supportare e risarcire le attività produttive e i cittadini colpiti e per i primi interventi di urgenza, è evidente l'assoluta necessità di maggiori investimenti in termini di prevenzione, attraverso cui affermare una nuova cultura dell'impiego del suolo che metta al primo posto la sicurezza della collettività e ponga fine a usi speculativi e abusivi del territorio”*.

I comuni italiani con aree a rischio idrogeologico sono ben 6.633, cioè l'82% del totale: una fragilità che è particolarmente elevata in regioni come Calabria, Molise, Basilicata, Umbria, Valle d'Aosta e nella Provincia autonoma di Trento, seguite da Marche, Liguria, Lazio e Toscana. La superficie delle aree ad alta criticità idrogeologica si estende per 29.517 km², pari al 9,8% del territorio nazionale, di cui 12.263 km² (4,1 per cento del territorio) a rischio alluvioni e 15.738 chilometri quadrati (5,2 per cento del territorio) a rischio frane.

Sempre secondo le stime del rapporto curato da Legambiente, oltre 5 milioni di cittadini si trovano ogni

giorno in zone esposte al pericolo di frane o alluvioni e ancora dal dossier emerge che “... la stima del numero di cittadini quotidianamente esposti al pericolo di frane e alluvioni testimonia chiaramente come, negli ultimi decenni l'antropizzazione delle aree a rischio sia stata eccessivamente pesante, specie nelle aree limitrofe ai corsi d'acqua”.

In questo quadro di eventi naturali a intensa pericolosità idrogeologica rientra anche l'Emilia-Romagna che, periodicamente, viene colpita da gravi eventi alluvionali e da rilevanti dissesti franosi sui versanti, in cui più che frane di neo-attivazione, comunque sempre presenti, si riattivano grandi frane quiescenti, come è avvenuto nell'ultimo ventennio.

Infatti, la nostra regione, con circa 70.000 frane, è una delle poche ad avere oltre il 20% di territorio collinare e montano occupato da frane per un'area complessiva di 2510,7 km², di cui circa il 27% attive, il che determina un indice di franosità pari a circa il 24%.

Le tipologie di frana più comuni sul territorio regionale sono indicate in Fig. 1, da cui si evidenzia che tre tipologie di frane, scivolamento, colamento e complesse, rappresentano la maggioranza dei tipi presenti, secondo la classificazione di Cruden e Varnes (1996).

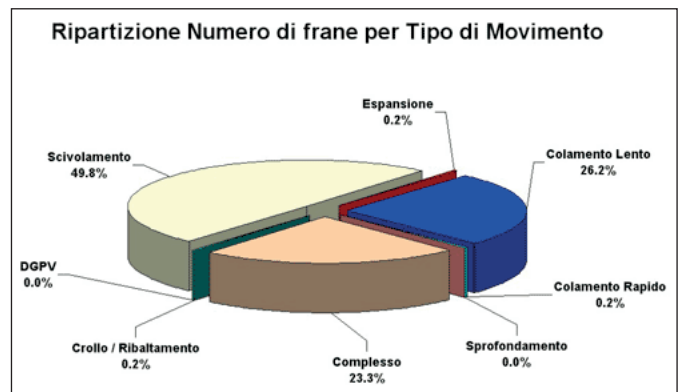


Figura 1 – Percentuale delle frane per tipologia di movimento in Emilia-Romagna. (dal sito della Regione Emilia Romagna: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/dissesto-idrogeologico/le-caratteristiche-dei-fenomeni-franosi-in-emilia-romagna>).

Personalmente sono convinto che la percentuale delle frane complesse sia maggiore di quanto indicato, se non altro perchè la maggior parte delle frane di colata, di grandi o di medie dimensioni, nella zona di corona mostrano altri tipi di movimenti semplici e quindi, a rigore, sono da ritenersi complesse (caso classico la frana di Signatico, Val Parma).

2. CONDIZIONI LITOLOGICHE E FRANOSITÀ

Una delle cause dell'incidenza delle frane sul territorio regionale è la natura litologico-strutturale delle unità rocciose che costituiscono l'Appennino emiliano-romagnolo, a cui si associa l'abbondanza delle coperture detritiche, di varia genesi, compresa quella gravitativa, che coprono con spessori variabili e varia estensione i versanti. La distribuzione delle varie unità litologiche nel territorio regionale, come sintetizzata in Fig. 2, evidenzia l'abbondanza di litologie argillose, sia stratificate che di natura caotica, di quelle marnose e ad alternanze litologiche in cui la componente argillosa diventa significativa ai fini della stabilità.

Un significativo contributo alla franosità è fornito dal complesso l'assetto strutturale delle Unità tettoniche appenniniche in cui l'impilamento delle falde e le deformazioni associate hanno spesso portato unità rocciose deboli (come i flysch calcareo-marnoso-pelitici) e le argille caotiche nelle parti alte dei versanti, formazioni inadatte a opporsi all'approfondimento quaternario delle valli se non producendo grandi movimenti gravitativi o deformazioni gravitative profonde di versante. Inoltre i ripetuti stress subiti dalle formazioni durante le ripetute vicissitudini tettoniche hanno determinato delle condizioni di fratturazione più o meno intensa che ne fanno delle formazioni deboli e, in qualche caso, degli ammassi rocciosi talmente fratturati il cui comportamento può essere assimilato a quello delle terre. Anche la giacitura sfavorevole molte volte è causa predisponente all'instabilità dei versanti come nel caso dell'omoclinale del Flysch cretacico dell'Unità Caio in media Val Parma. Tutte queste condizioni hanno un riflesso sull'assetto idrogeologico dei versanti nei quali spesso si alternano parti detritiche dalla permeabilità varia, parti identificabili come ammassi rocciosi permeabili e porzioni argillose pressoché impermeabili.

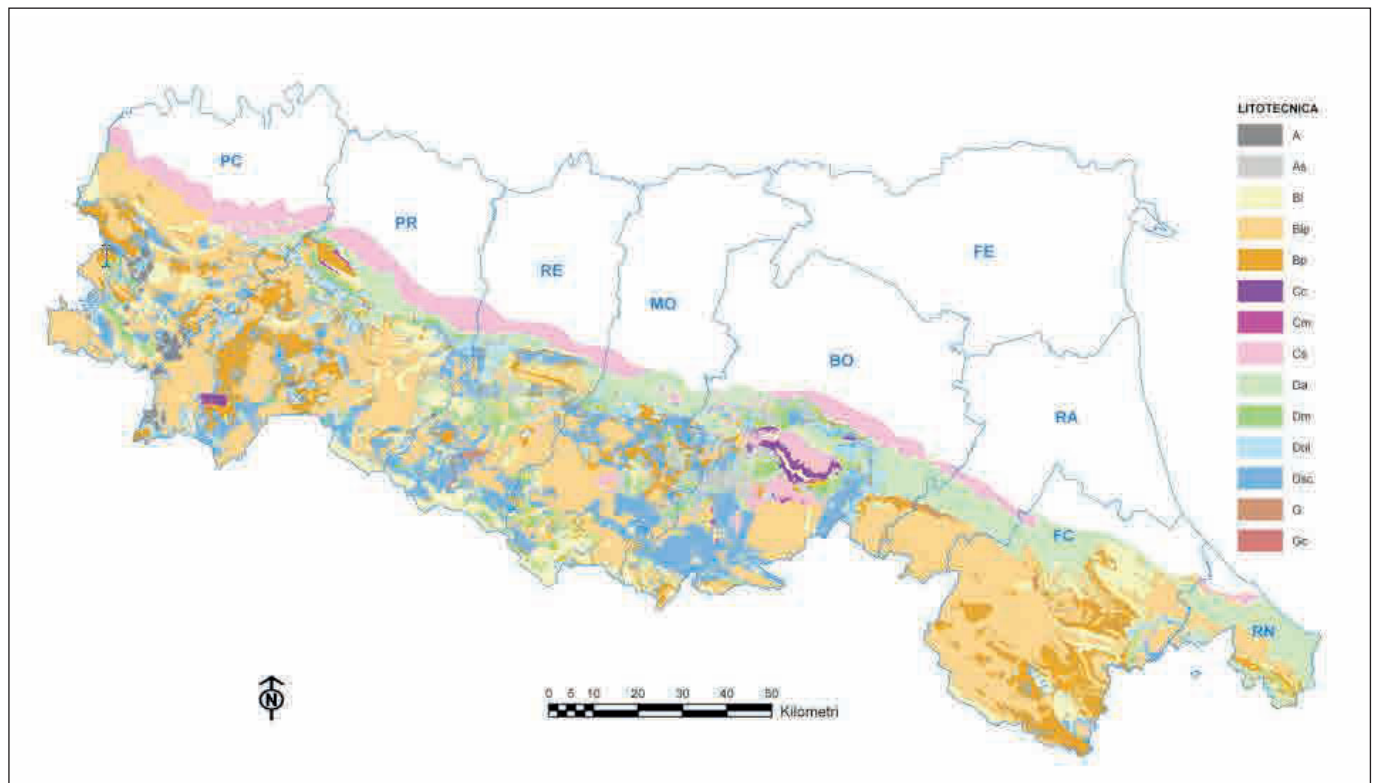


Figura 2 – Carta Litotecnica. A: rocce lapidee; As: rocce lapidee stratificate; BI: alternanze lapidee/pelitiche con $L/P > 3$; BIp: alternanze lapidee/pelitiche con $0,3 < L/P < 3$; Bp: alternanze lapidee/pelitiche con $L/P < 0,3$; Cc: conglomerati clasto-sostenuti; Cm: conglomerati matrice sostenuti; Cs: sabbie debolmente cementate; Da: argille consolidate; Dm: Marne; Dol: Argille olistostromiche; Dsc: Argille tettonizzate e argilliti; G: Gessi; Gc: Gessi in giacitura caotica. (dal sito della Regione Emilia-Romagna: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/dissesto-idrogeologico/le-caratteristiche-dei-fenomeni-franosi-in-emilia-romagna>).

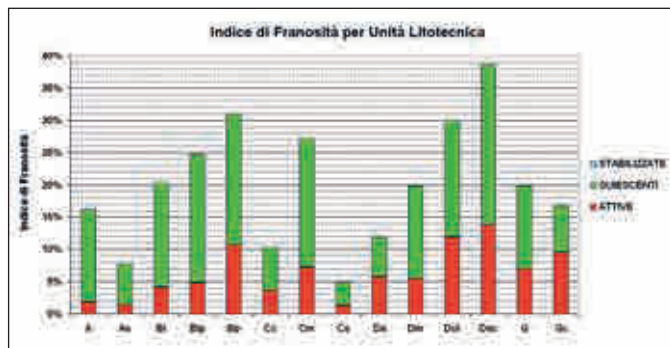


Figura 3 – Indice di franosità relativo a ogni distinta Unità litotecnica. (dal sito della Regione Emilia-Romagna: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/dissesto-idrogeologico/le-caratteristiche-dei-fenomeni-franosi-in-emilia-romagna>).

Per questa ragione le formazioni argillose, marnose e ad alternanze litologiche delle Unità Liguri, Sub-Liguri e dei Flysch terziari, mostrano un alto indice di franosità per singola Unità litologico-technica (Fig. 3). Detto indice esprime il rapporto percentuale fra area in frana rispetto all'area totale dell'unità litotecnica considerata.

3. RIATTIVAZIONI DI GRANDI FRANE QUIESCENTI

Nella regione Emilia-Romagna sono segnalate circa 1300 grandi frane il cui singolo volume supera il milione di m³, lo spessore medio risulta di decine di metri e la loro lunghezza compresa tra 3-5 chilometri. Nell'ultima ventina d'anni le maggiori problematiche inerenti la pericolosità indotta da frana hanno riguardato la riattivazione di questi grandi corpi quiescenti di cui solo in parte si conosceva il periodo di ricorrenza dei movimenti (ad es. M. Cervellino -Val Baganza, Corniglio, Secchio, Rossena, Casoletta, Romanoro ecc.). Infatti, la frequenza conosciuta degli eventi storici e antichi di molte grandi frane era limitata a pochi casi e a periodi di tempo con intervallo compreso in pochi secoli o qualche decennio dal presente (Almagià, 1907), in altre parole un periodo temporale relativo alla crisi climatica della Piccola Età glaciale ed esteso ad oggi.

Nella convinzione di uno stretto legame fra i movimenti di queste grandi frane e le condizioni climatiche del passato, legate a periodi di degradazione delle rocce a causa del raffreddamento e/o un'intensa o durevole piovosità quali motivi d'innesco dei movimenti (Borgatti, Soldati e Surian, 2001; Borgatti e Soldati, 2010), e sulla spinta di ricercatori nord-europei, furono intraprese, alla fine degli anni '90 e all'inizio degli anni 2000, nuove ricerche che potessero documentare antiche riattivazioni.

In qualche anno di ricerche e campionamenti, in particolare da parte di G. Bertolini, del STB di Reggio Emi-

lia, e di chi scrive, nell'Appennino emiliano (province di Parma, Reggio Emilia e Modena), furono documentati, mediante datazioni radiocarbonio, diversi movimenti o riattivazioni di frane in età olocenica e anche pleistocenica. Per quanto riguarda l'Emilia occidentale, il quadro di Fig. 4 sintetizza la distribuzione tardo quaternaria di 34 grandi frane per complessive 79 datazioni radiocarbonio. Sebbene del punto di vista statistico questi dati appaiano poco significativi, rispetto al grande numero dei grandi corpi di frana, essi sono stati comunque utili:

- per individuare dei periodi di crisi climatica nel tardo Quaternario;
- ad avere, in alcuni casi fortunati, un'informazione sulle frequenze di movimento della frana;
- a riconoscere una sequenza dinamica di riattivazione di alcune frane quiescenti.

Da rilevare, infatti, che alcune antiche frane con documentati movimenti millenari o secolari (per esempio Cavola e Sologno - RE, Corniglio - PR) sembrano avere una dinamica di riattivazione che si ripete nel tempo con le

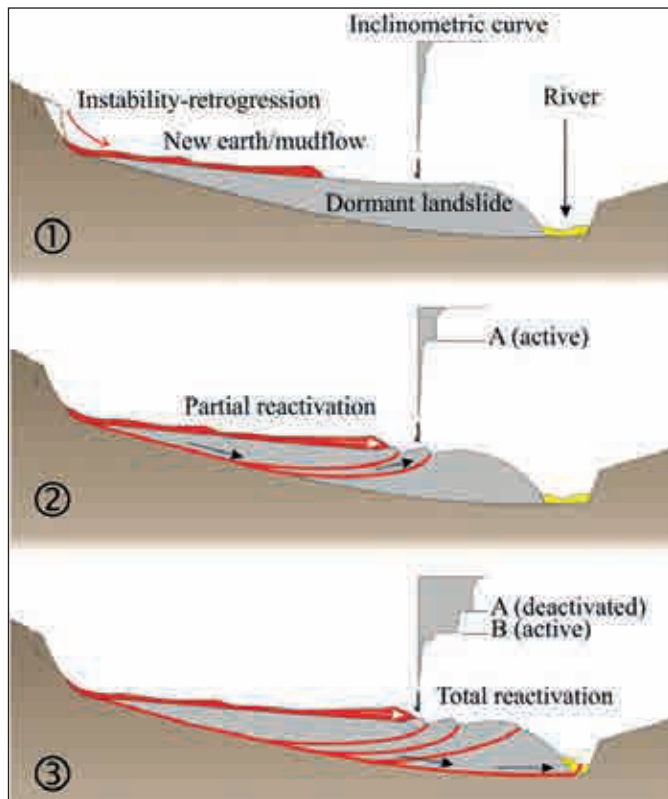


Figura 4 – Successione dei movimenti delle masse di frana che da livelli superiori, col loro peso e influenza sulle condizioni del drenaggio, attivano i piani di scivolamento di masse sottostanti di volume maggiore. Queste, con analogo meccanismo, progressivamente riattivano tutto il corpo di frana quiescente, come indicato dalle deformate inclinometriche. Nel 1996 la frana di Corniglio ebbe quasi l'identica dinamica e stessi tempi di movimento della riattivazione totale del 1902: in un mese la frana mosse dalla corona sino al T. Parma, ostruendolo (da Bertolini e Pizzio, 2008).

stesse modalità e circa negli stessi tempi di movimentazione sia parziale che totale della massa franosa, come indicato nello schema di Fig. 4 (Bertolini e Pizziolo, 2008) in cui la causa d'innescò si ritiene possa inquadrarsi nel meccanismo di carico non drenato di Hutchinson e Bhandari (1971).

Contemporaneamente agli studi in Appennino altre ricerche ottennero datazioni di grandi frane in settori dell'arco alpino, nelle isole britanniche e in Spagna e una sintesi dei risultati si trova in Fig. 5 (Borgatti et alii, 2001 con ricca bibliografia; Soldati et alii, 2006).

Come si può notare le date ottenute in Italia, distribuite in due *clusters* principali, si confrontano per analoga distribuzione cronologica, con le altre regioni europee, indicando nel Subboreale e parte dei piani sopra e sotto-stanti, un periodo favorevole a numerose riattivazioni di grandi corpi franosi. Inoltre, dai dati ottenuti emerge che alcune di esse (Carobbio e Berceto), come sopra accennato, hanno ereditato, in termini di degradazione dei ver-

santi, le cattive condizioni del clima rigido periglaciale legate sia all'Ultimo Massimo Glaciale appenninico, di cui si hanno testimonianze residue nella sinclinale Epiligure Vetto-Carpineti e persino nelle colline pedecollinari di Canossa (es. di colate di gelifluzione, attualmente affioranti in inversione di rilievo), che delle Fasi tardi Glaciali.

4. LA CONOSCENZA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA

La Regione Emilia-Romagna ha una conoscenza molto precisa della situazione inerente la franosità territoriale e la sua evoluzione storica negli ultimi secoli del precedente millennio, tramite le ricerche fatte per l'allestimento di un Catalogo storico delle frane, in fase di completamento. La raccolta di dati iniziata già a partire dalla realizzazione della cartografia geologica della regione alla scala 1:10000, degli anni '80, successivamente si arricchisce di ulteriori dati mediante l'attivazione di vari progetti (es. IFFI, RISKWARE ecc.). Ciò ha consentito che ora si possa disporre di strumenti cartografici dettagliati, periodicamente aggiornati, come l' "Inventario del Dissesto", il quale, in effetti, assume la valenza di una "Carta della suscettibilità da frana", quale base condivisa fra autorità regionali e province per la pianificazione territoriale (PTCP - PAI).

Al fine della valutazione della pericolosità da frana, importanti studi compiuti da un Gruppo di lavoro regionale evidenziano i rapporti fra quantità e distribuzione delle precipitazioni e attivazione/riattivazione delle frane per un periodo d'indagine 1913-2003. Nel sito segnalato sono reperibili le relazioni inerenti le soglie di precipitazione quali elementi d'innescò delle frane (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/dissesto-idrogeologico/valutazione-del-rischio-da-frana-nellappennino-emiliano-romagnolo>).

Occasionalmente, fra le cause di innescò delle frane possono esservi fatti particolari che favoriscono la pericolazione dell'acqua (ad es. metano nella falda) o scuotimento da terremoto, per cui una frana o un versante già in situazione di precario equilibrio per altre cause può movimentarsi (ad es. Corniglio nel 1996, Rossena nel 1832, area di Febbio nel 1920 ecc.) (Bertolini, Guida e Pizziolo, 2005; Bertolini e Pizziolo, 2008, Castaldini, 2004; Tosatti et alii, 2008).

Le più recenti riattivazioni sono chiaramente indotte da intense e/o prolungate precipitazioni stagionali e meno frequentemente dallo scioglimento nivale primaverile; queste precipitazioni inducono nella frana un progres-

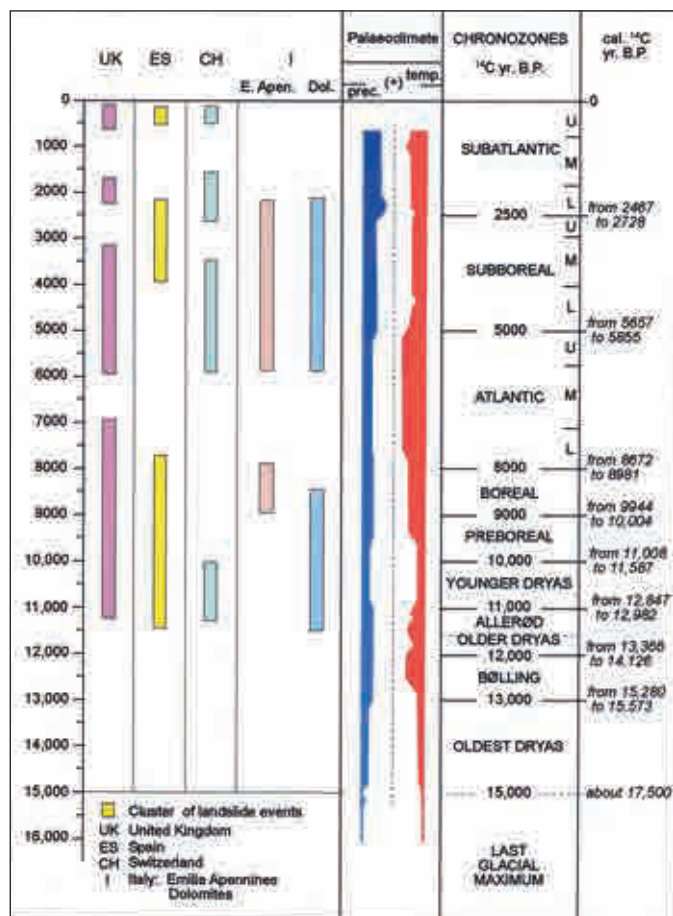


Figura 5 – Distribuzione cronologica di grandi frane datate con radiocarbonio in alcuni Paesi europei, nell'Appennino Emiliano e nella regione dolomitica.

sivo aumento delle pressioni interstiziali che anche periodi più brevi o meno intensi delle precipitazioni stagionali, probabilmente anche a causa di argille contenute nel corpo franoso fortemente adsorbenti, non riescono a dissipare sufficientemente l'umidità e consentire che dette pressioni neutre diminuiscano.

Quanto sopra riassunto evidenzia le condizioni che hanno determinato i dissesti gravitativi avvenuti nella primavera scorsa particolarmente le Province di Parma, Reggio Emilia e Modena e in minor misure le altre. L'entità delle precipitazioni liquide e solide (50 cm di neve il 22-23 febbraio 2013) è stata senza dubbio eccezionale concentrando circa i 2/3 della quantità annuale delle precipitazioni nei primi cinque mesi dell'anno.

Conseguentemente, anche in ragione delle condizioni litologiche e idrogeologiche sopra ricordate, si sono attivate o riattivate circa 1500 frane, un numero che supera più del doppio il precedente analogo evento del 1939 (629 frane). Fra queste nuovi eventi, variamente distribuiti nelle province emiliano-romagnole, vi sono delle riattivazioni importanti che coinvolgono grandi frane fra le quali per importanza e gravità dei danni si ricordano:

- Cà Mingone (Comuni di San Benedetto Val di Sambro-BO e Monghidoro-MO) circa 10 Ml di m³ occupanti un'area di mezzo km² che hanno distrutto alcuni edifici e ne minaccia altri;
- frana di Capriglio-Pianestolla (Comune di Tizzano Val Parma, PR) (Fig. 6): essa riunisce due corpi di frana complessi preesistenti e che si sono riattivati e fortemente ampliati in questa occasione, coinvolgendo parti che precedentemente non erano segnalate franose. Distrutti edifici e stalla a Caneto Bocchi e danni gravi alla strada comunale; si teme che il movimento meridionale, arretrando, metta in pericolo le case di Capriglio. Attualmente i due corpi di frana, unendosi, danno origine ad una lunga colata che con le piogge di Giugno si è ulteriormente allungata nella valle, mettendo in pericolo il ponte vicino al T. Bardea (Fig. 7).
- frana di Sauna (Comune di Corniglio, PR) che risulta dalla riattivazione di un antico corpo quiescente. Attualmente la corona di distacco, attestata a circa 900 m di quota, cioè quasi 300 m sopra il paese, delinea una massa in frana molto estesa e pericolosa per il nucleo storico di Sauna, che già segnala case danneggiate e stalle e fienili distrutti;
- frana di Borra di Lama Mocogno (MO) quale riattivazione della parte alta di un grande corpo franoso storico che oltre un secolo fa coinvolse il paese di Vaglio. Il lento movimento della massa franosa ha avuto un'accelerazione con le piogge primaverili sufficiente a danneggiare in modo grave edifici prossimi alla corona.



Figura 6 – Zona di distacco del corpo settentrionale della frana di Pianestolla, riattivato assieme a quello meridionale di Capriglio (sullo sfondo) dall'evento meteorico di marzo-aprile scorso (Comune di Tizzano Val Parma).



Figura 7 – La lunga colata formata dalle frane di Pianestolla e Capriglio s'insinua profondamente nel fondovalle del T. Bardea, minacciando un ponte.

5. VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ DA FRANA

Una svolta nella riconsiderazione degli aspetti normativi relativamente alla gestione dei versanti colpiti da frane quiescenti si ha con l'evento della Lama di Corniglio, riattivatosi più volte a partire dal VI sec. d.C. e negli ultimi 400 anni con ricorrenza secolare. Purtroppo non è il solo esempio di riattivazione recente di una grande frana, in quanto successivamente si sono poi mobilitati numerosi altri corpi su cui sorgono paesi o strutture produttive (Magliatica, Casoletta, Cerrè Sologno, Boschi di Valoria, Cà Lita, Morano, versante ovest di M. Cervellino ecc.) e tuttora, soprattutto in connessione a periodi piogge prolungate o eventi estremi, si assiste a disastrosi dissesti gravitativi come quelli ricordati poco sopra.

Ormai è riconosciuto che sono queste antiche e grandi frane a costituire un serio pericolo in quanto esse costituiscono il 90% dei danni dovuti a frane. Quindi il riconoscimento e la cartografia di questi antichi movimenti, le indagini sui loro tempi di ricorrenza, il controllo e monitoraggio di parti attive diventa assolutamente fondamentale per la pianificazione territoriale. Gli eventi meteorici intensi che periodicamente colpiscono i versanti montani innescano o riattivano centinaia di frane obbligando a un continuo aggiornamento dell'Inventario del Dissesto regionale al fine di mantenere efficiente questo strumento conoscitivo di base per la conoscenza della pericolosità da frana: da esso, infatti, derivano le restrizioni orientate alla gestione e accettabilità o meno del rischio sulle frane quiescenti e attive.

Tuttavia è uno strumento migliorabile poiché, per esempio, in ordine alla valutazione di stabilità dei versanti, per le aree esterne alle frane quiescenti, potenzialmente instabili, non fornisce particolari prescrizioni e, inoltre, l'interpretazione soggettiva, i tempi più o meno lunghi dei cambiamenti di stato di attività tra frane attive e quiescenti (vedi definizioni in Varnes, 1978), non consentono di adattare la complessa evoluzione cronologica di dette frane a normative precise o vincolanti.

Al fine di superare le intrinseche mancanze dell'Inventario e migliorarne l'affidabilità, da Generali e Pizziolo (2012) sono proposti due possibili modelli previsionali per la predizione dell'instabilità delle frane quiescenti:

- a) un modello statistico multivariato di propensione a franare nelle parti limitrofe (specialmente nel coronamento) al corpo di frana;
- b) un modello sorretto da un approccio statistico coniugato a uno euristico-morfologico per valutare la possibilità di riattivazione delle frane quiescenti cartografate.

Il primo modello utilizza un metodo di regressione logi-

stica applicato a dei punti presi nella nicchia di frana, ritenuta zona instabile, e a dei punti esterni alla frana stessa. Inoltre 20 variabili indipendenti sono tratte da DEM delle Carte Litotecnica e dell'Uso del suolo alla scala 1:10.000. Una matrice a correlazione incrociata e un metodo di analisi bivariata porta alla valutazione dell'influenza che ogni variabile indipendente ha su quella dipendente (frana sì/frana no). Alla fine il modello mostra otto variabili combinate con due variabili tematiche. La bontà della metodologia va dal 78%, considerando tutte le frane, sino all'80% con le sole frane attive.

Il secondo modello si basa sempre sul concetto dell'innescamento dovuto al meccanismo del "carico non drenato" e prevede lo sviluppo di una metodologia euristica-morfologica che si propone di elaborare e codificare l'esperienza dei geologi rilevatori, per essere poi utilizzata in modo automatico. Il modello differenzia tre livelli di analisi:

1. la condizione di suscettibilità alla riattivazione della zona circostante il coronamento;
2. la valutazione delle relazioni geometriche tra corpi di frana adiacenti, in termini di interferenza con frane attive;
3. implementare le conoscenze sulle riattivazioni pregresse mediante ricerche documentarie e/o datazioni radiometriche per arricchire un database già ricco.

In base alla combinazione di questi tre tipi di analisi sono stati ottenuti diversi livelli di probabilità di riattivazione di parecchie migliaia di frane quiescenti mappate dall'Inventario del Dissesto.

Nella convinzione che questa sia la strada da intraprendere per migliorare le potenzialità di uno strumento di gestione territoriale già dotato di una buona affidabilità, non resta che sperare che, allo scopo, vengano attivate delle risorse adeguate e fornito un prezioso contributo dai geologi che si occupano del territorio (tecnici, professionisti, ricercatori). Ciò al fine di promuovere ulteriori conoscenze, specialmente di valenza quantitativa (come ad es. quelle inerenti l'approfondimento della frequenza delle riattivazioni, la quantificazione degli parametri geotecnici nelle zone di coronamento più indiziate di riattivarsi, il controllo inclinometrico dei corpi di frana, deformazioni del terreno, ecc.) quali dati integrativi utili alla migliore previsione di eventi di riattivazione dalle conseguenze potenzialmente disastrose per l'ambiente e per l'economia di intere valli della nostra regione.

Tuttavia occorre essere consapevoli che, nel caso di grandi frane quiescenti, resta sempre molto difficile prevedere eventuali loro riattivazioni, anche avendo a disposizione dati storici o datazioni antiche, soprattutto perché esse non hanno un comportamento lineare

rispetto alle variazioni dei parametri geotecnici del materiale di frana (resistenza a taglio, porosità, variazione delle pressioni neutre, ecc.). Inoltre, spesso il movimento della massa non è sincrono, essendo possibili cedimenti parziali, così com'è differente nel tempo, per le masse coinvolte nei movimenti (parziali o totali), riacquistare le caratteristiche geotecniche precedentemente alla riattivazione.

BIBLIOGRAFIA

APAT (2007) TRIGILA A. (ED.) - Rapporto sulle frane in Italia – Il Progetto IFFI: Metodologia, risultati e rapporti regionali. Rapporti 78/2007.

BERTOLINI G., TELLINI C. (2001) – New radiocarbon dating for landslide occurrences in the Emilia Apennines (Northern Italy), *Trans. Japan Geom. Union* 22 (4): C-23.

BERTOLINI G., GUIDA M., PIZZILO (2005) – Landslide in Emilia-Romagna region (Italy): strategies for hazard assessment and risk management. *Landslides*, (2), 302-312.

BERTOLINI G., PIZZILO (2008) – Risk assessment strategies for the reactivation of earth flows in the Northern Apennines (Italy). *Engineering Geology*, 102, 3-4, 178-192.

BORGATTI L., SOLDATI M., SURIAN N. (2001) - Rapporti tra frane e variazioni climatiche: una bibliografia ragionata relativa al territorio europeo. *Il Quaternario*, It. J. Quat. Sciences, 14, 2, 137-166.

BORGATTI L., SOLDATI M. (2010) – Landslides as a geomorphological proxy for climate change: a record from the Dolomites (Northern Italy). *Geomorphology*, 120, 56-64.

CASTALDINI D. (2004) – Frane e Terremoti: rassegna delle frane sismoindotte dell'Appennino modenese-reggiano. *Rassegna Frignanese*, Acc. del Frignano "Lo Scoltenna", Pievepelago, Modena, Italy, 101-118.

CRUDEN D.M. & VARNES D.J., 1996. Landslide Types and Processes. In: A.K. Turner & R.L. Schuster (eds.), *Landslides Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, National Academy Press, Washington, Spec. Rep. 247, 3, D.C. 36-75.

HUTCHINSON J.N. and BHANDARI R.K. (1971) – Undrained loading, a fundamental mechanism of mudflow and other mass movement.

Geotechnique, vol. 21, 353-358.

GENERALI M., PIZZILO M. (2012) – Assessment of landslide susceptibility and reactivation likelihood in the Emilia-Romagna Region, 7th EUROGEO, Bologna, Italy, 12-15 Giugno 2012, *Proceedings Vol. 1*, 24-26.

ISPRA (2012) - *Annuario dei Dati Ambientali* (Ed. 2011).

ISPRA (2013) - Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale, 98 pp., 85/2013.

RAPPORTO LEGAMBIENTE-PROCIV (2011) – Ecosistema Rischio 2011- Monitoraggio sulle attività delle amministrazioni comunali per la mitigazione del rischio idrogeologico. Indagine legata a "Operazione Fiumi 2011", Dicembre 2011, 1-80 (http://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/dossier_ecosistemarischio2011.pdf).

SOLDATI M., BORGATTI L., CAVALLIN A., DE AMICIS M., FRIGERIO S., GIARDINO M., MORTARA G., PELLEGRINI G.B., RAVAZZI C., SURIAN N., TELLINI C. e ZANCHI A. con la collaborazione di ALBERTO W., ALBANESE D., CHELLI A., CORSINI A., MARCHETTI M., PALOMBA M. e PANIZZA M. (2006) – Geomorphological evolution of slope and climate changes in northern Italy during the Late Quaternary: spatial and temporal distribution of landslides and landscape sensitivity implications. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 29, 165-185.

TELLINI C., CHELLI A. (2003) – Ancient and recent landslide occurrences in the Emilia Apennines (Northern Apennines, Italy). *Proc. of Work-shop on "Geomorphological sensitivity and system response"*, Camerino-Modena Apennines (Italy) July 4th-9th, 2003, 105-114.

TELLINI C. (2004) – Le grandi frane dell'Appennino Emiliano quali indicatori geomorfologici di variazioni climatiche. *Rassegna Frignanese*, Acc. del Frignano "Lo Scoltenna", Pievepelago, Modena, Italy, 83-99.

TOSATTI G., CASTALDINI D., BARBIERI M., D'AMATO AVANZI G., GIANNACCINI R., MANDRONE G., PELLEGRINI M., PEREGO S., PUCCINELLI A., ROMEO R.W. TELLINI C. (2008) – Additional causes of seismically-related landslide in the Northern Apennines, Italy. *Revista de Geomorfologie*, vol. 10, 5-21.

VARNES D.J. (1978) – Slope movement Types and Processes, in SCHUSTER R.L. E KRIZEK EDS: *Landslide: Analysis and control*, *Trasp. Res. Board Special Report* 176, 12-33.