

Precipitazioni ed evoluzione dei movimenti di versante. Il caso della frana di Poggio di Chiesanuova nella Repubblica di San Marino

Cristiano Guerra

Geologo, libero professionista

1. INTRODUZIONE

Il rapporto tra precipitazioni intense ed abbondanti e l'inesco e la riattivazione di fenomeni franosi è ovvio, ma non sono altrettanto ovvie le modalità con cui si esplica. Gli studi eseguiti da decenni, anche a livello della Regione Emilia-Romagna, hanno evidenziato la grande varietà e variabilità delle componenti di cui tenere conto e la complessità delle relazioni che si instaurano tra esse. Ad esempio la determinazione delle *soglie pluviometriche di innesco* per le frane risulta estremamente complicata, anche se è stata ben sviluppata per aree ampie e con un approccio statistico (Pizziolo et al. 2008).

L'attivazione di movimenti di versante rapidi e con piani di scivolamento poco profondi, tipo debris flow o colate di fango, a seguito di eventi meteorici intensi, mostra una correlazione molto netta, ma questo legame risulta meno chiaro in fenomeni più ampi e complessi (Cancelli & Nova 1985, Cevasco et al. 2010, Giannecchini 2006). Negli ultimi dieci anni, nell'area romagnola, si sono registrati diversi periodi di forte attività dei fenomeni franosi, sia in occasione di eventi meteorici intensi che di precipitazioni prolungate, con un importante ruolo assunto dalle precipitazioni nevose.

Nel territorio della Repubblica di San Marino si sono osservati due importanti fasi acute del dissesto idrogeologico ed in particolare dei movimenti di versante, una nell'autunno-inverno 2005-2006, l'altra nell'autunno-inverno 2009-2010 e primavera 2010.

In entrambe le fasi, precedute da periodi siccitosi prolungati e severi, si sono registrati importanti apporti nevosi. Le precipitazioni nel territorio sammarinese sono registrate dalla stazione meteorologica del Monte Titano, attiva da oltre 80 anni, ed il loro andamento può venire ben rappresentato dall'indice SPI (*Standardized Precipitation Index* - McKee et al 1993) in modo da renderlo raffrontabile con l'evoluzione dei fenomeni di dissesto.

L'indice SPI si ottiene considerando la deviazione della

precipitazione rispetto al suo valore medio su una data scala temporale, divisa per la sua deviazione standard, corretto in modo da avere distribuzione gaussiana con media nulla e varianza unitaria. Valori dell'indice SPI compresi tra -1 e 1 identificano periodi con andamenti normali delle precipitazioni, valori dell'indice compresi tra 1 e 1,5 e valori compresi tra -1 e -1,5 evidenziano rispettivamente periodi moderatamente umidi e moderatamente siccitosi. Quando l'SPI assume valori compresi tra 1,5 e 2 e valori compresi tra -1,5 e -2 si hanno periodi molto umidi e molto siccitosi, valori superiori a 2 ed inferiori a -2 identificano periodi estremamente umidi ed estremamente siccitosi.

L'indice SPI calcolato per sei mesi appare come il più adatto ad essere correlato con i fenomeni franosi complessi in quanto questo periodo rappresenta un lasso di tempo in cui gli andamenti delle precipitazioni influiscono in modo incisivo sulle acque di infiltrazione e sulle falde freatiche.

Esaminando la variazione dell'indice SPI, a sei mesi per le precipitazioni registrate dalla stazione del Monte Titano, calcolato a partire dal 1961, si osserva come i periodi sopra ricordati sono stati contraddistinti da valori superiori a 2 per più mesi consecutivi. Nel Novembre 2005 l'SPI a sei mesi ha raggiunto il valore di 2,84, a Dicembre 2,53 e nel Gennaio 2006 2,2; nel Marzo 2010 l'SPI a sei mesi ha raggiunto il valore di 2,03, ad Aprile 2,06, a Maggio 2,5 e a Giugno 2,52.

Tra i vari movimenti franosi che si sono attivati o riattivati in questi due periodi, merita attenzione la frana di Poggio di Chiesanuova, che rappresenta un caso particolarmente documentato e indagato.

Il confronto tra i dati del monitoraggio relativi a questo movimento di versante e l'andamento delle precipitazioni, registrate dalla stazione del Monte Titano, distante circa 3,5 km, permette di trarre significative considerazioni in merito alle modalità che possono determinare e regolare l'evoluzione di fenomeni franosi complessi.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La frana di Poggio di Chiesanuova si trova nei pressi della località omonima, nel settore Sud-Ovest del territorio sammarinese, poco a Nord dell'abitato di Chiesanuova, nella parte alta del versante che scende in direzione Est verso il corso del Torrente San Marino (Figura1).

Nell'area il substrato geologico è rappresentato dalla Formazione di Monte Morello (calcari marnosi molto fratturati e marne tettonizzate). Verso Est, scendendo lungo il versante si passa alle Argille Varicolori della Val Marecchia (argilliti tettonizzate). Entrambe le formazioni appartengono ai complessi Liguri della Coltre della Val Marecchia, con la prima unità posta geometricamente al di sopra della seconda, in un contatto non ricostruibile, ma con ogni probabilità contraddistinto da piani di contatto a basso angolo.

Nella Formazione di Monte Morello è distinguibile una *facies superiore*, costituita da calcare marnoso beige e biancastro, molto fratturato, ed una *facies inferiore* rappresentata da argillite grigia e policroma, intensamente tettonizzata e marna fogliettata grigio chiara.

I depositi superficiali sono costituiti da Coperture eluvio colluviali (argilla limosa con detrito) e Corpi di frana, tra cui quello del fenomeno in esame (argilla limosa plastica e satura con detrito marnoso e calcareo marnoso.)

La predisposizione al dissesto della zona è determinata essenzialmente dalla struttura geologica predisponente, dall'esistenza di movimenti di versante antichi, dalle scendenti caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura e dalla presenza di apporti idrici sotterranei abbondanti. La variabilità litologica della Formazione di Monte Morello, unita alla estesa fratturazione, determina un quadro complesso della circolazione idrica ipogea, e fa sì che si creino diversi acquiferi sospesi ed un primo acquifero di

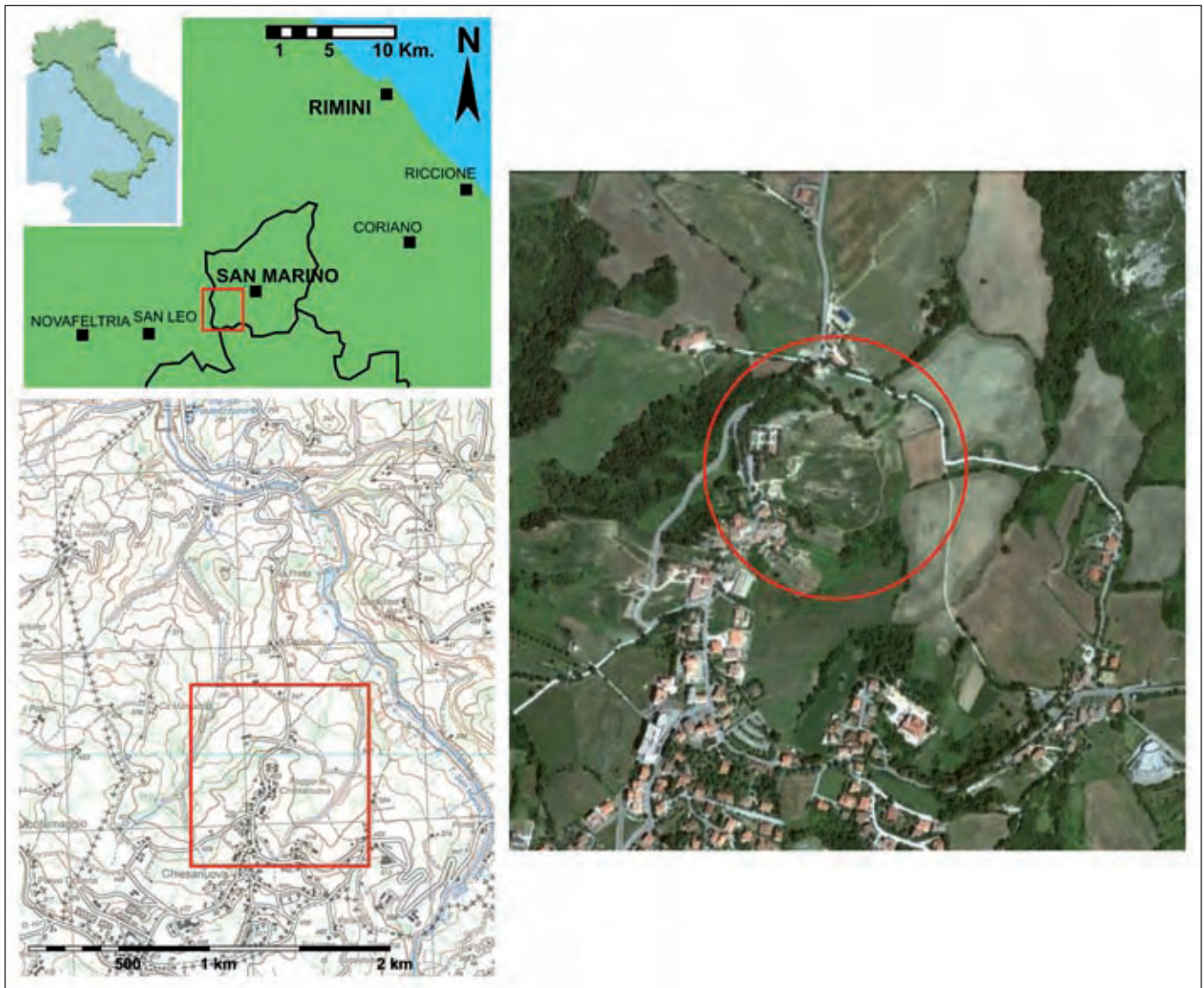


Figura 1 – Inquadramento geografico e territoriale della frana di Poggio di Chiesanuova.

base, posto probabilmente al contatto tra le due facies, caratterizzati da flussi idrici anche molto abbondanti, mentre un secondo acquifero di base si ritrova verosimilmente più in profondità, al contatto con le Argille Varicolori.

3. DESCRIZIONE DEL MOVIMENTO FRANOSO

La zona di distacco della frana di Poggio di Chiesanuova si estende in prossimità della viabilità, coinvolta progressivamente dai fenomeni, e presenta una larghezza di 40 metri. Il corpo di frana, inteso come massa spostata dal fenomeno di dissesto nel suo complesso, si estende per una lunghezza di oltre 200 metri ed una larghezza variabile tra 40 e 100 metri, coinvolgendo un volume di materiale di 100.000 ÷ 160.000 m³. La profondità del piano di scorrimento principale varia da 6 a 12 metri.

Il movimento è di tipo complesso, probabilmente caratterizzato da un piano di scorrimento basale sub-rettilineo o a bassa curvatura, con alcuni “gradini” morfologici sepolti, verosimilmente riconducibili ad antiche nicchie di distacco. Come è tipico dei fenomeni franosi nella Coltre della Val Marecchia, anche la frana di Poggio di Chiesanuova è assimilabile ad un movimento rototraslativo nella parte alta, passante progressivamente a traslativo, poi a flusso viscoso e colata verso valle, con una tipica evoluzione retrogressiva (Figura 2, Figura 3).

Nelle fasi di evoluzione rapida e parossistica si sono osservate velocità di spostamento di qualche decina di cm

al giorno nella parte mediana del corpo di frana, per cui il fenomeno ricade nella classe 3 – MOVIMENTO LENTO della classificazione proposta da Cruden & Varnes (Cruden & Varnes 1996, Varnes 1978).

Sulla base della documentazione esistente e dalle testimonianze dei proprietari dei fondi interessati è stato possibile ricostruire l’evoluzione dell’area in cui si trova la frana di Poggio di Chiesanuova (Figura 3). In particolare, dall’esame della cartografia storica, della cartografia tematica e dalle varie riprese aeree si è potuto dedurre che l’area è stata interessata a più riprese da fenomeni deformativi negli ultimi 60 anni. Negli anni 1950-55 erano già presenti due movimenti di versante, le cui zone di distacco erano posizionate più a valle rispetto alla frana più recente. Nei decenni successivi non si sono ritrovate evidenze di movimenti in atto, fino ai primi anni novanta, quando le deformazioni sono riprese in maniera rilevabile dal confronto tra le foto aeree. Successivamente, dal 1995 al 2002 si è verificata una nuova fase di stasi.

Lo studio geologico dettagliato e l’indagine geognostica, articolata in quattro sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi a distruzione e numerose prove di laboratorio, hanno permesso una buona comprensione dei fenomeni ed il monitoraggio ha consentito di definirne compiutamente l’evoluzione.

Il monitoraggio è stato eseguito sia con strumentazione geotecnica (inclinometri), nella zona di distacco, sia ricorrendo a sistemi di controllo topografico nel corpo di frana.

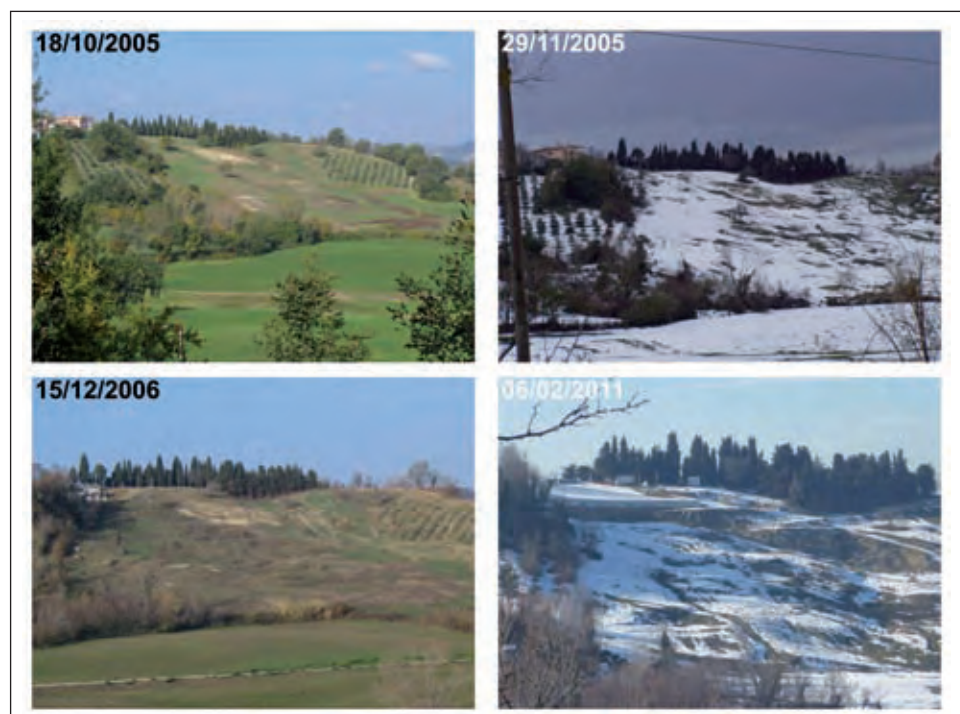


Figura 2 – Sequenza di visioni panoramiche della frana di Poggio di Chiesanuova dal 2005 al 2011.



Figura 3 – Estensione del movimento franoso nelle varie fasi evolutive confrontata con la presunta estensione dei corpi antichi.

4. EVOLUZIONE DELLA FRANA DAL 2002 AL 2011

Una prima riattivazione dei movimenti è avvenuta nel gennaio-febbraio 2003, seguita da un periodo di inattività durato fino all'autunno 2004, quando una nuova fase di rapida attivazione ha causato i primi gravi dissesti ai manufatti e la nicchia di distacco ha lambito la viabilità di via Fontanelle. Nel febbraio 2005 si è verificata una prima fase parossistica durata fino ad aprile 2005 che ha causato il crollo di una porzione di un ricovero attrezzi esistente nella zona di distacco.

La fase di quiescenza dell'estate 2005 ha consentito l'esecuzione dell'indagine geognostica e l'installazione di monitoraggio geotecnico e topografico. Nell'autunno 2005 i movimenti riprendono e raggiungono una nuova fase e di evoluzione drastica tra novembre e dicembre 2005, dopo la quale i fenomeni si sono attenuati progressivamente fino a maggio 2006. Nell'estate 2006 sono stati realizzati due pozzi drenanti nella parte alta del movimento ed è iniziato l'emungimento dell'acqua di infiltrazione dal corpo di frana. I fenomeni sono rimasti in uno stato di quiescenza ed inattività fino all'inizio dell'inverno 2008-2009. Nel Gennaio 2009 la ripresa dei movimenti ha determinato una sensibile retrogressione della nicchia di distacco che ha coinvolto completa-

mente la sede stradale di Via Fontanelle. Dopo la fase quiescente dell'estate 2010, una nuova pesante evoluzione ed un'ulteriore fase parossistica si sono verificate da novembre 2009 a giugno 2010. In questo periodo si sono osservati i movimenti più rapidi del corpo di frana registrati, grazie al nuovo monitoraggio topografico installato nel gennaio 2010 (Figura 4).

La situazione ha raggiunto un'elevata pericolosità, al punto che nel febbraio 2010 alcuni edifici posti nelle immediate vicinanze della zona di distacco sono stati temporaneamente evacuati e sono state realizzate opere di presidio a carattere d'urgenza a protezione dei fabbricati. Nel breve periodo di inattività dell'estate 2010 sono state realizzate le opere di sostegno progettate sulla base dello studio geologico, costituite da una paratia di pali trivellati (profondità pali oltre 20 m, diametro 100 cm) disposti ad arco e dotata di ancoraggi (tiranti). Sono state realizzate anche alcune trincee drenanti a valle della paratia, senza poterle però estendere adeguatamente a causa dell'impossibilità dei mezzi ad operare nel corpo di frana senza sprofondare e della difficoltà nell'esecuzione degli scavi. Nell'autunno 2010 una nuova riattivazione ha scalzato il lato valle della paratia per un'altezza di oltre cinque metri, facendo avanzare il corpo di frana di diverse decine di metri nella parte terminale (vedi Figura 10).

L'opera di sostegno non ha comunque subito deformazioni rilevanti e gli inclinometri a monte non hanno registrato variazioni significative. Nell'estate 2011 si sono realizzate le opere di drenaggio del corpo di frana, che hanno intercettato e captato flussi idrici notevoli.

5. MOVIMENTI E ANDAMENTO DELLE PRECIPITAZIONI

Al di là dei fattori predisponenti, l'evoluzione dei fenomeni è stata sempre regolata dall'andamento delle precipitazioni.

La sequenza delle fasi di attività e di quiescenza della frana di Poggio di Chiesanuova mostrano una correlazione significativa con l'andamento dell'indice SPI a sei mesi. Tutte le fasi di maggiore attività sono avvenute in periodi in cui l'indice SPI era in aumento e caratterizzato da valori alti, superiori a 1,5 e spesso superiori a 2 (vedi Figura 4). Appare inoltre altrettanto evidente l'importanza delle precipitazioni nevose, che possono avere avuto una maggiore efficacia nell'incrementare l'evoluzione dei fenomeni. Ulteriori interessanti considerazioni possono essere fatte analizzando e confrontando nel dettaglio la velocità di spostamento del movimento franoso, registrata dal monitoraggio, e l'andamento delle precipitazioni in due dei

periodi di massima attività, precisamente dal 27 settembre 2005 al 31 gennaio 2006 e dal 18 gennaio 2010 al 26 maggio 2010.

Nel primo periodo gli spostamenti sono stati registrati basandosi sulla posizione di alcuni punti di riferimento misurata rispetto ad una stazione fissa. In particolare si sono presi in considerazione due riferimenti posti nella

parte medio - alta del corpo di frana, immediatamente a valle della zona di distacco.

Le velocità maggiori, nell'ordine di 3 - 4 cm non si sono verificate successivamente all'evento piovoso più importante, ma dopo diverse settimane, nelle quali si sono registrate precipitazioni nevose diffuse ed abbondanti (Figura 5, Figura 6).

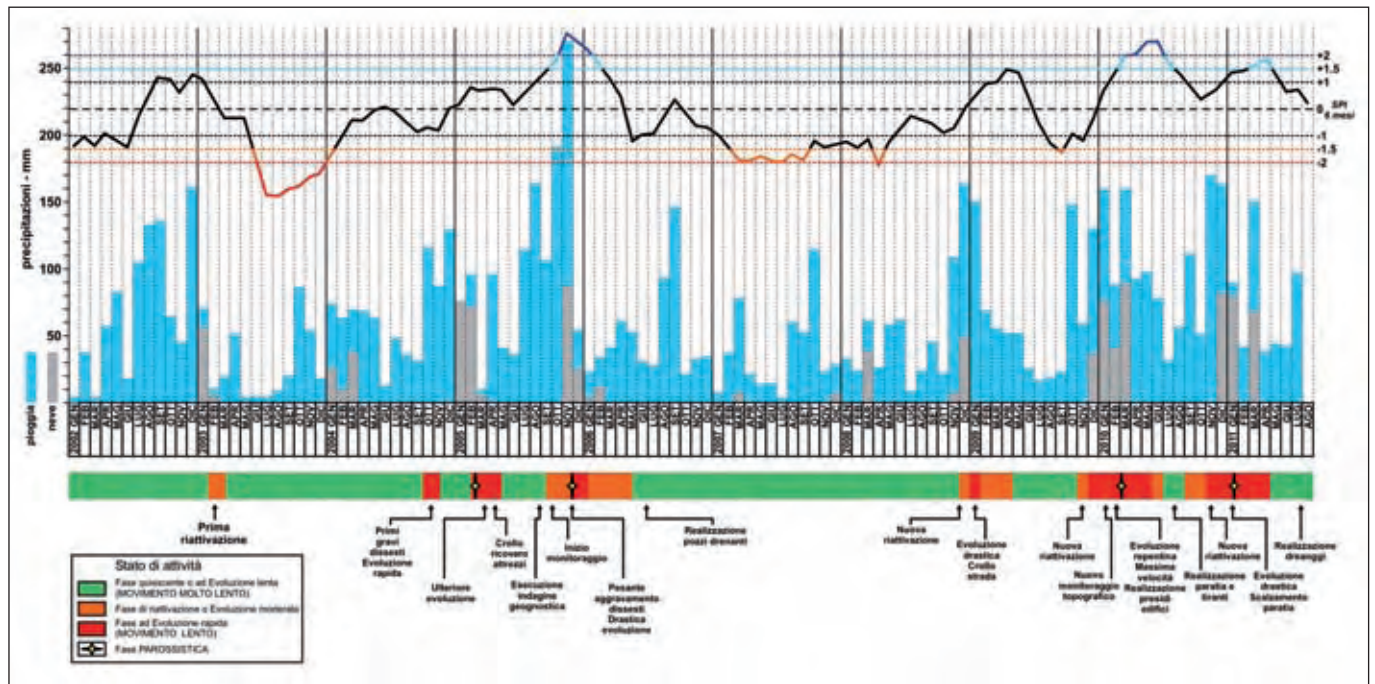


Figura 4 – Sequenza temporale dell'evoluzione della Frana di Poggio di Chiesanuova dal 2002 al 2011, confrontata con le precipitazioni mensili registrate dalla stazione meteorologica del Monte Titano e con l'indice SPI.



Figura 5 – Sequenza fotografica dell'evoluzione dei dissesti nel 2005-2006. Nell'ultima immagine si può osservare la struttura di fondazione del ricovero attrezzi, al di sotto della parte crollata, con i pali che vengono estrusi dal corpo di frana.

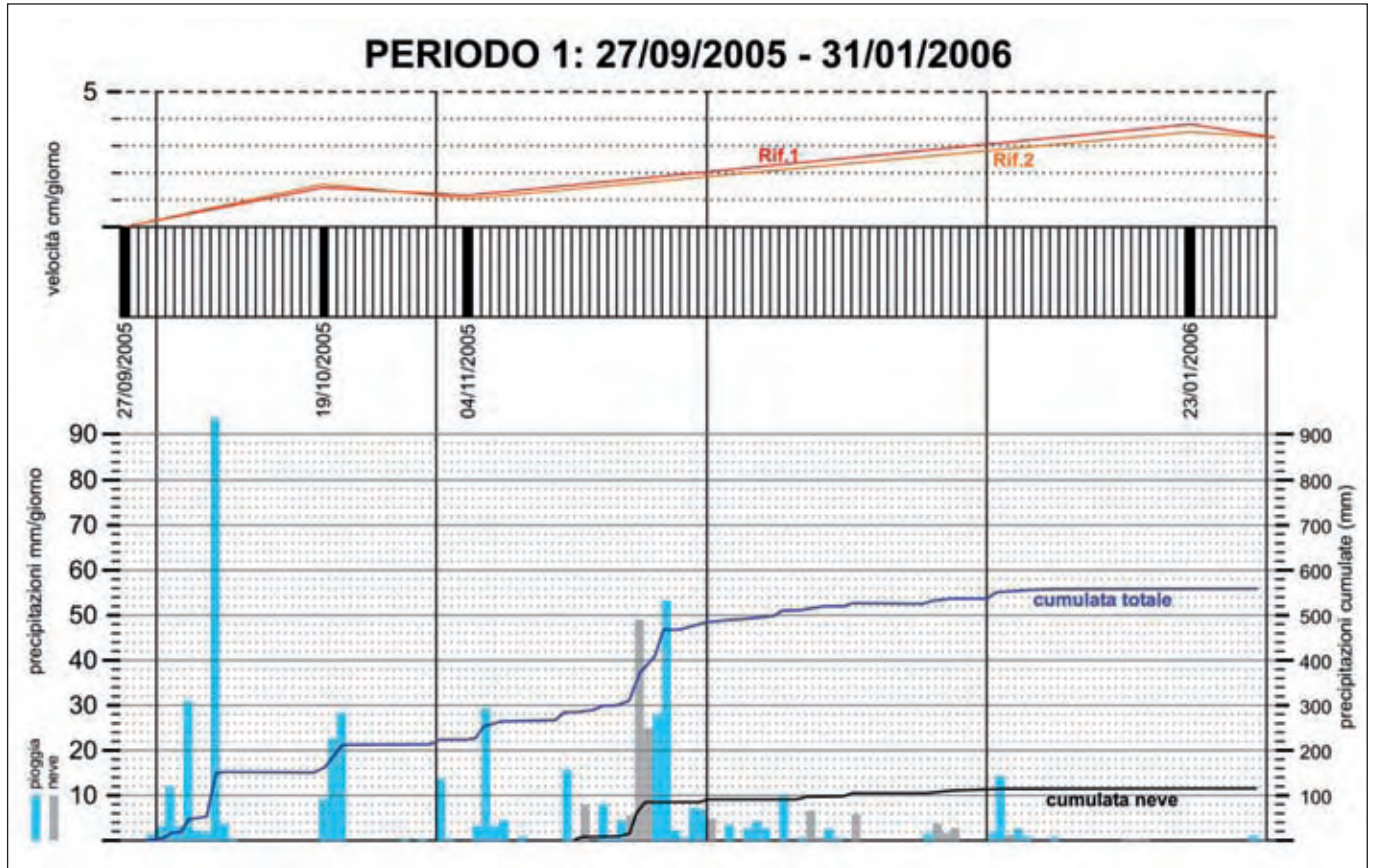


Figura 6 – Confronto tra i movimenti registrati dal monitoraggio e le precipitazioni giornaliere dal 27 settembre 2005 al 1 febbraio 2006.



Figura 7 – Sequenza fotografica dell'evoluzione dal febbraio al giugno 2010. Nella prima immagine si osservano i lavori di realizzazione delle opere urgenti di presidio agli edifici posti nelle immediate vicinanze della zona di distacco. Si noti la traslazione della struttura su micropali sulla quale era installato un ripetitore per la telefonia mobile.

Nel secondo periodo i movimenti sono stati registrati attraverso due allineamenti di capisaldi topografici nel corpo di frana, misurandone gli spostamenti relativi (Figura 9). Le velocità medie dei punti in movimento hanno raggiunto e superato i 20 cm al giorno ed anche in questo caso l'evoluzione sembra legata non tanto agli eventi piovosi maggiori ma alla persistenza e durata delle precipitazioni, soprattutto di quelle nevose (Figura 7, Figura 8).

Si può notare come entrambi i periodi le fasi di massima attività si siano esplicitate in corrispondenza o subito dopo il verificarsi di precipitazioni nevose sensibilmente superiori alle medie.

Le precipitazioni nevose del novembre 2005 sono state superiori alla media del trentennio 1960 - 1991 quasi del 700%, quelle del gennaio 2010 del 234% e quelle

marzo 2010 del 310%. In tutti i casi il manto nevoso al suolo nell'area ha superato abbondantemente i 50 cm.

6. CONCLUSIONI

La riattivazione della frana di Poggio di Chiesanuova e le successive fasi di attività registrate fino al 2011 sembrano essere quindi significativamente correlate a periodi prolungati caratterizzati da precipitazioni diffuse ed abbondanti e non necessariamente con eventi intensi. Questi periodi sono ben evidenziati dall'indice SPI a sei mesi, ed in particolare da fasi in cui mostra un andamento crescente fino a valori superiori a 1,5. Le precipitazioni nevose sembrano avere un importante ruolo nell'accelerazione dei fenomeni e nel verificarsi

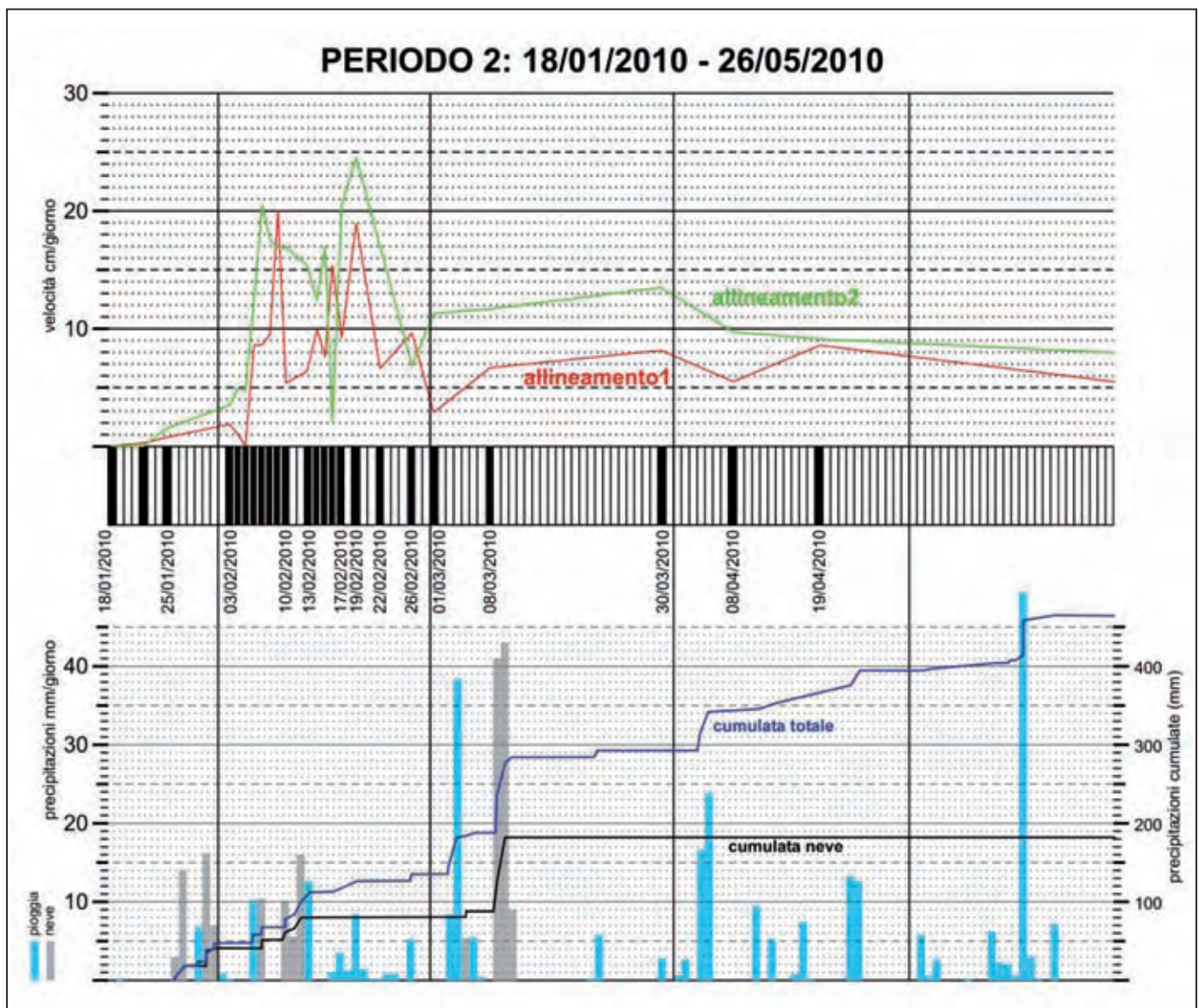


Figura 8 – Confronto tra i movimenti registrati dal monitoraggio e le precipitazioni giornaliere dal 18 gennaio al 26 maggio 2010.

delle fasi parossistiche.

Negli stessi periodi si sono osservati altri fenomeni franosi nel territorio sammarinese e nelle aree circostanti che sembrano avere avuto un'evoluzione analoga, ed in quasi tutti i casi si è trattato di riattivazioni di movimenti quiescenti anche da molti decenni, di tipo complesso e caratterizzati da estensioni notevoli, con piani di scorrimento profondi.

L'analisi di altri fenomeni analoghi sottoposti a monito-

raggio potrebbe confermare o meno le osservazioni fatte per la Frana di Poggio di Chiesanuova e approfondire la validità dell'utilizzo dell'indice SPI come indicatore di possibili attivazioni o riattivazioni di movimenti di versante profondi. Sarebbe altrettanto interessante verificare se l'importante ruolo delle precipitazioni nevose è riscontrabile in maniera così marcata anche altri casi, ampliando inoltre l'analisi considerando altri possibili fattori, come i tempi di fusione del manto nevoso accumulato.



Figura 9 – Riprese fotografiche sul monitoraggio topografico installato nel gennaio 2010.



Figura 10 – Riprese fotografiche dei fenomeni di dissesto dopo la realizzazione delle opere di sostegno. Si osserva il vistoso scalzamento a valle della paratia.

7. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

AMANTI M., CASAGLI N., CATANI F., D'OREFICE M. & MOTTERAN G. (1996) *Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*. Miscell. Serv. Geol. d'It., VII, 109 pp., Roma.

APAT AGENZIA PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI. *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti. Manuali e linee guida 10/2002*. Dipartimento difesa del suolo. servizio istruttorie, piani di bacino, raccolta dati e tecnologie del sito.

CACCIAMANI C., TOMOZEIU R., MORGILLO A., PAVAN V., MARCHESI S. (2004). *Studio della variabilità climatica della siccità mediante l'analisi di alcuni indicatori meteo-climatici*. In *Siccità e desertificazione - I risultati dei progetti Interreg*. - Rimini. Arpa Sim Servizio Idro Meteo Regione Emilia Romagna.

CANCELLI A. & NOVA R. (1985). - *Landslides in soil debris cover triggered by rainstorm in Valtellina (Central Alps, Italy)*. Proc. 4th Int. Conf. on Landslides, Tokyo.

CEVASCO A., SACCHINI A., ROBBIANO A., VINCENZI E (2010) *Evaluation of rainfall thresholds for triggering shallow landslides on the Genoa municipality area (Italy): the case study of the Bisagno valley ijege*. 2010-01.0-03

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 Special Report. 247: 36–75. National Academy Press, Washington, DC. Eberhardt, E. 2006. Keynote.

GIANNACCCHINI R. (2006) - *Relationship between rainfall and shallow landslides in the southern Apuan Alps (Italy)*. NAT. HAZARDS EARTH SYST. SCI.

GUERRA C. (2008) *L'influenza delle recenti variazioni climatiche (1991-2007) sul dissesto idrogeologico. Un tentativo di sintesi per il territorio della Bassa Romagna e della Repubblica di San Marino* ne "il Geologo dell'Emilia Romagna" boll. Uff. O.G.E.R anno VII n. 28 nuova serie.

MCKEE, T., N. DOESKEN, KLEIST J. (1993) *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. 8th Conference on applied climatology, January 17–22, 1993, Anaheim, California, Amer. Meteor. Soc., 179-184.

PERSI P., VEGGIANI., LOMBARDI F. V., BATTISTELLI M., RENZI G., ALLEGRETTI G. (1991) – *Le frane nella storia della Valmarecchia*. Atti I convegno sulla difesa del suolo in Valmarecchia. S.Agata Feltria

PIZZIOLO M., DEL MASCHIO L., GOZZA G., PIGNONE S. (2008) *Determinazione di soglie pluviometriche per l'innescio di frane in Emilia Romagna* ne "il Geologo dell'Emilia Romagna" boll. Uff. O.G.E.R anno VII n. 29 nuova serie.

VARNES, D.J., (1978), *Slope movement types and processes*, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., *Landslides—Analysis and control*: National Research Council, Washington, D.C., Transportation Research Board, Special Report 176, p. 11–33. Turner, Keith A., and Schuster, Robert L.,

VEGGIANI A. (1993) – *Variazioni climatiche e trasformazioni ambientali nel Montefeltro Marecchiese in epoca storica con riferimenti al territorio di Casteldelci*. Atti IV conferenza a cura del Comune di Casteldelci.