

Scenari di pericolo/rischio da eventi di frane superficiali per reti viarie

Giovanni Gullà (*), Luigi Borrelli (**), Gino Cofone (***)

CNR-IRPI Sede secondaria di Cosenza, Via Cavour n. 4/6, 87036 Rende (CS)

tel. 0984-841458, fax 0984-841458

(*) gulla@irpi.cnr.it; (**) borrelli@irpi.cnr.it; (***) cofonegino@libero.it

Riassunto

Gli eventi di frane superficiali possono indurre condizioni di pericolo/rischio molto elevato. Tali condizioni, che si possono verificare quando è diffusa la presenza di fattori predisponenti le frane superficiali, interessano generalmente aree molto estese e quindi possono interagire con numerosi tratti viari. La ricerca in itinere si propone di definire, con diversi metodi, possibili scenari di pericolo/rischio determinati da eventi di frane superficiali per le reti viarie, con riferimento ad un'area di studio della Stretta di Catanzaro (Calabria). Per le finalità delineate sono stati utilizzati i dati relativi a frane superficiali (*SLs*) verificatesi nel 2008-2010, nelle litologie prevalentemente sabbiose (*LU-SC*) ed argillose (*LU-MC*). Le informazioni relative alle *SLs* sono trasferite nelle celle 5x5 m del DTM prodotto dalla carta tecnica regionale. Considerando nella prima fase di lavoro solo i principali fattori predisponenti le *SLs* cartografate (litologie, inclinazioni e quote), sono individuate le celle potenzialmente instabili suscettibili alle *SLs* ed il conseguente possibile scenario di pericolo che consente, infine, di individuare i tratti potenzialmente a rischio delle reti viarie. I risultati conseguiti forniscono indicazioni per supportare la gestione di eventuali emergenze, in corso di evento e nella fase post-evento, nonché per la pianificazione di eventuali necessari potenziamenti delle reti viarie. Gli stessi forniscono, inoltre, spunti per le successive fasi della ricerca.

Abstract

The shallow landslides events can cause hazard/risk conditions very high. These conditions, which can occur when there is a widespread presence of predisposing factors to shallow landslides, usually affecting large areas and thus can interact with many stretches of road. The research in progress aims to define, with different methods, possible scenarios of hazard/risk determined by events of shallow landslides for road networks, with reference to a study area of the Stretta di Catanzaro (Calabria). For the study purposes we have used the data relative to shallow landslides (*SLs*) occurred in 2008-2010 in sands (*LU-SC*) and clays (*LU-MC*). The information concerning *SLs* are transferred into cells 5x5 m DTM produced by regional technical map. In the first phase of work only the main *SLs* predisposing factors (lithology, slope, and shares) have been assumed, and the 5x5 m cells potentially unstable have been detected. The consequent possible hazard scenario allows to identify the stretches of road potentially at risk in the road networks. The results provide information to support the management of emergencies, in the course of event and post-event, and for the planning of any necessary upgrades of road networks. The same results also provide inputs for the next phases of the research.

Introduzione

Le frane superficiali costituiscono in una varietà di contesti geo-ambientali la categoria di instabilità con maggiore frequenza di accadimento e con vasta diffusione areale (eventi di fanosità superficiale) (Kirkby, 1987; Benda and Cundy, 1990; Gullà et al., 2008), determinando spesso

rilevanti danni ambientali ed economici (Crozier, 2005; Glade et al., 2005; Gullà et al., 2009). Le condizioni richiamate si riscontrano in numerose aree del territorio dell'Italia (Clarizia et al., 1996) e, in particolare, risulta significativamente interessato il territorio della Calabria (Antronico e Gullà, 2000; Antronico et al., 2004; Gullà et al., 2004; Gullà et al., 2008; Gullà et al., 2009; Cascini et al., 2015).

Quanto evidenziato ha suggerito l'avvio di una ricerca interdisciplinare per tipizzare a diverse scale di dettaglio i fenomeni e gli eventi di frane superficiali, assumendo come riferimento il territorio della Calabria (Antronico et al., 1998; Antronico et al., 2002; Gullà et al., 2004a, 2004b; Perri et al., 2014; Gullà et al., 2006; Gullà et al., 2008; Cascini et al., 2015), al fine di individuare metodi per la valutazione della suscettibilità, pericolosità e rischio, per la tipizzazione e modellazione dei processi e per la pianificazione e definizione degli interventi di adattamento, mitigazione e riduzione del rischio.

In particolare, gli eventi di frane superficiali, che si possono verificare in presenza di determinati fattori predisponenti (terreni degradati, inclinazioni dei pendii critiche per le caratteristiche meccaniche dei terreni degradati, frequenti cicli stagionali di saturazione-desaturazione degli strati superficiali di terreno, ecc.), possono indurre condizioni di rischio molto elevato per le reti viarie. Le numerose frane superficiali che generano un evento, interessando aree estese possono, infatti, interferire in maniera rilevante con le reti viarie.

In riferimento allo studio interdisciplinare richiamato, nel presente lavoro è illustrata una ricerca in itinere per la definizione di possibili scenari di pericolo/rischio per le reti viarie determinati da eventi di frane superficiali.

In particolare, riferendosi all'area di studio della Stretta di Catanzaro (Calabria) (Figura 1), sono riassunti i lineamenti geomorfologici e geologici, sono illustrati i dati ed il metodo utilizzati per nella prima fase di lavoro.

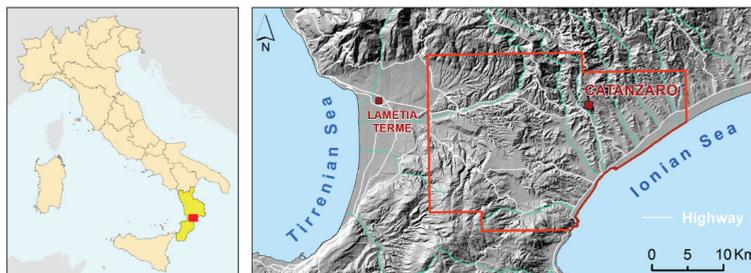


Figura 1 - Localizzazione dell'area di studio.

La discussione dei risultati fornisce utili spunti per le successive fasi della ricerca ed indicazioni preliminari circa possibili scenari di pericolo/rischio nell'area considerata, confermando nelle conclusioni l'importanza dell'argomento proposto.

Lineamenti geomorfologici e geologici dell'area di studio

L'area di studio ricade nel contesto morfologico del bacino di Catanzaro (comunemente definito Stretta di Catanzaro) e ricopre un'area di circa 700 km² (Figura 1). Essa è bordata a nord dal massiccio della Sila, a sud da quello delle Serre, ad est ed ad ovest dal mar Ionio e dal mar Tirreno. L'elevazione topografica ha un valore medio di 260 m s.l.m., con un valore massimo di 1023 m s.l.m. I valori di acclività dei versanti, desunti da un modello digitale del terreno (DTM con cella 5x5), sono compresi tra 0° e 88°, mentre il valore medio è di circa 14°.

Dal punto di vista geologico-strutturale, la Stretta di Catanzaro è una depressione tettonica tipo "graben" (Borrelli et al., 2015) bordata da faglie trascorrenti sinistre riattivate in normali, con direzione media N 120°. Il graben, interposto tra due horst costituiti da unità cristallino-

metamorfiche paleozoiche, è colmato da depositi plio-quadernari (Pliocene inferiore-Pleistocene medio) che formano una successione stratigrafica di circa 200 m, costituita prevalentemente da sedimenti argillosi alla base e sabbioso-arenacei al tetto (Perri et al., 2014; Longhitano et al., 2015); questa successione è troncata superiormente da depositi quadernari terrazzati di origine prevalentemente marina e / o da superfici di esposizione moderna.

Sui margini del bacino, i sedimenti plio-quadernari ricoprono in discordanza i sedimenti terrigeni del Miocene superiore (rappresentati da conglomerati a ciottoli di rocce cristalline, calcareniti bioclastiche, ed argille sabbioso-siltose con lenti di gesso) e, localmente, il basamento cristallino paleozoico (Borrelli et al., 2015).

A causa della complessa distribuzione delle principali unità stratigrafiche e tettono-stratigrafiche, e considerando le finalità della nota, si è ritenuto opportuno raggruppare e descrivere le rocce affioranti in termini di unità litologiche (LU) in funzione delle loro caratteristiche composizionali e fisico-meccaniche. Pertanto, sulla base dei dati geologici disponibili (CASMEZ, 1967), le litologie affioranti sono state raggruppate come segue: rocce intrusive e metamorfiche (LU-MR); rocce prevalentemente calcaree (LU-CR); rocce prevalentemente evaporitiche (LU-ER); alternanza di rocce prevalentemente arenitico-pelitiche (LU-AP); rocce ruditiche (breccie e conglomerati), da cementate a poco cementate (LU-RR); rocce arenitiche prevalentemente ben cementate (arenarie, ecc.) (LU-AR); rocce prevalentemente sciolte o leggermente cementate rappresentate da sabbie e sabbie con subordinati livelli conglomeratici (LU-SC); rocce sciolte prevalentemente marnose e argillose, localmente contenenti piccole quantità di sabbie (LU-MC); ghiaie sabbiose prevalentemente sciolte e conglomerati poco cementati con matrice sabbiosa (LU-GC); ghiaie e sabbie sciolte di depositi alluvionali, e sabbie limose di depositi colluviali (LU-AC).

Materiali e metodo

Per sviluppare la ricerca trattata nel presente lavoro sono stati utilizzati i dati estratti della carta predisposta da Borrelli et al. (2015) per le frane superficiali innescate da eventi di pioggia verificatisi nel periodo 2008-2010 nella Stretta di Catanzaro (Calabria), Figura 2.

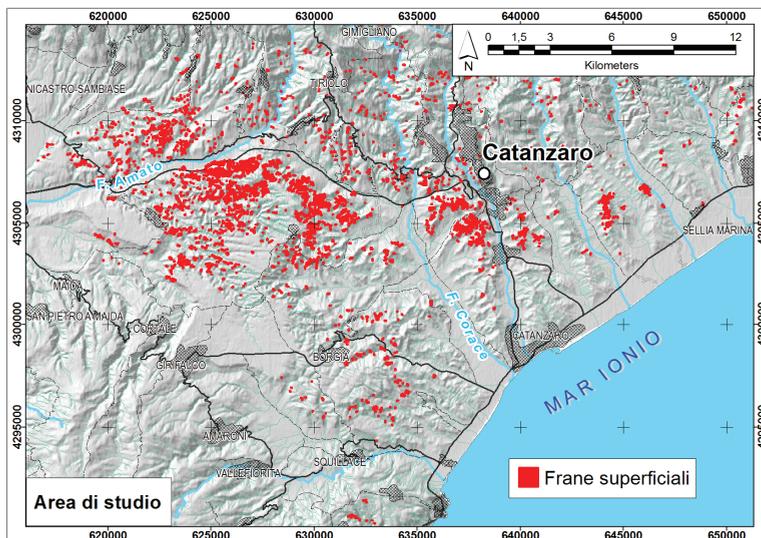


Figura 2 - Carta delle frane superficiali innescate da eventi di pioggia verificatisi nel periodo 2008-2010 (da Borrelli et al., 2015 modificata).

In particolare, sono stati estratti dalla carta, relativa ad un'area di circa 692 Km², i dati relativi alle frane superficiali (*SLs*) (3151 fenomeni con un'area di 2.82 Km²), e sono state considerate solo le frane superficiali che interessano le unità litologiche *LU-SC* (1017 fenomeni, circa il 26% del totale) e *LU-MC* (1178 fenomeni, circa il 54% del totale). In particolare, sono state dunque considerate 2195 frane superficiali, per 2008 delle quali (942 in *LU-SC* e 1066 *LU-MC*) sono state identificate le aree sorgenti (*SA*) e solo per 28 le aree di transito (*TA*) (23 in *LU-SC* e 5 *LU-MC*).

Per elaborare le informazioni relative alle 2195 frane superficiali considerate è stato utilizzato il DTM ottenuto dalla Carta Tecnica Regionale della Calabria con celle 5x5 m. L'area di studio assunta come riferimento risulta costituita da 27.321.279 celle; le celle che contengono le litologie considerate sono in totale 9.545.650, 3.502.043 per la litologia *LU-SC* e 6.043.607 per la litologia *LU-MC*.

Per la prima fase di lavoro è stato utilizzato un metodo volutamente molto semplice, al fine di ottenere un primo scenario di confronto, cautelativo, rispetto ad altri possibili scenari di pericolo/rischio che si intende definire con metodi opportunamente adattati alla scala di analisi assunta (Gullà et al., 2008; Cascini et al., 2015).

In particolare si procede secondo il percorso di seguito riportato:

- 1) estrazione dei poligoni relativi ai fenomeni identificati come frane superficiali (*SLs*) e selezione di quelli che ricadono nelle litologie considerate (*LU-SC* e *LU-MC*);
- 2) individuazione delle *SLs* per le quali sono identificate le aree sorgenti (*SA*), le aree di transito (*TA*) e di deposito (*LA*), nonché di quelle identificate indistintamente (*IA*);
- 3) intersezione dei poligoni considerati con il DTM 5x5 m, identificazione delle celle instabili per frane superficiali (*cI*, celle che contengono porzioni dei poligoni che rappresentano le *SLs*) e loro classificazione in celle instabili per area sorgente (*cI_SA*), per area di transito (*cI_TA*), per area di deposito (*cI_LA*), da fenomeno indifferenziato (*cI_IA*);
- 4) trasferimento delle informazioni relative alle *SLs* nelle *cI* (litologia, inclinazione, quota);
- 5) individuazione delle celle instabili in cui ricadono tratti delle reti viarie (*cR_tRV*);
- 6) individuazione per le *cI* degli elementi predisponenti assunti nella prima fase (inclinazioni e quote) e loro distribuzioni nei gruppi classificati (*cI_SA*, *cI_TA*, *cI_LA*, *cI_IA*);
- 7) individuazione delle celle con tratti del reticolo di Horton (*cRH*) di ordine 2, 3 e 4 (compatibili con i valori di riferimento delle massime lunghezze rilevate per le frane superficiali, nelle litologie *LU-SC* e *LU-MC*), analisi ed individuazione della larghezza/lunghezza massime dei poligoni delle aree di transito e deposito delle frane superficiali;
- 8) analisi delle distribuzioni relative alle *cI* e della letteratura per la scelta dei valori (inclinazioni e quote) da assumere nella selezione preliminare delle celle potenzialmente instabili per frane superficiali (*cPIp*) nelle litologie considerate;
- 9) definizione delle *cPI* con l'unione delle *cPIp* e delle *cRH*, dove queste siano contigue;
- 10) individuazione del potenziale scenario di pericolo per frane superficiali (*PSP_shal*), definito dall'insieme delle *cPI*;
- 11) individuazione delle *cPI* in cui ricadono tratti delle reti viarie (strade statali, provinciali e comunali) presenti nelle aree selezionate (*cPR_tRV*) e individuazione del conseguente potenziale scenario di rischio per le reti viarie (*PSR_shal_tRV*).

Risultati

L'intersezione dei poligoni relativi alle *SLs* nelle aree dove sono presenti le *LU-SC* e *LU-MC*, individua complessivamente 144.402 *cI*: 46.835 nella *LU-SC*, 97.567 nella *LU-MC*. La classificazione delle *cI* sulla base del tipo di poligono (*SA*, *TA*, *LA*, *IA*) individua: 25.745 *cI_SA*, 882 *cI_TA*, 55.877 *cI_LA*, 61.898 *cI_IA*.

L'intersezione delle *cI* con le reti viarie (strade statali, provinciali e comunali) individua complessivamente 1.929 celle con tratti delle reti viarie interessate da frane superficiali (*cI_tRV*): 856 nella *LU-SC*, 1.073 nella *LU-MC*.

L'elaborazione dei valori delle inclinazioni e delle quote rilevati nelle *cI* fornisce le relative distribuzioni nei gruppi classificati (*cI_SA*, *cI_TA*, *cI_LA*, *cI_AI*) e per le unità litologiche *LU-SC* e *LU-MC*. Nella Figura 3, a titolo esemplificativo, sono mostrate le distribuzioni del gruppo *cI_SA*, di maggiore rilievo per le scelte da effettuare.

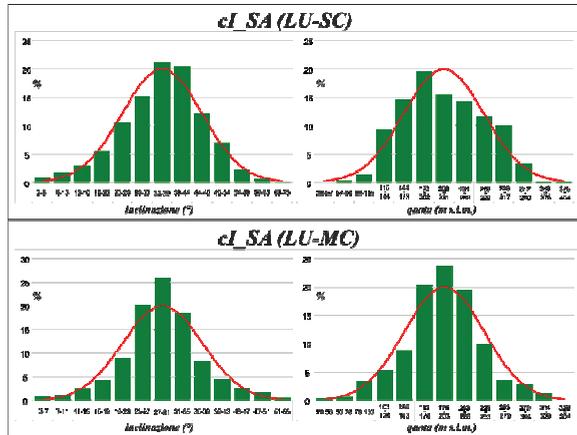


Figura 3 - Distribuzione di frequenza delle inclinazioni e delle quote nelle *LU-SC* e *LU-MC* per le celle instabili relative alle aree sorgenti.

L'analisi delle distribuzioni ottenute, con riferimento a quanto riportato nella letteratura (Clarizia et al., 1996; Antronico et al., 2004; Gullà et al., 2004a, 2006, 2008; 2009), porta ad assumere che in prima istanza le *cPIp* siano ragionevolmente identificabili con i valori di inclinazione e quota seguito riportati: nella *LU-SC* inclinazioni maggiori di 28° e minori o uguali di 54° , quote maggiori di 150 m s.l.m.; nella *LU-MC* inclinazioni maggiori di 23° e minori o uguali di 39° , quote maggiori di 120 m s.l.m. Le *cPIp* così individuate sono pari a 760.086 nelle *LU-SC* ed a 605.608 nelle *LU-MC*, per un totale di 1.365.694.

Le celle in cui ricadono i tratti del reticolo di Horton, in totale 1.656.047 *cRH* (705.979 nelle *LU-SC* e 950.068 nelle *LU-MC*), unite con le *cPIp* ad esse contigue, individuano infine le celle potenzialmente instabili *cPI*, di cui 1.269.018 nella *LU-SC* e 1.409.298 nella *LU-MC* (totale 2.678.316). La Figura 4 mostra il potenziale scenario di pericolo per frane superficiali (*PSP_shal*), definito dall'insieme delle *cPI*, con un'area di 67 km²: 32 km² nella *LU-SC*, pari al 36 % dell'area totale (circa 87 km²); 35 km² nella *LU-MC*, pari al 23 % dell'area totale (circa 151 km²).

Le *cPI* che contengono tratti delle reti viarie (*cPR_tRV*) sono in totale 59.725, di cui 26.972 nelle *LU-SC* e 32.753 nelle *LU-MC*. Il potenziale scenario di rischio per le reti viarie (*PSR_shal_tRV*) è mostrato nella Figura 5.

Discussione e conclusioni

L'esame dei risultati conseguiti mostra che le reti viarie presenti nell'area di interesse, anche in presenza di eventi di frane superficiali caratterizzati da numerosi fenomeni di frana, sono coinvolte in maniera relativamente contenuta: circa 2 km di strade ricadenti in *cR_tRV* per la *LU-SC* (su uno sviluppo totale di circa 450 km), circa 3 km di strade ricadenti in *cR_tRV* per la *LU-MC* (su uno sviluppo totale di circa 700 km). Quanto evidenziato sembra indicare che i tracciati delle reti viarie presenti nell'area di interesse nelle litologie considerate, in particolare quelle delle strade statali e provinciali, siano sufficientemente sicuri rispetto agli effetti dannosi prodotti da eventi di frane superficiali. Considerando invece il potenziale scenario di rischio per le reti viarie (*PSR_shal_tRV*) possiamo rilevare un incremento significativo del numero delle celle con tratti di reti viarie potenzialmente a rischio: circa 107 km di strade ricadenti in *cR_tRV* per la *LU-SC* (su uno sviluppo

totale di circa 450 km), circa 129 km di strade ricadenti in *cR_tRV* per la *LU-MC* (su uno sviluppo totale di circa 700 km).

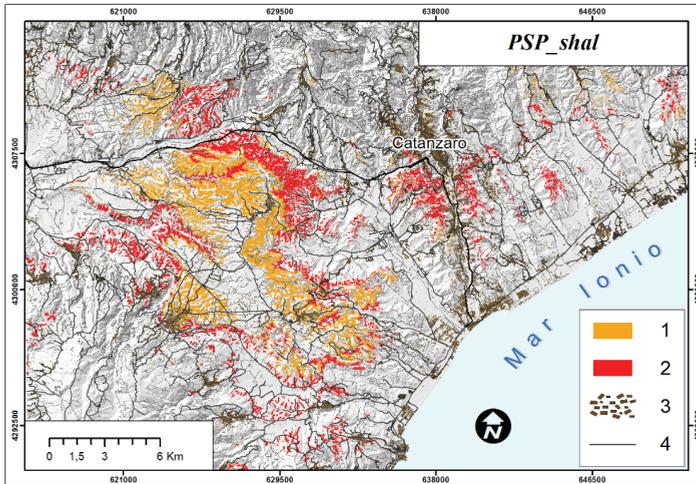


Figura 4 - Potenziale scenario di pericolo per eventi di frane superficiali (*PSP_shal*): 1) *cPI* nella *LU-SC*; 2) *cPI* nella *LU-MC*; 3) edificato; 4) reti viarie.

Quanto evidenziato indica che i tracciati delle reti viarie presenti nell'area di interesse, in particolare quelle delle strade comunali e provinciali, si sviluppano in un territorio potenzialmente molto suscettibile a fenomeni di frana superficiale e quindi suggerisce l'opportunità di considerare con estrema attenzione l'eventuale necessità di potenziamento delle stesse.

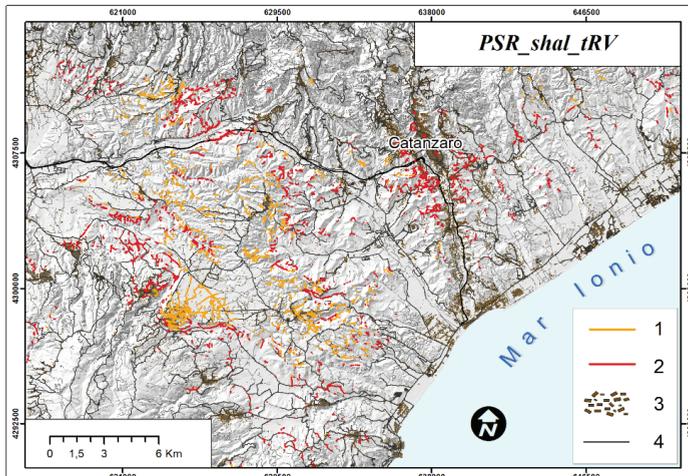


Figura 5 - Potenziale scenario di rischio per eventi di frane superficiali (*PSR_shal_tRV*): 1) *cPR_tRV* nella *LU-SC*; 2) *cPR_tRV* nella *LU-MC*; 3) edificato; 4) reti viarie.

Il potenziale scenario di pericolo per eventi di frane superficiali definito in questa fase di lavoro (Fig. 4), per il metodo utilizzato e per le sue finalità, risulta cautelativo e sicuramente da affinare. Tuttavia, già nella configurazione proposta, un suo utilizzo ponderato può fornire un supporto efficace alla gestione di eventuali emergenze, in corso di evento e nella fase post-evento, nonché

per la pianificazione degli eventuali necessari potenziamenti delle reti viarie prima richiamati (Gullà, 2013).

L'estensione dell'area selezionata come potenzialmente suscettibile a fenomeni di frana superficiale nello *PSP_shal* (67 km²), rispetto all'area interessata da *SLs* nell'evento del 2008-2010 (2.8 km²), suggerisce l'opportunità di affinare il metodo nella successiva fase di lavoro della ricerca in itinere. L'esame della distribuzione delle *cPI*, mostrato nella Figura 4, consente di indirizzare, nel contesto di specifico interesse, le modalità di scelta degli elementi utilizzati ed utilizzabili per migliorare la definizione di possibili scenari di pericolo/rischio per frane superficiali, per esempio attraverso l'attribuzione di pesi: alle classi di inclinazione e di quota delle *cI*; alla diversa collocazione delle *cI* rispetto al profilo di curvatura dei versanti (versanti concavi, convessi, piani); alla collocazione delle *cI* rispetto all'esposizione dei versanti.

Ringraziamenti

La presente nota concorre alle attività di ricerca della Commessa TA.P05.012 "Tipizzazione di eventi naturali ed antropici ad elevato impatto sociale ed economico" del Consiglio Nazionale delle Ricerche- Dipartimento Scienze del sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente.

Bibliografia

- Antronico L., Gullà G., Borrelli L. (2004), "Shallow instabilities for sliding flow: regional influence and area affects", *Proc. of the 9th International Symposium on Landslides*, 1381-1387
- Antronico L., Gullà G. (2000), "Slopes affected by soil slips: validation of an evolutive model", *Proc. of the 8th International Symposium on Landslides – LANDSLIDE in research, theory and practice*, 77-84
- Antronico L., Gullà G., Oddo B. (1998), "A methodological approach to characterized soils slips: Preliminary results", *Proc. 8th International Congress IAEG*, 1577-1584
- Antronico L., Gullà G., Terranova O. (2002), "L'evento pluviometrico dell'8-10 settembre 2000 nella Calabria Ionica Meridionale: dissesti sui versanti e processi in alveo", *Atti della XIX Giornata dell'Ambiente, Convegno "Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive"*, Accademia Nazionale dei Lincei, 67-79
- Benda L.E., Cundy T.W. (1990), "Predicting deposition of debris flows in mountain channels", *Canadian Geotechnical Journal*, 27, 409-417
- Borrelli L., Cofone G., Coscarelli R., Gullà G. (2015), "Shallow landslides triggered by consecutive rainfall events at Catanzaro strait (Calabria-Southern Italy)", *Journal of Maps*, 11, 730-744.
- Cascini L., Ciurleo M., Di Nocera S., Gullà G. (2015), "A new-old approach for shallow landslide analysis and susceptibility zoning in fine-grained weathered soils of southern Italy", *Geomorphology*, 241: 371-381
- CASMEZ (1967), "Carta geologica della Calabria 1:25.000", Poligrafica e Carte valori, Ercolano-Napoli
- Clarizia M., Gullà G., Sorbino G. (1996), "Sui meccanismi di innesco dei soil slip", *Atti del Convegno Internazionale "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica" ALBA 96*, 585-597
- Crozier M.J. (2005), "Multiple-occurrence regional landslide events in New Zealand: Hazard management issues", *Landslides*, 2, 247-256
- Glade T., Anderson M., Crozier M.J. (2005), "Landslide Hazard and Risk", John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK
- Gullà G. (2013), "Instabilità dei versanti e frane: dall'emergenza alla prevenzione", *Atti della Giornata di Studio: L'acqua in Calabria: risorsa o problema? - In: Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, SCRITTI E DOCUMENTI XLVII*, a cura di Francesco Dramis, Annibale Mottana, ARACNE Editrice s.r.l., 73-99
- Gullà G., Aceto L., Niceforo D. (2004), "Geotechnical characterisation of fine-grained soils affected by soil slips", *Proc. of the 9th International Symposium on Landslides*, 663-668

- Gullà G., Antronico L., Borrelli L., Caloiero T., Coscarelli R., Iovine G., Nicoletti P.G., Pasqua A.A., Petrucci O., Terranova O. (2009), “Indicazioni conoscitive e metodologiche connesse all’evento di dissesto idrogeologico dell’autunno-inverno 2008-2009 in Calabria”, *Geologi Calabria (Rivista dell’Ordine dei Geologi della Calabria)*, Anno 10, N. 1: 4-21
- Gullà G., Antronico L., Iaquina P., Terranova O. (2008), “Susceptibility and triggering scenarios at a regional scale for shallow landslides”, *Geomorphology*, 99: 39-58
- Gullà G., Mandaglio M.C., Moraci N. (2006), “Effect of weathering on the compressibility and shear strength of a natural clay”, *Canadian Geotechnical Journal*, Volume 43, Number 6: 618-625
- Gullà G., Mandaglio M.C., Moraci N., Sorriso-Valvo M. (2004a), “Definizione degli elementi generali di dei modelli geotecnici per l’analisi delle instabilità superficiali per scorrimento-colata in Calabria jonica”, *Atti del XXII Convegno Nazionale di Geotecnica*, 127-134
- Gullà G., Niceforo D., G. Ferraina, Aceto L., Antronico L. (2004b), “Monitoring station of soil slips in a representative area of Calabria (Italy)”, *Proc. of the 9th International Symposium on Landslides*, 591-596
- Kirkby M.J. (1987), “General models of long-term slope evolution through mass movement”, In: Anderson, M.G., Richards, K.S. (Eds.), *Slope Stability*. John Wiley and Sons Ltd, Chicester, UK, pp. 359–379
- Longhitano, S. G., Chiarella, D., & Muto, F. (2015), “Tree-dimensional to two-dimensional cross strata transition in the lower Pleistocene Catanzaro tidal strait transgressive succession (southern Italy)”, *Sedimentology*, 61, 2136-2171
- Perri F., Borrelli L., Gullà G., Critelli S. (2014), “Chemical and mineralogical features of Plio-Pleistocene fine-grained sediments in Calabria, southern Italy”, *Italian Journal Geosciences (Ital. J. Geosci. –Boll. Soc. Geol. It.)*, Vol. 133, No. 1: 101-115