

Il rilievo laser come tecnica di monitoraggio per i fenomeni di instabilità dei versanti degli edifici vulcanici: il caso dell'Isola di Stromboli

di M. Marsella, C. Nardinocchi, A. Salvatori, S. Scifoni e A. Sonnessa

La metodologia di rilievo mediante Laser Scanner Aviotrasportato (ALS) per la ricostruzione dettagliata della morfologia consente l'acquisizione di dati tridimensionali di alta precisione da utilizzare per il monitoraggio di fenomeni franosi in evoluzione.

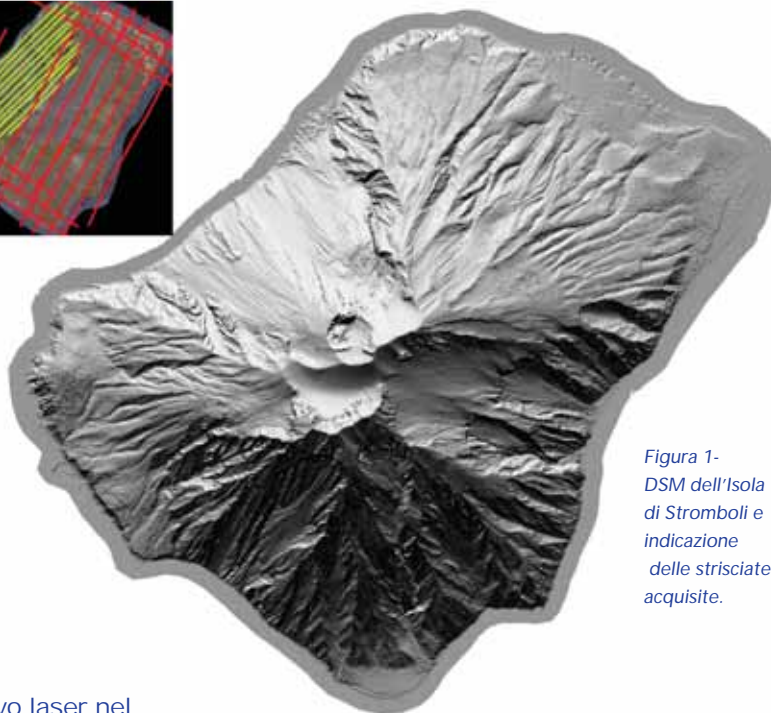
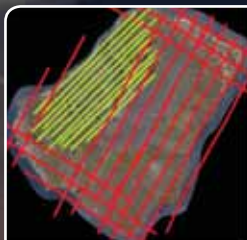


Figura 1- DSM dell'Isola di Stromboli e indicazione delle strisciate acquisite.

I modelli digitali della superficie (Digital Surface Model – DSM) generati a partire dai dati ALS costituiscono la base per l'esecuzione di analisi multi temporali utili alla valutazione, alla definizione dei fenomeni di dissesto e alla caratterizzazione dei relativi cinematismi.

In aree vulcaniche le potenzialità della metodologia risultano essere notevoli per i numerosi vantaggi che questa tecnica presenta rispetto ai sistemi di rilevamento tradizionale: tra i quali la possibilità di acquisire dati a distanza e la velocità di acquisizione notevolmente maggiore (alcune migliaia di punti al secondo). Fattori limitanti sono la presenza di vegetazione fitta e di pareti sub verticali che richiedono l'integrazione con rilievi da terra e/o di rilievo aerofotogrammetrici.

Di seguito vengono presentati alcuni risultati ottenuti dall'elaborazione e analisi di dati acquisiti con un laser scanner a forma d'onda completa, durante un volo effettuato nel 2009 sull'Isola di Stromboli a confronto con dati analoghi relativi al 2006.

Il rilievo laser nel monitoraggio dei vulcani

I fenomeni di instabilità fanno parte dell'evoluzione degli stratovulcani o vulcani compositi, formati cioè dalla sovrapposizione di colate laviche mediamente viscosi e piroclastiti. Tali fenomeni sono caratterizzati da una scala volumetrica estremamente ampia anche nell'ambito di uno stesso edificio vulcanico (McGuire, 2003): si passa da frane frequenti, di poche migliaia di metri cubi, ad eventi di frana più rari di alcuni milioni di metri cubi, fino ad arrivare a eventi, denominati collassi di settore o collassi laterali, che coinvolgono centinaia di milioni di m^3 , come lo spettacolare collasso laterale che nel 1980 distrusse un fianco del Mt. S. Elens (Voight et al., 1983).

I fenomeni d'instabilità dei fianchi e degli edifici vulcanici sono molto diffusi e gli effetti da essi prodotti possono essere disastrosi per le popolazioni, le infrastrutture ed il patrimonio edilizio. Con

riferimento ai vulcani situati in aree costiere, un ulteriore fattore di rischio è costituito dalla possibilità del generarsi di onde di maremoto. In Italia si ricordano due casi recenti: Isola di Vulcano, 1988, dove l'evento di frana ha mobilitato circa $200.000 m^3$ di materiale, e Stromboli nel 2002, quando assieme al parossismo si è verificato un collasso calderico che ha interessato circa $30.000.000 m^3$ di materiale del versante subaereo e sottomarino (Baldi et al., 2008).

La comprensione di tali meccanismi rappresenta quindi un nodo fondamentale sia nelle analisi di rischio che nelle decisioni in materia di protezione civile. L'utilizzo del laser scanner permette di ricostruire in maniera dettagliata la morfologia dei pendii e di utilizzarla come base per l'individuazione dei principali fenomeni di instabilità a piccola e grande scala e per la messa a punto di interventi di mitigazione.

Analisi della forma d'onda	Conversione degli impulsi multipli registrati in nuvola di punti non georeferenziata.
Pre-classificazione	Sommara classificazione tra punti terreno e non
Georeferenziazione	Applicazione dei parametri di posizionamento e assetto ottenuti da GPS/IMU
Taglio e fusione delle strisciate	Riduzione e integrazione delle strisciate
Test di copertura	Valutazione della densità dei punti terreno
Test di precisione	Confronto su punti GPS e dati cartografici di adeguata accuratezza
Classificazione punti	Distinzione punti non terreno in edificato, vegetazione, altro...
Generazione DTM	Interpretazione dati terreno per ottenere un grid con passo 1m
Generazione DSM	Interpretazione dati terreno per ottenere un grid utilizzando punti di prima riflessione.

Tabella 1 - Schema elaborazione dati.

Il Dataset 2009: acquisizione ed elaborazione dei dati

I dati utilizzati sono stati acquisiti con un laser a forma d'onda completa RIEGL LMS-Q560. Il sensore effettua l'analisi della forma d'onda completa di un numero illimitato di echi provenienti dai bersagli illuminati, permettendo quindi la classificazione di più target; è caratterizzato da un'elevata frequenza di ripetizione dell'impulso laser (fino a 240 kHz) e permette di acquisire fino a 160000 misure/s, con una precisione dell'ordine di 10-20 mm. L'angolo di apertura del fascio arriva ad un massimo di 60° mentre la divergenza del raggio è pari a 0.5

mrad. Il fascio laser è inviato a terra nelle frequenze dell'infrarosso vicino e gli echi di ritorno sono raccolti e campionati a 16 bit. La georeferenziazione dei dati raccolti è ottenuta tramite un'antenna GPS a doppia frequenza, e un sistema di navigazione inerziale IMU-IId (Inertial Measure Unit).

Il rilievo di Stromboli è stato realizzato eseguendo strisciate con sovrapposizione laterale del 60% sull'intera isola (quota 800 m densità di 2.8 pt/mq) e del 70% sulla Sciara del Fuoco (quota 400 m densità di 7 pt/mq) (Figura 1).

In tabella 1 viene mostrato lo schema di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Analisi dei dati laser sull'Isola di Stromboli

L'Isola di Stromboli è interessata da fenomeni di instabilità delle pendici del vulcano, sia a causa della sua composizione geologica, cioè un'alternanza tra banchi di materiali duri e teneri che ne favoriscono il distacco, che per la presenza di fattori innescanti, quali lo scuotimento indotto dall'attività vulcanica, l'erosione al piede esercitata dalle correnti marine e fenomeni di fatica statica dovuta alle pendenze.

Dall'analisi effettuata mediante confronto tra DSM acquisiti nel 2006 e 2009 è stato possibile evidenziare la presenza di differenti tipologie di dissesti che interessano l'Isola di Stromboli e il versante della Sciara del Fuoco, nella quale si riversano la maggior parte dei prodotti dell'attività esplosiva ed effusiva. In quest'area sono state individuate 4 zone di dissesto (Q2, Q6, Q7, Q8 in figura 2). In tabella 2 sono riportati i volumi erosi e accumulati di alcune aree analizzate.

La frana Q7 si è sviluppata in un'area instabile dove è ancora in atto lo smantellamento della colata che ha interessato il versante nel 2002. La sua attivazione è da attribuirsi a fenomeni di erosione causati dal moto ondoso. Analoghi meccanismi di erosione al piede sono stati riscontrati per la frana Q6. In questo caso il fenomeno è di tipo retrogressivo, in quanto mostra un'evoluzione tra il 2004 e il 2009. Questi fenomeni risultano più rilevanti per la stabilità della Sciara perché possono gradualmente coinvolgere volumi crescenti di materiale.

Fenomeni di erosione si osservano anche in altre zone dell'isola, in particolare sulla fascia costiera (Q1, Q3, Q4 figura 2). In Figura 2 è mostrato il dettaglio della zona Q1 dove si evidenzia la frana che ha interessato la parte di costa sottostante. L'analisi dell'ortofoto ad alta risoluzione indica la presenza di crolli avvenuti per scivolamento/ribaltamento di blocchi o porzioni fratturate della falesia. Lo stesso meccanismo riscontrato nella frana Q1 è alla base della frana Q4.

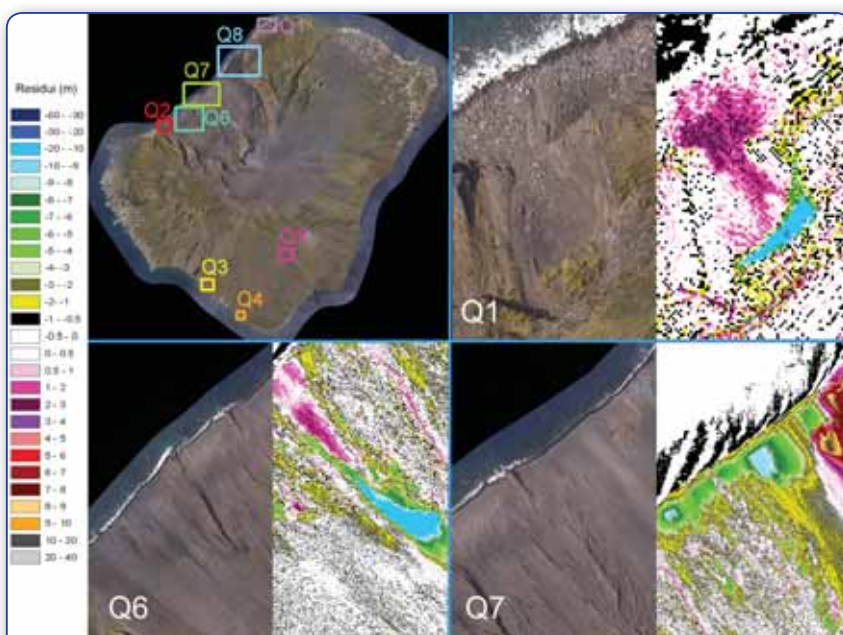


Figura 2- In alto a sinistra : ortofoto Isola di Stromboli - 2009 con indicazione delle frane individuate. In dettaglio: ortofoto e stralcio della mappa dei residui relativi alle frane Q7 e Q6 (Sciara del Fuoco) e Q1 (zona costiera).

VOLUMI EROSI (m3)	ACCUMULATI	
Q1	3430	1925
Q2	983	315
Q4	558	481
Q5	1586	571
Q6	68216	5829
Q7	178795	5381

Tabella2 - Volumi erosi e accumulati di alcune zone interessate da dissesti.

Le frane Q2, Q3 e Q5 sono relative a fenomeni di piccola entità dovuti principalmente alla forte pendenza e all'azione erosiva degli agenti atmosferici.

Utilizzando i dati di intensità forniti dalle misure effettuate nel 2009 è stata effettuata una classificazione della copertura del terreno. Le classi individuate sono principalmente cinque, corrispondenti a valori di intensità media riportati in tab.3. Tale classificazione deriva da un'analisi generale della mappa dell'intensità dell'isola, e da uno studio di maggiore dettaglio effettuato utilizzando maschere di analisi per delimitare i perimetri sia di strutture antropiche (edifici, strade) che elementi naturali (colate laviche, aree vegetate).

In figura 3 e figura 4 sono riportate a titolo di esempio le classificazioni in base al valore dell'intensità di lave recenti ed edifici.

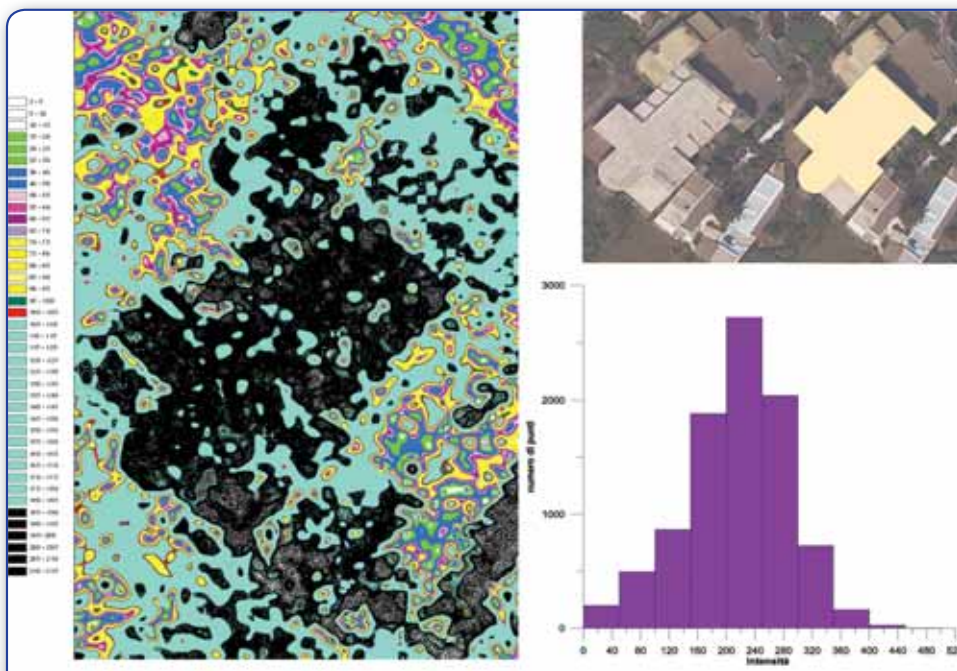


Figure 3 e 4-Classificazione in base al valore dell'intensità di lave recenti ed edifici e relativi istogrammi.2011,

CLASSI MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD	
Edifici	210	70
Lava recente	30	7
Roccia fumarollizzata	60	30
Vegetazione alta	70	37
Sabbioni	45	15

Tabella 3 - Classificazione degli oggetti effettuata utilizzando il parametro dell'intensità, integrata con l'impiego di Ortofoto ad alta risoluzione.

Conclusioni

L'analisi multi temporale condotta utilizzando DSM ad alta risoluzione ottenuti da laser scanner aereo ha evidenziato la presenza di differenti fenomeni franosi che interessano sia il versante della Sciarra del Fuoco che altre zone dell'Isola di Stromboli, in particolare le aree costiere. I risultati ottenuti evidenziano che, sebbene i volumi coinvolti siano di modesta entità, la collocazione di alcune frane in vicinanza delle aree costiere, rende necessaria un'accurata analisi del rischio per la valutazione di azioni di mitigazione mediante messa in sicurezza utilizzando appositi interventi e/o l'interdizione alla balneazione e al diporto. Gli episodi che hanno interessato l'isola di Ventotene mostrano infatti come il rischio connesso a possibili eventi di frana in area costiera venga troppo spesso sottovalutato, con conseguenze a volte tragiche in termini di vite umane.

Il parametro di intensità associato al dato ha inoltre permesso di effettuare una classificazione del terreno, permettendo di distinguere le zone edificate da quelle naturali; l'integrazione con ortofoto ad alta risoluzione, ha permesso di stimare in maniera automatica il numero di edifici presenti nell'area esposta a rischio, e di conseguenza fornire un parametro per valutare il numero di persone coinvolte in un evento critico (tsunami, eruzione vulcanica). Tali informazioni, incrociate con i risultati delle simulazioni effettuate tramite software di propagazione dell'onda anomala e di ricaduta dei prodotti piroclastici, permettono di implementare validi strumenti per la valutazione e la mitigazione del rischio connesso all'attività vulcanica e ai fenomeni ad essa collegati.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dipartimento della Protezione Civile, ed in particolare la dott.ssa Chiara Cardaci (Servizio Rischio Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile), per avere promosso e consentito lo svolgimento delle attività di rilievo e monitoraggio, per la collaborazione ed il supporto alle attività di coordinamento

Si ringrazia la Geocart s.r.l. e il l'Ing Anibale Guariglia per il coordinamento e l'esecuzione delle attività di rilievo

Abstract

The laser survey technique for monitoring the instability of volcanoes: the case of Stromboli

In volcanic areas the flank instability represents an additional hazard for the surrounding inhabited areas. Landslides, ranging from small to large size, can easily develop both due to the weakness of the volcanic superficial layers and to the destabilizing effects from deformation and seismicity related to the volcanic activity. These phenomena are particularly dangerous along the coast line of volcanic islands because they cannot easily be detected in a safe way. The use of remote sensing data represent a useful contribution to the risk assessment and hazard evaluation. Multi-temporal analyses based on the 2006 and 2009 Digital Surface Models (DSMs), generated from an Airborne Laser scanner on the Stromboli Island permitted to detect active landslides and to extract additional information useful to hazard assessment and related mitigation actions.

Autori

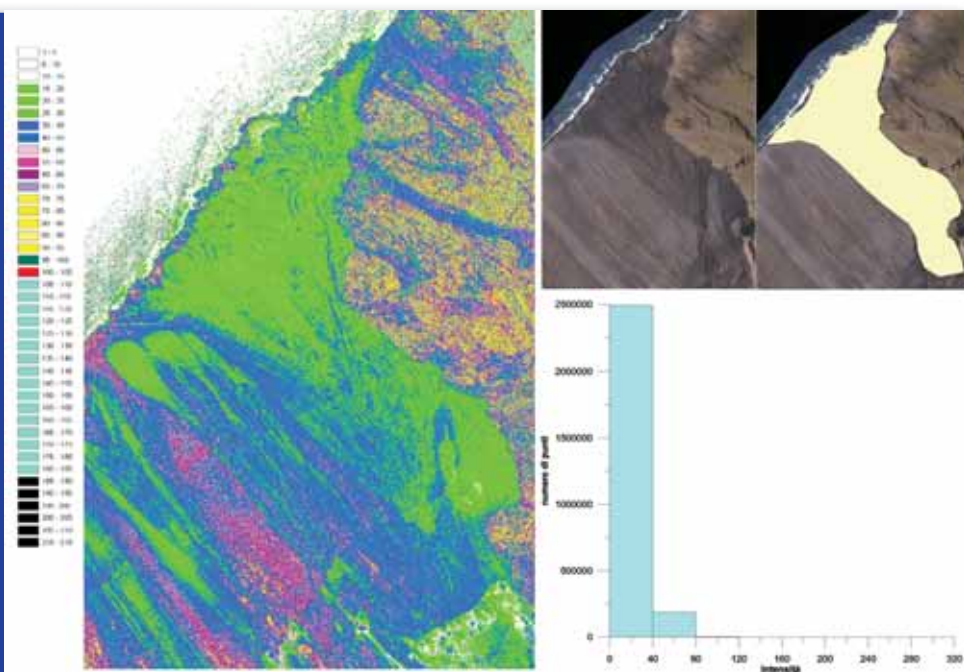
MARIA MARSELLA,
MARIA.MARSELLA@UNIROMA1.IT

CARLA NARDINOCCHI,
CARLA.NARDINOCCHI@UNIROMA1.IT

A. SALVATORI, S. SCIFONI, A. SONNESSA

AREA DI GEODESIA E GEOMATICA –
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE EDILE
ED AMBIENTALE
SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

SURVEY LAB S.R.L.
Via EUDOSSIANA 18
00184 ROMA



10.00-12.00) Dati disponibili presso <http://www.aiub.unibe.ch>.

Bibliografia

- Baldi P., Bosman A., Chiocci F., Marsella M., Romagnoli C., Sonnessa A. Integrated Subaerial – Submarine evolution of the Sciara del Fuoco after the 2002 landslide 2008 AGU monograph, Vol.182, 171-182
- McGuire, W.J. 2003. Volcano instability and lateral collapse. Benefield Greig Hazard Research, Department of Geological Sciences, University College London. Revista. Vol 1 33-45.
- Voight, B., H. Glicken, R. J. Janda, and P. M. Douglas. 1981. Catastrophic rockslide avalanche of May 18. In P. W. Lipman and D. R. Mullineaux, eds. The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington. U.S. Geological Survey Professional Paper 1250, pp. 347-377.



Parole chiave

LASER SCANNER, RILIEVO, MONITORAGGIO, STROMBOLI.



MicroGeo

www.microgeo.it
info@microgeo.it 055 8954766

LASER SCANNER **RIEGL** SERIE **V**: PRESTAZIONI SENZA CONFRONTO PER IL RILIEVO DEL TERRITORIO