

# Rapporti tecnici INGV

Un geodatabase a supporto della  
mappatura *sineruttiva* di colate laviche  
al monte Etna

# 165



## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## **UN GEODATABASE A SUPPORTO DELLA MAPPATURA SINERUTTIVA DI COLATE LAVICHE AL MONTE ETNA**

Emanuela De Beni e Cristina Proietti

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania)

# 165



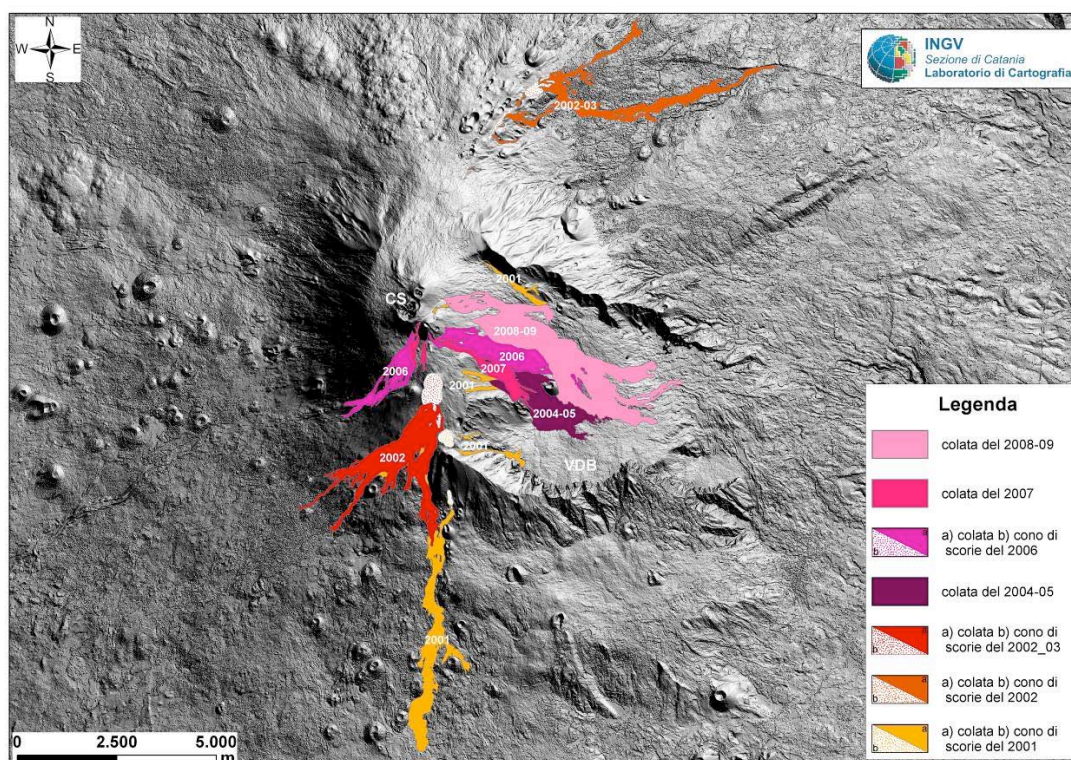
## **Indice**

Introduzione	5
1. Metodologia di mappatura delle colate e struttura del geodatabase	6
1.1 Preparazione del progetto ArcGIS	6
1.2 Mappatura dei flussi lavici, delle fessure e del cono	7
Conclusioni	10
Ringraziamenti	10
Bibliografia	11



## Introduzione

Durante una crisi eruttiva le diverse attività di monitoraggio vulcanologico permettono di definire in tempo reale la dinamica e l'evoluzione dell'eruzione in corso [Calvari et al., 2004 a; Andronico et al., 2005; Burton et al., 2005]. Fra le attività di monitoraggio vulcanologico la mappatura di un campo lavico in formazione è di fondamentale importanza ai fini di una corretta gestione delle crisi eruttive da parte della Protezione Civile e delle autorità locali. A partire dal 2001 il vulcano Etna è stato interessato da numerose eruzioni laterali [Behncke et al., 2005; Allard et al., 2006] che hanno generato colate laviche sviluppatesi principalmente nel medio-alto versante meridionale e settentrionale e in particolar modo nella Valle del Bove (Figura 1). Il laboratorio di cartografia dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania, ha tra i principali compiti quello di realizzare la mappatura di detti eventi effusivi [Andronico et al., 2006].



**Figura 1.** Colate e cono di scorie dell'Etna dal 2001 al 2009 mappate dal laboratorio di cartografia e riportate sullo *shaded relief* dell'Etna realizzato nel 2005 [Gwinner et al., 2006]. CS = crateri sommitali, VDB = Valle del Bove.

Nell'ambito del Programma Triennale di Estensione e Potenziamento dei Sistemi di Monitoraggio Vulcanico e Sismico della Regione Sicilia, il laboratorio di cartografia della Sezione di Catania ha elaborato un protocollo standard da applicare, in caso di eruzione effusiva dell'Etna. Infatti, risultava indispensabile definire una procedura operativa standard, che rendesse rapide ed esaustive la mappatura di colate laviche, la raccolta e la catalogazione dei dati di terreno, per definire i principali parametri vulcanologici dell'evento eruttivo.

Per definire il nuovo geodatabase dell'Etna si è utilizzato il programma *ArcInfo* della ESRI, sistema GIS completo (*Geographic Information System*) per la visualizzazione, l'analisi, l'*editing* e la *geoprocessing*. Tale programma consente inoltre la produzione cartografica, l'aggiornamento, l'interrogazione e l'analisi dei dati [<http://www.esriitalia.it>].

Un *geodatabase* tipo degli eventi effusivi è stato impostato ed inserito in un progetto che contiene i *layers* di poligoni, linee e punti collegati al *database* da compilare e i supporti utili per cartografare una nuova colata lavica, quali ortofoto, *shaded relief* e cartografia.

Il *geodatabase* è il contenitore dei dati e della "logica" che trasforma il prodotto GIS in applicazione specializzata, dotata di tutte le funzioni per l'elaborazione del dato geografico e la sua integrazione con tutti

gli altri tipi di dati quali: alfanumerici, *raster*, 3D o dati provenienti da rilievi topografici e, in questo caso, vulcanologici [<http://www.gisitalia.it>].

Ad ogni evento eruttivo sono associate differenti *feature classes* (insieme di caratteristiche geografiche con la stessa tipologia geometrica, gli stessi attributi e lo stesso riferimento spaziale):

- poligoni (colata\_data; cono\_data)
- linee (fessura eruttiva\_data)
- punti (punti\_data).

Per ogni *feature class* disegnata si deve compilare una tabella descrittiva inserendo il maggior numero di informazioni possibili (data, ora rilievo, lunghezza massima, perimetro, area, spessore medio, volume, tasso effusivo, tasso eruttivo, durata, temperatura, distanza dalle infrastrutture, foto e note).

In questo lavoro viene illustrata la struttura del *geodatabase* e la procedura standard che il laboratorio di cartografia della Sezione di Catania ha definito per gestire un'eruzione effusiva dell'Etna.

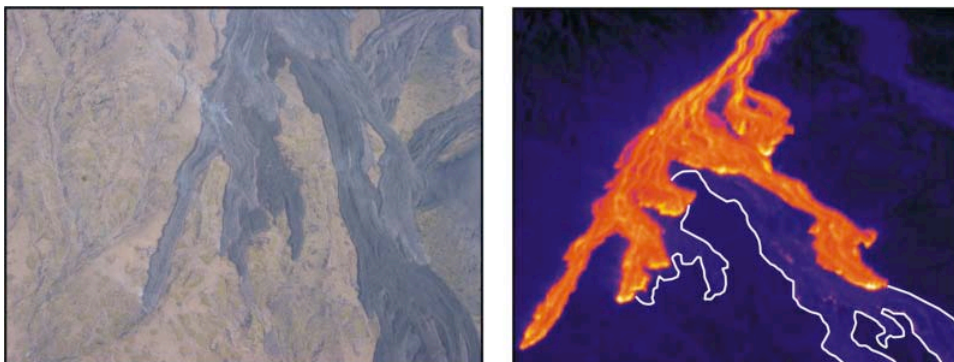
## 1. Metodologia di mappatura delle colate e struttura del geodatabase

### 1.1 Preparazione del progetto ArcGIS

Per poter cartografare in maniera corretta e dettagliata le colate laviche sono necessari i supporti topografici adeguati quali carte topografiche, modelli digitali del terreno, ortofoto e foto da elicottero scattate il più possibile ortogonali alla superficie. Ai fini di rendere più rapida ed efficace la mappatura di un nuovo evento effusivo è stato impostato un progetto *ArcGIS* tipo con unità di misura metriche e sistema di riferimento UTM\_WGS84, fuso 33N. Nel progetto in questione sono già stati caricati tutti i *layer* da compilare oltre alle curve di livello geoidiche (ogni 50 m) e un'ortofoto a colori di tutto il vulcano con risoluzione pari a 10 m. Sono anche disponibili le ortofoto del 2005 ad alta risoluzione (25 cm), sia a colori che in bianco e nero, e i DEM (Digital Elevation Model) a 10 e 1 m di risoluzione. Tutti questi dati sono stati estratti da un sorvolo del 2005 [Gwinner et al., 2006]. Come base topografica si possono caricare sia le tavolette dell'IGM (scala 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000) sia quelle della provincia di Catania (scala 1:10.000). Poiché è spesso necessario caricare contemporaneamente più ortofoto ad alta risoluzione, con conseguente appesantimento del progetto e rallentamento dell'elaborazione, tutte le ortofoto dell'area etnea sono state organizzate in un *raster catalog*. Quest'ultimo, a seconda dello *zoom* a cui si lavora presenta visualizzazioni differenti:

- ingrandimento minimo: viene mostrata una griglia che mostra l'estensione e il numero identificativo di ciascuna ortofoto, inoltre *clickando* con il tasto *info* sul riquadro desiderato viene visualizzata l'immagine corrispondente.
- ingrandimento maggiore (scala  $\leq 1:10.000$ ): l'ortofoto desiderata viene visualizzata direttamente.

Ad inizio eruzione il vulcanologo reperibile compie un sopralluogo per definire l'ubicazione delle fessure, la direzione della colata lavica e dare una stima del tasso eruttivo, informazioni indispensabili alla Protezione Civile per gestire l'emergenza. Il sopralluogo viene spesso coadiuvato da un sorvolo in elicottero. Le immagini da elicottero, acquisite con macchina fotografica e telecamera termica, sono utilizzate per documentare lo scenario eruttivo (Figura 2).



**Figura 2.** Foto (sinistra) e immagine termica (destra) della colata del 2002-2003 dell'Etna, in bianco è delimita una unità di flusso non più attiva [Calvari et al., 2004 b].



Le immagini che vengono georeferenziate ma non ortorettificate presentano errori planimetrici che possono raggiungere centinaia di metri. I tempi di georeferenziazione delle immagini, sia termiche che visibili, sono variabili (generalmente 10 minuti) e dipendono dalla nitidezza e dalla facilità con cui è possibile identificare un numero sufficiente di punti di riferimento (almeno quattro). Il laboratorio di cartografia non dispone ancora di un *software* per l'ortorettifica, per cui le foto da elicottero vengono utilizzate per disegnare il campo lavico individuando sull'immagine aerea la posizione della colata rispetto a punti di riferimento ben riconoscibili, quali coni di scorie, speroni rocciosi, strade e infrastrutture di qualsiasi tipo. Il tempo impiegato per disegnare una nuova colata è variabile (da 15 minuti a circa 1 ora) e dipende dall'estensione e dalla localizzazione del campo lavico. Un campo lavico localizzato in Valle del Bove è più complicato da delimitare per la mancanza di punti di riferimento rispetto ad una colata localizzata vicino a infrastrutture o ad aree con morfologia evidente. Le fotografie termiche, sia riprese da elicottero che direttamente in campagna, sono utili per distinguere i flussi lavici di età differenti e per vedere *tunnel* lavici altrimenti nascosti [Calvari et al., 2004 b].

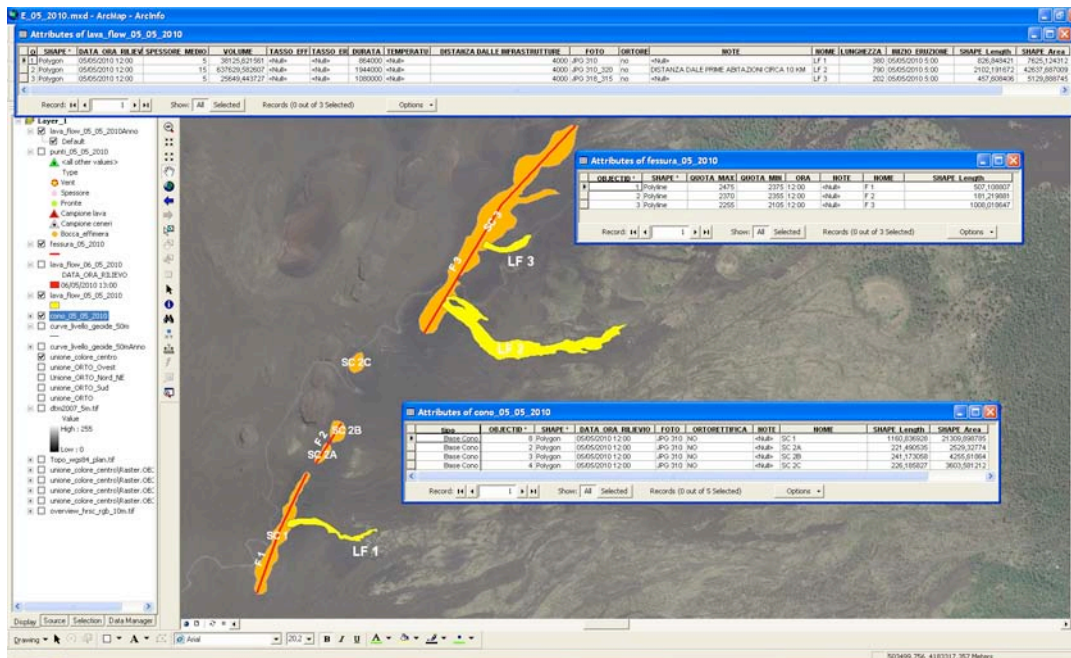
Per poter organizzare tutti i dati e le elaborazioni di un'eruzione è stata creata una cartella strutturata nel modo seguente:

- dati\_eruz in cui andranno inseriti tutti i dati raccolti durante i rilievi: foto\_campagna, foto\_termiche, foto\_elicottero, rilievi\_GPS
- doc\_xls\_pdf in cui andranno salvati i documenti prodotti dal laboratorio
- jpg in cui andranno salvate eventuali immagini, mappe etc. elaborate dal laboratorio
- il *geodatabase* E\_mm\_aaaa.gdb contenente la *feature dataset* eruzione e il progetto ArcGIS E\_mm\_aaaa.mxd.

In caso di eruzione quindi basterà copiare la cartella mm\_aaaa (mese\_anno) e cambiarle il nome inserendo la data corrente, ad esempio 05\_2010 (Figura 3):

## 1.2 Mappatura dei flussi lavici, delle fessure e del cono

Una volta preparato il nuovo progetto, aggiornando tutti i nomi delle *feature classes*, si può iniziare a disegnare la colata (lava\_flow\_05\_05\_2010), il cono di scorie (cono\_05\_05\_2010) e la fessura eruttiva (fessura\_05\_05\_2010) caricando tutti i supporti necessari alla mappatura (Figura 3).



**Figura 3.** Esempio di un ipotetico evento eruttivo che si verifica nel rift di NE, mappato con il software ArcInfo: disegno della colata LF, dei coni di scorie SC e della fessura eruttiva F, sono inoltre visibili la tabella degli attributi associate ad ogni layer: immagine di *background* ortofoto [Gwinner et al., 2006].

Terminato il disegno di ogni layer (Figura 3) è necessario *editare* le informazioni relative alle *feature classes* create, per completare il *geodatabase* dell'eruzione in atto. In particolare, nel campo nome andrà

inserita la sigla: LF=Lava flow, SC= Scoria cone, e F= Fessure seguita dal numero progressivo corrispondente alla sequenza cronologica di messa in posto, nel campo foto andrà inserito il nome delle foto aeree visibili e/o termiche utilizzate per mappare. Nel campo distanza dalle infrastrutture va inserita la distanza in metri dalle prime opere antropiche, nel campo ortorettifica si specifica se è stata effettuata l'ortorettifica delle immagini da elicottero. Nel campo note è possibile inserire qualsiasi informazione aggiuntiva. Le unità di misura sono: area in m<sup>2</sup> (calcolata in automatico dal programma); spessore medio in m, viene misurato sul campo con l'ausilio di due binocoli laser (Leica Reingfinder) in dotazione al laboratorio di cartografia, l'errore di misura dello spessore dipende dalla precisione del binocolo pari a ±3 m; il volume in m<sup>3</sup> viene calcolato da *ArcInfo* come area moltiplicata per spessore medio, l'errore di calcolo del volume è comunque generalmente minore del 30% [Calvari et al., 2002]; durata in secondi; tasso eruttivo in m<sup>3</sup>/s (da calcolare); tasso effusivo in m<sup>3</sup>/s (da inserire se misurato); temperatura in °C (misurata con termocoppia sul campo).

Per quanto riguarda la *feature class* punti è stato creato un campo TYPE a cui sono stati associati cinque sottotipi predefiniti: vent, fronte della colata, bocca effimera, spessore, campione cenere, campione lava; inoltre sono stati definiti i campi nome, data, note e spessore (Figura 4). Tramite l'*ArcToolbox* è possibile aggiungere le coordinate planimetriche (Est, Nord) e la quota dei punti misurati. Tutti i livelli informativi sopra descritti permettono di acquisire e catalogare in maniera sistematica dati utili per caratterizzare l'eruzione in corso al fine di gestire l'emergenza e per scopi scientifici. Ad esempio, con una corretta localizzazione della bocca effusiva, e con l'ausilio degli altri dati raccolti, è possibile effettuare simulazioni numeriche tramite appositi codici per determinare le aree potenzialmente invase da flussi lavici [Favalli et al., 2005; Vicari et al., 2007]. La stima dei volumi eruttati nel tempo permette di riprodurre l'evoluzione del campo lavico fino a quel momento [Coltelli et al., 2007; Vicari et al., 2007] e simularne i possibili sviluppi [Crisci et al., 2004].

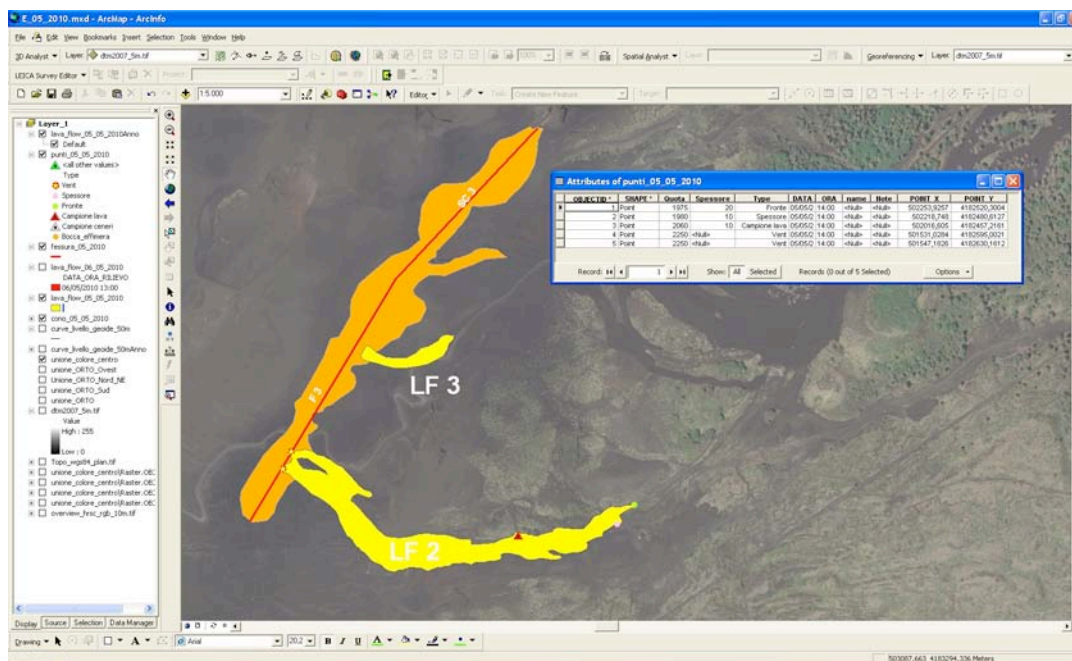


Figura 4. Particolare del *layer* punti\_05\_05\_2010 e relativa tabella degli attributi.

Per quanto riguarda le attività di monitoraggio da svolgere durante i sopralluoghi nei pressi della colata lavica attiva, il laboratorio di cartografia è dotato di due ricevitori *GNSS/GIS* (*Global Navigation Satellite System/GIS*) Zeno CS10 che hanno una precisione planimetrica solitamente inferiore a 2 m. Il ricevitore Zeno CS10 permette di inviare direttamente i dati al laboratorio tramite un telefono cellulare, accorciando i tempi di elaborazione. Per rendere tempestivo ed efficiente il monitoraggio di un evento effusivo è stato creato un progetto *ArcGIS* chiamato "rilievo\_gg\_mm" contenente le *feature classes* punti e linee da esportare nei ricevitori. Con il ricevitore Zeno CS10 è possibile mappare i flussi lavici e compilare i campi del *geodatabase* direttamente in campagna. Il ricevitore permette di rilevare un elemento lineare, sarà quindi possibile tracciare i margini di colata o il fronte, sia durante la messa in posto (se la temperatura lo consente), che ad eruzione terminata, a verifica di

quanto cartografato in precedenza. Tutti i dati acquisiti possono essere rapidamente integrati nel *geodatabase* di laboratorio E\_mm\_aaaa.mxd. con il *software* Zeno Office che si interfaccia direttamente con *ArctInfo*.

Una volta compilato il *geodatabase* in tutte le sue parti si può procedere all'allestimento della mappa del quadro eruttivo. Il *layout* di stampa è già impostato, si devono solo aggiornare le date e la legenda (Figura 5).

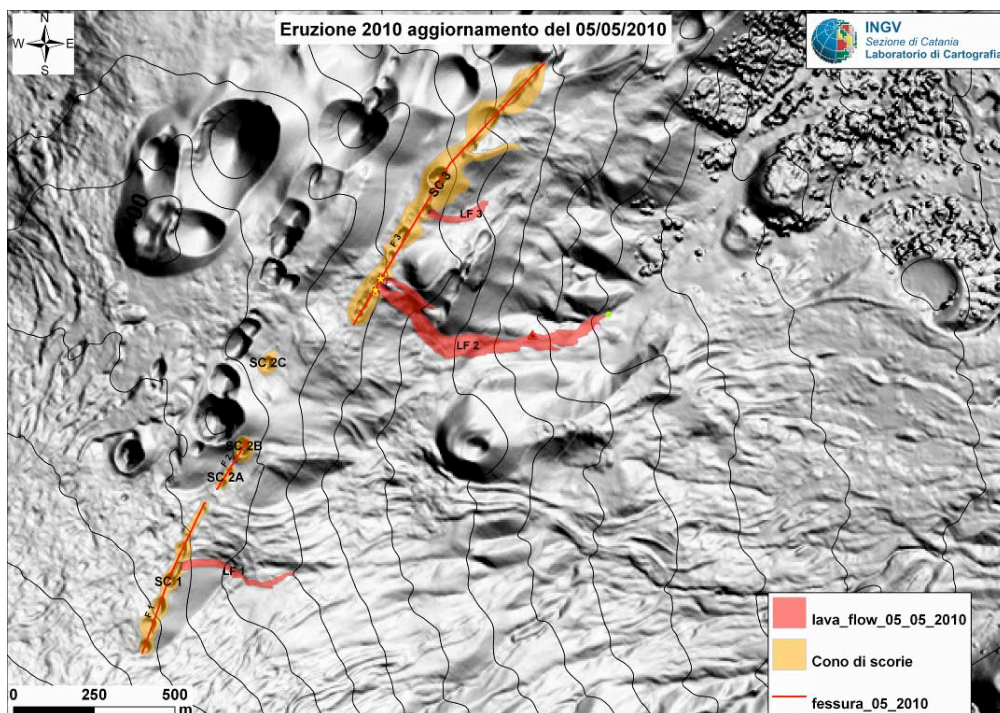


Figura 5. Esempio di *layout* di stampa dell'ipotetico evento eruttivo nel rift di NE.

Grazie a questa struttura il *geodatabase* può essere continuamente aggiornato: nei giorni successivi, basterà copiare le *feature classes* dell'ultimo aggiornamento e rinominarle con la nuova data (Figura 6).

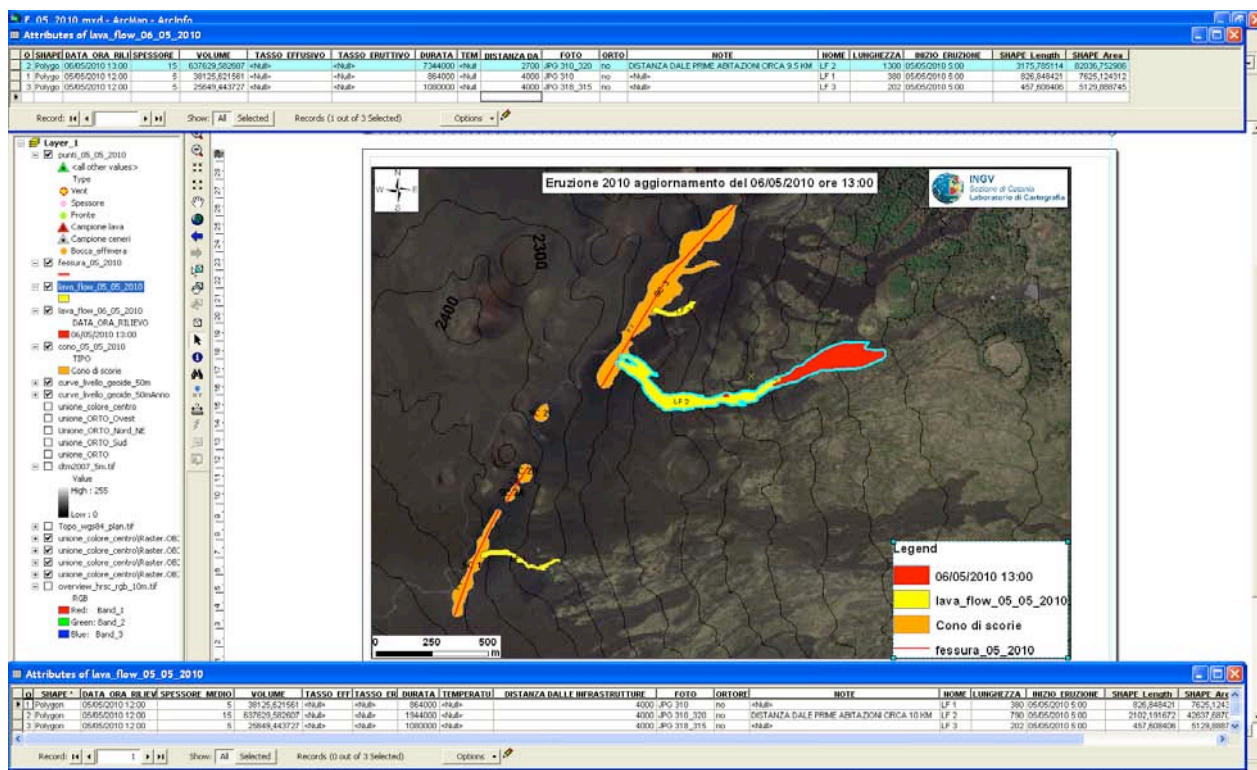


Figura 6. Evoluzione del campo lavico dopo 56 ore dall'inizio dell'eruzione.

## **Conclusioni**

Il *geodatabase* realizzato dal laboratorio di cartografia permette di catalogare in maniera efficace i dati relativi ad ogni evento eruttivo dell'Etna, consentendo una rapida ed esaustiva consultazione. Associare la mappa di una colata ad una serie di dati raccolti sul terreno ed alle elaborazioni successive acquista un'importanza vitale ai fini di Protezione Civile. Informazioni quali la lunghezza e lo spessore del campo lavico, nonché il volume di materiale emesso, il tasso eruttivo e la distanza dalle infrastrutture, collegate ad una mappa dettagliata del campo lavico, sono indispensabili alle autorità locali per pianificare l'emergenza durante una crisi eruttiva.

La realizzazione di un *geodatabase* dell'evoluzione temporale di eventi effusivi rappresenta inoltre un grande patrimonio scientifico per lo studio delle eruzioni effusive. Questo strumento permetterà infatti più rapide valutazioni quantitative dell'avanzamento della colata, del volume di materiale emesso e del tasso eruttivo.

Il *geodatabase* qui presentato è stato configurato per il Monte Etna, ma la sua struttura può essere facilmente applicata al monitoraggio delle eruzioni effusive di qualsiasi vulcano.

## **Ringraziamenti**

Si ringraziano S. Branca e B. Behncke per i suggerimenti durante la realizzazione del *geodatabase* e una prima lettura critica del testo. Si ringrazia inoltre S. Tarquini per gli utili suggerimenti durante la revisione del lavoro. Tale attività di ricerca, finanziata con fondi DPC\_Sicilia, è stata svolta nell'ambito del Settore Tematico 3 "Previsione e rilievo dei fenomeni eruttivi" dell'Unità Funzionale Geochimica e Vulcanologia.

## Bibliografia

Allard, P., Behncke, B., D'Amico, S., Neri, M. and Gambino, S., (2006). Mount Etna 1993-2005: Anatomy of an evolving eruptive cycle. *Earth-Science Reviews*, 78, 85-114.

Andronico, D., Branca, S., Calvari, S., Burton, M.B., Caltabiano, T., Corsaro, R.A., Del Carlo, P., Garfi, G., Lodato, L., Miraglia, L., Murè, F., Neri, M., Pecora, E., Pompilio, M., Salerno, G. and Spampinato, L., (2005). A multi-disciplinary study of the 2002–03 Etna eruption: insights into a complex plumbing system. *Bull. Volcanol.*, 67, 314–330.

Andronico, D., Branca, S., Cascone, M., Costa, N., Lodato, L. and Spampinato, L., (2006). The Cartographic and Editing Laboratory of the INGV-Catania Section. *Cities on Volcanoes 4*, Quito, Ecuador, January 2006.

Behncke, B., Neri, M. and Nagay, A., (2005). Lava flow hazard at Mount Etna (Italy): new data from a GIS-based study. In: *Kinematics and dynamics of lava flows*, Special Paper 396 (M., Manga, and G., Ventura, eds.), pp. 189–208. Geological Society of America, Boulder. doi: 10.1130/2005.2396(13).

Burton, M.R., Neri, M., Andronico, D., Branca, S., Caltabiano, T., Calvari, S., Corsaro, R.A., Del Carlo, P., Lanzafame, G., Lodato, L., Miraglia, L., Salerno, G. and Spampinato, L., (2005). Etna 2004–2005: An archetype for geodynamically-controlled effusive eruptions. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L09303, doi:10.1029/2005GL022527.

Calvari, S., Neri, M. and Pinkerton, H., (2002). Effusion rate estimations during the 1999 summit eruption on Mount Etna, and growth of two distinct lava flow fields. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 119, 107-123.

Calvari, S., Del Carlo, P., Branca, S., Andronico, D., Bruno, N., Burton, M.R., Caltabiano, T., Cascone, M., Coltelli, M., Condarelli, D., Corsaro, R.A., Cristaldi, A., De Beni, E., Garfi, G., Lanzafame, G., Lodato, L., Longo, V., Mangiagli, S., Messina, L., Miraglia, L., Morabito, F., Murè, F., Neri, M., Pecora, E., Pompilio, M., Salerno, G., Sawyer, G., Scollo, S. and Spampinato, L., (2004a). The first period of the 2002 Etna eruption (27 October-5 November): preliminary results. *Quaderni di Geofisica*, 32, 8 pp.

Calvari, S., Lodato, L. and Spampinato, L., (2004b). Monitoring active volcanoes using a handheld thermal camera. In: *Thermosense XXVI* (D., Douglas, K., Burleigh, G., Elliott Cramer, R., Peacock, eds.), pp. 199-209. *Proceedings of SPIE.*, 5405, Bellingham, WA.

Coltelli, M., Proietti, C., Branca, S., Marsella, M., Andronico, D. and Lodato, L., (2007). Analysis of the 2001 lava flow eruption of Mt. Etna from 3D mapping. *J. Geoph. Res.*, 112, F02029, doi: 10.1029/2006JF000598.

Crisci, G.M., Rongo, R., Di Gregorio, S. and Spataro, W., (2004). The simulation model SCIARA: the 1991 and 2001 lava flows at Mount Etna. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 132, 253-267.

Favalli, M., Pareschi, M., Neri, A. and Isola I., (2005). Forecasting lava flow paths by a stochastic approach. *Geophysical Research Letters*, 32, L03305, doi: 10.1029/2004GL021718.

Gwinner, K., Coltelli, M., Flohrer, J., Jaumann, R., Matz, K.D., Marsella, M., Roatsch, T., Scholten, F. and Trauthan, F., (2006). The HRSC-AX Mt. Etna project: High-resolution orthoimages and 1 m DEM at regional scale. *ISPRS Com. I Symposium*, Paris, France, 3-6 July 2006.

Vicari, A., Herault, A., Del Negro, C., Coltelli, M., Marsella, M. and Proietti, C. (2007). Modeling of the 2001 lava flow at Etna Volcano by a Cellular Automata approach. *Environ. Model. Softw.* doi:10.1016/j.envsoft.2006.10.005.

<http://www.esriitalia.it>

<http://www.gisitalia.it>



**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**