

# Fisica del vulcanismo

## Modelli di propagazione del magma

Eleonora Rivalta e Lucia Zaccarelli

14 febbraio 2005

### Introduzione

Le eruzioni vulcaniche consistono in emissione di magma sulla superficie terrestre. Il magma che risale dal mantello può stazionare in una camera magmatica anche per periodi molto lunghi e perché raggiunga la superficie terrestre si deve rompere la situazione di equilibrio creatasi tra il fluido fermo nella camera magmatica e le rocce circostanti. In ogni caso nel processo di propagazione il magma si fa strada nella crosta fratturandola.

Per una introduzione alla vulcanologia rimandiamo al sito didattico dell'Università di Roma 3 e del GNV (Gruppo Nazionale per la Vulcanologia), che contiene illustrazioni, animazioni e immagini fotografiche:

<http://vulcan.fis.uniroma3.it/gnv/index-VULC.html>

Non potendo analizzare direttamente i fenomeni che avvengono all'interno della crosta, tutte le ipotesi sulla risalita dei magmi derivano da osservazioni indirette: analisi geofisiche (sismiche, gravimetriche, di deformazione...), geologiche, geochimiche etc. Un'alternativa è rappresentata dalla riproduzione in laboratorio di processi analoghi che permettono di osservare in scala ridotta lo stesso tipo di fenomeni.

Lo scopo dei nostri esperimenti di laboratorio è studiare la propagazione di fratture contenenti fluido (analogo del magma) in un materiale solido (analogo della crosta). I risultati consentono di migliorare la conoscenza della dinamica del magma nel lasso di tempo che precede un'eruzione ed è quindi di fondamentale importanza per la protezione civile, in particolare per la mitigazione del rischio vulcanico, molto elevato in diverse zone italiane (Catania, Napoli, Stromboli, Vulcano, Pantelleria...).

### Fisica del processo

Iniettando all'interno di un corpo solido un fluido di minore densità, questo tenderà a risalire grazie al galleggiamento (generalizzando il principio di Archimede). Quando il volume iniettato raggiunge un valore critico, all'apice superiore della frattura si concentrerà una tensione sufficiente a rompere i

legami del solido e a consentire la propagazione. A questo punto il processo di risalita prosegue spontaneamente anche interrompendo l'iniezione.

Se il volume iniettato è piccolo si genera una sottile frattura a forma di moneta. Quando il volume è sufficiente per la propagazione la frattura assume spontaneamente una forma caratteristica (vedi Fig. 1 e 2).

Nella visione frontale la frattura ha la forma di un'arcata a tutto sesto, circolare nella parte superiore. Nella visione laterale è molto sottile, a forma di goccia ribaltata. Questa conformazione è quella energeticamente favorita perché una 'goccia' di fluido riesca a tagliare il solido e a risalire.

Durante il processo di risalita, se il solido è omogeneo, la frattura manterrà forma, dimensioni e velocità costanti. Questo in realtà si verifica solo in condizioni ideali, quando il solido ha dimensioni infinite. In laboratorio, invece, il processo avviene all'interno di un contenitore e si osserveranno 'effetti di bordo'.

In prossimità della superficie, la frattura accelera e infine il fluido fuoriesce.

Esistono modelli teorici in grado di descrivere la forma della frattura in condizioni ideali. L'equazione per la sezione a forma di goccia invertita è la seguente:

$$f(z) = C(a + z) \sqrt{a^2 - z^2} \quad (1)$$

dove  $z$  è la coordinata verticale,  $C$  è un coefficiente costante che incorpora le proprietà del fluido e del solido e  $a$  rappresenta la semilunghezza della frattura. Si vede facilmente che la formula è composta dal prodotto di una retta con un'ellisse, cosa che dà luogo alla forma cercata.

## Esperimento

Lo scopo delle misure è sia quello di studiare la forma e le proporzioni delle fratture create con l'iniezione (e confrontare il risultato sperimentale con i modelli teorici), sia quello di descrivere la propagazione dal punto di vista fisico. I risultati permettono applicazioni allo studio della geometria e della dinamica del magma in risalita nella crosta terrestre.

- Nel fondo di un recipiente contenente gelatina solidificata in frigorifero verrà iniettato un fluido.
- La propagazione della conseguente frattura verrà osservata e filmata con due videocamere digitali da prospettive perpendicolari (vedi Fig. 3).
- I filmati verranno scaricati su PC e esportati in serie di immagini.
- Le immagini verranno poi elaborate con software adeguati per studiare forma e percorso della frattura.

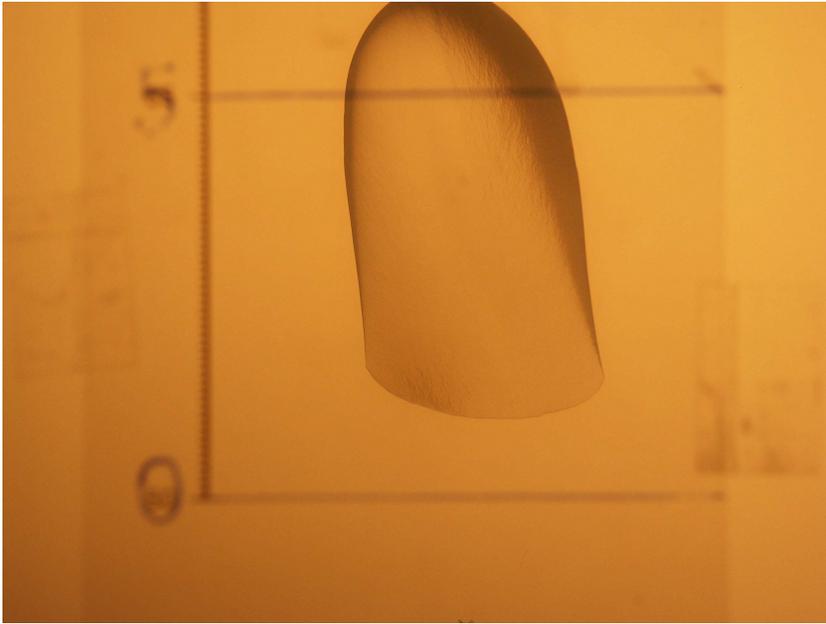


Figura 1: Visione frontale

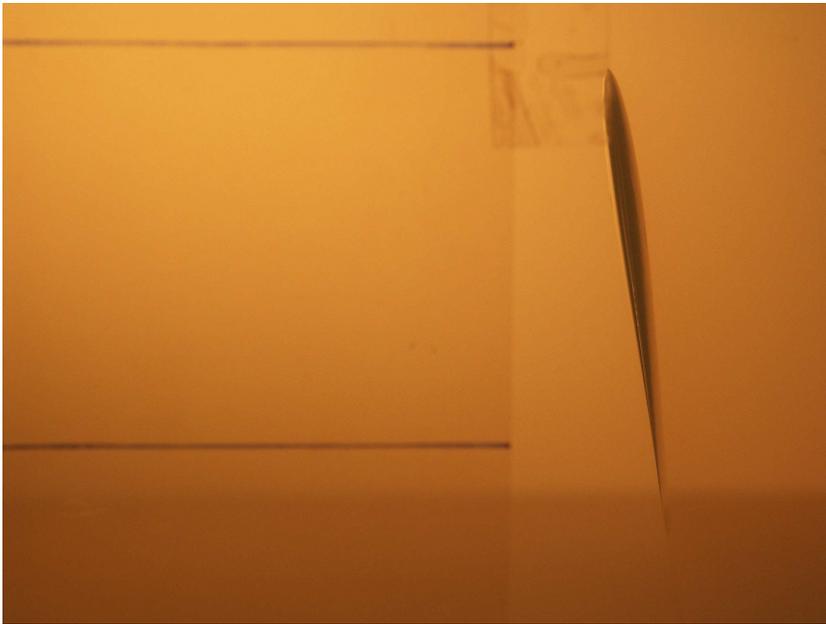


Figura 2: Visone laterale

- La curva spazio-tempo verrà interpolata e derivata per ottenere la velocità di propagazione.
- Si preparerà la gelatina per l'esperienza successiva.

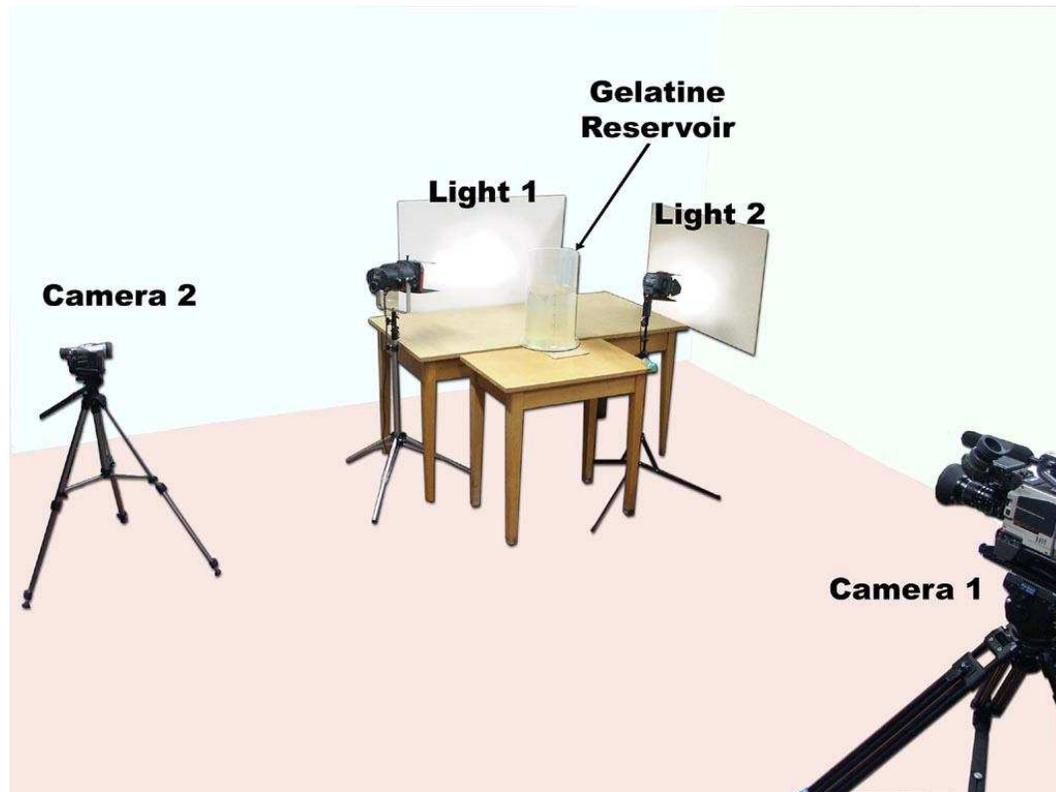


Figura 3: Allestimento sperimentale