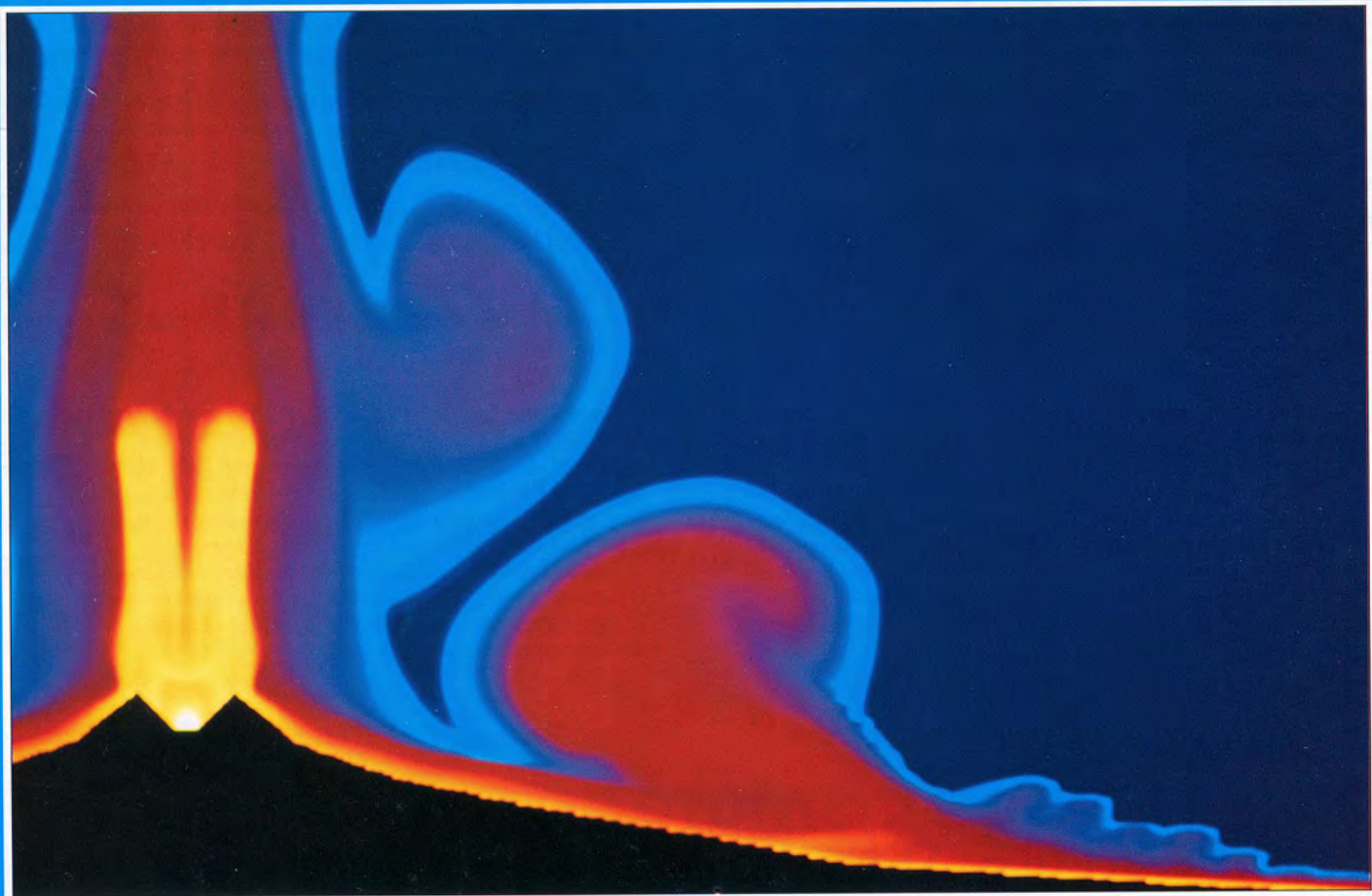


# Sapere

mensile, novembre 1994

anno 60°, numero 11 (974) - edizioni Dedalo / 9289-9 / lire 6.000



## **INCONTRO CON IL VESUVIO**

E se il vulcano si svegliasse all'improvviso?  
Cronaca di un'eruzione annunciata

## **MEDICINA**

Dal «pillolo» alla sterilizzazione,  
rischi e vantaggi della contraccezione maschile.  
Con una proposta provocatoria

## **LE ORIGINI DELL'UOMO MODERNO**

Fuori dall'Africa.  
Con i fossili e il DNA ricostruiamo  
la storia della nostra specie

## **SCIENZA E HANDICAP**

Ecco come le nuove tecnologie  
offrono ai disabili una vita migliore

# Cronaca di un'eruzione annunciata

■ Flavio Dobran ■

**U**NA PREVISIONE ACCURATA DELLE ERUZIONI VULCANICHE non è attualmente ancora possibile: colpa di una incompleta conoscenza dei sistemi vulcanici e della nostra limitata capacità di modellizzare tali sistemi. Vulcani esplosivi, come il Vesuvio, hanno lunghi periodi di quiescenza e i loro segni di risveglio forniscono in generale informazioni insufficienti per predire accuratamente le eruzioni future. Se di un vulcano sono adeguatamente monitorizzate la sua attività sismica, le sue deformazioni e l'emissione di gas, infatti, la sua attività futura può essere prevista soltanto in un arco di tempo che va da alcune ore ad alcuni giorni in anticipo, come nel caso dell'eruzione del Monte St. Helens nel 1980 e del Pinatubo nel 1991: un margine di sicurezza comunque troppo stretto nel caso di un vulcano come il Vesuvio. Nell'area vesuviana infatti, vive almeno un milione di persone «a rischio» ed una eruzione esplosiva del vulcano potrebbe produrre effetti devastanti nel giro di pochi minuti: migliaia di persone potrebbero morire se non verranno intrapresi al più presto passi concreti per ridurre significativamente il pericolo che incombe su questa regione. Ma può una futura eruzione del Vesuvio essere prevista? E può una tale apocalisse essere evitata? E siamo sicuri che la comunità scientifica, il servizio di protezione civile, le autorità politiche, i responsabili della pianificazione territoriale e la comunità mondiale stiano facendo il possibile per evitare una catastrofe? La conclusione è che l'attuale gestione del rischio vulcanico del Vesuvio debba essere integrata con gli approcci ingegneristici, socio-economici e di pianificazione territoriale della regione circostante. Ma questo non basta: è anche necessario cambiare la tradizionale metodologia nell'affrontare ricerche di questo tipo.

È nella natura degli esseri umani dimenticare le conseguenze catastrofiche delle passate eruzioni esplosive del Vesuvio: basti pensare a quelle che nel corso dei secoli

hanno ucciso molte migliaia di persone e distrutto Ercolano, Pompei, Torre del Greco, Torre Annunziata ecc., riversando su questi paesi milioni di tonnellate di gas, ceneri e parti del cono del vulcano stesso. Dal Medioevo, epoca in cui le eruzioni del Vesuvio erano considerate come punizioni divine, la scienza ha dimostrato che i vulcani e le loro eruzioni avvengono come conseguenza di fenomeni dinamici all'interno della Terra. Da qui il materiale fuso raggiunge la superficie sotto forma di magma, a causa del suo minor peso rispetto alle rocce circostanti, ed erutta in superficie attraverso le fessure della crosta terrestre o dove questa è più sottile.

La storia delle passate eruzioni del Vesuvio è stata ricostruita da studi geologici convenzionali che includono la mappatura delle rocce e la stratigrafia, lo studio petrologico e geochimico delle rocce, l'analisi della geomorfologia delle zone limitrofe e la determinazione delle date degli eventi attraverso tecniche radiometriche o simili. Lo stato corrente del vulcano è determinato attraverso il monitoraggio delle sue attività quali l'attività sismica, l'emissione di gas, i cambiamenti dei campi magnetici e gravitazionali, ecc. Un'attenta analisi dei dati monitorizzati e un loro confronto con quelli del passato possono quindi essere usati per anticipare l'attività futura del vulcano.

Tuttavia i dati monitorizzati non sono univoci, vista la difficoltà di separare gli eventi a carattere di terremoto vulcanico da quelli tettonici. I vulcani dunque non danno sempre un adeguato preavviso prima dell'eruzione, e elaborare piani di evacuazione basati su dati incerti può essere eccessivamente costoso e inaccettabile per la comunità scientifica e quella politica. La determinazione dell'attività futura del vulcano basata sulle eruzioni del passato non è sufficiente, in quanto il complesso sistema vulcanico avrà subito delle modificazioni dall'ultima eruzione, e la sua topografia attuale sarà diversa da quella passata. Ciò, naturalmente, influirà sulla distribuzione dei prodotti di eruzione sulle pendici del vulcano. È dunque un'il-

Il Vesuvio  
è un vulcano esplosivo:  
il suo improvviso risveglio  
potrebbe scatenare  
una catastrofe.  
Evitabile? Sì.  
Ma solo con un nuovo  
modello di gestione  
del rischio



Fig. 1. Componenti basilari di un piano ottimizzato di gestione del rischio vulcanico.

lusione credere che una evacuazione su vasta scala di una popolazione non educata all'evento vulcanico possa essere compiuta senza panico e con l'applicazione di una forza d'intervento in tempi brevi e senza creare problemi di sicurezza nel paese. La popolazione dell'area vesuviana dovrà ancora affidare la sua salvezza alle divinità, come accadeva al tempo delle precedenti eruzioni esplosive del Vesuvio; ed è veramente tragico che oggi ad alcuni di noi non siano dati l'opportunità e l'incoraggiamento, dalle autorità responsabili, di lavorare seriamente a questo «incontro con il Vesuvio». I rilevamenti storici, la geologia, la geofisica e il monitoraggio del vulcano, dunque,

non forniscono informazioni sufficienti per una valida strategia di gestione del rischio. Tale strategia dovrebbe essere invece basata su un modello interdisciplinare del vulcano, che sappia integrare queste informazioni con l'ingegneria, la pianificazione urbana e l'economia dell'area vesuviana (Fig. 1). Il modello interdisciplinare (Fig. 2) dovrebbe poi includere i dati dell'eruzione, la loro analisi e l'elaborazione delle informazioni sull'eruzione. Combinando tutti i rilevanti metodi scientifici con l'ingegneria e la pianificazione territoriale, tese a ridurre il rischio vulcanico, e con incentivi economici per realizzare le opere di urbanizzazione riducendo la disoccupazione nella regione, sarà senz'altro possibile produrre un più efficace piano di gestione del rischio vulcanico per l'area vesuviana.

Un modello interdisciplinare che coinvolga lo scenario dell'eruzione, i dati dell'eruzione e la gestione della stessa (Fig. 2) deve essere collegato attraverso reti ed apparati per le telecomunicazioni. Lo scenario dell'eruzione dovrebbe includere vari tipi di sensori per monitorare il vulcano



Fig. 2. Suddivisione dei sistemi scientifici e di direzione di un modello interdisciplinare di gestione del rischio del Vesuvio.

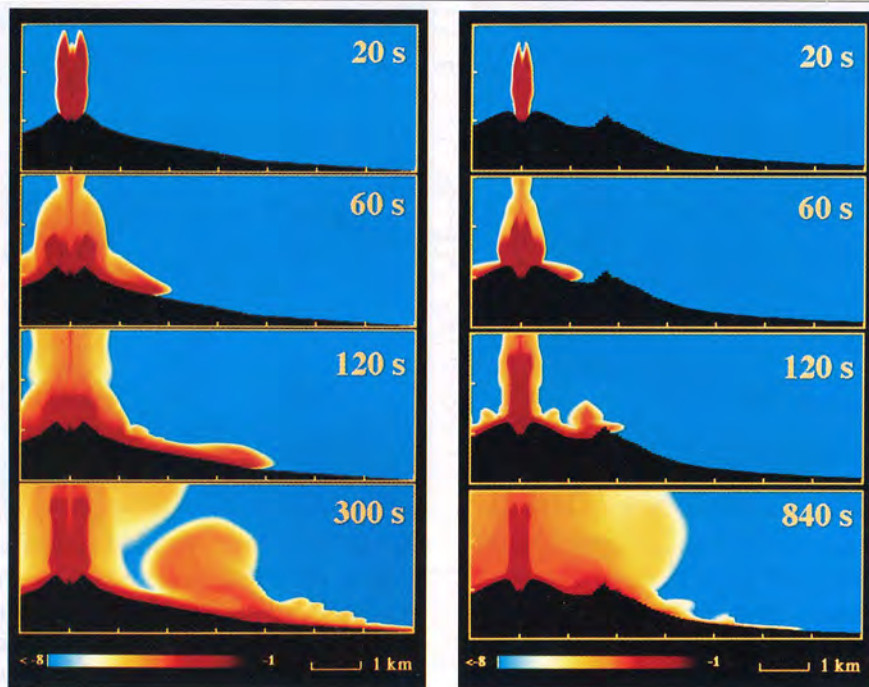
prima, durante e dopo l'evento. Inoltre, per mezzo di opportuni strumenti, detti attuatori, che mettano in moto le varie opere di difesa (barriere, canali, ecc.), dovrebbe essere possibile avere un qualche controllo dell'eruzione, e con sistemi di trasporto mare-terra-aria evacuare le popolazioni dalle zone pericolose. I dati provenienti dall'osservazione visiva, la sismicità, le deformazioni del terreno, le temperature e il campionamento dei gas fumarolici e delle sorgenti calde possono essere ottenuti con particolari sensori, mentre gli attuatori possono controllare i flussi di piroclasti (causati dal crollo della colonna eruttiva), di lahar (miscela di prodotti vulcanici ed

acqua), e di lava lungo le pendici del vulcano e deviarli dai centri popolati.

Questi dati rappresentano una parte centrale del modello interdisciplinare: essi devono essere usati dalle autorità adibite all'analisi delle informazioni allo scopo di prendere le dovute decisioni. Ciò comporta l'elaborazione scientifica dei dati, l'analisi dell'informazione delle simulazioni dei processi vulcanici (Simulatore Vulcanico Globale) e il trasferimento di istruzioni agli attuatori. È importante notare che i dati di ingresso di questi ultimi dovrebbero essere concordati dal centro di elaborazione delle informazioni, e ricordare che tali decisioni comporteranno giudizi soggettivi, interessi personali, aspetti politici e legali.

La parte del modello interdisciplinare relativa all'elaborazione dell'informazione dovrebbe assumersi la responsabilità di prendere decisioni sulla mitigazione dell'eruzione e l'evacuazione della popolazione. Per un'opportuna interpretazione dei dati, scientifici e non, è necessario che la loro elaborazione sia democratica, e che coinvolga un numero

**Fig. 3.** Distribuzione dei piroclasti a tempi diversi lungo le pendici del Vesuvio verso (a) il Mar Tirreno e (b) la Somma Vesuviana, durante un'eruzione di grande scala di magma grigio simile a quello del 79 d.C. I colori



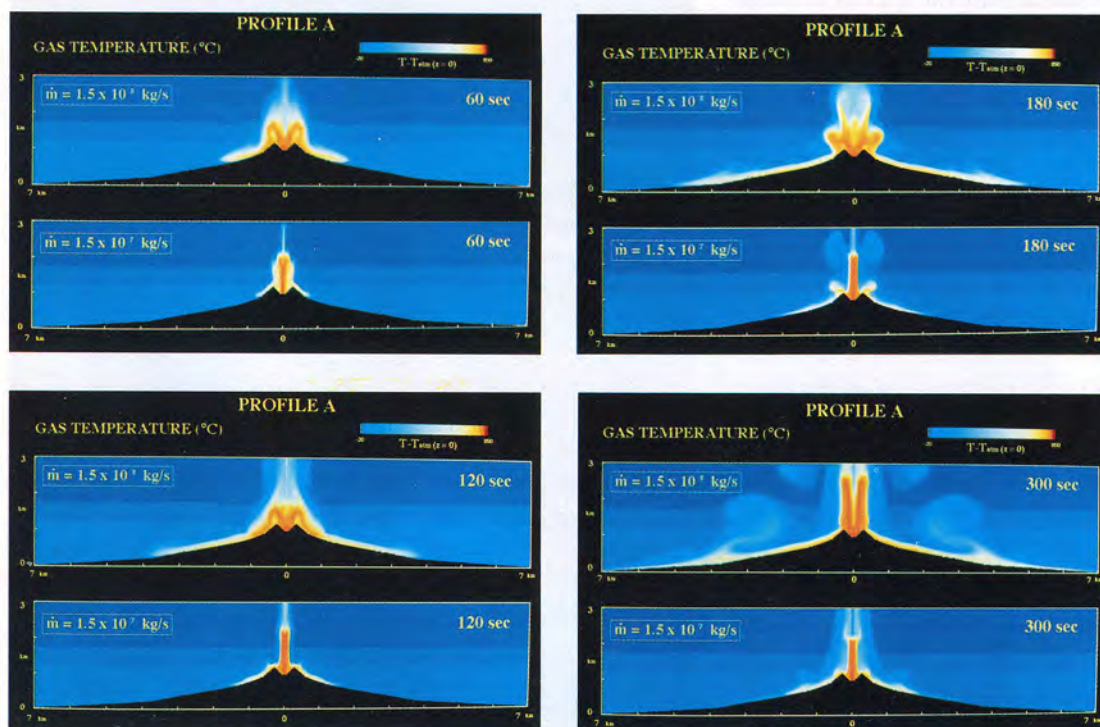
rosso e blu denotano rispettivamente concentrazioni alte e basse di piroclasti. Il numero sulla scala del colore in fondo della figura rappresenta l'esponente della base 10.

equilibrato di scienziati, membri del servizio di protezione civile, della sicurezza nazionale, di responsabili del territorio e di politici, cosicché eventuali decisioni prese durante un periodo di crisi vulcanica possano essere presentate al pubblico da una singola persona. I dissensi tra i vari responsabili, una gestione personale o una visione unilaterale della gestione dell'eruzione del Vesuvio potrebbero avere conseguenze disastrose.

Un modello interdisciplinare del Vesuvio, si è detto, dovrebbe includere un Simulatore Vulcanico Globale pertinente al sistema dei dati dell'eruzione (Fig. 2). Il simulatore userebbe i dati vulcanologici, geologici e geofisici di eruzioni vesuviane passate e presenti, modellizzando fisica-

mente tutti i sotto-dominii del vulcano, a partire dall'accumulazione del magma nella camera magmatica, al flusso di questo attraverso il condotto vulcanico e alla sua interazione con le pareti di quest'ultimo, fino alla dispersione di gas e piroclasti nell'atmosfera e lungo le pendici del vulcano. I risultati del simulatore rappresenterebbero la previsione della pericolosità vulcanica, o le probabilità di differenti eventi vulcanici (esplosivi ed effusivi) possibili in futuro e in differenti parti del cono del Vesuvio. Gli eventi vulcanici possono essere definiti solo in termini di probabilità, poiché i vincoli vulcanologici, geofisici, e termofluidodinamici non sono ben definiti. Un'appropriata previsione di eventi vulcanici del Vesuvio tramite il

Simulatore Vulcanico Globale richiede una parametrizzazione dell'intero sistema vulcanico. Il simulatore può essere usato inoltre per elaborare i dati dei sensori nell'imminenza di un'eruzione e per stabilire l'evento a breve termine. La capacità predittiva qualitativa di un simulatore può anche essere usata con successo per pianifi-



**Fig. 4.** Distribuzione della temperatura dei prodotti vulcanici e dell'atmosfera a tempi differenti di eruzioni di grande e media scala di magma grigio per la topografia A nella direzione del Mar Tirreno.

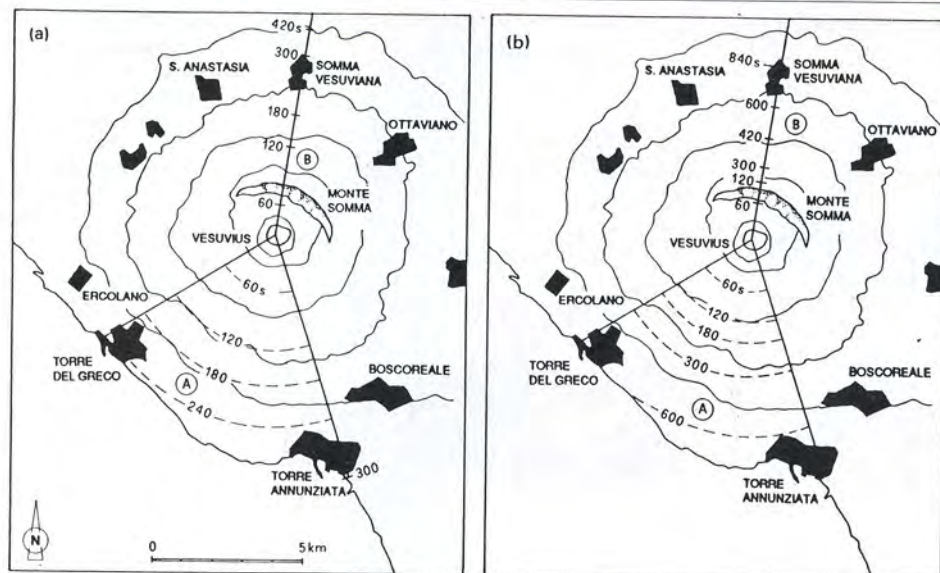


Fig. 5. Tempi di arrivo dei piroclasti ad istanti differenti per una eruzione di (a) grande scala e (b) media scala per le topografie A e C. Si noti che il flusso piroclastico di queste eruzioni raggiunge il Mar Tirreno e che il flusso non può essere fermato dal rilievo del Monte Somma.

clasti che non può risalire galleggiando come una colonna pliniana, ma che collassa a due chilometri circa sopra il cratere, a seguito della perdita di spinta verticale da parte del getto (Fig. 3a). Di conseguenza, la colonna collassante si trasforma in un flusso piroclastico che si muove lungo la

care e realizzare un'opportuna urbanizzazione dell'area vesuviana, perché costruzioni di strade, case, rifugi, percorsi di evacuazione, parchi, ecc. dipendono in maniera critica dalla determinazione delle forze prodotte dall'eruzione vulcanica. La definizione di un piano regolatore e di opere ingegneristiche per proteggere la popolazione deve anche tenere conto dell'impatto ambientale. Lo sviluppo del Simulatore Vulcanico Globale per il Vesuvio è stato presentato alla comunità vulcanologica italiana attraverso una estesa documentazione, nel corso di convegni scientifici nazionali ed internazionali. Sfortunatamente, questa comunità non vede opportuno promuovere e sviluppare un Simulatore Vulcanico Globale per la gestione del «rischio Vesuvio». Non sono stati ancora presentati argomenti scientifici validi che possano giustificare ufficialmente l'importanza del Simulatore Vulcanico Globale nella gestione del «rischio Vesuvio». Per contrasto, molti giovani (in Italia e all'estero) sono pronti ad accettare con entusiasmo le nuove opportunità scientifiche offerte dallo sviluppo di un Simulatore Vulcanico Globale.

Le Figg. 3-6 illustrano lo stato dell'arte della modellizzazione fisica della distribuzione dei flussi piroclastici lungo le pendici del Vesuvio. Le topografie A e C riguardano la direzione del Mar Tirreno al sud, e della Somma Vesuviana al nord del cono rispettivamente. Le simulazioni al computer sono state prodotte modellizzando l'ascesa di magma lungo il condotto e usando i dati vulcanologici e geofisici del magma grigio che durante le passate eruzioni esplosive del Vesuvio ha prodotto i collassi delle colonne eruttive e dei flussi piroclastici, uccidendo diverse migliaia di persone. Eruzioni di questo tipo producono una miscela di gas e piro-

sponda meridionale del Vesuvio ad una velocità di 360 km/h e ad una temperatura di 1000 gradi centigradi. Circa cinque minuti dopo il collasso della colonna, il flusso piroclastico raggiunge il Mar Tirreno a 7 chilometri dal cratere. Il flusso piroclastico di un'eruzione del genere non può essere fer-

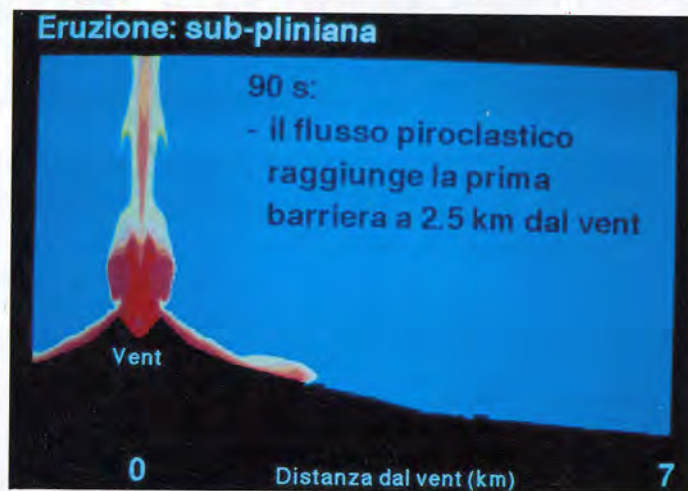
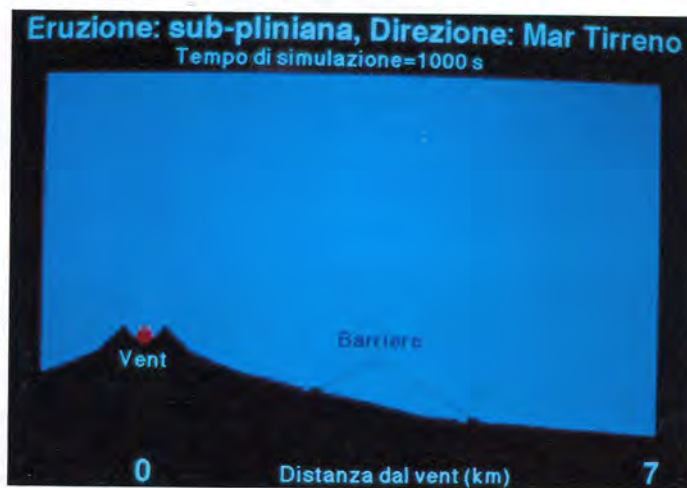
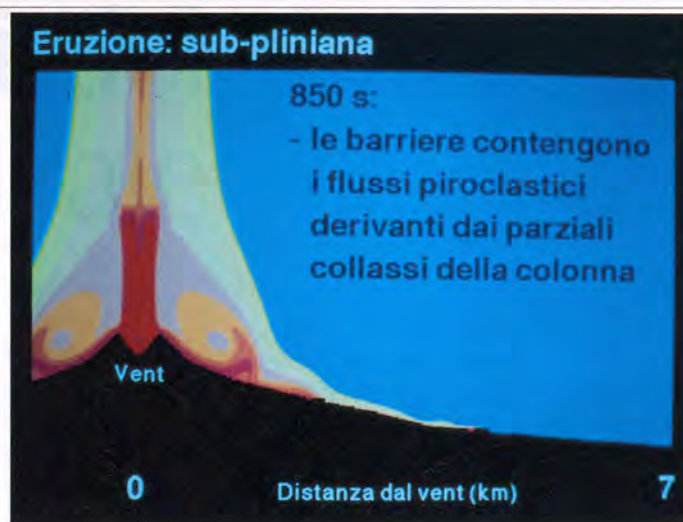
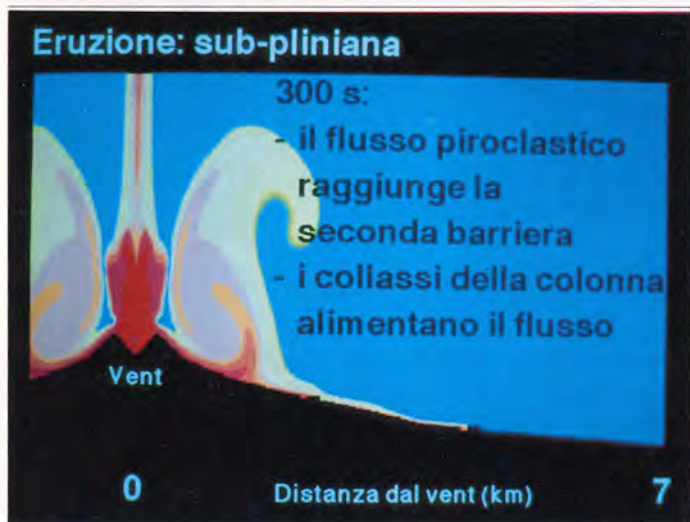


Fig. 6. Effetto del flusso piroclastico di propagazione con e senza barriere alte 30 m a 2,5 e 4,5 km dal cratere a seguito di una eruzione come quella subpliniana del 1631. I colori rosso e blu denotano rispettivamente concentrazioni alte e basse della concentrazione dei piroclasti.

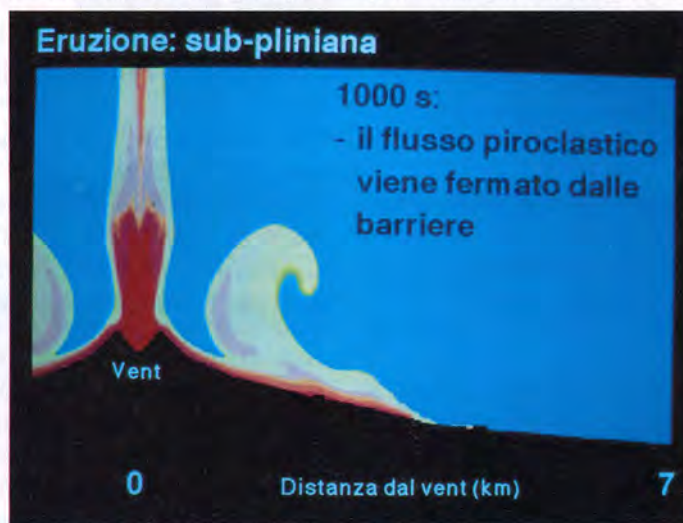


mato nemmeno dal rilievo del Monte Somma a nord del Vesuvio (Fig. 3b). La Fig. 4 illustra un confronto della distribuzione di temperature di prodotti vulcanici sopra il cratere e lungo le pendici del Vesuvio a differenti istanti, a seguito di eruzioni di magma grigio a grande e media scala per la topografia nella direzione del Mar Tirreno. L'eruzione su grande scala è simile all'eruzione pliniana del 79 d.C., mentre quella media è simile a quella del 1631, che decapitò 500 m di cono e uccise circa 10.000 persone. Come mostrato in figura, i tempi di arrivo del flusso piroclastico sono ridotti per l'eruzione su media scala (si veda anche la Fig. 5). In ambedue le situazioni il flusso piroclastico raggiunge il Mar Tirreno e la Somma Vesuviana, e soltanto il flusso di un'eruzione di piccola scala, che è tre volte più piccolo di quello di media scala, può essere arrestato dal rilievo del Monte Somma. È importante notare che durante un'eruzione i venti prevalenti possono deviare il flusso sottovento e che certi paesi intorno al Vesuvio potrebbero essere salvati persino durante eruzioni su grande scala, come è accaduto in passato. Le simulazioni al computer nelle Figg. 3 e 4 non tengono conto degli effetti dei venti e delle asimmetrie del getto eruttivo del vulcano, che possono determinare direzioni preferenziali del flusso piroclastico lungo le sue pendici e quindi produrre effetti più catastrofici di quelli previsti dalle simulazioni.

La pericolosità dovuta al flusso piroclastico può tuttavia essere ridotta dalla rottura della pendenza e da barriere costruite in zone opportune sulle pendici del vulcano. Queste misure ingegneristiche tendono a variare il moto radiale dei flussi energetici e a trasferire energia in direzione verticale

per mezzo di azioni di galleggiamento (plume coignimbratica o nubi fenici). La Fig. 6 mostra che la costruzione di barriere alte 30 metri a 2,5 e 4,5 km dalla bocca del vulcano sono sufficienti ad arrestare energetici flussi piroclastici di un'eruzione di media scala, e quindi a salvare migliaia di persone. Il disegno, la costruzione e l'efficienza di barriere, canali, rifugi, ecc. dipendono in modo cruciale dalla capacità da parte del Simulatore Vulcanico Globale di quantificare eventi vulcanici futuri nell'area vesuviana, nonché da incentivi economici finalizzati alla pianificazione urbana e a costruzioni ingegneristiche. Nonostante alcune indicazioni di lasciar procedere gli eventi secondo natura, l'esperienza durante l'eruzione del 1980 del Monte St. Helens è che l'opinione pubblica fosse a favore di interventi ingegneristici, nei paesi e nelle infrastrutture limitrofe. Un'analisi dei costi e dei benefici ha rilevato che sarebbe troppo costoso interrompere i trasporti pubblici principali e che gli interventi ingegneristici rappresentano una buona politica di intervento.

Un modello interdisciplinare del Vesuvio che incorpori lo scenario dell'eruzione, i dati a questa relativi e la gestione delle informazioni (Fig. 2) dev'essere effettivamente integrato con interventi socio-economici e di pianificazione ur-



bana nell'area vesuviana (Fig. 1). Quest'ultima non può procedere senza appropriati studi ingegneristici sugli effetti dei diversi eventi vulcanici: e questi possono essere stabiliti solo sviluppando le potenzialità della modellizzazione vulcanica globale. Per minimizzare il pericolo nell'area vesuviana sarà poi decisiva l'educazione al rischio vulcanico e la capacità di fornire incentivi economici per le zone a rischio, creando opportunità

di lavoro e di rivitalizzazione. L'educazione della popolazione dell'area vesuviana dovrebbe iniziare seriamente a tutti i livelli, specialmente nelle scuole elementari, allo scopo di aver più cura e rispetto dell'ambiente e produrre risposte efficaci durante le eventuali crisi. Solo attraverso una procedura sistematica della gestione del rischio, infatti, che integri l'approccio scientifico con misure di carattere ingegneristico, con l'educazione, la pianificazione urbana, ed aspetti economici e politici possiamo aspettarci una qualche protezione della popolazione dalla potenza distruttiva del vulcano. Il momento migliore per iniziare a lavorare seriamente all'incontro con il Vesuvio è adesso. La gestione dei fondi della protezione civile non può rimanere nelle mani di chi ha limitati interessi pubblici e ristrette vedute scientifiche. Perché ogni ostacolo posto oggi su questa strada potrebbe un domani provocare una catastrofe nell'area vesuviana. ■■

*Gli argomenti trattati in questo articolo e le simulazioni al computer dei flussi piroclastici lungo le pendici del Vesuvio sono disponibili in videocassetta. Gli enti e i gruppi educativi interessati possono farne richiesta all'autore.*

## BIBLIOGRAFIA

- F. DOBRAN**, *Global Volcanic Simulation of Vesuvius*, Giardini, Pisa, 1993.
- F. DOBRAN**, «Prospects for the Global Volcanic Simulation of Vesuvius», *Int. Symp. on Large Explosive Eruptions*, Accademia Nazionale dei Lincei, 24-25 maggio, Roma, 1993.
- F. DOBRAN, A. NERI e M. TODESCO**, «Assessing the Pyroclastic Flow Hazard at Vesuvius», *Nature* 367, 551-554, 1994.
- F. DOBRAN e G. GENUINI**, «Volcanic Telecommunication Data with an Application to Vesuvius», *Proc. Int. Conf. on Telecommunication Problems During Natural and Industrial Disasters*, 19-20 maggio, Torino, 1994.

**GNV**, Relazione della Commissione Incaricata di Stabilire Linee-Guida per la Valutazione del Rischio Connesso ad Eruzione nell'area Vesuviana, Gruppo Nazionale per la Vulcanologia, Rapporto, ottobre, 1992.

**TASK GROUP FOR THE INTERNATIONAL DECADE OF NATURAL DISASTER REDUCTION (IDNDR)**, «Reducing Volcanic Disasters in the 1990's», *Bull. Volcanol. Soc. Japan* 35, 80-95, 1990.

**L. LIRER, T. PESCATORE, B. BOOTH e G.P.L. WALKER**, «Two Plinian Pumice-Fall Deposits from Somma-Vesuvius, Italy», *Geol. Soc. Am. Bull.* 84, 759-772, 1973.

**D.W. PETERSON**, «Volcanic Hazards and Public Response», *J. Geophys. Res.* 93, 4161-4170, 1988.

**D.W. PETERSON e R.I. TILLING**, «Interactions Between Scientists, Civil Authorities and the Public at Hazardous Volcanoes», in **C. KILBURN e G. LUONGO** (a cura di), *Active Lavas: Monitoring and Modelling*, 339-365, UCL Press, 1994.

**PHILIPPINE INSTITUTE OF VOLCANOLOGY AND USGS, USA TEAM MEMBERS**, «Lessons from a Majos Eruption: Mt. Pinatubo, Philippines», *Eos Trans., Am. Geophys. Union*, 72, 545, 552-553, 555, 3 dicembre 1991.

**M. ROSI, C. PRINCIPE e R. VECCI**, «The 1631 Vesuvian Eruption: A Reconstruction Based on Historical and Stratigraphical Data», *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 58, 151-182, 1993.

**M.F. SHERIDAN, F. BARBERI, M. ROSI e R. SANTA-CROCE**, «A Model for Plinian Eruptions of Vesuvius», *Nature* 289, 282-285, 1981.

**H. SIGURDSSON, S. CAREY, W. CORNELL e T. PESCATORE**, «The Eruption of Vesuvius in 79 AD», *Nat. Geogr. Res.* 1, 332-387, 1985.

**D.A. SWANSON, T.J. CASADEVALL, D. DZURISIN, S.D. MALONE, C.G. NEWHALL e C.S. WEAVER**, «Predicting Eruptions at Mount St. Helens, June 1980-December 1982», *Science* 221, 1369-1376.

**R.I. TILLING**, «Volcanic Hazard and Their Mitigation: Progress and Problems», *Rev. Geophys.* 27, 237-269, 1989.

Flavio Dobran

è professore di Scienze fisiche alla New York University, New York, Usa.  
Attualmente svolge attività di ricerca presso la Association for Global  
Volcanic and Environmental Systems Simulation (GVES) e  
l'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma