

Il Progetto Exploris

La ricostruzione virtuale dell'eruzione del Vesuvio

di Carlo Cavazzoni, Giovanni Erbacci, Tommaso Esposti Ongaro*, Augusto Neri*

* INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Pisa

The main objective of the Exploris project consists in the quantitative analysis of explosive eruption risk in densely populated EU volcanic regions and the evaluation of the likely effectiveness of possible mitigation measures through the development of volcanic risk facilities (such as supercomputer models, vulnerability databases, and probabilistic risk assessment protocols) and their application to high-risk European volcanoes. Exploris' main ambition is to make a significant step forward in the assessment of explosive eruption risk in highly populated EU cities and islands.

For this project, a new simulation model, based on fundamental transport laws to describe the 4D (3D spatial co-ordinates plus time) multiphase flow dynamics of explosive eruptions has been developed and parallelized in INGV and CINECA. Moreover, CINECA developed specific tools to efficiently visualise the results of simulations. This article presents the results of the large numerical simulations, carried out with CINECA's Supercomputers, to describe the collapse of the volcanic eruption column and the propagation of pyroclastic density currents, for selected medium scale (sub-Plinian) eruptive scenarios at Vesuvius.

Quasi mezzo miliardo di persone, nel mondo, vive nei pressi di vulcani attivi, o considerati a rischio di eruzione. In Europa ci sono diversi esempi di questo tipo, come il vulcano *La Soufriere*, nell'Isola di Guadaloupe (Francia), il vulcano *Teide*, nell'Isola di Tenerife (Spagna), o il vulcano *Sete Citades*, nelle portoghesi Azzorre, con i 75.000 abitanti che vivono ai suoi piedi.

Anche in Italia ci sono vulcani attivi e spesso si vedono le immagini delle affascinanti eruzioni dell'Etna o dello Stromboli; non tutti però sono a conoscenza che la regione Europea più esposta al rischio vulcanico è la Campania, più precisamente l'area del Vesuvio, in particolare per l'alta densità abitativa della zona circostante e per il carattere prevalentemente esplosivo del vulcano.

Valutare scientificamente il rischio vulcanico in zone densamente popolate è sicuramente un impegno importante per i ricercatori, ma anche per le regioni e le nazioni interessate. Poter calcolare il rischio per la popolazione, prevedere in tempo le eruzioni,

saper fronteggiare eventuali emergenze, è divenuta una priorità per tutelare la sicurezza dei cittadini e dell'ambiente circostante. A questo fine, nove partner Europei, che includono Istituti di Ricerca, Università, Osservatori Vulcanologici e Imprese di cinque Paesi

Exploris Project
The virtual simulation of the Vesuvio eruption

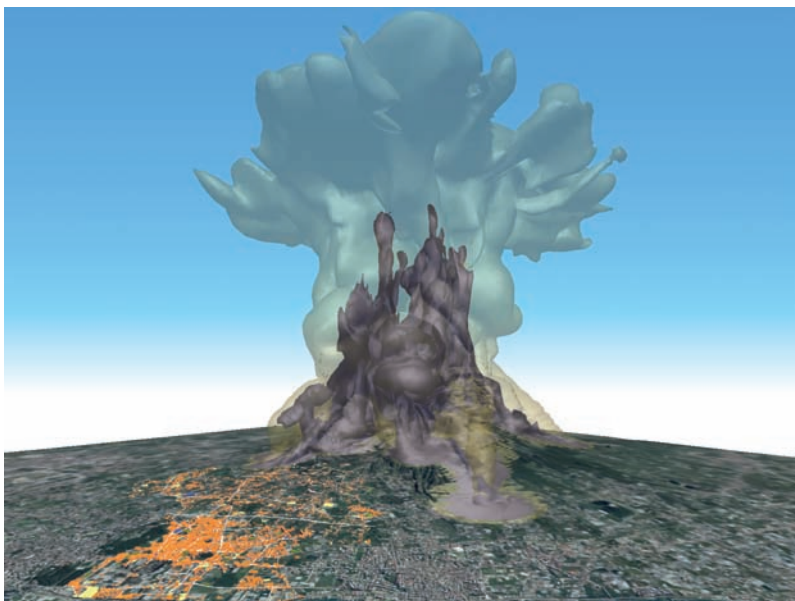


Europei (Italia, Gran Bretagna, Spagna, Francia e Portogallo), hanno dato vita al Consorzio EXPLORIS, un progetto triennale finanziato dalla Comunità Europea - nell'ambito del V *Framework Programme*, Programma *Environment and Sustainable Development* e coordinato dalla sezione di Pisa dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

EXPLORIS è l'acronimo del titolo del Progetto, *EXPLORISive Eruption RiSk and Decision Support for EU Populations Threatened by Volcanoes*. Esperti di Geologia, Fisica, Matematica, Informatica, Ingegneria, Architettura, Medicina e Analisi del Rischio si sono riuniti in questo progetto, che rappresenta un'opportunità unica per accrescere le capacità Europee di valutazione del rischio vulcanico.

Per la grandezza della sfida e la statura degli istituti partecipanti, è motivo di particolare soddisfazione il fatto che il CINECA sia stato incluso nel progetto con un ruolo di primo piano. In particolare il Consorzio è stato coinvolto nelle attività di sviluppo dei modelli numerici, nell'attività computazionale e nell'integrazione e visualizzazione dei dati collegati alle attività del progetto.

Alcune immagini del Vesuvio pochi minuti dopo l'inizio dell'eruzione virtuale; nella pagina precedente, tramite diverse gradazioni di rosso sono evidenziate le isosuperfici della temperatura, a 100 (superficie esterna) e 350 (superficie interna) gradi Celsius; le isosuperfici grigie nell'immagine di questa pagina, invece, rappresentano due diversi livelli di concentrazione del materiale eruttivo. Infine, nella pagina seguente, il modello wireframe della simulazione.



Riguardo ai modelli matematici, il progetto si è focalizzato sulle eruzioni esplosive e la dispersione di ceneri vulcaniche. Nell'ambito di EXPLORIS sono state realizzate le prime simulazioni tridimensionali e transienti dei processi di dispersione delle ceneri nell'atmosfera, del collasso della colonna vulcanica e della formazione di colate piroclastiche lungo le pendici del vulcano. Tali modelli, utilizzando la potenza di calcolo dei supercomputer del CINECA, permettono di rappresentare i fenomeni vulcanici con un'accuratezza superiore al passato nonché di quantificare meglio le azioni pericolose ad essi associate. Assieme alla temperatura, le simulazioni permettono di studiare anche molte altre grandezze che caratterizzano l'eruzione, come la densità dei piroclasti e dei gas, la pressione, la velocità e la direzione del flusso piroclastico.

Oltre ad aver predisposto e fornito la potenza di calcolo necessaria alle simulazioni, il Consorzio ha dato un contributo fondamentale nella parallelizzazione del codice di calcolo, senza la quale non sarebbe stato possibile realizzare le simulazioni tridimensionali su scala geografica. Il codice, denominato PDAC (*Pyroclastic Dispersal Analysis Code*), nel corso del progetto ha subito una generale ristrutturazione, ed è stato munito di una guida per l'utente ed un manuale di riferimento. Oltre alla parallelizzazione il CINECA ha curato anche la conversione del codice di simulazione da Fortran77 a Fortran90, l'ottimizzazione su singolo processore, ed ha dato un contributo significativo alla migrazione dal 2D al 3D ed alla ristrutturazione dell'attività di I/O.

Qualche dettaglio può rendere maggiormente l'idea della eccezionalità delle simulazioni.

Le simulazioni più accurate hanno avuto come soggetto l'eruzione esplosiva più probabile per il Vesuvio, per la quale è stato utilizzato un dominio di simulazione comprendente un'area di 12 Km di lato (Vesuvio più territorio circostante) e che si estende fino alla quota di 8 Km; il dominio è stato discretizzato su una griglia cartesiana di dimensione 200x200x200 a risoluzione variabile (dai 20 metri in prossimità del cratere a 100 metri per le celle più lontane).

L'eruzione è stata seguita per 30 minuti di tempo reale utilizzando un time step (discretizzazione temporale) di 0.1 secondi.

Per portare a compimento questa simulazione

sono stati utilizzati 450 processori del sistema IBM SP5 del CINECA per un totale di 180 ore (80000 ore/cpu), equivalenti a 10 anni calcolo utilizzando un solo processore.

Le simulazioni su grande scala, come quelle sopra citate, producono una enorme mole di dati, circa 0.5 Tbyte per ogni simulazione, che devono essere analizzati e visualizzati per essere comprensibili agli esperti. A questo scopo CINECA ha realizzato due strumenti: uno dedicato all'analisi quantitativa del dato (denominato EXPLORIS-A, dove A sta per *Analysier*) e l'altro alla analisi qualitativa ed alla integrazione con altre tipologie di dati provenienti da altre sorgenti (EXPLORIS-V, dove V sta per *Visualiser*).

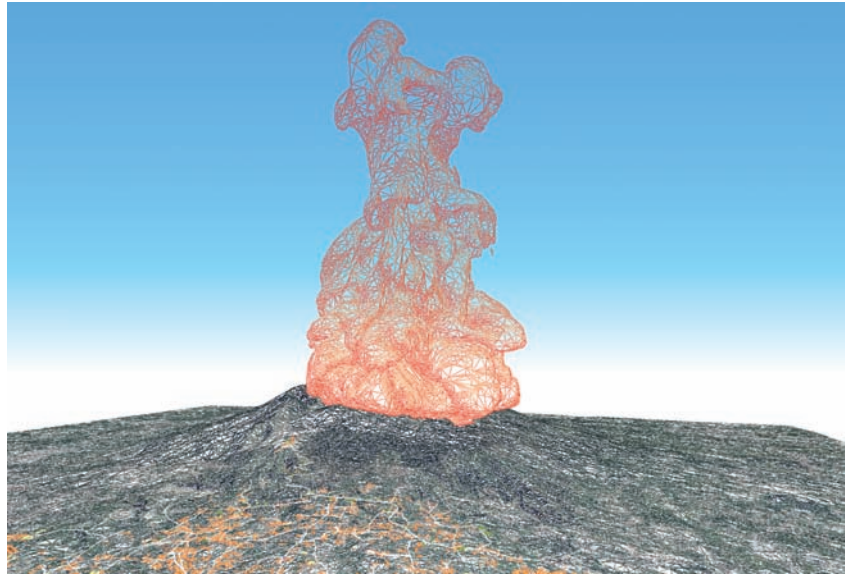
La principale caratteristica di EXPLORIS-A è quella di potersi interfacciare direttamente con i dati grezzi della simulazione, costituiti dai campi scalari e vettoriali relativi alle grandezze simulate (Pressione, Temperatura, Concentrazione e Velocità delle particelle e dei Gas), salvati dalla simulazione ad intervalli regolari (2 secondi di tempo simulato).

EXPLORIS-V invece è uno strumento a più alto livello e consente di integrare in un'unica visualizzazione: i dati sui flussi piroclastici provenienti dalla simulazione; un modello fotorealistico del suolo (*orthofoto*) e il suo profilo topografico (DGM - Digital Elevation Model); e le informazioni geografico-urbastiche (GIS). Grazie a questa integrazione è possibile, ad esempio, visualizzare contemporaneamente il dato della densità abitativa o la rete viaria, e la temperatura del flusso piroclastico in un dato istante.

È anche possibile visualizzare lo scenario in 4D ovvero al variare del tempo, ed interagire real-time col dato stesso. Infine è possibile montare filmati come quelli scaricabili dal *Portale della Ricerca* del Ministero dell'Università e della Ricerca.

Nella figura a lato è mostrato il diagramma di flusso relativo alle varie fasi di trattamento dei dati, dal quale si evince che si tratta di una operazione complessa di per sé, e che richiede strumenti e risorse di tutto rilievo.

Il Progetto EXPLORIS è stato valutato positivamente dalla Comunità Europea, che gli ha dedicato anche un articolo sulla pubblicazione periodica del parlamento europeo, e dalla comunità scientifica che lavora sul

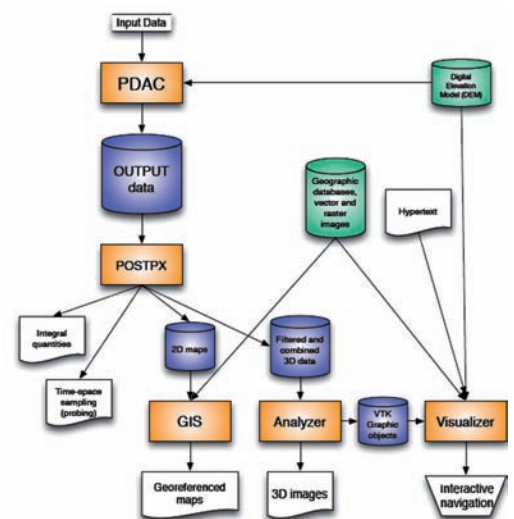


rischio vulcanologico.

In particolare va sottolineato che in EXPLORIS per la prima volta si è tentato di utilizzare un approccio multidisciplinare e quantitativo per definire con maggior accuratezza il rischio vulcanico di una data regione, e per la prima volta sono state effettuate simulazioni su larga scala in 3D dell'evoluzione dei flussi piroclastici.

Il progetto ha attirato l'attenzione della comunità scientifica internazionale: dalla prestigiosa rivista *Geophysical Research Letter*, che ha pubblicato un articolo segnalato tra gli *Highlights*, fino al *Journal of Volcanology and Geothermal Research* che a breve pubblicherà un numero monografico sui risultati conseguiti.

Diagramma flusso relativo al post processing dei dati



Per ulteriori informazioni:

superc@cineca.it

Riferimenti:

<http://exploris.pi.ingv.it/>

http://www.ricercaitaliana.it/grandi_temi/dettaglio_sezione-9.htm

doi:10.1388/notizie-56-02