

# EFFETTI DELLE ERUZIONI VULCANICHE SULLA SALUTE

Nube di cenere sull'Etna  
(Foto NASA)



Testo curato dal dr. Marco Leonardi

## 1.1 I vulcani nel mondo

Nel periodo 1900 – 2001, sono stati registrati nel mondo 174 eventi vulcanici, che hanno provocato la morte di 98376 persone, 11154 feriti, 200.290 senza tetto e 3.672.671 milioni di dollari USA di danni (dati EM-CRED database). Le più gravi eruzioni, in termini di impatto sulla popolazione, verificatesi in epoca storica, sono riassunte nella Tab. 1.

**Tabella 1 – massime eruzioni vulcaniche dal XVIII secolo**

**Da (7) modificato**

VULCANO	DATA DI ERUZIONE	N. MORTI	AGENTE LETALE
LAKI, ISLANDA	1780	39350	la caduta di ceneri uccide gli animali da pascolo, provocando una carestia
UNZEN, GIAPPONE	1792	14300	70% per collasso del cono; 30% per tsunami
TAMBORA, INDONESIA	1815	92000	
KRAKATOA, INDONESIA	1883	36147	70% morirono per tsunami
MONT PELEE, MARTINICA	1902	29025	flussi piroclastici
NEVADO DEL RUIZ, COLOMBIA	1985	23000	valanga

500 milioni di persone al mondo vivono in aree esposte a rischio vulcanico (3). Storicamente, 600 vulcani sono stati attivi nel mondo e più di 100 hanno causato gravi distruzioni in aree popolate (3).

Nell'ambito del programma per la riduzione degli effetti dei disastri naturali negli anni '90 (IDNDR) delle Nazioni Unite sono stati identificati i vulcani più pericolosi al mondo, tra i quali rientrano anche due vulcani italiani (in ordine alfabetico):

Colima (Messico);

**Etna (Italia);**

Galeras (Colombia);

Mauna Loa (USA);

Merapi (Indonesia);

Mount Rainer (USA);  
Nyiragongo (Congo);  
Sakurajima (Giappone);  
Santa Maria (Guatemala);  
Taal (Filippine);  
Teide (Spagna);  
Ulawun (Papua Nuova Guinea);  
Unzen (Giappone);  
**Vesuvio (Italia).**

## 1.2 Vulcani e rischio sanitario

### **1.2.1 Attività vulcanica**

Ogni vulcano presenta peculiarità di comportamento e, di conseguenza, differenti scenari di rischio.

Il dinamismo dei vulcani è suddiviso in questi tipi:

1. tipo hawaiano - lave basiche fluide poco gassificate, colate tranquille;
2. tipo stromboliano - lave più acide, mediamente gassificate, lanci di tufi e colate;
3. tipo vulcaniano - lave ancor più acide, più o meno viscose, con violente degassificazioni.

Dal punto di vista sanitario e di protezione civile, una distinzione essenziale deve essere fatta tra i vulcani ad attività prevalentemente effusiva e quelli ad attività prevalentemente esplosiva.

I vulcani ad attività prevalentemente effusiva si caratterizzano per la produzione di grandi flussi di lava e copiosa emissione di gas con poche ceneri. I vulcani ad attività prevalentemente esplosiva sono invece caratterizzati da attività eruttive violente,

con emissione notevole di proietti piroclastici (vedi capitolo). Molti vulcani alternano, nel corso della propria storia o di una medesima eruzione, attività effusiva ed attività esplosiva.

L'attività vulcanica costituisce un rischio per la salute sotto molteplici aspetti, connessi alla complessità dei fenomeni che accompagnano le eruzioni vulcaniche.

Tali rischi sono sintetizzati nelle Tabelle 2 e 3.

Fondamentalmente devono essere presi in considerazione:

- proiettili balistici;
- flussi di lava;
- flussi piroclastici e valanghe di detriti ;
- lahar;
- emissione di gas;
- emissione di radiazioni ionizzanti;
- attività sismica, tsunami;
- inquinamento ambientale;
- mutamenti climatici;
- caduta di ceneri.

I problemi connessi alla ricaduta di ceneri vulcaniche saranno approfonditi specificamente nel successivo capitolo.



**Tabella 2 – Effetti principali dei fenomeni vulcanici sulla salute (in prossimità del vulcano)**

*Da (5) modificato*

<b>Evento eruttivo</b>	<b>Conseguenze</b>	<b>Impatto sanitario</b>	<b>Azioni preventive</b>
<b>Esplosioni</b>	Esplosione laterale; frammenti di roccia; onda d'urto	Traumi; ustioni cutanee; ferite da frammenti di origine vulcanica	Evacuazione Riduzione dell'esposizione
<b>Espulsioni di cenere calda</b>	Nubi ardenti Flusso e caduta di ceneri Fulmini Incendi dei boschi	Ustioni cutanee e delle vie respiratorie; asfissia; folgorazione; ustioni	Evacuazione
<b>Ghiaccio e neve sciolti, pioggia simultanea all'eruzione</b>	Colate di fango; inondazioni	Annegamenti e sommersione	Evacuazione
<b>Lava</b>	Colate di lava Incendi dei boschi	Sommersione e ustioni	Evacuazione Deviazione del flusso
<b>Emissione di gas: SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HF</b>	Concentrazioni nelle aree a bassa quota e inalazione	Asfissia	Evacuazione Equipaggiament o protettivo
<b>Radon</b>	Esposizione a radiazioni (principalment e radiazioni gamma)	Tumori polmonari	Evacuazione
<b>Sisma</b>	Danni a edifici	Traumi	Evacuazione

**Tabella 3 - Effetti principali dei fenomeni vulcanici sulla salute (a lunga distanza dal vulcano)  
da (5) modificato**

Evento eruttivo	Conseguenze	Impatto sulla comunità	Azioni preventive
<b>Caduta di ceneri</b>	<u><b>Respiratorie</b></u> Inalazione di ceneri finissime (<10 micron di diametro)	Asma; riacutizzazione di malattie respiratorie precedenti	Prove di laboratorio per identificare la composizione chimica del particolato; uso di mascherine ad elevata protezione; protezione di case e uffici dall'infiltrazione di ceneri
	Inalazione di polvere silicea	Silicosi, se esiste un'esposizione elevata e continua (anni): rischi per i lavoratori all'aperto	Analisi di laboratorio per identificare la silice; protezione delle vie respiratorie
	<u><b>Tossiche</b></u> -Ingestione di acqua contaminata da fluoro ed eventualmente da metalli pesanti (cobalto, arsenico)	Disturbi gastrointestinali di diversa gravità, fino alla morte in soggetti vulnerabili (malati cronici)	Analisi di laboratorio per identificare sostanze tossiche; evitare di bere acque superficiali
	Ingestione di alimenti contaminati (come nel caso precedente), incluso il latte	Come nel caso precedente	Analisi di laboratorio per identificare sostanze tossiche; sorveglianza veterinaria; esame del latte
	<u><b>Oculari</b></u> Corpi estranei negli occhi	Congiuntivite; lesioni della cornea	Utilizzo di occhiali protettivi
	<u><b>Meccaniche</b></u> Collasso e caduta di tetti	Traumi	Prevenire l'accumulo di ceneri
	Incidenti stradali (per strade sconnesse e scarsa visibilità)  Danni a motori di aeroplani  Interferenze nelle trasmissioni radio – televisive	Traumi  Traumi  Traumi  Impossibilità di ricevere segnali di allarme	Controllo del traffico    Allarme prima dell'eruzione

	Interruzione dell'erogazione di energia elettrica  Scarsa visibilità	Avarie dei servizi pubblici, sistemi di riscaldamento, ecc  Rallentamento dei mezzi di trasporto d'emergenza; isolamento di edifici; dispersione di persone	Proteggere gli impianti e organizzare squadre di riparazione  Organizzare rifugi di emergenza
<b>Emissione di gas</b>	Pioggia acida	Irritazioni oculari e cutanee; possibile contaminazione tossica	Protezione in caso di pioggia; non utilizzare acqua piovana
<b>Esplosioni/sisma</b>	Tsunami (mareggiate)	Annegamenti	

### **1.2.2 Proiettili balistici**

Frammenti di roccia possono essere scagliati anche a notevole distanza dal cratere, causando lesioni gravi e, se incandescenti, provocare incendi. Sull'Etna, nel 1979, 9 turisti che visitavano il vulcano morirono dopo piccole eruzioni avvenute senza preavviso (3).

### **1.2.3 Flussi di lava**

Le colate di lava hanno una notevole capacità distruttiva, ma progrediscono lentamente ed in modo parzialmente prevedibile. Dove esista quindi un buon sistema di sorveglianza, questi fenomeni provocano solo danni alla proprietà e all'ambiente (es. incendi boschivi) ma raramente causano vittime. Infatti, il lento progresso delle colate laviche permette agevolmente di mettere in sicurezza la popolazione a rischio.



#### **1.2.4 Flussi piroclastici**

I flussi piroclastici sono l'aspetto più pericoloso dei fenomeni vulcanici. Si tratta di miscele di gas, cenere, pietra pomice e rocce spinte per gravità a valle lungo i fianchi del vulcano.

L'eruzione del Monte St. Helens del 1980 ha permesso di studiare a fondo questo fenomeno, e di comprendere anche le dinamiche di altre eruzioni storiche, quale quella di Ercolano e Pompei del 79 d.C.

Generalmente si formano per il collasso di una colonna eruttiva. Essi possono raggiungere velocità da 50 a 150 km/h. La temperatura al centro di questi flussi può essere molto elevata (da 600 a 900°C). Alla periferia, la temperatura può essere notevolmente inferiore, e permettere in alcuni casi la sopravvivenza delle persone investite. E' stato osservato, nel caso del St. Helens e nel corso di studi retrospettivi a Martinica riferiti all'eruzione del 1902, che alcune persone hanno avuto la possibilità di salvarsi rifugiandosi in abitazioni resistenti e con porte e finestre sigillate (3).

L'evacuazione preventiva delle zone a rischio appare tuttavia come l'unica prevenzione possibile, ed è alla base della pianificazione d'emergenza dell'area vesuviana, con riferimento alla "zona rossa" che potrebbe essere parzialmente interessata da flussi piroclastici.

#### **1.2.5 Lahar**

I lahar sono valanghe prodotte dalla miscelazione dell'acqua piovana con ceneri e frammenti di roccia. La valanga del Nevado del Ruiz del 1985 causò la morte di 23000 persone e seppellì la città di Armero, a 48 km di distanza (3). Una parte dell'area vesuviana, indicata nel piano di emergenza come "zona blu", è considerata a rischio di lahar.

### **1.2.6 Emissione di gas**

Un altro fenomeno vulcanico che ha rilevanza sanitaria è l'emissione di gas, sia in corso di eruzione, sia nel periodo di tempo intercorrente tra due eruzioni.

Le principali emissioni riguardano il vapore acqueo, il biossido di carbonio, l'acido solfidrico e il biossido di zolfo; in misura minore acido cloridrico,

acido fluoridrico, monossido di carbonio, idrogeno, elio, radon.

Nel 1986 la liberazione massiva di CO<sub>2</sub> dal fondo di un lago-cratero si verificò nel lago Nyos, in Camerun, causò la morte di 1700 persone (1).

Un pericolo da non sottovalutare è la possibilità di emissione di gas dal suolo di aree vulcaniche. In Italia il fenomeno è presente a Pantelleria, Campi Flegrei, Lazio (2). In data 18 settembre 2001, 29 bovine al pascolo in località Cava de'Selci (Marino), nei Colli Albani, sono morte asfissiate a causa dell'emissione di CO<sub>2</sub> dal suolo.

### **1.2.7 Emissione di radiazioni ionizzanti**

Il radon può essere presente in grandi quantità nella colonna eruttiva, ma in questa forma generalmente non costituisce un rischio elevato (3). Tuttavia, il radon può aderire alle particelle di cenere ed esporre la popolazione a rischio di contaminazione. L'uso di materiali vulcanici in edilizia in alcune parti d'Italia ha portato ad elevati livelli di radioattività all'interno delle abitazioni (3).

### **1.2.8 Attività sismica, tsunami**

Eventi sismici possono precedere e accompagnare l'attività eruttiva. Questi sono generalmente di intensità moderata, ma



possono essere abbastanza superficiali, e provocare danni rilevanti.

Onde di eccezionale altezza (tsunami) possono essere provocate da esplosioni sotterranee, o da collasso di parte della parete dei vulcani.

### **1.2.9 Inquinamento ambientale**

Il più significativo evento di inquinamento ambientale dovuto ad un evento vulcanico in Europa fu nel 1783 quando il Laki in Islanda eruttò, generando livelli di SO<sub>2</sub> (anidride solforosa) 17 volte



superiori all'intera emissione attuale in Europa (17 milioni di tonnellate/giorno) durante le prime 6 settimane dell'eruzione (10). In aggiunta, ingenti quantità di acido fluoridrico e cloridrico vennero prodotte nella prima fase dell'eruzione. In seguito a questa spaventosa emissione, come riportano le cronache dell'epoca, si sviluppò per mesi una vera e propria nebbia sull'Europa centro-settentrionale, che provocò notevoli problemi di salute documentate in Norvegia, Gran Bretagna, Francia, Belgio, Germania e Italia (10).

L'Etna libera in condizioni "di pace" livelli di SO<sub>2</sub> paria a circa 5000 t/die, una quantità comparabile ai livelli della produzione industriale francese (10) mentre Stromboli emette 900 t/die di SO<sub>2</sub> pari a 1/5 dei livelli di produzione domestica e industriale britannica (10).

### **1.2.10 Alterazioni climatiche**

Le eruzioni vulcaniche maggiori possono avere un elevato impatto ambientale alterando il clima. Le eruzioni maggiori eliminano vapore acqueo, biossido di carbonio, biossido di zolfo,

HCl (acido cloridrico), HF (acido fluoridrico) e cenere nell'atmosfera. La CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) è un gas serra e contribuisce al riscaldamento globale. HCl e HF sono solubili e precipitano al suolo sotto forma di piogge acide. La maggior parte della SO<sub>2</sub> è convertita lentamente in acido solforico che si condensa in fine particolato. Questi aerosol sulfurei riflettono le radiazioni solari, raffreddando la troposfera, e assorbono il calore terrestre, riscaldando la stratosfera. Gli aerosol promuovono inoltre la distruzione dell'ozono. Nella troposfera, questi aerosol possono fungere da nuclei per la formazione di cirri nuvolosi, interferendo ulteriormente con l'irraggiamento terrestre. (Volcano Hazards Fact Sheet – Open - File Report 95-85 by Kenneth A. McGee and Terrence M. Gerlach, US Geological Survey).

## 1.3 Vulcanismo italiano

### **1.3.1 Vulcani in Italia**

Nel settore meridionale della penisola italiana, esistono ben sette zone vulcaniche attive. Oltre ai numerosi e noti vulcani superficiali attivi e spenti, esistono i meno noti Magnaghi, Vavilov e Marsili, edifici vulcanici che raggiungono e superano i duemila metri sul fondo del Tirreno, tra la Campania e la Sardegna e diversi con vulcanici si trovano nel Golfo di Napoli.

In Italia i vulcani storicamente attivi sono i seguenti:

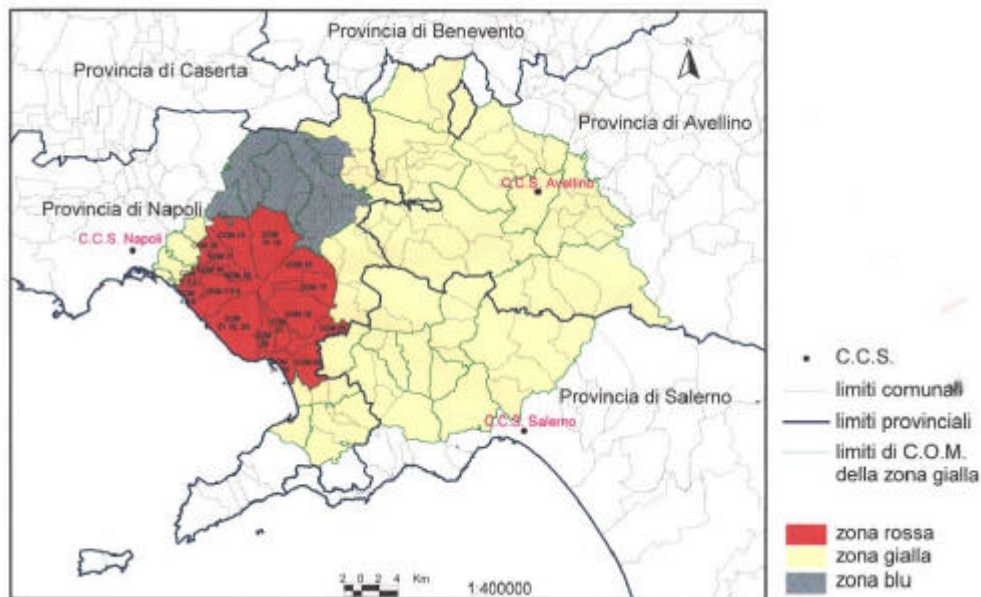
n° 4 a condotto centrale - Etna - Vesuvio - Stromboli – Vulcano

n° 1 vulcano a caldera - Campi Flegrei

n° 1 vulcano a horst – Ischia

n° 3 vulcani d'altro tipo - Isola Ferdinandea - Lipari - Pantelleria.

Oggi le aree a maggior rischio (2 milioni di persone esposte in totale) sono: Vesuvio - Campi Flegrei - Vulcano - Etna.



**Fig. 1: Piano Vesuvio – aree di rischio**

### **1.3.2 Il Vesuvio**

Il complesso vesuviano raggiunge l'altezza massima di 1277 metri e comprende il monte Vesuvio e il monte Somma. Sul monte Vesuvio si trova il cratere attivo. Il monte Somma contorna in parte l'attuale cono del Vesuvio ed è un vulcano da moltissimo tempo estinto.

L'attività del Vesuvio ha sempre seguito uno schema ciclico, alternando eruzioni violente, periodi di attività effusiva, e periodi di riposo che possono durare molti secoli.

Negli ultimi 17.000 anni sono state riconosciute sei eruzioni di tipo pliniano tra le quali memorabile è quella del 79 d.C. che seppellì le città di Ercolano, Pompei e Stabia e causò la morte di Plinio il Vecchio, rimasto sul posto per studiare il fenomeno.

Nel 1631 un'altra eruzione causò la distruzione di 15 centri dell'area vesuviana e la morte di quasi 18.000 persone. Successivamente, il Vesuvio entrò in una fase di attività eruttiva,

che veniva interrotta ogni 40 anni da periodi di riposo della durata di circa 7 anni durante i quali si limitava ad emettere gas. L'attività eruttiva iniziava con la comparsa sul fondo del cratere di scorie e ceneri e con modeste emissioni di lava che lentamente riempivano il cratere in un tempo che variava dai 20 ai 30 anni. I gas rimasti imprigionati comprimevano la colonna di magma nel condotto vulcanico e la pressione aumentava fino a causare la frantumazione del cono vulcanico. Si formavano grandi nubi di cenere e vapore mentre la lava colava dalle fratture. L'eruzione cessava dopo 2 o 3 settimane. Seguivano altri sette anni di riposo, durante i quali si ricostituivano le condizioni per l'inizio di un nuovo periodo di attività.

L'ultima eruzione si è verificata nel marzo del 1944. Sono quindi trascorsi più di 50 anni. Gli scienziati ritengono tuttavia che il Vesuvio si trovi attualmente in uno dei suoi periodi di quiescenza, e che non sia definitivamente spento. Attualmente il condotto è ostruito, situazione in cui il magma si arricchisce di gas e acquista maggiore capacità esplosiva e il pavimento del cratere continua a sprofondare in seguito alla fusione delle rocce più superficiali causata dall'innalzamento del magma nel condotto magmatico.

L'attuale fase di riposo verrà prima o poi interrotta da un'eruzione, che sarà tanto più violenta quanto più tardi si verificherà. Intanto nell'area immediatamente circostante il vulcano si è insediata una popolazione di circa 600.000 abitanti. Per fronteggiare una possibile eruzione del Vesuvio, sulla base dell'evento massimo atteso (paragonabile all'evento del 1631), nel 1995 è stato elaborato, e aggiornato negli anni successivi, un Piano Nazionale per l'evacuazione dell'area vesuviana. Il territorio è stato suddiviso in tre aree di rischio (Fig. 1):

- Zona Rossa, a rischio di colate piroclastiche. Comprende 18 comuni della provincia di Napoli;
- Zona Blu, nella parte settentrionale dell'area vesuviana, soggetta a rischio di lahar;
- Zona Gialla, a rischio di caduta di ceneri tale da provocare crolli di edifici.

Il Piano prevede, in base a diverse fasi di allarme determinate dal manifestarsi di venti precursori dell'eruzione, l'evacuazione totale preventiva della Zona Rossa ed eventualmente, a eruzione iniziata, a seconda dell'evoluzione dell'evento, l'evacuazione parziale della Zona Blu e della Zona Gialla.

### **1.3.3 Campi Flegrei**

La caldera Flegrea ha una storia complessa. L'ultima eruzione del 1538 (Monte Nuovo) è avvenuta dopo circa 3000 anni di quiescenza del vulcano. Sono riconosciuti decine di cicli eruttivi, il più celebre dei quali è l'enorme Espandimento dell'Ignimbrite Campana di 35000 anni fa.

Negli ultimi 20 anni s'è assistito alle crisi bradisismiche del 1970-71 e del 1983-84.

La pericolosità attuale sono possibili eruzioni di modesta energia, con esplosioni freatiche nella Solfatara, surges e colate piroclastiche in aree intensamente abitate.

La sorveglianza sta ricevendo implementazioni e ottimizzazioni, come visto per il Vesuvio.

Attività di prevenzione si sono avute dopo la crisi del 1983-84, con la decisione di sfoltire il centro storico di Pozzuoli, creando nuovi alloggi in zona a rischio molto minore.

### **1.3.4 Vulcano**

La sua pericolosità sta nella presenza di molte eruzioni storiche e preistoriche. L'ultima eruzione grave è avvenuta nel 1888.

Lo scenario di pericolosità mostra 6 cicli d'attività di durata da mesi ad anni, intervallati centinaia di anni l'uno dall'altro, dotati delle seguenti caratteristiche: esplosioni freatiche >> apertura di nuova bocca >> eiezione di materiali solidi, liquidi e gassosi >> fall-out >> surges >> esplosioni >> surges caldissimi >> colata terminale viscosa e breve.

Lo scenario principale è l'apertura di una grande caldera.

### **1.3.5 Etna**

Lo scenario di pericolosità è costituito da colate di lava molto fluida che fuoriesce da fratture radiali e da crateri di alta e bassa quota. Questi ultimi sono i più pericolosi per la minore distanza dai centri abitati (soprattutto nei settori meridionale e orientale dell'Etna). La colata, agli inizi accompagnata da vistosi fenomeni di degassificazione ("fontane di lava"), procede con velocità alte e costanti.

Il Rischio consiste nella possibilità di certe colate di arrivare ai centri abitati e alle campagne coltivate. Si conosce l'invasione delle lave a Catania del XVII° secolo. La Valle del Bove nel settore est-sud-est della montagna è un potenziale serbatoio di ritenzione delle colate.

L'attività di sorveglianza è curata dal GNV tramite l'Istituto Internazionale di vulcanologia di Catania.

Nel recente passato sono stati effettuati due interventi di prevenzione (1983 e 1992) sul decorso delle lave, indirizzati a preliminari sbarramenti e alla deviazione dei percorsi, con lo scopo di diminuire i flussi delle colate e provocarne il progressivo raffreddamento fino ad annullare gli effetti dannosi ai fronti delle colate stesse.

Le modalità operative seguite sono state, in linea principale:

- 1) più lunghi percorsi imposti artificialmente alle colate;

2) risultanze di minori velocità e portate specifiche dei flussi;  
3) maggiori capacità di raffreddamento delle lave nelle porzioni superficiali; 4) formazione repentina di scorie e croste di lava solida, adatta per formare a tergo momentanei ristagni, perdite di flusso e solidificazioni, con generali rallentamenti dei flussi. Il tutto si ottiene creando sbarramenti artificiali, deviazione e ramificazione dei percorsi, incanalamento delle colate in nuovi alvei appositamente costruiti.