RACCE

Raising earthquake Awareness & Coping Children's Emotions

Theoretical Handbook

Supervisore scientifico
Fassoulas Charalampos
Coordinatore, Supervisore del Dipartimento di Geodiversità del Museo di Storia Naturale di Creta

Progettazione del materiale didattico
Archontaki Christina
Museo di Storia Naturale di Creta, Università di Creta
Kourou Asimina
Supervisore dell'Organizzazione di Pianificazione della Protezione sismica, Grecia
Dilyana Biandova
Centro di Iniziative Educative, Bulgaria
Nave Rosella
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione Osservatorio Vesuviano, Italia
Sansivero Fabio
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione Osservatorio Vesuviano, Italia

Autori
Gountromichou Chrysa
Organizzazione di Pianificazione della Protezione sismica, Grecia
Isaia Roberto
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione Osservatorio Vesuviano, Italia
Koumoula Anastasia
Direttore della Clinica psico-pediatrica Sismanogleiuo dell'Ospedale di Atene
Kourou Asimina
Supervisore dell'Organizzazione di Pianificazione della Protezione sismica, Grecia
Lalechos Spyros
Organizzazione di Pianificazione della Protezione sismica, Grecia
Margarita Dishkova
Centro di Iniziative Educative, Bulgaria
Nave Rosella
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione Osservatorio Vesuviano, Italia
Panagiotopoulou Dionysia
Organizzazione di Pianificazione della Protezione sismica, Grecia
Panoutsopoulou Maria
Organizzazione di Pianificazione della Protezione sismica, Grecia
Sansivero Fabio
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione Osservatorio Vesuviano, Italia

Editing
Archontaki Christina
Museo di Storia Naturale di Creta, Università di Creta
Elka Zlateva
Centro di Iniziative Educative, Sofia, Bulgaria
Vasileiadou Katerina
Museo di Storia Naturale della Foresta Pietrificata di Lesbo, Grecia
Sansivero Fabio
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione Osservatorio Vesuviano, Italia

Produzione

Progetto cofinanziato dall'Unione Europea
Strumento Finanziario della Protezione Civile
Agreement n. 70401/2010/579066/SUB/C4

COORDINATORE E PARTNERS DEL PROGETTO RACCE

Il progetto europeo di Protezione Civile RACCE (Raising earthquake Awareness and Coping Children's Emotions) è coordinato dal **Museo di Storia Naturale di Creta** (Università di Creta) e il partenariato è costituito da più di due partner dalla Grecia, il **Museo di Storia Naturale della Foresta Pietrificata di Lesbo** e l'**Organizzazione per la Pianificazione della Protezione sismica** (EPPO).
Partecipano al progetto: dall'Italia il **Centro Studi e Formazione Villa Montesca** e l'**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione di Napoli, Osservatorio Vesuviano**, dalla Bulgaria il **Centro di Iniziative Educative** e dalla Francia l'**Associazione per la gestione della Riserva Naturale Geologica dell'Alta Provenza**.

Questo Kit educativo "Terremoti e Vulcani", così come tutti gli altri prodotti del progetto sono il frutto della collaborazione dello staff di progetto così come di esperti specializzati.

Lo staff di progetto è qui di seguito descritto, diviso in base ad ogni singola organizzazione partner:

Università di Creta - Museo di Storia Naturale di Creta, Grecia (Coordinatore)

Charalampos Fassoulas, Geologo, Coordinatore, Capo del Dipartimento di Geodiversità del Museo di Storia Naturale di Creta, Università di Creta
Katerina Voreadou, Biologo, Capo del Dipartimento Educativo e del Laboratorio di Idrobiologia del Museo di Storia Naturale di Creta
Christina Archontaki, Ambientalista, Museo di Storia Naturale di Creta, Università di Creta
Chatzinikolaki Eleni, Esperta di educazione del Museo di Storia Naturale di Creta, Università di Creta
Klairi Georgila, Geologo del Museo di Storia Naturale di Creta, Università di Creta

Museo di Storia Naturale della Foresta Pietrificata di Lesbo, Grecia

Nikolaos Zouros, Professore associato dell'Università dell'Egeo e Direttore del Museo
Ilias Valiakos, Geologo
Ntina Mpentana, Geologo
Katerina Vasileiadou, Geologo
Dimitris Mpatsios, Esperto di informatica

Centro Studi e Formazione Villa Montesca (CSFVM), Italia

Maria Rita Bracchini, esperta di educazione e di didattica problem based learning, project manager, capo dell'unità progetti europei del CSFVM.
Fabrizio Boldrini, esperto di educazione e di open e cooperative learning, project manager, direttore scientifico del CSFVM.
Virginia Marconi, esperta di networking di progetti europei, unità progetti europei del CSFVM
Marco Conti, docente di scienze, esperto di didattica sulla protezione civile, CSFVM
Mauro Luciani, psicologo, professore di psicologia sociale presso l'Università di Perugia

Organizzazione per la Pianificazione e la Protezione sismica (EPPO), Grecia

Asimina Kourou, Geologo, Capo del Dipartimento Educazione e Informazione di EPPO
Chrysa Gountromichou, Geologo, Capo del Dipartimento dei Piani di Emergenza di EPPO
Spyros Lalechos, Geologo, Capo del Dipartimento sismo-tettonico di EPPO
Dionysia Panagiotopoulou, Ingegnere civile, Capo del Dipartimento di Ingegneria dei terremoti di EPPO
Maria Panoutsopoulou, Ingegnere Civile, Capo del Dipartimento di Pianificazione di EPPO

Centro di Iniziative Educative (CEI), Bulgaria

Margarita Dishkova, Esperta di educazione e docente
Elka Zlateva, Esperta di educazione e docente
Petar Tsvetkov, Esperto di educazione e docente
Emil Jassim, Network delle Scuole
Dilyana Byandova, Design dei materiali educativi
Tzvetan Tzvetanski, Esperto di educazione e docente

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano, Italia

Rosella Nave, Geologo, Vulcanologa, esperta in Divulgazione Scientifica INGV
Fabio Sansivero, Geologo Vulcanologo INGV
Roberto Isaia, Geologo Vulcanologo INGV

Associazione per la gestione della Riserva Naturale Geologica dell'Alta Provenza, Francia

Marie-Jo Soncini, Geologo, Esperta di educazione
Anne Gibelin, Designer
Sylvie Giraud, Esperta finanziaria
Guy Martini, Direttore di RNGHP, Geologo
Joelle Gamet, Geologo

Theorethical Handbook - sommario

1. Fenomeni Naturali Terremoti e Vulcani

1.1 Fenomeni naturali
1.2 Disastri naturali
1.3 Miti e storie
- **1.3.1** Miti sui terremoti
- **1.3.2** Miti sui vulcani

2. Dove avvengono attività sismica e vulcanica

2.1 Struttura della Terra
- **2.1.1** I componenti del sistema terrestre
- **2.1.2** La struttura interna della Terra

2.2 Le placche litosferiche

3. Terremoti - Vulcani

3.1 Terremoti

3.1.1 Cos'è un terremoto ?
3.1.2 Onde sismiche
2.1.3 Come misurare i terremoti
2.1.4 Rischio sismico
2.1.5 Sorveglianza sismica
2.1.6 Cos'è uno Tsunami
2.1.7 Terremoti e tsunami famosi
2.1.8 Misure di prevenzione
2.1.9 Glossario simologico

3.2 Vulcani

3.2.1 Eruzioni vulcaniche e fenomeni correlati
3.2.2 Tipi di vulcano
2.2.3 Rocce vulcaniche
2.2.4 Rischio vulcanico
2.2.5 Sorveglianza dei vulcani
2.2.6 Principali vulcani attivi nel Mediterraneo
2.2.7 Misure di prevenzione
2.2.8 Glossario vulcanologico

4. Conseguenze psicosociali

4.1 In caso di terremoto
- **4.1.1** La reazione dei genitori
- **4.1.2** Il ruolo degli insegnanti

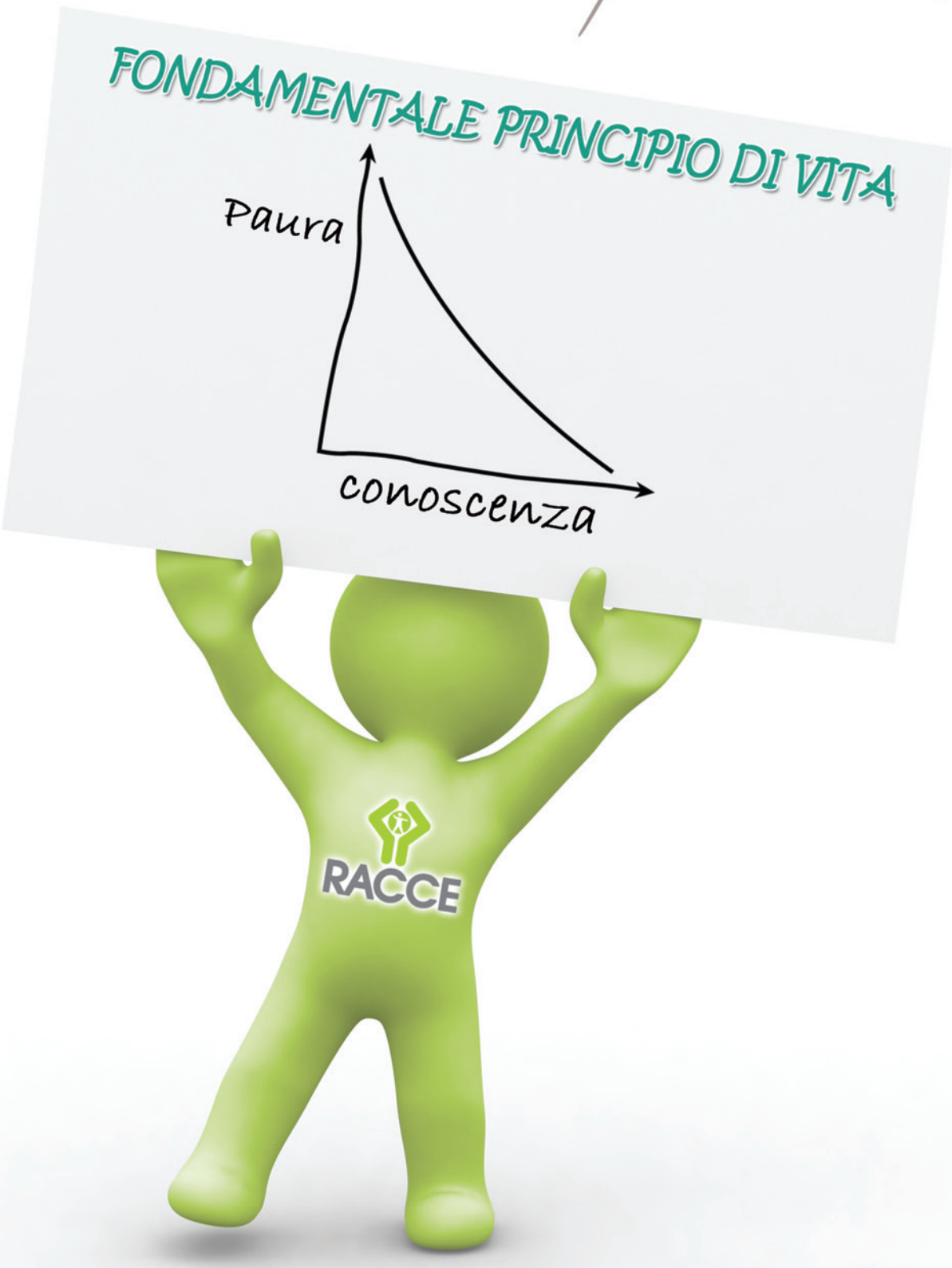
4.2 In caso di eruzione vulcanica

5. Approfondimento

RACCE

Raising earthquake Awareness & Coping Children's Emotions

Theoretical Handbook



1. Fenomeni Naturali Terremoti e Vulcani

La Terra è un pianeta vivo, dinamico e pericoloso e la sua attività genera fenomeni naturali pericolosi

I rischi naturali sono generati da eventi naturali pericolosi come terremoti, frane, attività vulcanica ed inondazioni. Il rischio espone la società al pericolo dovuto non solo a fenomeni naturali, ma anche alle modifiche antropiche al territorio e alla sua vulnerabilità a tali fenomeni. Essi accadono in tutto il pianeta e il loro impatto può essere maggiore nei paesi in via di sviluppo dove, a prescindere dalle condizioni geologiche e geomorfologiche, la vulnerabilità ai disastri naturali è alta a causa delle precarie condizioni economiche, sociali, politiche e culturali.

1.1 Fenomeni naturali

L'interazione degli elementi che compongono la terra (le geosfera, l'idrosfera e l'atmosfera) crea una serie di fenomeni naturali che producono effetti sul nostro pianeta, che a volte possono avere un impatto anche catastrofico sull'uomo. Tra gli esempi più comuni di fenomeni naturali si possono individuare:

- fenomeni geologici (attività vulcanica e terremoti);
- fenomeni climatici (uragani, tempeste e tornado)
- fenomeni oceanografici (tsunami, correnti oceaniche ed onde improvvise)

1.2 Disastri naturali

La definizione di disastro naturale fornita dall'ONU/ISDR (Programma Internazionale delle Nazioni Unite per la riduzione dei disastri) è una delle più appropriate:

"*Un disastro è un evento improvviso e calamitoso che causa seri sconvolgimenti nel normale funzionamento di una comunità o società con perdite umane, materiali, economiche e/o ambientali su vasta scala che sovrastano la capacità della comunità colpita di far fronte a tale emergenza con l'utilizzo del proprio livello di risorse*" (Fonte UN/ISDR 2004);

Seguendo la definizione di disastro naturale fornita dall'ONU, i disastri naturali possono essere divisi in tre gruppi specifici: disastri **climatici**, disastri **geologici** e disastri **biologici**.

I disastri geologici sono fenomeni naturali spesso improvvisi che possono causare il ferimento o la perdita di vite umane, danni alle cose, lo sconvolgimento del sistema socio-economico e dell'ambiente ed includono anche terremoti, tsunami e eruzioni vulcaniche.

Lo stesso tipo di evento può causare gravi perdite economiche nei paesi più sviluppati, mentre in quelli più poveri la perdita di vite umane ed il peggioramento delle condizioni di vita. In entrambi i casi, la gravità di questi eventi è influenzata dalla mancanza di adeguate azioni per mitigare il loro impatto. Inoltre, la mancanza di una pianificazione di sviluppo integrato del sistema uomo-ambiente limita ulteriormente la capacità di rapido recupero delle comunità colpite. Le vulnerabilità dell'uomo ai disastri naturali è spesso dovuta alla mancanza di conoscenza non solo del fenomeno naturale, ma anche della sua pericolosità e delle possibili misure da adottare per limitarne l'impatto.

1.2 Miti e storie

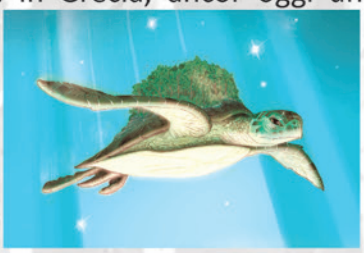
Per migliaia di anni le antiche civiltà hanno tentato di spiegare il motivo della causa di fenomeni geologici, come le periodiche scosse di terremoto. Non avendo le conoscenze scientifiche attuali, tentarono di farlo tramite racconti e leggende.

1.3.Miti sui terremoti

Se ragionassimo, sulla base della conoscenze moderne, sul perché la terra trema, i miti sui terremoti ci potrebbero sembrare divertenti e insensati. Ma un tempo erano comuni a diverse culture e rappresentavano un tentativo di comprendere quegli eventi naturali che potevano influenzare così enormemente la vita dei popoli antichi.

Grecia

Nella mitologia greca, Enceladus era uno dei Giganti, gli enormi figli di Gaia (Terra). Egli fu ucciso da una lancia scagliata dalla Dea Atena e seppellito nell'isola di Sicilia, sotto il monte Etna. Le eruzioni vulcaniche dell'Etna si diceva fossero i respiri del gigante Enceladus, il quale rivoltandosi sulla sua parte ferita sotto la montagna ne causava i continui tremori. In Grecia, ancor oggi un



Sud California

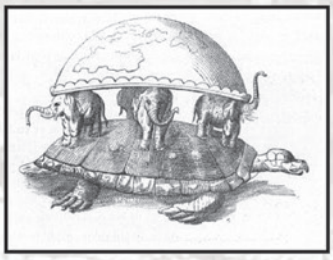
Gli indiani americani credevano che quando la maggior parte del pianeta era costituita da acqua, lo Spirito Supremo decise di creare un bellissimo paesaggio con laghi e fiumi trasportato sulla schiena da tartarughe. Un giorno le tartarughe ebbero una lite e tre di loro iniziarono a nuotare verso est e le altre tre verso ovest: la terra tremò e si generò un'enorme frattura con un forte boato. Le tartarughe non poterono nuotare oltre a causa del peso della terra sulle loro spalle e, constatando che non era possibile continuare, smisero di litigare e fecero pace. Quando, di tanto in tanto, le tartarughe che sostengono la California litigano tra loro, allora la terra trema.

Giappone

In Giappone si credeva che un enorme pesce gatto vivesse nel fango al di sotto della crosta terrestre. Questo pesce gatto veniva costantemente sorvegliato dal Dio Kashima che proteggeva il Giappone dai terremoti. Sin quando Kashima teneva una enorme roccia dai magici poteri sopra al pesce gatto la Terra rimaneva quieta, ma non appena allentava la sua guardia, il pesce gatto si agitava, causando terremoti.

India

In alcune culture indiane, secondo la credenza popolare, la Terra era una enorme piattaforma supportata da otto poderosi elefanti. I terremoti si manifestavano ogni qualvolta uno di questi elefanti si stancava ed abbassava la testa compromettendo così l'equilibrio della Terra stessa. Secondo altre leggende, la Terra era sostenuta da quattro elefanti in equilibrio sul dorso di una tartaruga che a sua volta era in equilibrio sopra ad un cobra ed il movimento di uno di questi animali causava un terremoto.



Italia

Secondo la tradizione latina, i terremoti che accadevano nell'isola di Ischia, nel sud Italia, erano dovuti alle contorsioni di Tifeo, un gigante ribellatosi a Giove e condannato a giacere sotto l'isola.

Nuova Zelanda

In Nuova Zelanda si credeva che Madre Terra avesse un figlio nel suo grembo, il dio Ru, che causava terremoti ogni qualvolta si agitava e scalciava.

Le teorie dei Filosofi Greci

Il primo tentativo di spiegare i terremoti e i vulcani senza alcun riferimento alla mitologia è da attribuire ai filosofi greci. Aristotele teorizzava che i terremoti fossero causati da venti interni alla Terra che avevano origine dal suo stesso calore e da quello del sole mentre i vulcani rappresentavano i punti estremi dai quali questi venti uscivano finalmente dalla Terra verso l'atmosfera. Tale concetto costituì la base per le più elaborate teorie dei tempi antichi. Talete da Mileto (VI sec. a.c.) sosteneva che l'agitarsi delle acque del grande mare nel quale galleggiava la Terra fosse causa di terremoti.

1.3.2 Miti sui vulcani

La parola 'Vulcano' ha origine dalla piccola isola di Vulcano nel Mar Mediterraneo al largo della Sicilia. Nel corso della storia, i vulcani sono stati spesso identificati con il dio Vulcano ed altre figure mitologiche.

Le esalazioni vulcaniche, gas vulcanici rilasciati naturalmente da vulcani attivi e quiescenti, un tempo erano attribuite dai poeti alla fucina del dio Vulcano.

Vulcano, Dio romano del fuoco

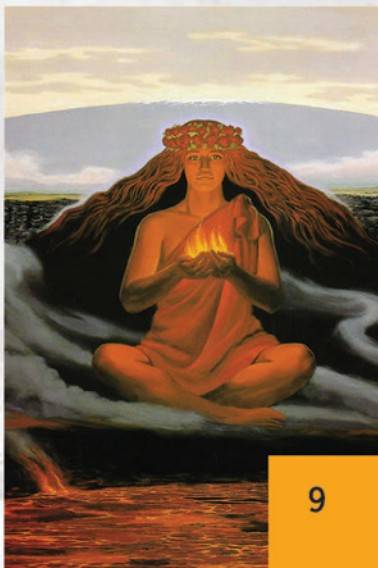
Secoli fa, i popoli latini credevano che l'isola di Vulcano fosse la ciminiera della forgia del dio Vulcano, il fabbro degli dei romani. Per loro, i frammenti di lava rovente e le nuvole di cenere emesse da Vulcano provenivano dalla forgia del dio Vulcano mentre creava fulmini per Giove, re degli dei, e armi per Marte, dio della guerra.

Efesto, Dio greco del fuoco e della forgia.

Nella mitologia greca Efesto, figlio di Zeus e di Era, è il dio della forgia e del fuoco ed usava un vulcano come sua forgia. Mentre lavorava, scintille e fiamme uscivano dai vulcani nei quali operava.

Pele, Dea hawaiana dei vulcani

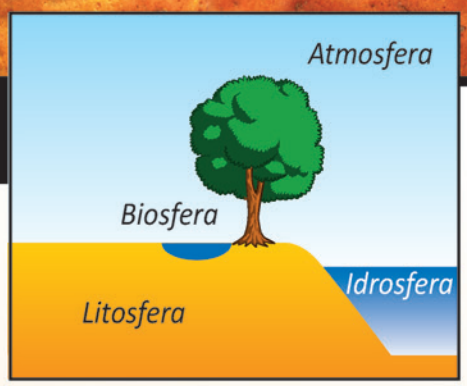
Secondo le leggende hawaiane, le eruzioni erano causate da Pele, la bella ma impetuosa dea dei vulcani, durante i suoi frequenti momenti di rabbia. Pele era al contempo venerata e temuta e la sua smisurata potenza e le sue molte avventure spiccavano in antiche canzoni e filastrocche hawaiane. Poteva causare terremoti sbattendo i piedi a terra mentre armeggiando con il Pa'oe, il bastone magico, dava origine ad eruzioni e gravi devastazioni. Una leggenda molto diffusa descrive la lunga ed aspra lite tra Pele e la sorella maggiore Namakahokahai che portò alla creazione dell'arcipelago delle isole Hawaii.



2. Dove avvengono Attività Sismica e Vulcanica

2.1 Struttura della Terra

La comprensione dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche implica una rappresentazione più dettagliata della struttura interna della Terra.



2.1 Struttura della Terra

Il Pianeta Terra è un sistema dinamico in continua trasformazione a causa della continua interazione tra materia e energia. Esso include i seguenti sottosistemi:

La *geosfera* - la terra solida che include tutti i materiali che costituiscono la crosta, il mantello e il nucleo.

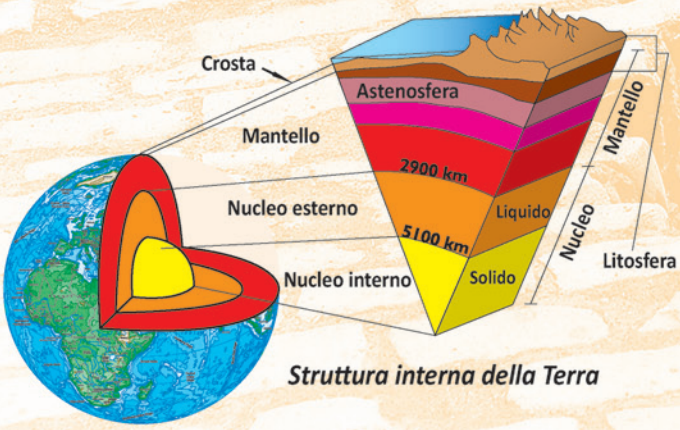
L'*idrosfera* - tutte le acque della Terra (oceani, fiumi, laghi, acque sotterranee ecc.) compresi ghiacciai ed altre acque congelate.

L'*atmosfera* - la strato gassoso che circonda la Terra (ossigeno, idrogeno, diossido di carbonio ecc.).

La *biosfera* - la somma di tutta la materia vivente sulla Terra.

2.1.2. La struttura interna della Terra

La struttura interna della Terra è a strati ed ognuno di essi può essere definito in base alle sue proprietà chimiche e fisiche. La Terra è costituita da una crosta esterna, densa e prevalentemente silicatica, un mantello solido ma a comportamento fortemente viscoso, un nucleo liquido esterno, meno viscoso del mantello, ed un nucleo interno solido. La conoscenza della struttura interna della Terra è basata sull'osservazione di rocce in affioramento, campioni portati in superficie dall'attività vulcanica, analisi delle onde sismiche che penetrano la Terra, studio del campo gravitazionale terrestre, esperimenti di laboratorio su rocce a pressioni e temperature caratteristiche di elevate profondità e dallo studio di meteoriti che provengono da frammenti di altri pianeti.



Struttura interna della Terra

La crosta della Terra è composta da una grande varietà di rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie. I principali elementi che la costituiscono sono Alluminio (Al), Magnesio (Mg), Silicio (Si) e Ossigeno (O) ed è suddivisa in crosta continentale e oceanica. Ha uno spessore che varia da pochi chilometri sotto gli oceani a diverse decine di chilometri sotto i continenti.

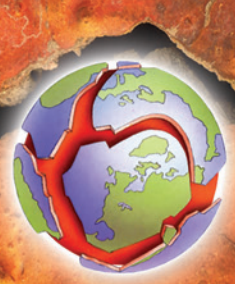
La crosta ha come strato sottostante il mantello il quale occupa circa l'84 % del volume terrestre ed è composto da rocce ricche di Magnesio e Ferro (Fe) come la peridotite, una roccia più densa di quelle comunemente presenti nella crosta sovrastante. Il confine tra la crosta ed il mantello è convenzionalmente collocato in corrispondenza della discontinuità di Mohorovicic (più comunemente Moho), un confine definito da una discontinuità nella velocità di propagazione delle onde sismiche.

Il mantello, a sua volta, si divide in due strati: il mantello superiore (fino ad una profondità di circa 680 km) e il mantello inferiore (fino a circa 2900 km di profondità) che ha densità maggiore.

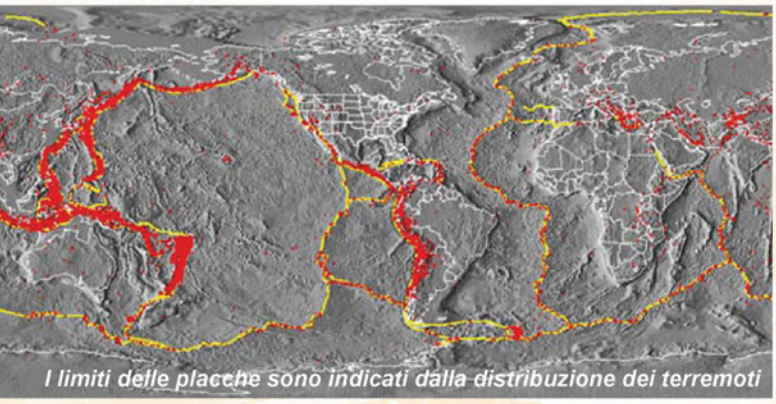
Il nucleo della Terra inizia dalla profondità di 2900 km (discontinuità di Gutemberg) ed è suddiviso in due parti, entrambe costituite prevalentemente da Ferro (Fe) e Nickel (Ni). Il nucleo esterno è liquido e per questo motivo le onde sismiche S si attenuano in esso. Il nucleo interno è solido. La temperatura massima è considerata simile a quella della superficie solare, cioè circa 5.500 ° C.

La crosta e una parte del mantello (fino a circa 100 km nelle zone oceaniche e 130 km in quelle continentali) costituiscono la litosfera. A comportamento di tipo rigido e quindi fragile, la litosfera è suddivisa in una serie di placche tettoniche. L'astenosfera è la porzione di mantello, al disotto della litosfera, che raggiunge circa 350 km di profondità ed è carraterizzata da rocce parzialmente fuse.

2.2 Le placche litosferiche



In generale, i terremoti e i vulcani si manifestano in aree specifiche ed è facile notare come la distribuzione della maggior parte di essi indichi uno schema ben preciso che è stato dimostrato riflettere i processi tettonici della Terra.

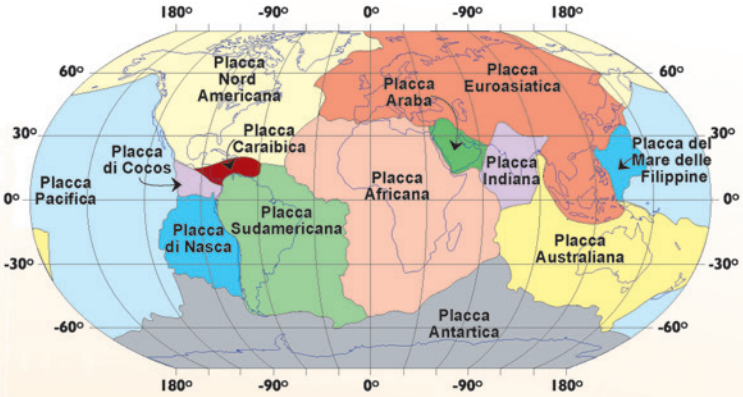


I limiti delle placche sono indicati dalla distribuzione dei terremoti

Infatti i terremoti e le eruzioni vulcaniche si verificano frequentemente lungo i margini delle cosiddette placche tettoniche o litosferiche terrestri. A causa del continuo movimento delle placche, le forti tensioni meccaniche che si concentrano ai loro margini, causano la fatturazione e lo spostamento delle rocce che le costituiscono, generando terremoti. Allo stesso tempo, si creano in alcuni casi le condizioni per favorire la risalita del magma e la nascita di vulcani. Ma qual è la forza che guida i movimenti delle placche? Si è dimostrato che le placche tettoniche o litosferiche si muovono costantemente in varie direzioni e velocità sulla superficie terrestre seguendo il movimento delle correnti convettive originatesi nell'astenosfera sottostante. Le alte temperature del nucleo contribuiscono ad innescare moti convettivi nel mantello che provocano spostamenti di massa verso l'alto. Una volta a contatto con la crosta più fredda la temperatura diminuisce e lo spostamento procede prima orizzontalmente e poi verso il basso, trascinando con sé porzioni di placche litosferiche.

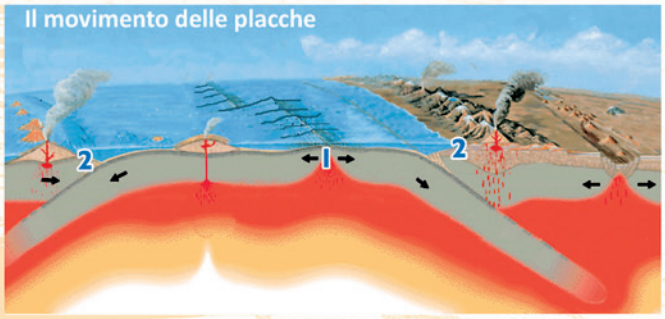
I margini delle placche litosferiche si possono classificare in base al loro movimento che può essere principalmente di tre tipi:

Margine divergente (1): le correnti convettive che risalgono dal mantello possono causare l'allontanamento di porzioni di placche litosferiche generando fratture che sono sede di attività



Le principali placche litosferiche della Terra

vulcanica e sismica. In corrispondenza di aree continentali si generano fosse tettoniche, ovvero depressioni generate da sistemi di fratture tipicamente a gradinata, associate a vulcanismo. Nei fondali oceanici l'intensa attività vulcanica genera vere e proprie dorsali costituite da catene di vulcani.



Margine convergente (2): si ha quando due placche si muovo una contro l'altra e si possono verificare due casi. a. la placca più densa (oceanica) affonda sotto l'altra (continentale) generando una zona di subduzione, caratterizzata da sismicità e intenso vulcanismo. In corrispondenza della placca oceanica si crea una fossa tettonica e sulla placca continentale un arco vulcanico (sistema arco-fossa). L'attività vulcanica è dovuta alla risalita di magma originatosi dalla fusione della placca oceanica in subduzione. Se la collisione interessa due placche oceaniche si ha la subduzione di quella più densa e si genera un arco vulcanico insulare. In altri casi si può verificare che la collisione interessi due placche continentali dando quindi origine ad una nuova catena montuosa (orogenesi). L'attività simica associata a tale collisione è generalmente molto intensa.

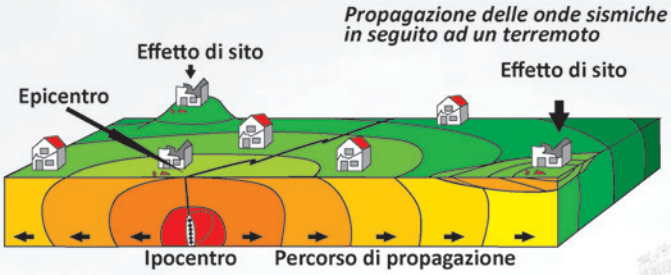
Margine trasforme: si ha quando due placche si muovono slittano l'una accanto all'altra creando sistemi di faglie trascorrenti che sono luogo di forti terremoti.

3. Terremoti Vulcani

3.1.1 Cos'è un terremoto ?

Un terremoto è uno tremore della superficie terrestre che deve la sua origine alle forze interne del nostro pianeta. In termini tecnici è uno scuotimento del terreno originato da un improvviso rilascio di energia dovuto al movimento di una faglia o ad attività vulcanica

Tipi di terremoti in relazione alla loro origine:



1. Tettonici: questi terremoti sono causati dalla rottura di strati di roccia legata alla dinamica delle placche litosferiche e rappresentano la maggior parte dei terremoti sulla Terra
2. Vulcanici: questi terremoti sono legati alla presenza di attività vulcanica

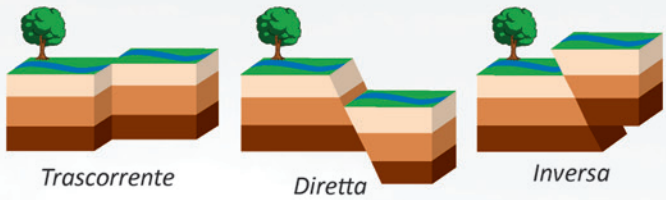
Tipi di terremoti in relazione alla loro profondità ipocentrale:

I. superficiali: la profondità di origine del terremoto è meno di 60 km
II. intermedi: la profondità di origine del terremoto è tra i 60 e i 300 km
III. profondi: la profondità di origine del terremoto è a più di 300 km

Come si generano i terremoti tettonici?

A seguito delle sollecitazioni subite, le rocce possono reagire in modo elastico per un certo periodo per poi cedere fratturandosi. Quando nelle rocce soggette a rottura si genera una dislocazione della roccia originaria in due blocchi lungo una superficie si genera una faglia. La superficie è detta piano di faglia e la dislocazione comporta liberazione di energia sotto forma di onde sismiche. Successivamente nel tempo si possono concentrare progressive sollecitazioni in corrispondenza del piano di faglia generando elevata frizione tra i blocchi fino a giungere ad un'ulteriore rottura e quindi ad un nuovo terremoto. Generalmente più lungo è il periodo di tempo che intercorre tra una rottura e la successiva, più forte sarà il conseguente terremoto.
L'area in cui inizia a propagarsi la frattura che da origine al terremoto è chiamata ipocentro o fuoco. La sua proiezione sulla superficie terrestre è chiamata epicentro.

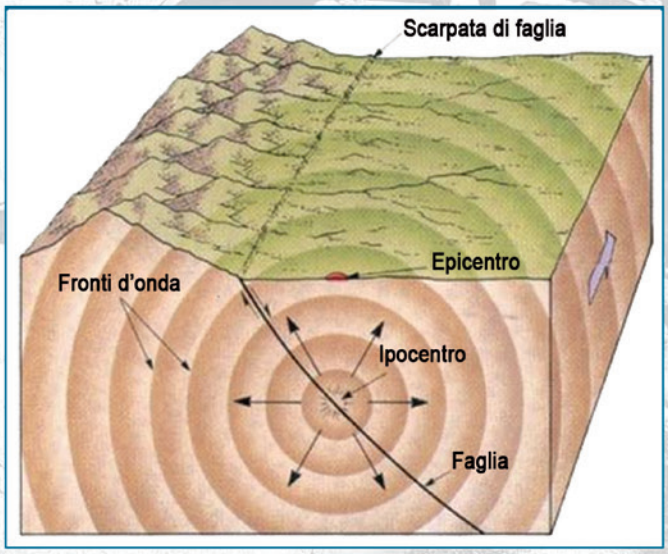
Tipi di faglie:



I. ***Faglia trascorrente***: il piano di faglia è quasi verticale e i due blocchi scivolano parallelamente tra loro, in direzioni opposte senza significativi spostamenti verticali.

2. ***Faglia diretta***: il piano di faglia è inclinato e il blocco sopra il piano di faglia si muove verso il basso. Si crea in aree in cui vi sono sollecitazioni che comportano la distensione delle rocce.

3. ***Faglia inversa***: il piano di faglia è inclinato e il blocco sopra il piano di faglia si muove verso l'alto sovrapponendosi al blocco inferiore. Si genera in aree in cui vi è una regime di sollecitazioni che comportano la compressione delle rocce. Quando il piano di faglia è a basso angolo lo spostamento del blocco superiore genera un sovrascorrimento.



3.1.2 Onde sismiche

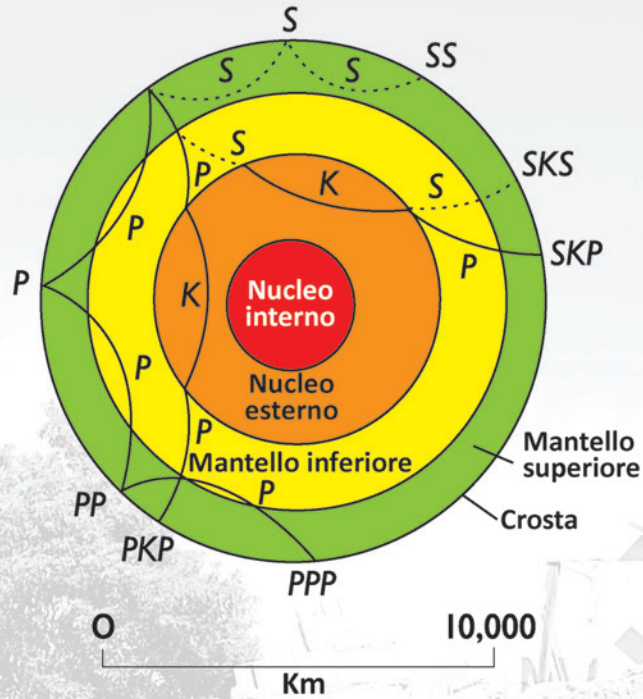
Cosa sono le onde sismiche?

Quando si verifica una frattura nella crosta terrestre viene rilasciata energia sotto forma di vibrazioni chiamate onde sismiche che sono registrate da strumenti chiamati sismografi e rappresentate in grafici detti sismogrammi. Esse trasportano l'energia all'interno della Terra e sulla sua superficie e si propagano in tutte le direzioni fino ad indebolirsi allontanandosi dall'ipocentro.
Le onde sismiche sono di diverso tipo: le onde di superficie che si propagano sulla superficie terrestre e quelle che passano attraverso il suo interno che vengono chiamate onde di volume.

Le ***onde di superficie*** si trasmettono solo attraverso la superficie terrestre ed hanno una frequenza più bassa rispetto alle onde di volume, rendendole così facilmente identificabili su un sismogramma. Sebbene arrivino sempre dopo le onde di volume, le onde di superficie sono le principali responsabili di danni e distruzioni associate ai terremoti.
Le onde di superficie si dividono in **onde di Rayleigh** e **onde di Love**. Le onde di Love sono le più veloci e generano uno spostamento orizzontale del terreno confinato esclusivamente alla superficie della crosta terrestre. Le onde di Rayleigh si muovono lungo la superficie terrestre secondo ellissi perpendicolari alla superficie proprio come le onde in un lago o in un oceano.
Viaggiando all'interno della Terra, le onde di volume arrivano prima delle onde di superficie ed hanno una frequenza più alta. Si suddividono in primarie (P) e secondarie (S).

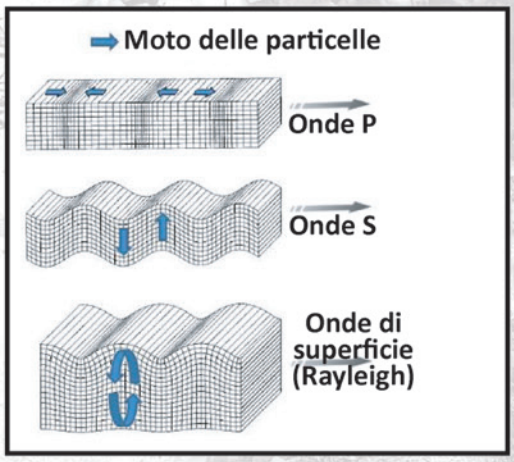
Le ***onde primarie P*** si propagano in ogni tipo di materia (solida, liquida o gassosa) e sono le onde più veloci dunque sono le prime ad essere avvertite dai sismografi. Sono onde di compressione, ovvero comprimono e dilatano la materia alternativamente nella direzione di propagazione delle onde.

Le ***onde secondarie S***, dette anche onde trasversali, possono diffondersi solo attraverso materia solida e dislocano la materia perpendicolarmente rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.



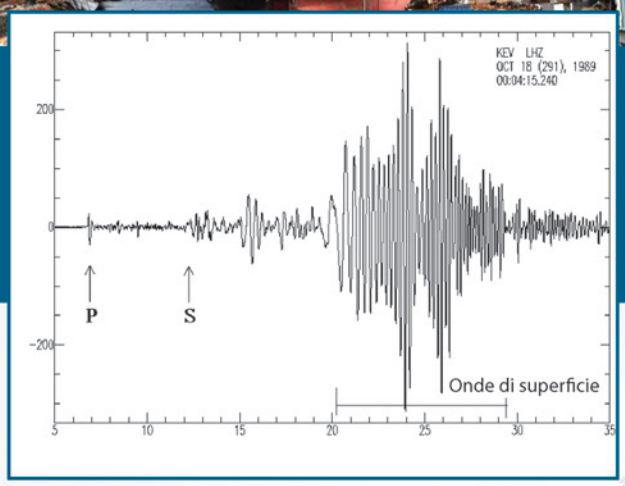
Propagazione delle onde sismiche all'interno della Terra

La differenza nei tempi di arrivo delle onde P e onde S ad un dato sismografo può essere utilizzata in sismologia per determinare la distanza del sismografo dall'epicentro del terremoto e quindi è un valido strumento di Early Warning.
Le onde sismiche si trasmettono all'interno della Terra secondo percorsi radiali che vengono deviati quando incontrano discontinuità dovute a differente densità e composizione delle rocce attraversate. Tale caratteristica ha permesso agli scienziati di avere interessanti informazioni sulle caratteristiche delle porzioni più interne della Terra.

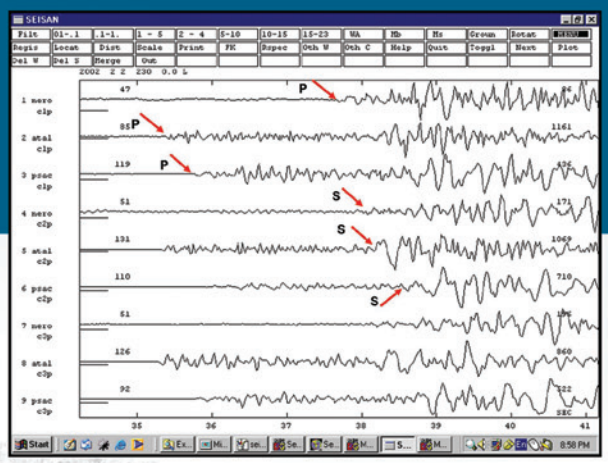


Lo spostamento delle particelle di un mezzo attraversato da onde P, S e di superficie

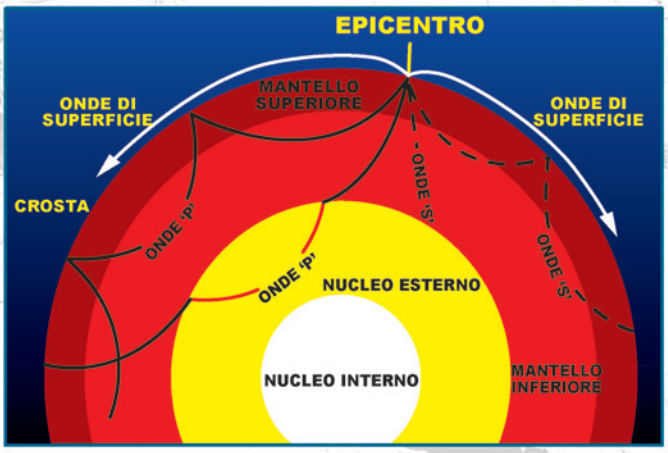
3.1.3 Come misurare i terremoti



Le onde sismiche generate dai terremoti vengono rilevate, registrate e misurate da strumenti chiamati sismografi. La rappresentazione grafica della registrazione del sismografo è chiamata **sismogramma** e riflette il moto del suolo in corrispondenza dello strumento. Dai dati prodotti dai sismografi si possono determinare la posizione dell'epicentro ed ipocentro e stimare l'energia rilasciata dal terremoto



Identificazione dei tempi di arrivo delle onde P e S su un sismogrmma

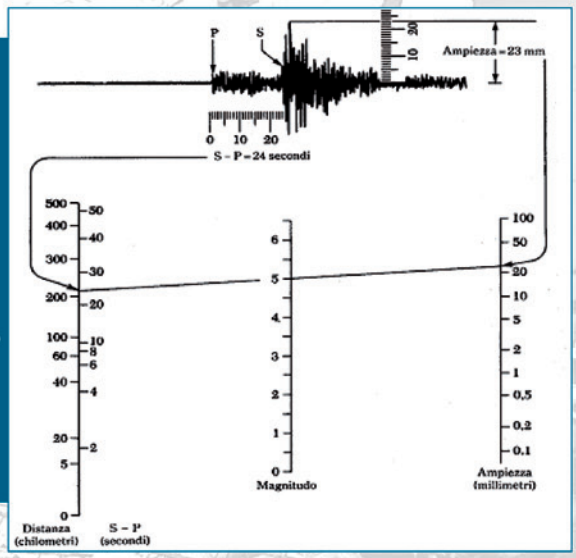


Propagazione delle onde sismiche all'interno degli involucri terrestri

La **magnitudo** di un terremoto, usualmente espressa secondo la scala Richter, è la misura dell'energia sprigionata da un terremoto sulla base dell'ampiezza delle onde sismiche registrate. La scala è logaritmica e quindi una registrazione di grado 7, per esempio, indica energia dieci volte superiore al grado 6. Una scossa di grado 2 è la più piccola che le persone normalmente possono avvertire. Il valore massimo misurato ad oggi è di circa 9,5 gradi (Cile, 1960).

La **scala Mercalli** esprime l'intensità dei danni causati da un terremoto sulla base dell'analisi degli effetti prodotti su manufatti e persone. Essa quindi è strettamente legata al contesto dell'area interessata dal sisma e terremoti di uguale energia possono avere intensità Mercalli anche molto differenti in quanto avvenuti in diverse aree della Terra.

Stima, attraverso un procedimento grafico, della magnitudo di un terremoto utilizzando la differenza dei tempi di arrivo delle onde S e P e utilizzando l'ampiezza massima del sismogramma.



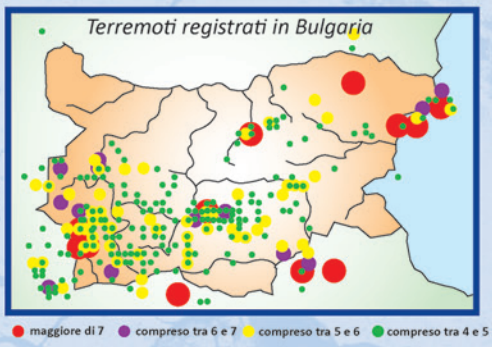
La capacità distruttiva di un terremoto dipende da molti fattori. Oltre alla magnitudo e alle condizioni geologiche locali, tali fattori includono anche la profondità dell'ipocentro, la distanza dall'epicentro. Inoltre i danni sono funzione dello stato e delle tipologie costruttive degli edifici e costruzioni interessate e della densità abitativa nell'area colpita dal sisma.

3.1.4 Rischio sismico

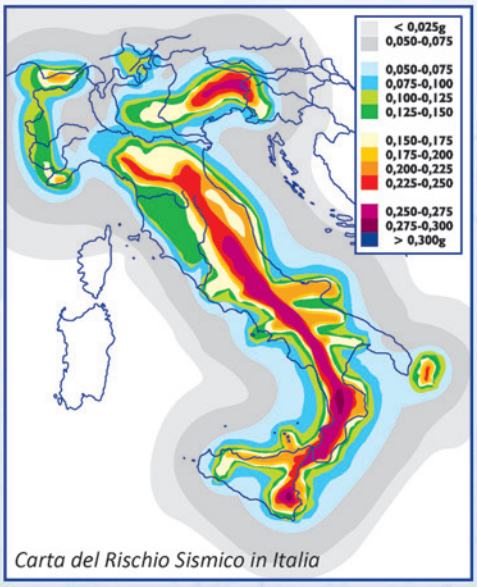
Secondo l'USA/FEMA (Agenzia Federale per la Gestione dell'Emergenza degli Stati Uniti d'America) i rischi derivati dall'attività sismica possono potenzialmente essere causa di danni o perdita di vite umane nel corso di terremoti. Possono essere dovuti tanto a fenomeni naturali, come frane o tsunami originati da terremoti, tanto dovuti ad un errato intervento dell'uomo nel creare costruzioni e impianti che costituiscono fattori di rischio se sottoposti a sismicità.

Il **rischio sismico** definisce i probabili danni o perdite che possono risultare in un'area caratterizzata da una propria pericolosità, vulnerabilità ed esposizione al rischio in un dato intervallo di tempo.. Esso è generalmente quantificato in termini di vittime (mortali e non), perdite economiche dirette (costi di riparazione e ricollocazione) e costi economici indiretti (perdite di introiti durante il periodo di inattività dovuti a danni a proprietà private o a infrastrutture pubbliche).

La **pericolosità sismica** di un'area interessata da sismicità è la probabilità che in tale area possa avere luogo sismicità superiore ad una specifica magnitudo ed è funzione del numero e dell'intensità di terremoti alla quale è soggetta. La probabilità di accadimento viene stimata analizzando l'attività sismica della regione nel passato, eventuali indizi di stress crescente in corrispondenza di faglie attive e la modalità di propagazione delle onde sismiche nell'area.

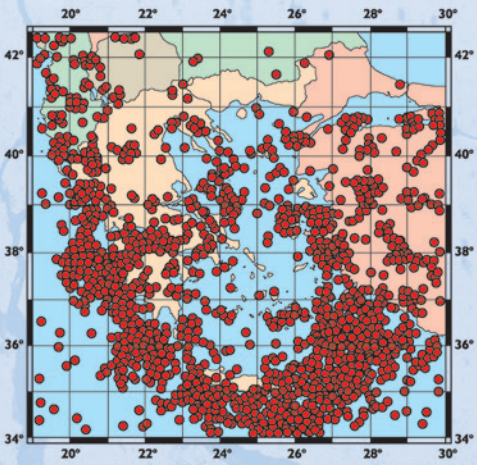


La **vulnerabilità sismica** fornisce indicazioni sui probabili danni che possono subire le strutture antropiche di una data area a seguito di un evento sismico di data magnitudo. Tali indicazioni si basano principalmente sull'analisi dei danni, osservati durante terremoti passati, accusati da edifici di determinata tipologia costruttiva.



Carta del Rischio Sismico in Italia

L'**esposizione al rischio** dà la stima delle strutture realizzate dall'uomo che possono essere danneggiate o distrutte dall'evento sismico e della perdita di vite umane che ne consegue.



Terremoti registrati in Grecia nel periodo 1992-2010

3.1.5 Sorveglianza sismica

gli strumenti che usiamo per caratterizzare l'attività sismica e segnalare, se possibile, i terremoti

Epicentro del terremoto di Eliki (Grecia, 373 a.C. - M=7)

Gli scienziati possono prevedere i terremoti?

Non vi è al momento alcuna organizzazione o governo o scienziato capace di predire con successo il momento, il luogo e la magnitudo di un terremoto futuro. In passato, la sismologia ha cercato in molti modi di prevedere i terremoti ma nessun metodo ha mai avuto successo. Tuttavia si è in grado di indicare quelle strutture tettoniche in corrispondenza delle quali in futuro potrebbe verificarsi un evento sismico (previsione a lungo termine), ma non si è in grado di affermare quando accadrà e in che misura. E' inoltre possibile fornire informazioni di carattere generale circa i rischi legati ad eventi sismici in corrispondenza di una particolare faglia. Usando queste informazioni si possono migliorare la pianificazione edilizia, regolamentando l'uso del territorio ed evitare che opere edilizie inadeguate vengano realizzate in corrispondenza di faglie ad alto rischio.

Early Warning System (Sistema di Pre-Allerta)

Questo sistema prevede di utilizzare una rete di comunicazione in grado di diffondere in tempo reale informazioni su terremoti registrati dalle reti di monitoraggio. Il principio di questo sistema è basato sul fatto che quando viene registrato un terremoto si possono prevedere i tempi di arrivo delle onde sismiche in località più lontane dallo epicentro e quindi inviare un segnale di allarme. Più lontano si trova la zona che viene allertata più tempo ci sarà a disposizione per prendere le misure opportune. Il tempo che può essere realmente risparmiato con l'uso di questo sistema è solo di 10-20 secondi ma sarebbe sufficiente per deviare o bloccare i sistemi di trasporto pubblico, oppure semplicemente invitare la popolazione a trovare riparo e quindi salvare le proprie vite.

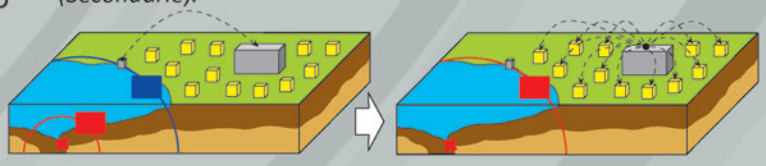
Sala di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Animali e previsione dei terremoti

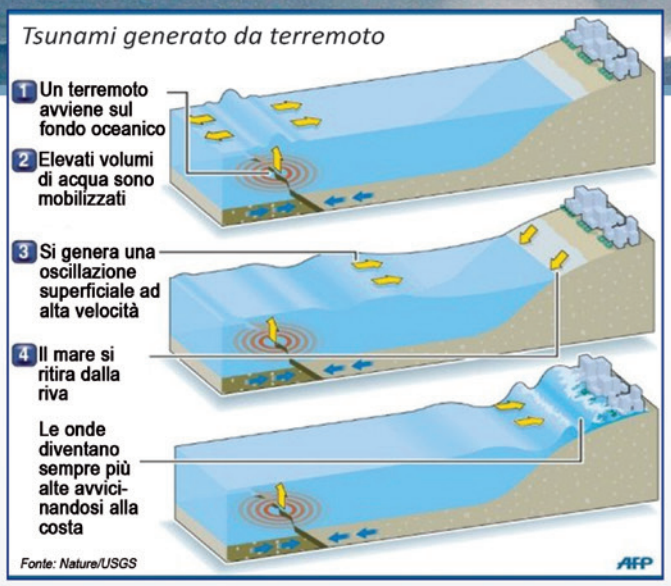
E' stato constatato che a volte gli animali si comportano in modo insolito prima del verificarsi di un terremoto. Il più antico riferimento a tal riguardo risale all'antica Grecia nel 373 a.C. Si racconta che ratti, donnole, serpenti e millepiedi avessero lasciato le loro tane in cerca di posti più sicuri molti giorni prima del verificarsi di un terremoto (ad Eliki, Grecia - magnitudo stimata intorno a 7.0) che distrusse antiche città nel golfo di Corinto.

Attualmente attraverso specifiche applicazioni di telefonia cellulare e da installare anche su tablet, si ha la possibilità di ricevere immediatamente messaggi di Early Warning per predisporre una pre-allerta nel caso di un evento sismico.

Early Warning System in Giappone: quando due o più sismografi registrano onde P (Primarie) L'Agenzia Metereologa Giapponese analizza immediatamente le letture e preavvisa le stazioni televisive, quelle radiofoniche e le società di telefonia cellulare prima dell'arrivo delle onde S (Secondarie).



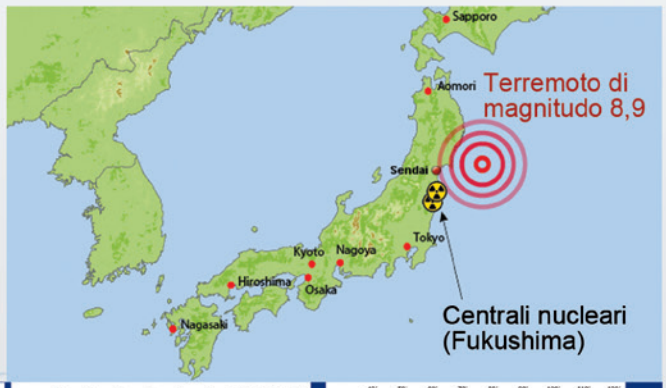
3.1.6 Cos'è uno Tsunami

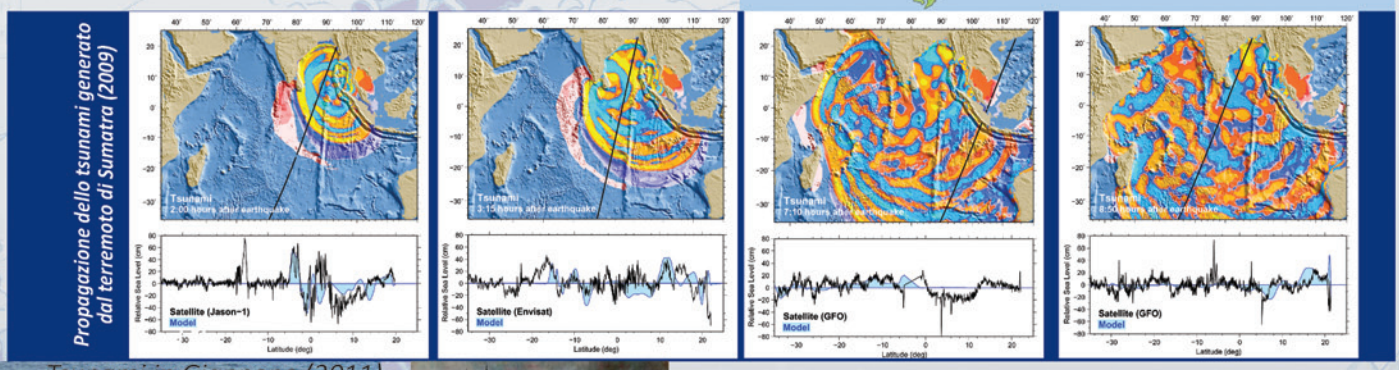


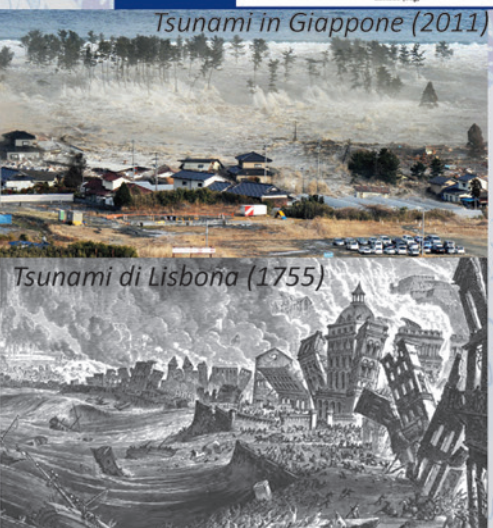
Uno **tsunami** è una serie di onde marine, di lunghezza intorno a centinaia di km, che si origina dallo spostamento di una grande massa d'acqua a causa di terremoti, frane ed eruzioni vulcaniche. La parola tsunami deriva dal Giapponese e significa "onda nel porto". Quando uno tsunami raggiunge la costa sviluppa una forza distruttiva che può causare ingenti danni e perdite di vite umane. La capacità distruttiva di uno tsunami è legata maggiormente alla lunghezza e velocità delle onde che arrivano sulla costa più che alla loro altezza. Inoltre elevati danni possono essere causati anche durante il ritirarsi delle onde che si trascinano tutto ciò che incontrano. La velocità di uno tsunami in alto oceano può arrivare fino a 800 km/h.

Nonostante più dell'80% degli tsunami abbiano origine nell'Oceano Pacifico, nel 1755 nello Oceano Atlantico un'onda di 15 m di altezza, originata da un terremoto classificato di magnitudo 9 della scala Richter, colpì la capitale del Portogallo, Lisbona causando circa 60.000 morti.

Uno tsunami avvenuto l'11 marzo 2011 in Giappone, generato da un terremoto in mare di magnitudo 9 della scala Richter, ha devastato la costa di Natori nell'sola di Honshu. Le onde raggiunsero più di 15 m di altezza causando elevate perdite di vite umane e ingenti danni tra i quali un grave incidente nucleare alla centrale di Fukushima. Prima di questo, in Giappone nel settembre del 1923, un violento tsunami, con onde di altezza fino a 11 m, aveva devastato Tokyo e Yokohama, causando la morte di più di 100.000 persone.







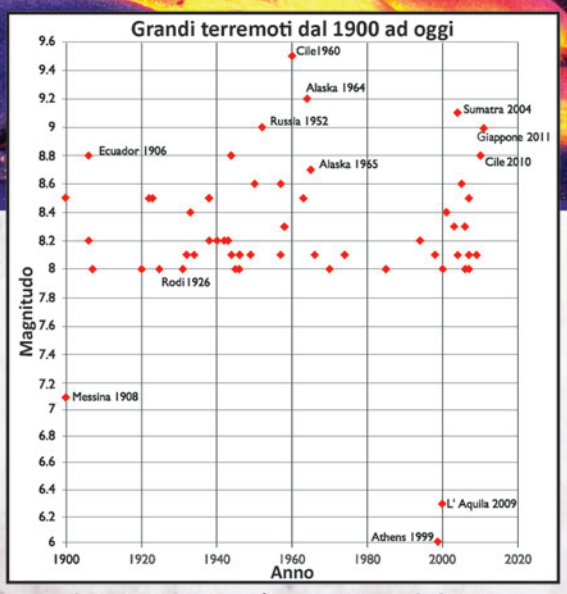
Tsunami in Giappone (2011)

Tsunami di Lisbona (1755)

Dipinto dello tsunami dopo il terremoto di Tokyo del 1923

Nel Mediterraneo il 10% degli Tsunami avviene a causa dei terremoti originati dalla Placca Africana che, nel suo moto verso nord, si muove al di sotto quella Euroasiatica. In media un disastroso tsunami ha luogo nel Mediterraneo ogni secolo. Indagini geologiche e archeologiche unite allo studio di cronache storiche hanno messo in evidenza che alcuni violenti tsunami si sono verificati nel Mediterraneo in seguito a forti terremoti ed eruzioni vulcaniche. Le aree più colpite sono state la Grecia e l'Italia meridionale.

3.1.7 Terremoti e tsunami famosi



Da sempre l'uomo ha dovuto fronteggiare terremoti disastrosi ed eruzioni vulcaniche che gli hanno ricordato la dinamica sempre attiva della Terra e il suo impatto sul suo mondo. Alcuni di questi eventi catastrofici non sono stati solo un campanello di allarme ma anche una preziosa opportunità per investigare i fenomeni e migliorare le politiche e i comportamenti per meglio affrontarli.

Terremoti famosi

Il terremoto di Falasarna (Creta, Grecia)

Il 21 luglio 365 d.C. un fortissimo terremoto, descritto dagli storici e dai viaggiatori dell'epoca, si verificò nel Mediterraneo orientale e provocò un violento tsunami in tutta l'area colpita. L'epicentro del terremoto fu a Creta e causò l'innalzamento del terreno di 9 metri nella zona di Paleochora nel sud-ovest e di 1 metro nella zona centrale di Creta. Nella sola isola furono distrutte 100 città, tra cui la città costiera di Falasarna che fu totalmente rasa al suolo ed Alessandria d'Egitto, Sicilia e Cipro subirono danni. Secondo osservazioni rilevate al suolo, la struttura del terreno ed il tipo di danni causati, si stima che la magnitudo di questo terremoto sia stata di 8.3 sulla scala Richter.Terremoti di simile violenza nella Grecia meridionale si sono verificati in media ogni 5-6 secoli.

Il terremoto di Honshu, Giappone

I ricordi del terremoto e dello Tsunami di Honshu che si verificò l'11 Marzo 2011 sono ancora impressi nella nostra memoria. In precedenza un terremoto di magnitudo 9 nella scala Richter, il quarto al mondo per intensità a partire dal 1900, era stato catastrofico per tutto il Giappone.

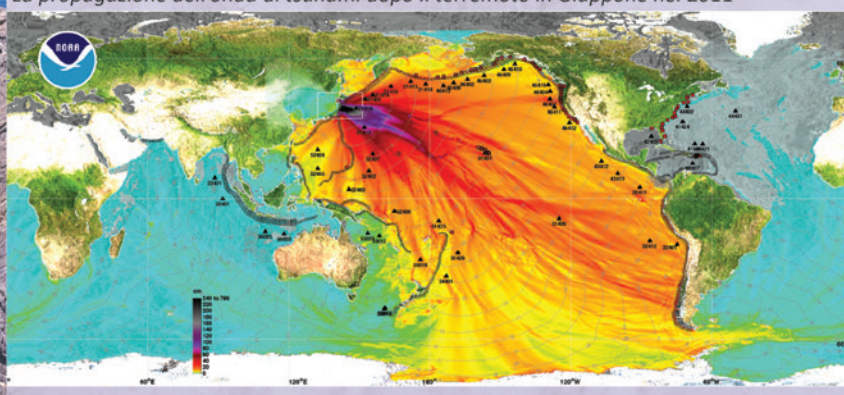
Almeno 15703 persone sono rimaste uccise, più di 4647 risultano ancora disperse, 5314 sono rimaste ferite, 130927 gli sfollati ed almeno 332395 edifici, 56 ponti e 26 ferrovie sono state distrutte o danneggiate dal terremoto e dallo tsunami lungo l'intera costa orientale di Honshu. La conseguenza più grave è stata la distruzione della stazione nucleare di Fukushima, mentre il totale della perdita economica stimata in Giappone ammonta a 309 miliardi di dollari.

L'attività sismica dell'are è legata alla subduzione della placca del Pacifico che si avvicina alla placca del nord America ad una velocità di 8 cm all'anno sotto il Giappone. Durante il terremoto, si sviluppò una zona di rottura di ampiezza pari a 30–40 metri in corrispondenza di una faglia preesistente. I terremoto durò per più di 5 minuti e furono registrate anche un gran numero di scosse prima e dopo l'evento principale. L'estesa dislocazione del fondale oceanico causò inoltre un disastroso tsunami che in alcuni punti della costa di Honshu generò onde alte ben 38 metri. I suoi effetti furono registrati in tutto il Pacifico lungo le aree costiere in tutto il Giappone, Indonesia, Perù, California e Canada, causando persino il distaccamento di alcuni grossi lastroni dalla calotta di ghiaccio di Sulzberg nell'Antartico!

Il vecchio porto di Falasarna è oggi 6 metri sopra il livello del mare

L'incisione ad 1 metro sul livello del mare indica la battigia prima del terremoto del 365 di Falasarna

La propagazione dell'onda di tsunami dopo il terremoto in Giappone nel 2011



Tsunami famosi nel Mediterraneo

Tra i più significativi tsunami registrati nel Mediterraneo vi sono i seguenti:

1628 a.C. - Santorini (Grecia)

La devastante eruzione "Minoica" di Santorini generò uno tsunami che devastò non solo Santorini, ma ebbe un grandissimo impatto su tutto il Mediterraneo orientale, indebolendo pesantemente la civiltà Minoica a Creta, che di li a poco scomparve. L'insediamento sepolto di Akrotiri a Thera, distrutto dall'eruzione e risalente alla civiltà Cicladica/Minoica viene anche chiamato la "Pompei dell'Età del Bronzo" per evidenziare la similarità con la città romana sepolta dalle ceneri del Vesuvio.

365 a.C. – Creta (Grecia)

Un terremoto di magnitudo 8.2 della scala Richter devastò l'isola di Creta (Grecia) e l'est del Mediterraneo. Lo tsunami che ne derivò provocò distruzione lungo le coste del Medio Oriente, Egitto e Sicilia orientale. Le cronache riportano che ad Alessandria d'Egitto le vittime furono circa 50.000.

1 novembre 1755 - Lisbona

Lisbona ed i suoi abitanti furono duramente colpiti da uno tsunami causato da un terremoto originatosi nell'Oceano Atlantico orientale. Due terzi della città fu distrutta per gli effetti combinati del terremoto, dello tsunami e degli incendi. Il numero di vittime registrate fu circa 60.000.

Rovine dopo lo tsunami del 1908 a Messina

28 Dicembre 1908 – Messina

Il terremoto che si verificò a Messina nel 1908 è stato tra i terremoti italiani più distruttivi. Esso causò 60.000 vittime e generò uno tsunami nello

Stretto di Messina. La forza delle onde causò gravi danni e la morte di migliaia di persone. Le oscillazioni del livello del mare durarono diverse ore e le onde raggiunsero un altezza compresa tra 11 e 13 m. Lo Tsunami colpì tutta la costa orientale dell'isola fino a raggiungere Malta con onde alte 1 metro.

9 Luglio 1956 – Amorgos (Mar Egeo, Grecia)

Uno degli tsunami più accuratamente documentati del XX secolo è quello che colpì l'isola di Amorgos nel Mar Egeo. Ci furono 53 morti, centinaia di feriti e la distruzione di centinaia di abitazioni. Le onde furono molto alte sia sulla costa sud di Amorgos (25 m.) che sulla costa nord dell'isola di Astypalaea (20 m.).

Stromboli: tsunami del 2002

30 dicembre 2002 – Stromboli (Isole Eolie)

Durante un'intensa fase eruttiva del vulcano Stromboli lungo il fianco nord-ovest del vulcano si originò una imponente frana, in parte anche sottomarina. La caduta in marea di circa 20 milioni di metri cubi di materiale generò uno tsunami che in pochi minuti produsse onde alte fino ad 11 metri, causando ingenti danni sulle coste di Stromboli e Panarea.

Gli scavi di Akrotiri (Creta, Grecia)

3.1.8 Misure di prevenzione

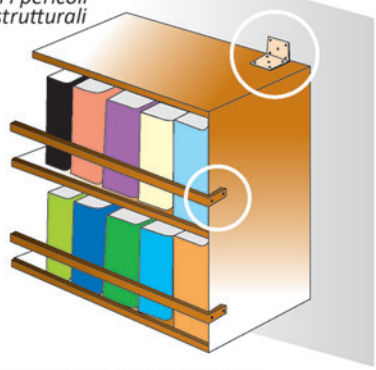
Un terremoto si verifica in maniera improvvisa e senza avvertimento. Molti credono che i danni causati da un terremoto siano inevitabili e che l'unica cosa da fare sia raccogliere i "cocci" a terremoto finito. Sebbene non si possa prevedere un terremoto, molti dei danni e delle perdite si possono ridurre prendendo accorgimenti prima, durante e dopo l'evento. Generalmente si crede che i danni e le ferite riportate durante un terremoto siano causati solo dal crollo di edifici. Non è così, in quanto gli oggetti che si rompono o cadono nelle nostre case possono causare danni e ferite. Cosa possiamo fare per prevenire tutto questo?

"I disastri possono essere significativamente ridotti se le persone sono ben informate e motivate nei confronti di una cultura di prevenzione e di reazione alle calamità che richiede la raccolta, compilazione e divulgazione di conoscenza ed informazioni sui rischi, sulle vulnerabilità e sui ruoli." (UNI/ISDR, 2005).

I danni e d i feriti causati dai terremoti possono essere limitati o prevenuti se vengono prese misure appropriate.

Sviluppa piani di emergenza per la famiglia e organizza procedure per raggrupparla

Costruisci un kit di emergenza



Identifica e riduci i pericoli non strutturali

Misure di prevenzione domestica

Prima di un terremoto

I membri di ogni famiglia possono prendere diverse misure per proteggere se stessi e le loro cose in caso di un terremoto, ovvero:

- Essere informati rispetto al fenomeno terremoto. Sapere cosa aspettarsi può ridurre il panico.
- Essere informati sul piano di evacuazione municipale. Sviluppare piani di emergenza per la famiglia e organizzare procedure per raggruppare la famiglia in un luogo all'aperto sicuro nelle vicinanze.
- Predisporre un piano di comunicazione familiare nel caso in cui i suoi membri non siano insieme quando si verifica un terremoto. Identificare un contatto fuori città che funga da nodo di contatto in caso di emergenza.
- Organizzare una rete di supporto nel caso vi sia un membro della famiglia disabile. Questa rete di supporto è un gruppo di persone (familiari, amici, vicini) che aiuteranno il disabile prima e subito dopo un terremoto.
- Costruire un kit di emergenza, ovvero un kit di attrezzature di base che potrebbe servire ad un nucleo familiare in caso di emergenza.
- Avere una lista di numeri di emergenza.
- Identificare e ridurre i pericoli non strutturali

La sicurezza nei terremoti non consiste solo nel cercare di limitare i danni agli edifici. Tutto ciò che sta all'interno di essi deve essere posto in sicurezza affinché si riducano i rischi per le persone. Qualsiasi cosa abbastanza pesante da poter ferire in caso di caduta dovrebbe essere messa in sicurezza. Ad esempio:

- Fissare bene gli scaffali alle pareti.
- Posizionare oggetti grandi e pesanti nelle mensole più in basso.
- Riporre articoli fragili come cibo imbottigliato, vetro e ceramiche in armadi bassi e chiusi a chiave.
- Fissare bene alla parete e lontano da letti, divani ed altri posti in cui si siedono persone, oggetti pesanti come quadri e specchi.
- Rinforzare il fissaggio di luci e lampadari sospesi al soffitto e di altri oggetti pesanti sospesi.
- Riparare eventuali impianti elettrici e condutture del gas non a norma in quanto questi rappresentano potenziali rischi di incendio, ma sempre ricorrendo a personale specializzato ed evitando di effettuarli da soli.

Oltre agli oggetti disposti negli spazi domestici, devono essere posti in sicurezza anche quelli che si trovano in altre aree, come ad esempio nel garage.

• Essere al corrente di come interrompere il gas, l'acqua e l'elettricità nel caso gli impianti venissero danneggiati.
• Eseguire esercitazioni in caso di terremoto con tutta la famiglia.
• Individuare degli spazi sicuri in ogni stanza e concentrare l'attenzione su di essi muovendosi nella loro direzione durante ogni esercitazione.

Durante un terremoto

Nel caso in cui i membri di una famiglia si trovino all'interno di un edificio, ognuno dovrebbe:
Nel caso in cui i membri di una famiglia sono all'interno di un edificio, si dovrebbe:
• restare in casa e mantenere la calma fino a quando non finisce la scossa e non uscire mai da un edificio mentre essa è in atto. Le statistiche hanno dimostrato che la maggior parte delle ferite si hanno quando le persone all'interno degli edifici tentano di spostarsi da un'altra parte o cercano di uscirne;
• rifugiarsi sotto un tavolo robusto, tenersi saldi ed aspettare che finiscano le scosse. Nel caso in cui non vi siano mobili adatti, accucciarsi a terra e coprirsi la testa ed il collo con le braccia;
• stare lontani da vetri, finestre e qualsiasi cosa che possa cadere come lampadari o mobilio sospeso;
• in edifici costruiti in cemento armato non serve ripararsi sotto l'arco delle porte in quanto i vani delle porte sono sicuri quanto l'intero edificio. Ripararsi sotto l'arco delle porte solo se l'edificio è in muratura portante;
• se si utilizza una sedia a rotelle bloccare il freno delle ruote e coprirsi la testa ed il collo con le braccia piegando il busto quanto più possibile verso le ginocchia.

Rifugiarsi sotto un tavolo robusto, tenersi saldi ed aspettare che finiscano le scosse

Andare in un luogo sicuro predefinito e restare lontani dalle aree danneggiate

Se si è all'esterno, ricordarsi di:
• rimanere dove siete ed evitare pericoli (edifici, lampioni, cavi elettrici, condutture del gas ecc.)

Se si è all'esterno in un veicolo, ricordarsi di:
• fermarsi appena possibile in una zona sicura
• non fermarsi vicino ad edifici, alberi, sotto cavalcavia, vicino a cavi elettrici ecc.

Dopo un terremoto

Quando è finita una scossa tutti i membri di una famiglia devono ricordarsi di:
• controllare se ci sono feriti tra i familiari ed i vicini, fornire un primo aiuto e se necessario chiamare l'assistenza medica d'emergenza.
• chiudere gli impianti elettrici ed idrici per evitare ulteriori danni.
• spegnere piccoli incendi o chiamare soccorso per quelli più grossi.
• indossare scarpe ed indumenti adatti.
• evacuare l'edificio senza usare gli ascensori.
• recarsi in una zona sicura prestabilita all'aperto e tenersi distanti da zone danneggiate. Evitare zone vicino al mare per evitare la minaccia di tsunami.
• tenere a mente che scosse successive possono arrivare in qualsiasi momento.
• ascoltare attentamente le istruzioni fornite dalle autorità competenti.
• usare i telefoni solo in caso di reale emergenza.
Indipendentemente dall'entità e grandezza del terremoto verificatosi, trarre insegnamento sempre da ciò che si è vissuto. Se si è consapevoli che alcune operazioni potevano essere eseguite meglio nella prevenzione al terremoto, cercare subito di migliorarle in caso di un terremoto in futuro.

Misure di prevenzione nelle scuole

La prevenzione sismica nelle scuole è improrogabile e di primaria importanza per cui è assolutamente indispensabile che ogni comunità scolastica implementi le opportune misure di sicurezza in modo da essere preparata nel caso di terremoto. Pur adattandosi alla singola situazione locale, ogni scuola deve far fronte alle stesse prove di esercitazione al fine di gestire con efficacia e prontezza l'emergenza in caso di evento sismico.
I responsabili della sicurezza scolastica devono essere preparati in quanto i terremoti minacciano la vita degli studenti, degli insegnanti e dell'intero staff. La partecipazione attiva nella prevenzione da parte di insegnanti e studenti aiuterà loro a meglio gestire le proprie naturali angosce nei confronti di un terremoto.

Prima di un terremoto

Il Dirigente Scolastico è responsabile della gestione delle seguenti procedure d'azione:

• informazione ed educazione degli studenti, degli insegnanti e dei genitori riguardo a cosa può accadere durante un terremoto, come prepararsi nel caso di una scossa e come porsi al sicuro durante e dopo un terremoto quando si è nell'edificio scolastico. Le procedure di sensibilizzazione e conoscenza utilizzate dovrebbero essere basate principalmente su lezioni, seminari, materiale informativo e progetti sulla protezione in caso di terremoti forniti dalle autorità nazionali competenti. Recentemente viene anche data particolare importanza alla applicazione di sistemi di realtà virtuale e simulatori di terremoti per la prevenzione in caso di terremoto. E' comunque necessario far seguire con frequenza agli insegnanti corsi di addestramento alle procedure di emergenza, primo soccorso, evacuazione ed uso degli estintori.

• individuazione e riduzione dei pericoli non strutturali in uffici, classi, laboratori, corridoi ed altre aree scolastiche che potrebbero causare danni o feriti durante una scossa. Su questa base, ci sono molte iniziative che gli insegnanti devono prendere prima di un terremoto al fine di prevenire gravi ferite provocate dalla caduta di elementi non strutturali ed altri oggetti dell'arredo. Tali azioni includono: stabilizzazione e messa in sicurezza delle vetrate, fissaggio del mobilio, sistemazione dei libri ed altri oggetti negli scaffali, collocazione di oggetti fragili e pericolosi in luoghi sicuri, messa in sicurezza di lampadari e altri strumenti di illuminazione, dei ventilatori a soffitto, delle bacheche, delle cornici e dei ganci, dei reagenti nel laboratorio chimico della scuola, corretta disposizione dei banchi nelle classi e rimozione di mobilio inutile ed infine manutenzione e messa in sicurezza delle tegole sui tetti, delle recinzioni e delle ringhiere metalliche.

• sviluppo ed aggiornamento costante del Piano di Sicurezza Scolastico relativo ai terremoti. Per essere operativo, il Piano deve essere chiaro, immediato, e contenere:

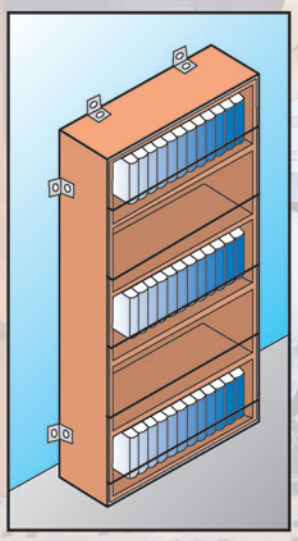
• descrizione delle priorità, delle procedure e delle azioni da intraprendere prima, durante e dopo il terremoto

• preparazione di un kit d'equipaggiamento d'emergenza o di strumenti appropriati come radio, torce, batterie ecc

• assegnazione di ruoli specifici agli insegnanti

• individuazione di percorsi primari e secondari per l'evacuazione della scuola

• individuazione di un luogo sicuro di raccolta all'aperto, per esempio un cortile, dove si dovranno ritrovare gli studenti dopo lo sgombero dell'edificio scolastico e di uno spazio alternativo all'aperto nel caso il primo punto di raccolta risultasse inagibile. I genitori degli studenti dovranno inoltre essere a conoscenza di queste aree predefinite in quanto devono raggiungerli per portarli a casa.



Esempio di piano di emergenza di una scuola

• formazione di una squadra di almeno due persone che siano responsabili di aiutare alla preparazione di studenti o insegnanti disabili relativa all'evento sismico e all'evacuazione dell'edificio.

• esecuzione periodica di esercitazioni antisismiche, almeno tre volte all'anno. Solo attraverso una pratica regolare si possono migliorare i piani di emergenza e si potrà raggiungere un adeguato livello di preparazione. Insegnanti e studenti dovrebbero esercitarsi a mettersi in sicurezza e sperimentare le vie di fuga nelle più svariate situazioni possibili fino ad acquisire massima dimestichezza nelle procedure. Le esercitazioni antisismiche devono essere svolte in modo tale che ogni membro della comunità scolastica sia perfettamente conscio di come comportarsi correttamente nel caso di un vero terremoto e sappia individuare falle e pericoli nel piano di emergenza scolastico così da creare una cultura della prevenzione sismica comune a tutti i componenti della scuola.

Durante il terremoto

Molte persone colte da un terremoto vengono sopraffatte da una sensazione di impotenza. Specialmente se non ne hanno mai sperimentato uno, non hanno idea di quanto durerà e di cosa accadrà dopo. Durante un terremoto, è essenziale agire subito secondo la procedura d'emergenza: abbassarsi a terra, trovare riparo e rimanere immobili non appena si avverte una scossa. Più specificamente:

Se ci si trova all'interno dell'edificio scolastico (classi, sale dei docenti e corridoi) gli studenti e gli insegnanti devono ricordare di restare calmi, di non correre e di rimanere nell'edificio.

• se gli studenti sono in classe devono abbassarsi a terra, trovare riparo sotto un banco e tenersi fortemente aggrappati ad esso. Se invece si trovano nei corridoi o in altre aree dell'edificio scolastico, è necessario stendersi al suolo, coprirsi e cercare di proteggere testa e collo con le proprie braccia.

• rimanere protetti in una posizione sicura e lontana da pericoli sin quando la scossa non finisce.

• prendere questo tipo di precauzioni potrebbe non risultare agevole per bambini con ridotte capacità motorie i quali dovrebbero dunque piegare in basso la testa ed usare le braccia o qualsiasi oggetto a portata di mano per proteggere la testa ed il collo. Se utilizzano una sedia a rotelle, è indispensabile innanzi tutto bloccare i freni delle ruote e quindi coprirsi testa e collo con le braccia.

Se ci si trova fuori nel cortile, gli studenti devono ricordare di:

• restare lontani dagli edifici.

• evitare la vicinanza a linee elettriche, cartelli ed altri pericoli

• obbedire agli ordini impartiti dal Dirigente scolastico o dagli insegnanti

Dopo un terremoto

Quando la scossa è terminata:

• ogni insegnante deve chiedere agli studenti di lasciare la classe e di seguire il percorso di evacuazione secondo il piano di emergenza scolastico, camminando velocemente ma senza correre.

• non debbono essere utilizzati gli ascensori in quanto la corrente elettrica potrebbe interrompersi improvvisamente.

• gli studenti o altri membri della scuola devono aiutare gli studenti feriti o disabili ad evacuare l'edificio scolastico e radunarsi nel cortile o in altre zone sicure all'aperto in maniera ordinata e seguendo il piano d'emergenza scolastico.

• mantenere la calma e tenersi lontani dagli edifici.

• gli insegnanti preposti devono verificare il numero di feriti e fornire loro il primo soccorso.

• gli insegnanti preposti devono cercare gli altri insegnati e gli studenti che mancano all'appello.

• il Dirigente scolastico deve fornire tutte le informazioni ed attenersi alle direttive impartite dalle autorità scolastiche.

• gli studenti devono rimanere nei cortili o in qualsiasi altra area sicura all'aperto fino a quando i genitori non verranno a prenderli per portarli a casa.

Potrebbe essere necessario molto tempo ai genitori per raggiungere le scuole e l'insegnante di ogni classe è dunque responsabile dell'esatta esecuzione delle procedure sino al loro arrivo.

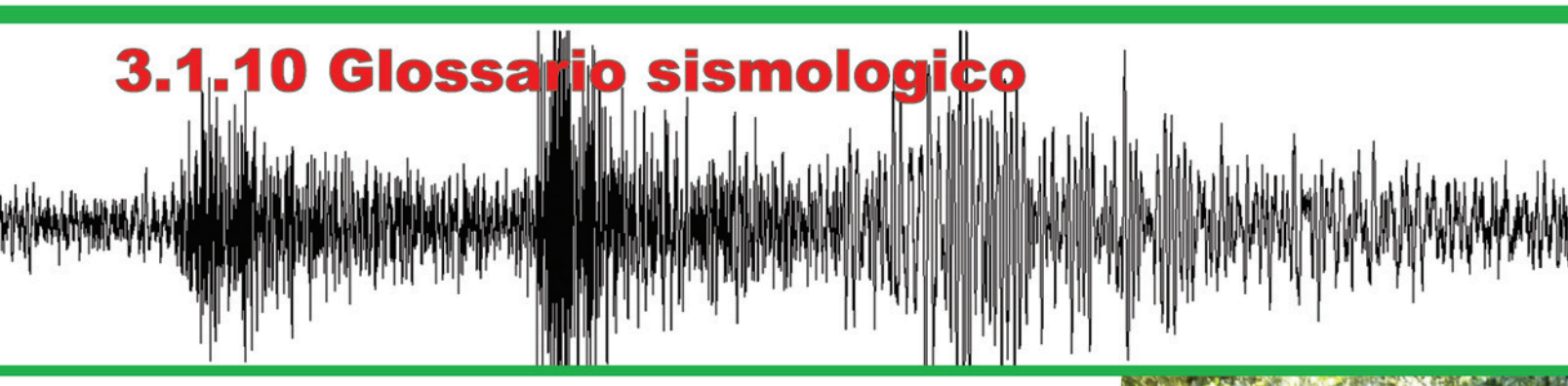
• studenti ed insegnanti devono essere pronti a scosse successive che potrebbero avere anche una forte intensità.

• gli studenti devono essere messi in condizione di poter affrontare gli stravolgimenti ambientali e le proprie reazioni emotive.

• studenti ed insegnanti devono essere pronti a scosse successive che potrebbero avere anche una forte intensità.

• gli studenti devono essere messi in condizione di poter affrontare gli stravolgimenti ambientali e le proprie reazioni emotive.

3.1.10 Glossario sismologico



Energia elastica: l'energia accumulata all'interno della Terra durante una deformazione elastica.

Epicentro: quel punto della superficie terrestre che si trova direttamente sopra l' ipocentro di un terremoto.

Faglia: una superficie o zona di frattura della roccia in corrispondenza della quale si è verificato uno spostamento relativo di due blocchi.

Faglia attiva: una faglia che presenta dislocazioni sufficientemente recenti da ritenersi probabile in un prossimo futuro che la dislocazione possa verificarsi.

Foreshock: scossa di terremoto che precede immediatamente il terremoto principale (mainshock) e che si origina nella regione dell'ipocentro di quest'ultimo.

Ipocentro (o fuoco): il punto della Terra in cui avviene un terremoto e dal quale provengono i primi arrivi di onde P.

Onde di superficie: onde generate da un evento sismico che si propagano lungo la superficie terrestre con velocità inferiore alle onde S. Si suddividono in onde di Rayleight e onde di Love.

Onde di volume: onde generate da un evento sismico che viaggiano attraverso la roccia in tutte le direzioni senza essere confinate e limitate da alcuna superficie.

Onde P (o onde primarie) : onda sismica di volume che si propaga alternando compressione ed espansione del terreno lungo la direzione di propagazione.

Onde S (o onde secondarie): onde di volume che si propagano tramite spostamenti perpendicolari rispetto alla direzione di movimento. Viaggiano più lentamente delle onde P.

Pericolosità sismica: la probabilità che in un'area possa avere luogo sismicità superiore ad una specifica magnitudo. E' funzione del numero e dell'intensità di terremoti alla quale l'area è soggetta.

Placche litosferiche: ampi blocchi della litosfera semirigidi e in movimento che sono coinvolti nella tettonica delle placche.

Rischio sismico: definisce i probabili danni o perdite che possono risultare in un'area caratterizzata da una propria pericolosità, vulnerabilità ed esposizione al rischio in un dato intervallo di tempo.

Sismografo: strumento che registra il movimento della superficie terrestre, causato dalle onde sismiche, in funzione del tempo.

Terremoto: movimento violento del terreno causato dal passaggio di onde sismiche generate dall' improvviso rilascio di tensione in corrispondenza di una faglia.

Tettonica delle placche: teoria a scala globale secondo la quale la litosfera è suddivisa in placche in movimento che interagiscono tra loro scontrandosi, scorrendo l'una accanto all'altra o allontanandosi.

3.2.1. Eruzioni vulcaniche e fenomeni correlati

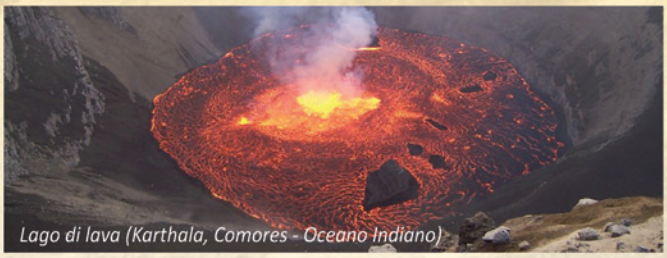
Una eruzione vulcanica si verifica quando il magma, ovvero una fase liquida contenente cristalli, frammenti di roccia e gas, sale verso la superficie al di sopra o al di sotto di una massa d'acqua. Le eruzioni possono essere di tipo effusivo o esplosivo e una stessa eruzione può essere caratterizzata da fasi effusive ed esplosive.

Eruzioni effusive

Colata di lava (Etna)

Una eruzione effusiva è caratterizzata dalla emissione di magma allo stato liquido. Il prodotto di tali eruzioni è la lava che può formare:

- **colate di lava** quando il materiale tracima dal bordo del cratere lungo i fianchi del vulcano
- **duomi di lava** quando il magma non è in grado fluire a causa del suo alto grado di viscosità e si accumula intono al centro di emissione


Lago di lava (Karthala, Comores - Oceano Indiano)

- **laghi di lava** quando il magma si raccoglie all'interno del cratere o in una piccola depressione nelle vicinanze del punto di eruzione

Colata di lava (Etna)

Tunnel di lava (Hawaii)

I fattori principali che creano la forma e la dimensione di una colata di lava sono il tasso di effusione, le proprietà chimiche e fisiche del magma e l'andamento del terreno. Un'eruzione effusiva può produrre sia **lave aa** caratterizzate da superfici corrugate e dall'accumulo caotico di frammenti lavici, sia **lave Pahoehoe** che presentano superfici ondulate con strutture a forma di lobo o di corda. Emissione di lava sottomarine portano alla formazione di **lave a cuscino**.

Lava aa (Etna)

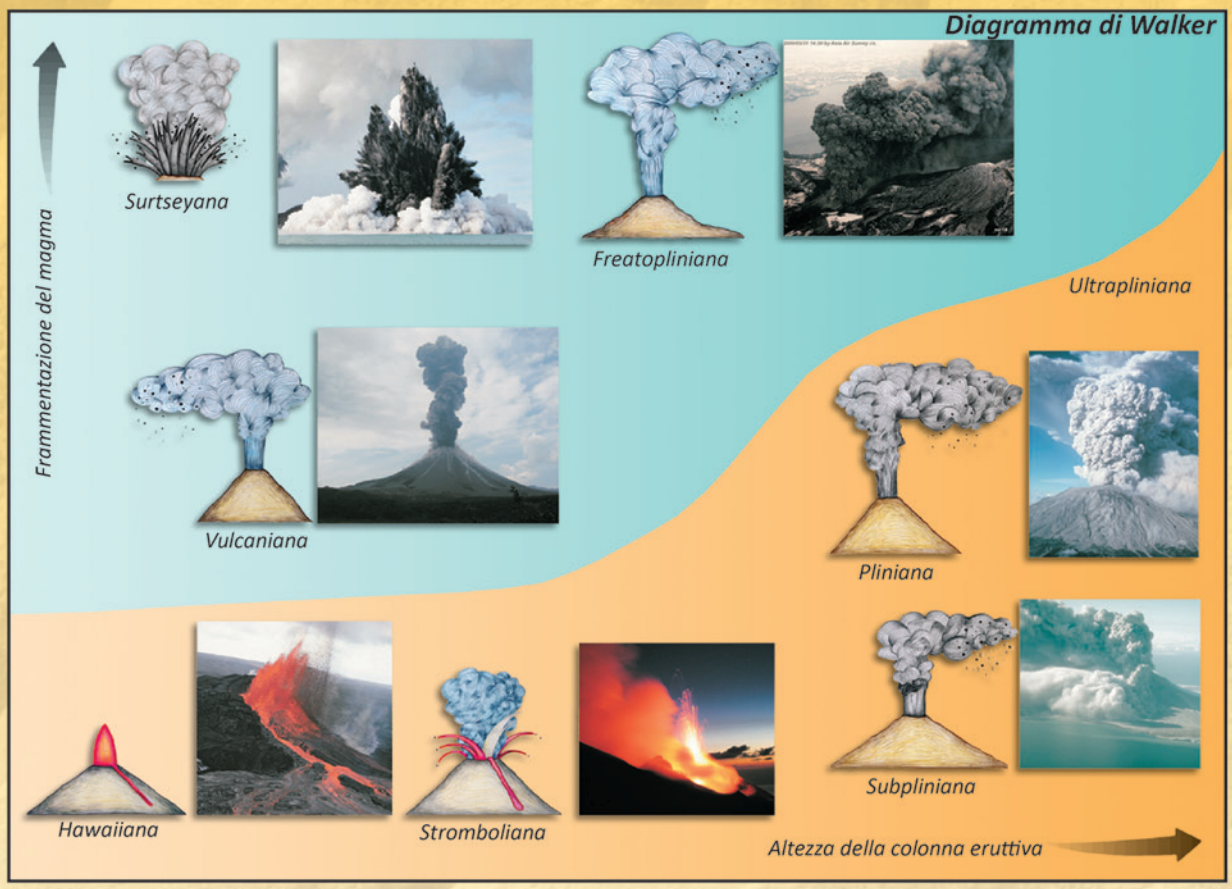
Lava Pahoehoe (Hawa

Eruzioni esplosive

Le eruzioni esplosive sono caratterizzate dalla frammentazione del magma in risalita che passa da un liquido contenente bolle di gas ad una miscela di gas e frammenti di magma e cristalli. Questa miscela è espulsa violentemente dal condotto vulcanico generando una serie di fenomeni che includono:

- emissione di brandelli di magma e frammenti di rocce (materiale piroclastico) che ricadono intorno al cratere
- generazione di colonne eruttive che possono raggiungere anche altezze di 50 km
- generazione di correnti piroclastiche

Lava a fessurazione colonnare (Alcantara, Etna)



I frammenti piroclastici presenti nelle colonne eruttive possono dar luogo sia a **depositi da caduta** dovuti all'accumulo al suolo del materiale vulcanico per gravità o a **depositi di flusso**, connessi con i meccanismi di trasporto e deposito delle **correnti piroclastiche** (flussi pirocalstici). Quest'ultimi si generano principalmente quando parti delle colonne collassano e scorrono lungo i fianchi del vulcano.

Le eruzioni esplosive caratterizzate dalla interazione tra il magma in risalita e l'acqua superficiale sono chiamate **Freatomagmatiche**. Esse sono caratterizzate dall'immediata vaporizzazione esplosiva dell'acqua che causa una alta frammentazione del magma. Si generano basse colonne eruttive e correnti piroclastiche diluite e turbolente chiamate surges piroclastici.

L'area coperta dai depositi da caduta e la percentuale di materiale fine emesso, sono i due parametri utilizzati per una classificazione delle eruzioni esplosive in base alla loro energia.

In particolare l'ampiezza dell'area di distribuzione dei depositi da caduta, espressa in km^2, è funzione dell'altezza della colonna eruttiva e della direzione di distribuzione dei prodotti eruttivi, legata alla direzione dei venti di alta quota. La percentuale di materiale fine emesso è funzione dell'energia coinvolta nella frammentazione del magma.

In base alla classificazione di Walker, le eruzioni esplosive magamatiche si distinguono in **Hawaiane**, **Stromboliane**, **Subpliniane**, **Pliniane** ed **Ultrapliniane**, con un grado di esplosività crescente. Allo stesso modo si classificano le eruzioni freatomagmatiche in **Surtseyane**, **Vulcaniane** e **Freatopliniane** .

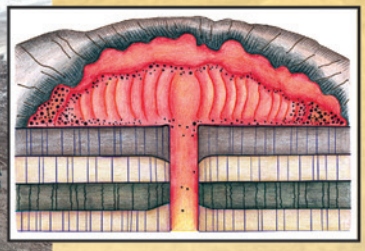
3.2.2. Tipi di vulcani

La maggior parte del materiale vulcanico emesso si accumula intorno al centro eruttivo formando degli edifici vulcanici diversi in forma e grandezza. I vulcani sono divisi in monogenici, formati dall'accumulo di prodotti di una singola eruzione e poligenici, formati invece dall'accumulo di prodotti di più eruzioni.

DUOMO VULCANICO

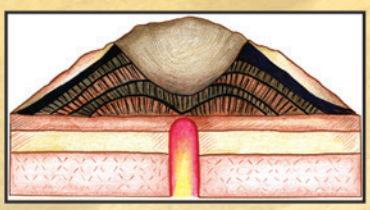
Generalmente monogenico, formato dallo accumulo di lava altamente viscosa che non produce una colata ma si accresce intorno al centro eruttivo.

Duomo St. Helens



CONO DI TUFO

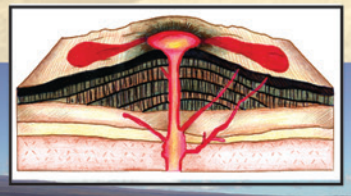
Vulcano monogenico generato da un'eruzione freatomagmatica e costituito dall'accumulo di depositi da flusso piroclastico (surge) e subordinatamente da depositi da caduta. L'edificio ha un ampio cratere con pareti interne e fianchi esterni a bassa pendenza (meno di 10-12°).



Cono di tufo Alaska

VULCANO A SCUDO

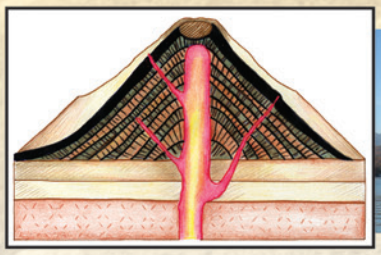
Vulcano poligenico generato da eruzioni di lava poco viscosa emessa dal cratere sommitale o lungo fratture sui fianchi del vulcano. Questo tipo di vulcani hanno fianchi a basso angolo di pendenza (circa 5°) e spesso con bocche eruttive laterali.



Mauna ulu

STRATOVULCANO

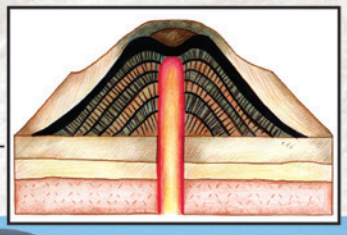
Detto anche vulcano composito, è un vulcano poligenico creato dalla sovrapposizione di depositi prodotti da attività sia effusiva che esplosiva. cartterizzato da ampia base, fianchi acclivi e cratere sommitale. Frequenti sono i collassi sommitali e la formazione di edifici minori laterali.



Fujii

CONO DI SCORIE

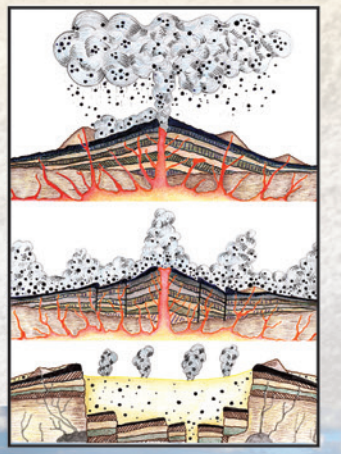
Vulcano monogenetico generato da attività esplosiva di media intensità e prodotto dall'accumulo di scorie vulcaniche ancora fuse solidificatesi una volta cadute al suolo. Questi coni vulcanici possono avere una base che varia da perfettamente circolare ad ellittica in relazione alla morfologia del condotto vulcanico. L'angolo di inclinazione dei fianchi può raggiungere 30-35°.



Cerro blanco Argentina

CALDERA

Ampia depressione generalmente di forma circolare dovuta al collasso delle rocce sovrastanti la camera magmatica superficiale. Il collasso è causato dal rapido svuotamento della camera magmatica nel corso di eruzioni esplosive di forte intensità.



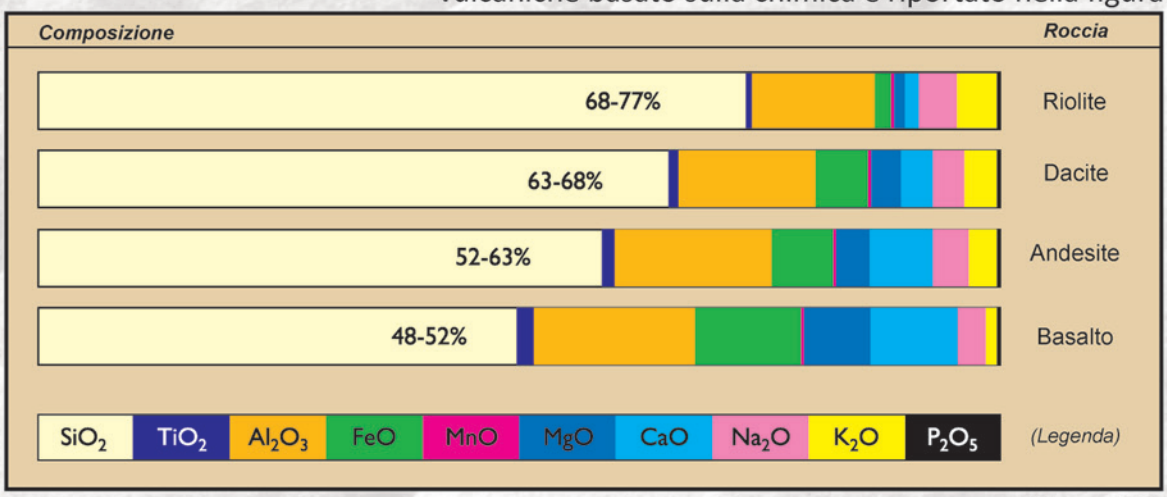
Caldera Faial

3.2.3 Rocce vulcaniche

Una roccia originata dal magma emesso durante un'esplosione vulcanica è chiamata roccia vulcanica. Il rapido raffreddamento del magma fuoriuscito inibisce una completa cristallizzazione delle rocce che sono generalmente caratterizzate da una massa principale vetrosa con microcristalli, e alcuni cristalli più grandi generatisi precedentemente chiamati fenocristalli. Le rocce vulcaniche sono classificate in quattro tipi fondamentali, sulla base della quantità di Silicio (SiO_2):

Basalto: 48-52% di Silicio
Andesite: 52-63% di Silicio
Dacite: 63-68% di Silicio
Riolite: più del 68% di Silicio

Un semplice schema di classificazione delle rocce vulcaniche basato sulla chimica è riportato nella figura



(J.Johnson-USGS)

Una classificazione più completa delle rocce vulcaniche, basata sul contenuto di silicio (SiO_2) e alkali (Na_2O e K_2O), è riportata nel diagramma TAS (Total Alkali versus Silica)

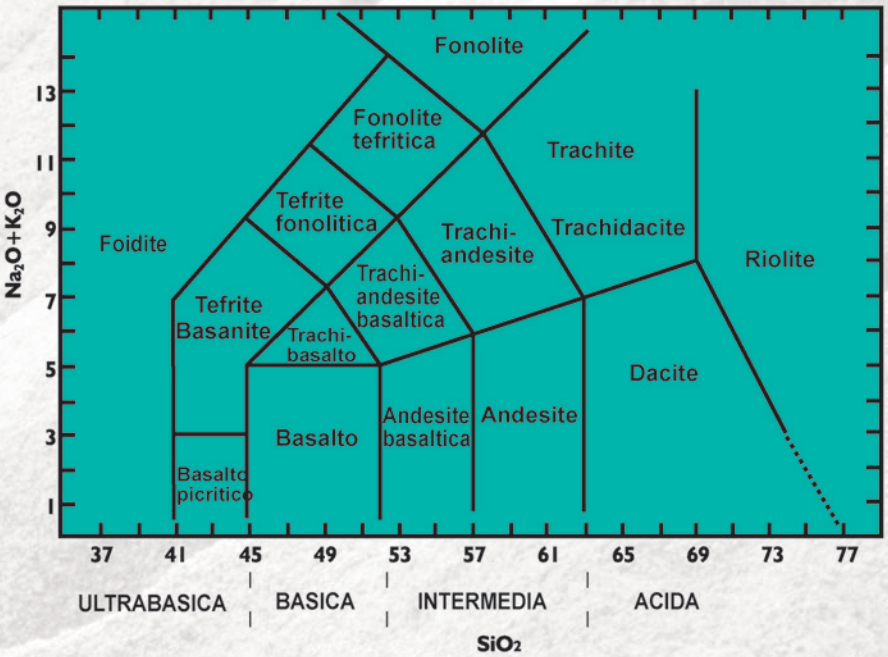


Diagramma TAS (Total Alkali versus Silica) per la classificazione di rocce vulcaniche usando il contenuto di Silicio (SiO_2) e alkali (Na_2O e K_2O)

Campione di lava riolitica

Campione di lava basaltica

Prodotti delle eruzioni esplosive

I prodotti della frammentazione del magma in eruzioni esplosive vengono classificati in base lle loro dimensioni in: **Bombe** (o blocchi) se maggiori di 64 mm; **lapilli** se di dimensioni tra i 2 e i 64 mm; **ceneri** se sotto i 2 mm.

In relazione alla vescicolazione (presenza di cavità all'interno del frammento piroclastico) e alla densità, i frammenti si distinguono in pomici e scorie. Le **pomici** sono generalmente molto vescicolate, hanno una bassa densità e sono composte da una massa vetrosa in cui sono immersi cristalli. Le **scorie** sono invece meno vescicolate, più dense e generalmente più scure delle pomici.

I depositi dell'attività esplosiva possono anche contenere frammenti litici, ovvero pezzi di rocce pre-esistenti trascinate via dal magma in risalita, e contenere cristalli sciolti.

Frammenti sferici, chiamati **lapilli accrezionali**, sono prodotti dall'accumulo di cenere vulcanica attorno ad una piccola particella che ne costituisce il nucleo centrale.

Le **ossidiane** sono un vetro vulcanico di colore generalmente nero, che si rompe secondo fratture concoidi che hanno origine dal rapidissimo raffreddamento di un magma viscoso.

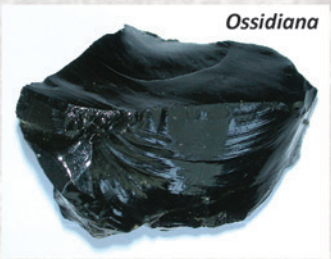
Frammento di pomice

Scoria

Dettaglio di un campione di Tufo

Il consolidamento e la compattazione di correnti piroclastiche e materiale fine da caduta , essenzialmente ceneri vulcaniche e secondariamente pomici e litici, generano una roccia chiamata **Tufo**. Nei casi in cui abbia una temperatura sufficientemente elevata al momento del deposito, i componenti si legano fortemente tra loro dando origine al **Tufo Saldato**.

Lapilli accrezionali


Ossidiana

Prodotti delle eruzioni effusive

I prodotti di una eruzioni effusive sono le **lave**. I fattori principali che creano la forma e la dimensione di una colata di lava sono il tasso di effusione, le proprietà chimiche e fisiche del magma e l'andamento del terreno. Un'eruzione effusiva può produrre sia *lave aa* caratterizzate da superfici corrugate e dall'accumulo caotico di frammenti lavici, sia *lave Pahoehoe* che presentano superfici ondulate con strutture a forma di lobo o di corda.

L'emissione di laviche sottomarine portano alla formazione di lave a cuscino (**Pillow lava**). La loro formazione si ha quando intorno al lobo, o cuscino, di lava si crea per raffreddamento una crosta vetrosa, capace di deformarsi per la spinta della lava all'interno, fino alla rottura e all'emissione di un nuovo cuscino. Il ripetersi di questa sequenza formerà un deposito di Pillow lava.

Formazione di Pillow Lava

Deposito di Pillow Lava

Lava a corde

Colata di lava aa

Colata di lava Pahoehoe

3.2.4 Rischio vulcanico

L'attività vulcanica può essere caratterizzata dalla lenta emissione di modeste quantità di magma con effetti limitati sull'ambiente circostante, oppure da eventi catastrofici capaci di alterare vaste aree circostanti il vulcano ed influire sul clima a livello globale.

Gli eventi catastrofici si manifestano generalmente come eruzioni esplosive di grande energia durante le quali sono emesse grandi quantità di materiale vulcanico. Le eruzioni effusive, invece, hanno un potere distruttivo più debole sebbene anche queste possono essere caratterizzate dalle emissioni di enormi volumi di lava. Pertanto, un elevato rischio vulcanico è per lo più connesso ad eruzioni esplosive.

Eruzione esplosiva

Deposito da caduta

Colonna e nube eruttiva

Deposito da caduta

I prodotti di un'eruzione esplosiva sono **depositi da caduta** costituiti da pomici e cenere e **depositi di correnti piroclastiche**. La caduta di pomici e cenere dalla nube eruttiva forma depositi che ricoprono vaste aree in relazione alla direzione dei venti dominanti. Questi depositi possono raggiungere spessore e peso tali da danneggiare i tetti delle costruzioni fino a causarne il crollo. La cenere vulcanica è altamente pericolosa per le

Eruzione esplosiva (Etna, 2006)

sue proprietà abrasive, perché può ridurre la visibilità e può causare problemi respiratori. Inoltre può provocare gravi danni i motori degli aeroplani e depositandosi sulle coltivazioni.

L'inalazione di gas o di particelle di cenere fine può essere mortale o comunque causare danni alla salute di persone o animali.

Un **flusso piroclastico** è una miscela di gas e particelle ad alta temperatura, tra 100 e 1000 °C, che scorre ad elevata velocità e distrugge tutto quello che incontra.

Esso si genera con il collasso totale o parziale della colonna eruttiva o in seguito a esplosioni.

I flussi piroclastici variano molto in grandezza e velocità ma in ogni caso, anche quelli di più ridotte dimensioni, possono causare la distruzione di case, foreste e raccolte.

Effetti della caduta di pomici e cenere

Deposito da corrente piroclastica

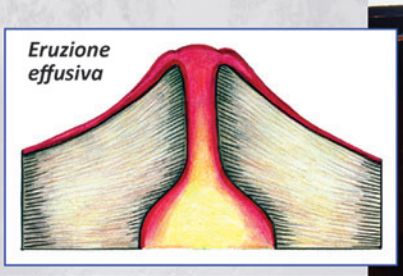
Flusso piroclastico

Deposito da corrente piroclastica

Effetti di un lahar

Effetti di un flusso piroclastico

Le **colate di lava** possono avere effetti distruttivi sul territorio in quanto tutto ciò che si viene a trovare sul loro percorso viene ricoperto e carbonizzato. Le colate laviche possono causare gravi danni alle costruzioni ed alla vegetazione ma la loro lentezza (max 30 km/ora) rende possibile l'allontanamento di persone ed animali. Tuttavia, danni alle persone possono essere causati dalle esplosioni all'interno della colata o dall'emissione di gas. Il seppellimento di campi coltivati, abitazioni e strade sotto spesse colate di lava, causa gravi danni e può avere serie ripercussioni socio-economiche.



Colata di lava

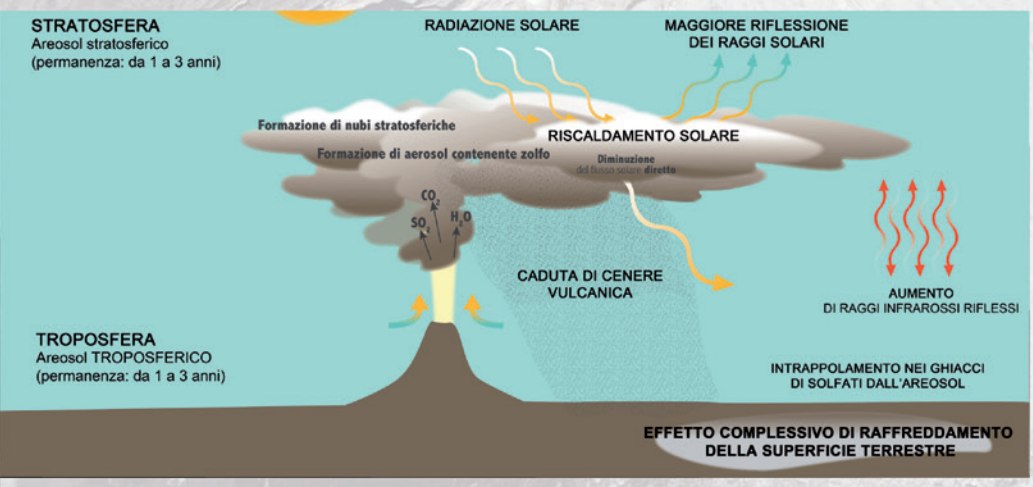
Effetti di una colata di lava

Deposito da lahar

Lahar è una parola indonesiana che descrive una colata di fango costituita da materiale piroclastico misto ad acqua.
Può avvenire durante un'eruzione o anche dopo l'evento eruttivo a causa della mobilizzazione del materiale piroclastico su ripidi versanti durante intense piogge o per scioglimento di nevi. Il Lahar viaggia ad alta velocità nelle incisioni lungo i fianchi del vulcano e si espande nelle pianure alluvionali fino a decine di km dal vulcano stesso causando gravi danni economici ed ambientali.

Le eruzioni vulcaniche e cambiamento climatico

Durante grandi eruzioni esplosive enormi quantità di gas e cenere vulcanica sono iniettati nella stratosfera. La maggior parte della cenere viene solitamente dispersa entro pochi giorni, causando uno scarso impatto sul clima, a differenza di alcuni gas come il biossido di zolfo (SO_2) che possono invece causare un raffreddamento globale. L'anidride carbonica (CO_2) emessa può contribuire al riscaldamento globale come gas serra di origine vulcanica. L'impatto più significativo sul clima da parte delle emissioni vulcaniche nella stratosfera deriva dalla quantità di zolfo emesso durante l'attività vulcanica e in particolare la trasformazione dell'anidride solforosa (SO_2) in acido solforico (H_2SO_4) che condensa rapidamente nella stratosfera per formare solfato nebulizzato (aerosol). Gli aerosol di solfato incrementano la riflessione della radiazione solare indietro nello spazio, raffreddando i bassi strati dell'atmosfera terrestre (la Troposfera) e quindi influenzando il clima.
Nel corso degli ultimi secoli alcune eruzioni vulcaniche hanno causato una diminuzione della temperatura media sulla superficie terrestre fino a un 1-2 C ° per periodi di alcuni anni.



Tuttavia, mentre l'SO_2 rilasciato durante eruzioni ha causato talvolta raffreddamento globale della bassa atmosfera, la CO_2 emessa non ha mai causato un evidente riscaldamento globale. Questo probabilmente è avvenuto perché la quantità di CO_2 non è stata sufficiente a produrre effetti registrabili a scala globale. Ad esempio, l'attuale attività vulcanica subaerea e sottomarina rilascia meno dell'1% delle emissioni di CO_2 prodotte dalle attività umane. E' invece probabile che nel passato geologico le emissioni di CO_2 dovute ad attività vulcanica diffusa ed intensa, siano state di tale entità da far registrare effetti climatici globali che possono aver contribuito a successive estinzioni di massa.
In tempi storici grosse eruzioni vulcaniche come quelle di Tambora (1816), Krakatoa (1883) o di Pinatubo (1991), che hanno emesso enormi quantità di cenere e gas, hanno causato tangibili variazioni globali della temperatura atmosferica, provocando il fenomeno descritto come "inverno" vulcanico. Inoltre studi effettuati sugli anelli di crescita degli alberi hanno dimostrato che tali cambiamenti si sono verificati diverse volte nel passato.

3.2.5 Sorveglianza dei vulcani

Il passaggio di un vulcano da uno stato di quiescenza ad uno stato di imminente eruzione implica la risalita in superficie di una massa magmatica da profondità crostali. La risalita provoca sensibili variazioni di alcuni parametri fisico-chimici, nel magma e nelle rocce circostanti, che possono essere rilevati in superficie. Tali variazioni sono conosciuti come fenomeni precursori di un eruzione. La loro evoluzione nel tempo, monitorata dal sistema di sorveglianza vulcanica, è la base per ipotizzare previsioni a breve termine.

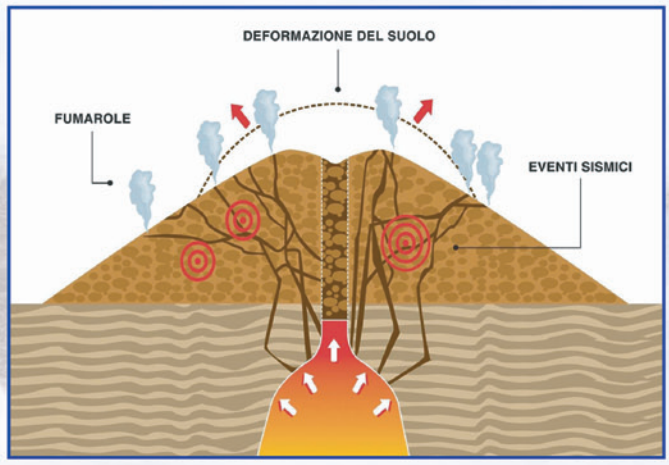
I fenomeni precursori più comuni sono:

Sismicità vulcanica. Il movimento di magma e gas vulcanici nella crosta è causa di progressiva deformazione delle rocce fino a giungere alla loro rottura con conseguente rilascio di energia attraverso l'emissione di onde sismiche. Immediatamente prima di un'eruzione può essere registrato anche un persistente tremore sismico prodotto dal magma che risale lungo il condotto.

Deformazioni del suolo e cambiamenti nella forma dell'edificio vulcanico. Movimenti di masse magmatiche in profondità possono essere causa di deformazioni delle rocce sovrastanti. In alcuni casi significative deformazioni del suolo possono essere associate anche a cambiamenti della pressione di fluidi nelle rocce da parte del sistema geotermale associato all'area vulcanica.

Variazioni geochimiche. La risalita del magma nella crosta provoca una intensa migrazione in superficie di fluidi magmatici che si riflette anche in un sensibile cambiamento di composizione delle fumarole e del sistema geotermale dell'area. Questi fluidi possono essere di origine magmatica, provenire da rocce confinanti la massa magmatica o dal sistema idrotermale surriscaldato. Tutti i gas sono caratterizzati principalmente dalla presenza di vapor d'acqua (H_2O), anidrite carbonica (CO_2), con significative percentuali di acido cloridrico (HCl), acido fluoridrico (HF), acido solforico (H_2SO_4) e altri composti gassosi che sono tipicamente presenti nei fluidi magmatici.

Variazioni del campo gravitazionale, campo magnetico e campo elettrico. Queste variazioni sono indotte dall'intrusione di magma o dalla circolazione dei fluidi, le quali temperature e densità sono significativamente diverse dalle rocce circostanti.



Monitoraggio vulcanico

Il monitoraggio vulcanologico individua eventuali variazioni dei precursori e consente alla comunità scientifica di prevedere con diversi gradi di certezza i tempi e la tipologia della ripresa dell'attività eruttiva. Per comprendere in modo adeguato il significato dei fenomeni rilevati dai sistemi di monitoraggio è necessario che questi siano analizzati e interpretati alla luce delle conoscenze acquisite sul particolare vulcano. A tal riguardo la raccolta di informazioni sullo stato di attività delle aree vulcaniche monitorate è affiancata dallo studio dei dati raccolti nel corso di passati eventi eruttivi, consentendo continui aggiornamenti delle informazioni sullo stato dell'area. Tali informazioni sono di cruciale importanza per le autorità al fine di predisporre strategie per la riduzione dell'impatto di un'eventuale eruzione.

3.2.6 Principali vulcani attivi nel Mediterraneo

Nel Mediterraneo i vulcani attivi sono situati nell'Italia meridionale e nel Mar Egeo. L'attività vulcanica nell Isole Eolie (Stromboli e Vulcano) e nelle Isole dell'Egeo Milos, Santorini e Nisyros, sono causate dalla subdu zione della placca Africana sotto quella Euroasiatica. Il vulcanismo del Vesuvio, dei Campi Flegrei, di Ischia dell'Etna sono dovuti alla salita del magma in corrispondenza di strutture nella crosta superiore.

Vesuvio (Italia)

Tipo di vulcano: stratovulcano
Principale tipo di attività: freatomagmatica, pliniana, effusiva
Inizio dell'attività eruttiva: più di 300.00 mila anni fa
Ultima eruzione: 1944
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** Alto

Il Vesuvio è alto 1281 m con un cratere il cui diametro è circa 500 m. Il Gran Cono del Vesuvio si è sviluppato all'interno della caldera dell'antico edificio del Monte Somma. La storia di questo vulcano è caratterizzata da lunghi periodi di riposo intervallati da violente eruzioni esplosive pliniane o sub-pliniane. Dopo l'ultima eruzione esplosiva del 1631 il Vesuvio ha attraversato una fase a "condotto aperto" durata fino al 1944 ed è al momento in una fase di riposo con "condotto chiuso". L'area vesuviana è considerata una delle aree a più alto rischio nel mondo a causa dell'alto grado di urbanizzazione.

Campi Flegrei (Italia)

Tipo di vulcano: caldera
Principale tipo di attività: freatomagmatica, pliniana, stromboliana, fumarolica
Inizio dell'attività eruttiva: più di 80.000 anni fa
Ultima eruzione: 1538
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** Alto

I Campi Flegrei sono un campo vulcanico che include numerosi edifici vulcanici di diverso tipo. La struttura vulcanica principale è una caldera formatasi durante le due principali eruzioni: Ignimbrite Campana (40.000 anni) e Tufo Giallo Napoletano (15.000 anni). L'ultima eruzione di Monte Nuovo (1538) si verificò dopo circa 3500 anni di riposo. In tempi recenti (1970-72, 1982-84) si sono verificate due crisi di deformazione lenta del suolo (bradisismo), accompagnate da centinaia di terremoti, che hanno prodotto un sollevamento totale di circa 3.5 m., costringendo l'evacuazione parziale della città di Pozzuoli.

Ischia (Italia)

Tipo di vulcano: caldera
Principale tipo di attività: sub-pliniana, stromboliana, effusiva, freatomagmatica,, fumarolica
Inizio dell'attività eruttiva: più di 150.000 anni fa
Ultima eruzione: 1302
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** basso-intermedio

Ischia è la parte emersa di un vulcano la cui base si trova a più di 1000 m di profondità. Il vulcanismo ad Ischia è iniziato più di 150.000 anni fa ed è continuato, alternandosi a lunghi periodi di riposo, fino all'ultima eruzione del 1302. Il maggior rilievo, il Monte Epomeo, è un blocco risorgente dal fondo di una caldera formatasi dopo una violenta eruzione esplosiva avvenuta 55.000 anni fa. La recente attività vulcanica è stata particolarmente intensa con più di 46 eruzioni effusive ed esplosive durante gli ultimi 3000 anni. Un terremoto disastroso verificatosi nel 1883 ha prodotto gravi danni alla città di Casamicciola.

Vulcano (Italia)

Tipo di vulcano: stratovulcano
Principale tipo di attività: freatomagmatica, pliniana, effusiva, fumarolica
Inizio dell'attività eruttiva: più di 120.000 anni fa
Ultima eruzione: 1888-90
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** basso-intermedio

Vulcano, con 500 m di altezza s.l.m., è l'isola più a sud nell'arcipelago delle Eolie. La sua complessa morfologia è dovuta alla sovrapposizione di diverse strutture vulcaniche generatesi dall'alternarsi di fasi costruttive, con eruzioni effusive od esplosive a bassa energia e con fasi più distruttive caratterizzate da violente eruzioni esplosive. L'edificio più antico (120.000 anni) è uno stratovulcano, troncato circa 100.000 anni fa in seguito alla formazione di una caldera. A nord ovest di questa struttura un'altra caldera, circondata da una serie di duomi lavici, comprende il cono di tufo di La Fossa il quale è collegato a nord con la più recente penisola di Vulcanello (2000 anni). L'ultima eruzione si verificò a La Fossa nel 1888-90 ed al momento l'isola presenta una diffusa attività fumarolica ed una bassa sismicità. Tra il 1985 e il 1994 un'intensa attività fumarolica ed un'attività sismica maggiore, unite a delle deformazioni del terreno a La Fossa, provocarono un certo allarme e il timore di una nuova eruzione.

Stromboli (Italia)

Tipo di vulcano: stratovulcano
Principale tipo di attività: stromboliana, effusiva, fumarolica
Inizio dell'attività eruttiva: 200.000 anni fa
Ultima eruzione: in corso
Stato dell'attività: persistente **Rischio:** basso-intermedio

Stromboli, l'isola più a nord dell'arcipelago delle Eolie, raggiunge un'altezza massima di 924 m s.l.m. e si erge da una profondità di 1500-2000 m dal fondo marino. I crateri attivi, a circa 700 m s.l.m., sono collocati nella parte superiore della Sciara del Fuoco, una struttura di collassamento lungo fianco nord-orientale del vulcano. Le rocce in affioramento sono principalmente depositi di lava e piroclastiti tipici dell'attività stromboliana che consiste in blande esplosioni intermittenti che espellono scorie ("bombe vulcaniche"), lapilli e cenere da un condotto eruttivo aperto nel quale il magma è presente a basse profondità. Le esplosioni comportano una degassazione continua del magma. Questo tipo di attività viene periodicamente interrotta da colate di lava lungo la Sciara del Fuoco e da più violente esplosioni che espellono blocchi che hanno a volte raggiunto gli insediamenti di Stromboli e Ginostra.

Etna (Italia)

Tipo di vulcano: stratovulcano
Principale tipo di attività: effusiva, stromboliana, fumarolica
Inizio dell'attività eruttiva: 550.000 anni fa
Ultima eruzione: 2011
Stato dell'attività: semipersistente
Rischio: basso-intermedio

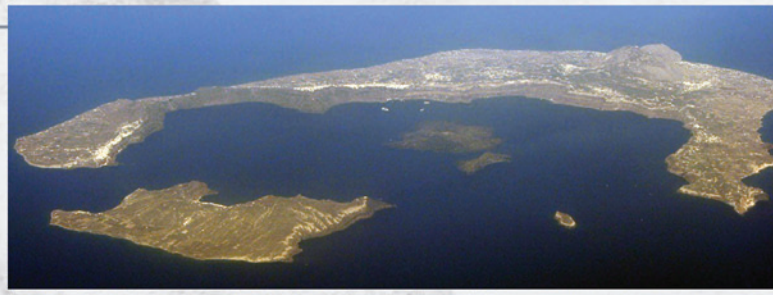
L'Etna, il più grande vulcano attivo d'Europa, misura 3.330 m alla sua sommità e copre una superficie di circa 1200 km^2. Le rocce provenienti dall'Etna sono principalmente lave, con una quantità più bassa di cenere e scorie prodotte da eruzioni che variano dal tipo effusivo a quello altamente esplosivo, a quelle che hanno prodotto caldere (eruzione pliniana del 122 a.C.). Durante i secoli recenti, l'attività del vulcano è stata pressoché continua, con frequenti eruzioni esplosive di bassa energia ed effusioni laviche in uscita da entrambi i crateri della sommità e dai camini laterali. Tali eruzioni, di durata variabile da alcuni giorni a diversi anni, hanno più volte danneggiato aree urbane lungo le pendici del vulcano a seguito delle ricadute di cenere e scorie e dei flussi lavici. Degna di nota è l'eruzione laterale verificatasi nel 1669 quando la città di Catania fu in parte distrutta da un flusso lavico.

Milos (Grecia)

Tipo di vulcano: stratovulcano
Principale tipo di attività: esplosiva, esplosioni freatiche, fumarolica
Inizio dell'attività eruttiva: 3.500.000 anni fa
Ultima eruzione: 19000 anni fa (magmatica), 200 d.C. (freatica)
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** basso

Milos è uno stratovulcano di 751 mt d'altezza che non ha registrato altri eventi magmatici dopo le due eruzioni esplosive freatomagmatiche che diedero origine agli anelli di tufo di Trahilas (380000 anni) e Fyriplaka (19000 anni). Tuttavia l'intensa attività sismica superficiale e gli elevati flussi di calore suggeriscono comunque che la ripresa di attività del vulcano con pericolose eruzioni esplosive freatomagmatiche non è improbabile. Le storiche esplosioni freatiche (800-200 d.C.) implicano un serio pericolo vulcanico a Milos per la presenza di vapore surriscaldato (320 ° C) ad una profondità inferiore ad un chilometro nell'area centrale di Milos. Il rischio vulcanico nell'isola di Milos resta tuttavia relativamente basso, almeno nell'immediato futuro. La popolazione residente nell'isola è costituita da 5000 persone che durante il periodo estivo raddoppiano fino ad arrivare a 12.000 grazie al flusso turistico.

Santorini (Grecia)



Tipo di vulcano: caldera
Principale tipo di attività: freatomagmatica, pliniana, stromboliana, effusiva
Inizio dell'attività eruttiva: più di 180.000 anni fa
Ultima eruzione: 1950
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** alto

Santorini è un arcipelago vulcanico formato da cinque isole. La più grande si chiama Thera ed è costituita da una successione di depositi vulcanici che hanno subito almeno quattro collassi calderici dovuti a violente eruzioni esplosive. La più recente di queste si è verificata 3600 anni fa, nel tardo periodo del bronzo (epoca Minoica); essa distrusse la città di Akrotiri, fu causa di uno tsunami devastante e probabilmente apportò cambiamenti climatici almeno in Europa. A partire dal 197 a.C. l'attività vulcanica all'interno della caldera ha portato alla formazione delle due isole di Palea Kameni e Nea Kameni. Nel 1650 un'eruzione esplosiva sottomarina ebbe luogo all'esterno della caldera nel Nord Est dell'isola, così formando il vulcano Kolumbo il cui collasso generò uno tsunami che danneggiò le coste di Santorini e causò diverse vittime. L'ultima eruzione del 1950, di tipo effusivo e preceduta da esplosioni freatiche, si verificò al centro della caldera nell'isola di Nea Kameni. Nel 1956 un forte terremoto distrusse molti villaggi dell'isola. Santorini viene visitata ogni anno da un ampio numero di turisti.

Nysiros (Grecia)

Tipo di vulcano: stratovulcano
Principale tipo di attività: esplosioni freatiche
Inizio dell'attività eruttiva: 150.000 anni
Ultima eruzione: 1950
Stato dell'attività: quiescente **Rischio:** alto

Nisyros è uno stratovulcano di 700 mt di altezza che costituisce la parte superiore emersa di un più grande edificio originatosi da un'attività vulcanica che risale a più di 150.000 anni fa. Una devastante eruzione verificatasi nell'isola circa 40.000 anni fa causò la formazione dell'antica caldera nella quale si è gradualmente accresciuto un duomo lavico, mentre l'attività successiva produsse un cono vulcanico in seguito all'accumulo di depositi piroclastici e lava. La forma attuale è invece dovuta ad un'eruzione pliniana avvenuta non prima di 24.000 anni fa la quale ha poi dato origine ad una caldera di 3,8 km di larghezza. L'attività successiva fu caratterizzata dall'emissione di duomi lavici all'interno e all'esterno della caldera di Nisyros (piana di Lakki).

Tutte le esplosioni registrate a Nisyros in tempi storici sono state di natura freatica e se ne contano almeno 13, le più recenti delle quali sono avvenute nel 1871-73 e nel 1888.

Eruzioni famose

L'eruzione Minoica di Thera (Santorini, Grecia - circa 3600 anni fa)

L'arcipelago di Santorini è sede del più celebre vulcano attivo in Grecia e si trova nella zona meridionale del Mar Egeo. Una delle sue più famose eruzioni è quella "Minoica", un'eruzione pliniana con emissione di ingenti volumi di materiale piroclastico (circa 60 Km3). L'evento verificatosi nella tarda Età del Bronzo, si articolò in diverse fasi. L'eruzione ebbe inizio con una violenta esplosione che generò una colonna eruttiva che raggiunse circa 40 chilometri di altezza, da cui caddero frammenti piroclastici che si accumulano al suolo su tutta l'isola, le isole Egee limitrofe fino alle coste del Medio Oriente e della Turchia. Nella seconda fase il magma venne a contatto con l'acqua marina generando esplosioni che produssero flussi piroclastici. Questi flussi invasero l'area intorno al centro eruttivo, lasciando un deposito spesso molti metri. Contemporaneamente iniziò il collasso della struttura vulcanica che portò alla formazione della caldera così come appare oggi. Il collasso calderico e l'entrata in mare di ingenti volumi di flussi piroclastici, generarono uno tsunami che raggiunse le coste di Creta e delle altre isole Egee fino alle coste dell'Africa orientale. Lo tsunami devastò non solo Santorini con la distruzione della città di Akrotiri, ma ebbe un grandissimo impatto su tutto il Mediterraneo orientale, indebolendo pesantemente la civiltà Minoica, che di li a poco scomparve. L'insediamento sepolto di Akrotiri a Thera, risalente alla civiltà Cicladica/Minoica viene anche chiamato la "Pompei dell'Età del Bronzo" per evidenziare la similarità con la città romana sepolta dalle ceneri del Vesuvio. Dal momento che non sono ritrovate vittime si presume che l'attività sismica e vulcanica precedenti l'evento maggiore avessero fatto allontanare la popolazione dall'isola. Spesso si è associata Santorini e il suo collasso in mare alla storia dell'Atlantide.

Distribuzione dei depositi da caduta dell'eruzione Minoica di Santorini

L'eruzione di Pompei del 79 d.C.

Affresco a Pompei che illustra il Vesuvio prima del 79 d.C.

L'eruzione di Pompei, nel 79 d.C., è indubbiamente la più famosa del Vesuvio, e forse la più famosa eruzione vulcanica nella storia. Essa fu descritta da Plinio il giovane in due lettere a Tacito in cui narra della morte di suo zio, Plinio il Vecchio, che partì dal porto di Miseno (Campi Flegrei) con alcune navi della flotta romana per portare soccorso alla popolazione di Pompei e rimase vittima dell'eruzione stessa. Da ciò ha avuto origine il termine "eruzione pliniana" per descrivere eruzioni particolarmente distruttive.

In epoca romana, all'inizio del primo millennio, il Vesuvio non veniva considerato un vulcano attivo, e diverse città prosperarono alle sue pendici. Nel 62 d.C. l'area vesuviana fu colpita da un forte terremoto che causò il crollo di numerosi edifici e ingenti danni. A quel tempo non era ancora ipotizzabile un collegamento tra i terremoti e la natura vulcanica dell'area. Nel 79 d.c. il Vesuvio ritornò in attività, dopo un periodo di quiescenza durato circa tre secoli, riversando circa 43 km^3 di magma sotto forma di pomici e cenere sulle aree circostanti in poco più di 30 ore. La colonna eruttiva, costituita da gas, cenere, pomici e frammenti di rocce si innalzò nell'aria per un'altezza di circa 15 km sul vulcano mentre numerosi terremoti colpirono la zona. Durante la notte molte persone approfittarono di un apparente quiete dell'attività eruttiva per tornare nelle loro case abbandonate in fretta, ma furono sorprese nel corso della mattina dalla ripresa dell'eruzione. Questa fase portò ad un collasso totale della colonna eruttiva che provocò la formazione di flussi piroclastici e la distruzione delle aree di Ercolano, Pompei e Stabia. Durante la parte finale dell'eruzione, probabilmente nella tarda mattinata del secondo giorno di attività, continuarono a formarsi altri flussi piroclastici i cui depositi seppellirono completamente i villaggi circostanti.

Calchi in gesso di vittime dell'eruzione di Pompei

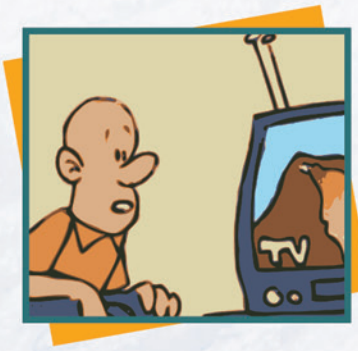
3.2.7 Misure di prevenzione

A differenza di altri fenomeni naturali, quali i terremoti, le eruzioni vulcaniche sono generalmente prevedibili, grazie a particolari fenomeni precursori che possono essere rilevati da reti di monitoraggio appositamente realizzate. La durata di un'eruzione vulcanica può variare da poche ore a decine di anni (l'attività eruttiva del vulcano Kilauea nelle Hawaii si protrae fin dal 1986). Generalmente le eruzioni vulcaniche si distinguono in distingue in effusive ed esplosive, a cui sono associati diversi fenomeni vulcanici potenzialmente pericolosi. I principali fenomeni pericoli vulcanici sono: 1 -colate laviche; 2 -caduta di materiale piroclastico di varie dimensioni, dalle bombe vulcaniche fino alle cenere; 3 -colate piroclastiche; 4 -emissioni di gas; 5 -colate di fango (lahar). I fenomeni più pericolosi sono le colate piroclastiche e quelle di fango.

Cosa fare... se vivi o ti trovi in un'area vulcanica:

1.Informati sul piano di emergenza del tuo comune
Per adottare i comportamenti adeguati e attuare le eventuali operazioni di evacuazione

2.Durante un'eruzione rispetta il divieto di accesso alle aree interessate dal fenomeno
Anche se la spettacolarità delle eruzioni genera curiosità, questi luoghi sono pericolosi



3.Adotta esclusivamente i comportamenti indicati dalle Autorità di Protezione Civile
Durante le fasi di crisi, è facile che si diffondano notizie errate che possono ostacolare l'intervento di soccorso

4.Avvicinarsi a bocche eruttive è pericoloso anche in assenza di attività
Fenomeni esplosivi improvvisi e/o emissione di gas sono sempre possibili

in caso di colata lavica:

1.Non avvicinarti ad una colata di lava attiva anche quando defluisce regolarmente
Sono molto calde, sprigionano gas, possono dare luogo a rotolamenti di massi incandescenti ed improvvise esplosioni

2.Anche dopo la fine dell'eruzione non camminare sulla superficie di una colata lavica
Le colate mantengono per anni il loro calore

in caso di caduta di "bombe vulcaniche":

1.Informati se la zona in cui ti trovi è soggetta a caduta di materiali grossolani
È un fenomeno altamente distruttivo nei confronti degli edifici che pertanto non costituiscono un rifugio

2.Prendi visione del Piano d'Emergenza del tuo comune e preparati ad una eventuale evacuazione
L'allontanamento preventivo dall'area interessata è l'unica forma di difesa possibile

in caso di caduta di cenere vulcanica:

1.Rimani in casa con le finestre chiuse e controlla l'accumulo di cenere sul tetto della casa
La cenere vulcanica ha un peso specifico alto e accumulandosi potrebbe causare lesioni o crolli del tetto

2.All'esterno indossa mascherina di protezione e occhiali antipolvere e guida con prudenza
Le ceneri provocano disturbi all'apparato respiratorio, agli occhi e riducono l'aderenza al manto stradale

in caso di emissioni di gas :

1.Evita di sostare o campeggiare in aree vulcaniche o inoltrarti in ambienti sotterranei
L'anidride carbonica è un gas inodore più pesante dell'aria e letale in concentrazioni elevate

2.Non pensare di essere al sicuro se sosti lontano dalla zona del cratere
Possono esserci emissioni di gas anche in aree più lontane

in caso di flussi piroclastici:

1.Preparati ad una eventuale evacuazione
L'unica difesa da questo tipo di colate è l'allontanamento preventivo dalla area che potrebbe essere investita

in caso di colate di fango:

1.Segui il piano della Protezione Civile che indica le aree di attesa ed allontanati
Le ceneri fini possono innescare pericolose colate di fango che si riversano lungo i corsi d'acqua

3.2.8 Glossario vulcanologico

Bomba vulcanica
Frammento di roccia vulcanica di dimensioni superiori a 64 mm, emesso durante una eruzione esplosiva parzialmente fuso.

Caduta di frammenti vulcanici (piroclasti)
Accumulo al suolo per gravità, di frammenti piroclastici, lanciati nell'atmosfera durante un'eruzione esplosiva. I depositi associati sono chiamati depositi da caduta.

Caldera
Area ribassata generalmente circolare che si forma, spesso nella zona sommitale di un vulcano, per sprofondamento della rocce sovrastanti la camera magmatica. Ciò avviene quando vengono emessi grandi volumi di magma che di fatto tolgono il supporto alle rocce sovrastanti, causandone il collasso,e formazione di una depressioneanche di notevoli dimensioni.

Camera magmatica
Serbatoio al di sotto della superficie terrestre in cui il magma si accumula, ristagna per periodi più o meno lunghi, prima di risalire e dar luogo a un'eruzione vulcanica. Ha dimensioni e profondità molto variabili e può essere in connessione con l'esterno attraverso un condotto vulcanico.

Cenere
Frammento di roccia vulcanica di dimensioni inferiori ai 2 mm, emesso durante un'eruzione esplosiva.

Colata di fango (Lahar)
Anche chiamata con il termine indonesiano Lahar, è una miscela di frammenti vulcanici di dimensioni variabili e acqua che scorre ad alta velocità lungo i fianchi del vulcano. Si forma generalmente a causa di intense piogge che trascinano a valle depositi sciolti, anche durante un'eruzione, o molto tempo dopo.

Colata di lava
Massa di roccia fusa, contenente poco e pochissimo gas, emessa durante un'eruzione effusiva. Il termine lava si riferisce sia alla colata che scorre che al deposito che si forma una volta che questa, raffreddandosi, solidifica.

Eruzione
Emissione in superficie di magma, frammenti di roccia e gas, da un centro eruttivo.

EruzionePliniana
Eruzione esplosiva di grande energia che forma una colonna eruttiva che si innalza per decine di chilometri. Dalla parte alta della colonna, meno densa e spinta dai venti in quota, cadono particelle che si depositano su non meno di 500 km^2. La parte più densa della colonna può collassare, generando flussi piroclastici. Il nome viene da Plinio il Giovane che descrisse l'eruzione di vesuviana del 79 d.C. che distrusse Pompei ed Ercolano.

Eruzione Stromboliana
Dal vulcano Stromboli, è un'eruzione caratterizzata da esplosioni di bassa energia che si susseguono ad intervalli variabili da secondi a ore. I frammenti di magma, lanciati fino ad alcune centinaia di metri di altezza, cadendo al suolo, formano un cono di scorie.

Flusso piroclastico (corrente piroclastica)
Valanga di materiale piroclastico e gas ad elevata temperatura, emesso da un'eruzione esplosiva, che scorre lungo i fianchi del vulcano, con velocità anche superiori a 100 chilometri all'ora. In funzione delle caratteristiche del flusso si possono distinguere due tipi di depositi:i depositi piroclastici da flusso sono massivi, mentre quelli da surge, generalmente associati a esplosioni per interazione acqua-magma, sono finemente stratificati e costituiti prevalentemente da particelle fini.

Fontana di lava
Getti di magma e gas che possono raggiungere altezze di alcune migliaia di metri nel corso di eruzioni esplosive a bassa energia.

Fumarola
Emissione naturale di una miscela di gas e vapore. La rapida variazione di pressione e temperatura che essa subisce all'atto della fuoriuscita determina la precipitazione e la cristallizzazione di sostanze minerali.

Lapillo
Frammento di roccia vulcanica di dimensioni tra 2 e 64 mm, emesso durante un'eruzione esplosiva.

Lava aa
Parola hawaiana che indica una colata lavica dalla superficie frastagliata, composta da blocchi e frammenti lavici, che generalmente scorre con difficoltà.

Lava Pahoehoe
Parola hawaiana che indica un colata di lava poco viscosa, dalla superficie ondulata, che scorrendo e raffreddandosi nella parte più esterna, forma delle strutture "a corde".

Magma
Miscela allo stato fuso che si trova al disotto della superficie terrestre, costituita una porzione liquidain cui è disciolto il gas, cristalli e frammenti di roccia.

Pomice
Roccia vulcanica leggera e porosa, generalmente di colore chiaro che viene emessa durante un'eruzione esplosiva. A causa della sua scarsa densità, una pomice galleggia in acqua.

Precursori di un'eruzione vulcanica
Un insieme di fenomeni legati a variazioni fisico-chimiche di un sistema vulcanico, che avvengono prima di un'eruzione.

Scoria
Frammento vulcanico, vescicolato, di colore scuro, emesso durante un'eruzione esplosiva che, a differenza di una pomice, non galleggia in acqua.

Sistema di sorveglianza vulcanica
Insieme di strumenti di misura, dislocati sul territorio e generalmente collegati ad una centrale di raccolta dati, che rilevano i parametri geofisici e geochimici relativi a un sistema vulcanico.

Vulcano
Luogo della superficie terrestre in corrispondenza del quale si ha la fuoriuscita di magma sotto forma di lava, gas e prodotti piroclastici che accumulandosi formano un edificio vulcanico.

4. Conseguenze psicosociali

4.1 In caso di terremoto – Disturbi da Stress Post-Traumatico

Il terremoto è un evento che causa forte stress, un'esperienza traumatica poiché non permette di avere a disposizione tempo sufficiente per un'adeguata preparazione psicologica, riduce il senso di controllo che può essere acquisito in natura e durante la vita; causa una forte paura e senso di mancanza di aiuto nei bambini e negli adulti, modificando per lungo tempo l'equilibrio biologico e psicologico.

Terremoto e famiglia

Molto spesso, durante un terremoto i bambini potrebbero venire separati dai genitori e questa mancanza di supporto psicologico diretto e di consolazione può accrescere lo stress causato dall'evento catastrofico perché i bambini temono di non potersi rivedere ancora e si preoccupano della sicurezza dei loro genitori.

Gli adulti che vivono l'esperienza di un terremoto importante manifestano problemi mentali di proporzioni significative, alcune delle quali persistono molti anni dopo l'evento. Anche i figli di persone con seri effetti psicologici manifestano degli alti livelli di ansietà ed altri disturbi annessi, dovuti principalmente al fatto che essi confrontano le loro emozioni con quelle dei genitori e reagiscono di conseguenza. I genitori, per quanto loro stessi stanchi, ansiosi e sofferenti degli effetti del terremoto nella loro vita quotidiana, devono malgrado tutto essere disponibili e di sostegno ai loro figli.

L'evacuazione di case danneggiate può offrire un po' di sollievo poiché si può fare ricorso ad un luogo più sicuro, anche se ciò può creare una certa confusione in vista di una riabilitazione collettiva e di una riorganizzazione della vita che si era precedentemente creata con i vicini, che spesso può avere un effetto terapeutico.

Fattori che influiscono sulle reazioni dei bambini

I bambini possono avere una certa varietà di reazioni emotive dopo un disastro ed è importante capire che queste reazioni sono, per certi versi, naturali.

Molti bambini ed adolescenti vivono l'evento catastrofico senza andare incontro a problemi particolarmente seri. La reazione di un bambino dipende da diversi fattori, ovvero:

• L'età di un bambino influenza il modo in cui egli reagisce. Un bimbo di 6 anni potrebbe rifiutarsi di tornare a scuola, un adolescente potrebbe essere irritabile, scontroso verso i genitori, riluttante verso compiti da fare.

• La reazione di un bambino dipende inoltre dall'entità del danno vissuto. Se un membro della famiglia o altro familiare è rimasto ucciso o seriamente ferito dal sisma, se la casa o la scuola sono state seriamente danneggiate è più probabile che egli abbia una reazione più intensa.

• La reazione dei genitori e di altri adulti. I bambini normalmente sentono le preoccupazioni dei genitori e sono particolarmente sensibili durante una crisi. Quei genitori che reagiscono con il panico influenzeranno sicuramente i loro figli i quali reagiranno di conseguenza.

• Esperienze traumatiche precedenti del bambino. I disturbi dell'ambiente familiare, un divorzio traumatico dei genitori o un lutto recente rendono il bambino ancor più vulnerabile ad un nuovo trauma.

• Problemi psicologici dei bambini. Ansietà dovute a separazioni, depressione o altri seri disturbi pre-esistenti sono senz'altro dei fattori di rischio che facilitano il manifestarsi di gravi effetti psicologici a seguito di un evento catastrofico.

Reazioni dei bambini dopo un terremoto

A seguito di un terremoto i bambini temono che l'evento avverrà di nuovo e che metterà in pericolo loro e la loro famiglia. Queste paure e sentimenti spiacevoli possono essere un prodotto della loro immaginazione, ma dovrebbero essere considerate in modo serio da parte degli adulti. Tuttavia, alcuni bambini, così come gli adulti, possono provare un disordine psicologico conosciuto come Post Traumatic Stress Disorder (PTSD) (Disturbo da Stress Post Traumatico). I sintomi del PTSD si manifestano generalmente durante i primi 3 mesi che seguono l'evento traumatico. I sintomi spesso continuano per anni. Oltre al PTSD, spesso i bambini mostrano dei sintomi di depressione.

Altri effetti secondari sono: disturbi ansiogeni, ansietà da separazione, evitare la scuola, problemi psicosomatici e di minzione notturna.

Disturbi da stress post-traumatico (PTSD)

Esistono tre tipi di sintomi che riguardano il PTSD:

Rivivere di nuovo l'evento traumatico.

• I bambini più piccoli potrebbero attuare giochi ripetitivi dove vengono espressi i temi e gli aspetti del trauma.

• Ricorrenti sogni angoscianti o incubi correlati all'evento. I bambini più piccoli potrebbero sognare mostri spaventosi.

• Essi si sentono o si comportano come se l'evento traumatico si stesse riproponendo e lo stessero rivivendo. Nei bambini possono manifestarsi delle re-interpretazioni specifiche del trauma.

• Provano un'intensa angoscia psicologica o paura nel ricordare l'evento traumatico.

• Presentano reazioni fisiche, come irrequietezza, spavento e tremore nel ricordare l'evento.

Elusione persistente degli stimoli associati con il trauma

• Evitano di parlare o pensare all'evento traumatico.
• Evitano attività, luoghi o persone che possano ricordagli il trauma vissuto.
• Hanno difficoltà a ricordare un aspetto importante del trauma
• C'è una marcata diminuzione nell'interesse e nella partecipazione ad attività, il gioco viene ridotto.
• Si sentono distaccati o estraniati dagli altri.
• Presentano una varietà di sentimenti limitata, ad esempio l'incapacità di innamoramento.
• Si sentono come se non vivessero abbastanza per finire la scuola, studiare, sposarsi ecc.

Sintomi persistenti di un'accresciuta ansietà o eccitazione

• Difficoltà nell'addormentarsi e nel dormire.
• Manifestano irritabilità ed esplosioni d'ira.
• Difficoltà di concentrazione.
• Iper-vigilanza: sensibili nel riconoscere suoni, odori, immagini o altri stimoli che ricordino loro l'evento.
• Reazioni di spavento esagerate, reazioni sproporzionate a ciò che è inaspettato.

Per diagnosticare un PTSD devono essere presenti: almeno uno dei sintomi dell'evento traumatico "rivissuto", tre sintomi dell'elusione degli stimoli associati all'evento e due dei sintomi dell'eccessiva eccitazione per almeno un mese.

Genitori e insegnanti sono quelle persone che saranno più vicine ai bambini sia durante che dopo un disastro naturale. Cosa più importante, essi conoscono molto bene il comportamento ed il carattere dei bambini prima del disastro e capiscono i segnali emotivi di un carico psicologico e rispondono immediatamente in modo appropriato.

4.1.1 La reazione dei genitori

Anche se loro stessi hanno paura, il che è comprensibile, non devono perdere il controllo della situazione. Perciò, una volta che il pericolo è passato, essi devono concentrarsi sui bisogni dei propri figli. Più specificatamente, dopo un terremoto i genitori dovrebbero:

Organizzare la vita quotidiana:

• Tenere uniti il più possibile i membri della famiglia.
• Incoraggiare i bambini a partecipare a tutti gli sforzi necessari affinché la famiglia possa rimanere in piedi, e in particolare alla riparazione dei danni.
• Iniziare nuove attività ludiche per la famiglia
• Ristabilire la preparazione familiare alle emergenze
• Dopo un certo periodo, fare una nuova valutazione collettiva di quello che è accaduto

Offrire supporto psicologico:

• Presentare una realistica ma gestibile visione del disastro.
• Spiegare la situazione ai bambini in modo calmo e costante.
• Incoraggiare i bambini ad esprimere le loro paure e descrivere come si sentono.
• Lontano dai loro figli, i genitori dovrebbero anche condividere le loro paure ed esperienze nelle discussioni familiari.
• Rassicurare i bambini con sensibilità e amore fino a quando non capiranno che la vita tornerà ancora alla normalità.
• Mantenere un contatto fisico con i propri figli, ad esempio abbracciarli e toccarli spesso
• Essere di sostegno per i bambini e non critici verso di loro
• Dare e ricevere supporto dai membri della famiglia, dagli amici e della società
• Cercare di sorridere e di ricorrere all'umorismo
• Confermarsi ed aiutarsi reciprocamente all'interno della famiglia.

Agire praticamente:

• Discutere con i propri figli di cosa è opportuno fare se si dovesse verificare un altro terremoto.
• Mantenere sempre i propri principi riguardo all'educazione dei figli ma essere più flessibili in questioni meno importanti.
• Restare vicino ai bambini quando vanno a dormire.
• Tenere i bambini lontani dalla televisione.
• Incoraggiare i bambini a svolgere i propri compiti e a giocare con gli amici.

Gestire i sintomi

• Mostrarsi comprensivi riguardo a possibili comportamenti regressivi come incontinenza notturna, ed altri comportamenti tipici di età minori.
• Monitorare i mal di testa o i dolori addominali dei bambini o altre lamentele in quanto l'ansietà si manifesta spesso con sintomi fisici.
• Cercare di distinguere e di capire i fattori che causano ansietà e paure nei bambini.
• Permettere ai propri figli di "piangere" per quegli oggetti adorati che potrebbero aver perso nel corso del terremoto.
• Se i bambini incontrano difficoltà a scuola, i genitori dovrebbero richiedere la collaborazione degli insegnanti.
• Avere la consapevolezza che sebbene molte reazioni emotive dei bambini non durano a lungo dopo il disastro, ce ne potrebbero essere alcune che si manifestano per la prima volta (o persino ripresentarsi) dopo diversi mesi.
• Fare in modo che il tempo attenui e lenisca i traumi psicologici.
• Essere più tolleranti con i bambini ed altri membri familiari.
• Quando i figli non rispondono agli interventi dei propri genitori e continuano ad avere dei comportamenti problematici, cercare il supporto di esperti nella sanità mentale.

4.1.2 Il ruolo degli insegnanti

Gli insegnati possono aiutare i bambini a ritornare velocemente alle loro attività, a sopportare meno traumi e a considerare il terremoto come un'esperienza di vita.
Seguono qui sotto alcuni suggerimenti che potrebbero risultare utili da seguire per gli educatori:

Durante il terremoto

• Mantenersi composti
• Ricordare il comportamento appropriato nel caso di un terremoto che è stato precedentemente insegnato ai bambini
• Dare istruzioni perentorie in maniera decisa ma senza urlare né imprecare in quanto ciò potrebbe generare maggiore panico.
• Rassicurare i bambini che sono agitati e che probabilmente urleranno e grideranno.
• Tenere sempre presente che se reagiranno con il panico ad un terremoto, questo influenzerà i loro studenti.

Subito dopo un terremoto:

• Condurre i bambini in un luogo più sicuro e restare con loro.
• Abbracciare i bimbi più piccoli che piangono.
• Essere comprensivi rispetto alla paura dei bambini
• Rassicurare i bambini nelle loro preoccupazioni
• Assicurare ai bambini che il pericolo è passato
• Prendersi cura di loro fino a quando non verranno a prenderli i genitori

Periodo successivo al terremoto:

• Tornare al programma scolastico il prima possibile.
• Dare risposte oneste alle domande che potrebbero porre i bambini riguardo ai fatti; non cercare di sminuire la gravità della situazione.
• Esprimere i propri timori e come sia naturale provare queste sensazioni.
• Creare un ambiente di supporto dove i bambini si sentano a proprio agio e possano condividere i propri sentimenti.
• Chiedere ai bambini di scrivere o disegnare qualsiasi cosa essi vogliano riguardante il terremoto.
• Mostrare comprensione verso quei bambini che si comportano come se avessero un'età minore e che si lamentano di dolori non dovuti a ragioni fisiche.
• Essere rassicuranti ed ottimisti circa gli sviluppi della situazione ma evitando di fare promesse improbabili come ad esempio dire che un simile evento non accadrà di nuovo.
• Rispondere con pazienza a domande poste con frequenza perché i bambini spesso chiedono ripetutamente la stessa cosa per avere conferma dell'informazione.
• Osservare sintomi post-traumatici, ad es. se un bambino dopo qualche settimana continua a mostrare ritrosia, difficoltà di concentrazione, facilità di pianto, riduzione di interesse, irritabilità.
• Comunicare e collaborare con i genitori.
• Cercare consulenza presso specialisti di salute mentale.

4.2 In caso di eruzione vulcanica

Eruzione vulcanica: particolarità di questo disastro naturale in relazione con le conseguenze psicosociali.
Un'eruzione vulcanica si verifica in molte forme e dimensioni ed in una varietà di ambientazioni geologiche. In base ai diversi tipi di eruzione inoltre la frequenza e la violenza possono variare molto.
A differenza dei terremoti, il vulcano ha un fascino particolare sui bambini. Un recente studio di Gomez Christopher ("esposizione ai rischi dei vulcani ed influenza sulla percezione: studio analitico in Giappone, dieci anni dopo l'eruzione dell'Unzen Fugendake") pone in evidenza come la visione di un'eruzione vulcanica da parte dei bambini sia piuttosto affascinante, anche nel caso in cui essi vivano vicino ad un vulcano. Nei loro disegni essi rappresentavano le ceneri e le nubi che uscivano dal cratere principale del vulcano, la lava, le esplosioni, le sporgenze... Quindi, mentre i bambini enfatizzavano gli aspetti affascinanti di questo pericolo naturale, gli adulti enfatizzavano le conseguenze umane rappresentando edifici distrutti, abitanti che sfuggono al pericolo, la vulnerabilità umana.
Ciò pone in evidenza la differente visione generale di un vulcano tra adulti e bambini.
Questa affascinante immagine viene però completamente distrutta dopo l'eruzione vulcanica in quanto il disastro cancella quelle attraenti metafore.
A differenza di un terremoto, gli eventi vulcanici possono anche avere una certa prevedibilità e persino periodicità ma, nonostante ciò, il forte impatto, il fatto che continui ad essere presente nella mente dei bambini (un terremoto è qualcosa non chiaramente ricondotto ad un luogo specifico mentre un'eruzione è collegata ad un vulcano visibile) le conseguenze della distruzione, il fatto che la paura traumatica sia collegata ad un qualche cosa di "reale", rende questo disastro un evento stressante, un'esperienza traumatica (in certi casi persino più grave di un terremoto) in quanto genera intensa paura ed un senso di impotenza nei bambini.
Diversi studi sottolineano come le eruzioni vulcaniche non influenzino ogni individuo allo stesso modo.
A livello personale, alcuni potrebbero vivere il disastro con poche conseguenze psicologiche, mentre altri ne escono emotivamente devastati. Ovviamente, al di là di differenze individuali, certe categorie di persone, i bambini in particolare, risultano essere particolarmente vulnerabili.
Questo perché coloro che dispongono di minori risorse sono maggiormente esposti agli effetti avversi di un'eruzione vulcanica. Per i bambini, gli effetti vengono ingigantiti dal fatto che la personalità di un bambino è ancora in via di sviluppo ed anche perché non hanno la dimensione della "previsione" dell'eruzione.
Il bambino deve costruire la sua personalità nella cornice del danno psicologico causato dal disastro vulcanico (molto spesso le reazioni post-disastro comprendono flashback e spaventosi ricordi dell'esperienza alla sola vista del vulcano). Qualsiasi ricordo dell'evento può sollecitare tali sensazioni.

Reazioni dei bambini dopo un'eruzione vulcanica

Gli studi che indagano sull'impatto dell'eruzione vulcanica sui bambini e gli adolescenti hanno evidenziato conseguenze emozionali e comportamentali negative a vari livelli.

Mentre alcune psicopatologie diagnosticabili potrebbero non presentarsi, molti bambini riportano livelli significativi di angoscia emotiva e frequenti manifestazioni di livelli sub-clinici di malattia da stress post traumatico (PTSD).

Per quanto riguarda l'impatto psicosociale di un'eruzione vulcanica, se il livello di coinvolgimento e di stress è lo stesso, deve essere messo in evidenza che non è molto diverso dall'impatto psicosociale di un terremoto.

Paura reattiva e ifestiofobia

Per questo disastro naturale, i bambini possono andare incontro ad un disturbo psicologico conosciuto come Paura Reattiva e Ifestiofobia.

Paura Reattiva

Le reazioni più complesse agli stress emotivi vengono definite come attivazioni simpatetiche maggiori, straniamento parasimpatico e incremento cortisonico verso compiti generanti stress.

I bambini che hanno avuto l'esperienza di un'eruzione vulcanica spesso rivivono l'evento traumatico attraverso incubi, improvvisi ricordi dell'evento traumatico e sogni ad occhi aperti. Ogni esperienza che possa in qualche modo ricordare l'evento traumatico può stimolare una reazione di stress. I bambini che si trovano in uno stato di Paura Reattiva possono essere caratterialmente impulsivi, ipervigilanti, iperattivi, chiusi o depressi, avere disturbi del sonno (insonnia, sonno agitato o incubi) e ansietà.

In generale, questi bambini possono mostrare una certa perdita delle capacità precedentemente acquisite oppure una lentezza nell'acquisire nuove funzioni relative allo sviluppo, ad esempio comportarsi in maniera regressiva. Inoltre, molti di loro denotano una persistente iper-reattività fisiologica che li porta ad elevate frequenze cardiache o a valori soglia della pressione sanguigna massima.

Purtroppo, gran parte dei bambini che hanno vissuto l'esperienza di un'eruzione vulcanica subiscono al contempo un forte sconvolgimento nel loro stile di vita, nel loro senso della comunità, nella loro struttura familiare e sono spesso esposti ad una varietà di continui ricordi destabilizzanti che riguardano l'evento originale. Tutti questi elementi acuiscono la Paura Reattiva e, in particolar modo nel caso di un'eruzione vulcanica, tali situazioni sono collegate al ruolo dei mass media.

Gli effetti del dopo eruzione possono essere considerati dai bambini altrettanto traumatici che l'evento stesso: le ceneri tossiche, i materiali radioattivi finiscono per essere percepiti come elementi che aggravano la paura reattiva.

Per questa ragione gli psicologi raccomandano interventi integrati tra vulcanologi, psicologi, operatori sociali ed i mass media prima di divulgare informazioni che riguardano i disastrosi effetti che seguono un'eruzione vulcanica.

Ifestiofobia

Nel caso di eruzione vulcanica i bambini possono anche sviluppare la sindrome di Ifestiofobia, ovvero il terrore per l'intensa furia dei vulcani. Questa pratica terminologica consiste nell' adottare il sostantivo greco per paura (Ifestio) combinandolo con la parola phobia. È una persistente e complessa paura generata dalla vista del fuoco, della lava e della cenere insieme. Ifestiofobia significa temere il calore, la potenziale morte e la consapevolezza che questo è un evento naturale su cui non si ha alcun potere di controllo. Il meccanismo di difesa consiste nell'evitare l'oggetto che genera paura esternando il proprio panico per l'imminente perdita di controllo personale.

Se una persona che teme i vulcani è obbligata per le situazioni della vita a vivere vicino ad un vulcano (attivo o dormiente) questa potrà avere la costante preoccupazione che il vulcano possa eruttare da un momento all'altro, riservando ad esso uno sguardo ostile, persino quando appare loro come una semplice vetta montuosa. Queste persone continueranno inoltre a fuggire se e quando avvertiranno che il vulcano è diventato attivo.

Altri sintomi possono includere:

- Frequenze cardiache irregolari o elevate
- Fame d'aria
- Attacchi di panico
- Nausea
- Sensazione di essere vicini alla morte
- Elevata temperatura corporea
- Senso di terrore
- Sogni ripetuti di eruzioni vulcaniche

Alcuni dei migliori metodi per sopraffare la paura dei vulcani è di accrescerne la conoscenza. In verità, se dovesse rendersi necessaria un'evacuazione nell'area di un vulcano attivo difficilmente ci sarebbero perdite di vite umane. Il pericolo maggiore per cui sarebbe indispensabile liberare la zona è rappresentato dalla cenere in caduta, ma la tecnologia offre oggi la possibilità di determinare la potenzialità di un'attività vulcanica e di intraprendere le giuste strategie per allertare il pubblico.

5. Approfondimento

Testi

Barberi F., Santacroce R., Carapezza M. L. – “TERRA PERICOLOSA - Terremoti, eruzioni vulcaniche, frane, alluvioni, tsunami. Perché avvengono e come possiamo difenderci”. Edizioni ETS, 2004

Boschi E. - “I terremoti”. Le scienze, Quaderno, n. 24, 1985.

Del Monte, M. - “L’analisi transazionale con i bambini”. Cittadella Editrice, 2007.

Ferraris O. - “Che cos’è la paura” in “A prova di terremoto laboratori e attività per la scuola”. Giunti Progetti Educativi – INGV, 2005.

Forresi, B. - “Bambini e Adolescenti di fronte alle paure - Guida per genitori ed insegnanti ”. Telefono Azzurro, 2003.

Giacomelli L., Scandone R. – “Vulcani d’Italia”. Edizione Liguori, 2007

Lo Iacono A., Troiano M. - “Psicologia dell’emergenza”. Editori riuniti, 2002.

Lupi L., Rosi M., Papale P., Stoppato M. C. – “Vulcani”. Edizioni Mondadori, 1999

Nardone, G. - “ Paura, panico, fobie”. Ponte alle Grazie, 1993.

Zollo A., Cantore L. - “Terremoti. Come, dove, quando, perché”. Cuen ed., Napoli, 2003.

Links

http://www.ingv.it

http://www.protezionecivile.it

http://www.edurisk.it/

http://www.usgs.gov

RACCE

Raising earthquake **A**wareness & **C**oping **C**hildren's **E**motions

Progetto cofinanziato dall'Unione Europea
Strumento Finanziario della Protezione Civile
Agreement n. 70401/2010/579066/SUB/C4