



## I grandi fenomeni naturali Percorso n. 2

### *"Il vulcanismo e la genesi della crosta terrestre"*

#### Sceneggiatura

##### *Concezioni relative allo studio della Terra*

La conoscenza comune insieme alle difficoltà di apprendimento sviluppa nell'individuo concezioni che divergono da quelle "accreditate", specialmente in campo scientifico.

Concezioni divergenti da quelle "accreditate" sono state registrate in diversi domini, in particolare con riferimento alle scienze della terra.

Queste considerazioni fatte finora possono essere considerate delle barriere cognitive che sono di ostacolo alla comprensione e all'assimilazione del sapere scientifico. Spesso ci si rende conto che la comprensione di concetti scientifici è difficile perché mancano nozioni elementari di base, necessarie come prerequisiti, che invece spesso nelle spiegazioni si danno come scontate o di facile comprensione. Anche le parole traggono in inganno, non sapendo distinguere tra abitudini linguistiche generiche e linguaggio scientifico. In geologia, nella comprensione dei processi geologici sono particolarmente segnalati come ostacolo:

- Gli archi temporali in cui si svolgono gli eventi, troppo lontani dall'esperienza diretta.
- Difficile è comprendere la distinzione tra magma e lava, considerati da tutti sinonimi.
- Per le rocce vulcaniche (intrusive ed effusive) ed il movimento del magma, le difficoltà di apprendimento possono essere imputate alla mancanza della consapevolezza degli ordini di grandezza comparativi tra lo spessore medio della crosta terrestre e quello degli strati fluidi.
- Uno dei limiti cognitivi largamente diffuso tra i ragazzi è la concezione appiattita del tempo. Quindi i ragazzi non riescono assolutamente a rendersi conto della differenza dei tempi geologici rispetto a quelli accessibili all'esperienza diretta.

La realizzazione di un percorso didattico sul vulcanesimo contribuisce alle finalità educative specifiche delle Scienze della Terra. Si tratta quindi di un cammino di ricerca, nel quale lo studente deve sentirsi ed essere di fatto un protagonista nell'acquisizione di determinate capacità, che non si limitano alla sfera strettamente culturale, ma tali da coinvolgere tutta la personalità dello studente. Le acquisizioni riguardano: la *consapevolezza* dell'importanza che le conoscenze di base delle Scienze della Terra rivestono per la comprensione della realtà in cui si vive; *consapevolezza* del carattere sistemico della realtà geologica ai diversi livelli di scala, conseguenza evidente dell'affermazione più generale che ogni ecosistema presenta, per definizione, tale caratteristica; *consapevolezza* finalizzata all'assunzione di atteggiamenti degni dell'uomo, quindi razionali, circa gli interventi di previsione, prevenzione e difesa dai rischi geologici; la *comprensione* delle relazioni che intercorrono tra le Scienze della Terra e le altre discipline scientifiche: la quasi totalità dei processi o dei fenomeni, nella realtà, non si presenta come esclusivo della chimica, della fisica, della biologia, delle Scienze della Terra, pur essendo distinte nel metodo, queste utilizzando la matematica come linguaggio, di fatto interagiscono tra loro nello studio della realtà, la quale

scaturisce come interazione tra componenti (stabili nel tempo) e fattori (variabili nel tempo) chimici, fisici, biologici e geologici.

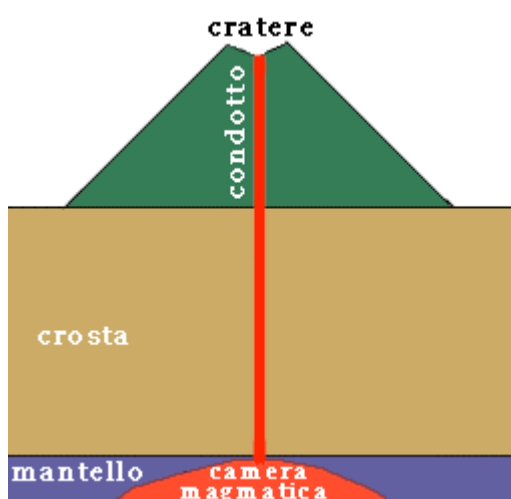
L'obiettivo del percorso proposto è educare lo studente a collocare in un quadro logico i diversi fenomeni e i processi delle Scienze della Terra: poiché quanto avviene in natura non è casuale, ma risponde a determinate leggi, la capacità di cogliere l'"ordine" dei processi e dei fenomeni, costituisce senz'altro un processo di maturazione culturale assai significativo.

Il percorso didattico di vulcanologia riguarderà: esperienze di simulazione in laboratorio di diversi tipi di eruzioni vulcaniche; ricostruzione delle morfologie vulcaniche mediante la realizzazione di modelli di lettura e di interpretazione delle carte topografiche; lo studio delle rocce e dei terreni di origine vulcanica e delle loro caratteristiche chimiche e meccaniche. Il ciclo di attività didattiche prevede inoltre escursioni finalizzate all'osservazione diretta dei vulcani e degli ecosistemi naturali ad essi correlati.

Lo svolgimento delle attività proposte richiede che il docente, che conduce le attività, conosca gli obiettivi della trattazione di questo argomento, obiettivi che debbono risultare significativi per il processo di alfabetizzazione scientifica degli studenti. Schematicamente questi obiettivi possono essere riferiti alla comprensione della grandezza del fenomeno, della distribuzione sul pianeta dell'attività vulcanica, del dinamismo che caratterizza il nostro pianeta, anche per conoscere che non tutto il pianeta è interessato da questo fenomeno.

La prima attività proposta, *"Giochiamo con i vulcani"*, per le elementari, vuole definire con semplicità e rigosità che cos'è un vulcano. Molti bambini sanno bene che un vulcano non esiste di per se ma si forma con il verificarsi delle eruzioni, ma il problema è comprendere come ciò avviene. Si parte dunque dal chiedere a ciascun bambino che cos'è un vulcano e si scrivono alla lavagna tutte le parole chiave che occorrono per dare una definizione corretta di che cos'è un vulcano e si costruisce insieme la struttura di un edificio vulcanico (camera magmatica, condotto vulcanico, cratere).

Un'eruzione vulcanica lascia come segno appariscente sulla superficie terrestre un edificio vulcanico. In un edificio vulcanico distinguiamo una zona di alimentazione, la camera magmatica; un condotto o camino vulcanico, che mette in comunicazione l'edificio esterno con l'area di alimentazione; la bocca eruttiva o cratere è il luogo dove si verifica la fuoriuscita di prodotti vulcanici.



Le fasi successive dell'attività riguardano la classificazione e le caratteristiche delle eruzioni vulcaniche. Mescolando proporzioni diverse di aceto, acqua e bicarbonato, i bambini possono osservare che in base alle concentrazioni di bicarbonato disciolto si possono simulare eruzioni più o meno e esplosive. Un'eruzione vulcanica si genera quando il magma, immagazzinato nella camera,

raggiunge una pressione sufficiente a vincere la resistenza meccanica delle rocce che formano il tetto della camera magmatica stessa. Il magma può essere emesso attraverso attività vulcanica effusiva o esplosiva. L'attività effusiva consiste nel semplice trabocco di magma degassato dalla bocca del vulcano con conseguente formazione di una colata di lava. (N.B. viene definito *magma* il materiale che si trova all'interno della camera magmatica, quando questo materiale viene eruttato prende in nome di *lava*). L'attività esplosiva porta alla formazione di lave che in base alla composizione si dividono in: *basiche*, *intermedie* e *acide*, rispetto al contenuto in silice  $\text{SiO}_2$ . Le *lave basiche* (con  $\text{SiO}_2$  minore del 52% in peso) sono nere, opache e possono contenere cristalli millimetrici di minerali di olivina, pirosseno, plagioclasio. Le *lave intermedie* (con contenuto in  $\text{SiO}_2$  compreso tra il 52 e il 62% in peso) hanno un colore che può variare da grigio a nero e contengono una gran quantità di cristalli di plagioclasio e quantità minori di pirosseno, olivina, sanidino e biotite. Le *lave acide* (contenuto in  $\text{SiO}_2$  maggiore del 63% in peso) sono generalmente grigie, contengono molto vetro e cristalli di sanidino e quarzo.

L'attività esplosiva è invece caratterizzata dal completo sbriciolamento della massa magmatica a dal lancio nell'atmosfera di frammenti di magma ad alta temperatura. L'esplosività del magma è prodotta dalla violenta espansione dei gas, originariamente disciolti nel liquido magmatico e liberati in seguito alla diminuzione di pressione durante la risalita del magma. L'attività vulcanica esplosiva si manifesta con una grande varietà di tipologie, dal semplice lancio di frammenti incandescenti a pochi metri di altezza fino alla formazione di gigantesche nubi eruttive, che raggiungono altezze di oltre 50 chilometri. I principali fattori di controllo dell'attività vulcanica sono il suo contenuto in gas e la sua viscosità. A profondità elevate all'interno della Terra, le sostanze volatili (gas vulcanici) si trovano disciolti nel magma. La risalita della massa fusa verso la superficie comporta una graduale riduzione della pressione e la conseguente liberazione dei costituenti volatili, principalmente acqua e anidride carbonica, che formano bolle di gas disperse nel liquido. Il processo di liberazione e di espansione del gas è contrastato dalla resistenza che il magma oppone alla crescita delle bolle, tanto maggiore quanto maggiore è la sua viscosità. Quando la pressione interna delle bolle di gas diviene troppo elevata, rispetto a quella del liquido magmatico, o quando la viscosità del magma diviene troppo alta per permettere al magma stesso di fluire lungo il condotto, avviene la frammentazione del magma, ovvero la sua trasformazione da liquido contenente bolle di gas a gas contenente frammenti di liquido bolloso (piroclasti). La classificazione delle eruzioni esplosive viene fatta in base al grado di frammentazione del magma e all'altezza della nube eruttiva: *hawaiane*, *stomboliane*, *vulcaniane*, *subpliniane*, *pliniane*, *freatoplaniane*.

Un edificio vulcanico è il risultato del deposito di materiale eruttato, la sua forma dipende dal tipo di eruzione come conseguenza della composizione del magma. Vulcani generati da attività esplosive presentano coni vulcanici sviluppati in altezza più che in larghezza, e il materiale piroclastico eruttato viene distribuito su un'area molto vasta. Le eruzioni esplosive generano invece degli edifici sviluppati maggiormente in larghezza che in altezza, specialmente quando la composizione del magma è basica o molto basica. Esistono anche eruzioni esplosive che non formano strutture in verticale ma determinano uno sprofondamento della superficie, profondo centinaia di metri ed esteso qualche chilometro, che viene chiamato *caldera*.

Per approfondire questo argomento gli studenti lavorano con liquidi di diversa viscosità e osservano le forme che questi liquidi assumono quando colano da un barattolo e raggiungono il piattino. Infatti la melassa formerà un conetto, mentre se lascio cadere il miele, questo si espanderà nel piattino occupando maggiore spazio.

Con il Dicromato d'ammonio -  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  - si simulano eruzioni vulcaniche esplosive e si osserva il deposito del materiale piroclastico generato dall'eruzione (cenere vulcanica). È un ottimo esperimento che evidenzia bene il meccanismo eruttivo esplosivo, come illustra la foto.

In fine ciascun bambino costruisce il suo vulcano con la plastilina e lo descrive agli altri. Le descrizioni saranno utili al docente per comprendere se gli argomenti trattati sono stati assimilati correttamente.

La seconda attività del percorso "*La Terra inquieta*" è adatta a studenti dagli undici ai diciotto anni. Per capire e studiare i vulcani, il significato della loro presenza in determinate regioni della terra e la loro attività, è necessario considerare i processi geologici a scala globale che avvengono sul nostro pianeta. Ecco che l'attività inizia con una discussione collettiva, è necessario stimolare la curiosità degli studenti con alcuni interrogativi. La distribuzione dei vulcani sul pianeta è casuale? Perché esistono zone della Terra nelle quali si verifica una concentrazione dei vulcani mentre altre ne sono totalmente prive? Perché i tipi di eruzione sono diversi? Per poter dare una risposta a questa serie di interrogativi è necessario rifarsi alla teoria della *Tettonica a Placche*, che risulta di aiuto per spiegare sia il comportamento che la distribuzione dei vulcani.

La superficie terrestre non è sempre stata come noi la vediamo oggi. Nel corso delle ere geologiche, i continenti si sono spostati dalle loro posizioni originarie dando origine a nuovi oceani e chiudendone altri più antichi, mentre imponenti catene montuose sorgevano lungo i margini dei continenti, sollevando i fondali oceanici per migliaia di metri sul livello del mare.

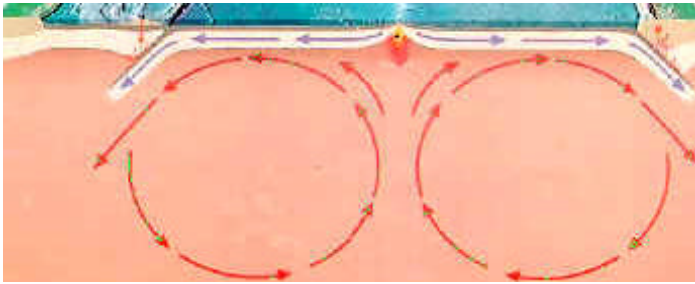
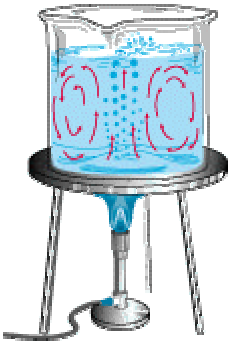
La teoria nota come "*Tettonica a placche*" fornisce una spiegazione razionale a tali movimenti e costituisce una delle grandi sintesi scientifiche del secolo. L'interno della Terra è diviso in tanti involucri concentrici (crosta, mantello e nucleo) ognuno dei quali presenta caratteristiche chimofisiche diverse. In particolare occorre riferirsi alla litosfera, involucro rigido più esterno della Terra, suddivisa in litosfera oceanica con spessore uniforme (in media circa 70 km) e in litosfera continentale (che, in alcune zone, raggiunge anche i 250 km di profondità). Essa poggia su una zona plastica, chiamata astenosfera.

La litosfera è suddivisa in tanti pezzi, denominati *placche litosferiche*, che non sono fermi ma si muovono continuamente. Il movimento delle placche litosferiche è conseguenza di movimenti convettivi che si generano nell'astenosfera.

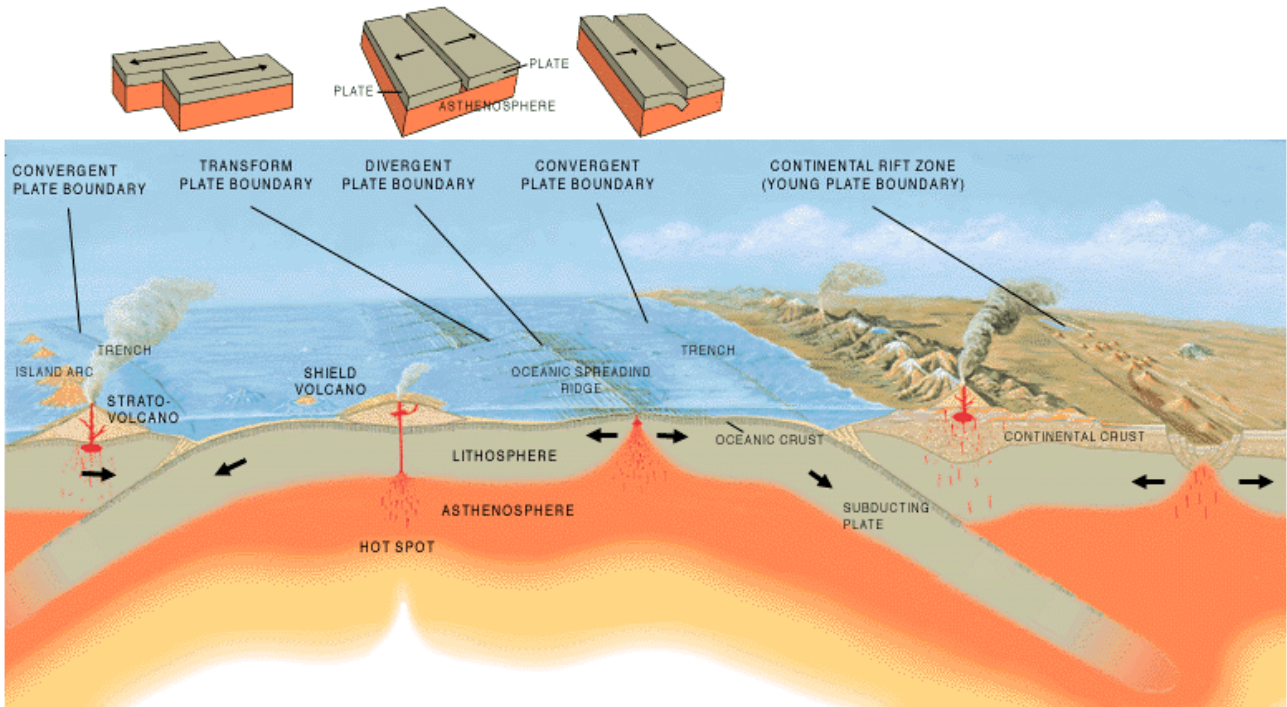
Il geologo Holmes formulò un'interessante ipotesi sulla formazione delle celle convettive. Tale ipotesi prevede che la radioattività presente in certe zone dell'interno della Terra possa generare flussi di calore verso la superficie. La diversa distribuzione di tali flussi porterebbe alla formazione di celle convettive, in una cella convettiva i materiali caldi (meno densi) risalgono verso la superficie man mano cedono calore e si raffreddano per cui diventano sempre più densi e ridiscendono verso il basso. Qui saranno nuovamente riscaldati, per riprendere così il ciclo. Per questo movimento le placche litosferiche, in corrispondenza delle celle convettive, si spostano.

In effetti il calore che il mantello riceve dal nucleo fonde il materiale solido. Il magma che ne risulta tende a salire verso la superficie spostando verso il basso il materiale meno caldo e formando in questo modo grandi correnti convettive organizzate in celle cilindriche. Quando una corrente convettiva urta la crosta, la solleva. La crosta sollevata si assottiglia fino a fessurarsi lasciando fluire verso l'esterno il magma. Il magma che giunge all'esterno si raffredda e consolidandosi chiude la fessura. La massa fluida rimasta all'interno continua a divergere scorrendo sotto la crosta e quindi sollecita la fessura a riaprirsi. La fessura viene quindi continuamente riaperta e continuamente risaldata dal magma che si raffredda. Per fare spazio alla continua aggiunta di nuova crosta le placche che si trovano sui due versanti vengono lentamente e continuamente allontanate.

Gli studenti possono osservare il moto delle celle convettive svolgendo il piccolo esperimento descritto nella scheda dell'attività.



Discutiamo ora della conseguenza del movimento delle placche. Ogni placca è delimitata da margini che possono essere di tre tipi: margine costruttivo, *le dorsali*, lungo le quali si costruisce nuova litosfera oceanica; margine distruttivi, *le fosse oceaniche*, lungo le quali la litosfera viene distrutta nel processo di subduzione; margini conservativi, *le faglie trasformati*, lungo le quali lembi di litosfera scorrono l'uno a fianco dell'altro in direzione opposte.



Lungo i margini di placca si concentra la maggior parte dell'attività geologica del pianeta e si trova la stragrande maggioranza dei vulcani attivi. Descriviamo ora i principali ambienti tettonici ai quali è collegata l'attività vulcanica. In corrispondenza di margini distensivi (dorsali oceaniche) si generano eruzioni vulcaniche sottomarine e in corrispondenza dei margini convergenti, (subduzione), dove una placca litosferica sprofonda sotto l'altra. In queste aree l'attrito tra la placca litosferica, che scende nell'astenosfera, ed il materiale sovrastante produce la fusione del mantello con conseguente produzione di nuovo magma che risale in superficie generando eruzioni vulcaniche e conseguenti formazioni di vulcani. Se la risalita avviene in corrispondenza di una placca continentale si formano vulcani continentali, se la risalita avviene in corrispondenza di una placca oceanica si formano le isole vulcaniche. Può verificarsi una risalita di magma astenosferico all'interno delle placche, con la formazione di Hot Spott (punti caldi) che danno origine a catene di isole e vulcani sottomarini.

Tralasciando questo quadro introduttivo spieghiamo in maniera schematica il modello attualmente più accreditato per il meccanismo di risalita di un magma, e le caratteristiche delle eruzioni. Il magma tende a risalire verso la superficie terrestre intrudendosi lungo linee di frattura preesistenti o creandone di nuove. Quando trova una situazione adatta, una zona intensamente fratturata, ristagna formando una camera magmatica.

All'interno della camera magmatica si instaurano dei moti convettivi, innescati dalla differenza di temperatura che si viene a creare tra le pareti e l'interno della camera. Con il trascorrere del tempo il magma si raffredda e cominciano a formarsi minerali, i più pesanti dei quali tendono a concentrarsi sul fondo della camera e i più leggeri tendono a risalire verso l'alto. La composizione del liquido magmatico, man mano che va avanti il processo descritto precedentemente, cambia di composizione e, se la pressione lo consente, le sostanze volatili cominciano a uscire di soluzione formando delle bolle. Quando la pressione esercitata dal magma diventa maggiore della pressione delle rocce sovrastanti, il magma erutta sulla superficie terrestre. Le caratteristiche dell'eruzione dipendono dalla composizione del magma ed in particolare dal contenuto in silice e acqua. Un magma che contiene poca silice e poca acqua (magma basaltico) presenta una bassa viscosità e genera eruzioni di tipo effusivo con colate di lava. Un magma ad alto contenuto in silice (magma riolitico) ha un'elevata viscosità, risale lentamente verso la superficie, formando cupole e duomi. Se inoltre il contenuto in acqua è elevato, la viscosità impedisce una regolare e continua emissione di sostanze volatili che avviene, invece, attraverso violente esplosioni. Questo fenomeno si verifica ogni volta che la pressione interna aumenta fino al punto di vincere la resistenza opposta dal magma stesso.

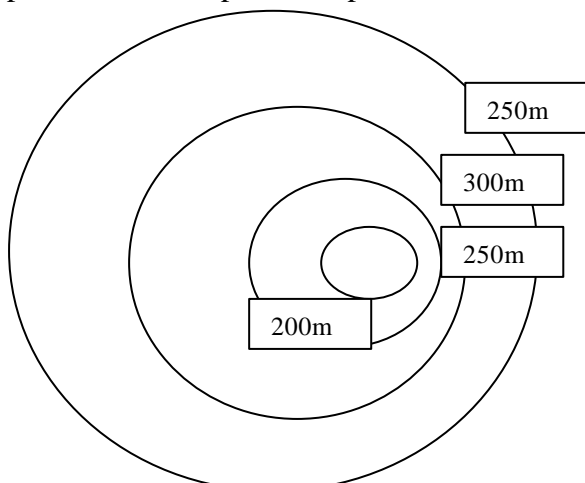
I prodotti delle attività vulcaniche esplosive sono collettivamente indicati come *materiali piroclastici* o *tefra*, quelli che invece subiscono un processo di consolidamento dopo la deposizione si chiamano *tufi*. I *prodotti piroclastici* vengono suddivisi in: *blocchi* e *bombe* frammenti piroclastici con diametro compreso tra 256 mm e 64 mm; *lapilli* con diametro compreso tra 64 e 2 mm, *ceneri* con diametro delle particelle compreso tra 2 e 0.004 mm. Inoltre le esplosioni proiettano all'esterno del cratere frammenti di rocce solide preesistenti, strappate dal cratere e/o del condotto denominati *litici*, nonché porzioni di rocce cristallizzate delle pareti della camera magmatica che prendono il nome di *litici magmatici*.

Per completare l'attività, gli studenti passano all'analisi di campioni di rocce vulcaniche, dove attraverso il riconoscimento di rocce effusive da quelle esplosive, si riassume il meccanismo eruttivo che le ha generate.

La terza attività che propone il percorso è "*La rappresentazione topografica dei vulcani*". Con questa attività si vuole far comprendere agli studenti come fa un geologo a studiare il territorio che lo circonda. Osservare la morfologia di un territorio è complesso per la sua estensione, lo si può fare se questi studi vengono condotti su carte topografiche che a scale ridotte riproducono il territorio tridimensionale in una rappresentazione bidimensionale: le carte geografiche. In particolare per l'attività usiamo le carte topografiche.

La topografia, dal greco topos = luogo e graphia = grafia, è la rappresentazione grafica, su un piano, di una determinata zona di terreno. Le carte costituiscono una rappresentazione piana, ridotta e simbolica di parte della superficie terrestre, caratterizzate da chiarezza, completezza e precisione. L'uso di carte richiede sempre una certa capacità di astrazione, almeno per collocare tridimensionalmente quello che è rappresentato invece in due dimensioni. Passare dal riscontro dei simboli cartografici alla realtà e dal reale alle carte costituisce un valido esercizio che permette di verificare anche il proprio senso di orientamento, la stima nel determinare le distanze, un primo giudizio sul territorio e sui problemi che eventualmente potranno interessarlo. Le carte costituiscono la base di partenza di qualsiasi tipo di ricerca sul territorio. Si vuole quindi dare allo studente, attraverso lo svolgimento di questa attività, le nozioni di base per saper leggere e interpretare una carta topografica e far crescere la consapevolezza che ogni ricerca sul territorio inizia dalla lettura delle Carte, sia come premessa logica del lavoro da svolgere sia perché le carte già forniscono utili indicazioni sulle linee operative della ricerca stessa. Per svolgere questa attività gli studenti devono essere già in possesso di alcuni concetti riguardanti la forma della Terra, del reticolo geografico cioè di latitudine e longitudine e il significato di scala (da intendere come il rapporto esistente tra la distanza grafica e la corrispondente distanza naturale, esempio una carta in scala 1:25.000 un centimetro sulla carta corrisponde a 250 metri sul terreno). Per definire la morfologia di un'area occorre saper leggere sulla carta il rilievo altimetrico. Esso consiste in un complesso di operazioni atte a definire l'altezza di un punto rispetto allo zero, cioè rispetto al livello del mare. Si definisce quindi quota di un punto la sua distanza verticale dal livello medio del mare. Si dice dislivello tra due punti, la loro differenza di quota. La rappresentazione altimetrica del rilievo viene realizzata con un metodo geometrico, le curve di livello o isoipse (linee continue che uniscono tutti i punti del terreno ad uguale quota rispetto al livello del mare. In questa attività gli studenti impareranno a leggere le curve di livello e a realizzare un profilo topografico (definito come una curva che rappresenta l'andamento altimetrico del terreno lungo una sezione o una traccia prefissata). Infatti si immagina di sezionare un rilievo con un piano verticale in corrispondenza di tale traccia. Sulla carta topografica viene riportata la traccia della sezione; si deve in seguito costruire un sistema di assi cartesiani su un foglio di carta millimetrata: sull'asse delle ascisse si riportano le distanze fra le successive intersezioni della traccia con le isoipse, mentre sull'asse delle ordinate si riportano le quote in corrispondenza delle stesse intersezioni.

In una rappresentazione del rilievo con curve di livello importante è l'equidistanza (costanza del dislivello fra le isoipse). Se conosciamo la distanza sulla carta di due punti e l'equidistanza si può ricavare la pendenza nel modo seguente: sapendo che  $d = e/p$ ,  $p = e/d$  dove  $e =$  equidistanza,  $p =$  pendenza e  $d =$  distanza. Applicando queste formule gli studenti possono riconoscere sulla carta aree morfologiche con pendenze diverse. In riferimento all'attività proposta gli studenti saranno in grado di riconoscere la rappresentazione su carta della morfologia vulcanica. La rappresentazione topografica di un vulcano è caratterizzata da curve di livello concentriche con quote che aumentano dal basso verso l'alto (cono vulcanico), raggiungono una quota massima (cresta del vulcano), per poi diminuire rispetto alla profondità del cratere vulcanico.



Rappresentazione topografica di un vulcano in Scala 1: 50.000



L'ultima attività "*Escursione geologica: ricostruiamo l'origine di monte nuovo*" conduce lo studente - per l'occasione giovane esploratore ricercatore - ad osservare il paesaggio in chiave geologico-vulcanologico-morfologica, ad acquisire familiarità con la carta topografica e i principi elementari dell'orientamento sul terreno, ad apprendere l'uso di strumenti di campagna (bussola, altimetro, carta topografica, ecc.), ad acquisire capacità di sintetizzare ed elaborare le informazioni di carattere geologico rilevate nel lavoro di campagna, a rendersi conto insomma del modo in cui lavora un geologo.

Gli studenti di una classe, suddivisi in gruppi, dispongono, per ciascun gruppo, di uno zainetto contenente l'attrezzatura del geologo rilevatore: carta topografica, martello, bussola da geologo, altimetro, bustine di plastica per il prelievo di campioni di roccia.

L'attività è strutturata secondo un percorso della durata di 3 ore circa, che porta dalle pendici esterne del vulcano alla cresta.

I Campi Flegrei sono un vulcano costituito da diverse bocche eruttive, ciascuna delle quali ha dato luogo generalmente ad una sola eruzione. Di conseguenza non si è formato il caratteristico apparato centrale a cono, come ad esempio quello del Somma-Vesuvio, bensì un gran numero di conetti, crateri e strutture di collasso. Il Monte Nuovo rappresenta l'ultima fase eruttiva dei Campi Flegrei, verificatasi nel 1538. È un vulcano definito cinder cone (cono di cenere) generato da attività vulcanica di tipo esplosivo. Il cono si è formato per la deposizione dei materiali piroclastici eruttati in una rapida successione di eventi verificatisi nel corso di otto giorni di attività esplosiva (dal 29 settembre al 6 ottobre del 1538). I prodotti vulcanici eruttati sono divisi per unità stratigrafiche che descrivono la sequenza dei fenomeni vulcanici che si sono succeduti negli otto giorni di eruzioni vulcaniche.





L'attività esplosiva è raggruppabile in tre tipologie fondamentali: caduta di materiale piroclastico, flussi piroclastici densi (pyroclastic flow) e flussi piroclastici diluiti (surge). Le eruzioni esplosive sono caratterizzate dall'ascesa nell'atmosfera di colonne di gas e particelle vulcaniche (cenere, lapilli e blocchi piroclastici) che successivamente ricadono al suolo balisticamente e sotto l'effetto del vento. A seconda dell'intensità dell'eruzione, si possono formare coni piroclastici (attività stromboliana) o estesi depositi di cenere e lapilli (eruzioni vulcaniane, e pliniane).

I pyroclastic flow comprendono una grande varietà di fenomeni, caratterizzati dallo scorrimento al suolo del materiale eruttivo (gas e particelle) a causa di una densità maggiore di quella dell'aria. I flussi piroclastici hanno generalmente elevate velocità di scorrimento ed elevate temperature. I pyroclastic surge sono flussi turbolenti con bassa concentrazione di particelle solide. Una distinzione fondamentale dei surge individua due tipi fondamentali: i surge caldi e secchi caratterizzati da alte temperature e da una fase liquida insignificante ed i surge umidi e relativamente freddi nei quali oltre al vapore ed alle particelle solide, sono presenti anche piccole gocce d'acqua.

La formazione dei pyroclastic surge è associata a manifestazioni, dette idromagmatiche, nelle quali il magma risalendo verso la superficie attraversa una falda acquifera o bacini acquiferi. La brusca vaporizzazione dell'acqua dà luogo a violente esplosioni.

A causa della notevole estensione delle falde acquifere all'interno della caldera e di bacini superficiali l'attività post-calderica dei Campi Flegrei è caratterizzata da una prevalenza di eventi idromagmatici.

Il cono del Monte Nuovo si è formato per la deposizione dei materiali piroclastici eruttati in una rapida successione di eventi verificatisi nel corso di 8 giorni di attività esplosiva discontinua (dal 29 settembre al 6 ottobre del 1538).

Il diametro di base medio del cono è circa 1 Km, l'altezza dell'orlo settentrionale è in media 120 m, quello del settore meridionale è circa 100 m. La quota massima di 134 m. s.l.m. è raggiunta nel settore SE, mentre l'orlo meridionale è ribassato (circa 85 m s.l.m.) per la presenza di una

depressione radiale del cono. Il diametro medio del cratere è di circa 420 metri. La quota media del fondo è di circa 14 metri.

Il rapporto tra diametro ed altezza del cono è circa 8, ed in base ad una classificazione in uso il vulcano è definito un cinder cone (cono di cenere).

La successione stratigrafica dei depositi piroclastici (cenere, lapilli e blocchi), che costituiscono interamente il cono, comprende quattro unità:

#### **1° unità (aggiungere foto escursione)**

Affiora prevalentemente nel settore meridionale del cono, presso la costa, lungo la linea ferroviaria Cumana. Il deposito visibile per uno spessore di circa 7 metri, è costituito da un tufo formato da pomice (cenere, lapilli e blocchi) con strati dello spessore di qualche metro. Questa unità è il prodotto della fase iniziale dell'eruzione caratterizzata dalla formazione di flussi idromagmatici (surge) e dalla deposizione di blocchi e dei lapilli lanciati ad altezze di centinaia di metri.

#### **2° Unità (aggiungere foto escursione)**

È l'unità geologica principale del vulcano. Costituisce gran parte del cono ed affiora in varie pareti sui pendii esterni del cono, nonché all'interno del cratere. Il deposito, poco resistente all'erosione, è costituito da pomice in blocchi e lapilli immersi in una massa di cenere (matrice). Contiene abbondanti frammenti non pomice (blocchi di lava) e frammenti di manufatti provenienti dal villaggio (Tripergole) sepolto dal vulcano. Questo deposito è il risultato di circa due giorni di attività esplosiva di moderata intensità, caratterizzata dalla generazione di flussi idromagmatici. Il materiale piroclastico è deposto prevalentemente in un raggio di circa 500 metri intorno al cratere.

#### **3° Unità (aggiungere foto escursione)**

L'unità stratigrafica è costituita da due livelli di scorie scure separati da un livello di cenere chiara. I due livelli di scorie scure sono stati prodotti da un'attività esplosiva di tipo stromboliano (lancio e ricaduta) mentre il livello cineritico è di origine idromagmatica.

#### **4° Unità (aggiungere foto escursione)**

Visibile lungo Via Ascanio, è un deposito dello spessore massimo di circa 25 metri accumulato nella depressione radiale sul fianco meridionale del vulcano. L'unità è costituita prevalentemente di blocchi coriacei scuri di dimensione massima di circa 70 cm, di lapilli della stessa natura e frammenti più densi di lava. Non è presente materiale cineritico ed il deposito si presenta poco resistente all'erosione. Questa unità è il risultato di un piccolo flusso piroclastico laterale che ha concluso l'eruzione del 1538.

Giunti a Monte Nuovo si comincia a salire imboccando il sentiero immediatamente a destra, lungo il percorso si possono osservare dei depositi di materiali piroclastici, si possono prelevare campioni di roccia e osservarne la struttura, le dimensioni e la composizione. Alla fine del sentiero si giunge sull'orlo del cratere e si osserva l'intero Golfo di Pozzuoli con un gran numero di vulcani della caldera flegrea. In questo punto si ha una visione dall'alto della struttura del cratere e si individua la bocca del vulcano. Si passa alla lettura della carta topografica, facendo il punto sulla carta, si possono far svolgere agli studenti alcuni esercizi di orientamento con la bussola, per esempio definire la posizione di un affioramento o di un cratere dei Campi Flegrei visibile dalla posizione in cui ci troviamo.

Successivamente si può scegliere di scendere nel cratere, percorrere l'intera circonferenza craterica o prendere il sentiero sulla sinistra e osservare la zona delle fumarole. Sono fumarole con temperature medie intorno a 70 gradi, con emissione di solo vapore acqueo, infatti non ci sono tracce di deposito di minerali. È interessante notare come a differenza dell'esterno dove affiora la roccia il suolo appare brullo, nelle vicinanze a all'interno delle fumarole, per la notevole quantità di

vapore acqueo, si stabilisca una vegetazione tipica di ambiente caldo-umido. Si prosegue l'escursione percorrendo il bordo destro del cratere e si giunge in un punto dove è possibile notare le stratificazioni derivanti da una tipica attività esplosiva di tipo stromboliano caratterizzata da due strati di lapilli vulcanici scuri separati da uno strato cineritico chiaro.

L'ultima tappa è quella prevista poco più avanti dall'ingresso principale del parco, dove è visibile una bellissima successione stratigrafica.

Si passa quindi ad un'analisi qualitativa, gli studenti devono osservare: come si presenta la roccia (il colore, quali elementi contiene e che caratteristiche hanno); come si presenta l'andamento degli strati (come immaginano la loro formazione e quali strati secondo loro sono i più antichi e quali i più recenti e perché; che cosa consente di distinguere uno strato da un altro; che caratteristiche hanno i materiali che costituiscono gli strati, facendo intervenire anche il senso del tatto; come si può spiegare l'alternanza di materiali grossi e fini). Dopo queste considerazioni si cerca di definire quale tipo di eruzione ha creato Monte Nuovo. Successivamente si passa alla fase quantitativa con misure di giacitura degli strati (direzione; inclinazione; immersione e prelievo di campioni; foto con un oggetto di dimensioni note, moneta, bussola, in modo da fornire un preciso termine di confronto). Infine le misure vengono riportate sulla carta topografica e si può provare a disegnare la successione stratigrafica con i particolari più significativi. Infine gli studenti, analizzando i dati, dovranno dare una spiegazione delle differenze osservate, definire la struttura del vulcano e il meccanismo eruttivo che lo ha generato.

Infine si proverà a disegnare il vulcano sulla base delle osservazioni fatte.

Questa attività didattica potrebbe essere svolta su un qualsiasi vulcano, purché siano presenti degli affioramenti, facilmente raggiungibili, con delle evidenti e significative successioni stratigrafiche. L'attività descritta può essere svolta anche dalle scuole medie inferiori ma avrà un carattere qualitativo di osservazione e può costituire un primo approccio all'analisi di un territorio con attività di campagna.

In fine si può parlare di rischio vulcanico e far svolgere agli studenti un'altra attività. L'ambiente è patrimonio di tutta la collettività, la capacità di affrontare e quindi risolvere i problemi connessi alla gestione delle risorse e dei rischi geologici richiede un processo di alfabetizzazione geologica che interessi la popolazione nella sua globalità. Ecco perché a conclusione del percorso è opportuno far riferimento al rischio.

Con il termine "rischio vulcanico" si intende l'impatto sull'ambiente (possibilità di perdita di vite umane, di capacità produttiva, di funzionalità del territorio) di un determinato evento, si parlerà di rischio vulcanico se l'evento considerato è un'eruzione.

Il rischio è definito come il prodotto di tre parametri: il *Valore* (numero di vite umane o valore dei beni immobili esposti al pericolo in una zona vulcanica); la *Vulnerabilità* (percentuale di Valore che può essere perso in conseguenza di un dato evento vulcanico); la *Pericolosità* (probabilità che una data area sia interessata da un evento vulcanico, che può risultare distruttivo entro un determinato periodo di tempo). Per costruire le *Mappe di rischio*, indispensabili per la pianificazione del territorio nelle aree vulcaniche, va compilata la *Mappa di Pericolosità*, nella quale vengono espresse indicazioni circa le aree interessate da diversi fenomeni vulcanici. La valutazione di pericolosità si fonda sull'assunto che eventi dello stesso tipo interesseranno anche in futuro, come nel passato, le stesse zone, per modalità e frequenze. È quindi indispensabile ricostruire la storia del vulcano in esame. Occorre valutare con precisione i diversi fenomeni vulcanici e tenere conto del tipo di tettonica legato all'attività vulcanica, per esempio i vulcani posti in zone di convergenza di placche possono dare origine ad eruzioni esplosive, eruttando magmi viscosi ad elevato contenuto di gas, esplosivi che presentano una pericolosità maggiore.

Quindi si può ipotizzare di concludere il percorso con un'attività di ricerca da far svolgere agli studenti, nello specifico, vivendo in un'area vulcanica, gli studenti possono scegliere uno dei vulcani campani e studiarlo nei minimi particolari: dalla storia eruttiva, alle caratteristiche vulcaniche e

costruire una mappa del rischio. Il lavoro prodotto potrà anche essere presentato alla scuola attraverso l'allestimento di una mostra.

### **Bibliografia**

- A. Borsellini - *La Tettonica a Placche*, Italo Bovalente editore, 1978  
F. Esposito, *Tettonica A Zolle*, Le Scienze - Quaderni, N° 32, ottobre 1986  
P. Gasparini, *La terra inquieta*, Franco di Mauro Editore, novembre 2000  
P. Gasparini, *I Vulcani*, Le Scienze - Quaderni, N°4 gennaio 1983  
P. Gasparini, *L'attività vulcanica*, Le Scienza - Quaderni, N°39 dicembre 1987  
C. Ollier - *Vulcani, attività, geografia, morfologia*, Zanichelli 1990

### **Nel Web**

La rete Internet può rappresentare un valido supporto al lavoro didattico. Gli studenti possono approfondire argomenti vulcanologici in rete collegandosi ai seguenti siti:

INGV Gruppo Nazionale per la Vulcanologia - [www.dst.unipi.it/gnv/index.html](http://www.dst.unipi.it/gnv/index.html);

Corso di vulcanologia, Prof.ssa Lisetta Giacomelli - <http://193.204.162.114/gnv/index-VULC.html>;

<http://master.ph.utexas.edu/vicki/studW2.htm> : in questo sito si trova una proposta su come affrontare il concetto di tettonica a placche; diviso in: "guida per il docente" e "quaderno di esercizi" per i ragazzi. Molto utile per attingere spunti per la costruzione di un'unità didattica.

<http://pubs.usgs.gov/publications/text/HHH.html> : contiene la pubblicazione on-line di un testo che tratta la dinamica terrestre in cui è reperibile la biografia di Hess.

[www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/bohess.html](http://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/entries/bohess.html) : sito intitolato A Science Odyssey; una sorta di enciclopedia scientifica in cui al link People and discoveries si trova un databank di biografie di scienziati e descrizioni di eventi chiave e scoperte.

[www.agu.org/inside/awards/hess2.html](http://www.agu.org/inside/awards/hess2.html) : sito dell'AGU (American Geophysical Union), società scientifica che si propone di far comprendere la Terra ed il suo sviluppo. E' possibile reperire la biografia di Hess.

[http://mondrian.princeton.edu/CampusWWW/Companion/hess\\_harry.html](http://mondrian.princeton.edu/CampusWWW/Companion/hess_harry.html) : sito della Princeton University in cui è possibile trovare biografie di personaggi che hanno frequentato questa università.

[www.uky.edu/ArtsSciences/Geology/webdogs/plates/reconstructions.html](http://www.uky.edu/ArtsSciences/Geology/webdogs/plates/reconstructions.html) : sito ricco di figure, animazioni ed altro riguardanti la tettonica a placche

[http://www.regione.umbria.it/cridea/ambiente@scuola/suo\\_sel/morf.htm](http://www.regione.umbria.it/cridea/ambiente@scuola/suo_sel/morf.htm) Sito divulgativo riguardante principalmente il legame tra la morfologia interna della Terra e le dinamiche superficiali. Ricco di illustrazioni anche se non risulta ottima la grafica. Si trova una sintesi dell'evoluzione della teoria della deriva dei continenti di Wegener sino alla teoria della tettonica delle placche e molte informazioni relative alla sismologia.

<http://www.ingrm.it/geomag/paleomag/tetto.htm> Sito interessante per quanto riguarda la stretta relazione tra il paleomagnetismo e gli studi tettonici e geodinamici. Degna di attenzione l'illustrazione che rappresenta il rapporto tra magnetizzazione naturale e rotazione/traslazione longitudinale di blocchi crostali e litosferici.

<http://www.cs.cnr.it/rsc/catalogo/C35.html>

Con Quick Time è possibile vedere il trailer del film: "*Continenti alla deriva*", che fa parte di una collana di Home Video ideati per la rivista scientifica "Le Scienze".

<http://www.freeweb.org/volontariato/hpa/placche.htm> Si segnala la presenza di un'immagine chiara e dettagliata delle dodici placche individuate dalla teoria della tettonica delle placche e delle principali tipologie di limiti tra esse (convergenti, divergenti e di placche trasformi). Cliccando sulle icone è possibile avere approfondimenti.

<http://www.geocities.com/Athens/Ithaca/2788/deriva.htm> Sito da segnalare soprattutto per le immagini relative al movimento dei continenti dalla Pangea ai giorni nostri. Utile anche la sintesi che accompagna le figure, riguardante i punti forti e quelli deboli della teoria di Alfred Wegener.

<http://vulcan.fis.uniroma3.it/lisetta/adamello/adamellotext.html> Il sito ripercorre brevemente tutta la storia geologica della Terra, partendo dalla Pangea sino alle fasi geologiche più recenti.