

CONTINENTI ALLA DERIVA

Questo nostro pianeta è forse il più vitale dell'intero sistema solare, ma parlando di vitalità non intendiamo solo riferirci alla presenza delle molteplici forme di vita animale e vegetale che popolano la superficie terrestre, allo splendore dei fenomeni naturali, all'azione dell'uomo che spesso modifica e trasforma il territorio e l'ambiente in cui vive. Parlando di vitalità del pianeta Terra intendiamo considerare anche quei fenomeni che spesso danno luogo alle cosiddette catastrofi naturali che però non sono altro che il naturale evolversi del nostro mondo. Il movimento lento ma inesorabile dei continenti e le vibrazioni che si producono e che chiamiamo terremoti, la fuoriuscita di magma attraverso condotti naturali che chiamiamo vulcani, ed il manifestarsi di tanti altri fenomeni come le frane, l'erosione accelerata del suolo e delle coste, le inondazioni e gli straripamenti, confermano come questa nostra terra sia estremamente viva indipendentemente dalla presenza delle piante, degli animali, dell'uomo, della vita stessa. Per capire a fondo il carattere del nostro pianeta bisogna conoscere la sua costituzione ed il comportamento delle sue parti.

La terra è costituita da una serie di involucri concentrici. Gli studi eseguiti hanno permesso di accertare che questi involucri sono formati da materiale di composizione diversa e quindi ogni involucro presenta caratteristiche fisiche diverse. Il numero e la disposizione degli involucri cambia a seconda delle caratteristiche che si considerano, per esempio se teniamo conto della composizione chimica abbiamo tre involucri: la crosta, il mantello ed il nucleo, costituiti prevalentemente da minerali diversi con densità crescente. La crosta a sua volta non ha caratteristiche chimiche mineralogiche costanti, in corrispondenza degli oceani, infatti, la crosta è essenzialmente più densa e pesante che nelle zone continentali.

Se invece consideriamo le caratteristiche fisiche dei materiali con particolare attenzione per quelle elastiche vediamo che la parte più esterna è formata da un involucro rigido detto **litosfera** e lo spessore di questo strato varia da alcune decine di km fino ad un massimo di duecento. Sotto la litosfera troviamo un involucro più plastico detto **astenosfera** che presenta uno spessore di circa 2–300 km. Ancora più sotto troviamo l'involucro più rigido, la **mesosfera**, al centro ecco il **nucleo** con una parte esterna fluida ed una interna solida.

Ma come è stato possibile giungere alla ricostruzione delle caratteristiche fisiche della terra? Anche se è impossibile penetrare all'interno della terra disponiamo di un mezzo di analisi indiretto, le onde sismiche, che possono avere origine naturali come nel caso dei terremoti, o artificiali, come accade per le esplosioni nucleari sotterranee. I terremoti sono sorgenti di onde sismiche che si propagano all'interno nella terra in tutte le direzioni. In superficie queste onde vengono registrate dai sismografi, la registrazione di queste onde che possiamo considerare come raggi sismici e lo studio della loro propagazione ci permette di fare una vera e propria radiografia dell'interno della terra.

Secondo una teoria formulata negli anni '60, la litosfera pur essendo considerata una sorta di involucro rigido non ha una struttura continua, ma risulta frammentata. Lo strato più superficiale del nostro pianeta è, infatti, costituito da un mosaico di una ventina di zolle. Queste zolle condizionate dall'azione di numerose forze e dalle caratteristiche dei materiali semifluidi su cui poggiano si spostano orizzontalmente portando a spasso continenti ed oceani.

Un esempio classico di questi movimenti, che mostra in modo evidente quanto è avvenuto nei millenni, lo possiamo riscontrare nei margini atlantici dell'America meridionale e dell'Africa. Questi margini coincidono in maniera singolare proprio come i pezzi di un puzzle. Questo singolare incastro è ancora più evidente se non consideriamo la linea di costa ma bensì i due margini continentali dove termina cioè la piattaforma continentale.

Sofferamoci su questo esempio per capire uno degli aspetti dell'evoluzione del nostro pianeta. Secondo la teoria della tettonica delle zolle all'origine i due blocchi erano riuniti in un unico continente gigantesco che i geologi hanno battezzato **Pangea** (dal greco PAN GEOS, tutte le terre). Partiamo da duecento milioni di anni fa quando esisteva questo immenso continente ed un unico grande mare. Nel periodo che i geologi chiamano Trias, quando cioè il supercontinente inizia a frammentarsi in due grandi parti. Al di sotto dell'enorme continente si avviano cambiamenti sconvolgenti. Il calore rimasto intrappolato nella profondità della terra comincia a premere cercando una via d'uscita. La crosta si solleva frantumandosi ed espandendosi, e lacera in due il Pangea. La frattura che si crea viene invasa dal mare: ecco l'antenato dell'oceano atlantico. A mano a mano che i due continenti vengono allontanati da queste forze si crea nuova crosta oceanica che fa espandere il fondo del nuovo oceano.

Approfonditi studi hanno dimostrato che nel corso delle ere geologiche non c'è stata una notevole variazione del volume della terra, ma la terra non ha una superficie illimitata quindi se si viene a formare nuova crosta oceanica, se i continenti si dividono e si allontanano, da qualche altra parte del globo deve pur avvenire qualche cosa che compensi questi movimenti. In sostanza se da una parte i materiali più caldi tendono a salire in superficie e raffreddandosi generano nuova crosta, da qualche altra parte, per compensare questo fenomeno altra crosta deve senz'altro distruggersi. Per visualizzare quanto appena detto ci spostiamo sulle coste americane del Pacifico. In questa zona si ha

un fenomeno chiamato subduzione, le forze che in altre parti del globo allontanano le zolle qui le spingono le une contro le altre. In questo caso la crosta oceanica più densa e pesante si immerge sotto quella continentale. La crosta dell'oceano pacifico immergendosi nel mantello, al di sotto del continente americano fonde. La risalita in superficie del magma ha creato nei millenni quella lunga ed uniforme catena di vulcani che si estendono dalla California all'Alaska. Questo fenomeno lo ritroviamo in molte altre parti della terra e dove c'è subduzione lì troviamo anche gli archi vulcanici.

Ma cosa succede quando si scontrano due zolle, due continenti che presentano grossomodo la stessa massa, la stessa consistenza? Dobbiamo spostarci dall'altra parte del globo per trovare l'esempio più importante. Siamo sull'Himalaya, la più alta catena montuosa del pianeta formatasi dallo scontro tra l'India ed il continente Euroasiatico. La zolla indiana si avvicinò a quella asiatica con uno spostamento di oltre 7000 km. Compresi tra le due masse gli strati di terreno sedimentario vennero progressivamente sospinti verso l'alto, lentamente alcune isole emersero dal mare. Circa 45 milioni di anni fa la zolla indiana si scontrò con quella asiatica formando così un' unica massa continentale. Le forze che avevano innescato lo spostamento continuarono a premere anche dopo l'impatto iniziale e la massa indiana continuò lentamente a spingere al di sotto del continente asiatico. I depositi del fondo marino, vecchie isole, vennero ulteriormente innalzate dal movimento delle zolle. Le incredibili forze in gioco sollevarono inesorabilmente alcune di queste isole a più di 8000 metri di altezza dando origine all'Himalaya.

Ma due zolle possono anche scorrere, strisciare l'una contro l'altra per effetto delle possenti forze di convezione nel mantello. La nota faglia di Sant'Andreas in California è un classico esempio di questo tipo di movimento. Il sistema di faglie di Sant'Andreas costituisce il limite tra la zolla nord americana e quella del pacifico settentrionale e separa la parte sud occidentale della California dal resto dell'America settentrionale. Il bilancio tra la nuova crosta che si forma in corrispondenza di una dorsale e quella che si distrugge in una zona di subduzione risulta complessivamente nullo. Quando l'asse della dorsale raggiunge il margine del continente si interrompe il flusso di magma che l'alimenta. La zolla discendente si stacca e scompare al di sotto del continente e si genera uno spostamento orizzontale tra il margine continentale e la zolla oceanica che nel frattempo si è andata colmando di sedimenti. La parte settentrionale della faglia di Sant'Andreas può essersi formata proprio così. Il territorio ad ovest della faglia appartiene quindi alla zolla pacifica mentre quello ad est appartiene al continente americano.

Ora che abbiamo visto per sommi capi come la tettonica delle zolle ha determinato la formazione dei continenti e delle grandi catene montuose, ritorniamo al Pangea, a 180 milioni di anni fa per occuparci della formazione dell'oceano atlantico. Dapprima il Pangea si divide in due grandi continenti, inizia quindi la formazione dell'oceano Atlantico centrale ed inizia a separarsi un continente settentrionale (che grossomodo comprende aree corrispondenti all'odierno nord America, all' Europa e all' Asia) da un continente meridionale formato dall'Africa e dal sud America. 130 – 120 milioni di anni fa la situazione si evolve ulteriormente, l'oceano atlantico si allarga sempre di più, il blocco inferiore, quello meridionale comincia a fratturarsi, cominciano così a distinguersi i continenti africano e l'America meridionale. I continenti settentrionali si muovono verso nord ed il blocco eurasiatico si separa da quello africano, tra di essi si forma un nuovo oceano detto Tetide. Quando si giunge a 65 milioni di anni fa la situazione è notevolmente cambiata, si è aperto l'atlantico meridionale, Africa e America meridionale si sono allontanati con una velocità maggiore di quella dei continenti settentrionali, la zolla africana si muove verso nord più velocemente di quella eurasiatica. L'Africa insomma comincia spingere verso l'Europa. L'oceano Tetide che separava l'Europa dall'Africa ora viene è compresso, comincia a restringersi fino a chiudersi. Cinquanta milioni di anni fa si apre decisamente l'atlantico settentrionale e la velocità della sua formazione adesso è maggiore di quella dell'atlantico meridionale. Si verifica così che alla spinta dell'Africa verso l'Europa, si aggiunge quella dell'Europa verso l'Africa dovuta a all'ampliamento dell'atlantico settentrionale. Nell'area mediterranea in questo modo la compressione aumenta e l'oceano Tetide viene ad essere completamente distrutto e solo in tempi successivi si riaprirà dando luogo al Mediterraneo.

A grandi linee abbiamo descritto una storia di duecento milioni di anni rivivendo i fenomeni che hanno interessato l'intero pianeta. Vediamo ora in dettaglio cosa è avvenuto nell'area del mediterraneo riprendendo il discorso dall'inizio. I rilievi che costituiscono l'ossatura dell'Italia si sono formati analogamente a quanto accadde per parte della grande catena montuosa alpino-himalayana nata dalla collisione tra Eurasia ed Africa. La storia geologica del mediterraneo delle regioni circostanti e quindi dell'Italia, inizia oltre duecento milioni di anni fa, quando il continente africano e quello europeo si stavano ancora allontanando. Dopo la frattura il vasto golfo diventa quindi un ampio mare: l'oceano Tetide. Tra 170 e 100 milioni di anni questo mare raggiunge la sua massima espansione. Allora il suo basamento era formato da crosta oceanica come quella che abbiamo visto formarsi tra l'Africa e l'America. Nella fase di allontanamento dei due continenti, lungo i loro margini si accumulavano grossi spessori di sedimenti. Prima della fine dell'era mesozoica però, circa 90 milioni di anni fa, il movimento relativo tra questi due continenti si inverte. Nella fase di compressione, si ebbe la lenta ma inesorabile deformazione della crosta oceanica e della vecchia crosta continentale in prossimità dei margini dei due continenti. Vennero così compresse e deformate anche le coperture sedimentarie che

si erano accumulate lungo i bordi dei due continenti. Lungo il margine del continente europeo i sedimenti vennero progressivamente frammentati a seguito delle enormi pressioni i sedimenti furono obbligati a sovrascorrere gli uni sugli altri verso l'Europa formando un gigantesco edificio: le Alpi. In questi movimenti vennero coinvolti anche piccole zone della parte profonda della crosta continentale che formano un imponente settore delle Alpi, una collana di montagne tra le quali svetta il monte Bianco, la cima più alta dell'intero arco alpino. Nella parte interna delle alpi oggi è possibile ritrovare i resti di quella crosta oceanica che si formò mentre la Tetide si allargava. Queste rocce chiamate ofioliti formano per esempio la sommità del Monviso. A seguito di queste grandiose deformazioni dovute allo scontro tra i due continenti anche parte della crosta africana, e della copertura di sedimenti sono entrate nella struttura delle Alpi. La piramide del Cervino, per esempio, non è altro che un pezzo di crosta africana sovrascorso sulle falde europee. A seguito dello scontro tra i due continenti si sono formate anche le catene montuose delle Dinaridi, del sud alpino e degli Appennini. La loro formazione e la loro posizione è infatti imputabile prevalentemente ai margini dell'antica crosta continentale dell'Africa. Secondo molti geologi, infatti, i contorni di questo continente si spingerebbero fin sotto l'Adriatico. Ciò spiegherebbe anche lo spostamento verso nord delle Dolomiti, resti di antiche barriere coralline che un tempo si trovavano immerse in acque tropicali. Lungo l'Appennino si alternano paesaggi dal profilo dolce e ondulato a paesaggi più aspri. In queste catene montuose l'alternarsi di rocce di origine diversa che sono state violentemente accostate dai movimenti tettonici evidenzia i fenomeni di raccorciamento della crosta avvenuti a seguito delle enormi forze in gioco.

Le deformazioni che hanno provocato la saldatura profonda tra il continente europeo e quello africano sono state seguite da altre deformazioni e nuovi eventi. Venticinque milioni di anni fa per esempio, il blocco sardo-corso si stacca per un processo di frammentazione, conosciuto con il nome di rifting, dal margine del continente europeo portandosi lentamente nella posizione attuale. Tra il blocco sardo-corso e la costa francese si apre così il bacino algero-provenzale. Sul fondo di questo bacino è stata individuata crosta assottigliata di natura oceanica di recente formazione. Tra 10 e 7 milioni di anni fa anche nel Tirreno si innesca un processo di rifting ancora oggi attivo. Questo fenomeno porta alla formazione di un nuovo bacino: l'attuale mar tirreno centro meridionale, e conduce quindi all'attuale configurazione della penisola italiana. Nella parte più meridionale del tirreno, tra la Calabria e le isole Eolie è presente un vulcanismo attivo ed è stata registrata una forte sismicità. I dati ottenuti attraverso gli studi condotti su questa area suggeriscono la presenza di una piccola zona di subduzione sotto il pavimento del tirreno meridionale.

Le varie zone dell'Italia hanno quindi un'origine diversa a seconda della loro storia geologica. Colate di lava, depositi accumulati dai fiumi, dai laghi e dai mari, consistenti rocce di varia natura che hanno subito inenarrabili vicissitudini, costituiscono quindi il substrato su cui costruiamo città e strade; terreni che testimoniano la storia del nostro stivale e che conservano impressi i ricordi di antichi e recenti terremoti, eruzioni vulcaniche, frane ed inondazioni. Collisioni, rifting, subduzioni e sollevamenti costituiscono i processi ancora attivi che rendono il bacino del mediterraneo, ed in particolare l'Italia, un'area geologicamente giovane che ha subito nel passato e che certamente dovrà ancora subire numerose lente ma inesorabili modificazioni. Se le forze attualmente in gioco continueranno ad agire ecco come tra qualche milione di anni potrà apparire l'area mediterranea.