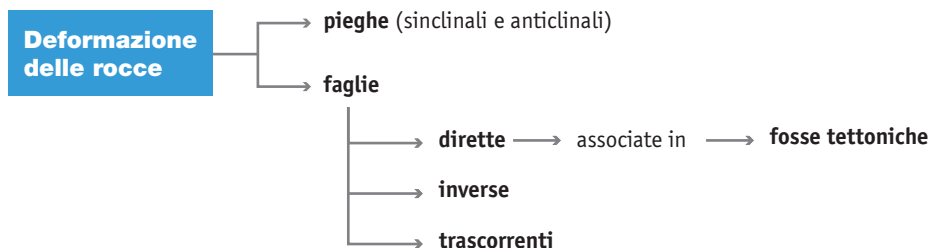
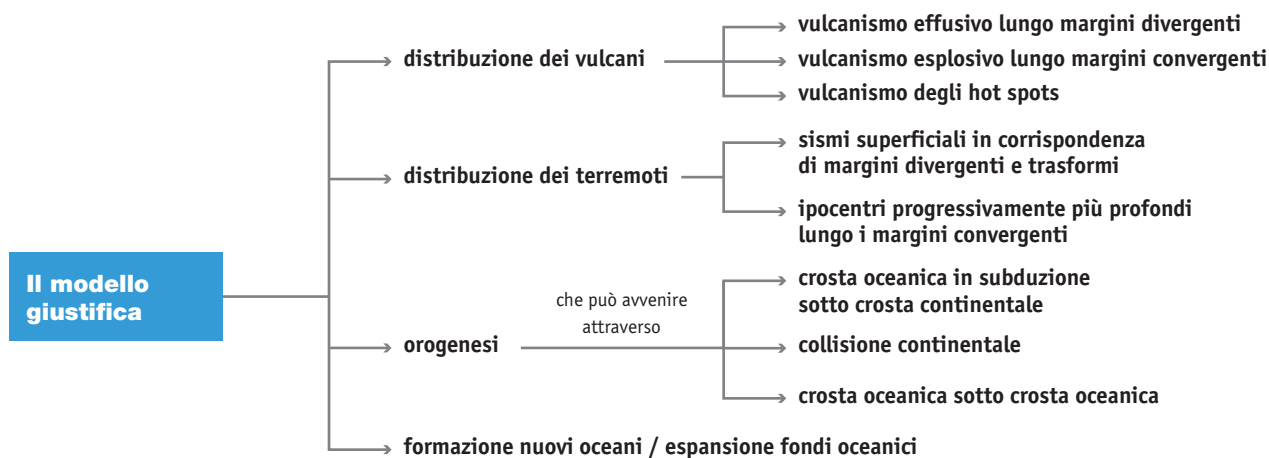
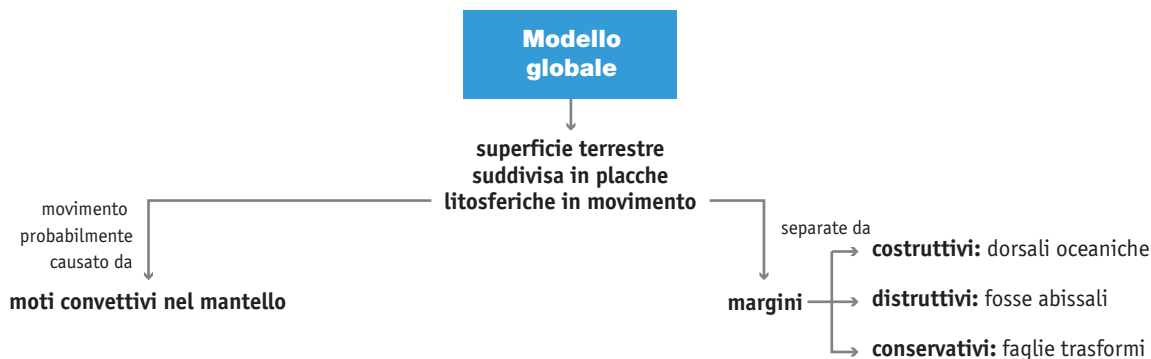
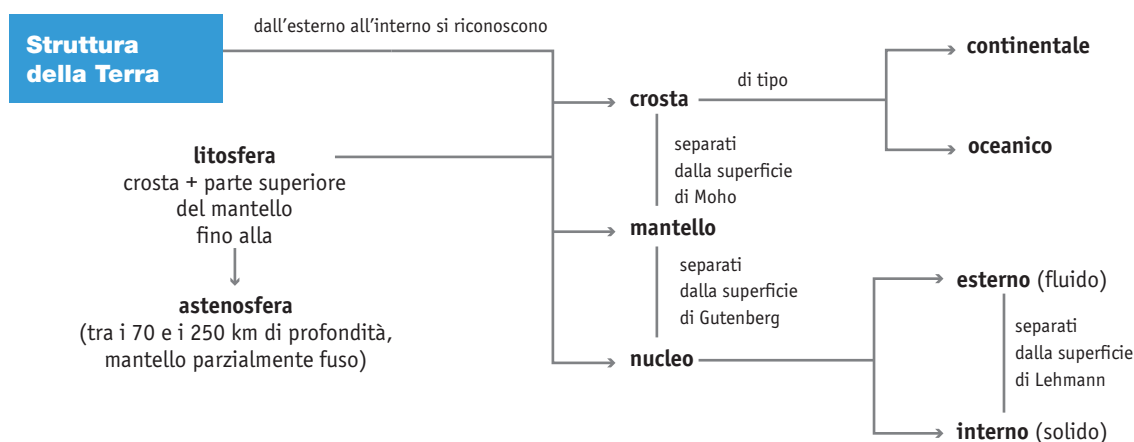


LA DEFORMAZIONE DELLE ROCCE



LA TETTONICA DELLE PLACCHE



■ Un pianeta fatto a strati

Dallo studio delle onde sismiche e di come si propagano quando attraversano il pianeta si è dedotto che l'interno della Terra non è omogeneo.

La Terra, come molti altri pianeti del Sistema solare, ha una struttura a **involucri concentrici**, di diversa natura e spessore:

1. la **crosta** (la parte più esterna), dello spessore di pochi chilometri (una media di 6-7, sotto gli oceani e di 35 nei continenti);
2. il **mantello** (la parte centrale), che arriva fino a circa 2900 km di profondità;
3. il **nucleo**, diviso a sua volta in due involucri: il **nucleo esterno** e il **nucleo interno**.

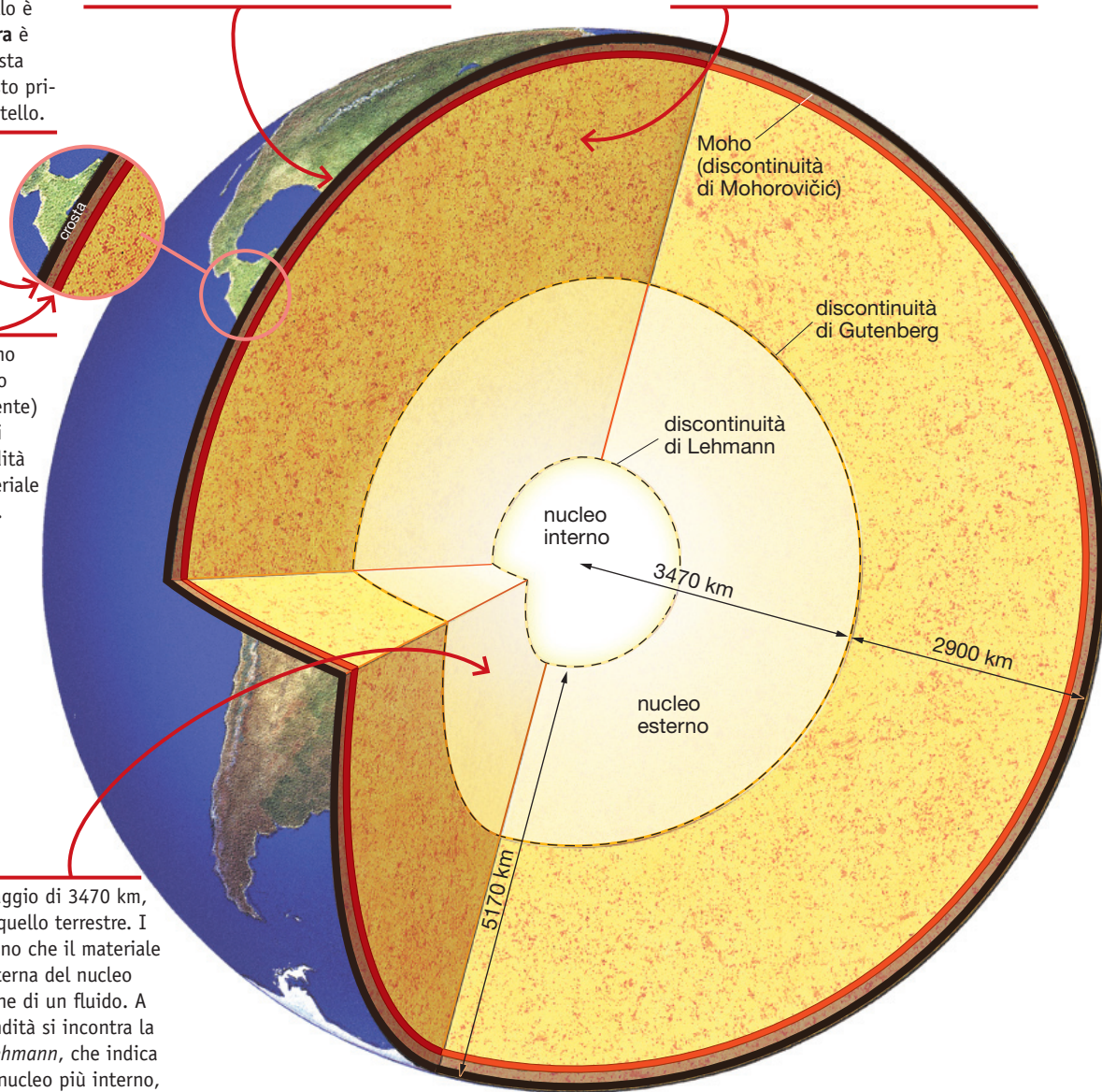
La **crosta** è un involucro rigido e sottile il cui spessore varia da una media di 35 km sotto i continenti a una media di 6-7 km sotto i fondi oceanici.

Immediatamente sotto la crosta il mantello è solido: la **litosfera** è l'insieme della crosta terrestre e di questo primo strato del mantello.

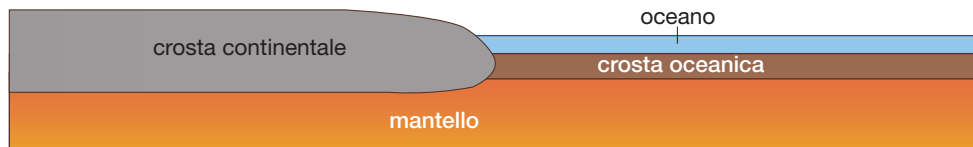
Il **mantello** si estende dalla Moho fino a 2900 km di profondità, dove è presente un'altra discontinuità sismica, la **superficie di Gutenberg**.

L'**astenosfera** è uno strato del mantello (non sempre presente) situato tra i 70 e i 250 km di profondità e formato da materiale parzialmente fuso.

Il **nucleo** ha un raggio di 3470 km, più della metà di quello terrestre. I dati sismici indicano che il materiale della parte più esterna del nucleo ha le caratteristiche di un fluido. A 5170 km di profondità si incontra la **discontinuità di Lehmann**, che indica il passaggio a un nucleo più interno, solido. Il nucleo è probabilmente metallico, formato soprattutto da ferro e nichel, oltre a qualche elemento più leggero, come silicio e zolfo.



La **crosta continentale** corrisponde ai continenti e alla loro prosecuzione, nelle immediate vicinanze, sotto il livello del mare. La **crosta oceanica** costituisce il «pavimento» degli oceani ed è coperta dalle acque.



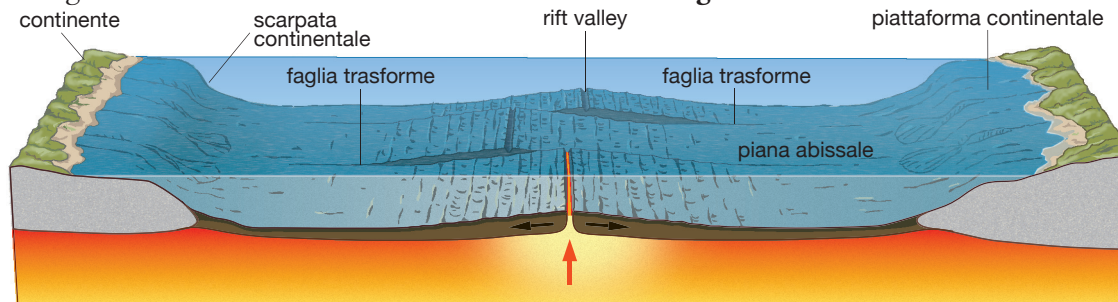
La crosta terrestre può galleggiare sul mantello, perché è meno densa. La tendenza della crosta a raggiungere una posizione di equilibrio attraverso il fenomeno di galleggiamento è detta **isostasia**.

Le strutture della crosta oceanica: dorsali e fosse

La crosta oceanica presenta due tipi di strutture molto importanti sia per le loro dimensioni sia per l'attività geologica ad esse associata: si tratta delle *dorsali oceaniche* e delle *fosse abissali*.

L'esplorazione del fondo oceanico ha messo in luce l'esistenza di rilievi sommersi, assai diversi dalle montagne di superficie, detti **dorsali oceaniche**. Il fondo degli oceani è percorso da una fascia di crosta inarcata verso l'alto, la cui sommità raggiunge i 2000-3000 m di altezza rispetto alle piane abissali; in qualche punto essa emerge dalla superficie del mare.

Quasi ovunque la sommità delle dorsali è percorsa da una depressione larga qualche decina di chilometri: è la **rift valley**. Le dorsali non corrono rettilinee, ma sono suddivise in segmenti da un sistema di fratture trasversali: le **faglie trasformi**.



Sui fondi oceanici, oltre alle dorsali, esistono altre strutture caratterizzate da intensa attività: sono le **fosse abissali**, strette depressioni, lunghe migliaia di chilometri, molte delle quali superano i 10 km di profondità. Il vulcanismo associato alle fosse è altamente esplosivo, e sono anche sede di intensa attività sismica.



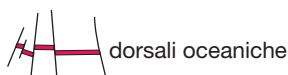
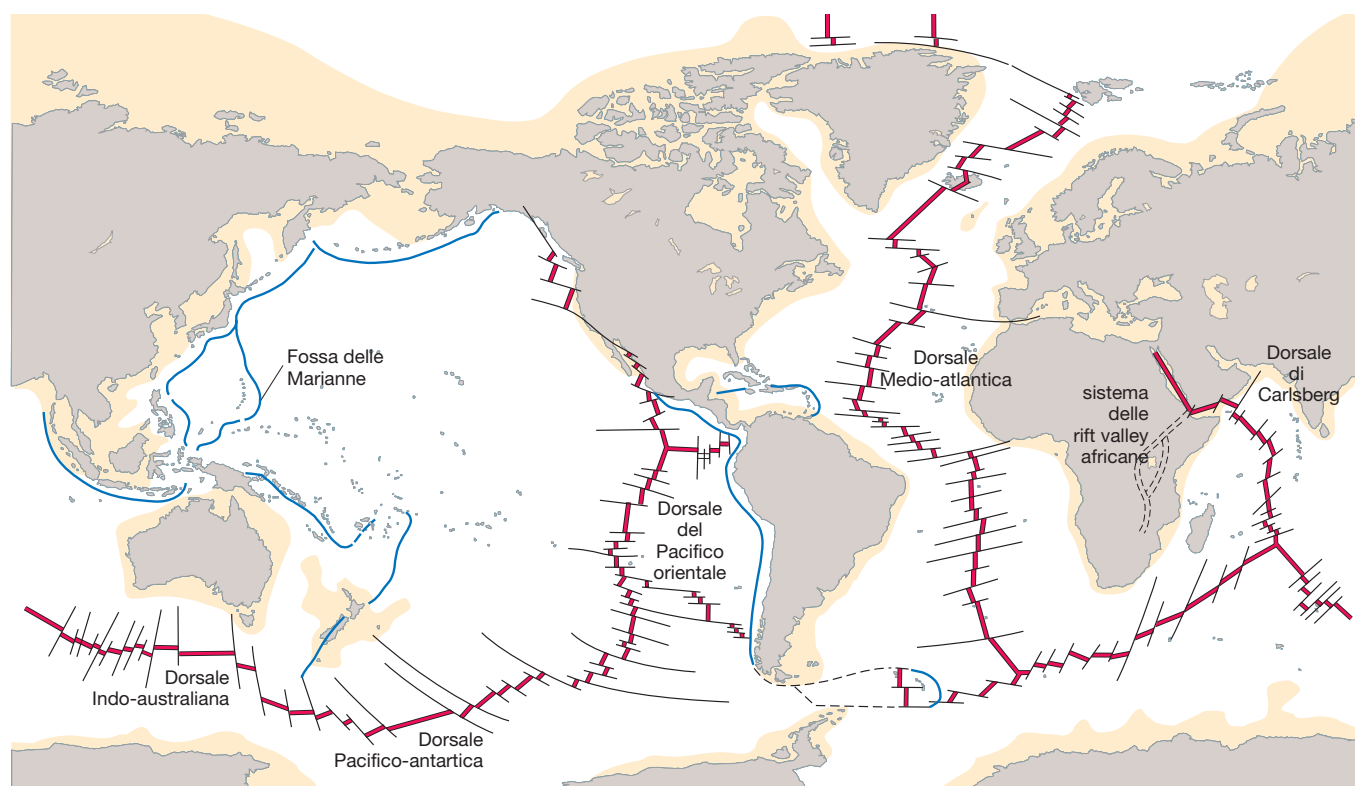
UNITÀ D3. La struttura della Terra

Le dorsali oceaniche compongono un sistema di rilievi sommersi che supera i 60 000 km di lunghezza.

La più estesa è la *Dorsale Medio-atlantica*, che ha un andamento approssimativamente da nord a sud ed emerge dall'Oceano Atlantico in corrispondenza dell'Islanda.

Il lungo allineamento delle fosse abissali costeggia il bordo occidentale del Pacifico, dallo stretto di Bering fino alla Nuova Zelanda; altri gruppi sono presenti al largo dell'arcipelago indonesiano.

La fossa più profonda è la *Fossa delle Marianne*, nell'Oceano Pacifico occidentale.



dorsali oceaniche



fosse oceaniche

■ L'espansione dei fondi oceanici

Secondo l'ipotesi dell'espansione dei fondi oceanici, il rilievo delle dorsali è sostenuto dalla risalita di materiale caldo nel mantello; l'inarcamento della litosfera provoca la formazione della *rift valley*, lungo la quale del materiale fuso risale e alimenta il vulcanismo basaltico della dorsale.

La quantità di lava che fuoriesce lungo le dorsali si divide in due rami, che si allontanano in direzioni opposte rispetto alla dorsale.

Come conseguenza, in superficie i due fianchi della dorsale – trascinati da questi movimenti profondi – si allontanano a partire dalla *rift valley*: il movimento non lascia un vuoto, perché altro magma risale e forma nuovi ammassi di rocce.

UNITÀ D3. La struttura della Terra

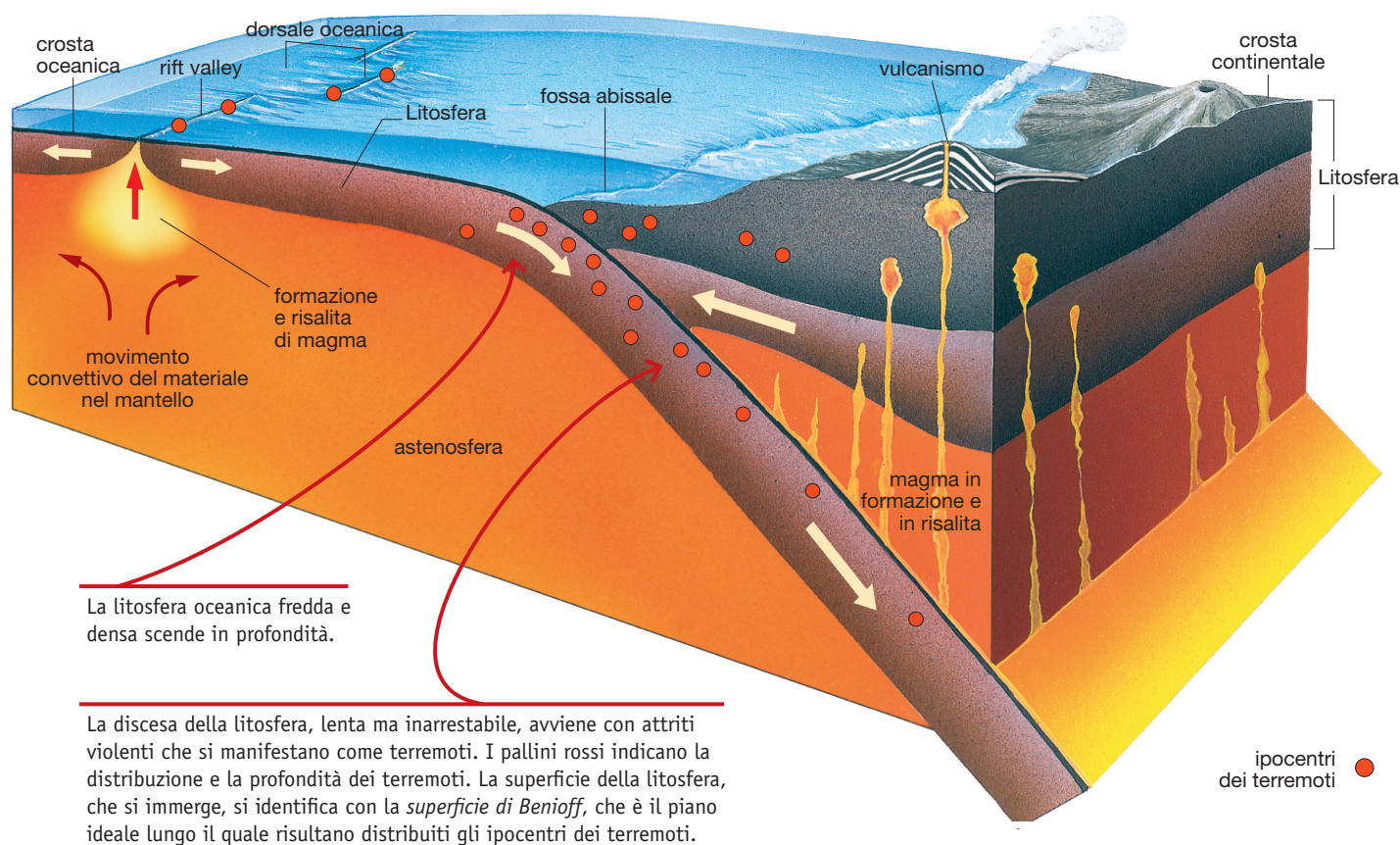
Questo incurvamento verso il basso della litosfera determina la formazione di una fossa abissale.

Nella sua discesa la litosfera incontra zone a temperature via via più elevate e comincia a fondere. Una parte risale in superficie, dove alimenta l'attività vulcanica che si manifesta a una certa distanza dalle fosse.

La discesa della litosfera, lenta ma inarrestabile, avviene con violenti attriti, che si manifestano come terremoti.

Questo lento movimento è chiamato **subduzione**.

Una conferma dell'espansione dei fondi oceanici viene dal fatto che l'età del «pavimento» oceanico, cioè dello strato di basalto sotto i sedimenti, è tanto più antica quanto più ci si allontana dalle dorsali.



La Tettonica delle placche

La teoria più geniale e completa sugli spostamenti dei continenti, nota appunto come **deriva dei continenti**, venne proposta nel 1912 dal tedesco **Alfred Wegener**.

Wegener ipotizzò che 200 milioni di anni fa vari lembi di crosta continentale, ora separati, fossero uniti in un «supercontinente», la **Pangea**, circondato da un unico oceano. La Pangea si sarebbe poi smembrata in più parti (Americhe, Eurasia, India, Australia, Antartide), che si sarebbero allontanate tra loro, secondo un meccanismo chiamato **deriva dei continenti**.

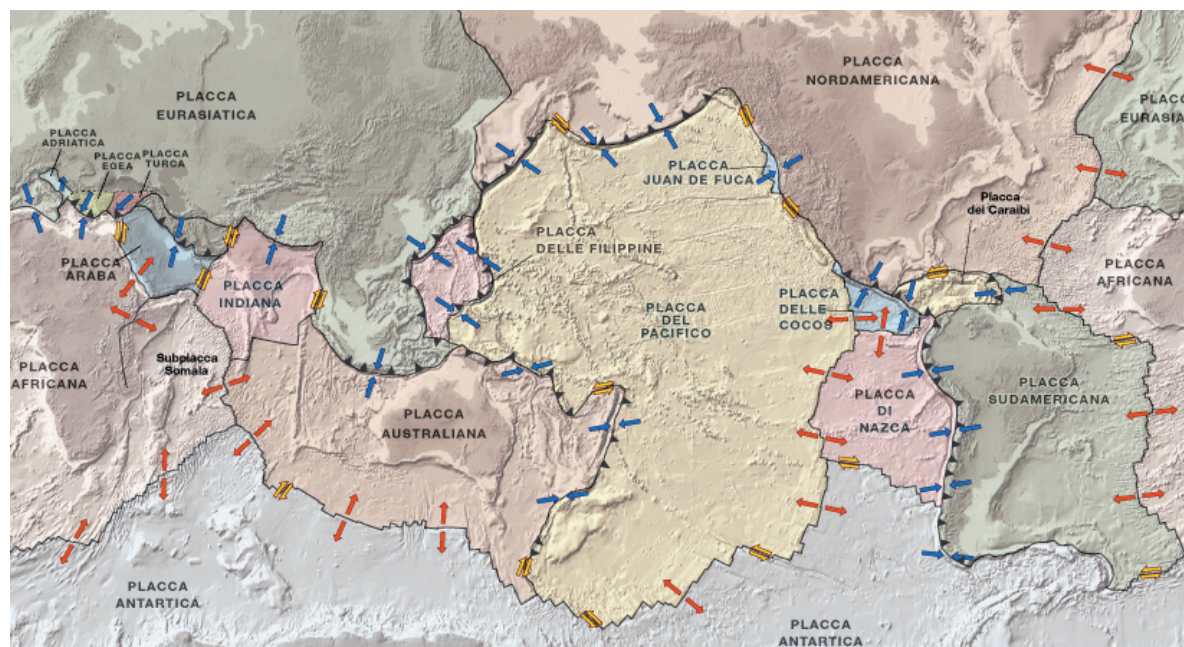
Purtroppo essa non convinse a proposito delle forze responsabili degli spostamenti, per cui venne da molti contrastata. Fu ripresa con successo soltanto negli anni Sessanta del Novecento. In quegli anni, i dati e le osservazioni sui fondi oceanici portano alla for-

mulazione della teoria della **Tettonica delle placche**, un modello globale in grado di spiegare i principali fenomeni geologici del pianeta, come la formazione dei bacini oceanici e delle montagne, la distribuzione e le caratteristiche dei vulcani e delle fasce sismiche.

Secondo questa teoria la litosfera è suddivisa in circa venti placche, delle quali sette sono decisamente più estese delle altre.

Le placche litosferiche possono essere formate:

- esclusivamente da litosfera oceanica;
- prevalentemente da litosfera continentale;
- da porzioni di litosfera dei due tipi.



movimento relativo
delle placche

- ← → convergente
- ↔ trasforme
- ← → divergente

dorsali
(espansione)



fosse (subduzione)



zone di collisione all'interno
di aree continentali



I bordi delle singole placche, chiamati **margini**, sono distinti, a seconda dei movimenti relativi, in tre tipi.

1. I **margini costruttivi** corrispondono al movimento di divergenza tra placche; sono le dorsali oceaniche.
2. I **margini distruttivi** corrispondono al movimento di convergenza tra placche; sono le fosse oceaniche.
3. I **margini conservativi** sono le faglie trasformi, lungo le quali i lembi di litosfera scorrono uno a fianco dell'altro, in direzioni opposte.

■ Nuove montagne e nuovi oceani

Le placche non sono immobili sulla superficie del pianeta ma «galleggiano» sull'astenosfera, la quale si comporta in modo «plastico» e permette non solo il galleggiamento ma anche lo scivolamento delle placche. Le placche possono avvicinarsi, allontanarsi o scorrere una rispetto all'altra.

UNITÀ D3. La struttura della Terra

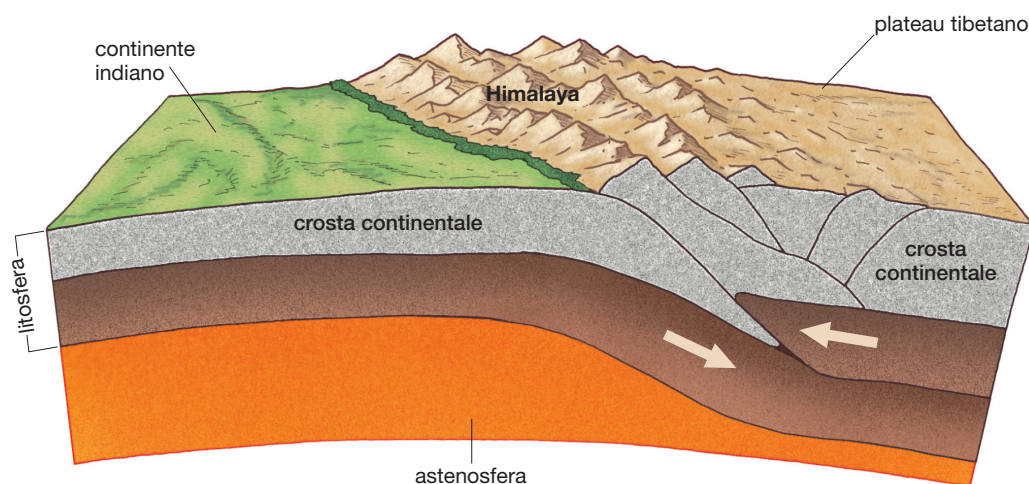
Quando due placche si avvicinano (perché una scivola sotto l'altra), il risultato è generalmente la formazione di una catena di vulcani, seguita da un'**orogenesi**, cioè dal sollevamento di una nuova catena montuosa. Un esempio di catena montuosa generata da un arco vulcanico è quello delle Ande, in Sudamerica.

Se due placche che comprendono ciascuna un continente e una parte di crosta oceanica si avvicinano tra loro si ha la nascita di una catena montuosa.

In un primo momento l'avvicinamento tra i continenti comporta la riduzione dell'oceano che li separa. La crosta oceanica entra in **subduzione** sotto la crosta continentale (che è più leggera).

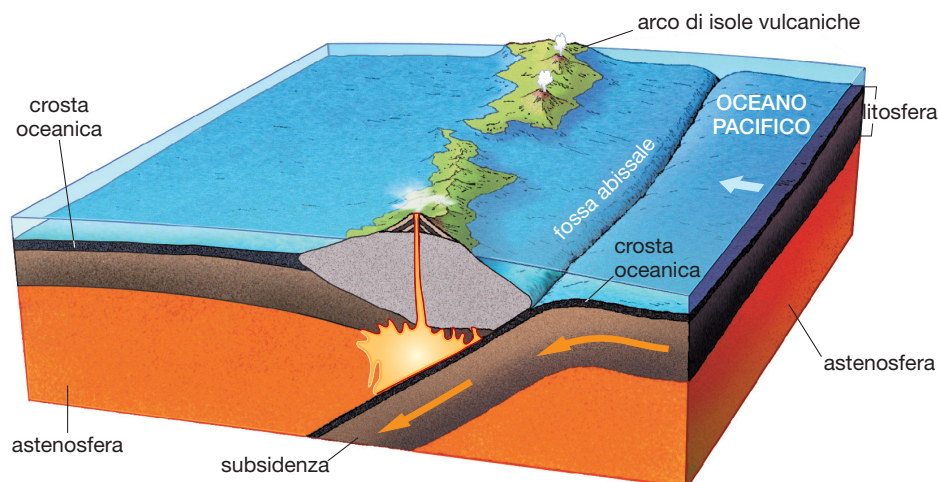
Al termine di questo processo l'oceano è scomparso, i margini delle due porzioni di crosta continentale vengono a contatto. È il momento della **collisione** e si forma una catena montuosa (orogenesi).

Sono nate in questo modo l'Himalaya e le Alpi.



Quando due placche oceaniche si avvicinano, oppure all'inizio dell'avvicinamento tra una placca oceanica e una continentale (quando il continente è ancora lontano), si ha subduzione di litosfera oceanica sotto altra litosfera oceanica.

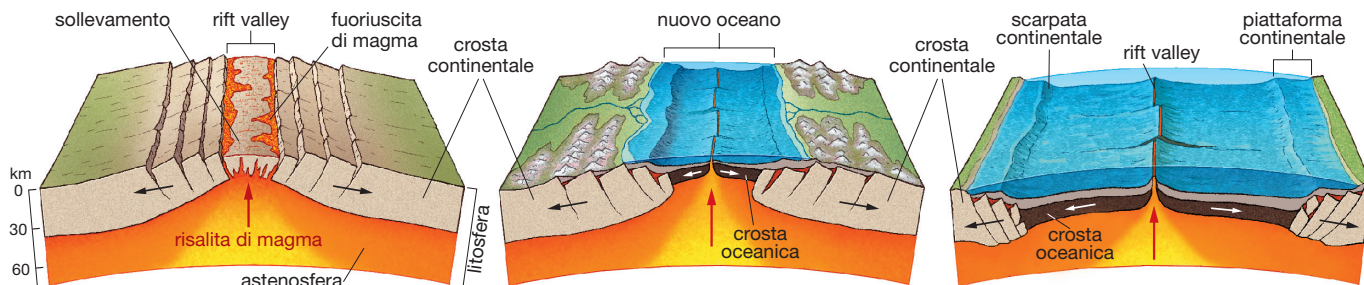
Si forma in questo caso un **arco di isole vulcaniche**, il quale emerge lungo il margine della placca che resta in superficie (come l'arcipelago delle Marianne).



UNITÀ D3. La struttura della Terra

La separazione di due placche litosferiche coincide con la formazione di nuova crosta oceanica.

In alcuni luoghi delle terre emerse è possibile osservare gli stadi iniziali della separazione di due placche litosferiche. Un esempio è la *Great Rift Valley*: la depressione del Mar Rosso che attraversa tutta l'Africa orientale.



La verifica del modello

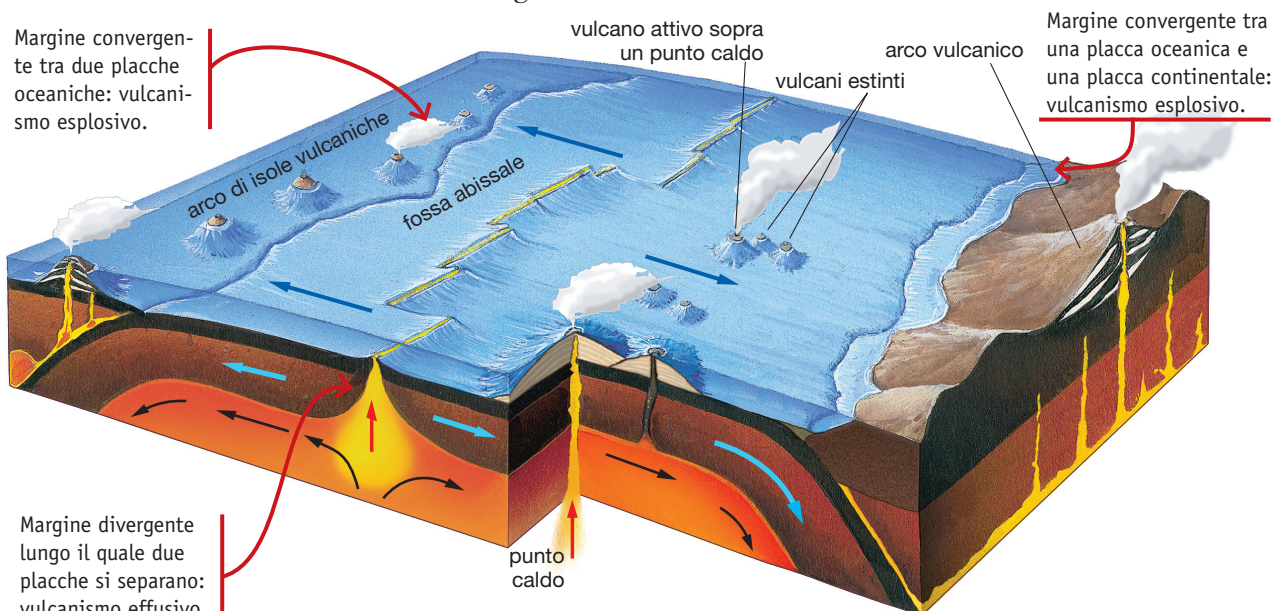
Il modello della Tettonica delle placche è attualmente quello che meglio spiega la maggior parte dei dati e delle osservazioni.

Per esempio, vediamo in che modo la Tettonica delle placche giustifica la **distribuzione dei vulcani e dei terremoti**.

La maggior parte dei vulcani centrali attivi non sottomarini è localizzata lungo archi insulari o archi vulcanici. Questo vulcanismo è collegato al processo di subduzione in corrispondenza di margini distruttivi tra le placche. Tuttavia, alcuni vulcani non sono localizzati lungo i limiti tra le placche, ma all'interno di esse.

Attraverso la Tettonica delle placche è possibile dare una spiegazione anche della distribuzione dei vulcani all'interno delle placche.

I **punti caldi** sono manifestazioni sulla superficie terrestre di «pennacchi» di materiale solido ma molto più caldo di quello circostante, che risalgono dalle zone profonde del mantello. I punti caldi si mantengono nella stessa posizione all'interno del mantello per tempi lunghissimi e non seguono i movimenti delle placche litosferiche. Compare una serie di vulcani che via via si estinguono.



Anche la distribuzione degli epicentri di terremoti in fasce ben determinate ha trovato una spiegazione convincente nell'ambito della teoria della tettonica delle placche. Sono gli sforzi dovuti ai movimenti della litosfera, concentrati lungo i margini delle placche, a provocare la continua deformazione di masse rocciose, in cui si accumula l'energia elastica che viene poi liberata dai terremoti.

■ Il motore delle placche

Anche se il calore che sentiamo in superficie è dovuto essenzialmente alla radiazione solare, la Terra perde calore continuamente dalla sua superficie.

Esistono molte prove del fatto che la Terra al suo interno è calda.

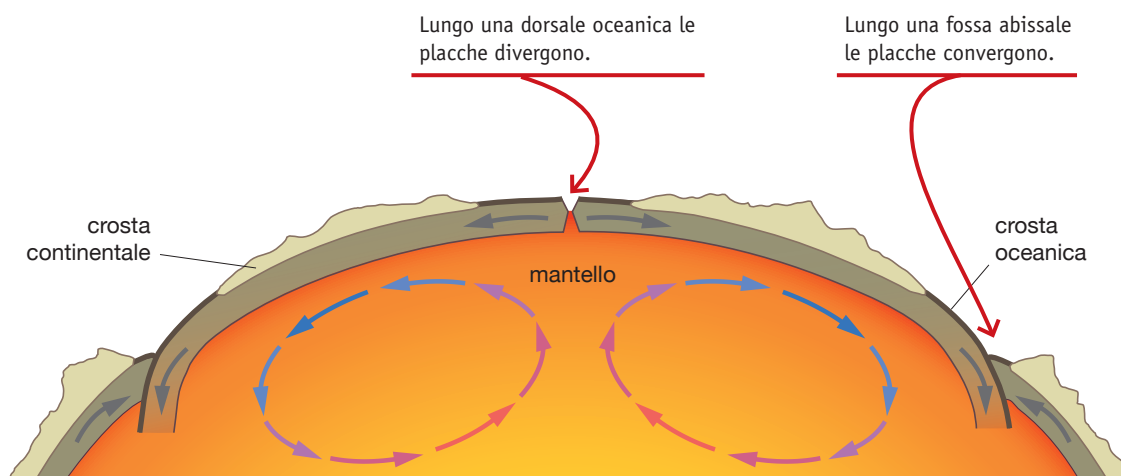
Il calore interno della Terra viene continuamente disperso verso l'esterno attraverso la sua superficie. La quantità di energia termica che sfugge dalla Terra per unità di area e di tempo viene chiamata **flusso termico**.

Il flusso varia da luogo a luogo della superficie terrestre. Le aree dove esso è maggiore sono molto «attive» dal punto di vista geologico.

Si pensa che le zone con flusso termico più elevato (ad esempio in corrispondenza delle dorsali oceaniche) siano dovute all'esistenza di **correnti convettive** nel mantello, cioè a spostamenti di materiale più caldo (e quindi meno denso) che risale da zone profonde.

L'origine di questi giganteschi rimescolamenti di materiale va cercata nelle differenze di temperatura che esistono in zone diverse del mantello, causate, tra l'altro, da una distribuzione non omogenea degli elementi radioattivi.

Le **placche litosferiche**, nei loro spostamenti, rispondono in qualche modo a questi movimenti del mantello.



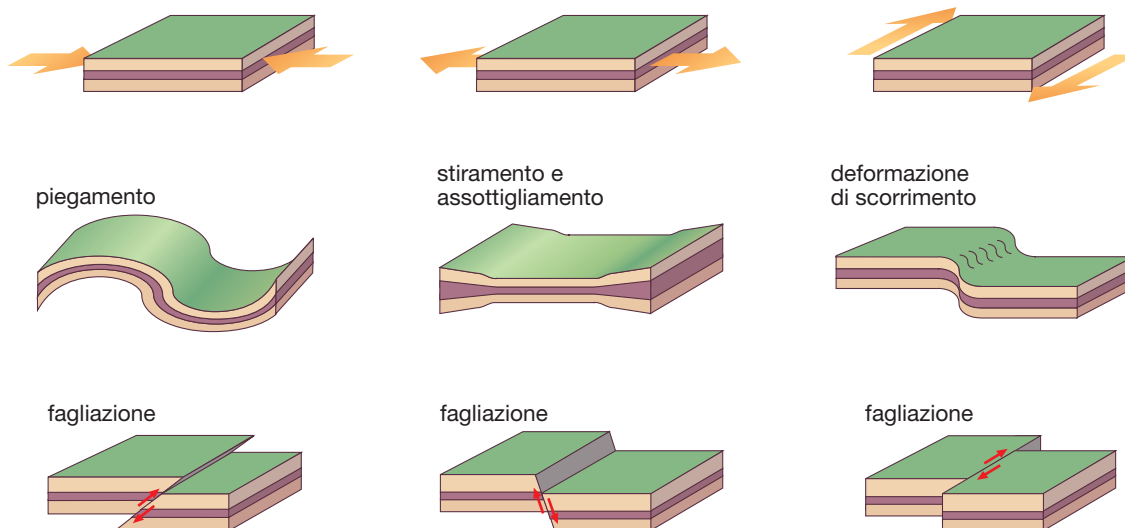
■ La deformazione delle rocce

Sotto l'azione delle forze che agiscono per milioni di anni all'interno della crosta terrestre le rocce possono **piegarsi** oppure **rompersi**.

A seconda di come sono orientate le forze che agiscono sui diversi settori di crosta, le rocce si deformano con effetti diversi:

1. **compressione**,
2. **distensione**,
3. **trascorrenza**.

UNITÀ D3. La struttura della Terra



Se la deformazione non causa la rottura delle rocce, si parla di **pieghe**; se le rocce si rompono e i due blocchi che si formano scorrono uno rispetto all'altro, si parla di **faglie**.

Le pieghe sono deformazioni comuni nelle rocce e in genere non si presentano isolate ma in gruppi, che formano **catene di pieghe**.

A seconda dell'inclinazione dei **fianchi**, le pieghe possono essere *diritte*, *inclinate* o *rovesciate*.

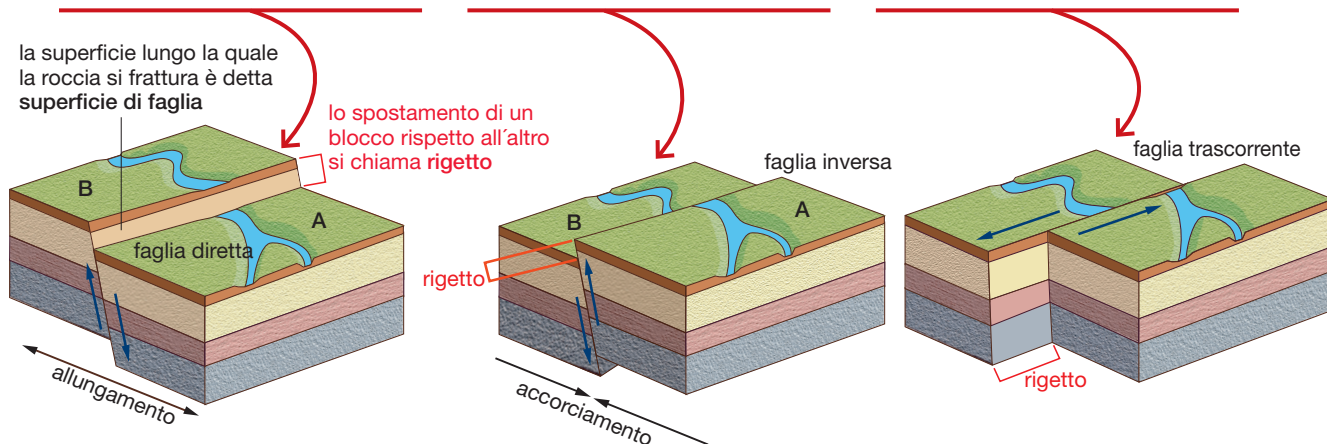
In presenza di una frattura, le parti separate possono spostarsi una rispetto all'altra o restare nella posizione originale.

Nel primo caso le fratture vengono chiamate **faglie**, mentre nel secondo caso sono dette **diaclasi**.

In caso di distensione si ha una **faglia diretta**: le rocce sovrastanti il piano di faglia (blocco A) si allontanano e si abbassano rispetto alle rocce inizialmente sottostanti il piano (blocco B).

In caso di compressione si ha una **faglia inversa**: le rocce sovrastanti il piano di faglia (blocco A) si accavallano, alzandosi rispetto alle rocce sottostanti (blocco B). In caso di compressioni intense si può avere un **sovrascorrimento**: un blocco scorre per un ampio tratto sulla superficie del blocco adiacente.

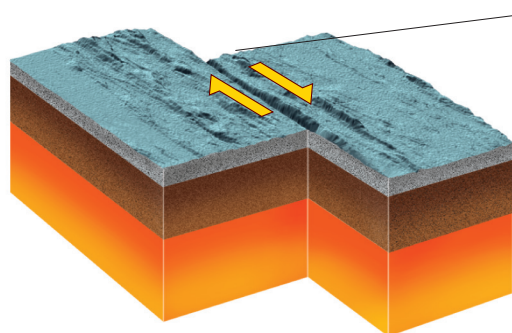
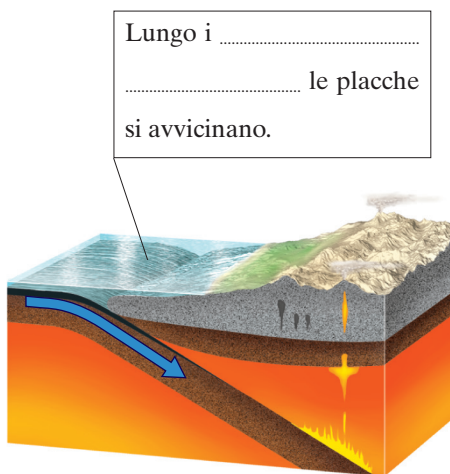
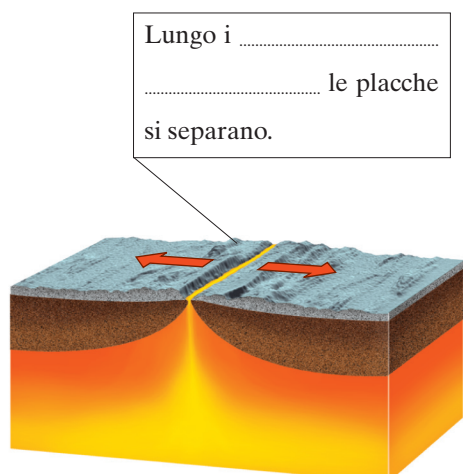
In caso di scorrimento si ha una **faglia trascorrente**: il piano di faglia è generalmente verticale e i blocchi si spostano orizzontalmente.



Una tipica associazione di faglie è quella che determina lo sviluppo di una cosiddetta **fossa tettonica**, una depressione in cui un blocco di crosta appare sprofondato tra due blocchi adiacenti che sono stati allontanati l'uno dall'altro.

UNITÀ D3. La struttura della Terra

1 Completa la figura inserendo i termini mancanti.



2 Utilizzando delle frecce colorate indica sulla figura la direzione e il verso di spostamento dei blocchi rocciosi che si verifica in ciascun tipo di faglia.

