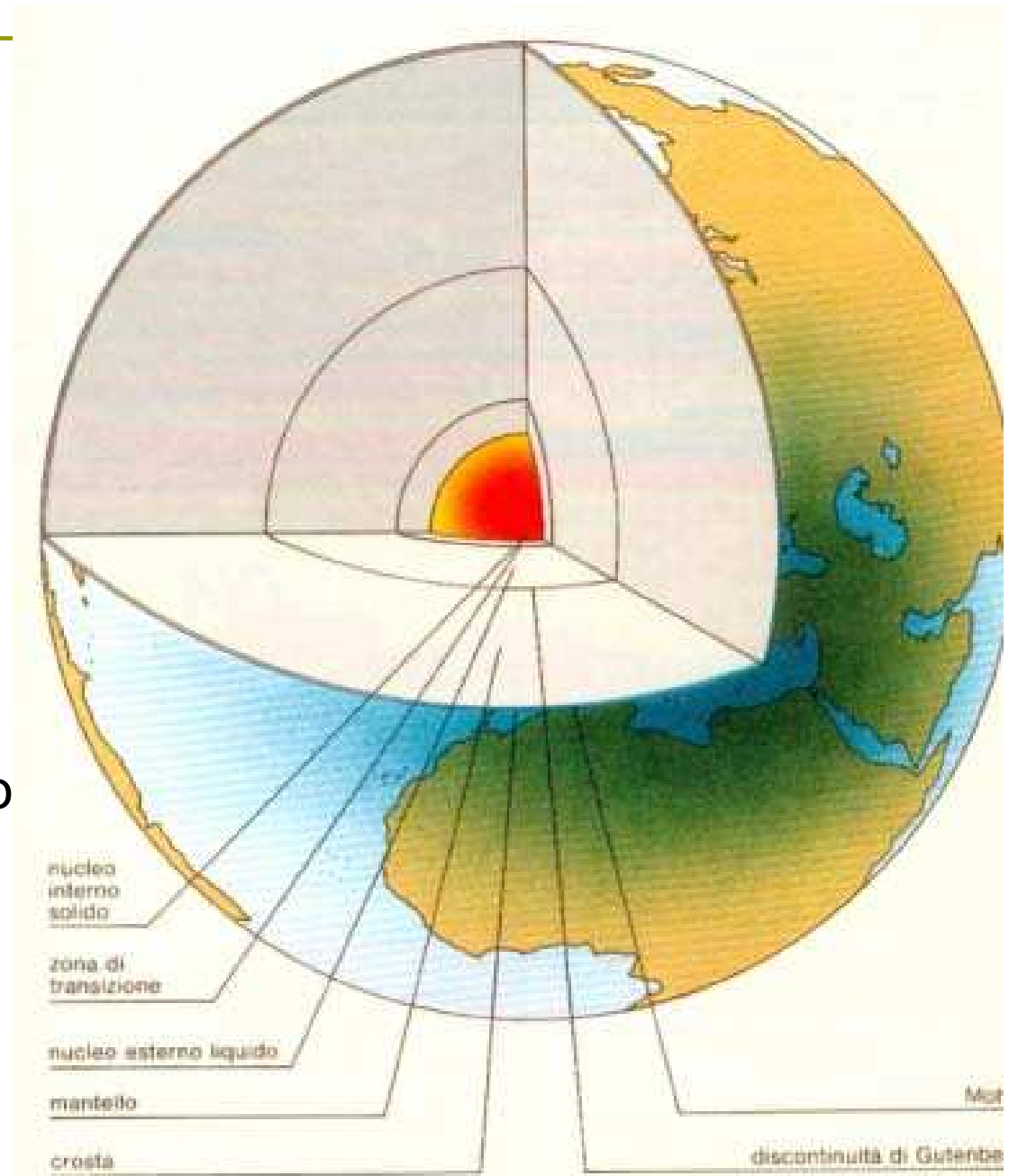


# L'assetto della crosta terrestre

## ⇒ Modello costitutivo della Terra

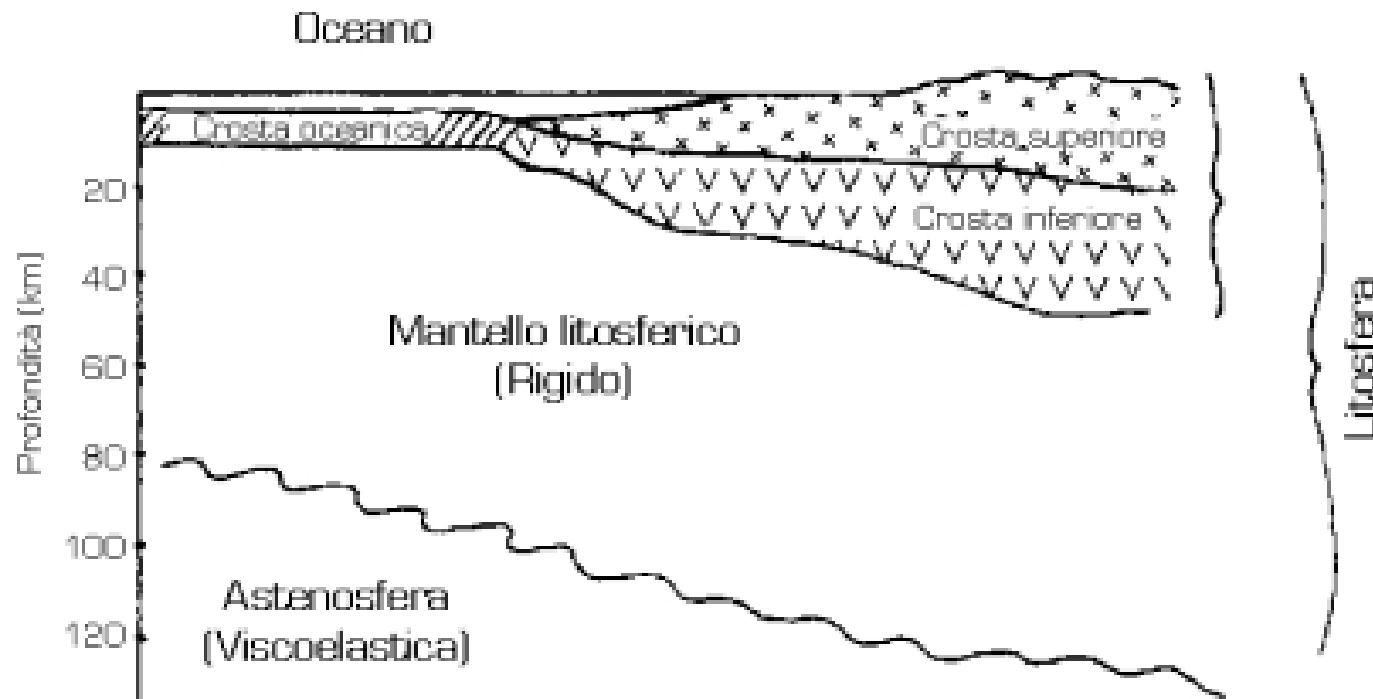
**Terra:** sferoide avente raggio medio di 6370 km e struttura non omogenea (densità media = 55 kN/m<sup>3</sup>, densità delle rocce superficiali = 20÷30 kN/m<sup>3</sup>):

- **crosta:** con uno spessore variabile da pochi chilometri, sotto gli oceani, fino a un massimo di 60 km sotto i continenti;
- **discontinuità di Moho;**
- **mantello:** suddiviso in mantello superiore e inferiore e con spessore di circa 2900 km;
- **discontinuità di Guttenberg;**
- **nucleo:** suddiviso in nucleo esterno e nucleo interno.



La **crosta** terrestre può essere di due tipi:

- la **crosta oceanica** ha uno spessore di pochi km (8-10 km) ed è costituita da rocce pesanti (basaltiche).
- la **crosta continentale** è più eterogenea ed è costituita prevalentemente da rocce leggere (granitiche); lo spessore da 20 a 60 km ed è massimo sotto le catene montuose.



Il **mantello** presenta uno strato rigido sovrastante (detto litosferico) e uno viscoelastico sottostante (detto astenosfera).

Il mantello rigido e la crosta terrestre costituiscono la **litosfera**.

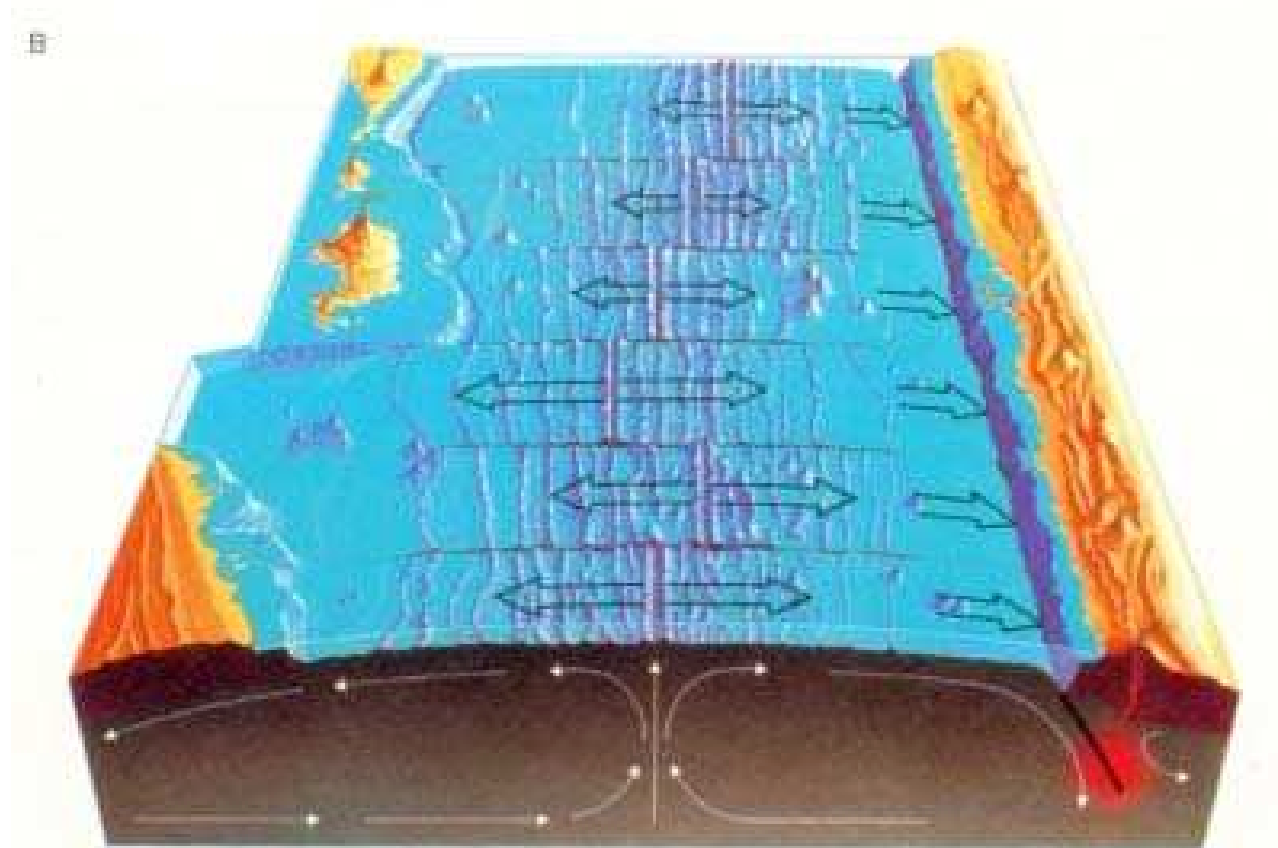
# Le dislocazioni della crosta terrestre ⇒ Tettonica a placche

L'assetto originario delle rocce può essere modificato dall'azione di forze esterne che tendono a deformare nel tempo la crosta terrestre. Gli spostamenti subiti dalle masse rocciose costituenti la litosfera per effetto di tali forze vengono chiamati **dislocazioni**.

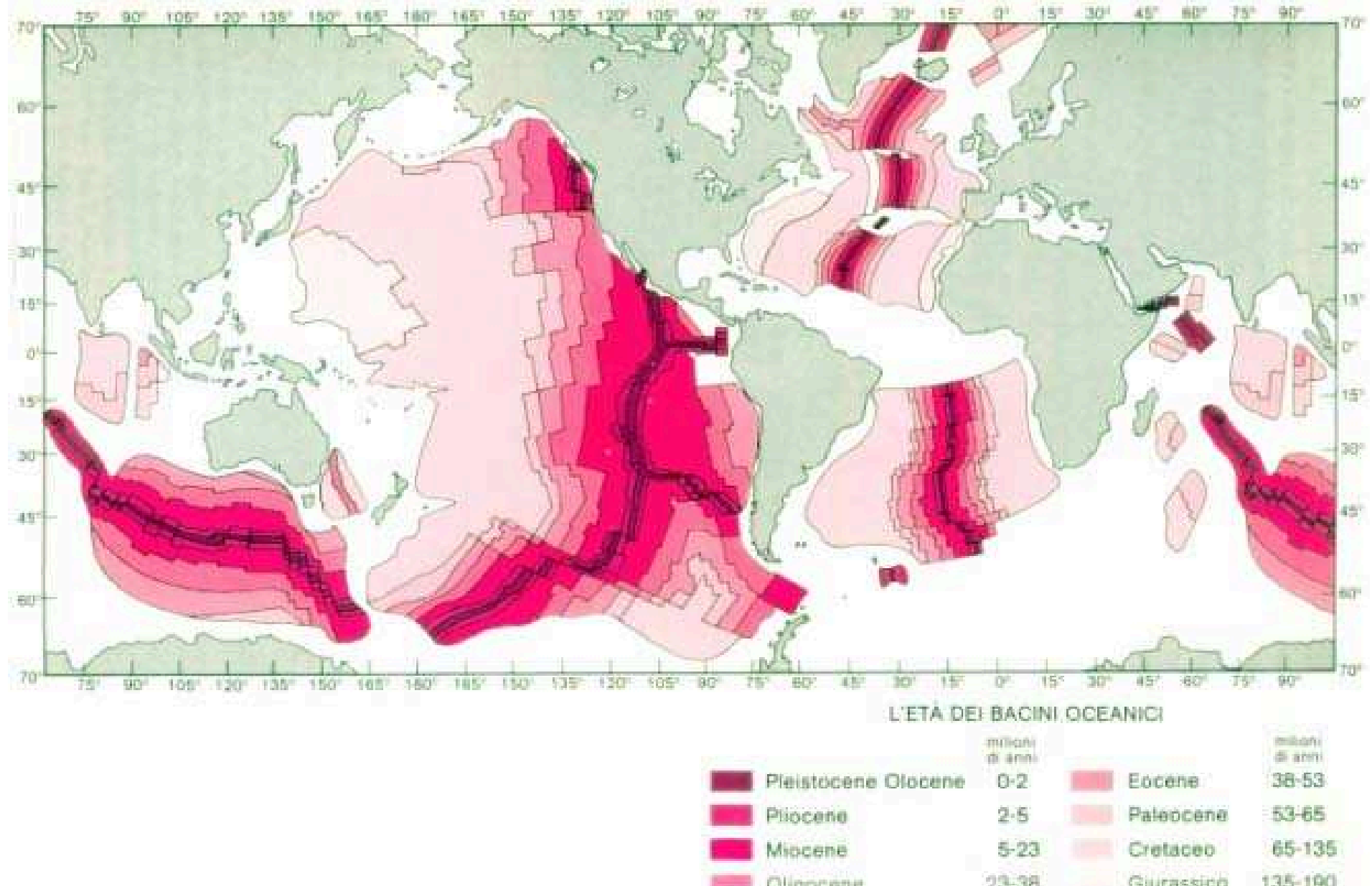
La litosfera terrestre (crosta + mantello rigido) è suddivisa in circa 15 placche, la cui forma e posizione varia nel tempo a causa delle correnti convettive presenti all'interno dell'astenosfera.



Le **correnti convettive** sono in risalita in corrispondenza delle **dorsali oceaniche**, dove si ha fuoriuscita di materiale basaltico che forma nuova crosta e spinge lateralmente le placche. In tal modo le placche si accrescono in continuazione, ma poiché la Terra non aumenta di volume, esistono delle zone in cui si ha compensazione dell'accrescimento mediante reingestione (zone di subduzione  $\Rightarrow$  **fosse oceaniche**) o sovrapposizione (zona di obduzione della crosta  $\Rightarrow$  **orogenesi**).



In corrispondenza delle **dorsali oceaniche** si osserva un allontanamento delle placche simmetrico rispetto all'asse della dorsale stessa. Ciò determina un progressivo fenomeno di **espansione degli oceani**, in cui le dorsali oceaniche (dove si sta creando nuova crosta) coincidono con la parte più giovane del fondo oceanico. Le strisce dei vari colori indicano aree aventi la stessa età.

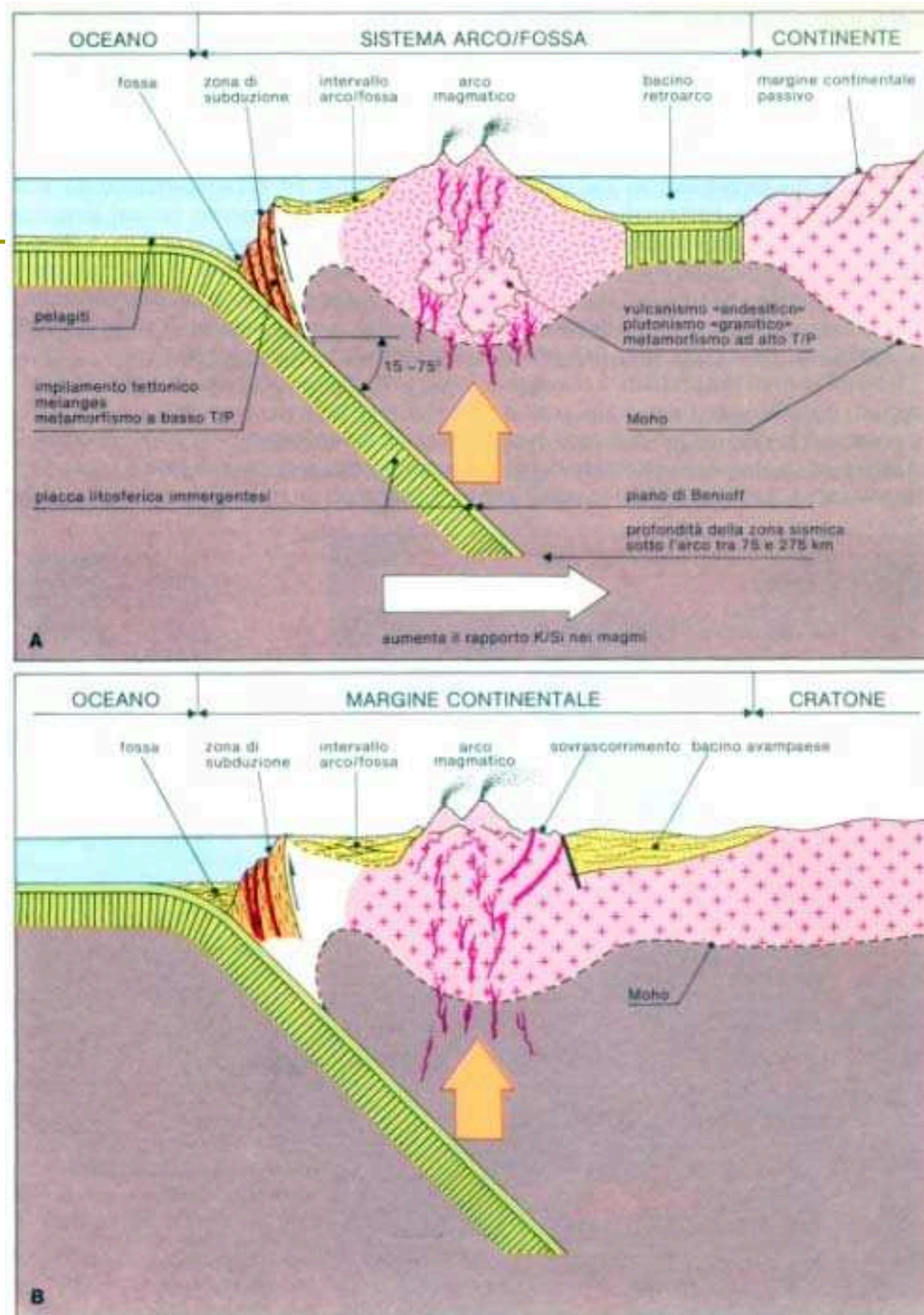


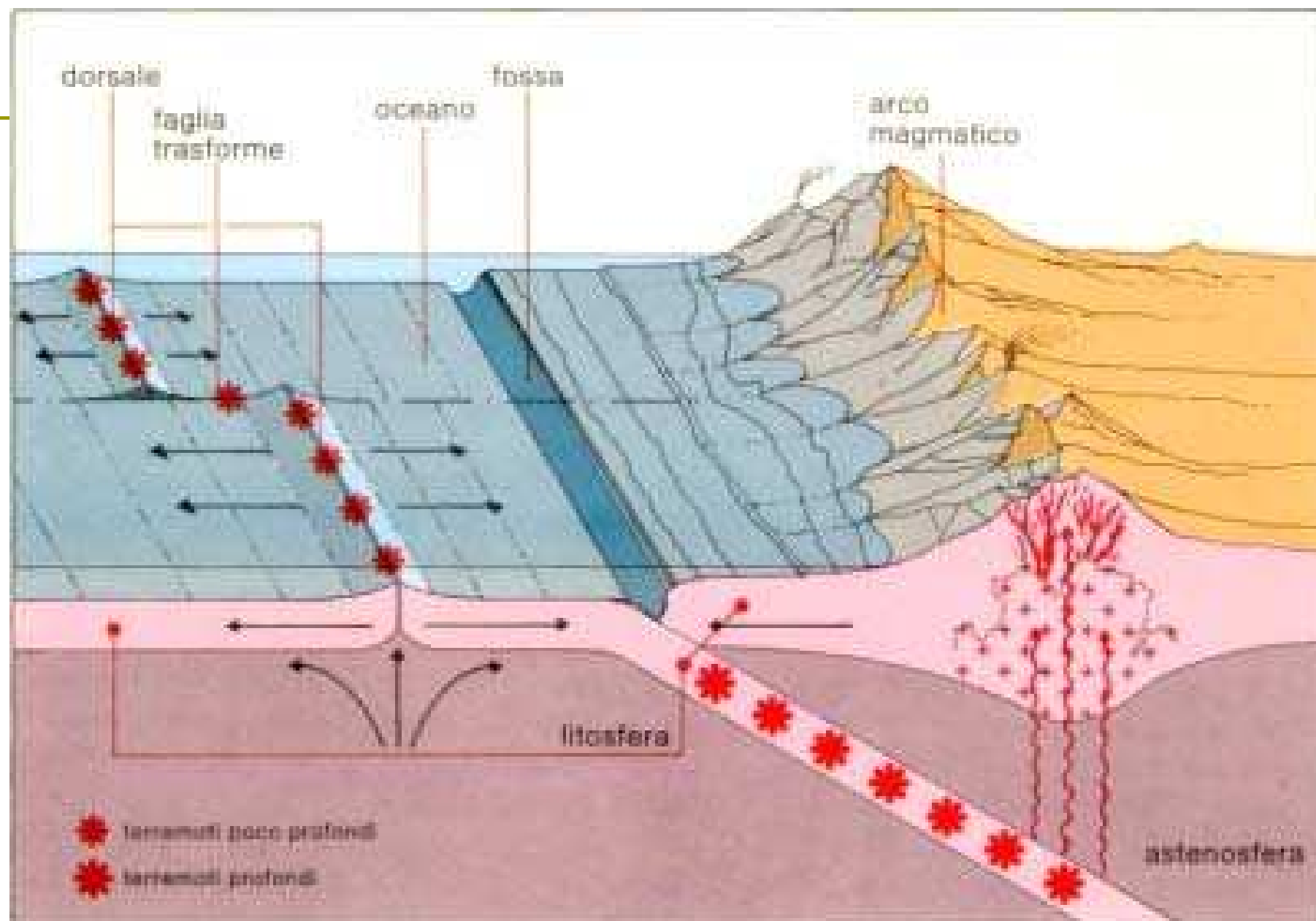


Le **zone di subduzione** si hanno quando nello scontro tra due placche una si inflette sotto l'altra e viene riassorbita dal mantello.

Possono essere di due tipi:

- arco-fossa (A): la placca che si inflette è di tipo oceanico, mentre l'altra è formata da una zona continentale ed una oceanica antistante, nella quale si forma un arco magmatico che si manifesta in una serie di isole (es. Giappone)
- arco-cordigliera (B): lo scontro è tra una placca oceanica ed una continentale (es. Cordigliera delle Ande).

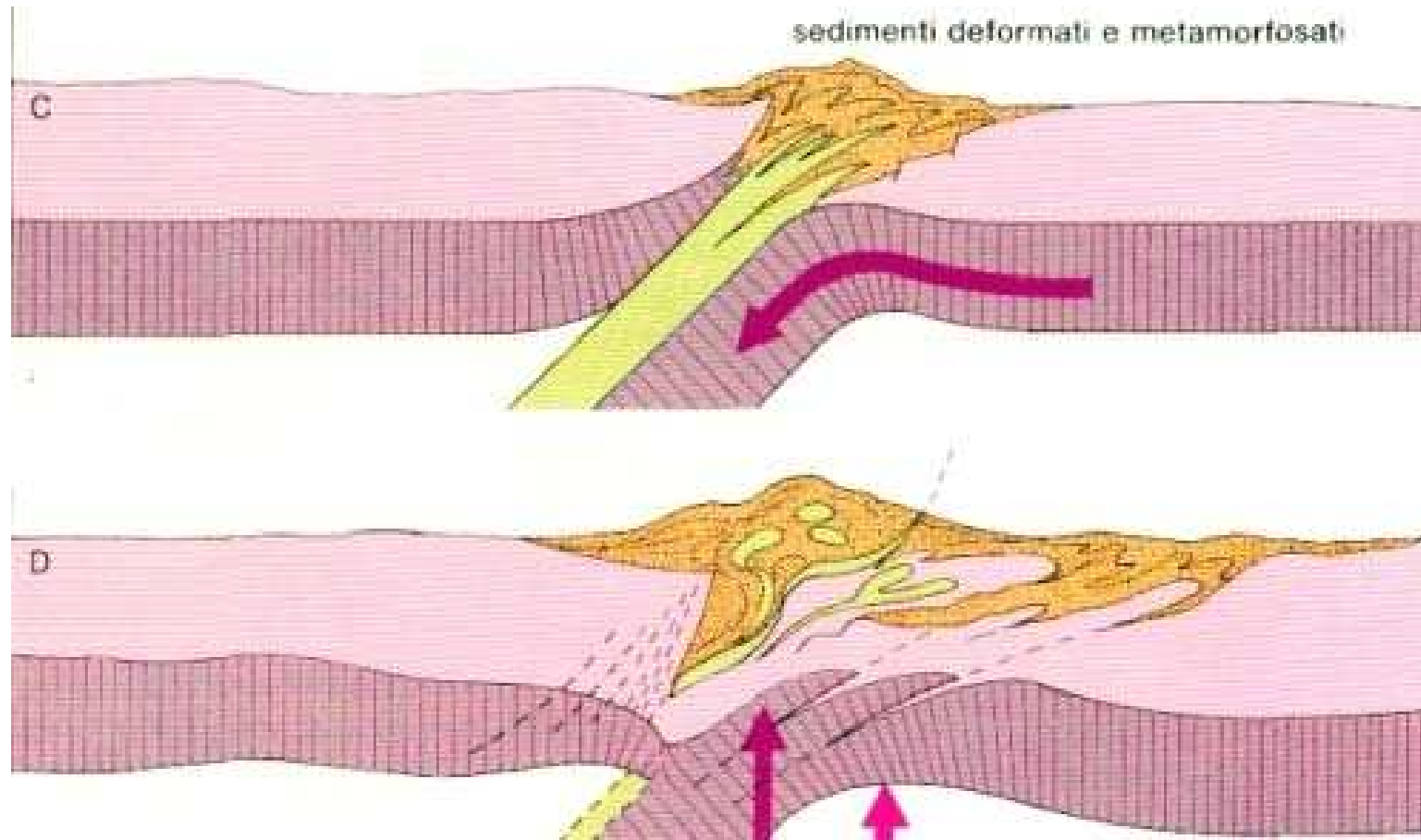




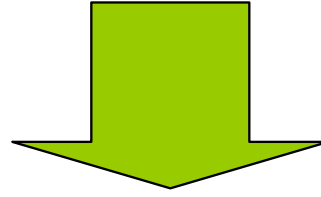
## Zone di obduzione

La collisione tra due placche che trasportano blocchi continentali porta necessariamente alla formazione di catene montuose (**orogenesi**).

---







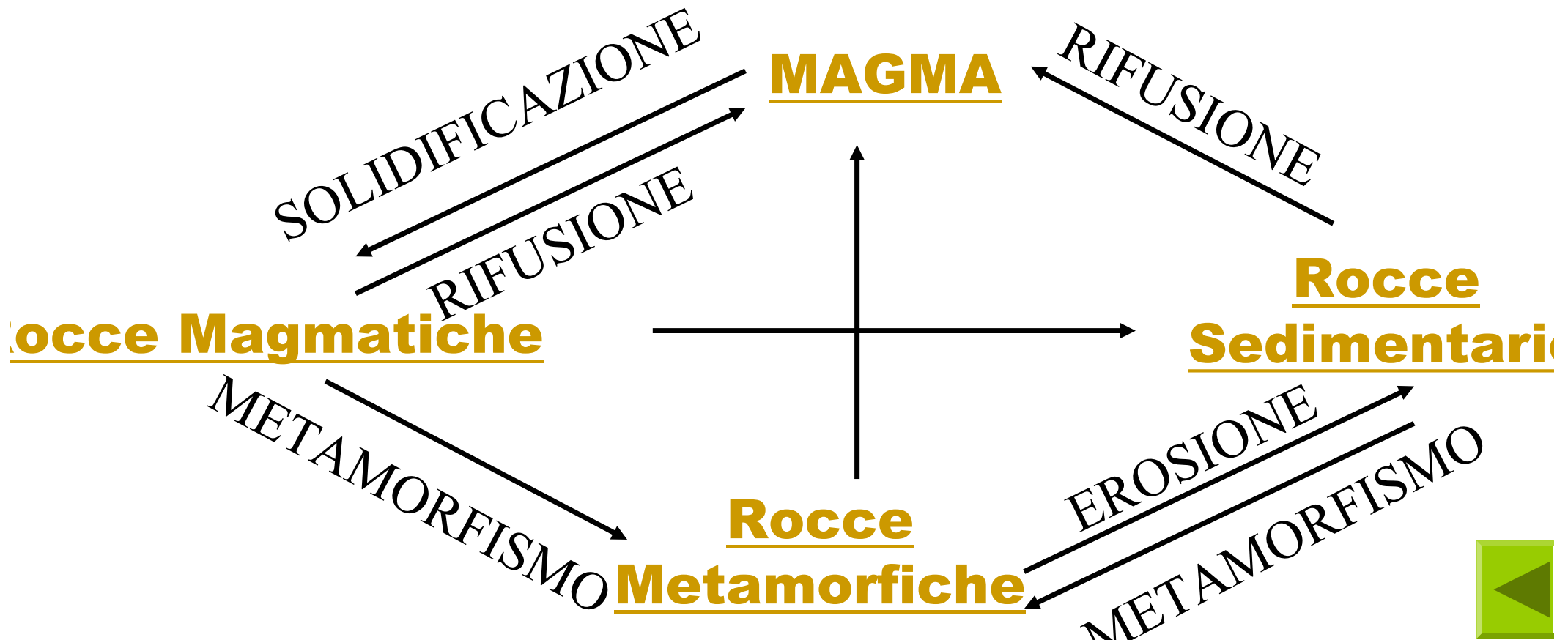
---

La tettonica a placche fornisce un modello meccanico della crosta terrestre e spiega i principali fenomeni endogeni che interessano la terra (attività vulcanica, attività sismica, deriva dei continenti, espansione degli oceani, orogenesi).



**MATERIALI = ROCCE**, cioè aggregati di uno o più minerali e talora anche di sostanze non cristalline (petrolio, metano ecc.).

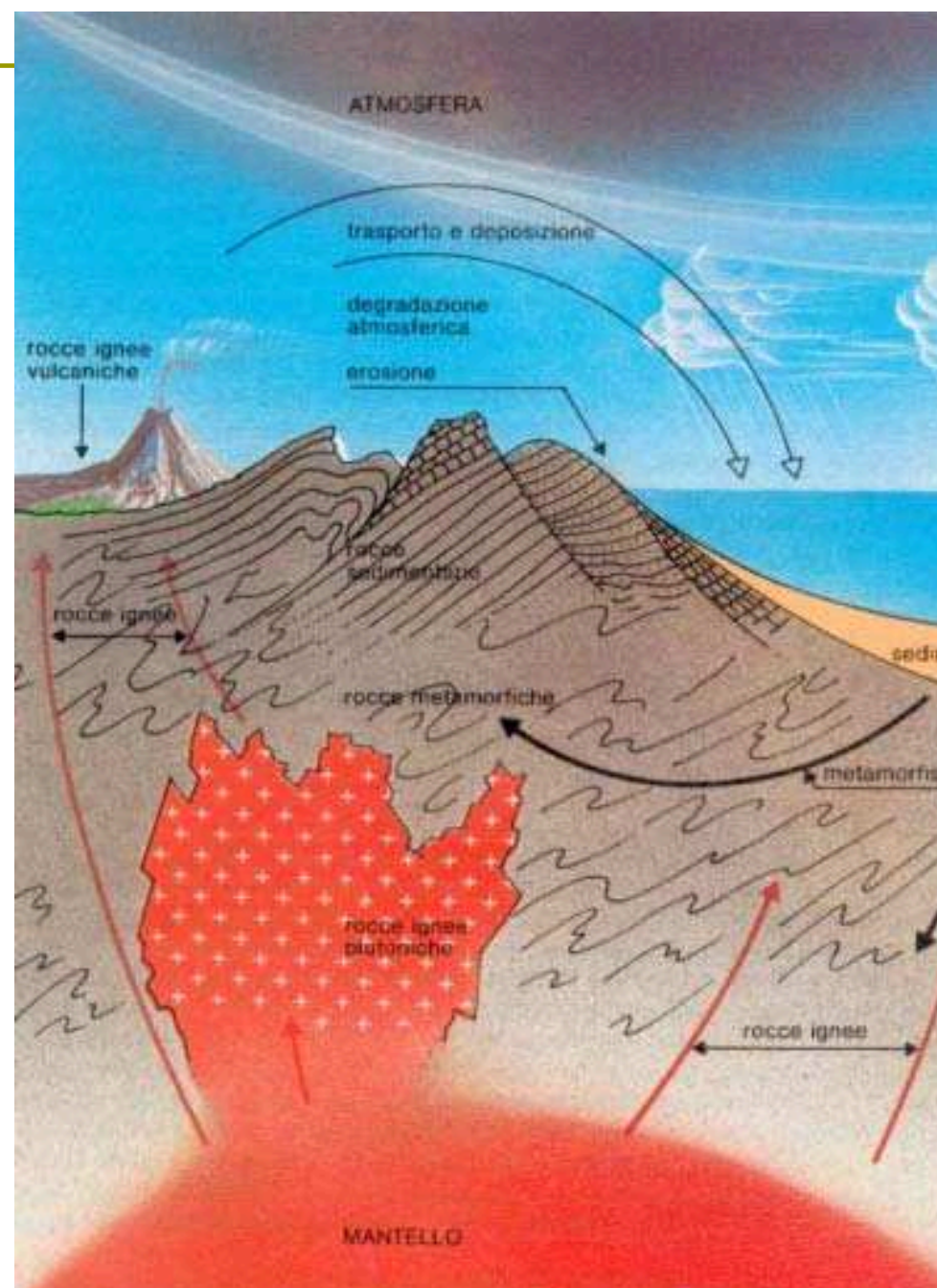
**LE ROCCE SI ORIGINANO E SI TRASFORMANO l'una nell'altra attraverso il CICLO LITOGENETICO**



# CICLO LITOGENETICO



Incessante ciclo evolutivo della crosta terrestre, che spiega le relazioni esistenti tra i vari tipi di rocce e terre: le rocce superficiali subiscono processi di degradazione, erosione, trasporto, sedimentazione e successiva diagenesi, oppure possono venire sepolte in profondità e, per progressivo aumento di temperatura e pressione, trasformarsi dapprima in rocce metamorfiche e poi, fondendo, in rocce plutoniche; tutte queste rocce, assieme ai magmi provenienti dal mantello, possono giungere nuovamente in superficie in seguito a movimenti tettonici.

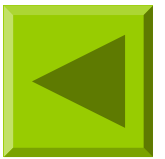


# Origine del magma

---

In seguito a variazioni di temperatura e pressione le rocce che si trovano in profondità allo stato solido possono fondere, dando origine a un **magma**, avente caratteristiche differenti in funzione della sua origine, della composizione chimica e della posizione.





# Classificazione del magma

---

## In base al chimismo:

- ❑ *acidi*: contenuto in silice maggiore del 65%; molto viscosi, formano più frequentemente plutoni;
- ❑ *intermedi*;
- ❑ *basici*: contenuto in silice circa uguale al 45%; poco viscosi, cristallizzano, a parità di condizioni, a temperature più alte di quelli acidi, formando più frequentemente vulcani.

## In base all'origine:

- ❑ *subcrostale*: originatosi nel mantello a elevata temperatura (1200°C), essenzialmente basico (fusione delle peridotiti), genera rocce di tipo basaltico emesse in corrispondenza delle dorsali;
- ❑ *intracrostale*: originatosi all'interno della crosta continentale a temperature molto inferiori (500° C circa), generalmente meno ricco in silice di quello subcrostale, frequentemente acido con formazione di rocce granitiche;
- ❑ *degli archi* (arco-fossa e arco-cordigliera): originatosi in profondità per fusione delle placche convergenti, generalmente di tipo intermedio.



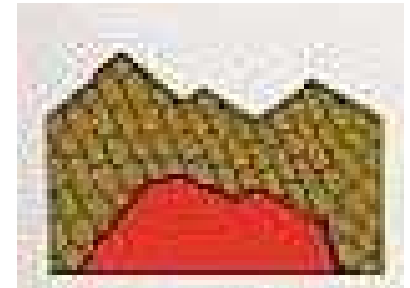
# Rocce Magmatiche

Costituiscono il prodotto finale della cristallizzazione di un magma (massa fusa di composizione prevalentemente silicatica e ricca di elementi volatili, formata nelle profondità terrestri per fusione di masse solide preesistenti).

---

Si distinguono in:

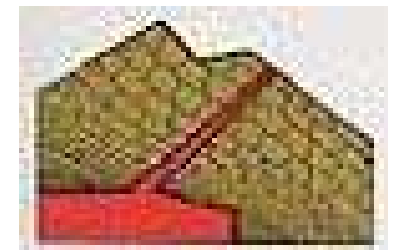
**INTRUSIVE:** derivano da un magma cristallizzato a grande profondità. Si riconoscono perché sono costituite da minerali ben formati spesso facilmente distinguibili ad occhio nudo (STRUTTURA OLOCISTALLINA O GRANULARE).



**EFFUSIVE:** derivano dalla cristallizzazione di un magma in superficie. Sono costituite da cristalli di piccole dimensioni (in genere non distinguibili ad occhio nudo) tra i quali sono presenti pochi cristalli di dimensioni maggiori detti FENOCRISTALLI.



**FILONIANE:** derivano dalla cristallizzazione di un magma messi in posto a modesta profondità formando corpi di diverse dimensioni (es. filoni).



# Rocce Sedimentarie

---

Si formano in seguito al consolidamento (diagenesi) di materiali sciolti, che derivano dall'erosione e dall'alterazione o di rocce preesistenti, o di resti di organismi viventi. Si possono formare anche in seguito a precipitazione chimica di sali.

I sedimenti si possono formare in **ambienti** molto diversi:

- **depositi continentali** (glaciali, lacustri, fluviali, detritici ecc.),
- **depositi marini** (di mare profondo, poco profondo, di scogliera ecc.),
- **ambienti transizionali** (estuari, delta e lagune).

Sono spesso **stratificate** in modo più o meno marcato e in strati di spessore molto variabile, a seconda dalle modalità e dall'ambiente di sedimentazione.

Le rocce sedimentarie si dividono nei seguenti grandi gruppi:

- **ROCCE TERRIGENE:** formatesi in seguito alla diagenesi di materiale sciolto depositosi in ambiente continentale o fluviale. sono riconoscibili: clasti, matrice e cemento. Classificate in base alla dimensione dei clasti (**BRECCE E CONGLOMERATI, ARENARIE, ARGILLITI**)
- **ROCCE CARBONATICHE:** a prevalente contenuto di carbonato (**CALCARI, MARNE, DOLOMIE – BARRIERE CORALLINE, TRAVERTINO**)
- **ROCCE SILICEE:** a prevalente contenuto di silice (**SELCE**)
- **ROCCE EVAPORITICHE:** formatesi in ambienti marini a circolazione ristretta (bracci isolati di mare, lagune, ecc.) o dove l'evaporazione supera gli apporti, per la precipitazione dei vari sali disciolti nell'acqua (**GESSI e ANIDRITI**)
- **ROCCE PIROCLASTICHE:** derivano dalla deposizione di clasti prodotti da vulcani in concomitanza a eruzioni esplosive (**TUFI, CINERITI, ecc.**)



# Rocce metamorfiche

*Metamorfismo:* *variazione mineralogica e strutturale delle rocce allo stato solido in risposta a condizioni chimiche e fisiche differenti da quelle in cui si è formata la roccia originaria.*

---

Ogni roccia magmatica o sedimentaria è infatti in equilibrio solo con un ristretto campo di temperature e pressioni, molto elevato per le prime, molto basso per le seconde. Quindi appena una roccia si trova in una situazione diversa tende a modificarsi verso un'associazione mineralogica che la porti in equilibrio con i nuovi valori di T e P, cioè ricristallizza senza fondere:

- $T < 200\text{ }^{\circ}\text{C}$  diagenesi
- $T = 200 \div 500\text{ }^{\circ}\text{C}$  metamorfismo di basso grado
- $T = 500 \div 650\text{ }^{\circ}\text{C}$  metamorfismo di medio grado
- $T > 650\text{ }^{\circ}\text{C}$  metamorfismo di alto grado
- $T > 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a seconda dei tipi di roccia e delle pressioni, si può avere fusione oppure può continuare il metamorfismo ancora per qualche centinaio di gradi.

Spesso le rocce metamorfiche sono **scistose**.

*Scistosità:* *orientazione dei cristalli lungo piani preferenziali in seguito a pressioni orientate.*



# Elementi fondamentali di tettonica e stratigrafia

---

La *tettonica* permette di definire la struttura della crosta terrestre.

La *stratigrafia* definisce i rapporti reciproci tra i diversi corpi geologici.



# *Principi di tettonica*

---

La **tettonica** studia:

- l'assetto della crosta terrestre,
- le dislocazioni che ha subito attraverso le ere geologiche,
- le **deformazioni delle rocce.**



# Le deformazioni delle rocce

---

Le deformazioni che le rocce possono subire sono di due tipi:

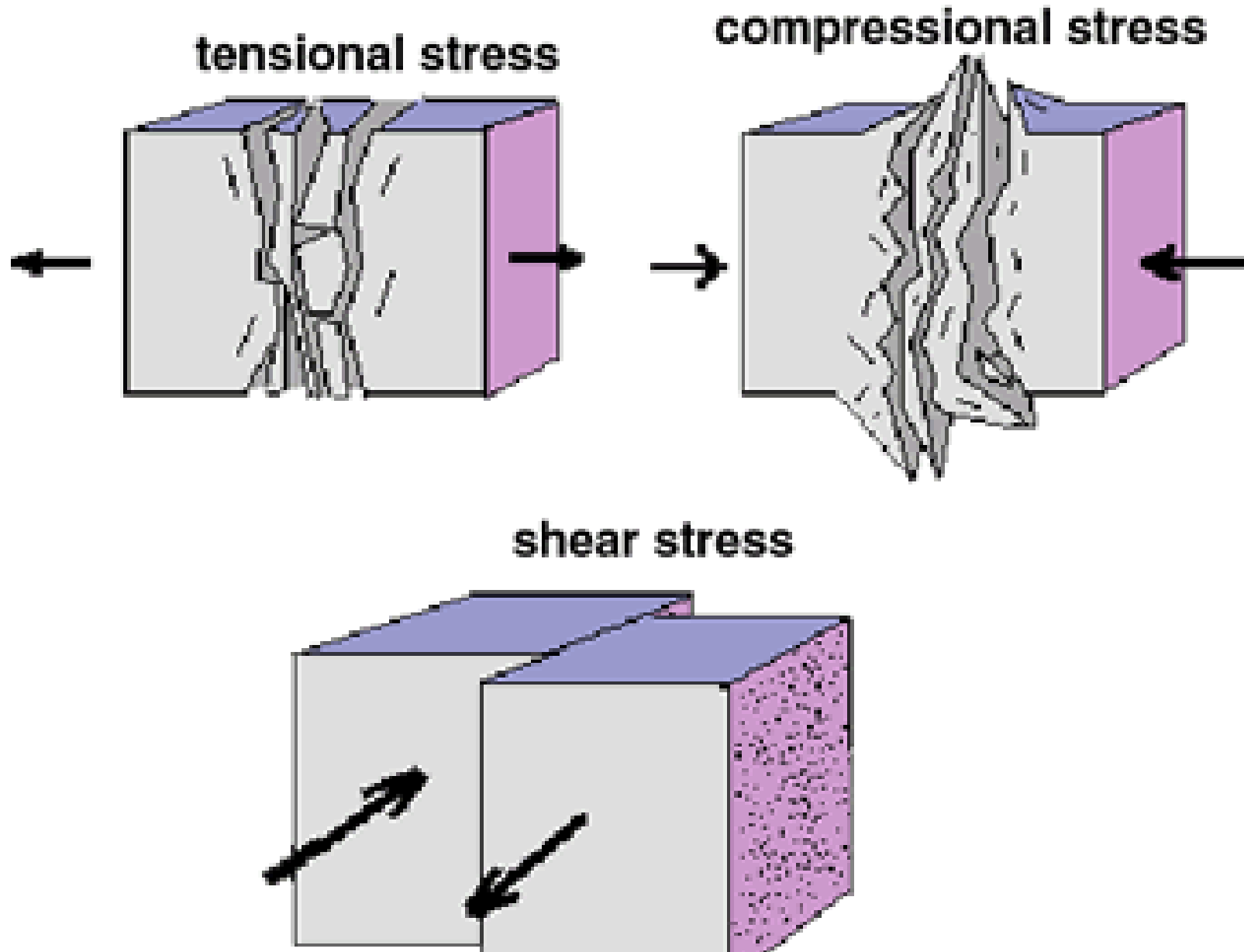
- **fragile**, con formazione di fratture (si rompe!),
- **plastica o duttile**, con formazione di pieghe (prima di rompersi si deforma!).

A determinare il tipo di tettonica prevalente sono:

1. il comportamento fisico-meccanico della roccia,
2. il tipo di sollecitazione (compressione o distensione),
3. le condizioni di pressione e temperatura cui il materiale è sottoposto.

# Tipi di sollecitazione

---



# Fratture

---

## **Frattura s.l. o diaclasi:**

deformazione fragile (SPACCATURA) della crosta terrestre, che si crea a causa degli sforzi che una roccia subisce durante le dislocazioni tettoniche. Sono caratterizzate da una ben precisa orientazione rispetto agli sforzi principali e sono sempre associate a deformazioni maggiori.





**Faglia:** frattura (deformazione fragile) in cui è presente un movimento relativo delle due parti (*labbra*).

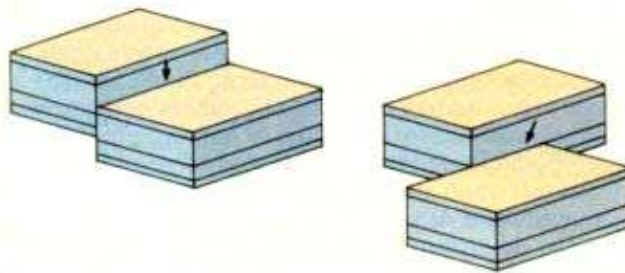
---



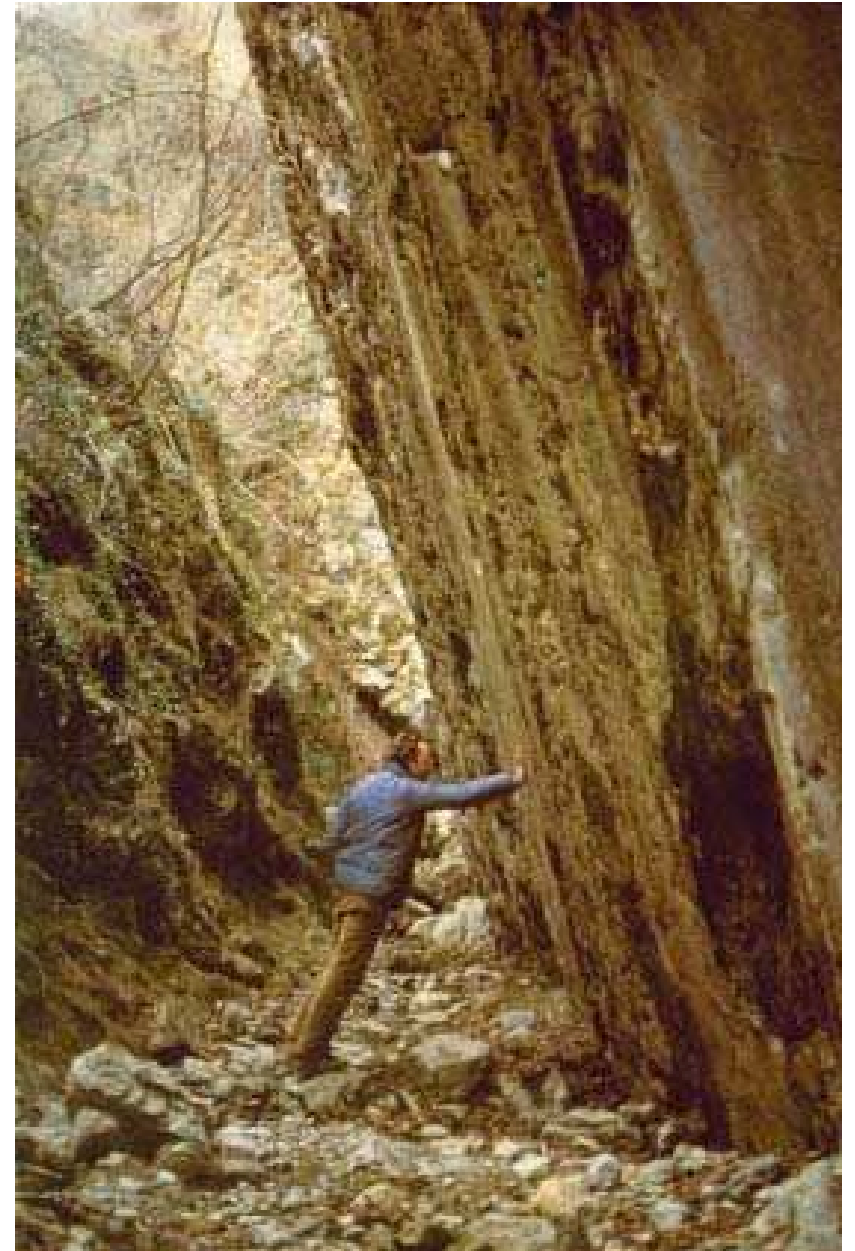
PIANO DI FAGLIA:   
superficie lungo la quali si  
verifica lo spostamento



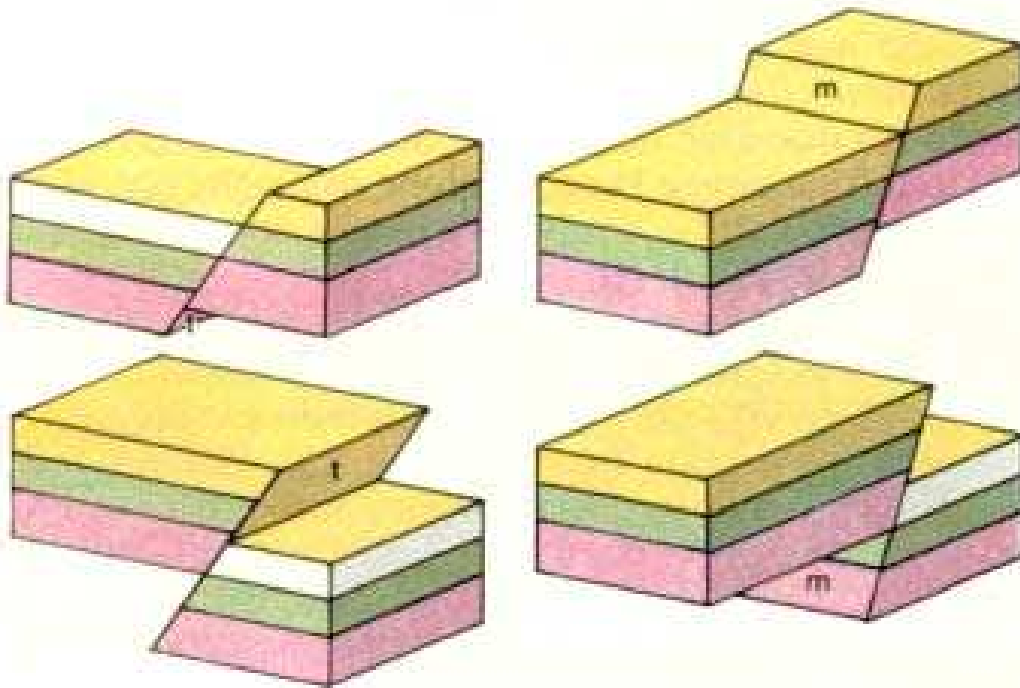
- **Rigetto della faglia:**  
entità dello  
spostamento tra le  
due parti in moto  
relativo l'una rispetto  
all'altra



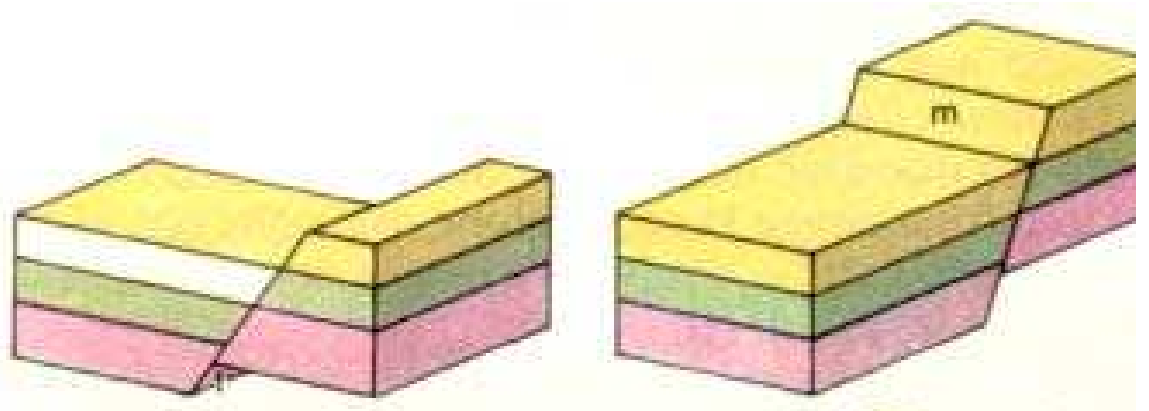
- **Specchio di faglia:**  
piano di faglia lisciato



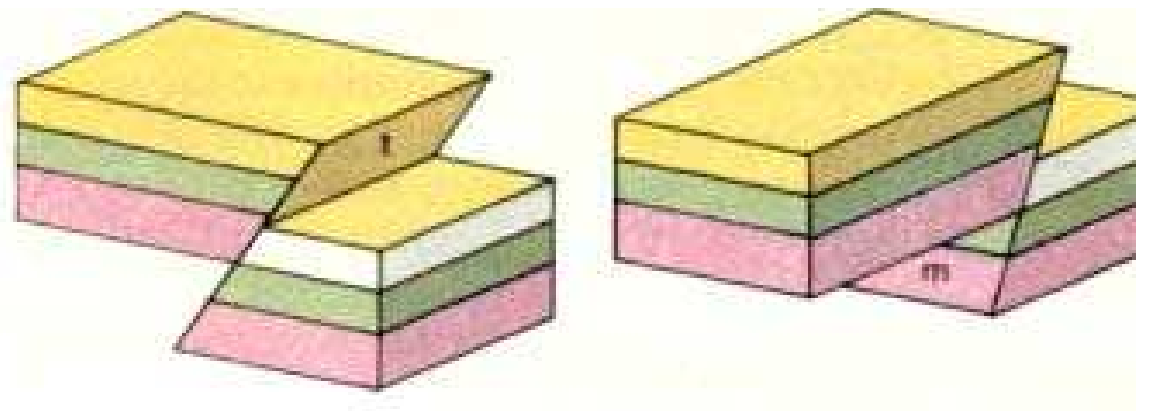
Se la faglia è verticale le due labbra (lati della faglia) sono simmetriche, se la faglia è inclinata la parte che si trova sopra la faglia viene chiamata "**tetto**", quella sotto "**muro**" o "**letto**".



□ **Faglia diretta o normale:** è il risultato di una *distensione* e comporta perciò un allungamento del settore roccioso interessato  $\Rightarrow$  il tetto è abbassato rispetto al muro; il piano della faglia è generalmente molto ripido ( $>45^\circ$ )

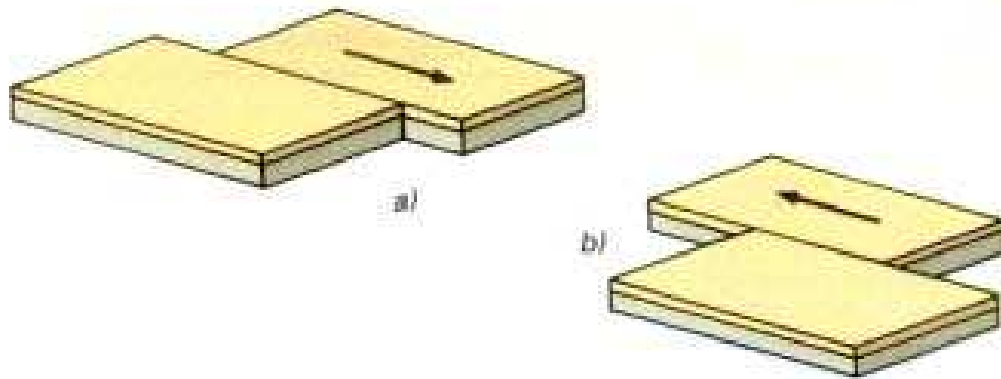


□ **Faglia inversa:** è il risultato di una *compressione* e comporta perciò un accorciamento  $\Rightarrow$  il tetto è sollevato rispetto al muro; il piano della faglia è generalmente meno inclinato ( $<45^\circ$ )



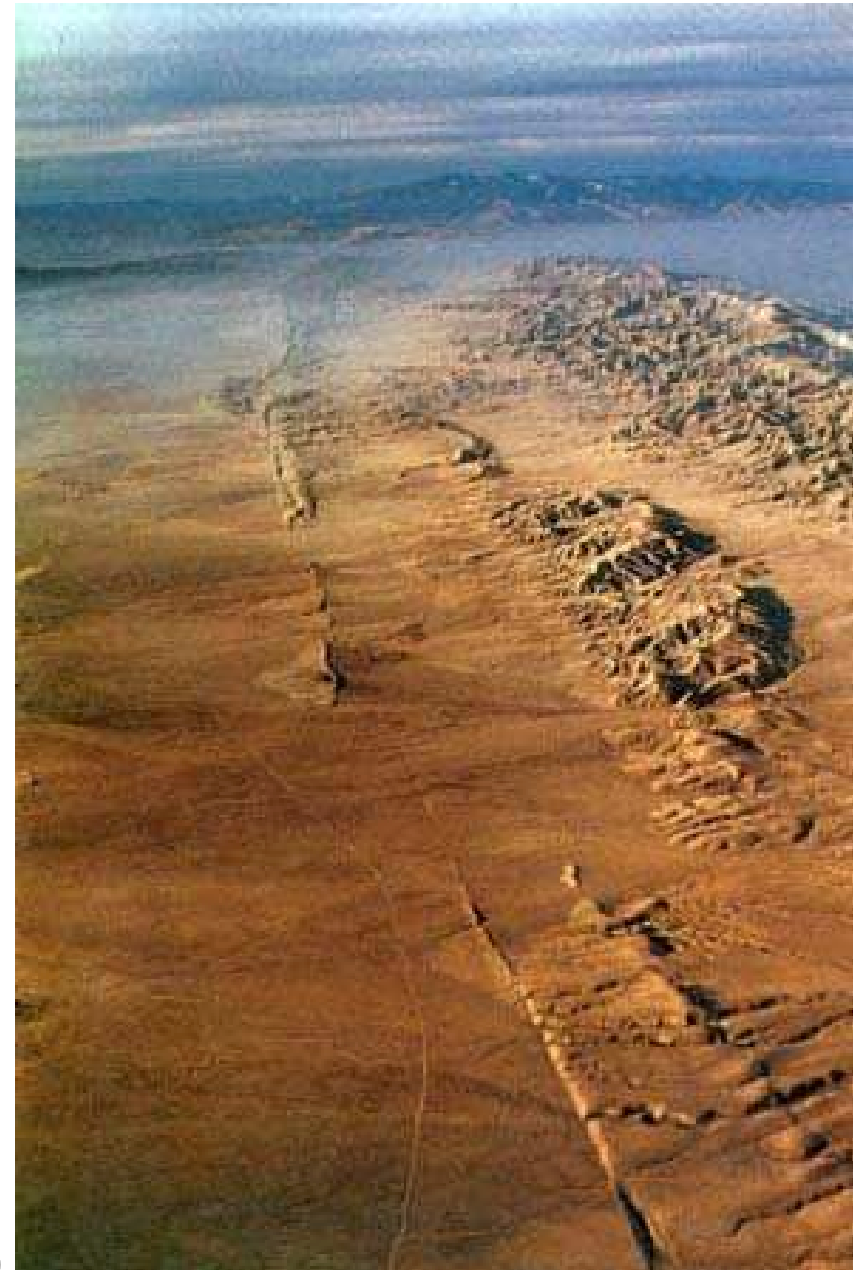
# Faglia trascorrente: il movimento orizzontale predomina su quello verticale

---



**N.B.:** non esistono faglie con solo rigetto orizzontale o verticale o obliquo, né con superfici di faglia completamente ed estesamente piane!

**Faglia di San Andreas** (California)

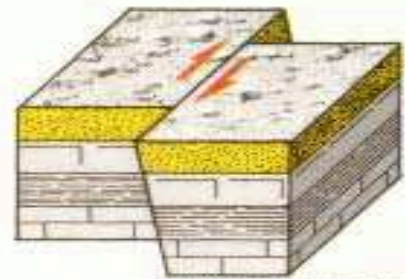
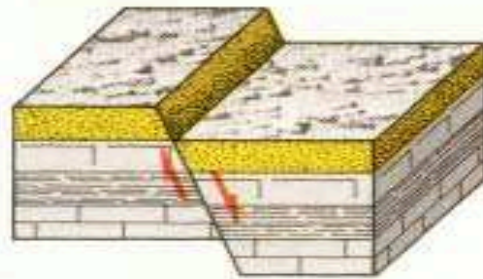
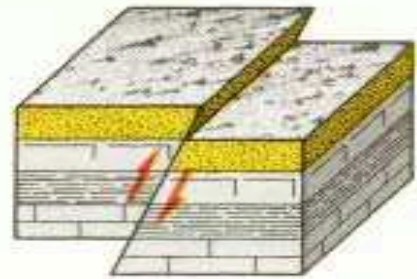
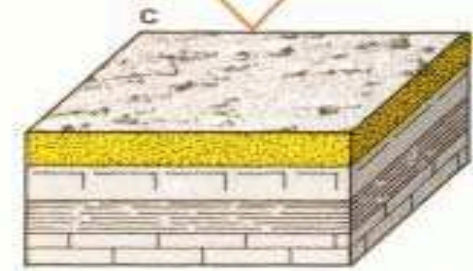
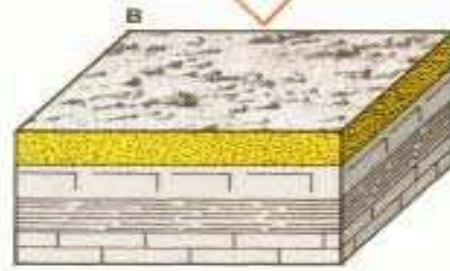
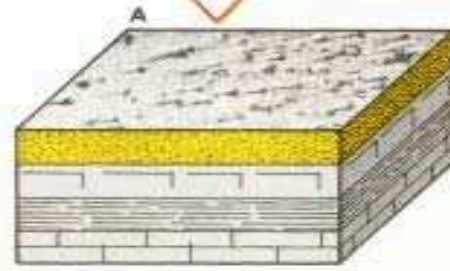




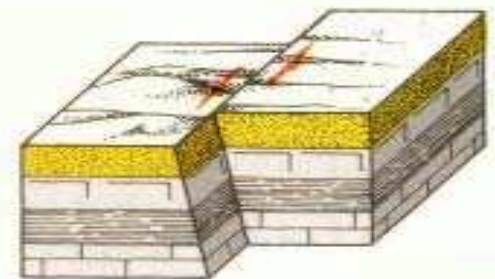
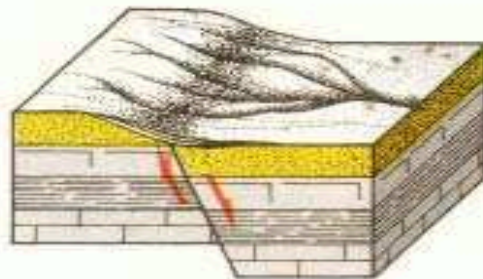
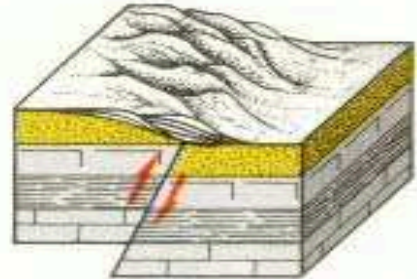
blocco  
originario

con la faglia  
di compressione si ha  
accorciamento crostale

con la faglia  
di distensione si ha  
estensione crostale



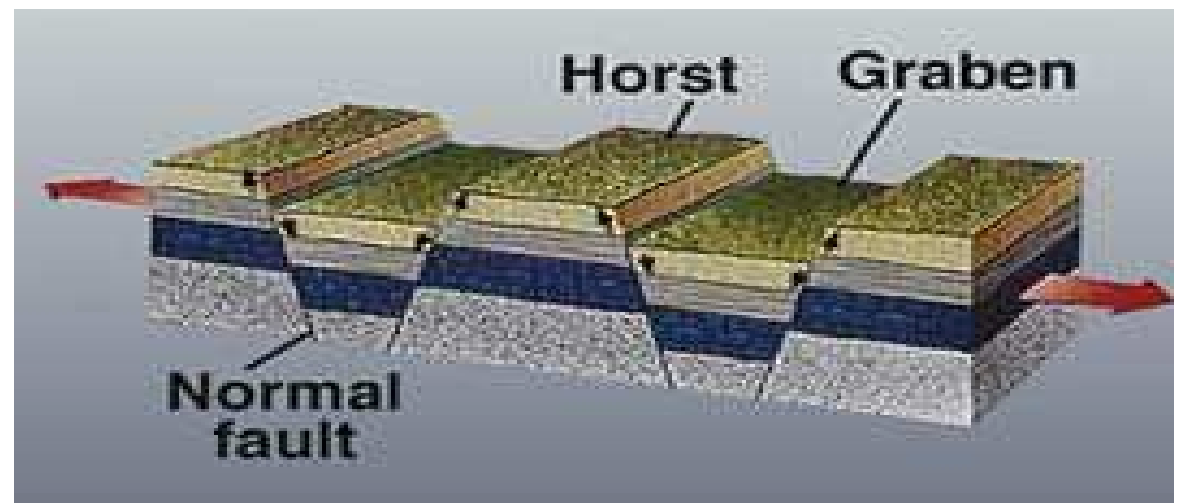
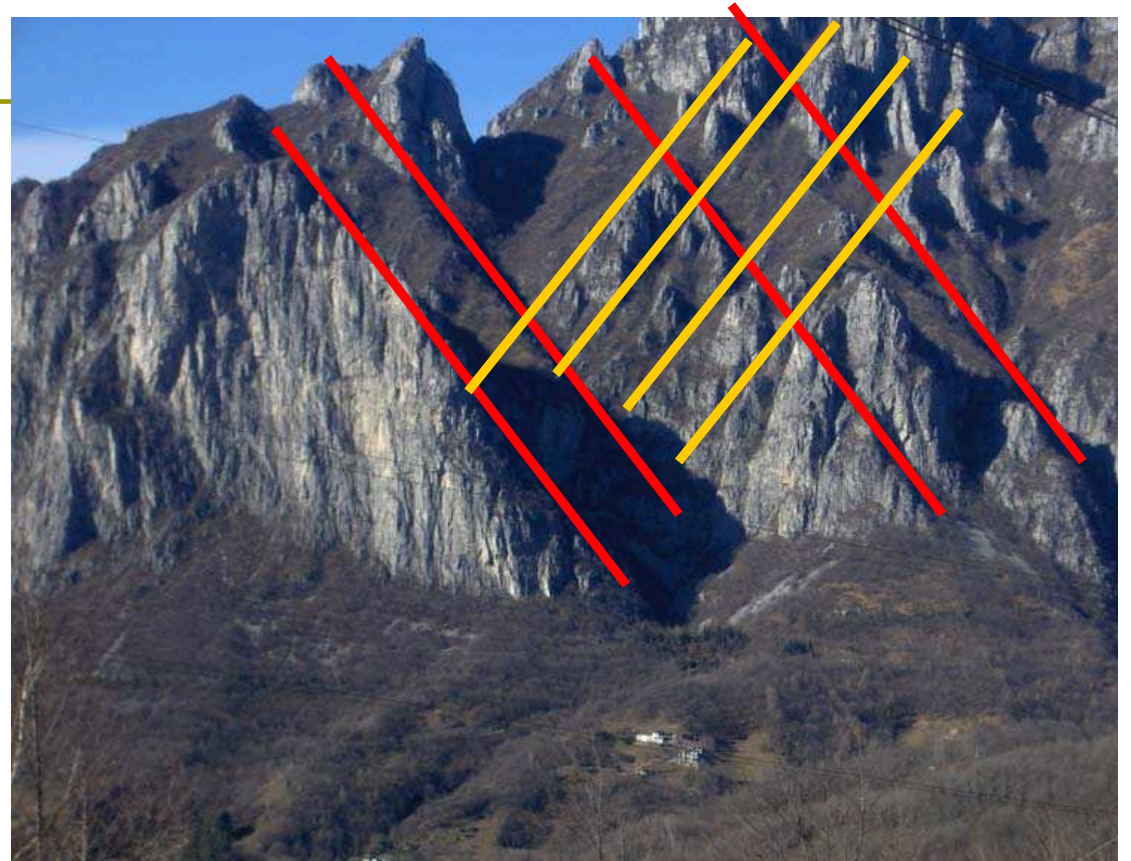
trascorrente destra

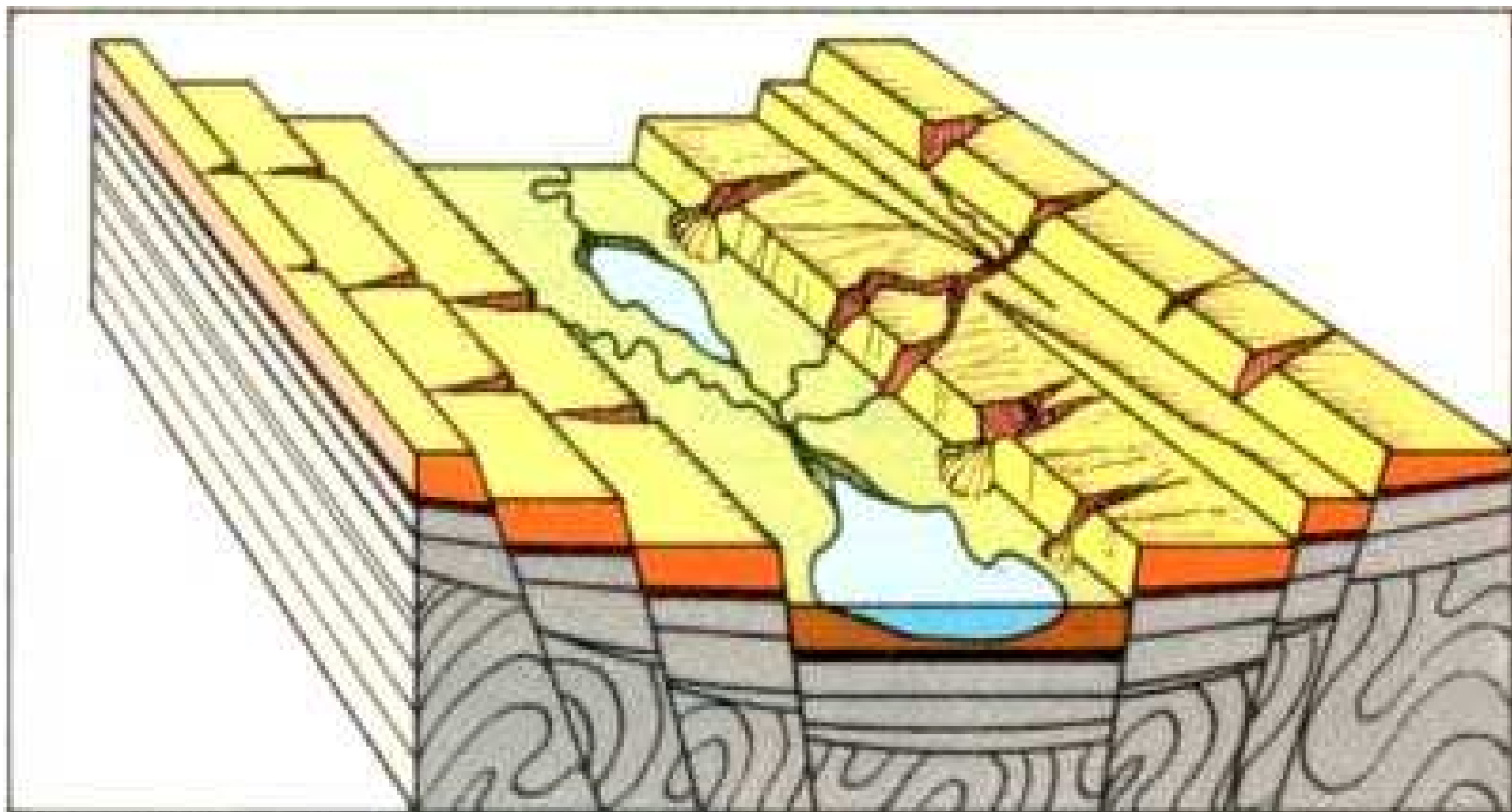




## LE FAGLIE NON SONO MAI ISOLATE!

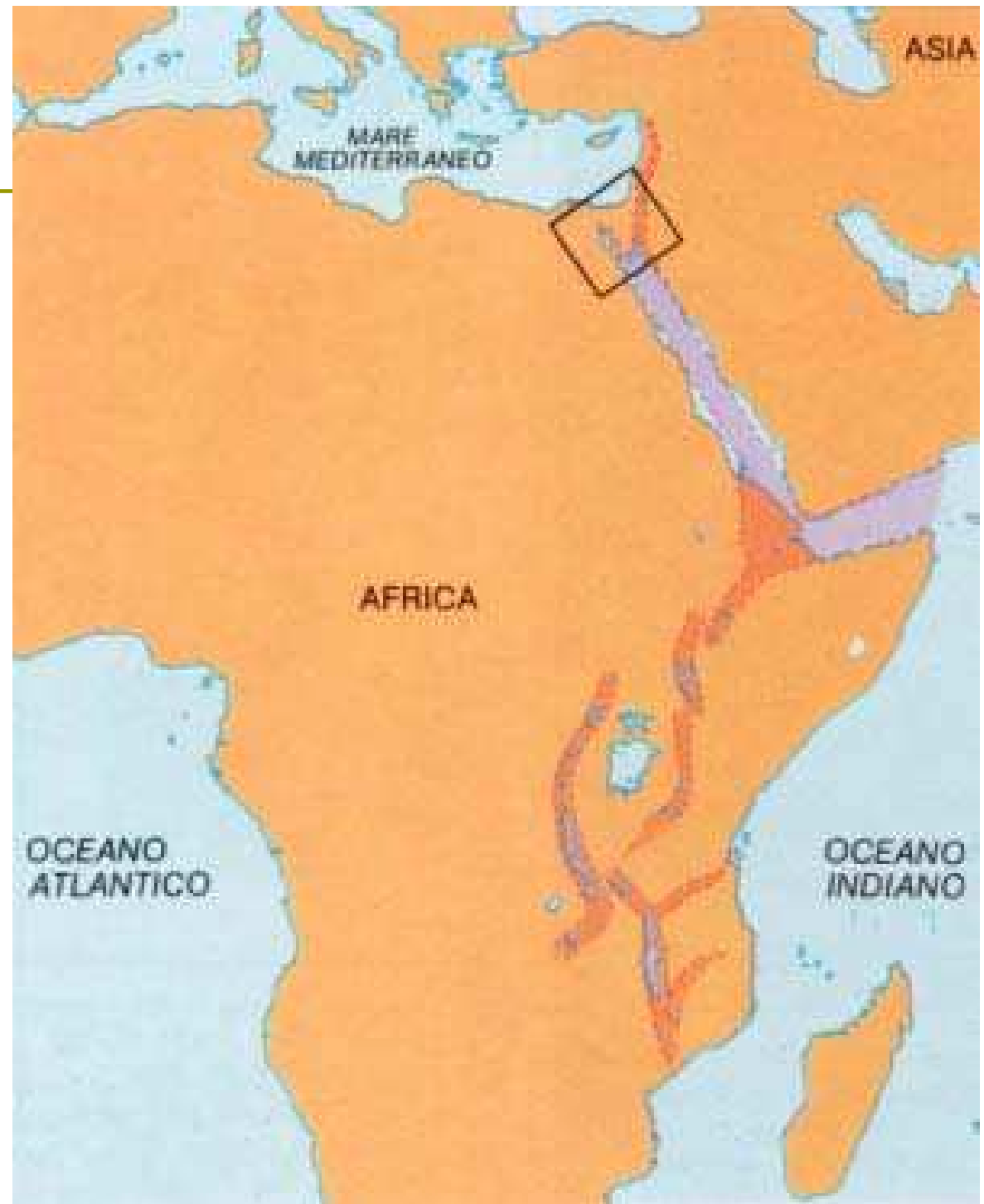
- **Sistemi compressivi:**  
associazioni di faglie dirette o inverse, con strutture a pieghe, originati in seguito a sforzi tettonici di compressione.
- **Sistemi distensivi:**  
associazioni di faglie dirette o inverse, originati in seguito a sforzi tettonici di distensione  $\Rightarrow$  fosse tettoniche





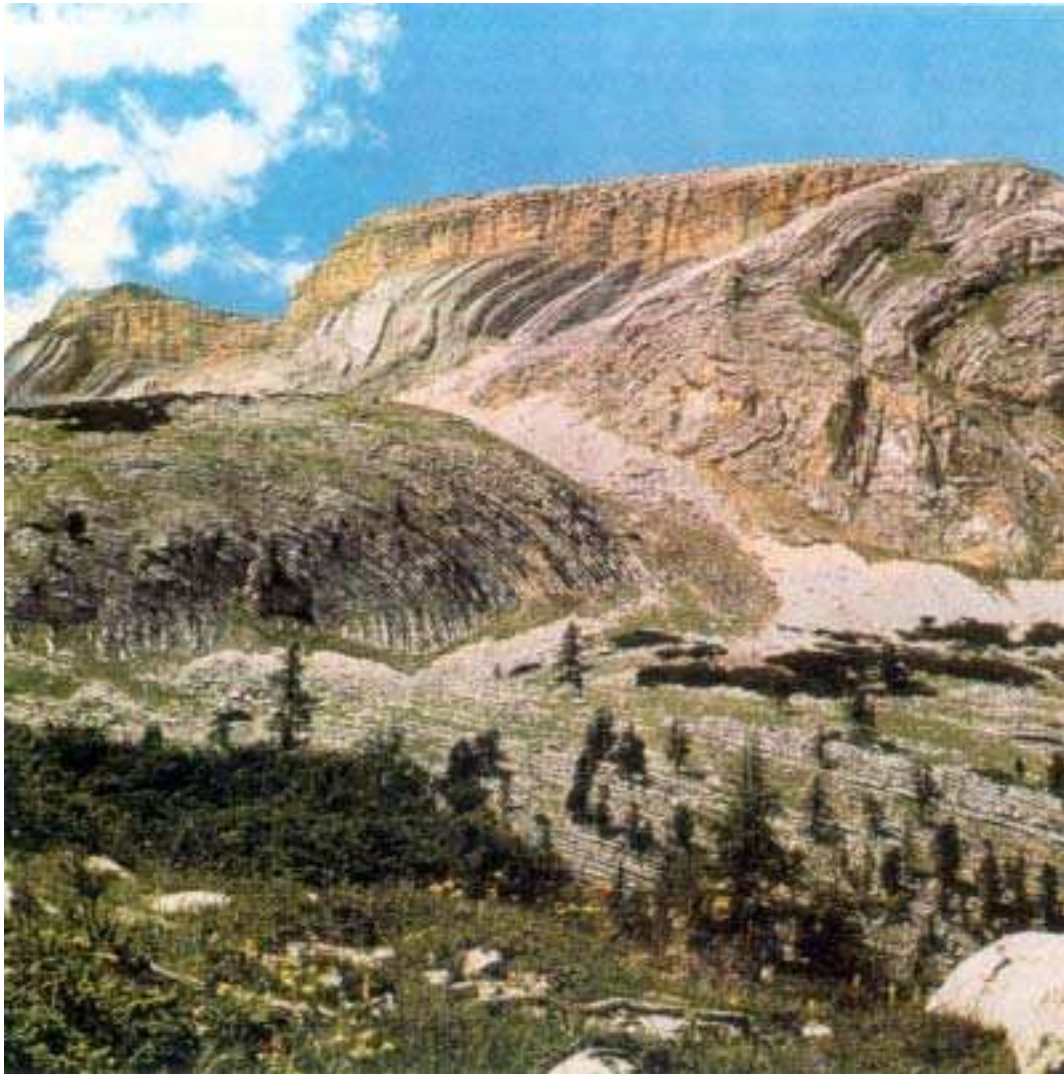
---

I Graben di grosse dimensioni (larghezza - decine di km- e lunghezza – migliaia di km) si chiamano ***Rifts***



***Pieghe:*** deformazioni plastiche della crosta terrestre tipiche di rocce stratificate e dovute a fenomeni compressivi

---

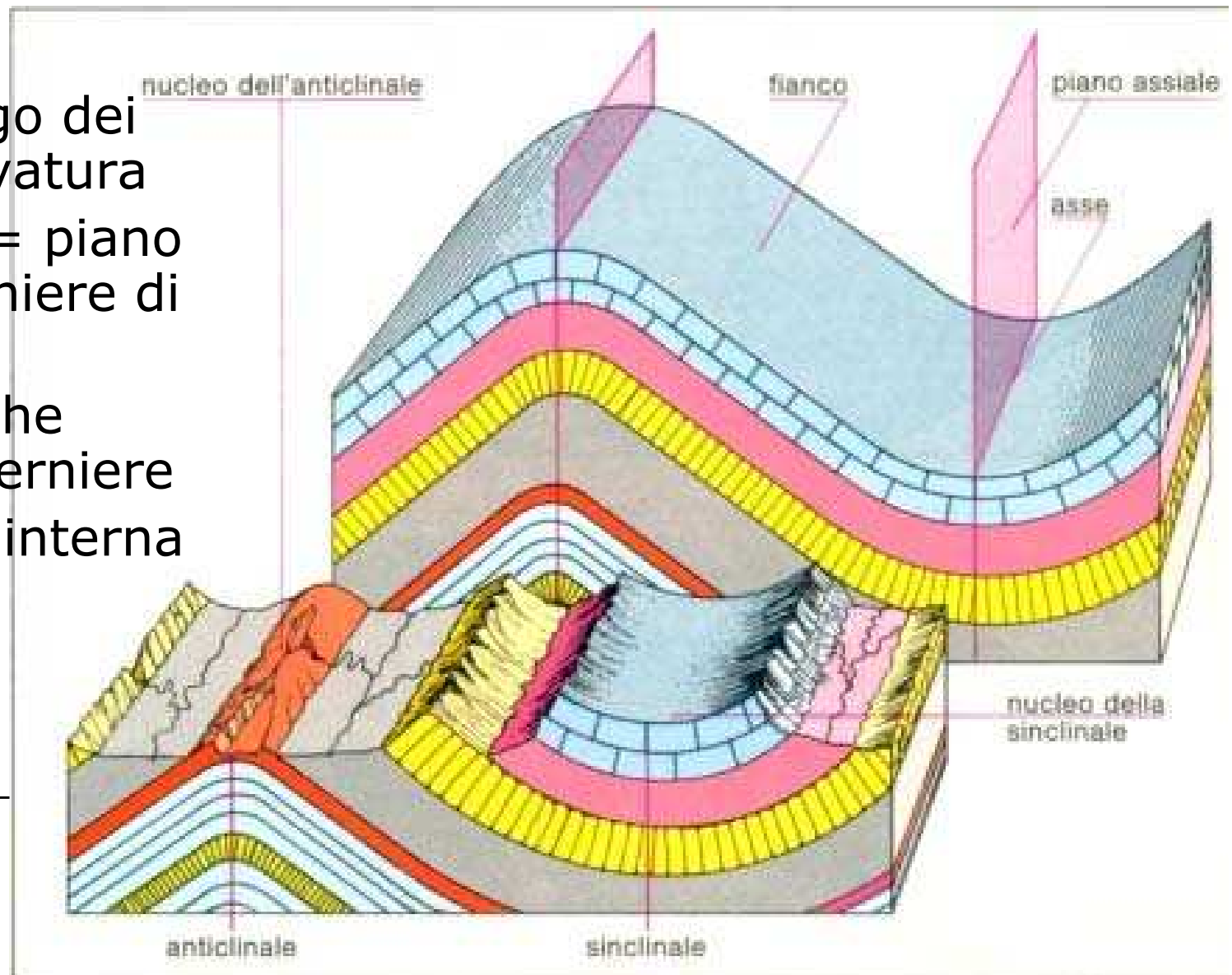




# ***Nomenclatura di una piega***

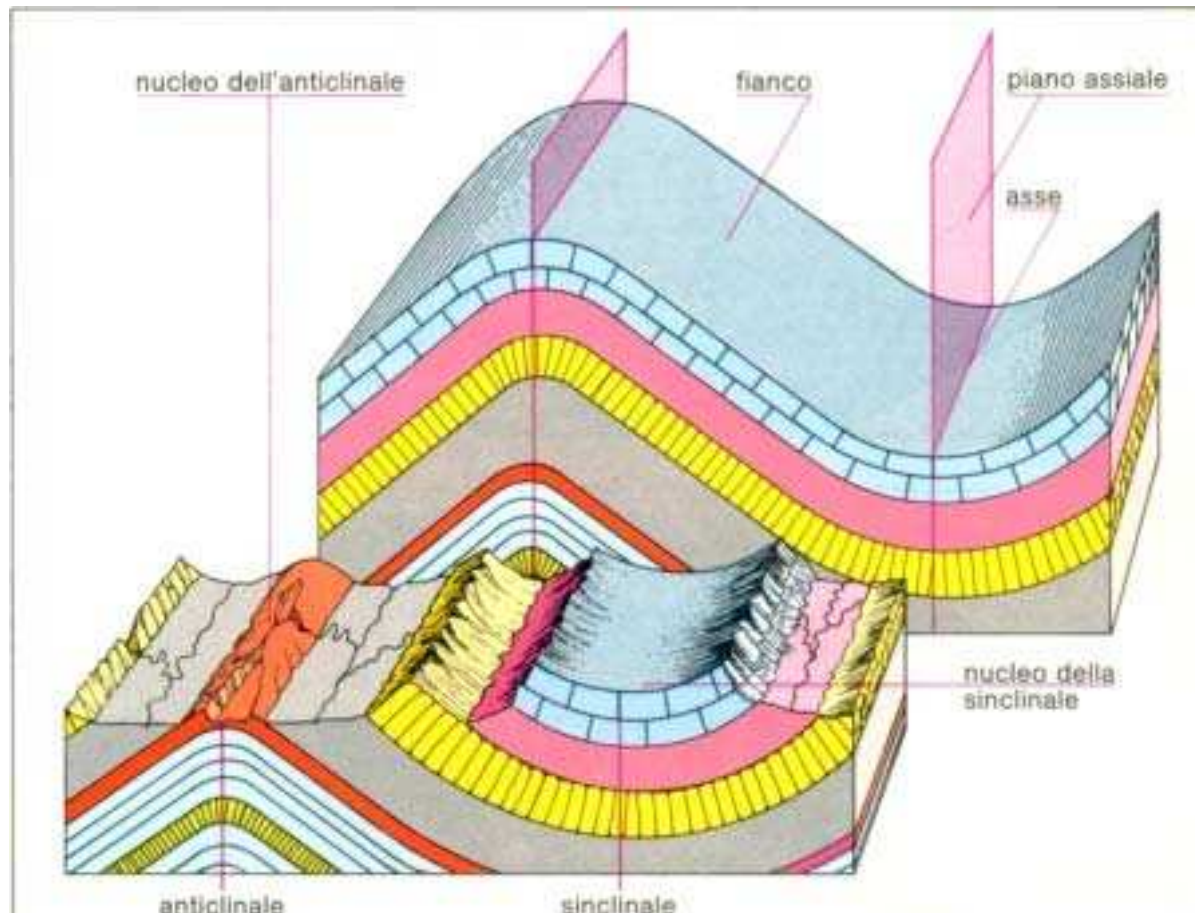
- ❑ CERNIERA = luogo dei punti di max curvatura
- ❑ PIANO ASSIALE = piano che unisce le cerniere di tutti gli strati
- ❑ FIANCO = parti che congiungono le cerniere
- ❑ NUCLEO = parte interna della piega

EFFETTO ←  
DELL'EROSIONE



# ***Tipi di pieghe***

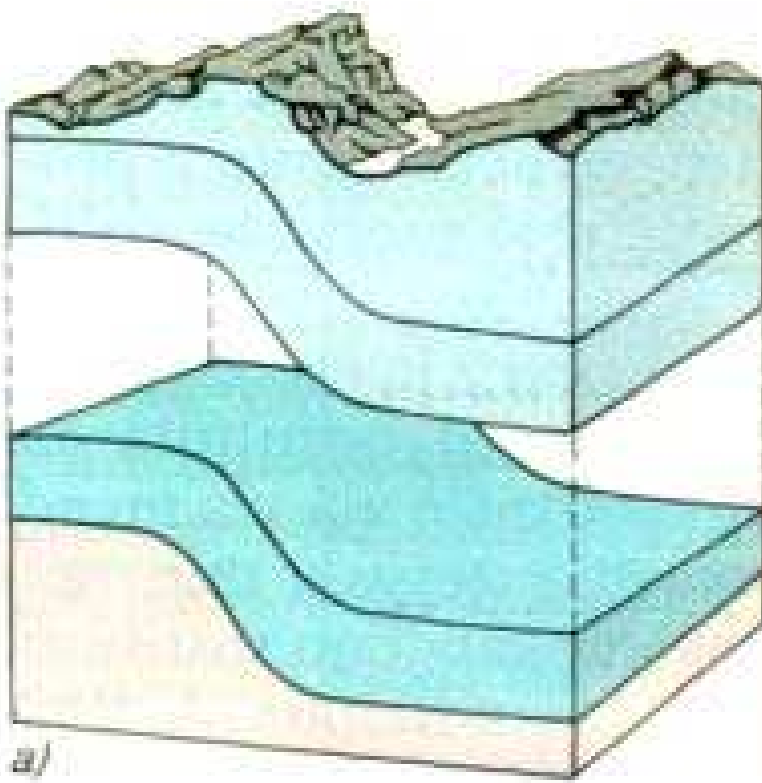
- **Anticlinale:** piega convessa verso l'alto, con al nucleo formazioni più antiche
- **Sinclinale:** piega concava verso l'alto, con al nucleo formazioni più giovani



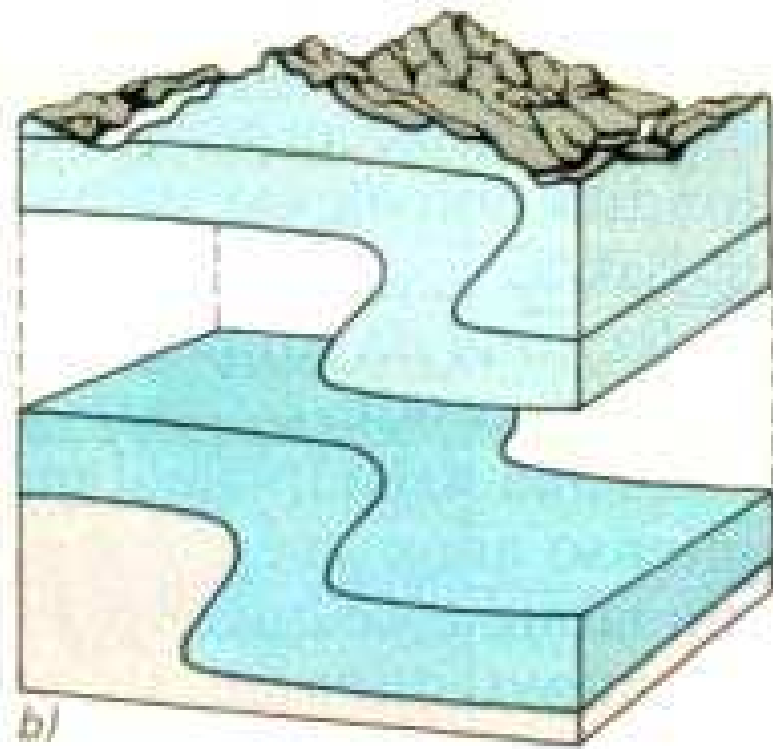


---

**Flessura o piega a ginocchio:** zone con inclinazione degli strati costante che raccordano aree a strati orizzontali



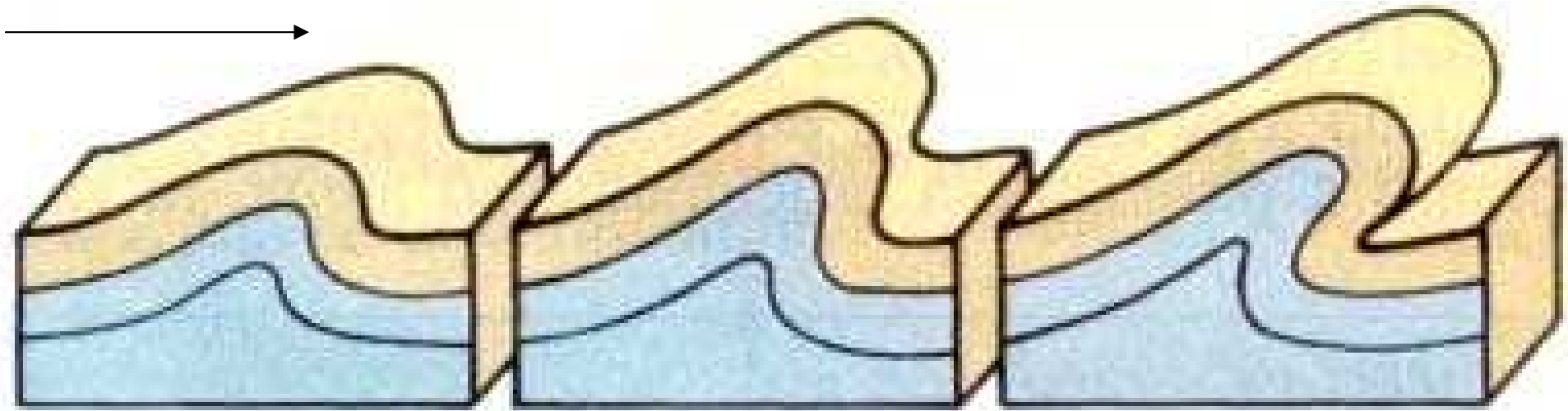
**Piega monoclinale**



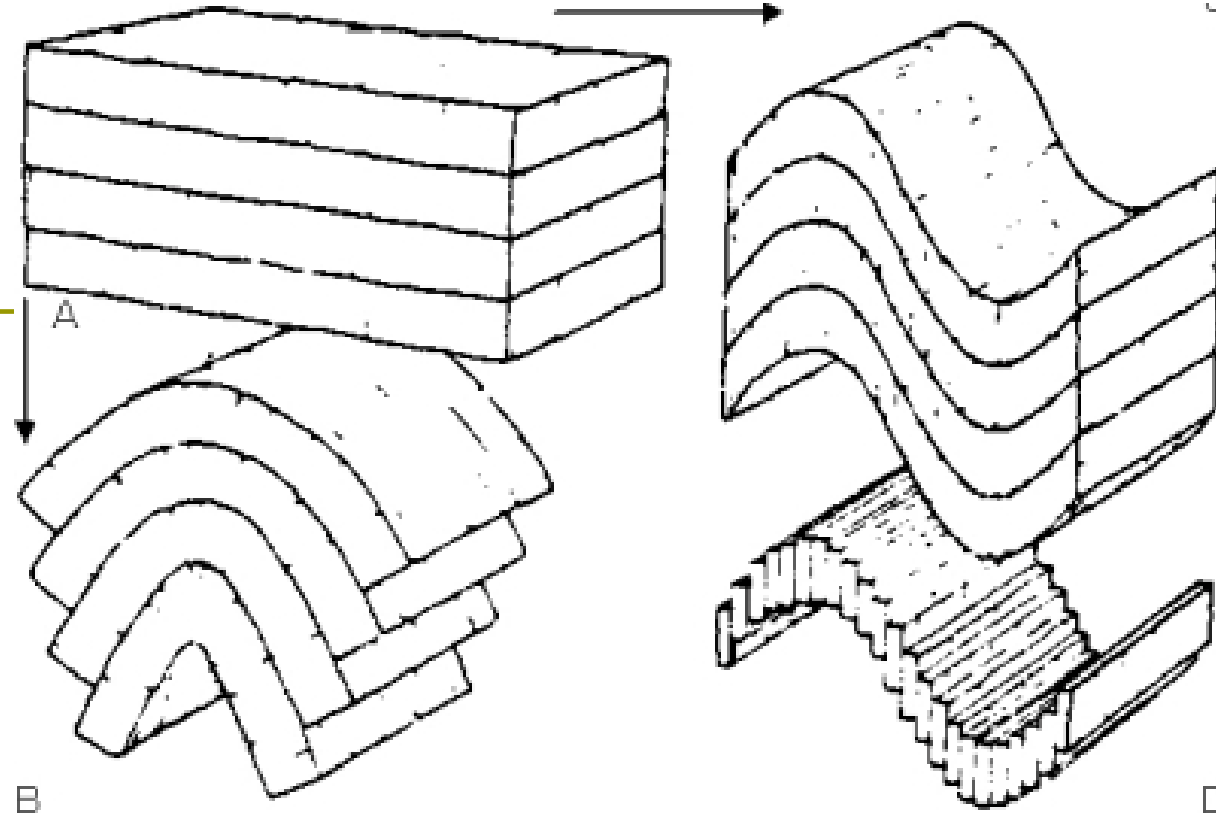
**Piega a ginocchio**

# ***Forma delle pieghe***

VERGENZA = direzione verso la quale una piega tende a coricarsi

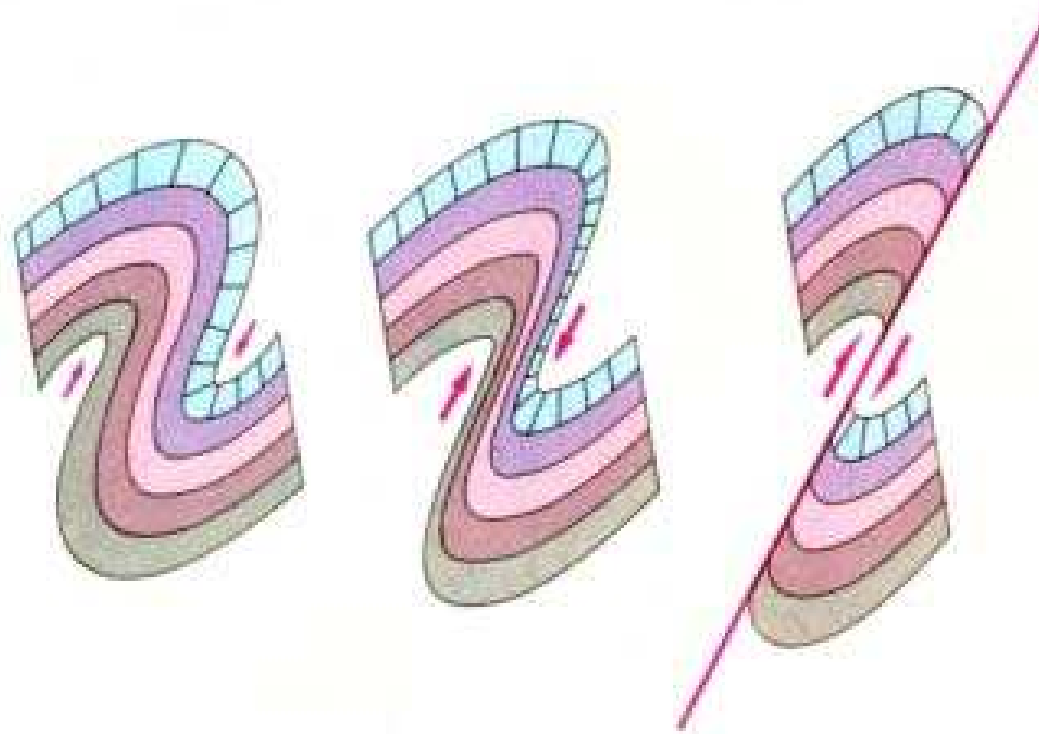


- ❑ **Piega simmetrica:** piega avente i fianchi perfettamente simmetrici
- ❑ **Piega asimmetrica:** piega avente i fianchi asimmetrici
- ❑ **Piega rovesciata:** piega avente un fianco che supera la verticale
- ❑ **Piega coricata:** piega avente tutte e due i fianchi che superano la verticale



- **Piega concentrica:** quando gli strati, piegandosi, scorrono gli uni sugli altri, conservando lo stesso spessore; è caratteristica di rocce più rigide (sedimentarie) e di deformazioni avvenute con debole carico.
- **Piega simile:** quando gli strati piegandosi non scorrono l'uno sull'altro ma vengono stirati lungo i fianchi, non conservano più lo stesso spessore; è tipico di rocce che si deformano plasticamente (metamorfiche) e si originano con pressioni di carico maggiori.

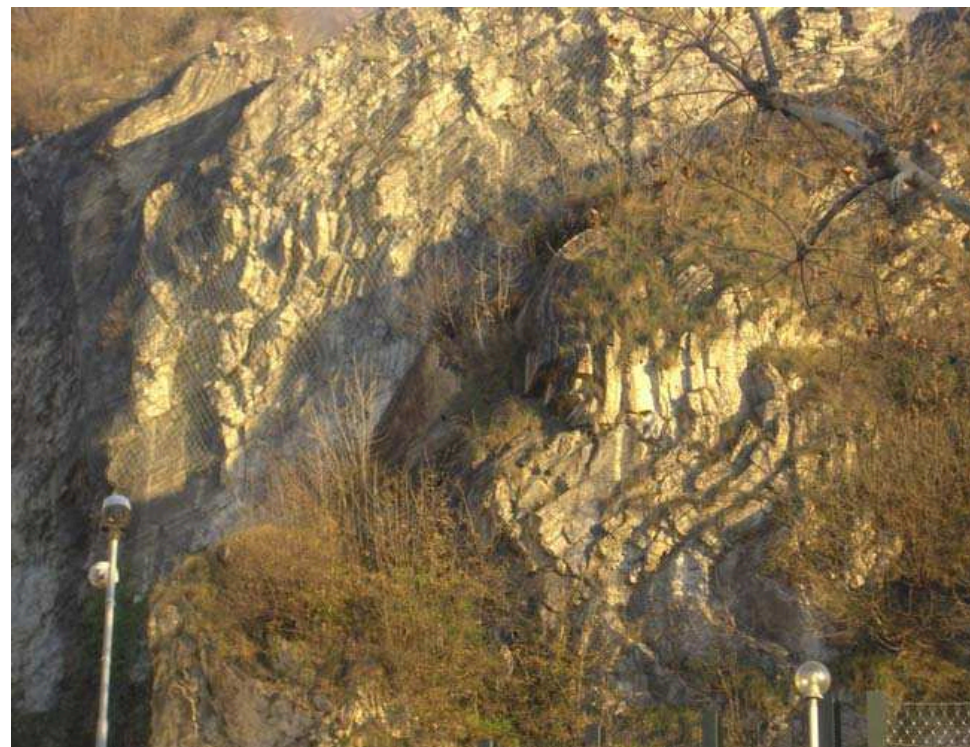
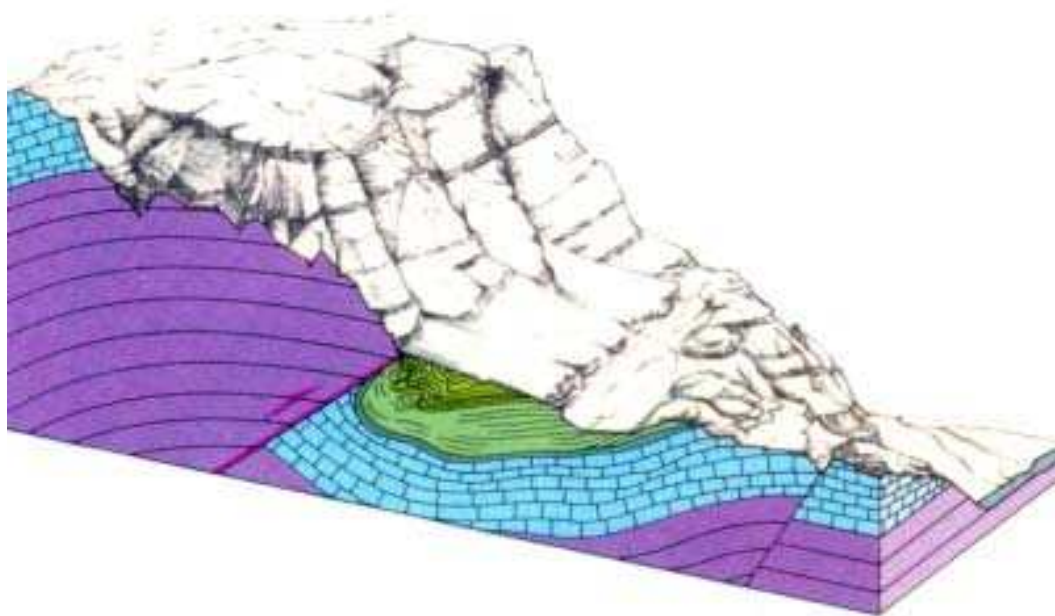
A



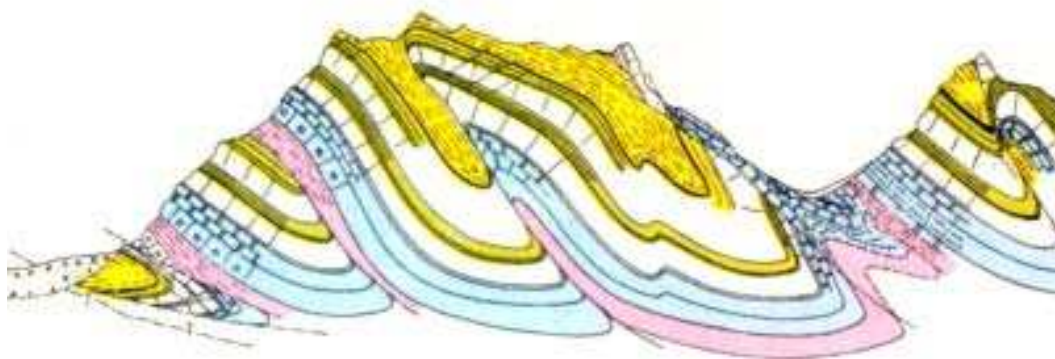
**Pieghe-faglia:** pieghe di tipo anticlinalico associate a faglie inverse; se le rocce sono relativamente fragili l'accentuazione di una anticlinale rovesciata può portare alla rottura della piega in più blocchi; se le rocce sono più plastiche, invece di avere una brusca rottura, come nel caso precedente, si ha prima assottigliamento e stiramento lungo il fianco intermedio che raccorda l'anticlinale con la sinclinale, e solo al termine si ha rottura.

# *Esempi di pieghe-faglie in rocce relativamente fragili.*

B



C





# Sovrascorrimenti e falde di ricoprimento

---

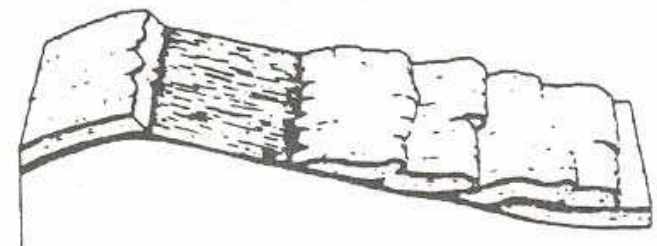
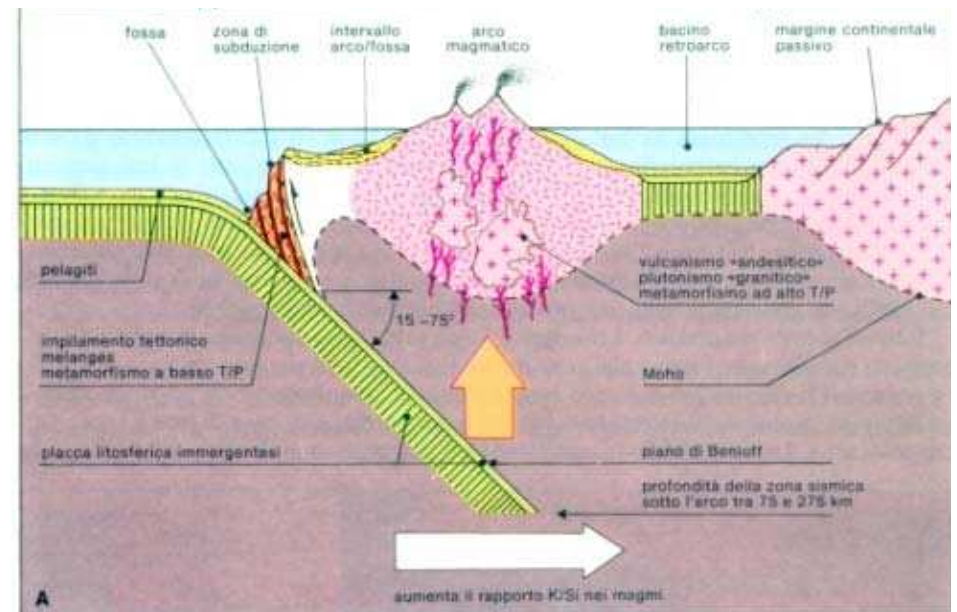
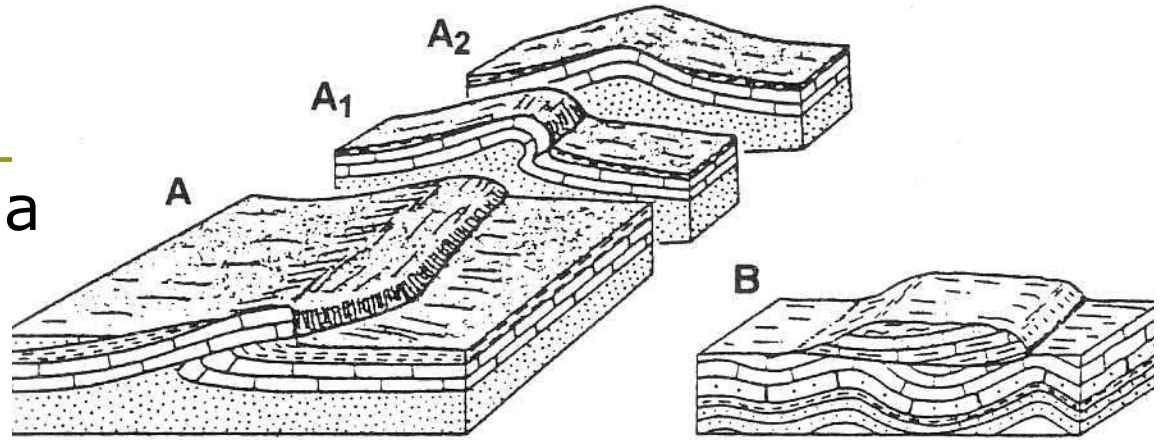
**Corpi traslati orizzontalmente** (lungo piani aventi inclinazione  $< 40^\circ$ ) su distanze variabili da pochi Km (*sovrascorrimenti*) a centinaia di Km (*falde di ricoprimento*) e delimitati inferiormente da una superficie di rottura (**piano di scorrimento**). Interessano in genere le rocce sedimentarie (più plastiche di quelle cristalline).



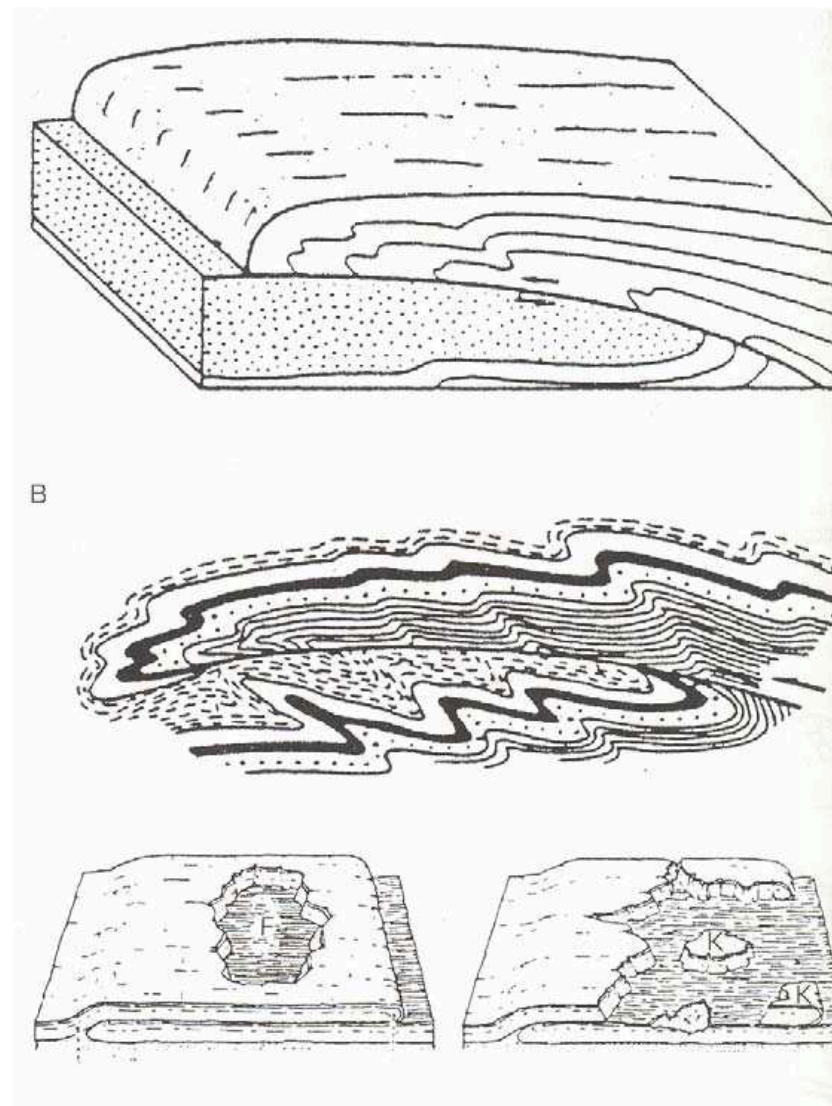


## Possono derivare da:

- esagerazione di una piega faglia con piano di faglia poco inclinato o suborizzontale,
- traslazione orizzontale di zolle rigide senza piegamento (come può avvenire ad esempio in zone di obduzione, in cui lo scontro tra le placche determina l'inflessione di una di esse sotto l'altra),
- scollamento e scivolamento lungo orizzonti più plastici su pendii generati da movimenti orogenici verticali



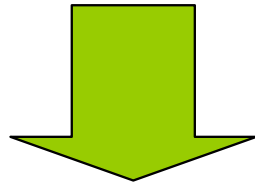
- Nei sovrascorrimenti il movimento è di limitata entità ed è chiaramente individuabile la zona di origine del blocco sovrascorso (tipico delle Prealpi Lombarde).
- Nelle falde di ricoprimento, invece, il movimento è di vaste proporzioni e non è più riconoscibile la zona di origine del blocco sovrascorso (tipico del sistema orogenetico Alpino-Himalayano).



# ATTENZIONE!

---

LA PRESENZA DI DEFORMAZIONI DELLA ROCCIA  
SIA FRAGILI (FAGLIE E FRATTURE) SIA DUTTILI  
(PIEGHE) COMPORTA UNA DIMINUZIONE NELLA  
RESISTENZA MECCANICA DELLA ROCCIA STESSA!

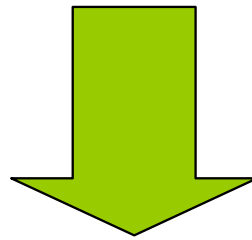


INFLUENZA SULLE CONDIZIONI DI STABILITA',  
SULLA CIRCOLAZIONE IDRICA E, IN GENERALE, SU  
QUALSIASI PROGETTO DI INGEGNERIA CIVILE  
(STRADE, GALLERIE, FONDAZIONI, ECC.)

# *Principi di stratigrafia*

---

**Stratigrafia:** studia la successione delle rocce sedimentarie secondo l'ordine di deposizione e cerca di ricostruire gli originari ambienti di sedimentazione.

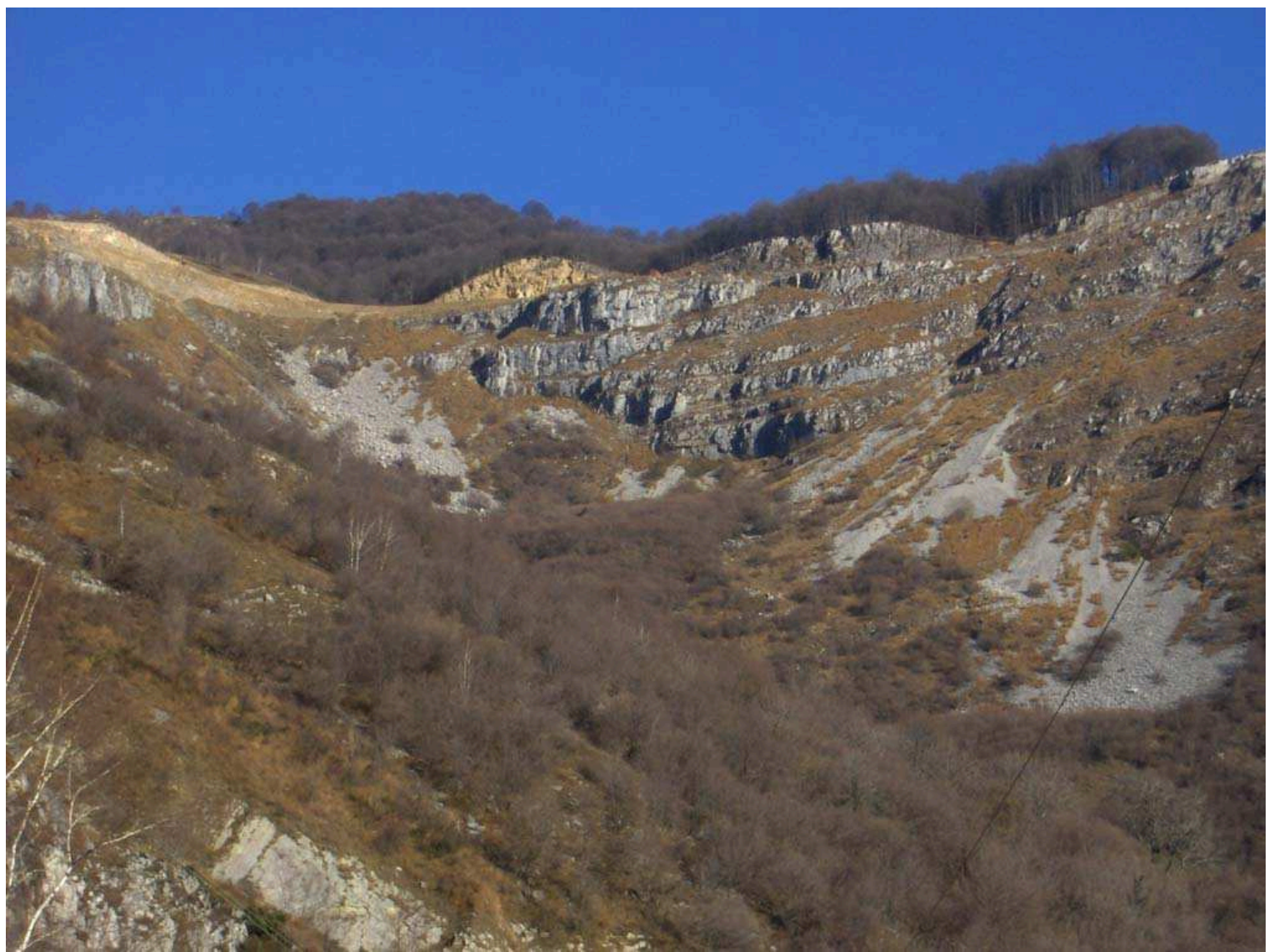


STRATIFICAZIONE: caratteristica tipica dei depositi sedimentari, indica la suddivisione delle masse rocciose in tante porzioni limitate da superficie per lo più piane e subparallele, dette STRATI.











---

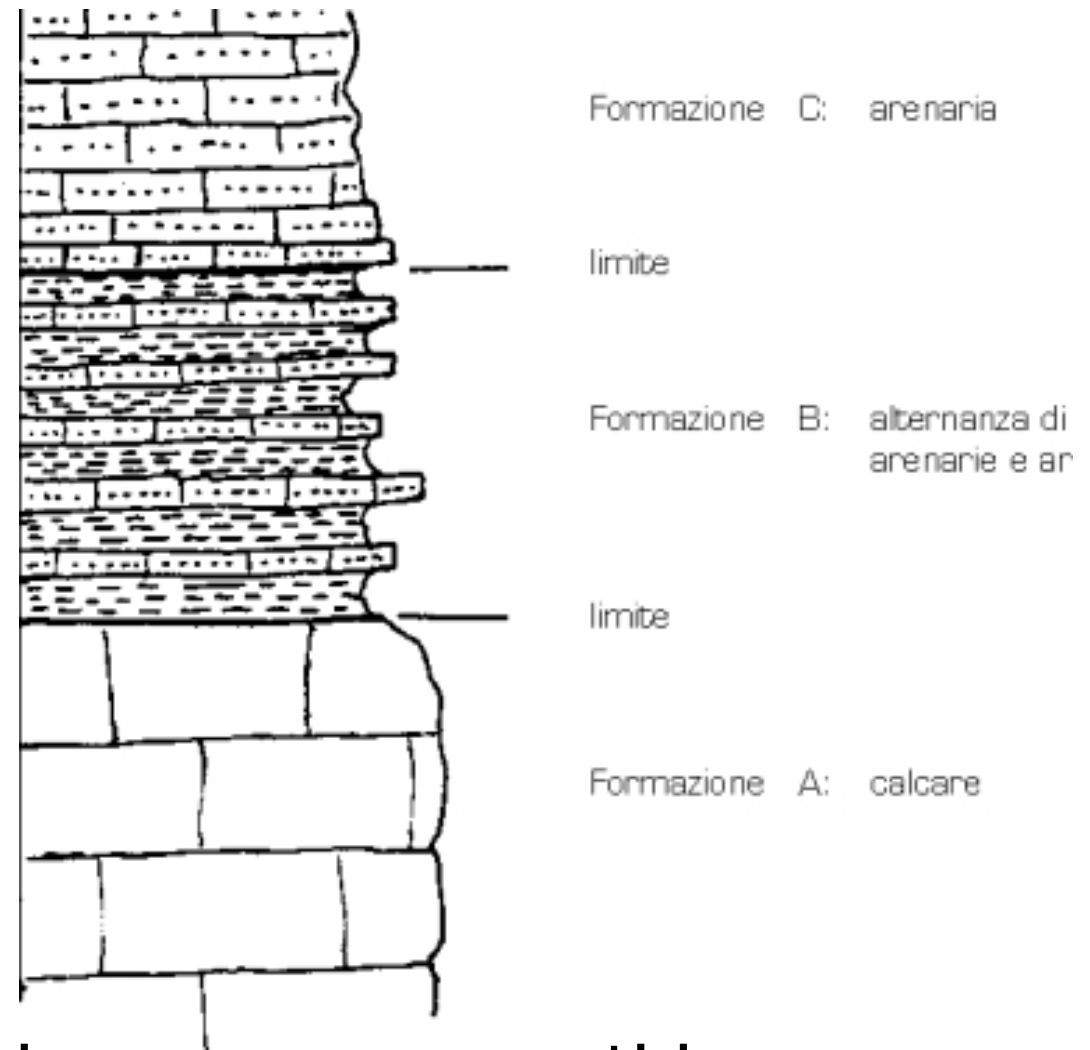
Una successione di strati può essere suddivisa con diversi criteri; in genere, si individuano due tipi di UNITA' STRATIGRAFICHE:

- **Unità litostratigrafica:** organizza le rocce sedimentarie in funzione dei loro caratteri litologici (calcari, conglomerati, arenarie, ecc.)
- **Unità geocronologiche:** organizza le rocce sedimentarie in relazione all'intervallo di tempo durante il quale si sono depositate.

# Unità litostrtigrafiche $\Rightarrow$ FORMAZIONE

E' caratterizzata da omogeneità litologica, cioè rocce di un solo tipo litologico oppure regolari alternanze di 2 o più tipi litologici.

- Membri: unità minori che si possono talora distinguere nell'interno di una Formazione.
- Gruppo: unisce due o più formazioni con qualche affinità.



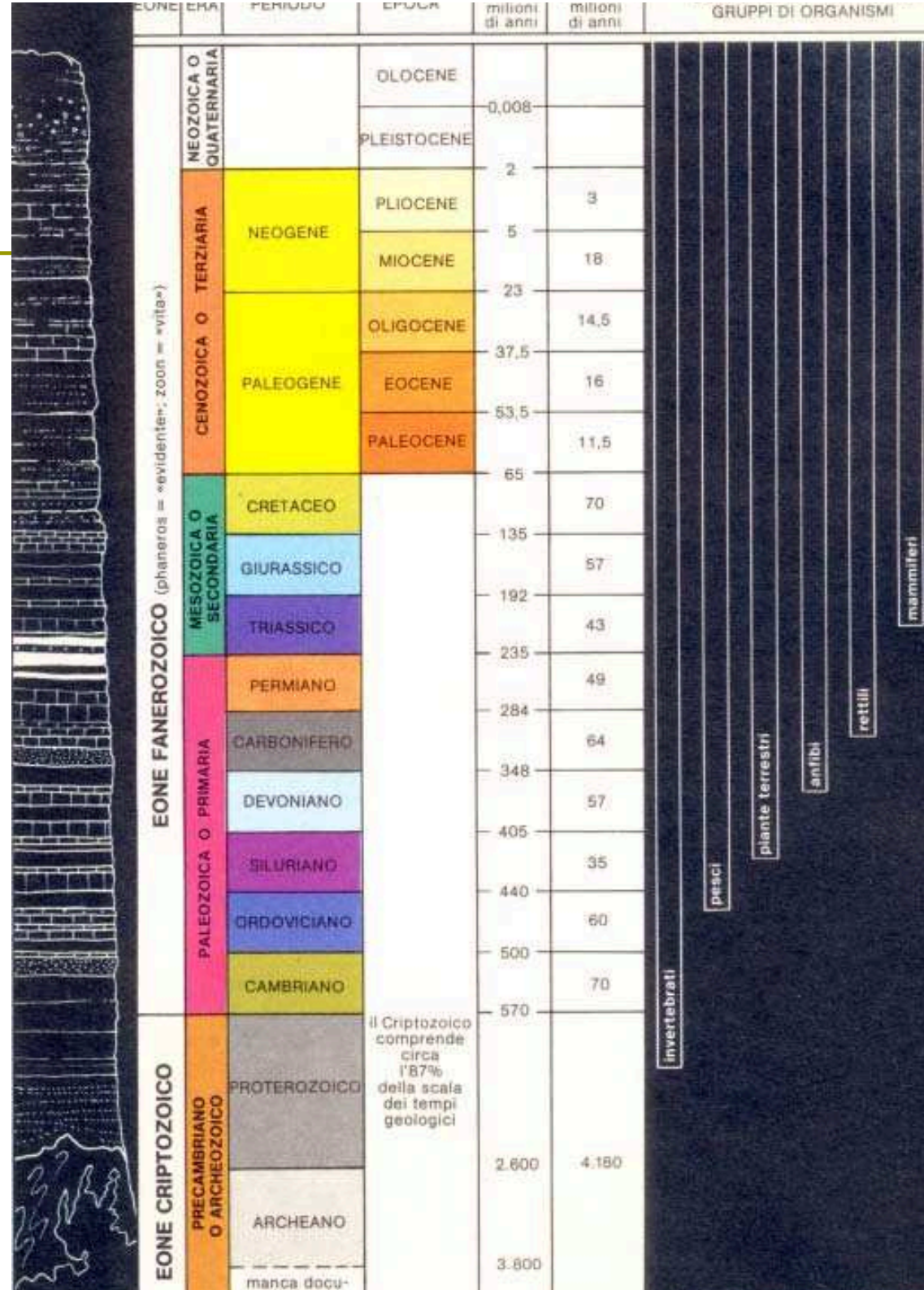
**N.B.:** i limiti inferiore e superiore vengono posti in corrispondenza di variazioni litologiche, indipendentemente dall'età  $\Rightarrow$  i limiti litostratigrafici possono o meno coincidere con quelli cronologici.

# Unità geocronologiche

Intervallo di tempo durante il quale si sono depositate le rocce. Il tempo viene misurato in base alle variazioni nell'associazione di fossili che si verificano a causa dell'evoluzione naturale delle forme viventi.

In ordine di importanza:

- Era
  - Periodo
    - Epoca
      - Età



# Correlazioni stratigrafiche

---

