

Introduzione alle Scienze della Terra



Dott. Guido Gonzato

La Geologia e le Scienze della Terra

La **Geologia** è un ramo delle Scienze della Terra che si occupa della **Terra solida**, della sua **costituzione** (minerali e rocce), della sua **storia** ed **evoluzione**.

È soprattutto una scienza **descrittiva**. Si avvale, per quanto possibile, di scienze “dure” come la fisica, la chimica e la matematica.

Le **Scienze della Terra** estendono il dominio di indagine alla **Terra fluida**, cioè all'**atmosfera** e all'**idrosfera**.



Le quattro sfere

La Terra è costituita dalle cosiddette quattro sfere: **geosfera**, **atmosfera**, **idrosfera** e **biosfera**. Anche altri pianeti del sistema solare possiedono una geosfera e/o un'atmosfera; nessuno possiede una idrosfera in senso stretto* e, per quanto ne sappiamo, nessuno possiede una biosfera.

Le quattro sfere interagiscono tra loro in modo complesso.

BIOSFERA

IDROSFERA

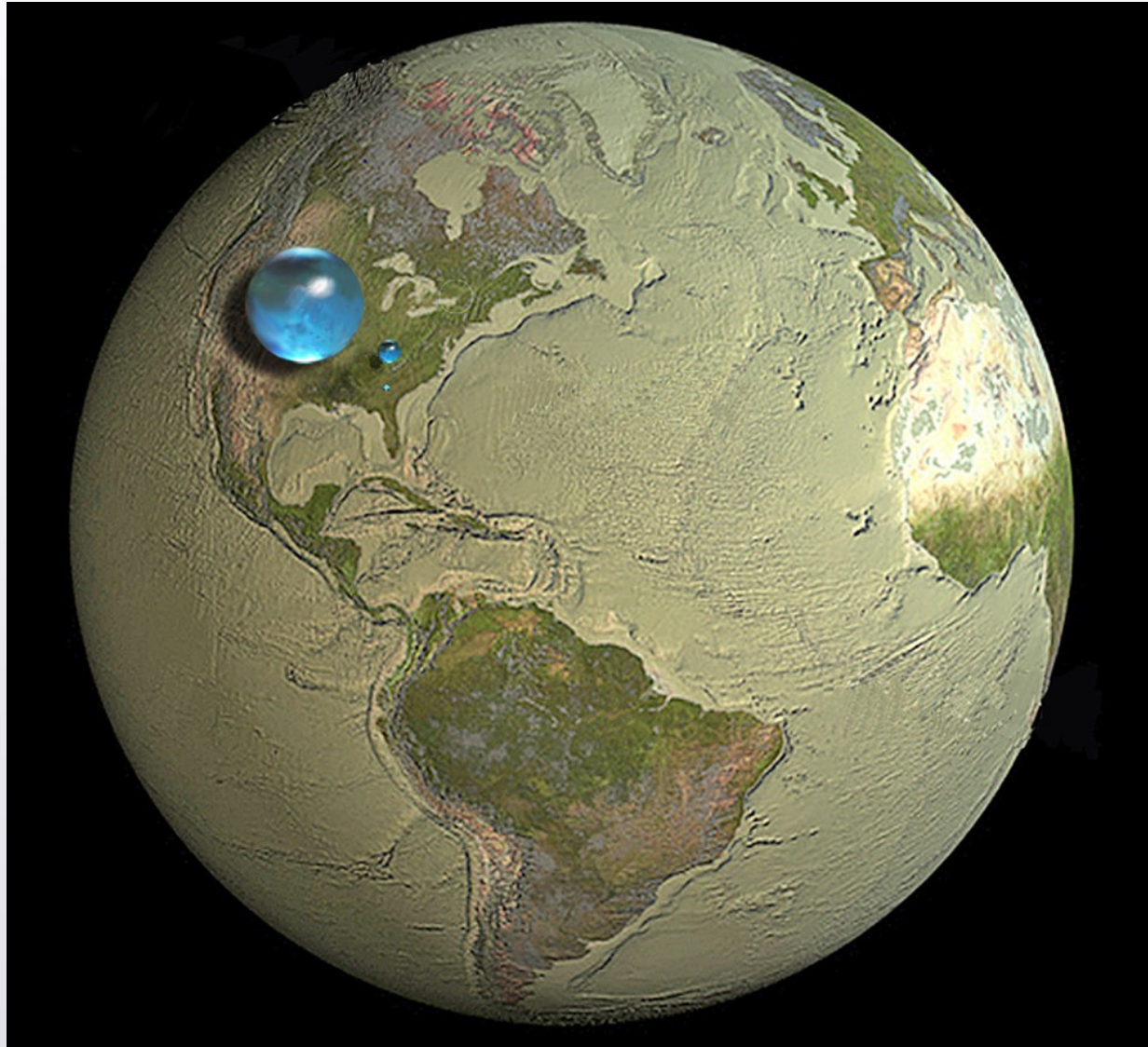


GEOSFERA

ATMOSFERA

Rapporto tra geosfera e idrosfera

Come sappiamo, oltre il 70% della superficie terrestre è ricoperto d'acqua. Ma se esaminiamo il **volume** dell'idrosfera? Sorpresa:



La Terra solida: come è fatta

La **composizione chimica** della Terra si può esaminare direttamente solo sulla superficie; per l'interno della Terra possiamo solo fare studi indiretti.

Gli elementi più comuni sulla superficie terrestre sono, in ordine di abbondanza: **ossigeno, O₂, silicio, Si; alluminio, Al; ferro, Fe.**

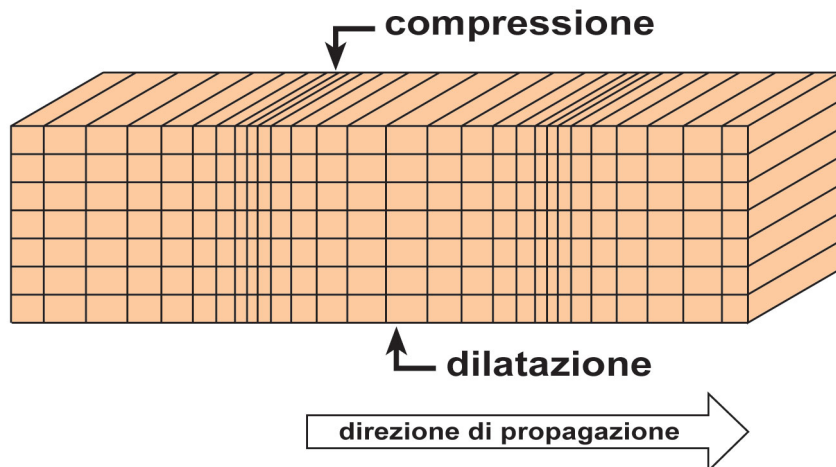
Le rocce composte da questi elementi hanno però una densità di **2.7 g/cm³**. La densità media della Terra (calcolata con il rapporto massa/volume) è però di **5.5 g/cm³**. L'interno della Terra, quindi, deve avere una densità molto maggiore rispetto alla superficie. Si suppone che l'interno della Terra prevalentemente costituito da **ferro e nickel**; questi elementi sono molto comuni in certe **meteoriti**.



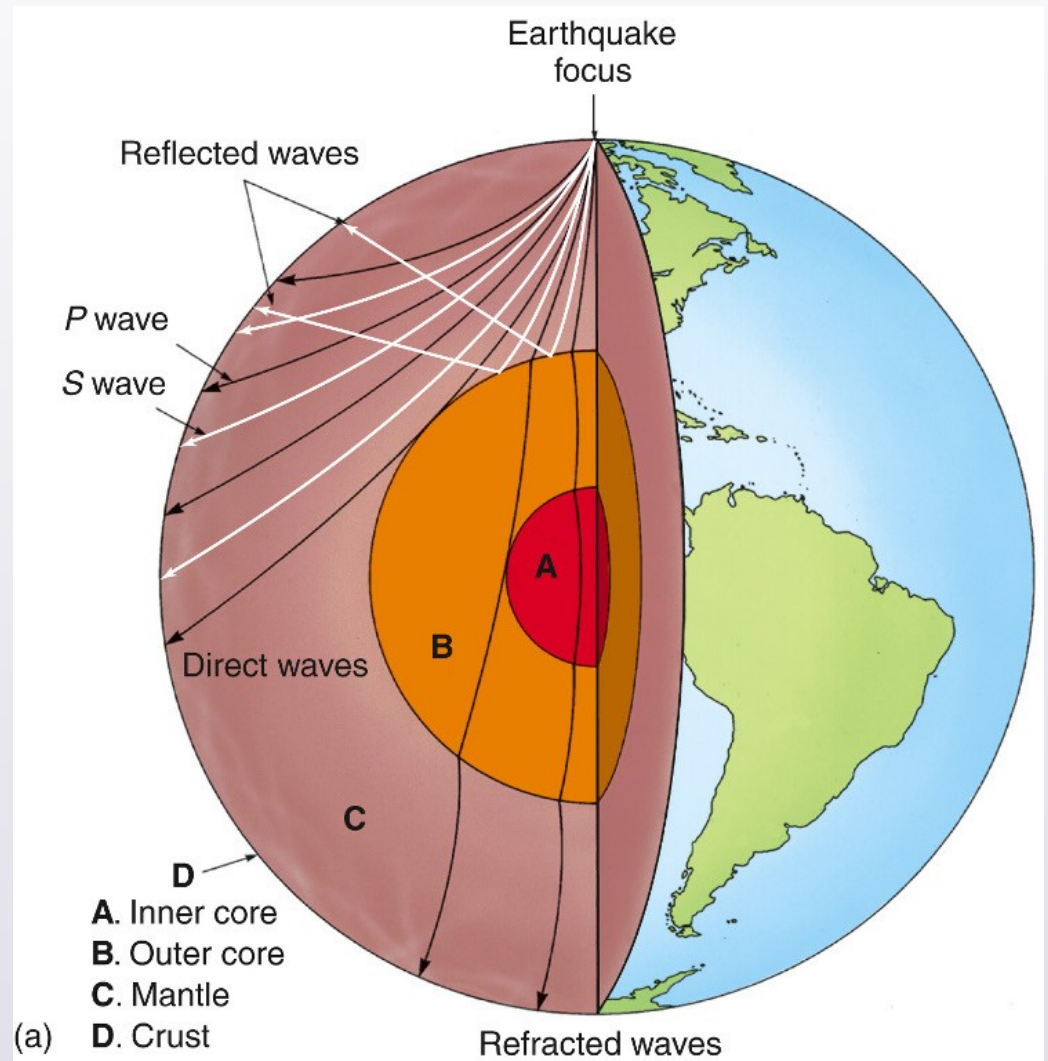
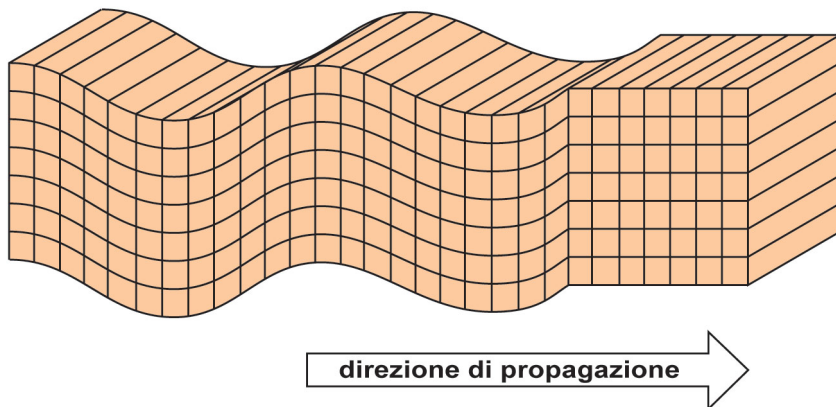
Come esaminare l'interno della Terra

Per conoscere la struttura interna del nostro pianeta possiamo fare una specie di ecografia. Si utilizzano infatti le proprietà delle **onde sismiche**, che attraversano e vengono riflesse in modo diverso da materiali solidi e liquidi, per ricostruire la struttura interna della Terra.

Onde P (longitudinali)



Onde S (trasversali)



La struttura interna della Terra

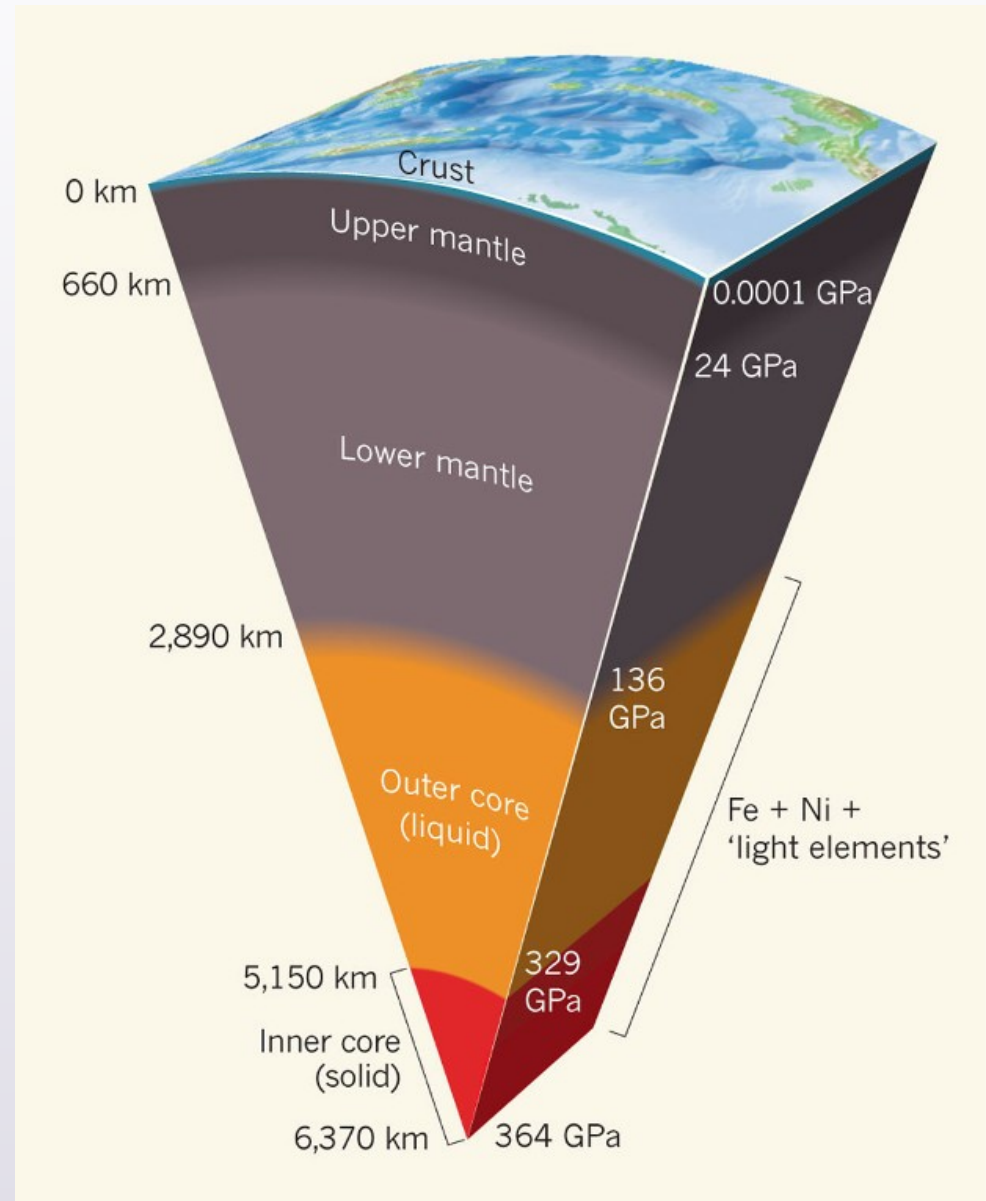
Dall'analisi delle onde sismiche possiamo ricostruire una **struttura a gusci concentrici**, alcuni dei quali sono **solidi** e altri **liquidi** (non vengono attraversati dalle onde S).

crosta (solida e fragile)

mantello (solido e duttile)

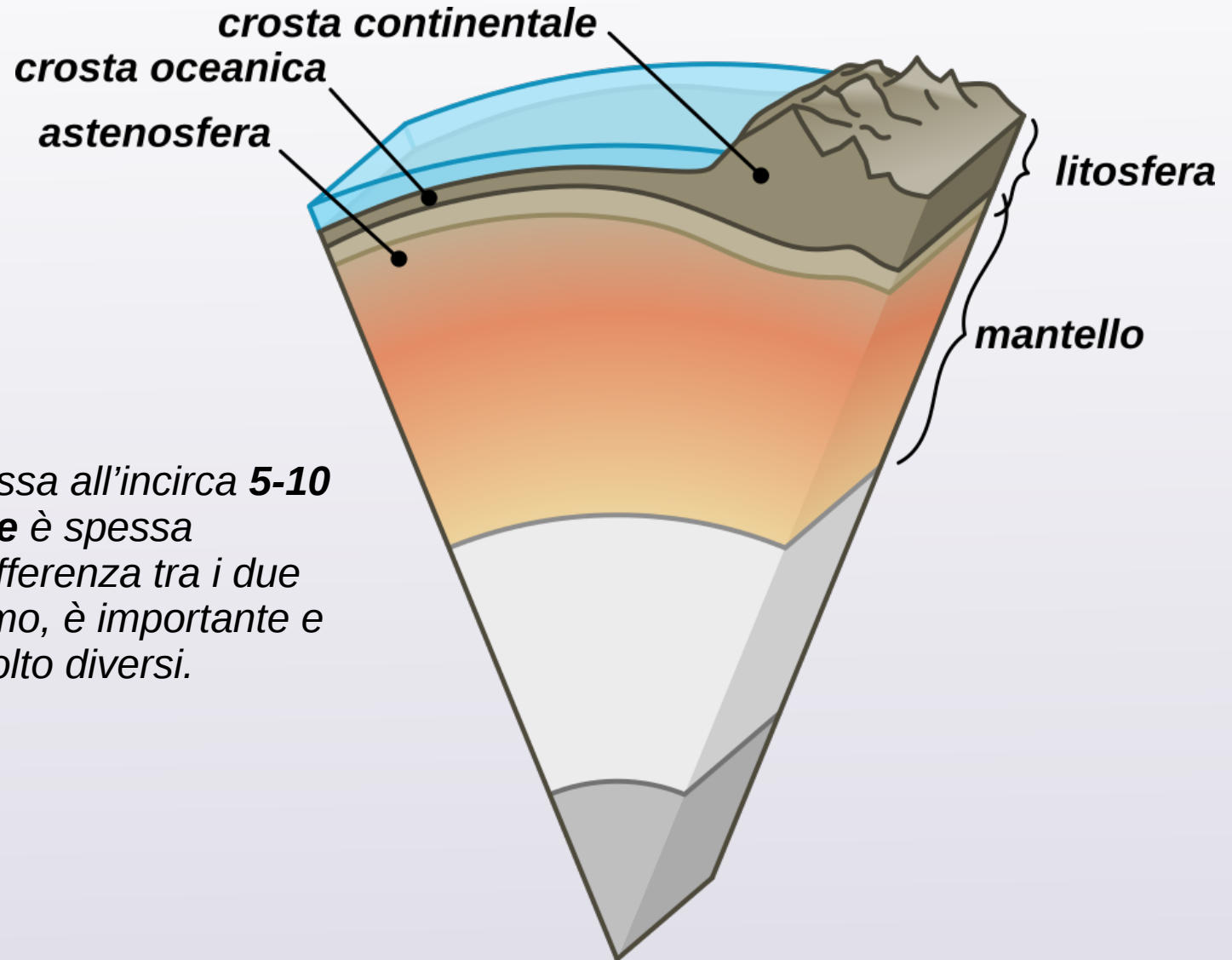
nucleo esterno (liquido)

nucleo interno (solido)



La litosfera

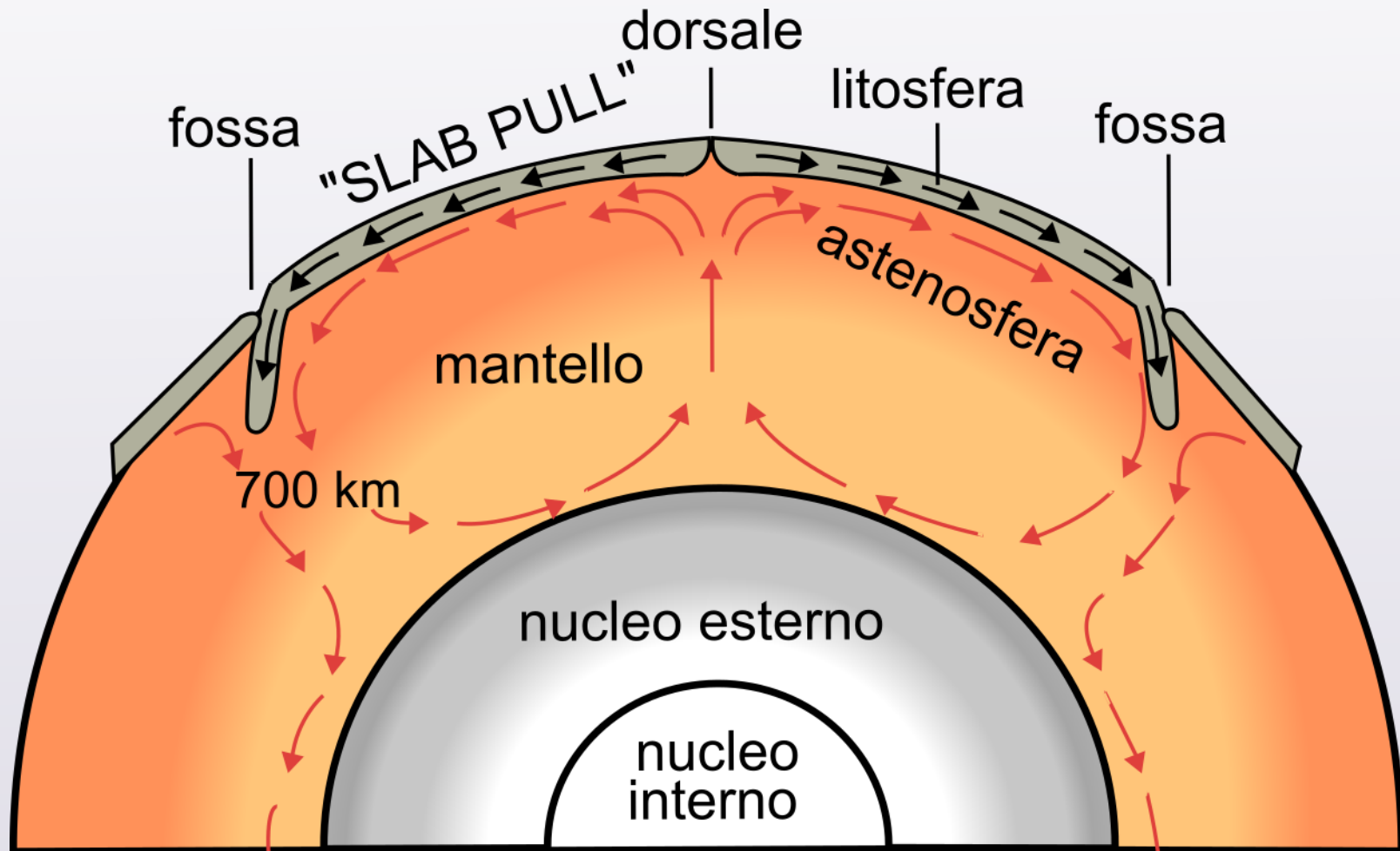
La parte più esterna della Terra, quella che possiamo osservare direttamente, è detta **litosfera**. È composta dalla parte superiore del mantello e dalla crosta. La crosta terrestre, a sua volta, si divide in **crosta continentale** e **crosta oceanica**, che hanno diversa composizione chimica.



*La crosta **oceanica** è spessa all'incirca **5-10 km**; la crosta **continentale** è spessa all'incirca **30-50 km**. La differenza tra i due tipi di crosta, come vedremo, è importante e si riflette in tipi di rocce molto diversi.*

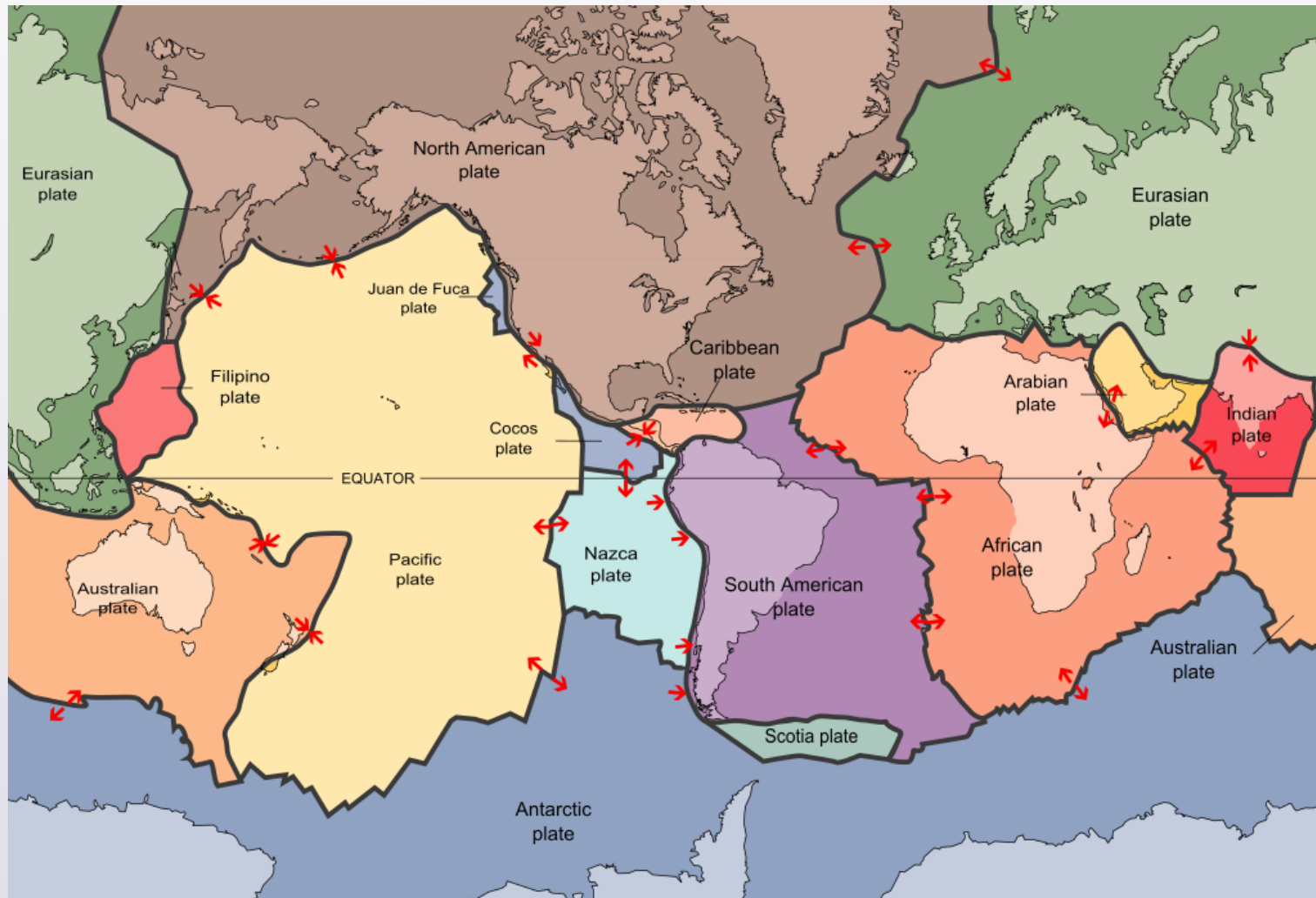
La Terra: una macchina termica

Il calore interno deriva sia dal **calore originario** di formazione della terra, sia dal **decadimento radioattivo** di minerali nel mantello. Il calore genera dei flussi convettivi nel mantello, che rompono e trascinano la crosta sovrastante. Questo è il motore della **tettonica a placche**.



La tettonica a placche

La crosta terrestre è fratturata in grandi aree chiamate **placche tettoniche**. Queste si muovono l'una rispetto alle altre, provocando la **subduzione** (una placca affonda nel mantello) e la formazione di montagne (**orogenesi**) dove c'è collisione. Nelle **dorsali oceaniche** si forma continuamente nuova crosta.

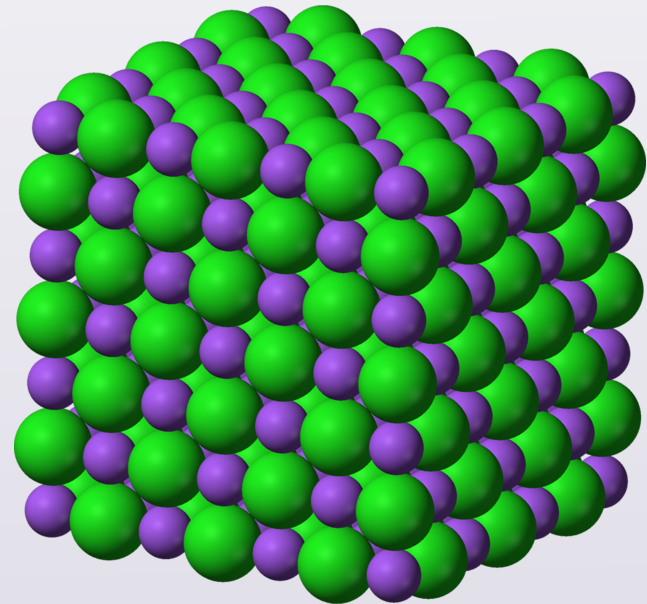


I minerali

I **minerali** sono solidi di origine **naturale** e prevalentemente **inorganica** che possiedono una **composizione chimica** ben definita e una **struttura cristallina**. Esistono migliaia di minerali diversi, raggruppati in 10 categorie:

1. elementi nativi
2. solfuri e solfosali
3. alogenuri
4. **ossidi, idrossidi** e arseniti
5. **carbonati** e nitrati
6. borati
7. solfati (+ cromati, molibdati e wolframati)
8. fosfati, arseniati e vanadati
- 9 **silicati**
- 10 composti organici

Struttura cristallina del minerale salgemma (sale da cucina). Le sferette verdi sono anioni di cloro (Cl^-), quelle viola sono cationi di sodio (Na^+). Formula chimica: NaCl .



I minerali più importanti nella crosta terrestre

La crosta terrestre è composta per il 98.5% da questi **elementi**: ossigeno (46.6%), silicio (27.7), alluminio (8.1), ferro (5.0), calcio (3.6), potassio (2.8), sodio (2.6), magnesio (2.1).

I **minerali** di gran lunga più comuni sono i **silicati** (composti principalmente da **silicio** e **ossigeno**) che costituiscono circa il 92% della crosta; tutti gli altri minerali, solo l'8%.

I minerali più comuni nella crosta terrestre sono ([fonte](#)):

1. **felspati**
2. **quarzo**
3. **pirosseni**
4. **miche**
5. **anfiboli**

I minerali nel mantello sono al di là della nostra portata. Ne conosciamo solo alcuni:

1. **olivine**
2. **spinelli**
3. **granati**

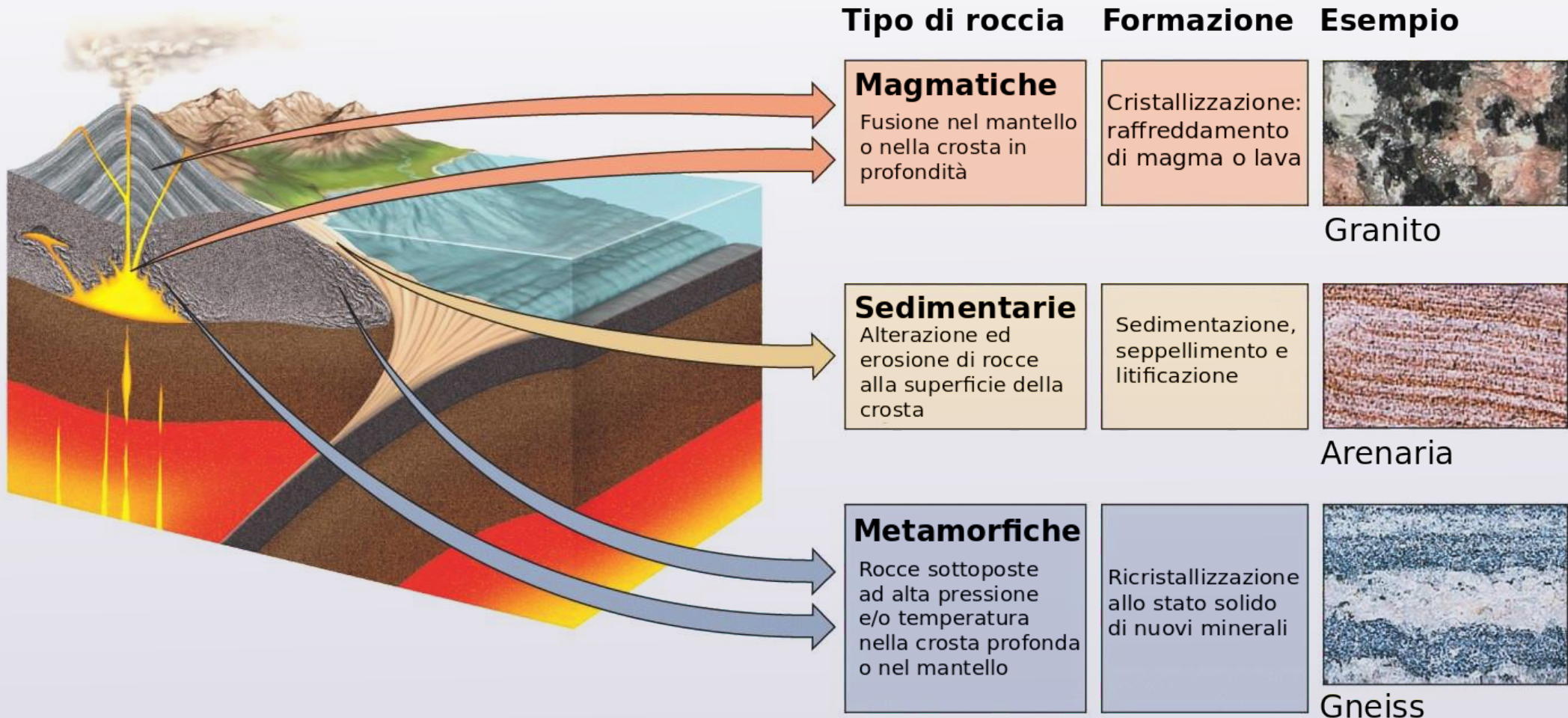
Per quanto riguarda la geologia veronese, bisogna dire che questi minerali sono piuttosto rari! Da noi sono di gran lunga prevalenti altri minerali, i **carbonati**, e in particolare **calcite** e **dolomite**. Questi minerali contengono calcio, magnesio, ossigeno e carbonio.

I minerali possono avere origini molto diverse, come vedremo.

Minerali e rocce

Le **rocce** sono aggregati **solidi**, di **origine naturale**, di uno o più **minerali**.

A seconda della loro origine, le rocce si classificano in **magmatiche**, **sedimentarie** e **metamorfiche**. Le rocce magmatiche derivano dal consolidamento di **magmi** (rocce m. **intrusive**) e **lave** (rocce m. **effusive**); le rocce **sedimentarie** dall'accumulo di sedimenti di varia origine; le rocce **metamorfiche** dalla trasformazione, ad opera di pressione e calore, di rocce preesistenti.



Come è fatta una roccia

Nel campione di **granito** qui sotto è molto evidente la **struttura cristallina**, ed è piuttosto facile distinguere i minerali principali:

K-feldspato:

grossi cristalli rosa

quarzo:

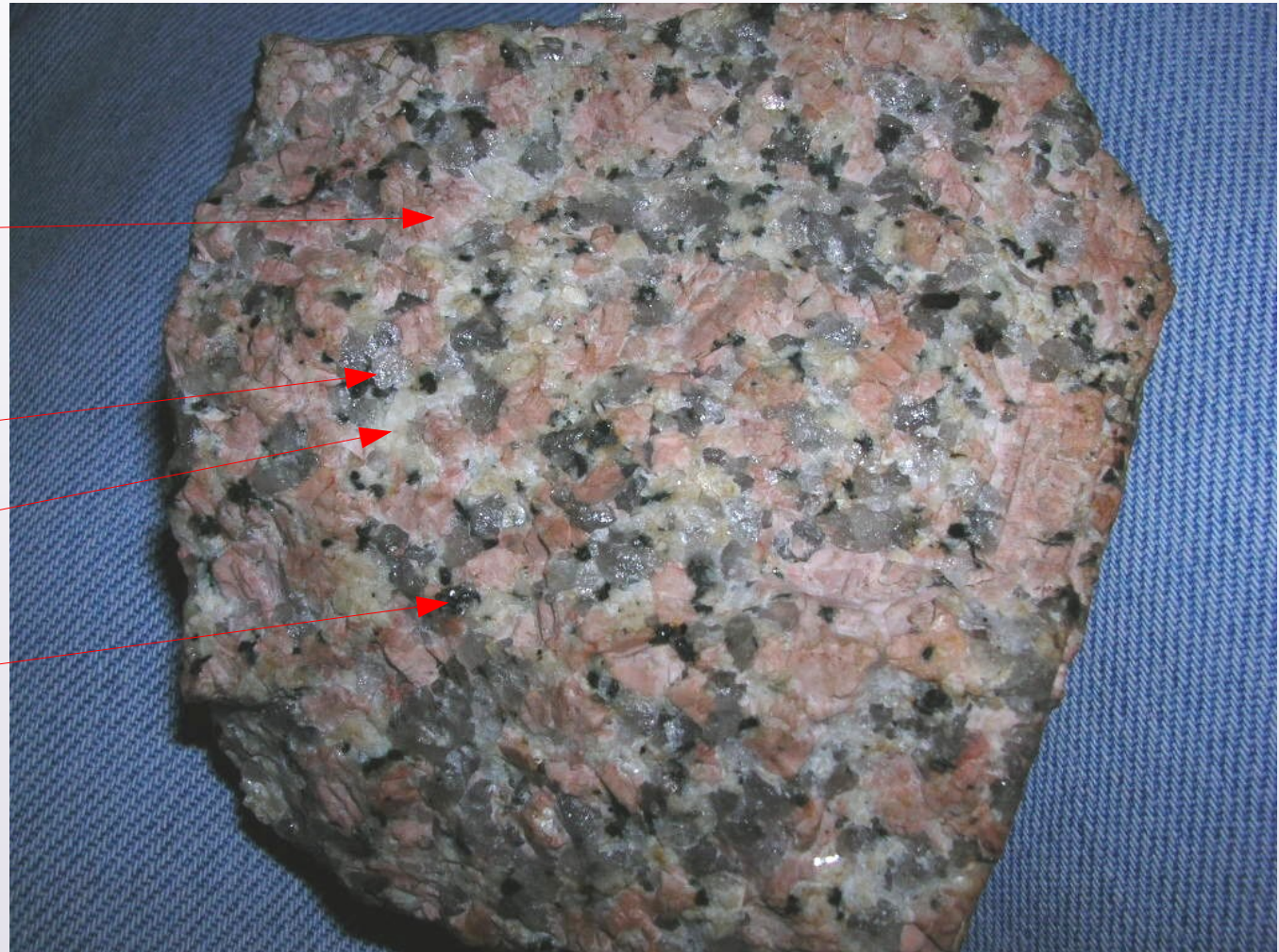
cristalli grigi traslucidi

plagioclasti:

cristalli bianchi

biotite:

piccoli cristalli neri



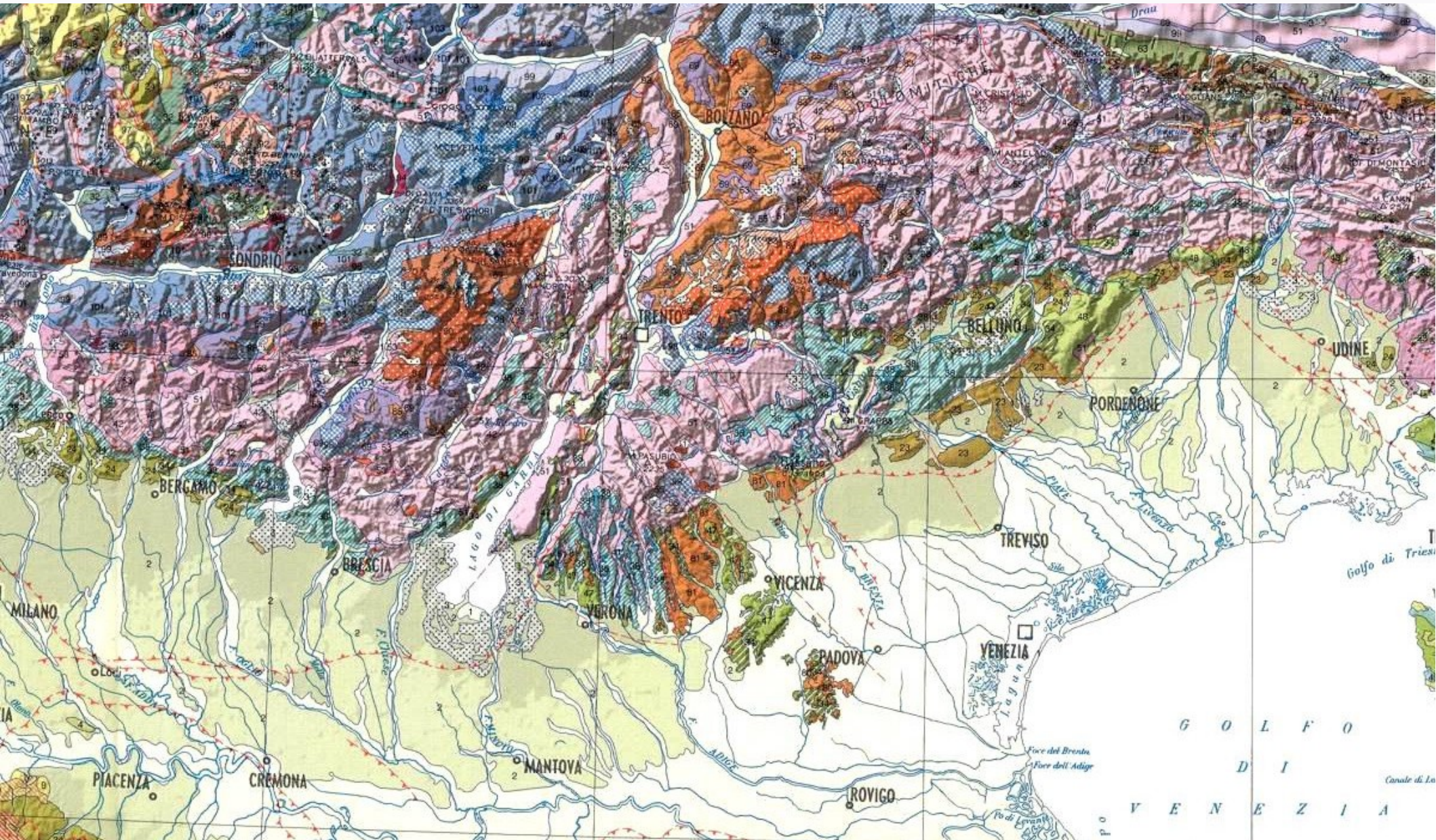
Come è fatta una roccia

Il campione di **marmo** di Carrara qui sotto è costituito da un solo minerale, la **calcite**, che si presenta in minuscoli cristalli di dimensioni simili. Per vederli serve la lente di ingrandimento.



Le carte geologiche

Le carte geologiche mostrano la distribuzione delle diverse rocce in un dato territorio.



Osservare le rocce sul campo

Per poter osservare le rocce presenti in una certa area, si possono esaminare i muri delle vecchie case oppure, meglio, il greto dei fiumi e dei torrenti. Qui potremo trovare molte delle rocce che sono presenti nel bacino idrografico. Il bacino del fiume Adige ci regala decine di rocce diverse!



Il greto dell'Adige presso Chievo: le rocce chiare sono quasi tutte sedimentarie, quelle più scure sono quasi tutte magmatiche.



Un vecchio muro a S. Zeno. Chi lo ha costruito ha usato quasi tutte rocce scure: perché?

Osservare le rocce sul campo

Che cosa possiamo aspettarci sulla geologia a monte dei due torrenti che osserviamo nelle due foto qui sotto?



Greto del torrente Borago (Avesa)



*Greto del torrente Alpone
(S. Giovanni Ilarione)*

I minerali più comuni: silicati



Quarzo: quando si trova in grossi cristalli trasparenti (poco comuni!) si chiama quarzo ialino. Può avere diversi colori.

I minerali più comuni: silicati



Selce: roccia importantissima, formata da quarzo microcristallino. Il colore può variare a seconda delle impurità contenute.

I minerali più comuni: silicati



Ossidiana: roccia formata da quarzo amorfo (non cristallino); è di origine vulcanica ed è un vero e proprio vetro naturale.

I minerali più comuni: silicati



Pumice: un altro tipo di vetro vulcanico formato da quarzo amorfo, ma in forma spugnosa a causa della rapida degassazione.

I minerali più comuni: carbonati



Calcite: è il minerale che costituisce i calcari. Si trova spesso in forma macrocristallina, di colore spesso bianco o giallastro.

I minerali più comuni: carbonati



Calcite: una forma molto comune è il c.d. alabastro: calcite in piccoli cristalli allungati, tipico delle concrezioni di grotta.

I minerali più comuni: carbonati



Calcite: anche il travertino è una forma di calcite concrezionata. Molto comune presso le sorgenti (bagni S. Filippo, Val d'Orcia)

I minerali più comuni: carbonati



Dolomite: è il minerale che forma le dolomie, le rocce sedimentarie che costituiscono le Dolomiti.

I minerali più comuni: carbonati



Dolomia: roccia formata da dolomite. Spesso si forma in ambiente di piana di marea e presenta strutture particolari, le stromatoliti.

I minerali più comuni: solfuri



Pirite: un solfuro di ferro molto comune, spesso in bei cristalli dal colore che ricorda l'oro.

I minerali più comuni: idrossidi



Limonite: è un idrossido di ferro, non raro nelle rocce sedimentarie. Si può formare da alterazione di pirite.

I minerali più comuni: ossidi



Pirolusite: ossido di Mn, spesso si trova al tetto di colate di rocce vulcaniche. Questo è un filone nella miniera di Siresol (Montecchio)

I minerali più comuni: solfati



Gesso: comunissimo nell'Appennino, sconosciuto da noi! Si presenta in cristalli più o meno trasparenti a forma di coda di rondine.

I minerali più comuni: solfati



Gesso: questa è la base della Torre degli Asinelli a Bologna. In Emilia, il gesso è stato spesso usato come materiale da costruzione.

I minerali più comuni: alogenuri



Salgemma: minerale molto conosciuto, lo usiamo in cucina. Si estrae nelle saline, ma anche da imponenti depositi sotterranei.

Le rocce più comuni: rocce intrusive



Granito: uno dei principali materiali della crosta continentale. I cristalli sono di dimensioni simili e ben distinti: **struttura granitica**.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Riolite o Porfido: K-feldspato, plagioclasio, quarzo, biotite. I cristalli sono immersi in una pasta di fondo uniforme: **struttura porfirica**.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Porfido: viene comunemente utilizzato per le pavimentazioni stradali. Proviene dalle cave del basso Trentino e dell'Alto Adige.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Basalto: è la roccia effusiva più comune; forma gran parte dei fondali oceanici. Qui si vedono anche grossi cristalli di un silicato, l'olivina.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Basalto: gli affioramenti possono talvolta presentarsi in forma colonnare, come a S. Giovanni Ilarione.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Basalto: più spesso, gli affioramenti sono dei filoni di basalto intrusi all'interno di altre rocce. Foto: un filone basaltico nei calcari.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Tufiti: sono rocce, spesso incoerenti, originate dall'accumulo di scorie vulcaniche di composizione basaltica.

Le rocce più comuni: rocce effusive



Trachite: roccia affine al porfido, costituisce gran parte dei Colli Euganei. Si notino i grossi cristalli di plagioclasì.

Le rocce più comuni: rocce metamorfiche



Fillade: metamorfismo di rocce ricche di minerali argillosi. Ha una struttura fogliettata tipica delle rocce metamorfiche di basso grado.

Le rocce più comuni: rocce metamorfiche



Fillade: è molto comune dalle parti di Recoaro, dove si trova alla base della successione sedimentaria.

Le rocce più comuni: rocce metamorfiche



Serpentinite: metamorfismo di rocce dei fondali oceanici. Contiene spesso il talco e l'amianto.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Conglomerato: roccia composta da frammenti arrotondati di rocce preesistenti; si forma in ambiente fluviale.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Breccia: roccia composta da frammenti angolosi di rocce preesistenti; si forma in molti diversi ambienti.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Arenaria: roccia costituita da sabbie più o meno cementate. Ne esistono centinaia di tipi diversi.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Arenaria: uno degli esempi più noti di arenaria è quella di Petra, nota per i suoi colori.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Calcare: ne esistono centinaia e centinaia di tipi diversi. Questo è un calcare costituito da fossili di organismi estinti, i Nummuliti.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Calcare: questo è un calcare **oolitico**, formato cioè da sferette calcaree dette ooliti. Si forma in ambiente costiero di clima caldo.

Le rocce più comuni: rocce sedimentarie



Calcarenite: infine, questo è un bell'esempio di calcarenite fossilifera del Giurassico inferiore.

Metodi di datazione relativa

Per molto tempo, i geologi si sono accontentati di stabilire relazioni **prima-dopo** per gli eventi geologici, utilizzando tra l'altro i seguenti principi:

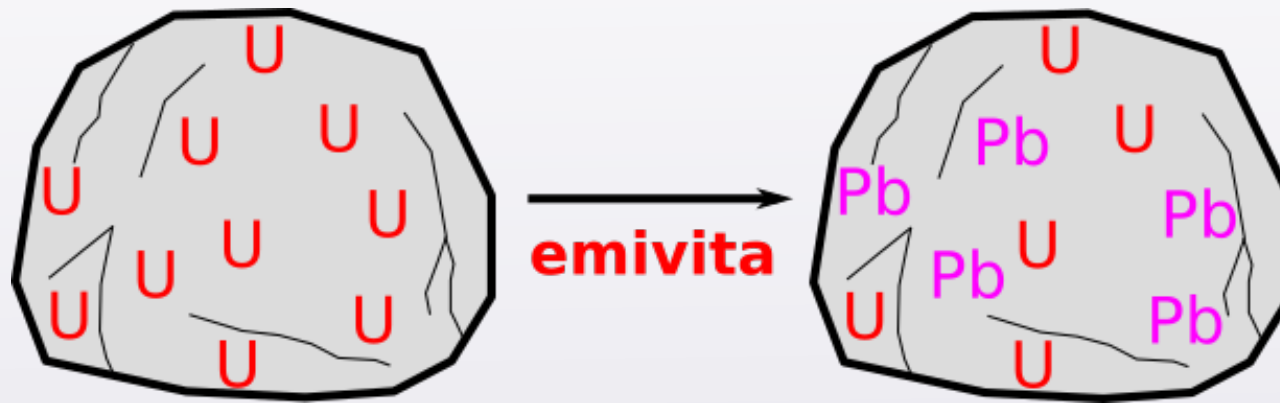
1. **sovrapposizione**: in una successione di strati, quelli più in basso sono i più antichi;
2. **intrusione**: un filone è più recente della roccia che attraversa;
3. **inclusione**: una roccia inclusa in un'altra è più antica.

Funziona tutto molto bene, ma in alcuni casi è utile sapere, ad esempio, la **durata** di un evento geologico.



Metodi di datazione assoluta

Sfruttando il decadimento radioattivo di alcuni elementi contenuti in particolari minerali è possibile ottenere una **datazione assoluta** delle rocce. Prima della scoperta della radioattività e delle tecniche di datazione che la sfruttano, i geologi potevano utilizzare solo datazioni **relative**, cioè stabilire solo una relazione prima – dopo. L'età della Terra è stata calcolata in **4.54 miliardi di anni**. Tecniche principalmente utilizzate:



Uranio-238 → **Piombo-206**,

Uranio-235 → **Piombo-207**: si applica agli **zirconi** contenuti in rocce magmatiche.

Rubidio-87 → **Stronzio-87**: meno preciso del metodo Uranio-Piombo.

Potassio-40 → **Argo-40**: utile per datazioni dai 100000 anni in poi.

Carbonio-14 → **Azoto-14**: si usa soprattutto in **archeologia**, su resti organici. Non può spingersi oltre i 60000 anni circa.

Fine, per ora

Nella prossima lezione applicheremo alcuni dei concetti che abbiamo visto.
Stampate questa presentazione e tenetela a portata di mano.

