

ZANICHELLI

Simonetta Klein

Il racconto della chimica e della Terra

ZANICHELLI

Capitolo 19

I minerali, le rocce e i suoli

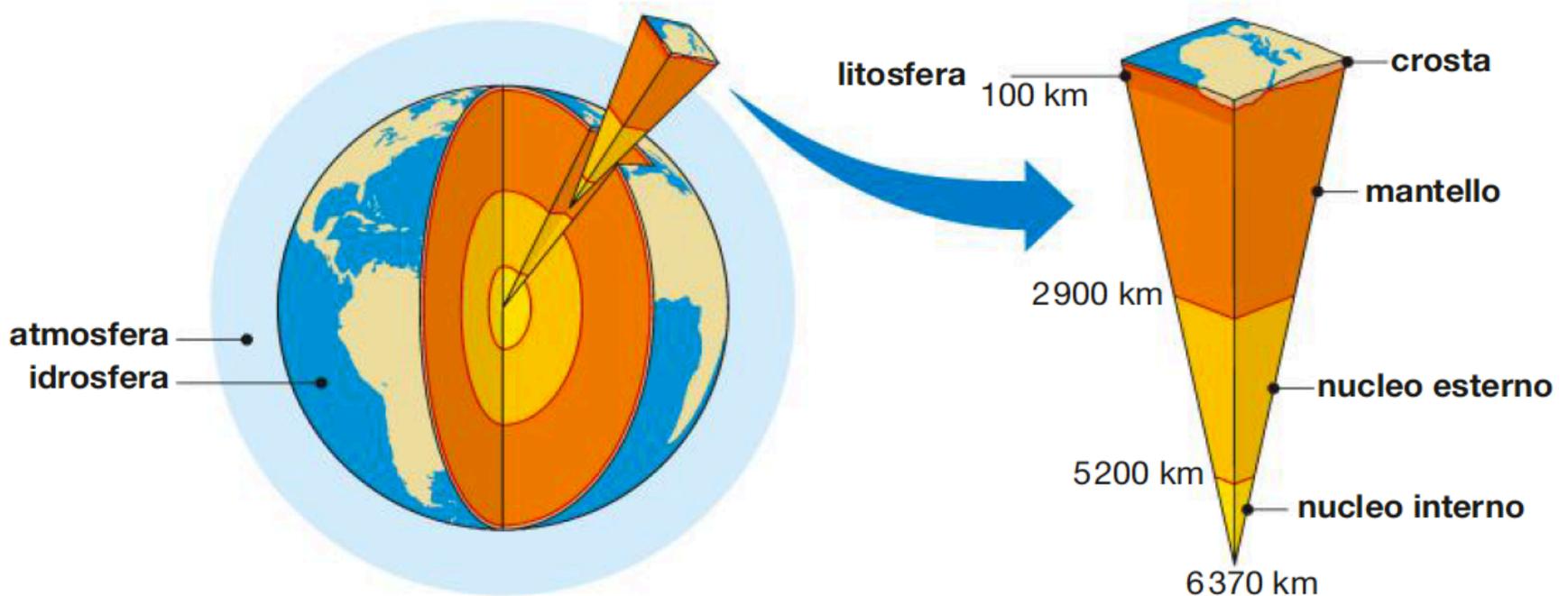
ZANICHELLI

Sommario

1. La litosfera: la Terra solida
2. I minerali
3. Le rocce
4. Le rocce magmatiche o ignee
5. Le rocce sedimentarie
6. Le rocce metamorfiche
7. I suoli

La litosfera: la Terra solida

Lo strato più esterno della Terra solida è chiamato **litosfera**.



La litosfera: la Terra solida

Nelle terre emerse l'interfaccia tra la litosfera e l'atmosfera è il **suolo**.

Il suolo ha uno spessore da qualche centimetro a pochi metri ed è costituito da solidi frammentati miscelati con aria, acqua e organismi viventi o loro resti.

La litosfera: la Terra solida

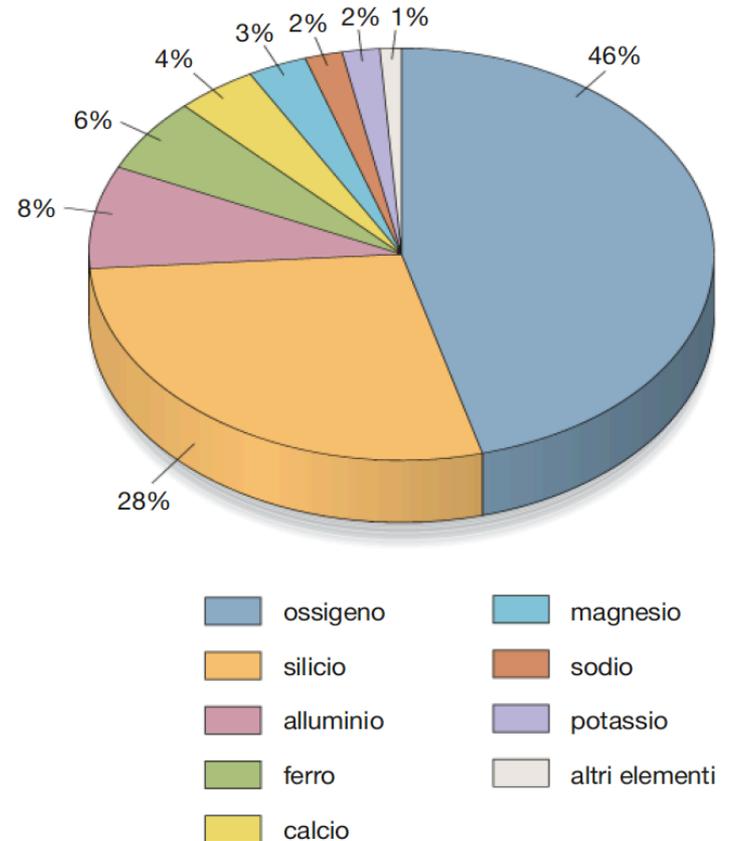
Scendendo in profondità i frammenti sparsi aumentano di dimensione fino a costituire una massa compatta: la **roccia**.

Una roccia è in generale un miscuglio solido costituito da sostanze chimicamente diverse aggregate strettamente fra loro: ciascuna di queste sostanze è un **minerale**.

I minerali

Un **minerale** è una sostanza solida naturale e avente una composizione chimica ben definita espressa da una formula chimica.

La crosta terrestre è costituita quasi per il 90% da quattro elementi chimici: ossigeno, silicio, alluminio e ferro.



I minerali

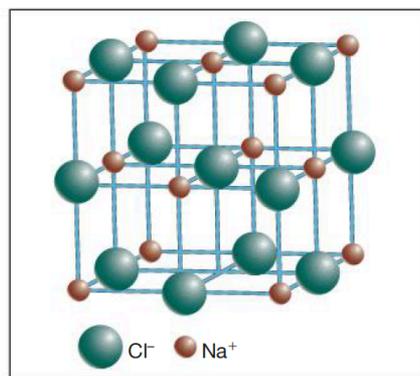
I minerali possono formarsi in modi diversi:

- molti si formano per raffreddamento dal **magma**, una massa di materiali rocciosi allo stato fuso che contiene in soluzione anche sostanze gassose
- altri si depositano per **precipitazione** da acque ricche di sali, talvolta per azione di organismi viventi
- alcuni possono derivare dalla trasformazione di altri minerali sottoposti ad alte temperature o pressioni (**metamorfismo**).

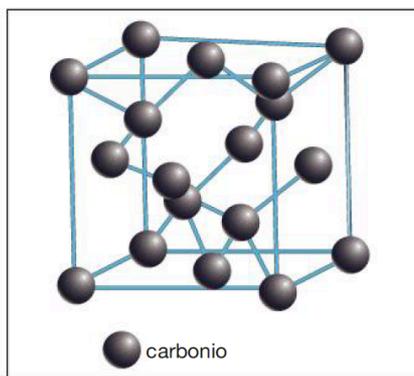
I minerali

Nella maggioranza dei casi i minerali sono **solidi cristallini**. I minerali amorfi sono piuttosto rari.

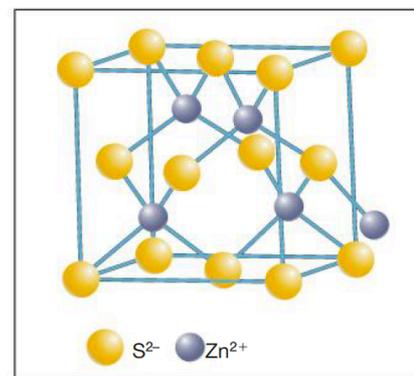
Le posizioni di atomi, ioni, molecole in un cristallo si rappresentano con una serie di punti che definiscono una figura geometrica tridimensionale detta **reticolo cristallino**.



A Reticolo cristallino del salgemma.
(NaCl)



B Reticolo cristallino del diamante (C).



C Reticolo cristallino della sfalerite (ZnS).

I minerali

I **macrocristalli** si formano quando il tempo impiegato per la cristallizzazione è lungo e le condizioni stabili.

In caso contrario le dimensioni sono piccole e si hanno dei **microcristalli**.

Oltre che dalla composizione chimica e dalla struttura cristallina, i minerali sono caratterizzati dalle loro proprietà fisiche: forma, tipo di sfaldatura, colore, durezza, densità e punto di fusione.

I minerali

Abito cristallino

La natura delle particelle, il modo in cui sono disposte nel reticolo cristallino e le condizioni in cui si è originato un minerale determinano la forma con cui si accrescono i suoi cristalli, detta **abito cristallino**.

Ogni minerale può presentare uno o più abiti cristallini caratteristici.



A Fluorite, abito cubico.



B Fluorite, abito ottaedrico.



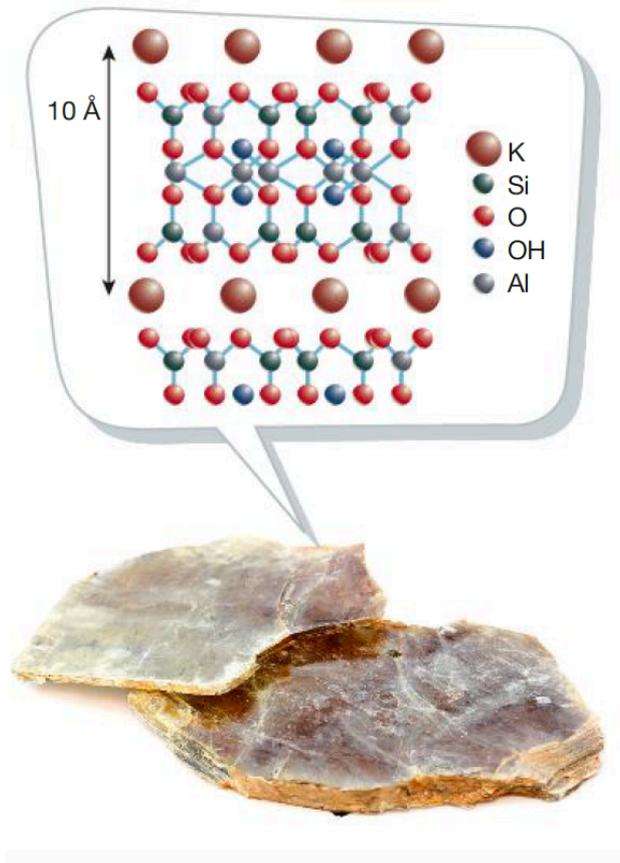
C Fluorite, abito rombododecaedrico.

I minerali

La sfaldatura

La frattura di un solido cristallino avviene lungo certi piani preferenziali. Questa proprietà è detta **sfaldatura** e le superfici di taglio sono dette **piani di sfaldatura**.

I cristalli di un minerale presentano angoli tra le facce sempre uguali a causa della loro caratteristica struttura cristallina.



I minerali

Il colore

Il colore dei minerali dipende da diversi fattori:

- in molti casi è determinato dal tipo di atomi o ioni che li compongono e dalla loro distribuzione nel reticolo cristallino durante il raffreddamento
- in altri è dovuto a impurezze che si insinuano nel reticolo o ai difetti del reticolo stesso che generano effetti cromatici per effetto della rifrazione interna della luce.

I minerali

La durezza

La **durezza** di un minerale è la misura della sua capacità di resistere alle scalfitture e alle abrasioni.

La durezza si stima con la **scala di Mohs**, che comprende 10 gradi che corrispondono a 10 minerali di riferimento.

Ogni minerale scalfisce quello che lo precede nella scala ed è scalfito da quello che lo segue.



I minerali

La densità e il punto di fusione

I minerali, come tutte le sostanze, sono caratterizzati da una specifica densità e da un proprio punto di fusione.

I minerali

Le rocce che compongono il nostro pianeta sono costituite in gran parte da **silicati**.

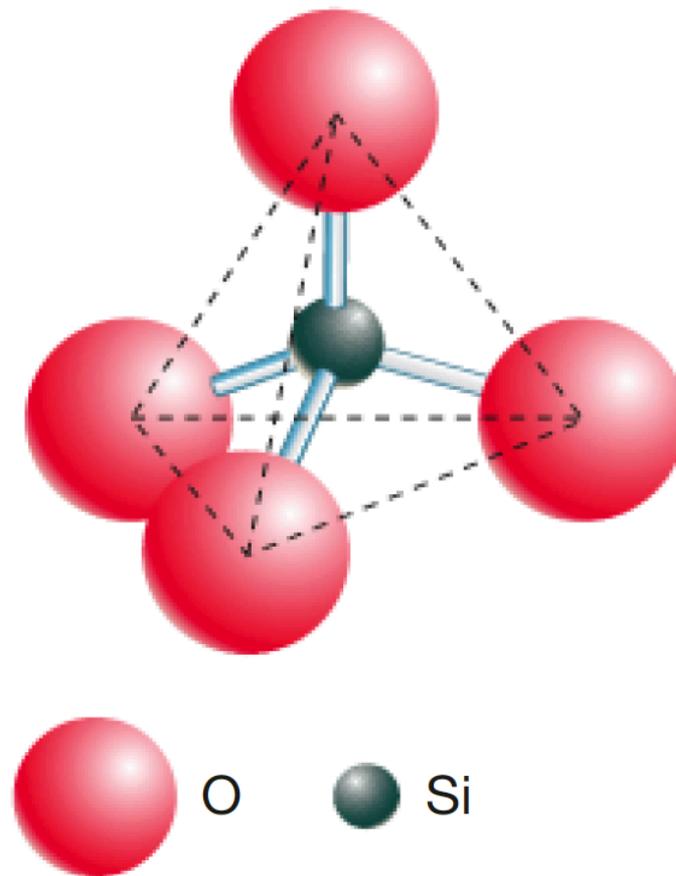
I silicati sono minerali composti da atomi di silicio, ossigeno e ioni metallici.

Gli atomi di silicio e ossigeno sono uniti a formare gli ioni silicato (SiO_4^{4-}) con carica negativa bilanciata da ioni metallici con carica positiva come Al^{3+} o Fe^{2+} .

I minerali

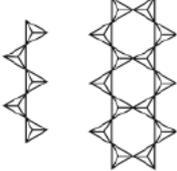
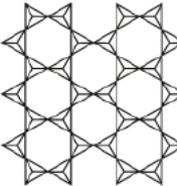
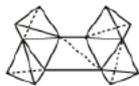
La struttura della molecola è di tipo tetraedrico con un atomo di silicio centrale unito a quattro atomi di ossigeno ai vertici.

SiO_4 può restare un'unità singola o legarsi ad altre condividendo un atomo di ossigeno per formare strutture complesse.



I minerali

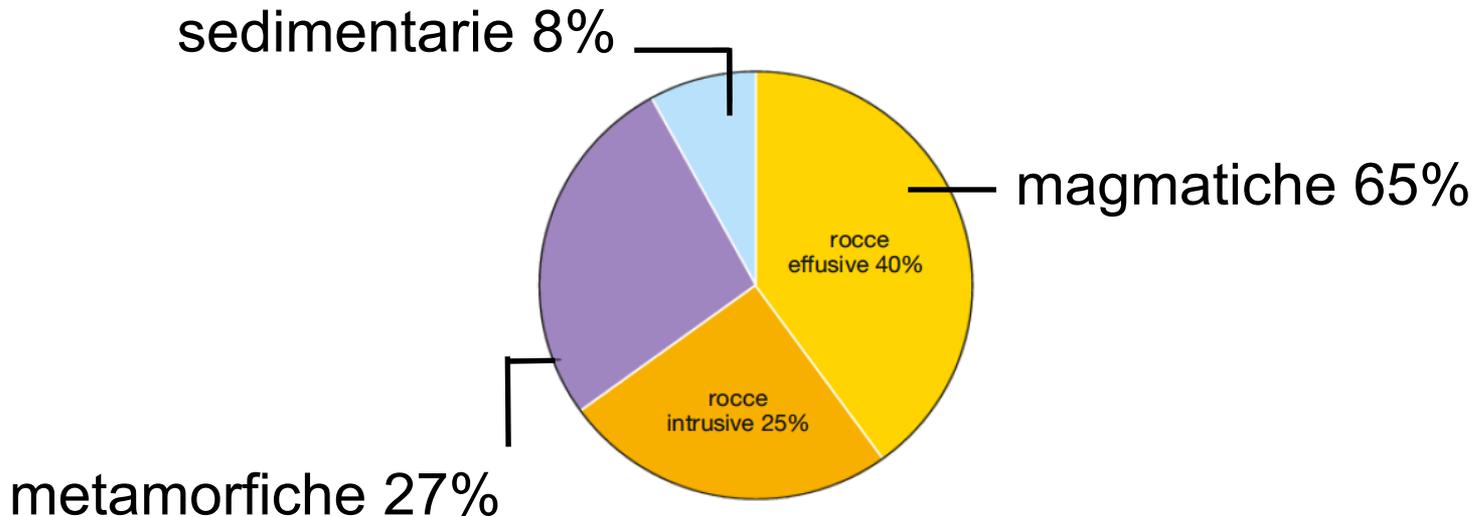
Principali famiglie dei minerali della classe dei silicati, in ordine di abbondanza nella litosfera.

Struttura	Minerali	Formula	Rapporto Si : O
 <p>Nesosilicati Tetraedri isolati i cui atomi di ossigeno sono legati a cationi.</p>	olivina	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$	1 : 4
 <p>Sorosilicati Coppie di tetraedri che condividono un atomo di ossigeno; gli altri atomi di ossigeno sono legati a cationi.</p>	calamina	$\text{Zn}_4\text{SiO}_7(\text{OH})$	2 : 7
 <p>Ciclosilicati Una catena semplice chiusa a formare anelli di 3, 4, o 6 tetraedri che condividono tra loro un atomo di ossigeno; gli altri atomi di ossigeno sono legati a cationi.</p>	tormalina	$\text{NaMg}_3\text{Al}_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$	1 : 3
 <p>Inosilicati</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Catene semplici</i> in cui i tetraedri condividono 2 atomi di ossigeno ciascuno; le catene sono collegate tra loro dai cationi legati agli ossigeni non condivisi tra i tetraedri. • <i>Catene doppie</i> in cui i tetraedri condividono alternativamente 2 e 3 atomi di ossigeno ciascuno; le catene doppie sono collegate tra loro dai cationi legati agli ossigeni non condivisi tra i tetraedri. 	pirosseni anfibioli	$(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$ $(\text{Ca}_2\text{Mg}_5)\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	1 : 3 4 : 11
 <p>Filosilicati Più catene formano piani collegati tra loro a costituire strati; ogni tetraedro condivide 3 atomi di ossigeno con altri 3 tetraedri; i piani sono collegati tra loro dai cationi interposti legati agli ossigeni non condivisi tra i tetraedri.</p>	caolinite	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	2 : 5
 <p>Tectosilicati I 4 atomi di ossigeno di ciascun tetraedro vengono condivisi con altri 4 tetraedri, a formare una struttura tridimensionale.</p>	feldspati (albite)	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	3 : 8

Le rocce

La scienza che studia le rocce è la **petrografia**. Le rocce sono classificate in base alla loro origine in magmatiche, sedimentarie e metamorfiche.

Nella litosfera la maggior parte delle rocce sono di tipo magmatico a causa del vulcanismo molto attivo.



Le rocce

Le **rocce metamorfiche** derivano da rocce preesistenti sprofondate, rimaste sepolte sotto altre masse rocciose e sottoposte a agenti endogeni quali forti pressioni e alte temperature.

Le **rocce magmatiche** o **igne** si formano dalla solidificazione di magmi o lave e si dividono in **intrusive** ed **effusive** a seconda se il raffreddamento dei magmi avviene nel sottosuolo o in superficie.

Le **rocce sedimentarie** si formano per accumulo e cementazione di detriti di rocce preesistenti per azione di agenti esogeni come acqua, vento e pressione.

Le rocce

Nella litosfera tipi diversi di rocce si formano e si trasformano le une nelle altre attraverso processi che nell'insieme prendono il nome di **ciclo litogenetico**.

I fenomeni naturali che generano le rocce sono detti **processi litogenetici**.

La formazione delle rocce nel complesso si indica con il termine **litificazione**.

Le rocce

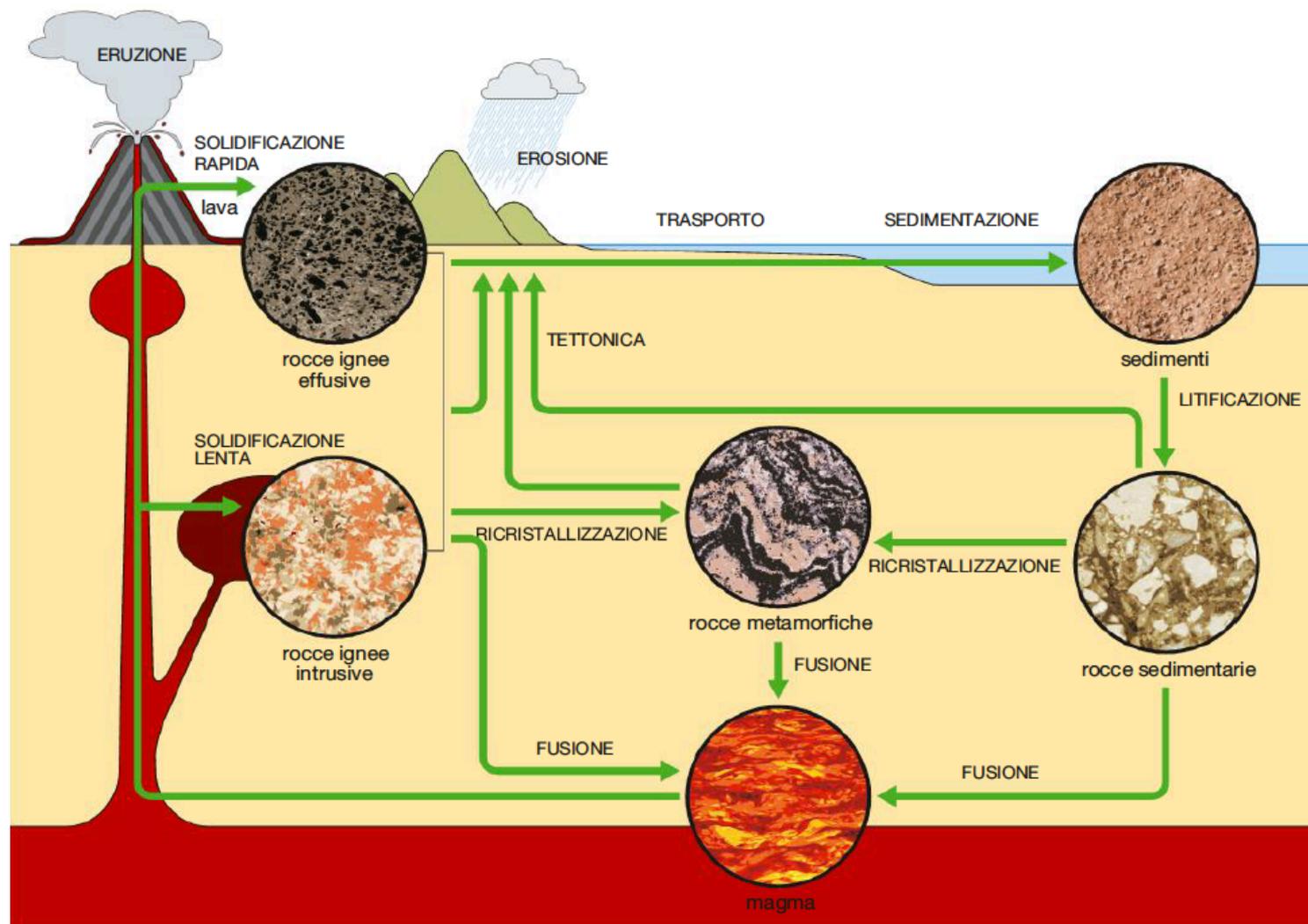
Fasi principali del ciclo litogenetico:

- le rocce magmatiche si formano per solidificazione di magmi o lave
- i magmi a loro volta possono formarsi per fusione di rocce sprofondate nella litosfera ad alta temperatura
- l'innalzamento della crosta terrestre causato dai movimenti tettonici può portare in superficie le rocce magmatiche intrusive e quelle metamorfiche

Le rocce

- in superficie gli agenti atmosferici modificano le rocce emergenti disgregandole in frammenti che per trasporto, accumulo e litificazione si trasformano in rocce sedimentarie
- sprofondando nella crosta terrestre le rocce si trovano ad altissime pressioni e temperature, tali da trasformarle in rocce metamorfiche
- se le temperature sono tali da superare il punto di fusione dei minerali, le rocce fondono e divengono magma.

Le rocce



Le rocce magmatiche o ignee

I **magmi** sono masse di roccia fusa che si trovano dalle profondità nella litosfera fino a qualche decina di chilometri dalla superficie, in genere contenuti nelle camere magmatiche dei vulcani.

Il fluido di un magma è costituito principalmente da silicati e ioni metallici con diversi gas in soluzione come vapore acqueo, anidride carbonica e ossidi di zolfo.

Quando i magmi risalgono in superficie nel corso di un eruzione vulcanica, i gas si separano e la massa liquida che sgorga viene detta **lava**.

Le rocce magmatiche o ignee

I magmi possono solidificare lentamente nelle profondità della litosfera a causa di un ristagno in cavità secondarie delle rocce o della cessazione dell'alimentazione della camera magmatica.

Le rocce che si generano così sono dette intrusive.

Il raffreddamento della lava in superficie dà invece origine a rocce effusive.

Le rocce magmatiche o ignee

Tutte le rocce magmatiche sono caratterizzate da:

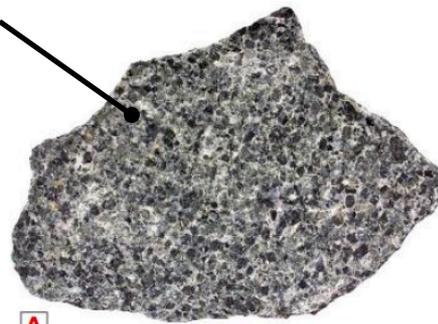
- elevata durezza, compattezza e assenza di porosità
- impermeabilità, a meno della presenza di fratture
- composizione a base di silicati
- assenza di fossili in quanto eventuali residui organici sono distrutti nella fusione

Le rocce magmatiche o ignee

Le rocce magmatiche **intrusive** sono macrocristalline a causa del processo di cristallizzazione lento e tranquillo che consente la formazione di cristalli più grossi.

Le più caratteristiche sono i **graniti**, il gabbro e la diorite.

gabbro



A

diorite



B

Le rocce magmatiche o ignee

Le rocce magmatiche **effusive** sono microcristalline, in quanto il raffreddamento rapido della lava eruttata non dà il tempo ai cristalli di accrescersi.

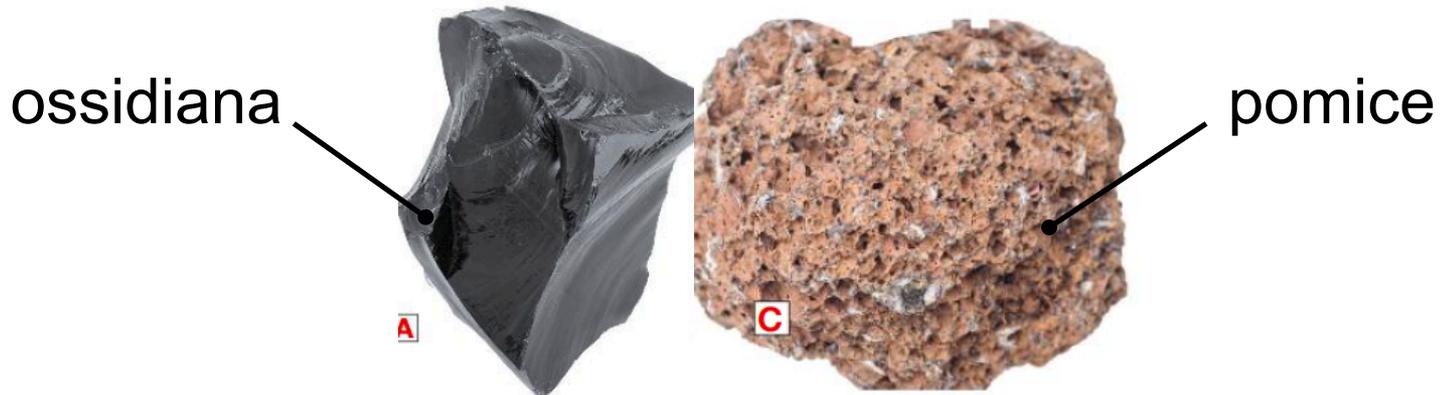
La roccia più comune è il **basalto**, che costituisce il pavimento di tutti gli oceani.



Le rocce magmatiche o ignee

Se il raffreddamento è troppo rapido per permettere ai cristalli di formarsi, si generano rocce amorfe come l'**ossidiana**.

La **pomice** si forma durante eruzioni vulcaniche esplosive. Ha struttura amorfa con pori dovuti ai gas disciolti nel magma che rimangono intrappolati nella lava durante la rapida solidificazione.



Le rocce magmatiche o ignee

I magmi possono essere:

- **primari**, con un basso contenuto in silice, ma elevata quantità di ioni ferro e magnesio. Sono classificati come **basici**. Si generano nel mantello superiore e fuoriescono come lava lungo le dorsali oceaniche
- **secondari** si originano per lo sprofondamento di litosfera solida nel mantello e conseguente fusione. Hanno elevato contenuto in silice, ma bassa quantità di ioni ferro e magnesio, perciò sono magmi **acidi**.

Le rocce magmatiche o ignee

Da questa varietà di magmi si possono ottenere rocce diverse attraverso il processo di **crystallizzazione**.

Man mano che il magma si raffredda precipitano i minerali che lo compongono in ordine di temperatura di fusione decrescente.

La temperatura cala e i minerali raggiungono il fondo della massa magmatica, ma vengono rimescolati con il magma liquido a causa dei moti convettivi.

Si trasformano quindi in altri minerali più stabili nelle nuove condizioni.

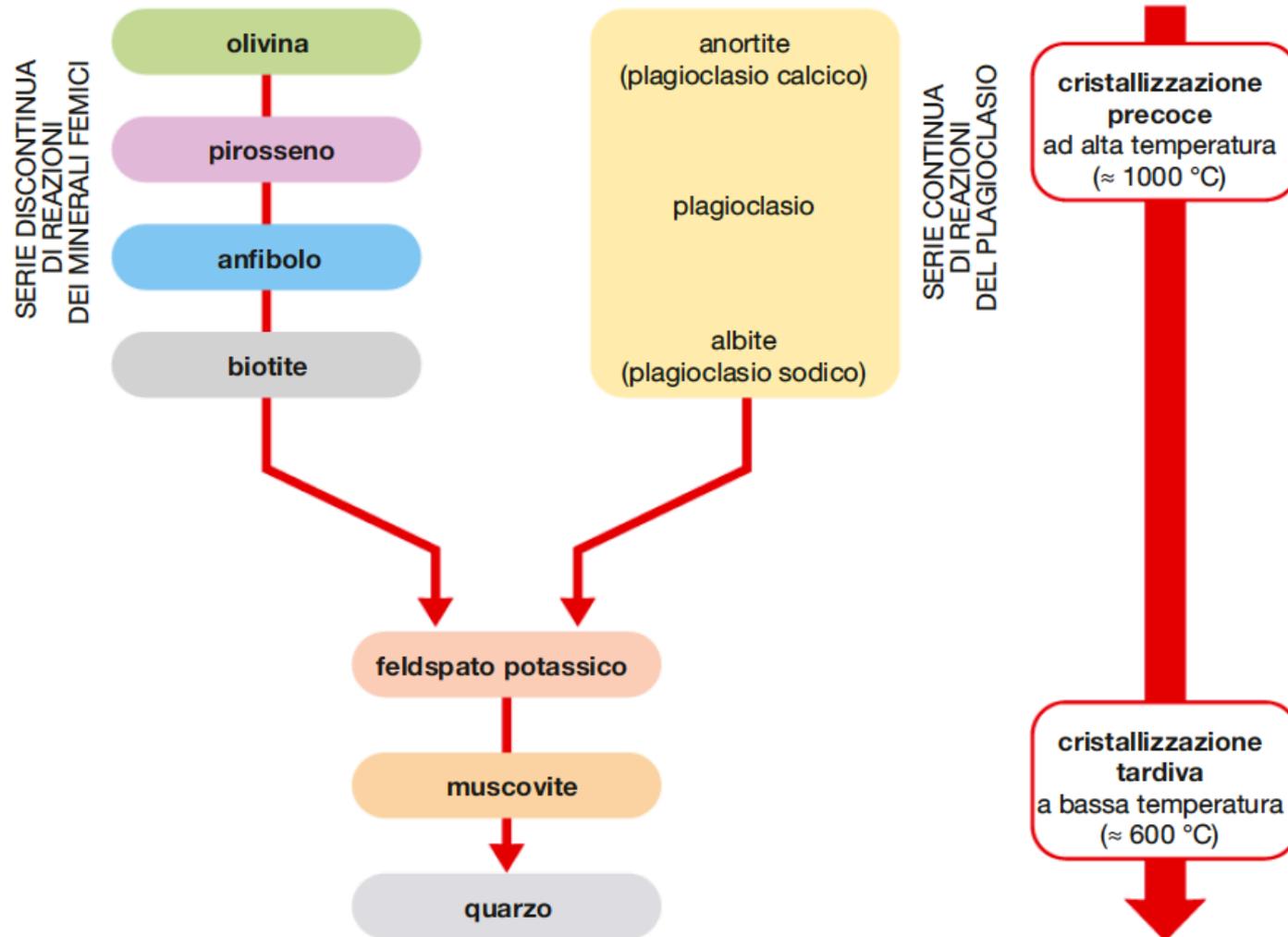
Le rocce magmatiche o ignee

Questo processo segue due sequenze distinte dette **serie discontinua** e **serie continua**, riportate nel **diagramma di Bowen**.

I minerali più altofondenti, che precipitano all'inizio sono **olivina**, un silicato di ferro e magnesio, e **anortite**, un alluminosilicato di calcio.

Con l'ulteriore abbassarsi della temperatura l'olivina si trasforma in minerali diversi a dare la serie discontinua, mentre l'anortite si impoverisce di calcio arricchendosi di sodio dando origine alla serie continua.

Le rocce magmatiche o ignee



Le rocce magmatiche o ignee

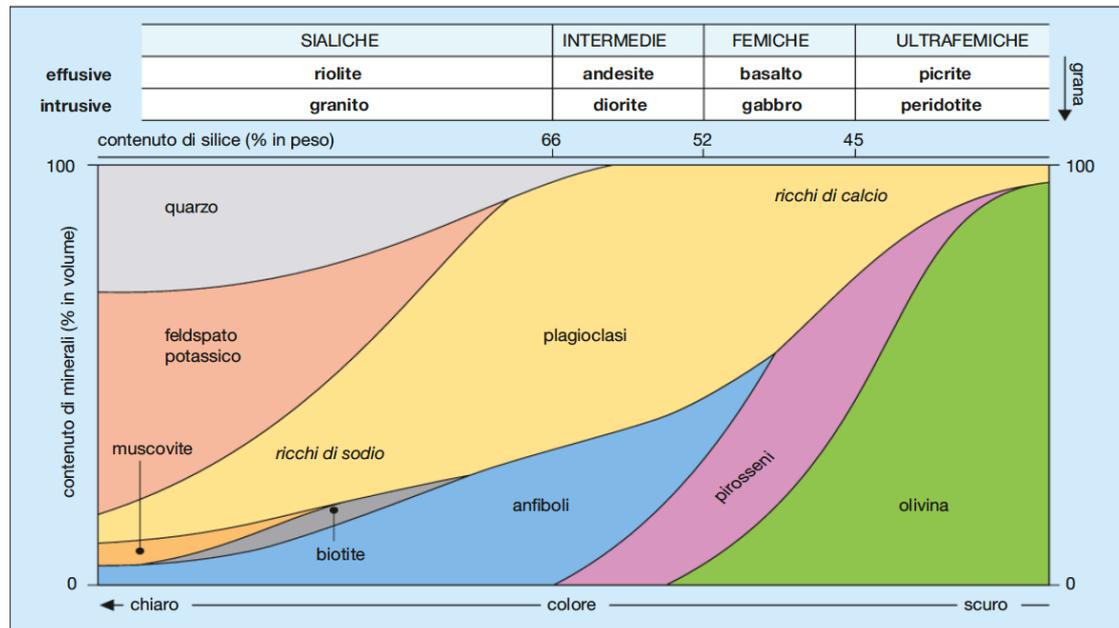
Spesso queste serie non arrivano a completamento: la precipitazione si interrompe dando origine a un'ampia gamma di rocce magmatiche.

Le rocce magmatiche intrusive ed effusive si classificano in base al loro contenuto in silice:

- le **rocce sialiche** sono acide, ricche in silicio, di colore chiaro e con bassa densità
- le **rocce intermedie** sono basiche, povere di silice ma ricche di ferro e magnesio, di colore scuro e con densità elevata

Le rocce magmatiche o ignee

- le **rocce femiche** ricche di ferro e magnesio sono costituite quasi esclusivamente da pirosseni e olivina
- le rocce **ultrafemiche** intrusive sono macrocristalline mentre le effusive sono microcristalline.



Le rocce sedimentarie

Gli agenti atmosferici agiscono sulle rocce modificandole lentamente fino a ridurle in frammenti che vengono trasportati, accumulati e infine per litificazione danno origine alle **rocce sedimentarie**.

Le rocce sedimentarie ricoprono l'80% della superficie del pianeta e si presentano quasi sempre in formazioni stratificate, con strati di colore e struttura diversa. Sono le sole a poter contenere dei fossili.

In base alla loro origine si dividono in clastiche, organogene e chimiche.

Le rocce sedimentarie

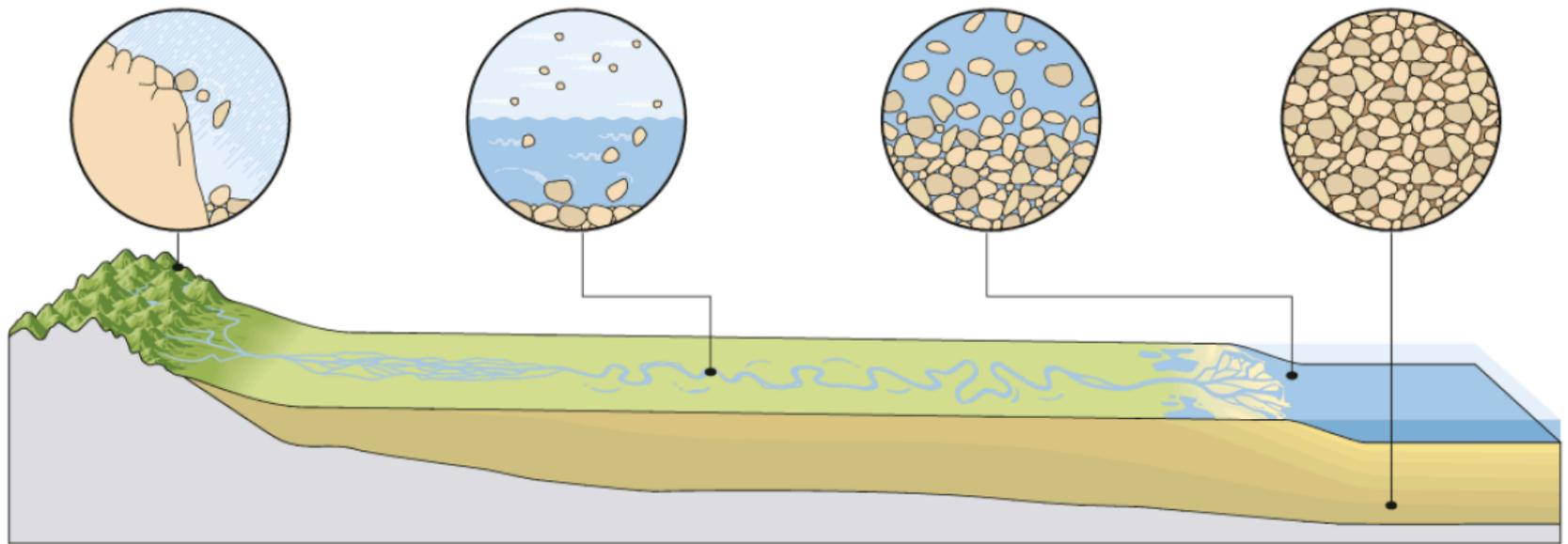
Le rocce clastiche

Sono costituite da frammenti di rocce preesistenti, detti **clasti**, cementati tra loro. Nel processo sedimentario si succedono diversi eventi: degradazione, erosione, trasporto, deposizione, compattazione e cementazione.

- le acque, la forza di gravità, il vento, le variazioni di temperatura, l'azione degli organismi, ecc. indeboliscono le rocce fino a disgregarle in frammenti di vario diametro. Le piogge, i corsi d'acqua, le onde marine, il vento e i movimenti dei ghiacciai trascinano i clasti in luoghi diversi da quelli di formazione

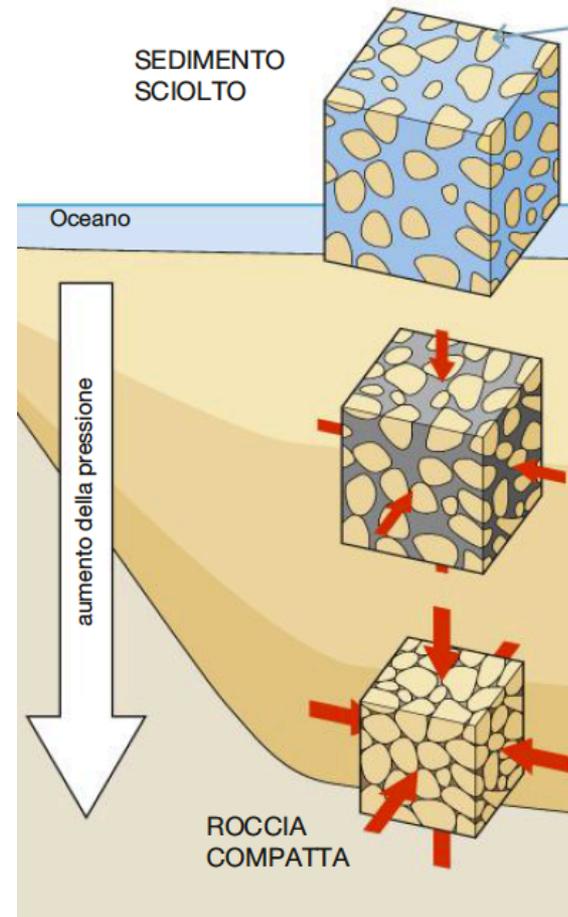
Le rocce sedimentarie

- i granuli si depositano accumulandosi gli uni sugli altri e formando depositi sedimentari come spiagge, fanghi o argille. I granuli si compattano man mano che le deposizioni si susseguono.



Le rocce sedimentarie

- nei sedimenti gli spazi fra i granuli sono percorsi da acqua ricca di sali disciolti che lentamente si depositano sulla superficie dei clasti cementandoli tra loro. Si forma così roccia compatta.



Le rocce sedimentarie

Rocce sedimentarie clastiche comuni sono le **arenarie**, con granulometria tipica della sabbia. Sono molto resistenti e usate sin dall'antichità per costruire edifici e monumenti.

Le rocce **piroclastiche** come il tufo, sono composte da lapilli, polveri e ceneri depositate in seguito a esplosioni vulcaniche e successivamente compattate e cementate.



arenaria



tufo

Le rocce sedimentarie

Le rocce organogene

Nei fondali marini si depositano naturalmente valve di molluschi, scheletri di spugne, gusci di microrganismi e altri resti di organismi marini.

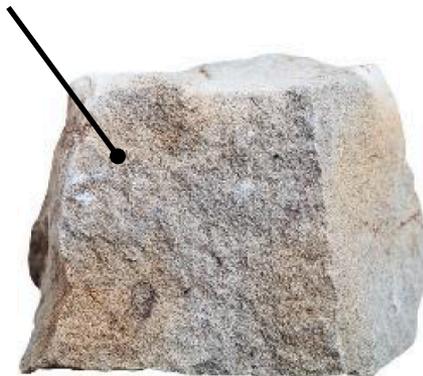
La cementificazione di tali sedimenti dà origine a rocce sedimentarie organogene, come i **calcari fossiliferi**.

Le rocce sedimentarie

I **calcari organogeni** si formano per azione delle colonie coralline e per la successiva litificazione.

I **carboni fossili** si generano dalla decomposizione in assenza di ossigeno delle parte legnose di piante.

dolomia
(calcare organogeno)



antracite
(carbone fossile)



Le rocce sedimentarie

Le rocce chimiche

L'acqua terrestre contiene sostanze disciolte, che possono precipitare e depositarsi a formare le rocce sedimentarie di origine chimica.

Le **evaporiti** si formano in bacini salati chiusi in cui l'evaporazione non è bilanciata da un adeguato apporto di nuova acqua. Man mano che il bacino si prosciuga si depositano vari strati di minerali.



Le rocce metamorfiche

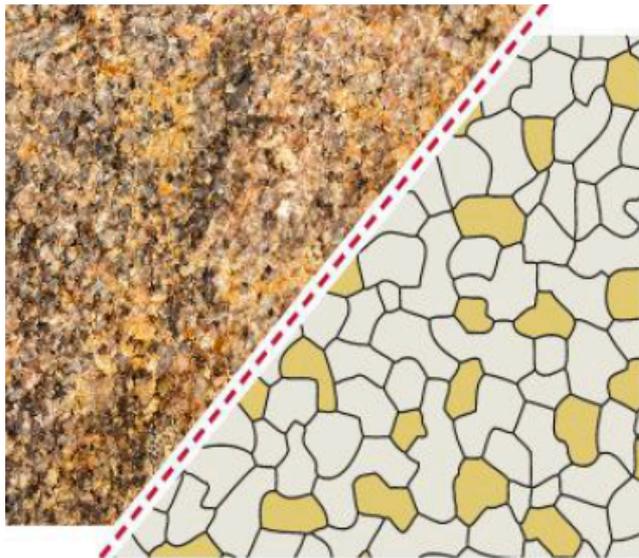
Nelle profondità della litosfera le rocce sono sottoposte a temperature e pressioni elevate e subiscono profonde modifiche che le trasformano in **rocce metamorfiche**.

Le cause più importanti di metamorfismo sono le frizioni che si sviluppano tra masse di roccia adiacenti in movimento reciproco e le alte temperature dovute alla risalita del magma tipica delle zone vulcaniche.

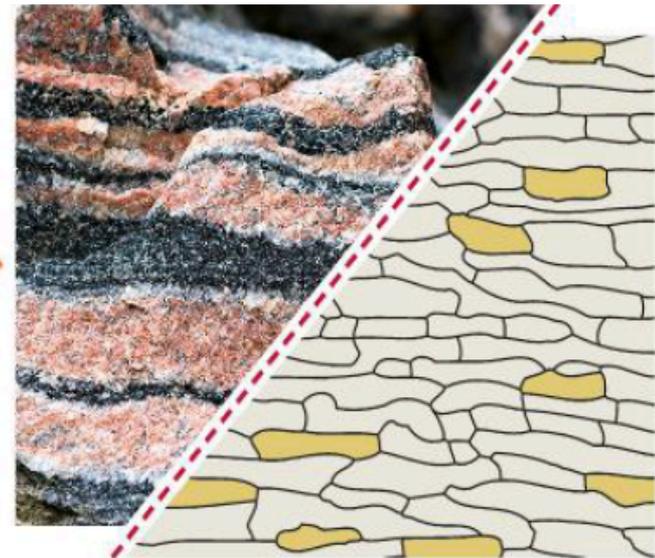
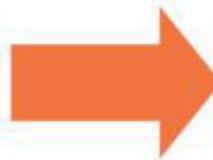
Le rocce metamorfiche in generale sono dure, resistenti, molto dense, impermeabili e non contengono fossili. Per questi motivi hanno trovato largo impiego nelle opere edili, monumenti e sculture.

Le rocce metamorfiche

Lo **gneiss** si forma per metamorfismo dai graniti. Sotto una forte pressione i cristalli divengono più appiattiti e assumono disposizione parallela.



granito



gneiss

Le rocce metamorfiche

Per azione del calore una roccia originariamente microcristallina può generare cristalli più grandi, come nel caso del **marmo**.

L'**ardesia** è la pietra con cui sono costruite le tradizionali lavagne scolastiche e deriva dal metamorfismo di rocce sedimentarie con granuli finissimi.



marmo



ardesia

I suoli

Lo strato più esterno della Terra solida è il **suolo**, che ha natura particellare e appoggia su uno strato solido di roccia.

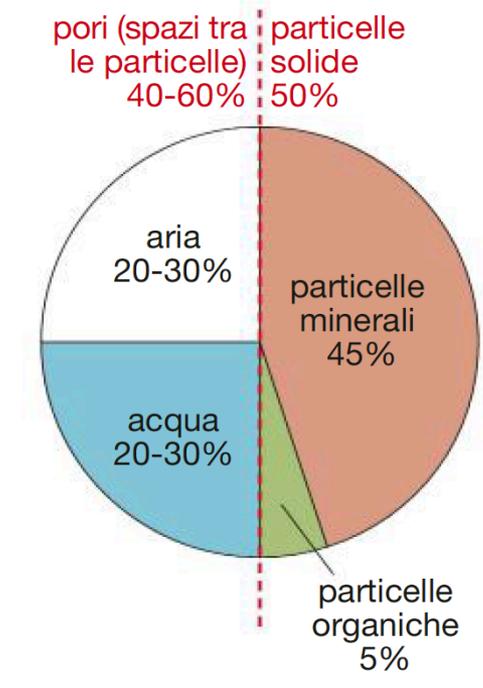
Il suolo è viene comunemente chiamato terreno e la scienza che lo studia è la **pedologia**.

In tutti i suoli ci sono alcuni componenti di base:

- parti solide, frammenti di roccia di varie dimensioni
- parti liquide, acque con sali disciolti
- parti aeriformi, aria e gas di decomposizione

I suoli

- componenti biologici, parti o resti di organismi viventi compresi i microrganismi come batteri e funghi. La componente del suolo che ne è ricca è detta **humus**.



I suoli

In un suolo dall'alto verso il basso si riconoscono vari strati con struttura e composizione diversa detti **orizzonti** e indicati con i simboli **O, A, B,C**, fino alla **roccia madre** sottostante:

- **orizzonte O** o lettiera: è lo strato più esterno, che incorpora resti di organismi viventi. È abbondante nelle foreste.
- **orizzonte A**: è ricco di humus, ha abbondanza di pori occupati dall'aria e dall'acqua e di detriti solidi di varie dimensioni. L'acqua vi si infiltra sciogliendo i componenti solubili e lasciando inalterati quelli insolubili.

I suoli

- **orizzonte B**: i frammenti solidi aumentano di dimensione, mentre diminuiscono i componenti biologici. L'acqua infiltrata negli strati superiori rilascia a questo livello i propri depositi
- **orizzonte C**: l'humus è scomparso quasi del tutto e i frammenti solidi sono progressivamente più grandi
- **roccia madre R**: si trova alla base degli strati sovrastanti. Riceve l'acqua di infiltrazione, che può penetrarvi se la roccia è porosa o fratturata.

I suoli

La **pedogenesi** è il processo di formazione del suolo.

Inizia con la disgregazione della roccia madre da parte degli agenti chimici e fisici.

I detriti sono trasportati dalle acque correnti, mentre le radici delle piante allargano le fratture della roccia. Alla pedogenesi contribuiscono anche funghi, microrganismi e animali invertebrati detti **pedofauna**.

In base alla composizione si distinguono terreni **acidi**, ricchi di silicati, e suoli **alcalini**, con prevalenza di rocce calcaree. Il pH di un suolo determina il tipo di organismi prevalenti in esso.

I suoli

Il comportamento di un suolo rispetto all'azione dell'acqua dipende dalla sua **granulometria**, cioè dalle dimensioni dei granuli di roccia.

I suoli **sabbiosi** sono ricchi di granuli di dimensioni relativamente grandi che l'acqua attraversa facilmente, lasciando i terreni secchi e poveri di sali solubili.

I suoli **argillosi** hanno una grana più fine, le particelle che li compongono sono compatte e trattengono l'acqua.