



RISORSE DIDATTICHE.



[ResearchGate Project](#) By ... 0000-0001-5086-7401 & [Inkd.in/erZ48tm](#)



.....



.....

UNITÀ D6 – I MINERALI E LE ROCCE

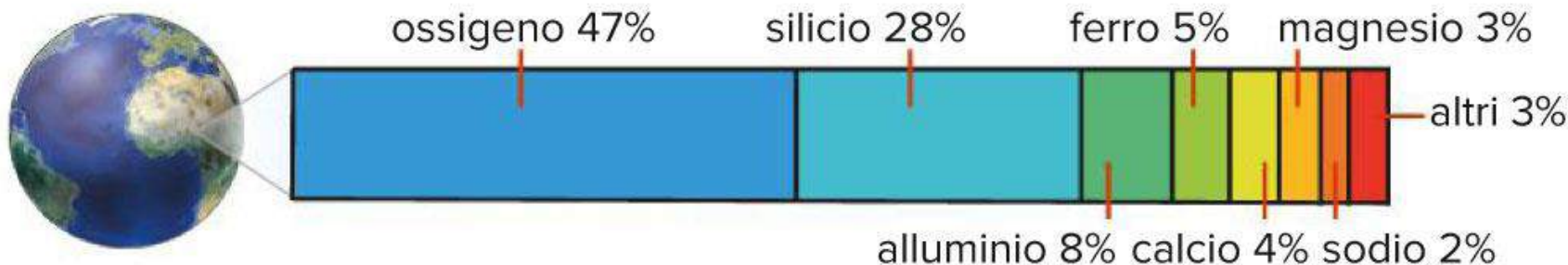
1. Come sono fatti le rocce e i minerali
2. Le rocce magmatiche e le rocce sedimentarie
3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Unità D6 – 1. Come sono fatti le rocce e i minerali

Indice

La maggior parte della **crosta terrestre** è fatta di pochi **elementi chimici**.

Gli elementi chimici nella crosta terrestre



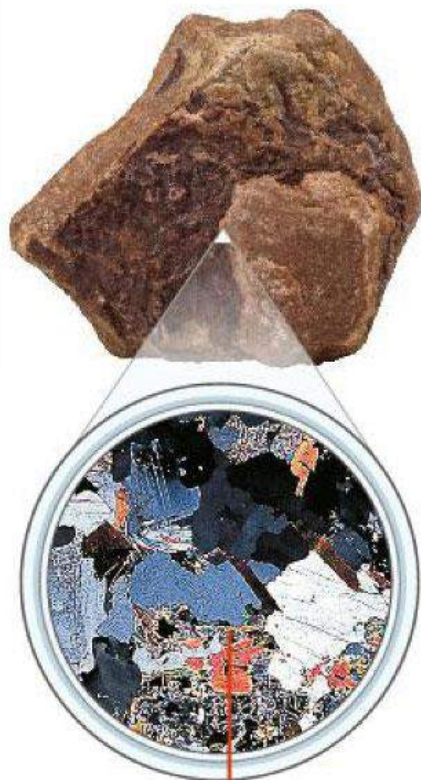
Questi elementi, combinandosi, formano composti solidi chiamati **minerali**.

Esempio: la **sìlice** (SiO_2), composto di **silicio** e **ossigeno**, è alla base dei **silicati**, che sono i minerali più diffusi nella crosta terrestre.

Unità D6 – 1. Come sono fatti le rocce e i minerali

Indice

Le **rocce** sono un'aggregazione di **minerali**, di solito in forma di **cristalli**.



una sezione sottile di roccia,
osservata al **microscopio**, mostra
che essa è formata da **minerali**

Alcune rocce contengono
un solo minerale.

- **esempio:** il **calcare** è fatto di **calcite** (un carbonato di calcio)

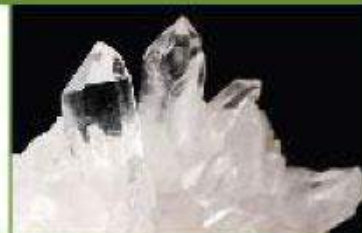
Molte rocce invece sono
l'unione di più minerali.

- **esempio:** il **granito** della foto è formato da **quarzo**, **feldspato di potassio** e **biotite**

Come si formano i minerali?

Per solidificazione

Quando un magma si raffredda, nel sottosuolo oppure dopo essere stato eruttato da un vulcano, nel magma solidificano cristalli tanto più grandi quanto più lento è il raffreddamento.



Per precipitazione

Quando i sali minerali sciolti nell'acqua del mare o di un lago raggiungono la saturazione, essi non possono essere più tenuti in soluzione e allora precipitano, cioè solidificano come cristalli.



Per brinamento

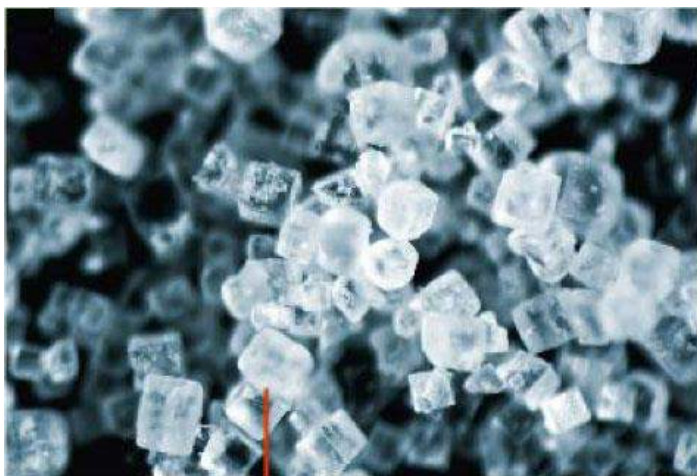
Talvolta una sostanza aeriforme passa direttamente allo stato solido: è ciò che accade per esempio ai cristalli gialli di zolfo che si depositano all'uscita delle fratture e dei camini vulcanici.



Unità D6 – 1. Come sono fatti le rocce e i minerali

Indice

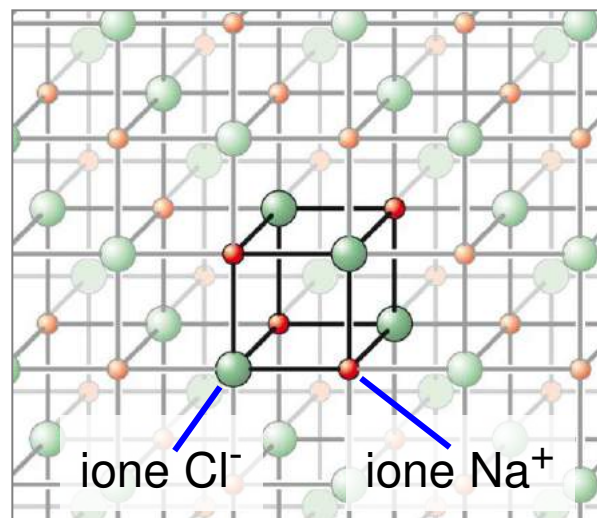
Nei **minerali** gli atomi formano strutture regolari dette **reticoli cristallini**.



granelli di sale al microscopio

I granelli del **sale da cucina** sono **cristalli di forma cubica**.

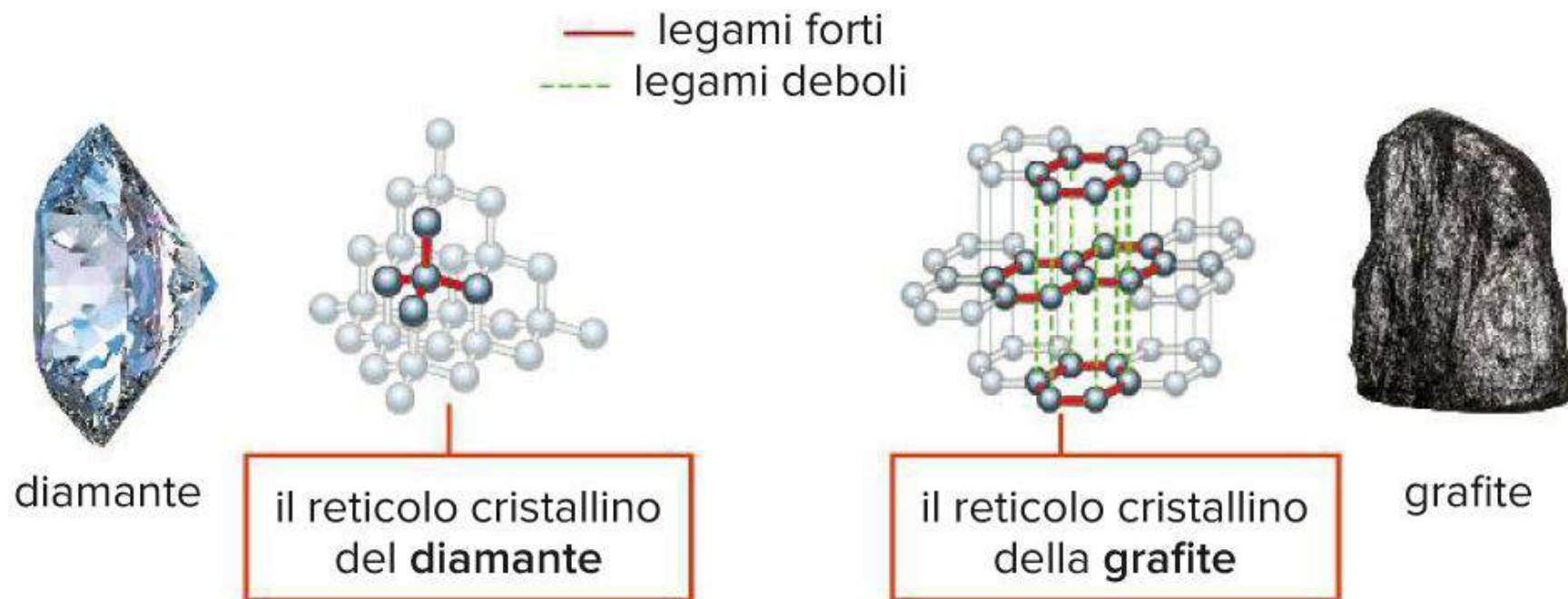
Alla forma del cristallo corrisponde **una precisa disposizione degli atomi** che lo compongono.



Questa è la struttura del **reticolo cristallino** del sale da cucina (chimicamente **cloruro di sodio**).

Il reticolo ha un'**unità di base**, detta **cella elementare**, che si ripete in tutte le direzioni.

La **struttura cristallina** dei minerali determina le loro **proprietà** generali.



Entrambi questi minerali sono fatti esclusivamente di **carbonio**.

Però, a causa del diverso **reticolo cristallino**, hanno **proprietà del tutto diverse**.

Unità D6 – 1. Come sono fatti le rocce e i minerali

Indice

La **durezza dei minerali** si misura con la **scala di Mohs**.

La durezza dei minerali (scala di Mohs)

1 talco 	5 apatite 	9 corindone 
2 gesso 	6 feldspato 	10 diamante 
3 calcite 	7 quarzo 	
4 fluorite 	8 topazio 	




Ogni minerale scalfisce quelli che lo precedono,
mentre è scalfito dai minerali che seguono.

Unità D6 – 1. Come sono fatti le rocce e i minerali

Indice

I minerali della crosta terrestre.

Le specie e varietà di minerali conosciute sono oltre 4000, ma quelli che formano la grande maggioranza delle rocce sono una ventina.

silicati	<p>Sono i minerali più diffusi nella crosta terrestre. Dal punto di vista chimico sono composti dell'ossigeno e del silicio insieme ad alluminio, magnesio, ferro, sodio e potassio.</p> <p>Il più abbondante è il <i>quarzo</i> (ossido di silicio). Altri silicati sono i <i>pirosseni</i>, gli <i>anfibioli</i>, i <i>feldspati</i> come il <i>plagioclasio</i>, le <i>miche</i> come la <i>biotite</i> e tutti i minerali argillosi.</p>		<i>quarzo</i>
ossidi e idrossidi	<p>Sono minerali formati dalla combinazione di uno o più metalli con l'ossigeno (talvolta <i>idratati</i>, cioè contenenti acqua).</p> <p>Sono esempi comuni di ossidi l'<i>ematite</i> (ossido di ferro), la <i>cassiterite</i> (ossido di stagno) e la <i>limonite</i> (ossido idrato di ferro).</p>		<i>ematite</i>
solfuri	<p>Sono minerali formati dalla combinazione dello zolfo con uno o più metalli. Sono solfuri per esempio la <i>pirite</i> (solfuro di ferro), la <i>blenda</i> (solfuro di zinco), la <i>galena</i> (solfuro di piombo) e la <i>calcopirite</i> (solfuro di rame e ferro).</p>		<i>pirite</i>

(continua)




Unità D6 – 1. Come sono fatti le rocce e i minerali

Indice

I minerali della crosta terrestre.

Le specie e varietà di minerali conosciute sono oltre 4000, ma quelli che formano la grande maggioranza delle rocce sono una ventina.

(continua)

solfati	Sono minerali formati dalla combinazione dell'ossigeno e dello zolfo con uno o più metalli. Esempi di solfati sono l' <i>anglesite</i> (solfato di piombo), la <i>barite</i> (solfato di bario), il <i>gesso</i> (solfato di calcio idrato) e l' <i>anidrite</i> (solfato di calcio).		<i>barite</i>
carbonati	Sono minerali formati dalla combinazione dell'ossigeno e del carbonio con uno o più elementi. Tra i carbonati ci sono la <i>calcite</i> e l' <i>aragonite</i> (carbonati di calcio), la <i>dolomite</i> (carbonato doppio di calcio e magnesio) e la <i>cerussite</i> (carbonato di piombo).		<i>calcite</i>
aloidi o alogenuri	Sono minerali formati dalla combinazione di un elemento chimico alogeno (come il cloro, il fluoro o lo iodio) con un metallo. Sono aloidi per esempio l' <i>alite</i> o <i>salgemma</i> (cloruro di sodio) e la <i>fluorite</i> (fluoruro di calcio).		<i>fluorite</i>

Le **rocce magmatiche** o **igne** si formano attraverso **processi endogeni**.



Queste rocce derivano dal **raffreddamento** del magma **nel sottosuolo** (**rocce intrusive**) o della lava eruttata dai vulcani (**rocce effusive**).

classificazione delle rocce magmatiche	concentrazione di silice (SiO_2)
basiche	tra il 45% e il 52%
neutre	tra il 52% e il 65%
acide	maggiore del 65%

Le **rocce magmatiche** o **igne** si formano attraverso **processi endogeni**.

I minerali che formano il granito



Le rocce magmatiche **intrusive**:

- sono fatte di **cristalli visibili a occhio nudo**
- si formano quando **il magma non riesce a uscire in superficie** e solidifica **raffreddandosi molto lentamente**.

Il **granito** è una roccia **intrusiva** acida.

Le **rocce magmatiche** o **igne** si formano attraverso **processi endogeni**.



Le rocce magmatiche **effusive**:

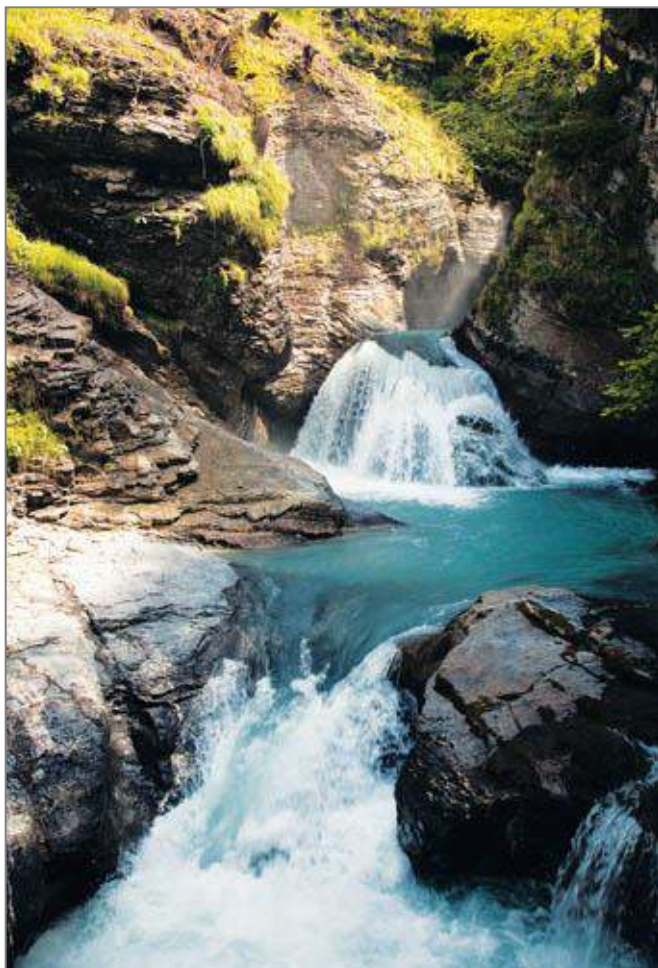
- si formano quando **il magma sale fino alla superficie** ed è eruttato come **lava**
- la lava **si raffredda molto rapidamente** e i cristalli minerali non fanno in tempo a crescere.

Queste colonne di **basalto** sono il risultato del rapido raffreddamento di una colata di lava.

Unità D6 – 2. Le rocce magmatiche e le rocce sedimentarie

Indice

Le **rocce sedimentarie** sono il risultato di **processi esogeni**.



I **detriti** prodotti dall'**erosione**, trasportati da torrenti e fiumi, finiscono nei **bacini sedimentari**: qui lentamente la **diagenesi** li trasforma in **rocce sedimentarie**.

La sequenza dunque è:

1. **erosione**
2. **trasporto**
3. **sedimentazione**
4. **diagenesi**
5. **roccia sedimentaria**

Unità D6 – 2. Le rocce magmatiche e le rocce sedimentarie

Indice

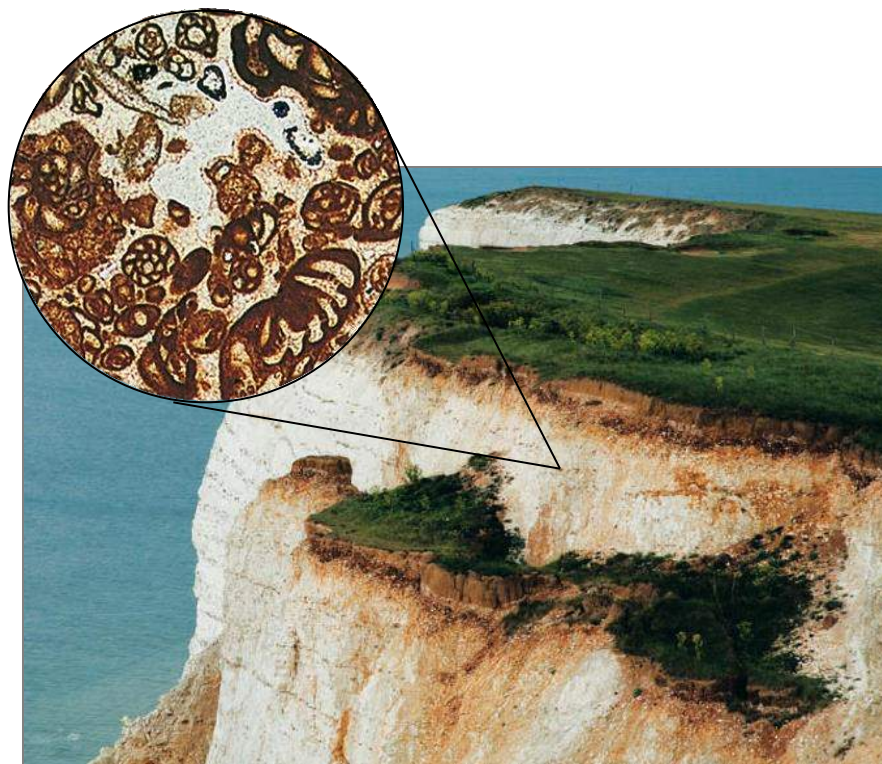
Le **rocce sedimentarie** sono il risultato di **processi esogeni**.

I frammenti delle rocce disgregate dall'erosione sono detti **clasti**.

Le **rocce sedimentarie clastiche** sono fatte di clasti cementati insieme.

rocce sedimentarie clastiche	derivano dal consolidamento di	dimensione dei granelli o clasti
argilliti	argille o fanghi	minori di 0,1 mm (non distinguibili a occhio nudo)
arenarie	sabbie	da 0,1 a 2 mm
conglomerati (o brecce)	ghiaie	maggiori di 2 mm

Le rocce sedimentarie sono di due tipi: **chimiche** oppure **organogene**.



Queste **scogliere calcaree** del sud dell'Inghilterra hanno **origine organica**: contengono miriadi di microscopiche conchiglie.

rocce sedimentarie chimiche:

- si formano dalla **precipitazione dei minerali sciolti nei mari, nei laghi o nei fiumi**
- esempi: **calcari, dolomie, travertini, rocce saline**

rocce sedimentarie organogene:

- sono il risultato dell'**accumulo di organismi animali o vegetali**
- esempi: **carboni fossili, petrolio**

Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Le **rocce metamorfiche** si formano come risultato di una **metamorfosi** (trasformazione) di rocce preesistenti.

Il **metamorfismo** può essere causato dal **contatto** oppure dalla **pressione**.

Per effetto del **metamorfismo da contatto**, per esempio:

- le **arenarie** si trasformano in **quarziti**, rocce molto dure;
- i **calcari** diventano **marmo**, una roccia compatta con striature dovute a impurità.



Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Le **rocce metamorfiche** si formano come risultato di una **metamorfosi** (trasformazione) di rocce preesistenti.

Il metamorfismo dovuto alla **pressione**:

- **modifica la struttura delle rocce sepolte** sotto pesanti strati di sedimenti
- piega le rocce, sotto la spinta dei **movimenti tettonici**, producendo la **scistosità**: la roccia si suddivide in «fogli» paralleli tra loro



un esempio di
scisto metamorfico

Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

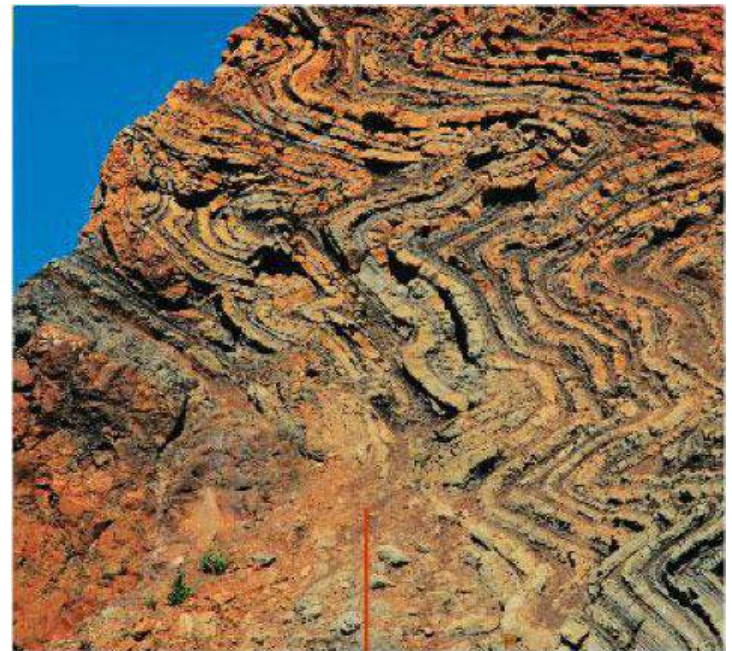
Indice

Le **rocce metamorfiche** si formano come risultato di una **metamorfosi** (trasformazione) di rocce preesistenti.

Esempi di metamorfismo dovuto alla **pressione**:



un esempio di **gneiss**,
una roccia metamorfica

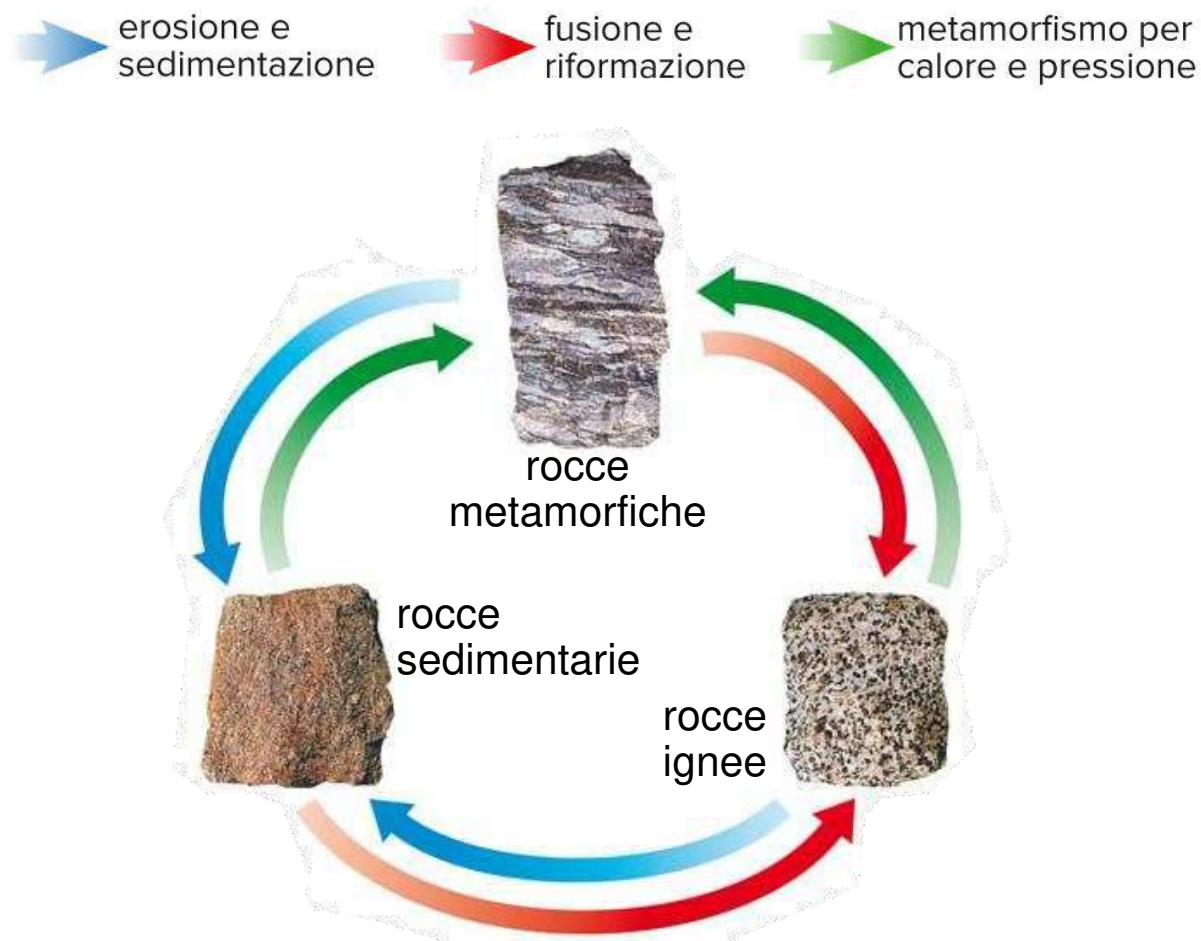


rocce piegate dalle
spinte tettoniche

Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

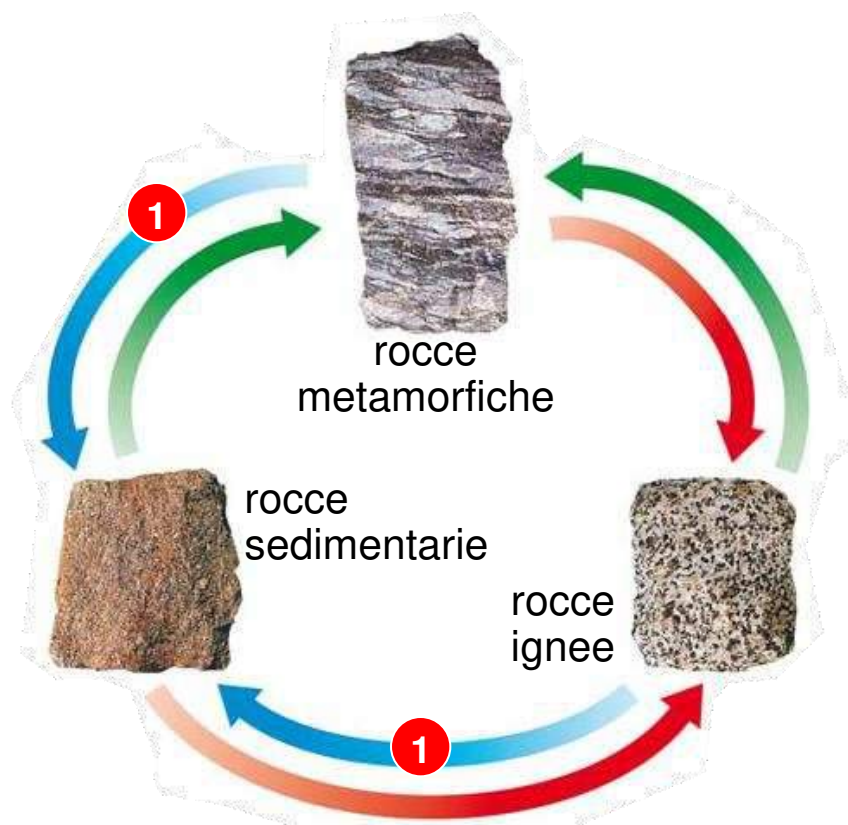
Il ciclo delle rocce lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.



Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Il **ciclo delle rocce** lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.

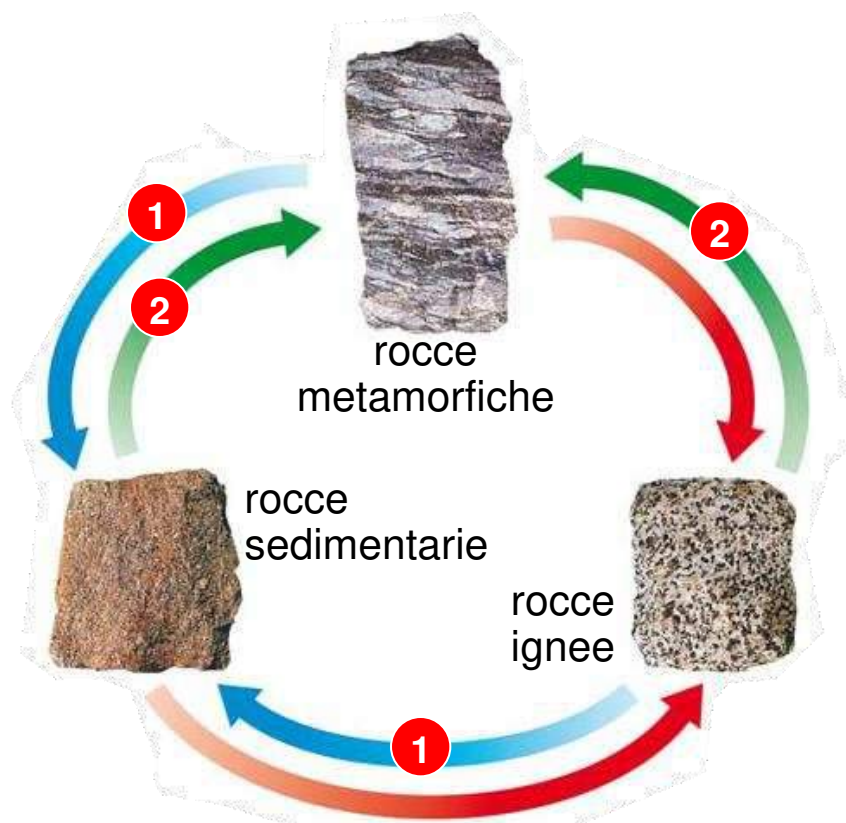


1 l'erosione di rocce ignee e metamorfiche genera **rocce sedimentarie**

Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Il **ciclo delle rocce** lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.



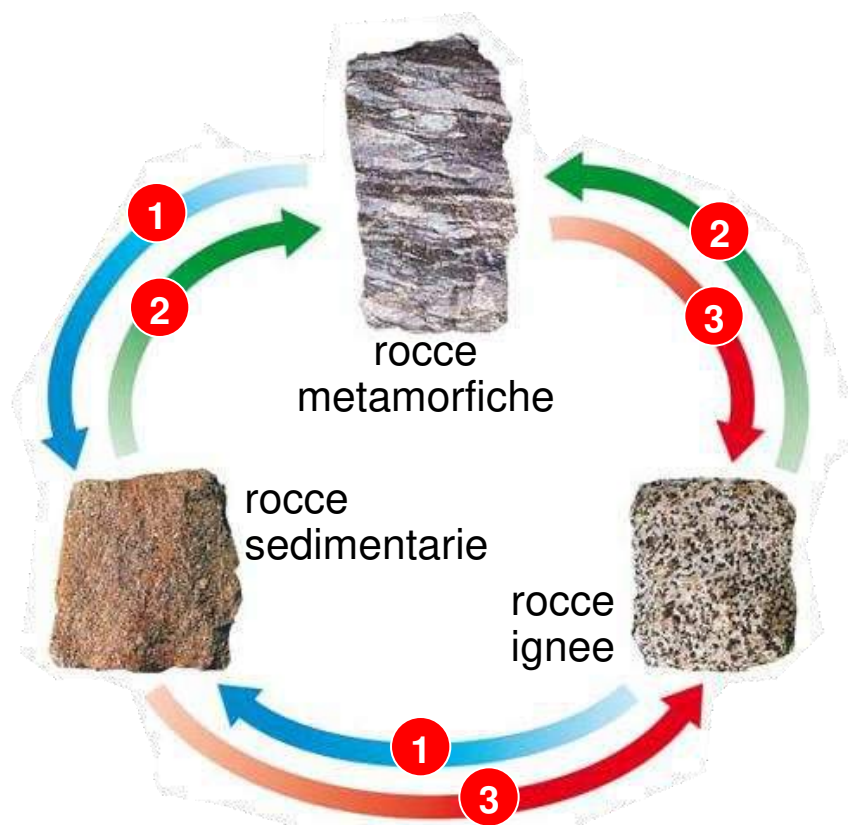
1 l'erosione di rocce ignee e metamorfiche genera **rocce sedimentarie**

2 il calore e la pressione trasformano le **rocce sedimentarie** e ignee in **rocce metamorfiche**

Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Il **ciclo delle rocce** lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.



1 l'erosione di rocce ignee e metamorfiche genera **rocce sedimentarie**

2 il calore e la pressione trasformano le **rocce sedimentarie** e ignee in **rocce metamorfiche**

3 i processi tettonici fanno fondere le **rocce sedimentarie** e quelle **metamorfiche**, formando nuove **rocce ignee**

Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Il **ciclo delle rocce** lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.



Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

Indice

Il **ciclo delle rocce** lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.



Unità D6 – 3. Le rocce metamorfiche e il ciclo delle rocce

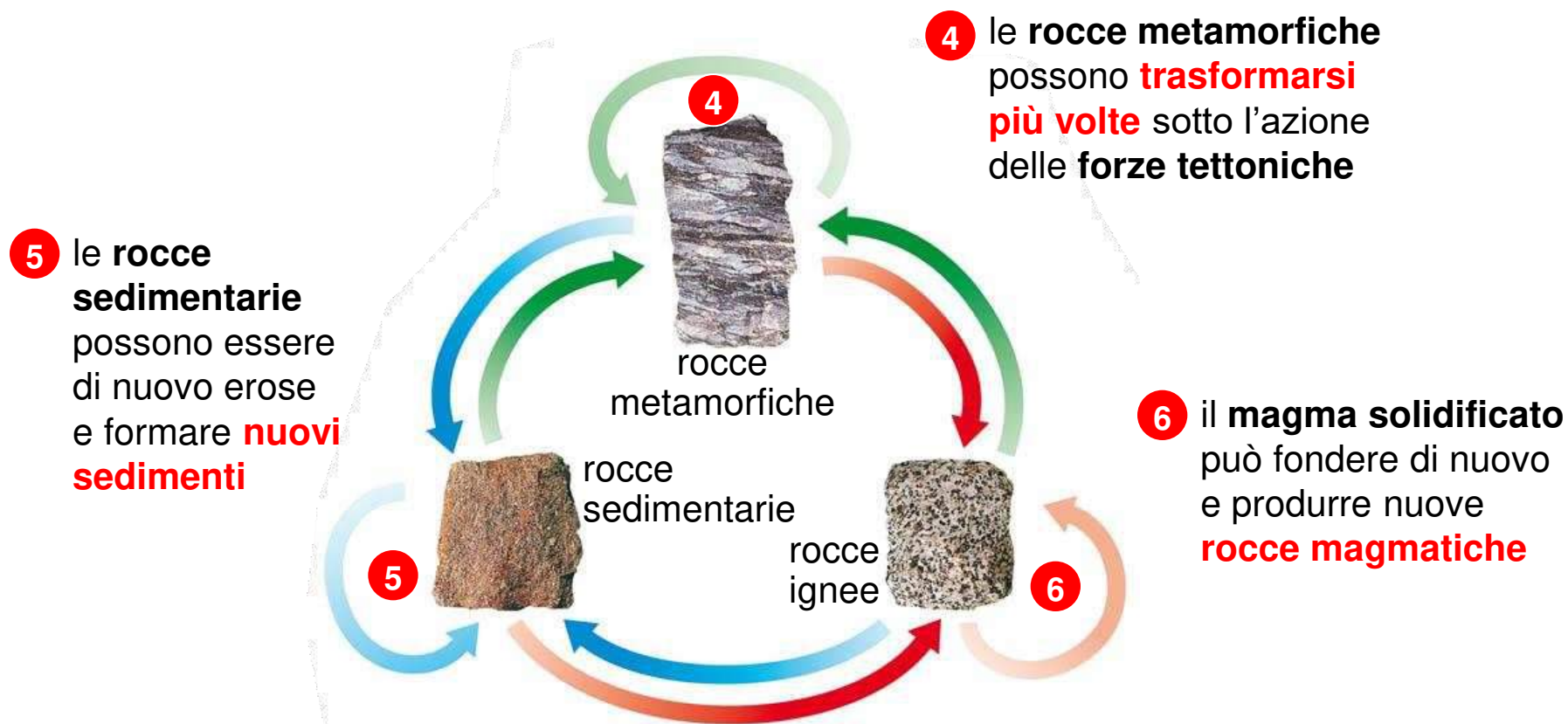
Indice

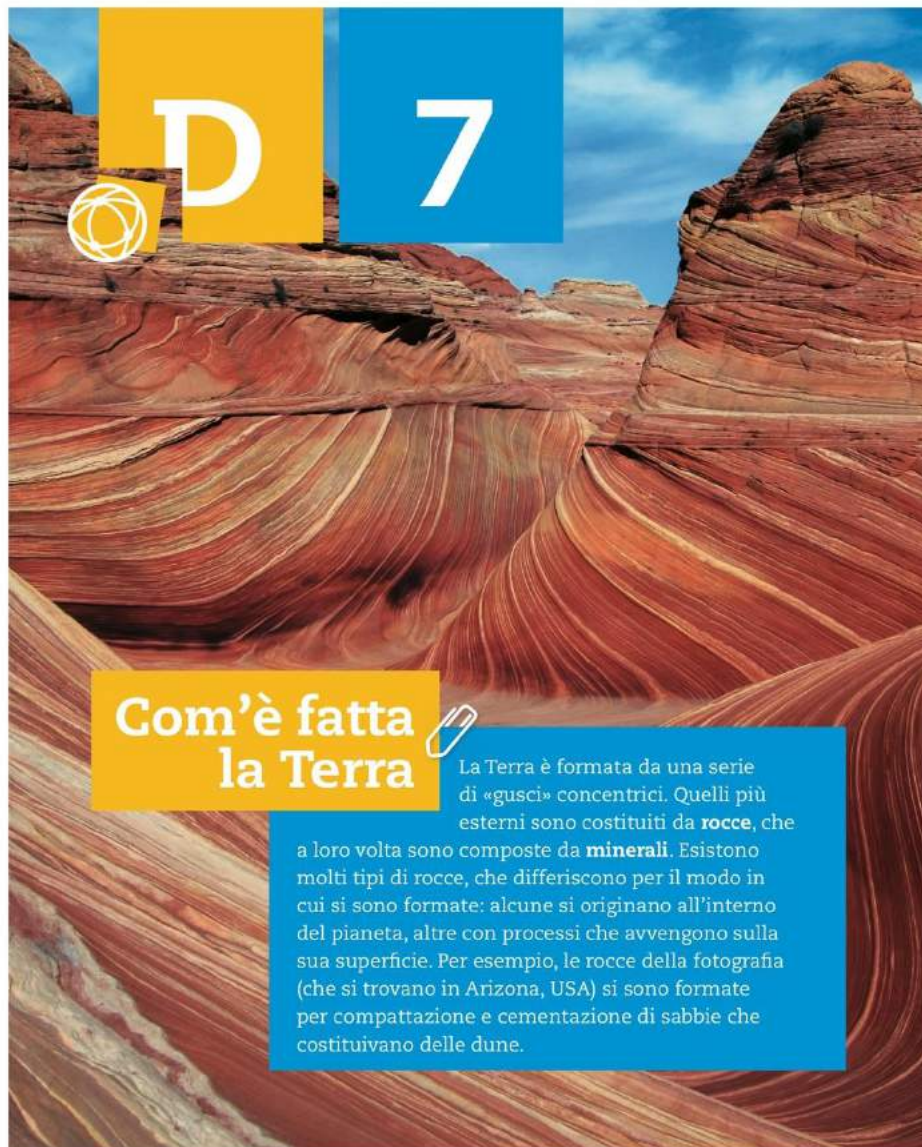
Il **ciclo delle rocce** lentamente modifica e rinnova la crosta terrestre.

erosione e
sedimentazione

fusione e
riformazione

metamorfismo per
calore e pressione



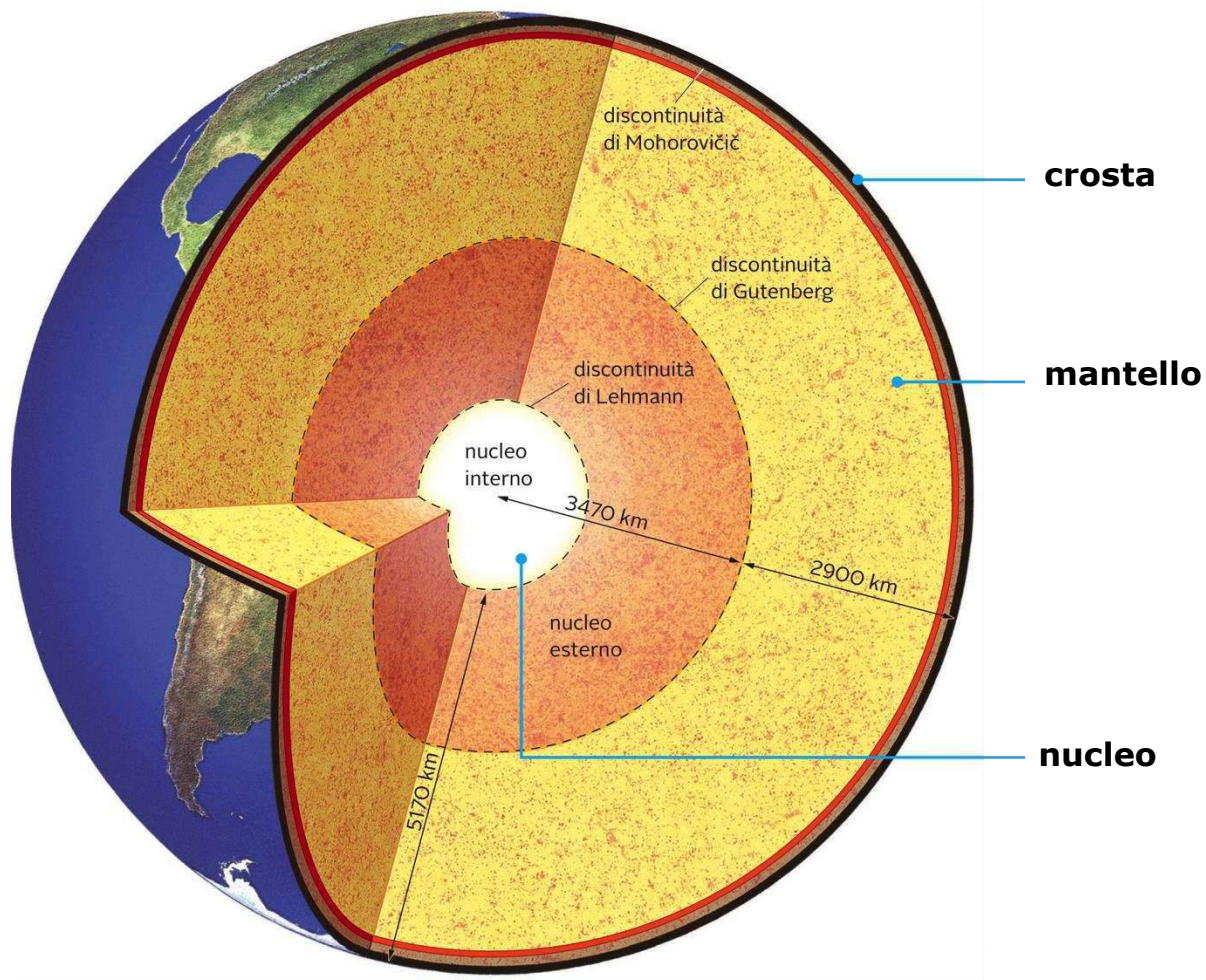


Com'è fatta la Terra

La Terra è formata da una serie di «gusci» concentrici. Quelli più esterni sono costituiti da **rocce**, che a loro volta sono composte da **minerali**. Esistono molti tipi di rocce, che differiscono per il modo in cui si sono formate: alcune si originano all'interno del pianeta, altre con processi che avvengono sulla sua superficie. Per esempio, le rocce della fotografia (che si trovano in Arizona, USA) si sono formate per compattazione e cementazione di sabbie che costituivano delle dune.

1. Un pianeta fatto a strati

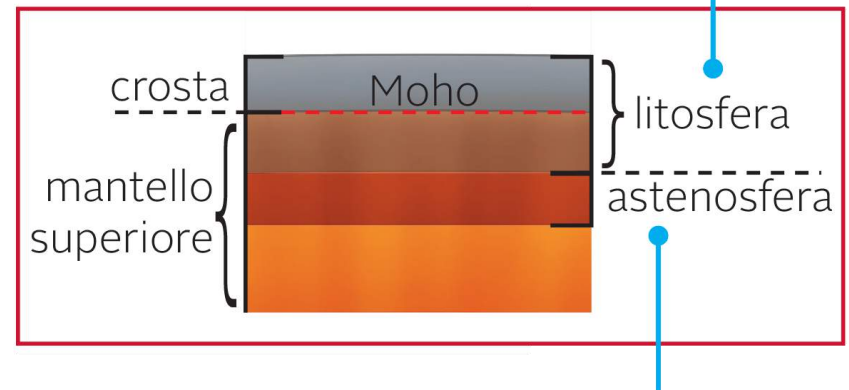
La Terra è costituita da involucri concentrici.



1. Un pianeta fatto a strati

La crosta e la parte solida più esterna del mantello (al di sopra dell'astenosfera) sono chiamate nell'insieme **litosfera**.

La **litosfera** è l'insieme delle rocce della crosta e di quelle del primo strato del mantello (costituito anch'esso da rocce allo stato solido).

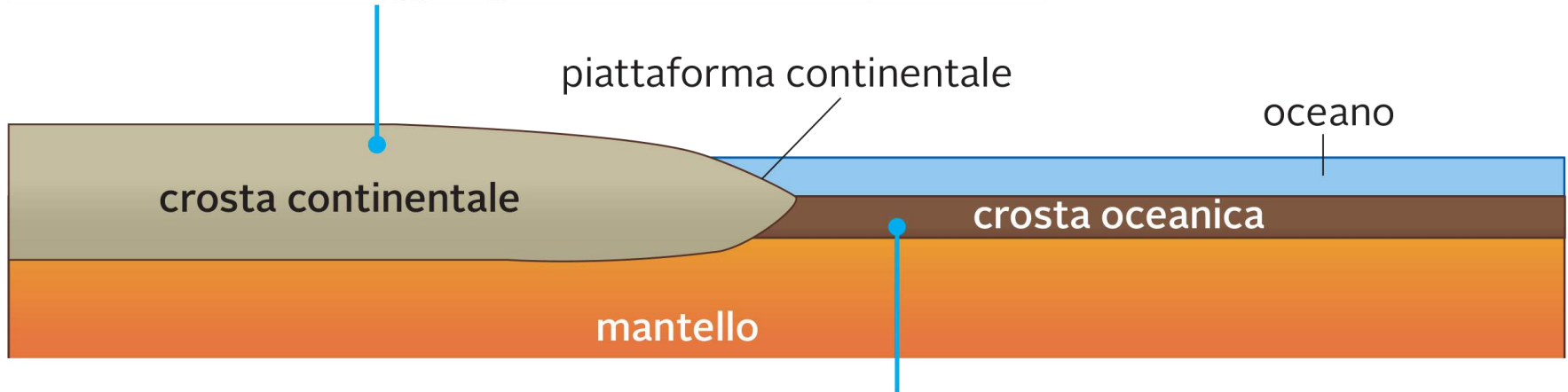


Sotto al primo strato del mantello (tra i 70 e i 250 km di profondità) c'è l'*astenosfera*, dove le rocce si trovano mescolate: allo stato solido e a quello fluido. Al di sotto dell'astenosfera le rocce del mantello sono di nuovo completamente solide.

1. Un pianeta fatto a strati

Come è fatta la crosta terrestre?

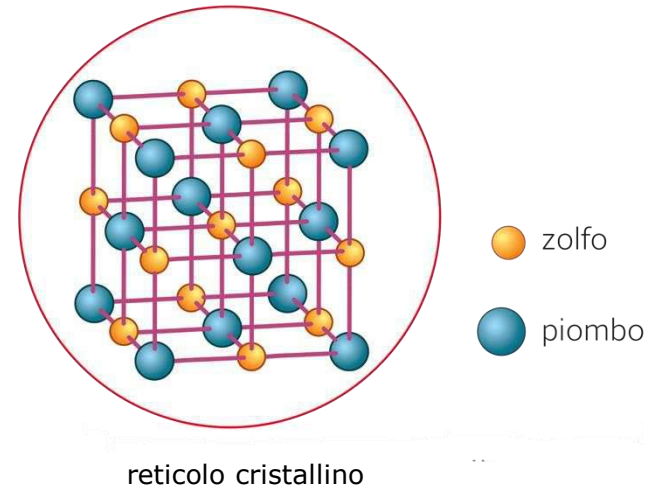
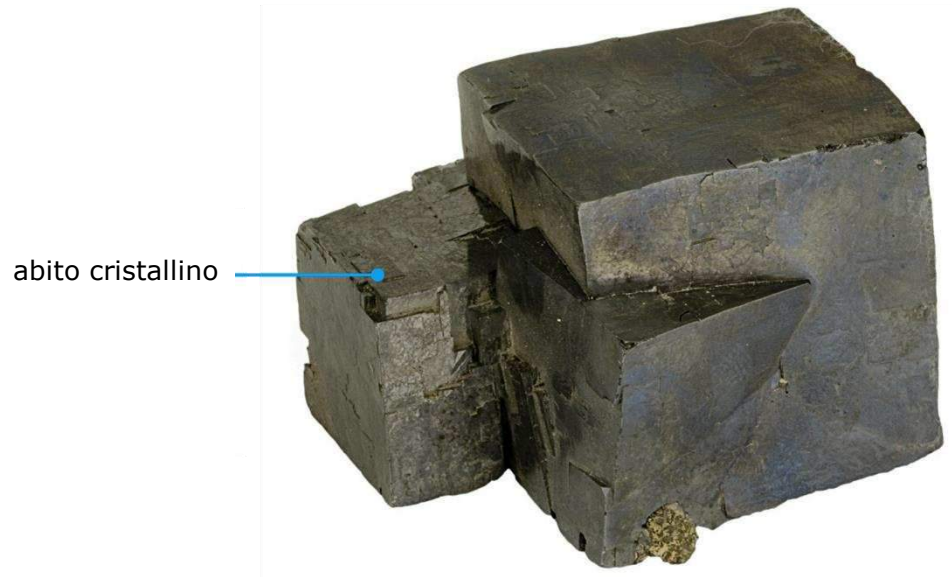
La **crosta continentale** ha uno spessore medio di 35 km, ma in alcuni punti, per esempio in corrispondenza delle catene montuose, raggiunge anche i 70 km di spessore.



La **crosta oceanica** ha uno spessore medio di 6-7 km.

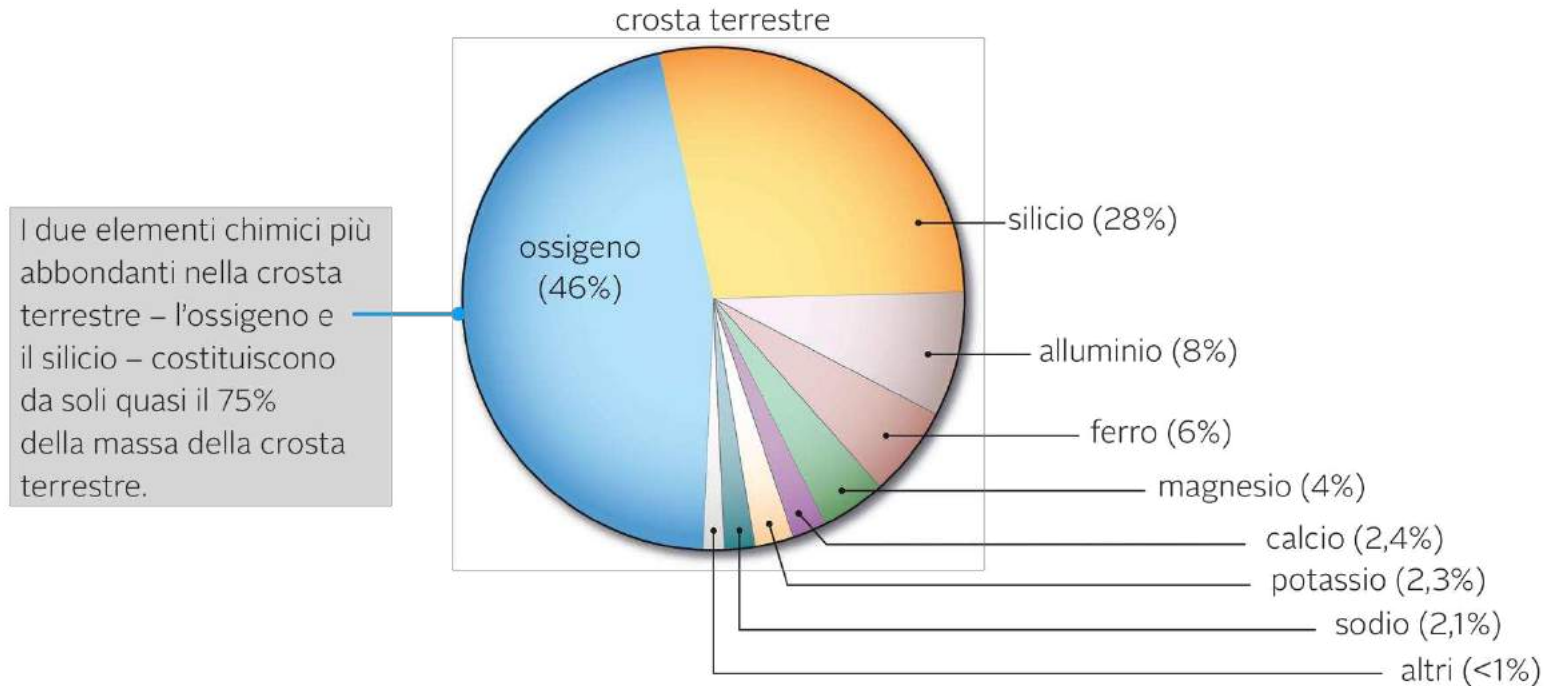
2. I minerali

La forma del reticolo cristallino cambia a seconda di quali sono gli atomi che compongono il minerale e si riflette anche sull'**abito cristallino** del minerale, cioè sulla sua forma esterna visibile.



2. I minerali

I minerali più comuni nelle rocce della crosta terrestre sono i **silicati**, un gruppo di minerali composti da silicio (Si) e ossigeno (O).



2. I minerali

I minerali si riconoscono in base ad alcune proprietà fisiche.

1. Il colore è utile, ma non sempre.

Esistono infatti minerali che presentano colori diversi per le impurità presenti nel reticolo cristallino.



Il *quarzo* è in genere trasparente ma può assumere un **colore** diverso a seconda degli elementi intrappolati all'interno del reticolo cristallino.

2. I minerali

2. La **lucentezza** è il modo con cui un minerale riflette la luce. Può essere *metallica*, come per esempio nell'oro, o *non metallica*, nei minerali opachi e in quelli più o meno trasparenti, come il quarzo.



L'*ematite* è un minerale contenente ferro che presenta una tipica **lucentezza** metallica.



2. I minerali

3. La **durezza** è la resistenza che un minerale oppone quando si prova a scalfirlo.



Il *corindone* è un minerale di **durezza** elevata, di cui esistono diverse varietà (come il rubino, lo zaffiro, il topazio e lo smeraldo).

2. I minerali

Scala di Mohs della durezza				
1	talco	TENERI (scalfiti dall'unghia)		Il <i>talco</i> è un minerale tenero, che viene scalfito con l'unghia.
2	gesso			
3	calcite	SEMI DURI (scalfiti dall'acciaio)		La <i>fluorite</i> è un minerale semi duro, che viene scalfito dall'acciaio.
4	fluorite			
5	apatite			
6	ortoclasio	DURI (non scalfiti dall'acciaio)		Il <i>diamante</i> è il minerale più duro in assoluto e viene tagliato (lungo venature naturali del cristallo) usando lame ricoperte di polvere di diamante.
7	quarzo			
8	topazio			
9	corindone			
10	diamante			

2. I minerali

4. La **sfaldatura** è la tendenza di un minerale a rompersi lungo delle superfici parallele, dette *piani di sfaldatura*.



La *muscovite* è un minerale che presenta dei piani di **sfaldatura** paralleli tra loro e si rompe quindi in lamine sottili.

2. I minerali

5. La **densità** è dovuta al grado di compattezza degli atomi all'interno del reticolo cristallino: più gli atomi sono vicini, maggiore è la densità del minerale.



L'oro ha una **densità** molto elevata: 19 g/cm^3 (quasi il triplo del ferro).

3. La classificazione dei minerali

1. Nei **silicati** gli atomi sono disposti a forma di *tetraedro*, un solido con 4 facce triangolari, in cui 4 atomi di ossigeno si trovano ai vertici e un atomo di silicio si trova al centro.



I **silicati** sono i minerali più abbondanti nelle rocce della crosta terrestre, ma sono presenti anche al di fuori della crosta; per esempio, l'*olivina* è molto comune nelle rocce del mantello.

3. La classificazione dei minerali

2. Gli **ossidi** sono minerali in cui l'ossigeno è combinato con elementi metallici (come ferro, alluminio, stagno ecc.).



Il *rubino* è un **ossido** di alluminio; nella varietà limpida è una gemma preziosa.

3. La classificazione dei minerali

3. I **carbonati** sono minerali in cui l'ossigeno è combinato con il carbonio e forma lo ione carbonato (CO_3^{2-}).



La *calcite* è un **carbonato** molto comune, utilizzato in molte applicazioni industriali (nei materiali da costruzione).

3. La classificazione dei minerali

4. I **solfat**i sono minerali in cui l'ossigeno è combinato con lo zolfo nello ione solfato (SO_4^{2-}).



Il gesso è un **solfato** di calcio, che può avere colori diversi; le «rose del deserto» sono aggregati di cristalli di gesso di colore arancio intenso.

3. La classificazione dei minerali

5. I fosfati sono minerali in cui l'ossigeno è combinato con il fosforo nello ione fosfato (PO_4^{3-}).



L'*apatite* è un **fosfato** di calcio che può presentare dei cristalli di colore giallo, ma talvolta anche bianchi, verdastri o violacei.

3. La classificazione dei minerali

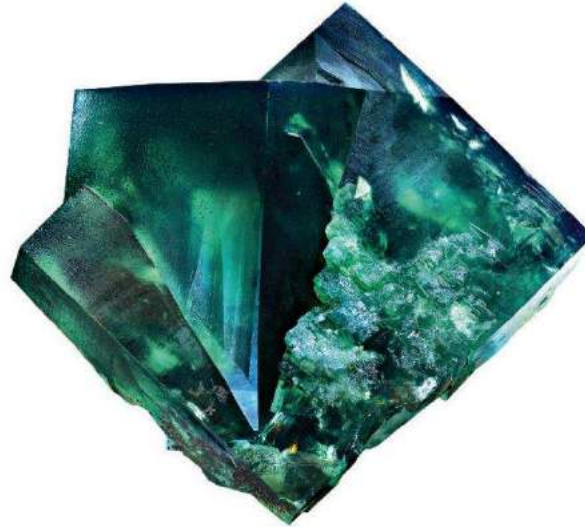
6. I **solfuri** sono minerali in cui lo zolfo si combina con vari elementi metallici.



La *pirite*, che per il suo aspetto simile all'oro è soprannominata «oro degli sciocchi», è un **solfuro** di ferro.

3. La classificazione dei minerali

7. Gli **alogenuri** sono formati da un elemento appartenente al gruppo degli alogeni (come cloro, fluoro, bromo ecc.) combinato con un metallo.



La *fluorite*, fluoruro di calcio, è un **alogenuro**; può assumere diversi colori a seconda delle impurità presenti.

3. La classificazione dei minerali

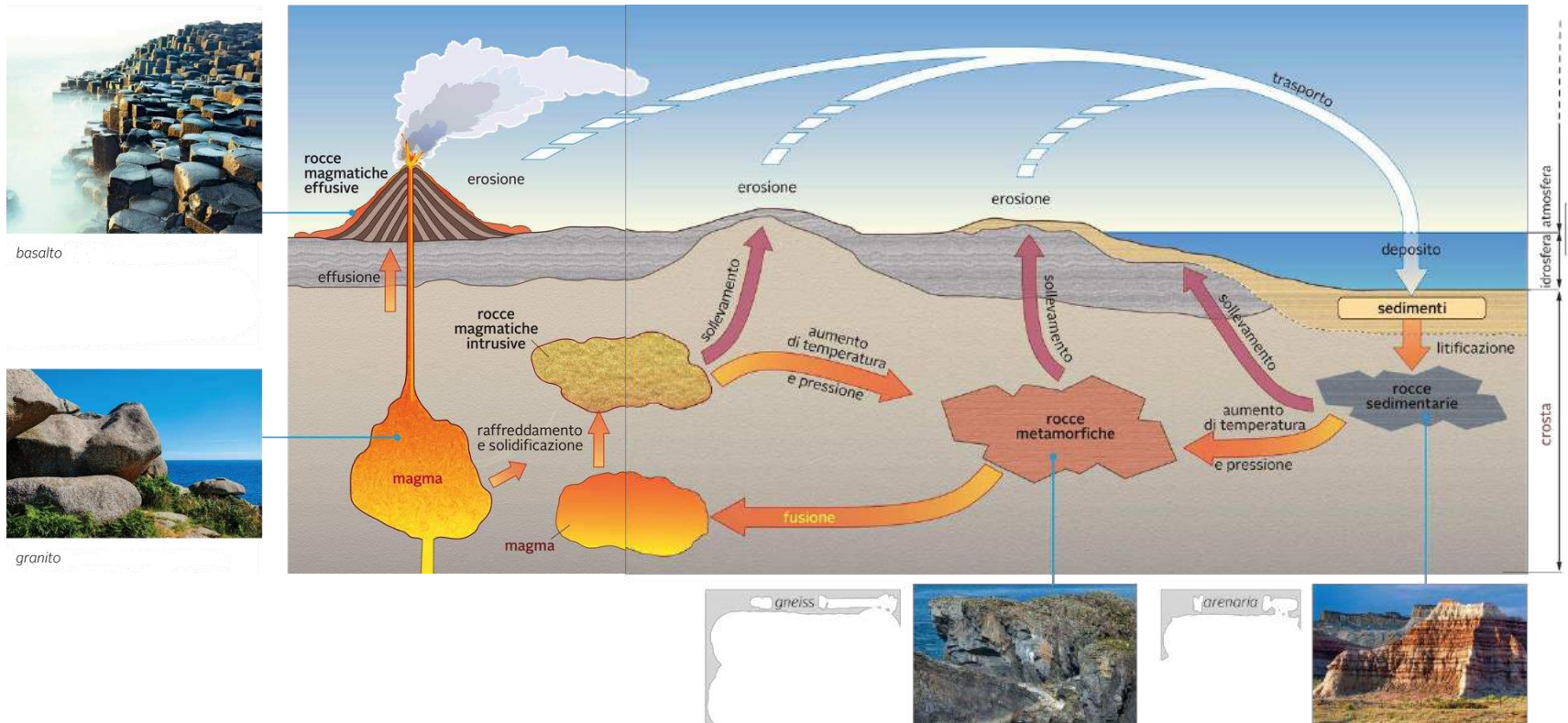
8. Gli **elementi allo stato nativo** sono minerali in cui un solo elemento si trova allo stato puro.



Lo *zolfo* si trova come **elemento nativo** nei pressi delle bocche secondarie dei vulcani.

4. Le rocce

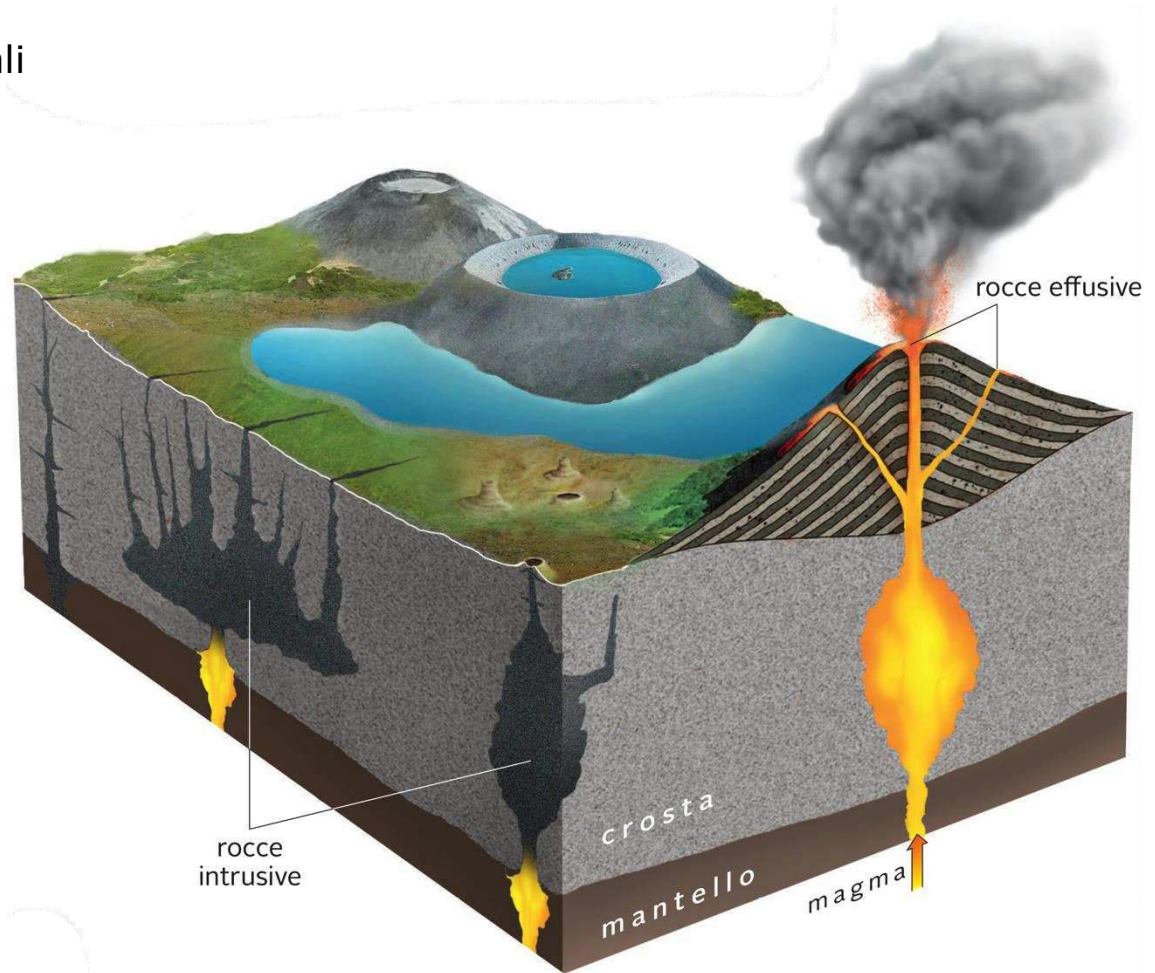
Le rocce sono classificate in base ai processi che hanno portato alla loro formazione.



5. Le rocce magmatiche

In base alle condizioni nelle quali il magma si è solidificato, si distinguono due tipi di rocce magmatiche.

1. Le **rocce magmatiche intrusive**
2. Le **rocce magmatiche effusive**



5. Le rocce magmatiche



Il **granito** è la roccia magmatica intrusiva più comune; è ricca di silicio e i cristalli che la compongono sono riconoscibili a occhio nudo.

5. Le rocce magmatiche



Il **basalto** è la roccia magmatica effusiva più comune; si forma dal magma che fuoriesce sulla superficie terrestre e sul fondo degli oceani durante le eruzioni vulcaniche.

5. Le rocce magmatiche



L'**ossidiana** è una roccia magmatica effusiva di tipo amorfo.

5. Le rocce magmatiche



Questa strada è pavimentata con blocchetti di *porfido*, una roccia magmatica effusiva che si spacca facilmente in forma di parallelepipedo.

5. Le rocce magmatiche



La *pomice* è una roccia magmatica effusiva di tipo amorfo, ricca di cavità formate da bolle di gas uscito dal magma mentre solidificava. Viene utilizzata in cosmetica.

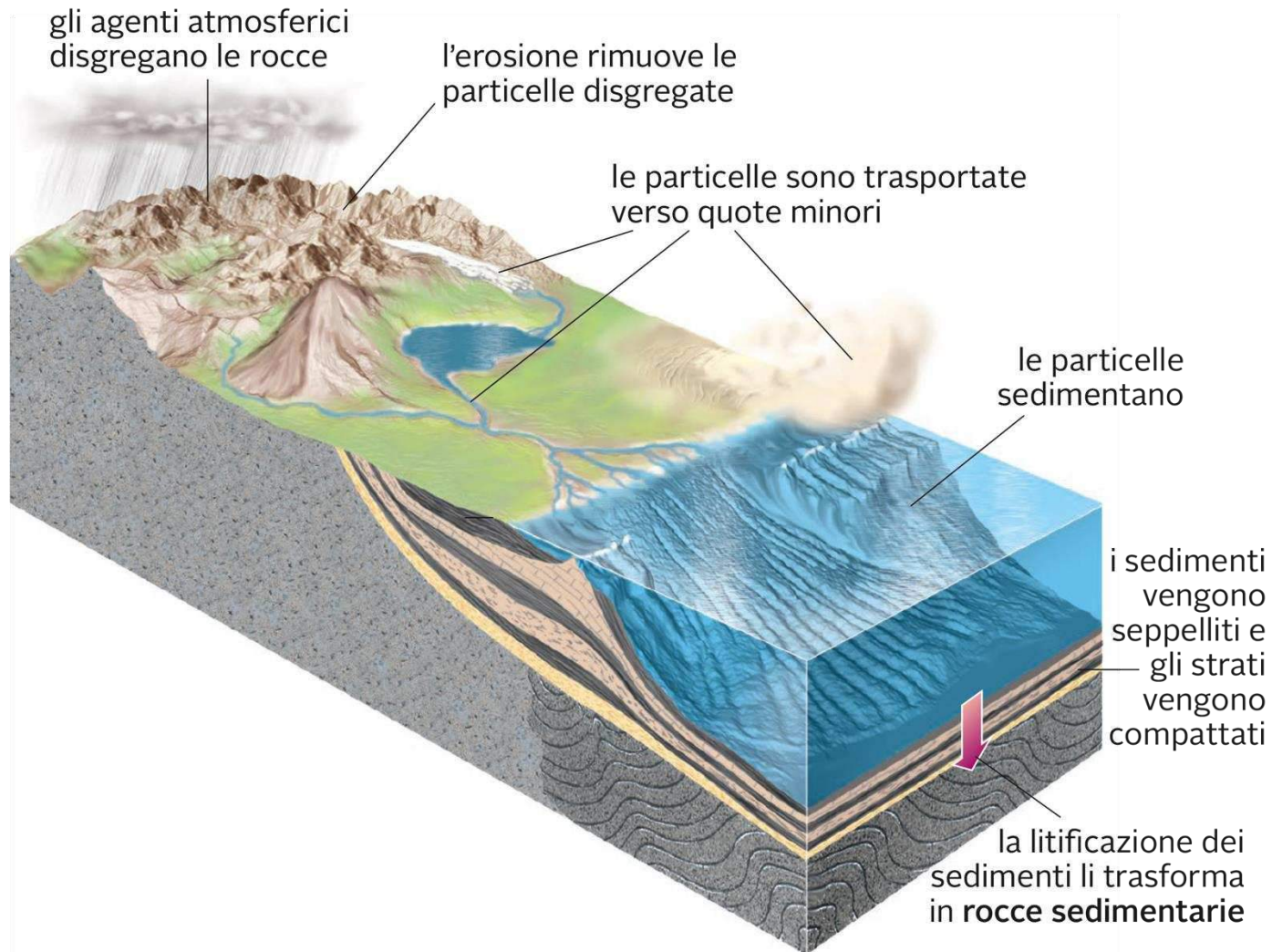
5. Le rocce magmatiche



Il piano di lavoro di questa cucina è fatto di *granito*; questa roccia è infatti particolarmente resistente sia agli urti, sia al calore.

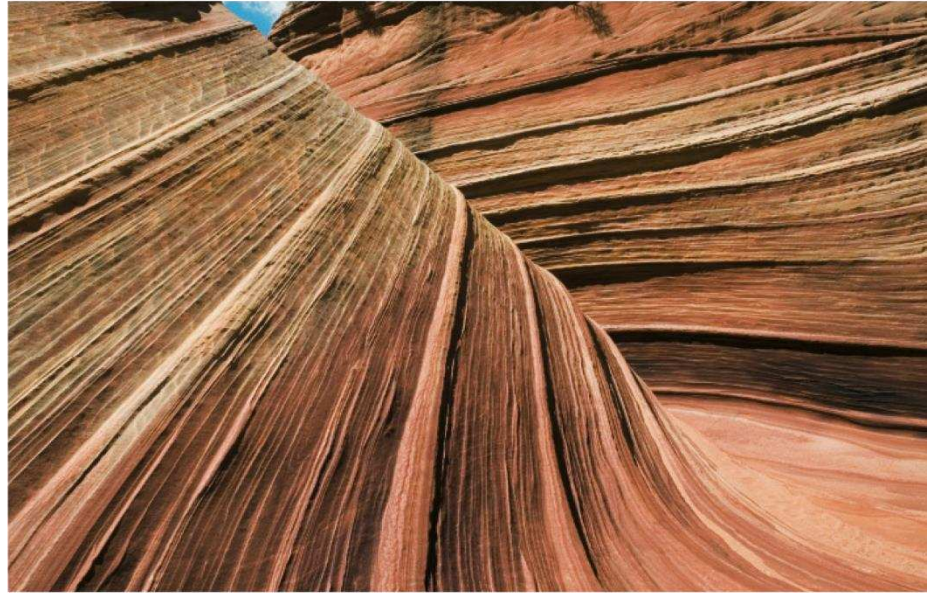
6. Le rocce sedimentarie

Le **rocce sedimentarie** si formano attraverso la **sedimentazione**.



6. Le rocce sedimentarie

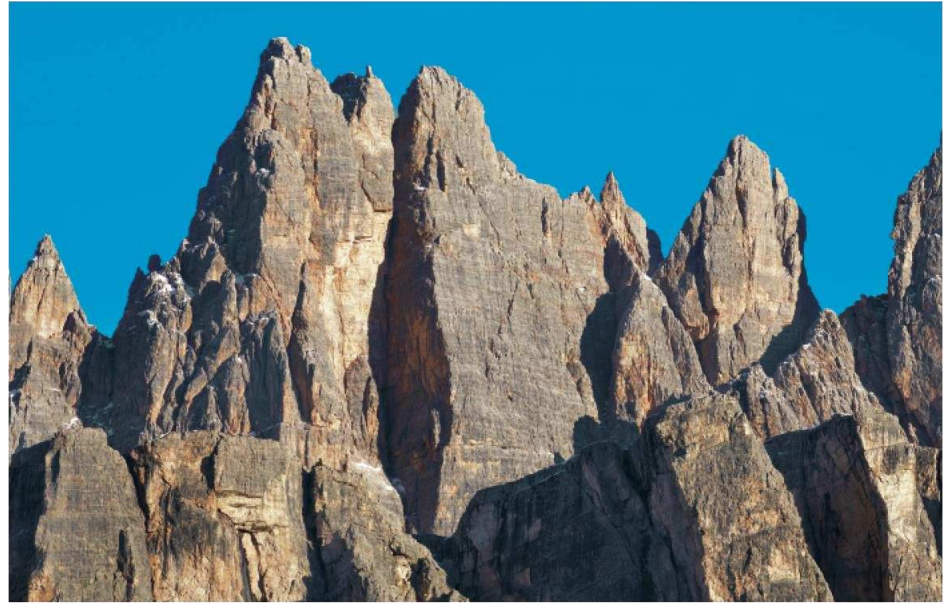
1. Le **rocce clastiche** si formano a partire dai frammenti di rocce prodotti dalla disgregazione di altre rocce, chiamati clasti.



Le *arenarie* sono **rocce clastiche**, formate da sabbie cementate che possono avere colore molto variabile.

6. Le rocce sedimentarie

2. Le **rocce organogene** derivano dall'accumulo di materiali di origine biologica.



Le *dolòmie* sono **rocce organogene**, formate dal minerale *dolomite*, carbonato doppio di calcio e magnesio.

6. Le rocce sedimentarie

3. Le **rocce chimiche** si formano in seguito a processi come la *precipitazione* di sostanze sciolte nell'acqua.



Il *travertino* è una **roccia chimica** che deriva dalla deposizione di calcite in seguito a evaporazione di acque fluviali.

6. Le rocce sedimentarie



In questo palazzo della fine del Cinquecento molti elementi decorativi sono di *arenaria*, una roccia clastica piuttosto tenera e facile da scolpire (ma, nelle varietà più tenere, anche facilmente intaccabile dagli agenti atmosferici).

6. Le rocce sedimentarie



La *selce* è una roccia sedimentaria silicea molto dura: durante l'età della pietra era usata per realizzare coltelli e altri oggetti affilati.

6. Le rocce sedimentarie

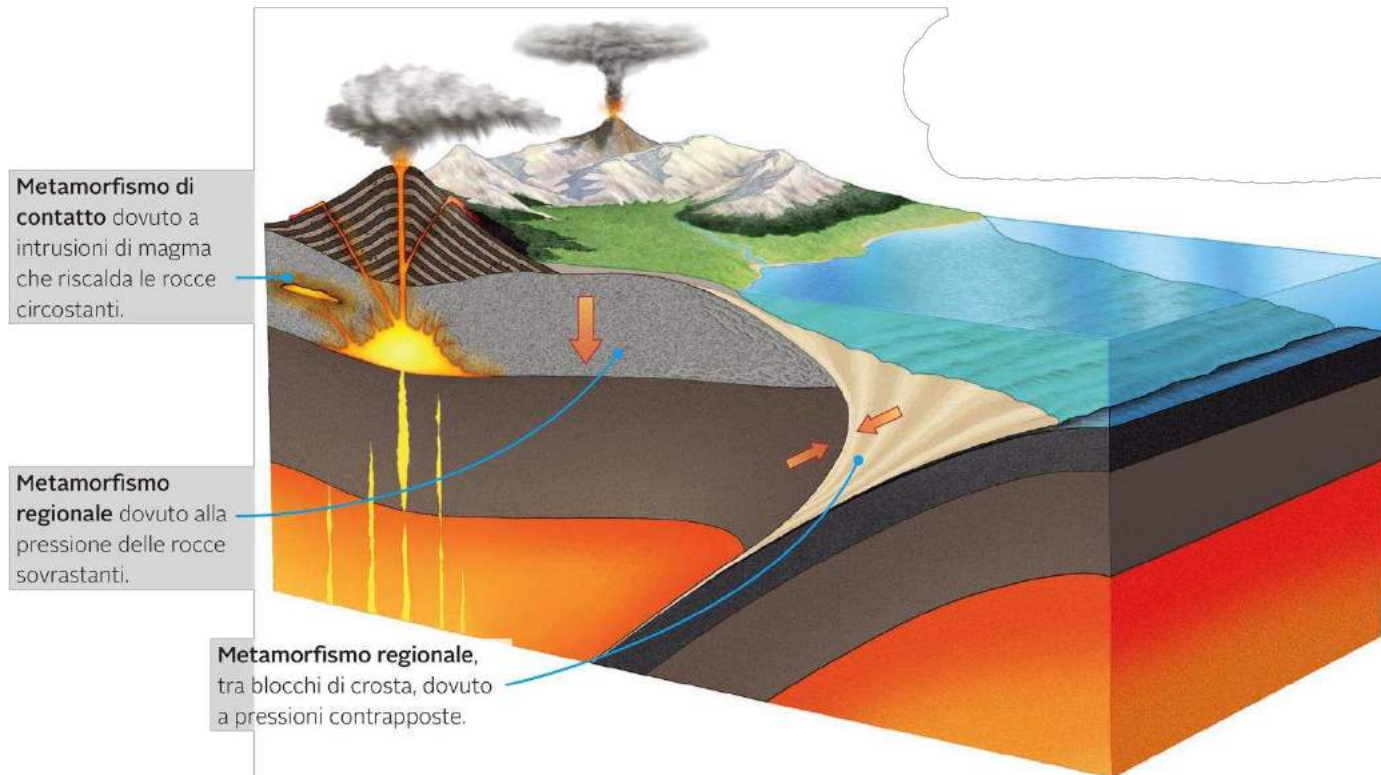
Le colonne in piazza San Pietro, a Roma, sono state scolpite nel *travertino*, una roccia sedimentaria di tipo chimico molto usata fin dall'antichità per la sua bellezza.



7. Le rocce metamorfiche

Le **rocce metamorfiche** si formano quando una qualsiasi roccia è sottoposta a temperature elevate (ma inferiori a quelle di fusione) o a forti pressioni.

In queste condizioni i minerali subiscono una metamorfosi, cioè si trasformano in minerali diversi.



7. Le rocce metamorfiche

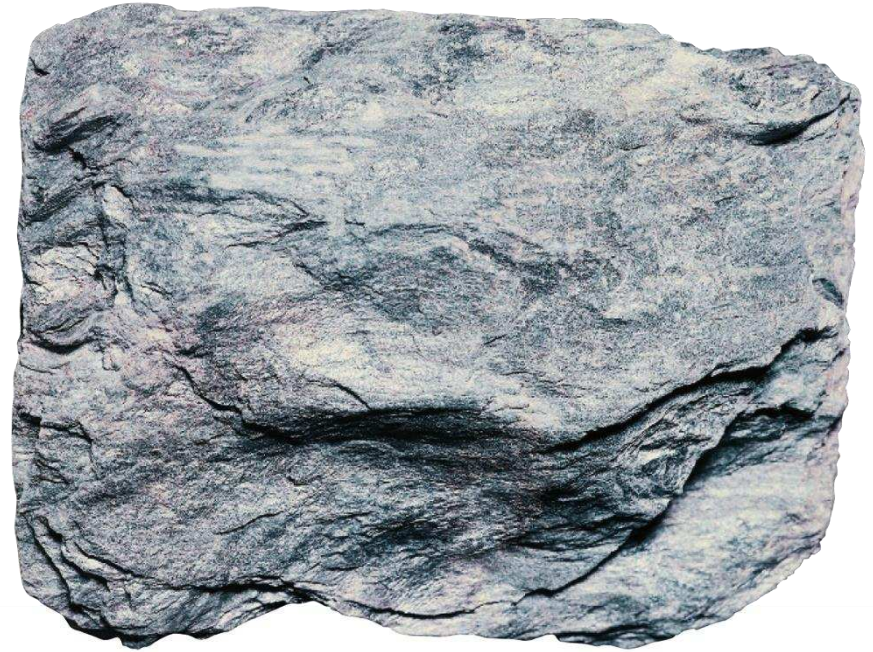
Il **metamorfismo di contatto**, dovuto all'alta temperatura, si verifica quando una roccia entra in contatto con una massa di magma rimasta bloccata all'interno della crosta terrestre.



Il metamorfismo di contatto trasforma un calcare in *marmo*: l'azione della temperatura fa ricristallizzare i minerali e i cristalli diventano più visibili.

7. Le rocce metamorfiche

Una caratteristica tipica di molte rocce sottoposte a metamorfismo, che consente di riconoscerle con facilità, è la **scistosità**: la proprietà di rompersi facilmente in lastre.



In questa *fillade* sono visibili i piani paralleli in cui è possibile suddividerla, tipici della scistosità causata dal metamorfismo regionale.

7. Le rocce metamorfiche



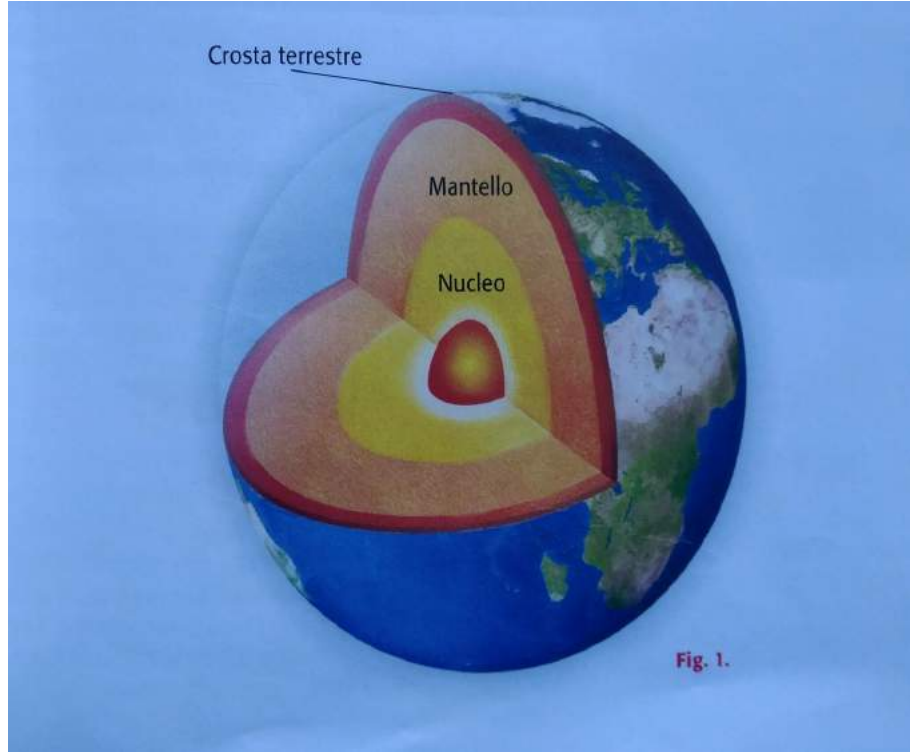
Il tetto di questa casa è ricoperto di *ardesia*, una roccia metamorfica ben divisibile in lastre.

7. Le rocce metamorfiche



La *Pietà* di Michelangelo è stata scolpita in un unico blocco di *marmo* proveniente dalle cave di Carrara, in Toscana.

Struttura interna della Terra



3 strati:

1. crosta terrestre
2. mantello
3. nucleo

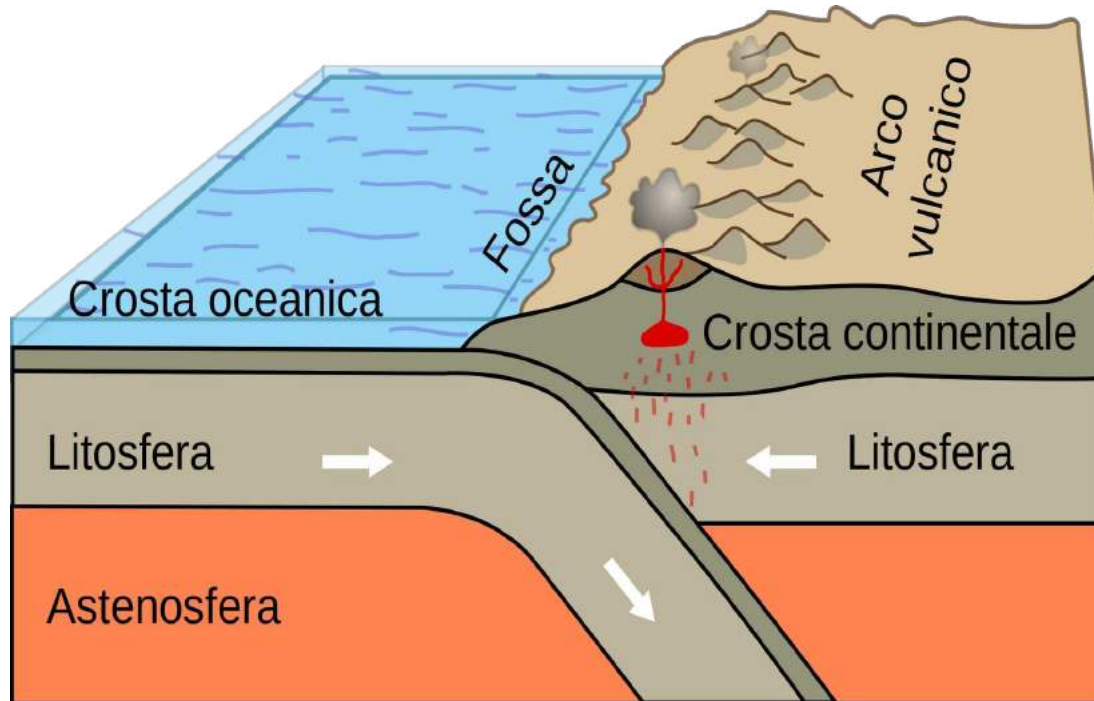
CROSTA TERRESTRE

CROSTA OCEANICA

Più sottile e pesante

CROSTA CONTINENTALE

Più spessa e leggera



L'ossigeno è
l'elemento più
abbondante,
seguito dal **silicio**

Schema composizione struttura della TERRA

1. CROSTA TERRESTRE (SOTTILE)

- La **crosta terrestre** (fig. 2) è un sottile involucro che costituisce solo l'1% del volume della Terra. Si riconoscono due tipi di crosta: la **crosta continentale**, più spessa ma più leggera, e la **crosta oceanica**, più sottile ma più pesante. Ha uno spessore variabile tra 35 e 70 km sotto i continenti e tra 5 e 15 km sotto i fondali oceanici. L'elemento più abbondante nella crosta terrestre è l'**ossigeno**. Nella maggior parte dei casi gli elementi si presentano variamente combinati tra loro come **composti**; elementi e composti si trovano in natura come **minerali**, che sono i componenti delle **rocce**.

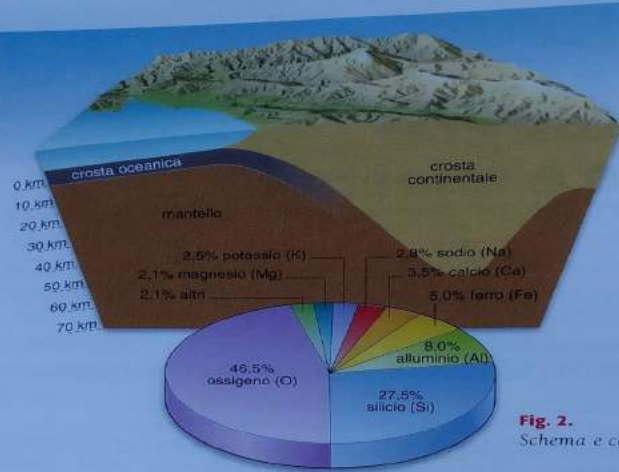
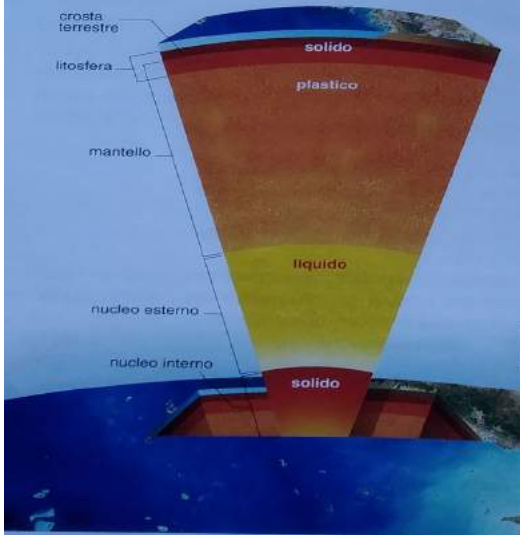


Fig. 3. Schema degli strati interni della Terra.



- La maggior parte del volume della Terra è costituita dal **mantello** che si estende, subito al di sotto della crosta terrestre (fig. 3) per ben 2900 km. La parte più esterna del mantello, a contatto con la crosta terrestre, il **mantello litosferico**, è solida. La crosta terrestre e il mantello litosferico sono "saldati" insieme e formano un blocco unico chiamato **litosfera**. Il mantello sottostante, l'**astenosfera**, è molto caldo e forma uno strato plastico dove le rocce sono parzialmente allo stato fuso.
- Il **nucleo** è la sfera più interna della Terra. Ha un volume pari a circa il 16% di quello della Terra ed è molto denso. Si pensa sia costituito da ferro e nichel. Partendo dal centro della Terra, si estende per circa 3600 km e può essere distinto in due parti: un **nucleo esterno liquido** e un **nucleo interno solido**.

Guida allo studio

- Indica se le seguenti affermazioni sono vere (V) o false (F).
 - L'elemento più abbondante della crosta terrestre è il silicio.
 - La Terra ha una struttura interna formata da quattro strati concentrici principali.
 - L'astenosfera fa parte del mantello terrestre.
 - La crosta terrestre e la litosfera sono la stessa cosa.

2. MANTELLO

PLASTICO

SOLIDO

ASTENOSFERA

(CALDO CON ROCCE PARZIALMENTE FUSE)

LITOSFERA

(MANTELLO+CROSTA)

3. NUCLEO

ESTERNO

(LIQUIDO, BOLLENTE)

INTERNO

(SOLIDO)

LITOSFERA: MINERALI e ROCCE



MINERALI

Sostanze naturali solide con composizione chimica definita e costante (**cristalli**), cioè in cui gli atomi sono sistemati in un reticolo geometrico ben definita e ordinato (**reticolo cristallino**)

I **minerali amorfi** non hanno un reticolo cristallino, cioè gli atomi si dispongono in modo disordinato (**vetro**)



ROCCE

Sono aggregati di uno o più minerali diversi.

PETROLOGIA

Studia:

1. **Composizione mineralogica** della roccia: da quali tipi di minerali è formata
2. **Struttura della roccia**: forma e disposizione dei minerali presenti

PROPRIETA' FISICHE

COLORE: proprietà molto evidente ma meno diagnostica di altre a causa di eventuali impurità

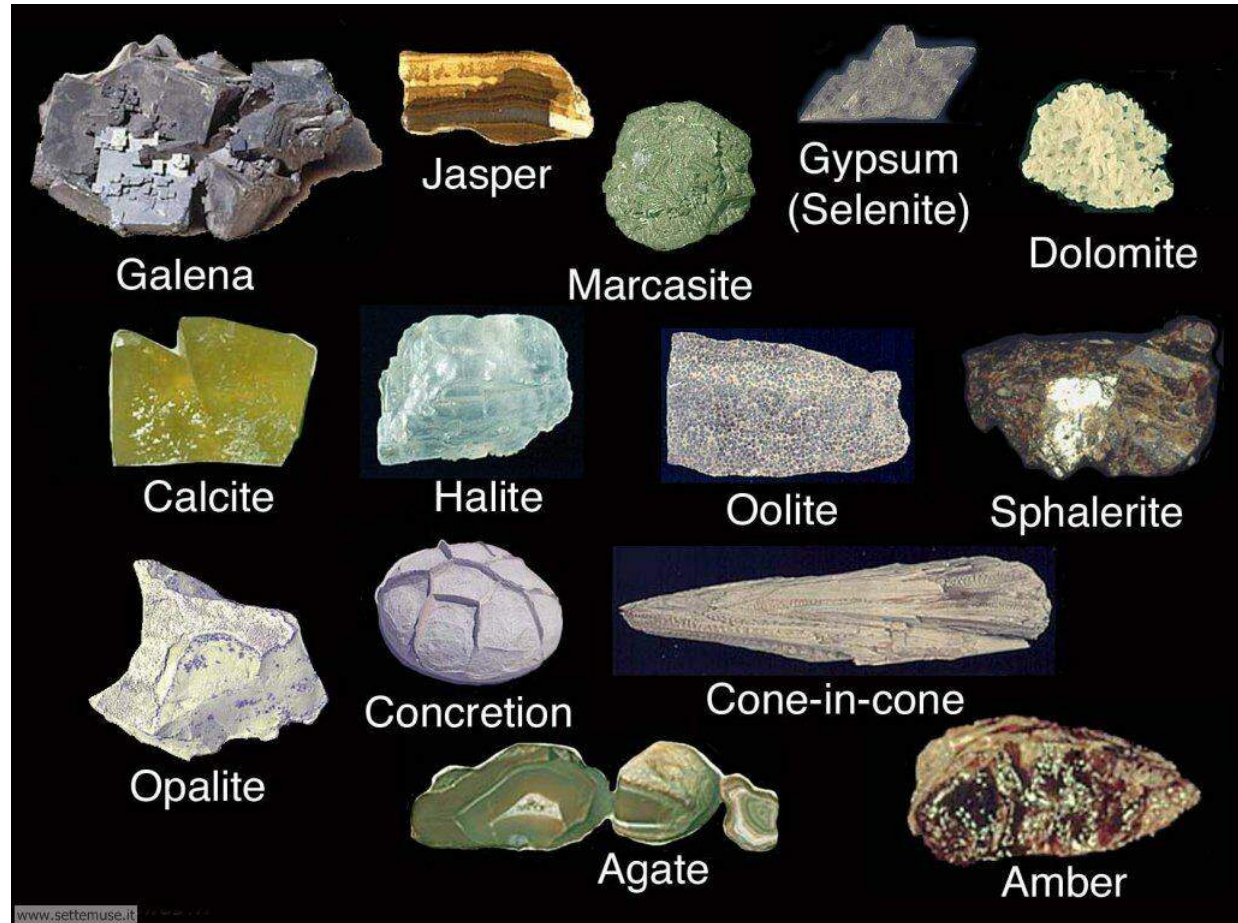
LUCENTEZZA: modo in cui la superficie di un cristallo riflette la luce

DENSITA': dipende dalla compattezza degli atomi nel reticolo cristallino

SFALDATURA: capacità del minerale di rompersi secondo piani determinati

DUREZZA: resistenza di un minerale alla scalfittura

MINERALI



PROPRIETA' FISICHE

DUREZZA: resistenza di un minerale alla scalfittura e dipende dai legami chimici, più sono forti i legami e più è duro il minerale. Viene misurata in base alla scala di Mohs che suddivide i minerali in:

Teneri, Semiduri, Duri



1. il quarzo; 2. la mica; 3. lo zolfo;

4. l'ematite; 5. la calcite; 6. la malachite;

7. il turchese; 8. l'onice; 9. l'agata; 10. la grafite

MINERALI

Tabella 1. La scala della durezza di Mohs

Durezza		Minerali tipo	Qualità
teneri	1	talco	si scalfiscono
	2	gesso	facilmente con l'unghia
semiduri	3	calcite	si scalfiscono
	4	fluorite	facilmente con una
	5	apatite	punta d'acciaio
duri	6	ortoclasio	sono scalfiti dal vetro
	7	quarzo	
	8	topazio	scalfiscono
	9	corindone	l'acciaio
	10	diamante	

CLASSIFICAZIONE

In base alla composizione chimica:

Silicati: silicio + ossigeno (*quarzo*), i più importanti e abbondanti della crosta terrestre

Ossidi: ossigeno + elementi metallici (*ematite*)

Solfuri: zolfo + elementi metallici (*argentite*)

Carbonati: carbonio + ossigeno + elementi metallici (*calcite*, *dolomite*)

Solfati: zolfo + ossigeno + altri elementi (*gesso*)

Alogenuri: Cloro, Fluoro, Bromo, Iodio + elemento metallico (*salgemma*)

Fosfati: fosforo + ossigeno + elementi metallici (*apatite*)

Elementi Nativi: un solo elemento (*oro*, *argento*, *platino*, *rame*, *zolfo*, *diamante*, *grafite*)

MINERALI



Pirite



Salgemma



Zolfo



Malachite



Ematite



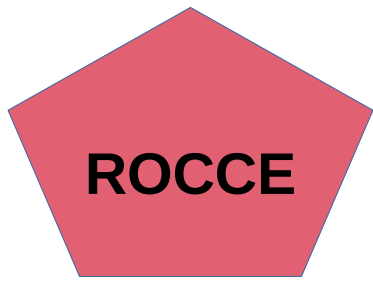
Calcite



Gesso



Blenda



CLASSIFICAZIONE in BASE ALLA LORO ORIGINE: Magmatiche, sedimentarie, metamorfiche

ROCCE MAGMATICHE: dette **ignee** o **eruttive**, derivano dal raffreddamento e solidificazione del **magma**, materiale fuso all'interno della Terra che fuoriesce in seguito a eruzioni vulcaniche e sono le più abbondanti, ricche di *silicati*.

Si differenziano in :

INTRUSIVE: se magma solidifica nel sottosuolo, dando cristalli di grosse dimensioni a causa della lenta solidificazione, come il *granito*

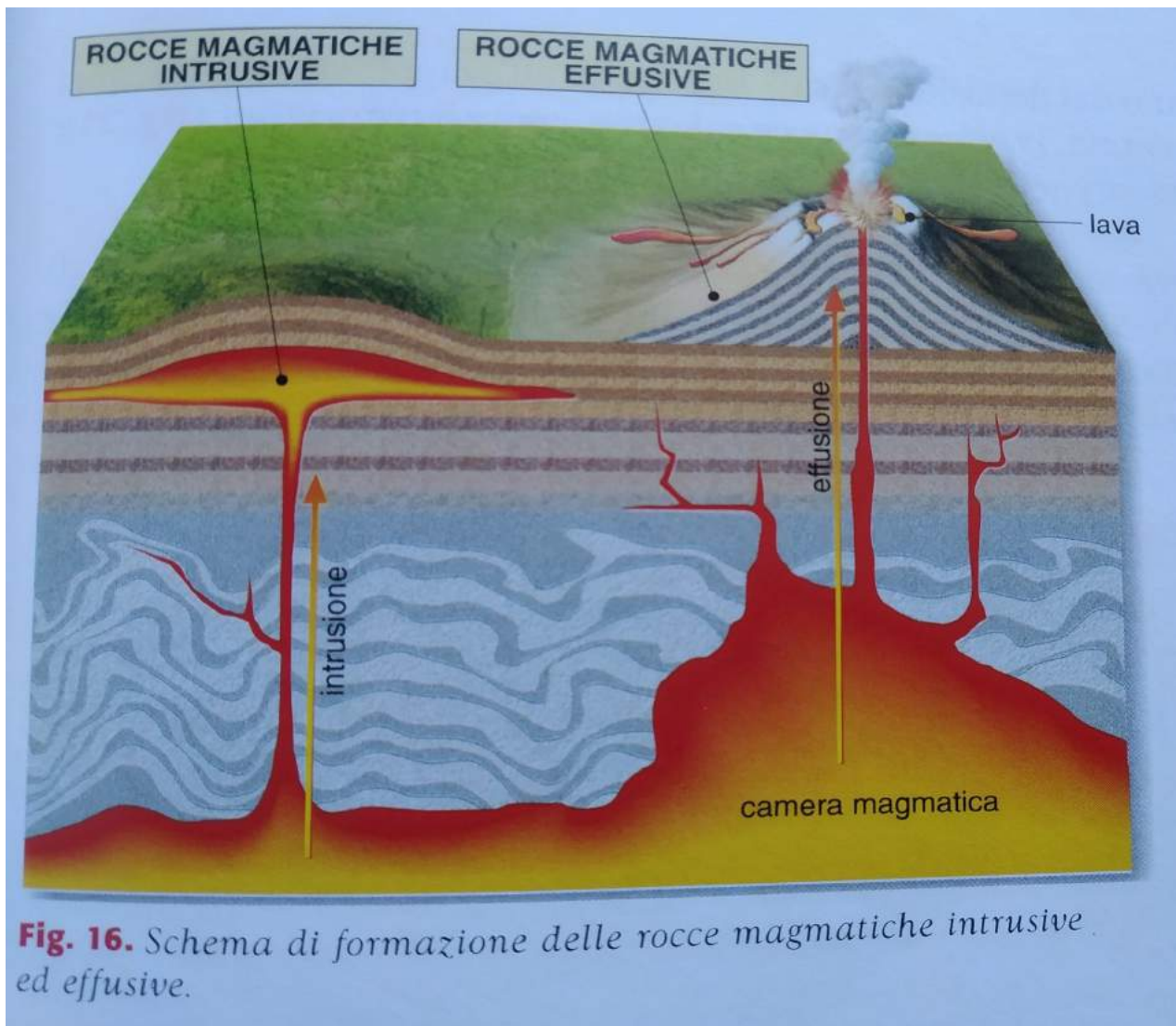
EFFUSIVE: se magma eruttato sotto forma di lava solidifica in superficie a causa del veloce raffreddamento dando origine a cristalli piccolissimi come il *basalto*

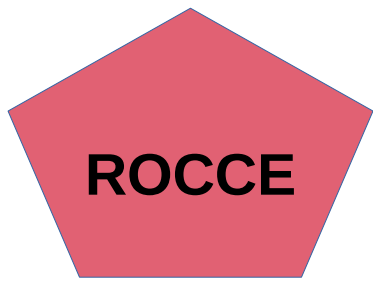
ROCCE

ROCCE MAGMATICHE:

INTRUSIVE: se magma solidifica nel sottosuolo, dando cristalli di grosse dimensioni a causa della lenta solidificazione, come il **granito**

EFFUSIVE: se magma eruttato sotto forma di lava solidifica in superficie a causa del veloce raffreddamento dando origine a cristalli piccolissimi come il **basalto**





CLASSIFICAZIONE in BASE ALLA LORO ORIGINE:

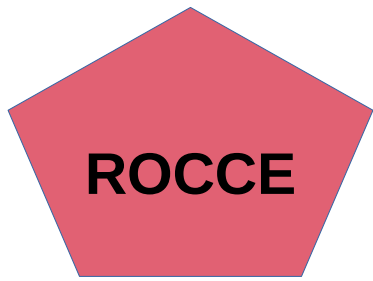
Magmatiche, sedimentarie, metamorfiche

ROCCE SEDIMENTARIE: si formano per l'accumulo, o **sedimentazione**, di materiali di origine diversa, principalmente altre rocce, che nel tempo affiorano in superficie e subiscono alterazioni da agenti atmosferici (pioggia, gelo, disgelo) che ne causano la disgregazione.

I detriti accumulati si compattano e cementificano spesso in modo stratificato e possono contenere **resti** o **impronte fossili** di animali e piante rimasti intrappolati nei sedimenti dopo la morte.

A seconda della loro origine le rocce sedimentarie si distinguono in:

- **clastiche:** frammenti di altre rocce, opp. Compattazione della sabbia (**arenaria**)
- **chimiche:** deposito di sali dopo evaporazione dell'acqua (**gesso**, **salgemma**, **travertino**, **stalattiti** e **stalagmiti** nelle grotte)
- **organogenee** dalla sedimentazione di resti (gusci e scheletri) di organismi marini (**scogliere coralline**, opp. **Dolomiti** e **Gran Sasso** calcari marini organogeni emersi in seguito a movimenti della crosta terrestre)



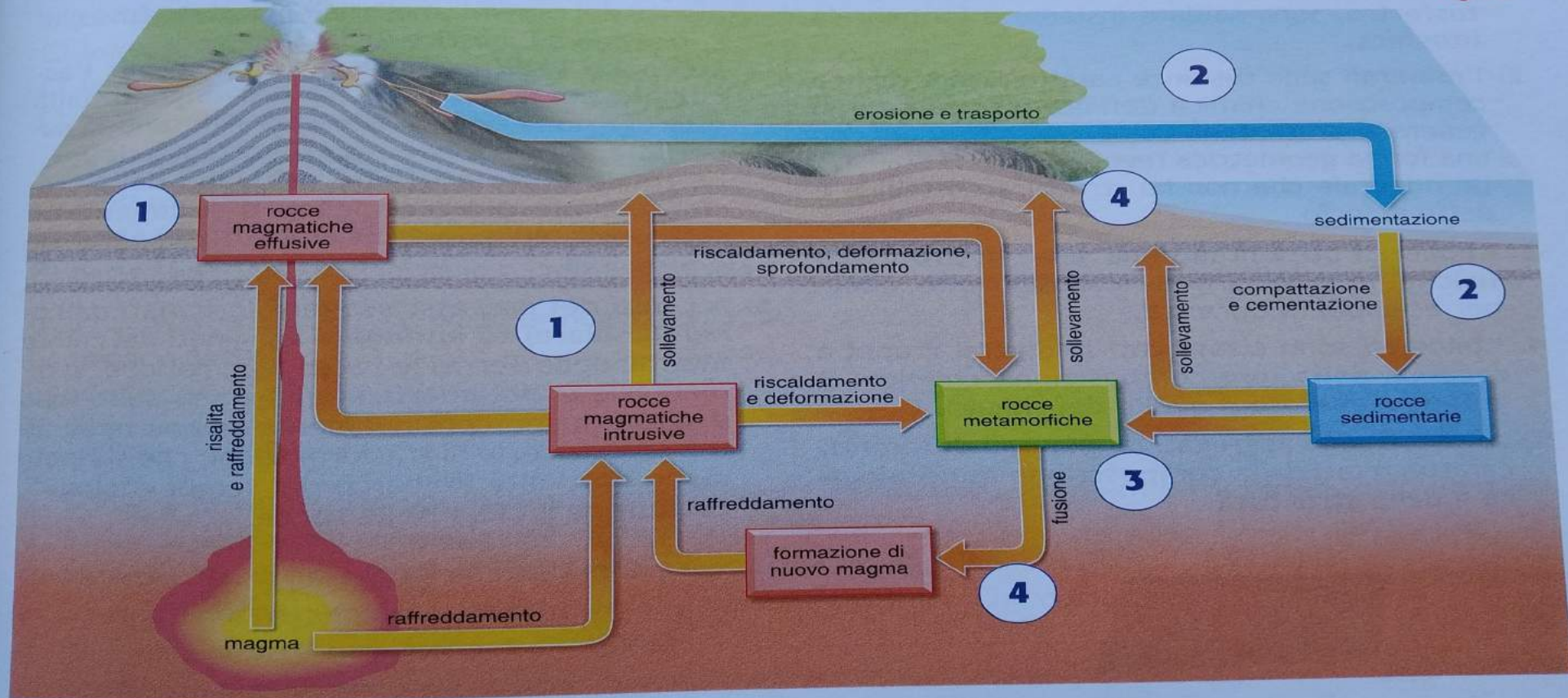
CLASSIFICAZIONE in BASE ALLA LORO ORIGINE: Magmatiche, sedimentarie, metamorfiche

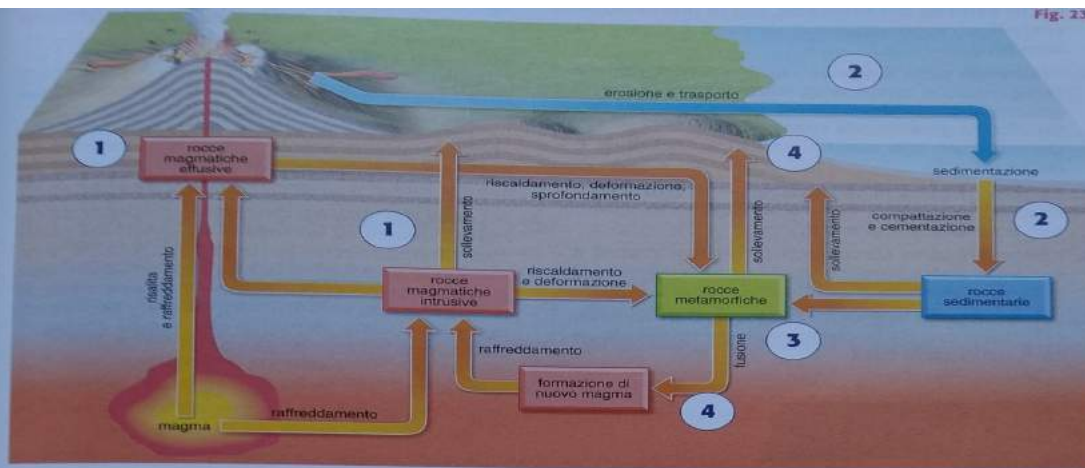
ROCCE METAMORFICHE: si formano da altre rocce, magmatiche o sedimentarie, quando queste, per effetto dei movimenti della crosta terrestre, si trovano vicino al magma fuso e sono quindi sottoposte ad **altissime temperature e pressioni**. I minerali così subiscono profonde trasformazioni (**metamorfosi**) sia nella struttura che nella composizione, diventando minerali diversi.

es. ***marmo, gneiss, ardesia.***

6. Il ciclo delle rocce

Fig. 23.





CICLO LITOGNETICO

È il ciclo delle rocce e del rimodellamento continuo della superficie terrestre

Seppur con tempi geologici molto lunghi (milioni di anni), le rocce della Terra si trasformano continuamente le une nelle altre rimodellando incessantemente l'aspetto della superficie terrestre, prendendo parte a un grande **ciclo**, detto **delle rocce** o **litogenetico**.

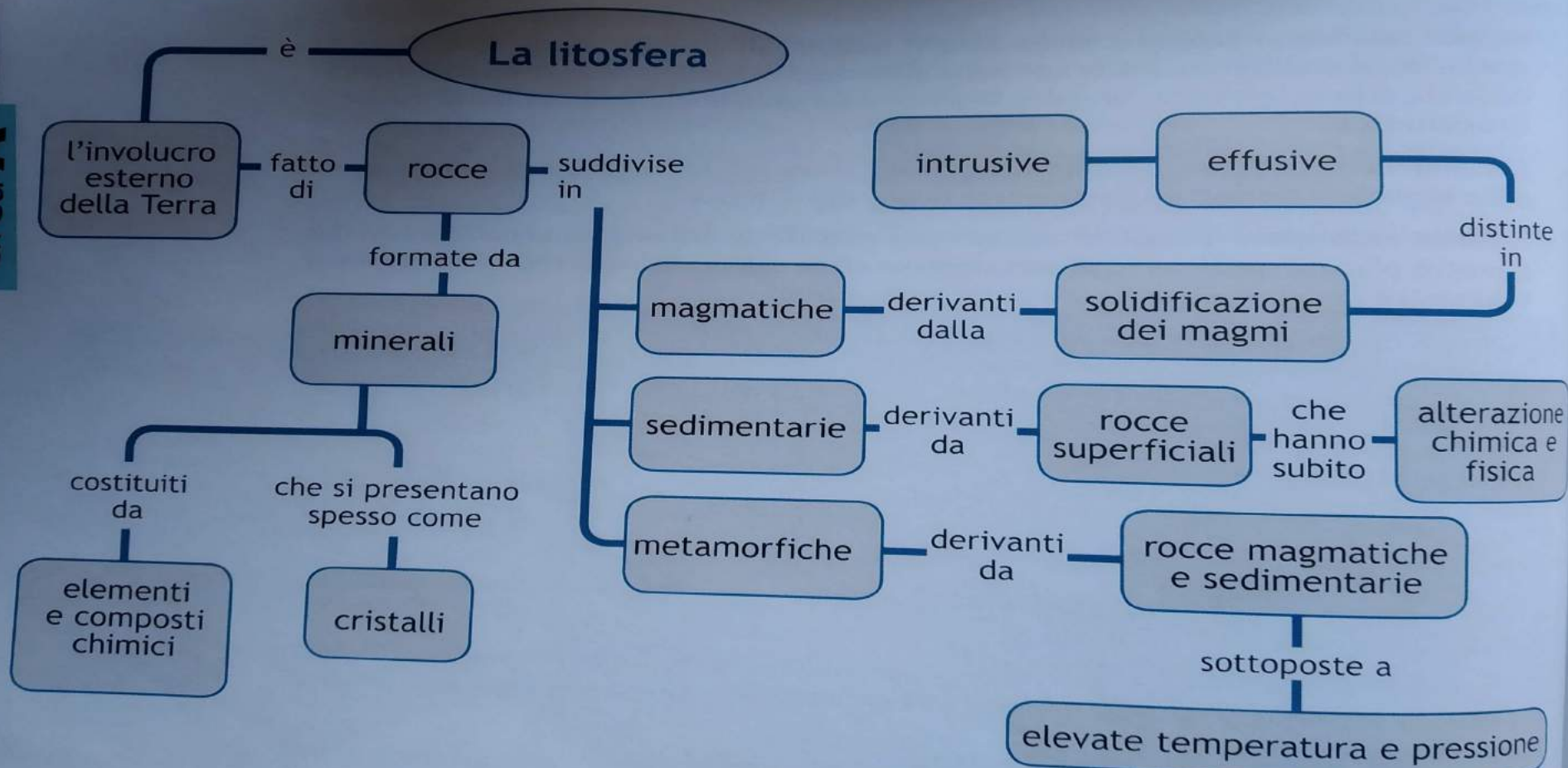
L'origine delle continue trasformazioni delle rocce e il conseguente rimodellamento della superficie terrestre è da ricercare in due tipi di forze:

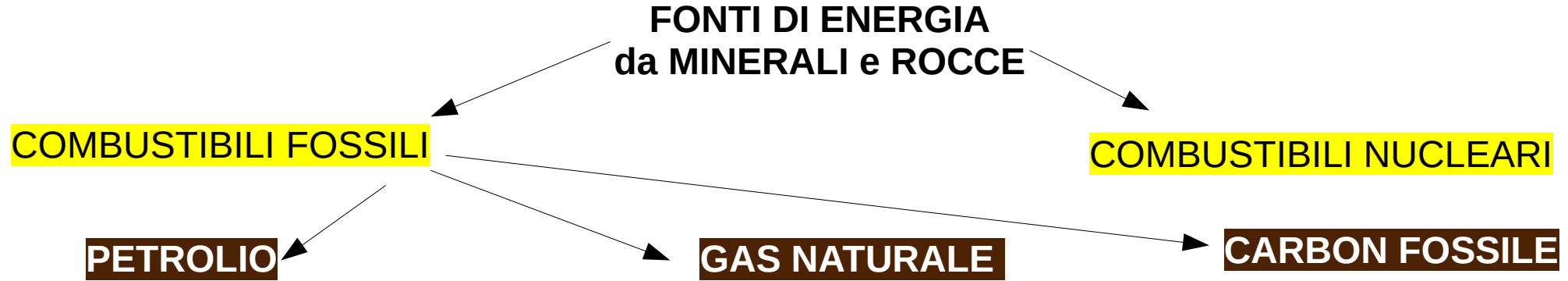
- le **forze endogene** (dal greco *endogenēs* = nato dentro) si originano dall'energia che il nostro pianeta trattiene al proprio interno come calore. Ne sono esempi: i vulcani, i terremoti e i movimenti della crosta terrestre stessa;
- le **forze esogene** (dal greco *exogenēs* = nato all'esterno) si originano sulla superficie terrestre dall'energia solare e riguardano direttamente l'atmosfera e l'idrosfera (indirettamente la litosfera). Ne sono esempi i movimenti dell'acqua (dalla pioggia allo scorrimento dei fiumi) e i movimenti dell'aria (i venti).

Seguiamo insieme il ciclo delle rocce esemplificato nella **fig. 23**:

1. le **rocce magmatiche**, che si formano per solidificazione all'interno della Terra, risalgono verso la superficie e possono successivamente essere disgregate a opera degli agenti atmosferici;
2. i detriti vengono trasportati fino al mare dove, accumulandosi sui fondali, possono dare origine alle **rocce sedimentarie**;
3. a causa dei movimenti della crosta terrestre, la roccia sedimentaria può venire deformata ed essere sottoposta ad un aumento di temperatura e pressione trasformandosi in **roccia metamorfica**;
4. il ciclo può continuare con l'erosione della roccia metamorfica e la formazione di una roccia sedimentaria, oppure con la fusione della roccia metamorfica per formare una roccia magmatica.

MAPPA DI SINTESI





1. Resti organici sul fondo del mare, seppelliti dai sedimenti (**saprofel**)
2. Accumulo di altri sedimenti impediscono la putrefazione del saprofel che diventa **Kerogene** (roccia madre del petrolio)
3. Kerogene si trasforma chimicamente formando **idrocarburi liquidi e gassosi** che penetrano attraverso le rocce permeabili e porose (**rocce serbatoio**). Invece l'acqua resta più in basso perchè più densa degli idrocarburi

Miscuglio di idrocarburi gassosi usati come combustibile domestico (**metano**), presenti sulla parte superiore del giacimento di petrolio

4. La migrazione si ferma quando gli idrocarburi incontrano rocce impermeabili (**rocce di copertura**) per cui gli idrocarburi continuano a "inzuppare" le rocce permeabili come una spugna formando il **giacimento di petrolio**

FONTI DI ENERGIA da MINERALI e ROCCE

COMBUSTIBILI FOSSILI

PETROLIO

GAS NATURALE

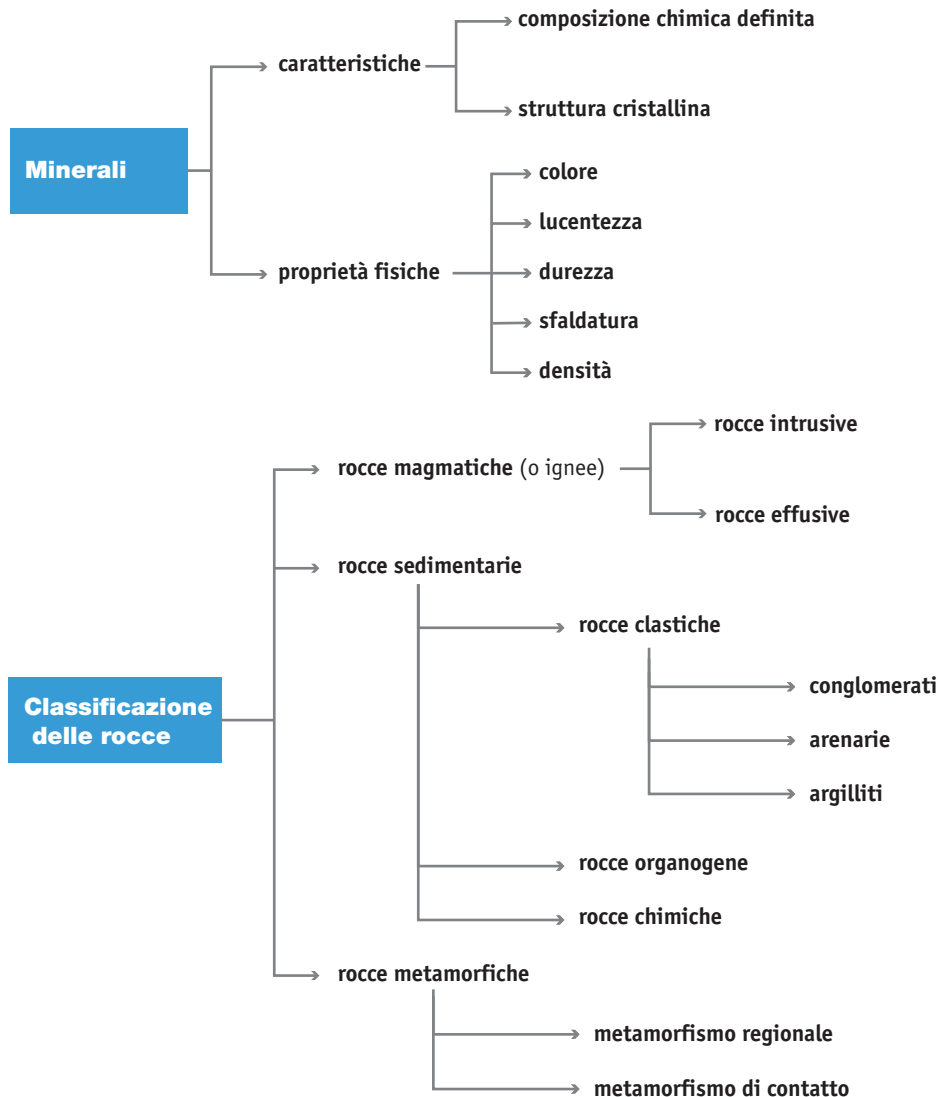
CARBON FOSSILE

COMBUSTIBILI NUCLEARI

1. Il minerale isotopico **Uranio235** viene **arricchito** per essere usato come combustibile nelle centrali nucleari
2. Qui avviene la **fissione nucleare** che sviluppa energia termica, produzione vapore, movimento turbine elettriche, produzione **energia elettrica**
3. Problemi per l'ambiente dovuti allo stoccaggio **scorie radiattive** e smantellamento reattori nucleari

1. Grandi masse di sostanze vegetali sepolte dai sedimenti, sottratte alla putrefazione
2. Col tempo la sostanza vegetale si arricchisce di **Carbonio** e si trasforma in **torba**
3. Dopo milioni di anni la torba sempre più sepolta dai sedimenti si trasforma in **lignite**
4. Con altri milioni di anni, l'aumento della pressione da parte dei sedimenti e della temperatura diventa **litantrace**: il **carbone**
5. Tramite processi metamorfici, la litantrace si trasforma in **antracite**, pregiata ma poco diffusa

MINERALI E ROCCE



LA STORIA DELLA TERRA



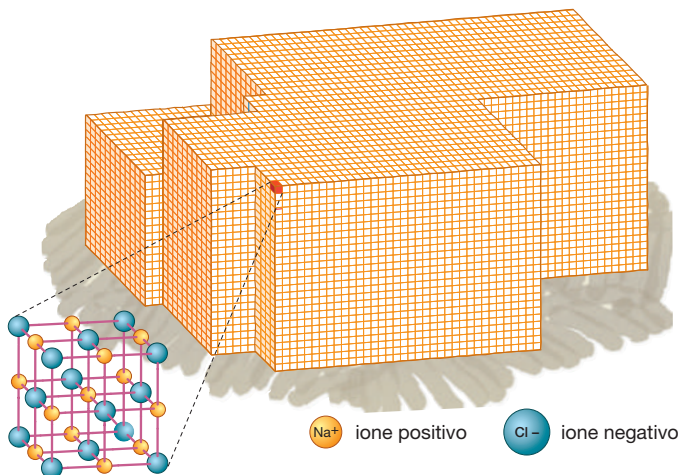
Minerali e rocce

I minerali sono sostanze naturali solide, caratterizzate da una composizione chimica definita, con gli atomi disposti in una struttura geometrica chiamata **reticolo cristallino**.

CHE COSA VEDE IL GEOLOGO



Nel reticolo cristallino del salgemma ogni ione negativo (cloro) è circondato da 6 ioni positivi (sodio) e ogni ione sodio è, a sua volta, circondato da 6 ioni cloro. La struttura interna che si ripete in tutto il cristallo è il cubo.



Una roccia contiene in genere più minerali, anche se vi sono rocce formate da un solo minerale.

La forma esterna di un cristallo è detta **abito cristallino**. Le proprietà dei minerali sono:

- il **colore**, che può essere utile al riconoscimento, anche se alcuni minerali presentano colori diversi a seconda delle impurità;
- la **lucentezza**, che è il modo in cui la superficie di un cristallo riflette la luce;
- la **durezza** di un minerale, che è la resistenza alla scalfittura;
- la **sfaldatura**, che è la tendenza di un minerale a rompersi lungo delle superfici parallele alle facce dell'abito cristallino;
- la **densità**, che è data dalla compattezza degli atomi nel reticolo cristallino del minerale.

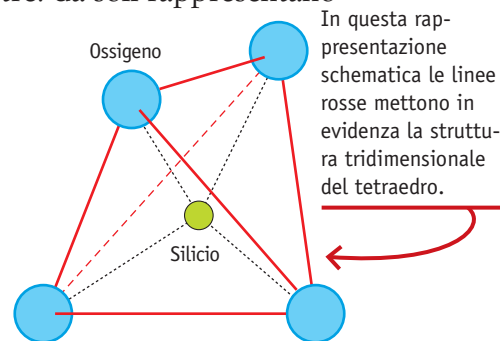
Silicati, ossidi, carbonati, solfuri e solfati, elementi nativi, alogenuri, borati e fosfati

I minerali sono classificati in 9 gruppi principali, in base alla forma del reticolo cristallino e agli elementi chimici che li costituiscono. Vediamo i cinque gruppi più importanti.

I **silicati** sono i minerali più abbondanti della crosta terrestre: da soli rappresentano l'80% dei materiali che affiorano sulla superficie del pianeta. Si chiamano così perché contengono silicio (Si). Oltre al silicio, vi si trovano l'ossigeno (O) e spesso altri elementi.

Il reticolo cristallino dei silicati ha forma di tetraedro con 4 ioni ossigeno (O^{2-}) che circondano uno ione silicio (Si^{4+}). Il tetraedro è detto **gruppo silicatico** (SiO_4)⁴⁻.

Gli **ossidi** contengono – come suggerisce il nome – ossigeno, combinato con elementi detti metallici, come il ferro (Fe), l'alluminio (Al), il cromo (Cr) ecc.



I **carbonati** sono composti da uno o più ioni positivi combinati con uno ione carbonato (CO_3^{2-}). I minerali più comuni di questa classe sono la *calcite*, CaCO_3 , e la *dolomite*, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

I **solfuri** e i **solfati** contengono zolfo (S). La *pirite* (FeS_2) è un solfuro molto comune. I solfati comprendono circa 300 tipi di minerali. Uno dei più comuni è il *gesso* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Gli **elementi nativi** consistono in masse pure di un singolo minerale, facilmente utilizzabile. L'oro, in forma granulare o di pepita, un diamante, un pezzetto di grafite sono esempi di elementi che in natura si trovano allo stato *nativo*, cioè sono **puri**, non combinati con altri.

Gli **alogenuri** sono costituiti dalla combinazione di uno o più elementi con il cloro, lo iodio e il bromo (chiamati nel loro complesso *alogeni*). Trovano largo impiego nell'industria alimentare e chimica (fertilizzanti), oltre che per l'estrazione di alcuni metalli pregiati, tra cui l'argento. Il *salgemma* (NaCl) è un alogenuro.

I **borati** sono un piccolo gruppo di minerali molto importanti dal punto di vista delle applicazioni pratiche. Sono sfruttati per ricavare il boro, per vari impieghi industriali.

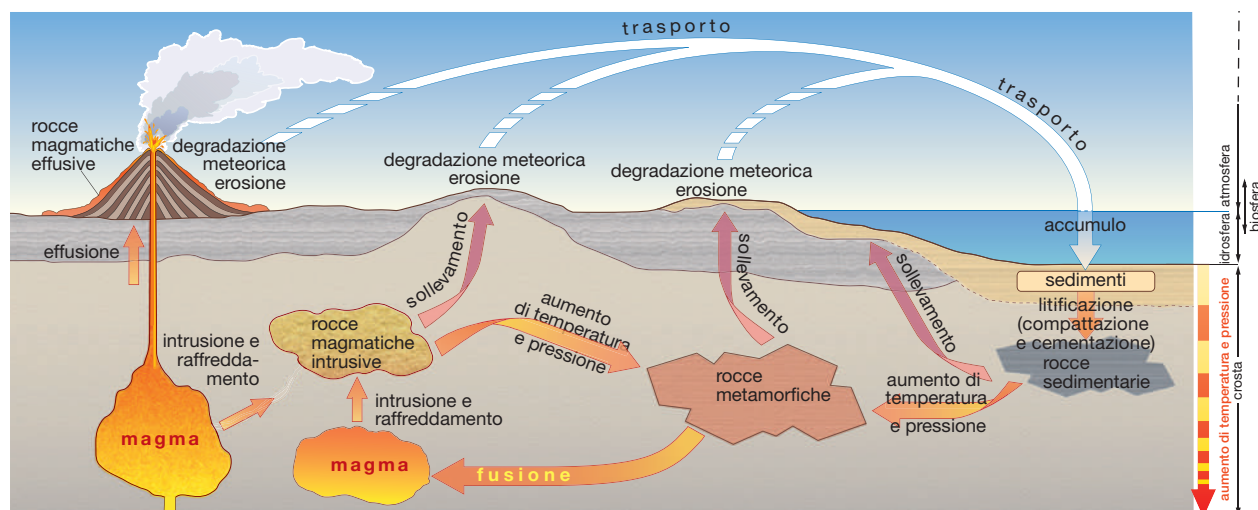
I **fosfati** contengono uno ione fosfato legato a uno o più elementi metallici. Trovano impiego nell'industria chimica, ma anche come gemme.

■ Vari tipi di rocce

Il fattore che più incide sulla **composizione mineralogica** di una roccia (cioè sul tipo e sulla quantità dei minerali in essa presenti) è la sua **origine geologica**. In base all'origine le rocce possono essere suddivise in tre gruppi.

1. Le **rocce magmatiche** si formano dalla solidificazione di magma.
2. Le **rocce sedimentarie** si formano per *deposito* e *litificazione* di sedimenti derivati dalla disgregazione di rocce preesistenti, dalla precipitazione chimica o da materiale di origine organica (per esempio, coralli).
3. Le **rocce metamorfiche** si formano a partire dagli altri due tipi di rocce a causa delle forti pressioni e del calore elevato che si incontrano all'interno della Terra.

Tutte le rocce sono legate in un **percorso ciclico**, formato dai processi che regolano la loro formazione: quello magmatico, quello sedimentario e quello metamorfico. A causa dei continui movimenti della crosta, rocce formatesi attraverso uno di questi processi finiscono nel «dominio» di un altro processo e cambiano natura. Questo percorso prende il nome di **ciclo litogenetico**, o *ciclo delle rocce* e mostra la «vitalità» dell'intero pianeta, in quanto i movimenti della crosta sono conseguenza di giganteschi movimenti ancora più profondi.



■ La formazione delle rocce magmatiche

Gran parte delle rocce che costituiscono la crosta terrestre si è formata per solidificazione di un magma, cioè a partire da materiale fuso. Esse sono dette **rocce magmatiche** (o *igne*).

Un **magma** è una massa di rocce fuse che si forma a profondità variabili. È una complessa miscela di minerali (silicati) e gas.

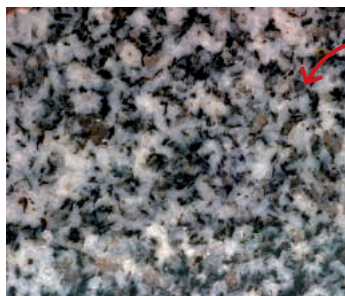
Quando il magma si raffredda inizia un processo di cristallizzazione: gli atomi degli elementi in esso presenti si dispongono in posizioni fisse nei **reticoli cristallini**, non sono più liberi di muoversi e si forma una sostanza solida.

Le rocce magmatiche sono di due tipi:

- **intrusive**, che si formano quando la massa fusa solidifica e cristallizza in profondità;
- **effusive**, che si formano invece quando il magma solidifica in superficie.

Tutte le **rocce magmatiche intrusive** sono formate da cristalli visibili a occhio nudo.

I cristalli che si formano mano a mano che il magma si raffredda hanno il tempo sufficiente per crescere anche fino a qualche millimetro prima che l'intera roccia cristallizzi.



Il granito è una **roccia magmatica intrusiva**. Sono riconoscibili a occhio nudo i cristalli di vari minerali: quarzo (grigi), silicati di sodio e calcio (bianchi), biotite (neri).

Se invece il magma risale fino in superficie, la sua temperatura passa da circa 1000 °C a quella ambiente in maniera più rapida e i singoli cristalli non hanno il tempo di crescere.

Perciò nelle **rocce magmatiche effusive** i cristalli hanno piccole dimensioni, visibili solo al microscopio.



Il basalto è una **roccia magmatica effusiva**, i cui cristalli non sono distinguibili a occhio nudo.

■ La formazione delle rocce sedimentarie

La crosta terrestre è formata per la maggior parte da rocce metamorfiche e magmatiche, ma la sua superficie è composta da uno strato quasi continuo di **rocce sedimentarie**.

Esse si formano attraverso processi che avvengono sulla superficie terrestre.

La **sedimentazione** è la deposizione, in **strati** sovrapposti, di vari tipi di materiali.

Le rocce sedimentarie vengono divise in tre gruppi, a seconda del processo di formazione:

- **clastiche**, dovute all'accumulo di frammenti provenienti dalla disgregazione di altre rocce;

- **organogene**, formate da materiali che derivano dall'attività di organismi o dai loro resti;
- **chimiche**, che derivano da processi chimici, come la precipitazione dei sali.

Le rocce che affiorano in superficie subiscono la **disgregazione** e l'**erosione** per opera degli agenti atmosferici.

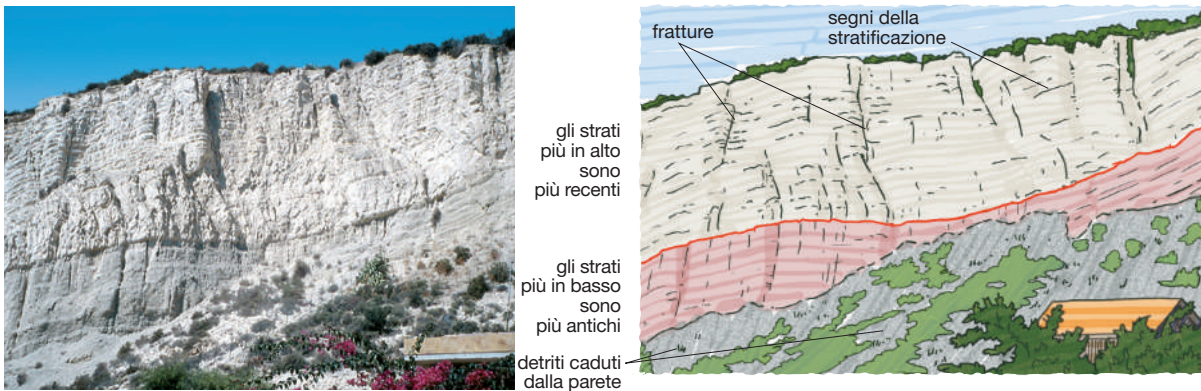
I frammenti sono trasportati dall'acqua, dal ghiaccio e dal vento e quindi depositati sulle terre emerse o sul fondo del mare.

La deposizione dei frammenti è detta **sedimentazione**. I sedimenti si accumulano in strati sovrapposti e vanno incontro a **litificazione**, cioè vengono trasformati in roccia consolidata.

Le rocce che si formano seguendo questi processi sono dette rocce clastiche.

Ne sono esempi i *conglomerati*, le *arenarie* e le *argilliti*.

CHE COSA VEDE IL GEOLOGO

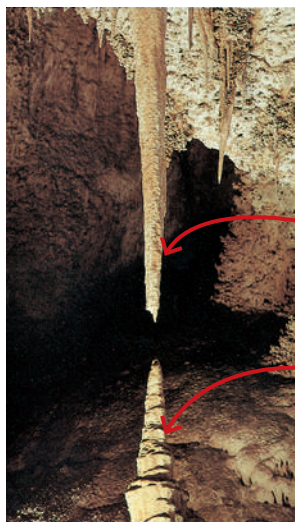


Le rocce organogene invece sono derivate dall'accumularsi di **resti di organismi**: gusci e scheletri di animali di varie dimensioni; ammassi di organismi costruttori (come i coralli); resti di vegetali (come quelli che formano il carbone fossile).

Le rocce organogene più diffuse sono i *calcari*.



Gli apparati scheletrici esterni dei coralli possono saldarsi uno all'altro e formare un calcare, in cui sono ancora riconoscibili i singoli organismi.



Le rocce chimiche si formano soprattutto in seguito alla **precipitazione** di sostanze sciolte nell'acqua dei mari e dei laghi.

Le stalattiti e le stalagmiti sono *concrezioni di calcare* che si depositano in seguito al percolamento di acqua satura di carbonato di calcio dal soffitto delle grotte.

Le stalattiti sono delle concrezioni allungate che pendono dal soffitto.

Le stalagmiti hanno forma conica e crescono dal pavimento verso l'alto, quando le gocce d'acqua cadono sul pavimento della grotta.

La formazione delle rocce metamorfiche

Le rocce, quando vengono sottoposte a temperature elevate o a forti pressioni (o a entrambi i processi), pur rimanendo allo stato solido possono subire dei cambiamenti nella **composizione mineralogica** (cioè del tipo di minerali di cui sono costituite) e nella **struttura** (cioè nella disposizione dei minerali al loro interno).

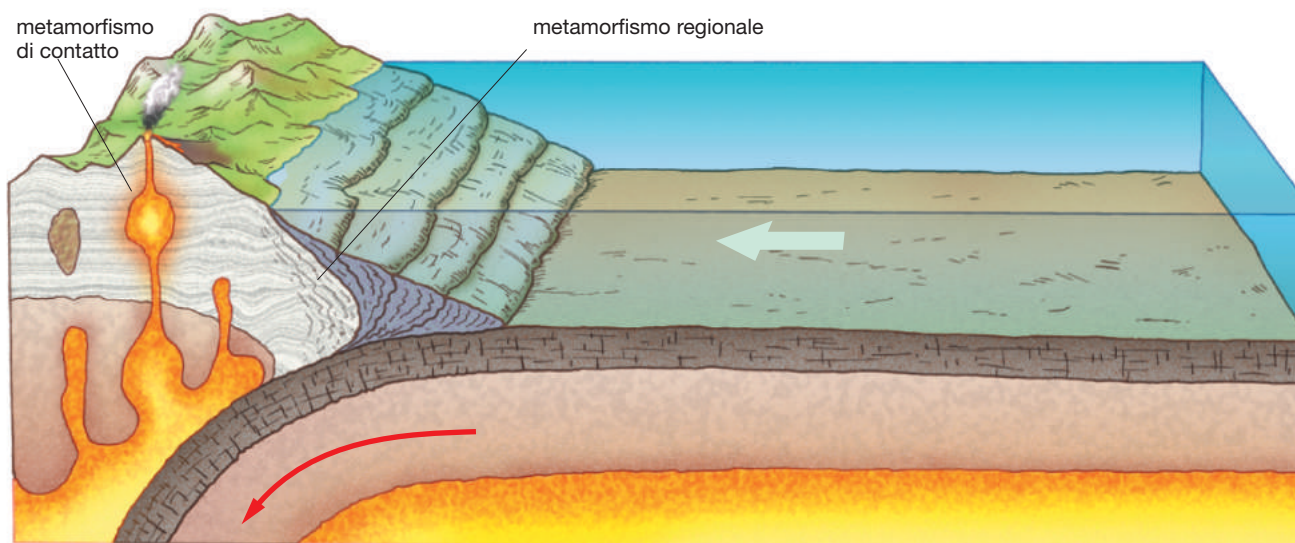
Questo processo di trasformazione mineralogica e strutturale è detto **metamorfismo** e le rocce che ne derivano sono chiamate **rocce metamorfiche**.

I casi più frequenti di metamorfismo sono due.

1. Il **metamorfismo regionale** è un fenomeno che riguarda porzioni molto estese della crosta terrestre. Le rocce che ne derivano presentano una tipica **scistosità**, cioè la proprietà di dividersi facilmente in lastre su piani paralleli.

2. Il **metamorfismo di contatto** si osserva invece quando una massa di magma incandescente risale attraverso la crosta, oppure si ferma all'interno di questa, provocando un forte aumento di temperatura nelle rocce con cui viene a contatto. Attorno alla massa di magma le rocce subiscono delle modificazioni nella composizione dei minerali.

La temperatura e la pressione che innescano il metamorfismo sono conseguenze del **calore interno della Terra** e del **peso delle rocce** sovrastanti.



I metodi di datazione delle rocce

Le rocce hanno **età** differenti. Alcune si sono formate nei primi stadi di evoluzione del pianeta; altre sono molto più recenti.

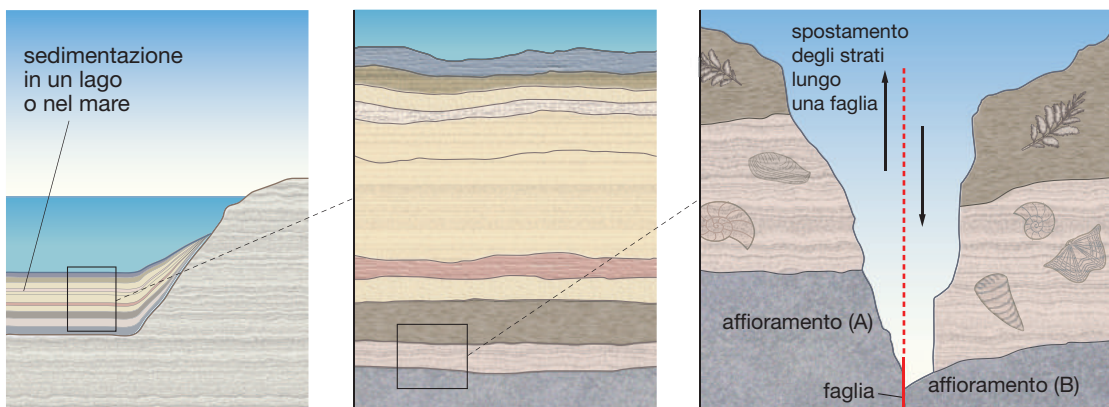
Le rocce sono le testimonianze di eventi che si sono verificati in un passato lontano. Attraverso il loro studio e la loro **datazione** (stabilendone l'età) è possibile ricostruire la storia del pianeta.

La datazione delle rocce può avvenire in due modi.

1. Si può stabilire se una roccia è più antica o più recente di altre (**datazione relativa**), anche senza sapere quanto tempo fa si sono formate.

La **Stratigrafia** è quella parte delle scienze geologiche che ha come obiettivo la ricostruzione della storia della Terra attraverso la ricostruzione dell'ordine in cui si sono formate nel tempo le rocce della crosta.

Se esaminiamo, dal basso in alto, gli strati di una successione di rocce sedimentarie, osserviamo che i fossili che si trovano per primi (sotto) sono presenti per un certo spessore di strati, poi scompaiono lasciando il posto a fossili di altri organismi. Questi vengono sostituiti a loro volta da altri fossili, e così via. Ogni tipo di fossili è collegato a un certo momento dell'evoluzione della vita sulla Terra.

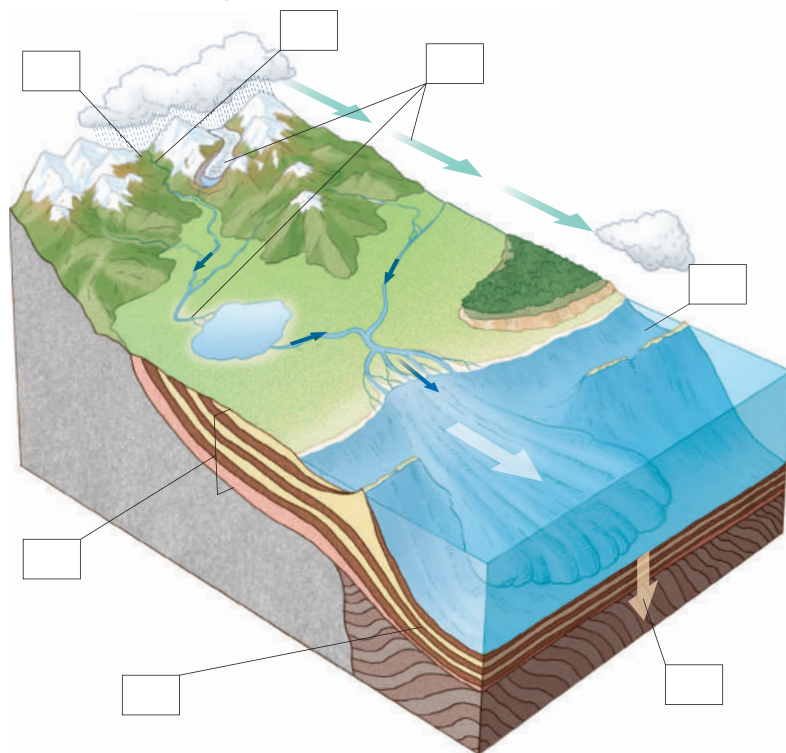


2. Si può attribuire alla roccia un'età in anni (**datazione assoluta**).

Il **metodo radiometrico** è il metodo più largamente impiegato per determinare l'età in anni delle rocce; esso si fonda sulla *radioattività naturale* di alcuni elementi presenti nelle rocce.

UNITÀ 11. I materiali della Terra solida

1 Inserisci nel disegno i numeri dei fenomeni rappresentati scrivendoli nei punti appropriati.



- ① Il seppellimento si verifica quando nuovi strati di sedimenti si dispongono su quelli più antichi, che vengono compattati
- ② Si ha sedimentazione quando le particelle si depositano o quando i minerali solubili precipitano
- ③ Rocce sedimentarie
- ④ Il trasporto operato dall'acqua, dai ghiacciai e dal vento sposta le particelle verso quote minori
- ⑤ La compattazione e la cementazione portano alla litificazione dei sedimenti trasformandoli in rocce sedimentarie
- ⑥ L'erosione rimuove le particelle prodotte dalla disaggregazione
- ⑦ Meccanismi fisici e chimici degradano le rocce

2 Completa la figura utilizzando i termini elencati qui sotto.

Rocce metamorfiche; rocce sedimentarie; rocce magmatiche intrusive.

