

Rocce metamorfiche

Sono rocce che hanno subito modificazioni nella composizione mineralogica o nella struttura e nella tessitura in seguito a mutamenti di **temperatura** e **pressione** (**metamorfismo**).

<http://www.icvbc.cnr.it/didattica/petrografia/6.htm>

Con il termine **struttura** si indica la forma dei singoli minerali componenti una roccia, le loro dimensioni, il modo di aggregarsi e le reciproche relazioni.

Con il termine **tessitura** si indica l'insieme delle caratteristiche geometriche di una roccia, in genere visibili a scala microscopica o con l'aiuto di una lente d'ingrandimento, in taluni casi può essere definita anche ad occhio nudo.

La tessitura può essere originata da tensioni meccaniche, gradienti termici o chimici, particolari modalità di genesi della roccia e altri processi.

[http://it.wikipedia.org/wiki/Tessitura_\(petrografia\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Tessitura_(petrografia)) modificato





Metamorphic rocks are lifted up to the surface by the action of Earth's moving plates and erosion. The twists and turns in the bands of this metamorphic rock from Canada show how the rock underwent extreme folding and pressure. (Les Palenik/ Shutterstock)

Intense metamorphism can cause new minerals to form in rock. These red garnets are a semi-precious gemstone. (V_Kurashev/ Shutterstock)



<http://www.kidsdiscover.com/spotlight/rocks-and-minerals-for-kids/>

Metamorfismo

Si tratta di un processo che avviene in profondità, all'interno della crosta terrestre, senza che si arrivi alla fusione del materiale coinvolto (se ciò avviene, si origina un magma e si possono formare rocce magmatiche). Le trasformazioni riguardano sia i minerali (i cui atomi si riordinano secondo un diverso reticolo cristallino, dando origine a minerali nuovi), sia la struttura e la tessitura della roccia.

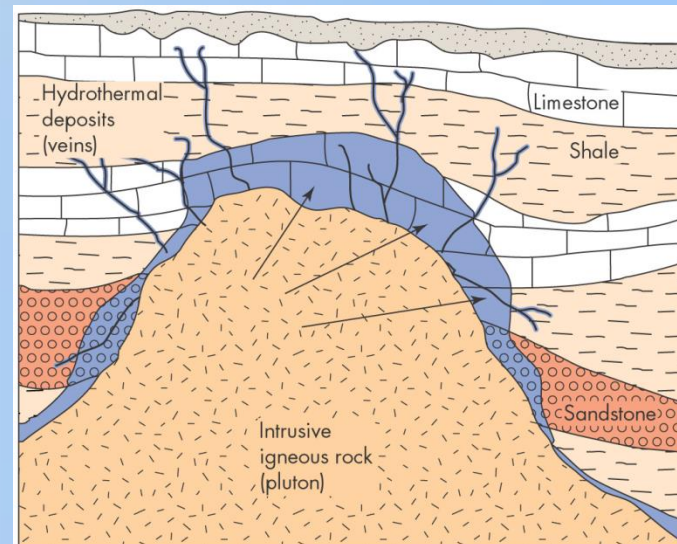
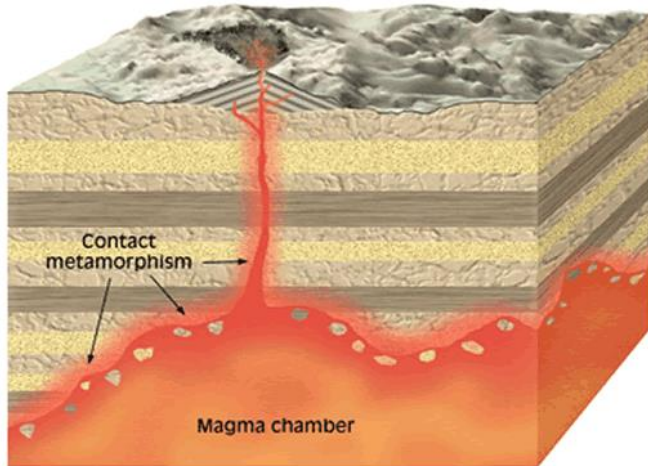
Esistono due tipi fondamentali di metamorfismo:

- il metamorfismo di contatto, che interessa le rocce venute a contatto con un magma;
- il metamorfismo regionale, che interessa invece grandi aree in profondità nella crosta.

<http://ebook.scuola.zanichelli.it/lupiagloboblu/volume-minerali-e-rocce-vulcani-terremoti/la-crosta-terrestre-minerali-e-rocce/rocce-metamorfiche#40>

Il **metamorfismo di contatto** è un particolare tipo di metamorfismo che avviene quando un magma, risalendo da zone profonde di crosta e mantello, intrude e staziona in zone meno profonde della crosta. Il magma, che si trova a temperatura più alta rispetto alle rocce incassanti, inizia a cedere calore innescando quindi reazioni di metamorfismo nelle rocce incassanti. Intorno ai plutoni si ha quindi una zona che ha subito metamorfismo e che prende il nome di **aureola di contatto**. Il grado di metamorfismo non è costante in tutta l'aureola ma diminuisce concentricamente dalla zona di contatto con il magma verso la zona più esterna.

http://it.wikipedia.org/wiki/Metamorfismo_di_contatto modificato



■ Contact metamorphic zone where mineral deposits may be present. Notice the zone is wider in the limestone than in the sandstone or shale. This results because limestone is chemically more active under contact metamorphism.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

<http://academic.brooklyn.cuny.edu/geology/grocha/monument/quartzit.html>

<http://letslearngeology.com/website/metamorphic-rocks/>

L'estensione e il grado di metamorfismo raggiunto nell'aureola dipende da alcuni fattori:

- **Temperatura**, poiché magmi basaltici forniranno temperature nell'ordine dei 1200 °C, magmi acidi daranno invece temperature nell'ordine dei 700 °C.
- **Profondità**, poiché intrusioni a maggiore profondità tenderanno a mantenere più a lungo la temperatura iniziale.
- **Presenza di fluidi**, che nel sistema facilita lo scambio di calore.
- **Grado di fratturazione delle rocce incassanti** che, facilitando la circolazione dei fluidi facilita lo scambio di calore e le dimensioni dell'aureola.

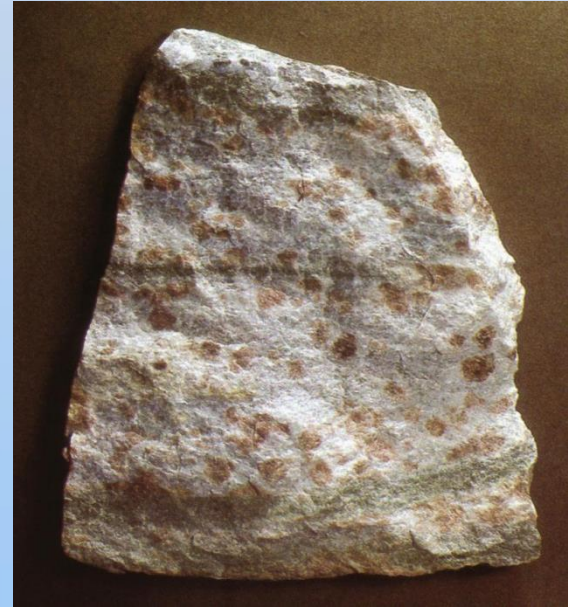
Tenendo conto di questi fattori si può quindi vedere come in presenza di **intrusioni acide** (ricchi in fluidi) avremo, tendenzialmente, aureole con grandi spessori e temperature relativamente basse, mentre in caso di **intrusioni basiche** avremo aureole con spessori ridotti ma elevate temperature iniziali.

http://it.wikipedia.org/wiki/Metamorfismo_di_contatto

Metamorfismo di contatto

I **calcari**, formati di minuscoli cristalli di CaCO_3 , sono trasformati in **marmi**, costituiti da un mosaico di grossi cristalli di CaCO_3 (visibili ad occhio nudo), accompagnati, eventualmente, da altri minerali di nuova formazione, che si costruiscono a spese di impurità (silicati con ferro e/o magnesio) contenute nei calcari.

<http://ebook.scuola.zanichelli.it/lupiagloboblu/volume-minerali-e-rocce-vulcani-terremoti/la-crosta-terrestre-minerali-e-rocce/rocce-metamorfiche#>



Un esempio di marmo, formato per contatto tra calcari e un magma granitico. La massa chiara è formata da cristalli di calcite, mentre le macchie tondeggianti scure sono cristalli di granato (un nesosilicato). (Da Fotoatlante dei minerali e rocce, Zanichelli, 1984)



Cave di marmo di Carrara (Alpi Apuane)



**CONTACT
(HEAT)**



Sandstone



Quartzite



Limestone

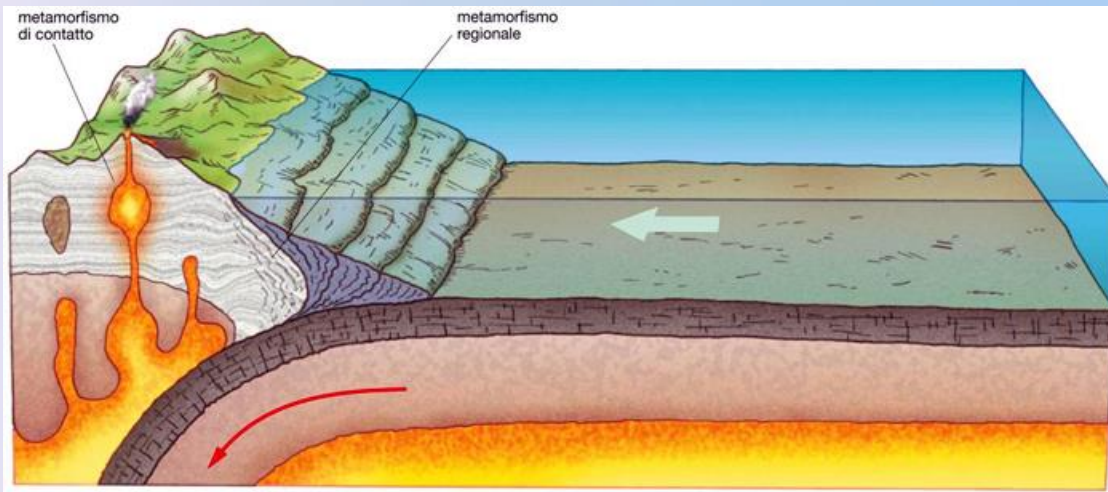


Marble

<http://letslearngeology.com/website/metamorphic-rocks/>

Il metamorfismo regionale

Il processo più imponente per volume di rocce coinvolte è il **metamorfismo regionale**, che avviene quando movimenti della crosta terrestre fanno sprofondare per chilometri masse di rocce sedimentarie o magmatiche, o anche metamorfiche, che vengono sottoposte non solo ad alte temperature ma anche a forti pressioni. Queste pressioni sono dovute sia al peso delle rocce sovrastanti (**pressione di carico**), sia a spinte tra masse rocciose contigue (**pressione orientata**).



<http://predator93.altervista.org/tipi-di-metamorfismo.html>

Pressione orientata (Directed pressure o Differential stress)

All'interno della crosta terrestre sono in atto movimenti di masse rocciose che esercitano «spinte» contro altre rocce, secondo varie possibili direzioni, in genere diverse dalla verticale (che è la direzione della pressione di carico, dovuta al peso delle rocce soprastanti).

<http://ebook.scuola.zanichelli.it/lupiagloboblu/volume-minerali-e-roccie-vulcani-terremoti/la-crosta-terrestre-minerali-e-roccie/roccie-metamorfiche#> modificato

Quando prevale l'azione di forti pressioni si formano di preferenza minerali appiattiti o lamellari (come le **miche**), orientati tutti perpendicolarmente alla direzione della pressione. In tal caso le rocce che ne derivano presentano una tipica scistosità, la proprietà di suddividersi facilmente in lastre secondo piani paralleli (piani di scistosità).

<http://ebook.scuola.zanichelli.it/lupiagloboblu/volume-minerali-e-rocce-vulcani-terremoti/la-crosta-terrestre-minerali-e-rocce/rocce-metamorfiche#>

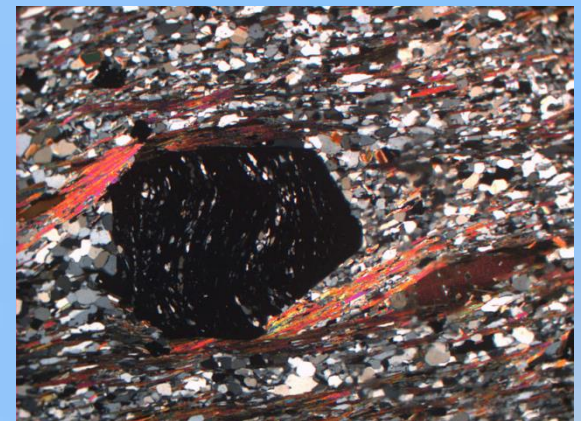


Schist specimen showing the characteristic "scaly" schistose texture caused by platy micas

View of cut Garnet-Mica-Schist



Thin section of Garnet-Mica-Schist



<http://en.wikipedia.org/wiki/Schist>

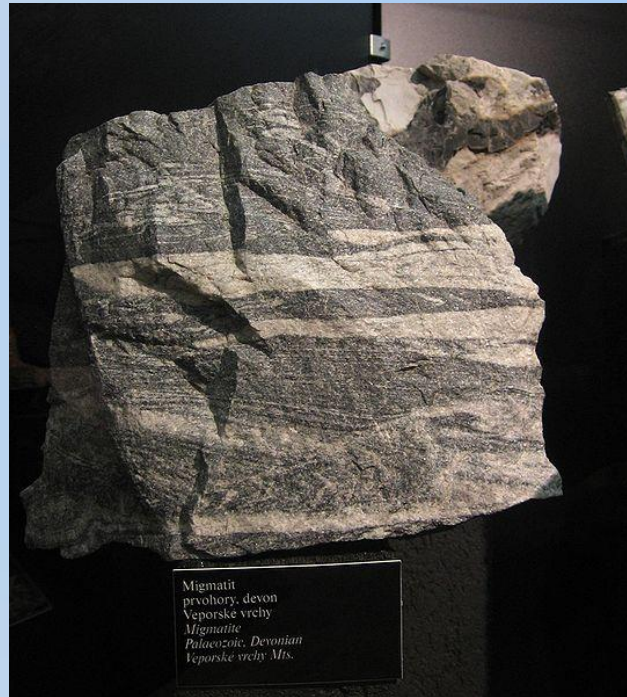
Man mano che sprofondano, i minerali continuano a modificarsi, per adattarsi a nuovi valori di temperatura e pressione. Le trasformazioni metamorfiche risultano, perciò, più o meno forti a seconda della profondità raggiunta.

Il metamorfismo non può proseguire in modo indefinito: oltre certi valori di temperatura e di pressione si può arrivare alla fusione di una parte del materiale della roccia che si sta trasformando.

Quindi se il processo avanza, la parte fusa aumenta sempre più e si passa ai **magmi anatettici**, dalla cui cristallizzazione derivano grandi **batoliti granitici**. Questi processi di ultrametamorfismo segnano perciò un collegamento tra rocce metamorfiche e rocce ignee.

La **migmatite** è una roccia ibrida, in parte ignea e in parte metamorfica. Si forma a grande profondità nella crosta terrestre, quando la temperatura delle rocce metamorfiche qui esistenti è così alta da innescare il processo di fusione parziale, detto anatessi.

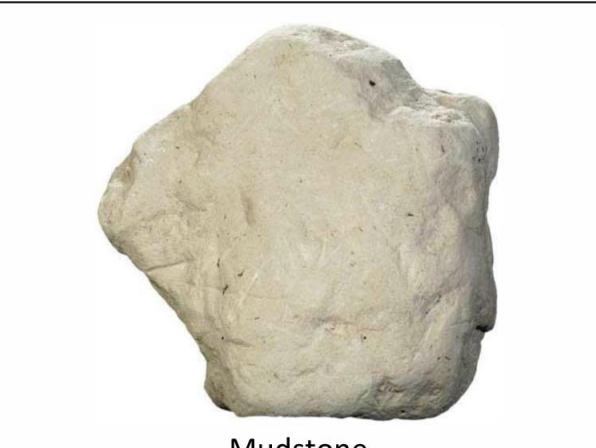
<http://it.wikipedia.org/wiki/Migmatite>



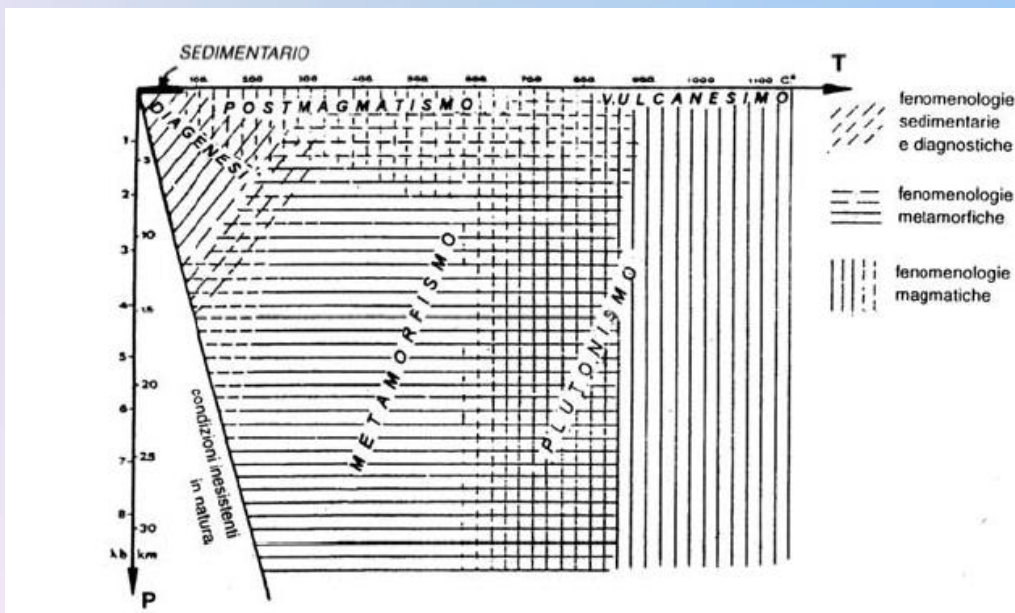
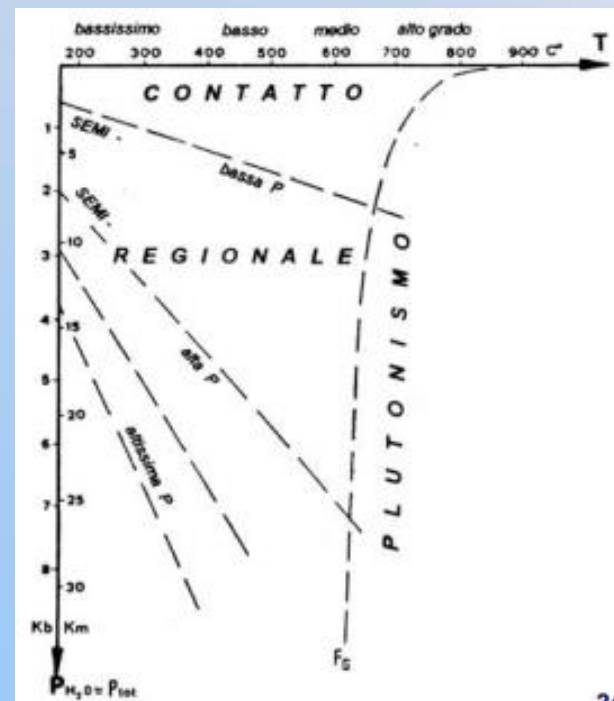
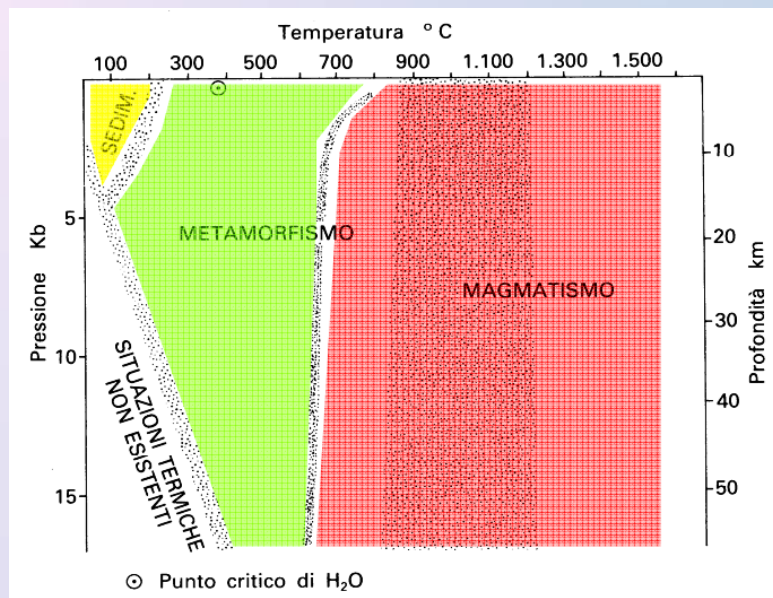
Migmatit
prvohory, devon
Veporské vrchy
Migmatite
Palaeozoic, Devonian
Veporské vrchy Mts.

Ultrametamorfismo In petrografia, processo estremo del metamorfismo regionale a temperature e pressioni elevate e in presenza di abbondante acqua, per mezzo del quale le rocce, e in particolar modo quelle quarzoso-feldspatiche, iniziano a subire un fenomeno di rifusione, dando così origine a una nuova roccia, denominata migmatite, in genere di composizione granitica o granodioritico-tonalitica.

<http://www.treccani.it/enciclopedia/ultrametamorfismo/>

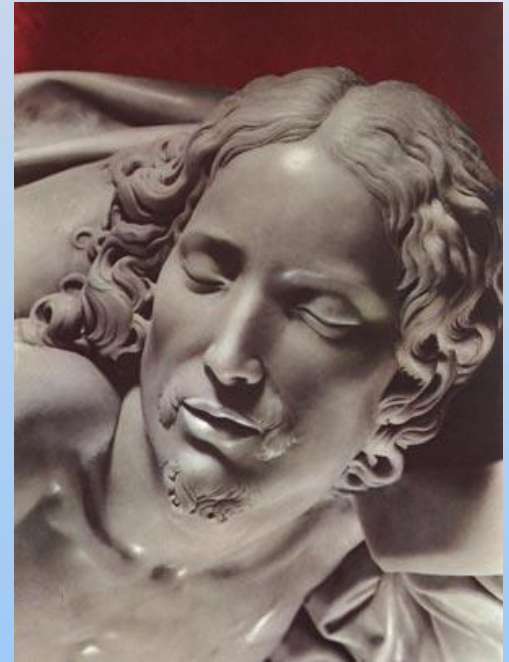
Type of Metamorphism	Mother Rock		Metamorphic Rock
REGIONAL	 Granite		 Gneiss
	 Mudstone		 Shale

<http://letslearngeology.com/website/metamorphic-rocks/>



<http://freedom.dicea.unifi.it/massimo.rinaldi/Geo&Geom%20CIV%200910/4D%20Rocce%20metamorfiche.pdf>

Diagramma temperatura –
pressione (profondità)

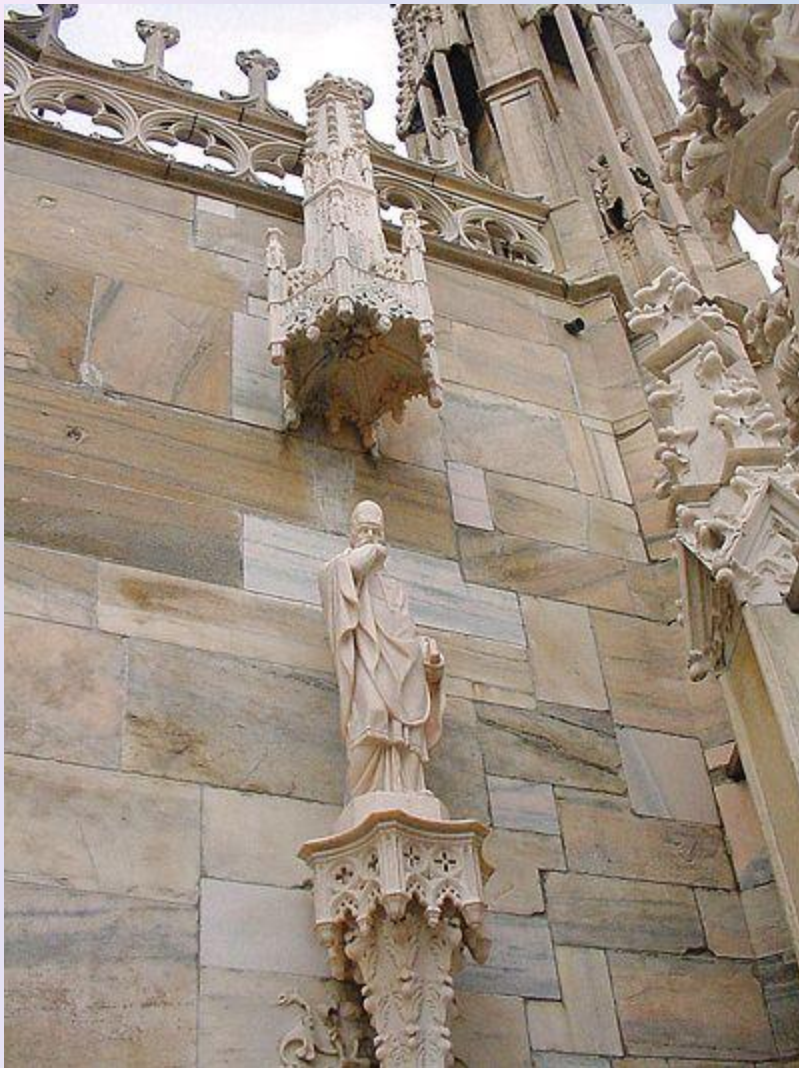


Marmo di Carrara

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Il **marmo di Candoglia** è un marmo di colore bianco/rosa o grigio che viene estratto nelle cave di Candoglia nel comune di Mergozzo nella provincia del Verbano Cusio Ossola in Val d'Ossola



Un angolo del tetto del Duomo di Milano, tutto in marmo di Candoglia, mostrandone le varietà cromatiche di questa pietra

Il suo uso è noto fin dall'epoca romana, era però impiegato in rari casi. L'impiego più importante di questo marmo è nella costruzione del Duomo di Milano. Il signore di Milano Gian Galeazzo Visconti concesse infatti nel 1387 l'utilizzo delle cave di Candoglia alla Veneranda Fabbrica del Duomo per estrarvi marmo da destinare alla costruzione della cattedrale.







Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Un tetto di ardesia



Pavimento di ardesia

L'**ardèsia** (detta anche pietra di Lavagna) è una particolare varietà di roccia metamorfica di origine sedimentaria, diffusa in Italia settentrionale e da molti secoli estratta in Liguria, storicamente nella zona costiera tra Lavagna (da cui il nome) e Chiavari.

Si tratta di una varietà di **scisti calcareo-argillosi** facilmente divisibili in lastre sottili, piane, leggere, impermeabili e resistenti agli agenti atmosferici. È una pietra molto compatta, di colore plumbeo-nerastra e facilmente lavorabile. L'ardesia tende a schiarirsi dal momento dell'estrazione fino ad assumere una pigmentazione grigio chiara, la tonalità scura essendo dovuta a residui carboniosi che volatilizzano una volta a contatto con ossigeno, umidità e radiazioni ultraviolette.



I resti di Napoleone riposano in un monumento posto in una cripta a cielo aperto ricavata nel pavimento della cattedrale di Saint-Louis des Invalides, a Parigi, esattamente sotto la cupola dorata.

Il monumento, concepito dall'architetto Louis Visconti, venne terminato nel 1861, consiste in un immenso sarcofago di **quarzite rossa** della Finlandia, che contiene le 6 bare entro cui è stato chiuso il corpo di Napoleone.

La quarzite è un tipo di roccia metamorfica composta in netta prevalenza da quarzo. Deriva dallo smantellamento e successivo passaggio metamorfico di quarzoareniti. Le varietà più incolori, trasparenti e dall'aspetto vitreo sono composte quasi esclusivamente di quarzo.



Abbazia di Sant'Angelo in Formis, Capua



Pantheon, Roma

It is most often used as an ornamental or facing material in walls and columns. A particularly striking example can be seen in the Pantheon in Rome, which features two gigantic columns of pavonazzetto, a breccia coming from Phrygia (in modern Turkey). Pavonazzetto obtains its name from its extremely colourful appearance, which is reminiscent of a peacock's feathers (pavone is "peacock" in Italian).

<http://www.isprambiente.gov.it/it/museo/collezioni/collezioni-litomineralogiche/lito-reperti>

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Lito reperti

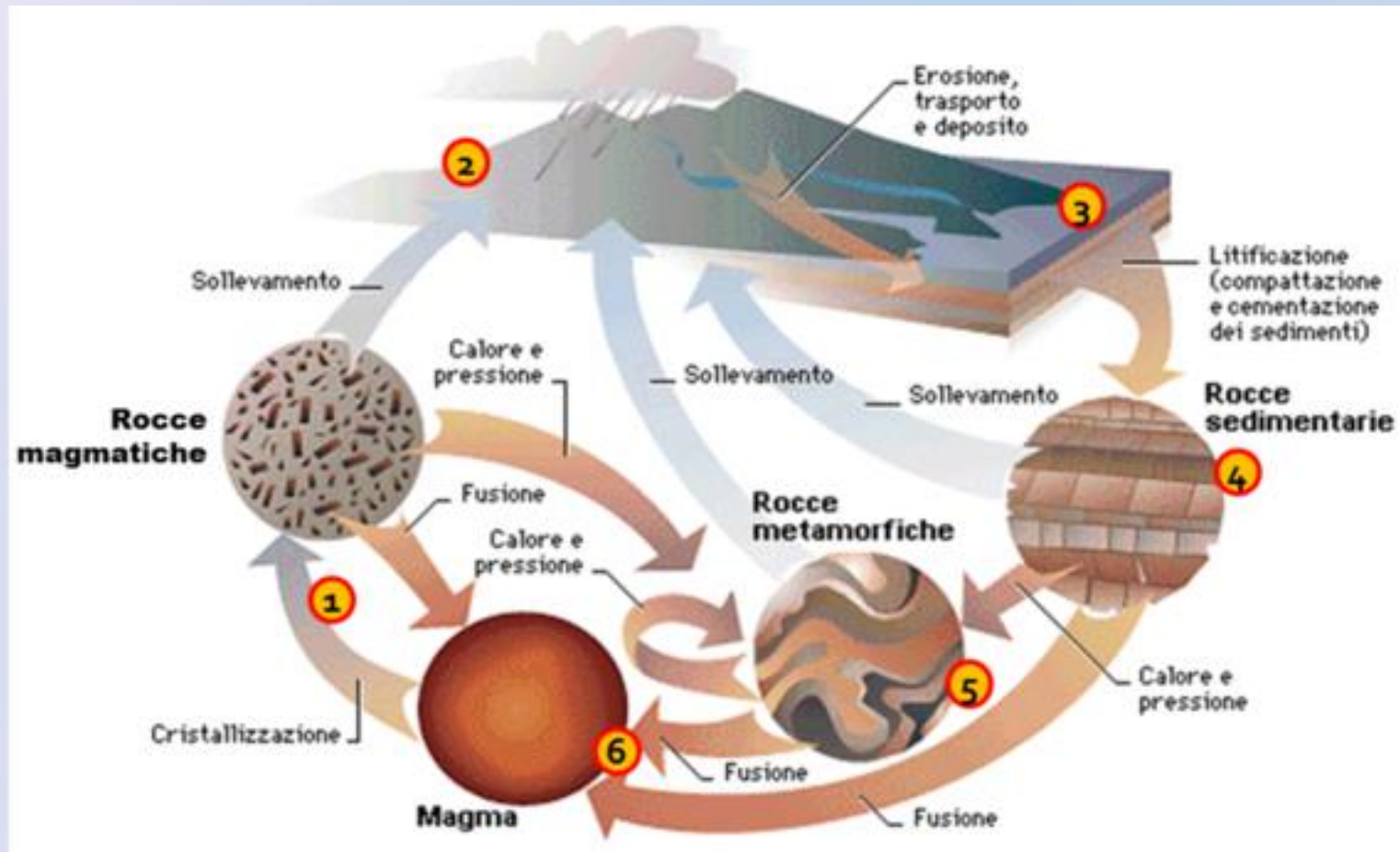
Tutte le schede litomineralogiche ordinate alfabeticamente

<http://www.musnaf.unisi.it/risultatomarmi.asp?nome=0&idnazione=0&iddonatore=0&anno=0&nomelatino=0>

Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici

Catalogo della Collezione di Marmi Antichi

Ciclo delle rocce



<http://infomineralogia.jimdo.com/introduzione/origine-delle-rocc/>

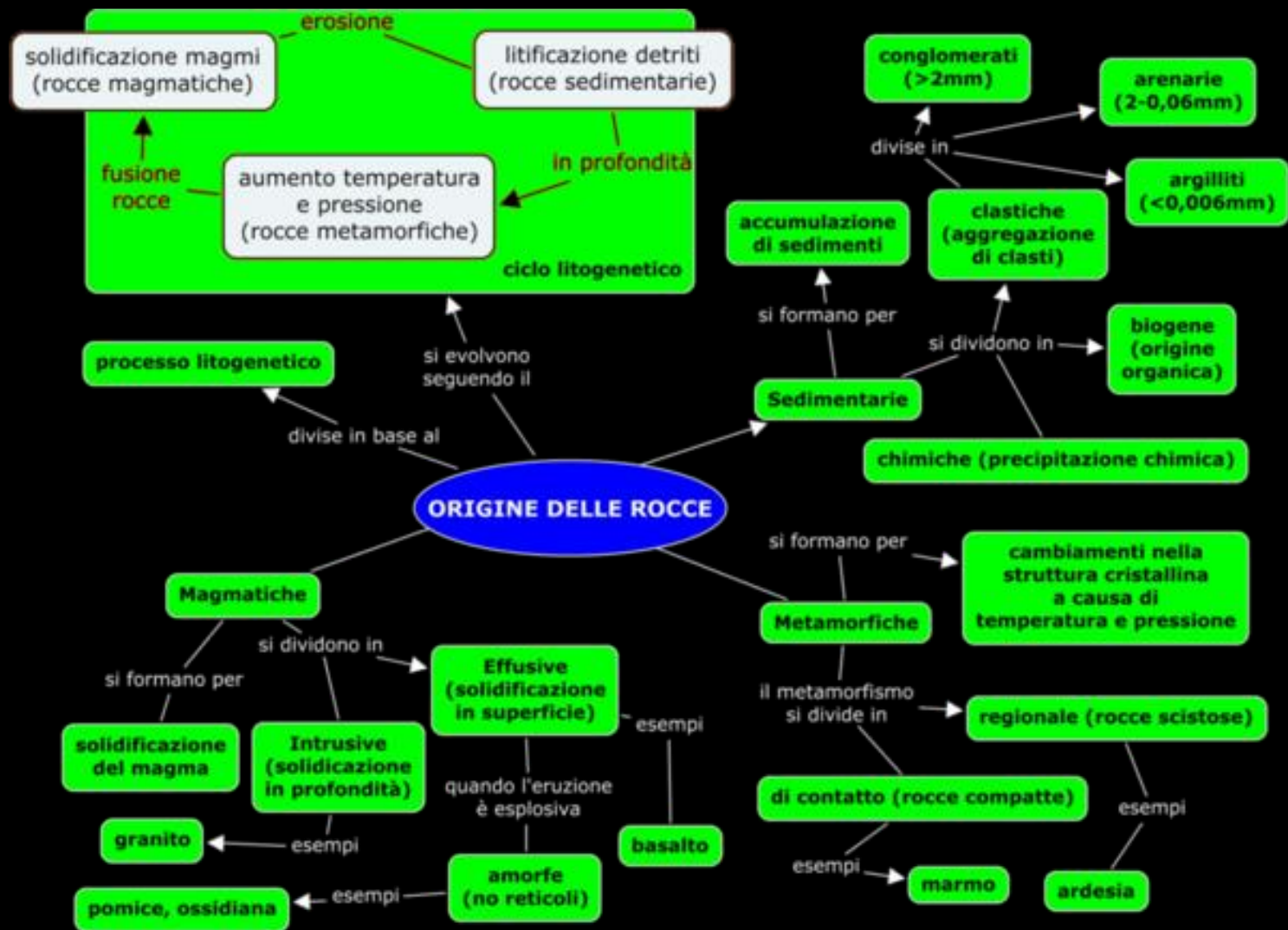
I processi magmatico, sedimentario e metamorfico fanno parte di un unico **ciclo litogenetico**, del quale rappresentano diversi stadi successivi. Un primo stadio comprende l'intero processo magmatico, con l'intrusione e l'effusione di materiali fusi in risalita nella crosta. Uno stadio successivo si individua nel processo sedimentario, che porta all'accumulo di sedimenti. Il trasferimento di rocce dalla superficie in profondità e il loro coinvolgimento nei movimenti della crosta porta a un terzo stadio, quello del processo metamorfico, che, attraverso i fenomeni di fusione (anatessi), ci riporta al processo magmatico.

Nella realtà intervengono però numerosi elementi di complicazione. Ad esempio, una roccia intrusiva o effusiva può venire metamorfosata senza prima essere demolita dal processo sedimentario; una roccia sedimentaria può venire esposta in superficie subito dopo la sua formazione; una roccia metamorfica può venire sollevata ed esposta in superficie, senza prima subire fenomeni di rifusione.

Animazione
Il ciclo litogenetico
Zanichelli

<http://www.youtube.com/watch?v=7m8tevimgco>

<http://ebook.scuola.zanichelli.it/upiagloboblu/volume-minerali-e-rocce-vulcani-terremoti/la-crosta-terrestre-minerali-e-rocce/il-ciclo-litogenetico#44>



Il tempo geologico

Il tempo geologico

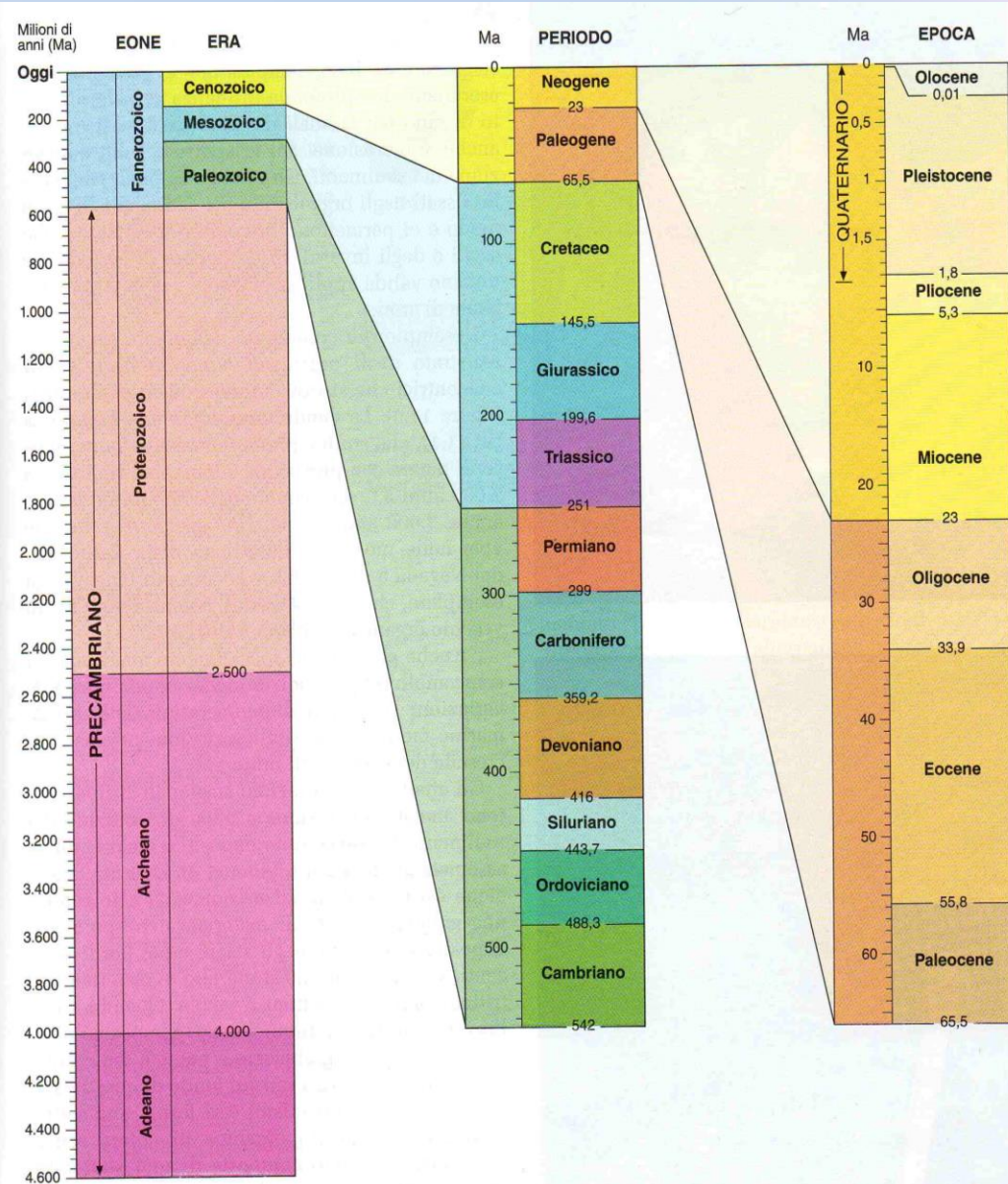
La scala dei tempi geologici rappresenta un modo per suddividere il tempo trascorso dalla formazione della Terra, condiviso dalla comunità scientifica internazionale e in continua evoluzione. Esiste un organismo internazionale delegato alla formalizzazione e quindi alla nomenclatura di questa scala, la Commissione Internazionale di Stratigrafia.

Concettualmente ogni suddivisione raggruppa una fase della storia della Terra caratterizzata da determinati organismi spesso estinti al termine dell'Era geologica di appartenenza. L'età della Terra è stimata in circa 4570 milioni di anni (4570 Ma). Differenti livelli della scala temporale sono spesso delimitati da grandi eventi geologici o paleontologici, come le estinzioni di massa. Per esempio, il limite tra il periodo Cretacico e il periodo Paleogene è definito dall'evento della estinzione dei dinosauri e di molte specie marine. Altri periodi, precedenti le rocce contenenti **fossili guida**, sono definiti in maniera assoluta da **età radiometriche**.

Dato che le unità di tempo geologico (Età) vengono usate in tutte le parti del mondo, possono assumere nomi diversi a seconda dei diversi fossili che contengono, identificando anche uno stesso periodo cronologico con diversi nomi a seconda della località nella quale lo si utilizza.

http://it.wikipedia.org/wiki/Scala_dei_tempi_geologici modificato

Unità geocronologiche



Unità geocronologica	Unità cronostatigrafica	Esempio
Eone	Eonetema	Fanerozoico
Era	Eratema	Mesozoico
Periodo	Sistema	Cretaceo
Epoca	Serie	Cretaceo superiore
Età	Piano	Campaniano

http://it.wikipedia.org/wiki/Scala_dei_tempi_geologici

Unità cronostratigrafiche

Una unità cronostratigrafica è un insieme di rocce che si sono formate in un determinato periodo di tempo (unità geocronologica).

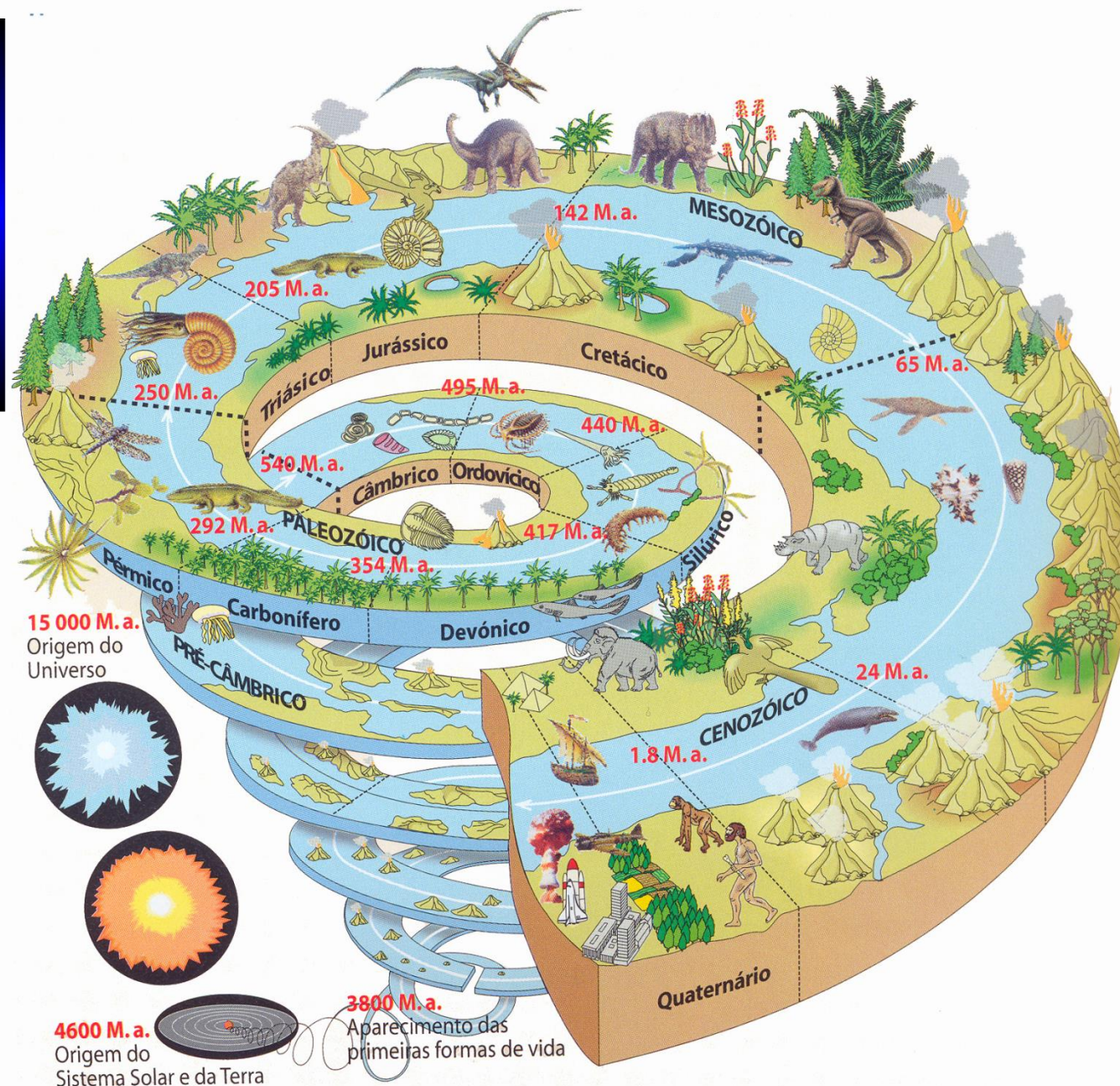
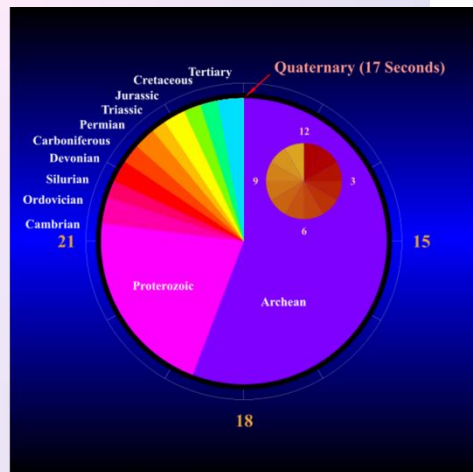
L'unità cronostratigrafica è un oggetto materiale (**le rocce**), mentre l'unità geocronologica è un'entità immateriale (un intervallo di tempo).

Le unità cronostratigrafiche sono categorizzate in modo gerarchico e ad ognuna di esse corrisponde un'unità geocronologica.

L'unità cronostratigrafica di base (dalla quale si parte per definire tutte le altre) è il **Piano**.

Più in generale si parla di "**formazioni** o unità stratigrafiche" (o anche unità rocciose o geologiche) quando si vuole indicare in maniera generale un complesso di rocce e di terreni distinti lateralmente e verticalmente dagli adiacenti per una o più caratteristiche di ordine geologico o paleontologico. In questo caso, rispetto alle unità cronostratigrafiche, interessa più la formazione geologica in sé rispetto al periodo di tempo in cui essa si è formata.

Unità in stratigrafia e geocronologia		
Unità cronostratigrafiche	Unità geocronologiche	Intervallo temporale
Eonotema	Eone	Miliardi di anni
Eratema	Era	Centinaia di milioni di anni
Sistema	Periodo	Decine di milioni di anni
Serie	Epoca	Milioni di anni
Piano	Età	Migliaia di anni



Storia della terra, schematizzata in rapporto alle 24 ore del giorno.

http://it.wikipedia.org/wiki/Scala_dei_tempi_geologici

<http://espacociencias.com/site/wp-content/uploads/2012/11/tempo-geologico.jpg>

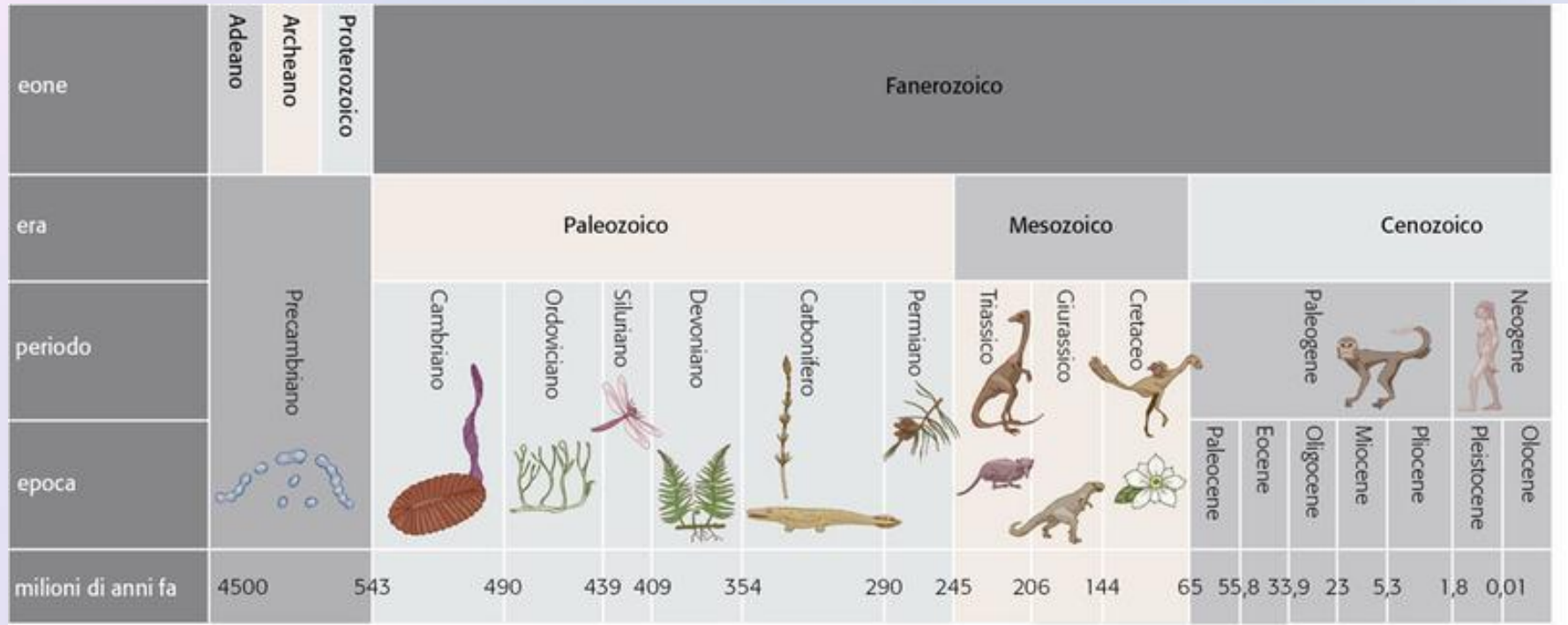
Quaternario			
<u>Periodo</u>	<u>Epoca</u>	<u>Piano</u>	Età (<u>Ma</u>)
Quaternario	<u>Olocene</u>		0–0.0117
	<u>Pleistocene</u>	<u>Tarantiano</u>	0,0117–0,126
		<u>Ioniano</u>	0,126–0,781
		<u>Calabriano</u>	0,781–1,806
		<u>Gelasiano</u>	1,806–2,588
<u>Neogene</u>	<u>Pliocene</u>	<u>Piacenziano</u>	Più antico

Suddivisione del Quaternario secondo la Commissione internazionale di stratigrafia dell'IUGS.

Nell'Europa e Nord America, l'Olocene viene suddiviso negli stadi della scala del tempo di Blytt-Sernander: Preboreale, Boreale, Atlantico, Subboreale e Subatlantico. Vi sono molte suddivisioni regionali per il Pleistocene Superiore o Inferiore, di solito queste rappresentano localmente periodi riconosciuti di freddo (glaciale) e caldo (interglaciale). L'ultimo periodo glaciale finisce con il freddo sottostadio del Dryas recente.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Quaternario>

Comparsa ed evoluzione della vita sulla Terra



Le varie fasi dell'**evoluzione** biologica fino a circa 600 milioni di anni fa sono ancora pressoché ignote proprio per la scarsità di testimonianze fossili.

<http://ebook.scuola.zanichelli.it/curtisinvitoblu/dagli-organismi-alle-cellule/origine-della-vita-e-teorie-evolutive/section-13#>

http://www.youtube.com/watch?v=cX_tjGhJJW8

Storia della Terra ed evoluzione della vita

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 e la sequenza di eventi che ne hanno modificato l'aspetto fino a quello attuale.

La datazione delle rocce può avvenire in due modi:

- 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;
- si può attribuire alla roccia un'età in anni (**datazione assoluta**).

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. Essa si prefigge due obiettivi principali:

- risalire alla natura e all'estensione geografica dei singoli ambienti fisici che hanno originato (nel tempo) i tipi di rocce che formano la crosta;
- ricostruire l'ordine in cui si sono formate nel tempo tali rocce.



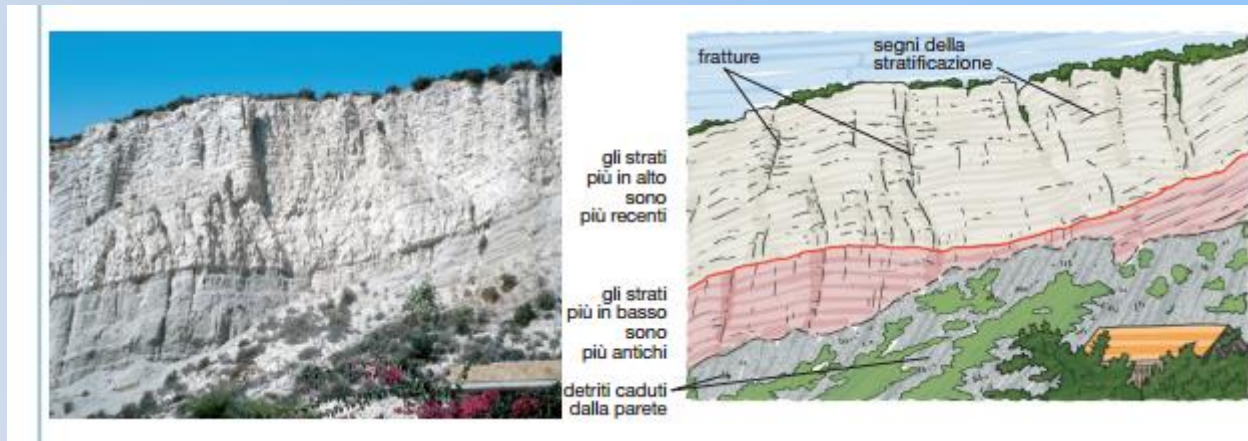
Datazione relativa delle rocce

<http://www.gmpe.it/content/datazione-relativa>

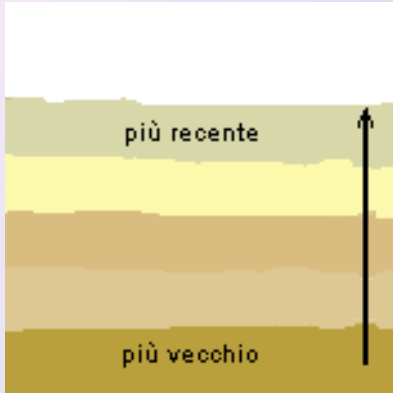
Una datazione relativa stabilisce **l'ordine di una sequenza di eventi**, cioè non dà un'età in anni ma definisce la maggiore o minore antichità di una roccia rispetto ad un'altra.

Lo studio delle rocce sedimentarie, che contengono tracce degli eventi passati, consente una datazione relativa grazie a tre criteri: **stratigrafico**, **litologico** e **paleontologico**.

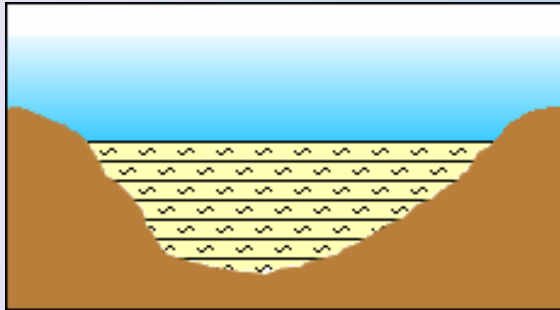
Questo è reso possibile considerando il principio dell'attualismo, formulato alla fine del 1770 da J. Hutton, il quale afferma che “il presente è la chiave del passato”, cioè i processi geologici del passato sono simili a quelli che si possono osservare oggi.



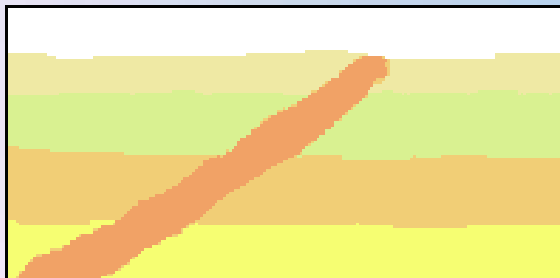
Criterio stratigrafico



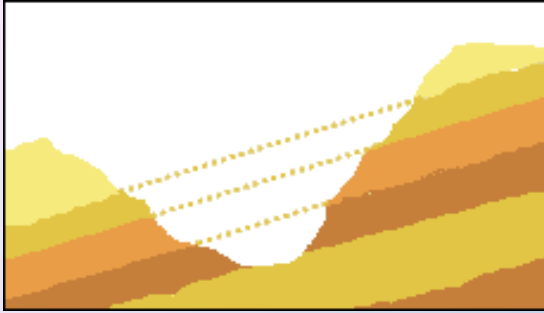
Quando è presente una stratificazione delle rocce, basandosi sul principio di sovrapposizione proposto da Stenone nel '600, si può affermare che in una successione di strati, quelli più antichi sono in basso, mentre in alto si trovano quelli progressivamente più recenti, a meno che un evento geologico eccezionale non abbia modificato la disposizione originaria.



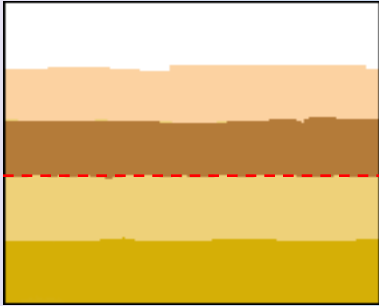
Sempre a Stenone è attribuito il principio di orizzontalità originaria, secondo il quale gli strati sedimentari si depositano generalmente in posizione pressoché orizzontale. Quando perciò troviamo degli strati inclinati o piegati significa che hanno assunto questa posizione dopo la loro deposizione: in una pila di strati anche discordanti, ma non ribaltati, le formazioni orizzontali sono più recenti di quelle inclinate.



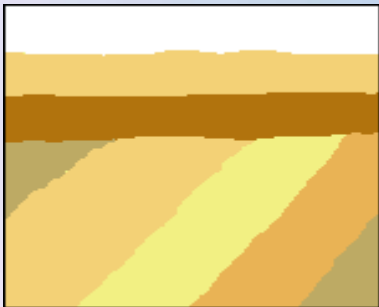
Secondo il principio di intersezione, intrusioni di magma o faglie sono necessariamente più recenti delle rocce che tagliano.



Per il principio di correlazione o continuità originaria, gli strati sono inizialmente continui e se c'è un'interruzione significa che si è verificato un avvenimento (faglia, erosione, ecc.) dopo la deposizione che ha modificato l'ambiente.



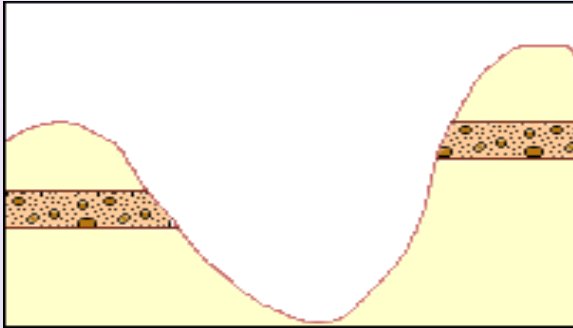
Non sempre gli strati rocciosi sono conformi, cioè si sono depositi senza aver subito interruzioni; accade a volte che un particolare evento, come ad esempio l'abbassamento del livello marino, interrompa la deposizione, determinando la presenza di lacune stratigrafiche.



Le lacune possono essere senza discordanza per cui gli strati sopra e sotto la superficie di discontinuità sono pressoché paralleli, oppure si può avere una discordanza angolare quando gli strati sottostanti sono inclinati rispetto a quelli che si trovano in alto.

A volte le lacune sono evidenziate da hard-grounds, superfici indurite e intensamente colorate in rosso, nero, bruno, nodulose e irregolari, dello spessore che va da pochi millimetri a più di un metro.

Criterio litologico



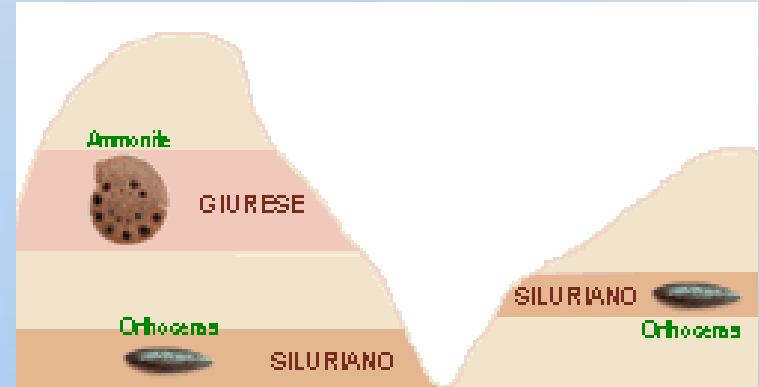
<http://www.gmpe.it/content/datazione-relativa>

Diversamente dal criterio stratigrafico, che si fonda sull'esame di rocce sedimentarie, il criterio litologico si può applicare a tutti i tipi di rocce. Esso consiste nello stabilire una correlazione fra due rocce anche se non si trovano in continuità fisica basandosi sulla natura, diffusione ecc., delle masse rocciose.

Strati litologicamente simili la cui formazione richiede particolari caratteristiche ambientali, anche se lontani orizzontalmente o verticalmente, possono considerarsi coevi.

Confrontando rocce, anche di continenti diversi, si possono stabilire eventuali rapporti di contemporaneità e di identità ambientale.

Criterio paleontologico



In base al principio di successione faunistica, secondo il quale gli organismi si succedono l'uno all'altro con un ordine ben definito, si possono identificare i diversi periodi geologici dai fossili che gli strati rocciosi contengono.

Sono soprattutto i **fossili guida** che permettono una correlazione paleontologica tra le rocce, anche lontane: ogni volta che si trova un particolare fossile guida in una roccia si può assegnare ad essa e agli altri fossili contenuti una precisa età di formazione.

Fossile guida

http://it.wikipedia.org/wiki/Fossile_guida

I **fossili guida** sono dei fossili usati per la datazione relativa delle rocce. Si tratta di resti di organismi che soddisfano precisi requisiti:

- avevano **ampia distribuzione geografica**,
- una relativa **ampia abbondanza di popolazioni** e quindi sono facilmente rinvenibili nelle rocce sedimentate nel periodo della loro esistenza
- hanno avuto **un'evoluzione rapida**: hanno quindi una durata temporale molto limitata e permettono di raggiungere un'elevata precisione nella datazione.



Alcune specie di Trilobiti sono fossili guida del Paleozoico (542-251 milioni di anni fa)



Alcune specie di Ammoniti sono fossili guida per il Mesozoico (251 - 65,5 milioni di anni fa)

Datazione assoluta delle rocce

La datazione assoluta permette di stabilire esattamente il momento in cui si è verificato un determinato evento (inteso in anni per quanto riguarda gli eventi geologici).

Il metodo più preciso per datazioni che vanno da qualche millennio fin oltre i 4 miliardi di anni è quello della **datazione radiometrica**, che si basa sul decadimento degli isotopi radioattivi.

Un isotopo radioattivo è un elemento che presenta un nucleo instabile, perciò tende a decadere, cioè a trasformarsi in un altro elemento più stabile, con un ritmo ben preciso, non alterabile da fattori chimici o fisici; per questo motivo il metodo di misurazione è estremamente attendibile.

Si definisce **tempo di dimezzamento** il tempo che una determinata quantità di un isotopo impiega a ridursi a metà.

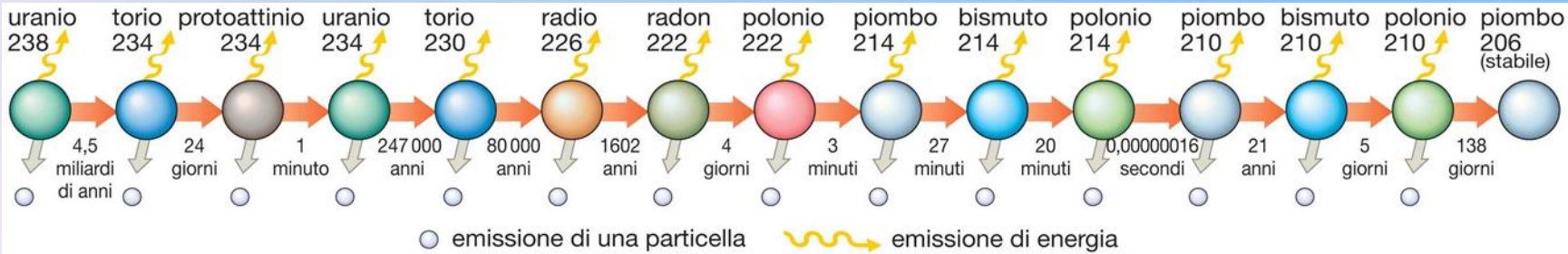
Confrontando la quantità di isotopo radioattivo presente in un campione, rispetto al prodotto del suo decadimento e conoscendo il tempo di dimezzamento si può risalire all'età del campione stesso.

Il tempo di dimezzamento è tipico di ogni tipo di isotopo come vediamo nella seguente tabella

<http://www.gmpe.it/content/datazione-assoluta>

Progenitore Radioattivo	Tempo finale dimezzamento	Isotopo stabile
^{14}C	5.730 a	^{14}N
^{40}K	1.300 ma	^{40}Ar
^{238}U	4.510 ma	^{206}Pb
^{235}U	713 ma	^{207}Pb
^{232}Th	14.000 ma	^{208}Pb
^{87}Rb	47.000 ma	^{87}Sr

Ad esempio, se partiamo da 10 mg dell'isotopo ^{14}C , dopo 5730 anni ne avremo 5 mg, dopo altri 5730 anni 2,5 mg e così via. Perciò, se in un campione trovo solo ^{14}C significa che il campione è recente e non è ancora avvenuto il decadimento. Se invece trovo il 50% di ^{14}C e il 50% dell'elemento da lui derivato vuol dire che sono trascorsi 5730 anni, ecc.



Il decadimento dell’uranio-238
fino al piombo-206

La tettonica delle placche

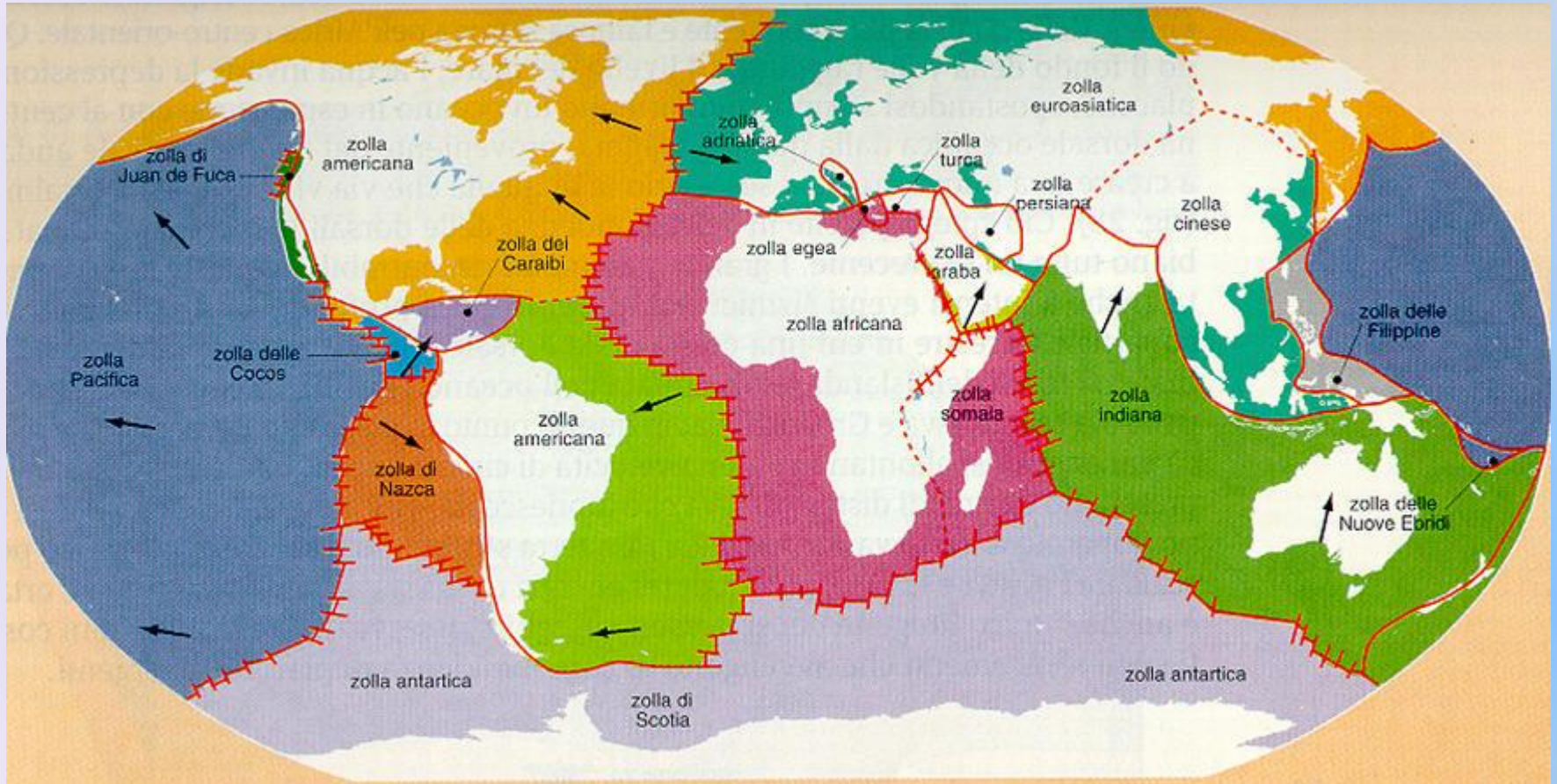
Teoria della Tettonica delle placche (Plate Tectonics)

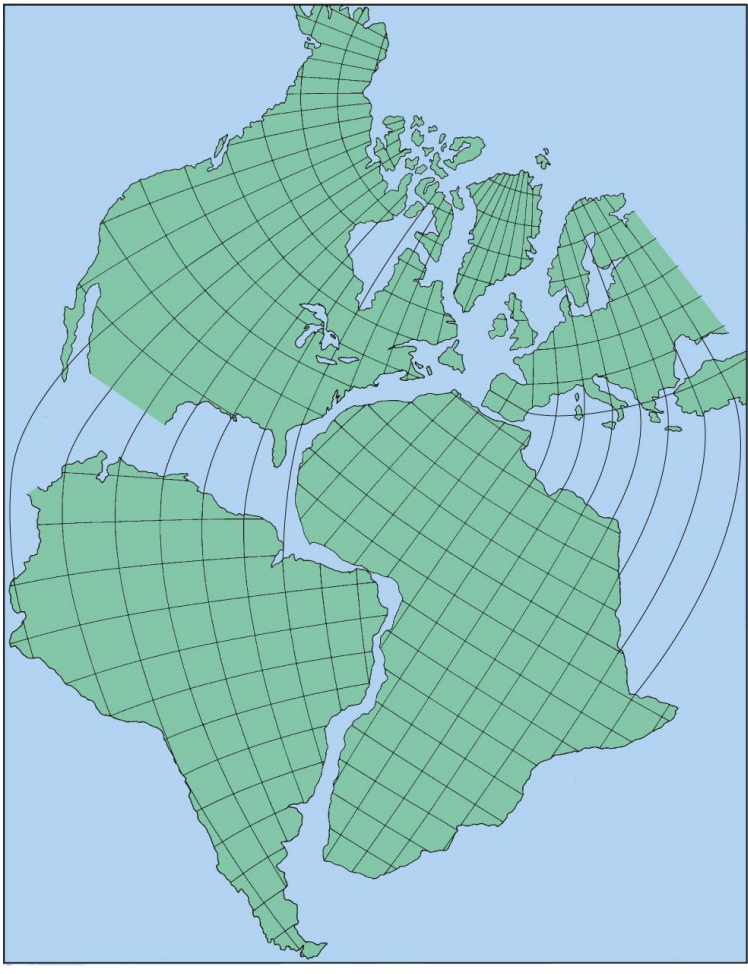
Secondo Stephen Hawking, nel suo libro *Dal big bang ai buchi neri. Breve storia del tempo*, "una **teoria** è una buona teoria se soddisfa due condizioni: deve descrivere accuratamente un'estesa serie di osservazioni sulla base di un modello che contiene solo pochi elementi arbitrari, e deve fare predizioni precise riguardo ai risultati di osservazioni future". Egli prosegue dicendo "... tutte le teorie fisiche sono provvisorie, nel senso che sono solo ipotesi: non possono essere mai completamente provate. Non importa quante volte i risultati di un esperimento sono in accordo con una teoria, non si può mai essere completamente sicuri che la prossima volta i risultati non saranno in contraddizione con la teoria. D'altra parte, **si può smentire una teoria con una sola osservazione che sia in contrasto con le predizioni della teoria**".

Una teoria scientifica è un modello o un insieme di modelli che spiegano i dati osservativi a disposizione, e che offrono predizioni che possono essere verificate. Nella scienza, una teoria non può essere mai completamente provata, perché non è possibile assumere che conosciamo tutto ciò che c'è da conoscere (compresi eventuali elementi che potrebbero screditare la teoria). Invece, **le teorie che spiegano le osservazioni vengono accettate finché un'altra osservazione non è in disaccordo con esse**. In tal caso, la teoria incriminata viene eliminata del tutto oppure, se possibile, cambiata leggermente per poter comprendere l'osservazione.

Teoria della tettonica delle zolle (o placche)

Plate tectonics





Indizi che hanno portato a formulare dapprima la teoria della deriva dei continenti, è poi la teoria della tettonica delle placche

Già nel 1620, l'astronomo Sir Francis Bacon, scrisse di una sorprendente conformità dei margini continentali che si presentava da entrambi i lati dell'Oceano Atlantico, concludendo che i due continenti erano come le tessere di un puzzle, un tempo assemblate ma che in un qualche modo si erano successivamente smembrate ed allontanate.

<http://www.minerva.unito.it/SIS/hess/Hess2.html>

Conformità dei margini di continenti attuali

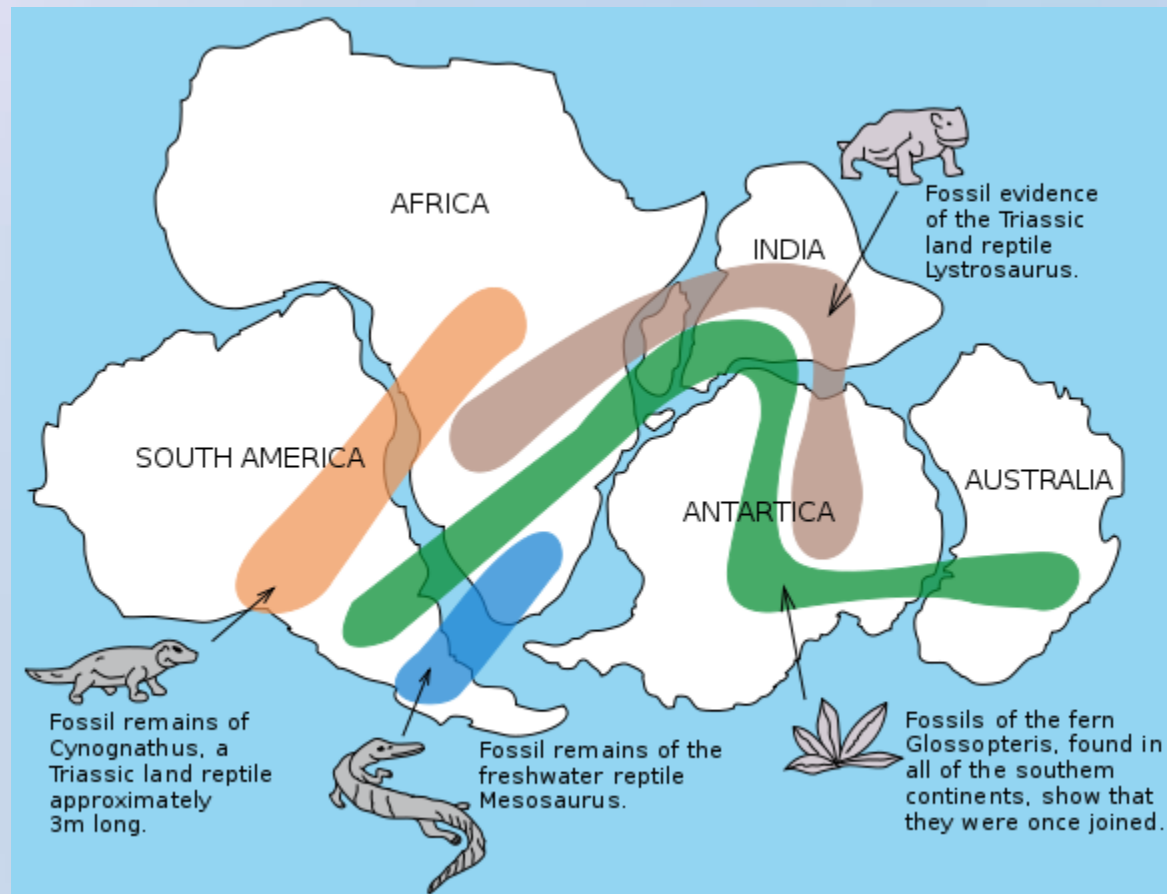
Conformità di rocce antiche eccatene montuose
che adesso si trovano in continenti diversi



<http://geology.csupomona.edu/drjessey/class/Gsc101/Plate.html>

<https://webspace.utexas.edu/cokerwr/www/slides/anacatlan/supercon.html>

Ritrovamento di fossili di terra in aree ora separate dagli oceani

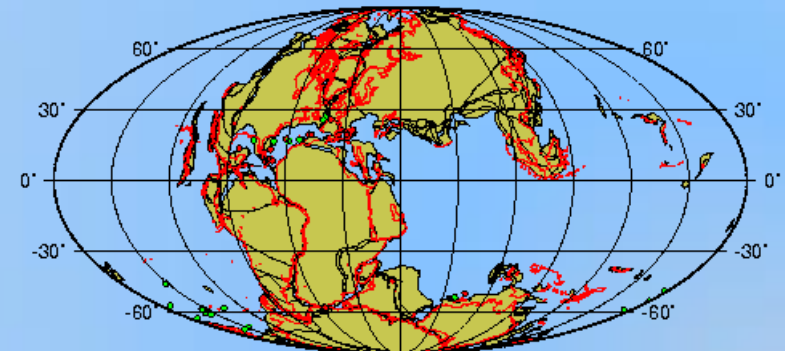
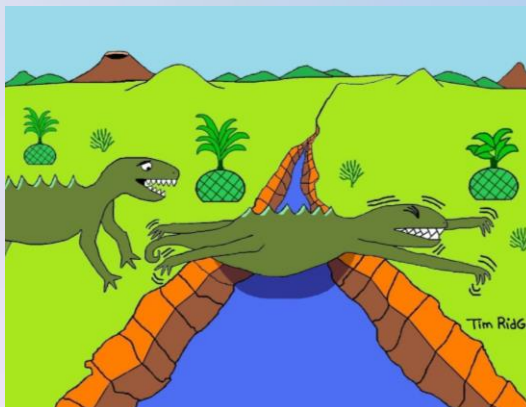
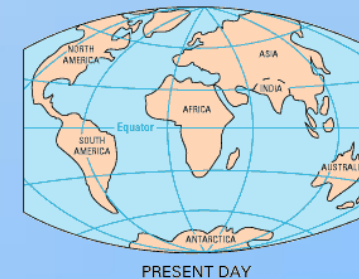
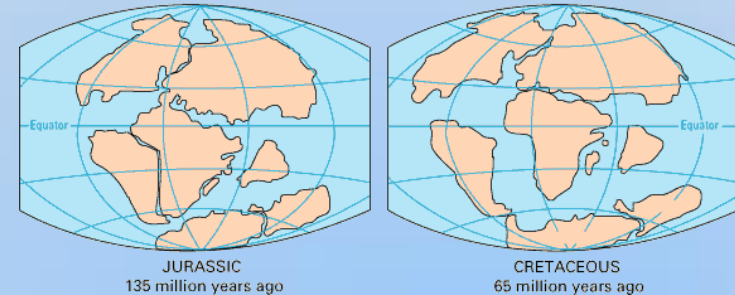
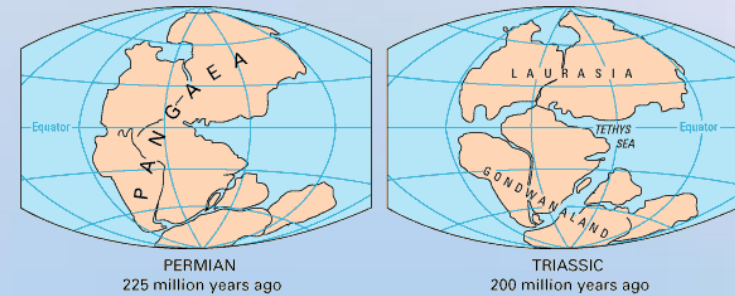


http://en.wikipedia.org/wiki/Continental_drift

<http://digidownload.libero.it/Mirtillo74/documenti/geologia.pdf>
http://it.wikipedia.org/wiki/Deriva_dei_continenti

Il concetto di **deriva dei continenti** è quello di movimenti su grande scala dei continenti sul globo.

Il meteorologo e geofisico tedesco **Alfred Wegener** nel 1915 teorizzò che un tempo tutti i continenti attuali facessero parte di un super continente chiamato **Pangea** (tutto terra). Citò come ulteriore prova della frammentazione e della deriva dei continenti la notevole somiglianza tra le rocce, le strutture geologiche e i fossili sui due lati opposti dell'Atlantico



Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie

per i Beni Culturali - Maria Chiara Turini

Università degli Studi di Ferrara

<http://www.youtube.com/watch?v=uGcDed4xVD4>

Evoluzione della terra
dal precambriano al
futuro



La Pangea