

ASSOCIAZIONE AMICI DELLA NATURA ROSIGNANO

MuSNa
Museo di Storia Naturale
ROSIGNANO MARITTIMO

ASSOCIAZIONE «AMICI DELLA NATURA»
rosignano

osservatorio
toscano per la
biodiversità

MuSNa
Museo di Storia Naturale
ROSIGNANO MARITTIMO

Villa Pertusati
57016 Rosignano Marittimo (Li)
tel. 0586 724550, 377 1465349
www.musrosi.org
musrosi@tiscali.it



Apertura invernale (dal 3 settembre al 30 giugno)
giovedì e sabato, ore 16.00 - 19.00
lunedì - venerdì, apertura per le scuole su prenotazione
ogni prima domenica del mese, ore 16.00 - 19.00

Apertura estiva (dal 1 luglio al 2 settembre)
sabato ore 16.00 - 19.00
domenica ore 9.00 - 12.00



MuSNa

COMUNE ROSIGNANO MARITTIMO

MuSNa – Villa Pertusati Rosignano M.mo via Eduardo De Filippo 6

Per informazioni: 0586 724550, 377 1465349;
www.musrosi.org
musrosi@gmail.com.

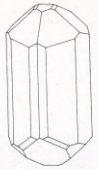
CORSO INTRODUTTIVO ALLO STUDIO, AL RICONOSCIMENTO E ALLA COLLEZIONE DEI MINERALI

CONVERSAZIONE 1: INTRODUZIONE ALLA MINERALOGIA
CONVERSAZIONE 2: MINERALOGIA CHIMICA E CRISTALLOCHIMICA
CONVERSAZIONE 3: RICONOSCIMENTO DEI MINERALI
CONVERSAZIONE 4: GIACIMENTI MINERARI

Museo di Storia naturale di Rosignano – MuSNa
GRUPPO GEOMINERALOGICO

TRA GLI SCOPI DEL CORSO: ORIENTARSI IN UN TESTO DI MINERALOGIA PER COLLEZIONISTI .....

Crocoite • $PbCrO_4$



CARTA D'IDENTITÀ

Sistema monoclino
Durezza 2,5-3
Densità 6
Sfaldatura perfetta
Frattura concoide
Colore rosso
Colore della polvere arancione
Lucentezza adamantina

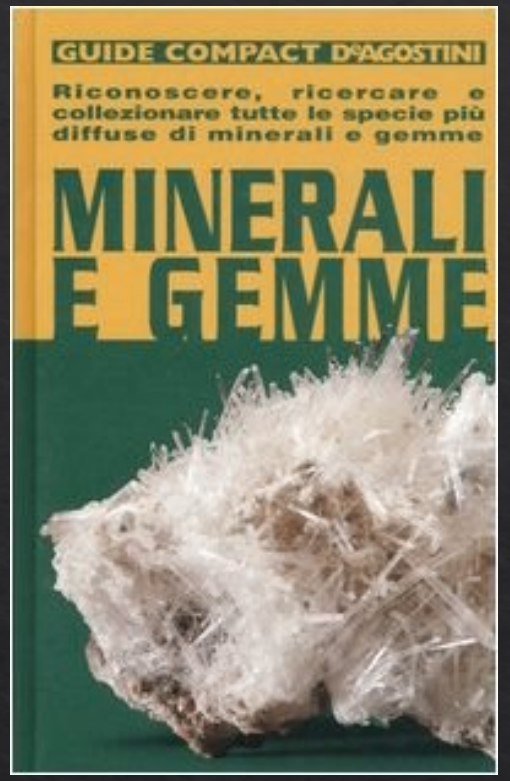
Forma aggregati di cristalli aciculari o cristalli prismatici molto allungati, spesso striati longitudinalmente, oppure individui ottaedrici o romboedrici di un bel color rosso arancio o rosso vermiglio. Può presentarsi anche in druse.

CARATTERI DIAGNOSTICI Se esposta alla luce, la crocoite perde la sua lucentezza e sbiadisce. Facilmente fusibile e attaccabile dagli acidi forti.

ORIGINE È un minerale tanto raro quanto bello, che si forma nella zona di ossidazione di alcuni giacimenti di piombo, specialmente in quelli situati presso rocce eruttive ultrabasiche ricche di cromo.

GIACIMENTI I pochi giacimenti noti sono Beresov negli Urali, Dundas in Tasmania (da cui provengono i migliori campioni con cristalli prismatici lunghi anche 15 centimetri), Goyabeira, nello Stato di Minas Gerais in Brasile, Nontron in Francia, Mammoth Cave in Arizona e contea di Inyo in California (Usa).



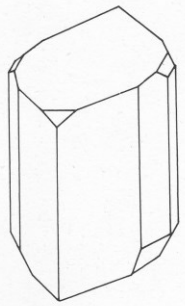


Melanterite

Solfati
$FeSO_4 . 7 H_2O$

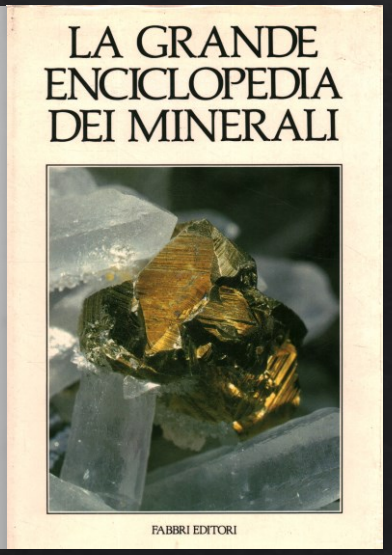
114

Etimologia: dal greco *melas* = nero (Beudant, 1832)



• Durezza: 2 • Striscia: bianca • Colore: verde, giallo verdastro, raramente bruno scuro • Trasparenza: da trasparente a translucida • Lucentezza: vitrea • Sfaldatura: perfetta secondo {001} • Morfologia: cristalli, aggregati granulari e soffici, stalattiti • Solubilità: facile in acqua • Altre proprietà: sapore d'inchiostro. • Densità: 1,9 • Sistema cristallino: monoclino • Forma dei cristalli: prismi tozzi, tabulari, pseudoromboedri • Composizione chimica: FeO 25,9%, SO_3 28,8%, H_2O 45,3%, presenza di Cu – **pisanite (115)**, Mg **(kirovite)** • Proprietà chimiche: si disidrata all'aria, e si decompone • Trattamenti: conservare in contenitori stagni o sotto plastica • Minerale simile: goslarite **(113)** • Differenze: raggi X e reazioni chimiche.

• Genesi: secondaria • Paragenesi: alunogeno **(26)**, alotrichite **(27)**, pirrotite **(283)**, pirite **(436)** • Località: frequente; RFT (Rammelsberg), Spagna (Rio Tinto), Svezia (Falun), Cecoslovacchia (Smolník), Jugoslavia (Idria), Ungheria (Recsk).



…. O SAPER LEGGERE IL CONTENUTO DI UN SITO WEB CHE TRATTA DI MINERALOGIA

mindat.org

Log In Register English

About Support Us Photos Discussions Search Learn More Search mindat.org Go

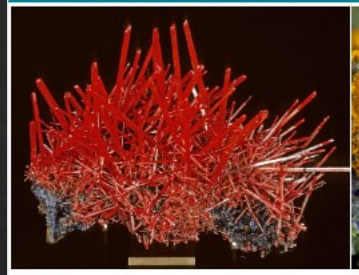
Quick Links : The Mindat Manual The Rock H. Currier Digital Library Mindat Newsletter [Free Download]

Crocoite

A valid IMA mineral species - grandfathered

This page kindly sponsored by PH, dedicated to JULIA ROSE HUGGINS

Photos of Crocoite (1060) View 'Best Of' Article



Crocoite

Adelaide Mine, Dundas mineral field, Zeehan mining district, West Coast municipality, Tasmania, Australia



Crocoite, etc.

Platt Prospect, Dundas mineral field, Zeehan mining district, West Coast municipality, Tasmania, Australia



Crocoite

Berezovsk deposit, Beryozovsky, Sverdlovsk Oblast, Russia

Hide all sections Show all sections

About Crocoite

Hide

Formula: $PbCr^{6+}O_4$

Colour: Orange, red, yellow; orange-red in transmitted light.

Lustre: Sub-Adamantine, Sub-Vitreous, Resinous, Waxy

Hardness: 2½ - 3

Specific Gravity: 5.97 - 6.02

Crystal System: Monoclinic

Name: Originally recognized by Mikhail Vassil'evich Lomonosov in 1763 as a red lead ore. Johann Gottlob Lehmann in 1766 named it Nova Minera Plumbi. Various authors later gave the mineral a name signifying the presence of lead and the color red: minera plumbi rubra (Wallerius, 1778), Rothes bleierz (Werner, 1774), and Plomb rouge (Macquart, 1789). After the element chromium was announced in 1798, a new series of names was applied to the species: Plomb chromaté (Haüy, 1801), Kallochrom (Hausmann, 1813), etc. Renamed Crocise by François Sulpice Beudant in 1832 and Krokoisite by Franz von Kobell in 1838. Translated to the current pronunciation, Krokoit, by Johann August Breithaupt in 1841. Named Beresofite in 1844 by Charles Upham Shepard. Named Lehmannite by Henry J. Brooke and William H. Miller in 1852. The name crocoite comes from the Greek κρόκος "crocon" = saffron, alluding to the saffron-orange color of its powder.

Type Locality: Tsvetnoi Mine, Uspenskaya Hill, Berezovsk deposit, Beryozovsky, Sverdlovsk Oblast, Russia

Crocoite is commonly found as crystals, usually as long prismatic crystals and more rarely as equant crystals, but are most often poorly terminated, and are usually of a bright hyacinth-red color, which are translucent and have an adamantine to vitreous lustre. When fine-grained it can be bright yellow to orange, and some crystals are dark red.

Classification of Crocoite

Hide

Strunz-mindat (2025): 7.FA.20

7 : SULFATES (selenates, tellurates, chromates, molybdates, wolframates)
F : Chromates
A : Without additional anions

Dana 7th ed.: 35.3.1.1

Dana 8th ed.: 35.3.1.1

35 : ANHYDROUS CHROMATES
3 : AXO_4

Hey's CIM Ref.: 27.2.5

27 : Sulphites, Chromates, Molybdates and Tungstates
2 : Chromates

Mineral Symbols

As of 2021 there are now IMA–CNMNC approved mineral symbols (abbreviations) for each mineral specie

Symbol	Source	Reference
Crc	IMA-CNMNC	Warr L.N. (2021). IMA–CNMNC approved mineral symbols. Mineralogical Magazine, 85(3), 291-320.

Physical Properties of Crocoite

Lustre: Sub-Adamantine, Sub-Vitreous, Resinous, Waxy

Transparency: Transparent, Translucent

Colour: Orange, red, yellow; orange-red in transmitted light.

Streak: Yellow-orange

Hardness: 2½ - 3 on Mohs scale

Tenacity: Brittle

Cleavage: Poor/Indistinct
Distinct on {110}, indistinct on {001} and {100}.

Fracture: Conchoidal

Density: 5.97 - 6.02 g/cm^3 (Measured) 5.97 g/cm^3 (Calculated)

Comment: 6.06 (Dundas mat.); 6.12 (artificial mat.)

Crystallography of Crocoite

Hide

Crystal System: Monoclinic

Class (H-M): 2/*m* - Prismatic

Cell Parameters: a = 7.12 Å, b = 7.421 Å, c = 6.80 Å
β = 102.41°

Ratio: a:b:c = 0.959 : 1 : 0.916

Unit Cell V: 350.90 Å^3 (Calculated from Unit Cell)

Z: 4

Morphology: Crystals commonly prismatic [001] to acicular crystals with nearly square outline; elongated parallel to [$\bar{1}$01]; pseudo-octahedral at times, with {111} {$\bar{1}$11}, or acute rhombohedral with {110} {h0l}. Faces usually smooth and brilliant; {110} commonly striated [001], and the steep orthodomes rounded or distorted. Crystals are often cavernous or hollow. Massive; imperfectly columnar to granular.

Forms include:
a{100}, b{010}, c{001}, o{310}, d{210}, g{320}, m{110}, ζ{350}, f{120}, h{101}, p{502}, n{401}, χ{801}, k{$\bar{1}$01}, x{$\bar{3}$01}, l{$\bar{4}$01}, ε{$\bar{5}$01}, θ{$\bar{6}$01}, w{012}, z{011}, y{021}, τ{111}, π{221}, θ{331}, s{441}, λ{112}, γ{223}, v{$\bar{1}$11}, e{11_1.1}, ψ{911}, G{812}, N{$\bar{7}$11}, η{412}, q{12.4.1}, L{2.1.10}, g{841}, Q{953}, H{435}, δ{11.10.1}, ρ{13.1.5}, τ{911}, r{612}, A{511}, R{18.4.1}, ξ{411}, β{312}, φ{311}, F{621}, Y{931}, B{521}, u{211}, E{328}, o{8.7.10}, M{6.10.9}, σ{352}, i{123}, μ{154}, D{265}. Also an additional couple dozen probable forms.

Comment: Space group P21/n.

Crystallographic forms of Crocoite

Hide

Crystal Atlas:



{110}, {40-1}, {111}
Locality: Minas Geraes, Brazil
Dauber, 1860. In: V.M. Goldschmidt, Atlas der Krystallformen, 1913-1923 ('Rotbleierz').

3D model ID: 2032

Click on an icon to view

- Crocoite no.76 - Goldschmidt (1913-1926)
- Crocoite no.111 - Goldschmidt (1913-1926)

3d models and HTML5 code kindly provided by www.smorf.nl.

Toggle
Edge Lines | Miller Indices | Axes

Transparency
Opaque | Translucent | Transparent

View
Along a-axis | Along b-axis | Along c-axis | Start rotation | Stop rotation

CONVERSAZIONE PRIMA:

INTRODUZIONE ALLA MINERALOGIA

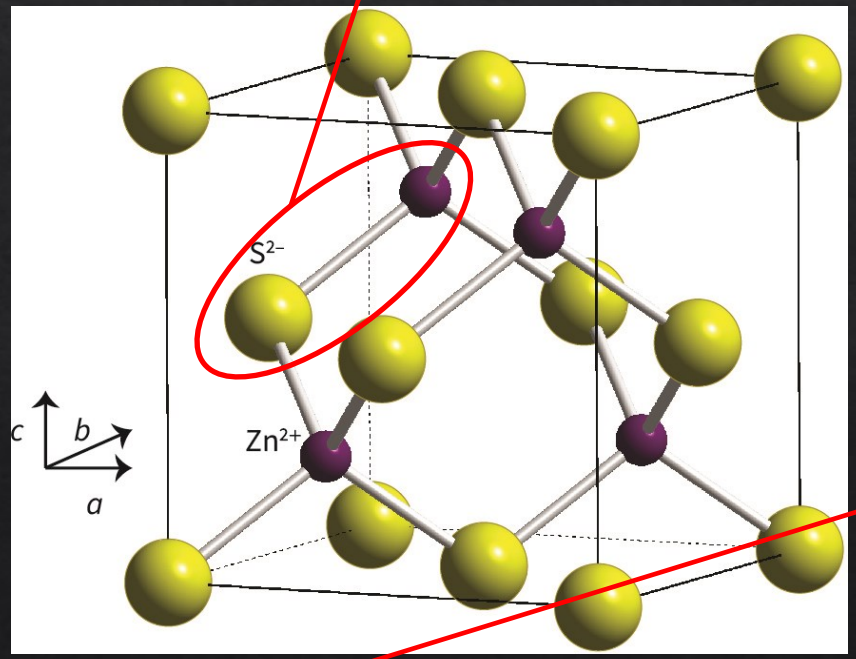
CHE COSA SONO I MINERALI

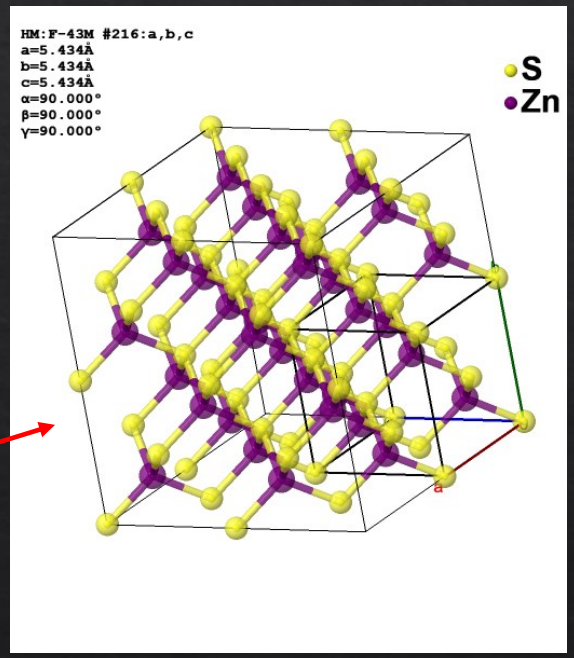
MINERALE: è una sostanza **naturale**, **solida**, formata in seguito a processi **inorganici**, **omogenea**, perché costituito da particelle che si ripetono con periodicità per tutto il cristallo. A questa definizione esistono alcune eccezioni: il **mercurio**, pur essendo liquido, viene considerato un minerale; come alcuni **composti radioattivi**, che nel tempo possono perdere la distribuzione ordinata degli atomi, divenendo amorfi. Ci sono poi minerali che non derivano proprio da un processo inorganico, come la **calcite dei calcari organogeni** formata dall'accumulo di scheletri di organismi marini animali e vegetali.

Un minerale è classificato in base a 2 caratteristiche:

Formula Chimica: es. Sfalerite **ZnS** – essa descrive gli elementi chimici che lo compongono ed in quale proporzione relativa sono presenti nel minerale.

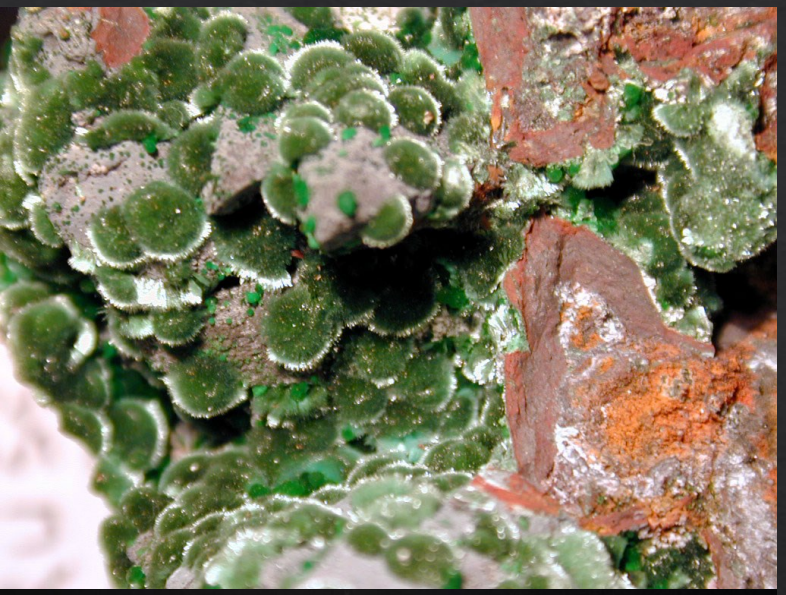
Nella cella rappresentata appaiono 5+4+5 atomi di Zolfo (S) e 4 atomi di Zinco (Zn)…. Ma la formula non è Zn5S11. Gli 8 atomi ai vertici della cella appartengono ognuno a 8 celle contigue, i atomi di Zolfo alle facce della cella appartengono ognuno a due celle contigue quindi il numero di atomi di Zolfo in una cella è $8X\frac{1}{8} + 6X\frac{1}{2} = 1 + 3 = 4$ atomi di Zolfo mentre i 4 atomi di Zinco sono interamente contenuti nella cella da cui la formula ZnS





Struttura Cristallina: è il modo e le regole in cui gli atomi (o le molecole) sono disposti all'interno di un cristallo. Questa disposizione ordinata conferisce ai materiali le loro proprietà fisiche e chimiche specifiche. Questo si esprime in una serie di proprietà di simmetria espresse come Gruppo/Sistema/Classe Crstallina e Gruppo Puntuale. Nel caso della sfalerite essa appartiene al Gruppo Monometrico, Sistema Cubico, Classe esacistetraedrica, simbolo del gruppo puntuale $\bar{4}3m$

DEFINIZIONI COMUNI DEL TERMINE MINERALE





Quindi un minerale è identificato dal tipo di elementi chimici che lo compongono e dalla proporzione relativa con cui questi costituiscono il minerale stesso, espressa da una formula chimica e dall'insieme di regole con cui questi atomi sono disposti nello spazio ovvero dalla sua struttura cristallina

Definizione di minerale secondo la International Mineralogical Association (IMA):

"In termini generali, un minerale è un elemento o un **composto chimico** normalmente **cristallino** e che si è formato a seguito di processi geologici."

Definizione data da mindat.org:

Un minerale è un elemento chimico o composto che:

ha una composizione più o meno costante - con la possibilità di avere sostituzioni in specifici siti cristallografici in serie continue.

è solitamente un solido con una disposizione tridimensionale ordinata di ioni e molecole nella sua struttura cristallina.
Sono approvate alcune eccezioni per sostanze amorfe ben caratterizzate. L'unico liquido approvato come minerale è il mercurio.

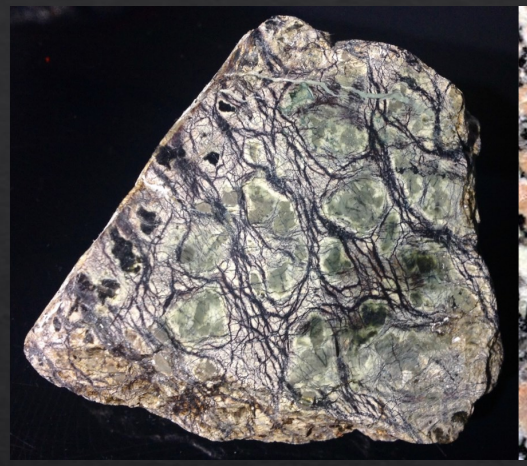
è formato da processi geologici naturali e senza intervento umano o altro biologico.
Sono fatte eccezioni per i materiali organici che sono stati modificati e cristallizzati da processi geologici.

non è costituito da due o più sostanze miscelate.

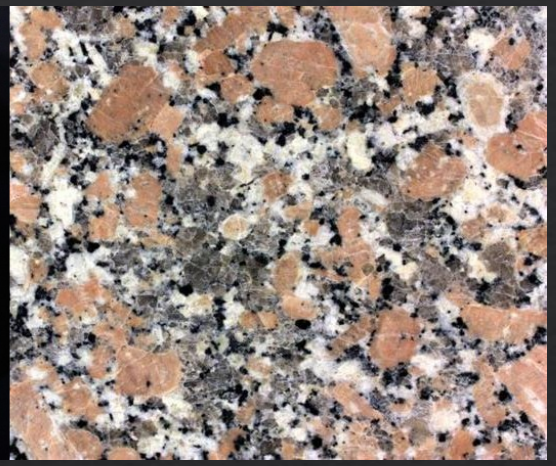
è stato esaurientemente studiato e caratterizzato dai mineralogisti, dichiarato unico nella sua composizione e struttura, e gli esemplari originali studiati sono stati depositati per la conservazione in un museo curato professionalmente.

MINERALI ARTIFICIALI: Tutte le sostanze sintetizzate in laboratorio non possono essere considerate minerali perché legate all'attività umana.

CHE COSA ‘NON’ SONO I MINERALI



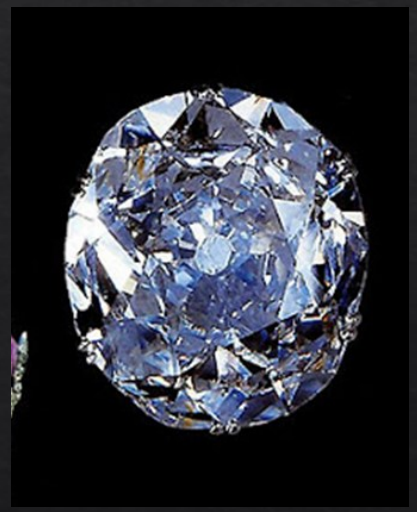
Serpentinite



Granito



Diamante



Diamante lavorato ‘tagliato’

ROCCIA: Le rocce sono miscele di minerali diversi che formano parte integrante della crosta terrestre. Sono eterogenee e molto estese. Esistono anche rocce costituite da un’unica specie di minerale, che sono dette rocce semplici. Il marmo delle Alpi Apuane ne è un esempio.

GEMME: si chiamano gemme quelle pietre che derivano da minerali che si distinguono per la particolare durezza, bellezza e rarità, come ad esempio:

- R**ubino (Corindone, Al_2O_3)**
- **Zaffiro (Corindone, Al_2O_3)**
- **Diamante (C)**
- **Zircone (**$ZrSiO_4$**)**
- **Acquamarina (Berillo -** $Be_3Al_2Si_6O_{18}$**)**
- **Smeraldo (Berillo -** $Be_3Al_2Si_6O_{18}$**)**.

Parte delle caratteristiche di una gemma derivano da operazioni condotte dall'uomo come la *levigatura*, la *sfaccettatura*… Ad esempio quest’ultima è essenziale per rendere la pietra preziosa perfetta nella simmetria (in forma macroscopica) e per esaltarne le proprietà ottiche di brillantezza. I diamanti, che sono le pietre preziose più apprezzate in assoluto, assumono un valore diverso a seconda del tipo di taglio: taglio a brillante, taglio a rosetta, taglio a cabochon…

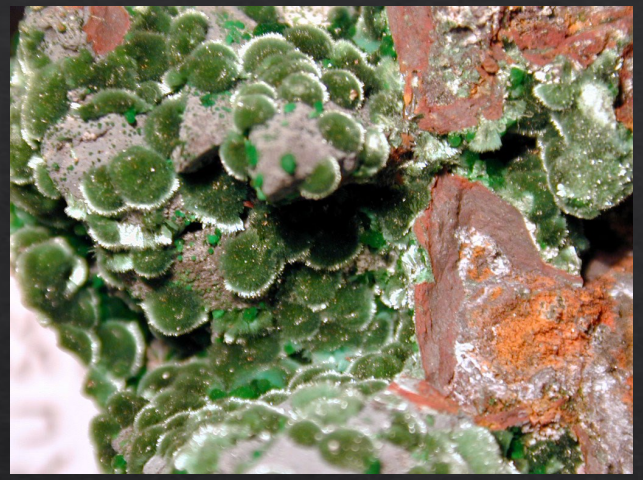
Quante specie mineralogiche esistono?

Attualmente sono state riconosciute dall'International Mineralogical Association (IMA)

oltre 6000 specie mineralogiche (6006 aggiornamento al 29.01.2025).

Tuttavia, è importante notare che questo numero è in continua evoluzione, poiché ogni anno nuove specie vengono scoperte e riconosciute (+) o ne viene rivista la classificazione (-)

MINERALI: L'ASPETTO PIÙ COMUNE A CUI SIAMO ABITTUATI È INVECE IL PIÙ RARO CON CUI ESSI SI PRESENTANO IN NATURA



Brochantite, $Cu_4(SO_4)(OH)_6$, Laurion - Grecia coll. e foto A. Lenzi L=7 cm, H=4 cm, P=4 cm



Galena, dolomite, Calcopirite, PbS, $CaMg(CO_3)_2$, $CuFeS_2$, Westfork mine, Viburnum Missouri, coll. e foto A. Lenzi



Pirite, FeS_2, Rosales Perù coll. e foto A. Lenzi



Quarzo, SiO_2, Huanzala Perù, coll. e foto A. Lenzi



Ilvaite $CaFe^{3+}Fe^{2+}{}_2O(Si_2O_7)(OH)$, Dalnegorsk Russia, coll. e foto A. Lenzi



Mercurio Hg su Cinabro HgS, Almaden, coll. e foto A. Lenzi



Mica muscovite $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$, Brasile, coll. e foto A. Lenzi

IN REALTÀ, I MINERALI SI PRESNTANO PERLOPIÙ COSÌ

Rocce eterogenee: costituite da più minerali



Gabbro: roccia ignea intrusiva contenente
Plagioclasio **$NaAlSi_3O_8$ - $CaAl_2Si_2O_8$**
Pirosseno: Augite $(Ca,Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Ti,Al)_2(Si,Al)_2O_6$
e Diopside $CaMgSi_2O_6$



TACONITE: orizzonti ricchi in ferro ossidato sotto forma di ematite Fe_2O_3 e magnetite Fe_3O_4 alternati a letti di selce e argilla

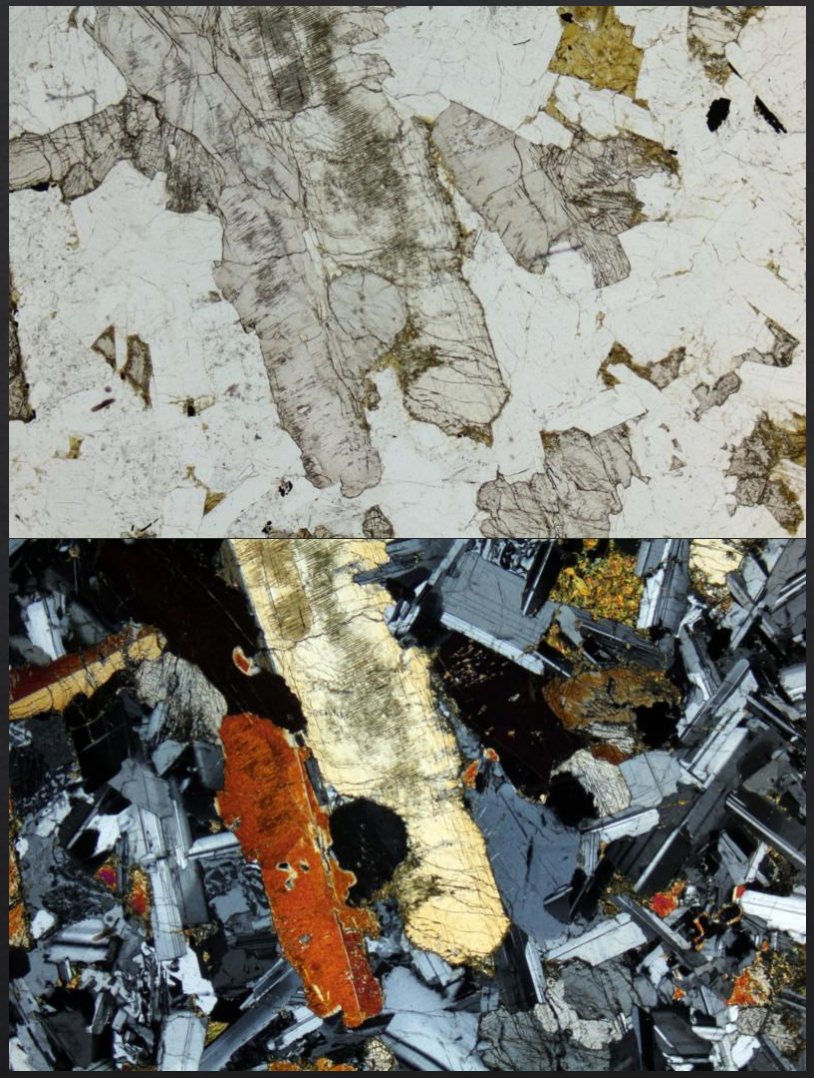
Rocce omogenee: costituite da un solo tipo di minerale



Quarzite: costituita prevalentemente da quarzo SiO_2



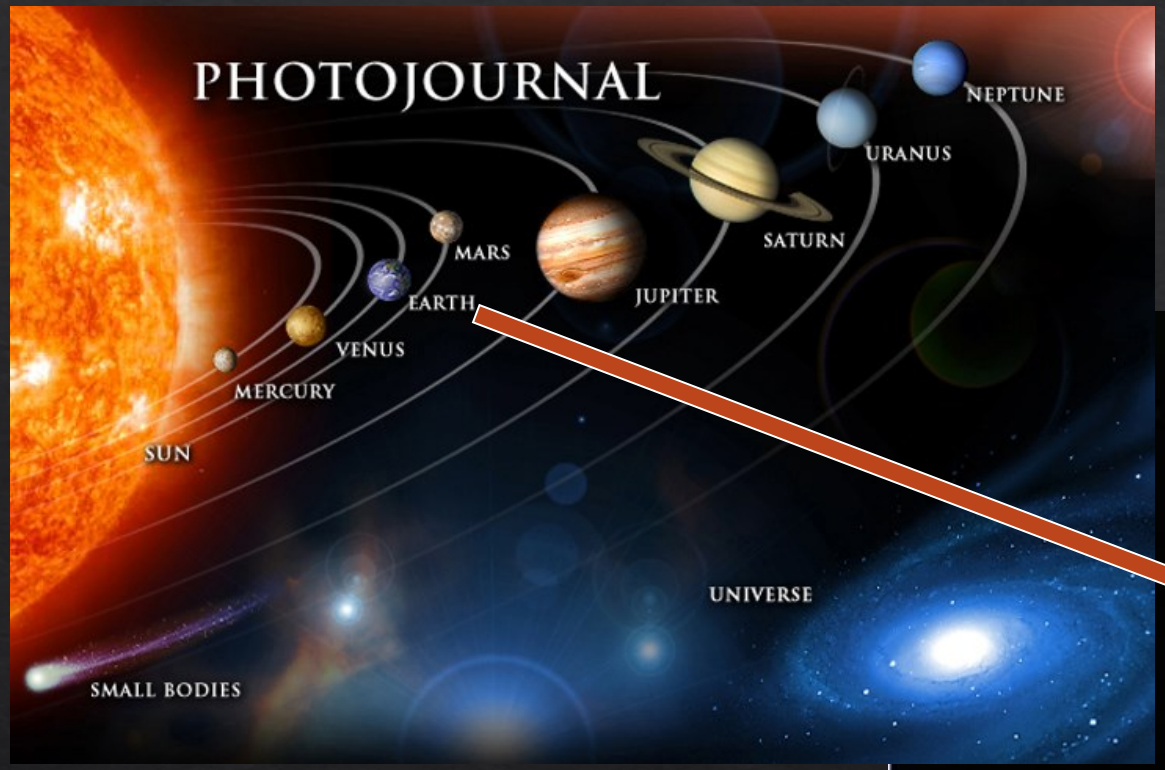
Marmo: costituito prevalentemente da calcite $CaCO_3$

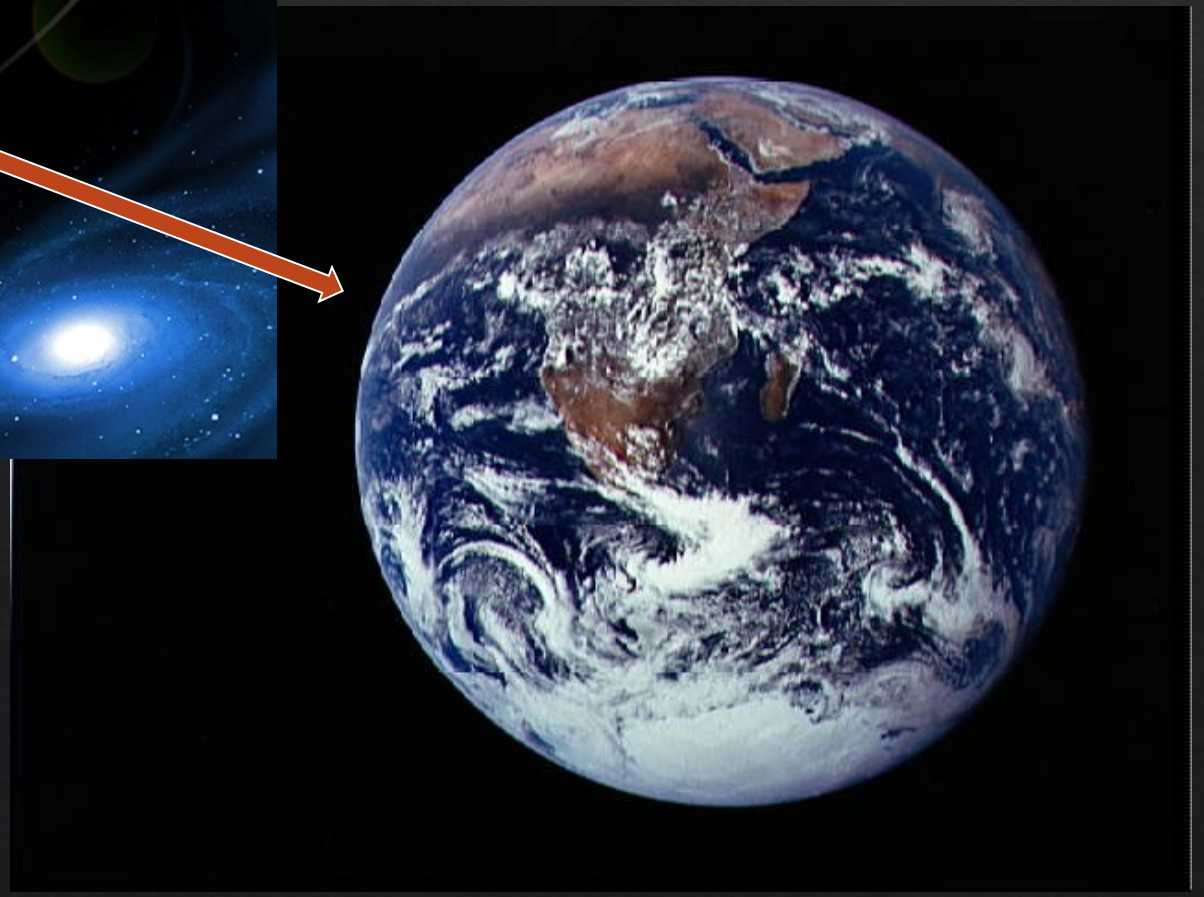


Rocce eterogenee osservate al microscopio polarizzatore:
le zone a differente colore individuano cristalli di singoli minerali componenti la roccia. Nell'esempio riportato in alto vediamo una sezione sottile di un gabbro (lato lungo = 7mm) a Nicol parallelo (sopra) e Nicol incrociati (sotto) Rif. https://www.alexstrekeisen.it/pluto/gabbro.php

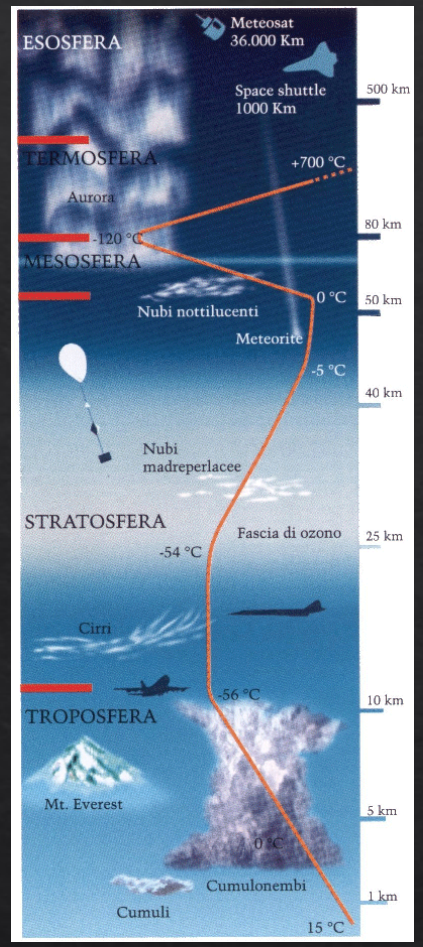
ORIGINE DEI MINERALI

PIANETA TERRA (ETÀ 4,5 MILIARDI DI ANNI)





STRUTTURA DELLA TERRA



Atmosfera

Troposfera: Questo strato si estende dalla superficie terrestre fino a circa 8-15 chilometri di altitudine, a seconda della latitudine e della stagione. La troposfera contiene la maggior parte della massa dell'atmosfera e include i principali fenomeni atmosferici che influiscono direttamente sulla superficie terrestre.

Stratosfera: Situata sopra la troposfera, la stratosfera si estende da circa 15 chilometri fino a circa 50 chilometri di altitudine. In questa regione, la temperatura aumenta con l'altitudine a causa dell'assorbimento della radiazione ultravioletta da parte dell'ozono.

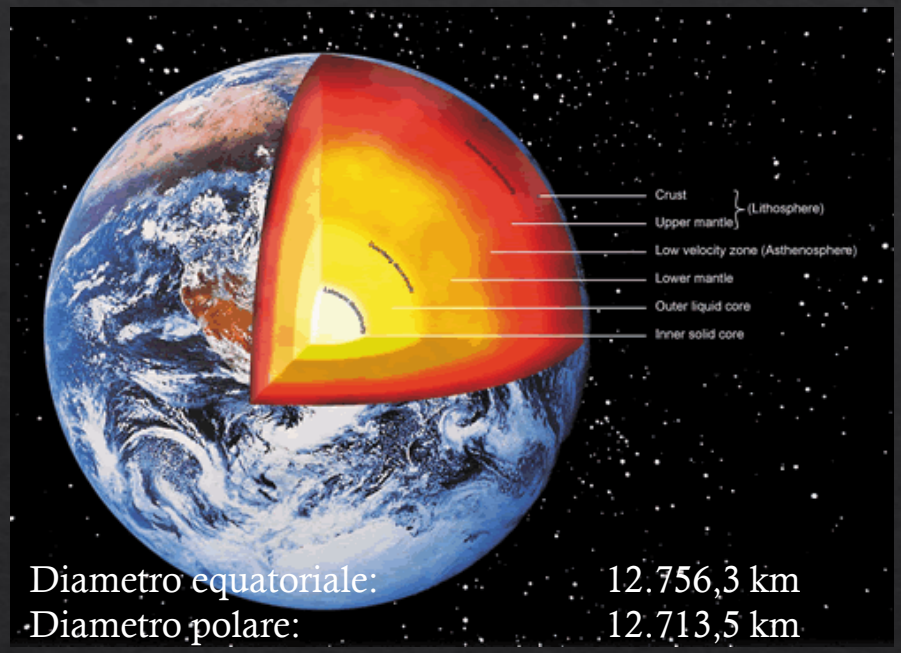
Mesosfera: La mesosfera si trova al di sopra della stratosfera, estendendosi da circa 50 chilometri fino a 85 chilometri di altitudine. In questa zona, la temperatura diminuisce con l'altitudine.

Termosfera: Situata oltre la mesosfera, la termosfera si estende da circa 85 chilometri a oltre 600 chilometri di altitudine. In questa regione, la temperatura aumenta notevolmente a causa dell'interazione con la radiazione solare.

Esosfera: L'esosfera è la regione più esterna dell'atmosfera terrestre e si estende oltre la termosfera. In questa zona, le particelle di gas sono così rarefatte che possono viaggiare per lunghe distanze senza collisioni significative. L'esosfera è la regione in cui le particelle possono eventualmente sfuggire alla gravità terrestre e disperdersi nello spazio.

Idrosfera: è la parte della Terra costituita da acqua in tutte le sue forme: liquida, solida e gassosa. Questa include gli oceani, i mari, i fiumi, i laghi, i ghiacciai, le calotte polari e il vapore acqueo nell'atmosfera. L'idrosfera è fondamentale per il ciclo dell'acqua e svolge un ruolo chiave nei processi geologici, climatici e biologici del nostro pianeta.





Struttura Interna della Terra

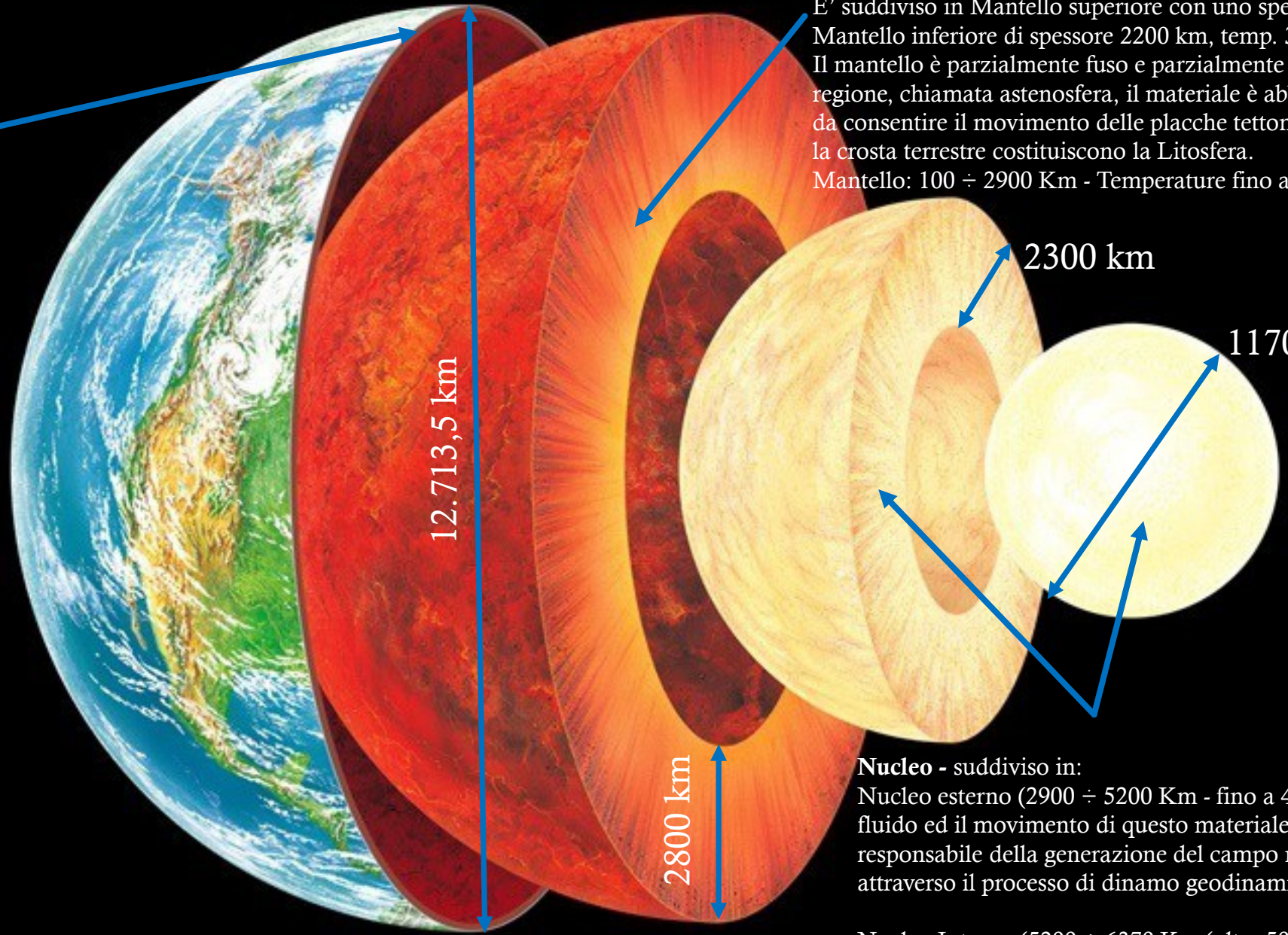
Per Struttura Interna della terra si intende la parte costituita dagli strati della Terra che escludono la sua atmosfera e l'idrosfera.

Essa è costituita da una crosta solida esterna di rocce di varia origine, uno strato sottostante, l'astenosfera, altamente viscosa detta anche mantello superiore e un mantello inferiore solido. Ancora più all'interno troviamo il nucleo suddiviso a sua volta in un nucleo esterno liquido il cui flusso genera il campo magnetico terrestre e un nucleo interno solido.

- **Nucleo**
- **Mantello**
- **Crosta**

STRUTTURA INTERNA DELLA TERRA

Crosta terrestre:
ha uno spessore medio 35 km, compreso tra 4 km (crosta oceanica) e 70 chilometri (crosta continentale) La litosfera è l'involucro esterno della Terra (1,5% del raggio), ed è costituita da rocce che hanno caratteristiche diverse, a loro volta costituite da minerali.



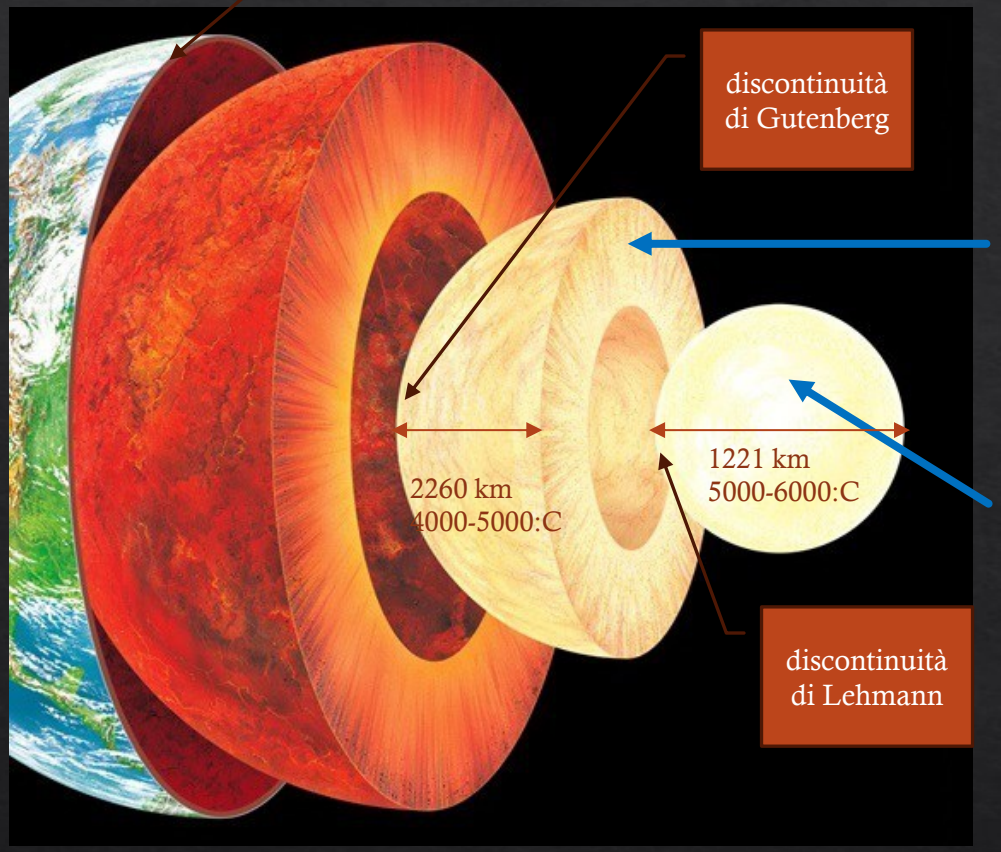
Mantello: composto principalmente da silicati di ferro e magnesio. E' suddiviso in Mantello superiore con uno spessore circa 600km e Mantello inferiore di spessore 2200 km, temp. 3400°C
Il mantello è parzialmente fuso e parzialmente solido. In una regione, chiamata astenosfera, il materiale è abbastanza deformato da consentire il movimento delle placche tettoniche. L'astenosfera e la crosta terrestre costituiscono la Litosfera.
Mantello: 100 ÷ 2900 Km - Temperature fino a 3400°C

Nucleo - suddiviso in:
Nucleo esterno (2900 ÷ 5200 Km - fino a 4300°C), in uno stato fluido ed il movimento di questo materiale metallico fuso è responsabile della generazione del campo magnetico terrestre attraverso il processo di dinamo geodinamico

Nucleo Interno (5200 ÷ 6370 Km (oltre 5000°C) solido, nonostante le temperature estremamente elevate. Il nucleo è principalmente composto da ferro e nichel.

https://phys.org/news/2015-12-earth-layers.html

NUCLEO



https://phys.org/news/2015-12-earth-layers.html

Il nucleo è composto principalmente di ferro, a cui si associa circa il 6% di nichel e l'8÷10% di altri elementi, come per esempio il potassio la cui abbondanza è al momento solo ipotetica.
Il suo raggio è di circa 3400km ed è costituito prevalentemente da leghe di ferro, è denso più del doppio del mantello, con densità tra 10 e 13 g/cm^3.
La presenza di ferro prevalente deriva sia da deduzioni legate alla massa terrestre ed alle densità dei materiali costituenti mantello e crosta terrestre sia dalle abbondanze del Silicio e del Ferro. Secondo le teorie di formazione dei pianeti il numero di atomi di Silicio e di Ferro sono equivalenti nel sistema solare. Poiché il rapporto Si/Fe nella crosta terrestre e quello ipotizzato per il mantello sono fortemente sbilanciati verso il Silicio, la presenza di un nucleo di Ferro all'interno del pianete darebbe coerenza sia a i dati composizionali osservati che alle densità presunte per il nucleo.

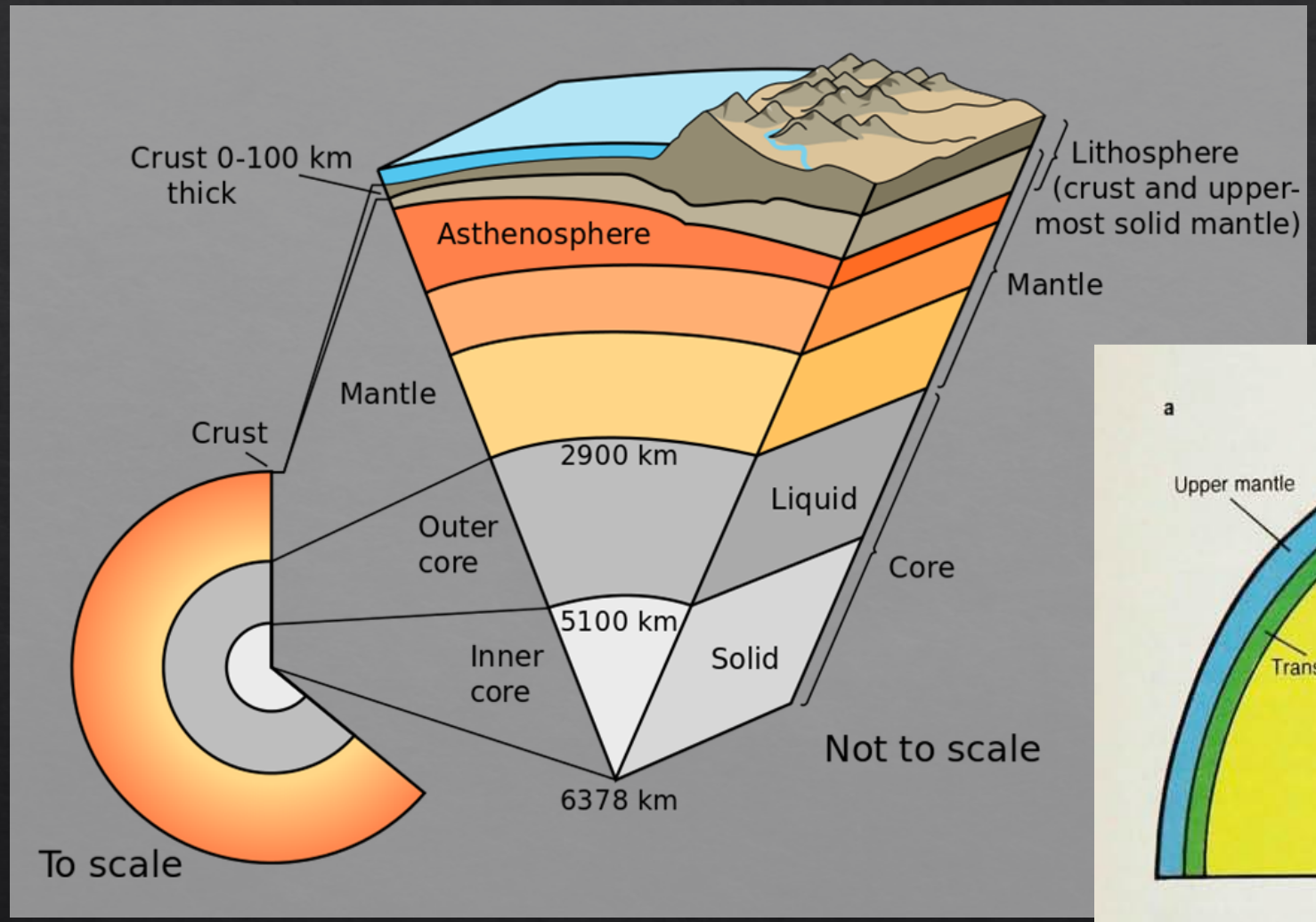
Nucleo Esterno: Il nucleo esterno è in uno stato fluido ed è costituito da una fascia di circa 2260 km di spessore di ferro e nichel, in cui la convezione, ovvero il trasporto di materia e calore per differenza di densità dalle porzioni interne verso quelle più esterni deve essere vigorosa, e la temperatura stimata è tra i 4000÷5000 °C.
Data la sua natura prevalentemente metallica, e il movimento convettivo di questo materiale metallico fuso, il nucleo esterno, in rotazione differenziale rispetto al nucleo interno, genera il campo magnetico terrestre
Al limite tra nucleo esterno e nucleo interno, la pressione è di circa 330 Gpa (3,3 milioni di atmosfere).

Nucleo Interno: ha un raggio di circa 1221 km ed è solido, con una temperatura tra i 5000÷6500 °C. Il passaggio tra nucleo esterno e nucleo interno è riconoscibile per un forte aumento della velocità delle onde P, che ha permesso di capirne anche la natura solida dato che queste, a loro volta, producono nuovamente anche onde S. Il nucleo interno inoltre presenta onde P più veloci del 3÷4% in senso N-S, lungo l'asse di rotazione. L'analisi di come questa anisotropia si sposta nel tempo ha permesso di capire che il nucleo interno ruota più velocemente verso est di 0,3÷0,5° l'anno rispetto agli altri gusci esterni della Terra, e l'asse di questa rotazione è spostato di circa 10° rispetto all'asse di rotazione planetario. Le onde sismiche viaggiano più rapidamente nella direzione dell'asse lungo dei cristalli, e l'anisotropia del nucleo è spiegabile con un allineamento dei cristalli di ferro lungo l'asse della rotazione. Questo implica che l'anisotropia nel nucleo è controllata dalla rotazione stessa. L'anisotropia è più marcata nell'emisfero occidentale, suggerendo una maggiore organizzazione dell'allineamento dei cristalli nella parte occidentale del nucleo solido.

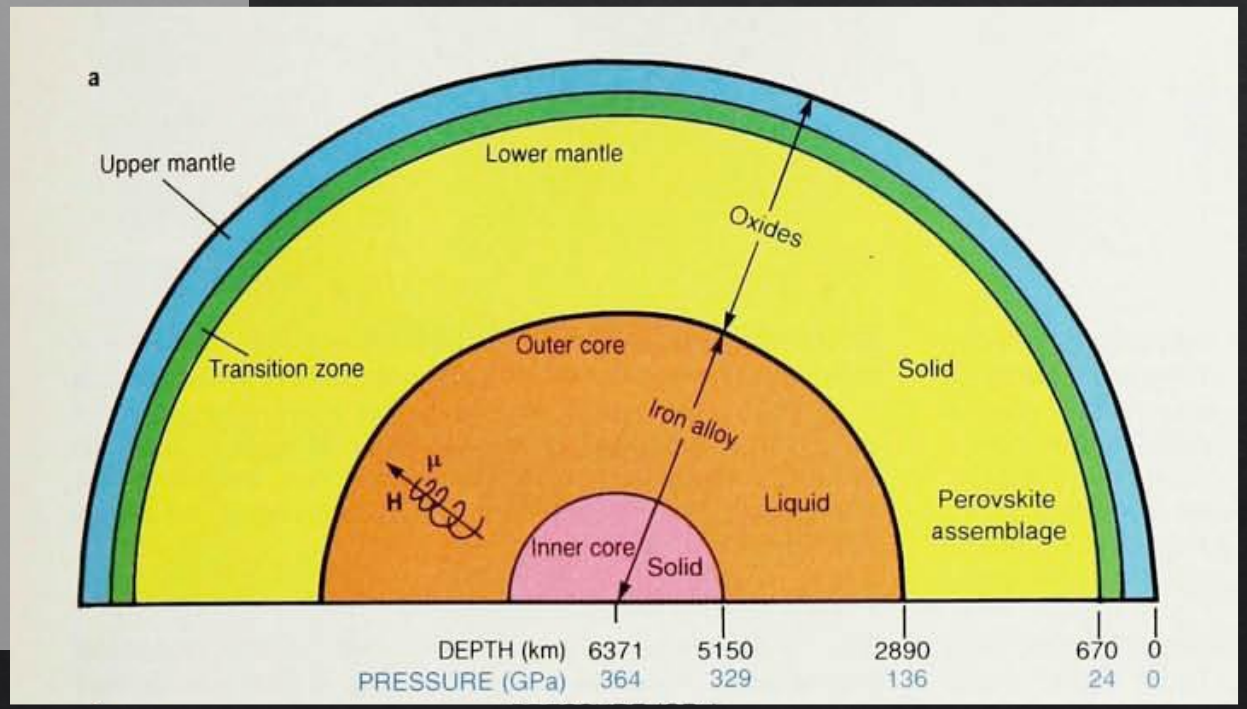
Il nucleo solido, secondo i calcoli termodinamici relativi al modello del raffreddamento terrestre, non esisteva prima di 1,5 miliardi di anni. È in continua espansione per la sedimentazione gravitativa alla sua sommità di ferro segregato dal nucleo liquido in raffreddamento (https://www.treccani.it/enciclopedia/terra-interno-della-terra_-Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica/).

Il calore presente all'interno del nucleo è derivato dall'effetto di aggregazione dei materiali costituenti e dal calore generato nella fase di accrescimento e collasso gravitativo del pianeta. Esso può essere considerato il calore residuo della formazione del pianeta.

MANTELLO

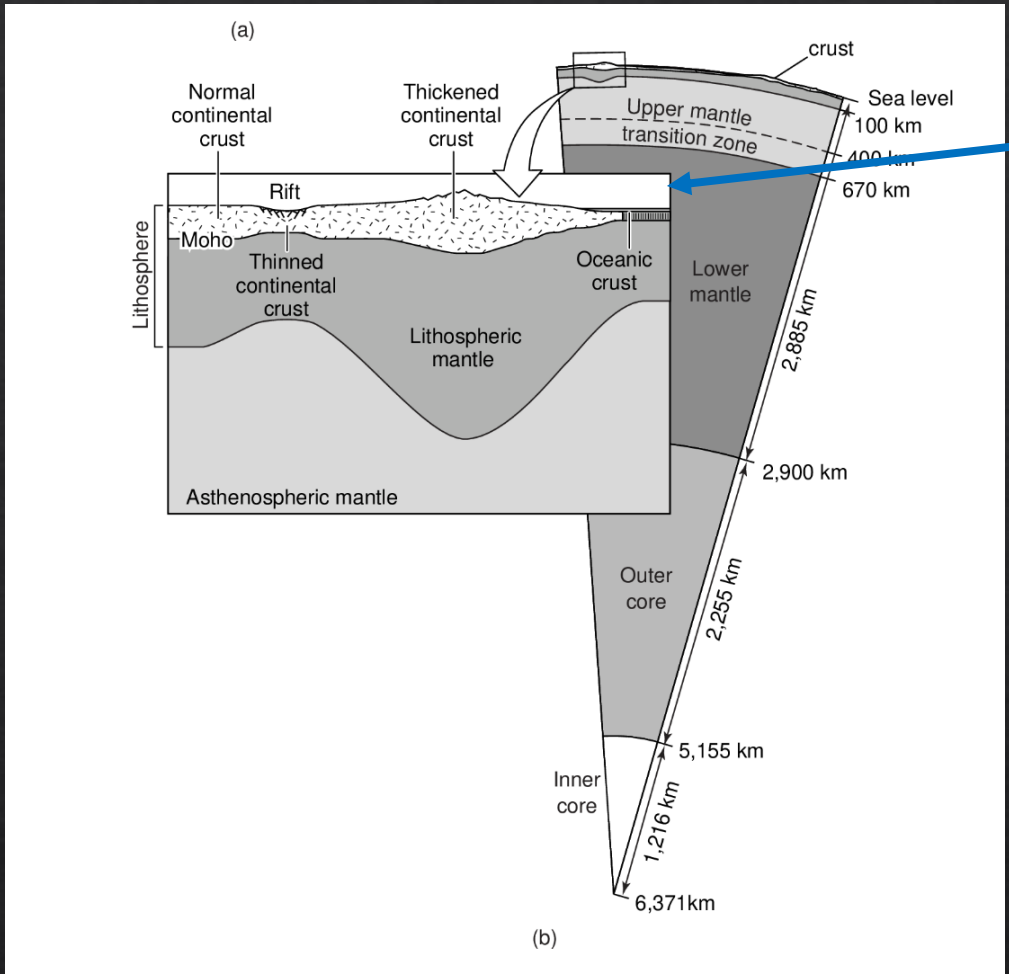


Mantello: composto principalmente da silicati di ferro e magnesio. Il mantello è parzialmente fuso, in una regione chiamata astenosfera, dove il materiale è abbastanza deformato da consentire il movimento delle placche tettoniche.



https://images.nationalgeographic.org/image/upload/v1645778937/EducationHub/files/what-earth-plate-tectonics.pdf

LA CROSTA TERRESTRE

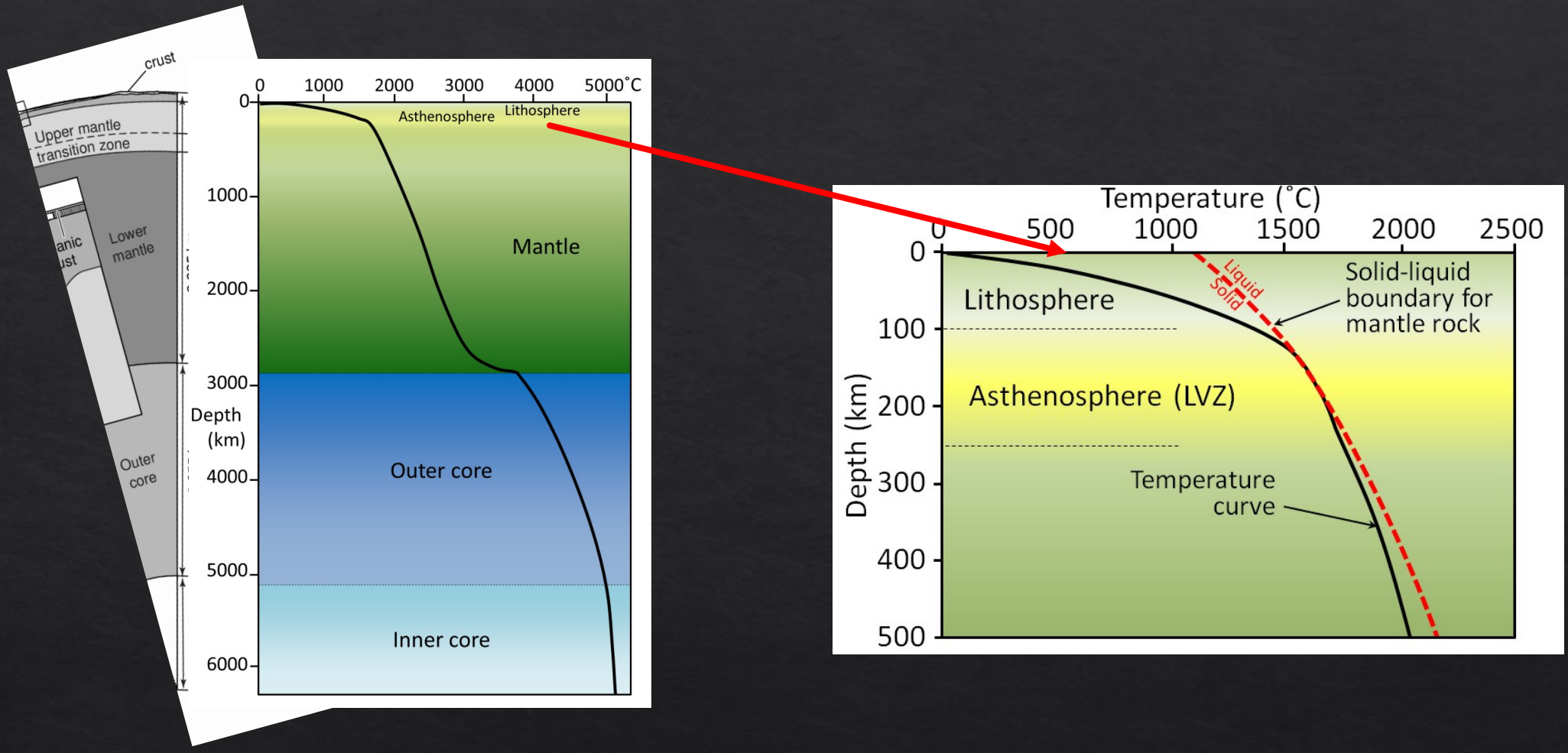


Crosta terrestre:
ha uno spessore medio 35 km, compreso tra 4 km (crosta oceanica) e 70 chilometri (crosta continentale). La crosta terrestre è l'involucro esterno della Terra (1,5% del raggio), ed è costituita da rocce che hanno caratteristiche diverse, a loro volta costituite da minerali.

Insieme alla porzione più esterna del mantello costituisce **La litosfera**: essa è soggetta a continui mutamenti legati in parte all'atmosfera, l'idrosfera e la biosfera, che circondano la Terra, in parte a quello che accade nello strato sottostante. Il mantello è infatti caratterizzato da lentissimi moti convettivi che nel giro di milioni di anni spostano, trascinandole, le placche o zolle sulla superficie del pianeta.

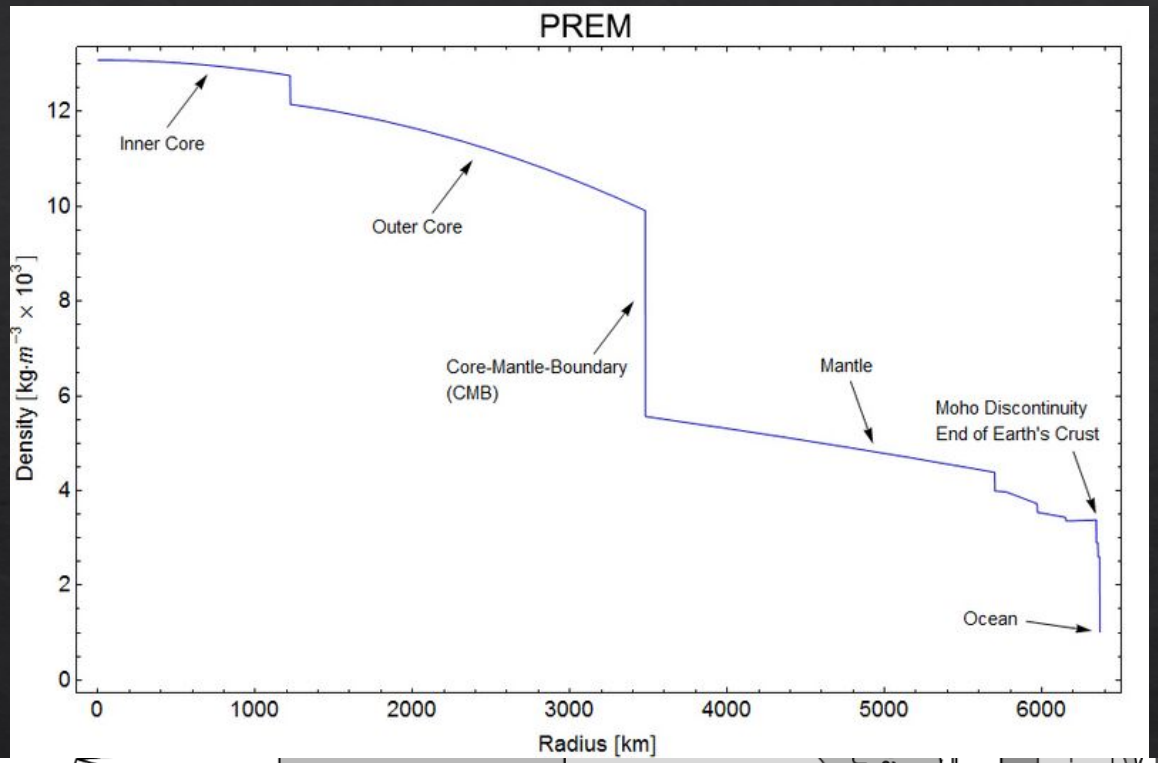
Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics (Second International Student Edition) Hardcover – International Edition, June 4, 2010
by Stephen Marshak (Author), Ben A. van der Pluijm (Author)

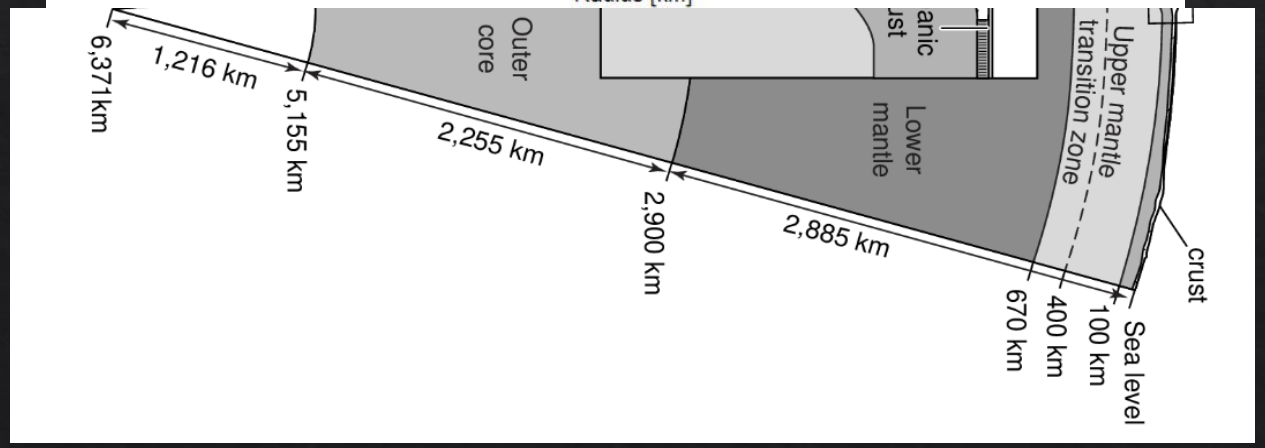
Temperature nelle strutture interne della Terra



generalized rate of temperature increase with depth within Earth. Temperature increases to the right, so the flatter the line, the steeper the temperature gradient. Our understanding of the temperature gradient comes from seismic wave information and knowledge of the melting points of Earth's materials. Left: Rate of temperature increase with depth in Earth's upper 500 kilometres, compared with the dry mantle rock melting curve (red dashed line). LVZ= low-velocity zone.
https://opentextbc.ca/physicalgeology2ed/chapter/9-2-the-temperature-of-earths-interior/#retfig9.2.1

Densità nelle strutture interne della Terra





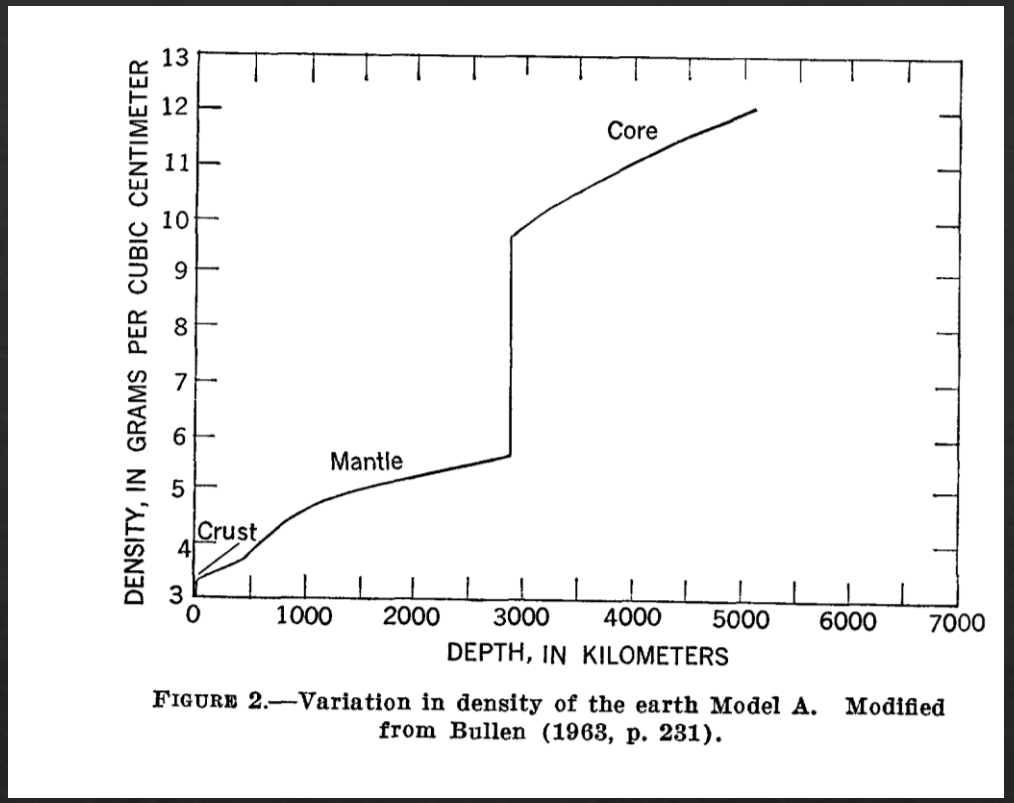
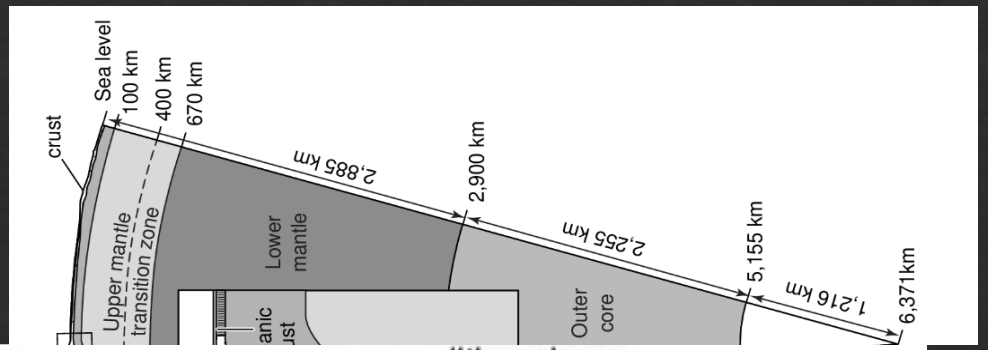


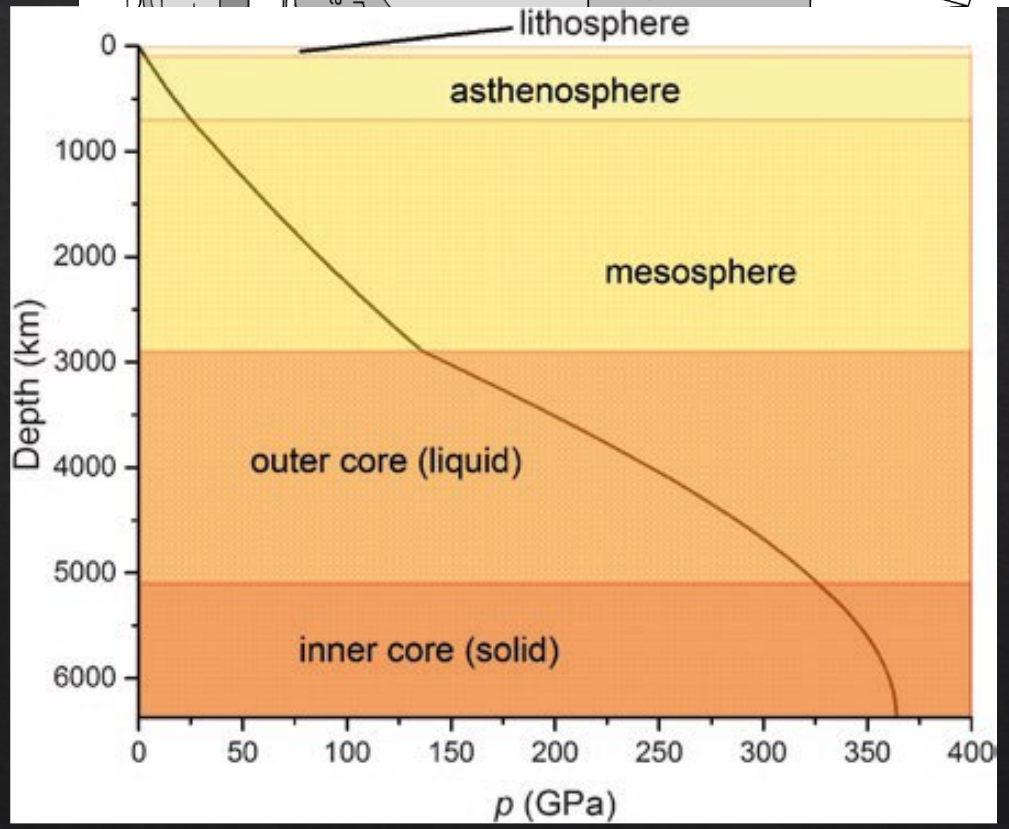
FIGURE 2.—Variation in density of the earth Model A. Modified from Bullen (1963, p. 231).

COMPOSITION OF THE EARTH'S CRUST, RAYMOND L. PARKER, Data of Geochemistry*, *Chapter D.* Composition of the Earth's Crust, **GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 440-D,** UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE, WASHINGTON : 1967

A.M. Dziewonski, D.L. Anderson (1981). "Preliminary reference Earth model". Physics of the Earth and Planetary Interiors 25 (4): 297–356. doi:10.1016/0031-9201(81)90046-7. ISSN 0031-9201.
Bibcode: 1981PEPI...25..297D. https://www.cfa.harvard.edu/~lzeng/papers/PREM.pdf

Pressioni nelle strutture interne della Terra

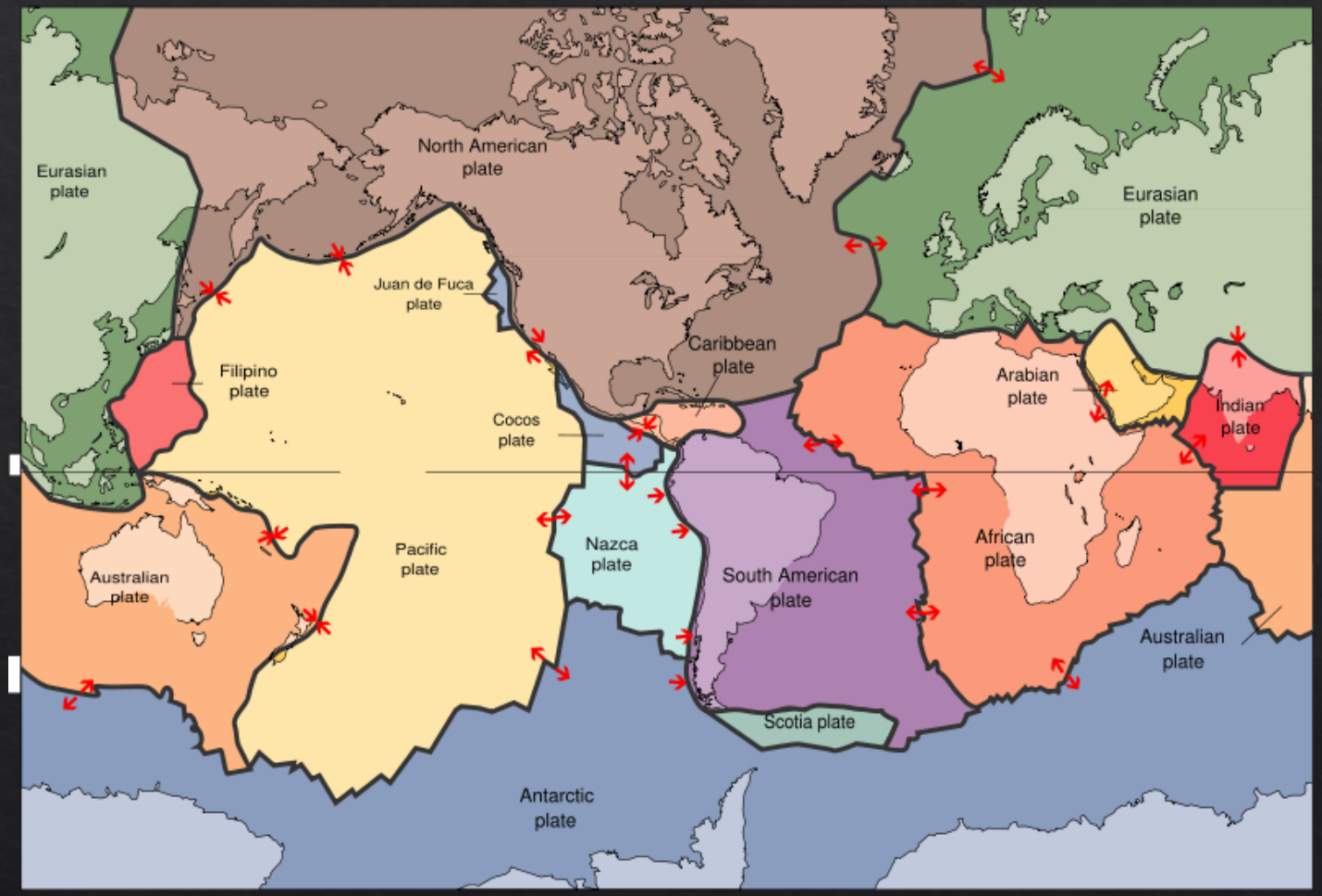




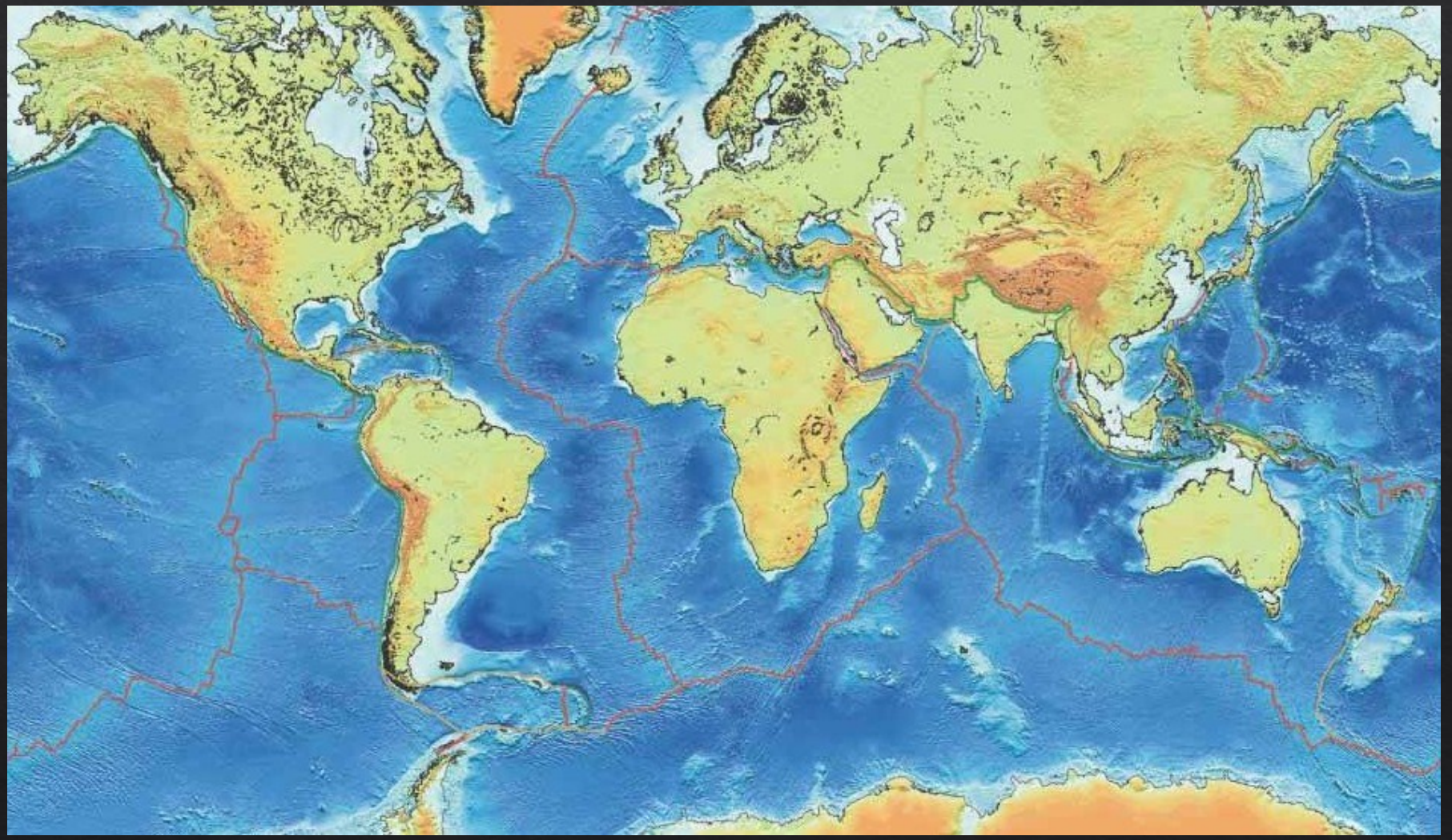
The pressure inside the Earth as a function of depth.
The data are taken from the Preliminary Reference Earth Model of Dziewonski and Anderson.
Reference: Zeidler, A., Crichton, W.A. Materials under pressure. MRS Bulletin 42, 710–713 (2017). https://doi.org/10.1557/mrs.2017.208

350Gpa = 3,5 milioni di atmosfere

STRUTTURA A PLACCHE DELLA TERRA



STRUTTURA A PLACCHE DELLA TERRA



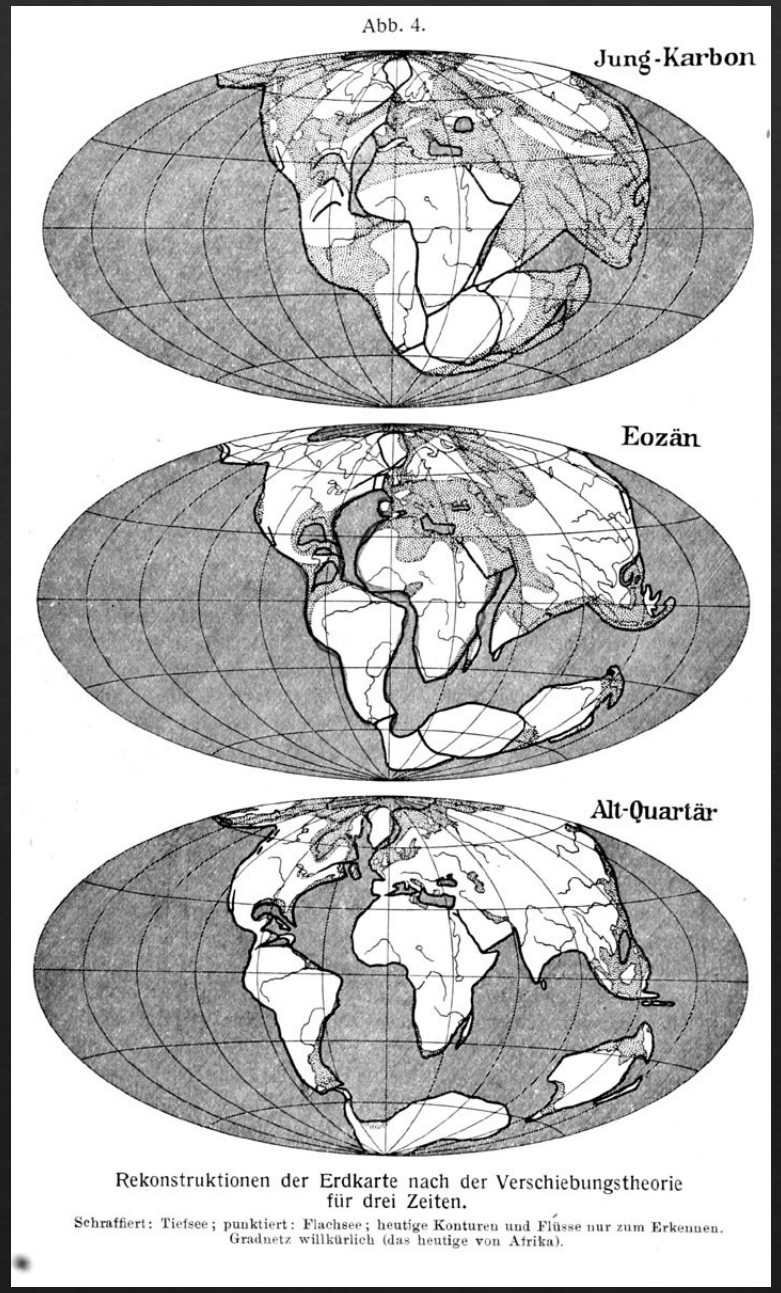
La prima teoria risale ad Alfred Wegener (La formazione dei continenti e degli oceani, ed. 1928, Bollati Boringhieri, 2021) nota come *teoria della deriva dei continenti* o *dottrina degli spostamenti orizzontali dei continenti*. Essa si basa su dati geodetici, geofisici, geologici, paleontologici e paleoclimatologici



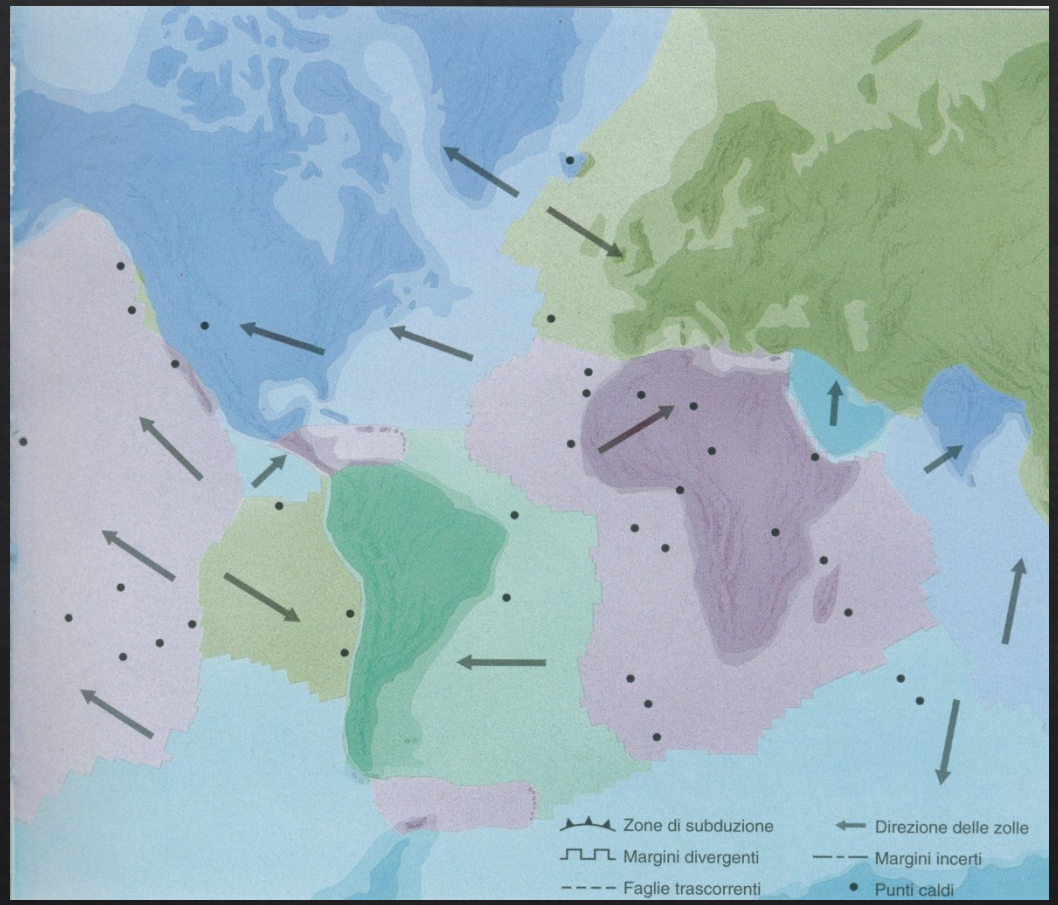
Alfred Wegener (1880-1930)

Gli scienziati sembrano ancora non capire sufficientemente che tutte le scienze della Terra devono contribuire a fornire prove per svelare lo stato del nostro pianeta in epoche precedenti e che la verità può essere raggiunta solo combinando tutte queste prove... È solo unendo le informazioni fornite da tutte le scienze della Terra che possiamo sperare di determinare la 'verità' qui, cioè trovare l'immagine che rappresenta tutti i fatti conosciuti nella disposizione migliore e che quindi ha il più alto grado di probabilità. Inoltre, dobbiamo essere sempre pronti alla possibilità che ogni nuova scoperta, indipendentemente dalla scienza che la fornisce, possa modificare le conclusioni che traiamo.

-Alfred Wegener, "The Origins of Continents and Oceans" (4a edizione)



COSA SONO E COME SI FORMANO LE ROCCE: TETTONICA

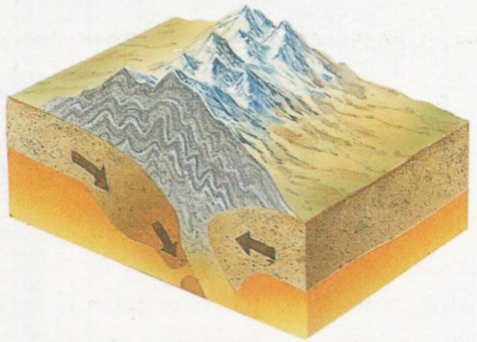




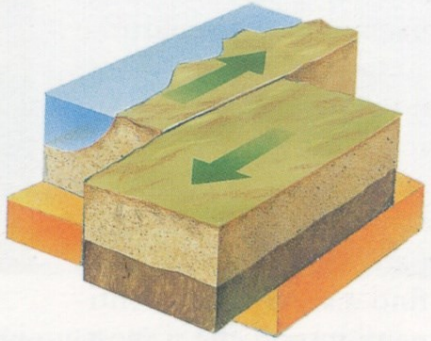
Le Ande *si sono formate su una zona convergente dove una zolla oceanica si è inabissata sotto una zolla continentale.*



La Dorsale Medio-Atlantica *è una zona divergente medio-oceanica in cui si forma nuova crosta oceanica.*

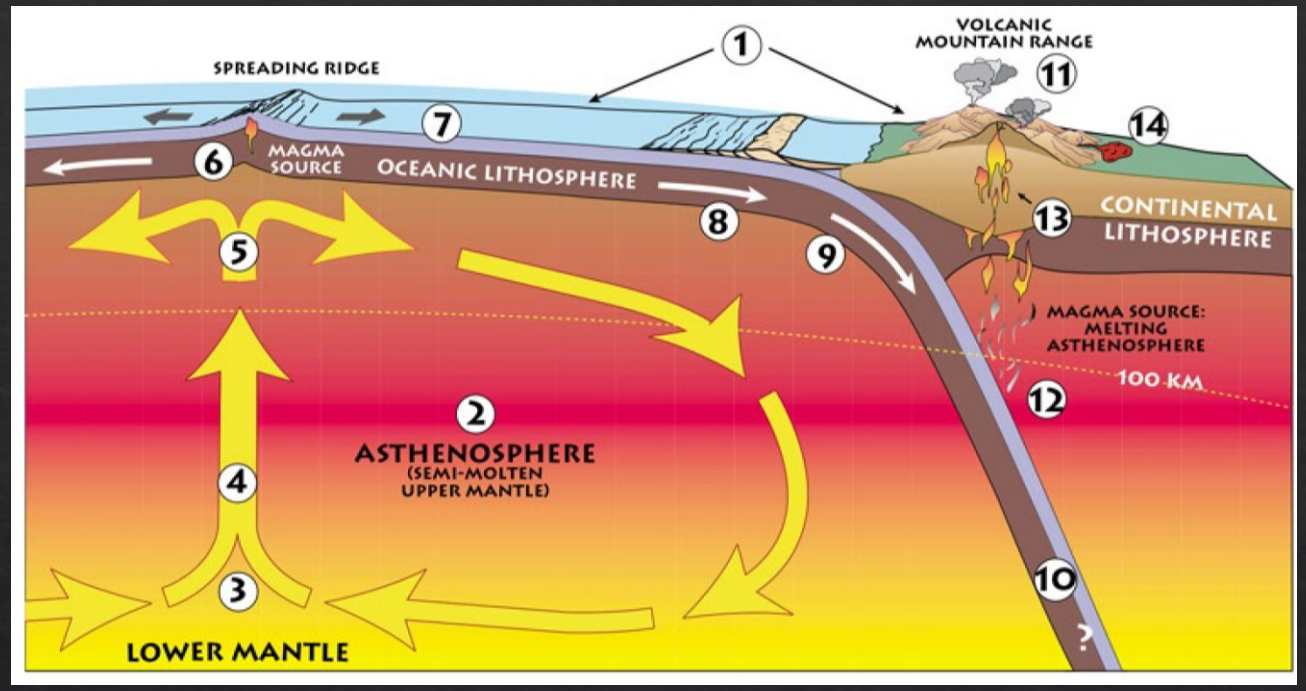


L'Himalaya *si è formato su una zona convergente dove due zolle continentali sono entrate in collisione comprimendosi.*



La Faglia di San Andreas *è la faglia trascorrente che segna il confine fra le zolle del Pacifico e del Nordamerica.*

LA TETTONICA A PLACCHE



La Terra è coperta da uno strato sottile di crosta solida e mantello superiore chiamato litosfera. La litosfera è frammentata in lastre interconnesse che i geologi chiamano placche. La teoria della tettonica delle placche descrive come queste placche si muovono e interagiscono tra loro ai loro confini. Per comprendere come funziona la tettonica delle placche, è possibile seguire il diagramma secondo la numerazione riportata:

1) Ci sono due tipi di litosfera di base, CONTINENTALE e OCEANICA. La litosfera continentale è fatta di minerali relativamente leggeri, quindi ha una bassa densità. La litosfera oceanica è più densa della litosfera continentale perché è composta da minerali più pesanti. Una singola placca può essere parzialmente oceanica e parzialmente litosfera continentale.

2) Sotto le lastre litosferiche si trova uno strato di roccia semiliquida chiamato ASTENOSFERA. L'astenosfera è più densa sia della litosfera continentale che di quella oceanica. Ciò significa che le lastre galleggiano sopra l'astenosfera.

3) Nel profondo dell'astenosfera, la pressione e la temperatura sono così elevate che la roccia si ammorbidisce e si fonde parzialmente. Questa roccia ammorbidita e densa può fluire molto lentamente (pensa alla gomma da masticare). Dove esistono instabilità di temperatura vicino al confine nucleo/mantello, possono formarsi lenti flussi di CONVEZIONE all'interno della semiliquida astenosfera.

4) I flussi di convezione portano materiale caldo dall'interno del mantello verso la superficie.

5) I flussi di convezione si divergono quando si avvicinano alla superficie. I flussi divergenti esercitano una debole tensione o "trazione" sulla placca sopra di essi. La tensione e il flusso di calore elevato indeboliscono la placca galleggiante e solida, causandone la rottura. I due lati si allontanano quindi l'uno dall'altro in direzioni opposte, formando un CONFINE DI PLACCA DIVERGENTE.

6) Lo 'spazio' tra queste placche divergenti si riempie di roccia fusa dal basso. L'acqua di mare raffredda la roccia fusa, che si solidifica rapidamente, formando nuova litosfera oceanica. Questo processo continuo costruisce una catena di vulcani e fosse tettoniche (rift valley) chiamata DORSALE MEDIO-OCEANICA.

7) Poco per volta, man mano che nuova roccia fusa viene estrusa alla dorsale medio-oceanica, la litosfera oceanica appena creata si allontana dalla dorsale dove è stata creata.

8) Man mano che la distanza dalla calda dorsale di propagazione aumenta, la placca oceanica si raffredda. Più la placca oceanica si raffredda, più diventa densa ('più pesante'). Alla fine, il margine della placca che è più lontano dalla dorsale di propagazione si raffredda così tanto da diventare più denso dell'astenosfera sotto di essa.

9) I materiali più densi affondano, ed è esattamente ciò che accade alla placca oceanica: inizia ad affondare nell'astenosfera! Dove una placca sprofonda sotto un'altra si forma una ZONA DI SUBDUZIONE.

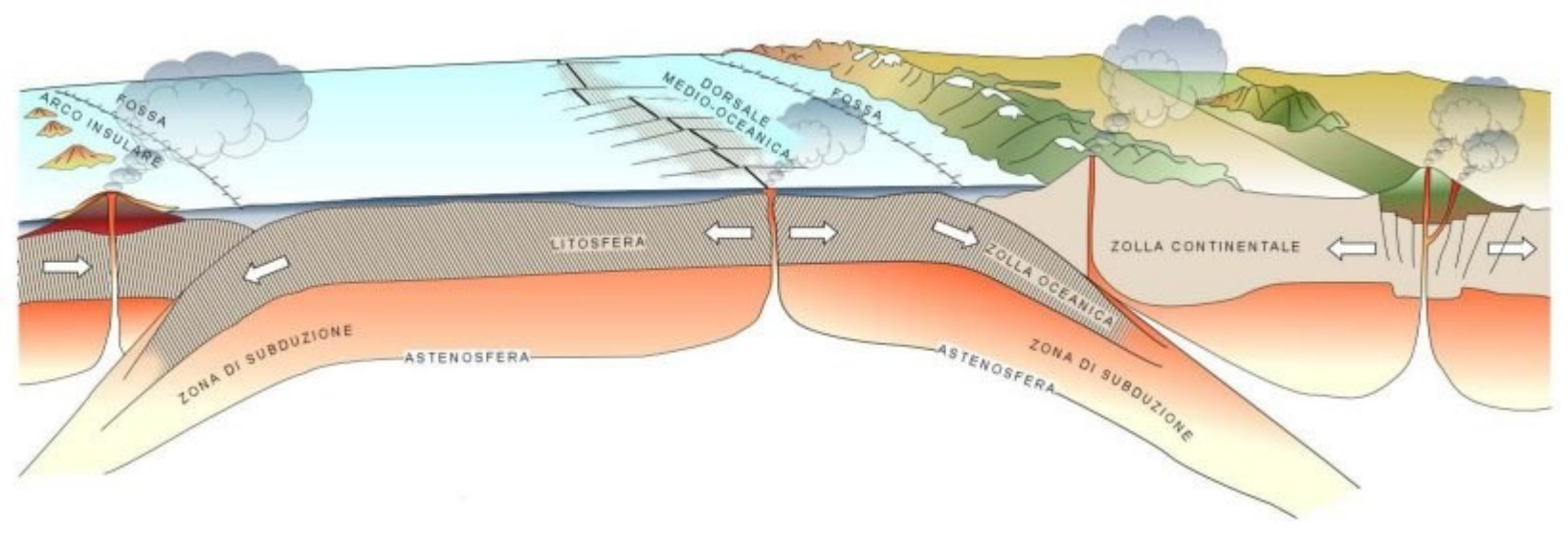
10) Il bordo anteriore affondante della placca oceanica in realtà 'tira' il resto della placca dietro di sé. Le prove suggeriscono che questo è il principale motore della SUBDUZIONE. I geologi non sono sicuri di quanto in profondità la placca oceanica affondi prima di fondersi, ma sappiamo che rimane solida ben oltre profondità di 100 km sotto la superficie terrestre.

11) Le zone di subduzione sono un tipo di CONFINE DI PLACCA CONVERGENTE, il tipo di confine di placca che si forma dove due placche convergono. Inoltre, poiché la placca oceanica fredda sta affondando, la placca continentale galleggia come un tappo sulla parte più densa dell'astenosfera.

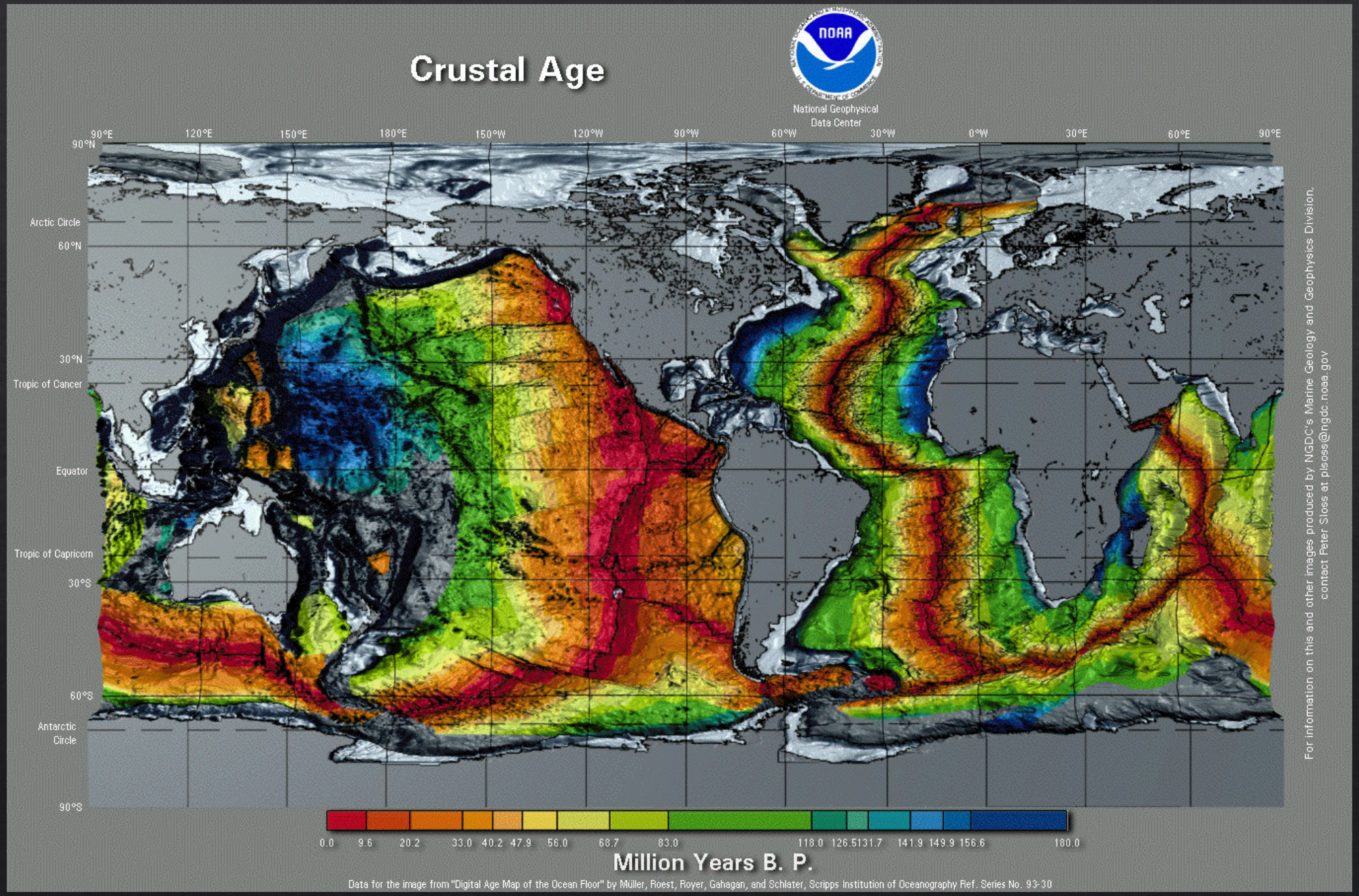
12) Quando la placca oceanica sprofondante scende a profondità maggiori di circa 100 chilometri sotto la superficie terrestre, aumenti enormi di temperatura e pressione fanno sì che l'acqua e altri gas volatili intrappolati nei minerali della placca affondante vengano rilasciati. Questi gas risalgono, FONDENDO IL MANTELLO sopra la placca affondante.
13) Il mantello fuso appena generato è meno denso della roccia circostante, quindi sale verso la superficie. Durante la risalita, minerali densi solidificano dal magma e vengono lasciati indietro, rendendo il magma sempre meno denso man mano che si avvicina alla superficie terrestre. La maggior parte della roccia fusa si raffredda e si solidifica nelle camere magmatiche molto al di sotto della superficie terrestre. Grandi corpi di roccia INTRUSIVA che formano le dorsali montuose di catene montuose come la Sierra Nevada si formano con questo processo.
14) Parte della roccia fusa può fuoriuscire in superficie terrestre, rilasciando istantaneamente la enorme pressione accumulata nelle camere magmatiche ricche di gas sottostanti. Gas, lava e cenere esplodono dalla breccia in superficie. Nel corso del tempo, strato su strato di lava e cenere eruttanti costruiscono catene montuose vulcaniche al di sopra delle caldere e magma fuso sottostanti.

https://images.nationalgeographic.org/image/upload/v1645778937/EducationHub/files/what-earth-plate-tectonics.pdf

TETTONICA



Sezione schematica mostrante i principali processi della tettonica a placche. In particolare, è evidenziato come le placche oceaniche, il cui limite è rappresentato dalle dorsali in estensione, subducono sotto margini continentali o gli archi insulari che rappresentano il bordo in compressione delle placche. La maggior parte dei vulcani attivi si formano sopra i piani di subduzione. Nella parte a destra, è mostrato come la risalita di astenosfera (parte fluida del mantello al di sotto della crosta terrestre) produce una separazione (rifting) di porzioni continentali, che daranno luogo successivamente ad altre distinte placche che potranno subire processi di oceanizzazione



https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/images/WorldCrustalAge.gif

Tipi litologici nel pianeta Terra

Strato	Profondità dalla superficie	Composizione principale	Caratteristiche fondamentali
Crosta terrestre	0-35 km (oceanic),	Basalto (oceanic),	Thinnest layer; where all life exists
	0-70 km (continental)	Granito (continental) / Rocce sedimentarie	
Mantello superiore	35-410 km	Peridotite	Parte della litosfera e della astenosfera
Transition Zone (Mantle)	410-660 km	Olivina, Spinello	Composizione intermedia
Mantello inferiore	660-2900 km	Bridgmanite	Alta pressione alta temperatura
Nucleo esterno	2900-5180 km	Iron, Nickel (liquid)	Crea il campo magnetico terrestre
Nucleo interno	5180-6370 km	Iron, Nickel (solid)	Estreme pressioni e temperature

What are the layers of the Earth? (zmescience.com)

Per comprendere gli eventi passati e quelli attuali lo studio dei minerali è senza dubbio il metodo più immediato e corretto.
Le caratteristiche di una roccia o di un minerale dipendono dalle condizioni in cui si sono formati e un' analisi attenta può fornire indizi utili per ricostruire l'ambiente chimico-fisico, il clima e le forze che ne hanno determinato la formazione.

Nella formazione delle rocce e dei minerali in esse contenuti, giocano un ruolo fondamentale le dinamiche e le interazioni tra **mantello, crosta, idrosfera e troposfera**

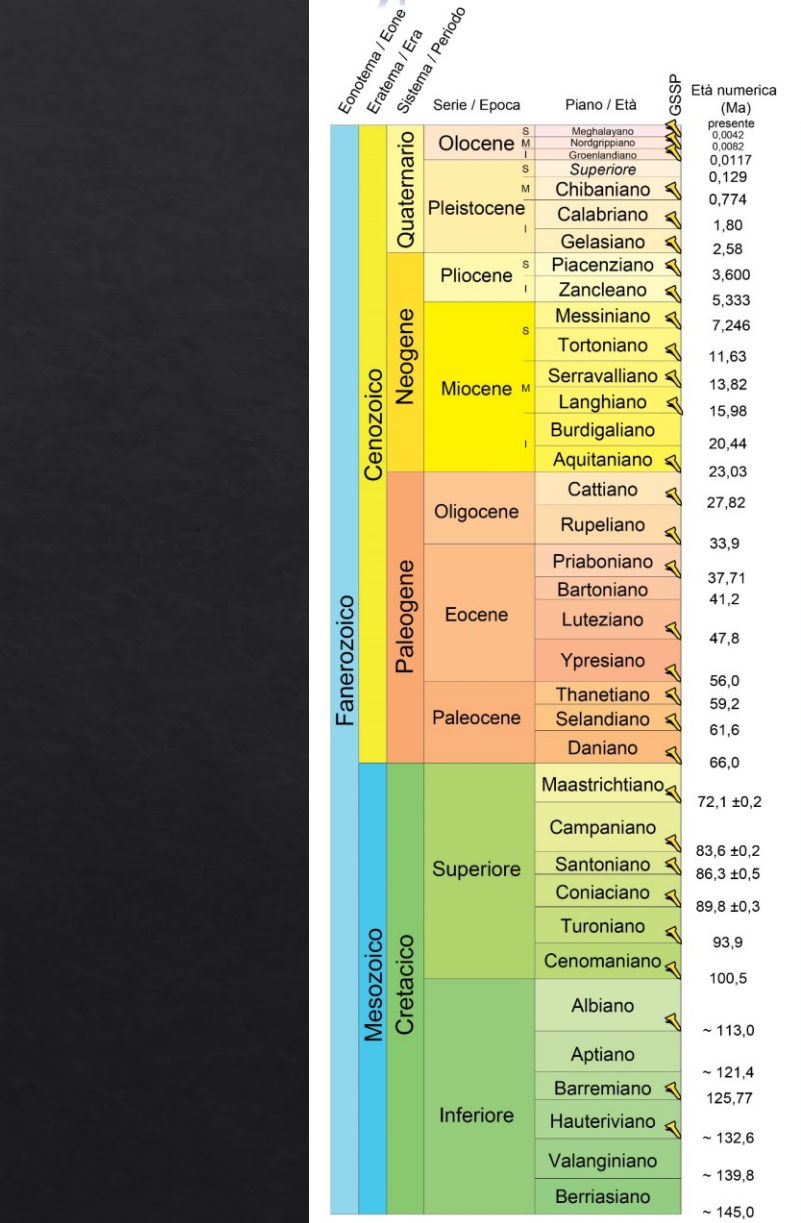
SCALA CRONOSTRATIGRAFICA INTERNAZIONALE

IUGS

www.stratigraphy.org

Commissione Internazionale di Stratigrafia (ICS)

v 2023/09



Eonotema / Eone	Eratema / Era	Sistema / Periodo	Serie / Epoca	Piano / Età	GSSP	Età numerica (Ma)
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternario	Olocene	Meghalayano		presente
				Nordgrippiano		0,0042
				Groenlandiano		0,0082
			Pleistocene	*Superiore*		0,0117
				Chibaniano		0,129
				Calabriano		0,774
				Gelasiano		1,80
		Neogene	Pliocene	Piacenziano		2,58
				Zancleano		3,600
			Miocene	Messiniano		5,333
				Tortoniano		7,246
				Serravalliano		11,63
				Langhiano		13,82
				Burdigaliano		15,98
				Aquitaniano		20,44
		Paleogene	Oligocene	Cattiano		23,03
				Rupeliano		27,82
			Eocene	Priaboniano		33,9
				Bartoniano		37,71
				Luteziano		41,2
				Ypresiano		47,8
			Paleocene	Thanetiano		56,0
				Selandiano		59,2
				Daniano		61,6
	Mesozoico	Cretacico	Superiore	Maastrichtiano		66,0
				Campaniano		72,1 ±0,2
				Santoniano		83,6 ±0,2
				Coniaciano		86,3 ±0,5
				Turoniano		89,8 ±0,3
				Cenomaniano		93,9
			Inferiore	Albiano		100,5
				Aptiano		~ 113,0
				Barremiano		~ 121,4
				Hauteriviano		125,77
				Valanginiano		~ 132,6
				Berriasiano		~ 139,8
						~ 145,0
Fanerozoico	Mesozoico	Giurassico	Superiore	Titoniano		~145,0
				Kimmeridgiano		149,2 ±0,7
				Oxfordiano		154,8 ±0,8
			Medio	Calloviano		161,5 ±1,0
				Bathoniano		165,3 ±1,1
				Bajociano		168,2 ±1,2
				Aaleniano		170,9 ±0,8
			Inferiore	Toarciano		174,7 ±0,8
				Pliensbachiano		184,2 ±0,3
				Sinemuriano		192,9 ±0,3
				Hettangiano		199,5 ±0,3
		Triassico	Superiore	Retico		201,4 ±0,2
				Norico		~ 208,5
				Carnico		~ 227
			Medio	Ladinico		~ 237
				Anisico		~ 242
			Inferiore	Olenekiano		247,2
				Induano		251,2
	Paleozoico	Permiano	Lopingiano	Changhsingiano		251,902 ±0,024
				Wuchiapingiano		254,14 ±0,07
			Guadalupiano	Capitaniano		259,51 ±0,21
				Wordiano		264,28 ±0,16
				Roadiano		266,9 ±0,4
			Cisuraliano	Kunguriano		273,01 ±0,14
				Artinskiano		283,5 ±0,6
				Sakmariano		290,1 ±0,26
				Asseliano		293,52 ±0,17
		Carbonifero	Pennsylvaniano	Superiore		298,9 ±0,15
				Gzheliano		303,7 ±0,1
				Kasimoviano		307,0 ±0,1
			Pennsylvaniano	Medio	Moscoviano	315,2 ±0,2
				Inferiore	Bashkiriano	323,2 ±0,4
			Mississippiano	Superiore	Serpukhoviano	330,9 ±0,2
				Medio	Viseano	346,7 ±0,4
				Inferiore	Tournaisiano	358,9 ±0,4
Fanerozoico	Paleozoico	Devoniano	Superiore	Famenniano		358,9 ±0,4
				Frasniano		372,2 ±1,6
			Medio	Givetiano		382,7 ±1,6
				Eifeliano		387,7 ±0,8
			Inferiore	Emsiano		393,3 ±1,2
				Pragiano		407,6 ±2,6
				Lochkoviano		410,8 ±2,8
		Siluriano	Pridoli			419,2 ±3,2
			Ludlow	Ludfordiano		423,0 ±2,3
				Gorstiano		425,6 ±0,9
			Wenlock	Homeriano		427,4 ±0,5
				Sheinwoodiano		430,5 ±0,7
			Llandoveriano	Telychiano		433,4 ±0,8
				Aeroniano		438,5 ±1,1
				Rhuddaniano		440,8 ±1,2
		Ordoviciano	Superiore	Hirnantiano		443,8 ±1,5
				Katiano		445,2 ±1,4
				Sandbiano		453,0 ±0,7
			Medio	Darriwiliano		458,4 ±0,9
				Dapingiano		467,3 ±1,1
			Inferiore	Floiano		470,0 ±1,4
				Tremadociano		477,7 ±1,4
		Cambriano	Furongiano	*Piano 10*		485,4 ±1,9
				Jiangshaniano		~ 489,5
				Paibiano		~ 494
			Miaolingiano	Guzhangiano		~ 497
				Drumiano		~ 500,5
				Wuliuano		~ 504,5
			Serie 2	*Piano 4*		~ 509
				Piano 3		~ 514
			Terreneuviano	*Piano 2*		~ 521
				Fortuniano		~ 529
						538,8 ±0,2

Eonotema / Eone	Eratema / Era	Sistema / Periodo	GSSP	GSSA	Età numerica (Ma)
Precambriano	Proterozoico	Neo-proterozoico	Ediacarano		538,8 ±0,2
			Criogeniano		~ 635
			Toniano		~ 720
		Meso-proterozoico	Steniano		1000
			Ectasiano		1200
			Calimmiano		1400
		Paleo-proterozoico	Statheriano		1600
			Orosiriano		1800
			Riaciano		2050
			Sideriano		2300
	Archeano	Neo-archeano			2500
		Meso-archeano			2800
		Paleo-archeano			3200
		Eo-archeano			3600
	Adeano				4031 ± 3
					4567

Le unità stratigrafiche del Fanerozoico e dell'Ediacarano, sono state o sono in procinto di essere definite da GSSP (*Global Boundary Stratotype Section and Points*) tramite il loro limite inferiore. Le unità con età ≥ 1000 Ma, ovvero quelle dell'Archeano e del Proterozoico, sono al momento definite da GSSA (*Global Stratigraphic Standard Ages*). I nomi in corsivo identificano le unità informali, mentre le unità non ancora definite sono indicate con il nome generico del proprio rango. Schemi aggiornati e informazioni dettagliate sui GSSP ratificati sono disponibili sul sito web http://www.stratigraphy.org. Le datazioni numeriche sono oggetto di revisione e, a differenza dei GSSP, non definiscono unità nel Fanerozoico e nell'Ediacarano. Per le unità del Fanerozoico non definite da GSSP o senza un'età precisa, viene indicata un'età numerica approssimata (~). Le età numeriche per tutti i sistemi eccetto che per il Quaternario, il Paleogene superiore, il Cretacico, il Triassico, il Permiano, il Cambriano e il Precambriano sono prese da "A Geologic Time Scale 2012" di Gradstein et al. (2012), quelle per il Quaternario, il Paleogene superiore, il Cretacico, il Giurassico, il Triassico, il Permiano, il Cambriano e il Precambriano sono state fornite dalle relative sottocommissioni della ICS.

I colori seguono le indicazioni della Commission for the Geological Map of the World (www.ccgm.org)

Carta redatta da K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, N. Car
(c) International Commission on Stratigraphy, settembre 2023

Da citare: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; aggiornato) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

Traduzione a cura della Commissione Italiana di Stratigrafia

URL: http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2023-09Italian.pdf

Sintesi sulle rocce più antiche:

Roccia "pura" più antica:

Complesso di Acasta Gneiss in Canada, con età variabile da 4,03 a 3,4 miliardi di anni.
Fonte: https://www.focus.it/scienza/spazio/la-roccia-piu-antica-della-terra

Minerale più antico:

Zircone di Jack Hills in Australia occidentale, con età di circa 4,37 miliardi di anni.
Fonte: https://www.ansa.it/canale_scienza_tecnica/notizie/spazio_astronomia/2019/01/30/arriva-dalla-luna-la-roccia-terrestre-piu-antica-_3c6b376f-2959-4964-9e22-a0d8b73d4b3c.html

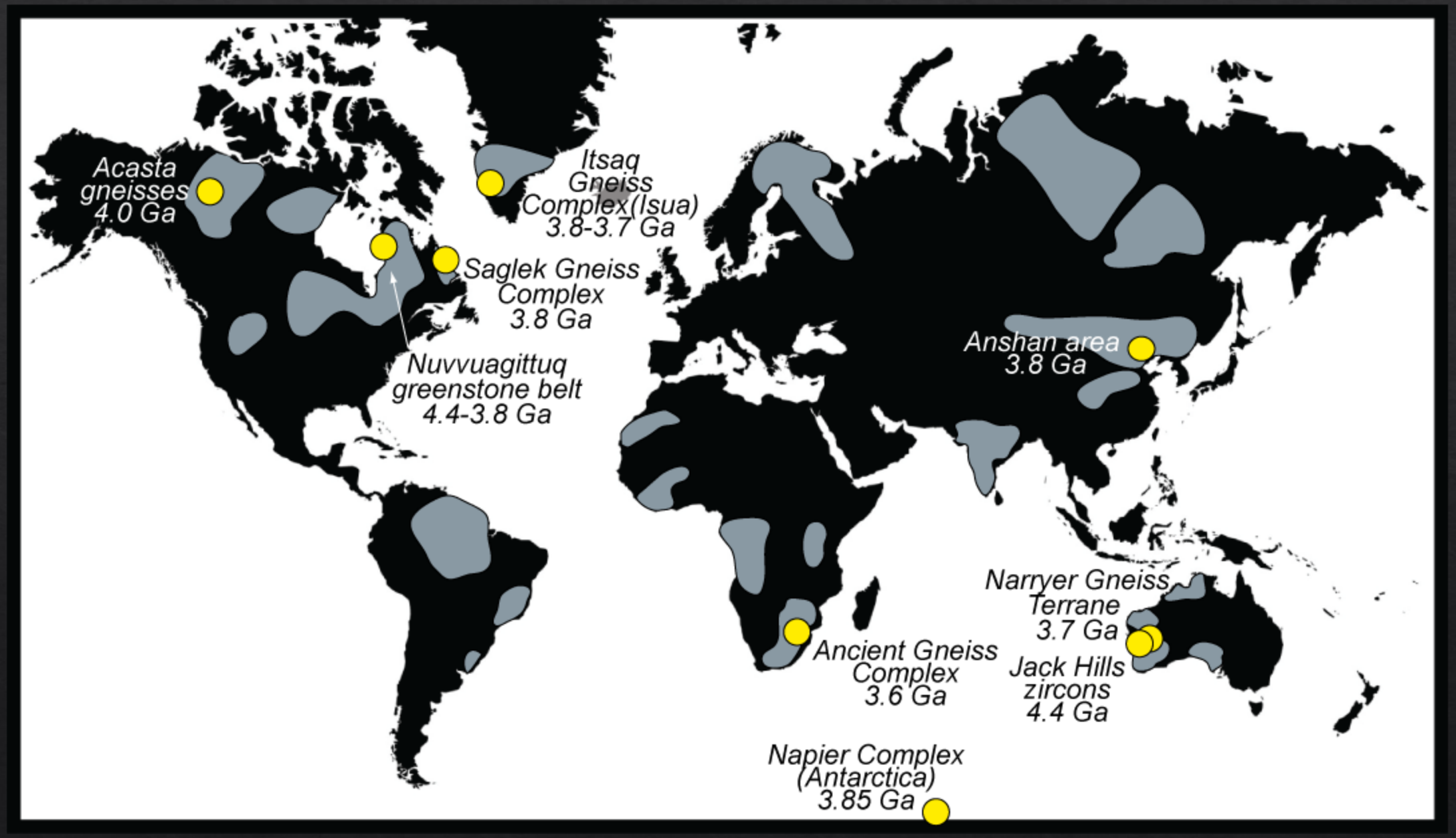
Differenza tra datazione di un minerale e datazione di una roccia:

Datazione di un minerale: si determina l'età di un singolo cristallo all'interno di una roccia.
Datazione di una roccia: si determina l'età della formazione rocciosa nel suo complesso.

Lo zircone di Jack Hills è un'inclusione all'interno del gneiss, quindi è più antico della roccia che lo ospita.
Il Complesso di Acasta Gneiss è la roccia "pura" più antica conosciuta, formatasi in un periodo compreso tra 4,03 e 3,4 miliardi di anni fa.

Note:
La datazione delle rocce più antiche è un campo di ricerca in continua evoluzione, con nuove scoperte che possono sempre rimettere in discussione le conoscenze precedenti.
Esistono altre rocce e minerali con età simili a quelle citate, ma le informazioni fornite in questa sintesi si concentrano sui due esempi più noti e significativi.

https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/earths-oldest-rocks/#The_Nuvvuagittuq_Greenstone_Belt
https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/earths-oldest-rocks/#The_Acasta_Gneiss_Complex
https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/earths-oldest-rocks/#The_Jack_Hills_Zircon
https://astrobiology.nasa.gov/nai/media/medialibrary/2015/08/Trail_LC_report.pdf
https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/earths-oldest-rocks/#Earth8217s_Oldest_Rocks



https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/earths-oldest-rocks/#Earth8217s_Oldest_Rocks

Bande di sali di ferro

In alcune rocce sedimentarie del precambriano si possono osservare quelle che vengono chiamate banded iron bed (orizzonti ferriferi a bande)

dimostrano che gli oceani erano saturati con sali di ferro e che sono stati ossidati e sedimentati a seguito di insufflazioni di ossigeno a brevi intervalli.

La fotosintesi di superficie (stromatoliti ? Gli stromatoliti più antichi provengono dal cosiddetto Isua supracrustal belt (ISB), nel sud-ovest della Groenlandia e sono datati 3,7 [1] miliardi di anni (potrebbero aver fornito l'ossigeno necessario alla precipitazione degli ossidi di ferro)

Le prime tracce di ossigeno libero risalgono a **2 miliardi di anni fa**, e la deposizione delle bande ferrose è cessata.



30cm

[1] Nutman, A., Bennett, V., Friend, C. *et al.* Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. *Nature* **537**, 535–538 (2016). https://doi.org/10.1038/nature19355

ETA' DELLA TERRA: 4,543 MILIARDI DI ANNI

ERA	PERIODO	EPOCA	LIMITE CRONOLOGICO APPROSSIMATO*	COMPARSA DI FORME VIVENTI
CENOZOICO	QUATERNARIO	Olocene	10.000	
		Pleistocene	1.600.000	Esseri umani
	TERZIARIO	Pliocene	5.200.000	
		Miocene	26.000.000	Mammiferi da pascolo e Carnivori
		Oligocene	37.000.000	
		Eocene	54.000.000	
		Paleocene	65.000.000	
MESOZOICO		Cretaceo	136.000.000	Primati; Piante con fiori
		Giurassico	195.000.000	Uccelli
		Triassico	225.000.000	Dinosauri; Mammiferi
PALEOZOICO		Permiano	280.000.000	
	CARBONIFERO		345.000.000	Rettili; Foreste di felci
		Devoniano	395.000.000	Anfibi; Insetti
		Siluriano	430.000.000	Piante vascolari terrestri
		Ordoviciano	500.000.000	Pesci; Cordati
		Cambriano	570.000.000	Molluschi; Trilobiti
	PRECAMBRIANO		700.000.000	Alghe
			1.500.000.000	Cellule eucariote
			3.500.000.000	Cellule procariote
			4.650.000.000 Formazione della Terra	





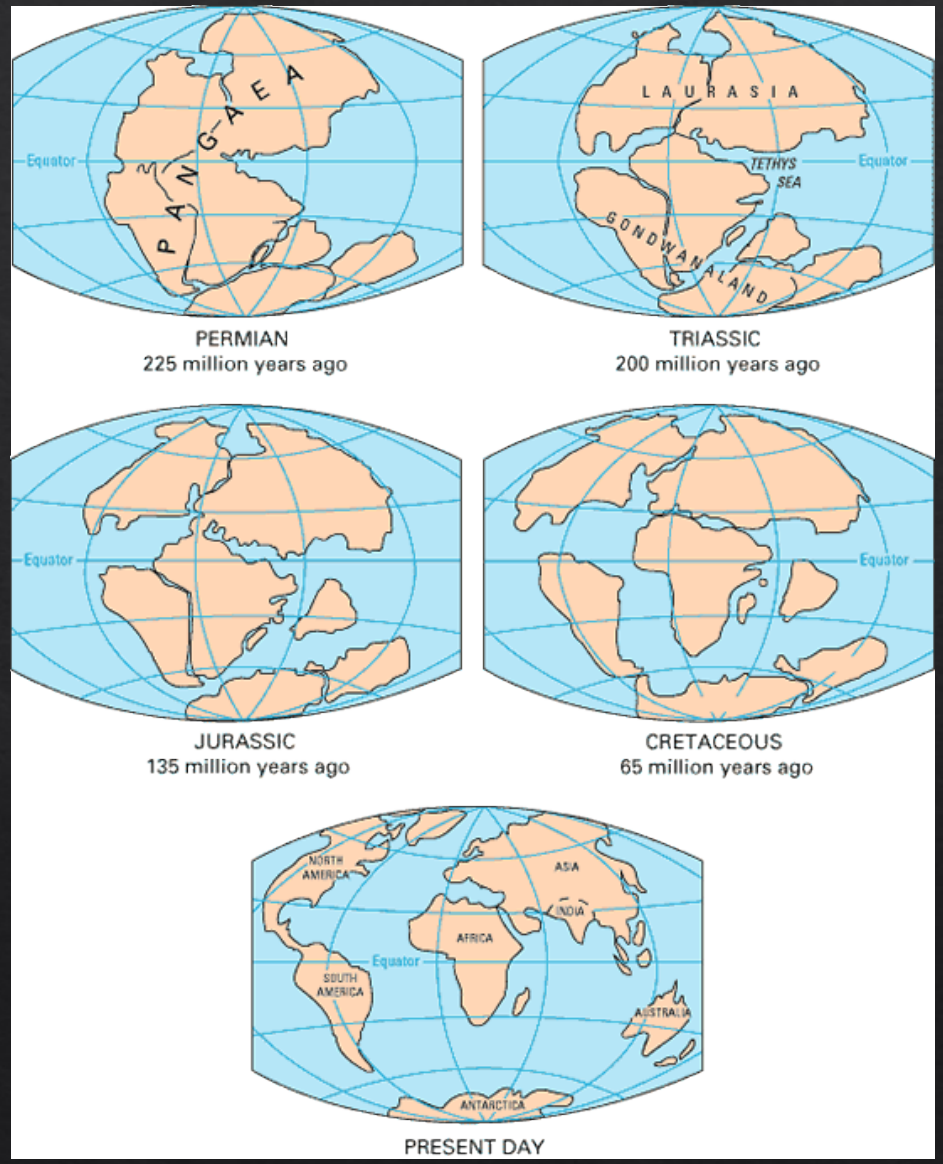




Microsoft Table di ogni periodo o epoca.

I granuli di zircone scoperti in Australia, nella regione di Jack Hills, hanno circa 4,37 miliardi di anni, e sono dunque le rocce più antiche della crosta terrestre. Il risultato suggerisce che la crosta terrestre si sia formata appena 100 milioni di anni dopo il gigantesco impatto che potrebbe aver dato origine alla Luna

PANGEA ED EVOLUZIONE DELLA CROSTA TERRESTRE



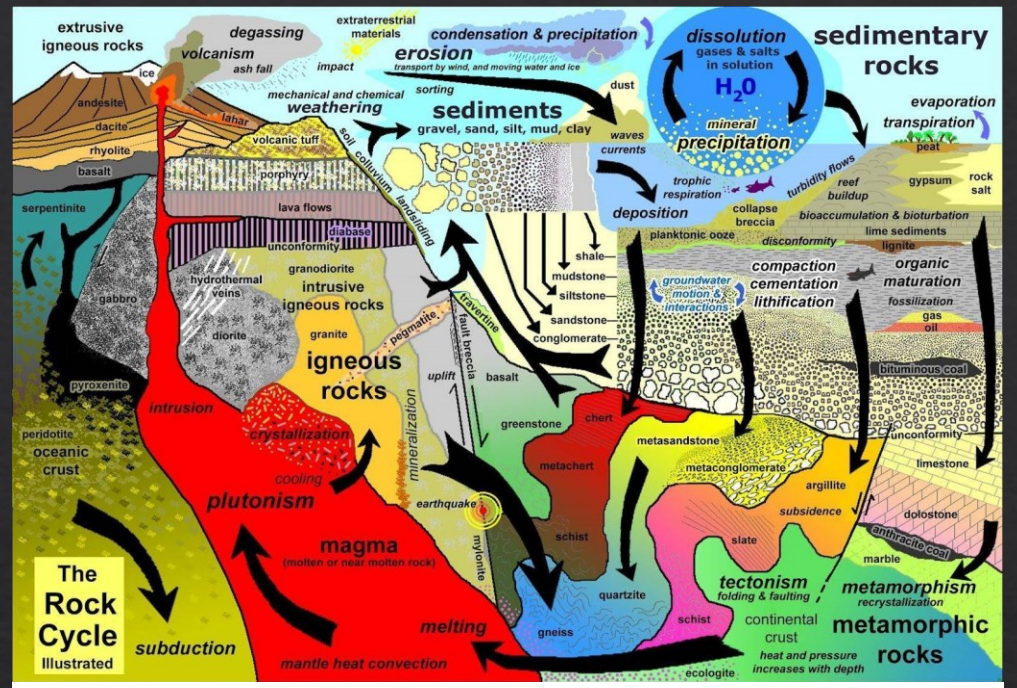
«Nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma» Antoine-Laurent de Lavoisier

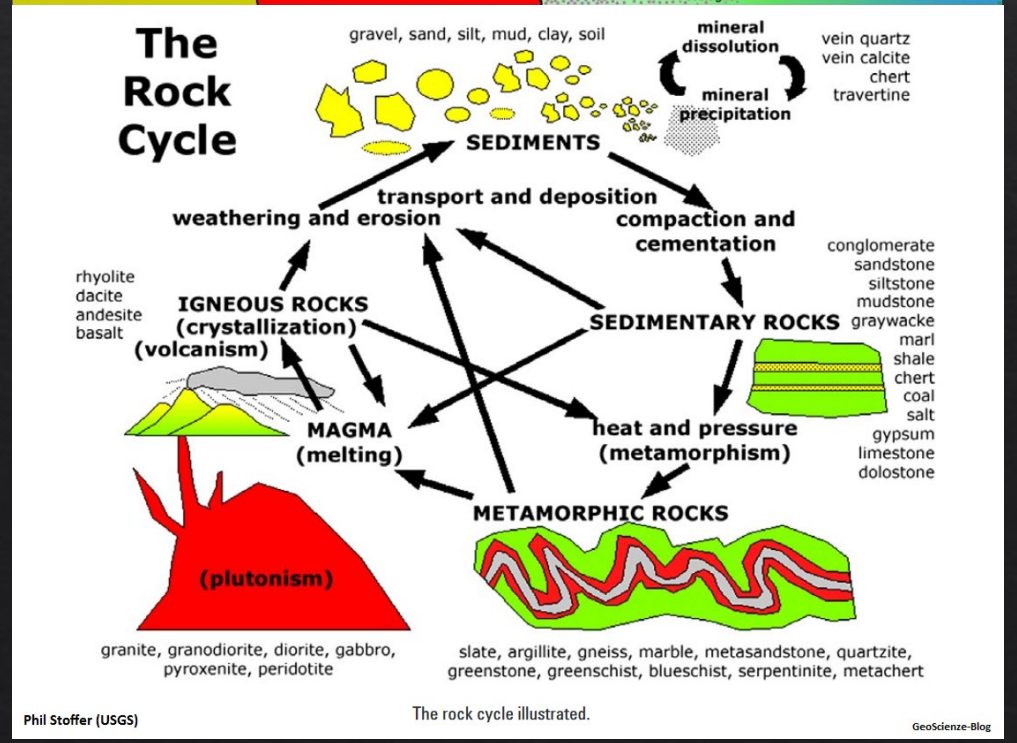
Questo postulato fondamentale di Lavoisier da cui prende origine la legge di conservazione della massa può essere applicato al ciclo della formazione delle rocce chiamato “ciclo di litogenesi”.

Le due figure riportate mostrano una rappresentazione grafica fatta dal geologo dell’USGS Phil Stoffer. La prima rappresenta il ciclo litogenico in tutta la sua complessità, la seconda (semplificata) mostra come le rocce si trasformano le une nelle altre. Nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma, appunto.

Il ciclo litogenico racchiude tutti quei processi alla base della relazione genetiche delle rocce tra di loro e tra le rocce e il magma a livello crostale.

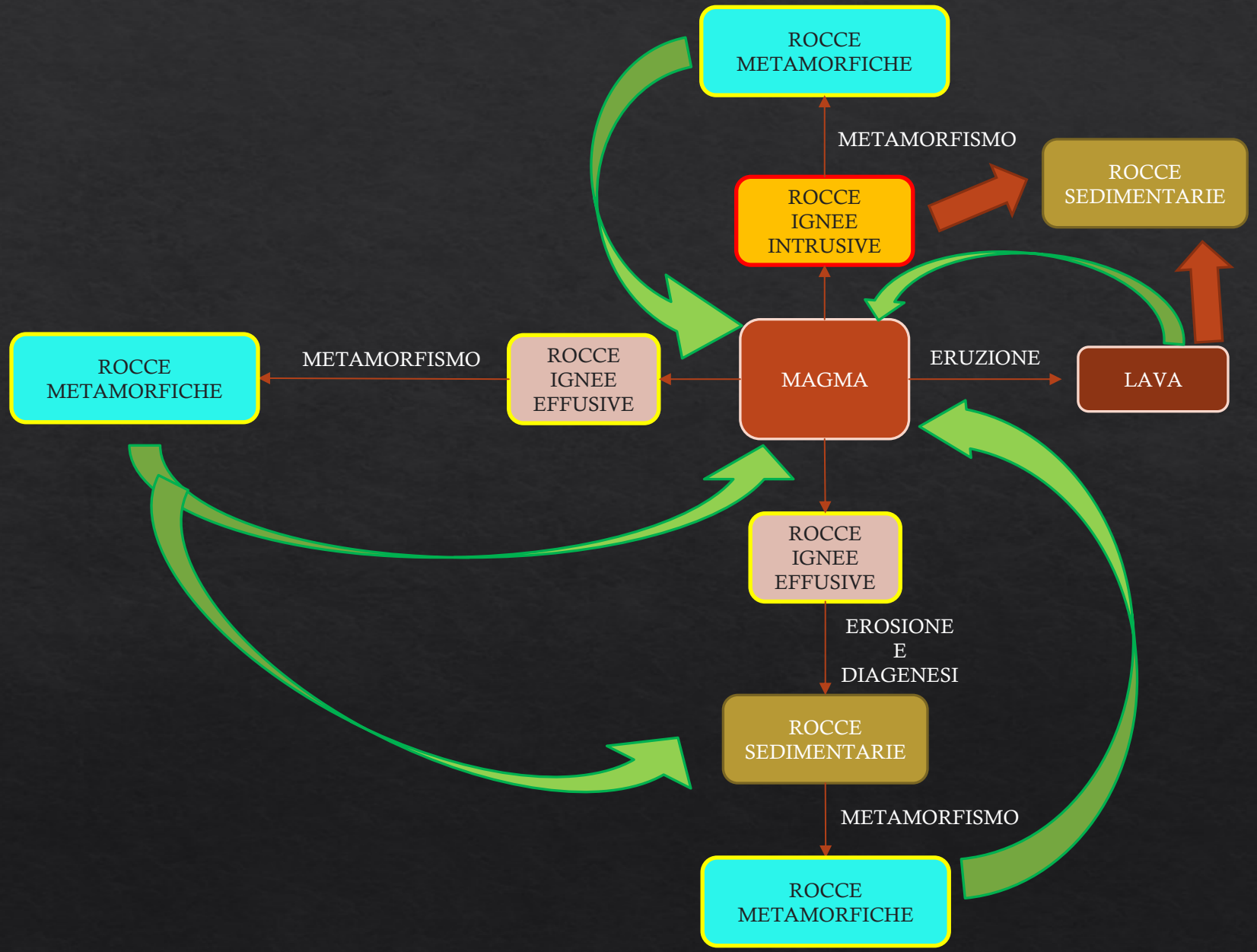
Fonte INGV





IL CICLO DELLE ROCCE

La deriva dei continenti, definita anche come la danza delle placche, è all'origine della formazione delle rocce e dei minerali. I magmi provenienti dall'interno della Terra, ad alte temperature, formano dapprima le rocce magmatiche, che sottoposte ad alterazioni di vario tipo, producono i detriti. Questi, accumulandosi favoriscono la formazione delle rocce sedimentarie. La variazione della temperatura e della pressione modificano i materiali preesistenti, dando origine alle rocce metamorfiche.



Ripartizione delle rocce nella crosta terrestre:

Le Rocce sono aggregati naturali di minerali. Sono di composizione diversa e variabile.

Le Rocce Eterogenee sono quelle composte da più minerali, per esempio il granito è costituito da Mica, Quarzo, Ortoclasio, Pirosseni

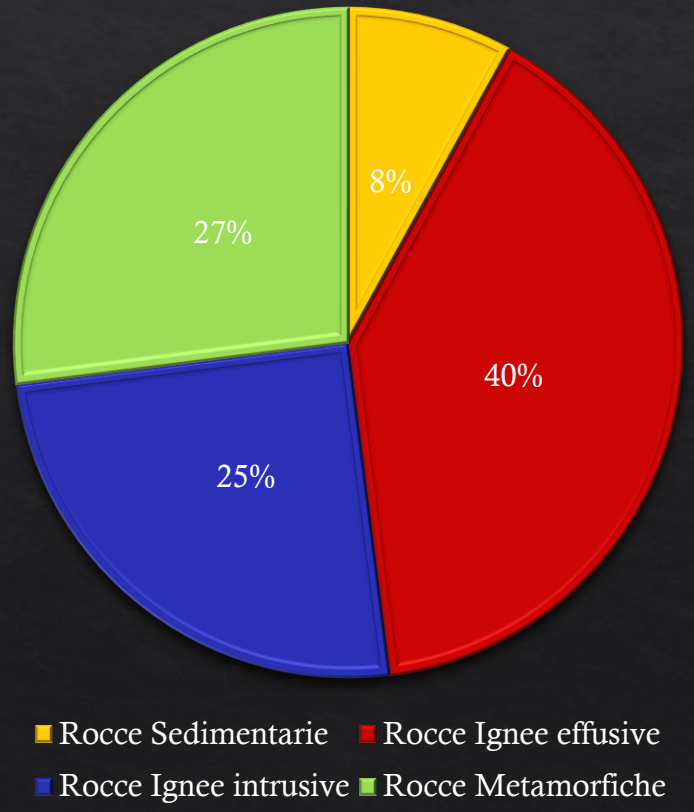
Le rocce Omogenee o Mineralogiche quelle composte da un solo tipo di minerale (Calcare: $CaCO_3$, Marmi, Dolomie).

Una roccia non può essere distinta da una formula e non ha un comportamento chimico costante e omogeneo.

Le rocce si possono dividere in tre grandi gruppi:

- **MAGMATICHE:** Si formano rispettivamente in seguito al raffreddamento o consolidamento di una massa fusa, detta magma.
  A loro volta sono divise in due tipi:
  Intrusive: dal consolidamento lento di un magma all'interno della crosta terrestre.
  Effusive: sono quelle che derivano dal rapido raffreddamento di una lava.
  Entrambe sono caratterizzate dall' assenza di fossili e stratificazioni.
- **SEDIMENTARIE:** Spesso contengono fossili, si formano attraverso il deposito e l'accumulo di particelle e detriti vari trasportati dall'acqua, dal ghiaccio e dal vento (**Detritiche**), o per la precipitazione chimica di sali minerali in seno alle acque dolci e marine (**Chimiche**), o per l'attività degli organismi (**Organogene**).
- **METAMORFICHE:** Derivano da rocce preesistenti, sedimentarie, magmatiche o da altre metamorfiche, che hanno subito, in tempi successivi alla loro formazione, modificazioni più o meno profonde.
  Si formano come le rocce magmatiche in seguito a processi che avvengono in profondità.

Percentuale in volume delle diverse classi di rocce nella crosta terrestre



ROCCE MAGMATICHE

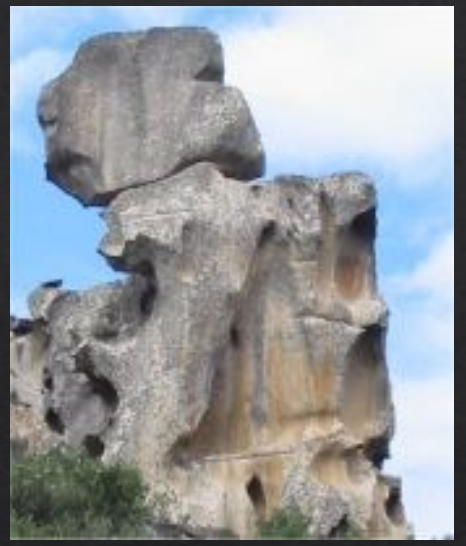
EFFUSIVE

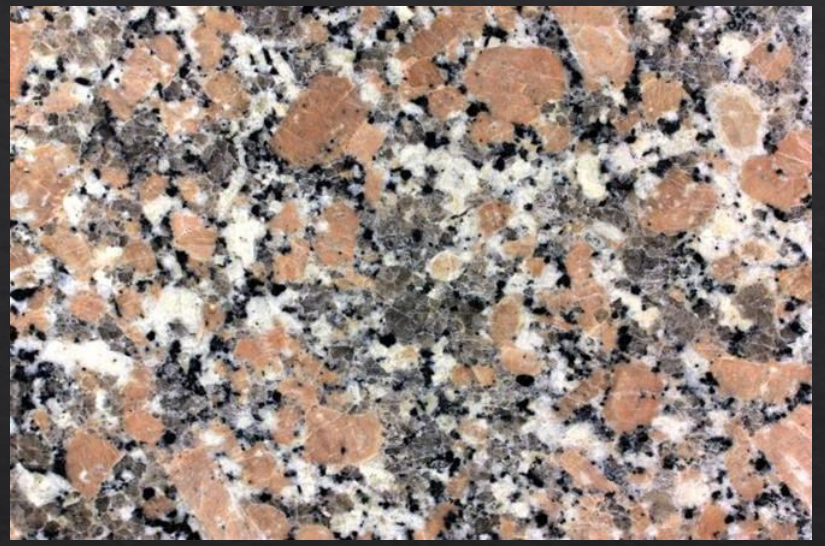




Rocce magmatiche di stirpe basica, es. basalti

INTRUSIVE







Rocce magmatiche di stirpe acida, es. graniti

SEDIMENTARIE



SENZA ANDARE TROPPO LONTANO



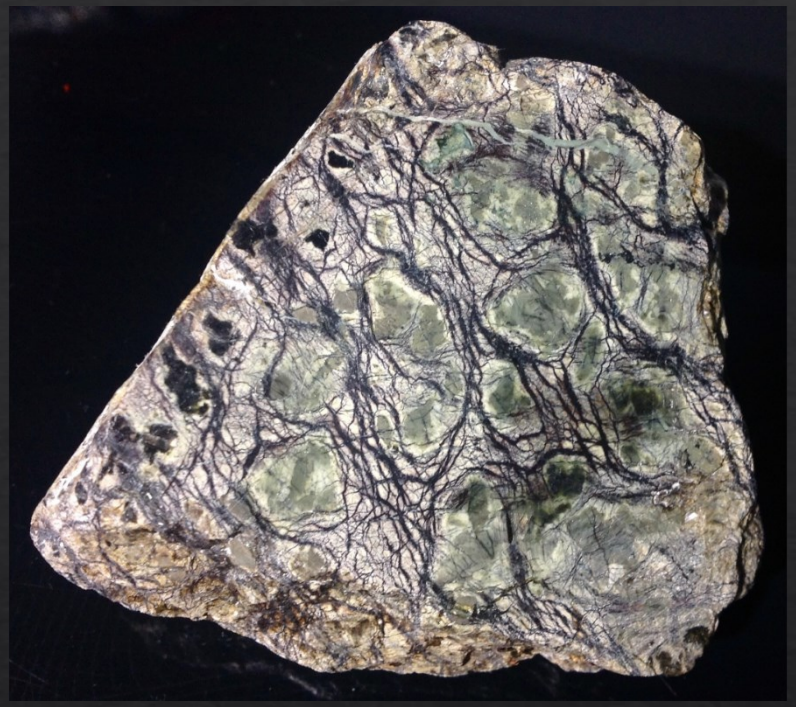
2005


USGS
science for a changing world
Il ciclo idrologico
Ghiacciai e nevai
Immagazzinamento idrico atmosferico
Condensazione
Sublimazione
Precipitazioni meteoriche
Evapotranspirazione
Evaporazione
Ruscellamento
Ruscellamento da fusione dei ghiacciai e nevai
Deflusso in fiumi
Evaporazione
Infiltrazione
Sorgente
Corpo idrico superficiale dolce
Flusso di acque sotterranee
Corpo idrico superficiale salino (mare)
Corpo idrico sotterraneo (acque sotterranee)
U S Department of the Interior
U.S. Geological Survey
Illustration by John M. Evans, USGS
http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html

ROCCE METAMORFICHE











Esempi sono: marmo, serpentino, ardesia

La Serpentinite…

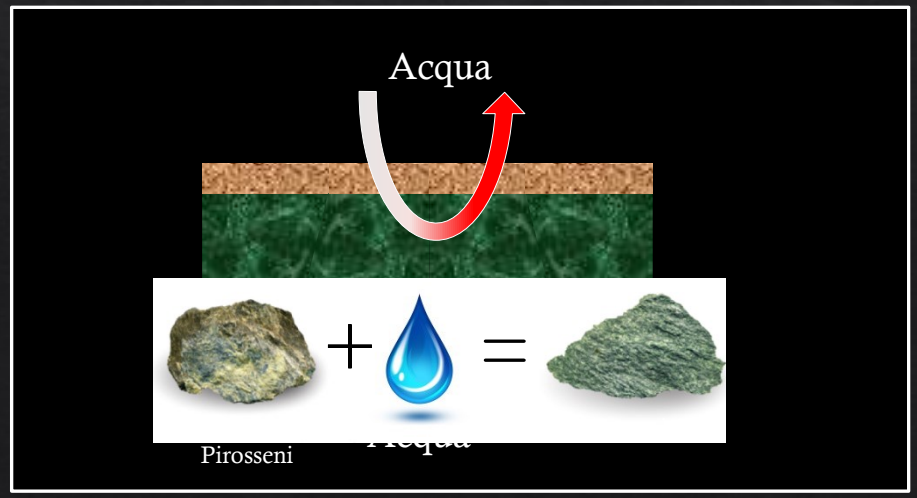
- Roccia metamorfica di bassa P e T
- Costituite da minerali del gruppo del serpentino
- **Formazione:** idratazione peridotiti esumate sul fondale.

$$2Mg_2SiO_4 + 2H_2O \rightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + MgO$$

(Olivina + Acqua = Serpentino + Ossidi opachi)







Come si formano i minerali - minerogenesi

- cristallizzazione da corpi ignei (plutoni e lave);
- ricristallizzazione per processi metamorfici e di metasomatismo
- deposizione da soluzioni acquose e brine idrotermali
- cristallizzazione durante la diagenesi dei sedimenti;
- sublimazione da gas vulcanici
- Reazioni chimiche su rocce negli ambienti dell'atmosfera o all'interno del suolo.

Minerogenesi (tipi principali dei minerali toscani)

1. Filoni Ipotermali Metamorfici (Mio-Pliocene)

Scheda n°	Località	Minerale	Ganga del minerale	Provincia
	Miniera del Frigido	Solfuri di Cu, Fe	Siderite	MS
	Ripa	Solfuri di Hg	Quarzite - Filladi	LU
	Levigliani	Mercurio nativo	Quarzite - Filladi	LU
	Temperino/Palazzo Lanzi	Solfuri di Fe, Cu, Ag, Pb, Zn	Marmi – Skarn - Quarzo	LI
	Bottino	Solfuri di Fe, Hg, Ag, Sb, Pb, Zn	Quarzite - Filladi	LU

2. Segregazione Magmatica (ofioliti)

Scheda n°	Località	Minerale	Ganga del minerale	Provincia
	Montecatini Val di cecina	Cu nativo e solfuri di Cu	Basalti - Diaspro	PI
	Monti Rognosi	Cu nativo e solfuri di Cu	Basalti – Gabbro - Calcite	AR
	Figline di Prato	Cu nativo e solfuri di Cu	Basalti - Gabbro - Calcite	PO
	Gli Scopeti (Impruneta)	Prehnite	Basalti - Gabbro - Calcite	FI
	Casa Serre (Gambassi)	Quarzo, Cu, Datolite	Basalti - Gabbro	FI
	Valdiperga (Castellina M.ma)	Laumontite, Cu	Basalti - Calcite	PI

Minerogenesi (tipi principali dei minerali toscani)

3. Pneumatolitico

Scheda n°	Località	Minerale	Ganga del minerale	Provincia
	Monte Valerio	Ossidi di Sn, Fe	Goethite - Marmo	LI

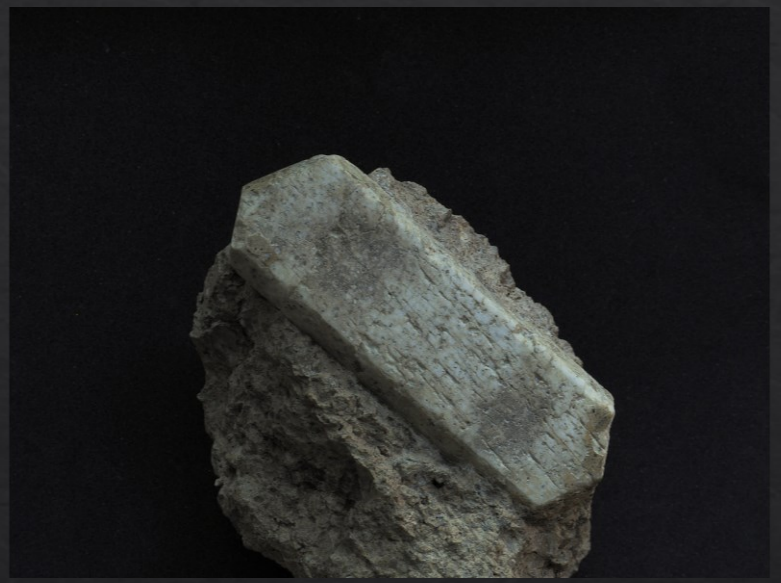
4. Mesotermale

Scheda n°	Località	Minerale	Ganga del minerale	Provincia
	Imposta al Santo (Monticiano)	Aragonite, minerali di Fe, S	Calcare a cellette(?)	SI
	Querceto di Colle Val D'Elsa	Magnesite	Ofioliti	SI
	Poggio Zoccolino (Castiglione D'Orcia)	Quarzo, Gesso	Gesso calcare a cellette	PO
	Gli Scopeti (Impruneta)	Prehnite	Basalti - Gabbro - Calcite	FI
	Casa Serre (Gambassi)	Quarzo, Cu, Datolite	Basalti - Gabbro	FI
	Valdiperga (Castellina M.ma)	Laumontite, Cu	Basalti - Calcite	PI

Minerogenesi - cristallizzazione da corpi ignei (plutoni e lave)



Ortoclasio $KAlSi_3O_8$ con Quarzo SiO_2 da pegmatite granitica
In rocce magmatiche di stirpe acida



Sanidino $(K,Na)(Si,Al)_4O_8$ in roccia porfirica (trachite) Capo Enfola, Portoferraio, Livorno
In rocce magmatiche di stirpe acida



Augite $(Ca,Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Ti,Al)_2(Si,Al)_2O_6$ in roccia ultrabasica delle vulcaniti di Pitigliano
In rocce magmatiche di stirpe basica

Il raffreddamento di una mass fusa sia essa intrusiva che effusiva porta alla segregazione e cristallizzazione di specie minerali che possono formare cristalli di dimensioni variabili secondo la velocità di raffreddamento della massa

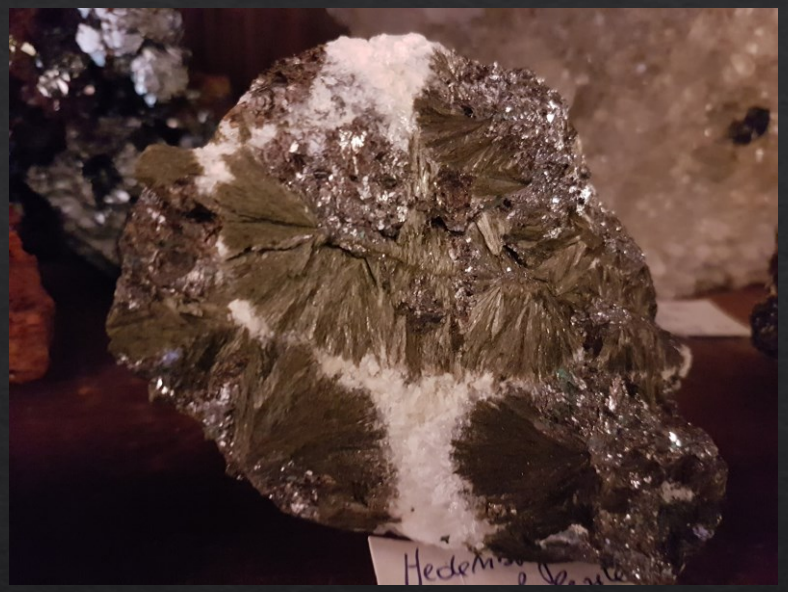
Minerogenesi – processi metamorfici



Tormalina var. Dravite su micascisto
$NaMg_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_3OH$
vari XX max 2 cm, 9,5x4cm
Cave di Beura, Verbano-Cusio-Ossola



Wollastonite $CaSiO_3$ metamorfismo di contatto



Hedenbergite CaFe (Si2O6) su skarn roccia pneumatolitica Campiglia Marittima

Minerogenesi – processi idrotermali



Quarzo SiO_2 – Paganico (GR)



Sfalerite ZnS – Elmwood Mine Tennessee USA



Talco $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ - Miniera di Talco/Steatite di località Le Ferriere tra Gabbro e Livorno (Livorno)

Le sostanze disciolte in fluidi caldi come acque ad alta temperatura o all'interno del vapore stesso rilasciano minerali nel processo di raffreddamento o diminuzione di pressione che porta alla segregazione e cristallizzazione di specie minerali che possono formare cristalli di dimensioni variabili secondo la velocità di raffreddamento e della concentrazione nel fluido originario

Minerogenesi – processi cristallizzazione durante la diagenesi dei sedimenti; sublimazione/brinamento da gas vulcanici
Reazioni chimiche su rocce negli ambienti dell'atmosfera o all'interno del suolo



Gesso $CaSO4 \cdot 2H2O$ – Lubin - Polonia origine sedimentaria



Realgar As_4S_4 – Pozzuoli (NA) sublimazione e brinamento

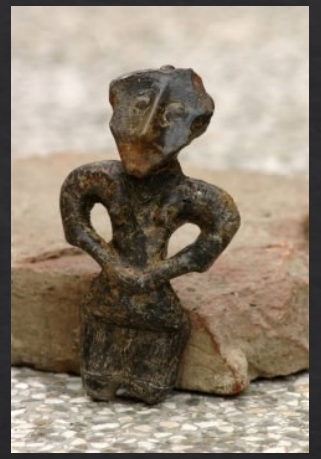


Ematite Fe_2O_3 – da precipitazione chimica Australia

I minerali nella storia dell'uomo

ETA' NEOLITICA (40000-6000 a.c):

L'uomo del Neolitico, pur conoscendo il rame, l'oro, l'argento e il ferro, si limitava ad utilizzare le pietre raccolte in modo molto rudimentale: le spaccava, le scheggiava, le levigava per farne amuleti e collane.



ENEOLITICO (5500-3200 a.c.)

Per caso l'uomo del Neolitico scoprì che scaldando certe pietre, come la malachite e il turchese, rimanevano sul fondo del recipiente delle gocce di liquido (rame) che una volta raffreddate assumevano la forma di una pepita. Era il segreto dell'estrazione dei metalli dai minerali. Il tardo neolitico vede lo sviluppo di tecnologie di produzione del Rame (fino a 7500 anni fa) e gli viene riconosciuto il rango di:

Eneolitico, Calcolitico o (più raramente) Cuprolitico (scoperti nel 2010 Strumenti di rame "vecchi" di 75 secoli a Prokuplje, a sud di Belgrado)

$$Cu_2(CO_3)(OH)_2 + 2CO \rightarrow 2Cu + 3CO_2 + H_2O$$

ETA' DEL BRONZO (3200-1400 a.c.):

Dopo il 3000 a.C. si diffuse la metallurgia del rame e dello stagno. Gli elamiti, popolazione dell'Iran occidentale il cui maggior centro è nella città di Susa, furono i primi a conoscere il bronzo intorno al 3200 a.c.





I minerali venivano fusi in piccole fornaci che non superavano i 1000°C. Il bronzo diventò un materiale abbastanza comune, usato per gli utensili e per le armi, per circa 2000 anni. In questo periodo iniziò anche la metallurgia del ferro, ma con enormi difficoltà: l'ostacolo era legato all'incapacità di raggiungere temperature sufficienti a fondere i minerali ferrosi (oltre 1600°C). I minerali perciò venivano solo riscaldati e piccole gocce di metallo solidificavano dentro la massa spugnosa delle scorie. (relitto di Uluburun scoperto 1982 sulle coste turche conteneva 10t di Rame e 1t di Stagno nel giusto rapporto di lega nel bronzo:

Bronzo: lega 80-90% Rame 10-20% Stagno

Sempre in questo periodo l'uomo scoprì che scaldando e battendo questa massa spugnosa si otteneva un materiale meno duro del bronzo, il ferro battuto.

ETA' DEL FERRO (1400 a.c.):



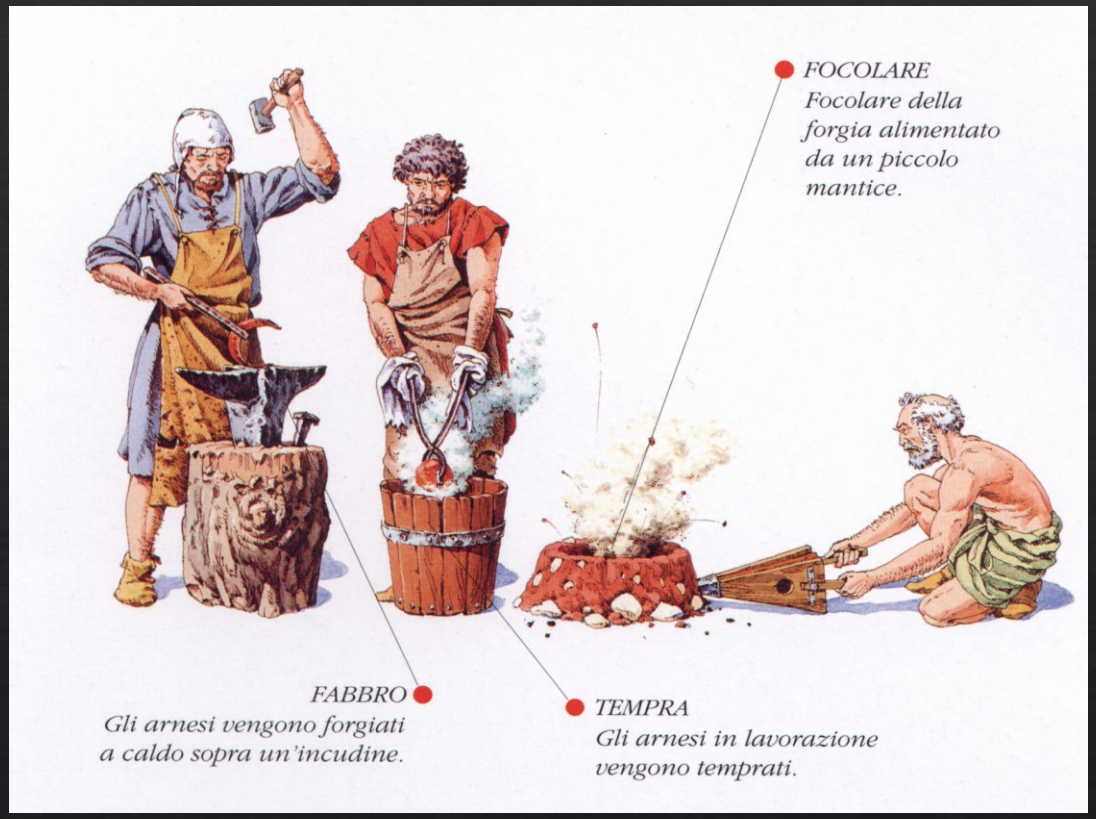
Oggi sappiamo che è sufficiente legare il 99% del Ferro all'1% di carbonio per ottenere l'acciaio. Questa scoperta fu fatta da un popolo dell'Armenia, verso il 1400 a.C.: scaldando e battendo un utensile di ferro su un fuoco di carbone di legna e poi martellandolo si otteneva un materiale di ferro circondato da una calotta di acciaio che lo rendeva assai più duro del bronzo. Furono i Romani a scoprire l'operazione della tempera, con cui si ottenevano qualità di acciaio diverse per i vari utilizzi: spade, vomeri, scudi, ferri di cavallo. La tecnologia del Ferro è conosciuta da circa 3500 anni ma il meccanismo con cui si produce ferro dai suoli minerali è noto da poco più di 100 anni.

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

Tecniche di estrazione e preparazione dei metalli



Madonna della Fucinaia (Campiglia Marittima): resti di forni fusori probabilmente usati per la produzione di rame, (foto Bonotti).



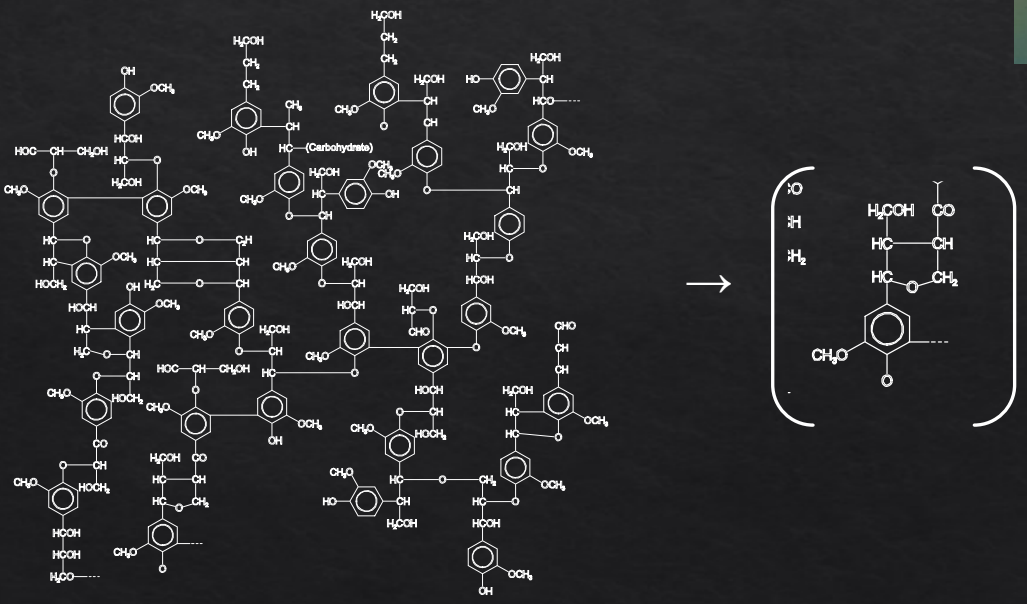
‘CHIMICA’ E I MATERIALI UTILI ALL’UOMO

VETRO 6000 ANNI

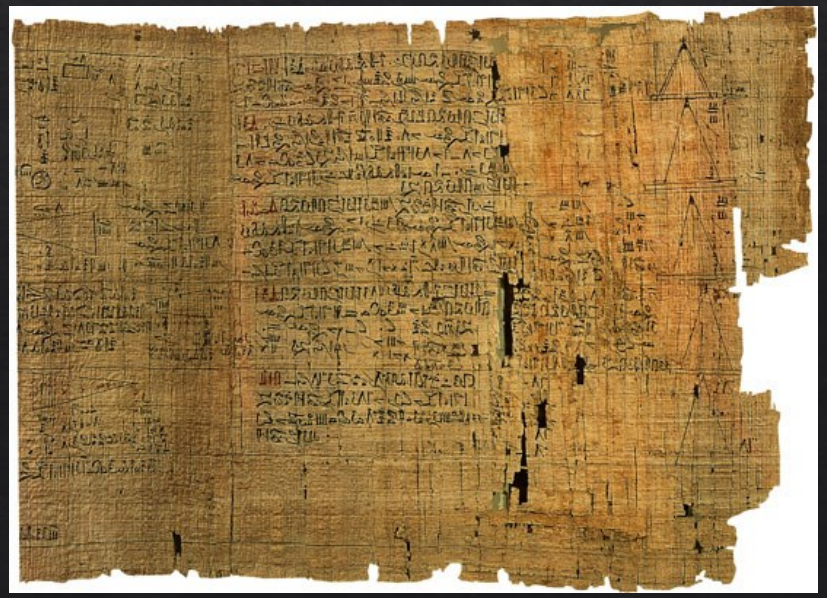
$$Na_2CO_3 + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + CO_2$$



CARTA 1800 ANNI



+ NaOH + Na_2S





De re metallica Georg Agricola 1556.



ETÀ medievale (500 d.C.—1500 circa):

Le miniere erano filoni metalliferi molto superficiali e gli strumenti di scavo erano picconi, martelli e pale. Gli uomini scendevano lungo delle scale e riportavano in superficie i minerali frantumati dentro secchi portati direttamente sulle spalle o con una fune, azionata da un argano. I forni erano piccoli, eccetto quelli per fondere il ferro, che erano molto più grandi e venivano alimentati da mantici mossi da ruote idrauliche. La maggiore conquista di questo periodo fu la ghisa, la cui diffusione fu molto lenta almeno fino al 1700. Fuori dalle città esistevano officine per la produzione di cannoni, campane, statue... ; in ogni centro esisteva invece la bottega del fabbro che comprava ferro dolce in barre e carbone vegetale per forgiare falci, vanghe, accette, lime, seghe, cerchi di ferro per botti e ruote…

Dal 1500 al 1750 circa:

In questo periodo maggiori investimenti furono fatti nel settore minerario e metallurgico. I materiali erano molto costosi: pompe per liberare i pozzi, argani, sistemi idraulici… Alcuni banchieri entrarono nel settore metallurgico investendo grosse somme in altiforni, combustibili e officine per la lavorazione.

Dalla rivoluzione industriale inglese:

Nel 1753 un industriale siderurgico Abraham Darby Junior riuscì a produrre per la prima volta il **carbon coke** risolvendo così una grave crisi iniziata nel 1700 per la mancanza di legname. La ghisa divenne un prodotto a buon mercato, utilizzata anche nell'edilizia. In quantità ancora maggiori era richiesto il ferro dolce, che dal 1784 fu prodotto con un processo molto meno costoso, grazie ai brevetti di Henry Cort: il **puddellaggio** (per convertire la ghisa in ferro) e la **laminatura** (per avere lamiere, barre e profilati). In questo periodo, anche grazie ai grossi passi in avanti della metallurgia ,furono ideati molti utensili che segnarono la storia come le macchine tessili, la macchina a vapore, il tornio, la piallatrice meccanica. Nella seconda metà dell'800 l'acciaio divenne un materiale abbondante e a buon mercato, grazie all'invenzione del convertitore e del forno elettrico. L'acciaio venne impiegato per le rotaie, i ponti, gli scafi navali, le gru e i grattacieli.

Oggi il ferro è sicuramente ancora il materiale più importante, lo troviamo nelle case (elettrodomestici, tubature e utensili da cucina), nelle strade (mezzi di trasporto, tubi), nelle fabbriche (motori, gru), negli impianti petroliferi (cisterne, tubi), nei porti, nelle stazioni ferroviarie, nelle aziende agricole…

Gli altri metalli sono prodotti in quantità minori e per scopi precisi: l'alluminio e il magnesio per la leggerezza, il rame per la conducibilità, il nichel e il cromo per la resistenza alla corrosione, il manganese e il vanadio perché particolarmente duri.

	RICERCA DEL GIACIMENTO	METODO DI COLTIVAZIONE	METODO DI ABBATTIMENTO	ARMATURA	ILLUMINAZIONE	ENERGIA	PESTA, CERNITA, FLOTTAZIONE
PERIODO ETRUSCO	Osservazione di affioramenti e di variazioni di vegetazione. Esplorazione di grotte e di vecchi lavori.	A seguire il filone	Manuale con punteruolo, mazzuolo e picco.		Lucerna a olio	Umana e animale	Manuale con pestelli di pietra nei pressi della miniera
PERIODO MEDIEVALE	Osservazione di affioramenti e di variazioni di vegetazione. Esplorazione di grotte e di vecchi lavori.	A seguire il filone	Manuale con punteruolo, mazzuolo e picco.		Lucerna a olio	Umana e animale	Manuale con pestelli di pietra nei pressi della miniera
XVI SECOLO	Osservazione di affioramenti e di variazioni di vegetazione. Esplorazione di grotte e di vecchi lavori.	A seguire il filone con gallerie di ribasso e pozzi a traverso banco, cave a cielo aperto in roccia.	Manuale con punteruolo, mazzuolo e picco, leva e cuneo.	Quadri in legno, puntelli vari e foderatura in legno dei pozzi	Lucerna a olio	Umana, animale e idraulica.	Manuale con pestelli di pietra e strumenti in ferro nei pressi della miniera e successiva lavatura a valle
XIX SECOLO	Gallerie in e a traverso banco nei pressi dei lavori più antichi.	Sistema di gallerie e pozzi di estrazione a livelli, sale di coltivazione a pilastri.	Con esplosivo (polvere nera) e fioretto battuto con la mazza; pala e picco.	Quadri in legno, puntelli vari, pozzo di estrazione con argano ed elevatore	Lampade ad acetilene	Umana, animale e idraulica.	Cernita manuale, laveria con forza idraulica.
XX SECOLO	Carotaggi, fori di sondaggio, indagini geofisiche e geochimiche.	Sistema di gallerie, pozzi di estrazione a livelli, sale di coltivazione a pilastri, vuoti elicoidali, fornelli a getto.	Con esplosivo (dinamite) e fioretto con martello pneumatico; pala e picco.	Quadri in legno, puntelli vari, pozzo di estrazione con argano ed elevatore	Lampade ad acetilene ed elettriche	Umana, idraulica, a vapore, elettrica	Cernita manuale, frantoi meccanici alternati a vagli; tavole a scossa, separazione magnetica, flottazione chimica

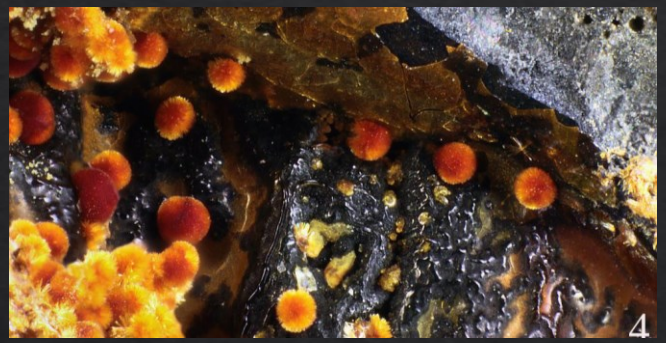
EVOLUZIONE DELLA TECNICA MINERARIA
(nella zona di Campiglia)



Anglesite $PbSO_4$ in scoria di fusione - Val Canina (Sassetta)



Diaboleite, campo 3,6mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). Coll. Bonotti F.



Feroxyhyite, campo 1,4mm, Val Canina, (foto Chinellato). Coll. F. Bonotti



Paratacamite, dim. 0,66 mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). Coll. F. Bonotti



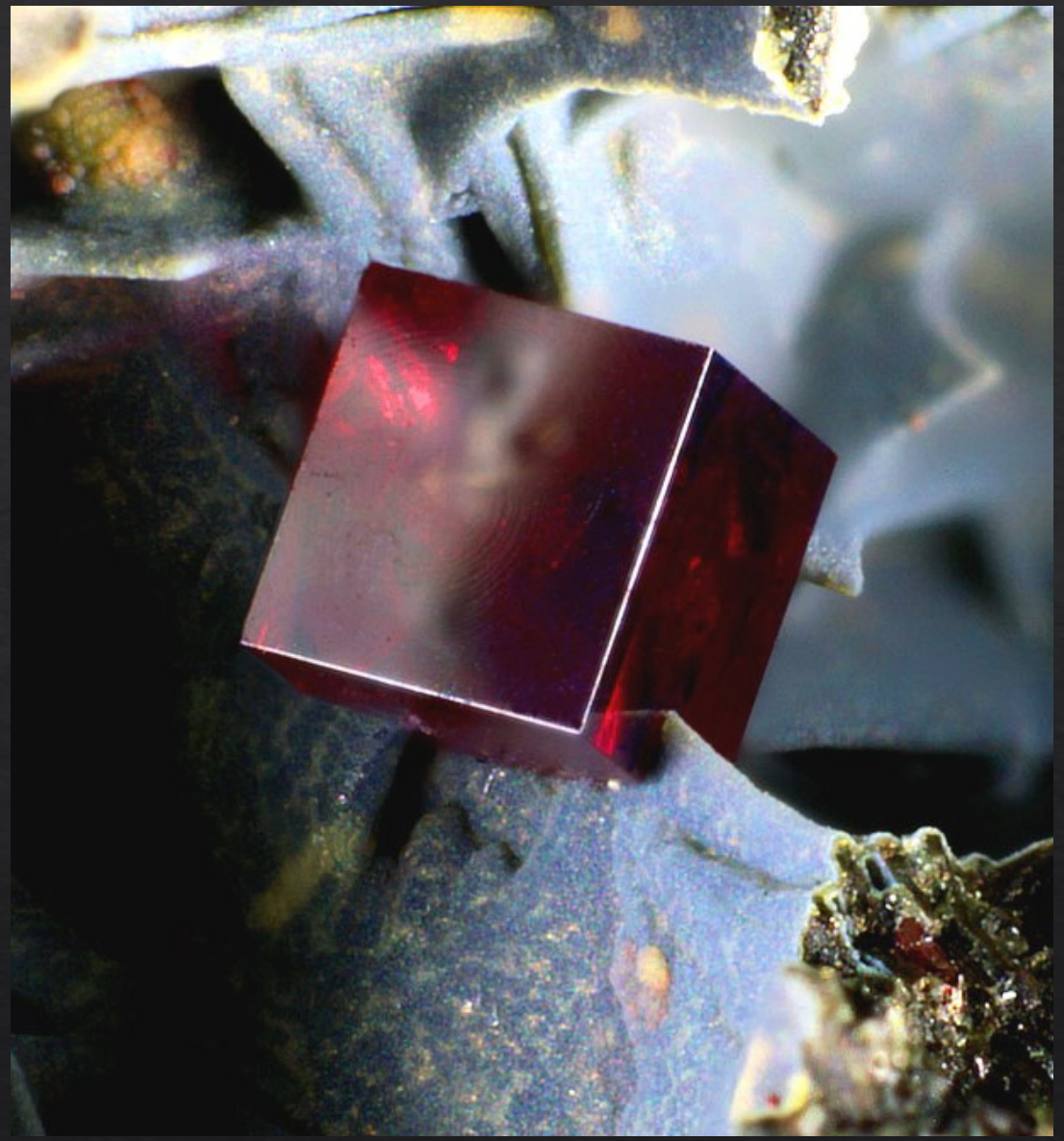
Delafossite e Cianotrichite, campo 2,47mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato). Coll. F. Bonotti



Linarite $PbCu(SO_4)(OH)_2$, dim. 1,89mm, Val Canina, (foto Chinellato), coll. F. Bonotti



Brochantite $Cu_4(SO_4)(OH)_6$, dim. gruppo 1,9mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato), coll. F. Bonotti



Cuprite cubica Cu_2O, dim. 0,59mm, M. d. Fucinaia, (foto Chinellato), Coll. F. Bonotti





Amazzonite - $KAlSi_3O_8$
(foto A. Lenzi), Coll. A. e P.L. Lenzi





Apofillite - $KCa_4Si_8O_{20}(F,OH)\cdot 8H_2O$
(foto A. Lenzi), Coll. A. e P.L. Lenzi

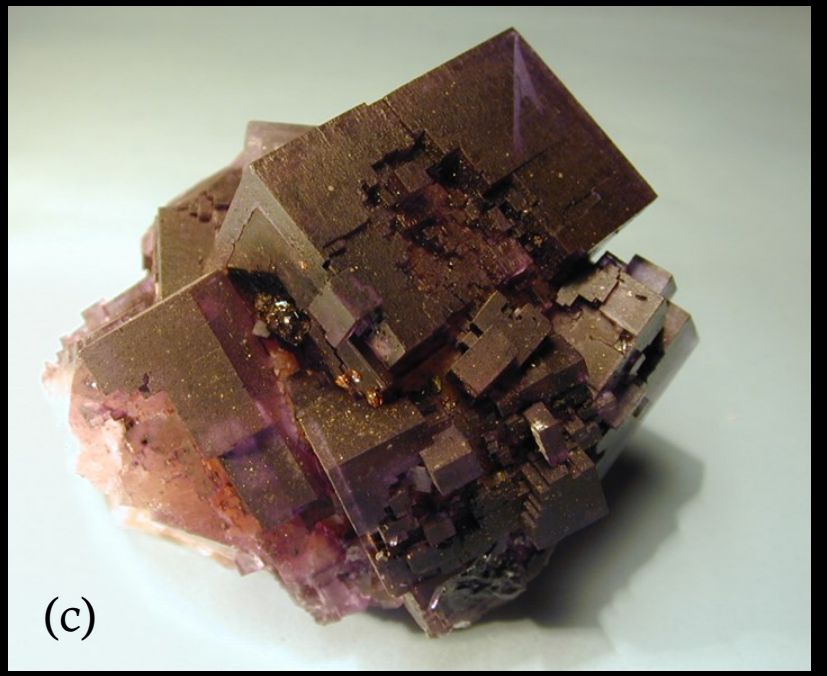




Pirite, FeS_2, Rosales Perù
coll. e foto A. Lenzi









Fluorite CaF_2 (a) Spagna, (b) illinois USA, (c) Illinois USA, (d) Campiano Grosseto





Quarzo, SiO_2, Huanzala Perù, coll. e foto A. Lenzi



Galena, dolomite, Calcopirite, PbS, $CaMg(CO_3)_2$, $CuFeS_2$, Westfork mine, Viburnum Missouri, coll. e foto A. Lenzi



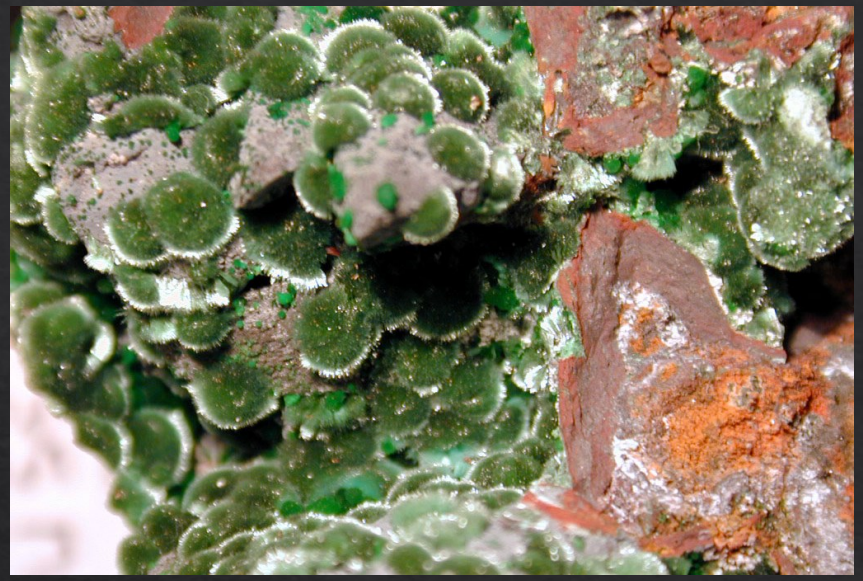
Galena PbS
Huanzala Perù
coll. e foto A. Lenzi



Barite, $BaSO_4$ – Brosso (TO)



Azzurrite $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ su Fluorite CaF_2, Marocco



Brochantite, $Cu_4(SO_4)(OH)_6$, Laurion - Grecia coll. e foto A. Lenzi L=7 cm, H=4 cm, P=4 cm



Calcite $CaCO_3$ – Roselle (GR)



Acquamarina $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ - Pakistan



Calcite $CaCO_3$ – Tennessee USA



Gesso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Buriano (gesso dei tubi)



Malachite botriodale $Cu_2(CO_3)(OH)_2$
Congo



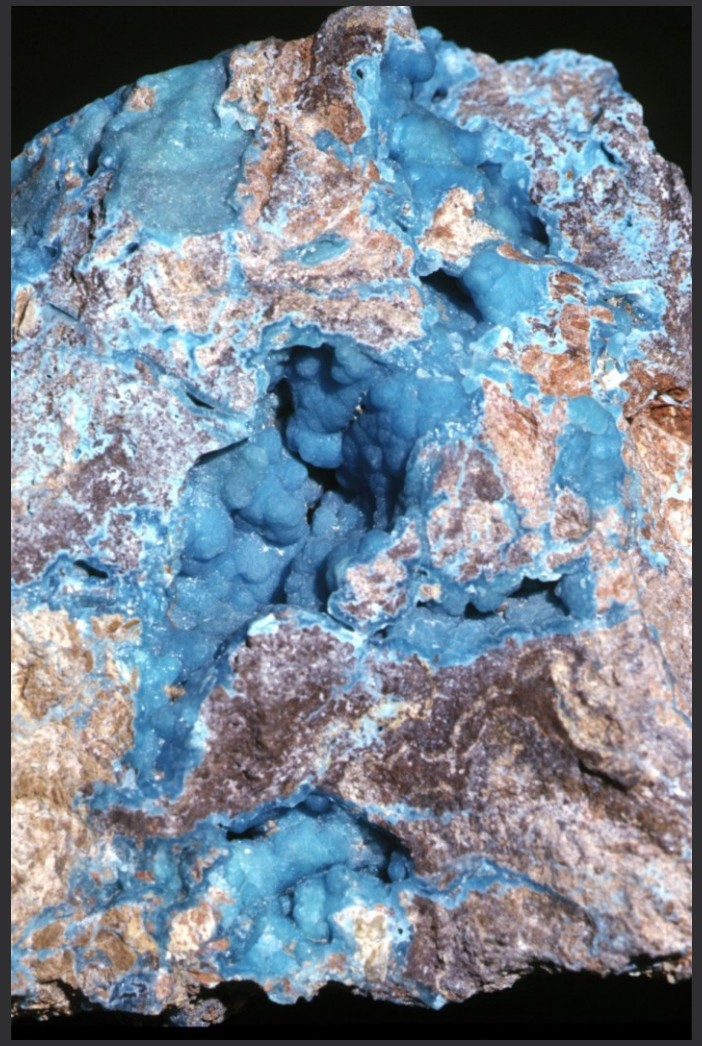
Gesso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Buriano (gesso dei tubi)



Rodocrosite $MnCO_3$
Uchucchacua mine perù



Rodocrosite $MnCO_3$
Huanzala mine perù



Emimorfite – $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot (H_2O)$
Sardegna



Smithsonite (calamina) - $ZnCO_3$
Sardegna



Metastibnite Sb_2S_3 - Amiata



Vesuvianite -
$Ca_{10}Mg_2Al_4(SiO_4)_5(Si_2O_7)_2(OH)_4$
Piemonte



Wavellite - $Al_3(PO_4)_2(OH)_3 \cdot 5H_2O$
Arkansas



Stilbite
$Na_3Ca_3[Al_8Si_{28}O_{72}] \cdot n(H_2O)$ (n=28-32)
Poona India