

Geologia generale pt. 1: *La litosfera, le rocce, e la loro classificazione*

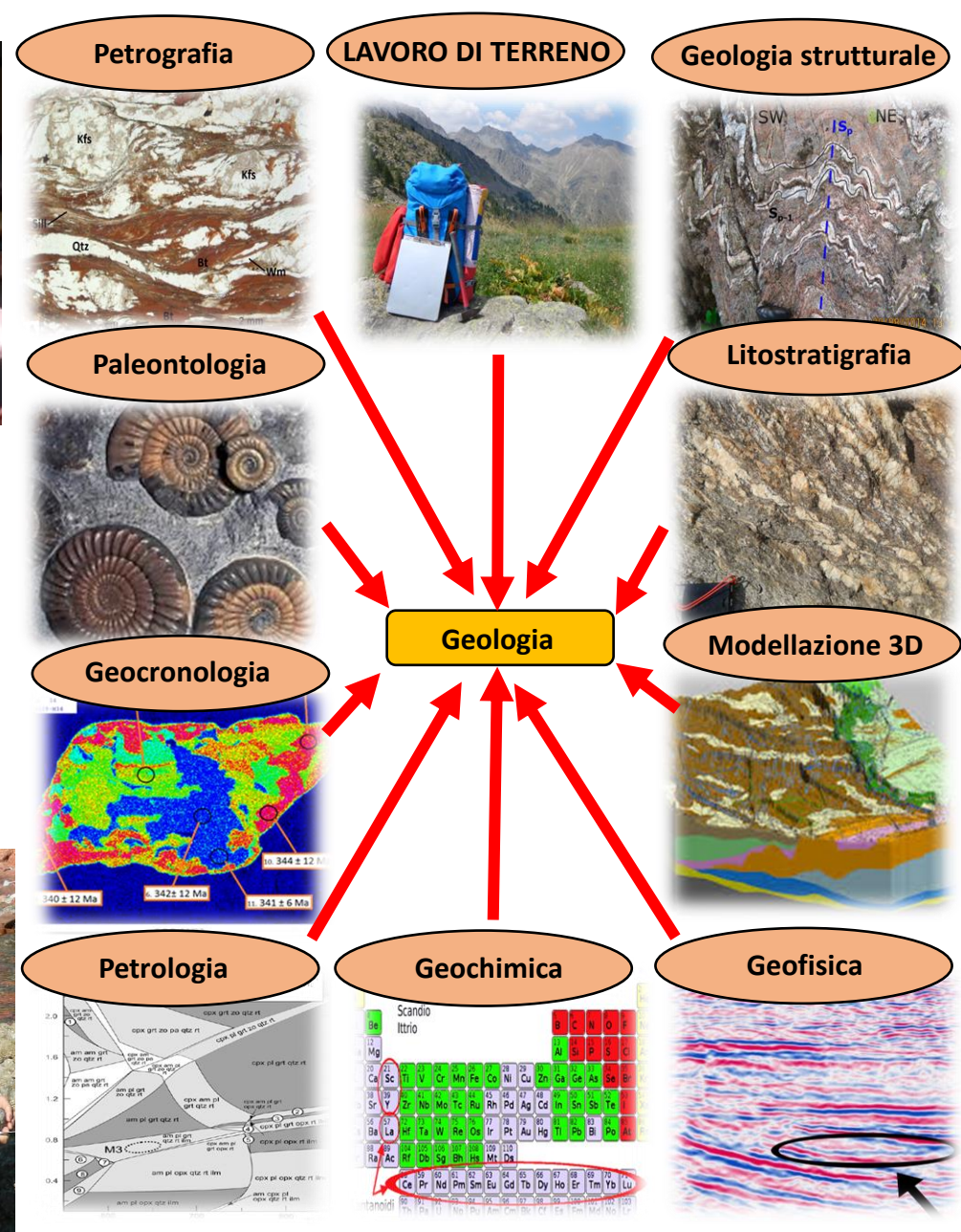
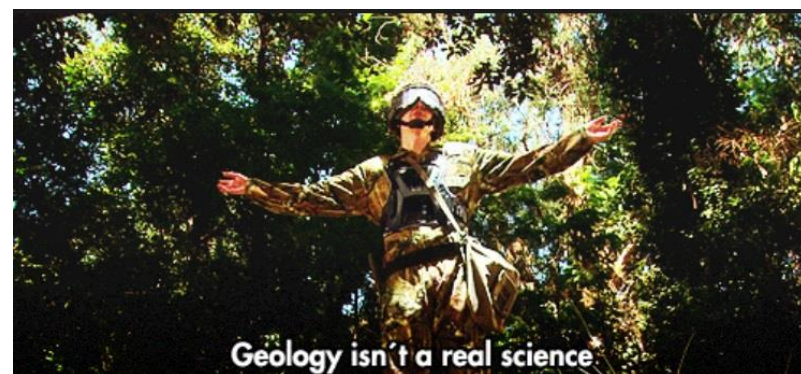
Pieruccioni Diego

diegopieruccioni@isprambiente.it



La geologia

La **geologia** è la scienza che studia il pianeta Terra con riferimento alla sua composizione, alla sua struttura e configurazione, alla sua superficie e ai processi che vi operano, cercando di giungere alla conoscenza dell'evoluzione che esso ha avuto sin dai primordi della sua formazione.



La forma della Terra

Nel corso dei secoli si sono susseguite una serie di teorie fantasiose per spiegare la forma della Terra, la scomparsa di civiltà misteriose e tanto altro. Tra quelle che hanno avuto più seguito ci sono la teoria della Terra Piatta e la Teoria della Terra Cava tornate in voga (purtroppo!!) ai giorni nostri.



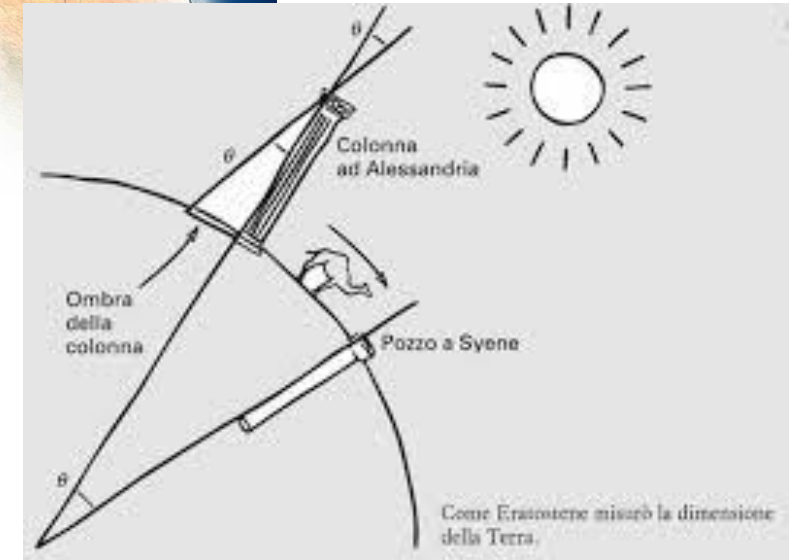
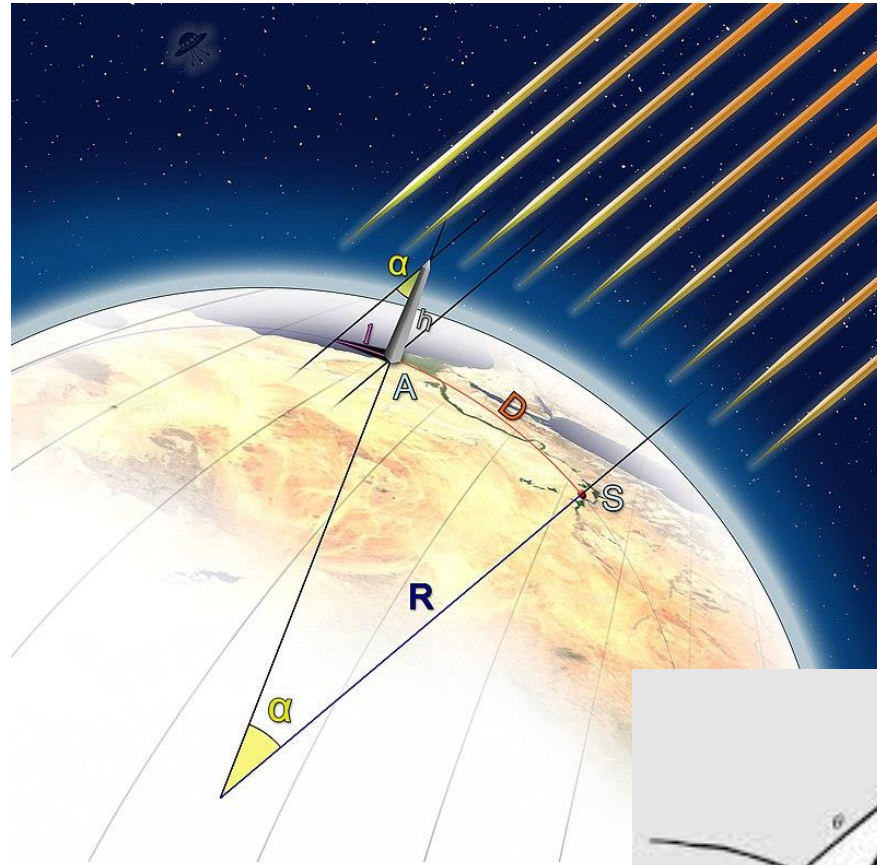
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=F M6GetH2C3M>



La forma della Terra

Già nel III sec. a.c. si sapeva che la Terra era sferica ed Eratostene di Cirene fu il primo a dimostrarlo con un semplice esperimento.

Egli, considerate le due città, Alessandria d'Egitto e Siene (oggi Assuan) situate ad una distanza di 5000 stadi egizi, fa l'ipotesi semplificativa che Siene e Alessandria siano sullo stesso meridiano. Data questa ipotesi, a mezzogiorno del solstizio d'estate a Siene il sole si troverebbe allo zenit, con i raggi del sole perfettamente verticali. In quello stesso giorno, l'angolo di incidenza dei raggi solari misurato ad Alessandria corrisponde all'angolo con il vertice al centro della Terra contenuto tra le semirette che lo congiungono alle due città (ipotesi che le due città siano sullo stesso meridiano). Il suo valore era di $1/50$ di angolo giro, di conseguenza la misura dell'intera circonferenza terrestre era di 250000 ($=50 \times 5000$) stadi egizi, quindi 39375 km (contro i 39941 reali della circonferenza polare) con **l'errore dell'1,4% circa**.



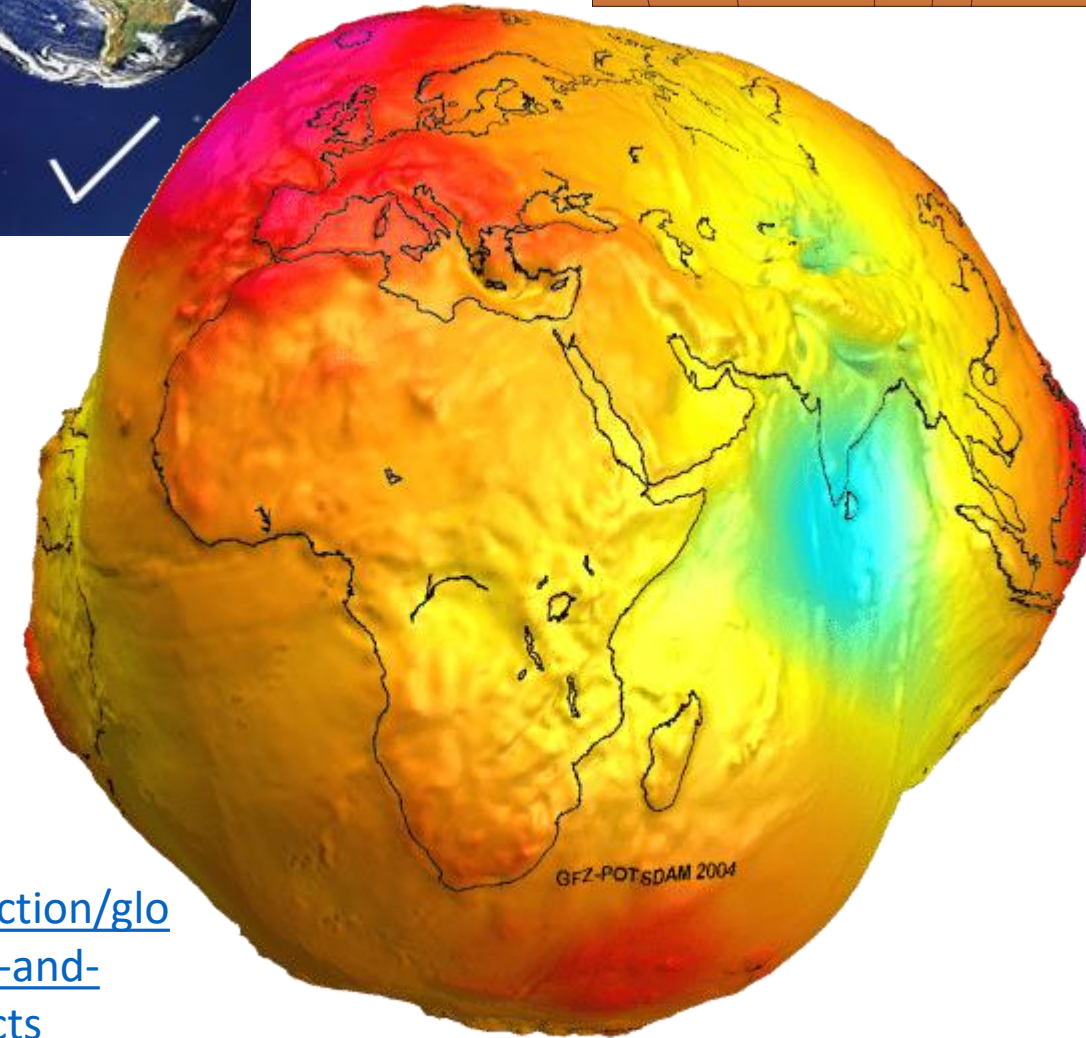
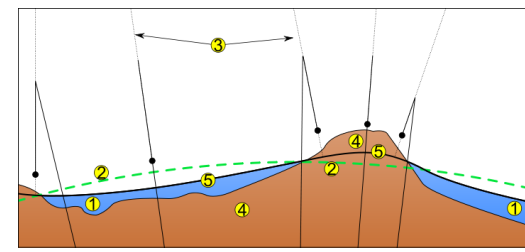
La forma della Terra

Sappiamo che la Terra NON è piatta (!), ma non è nemmeno rotonda!!

La Terra a causa della sua rotazione è schiacciata ai poli e gonfia all'equatore, perciò viene comparata ad un **ellissoide**. Dobbiamo tener conto che la Terra non è liscia in superficie (es., catene montuose, fosse oceaniche). Inoltre, è formata da rocce a densità molto diverse non distribuite in maniera omogenea e tutto questo causa delle vere e proprie deformazioni gravitazionali.

A causa di questi effetti usare l'ellissoide per rappresentare la forma della Terra non è ideale perciò è stato introdotto il **geoide**: una forma "a patata" formata dalla forza di gravità terrestre.

Le aree colorate di rosso sono soggette ad una forza di gravità minore e quindi più lontane dal centro della Terra, mentre quelle blu sono soggette ad una gravità maggiore e quindi più vicine al centro terrestre.

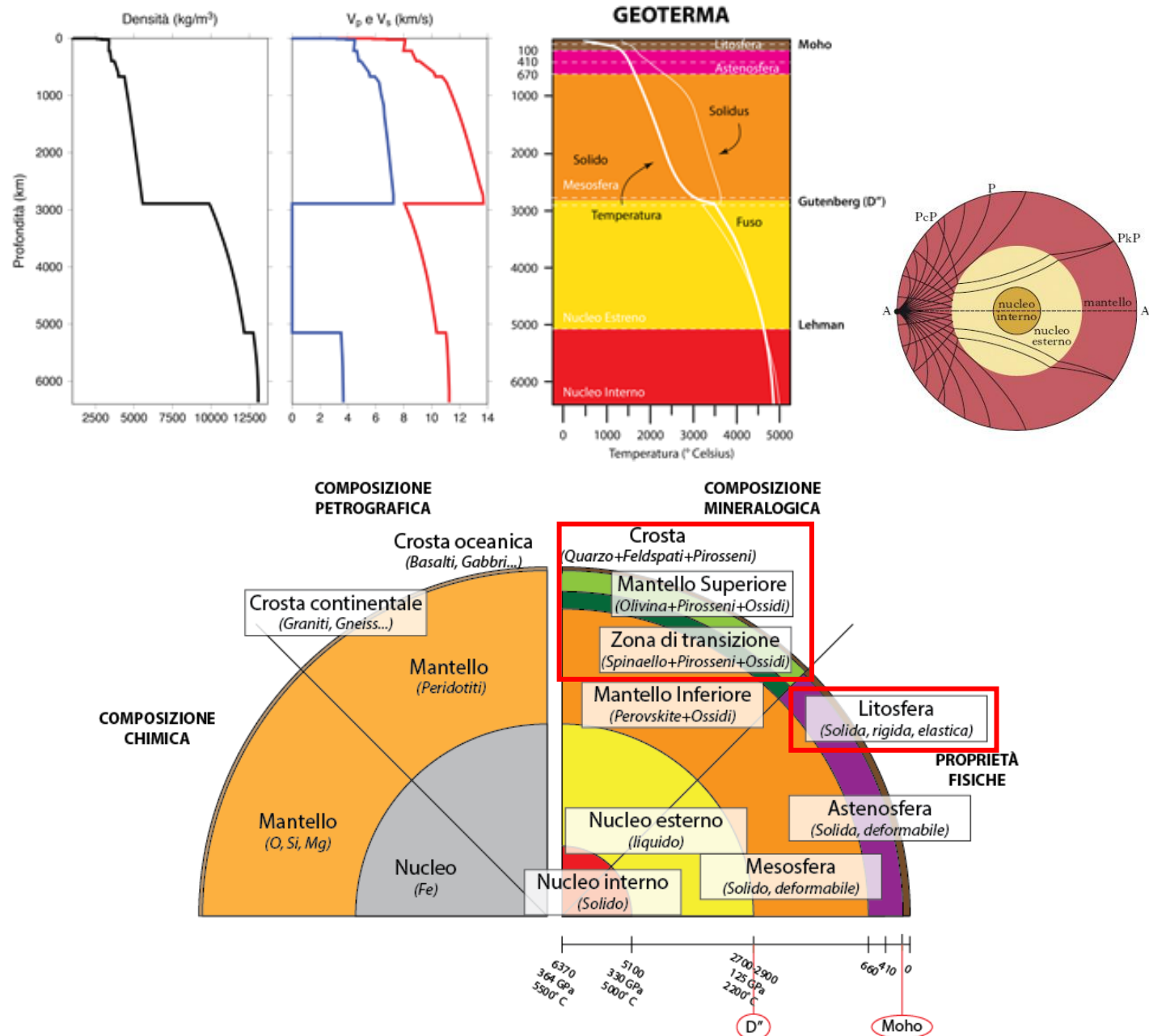


<https://www.gfz-potsdam.de/en/section/global-geomonitoring-and-gravity-field/projects>

Struttura interna della Terra

La struttura interna della Terra, simile ad altri pianeti terrestri, ha una **disposizione a strati** che possono essere definiti sia da **proprietà chimiche**, sia **reologiche**. La Terra ha una **crosta** esterna solida di silicati, un **mantello** estremamente viscoso, un **nucleo esterno** liquido che è molto meno viscoso del mantello, e un **nucleo interno** solido. La comprensione scientifica della struttura interna della Terra è basata sulle estrapolazioni di evidenza fisica scaturita dai primi pochi chilometri della superficie terrestre, dai campioni portati alla superficie dalle più remote profondità tramite l'attività vulcanica e dalle analisi delle onde sismiche che l'hanno attraversata

Meccanica		Composizionale	
Profondità km	Strato	Profondità km	
0-80	Litosfera - solida (localmente varia tra 5 e 200 km)	Crosta - graniti/basalti (localmente varia tra 5 e 70 km)	0-35
	Litosfera - solida (localmente varia tra 5 e 200 km)	Discontinuità di Mohorovičić	35
	Litosfera - solida (localmente varia tra 5 e 200 km)	Mantello superiore - silicati	35-410
80-200	Astenosfera - fluida	Mantello superiore - silicati	
200-2890	Mesozona - solida	Mantello superiore - silicati	
	Mesozona - solida	Zona di transizione - silicati	410-660
	Mesozona - solida	Mantello inferiore - silicati	660-2890
-	Discontinuità di Gutenberg		2890
2890-5150	Nucleo esterno - fluido		2890-5150
-	Discontinuità di Lehmann		5150
5150-6360	Nucleo interno - solido		5150-6360

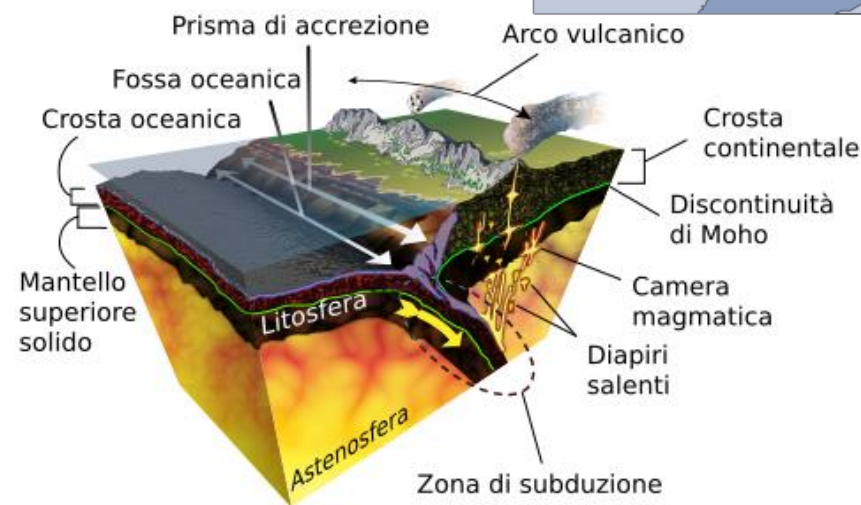
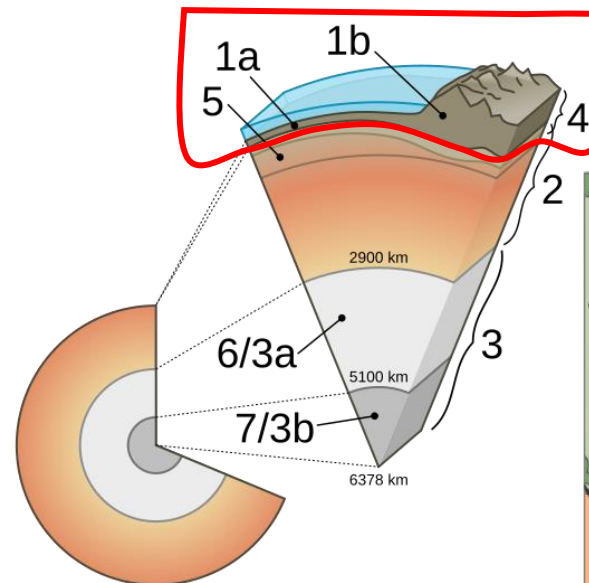


La litosfera

La litosfera (dal greco: λίθος (lithos) = "pietra, roccia" + σφαίρα (sphaira) = "sfera", vale a dire "sfera rocciosa") è la parte esterna più rigida del pianeta Terra, comprendente la **crosta terrestre** e la porzione del **mantello esterno**, fino all'astenosfera. Ha uno spessore complessivo variabile tra i **70-75 km** in corrispondenza dei bacini oceanici e i **110-113 km** al di sotto dei continenti. La suddivisione in litosfera e astenosfera degli involucri esterni della Terra si basa su caratteri esclusivamente reologici, cioè di comportamento dei materiali sottoposti a sforzi a essi applicati: la litosfera ha comportamento reologico rigido, ed è in grado di produrre terremoti; l'astenosfera ha un comportamento plastico e non produce sismi.

La litosfera viene ulteriormente suddivisa in:

- ❖ la litosfera oceanica, associata alla crosta oceanica;
- ❖ la litosfera continentale, associata alla crosta continentale.



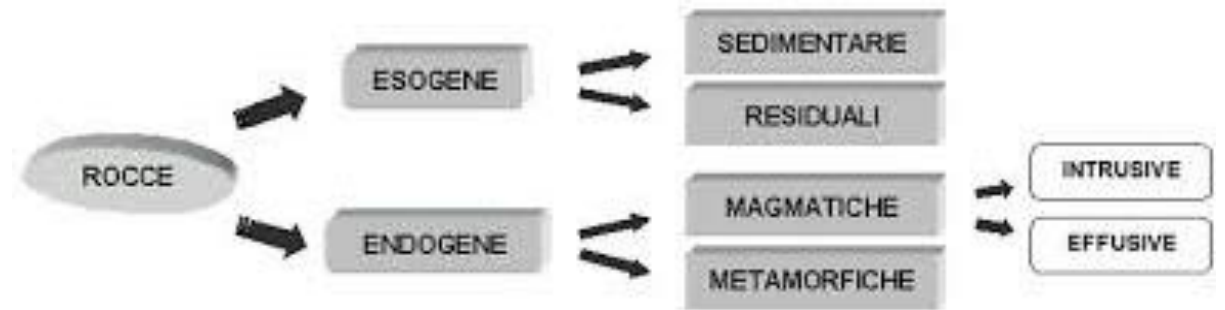
Le rocce

La litosfera terrestre è formata da rocce, le quali vengono definite come un aggregato naturale di minerali solidi.

Al contrario dei minerali, **le rocce non possono essere espresse o definite mediante formule** in quanto non presentano una composizione chimica definita; esse sono costituite da più minerali, quindi fondamentalmente eterogenee. Le rocce omogenee, invece, contengono un unico tipo di minerale; in questo particolare caso la distinzione tra roccia e minerale diventa molto sottile.

Vengono classificate in base al processo litogenetico che dà loro origine, e vengono distinte in tre grandi categorie:

- ❖ **Rocce magmatiche**, dette anche ignee, sono le rocce ottenute dalla solidificazione del magma;
- ❖ **Rocce sedimentarie**, sono le rocce generate per sedimentazione di detriti inorganici, organici e sali minerali;
- ❖ **Rocce metamorfiche**, sono rocce magmatiche o sedimentarie, derivanti da profonde trasformazioni delle rocce preesistenti dovute a condizioni di pressione e temperatura diverse da quelle presenti al momento della loro formazione.



Rocce magmatiche effusive (lava del Vesuvio)



Rocce metamorfiche (filladi, Alpi Apuane)



Rocce sedimentarie (arenaria, Appennino)

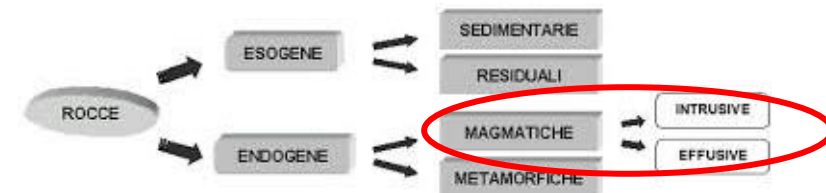
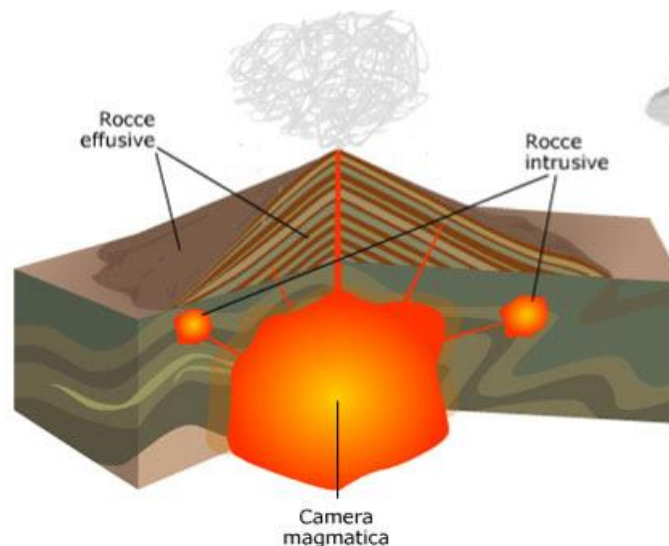


Rocce magmatiche intrusive (granito, Isola Asinara)

Le rocce magmatiche

Le rocce magmatiche (dette anche ignee,) si formano in seguito alla **solidificazione di magmi**, cioè di masse silicatiche fuse contenenti vari componenti (es., FeO, MgO, CaO, ecc.) e sostanze volatili (H₂O, CO₂, H₂, ecc.). Le rocce magmatiche costituiscono il **65% della crosta** terrestre e, a seconda che il magma sia solidificato all'interno della crosta terrestre oppure all'esterno di essa, attraversando il condotto di un vulcano, si ha l'ulteriore suddivisione in:

- ❖ **rocce intrusive** (o Plutoniche), se la cristallizzazione è avvenuta in profondità nella crosta terrestre;
- ❖ **rocce effusive** (o vulcaniche), se la cristallizzazione è avvenuta in superficie.



Roccia magmatica effusiva (tefrite del 1944, Vesuvio)



Roccia magmatica intrusiva (granito, Isola Asinara)

Le rocce magmatiche intrusive

Le **rocce intrusive**, rocce ignee intrusive o plutoniche, sono le rocce magmatiche solidificate all'interno della crosta terrestre.

Il **lento processo di raffreddamento** in parecchi casi ha permesso la formazione di grossi individui cristallini (fenocristalli) all'interno di una pasta di fondo a tessitura cristallina più o meno fine.

Le rocce plutoniche si classificano in base alla quantità modale di:

Q = quarzo (più altre eventuali fasi della silice)

A = alcalifeldspati

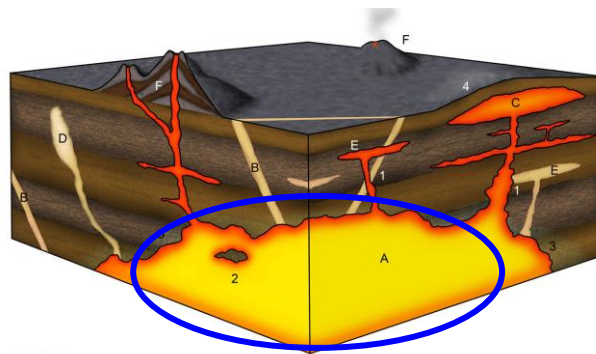
P = plagioclasio

F = feldspatoidi

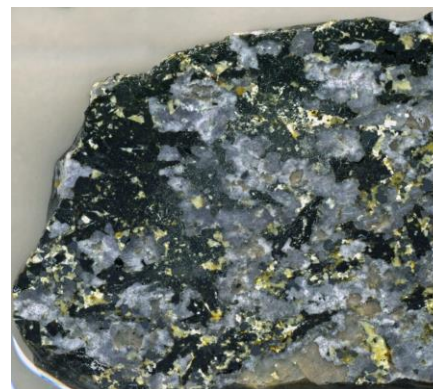
M = minerali mafici

Le rocce plutoniche si dividono quindi in tre grandi categorie in base alla percentuale di silice (SiO_2):

- ❖ **Rocce soprassature**: le rocce contengono una percentuale minima di quarzo del 20%;
- ❖ **Rocce sature**: le rocce contengono una percentuale di quarzo compresa tra lo 0 e il 5%;
- ❖ **Rocce sottosature**: non contengono quarzo.



Granito (USA)



Ijolite (USA; da James St. John)

% di quarzo

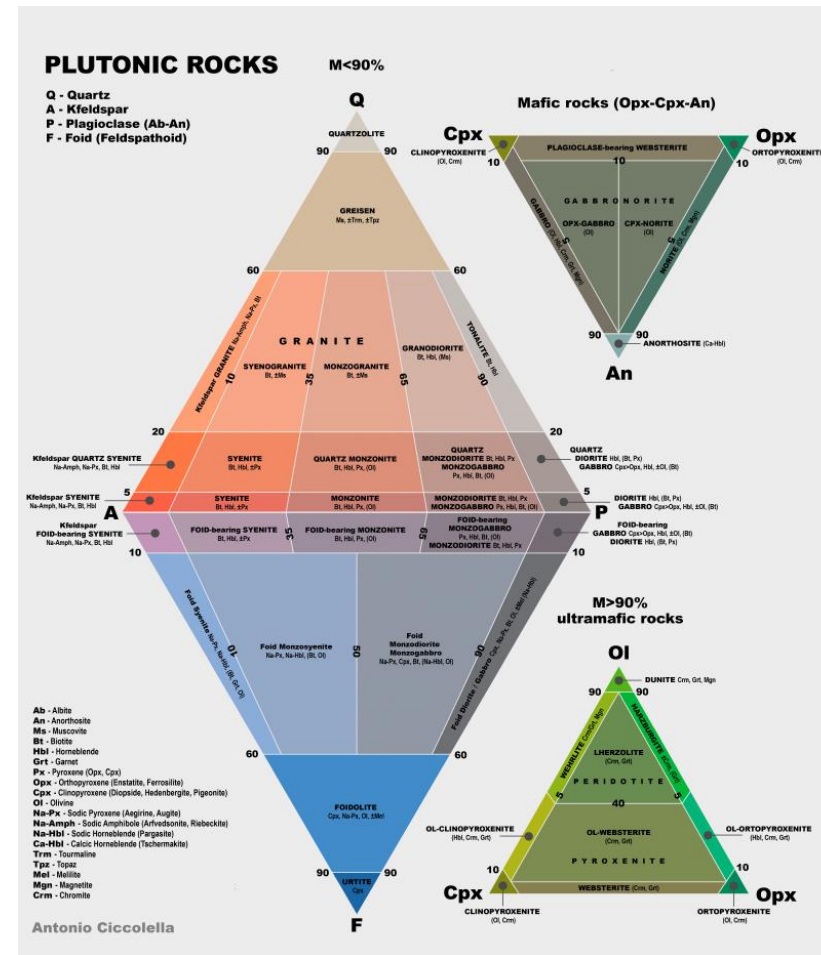
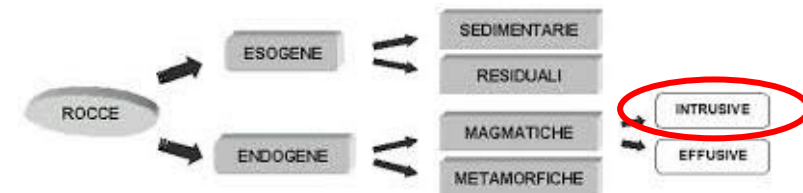


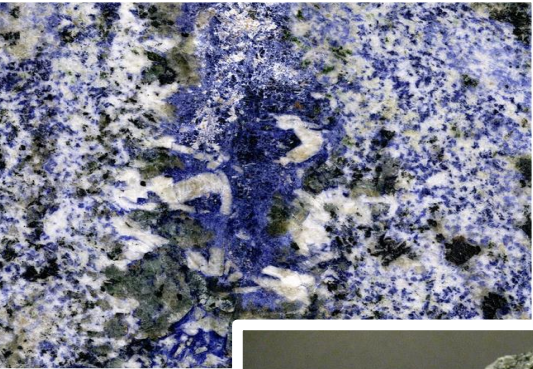
Diagramma di classificazione delle rocce plutoniche (da Strackeisen, 1973)



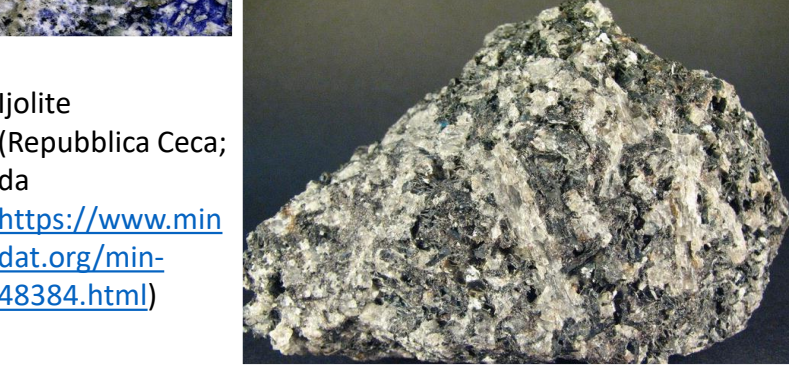
Monzogranito
(Isola Asinara)



Sienite (da
<https://www.alexstrekeisen.it/pluto/sienite.php>)



Sienite a sodalite
(Brasile; da
<https://www.flickr.com/photos/47445767@N05/wit/h/54031594874>)



Ijolite
(Repubblica Ceca; da
<https://www.min-dat.org/min-48384.html>)

Le rocce magmatiche intrusive

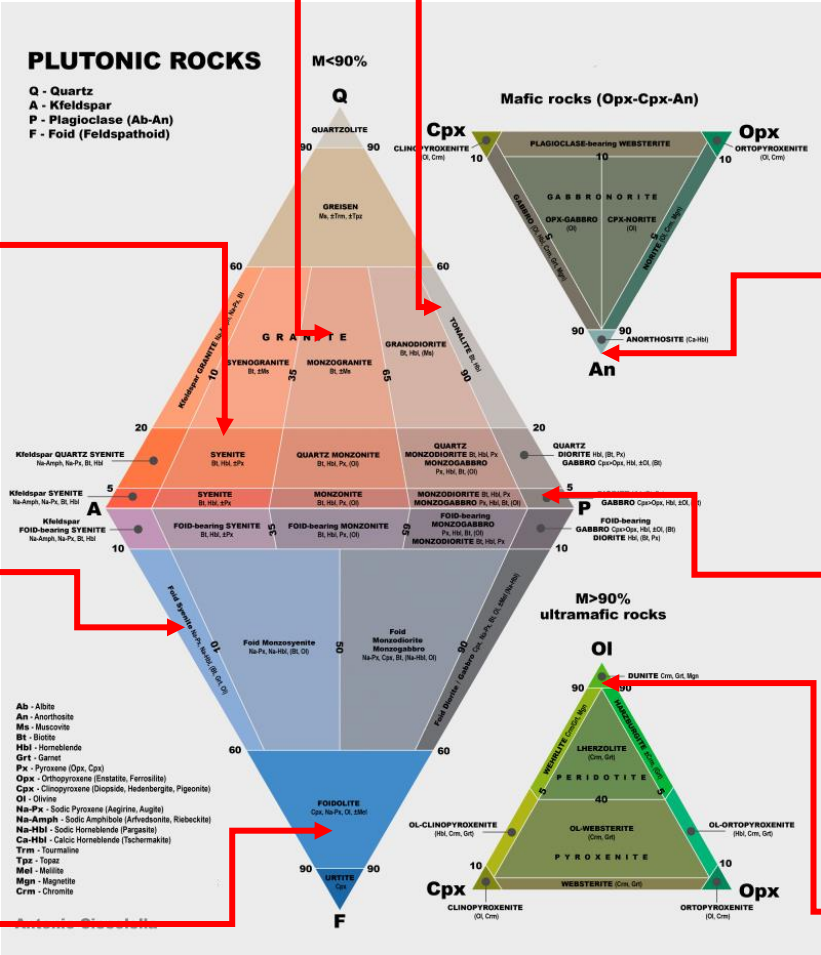
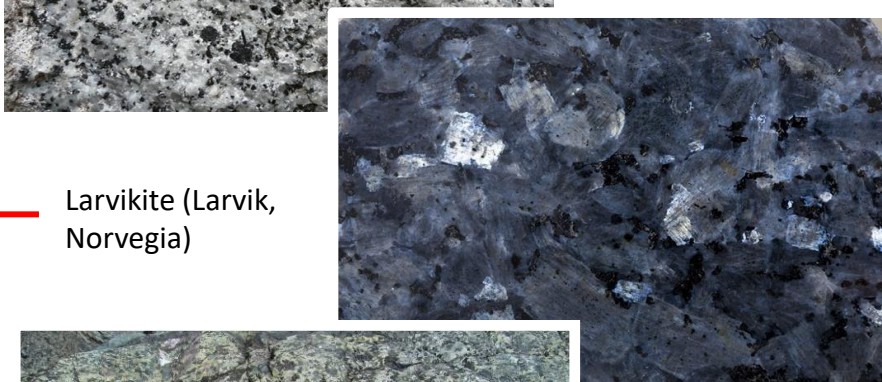


Diagramma di classificazione delle rocce plutoniche (da Strackeisen, 1973)



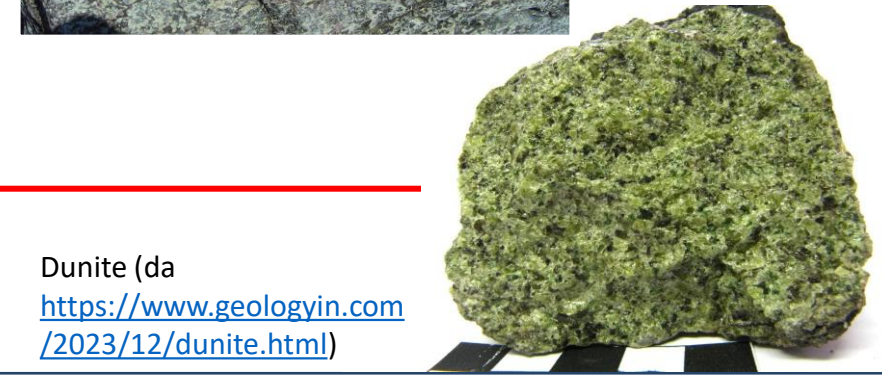
Tonalite (Passo del Tonale)



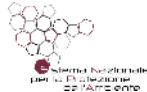
Larvikite (Larvik, Norvegia)



Gabbro (Livorno)



Dunite (da
<https://www.geologyin.com/2023/12/dunite.html>)



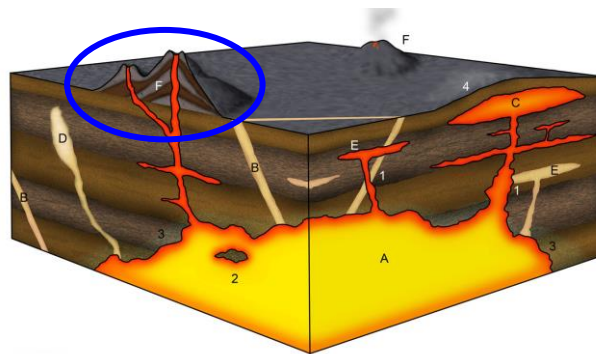
Le rocce magmatiche effusive

Le **rocce effusive**, rocce ignee effusive o vulcaniche, sono le rocce magmatiche prodotte dalla solidificazione di una lava sulla superficie terrestre, in ambiente subaereo o subacqueo.

Il **rapido processo di raffreddamento** fa sì che solo una piccola parte della massa magmatica si solidifica trasformandosi in cristalli di dimensioni apprezzabili ad occhio nudo (fenocristalli) inglobati entro il resto della lava solidificata velocemente come roccia amorfa, vitrea o microcristallina.

Le rocce vulcaniche si classificano in base alla percentuale in peso di alcali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) e silice (SiO_2) e si dividono quindi in quattro grandi categorie in base alla percentuale di silice (SiO_2):

- ❖ **Rocce ultrabasiche**: $<45\%$ in SiO_2 ;
- ❖ **Rocce basiche**: $45\% < \text{SiO}_2 < 52\%$;
- ❖ **Rocce intermedie**: $52\% < \text{SiO}_2 < 63\%$;
- ❖ **Rocce acide**: $>63\%$ in SiO_2 .



Riolite (San Vincenzo)



Basalto (Alpi Apuane)

% di silice

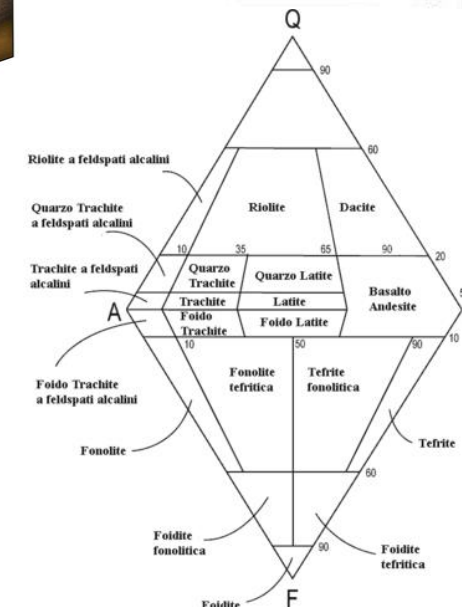
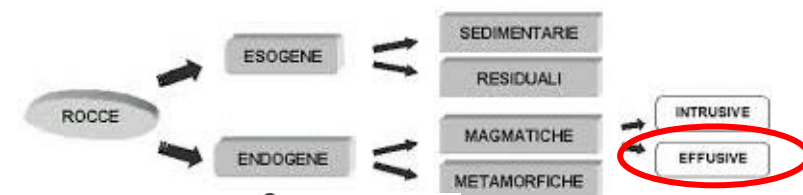
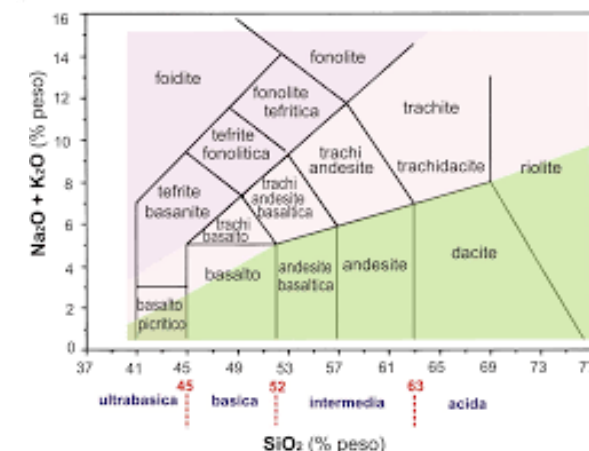


Diagramma di classificazione delle rocce magmatiche effusive (da Strackeisen, 1973)

Diagramma di classificazione delle rocce magmatiche effusive su base chimica (da Le Maitre et al., 2002)



Tefrite
fonolitica (da
<https://www.al-exstrekeisen.it/vulc/tefritefonolitica.php>)

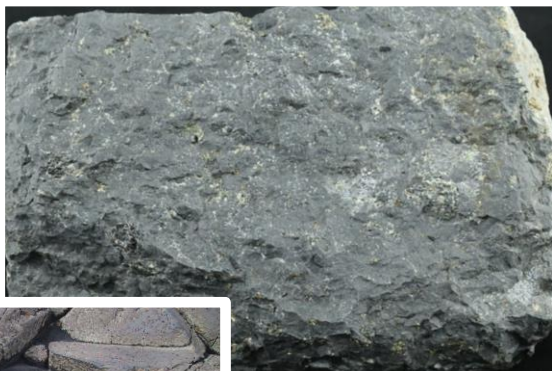


Le rocce magmatiche effusive

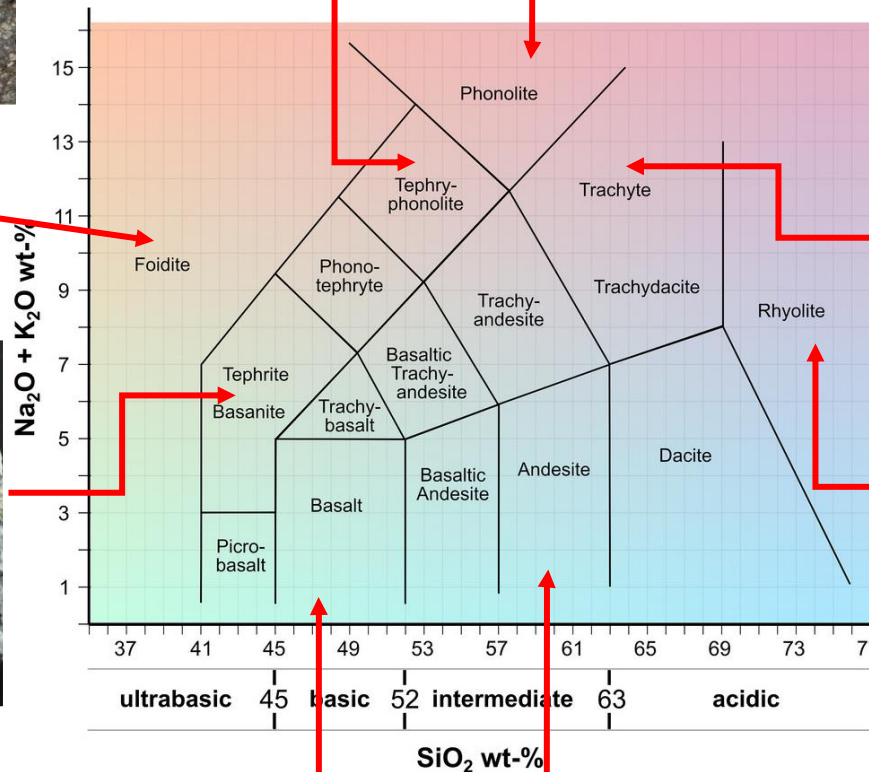
Leucitite (da
<https://www.mindat.org/min-48512.html>)



Basanite (da
<https://www.mindat.org/min-9173.html>)



Basalto (da
<https://it.wikipedia.org/wiki/Basalto>)



Fonolite (da
<https://it.geology-science.com/rocce/rocce-ignee/rocce-estusive/fonolite>)

Trachite (M.
Amiata)



Riolite (S.
Vincenzo)



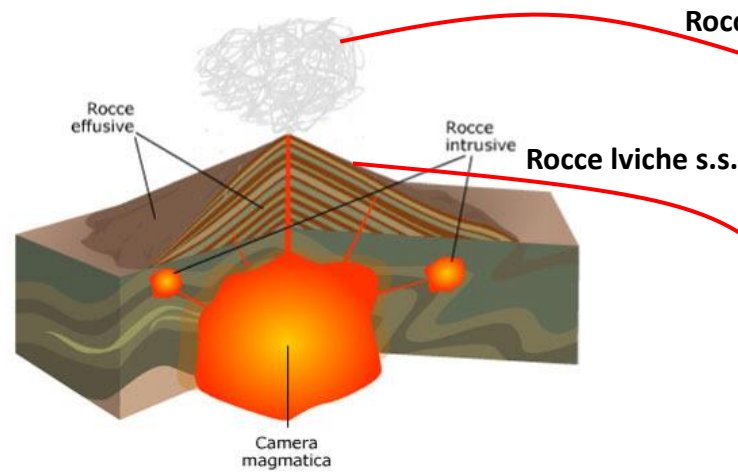
Andesite (da
<https://www.al-exstrekeisen.it/vulc/andesite.php>)



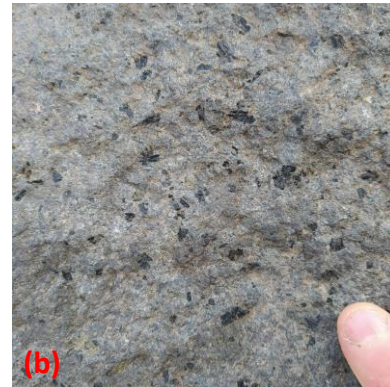
Le rocce magmatiche effusive

Le rocce magmatiche vulcaniche possono essere ulteriormente suddivise in:

- ❖ **Rocce vulcaniche s.s.:** quelle rocce che derivano direttamente dalla solidificazione di una colata lavica;
- ❖ **Rocce piroclastiche:** sono quelle rocce formatisi per la disgregazione del magma durante eruzioni esplosive. Sono rocce ibride tra magmatiche e sedimentarie.

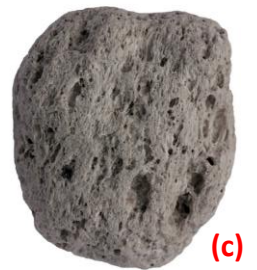


Rocce vulcaniche s.s.



(a) Lava a corde (Vesuvio); (b) Trachibasilto (Etna); (c) ossidiana (Vulcano)

Rocce piroclastiche



(a) Depositi di surge (Bacoli); (b) bomba a crosta di pane (Vesuvio); (c) pomice (Lipari)

Le rocce sedimentarie

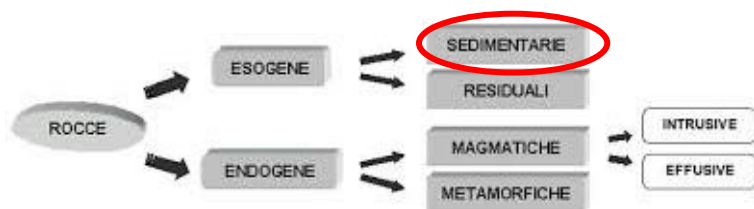
Le **rocce sedimentarie** sono rocce composte da sedimenti di origine inorganica (es., frammenti più o meno grandi di rocce pre-esistenti, deposizione di sali minerali ecc.) e/o organica (gusci).

Le rocce sedimentarie sono suddivise in tre categorie in base al loro processo di formazione:

- ❖ Clastiche;
- ❖ Chimiche;
- ❖ Organogene.



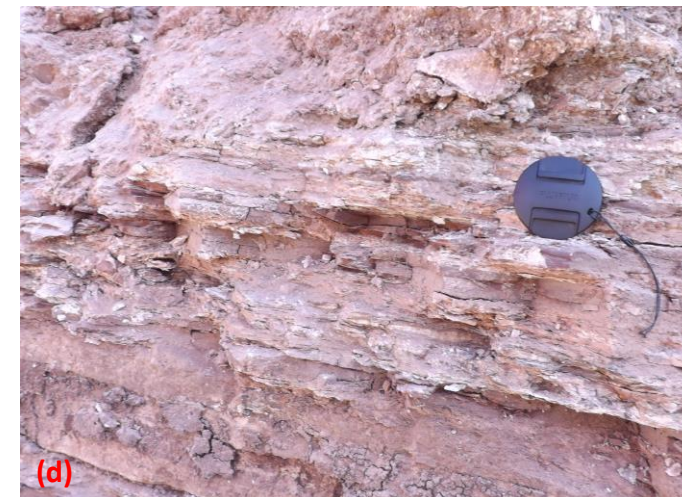
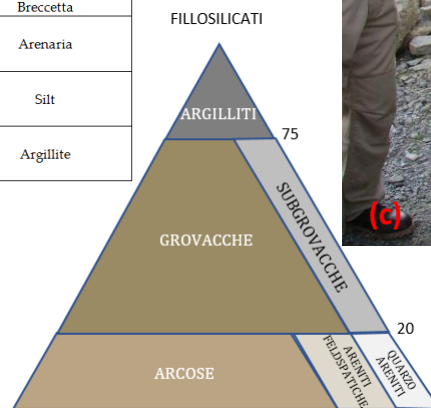
(a) Rocce clastiche, alternanza arenaria e siltiti (Ainsa, Pirenei); (b) roccia chimica , deposito di gesso (Casola Valsenio); (c) roccia organogena, calcare a rudiste (Majella); (d) roccia clastica, calcarenite (Sardegna)



Le rocce sedimentarie clastiche

Le **rocce sedimentarie clastiche**, o rocce terrigene, sono le più diffuse in natura, e non sono altro **che accumuli di materiale eroso** che viene trasportato verso valle, deposto e trasformato in roccia dalla **diagenesi**, cioè un insieme di reazioni chimico-fisiche (es. deposizione di cemento calcareo che lega i singoli granuli). Questo è solo uno dei numerosi meccanismi di formazione e ciò comporta un'enorme variazione tra i diversi tipi di roccia.

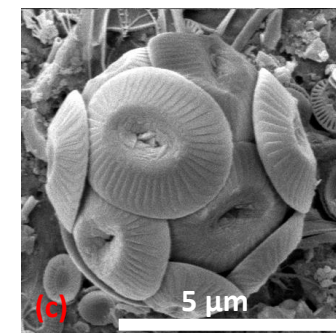
NOME GENERICO			DIMENSIONE CLASTI (ø)	NOME		
GENERALE	CARBONATICO	QUARZO		CLASTI	SCIOLTO	LITIFICATO
Rudite (R)	(Lito-/Bio-) Calci-rudite Dolo-rudite	Quarzo-rudite	> 256 mm	Masso	Ammasso detritico molto grossolano	Conglomerato molto grossolano
			256 ÷ 64 mm	Biocco	Ammasso detritico grossolano	Megabreccia
			64 ÷ 4 mm	Ciottolo Grossolano	Ghiaia grossolana	Conglomerato grossolano
				Pietra	Pietrame	Breccia grossolana
				Ciottolo	Ghiaia	Conglomerato
				Scheggia	Pietrisco	Breccia
Arenite (A)	(Lito-/Bio-) Calcarearenite Dolo-arenite	Quarzo-arenite	4 ÷ 2 mm	Granulo	Ghiaietta	Microconglomerato
				Brecciola	Brecciolino	Breccetta
Arenite (A)	(Lito-/Bio-) Calcarearenite Dolo-arenite	Quarzo-arenite	2 ÷ 1/16 mm	Granulo/ Particella	Sabbia	Arenaria
Siltite (S)	(Lito-/Bio-) Calci-siltite Dolo-Siltite	Quarzo-siltite	1/16÷ 1/256 mm	Granulo/Particella/Lamella	Fango	Silt
Lutite (L)	(Lito-/Bio-) Calcilutite Dolo-lutite	Quarzo-lutite	< 1/256	Particella/Lamella/Micella	Argilla	Argillite



(a) Conglomerato con sottile livello di siltiti rosse (Montserrat, Spagna); (b) breccia a clasti calcarei; (c) arenarie gradate con conglomerati (Ainsa, Spagna); (d) siltiti (S. Marco dei Cavoti)

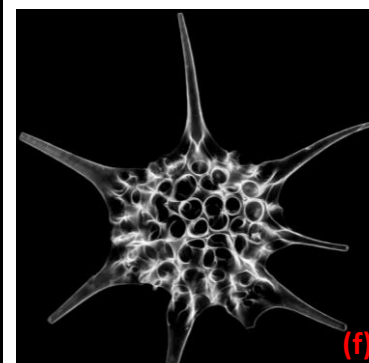
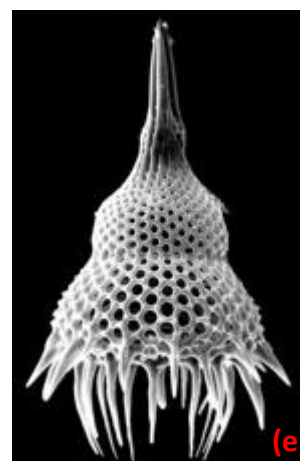
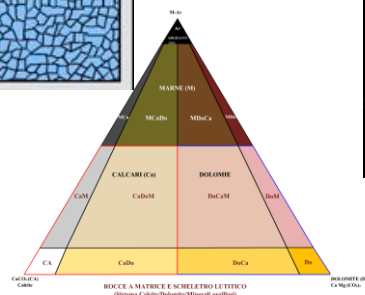
Le rocce sedimentarie organogene

Le **rocce sedimentarie organogene** hanno un processo di formazione del tutto simile a quello delle rocce clastiche. La differenza fondamentale è legata alla tipologia di frammenti che costituiscono la litologia: se nelle clastiche i sedimenti sono di rocce pre-esistenti, in questo caso si tratta prevalentemente di **resti di organismi unicellulari e gusci e frammenti di organismi**. Per “organismi” si intendono sia animali (es. molluschi) sia vegetali (es. alghe) e la loro erosione è legata per lo più al moto ondoso e alle correnti marine.



(a) Calcare a rudiste (Majella); (b) Calcilutite; (c) Nannoplancton, *Coccolithus pelagicus*; (d) Microforaminiferi, Globigerine

Depositional Texture Recognizable				Depositional Texture Not Recognizable	
Components Not Bound Together During Deposition				Original Components Bound Together During Deposition	
Contains Mud (clay and silt size particles)		Grain Supported	Lacks Mud, Grain-Supported		
Mud Supported					
<10 % Grains	>10 % Grains				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline Carbonate



(e-f) radiolari; (g) radiolarite (Cala del Leone)

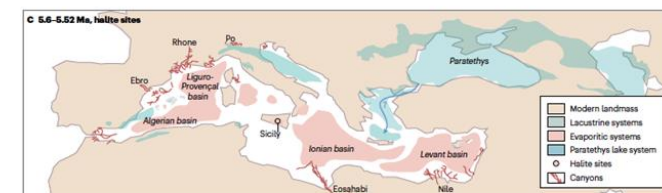


Le rocce sedimentarie chimiche

Le rocce sedimentarie chimiche si formano per accumulo di sali minerali precipitati chimicamente dall'acqua. Quindi, la loro formazione non è legata ad un processo di erosione-trasporto-diagenesi come nel caso precedenti ma, per l'appunto, a processi chimici. Per capirci, immaginiamo una pentola piena d'acqua nella quale versiamo del sale. Questo si scioglierà ma, se lasciamo evaporare l'acqua, questa diventerà sempre più saturata di sale. Una volta superato il cosiddetto punto di sovrasaturazione, il sale torna solido e si deposita sul fondo della pentola. Questo processo è quello che permette la formazione delle **evaporiti**, cioè rocce che si formano in seguito all'evaporazione di masse d'acqua. È anche possibile ottenere **calcarei** e **dolomie**, cioè rocce costituite in prevalenza da carbonato di calcio in un caso e da carbonato di calcio e magnesio nell'altro. Un esempio caratteristico di roccia sedimentaria chimica è il **travertino**, tipicamente estratto nel Lazio nei pressi di sorgenti termali.



(a) Banchi di gessi (Parco della Vena del Gesso); (b) deposito di halite (Iran); (c) ricostruzione crisi salinità Messiniano; (d) travertino (Tivoli)



Le rocce sedimentarie residuali

Le **rocce residuali** sono rocce che derivano dall'accumulo in posto, cioè senza trasporto, dei materiali che restano dopo l'alterazione e il dilavamento ad opera delle acque meteoriche di altre rocce. Comprendono i suoli, le terre rosse (tipiche delle fenomenologie carsiche), e, in climi tropicali, i depositi di bauxite.

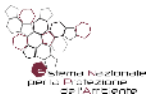


Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 91 (1984)
pagg. 111-118, 7 figg.



System	Stage	Age (Ma)	Sardinia	Campania	Apulia	
				Matese	Gargano	Murge
Cretaceous	Upper	Maastrichtian				
		72.1				
		Campanian				
		83.6				
		86.3				
	Lower	Coniacian				
		89.8				
		Turonian				
		93.9				
		Cenomanian				
		100.5				
		Albian				
		113.0				
		Aptian				
		121.4				
		Barremian				
		129.4				
		Hauterivian				
		132.6				
		Valaginian				
		139.8				
		Berriasian				

Carbonate Bauxite



Strutture sedimentarie

Nelle rocce sedimentarie spesso si riconoscono delle **strutture sedimentarie** che ci danno informazione sui meccanismi di trasporto, ambiente deposizionale, ecc..



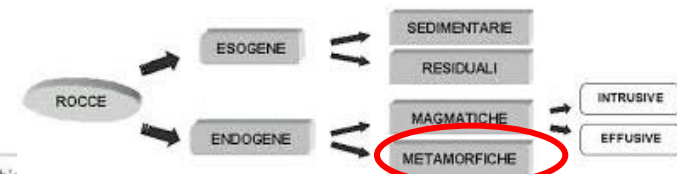
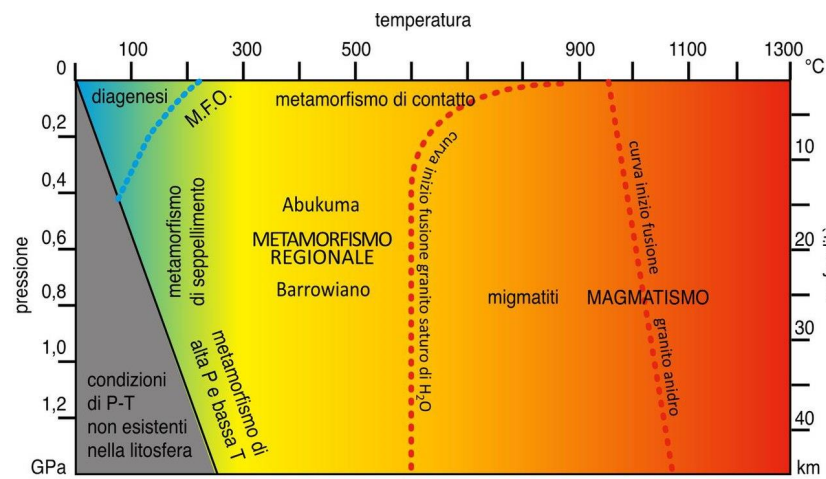
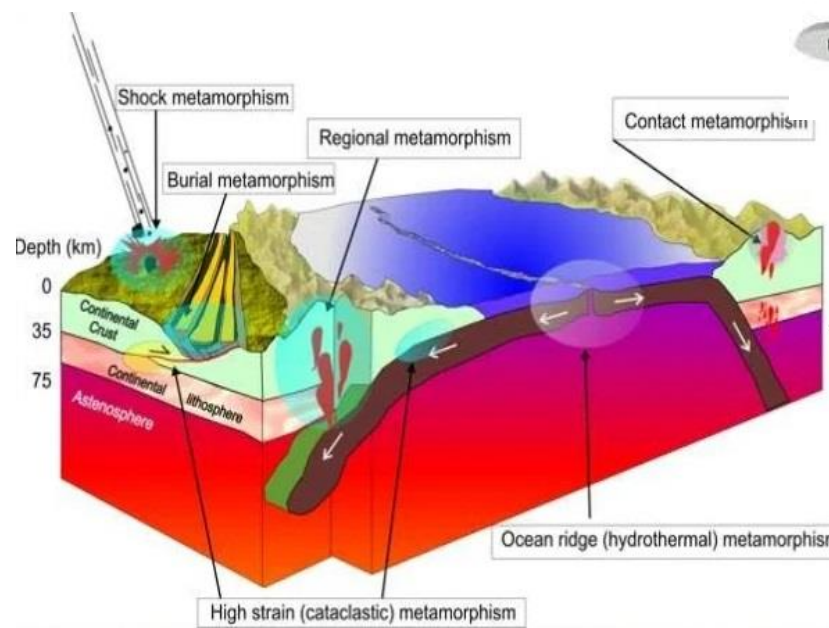
(a) Ripple in quarziti (M. Serra); (b) ripple attuali Ainsa, Spagna); (c) gradazione granulometrica diretta (Ainsa, Spagna); (d) bioturbazione (fossile) in arenarie e in (e) sabbie fluviali attuali (Ainsa, Spagna); (f) groove casts (Ainsa, Spagna); (g) embriciatura di ciottoli in conglomerati (Montserrat, Spagna); (h) stratificazione incrociata planare (S. Giovanni de Sinis).

Le rocce metamorfiche

Le **rocce metamorfiche** si formano, all'interno della crosta terrestre, da una serie di **trasformazioni mineralogiche e strutturali che interessano rocce di vario tipo**, in risposta a un ambiente fisico (pressione litostatica, temperatura, presenza/assenza e composizione dei fluidi) mutato rispetto a quello in cui le rocce si sono originate. Queste trasformazioni avvengono allo stato solido, cioè senza fusione della roccia, e il vasto campo di pressioni (P) e temperature (T) in cui avvengono è il campo del metamorfismo. La profondità alla quale le trasformazioni avvengono va da qualche km sotto la superficie fino a 120 km di profondità.

Esistono diversi «tipologie» di metamorfismo e quelli più comuni sono:

- ❖ **Metamorfismo regionale** (HP/LT);
- ❖ **Metamorfismo di contatto** (HT/LP);
- ❖ **Metamorfismo di fondale oceanico** (HT + fluidi).



J. metamorphic Geol., 2009, 27, 207–231

doi:10.1111/j.1525-1314.2009.00814.x

The *P-T* path of the ultra-high pressure Lago Di Cignana and adjoining high-pressure meta-ophiolitic units: insights into the evolution of the subducting Tethyan slab

C. GROppo, M. BELTRANDO AND R. COMPAGNONI
Department of Mineralogical and Petrological Sciences, University of Torino, via Valperga Caluso 35, 10125 Torino, Italy (chiara.groppa@unito.it)

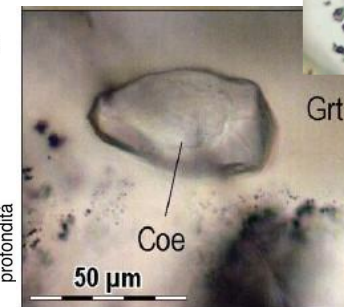
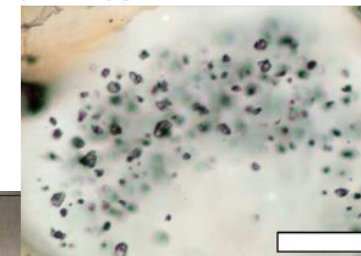
nature
geoscience

LETTERS
PUBLISHED ONLINE 11 SEPTEMBER 2011 | DOI: 10.1038/NGEO1246

Carbonate dissolution during subduction revealed by diamond-bearing rocks from the Alps

M. L. Frezzotti¹*, J. Selverstone², Z. D. Sharp³ and R. Compagnoni³

Micro diamanti
in granato



Coesite in
granato

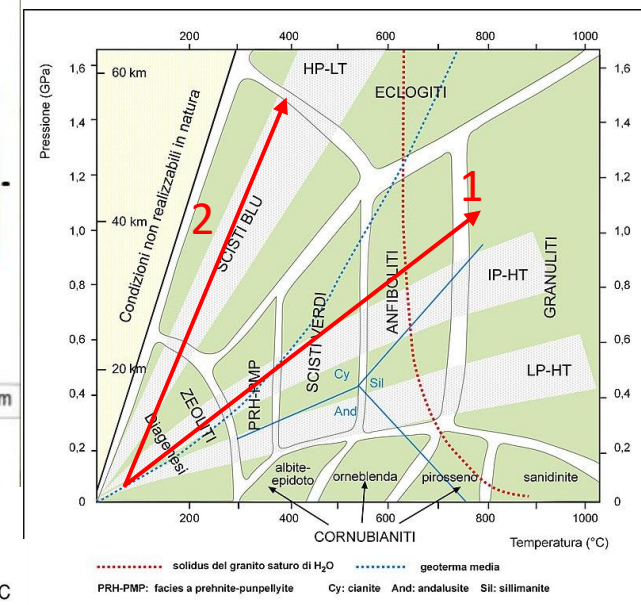
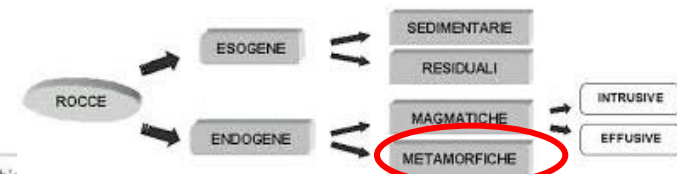
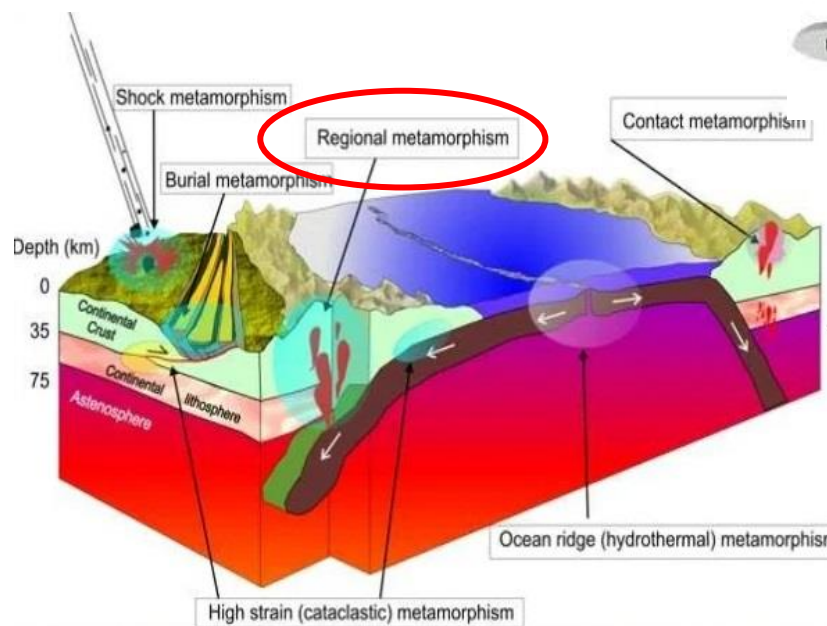
Il metamorfismo regionale

Il **metamorfismo regionale** è un tipo di metamorfismo che si sviluppa su aree particolarmente estese ed interessa un volume di rocce molto grande, ed è associato a processi tettonici a grande scala come l'ispessimento crostale legato alla **collisione tra placche** (metamorfismo orogenico) e alla formazione delle catene montuose.

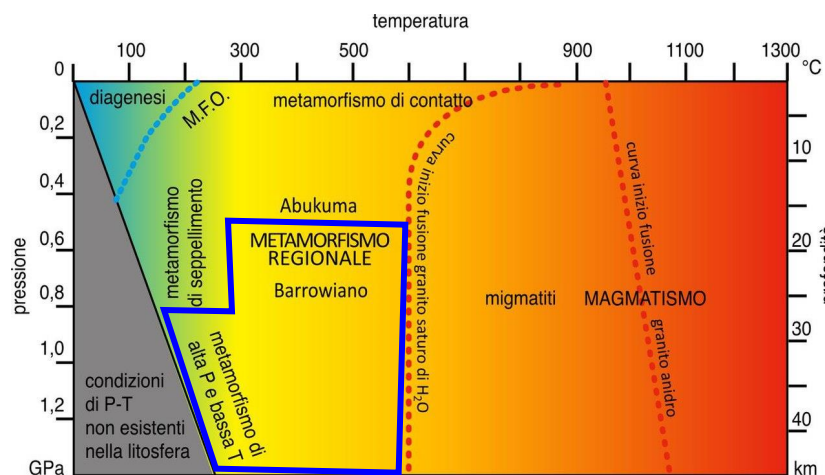
Questo tipo di metamorfismo è conosciuto anche come **metamorfismo Barroviano**, dal geologo George Barrow (1853-1932) che l'ha studiato, ed è individuato da 6 zone legate alla comparsa di determinati minerali (minerali indice) stabili solo ad alcuni valori di pressione (P) e temperatura (T), e sono:

- ❖ **Zona a clorite;**
- ❖ **Zona a biotite;**
- ❖ **Zona a granato;**
- ❖ **Zona a staurolite;**
- ❖ **Zona a cianite;**
- ❖ **Zona a sillimanite.**

In base alla comparsa o alla scomparsa di questi minerali si può stabilire la **facies metamorfica** e stimare P/T.



Facies metamorfiche. (1) metamorfismo barroviano, (2) metamorfismo di alta pressione (HP) e bassa temperatura (LT)

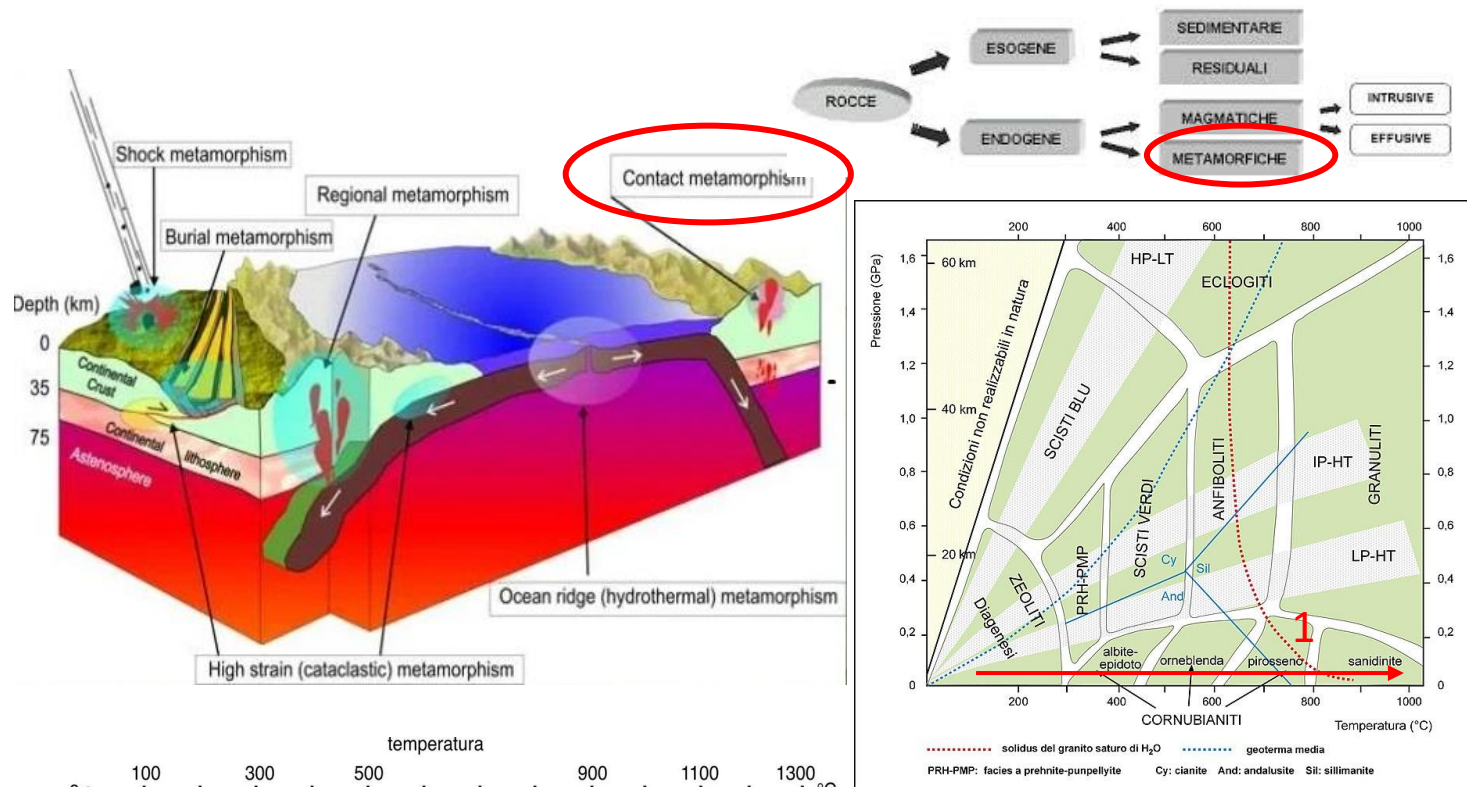


Il metamorfismo di contatto

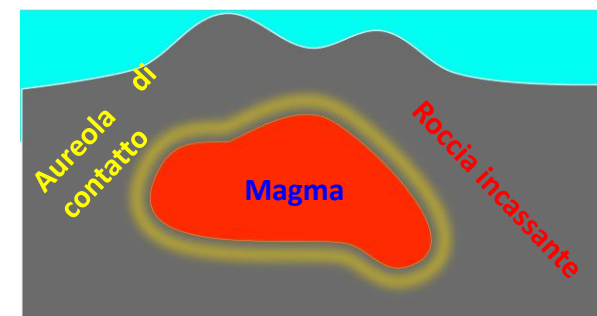
Il **metamorfismo di contatto** è un particolare tipo di metamorfismo che avviene attorno a un magma che, risalendo da zone profonde di crosta e mantello, intrude e staziona in zone meno profonde della crosta. Il **magma**, che si trova a temperatura più alta rispetto alle rocce incassanti, inizia a **cedere calore innescando quindi reazioni di metamorfismo**. 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.

Così come per il metamorfismo regionale anche in questo caso in base alla comparsa o alla scomparsa di minerali indice (es. epidoto, orneblenda, pirosseno, sanidino, oppure andalusite e sillimanite) si può stabilire la **facies metamorfica** e stimare P/T.

NOTA BENE: In questo tipo di metamorfismo la deformazione della roccia è quasi assente ma si ha solo una **ricristallizzazione statica** ovvero i nuovi minerali crescono sopra il fabric della roccia.

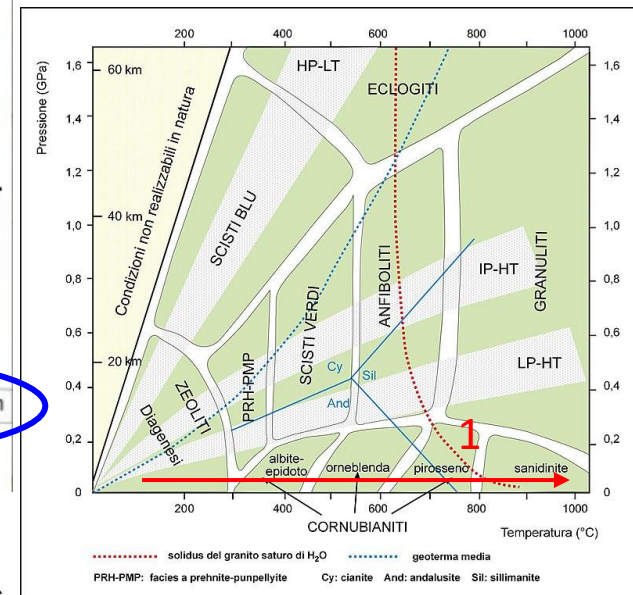
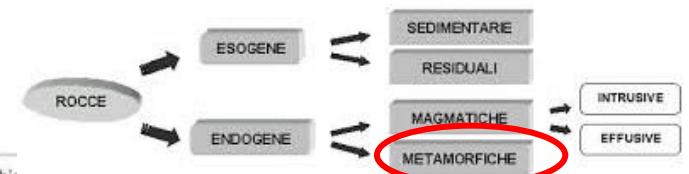
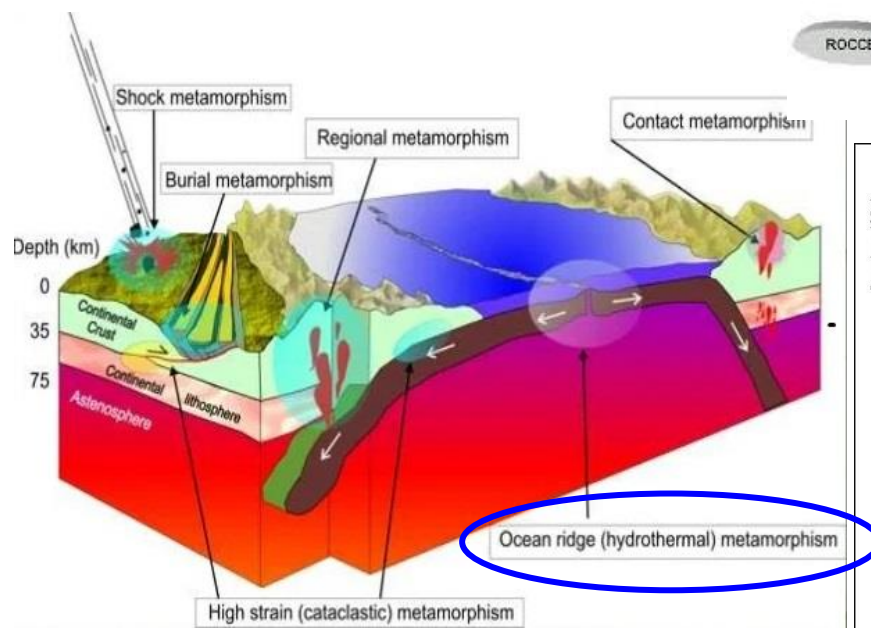
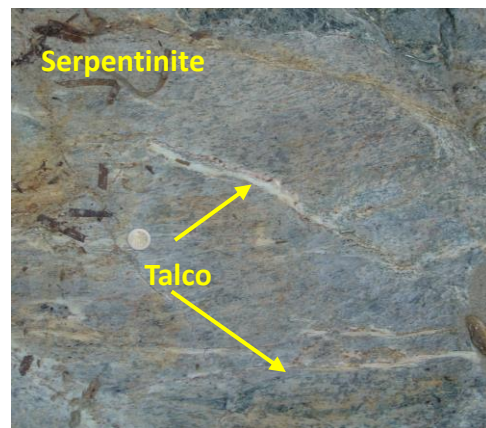
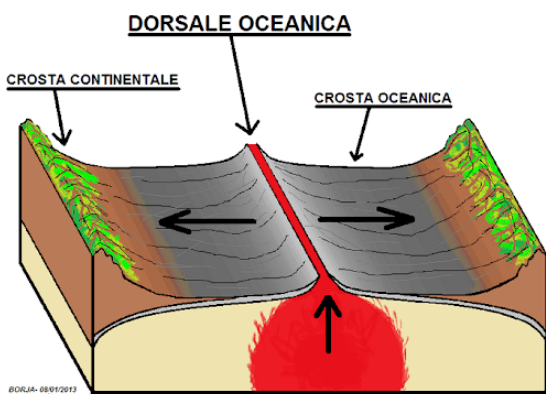


Facies metamorfiche. (1) metamorfismo di contatto

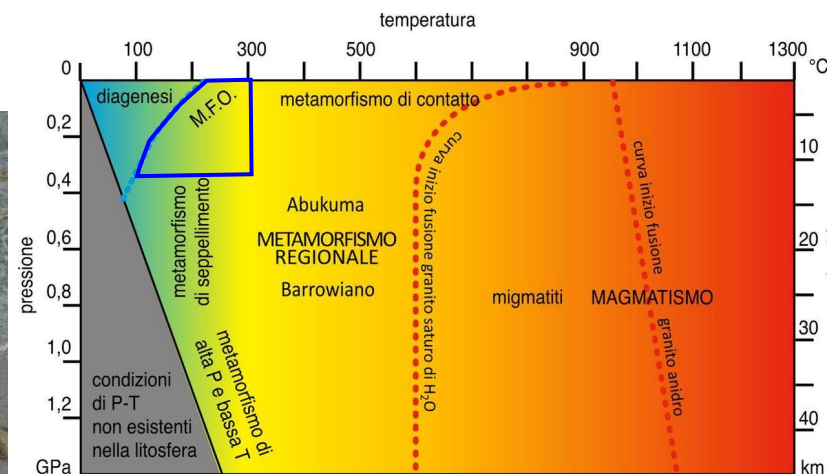


Il metamorfismo di fondo oceanico

Il metamorfismo di fondale oceanico è un tipo di metamorfismo con estensione da regionale a locale collegato ai profondi circuiti idrotermali che si sviluppano in ambiente oceanico vicino agli assi di espansione delle dorsali oceaniche. La ricristallizzazione, che è quasi sempre incompleta, abbraccia un ampio campo di temperature. Il metamorfismo (e l'associato metasomatismo) è innescato dai fluidi acquosi bollenti e aumenta d'intensità con la profondità. Questo tipo di metamorfismo si distingue da quello idrotermale poiché presenta un'estensione regionale ed è prodotta da eventi multipli estesi nel tempo.



Facies metamorfiche. (1) metamorfismo di fondo oceanico



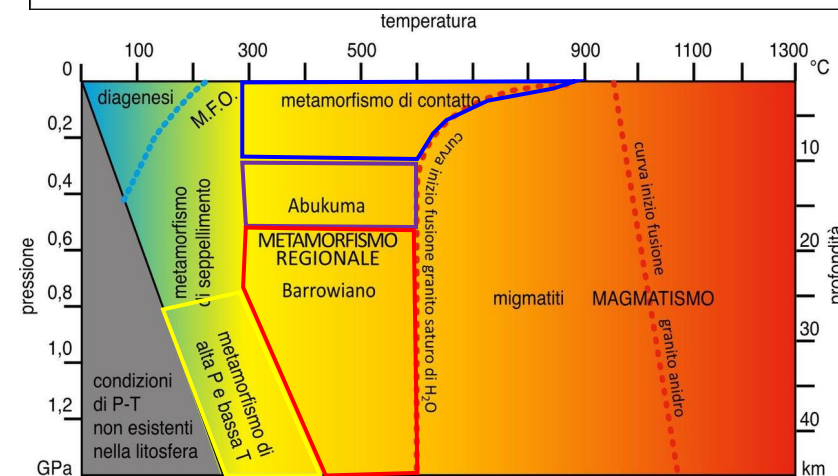
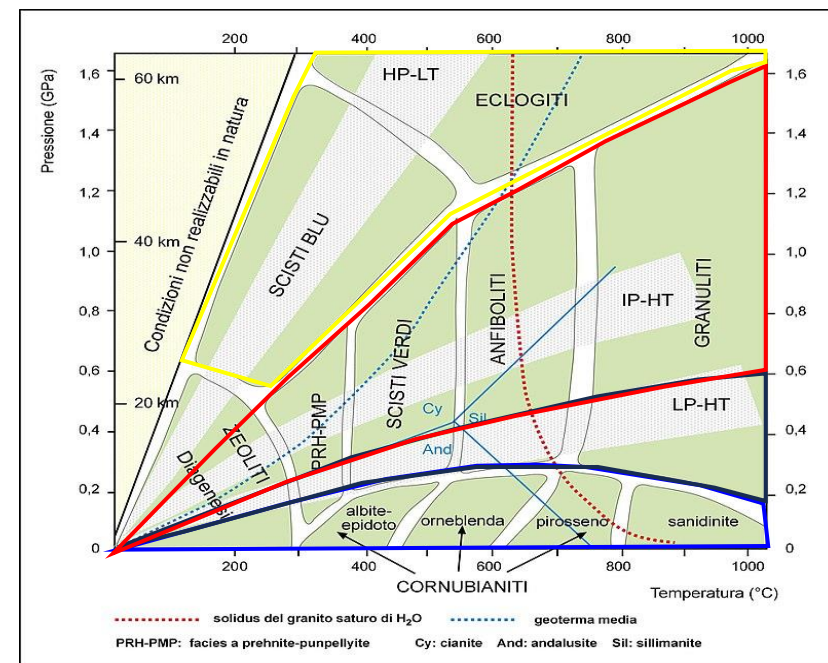
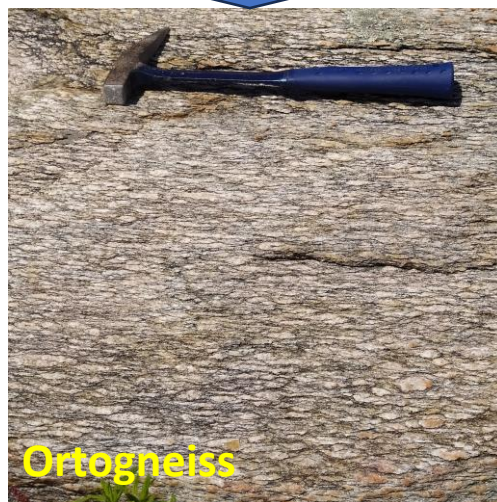
Paragenesi, facies e gradienti metamorfici

Al variare delle condizioni di temperatura (T) e pressione (P), varieranno i minerali che si formano, molti dei quali sono esclusivi delle rocce metamorfiche. Con il termine **paragenesi** si intende un'**associazione di minerali originatisi contemporaneamente** o con successione immediata in seguito allo stesso fenomeno minerogenetico. Una paragenesi è il risultato di un **equilibrio chimico e termodinamico** raggiunto dalle specie cristalline coesistenti in risposta alle nuove condizioni di T e P. La petrologia sperimentale ha permesso di stabilire, con un buon margine di affidabilità, a quali valori di P e T certi minerali e certe paragenesi si formano o scompaiono (sostituite da altre) in una roccia metamorfica. Tracciando in un diagramma P-T le linee che delimitano la **comparsa/scomparsa di determinati minerali o associazioni di minerali** di una paragenesi si è potuto dividere il campo del metamorfismo in diverse aree, ognuna delle quali rappresenta una **facies metamorfica**.

Oltre a variare la paragenesi mineralogica il metamorfismo **cambia anche la struttura interna della roccia**.



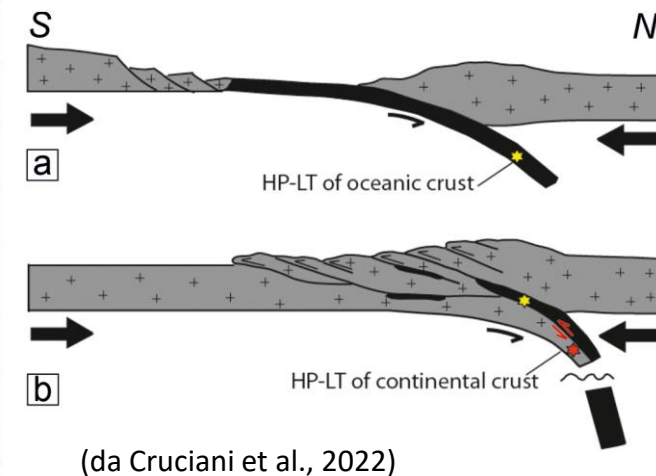
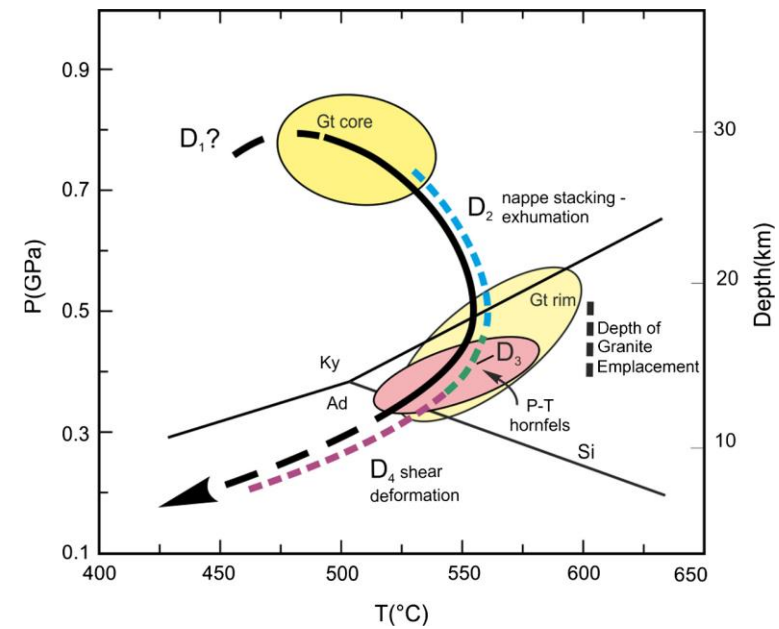
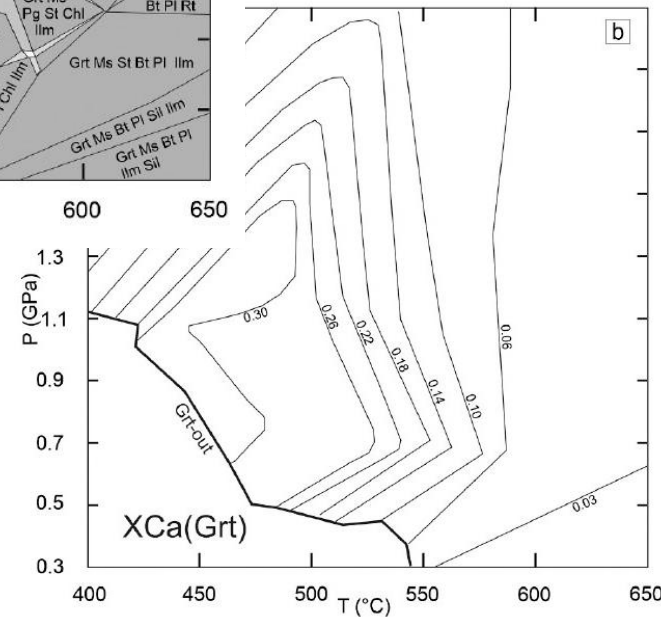
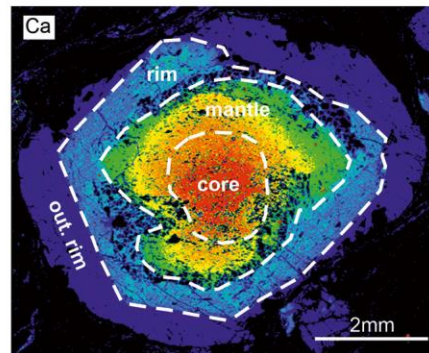
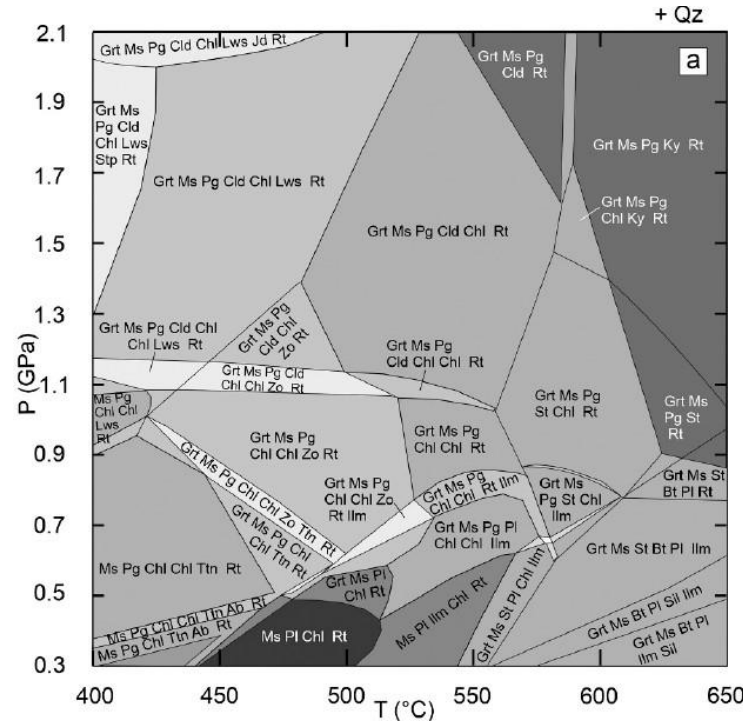
METAMORFISMO



Stime delle condizioni metamorfiche

Grazie alla **petrologia sperimentale** è stato possibile stabilire, con un buon margine di affidabilità, a quali valori di pressione (P) e temperatura (T) certi minerali e certe paragenesi (associazioni di minerali) si formano o scompaiono (sostituite da altre) in una roccia metamorfica, oppure come si ripartiscono gli elementi chimici all'interno di uno stesso minerale.

Pertanto utilizzando appositi software che modellizzano la composizione chimica della roccia analizzata o le sue fasi mineralogiche (riconosciute al microscopio) si può stimare le condizioni di P e T in cui si è formata la roccia, e ricostruire il suo percorso nella crosta terrestre durante il ciclo metamorfico (**PTt-path**)



Classificazione delle rocce metamorfiche

Per i profondi processi di trasformazioni mineralogiche e strutturali della roccia originaria (**protolite**) che ha subito durante il processo metamorfico dare una loro classificazione univoca è complicato.

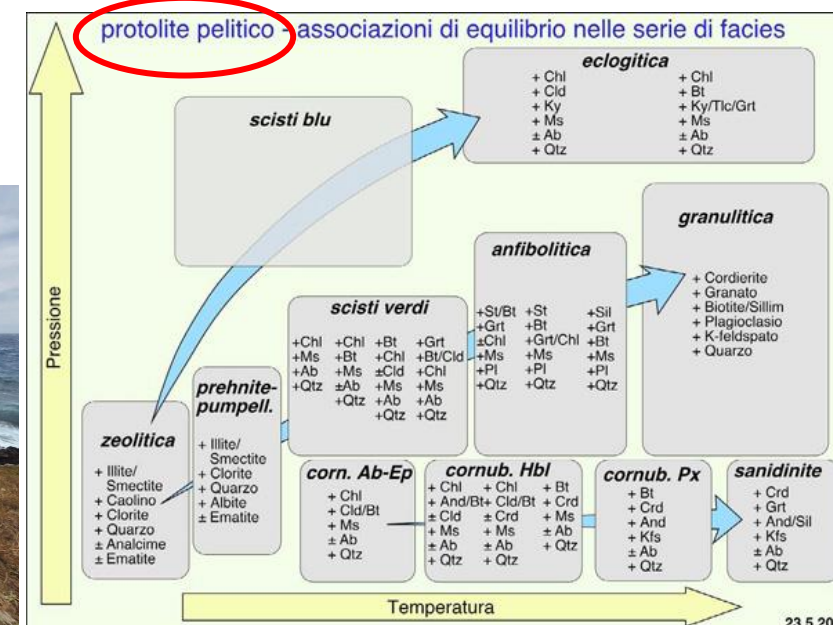
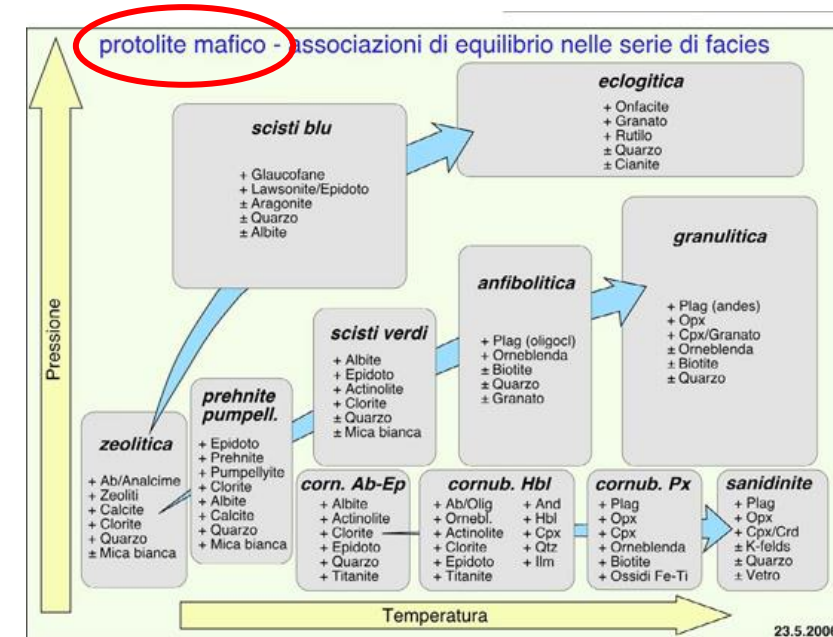
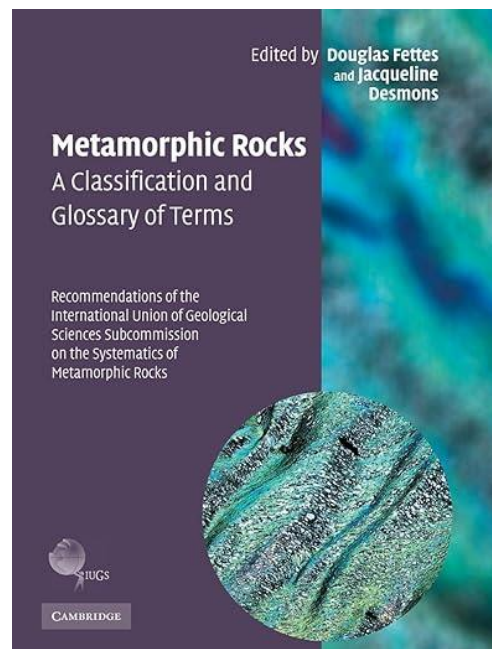
Le rocce metamorfiche possono essere classificate in base a:

❖ **Protolite** (metarenaria; metagranito; ortogneiss; parascisto)

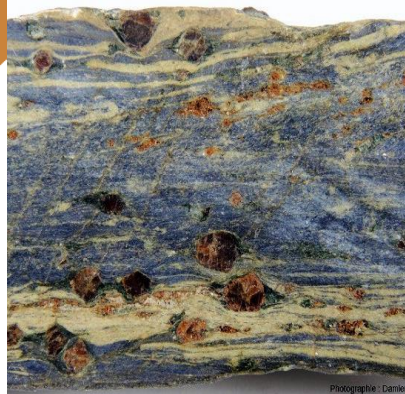
- Orto- per protolite di origine magmatica;
- Para- per protolite di origine sedimentaria;
- Meta- è un prefisso aggiunto per indicare una roccia metamorfica.

❖ **Struttura acquisita durante il metamorfismo** (es. eclogite; anfibolite, granofels);

❖ **Alla mineralogia acquisita durante il metamorfismo** (micascisto a granato e staurolite; serpentinite).



Le rocce metamorfiche



Metabasite (Alpi Apuane)



Filladi (Alpi Apuane)



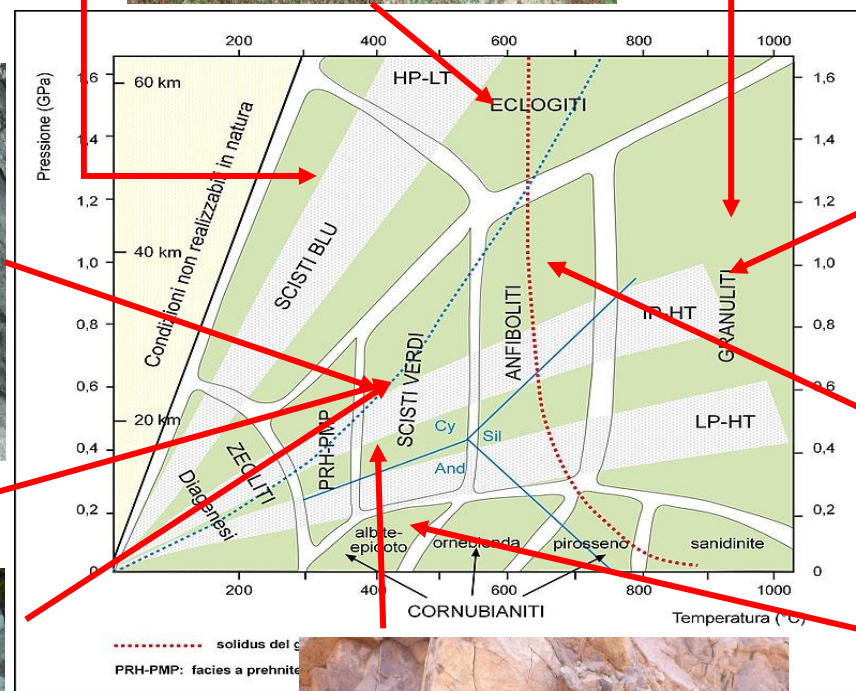
Marmo (Alpi Apuane)



Filladi (Alpi Apuane)



Eclogite (Norvegia; da <https://www.sandatlas.org/eclogite/>)



Metarenarie (Marocco)



Ortogneiss (Isola Asinara)



Micascisto a sillimanite (Isola Asinara)



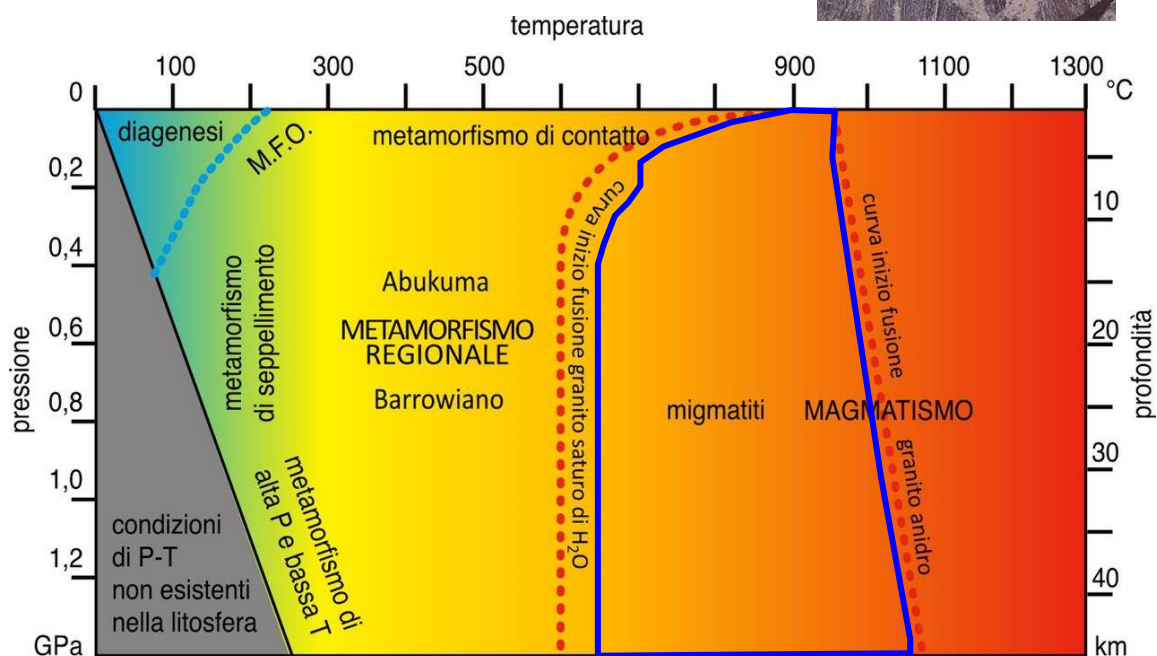
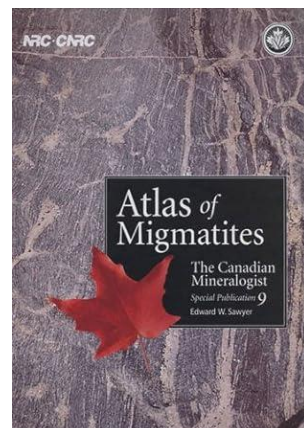
Anfibolite (Isola Asinara)



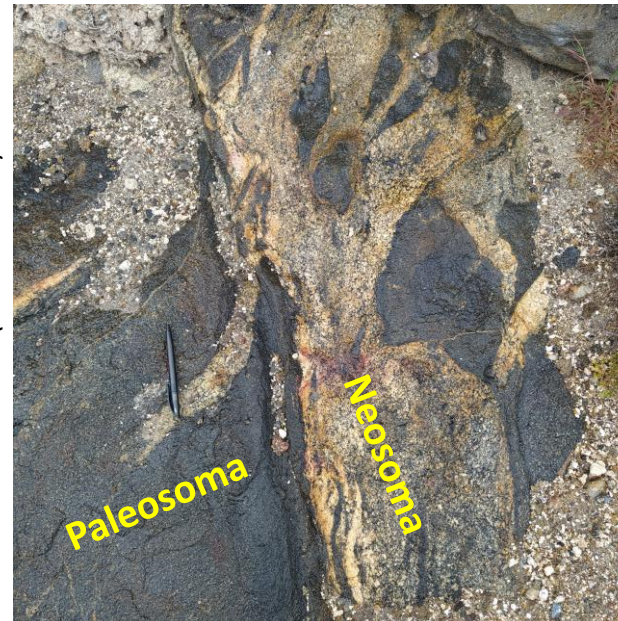
Micascisto con andalusite e biotite statica (Isola Asinara)

Un caso particolare: le migmatiti

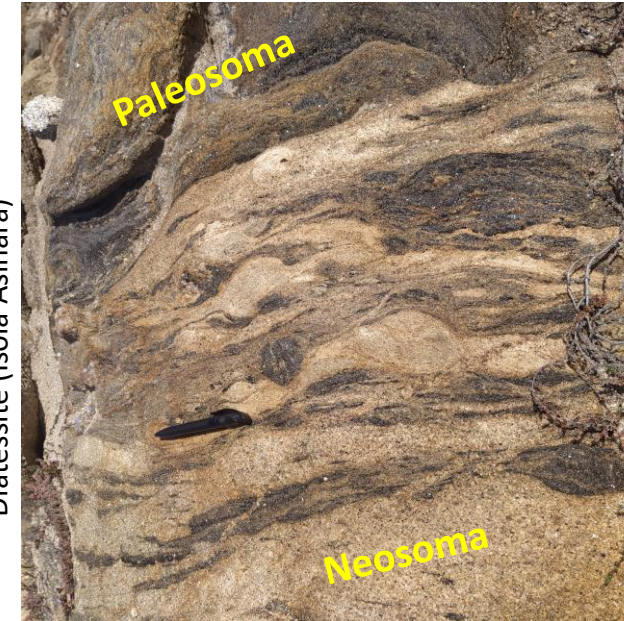
La **migmatite** è una roccia ibrida, in parte ignea e in parte metamorfica. Si forma a grande profondità nella crosta terrestre, quando la temperatura delle rocce metamorfiche qui esistenti è così alta da innescare il processo di **fusione parziale**, detto **anatessi**.



Metatessite (Isola Asinara)



Diatessite (Isola Asinara)



Diatessite (Isola Asinara)

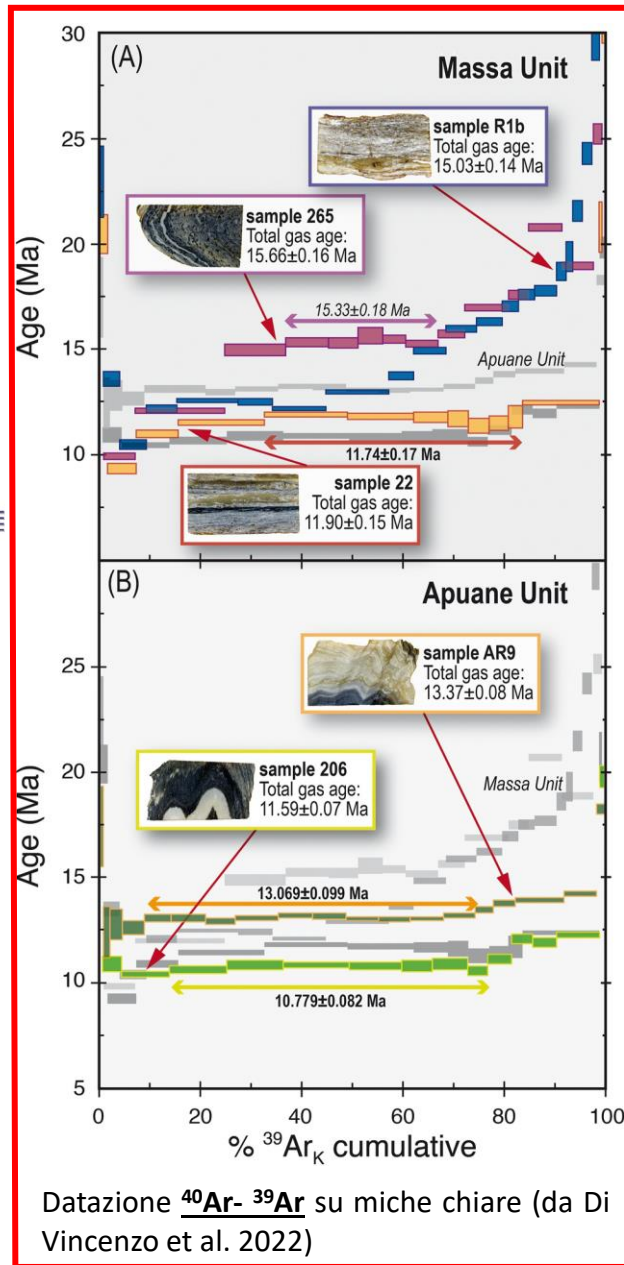
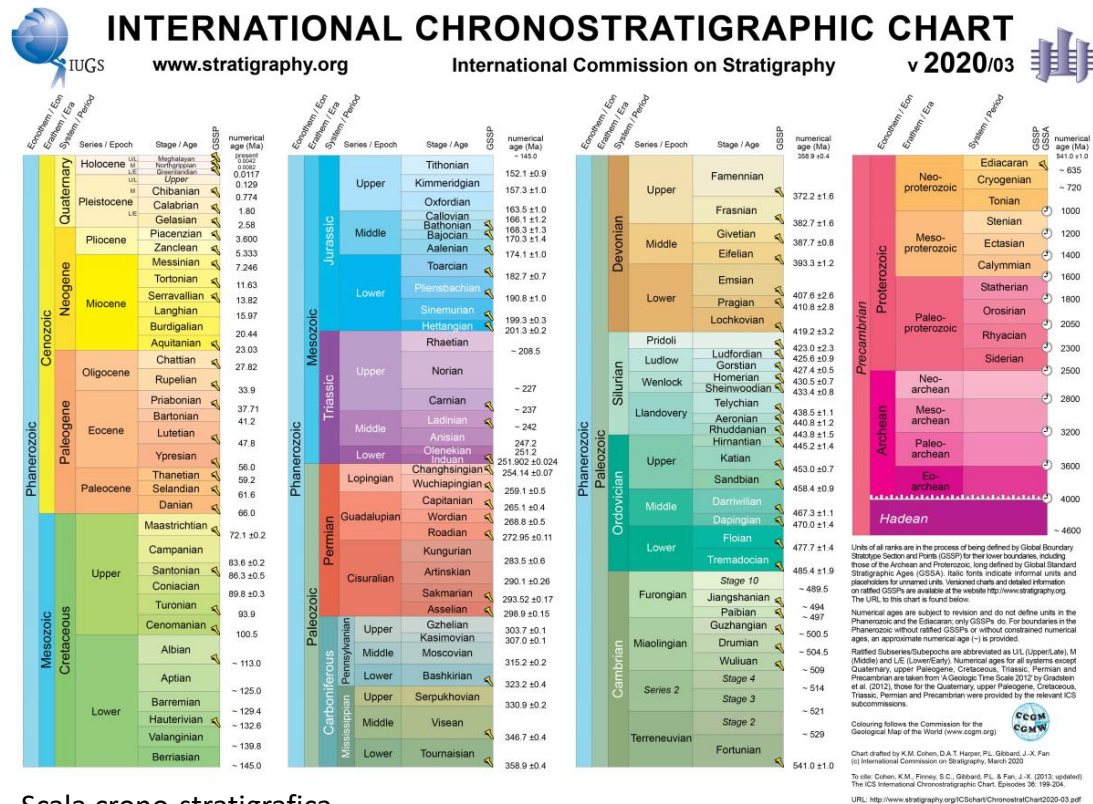


Diatessite (Isola Asinara)

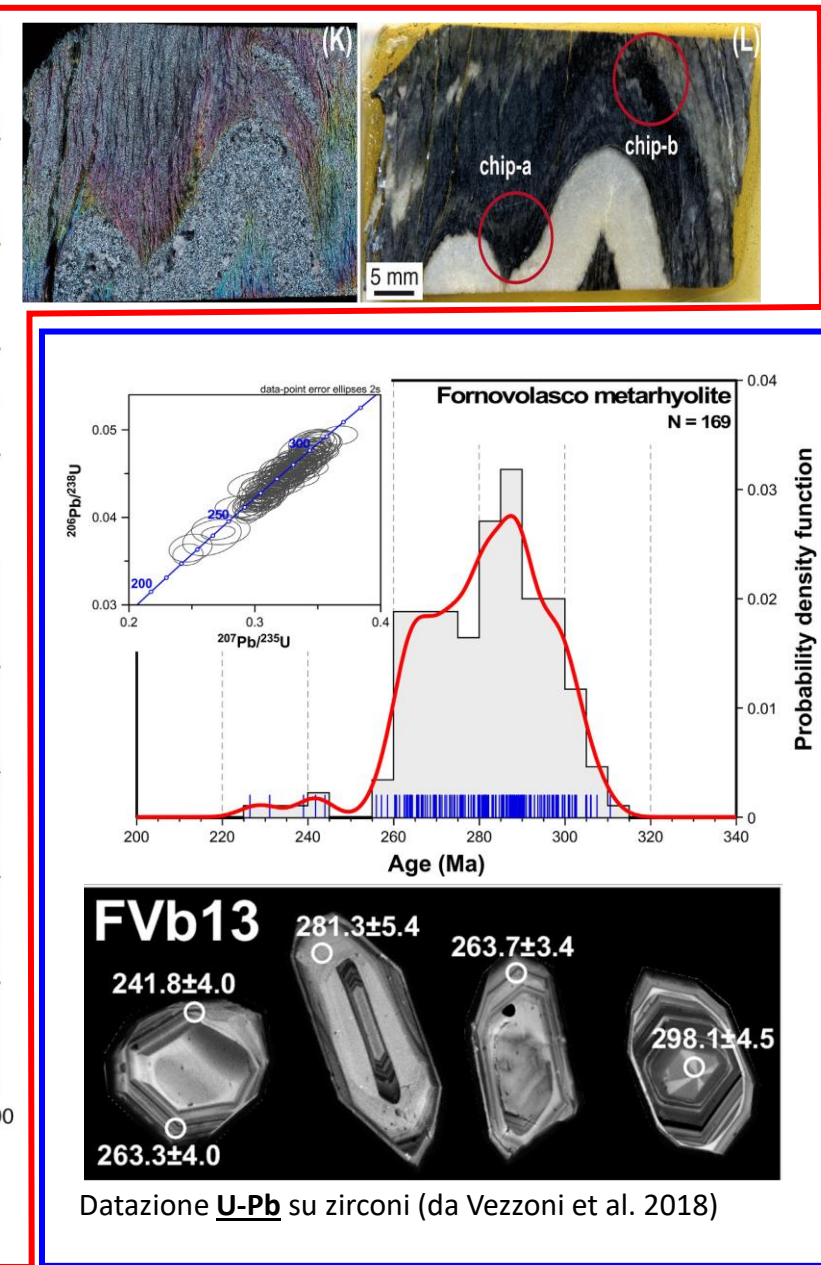


Come si datano le rocce metamorfiche e magmatiche?

Nelle rocce metamorfiche o magmatiche ovviamente non sono presenti fossili ma si possono datare alcuni minerali (es. zirconi; monaziti; muscoviti; feldspati in esse contenute che hanno al loro interno elementi chimici radioattivi che consentono la loro datazione radiometrica.



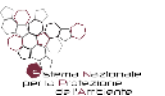
Datazione ^{40}Ar - ^{39}Ar su miche chiare (da Di Vincenzo et al. 2022)



Scala crono-stratigrafica

Corso nazionale di aggiornamento culturale online in Geologia

12-28 Novembre 2024

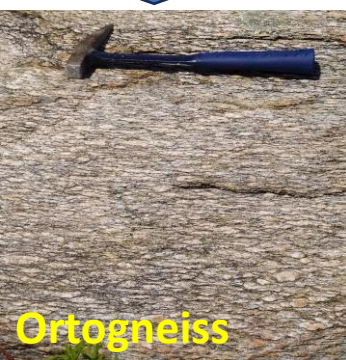


Il ciclo litogenetico

Il **ciclo litogenetico** (detto anche ciclo delle rocce) è il modello che rappresenta le relazioni genetiche delle rocce tra loro e con il magma nell'ambito della crosta terrestre, e l'interazione con l'atmosfera e l'idrosfera.



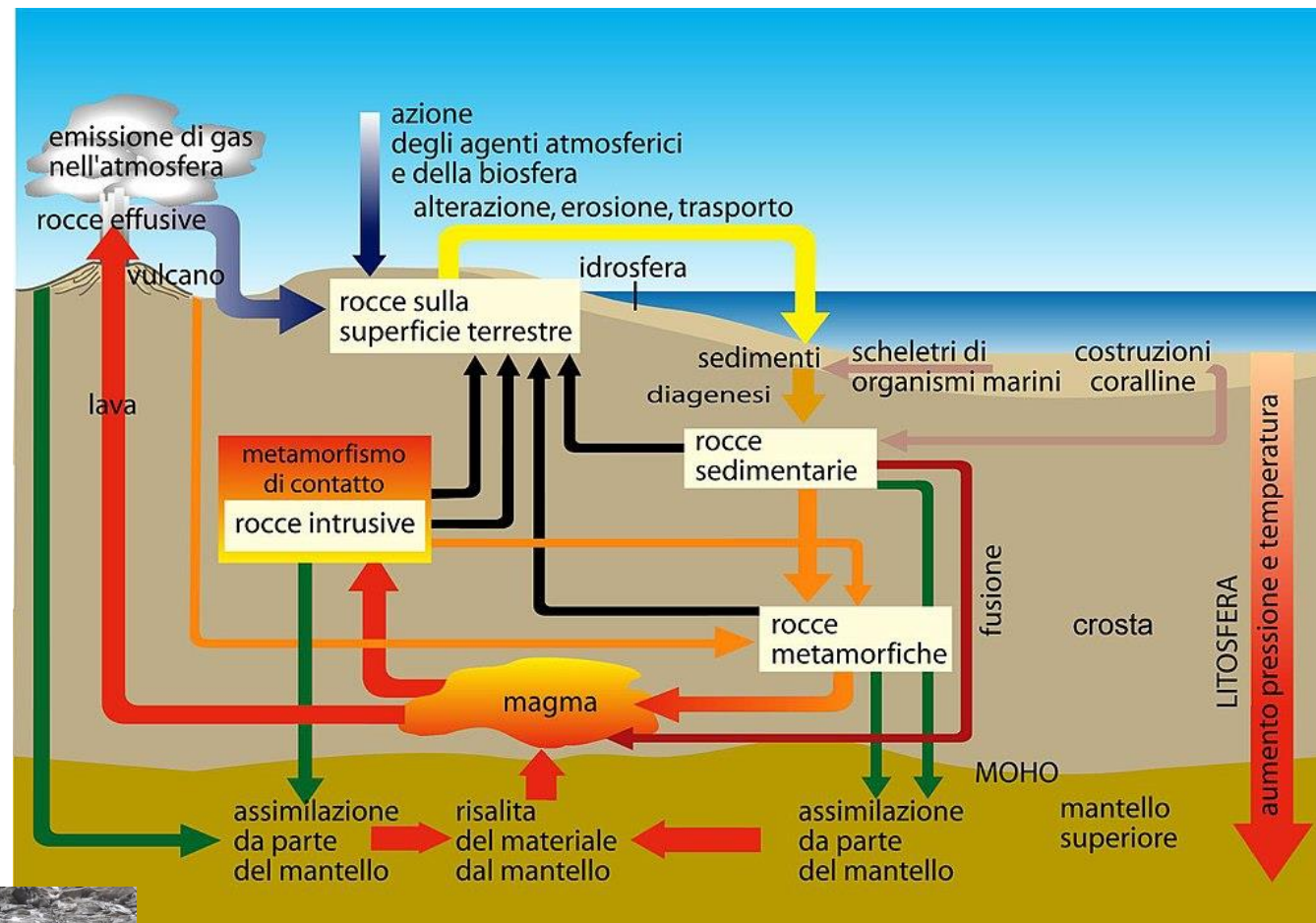
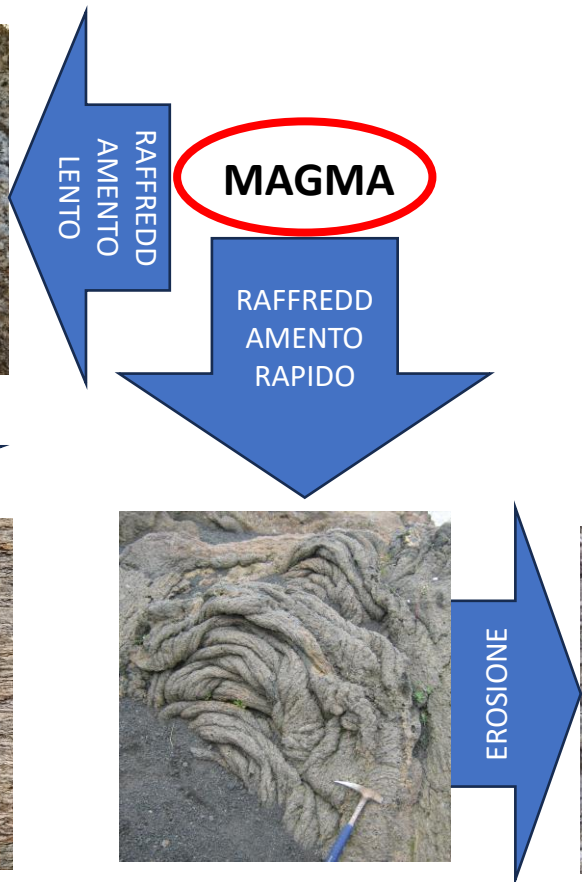
Granito



Ortogneiss



Arenaria



*Grazie per
l'attenzione!!*



Corso nazionale di aggiornamento culturale
online in Geologia



PROGETTO
CARG

