

# MINERALI E ROCCE

## COSTITUENTI della CROSTA TERRESTRE

Le **rocce** si sono formate per raffreddamento e **solidificazione** di materiale terrestre originariamente fuso.

⇒ Tutte le rocce esistenti oggi si sono formate da **trasformazioni** di rocce preesistenti.

### Minerali:

**Minerali** = strutture complesse composte da una **disposizione ordinata** e regolare di atomi con una **geometria precisa** e rigorosi **rapporti chimico-fisici**.

⇒ Maggior parte dei minerali contengono **ossigeno** e **silicio** = elementi più abbondanti sulla crosta terrestre

### Rocce:

Osservando la **crosta terrestre** si possono identificare due tipologie di **ambienti**:

- Zone in cui si stanno formando **nuove rocce**  
⇒ in cui è possibile osservare i **processi chimico-fisici** che causano la loro formazione e comprenderne l'origine
- Zone in cui si trovano rocce formate in **passato**  
⇒ in cui è possibile osservare **processi erosivi** e **cambiamenti dell'ambiente** in cui si sono formate originariamente.

Studio delle rocce → permette di ricostruire **processi interni alla terra** e ricostruzioni **paleoambientali** altrimenti inosservabili.

Classificazione rocce → in base ai **processi litogenetici** che ne determinano la formazione.

- **Ciclo litogenetico** = processo di rinnovamento della crosta terrestre in cui i minerali costituenti rocce preesistenti vengono trasformati per formarne di nuove.

## MINERALI

### Composizione chimica:

Maggior parte dei minerali → composta da combinazione di **più elementi** (composti chimici)

Gli **elementi più abbondanti** sulla crosta continentale sono Ossigeno, Silicio, Alluminio, Ferro e Calcio

### Struttura cristallina:

I minerali sono **cristalli** composti da una **struttura cristallina** ripetuta a intervalli regolari fatta di atomi o ioni disposti secondo uno scheletro geometrico preciso, chiamato **reticolo cristallino**.

I minerali riportano una **forma cristallina** visibile a occhio nudo solo nel caso in cui la loro formazione non sia ostacolata dalla presenza di altri cristalli; in caso contrario si presentano come un **aggregato** dove non è possibile riconoscere l'abito cristallino del solido.

Esistono 32 classi di cristalli caratterizzate a loro volta da una o più forme cristalline semplici o composte.

### Proprietà fisiche:

Le proprietà fisiche che caratterizzano i minerali sono:

- Durezza → proprietà di un solido di **resistere alla scalfittura**, dipende dalla forza dei **legami reticolari** del cristallo. Si misura in base alla [scala Mohs](#).
- Sfaldatura → tendenza di un minerale a **rompersi** per urto secondo **superfici piane** parallele a una delle facce del cristallo = superfici di accrescimento. Dipende dalla forza dei **legami intramolecolari** della struttura cristallina.
- Lucentezza → grado di assorbimento della luce da parte del cristallo.
  - Metallica → se la luce viene assorbita a tal punto da far risultare **opaco** il minerale
  - Non metallica → se la luce viene riflessa facendo risultare il minerale più o meno **trasparente**.
- Colore → proprietà non diagnostica.
- Densità → dipende dall'addensamento di atomi nel reticolo e dalla pressione a cui questo si è formato, è una proprietà intensiva che permette l'identificazione del minerale.

## Formazione dei minerali:

I minerali si formano secondo il **processo di cristallizzazione**, composto da un susseguirsi di **reazioni chimico-fisiche** che assemblano degli atomi disposti in modo casuale nei **reticoli ordinati** di cui abbiamo precedentemente parlato.

Formazione minerali → dipende anche da **caratteristiche** porzione di **crosta terrestre** in cui cresce

⇒ Presenza di un minerale in un certo luogo indica dei precisi dati di pressione, temperatura, ecc...

Principali processi di formazione di un minerale:

- Cristallizzazione → raffreddamento di materiale fuso
- Precipitazione → da soluzioni acquose calde in via di raffreddamento
- Sublimazione → vapori caldi a contatto con superfici molto più fredde determinano la formazione di cristalli
- Evaporazione → formazione di cristalli a partire dai sali disciolti in soluzioni acquose (acqua marina)
- Attività biologica → composizione di solidi a partire da scheletri e gusci
- Trasformazioni allo stato solido → minerali preesistenti sottoposti a sbalzi di temperatura e pressione solidificati in nuovi minerali

## Classificazione dei minerali:

Minerali classificati secondo **specie minerali**. Tutti i minerali appartenenti a una stessa specie hanno in comune struttura del **reticolo cristallino** e **composizione chimica**.

I minerali sono suddivisi in **nove classi** e tutte tranne una contengono **ossidi** e **sali**. Solo venti specie formano le rocce, queste sono anche le più abbondanti in natura.

## I minerali silicati:

Minerali silicati → gruppo **più diffuso** sulla crosta terrestre, costituiti principalmente da **ossigeno** e **silicio**

⇒ Legati tra loro a formare **strutture tetraedriche** (1 atomo silicio = 4 atomi ossigeno)

⇒ Tetraedri si legano tra loro con processo di **polimerizzazione**

Cationi che si legano con strutture silicatiche = sodio, potassio, calcio, magnesio e ferro + **alluminio** che prende posto del silicio in strutture tetraedriche

⇒ originati così gli **alluminosilicati** di cui fanno parte i **feldspati** = gruppo di minerali più numerosi sulla terra.

## ROCCE

Rocce = **aggregati** naturali di **minerali**, possono essere principalmente **silicatiche** o **carbonatiche**.

Una roccia non è mai omogenea al 100%, per la maggior parte sono **eterogenee** (composte da diversi tipi di minerali).

Per classificare una roccia con esattezza è necessario identificare il numero di **strati** e **minerali** contenuti in essa.

I processi di generazione delle rocce sono detti **litogenetici** e possono essere suddivisi in tre categorie:

- ⇒ processo **magmatico**
- ⇒ processo **sedimentario**
- ⇒ processo **metamorfico**

### Rocce magmatiche:

Processo **magmatico** → caratterizzato da presenza iniziale di materiale fuso → **magma**, che risale da profondità di 100/120 km.

⇒ si trova nella crosta o nella parte alta del **mantello**, composta da miscele di **silicati** ricche di **gas** disciolti

⇒ proveniente dall'interno della terra a diverse **pressioni** (aumenta a maggiore profondità) e temperature (da 4000° in giù).

La progressiva diminuzione di temperatura causa la **crystallizzazione** del **magma**, da cui si formano, in base al loro punto di fusione, diversi tipi di minerali, il cui aggregato comporrà le rocce magmatiche (o **igne**).

Le rocce magmatiche sono suddivise in due gruppi:

- Rocce **intrusive**
- Rocce **effusive**

## LE ROCCE INTRUSIVE:

Rocce intrusive → originate da magmi che solidificano in **profondità**, impossibilitati a risalire in superficie, circondati da altre rocce che fanno da **isolante termico** (esempio rocce intrusive **graniti**). 95% composte da magmi sialici.

⇒ Il **fuso** ha tempo sufficiente per solidificarsi sotto forma di grandi cristalli spesso **visibili** ad occhio nudo → struttura granulare **olocristallina**.

⇒ Grandi **ammassi** rocciosi → **batoliti**

Le rocce intrusive risalgono in superficie attraverso i **moti** della **crosta** e la **demolizione** delle rocce sovrastanti.

## LE ROCCE EFFUSIVE:

Rocce **effusive** → originate da **risalita** dei **magmi** attraverso spaccature nella crosta. 98% rocce femiche o neutre (esempio **basalto**).

⇒ Fuso **solidifica** all'**aria** aperta → pressione e temperatura **scendono drasticamente** in brevissimo tempo. In questo caso il fuso viene chiamato **lava** e si solidifica talmente in fretta da **non** avere il tempo di formare una **struttura cristallina**. Si forma quindi un unico mosaico di **cristalli microscopici** o minuscole parti vetrose (**fenocristalli**).

Le rocce effusive possono presentare:

- **Struttura porfirica** → **pasta di fondo** amorfa composta da **micro-cristalli**
- **Massa vetrosa** → Formati **vetri vulcanici** (ossidiana)

## Rocce sedimentarie:

Le rocce sedimentarie si creano dalle **trasformazioni** in atto sulla superficie terrestre. Sono sottili, ma molto diffuse. Sono **eterogenee** ed **esogene** (prodotte da molteplici processi attivi in superficie). La **sedimentazione** di materiali organici e inorganici avviene per accumulo e deposizione. Questi materiali sono trasportati da agenti esogeni. Il processo avviene in depositi fluviali, deserti, laghi, mari...

In ambienti marini → formare sedimenti rocciosi anche dall'accumulo di gusci e **scheletri** di organismi.

Passaggio da sedimenti a rocce sedimentarie → regolato da insieme di fenomeni chiamati **diagenesi**. Il più comune è la **litificazione** → avviene per compattazione e cementazione

⇒ **Compattazione** → materiali che si sovrappongono a sedimenti col tempo riducono gli spazi vuoti tra essi compattandoli

⇒ **Cementazione** → acqua passa per i pori dei sedimenti portando in soluzione alcuni elementi che col tempo **precipitano** chimicamente riempiendo fessure tra sedimenti.

Possiamo definire un **processo sedimentario globale** → delinea metodi di formazione di ognuna di queste rocce:

- **Degradazione** → disgregazione e alterazione di rocce preesistenti
- **Erosione** → alterazione legata ad agenti atmosferici
- **Trasporto** → mezzi naturali (fiumi, ghiacciai)
- **Accumulo** → di microorganismi o particelle di rocce preesistenti

Le rocce sedimentarie si suddividono in **tre gruppi**:

- Clastiche
- Organogene
- Chimiche

## ROCCE CLASTICHE:

Rocce formate da frammenti di altre rocce (**clasti**) che si accumulano quando il mezzo che li trasporta perde la sua energia → informazioni su fonte clasti da loro usura e grandezza.

- Clasti > 2mm → **conglomerati**, derivano da cementazione ghiaie
  - **Brecce** → composti da ciottoli spigolosi, trasportate da mezzi moderati
  - **Puddinghe** → composti da ciottoli arrotondati dopo lungo trasporto
- Clasti < 2mm → **arenarie** composte da sabbie cementate
- Clasti finissimi → **argille** depositate su fondo lago (**argilliti** se perdono plasticità)

Altri tipi di rocce clastiche sono:

- **Marne** → composte da argilliti e calcare
- **Piroclastiti** → materiali di varie dimensioni provenienti da esplosioni vulcaniche

## ROCCE ORGANOGENE:

Rocce composte da sostanze legate all'**attività biologica-organica**.

In base all'ambiente in cui si formano si suddividono in tre categorie:

- Rocce **bioclastiche** → accumulo di **gusci** e **scheletri** (ammassi di conchiglie)

- Rocce **biocostruite** → organismi **costruttori** i cui **scheletri** si saldano l'uno con l'altro (ammassi di spugna su scogli)
- **Depositi organici** → accumuli di **sostanza organica** (carboni e idrocarburi)  
Spesso queste rocce sono composte da un insieme di questi tre gruppi in percentuali diverse o con alcune particolarità di natura chimica, per questo si suddividono ulteriormente:
- Rocce organogene **carbonatiche** → formate su fondali abissali o su piattaforme carbonatiche
  - **Calcari organogeni** → accumulo, all'interno di una matrice fine, di **gusci calcarei** degli organismi che sfruttano il carbonato di calcio (componente della **calcite**) per crearsi un guscio esterno (coralli) → Ioni di  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$  disciolti nel mare
  - **Dolomie** → processo di diagenesi in cui componenti calcarei dell'organismo interessati nella circolazione di acque ricche di **magnesio** si **dolomitizzano**. Si forma la dolomite → carbonato doppio di calcio e magnesio ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
- **Piattaforme carbonatiche** → presenti in **mari tropicali**, fondali ricoperti per decine di chilometri di carbonati organici e no. Composte di **fanghi calcarei** finissimi dotati di **scogli** composti da accumulo **apparati scheletrici** organismi sui margini. Quando questi fondali sono sottoposti a **subsidenza** (sprofondamento) gli strati di fanghi si accumulano e gli scogli marginali si innalzano → formate varie **isole tropicali** e molte **alpi** italiane.
- Rocce organogene **silicee** → organismi utilizzano silice ( $\text{SiO}_2$ ) per costruire **esoscheletri**. Da loro accumulo si forma la **selce** → a strati regolari.
- **Depositi organici** → **combustibili fossili**, fonti naturali di energia non rinnovabile
  - **Carboni fossili** → fossilizzazione di **ammassi vegetali** per aumento **carbonio** e perdita elementi chimici dei vegetali
  - **Idrocarburi** → composti di **carbonio** e **idrogeno** provenienti da sostanze organiche accumulate in fondali marini poveri di ossigeno mescolati a **fanghi finissimi** → legati a composti azotati/ ossigenati/ fosforati. Possono risultare solidi, liquidi (petrolio) o gassosi → penetrano in superfici **porifiche** roccia.

## ROCCE CHIMICHE:

Rocce provenienti da deposizione causata da **fenomeni chimici**:

- **Precipitazione**

- Rocce **evaporitiche** → quando sali dei bacini acquee raggiungono la **saturazione** → **precipitano** in ordine opposto rispetto alla loro **solubilità** → quando il bacino evapora del tutto, rimangono degli estesi **giacimenti salini**.
- **Calcari** e **dolomie** → inorganici. Composti che li formano precipitano, creando così **strati** sovrapposti di calcari a causa di aumento **temperatura** o diminuzione **pressione** del mezzo in cui sono disciolti (travertini e alabastri, stalattiti e stalagmiti).
- Rocce **silicee** → danno vita a **foreste pietrificate** e depositi di **silice** in corrispondenza di sorgenti termali vulcaniche.
- **Dissoluzione all'aria** → particelle di rocce preesistenti si **dissolvono da soluzione** in cui erano contenute stando a contatto con l'aria, si formano così **rocce residuali**. Dall'interazione tra **rocce preesistenti**, **atmosfera** e agenti atmosferici, la composizione delle rocce cambia → accumulo di materiali rimasti dopo questa modifica formano **rocce residuali**.

### Rocce metamorfiche:

Rocce formate dalla **trasformazione** di altre rocce preesistenti per una **variazione** di pressione o temperatura → nate in **profondità**, ma senza implicare la fusione di materiale (sennò magmatiche). Questa trasformazione interessa sia la struttura interna dei **minerali**, sia la loro disposizione.

Ci sono due tipologie di metamorfismo:

- Metamorfismo **di contatto** → **magma** risale attraverso la crosta scaldando le rocce con cui entra in contatto.
  - ⇒ Le rocce subiscono modifiche nella loro **composizione mineraria**. Caratterizzate da **alte temperature** e **basse pressioni**. (Esempio = calcari trasformati in marmi)
- Metamorfismo **regionale** → grandi masse di rocce preesistenti sprofondano di diversi chilometri all'interno della crosta a causa dei movimenti di questa.
  - ⇒ Le rocce sono sottoposte ad alte pressioni (sia dall'alto che dal lato) e temperature. Minerali che le compongono risultano **appiattiti**. Queste rocce presentano una tipica **scistosità** → si suddividono cioè facilmente secondo lastre parallele. Quando una parte del materiale si fonde, si parla di **magmatiti**. Se la parte fusa aumenta si parla di **ultrametamorfismo** in cui si fonde il confine tra rocce metamorfiche e ignee.



## FACIES METAMORFICHE:

Le rocce metamorfiche subiscono reazioni **chimiche** e trasformazioni **fisiche** (**crystallizzazione metamorfica**) in seguito al quale si formano nuove associazioni mineralogiche e un nuovo **equilibrio** con l'ambiente che circonda la roccia formata.

La **composizione chimica** generale di queste rocce si conserva, permettendo di risalire alla roccia preesistente su cui è avvenuto il metamorfismo.

Le rocce ricristallizzate a una specifica **profondità della crosta**, con uguali caratteristiche di pressione e temperatura → raggruppate in una **facies metamorfica**, riconoscibili **caratteri litologici** e **ambiente** di formazione della roccia.

⇒ Facies metamorfica indica grado basso, medio o alto di metamorfismo avvenuto sulla roccia considerata (livello massimo di pressione e temperatura) e indica inoltre:

- In **stesso stadio di metamorfismo** → formati diversi tipi di rocce se quelle di partenza erano di diversa composizione
- Con **stessa composizione iniziale** → formati diversi tipi di rocce se sottoposte a diversi gradi di metamorfismo.

**Percorso metamorfico P-T** → permette di sapere quali variazioni di Temperatura e Pressione sono avvenute sulla roccia man mano che questa sprofondava all'interno della crosta. Variazioni avvengono dalla parte più **interna del cristallo** a quella più esterna.

## CLASSIFICAZIONE ROCCE METAMORFICHE:

In base al grado di metamorfismo subito, le rocce si suddividono in:

- **Filladi** → metamorfismo di **basso grado**, su rocce **sabbiose / argillose**, accentuata **scistosità**
- **Micascisti** → metamorfismo **regionale**, grado **medio/alto**, rocce argillose, cristalli di **quarzo e miche**, scistose.
- **Gneiss** → **regionale**, grado medio/alto, composizione simile a **graniti**, bassa scistosità.
  - Scisti a glaucofane → formati a **basse temperature** ma **alte pressioni**, basso grado, **lave basaltiche**.

- **Granuliti a granati** → formati da **feldspati** e **pirosseni**, assenza **acqua**, alte temperature, pressioni variabili.

## MAGMI

I magmi si differenziano sia dal punto di vista **chimico**, per la percentuale di **Silice** presente in essi, che da quello che implica i **processi** con cui si sono formati e la loro **provenienza**.

### Classificazione chimica:

Magmi di composizione chimica differente compongono **rocce magmatiche diverse**. La silice può cristallizzare come **libera** → formare il quarzo, o **combinata** dove **tetraedri** di silice e ossigeno si legano con altri **elementi**. In base agli elementi con cui si legano, i magmi si dividono in:

- Magmi acidi (**sialici**, ricchi di silice) → danno vita a rocce sialiche, povere di silicati, ricchi di **alluminio** e di **silice libera** che cristallizza come granuli di **quarzo**. Silice = 65% roccia. Molto più viscosi rispetto a quelli basici.
- Magmi **neutri** → rocce neutre composte al 52-65% silice, rapporto **equilibrato** tra silicati e alluminosilicati, più **dense** di rocce acide.
- Magmi basici (**femici**) → rocce povere di silice, ricche di **Fe/Ca/Mg**, colore scuro, ricche di **silicati**, prive di silice libera, molto **dense** (3g/cm<sup>3</sup>). Ottenuti da fusione di rocce di vario tipo nella parte alta del mantello, molto variabile.
- Magmi **ultrabasici** → rocce con < **45% silice**, molto scure e **dense**, composte da silicati di **Fe/Mg**.

Un magma basico, attraverso processi di **differenziazione** durante la **risalita** in superficie, può dare vita a rocce solitamente originate da magmi acidi o neutri, come **graniti**, **dioriti** e **rioliti** oppure a rocce con **composizione intermedia**.

### Classificazione processi e provenienza:

In base alla provenienza del magma, possiamo classificarlo in varie tipologie:

- Magma **primario** → profondità > 35km (**mantello**), composizione **basaltica**, magma molto **fluida** → risale in superficie e forma maggior parte rocce **effusive**.

- Magma **anatettico** → profondità minore (**crosta continentale**),  $T=600/700^{\circ}$ , fusione di **minerali silicici**. Composizione molto variabile a causa di eterogeneità **crosta continentale**.
  - Se fusione non è completa → **migmatiti**
  - Se fusione completa → termina processo di **anatessi**, si formano rocce **intrusive**, simili a graniti.
- Magma anatettico → molto **viscoso**, **non risale** la crosta, **crystallizza** in profondità.
- Tutte le rocce che raggiungono **elevate profondità** → riciclate come magma anatettico.

### Come si formano i magmi:

La terra è solida fino a **3000** metri di profondità. Ci sono zone fuse nelle zone della **crosta continentale** e del **mantello superiore** per due ragioni:

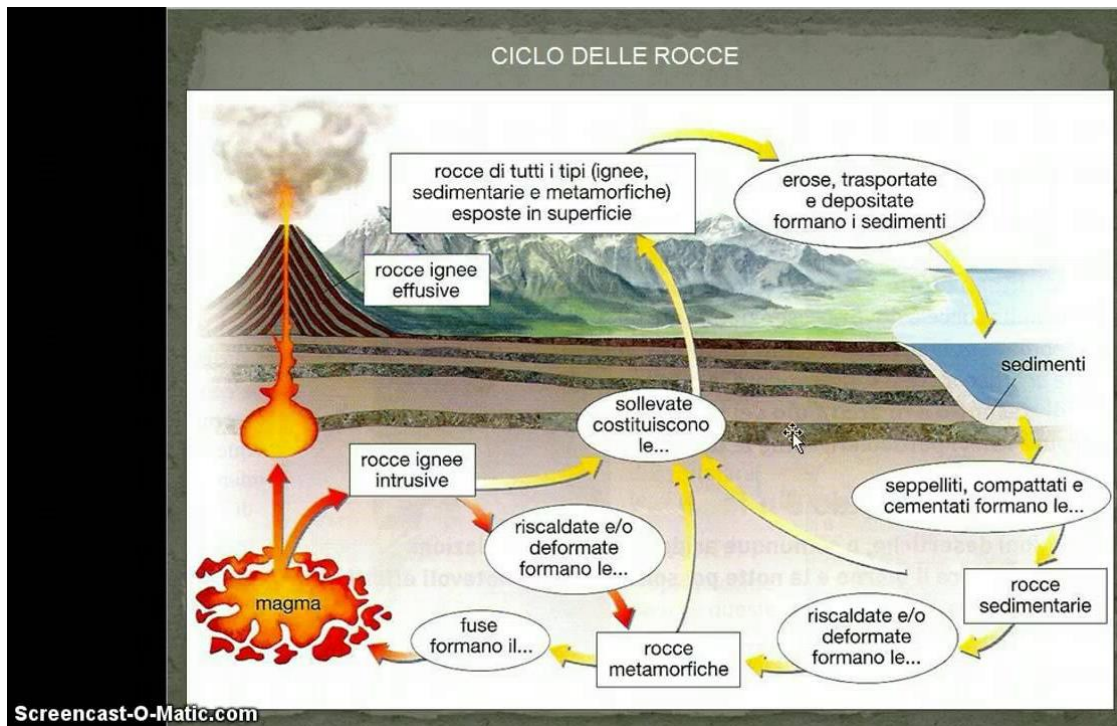
- **Aumento locale** della temperatura del mantello
- **Inumidimento** della roccia da parte di **fluidi** provenienti dalla **superficie** nella porzione della crosta, che permettono fusione delle rocce a **minore temperatura**.
  - ⇒ All'interno di queste aree avvengono estesi **rimescolamenti** di **materiale solido** e **fluido** che permettono il passaggio allo stato fuso di porzioni più o meno estese di Terra.

### CICLO LITOGENETICO

Ciclo litogenetico → suddiviso in diversi stadi

- 1) Processo **magmatico** → intrusione ed **effusione** di materiali in risalita sulla crosta
- 2) Processo **sedimentario** → accumulo di sedimenti trasferiti dalla **superficie** alla **profondità** della Terra e coinvolti nei **movimenti** della crosta
- 3) Processo **metamorfico** → attraverso processi di **fusione** si ritorna a processo magmatico

Ciclo non perfettamente chiuso, ci sono perdite verso l'esterno. Idrosfera e atmosfera si sono formate dall'accumulo di particelle emesse da processi vulcanici. Viceversa, atmosfera e idrosfera cedono acqua e anidride carbonica alla litosfera. Tutte le rocce che giungono in superficie finiranno per fornire materiale per la creazione di nuove rocce.



## Interno terra

Il centro della Terra si trova a 6370km di profondità. Le informazioni che abbiamo sull'interno della terra derivano da **fonti indirette**, come le rocce delle catene montuose, che milioni di anni fa si trovavano a considerevoli profondità, le ricerche della **geofisica** e della **geochimica**.

Il **campo gravitazionale** terrestre e il modo in cui le **onde sismiche** si propagano all'interno della terra ci forniscono l'ipotesi che la terra sia fatta **a strati**.

⇒ Se l'interno della terra fosse chimicamente composto come le rocce in superficie, la **forza gravitazionale** sarebbe **metà** di quella che è in realtà. Sappiamo quindi che i materiali che compongono l'interno della terra sono più **densi** e **pesanti**.

⇒ Il modo in cui le **onde sismiche** (P -propagano anche nei fluidi- e S -propagano solo nei solidi-) cambiano **velocità** e **direzione** in corrispondenza di alcune profondità (**discontinuità** = porzione sottile in cui le proprietà chimico-fisiche della terra cambiano molto velocemente), ci indica che la Terra è composta a **gusci** con temperature, pressioni e stati di aggregazione diversi.

La terra è composta di **tre strati** suddivisi da **tre discontinuità** che segnano le differenti **proprietà chimico-fisiche** di ogni strato.

I tre strati principali di cui è composto l'interno della terra sono:

- **Crosta terrestre** → da 3 fino a 80/90 km profondità, max T=, composizione **granitica**, compresa in **litosfera**.
  - Crosta continentale → costituisce il 79% dell'intera crosta, 90 km profondità
  - Crosta oceanica. Spessore 5/10 km
- **Mantello** → fino a 2900 km profondità, max T=, mantello superiore e inferiore sono separati da una **zona di transizione** (400-670 km) più densa, fatta di **peridotiti**
  - **Superiore** → (fino a 400km)
    - ⇒ Composto da **litosfera** → (fino a 150 km) guscio **elastico**, composto di vaste **placche**, **astenosfera** → (fino 250 km) materiale **fuso** solo in **piccola parte**, onde S e P **bassa velocità** e **mesosfera** → prosegue fino discontinuità Gutenberg, **rigida** e poco duttile.
  - **Inferiore** (50% massa della Terra, da 670 a 2900km)
- **Nucleo** → fino a 6370 km profondità, max T= (3000°- 5000°), composto da lega di ferro e nichel + ossigeno e zolfo come elementi leggeri.
  - Esterno → (5200 km) in questa zona ha origine il campo magnetico terrestre, è allo stato liquido, molto denso, onde S non passano, onde P rallentano bruscamente
  - Interno → solido anche se vicino al punto di fusione, onde sismiche aumentano velocità.

Le tre **discontinuità** sono:

- Discontinuità di **Moho** → separa la crosta dal mantello superiore (90 km profondità)
- Discontinuità di **Gutenberg** → separa il mantello dal nucleo (2900 km profondità)
- Discontinuità di **Lehmann** → separa il nucleo esterno da quello interno (5200 km profondità)