

GEOLOGIA 1

(AA 2022-2023)

A cura di E.Colizza

Il corso:

Su **MOODLE@UniTs** è fornita la dispensa che non è esaustiva degli argomenti che sono trattati nel corso di GEOLOGIA1 e che rappresenta una linea guida. L'autonomo approfondimento degli argomenti è consigliato, il riassunto della dispensa non è accettato.

L'esame:

Il corso è di 6 crediti: 3 frontali, 2 di laboratorio e 1 riservato alle escursioni.

L'esame finale prevede una verifica orale su **TUTTI** gli argomenti trattati durante il corso ed il contestuale riconoscimento di 2-3 campioni di roccia appartenenti al processo magmatico, metamorfico e sedimentario.

Programma

Il corso viene svolto attraverso lezioni teoriche, esercitazioni in classe ed in laboratorio rocce. Sono previste escursioni e seminari a tema.

INTRODUZIONE ALLE SCIENZE DALLA TERRA

Il metodo scientifico; il principio dell'Attualismo; concetto di tempo e spazio; formazione Sistema Solare e Terra; struttura interna della Terra.

INTRODUZIONE AI MINERALI E ROCCE

elemento chimico; composto chimico; definizione di minerale;
principali caratteristiche dei minerali (cenni)
classificazione dei minerali e caratteristiche dei principali minerali
processo petrogenetico e ciclo delle rocce

PROCESSO MAGMATICO (CENNI)

classificazione chimica delle rocce ignee e indice di colore
il magma: definizione, tipi di magma e loro caratteristiche
formazione di una roccia magmatica; la serie di Bowen; tipi di rocce magmatiche
velocità di raffreddamento dei magmi e principali strutture relative nelle rocce
le rocce magmatiche intrusive, effusive e ipoabissali: caratteristiche, classificazione
la giacitura delle rocce magmatiche: intrusive (plutoni, batoliti ecc) effusive (lave subaeree e subacquee; prodotti piroclastici e loro meccanismi di accumulo)
vulcani, fenomeni vulcanici secondari, distribuzione geografica, rischio vulcanico
riconoscimento macroscopico delle principali rocce magmatiche

PROCESSO METAMORFICO (CENNI)

meccanismi; fattori; intervallo termico; grado metamorfico
tipi di metamorfismo
strutture tipiche delle rocce metamorfiche
classificazione
riconoscimento macroscopico delle principali rocce metamorfiche

PROCESSO SEDIMENTARIO

cosa sono i sedimenti; colore dei sedimenti; potenziale di ossido-riduzione
fasi della formazione di sedimenti e rocce sedimentarie:
degradazione fisica, chimica e biologica, trasporto, deposizione e diagenesi (concetti di diagenesi precoce e tardiva);
processo diagenetico: fisico, chimico e biologico;
proprietà base delle rocce sedimentarie: composizione, tessitura e struttura;
componenti tessiturali: granuli, matrice e cemento;

classificazioni delle rocce sedimentarie: dimensionale (secondo Wentworth); composizionale (terrigena, allochimiche, ortochimiche), genetico-tessiturali (particellari, cristalline, biocostruite, residuali); per origine (clastiche e non clastiche).

AMBIENTI DI SEDIMENTAZIONE: cenni su alcune caratteristiche, funzionali al corso, degli ambienti di sedimentazione: fluviale-alluvionale (pianure costiere e pedemontane, depositi di meandro); lacustre; eolico; glaciale, fluvio-glaciale, glaciomarino, glaciolacustre (varve); deltizio (estuario e delta); lagunare; di piana tidale; di spiaggia; di reef. Ambiente marino: zonazione dal punto di vista morfologico; l'ambiente pelagico; le torbiditi (cenni);

METODI DI RACCOLTA E DI ANALISI IN LABORATORIO del materiale sedimentario strumentazione in campagna ed in laboratorio. Cenni sui parametri granulometrici, forma, *fabric*.

SEDIMENTI E ROCCE TERRIGENE:

minerali e frammenti di roccia più comuni; concetto di maturità composizionale e tessiturale (analisi dimensionali e della forma dei granuli); caratteristiche di conglomerati, arenarie e peliti/lutiti; classificazione delle arenarie secondo il Pettijohn; caratteristiche e **riconoscimento macroscopico di conglomerati e brecce, arenarie terrigene, peliti/lutiti.**

SEDIMENTI E ROCCE CARBONATICHE: differenze fra sedimenti carbonatici e terrigeni; caratteristiche e composizione mineralogica del materiale carbonatico: aragonite, calcite alto e basso magnesiaca, dolomite;

carbonati a tessitura particellare: tipi di grani: scheletrici, detritici (intra ed extraclasti, peloidi, ooidi, pisoidi), noduli algali (rodoliti ed oncoidi), botroidi;

carbonati accresciuti in situ: biolititi, stromatoliti, carbonati concrezionati, suoli calcarei;

la matrice carbonatica: dimensioni e origine del fango carbonatico e della micrite;

classificazioni dei carbonati: granulometrica (Grabau), di Folk (1959-62) e di Dunham (1962);

processi diagenetici dei carbonati (cenni su dissoluzione, cementazione, neomorfismo, dolomitizzazione e silicizzazione)

dolomie primarie e secondarie, modelli di dolomitizzazione

riconoscimento macroscopico di: calcari particellari e accresciuti in situ, dolomie primarie e secondarie, calcari marnosi e marne; applicazioni delle classificazioni di Folk e Dunham

ROCCE SELCIFERE, ROCCE EVAPORITICHE: genesi, caratteristiche e **riconoscimento macroscopico delle principali rocce**

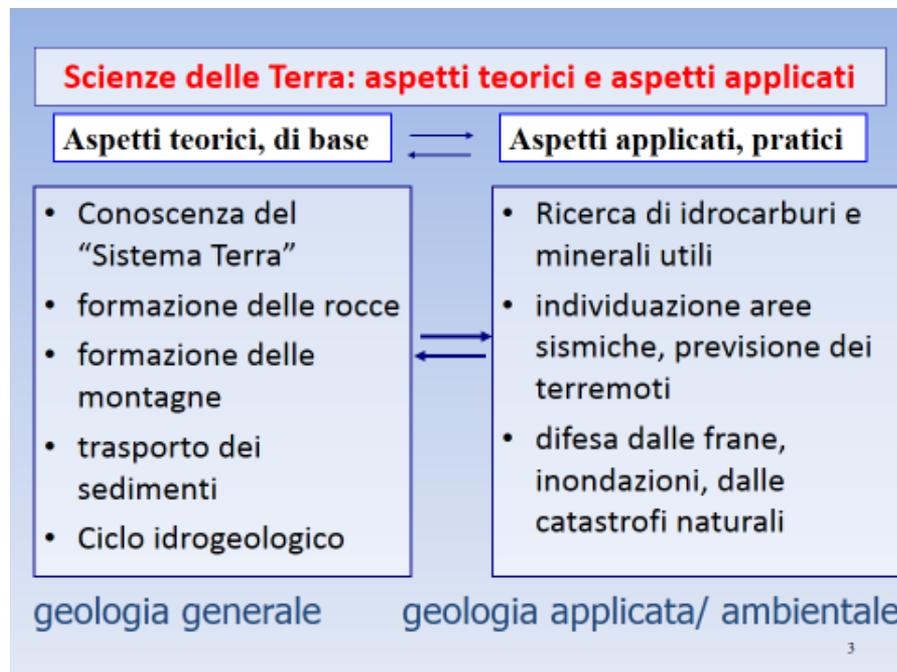
SEDIMENTI ORGANICI: cenni

SONO PREVISTI SEMINARI CHE TRATTANO DIVERSE TEMATICHE A CARATTERE GEOLOGICO.

Elenco **testi di riferimento** (reperibili nella biblioteca del dipartimento e/o nella Biblioteca Area 3 Tecnico Scientifica)

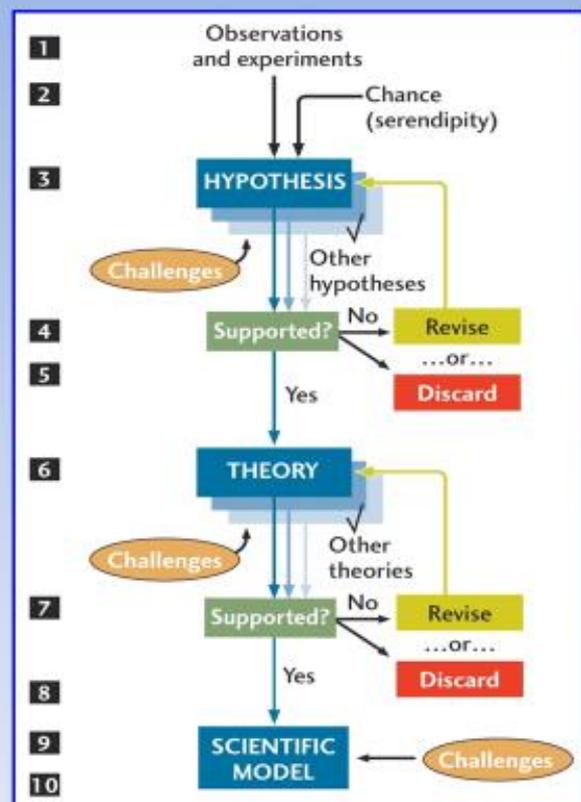
- | | |
|--|--|
| La Terra – ritratto di un pianeta (Zanichelli) | - S. Marshak |
| Sedimentology and Stratigraphy | - G.Nichols |
| Sedimentology | - M.R.Leeder |
| Rocce e successioni sedimentarie | - A.Bosellini, E.Mutti, F.Ricci Lucchi |
| Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche | - A. Bosellini |
| Minerali e Rocce (libro illustrato) | - AAVV (A.Mondadori editore) |
| Geologia del sedimentario: rocce, strutture sedimentarie, ambienti deposizionali (testo e manuale) | - E.Tucker (BIB TEC SC) |

INTRODUZIONE AL CORSO

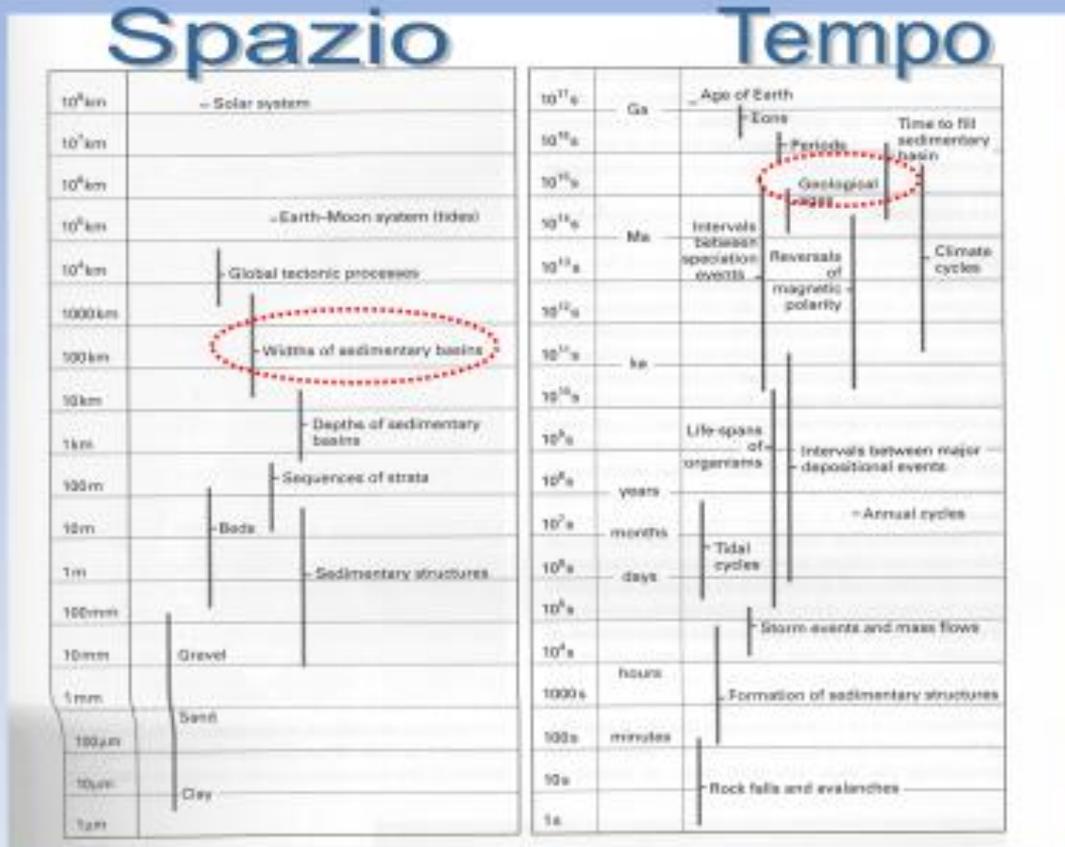


IL METODO SCIENTIFICO

1. osservazione ed esperimenti forniscono i dati..
2. Viene proposta una idea.. Una ipotesi che va verificata....spesso scoperte casuali contribuiscono a rinforzare un'ipotesi
3. altri scienziati «sfidano» l'**ipotesi**, provano a smentire l'ipotesi
4. se un'ipotesi raccoglie abbastanza consensi diventa...**teoria**
5. ma anche la teoria vengono..sfidate, confermate, rivedute, respinte..
6. Fino a diventare **modelli** scientifici....



IL CONCETTO DI TEMPO E SPAZIO NELLE SCIENZE GEOLOGICHE ED IL PRINCIPIO DELL'ATTUALISMO



11

Principio dell'Attualismo

James **Hutton** (1726-1797): The theory of the earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution and restoration of land upon the globe. Memoria letta alla Royal Society of Edimburgo nel 1785.

..la storia passata del nostro pianeta deve essere spiegata attraverso processi che si possono osservare in atto oggi..

Questo concetto andava contro le ipotesi dei catastrofisti (diluvio universale) e, ovviamente, contrastava l'idea che la terra fosse stata creata esattamente il 24 ottobre 4004 a.c....come aveva stabilito l'arcivescovo James Usher a metà del '600...

13

Attualismo: Charles Lyell (1797 -1875)

- il passato geologico (l'origine delle rocce) poteva essere compreso meglio in termini di processi naturali che ancora oggi possiamo osservare, quali sedimentazione nei corsi d'acqua, erosione eolica ed idrica, avanzamento o ritiro dei ghiacciai (ATTUALISMO);
- i cambiamenti sono lenti e costanti (GRADUALISMO);
- le leggi naturali sono costanti ed eterne, operanti nel passato con la stessa intensità di oggi.

15

Principio dell'Attualismo: eccezioni e attenzioni

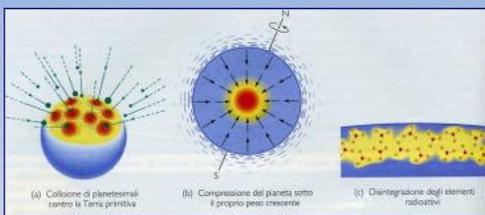
- 65 milioni di anni fa un meteorite ha causato l'estinzione dei dinosauri ???
- una singola piena fluviale o una grossa tempesta modificano la forma dell'alveo del fiume e influenzano la sedimentazione costiera più dei fenomeni accaduti in $10^1 - 10^2$ anni

9

La formazione della Terra e la sua trasformazione da corpo omogeneo a pianeta differenziato

- Circa 4.6 miliardi di anni fa: la terra è un agglomerato di frammenti di materia
- la massa della terra tendeva ad aumentare in quanto, per le leggi della gravitazione, la terra attirava planetesimali ovvero piccoli agglomerati di materia in via di condensazione
- la temperatura della terra tendeva ad aumentare per tre motivi.....

21



- 1) l'impatto di nuova materia sulla superficie trasforma energia cinetica in energia termica (NB non c'è ancora atmosfera)
- 2) la compressione gravitazionale
- 3) la presenza di elementi radioattivi, più frequenti dell'attuale, erano presenti anche isotopi con tempi di dimezzamenti brevi..

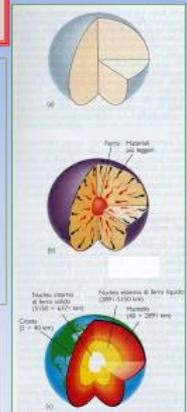
23

La formazione della terra

Questi tre processi hanno fatto crescere la temperatura della Terra fino a circa 2000 °C

A questa temperatura il Ferro, che rappresentava l'elemento più pesante, con una massa pari a circa 1/3 del totale, ha iniziato a fondere, sprofondando verso l'interno, mentre gli elementi più leggeri tendevano a risalire:

Successivamente sulla superficie della terra si formò un oceano di magma fuso, spesso oltre 100 km



12

La Terra 4 miliardi di anni fa..

Il raffreddamento del magma genera la crosta primitiva
nucleo di ferro molto denso, **crosta** superficiale leggera,
mantello interposto tra crosta e nucleo, di densità
intermedia: DIFFERENZIAZIONE GRAVITATIVA

Atmosfera: H, CO₂, N, NH₃, CH₄ vapore acqueo e pochi
gas rari..gli stessi gas emessi anche ora dai vulcani..
e l'Ossigeno ..(attualmente il 20% della bassa atmosfera)
aveva quasi certamente concentrazioni molto minori

13

Con il passare del tempo si è raffreddata ed è dovuto trascorrere molto tempo per diventare il pianeta che conosciamo... e continua a trasformarsi...

IL SISTEMA TERRA

Sistema complesso costituito da terra solida – oceani (acqua, idrosfera) – atmosfera – biosfera interconnessi tra loro

Atmosfera

E' l'involucro gassoso che avvolge il globo e che consente lo sviluppo degli esseri viventi. I fenomeni meteorologici avvengono a causa dello scambio di energia tra la superficie terrestre e l'atmosfera, e tra questa e lo spazio. Il 50% dell'atmosfera è contenuta entro l'altitudine di 5600 m.

Idrosfera

E' formata dagli oceani e dalle masse d'acqua continentali. Gli oceani coprono il 71% della superficie e rappresentano il 97% dell'acqua presente sulla Terra. Il ciclo dell'acqua vede l'idrosfera in perenne movimento tramite lo scambio tra gli oceani, l'atmosfera, i continenti e nuovamente gli oceani.

Biosfera

Rappresenta l'insieme degli esseri viventi presenti sulla superficie della litosfera, nell'idrosfera e nell'atmosfera.

Terra solida

L'involucro più esterno e rigido della Terra Solida, a contatto con l'atmosfera e l'idrosfera, si chiama litosfera. Dallo studio delle sue caratteristiche geologiche e geofisiche si ricavano informazioni sui processi dinamici che interessano il nostro pianeta.

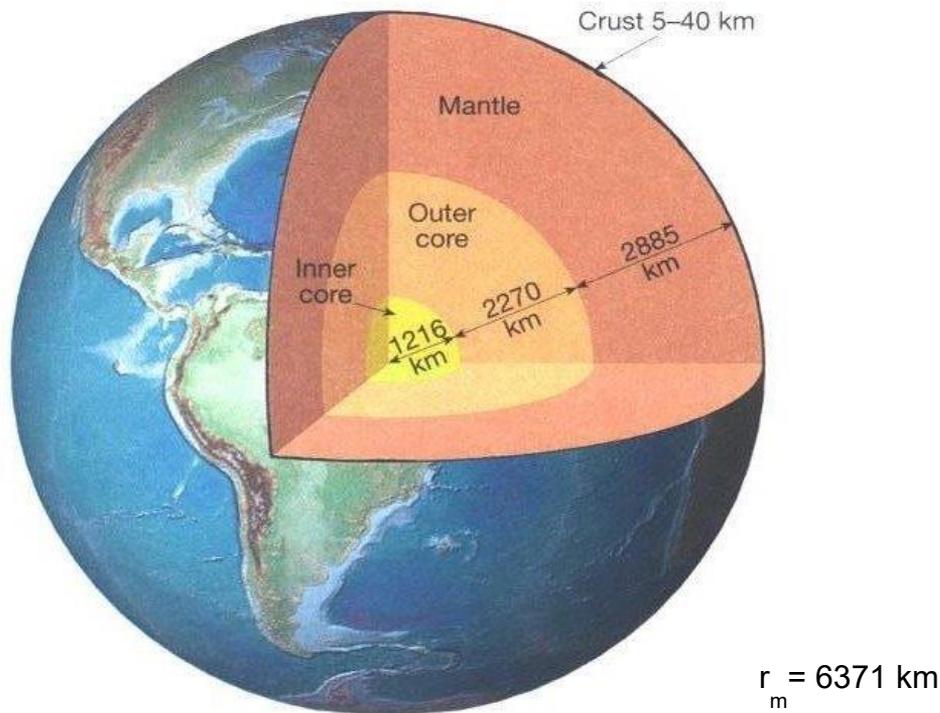
L'azione del vento, della pioggia, delle correnti e del moto ondoso, nonché quella degli organismi viventi, interagiscono sulla terra solida determinando profonde variazioni nello stato fisico e chimico delle rocce.

LE FONTI ENERGETICHE DEL SISTEMA

esterna (sole) – la radiazione solare governa i processi che avvengono nell'atmosfera, cioè il clima e le condizioni atmosferiche, negli oceani e sulla superficie della terra, cioè la circolazione oceanica ed i processi di degradazione del suolo.

interna (calore terrestre) - il calore prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio e del torio, nonché il calore trasferito in superficie dalle correnti convettive del mantello genera i processi che avvengono nella litosfera e nell'astenosfera (terremoti, vulcanesimo, orogenesi)

L'INTERNO DELLA TERRA



Se la parte più superficiale della crosta terrestre si conosce grazie alle osservazioni dirette, più complesso è conoscere come è fatta e da cosa è costituita la Terra al suo interno.

Per ottenere quest'ultima informazione vengono utilizzati metodi indiretti, metodi geofisici.

Al suo interno la Terra è suddivisa in involucri concentrici. Questa zonazione viene definita in modo diverso in base a cambiamenti sia composizionali che reologici.

La suddivisione **COMPOSIZIONALE** è definita in base a studi sismologici sul comportamento delle onde sismiche, studi fisici e chimici di tipo sia sperimentale che teorico.

La suddivisione **REOLOGICA** è definita solo in base a studi sismologici.

Struttura interna della Terra:

- A) modello composizionale** (di che cosa è fatto l'interno della terra)
B) modello reologico (come si comporta..)

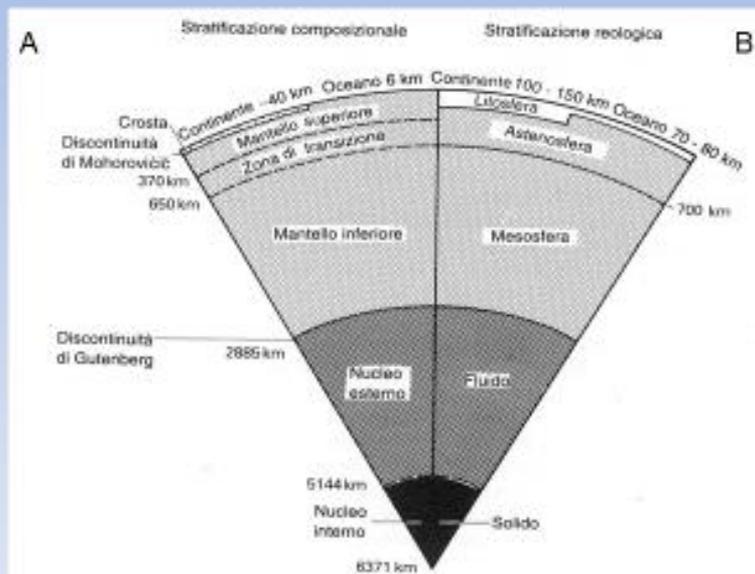


Figura 2.39 Confronto tra la stratificazione della Terra in base alla composizione e alla reologia .

13

LA SISMICITA' DEL GLOBO TERRESTRE

- E' causata dai movimenti relativi tra le placche litosferiche.
- E' distribuita per la gran parte lungo i limiti delle placche litosferiche.
- Gli sforzi che muovono le placche litosferiche causano un accumulo di stress nelle rocce della litosfera.
- Quando la resistenza delle rocce viene vinta, l'energia si libera sotto forma di terremoto che genera onde sismiche.
- Un sisma origina due categorie di onde:

Le onde corporee (**P ed S**) che attraversano il volume della Terra, e le onde superficiali (**L e R**) che viaggiano solamente sulla sua superficie.

Le onde P (di pressione) e le onde S (di taglio) sono fondamentali per la localizzazione dei terremoti.

La distribuzione globale della sismicità

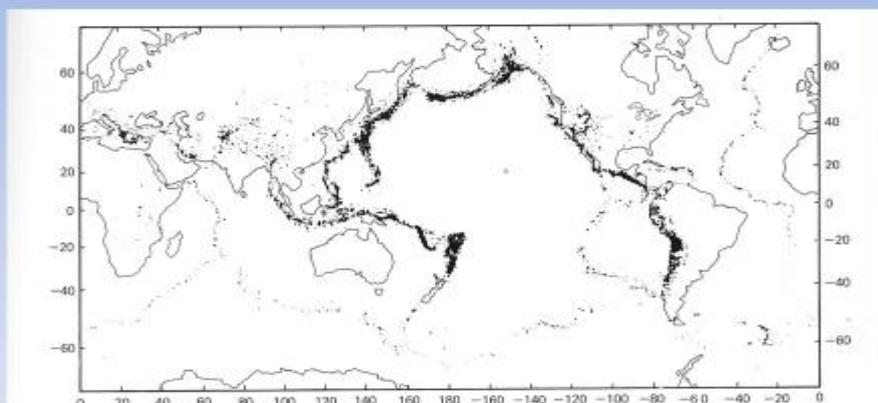


Figura 5.2 Distribuzione mondiale degli epicentri dei terremoti di grande magnitudo ($m_s > 4$) per il periodo 1961-67 (secondo Barazangi e Dorman, 1969, con per-

cesso di riproduzione della Seismological Society of America).

Generazione dei sismi: la teoria del rimbalzo elastico

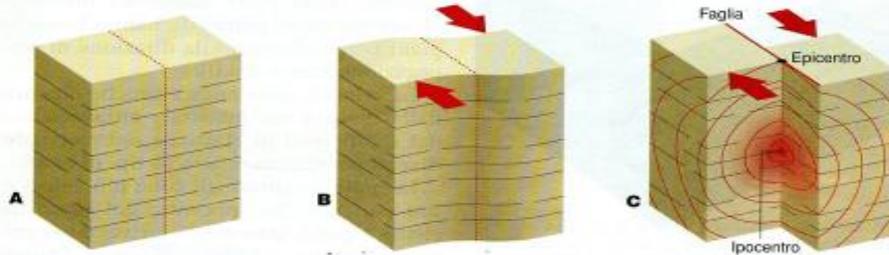


Figura 8.4. La figura illustra il comportamento di una massa di roccia sottoposta a forze di taglio secondo la teoria del rimbalzo elastico. (A), su un blocco crostale agiscono forze opposte.

(B), l'attrito tra le particelle che formano la roccia e la reazione elastica impediscono la frattura immediata e la deformazione permette di immagazzinare energia elastica.

(C), superato il carico di rottura, le rocce si spaccano improvvisamente, i due blocchi slittano l'uno rispetto all'altro e l'energia liberata dà luogo a intense vibrazioni sismiche.

Il quattro tipi di onde sismiche:

- Onde di pressione P
- Onde di taglio S
- Onde di Rayleigh
- Onde di Love

senza che oppongono i materiali alle forze che tendono a far variare la forma.

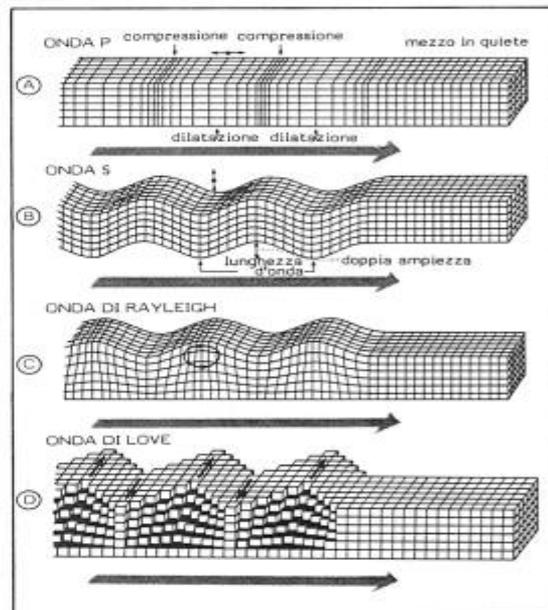


Figura 6.4. Modi del suolo presso la superficie in quattro tipi di onde di terremoto. Nelle onde di Rayleigh (C), e in quelle di Love (D), il movimento delle particelle decresce con la profondità.

Propagazione delle onde sismiche dall'ipocentro di un terremoto

Il sisma viene ricevuto dai sismografi ubicati sul territorio

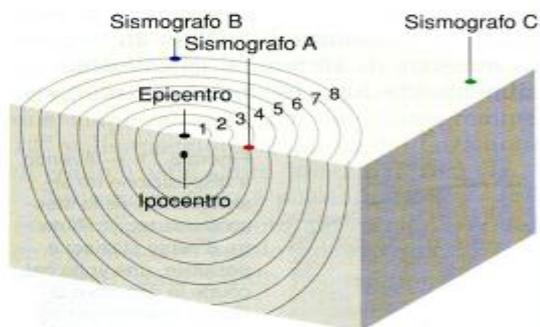


Figura 8.9. I numeri riportati sui fronti d'onda esprimono il ritardo in minuti tra l'arrivo delle onde P e delle onde S in tre diverse stazioni sismiche. Poiché le onde P viaggiano a velocità quasi doppia delle onde S, più una stazione è lontana più il ritardo delle onde S sulle P aumenta.

Scale di misura dei sismi:

INTENSITA'

Viene valutata sulla base dei danni ai manufatti.

E' usata la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg), scala empirica composta da 12 gradi di intensità.

La scala delle intensità consente la ricostruzione dei terremoti di epoca storica.

MAGNITUDO

Proposta da Richter, è una misura legata all'energia emessa e consta di una scala logaritmica composta da 8 gradi di magnitudo. Il sisma ricevuto viene confrontato ad un sisma con epicentro a 100 km di distanza e che genera uno spostamento di 0,001 mm sul sismografo standard.

SCALA MERCALLI DELL'INTENSITA' DEI SISMI

Grado	Descrizione
I	Sisma non percepito dall'uomo; registrato solo dai sismografi.
II	Percepito ai piani alti delle case (i quali oscillano più dei piani a terra) da persone sensibili.
III	Percepito da più persone, oscillazione di oggetti appesi e vibrazioni.
IV	Oscillazioni e vibrazioni anche di automezzi, tintinnio di vetri, vibrazioni di vaselame, scricchiolio di pareti.
V	Scossa che sveglia chi dorme, scricchiolii, tintinnii, spavento; cadono calcinacci.
VI	Fa fuggire le persone all'aperto, produce rumori e boati, fa cadere oggetti pesanti, provoca qualche lesione agli edifici.
VII	Provoca panico, caduta di intonaci, camini e tegole, rottura di vetri, danni di scarsa entità ai muri, piccole frane in materiali sciolti, suono di campane, onde sugli specchi d'acqua.
VIII	Si sente anche guidando automezzi, danneggia murature anche buone, ma non di cemento armato; provoca la caduta di torri, palizzate, alberi e l'apertura di crepacci nel suolo.
IX	Distrugge edifici non particolarmente resistenti, rompe tubazioni sotterranee, provoca ampi crepacci nel terreno, apre crateri con espulsione di sabbia e fango.
X	Distrugge buona parte degli edifici, danneggia dighe ed argini, devia fiumi e rotale, provoca grandi frane, sposta orizzontalmente i terreni che si sono fessurati.
XI	Rovina completamente gli edifici, rompe ogni tubazione, tronca le comunicazioni, provoca un gran numero di vittime.
XII	Distrugge ogni opera umana, sposta grandi masse rocciose o vasti tratti di terreno in cui si aprono larghi crepacci, lancia in aria oggetti, provoca grandi frane e può causare migliaia di vittime.

La scala Richter delle magnitudo dei sismi

La magnitudo è legata all'energia sprigionata dal sisma che può essere rappresentata in joule o in kg di esplosivo

Magnitudo Scala Richter	Energia in joule	Energia in kg di tritolo	n° di terremoti per anno
≥ 8,0	$> 10^{16}$	$6 \cdot 10^{11}$ Energia sufficiente a scaldare New York per trent'anni	0,1÷0,2
≥ 7,4	$\geq 0,4 \cdot 10^{17}$		4
7,0÷7,3	$0,04 \div 0,2 \cdot 10^{17}$	$2 \cdot 10^{10}$ Energia sufficiente a scaldare New York per un anno.	15
6,2÷6,9	$0,5 \div 23 \cdot 10^{14}$		100
5,5÷6,1	$1 \div 27 \cdot 10^{12}$	$6 \cdot 10^8$ Piccola bomba H	500
4,9÷5,4	$3,6 \div 57 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^7$ Grande bomba atomica	1.400
4,3÷4,8	$1,3 \div 27 \cdot 10^9$		4.800
3,5÷4,2	$1,6 \div 7,6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^5$ Piccola bomba atomica	30.000
2,0÷3,4	$4 \cdot 10^3 \div 9 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$ Grande mina	800.000

Magnitudo (M)	Intensità (I)
5,4	6,5
6,1	7,5
6,8	8,5
7,5	10
8,2	11
8,9	12

Comparazione fra Magnitudo ed Intensità dei sismi

LE FAGLIE

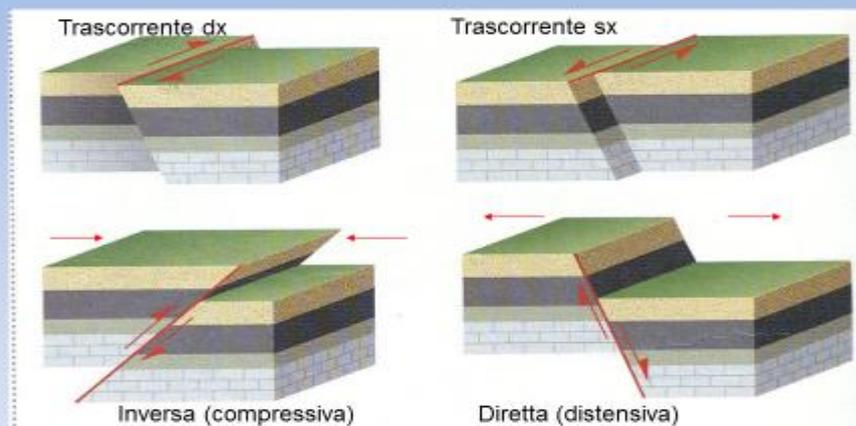
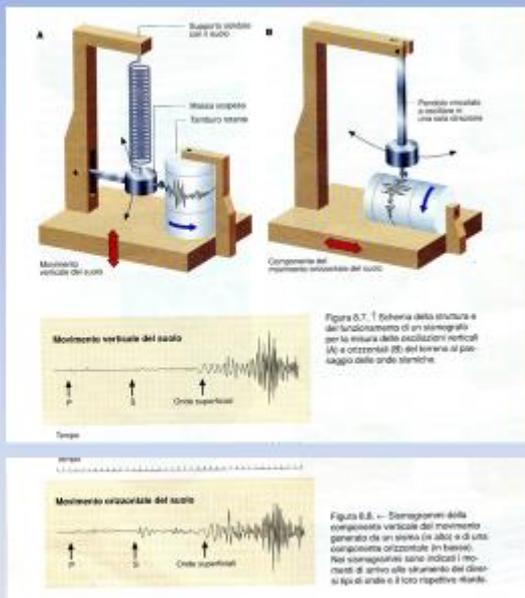


Figura 8.2. Quattro differenti tipi di faglia. Il movimento relativo dei due blocchi rocciosi separati dalla faglia è la causa del terremoto.

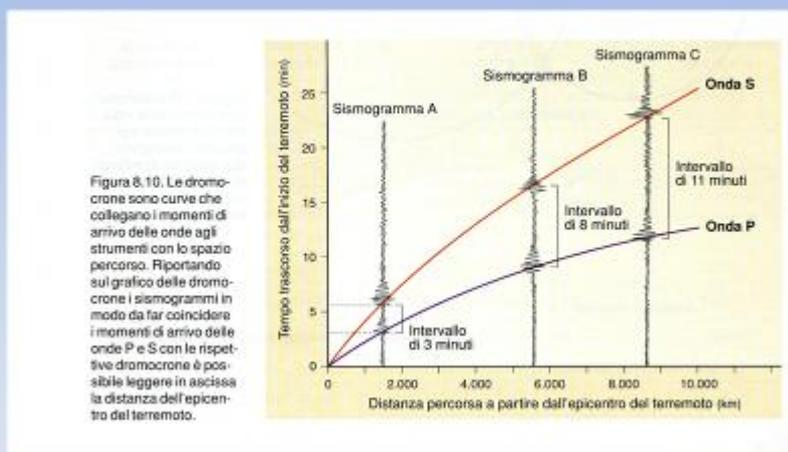
Il sismografo

I sismogrammi riportano il movimento del suolo (verticale ed orizzontale) in funzione del tempo

Sui sismogrammi si individuano i primi arrivi delle onde P, quindi le S e poi arrivano le onde superficiali



I tempi di arrivo delle onde P ed S sono diversi a causa della loro diversa velocità



- Le onde P vengono trasmesse sia nei solidi che nei liquidi
- Le onde S non vengono trasmesse nei liquidi

Se le onde subiscono riflessioni e rifrazioni, vuol dire che all'interno della Terra ci devono essere delle discontinuità dovute per esempio a differenze di densità

velocità e densità per vari tipi di rocce

Sedimenti sciolti	0.3-2.5 km/s	1.5-2.2 g/cm ³
Rocce sedimentarie	3.8-5.4	2.5-2.8
Rocce metamorfiche	4.5-6	2.7-3
Rocce granitiche	6	2.8
Lave basaltiche	6.4-8.9	2.9

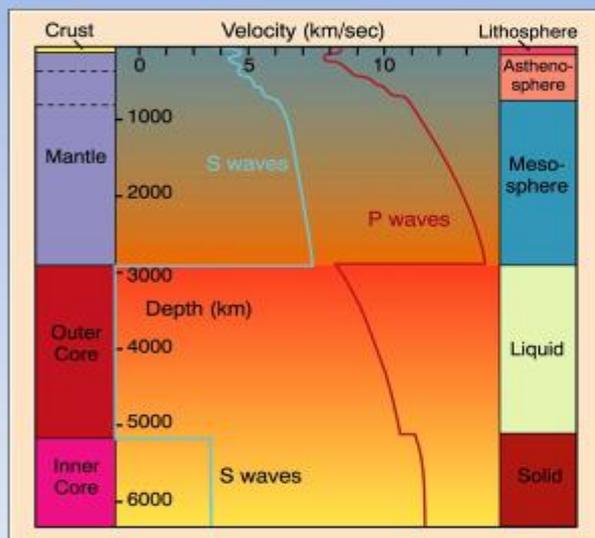
Campi di velocità e di densità per rocce ignee

Maggiore è il contenuto di minerali femici (contenenti Fe e Mg), maggiore è la densità ed anche la velocità delle onde P



In base a queste discontinuità siamo in grado di sapere come è suddiviso l'interno della Terra

L'interno della Terra



Discontinuità sismiche:

zone in cui avvengono rapide variazioni di velocità delle onde sismiche.

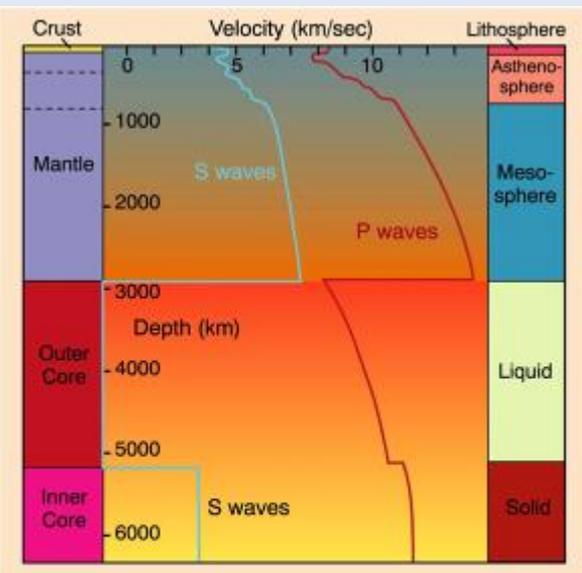
Discontinuità di Mohorovicic (Moho; separa crosta e mantello)

~ 35 km al di sotto dei continenti;
~ 8 km al di sotto dei fondali oceanici.

Discontinuità di Gutenberg [separa il mantello inferiore (solido) dal nucleo esterno (liquido)]

~ 2900 km di profondità

- **Discontinuità di Lehmann** [divide il nucleo esterno (liquido) da quello interno (solido)].



La crosta è spessa dai 30 ai 70 km nelle aree occupate dai continenti, mediamente 8 km nelle aree oceaniche

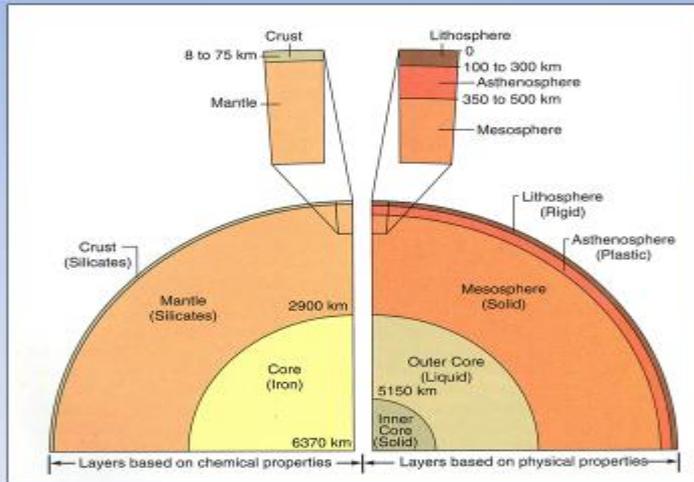
La parte più alta del mantello superiore è rigida e solidale con la sovrastante crosta, insieme alla quale forma un blocco compatto detto **LITOSFERA**. Secondo la teoria della tettonica a zolle, la litosfera è suddivisa in placche o zolle mobili che si spostano lateralmente navigando sul mantello plastico sottostante (**ASTENOSFERA**).

Litosfera: calda e rigida

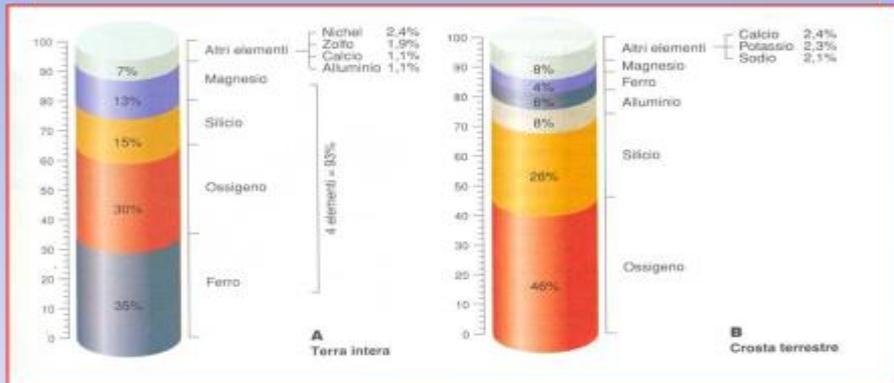
Astenosfera: calda e plastica

Temperatura e pressione aumentano verso il nucleo

L'interno della Terra

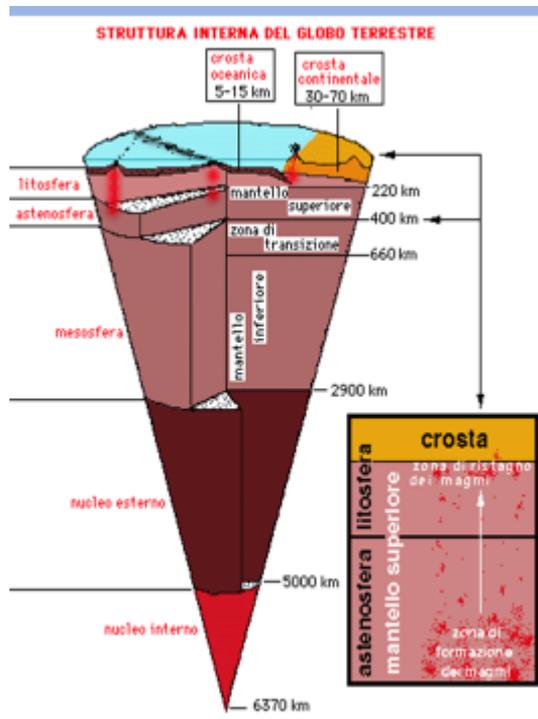


Composizione chimica della terra e della crosta terrestre



Tutto il pianeta
(crosta + mantello +
nucleo)

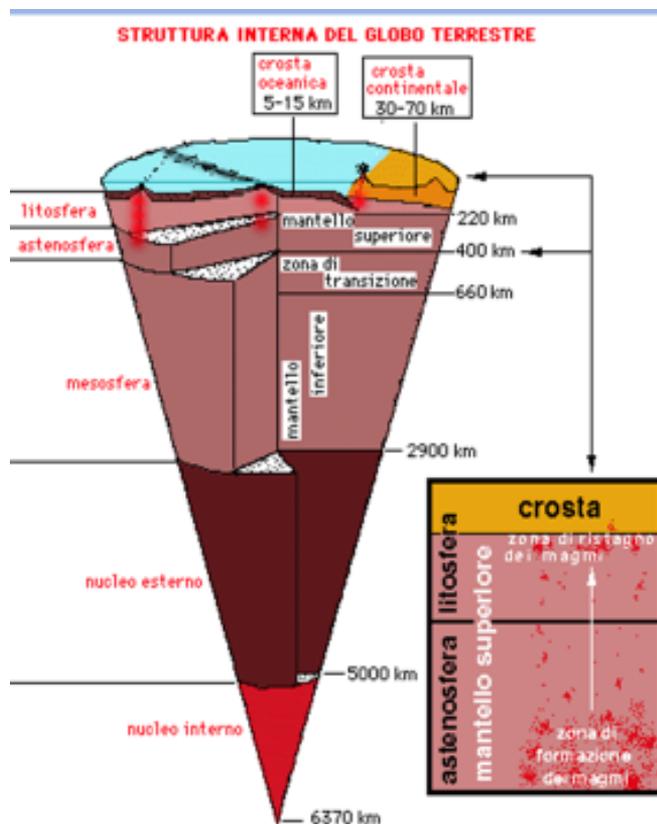
Solo la parte
superficiale (crosta)



Crosta:

- spessore variabile (continentale mediamente 35 km; oceanica mediamente 8 km)
- densità: crosta continentale da 2.5-2.8g/cm³; crosta oceanica: 2.9 g/cm³ (mediamente più pesante della continentale)
- silicati di tipo "leggero" (Si e O + Al)
- crosta + parte superiore del mantello = litosfera (rigida e fragile)
- la litosfera è divisa in placche

42



Mantello:

- spessore di 2850 Km
- densità: parte superiore: 3.3-3.4g/cm³; parte inferiore: 3.3-5.6g/cm³
- silicati di tipo "pesante" (Si e O + Fe e Mg) → rocce peridotitiche (r.ultrafemiche)
- solido e rigido al di sotto della crosta e per quasi tutto il suo spessore, ma tra 100 e 200 Km di profondità c'è una fascia a comportamento più fluido e plastico – astenosfera

Nucleo:

- raggio 3500 Km
- alta densità (9.7-13 g/cm³)
- temperatura elevata (migliaia di gradi)
- > pressione nel nucleo interno
- metalli pesanti (Fe, Ni) + 10-20 % Silicio e/o Zolfo
- nucleo esterno fluido; nucleo interno solido

LA LITOSFERA

I TRE GRUPPI DI ROCCE

magmatiche sono dette anche "igneo" e si formano all'interno della terra a temperature superiori almeno a 700° per solidificazione del magma (massa di minerali allo stato fuso);

Se solidificano sulla superficie della Terra sono dette effusive o vulcaniche, se solidificano in profondità, sono dette intrusive o plutoniche

sedimentarie derivano dall'alterazione e disgregazione delle rocce in genere e dall'accumulo dei relativi granuli

metamorfiche si formano per trasformazione delle rocce magmatiche, di quelle sedimentarie oppure anche di quelle appartenenti allo stesso gruppo per effetto di cambiamenti di pressione e/o di temperatura

Distribuzione delle rocce sedimentarie, magmatiche e metamorfiche

