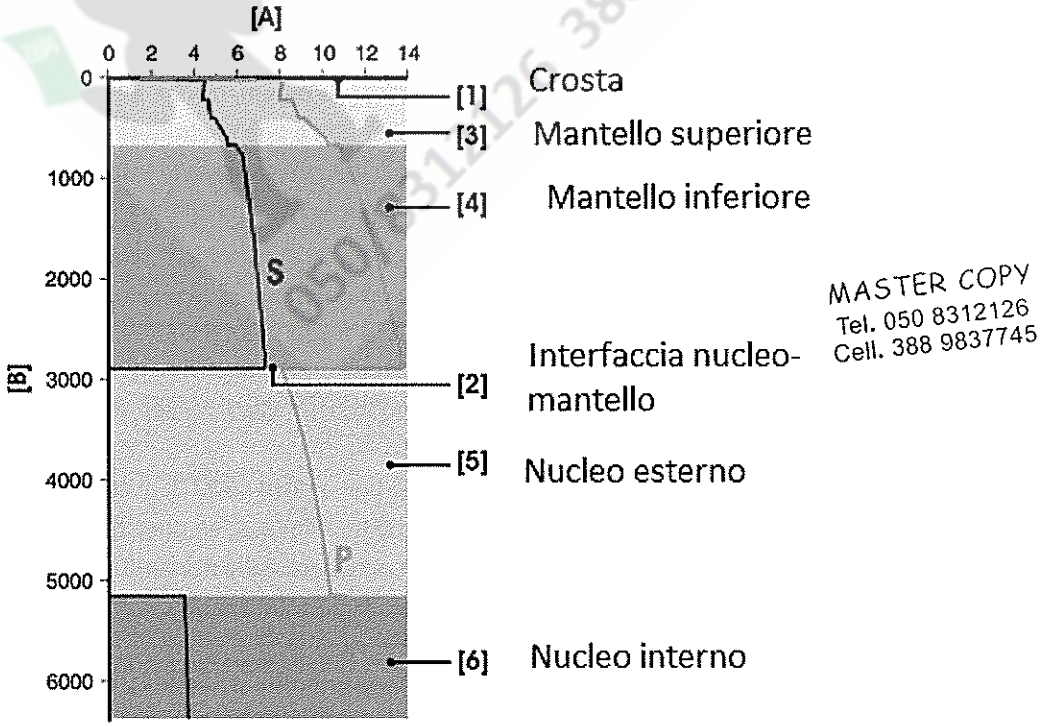
MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

STRUTTURA INTERNA DELLA TERRA

La Terra è uno sferoide avente un raggio medio di 6370 km e una struttura non omogenea, com'è possibile dedurre dalla differenza tra la densità media e la densità delle rocce superficiali.
Poiché l'indagine geologica diretta è limitata solamente alla parte superficiale, la struttura interna della Terra può essere ricostruita solo con metodi indiretti, il più diffuso dei quali è quello sismico.
Esso si basa sullo studio della propagazione delle onde elastiche generate durante i terremoti.
Le onde di volume, primarie e secondarie (dette onde P e onde S), attraversano la Terra e si riflettono sulle discontinuità maggiori. Ogni riflessione produce differenti fasi e lo studio del loro tempo di percorso tra la sorgente e il sismometro dà delle informazioni sulla struttura attraversata. Per esempio, l'assenza di onde di taglio S passanti per il nucleo esterno ha permesso di concludere che esso fosse liquido.

ONDE P: sono le più veloci quindi registrate per prime dai sismografi, dette di compressione o <u>longitudinali</u> perché deformano i materiali nello stesso senso della loro propagazione,causando una variazione di volume del mezzo attraversato, ogni cubetto ideale subisce una compressione seguita da una dilatazione, trasmessa poi al cubetto vicino <u>Si propagano in tutti i mezzi</u>: solidi, liquidi, gas. Velocità varia da **4 km/s** (stato meno rigido) a **8 km/s** (stato più rigido).
Esse si modificano bruscamente la loro direzione quando incontrano una **superficie di discontinuità**

ONDE S: più lente,dette di distorsione o <u>trasversali</u>, scuotono i materiali che attraversano in senso trasversale rispetto alla direzione di propagazione e producono in essi una variazione di forma,non di volume.
<u>Si propagano solo nei solidi</u>, no nei fluidi dove le forse di coesione tra le particelle sono deboli.
Velocità varia tra **2,3 a 4,6 Km/s**, subiscono brusche variazioni quando incontrano una discontinuità.



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

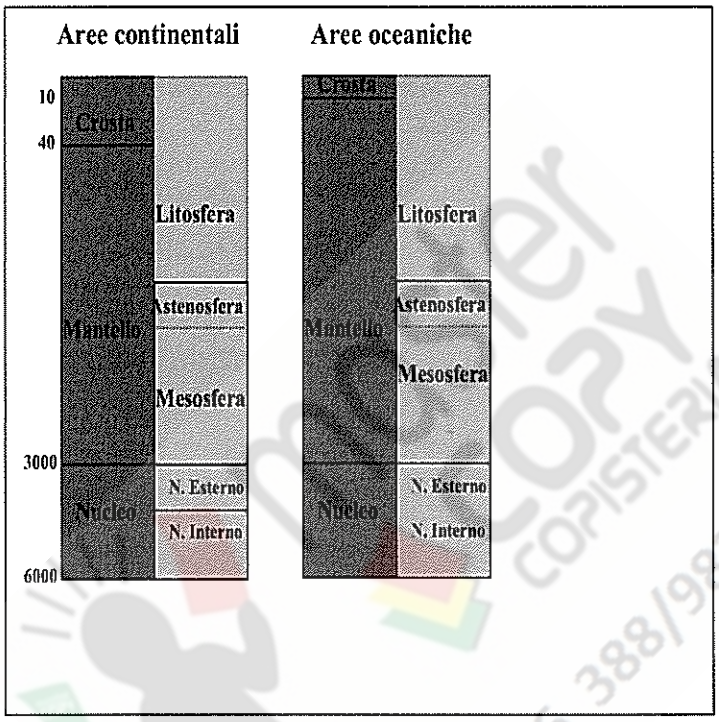
In tal modo si è dedotto che la Terra è formata da involucri concentrici che, dall'esterno verso l'interno, sono: crosta, mantello e nucleo.
La densità aumenta andando verso l'interno della Terra. Infatti, le rocce che si trovano in superficie hanno una densità compresa tra 2.5 e 3 g/cm^3, mentre la densità media della Terra è molto più alta, 5.52 g/cm^3.
La **crosta** rappresenta il guscio più esterno e costituisce un **involucro rigido e sottile.** Viene distinta in crosta continentale, quella che costituisce i continenti, e crosta oceanica, che forma i fondali oceanici; esse differiscono per spessore, densità e composizione. Lo spessore della crosta terrestre varia tra 5-15 km sotto gli oceani e 30-40 km sotto i continenti e supera i 50 km sotto le grandi catene montuose.
- La crosta **oceanica** è costituita da rocce basaltiche ricche di alluminio, silicio, ferro. La crosta oceanica risulta ovunque tripartita→ in superficie essa è coperta da uno spesso strato di rocce sedimentarie (soprattutto fanghi silicei e calcarei), al di sotto si ritrova ovunque un grosso strato di rocce eruttive basaltiche, che in profondità passa a gabbro.
-La crosta **continentale** può essere suddivisa in crosta superiore meno densa e crosta inferiore o profonda più densa, caratterizzate da una variazione nella velocità delle onde sismiche che ha permesso di individuare la discontinuità di **Conrad.** A testimonianza del carattere eterogeneo della crosta continentale, la discontinuità di Conrad non è uniformemente distribuita.
La crosta continentale superiore è costituita da rocce intrusive e metamorfiche con sottili coperture di rocce sedimentarie. La crosta continentale inferiore è composta da rocce di tipo gabbrico.

L'inizio del **mantello** è segnato dalla discontinuità di **Mohorovicic** (**Moho**) a 10-12 km dal livello del mare. La Moho è individuata da un aumento di velocità delle onde sismiche, sia longitudinali (P) sia trasversali (S). Il mantello si estende fino alla discontinuità di Gutenberg, alla profondità di circa 2900 km.
La densità passa da circa 3 g/cm^3 in prossimità della Moho sino a 5,6 g/cm^3 nelle parti più profonde; in esso la temperatura aumenta da poche centinaia di gradi, vicino alla Moho, fino a più di 300 °C presso la discontinuità di Gutenberg; anche la pressione aumenta con la profondità.
Il mantello è composto da rocce dense e pesanti, relativamente povere di silicio ma ricche di ferro e magnesio, dette **basiche.** Rocce di questo tipo, le peridotiti, affiorano solo in alcune zone della superficie terrestre e sono composte principalmente da minerali come i pirosseni, olivine e i gabbri.
Anche il mantello si divide in due strati: **mantello superiore**, fino a una profondità di circa 680 km e **mantello inferiore**. La parte superiore ha una densità di 3.3-3.4 g/cm^3 e quella inferiore aumenta da 3.3 g/cm^3 fino a 5.6 g/cm^3 nella zona più profonda. Il mantello è formato da rocce basiche ed ultrabasiche, ricche di ferro e magnesio.

A circa 2900 km di profondità si trova la discontinuità di **Gutenberg**, che separa il mantello dal **nucleo** che arriva fino a circa 6370 km di profondità; essa è individuata da una brusca diminuzione di velocità delle onde P e dalla scomparsa delle onde S. Questo fenomeno dimostra che il nucleo esterno è liquido, perché le onde S non si propagano nei fluidi.
La temperatura sale da 3000 °C in prossimità del mantello fino a oltre 4000 °C al centro della Terra.
Lo studio delle onde sismiche ha inoltre permesso di distinguere nel nucleo due strati: il **nucleo esterno**, liquido, in cui le onde sismiche di tipo S non si propagano, separato dalla discontinuità di **Lehmann** (5200 km di profondità) dal **nucleo interno**, solido.
In merito alla composizione chimica del nucleo, si possono fare solo delle ipotesi: attualmente si tende a credere che esso sia composto da una **lega** di elementi come **il ferro e il nichel.**
Il nucleo è responsabile di una delle caratteristiche peculiari della Terra, la presenza di un **campo magnetico** terrestre. Questo può essere registrato da strumenti come la bussola e anche dalle rocce al

momento della loro formazione e nel tempo può subire variazioni tanto forti da portare allo scambio di posizione dei poli stessi.

La suddivisione in crosta, mantello e nucleo **(modello composizionale)** è fatta in base alla diversa composizione delle rocce terrestri.
Se si considerano invece le caratteristiche meccaniche, (come la risposta a uno sforzo, la capacità o meno di fluire e di deformarsi, ecc.) la Terra può essere suddivisa, dall'esterno verso l'interno, in litosfera, astenosfera, mesosfera e nucleo **(modello geologico)**.



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

La **litosfera** comprende la crosta e una parte del mantello, la parte più esterna fino a circa 100 km di profondità nelle zone oceaniche e fino a circa 120-130 km ed oltre in quelle continentali.
La litosfera ha un comportamento abbastanza uniforme di tipo rigido, tipico di solidi con temperature lontane da quella di inizio fusione.
Al di sotto della litosfera, è presente, una zona parzialmente fusa detta **astenosfera**, con comportamento viscoelastico. I sismologhi indicano questa zona come Low-Velocity Zone (LVZ) in quanto all'interno di essa le onde sismiche vengono significativamente rallentate a causa del comportamento plastico.
L'astenosfera si estenda fino a 350 km di profondità e il suo limite inferiore è marcato dall'aumento di velocità delle onde sismiche.
L'astenosfera può deformarsi plasticamente, può fluire lentamente e inarcarsi verso l'alto per effetto di ampi moti convettivi. Nell'astenosfera: rocce basiche (peridotiti).
Lo strato che si estende dalla base dell'astenosfera (350 km di profondità) fino al nucleo, viene chiamato **mesosfera**, al cui interno si riscontrano due discontinuità a 410 e a 660 km di profondità caratterizzate da bruschi aumenti di velocità. Tali discontinuità corrispondono a brusche variazioni di densità. Nella mesosfera: rocce ultrabasiche.
La suddivisione della parte più esterna del globo terrestre in base alle diverse proprietà fisiche (litosfera e astenosfera) rappresenta il punto di partenza per la teoria della tettonica a zolle.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

TETTONICA A PLACCHE

La crosta terrestre è in continua evoluzione. La litosfera (crosta + mantello rigido) non è un corpo continuo ma è suddivisa in **placche** (circa 15) che possono coinvolgere contemporaneamente aree continentali e oceaniche. La litosfera rigida poggia sull'astenosfera a comportamento visco-elastico. All'interno di quest'ultima si possono perciò formate delle correnti convettive dovute a differenze di temperatura che provocano il movimento passivo delle placche tra loro.
Le correnti convettive sono in risalita in corrispondenza delle dorsali oceaniche, dove si ha fuoriuscita di materiali basaltico che forma nuova crosta e spinge lateralmente le placche.
In tal modo le placche si accrescono in continuazione, ma poiché la Terra non aumenta di volume, esistono delle zone in cui si ha compensazione dell'accrescimento mediante re ingestione (zone di subduzione) o sovrapposizione (zone di obduzione della crosta).
Nelle dorsali oceaniche la fuoriuscita di materiale avviene prevalentemente da fratture piuttosto che da vulcani e l'allontanamento delle placche è simmetrico rispetto al'asse della dorsale stessa. L'asse della dorsale non è però continuo, ma interrotto da una serie di **faglie** (faglie trasformi) a formare una successione di tronconi rettilinei che si muovono l'uno rispetto all'altro.

Già nella seconda metà dell'800 alcuni studiosi ritennero che alcune porzioni della crosta fossero soggette a movimenti verticali →Per spiegare questo venne formulato il **principio dell'isostasia**, secondo il quale la crosta può essere immaginata come un insieme di prismi,con densità e volumi differenti, che galleggiano sul mantello e raggiungono una condizione di equilibrio gravitazionale.
(la crosta a causa delle minore densità "galleggia" sul mantello).
Questo fenomeno è possibile perché il mantello si comporta come un materiale plastico, quando viene sottoposto a una spinta non troppo intensa che agisce con continuità per tempi lunghissimi.
I diversi blocchi crostali, infatti, sprofondano nel mantello e ricevono una spinta verso l'alto che ne ricompensa il peso, permettendo il raggiungimento di un equilibrio,che rispetta il principio di Archimede.
→ secondo questa teoria ogni variazione della massa dei blocchi crostali dovrebbe dar luogo a uno spostamento verticale delle masse rocciose, fino al conseguimento di un nuovo equilibrio.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Aggiustamenti isostatici: movimenti verso l'alto e verso il basso, con cui i blocchi della crosta terrestre reagiscono a una modificazione dell'equilibri esistente.
Un equilibrio isostatico definitivo non potrà mai essere raggiunto:
- i blocchi crostali, a causa dell'erosione e della sedimentazione o di fenomeni di varia natura, modificano continuamente il loro peso
- a causa della viscosità del mantello e dell'inerzia della crosta l'equilibrio non viene mai raggiunto con uno spostamento rapido, ma dopo una serie di lente oscillazioni che si smorzano gradualmente.

Movimenti isostatici : - movimenti di sollevamento
- movimenti di subsidenza (abbassamento)

(es. Penisola scandinava: calotta di ghiaccio che l'aveva fatta sprofondare(subsidenza), ora si sta rialzando).
SUBSIDENZA: indica qualsiasi movimento verticale di abbassamento del livello della superficie terrestre.
Cause: - aggiustamenti isostatici a seguito di formazione di catene montuose recenti
- carico dei sedimenti nelle regioni in cui si trova un'elevata velocità di sedimentazione
- compattazione dei sedimenti per il processo di diagenesi
- riduzione nel livello delle falde acquifere sotterranee
- estrazione eccessiva dei fluidi dalle falde acquifere o dai giacimenti di idrocarburi

Teoria della deriva dei continenti

Grazie a Alfred Wegener si scoprì che le masse crostali potevano spostarsi anche orizzontalmente.
Infatti nel 1912 formulò la teoria della deriva dei continenti: fino a 200 milioni di anni fa esisteva un unico,grande continente chiamato **PANGEA**, circondato da un unico oceano **PANTALASSA**.
Circa 180 milioni di anni fa,cominciò a smembrarsi e le masse cominciarono a muoversi,fino a raggiungere le attuali posizioni.
Una delle conseguenze è anche la nascita delle catene montuose:
- durante la deriva delle Americhe verso ovest le cordigliere occidentali si sarebbero formate per compressione,
- le alpi, il Caucaso e l' Himalaya si sono formati in seguito allo scontro di due blocchi continentali rigidi

PROVE GEOMORFOLOGICHE: margini continenti che combaciano (oggi sappiamo che il limite reale tra continenti e oceani non corrisponde alla linea della costa, ma si trova dove la scarpata separa la piattaforma continentale dai fondali oceano)

PROVE PALEONTOLOGICHE: certi tipi di rocce, resti fossili di felci e rettili sono simili in continenti divisi dagli oceani

PROVE PALEOCLIMATICHE: - nelle regioni che oggi hanno un clima tropicale c'erano condizioni di clima freddo documentate da depositi glaciali risalenti a 300 milioni di anni fa
- depositi evaporitici (si formano solo in ambienti caldi e secchi) e giacimenti di carbone(tipici di un clima tropicale ma ricchi in Germania e Inghilterra) →continenti uniti e spostati molto più verso sud.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Teoria dell'espansione dei fondali oceanici

Elementi più significativi dei fondali: dorsali, pianure abissali, fosse oceaniche, archi vulcanici.

Le **zone di subduzione** si hanno quando nello scontro tra due placche una delle due si inflette sotto l'altra e viene riassorbita dal mantello. Possono essere di due tipi:

· **arco-fossa :** la placca che si inflette è di tipo oceanico. Esso individua al di sotto dell'altra placca un piano inclinato detto "piano di Benioff". L'altra placca è formata da una zona continentale e da una zona oceanica antistante, nella quale si viene a formare un arco magmatico che si manifesta con una serie di isole (es. Giappone). Lungo il piano di Benioff, per attrito tra le due placche, si generano numerosi terremoti profondi, mentre per la fusione parziale del materiale si generano dei magmi che risalendo formano l'arco;
· **arco-cordigliera:** in questo caso lo scontro avviene tra una placca di tipo oceanico e una di tipo continentale. La placca che si inflette è sempre quella di tipo oceanico perché il continente è formato in prevalenza da materiale granitico di densità inferiore rispetto al basalto oceanico. Anche in questo caso si forma un arco magmatico, che però è situato all'interno del continente, determinando una catena montuosa (es. Cordigliera delle Ande).

In entrambi i casi tra le due placche si forma una fossa che può raggiungere profondità notevoli (fosse oceaniche, è il caso della Fossa delle Marianne, profonda circa 11000m) e nelle quali si accumulano notevoli quantità di sedimenti.

Le **zone di obduzione** si hanno quando le due placche sono di tipo continentale; poiché non posso essere subdotte, avendo densità simile, si accavallano l'una sull'altra. Si possono in tal modo formare importanti catene montuose (es. Alpi, Himalaya).