

Dalla deriva dei continenti alla tettonica a zolle

La deriva dei continenti

- L'ipotesi della deriva dei continenti viene proposta organicamente dal geofisico tedesco Alfred Wegener tra gli anni 1919 e 1929 sulla base di una serie di dati in parte già noti:
- Nel 1620 il geografo Bacone nota una conformità tra le coste dell'Africa e del S. America.
- Nei primi dell'800 von Humboldt suggerisce che i due continenti fossero stati inizialmente uniti e poi separati da una larghissima valle scavate dalle correnti marine.
- Nei primi del '900 Taylor tenta di spiegare la deriva dei continenti sulla base della distribuzione delle catene montuose.

LA TEORIA FISSISTA DELLA TERRA.... una teoria statica

E' sostanzialmente il modello della Terra in contrazione sulla quale le catene di montagne si erano formate per diminuzione di volume del corpo terrestre, originariamente fuso, a causa del suo raffreddamento.

I minerali più leggeri erano migrati in superficie formando lo strato di SIAL composto da silicati di Alluminio (principali componenti delle rocce granitiche e metamorfite acide).

I minerali più pesanti erano sprofondati in basso formando il SIMA composto da rocce basiche come basalti, gabbri e peridotiti (formati da silicati di Magnesio).

I continenti e gli oceani avevano mantenuto la medesima posizione per tutta la storia geologica.

Si ammetteva che gli oceani erano stati generati per sprofondamento di vaste zone della superficie terrestre, così come qualche zona degli oceani poteva riemergere per formare terre emerse.

Le argomentazioni di Wegener a favore della deriva dei continenti

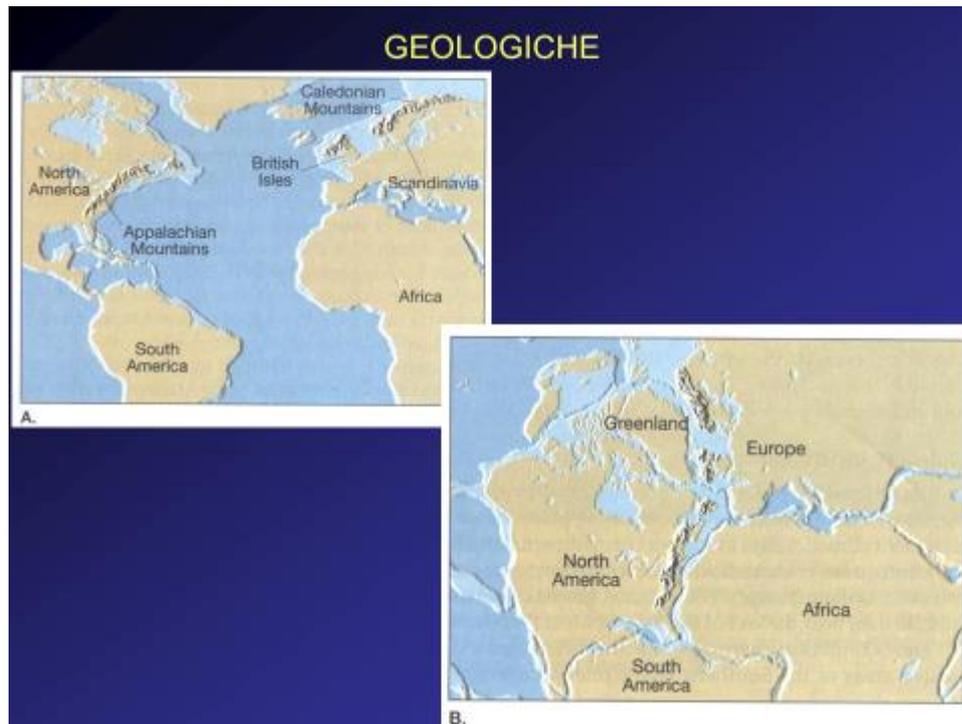
Tra il 1910 ed il 1929 A. Wegener elaborò l'ipotesi della deriva portando le seguenti prove:

- Geografiche
- Geologiche
- Paleontologiche
- Paleoclimatiche

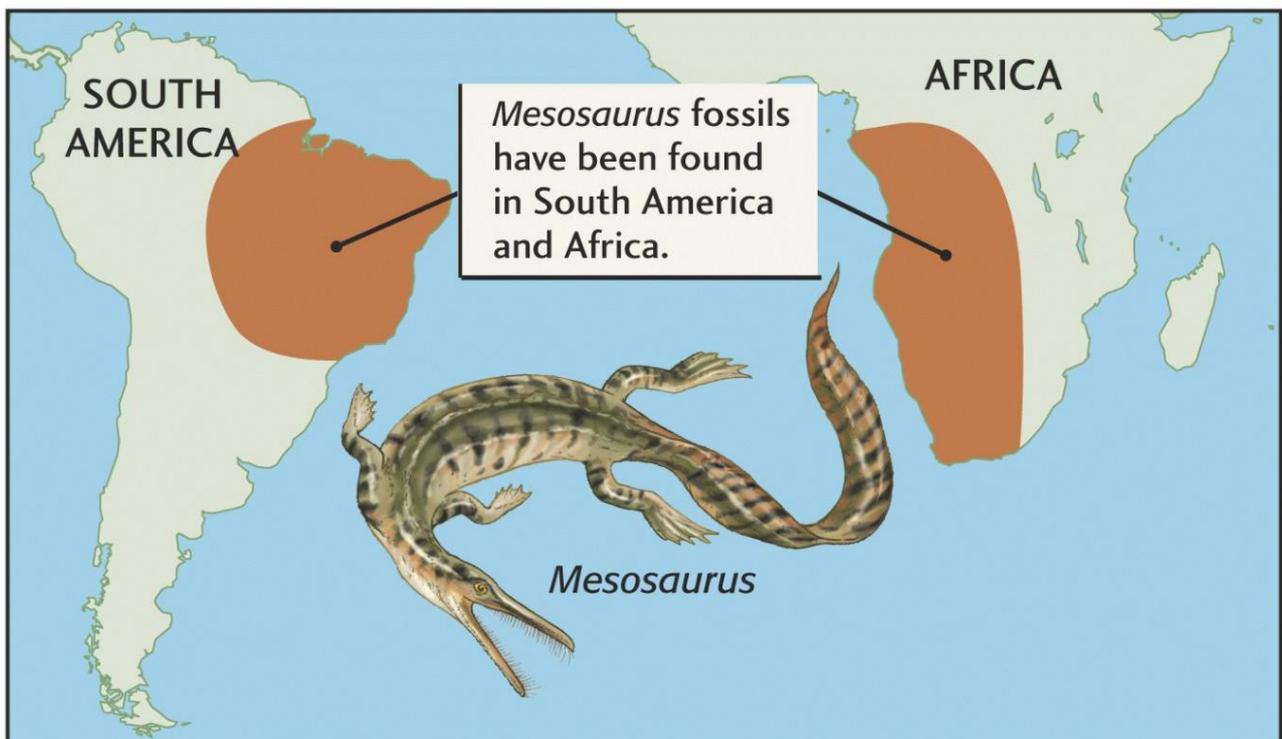
Geografiche: corrispondenza dei bordi dei continenti



Geologiche: rocce appartenenti a due catene montuose formatesi 470-350 ml di anni fa (catena caledoniana) e 350-200 ml di anni fa (catena ercinica) si trovano in: Groenlandia, Scandinavia, Isola di Terranova e costa Atlantica USA, UK, Europa Centrale.. e in Marocco.. e in Carnia!!!



Paleontologiche: la presenza di organismi fossili affini in continenti diversi...



Il Mesosauro è un fossile di ambiente lacustre e salmastro... NON è marino.. come si fa a trovare sia in Brasile che in Sud Africa?

PALEONTOLOGICHE

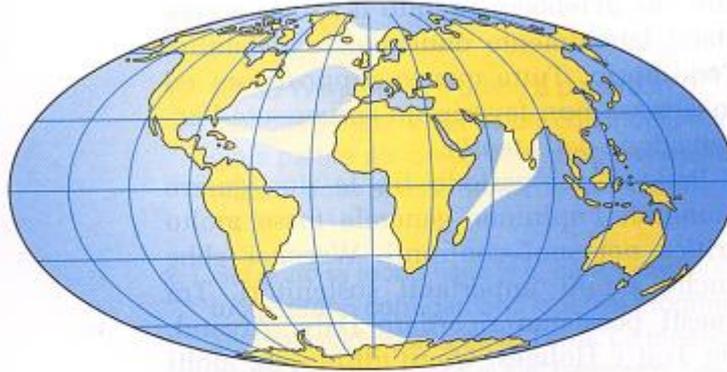


Figura 11.5. Rappresentazione dei cosiddetti ponti continentali, ipotizzati per spiegare secondo le teorie fissiste la distribuzione in continenti diversi di specie animali e vegetali simili. La spiegazione della presenza di specie affini su continenti attualmente separati da vasti oceani è molto più semplice, se si accetta l'ipotesi di una antica unione dei continenti in un unico grande blocco.

Paleoclimatiche: presenza di evidenze ghiacciai passati o di condizioni equatoriali dove oggi non ci potrebbero essere

PALEO CLIMATICHE

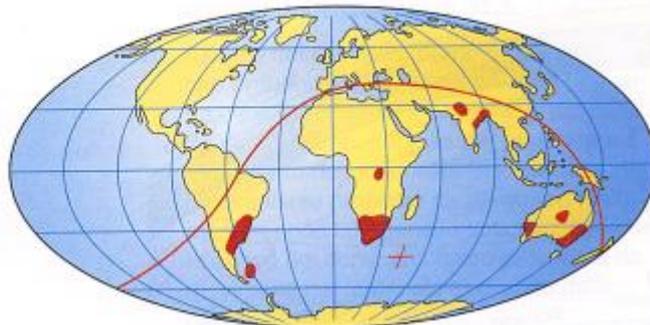


Figura 11.6. Le aree in rosso indicano gli affioramenti di antichi depositi di rocce sedimentarie di ambiente glaciale. I depositi rappresentati risalgono ai periodi carbonifero e permiano. Nella figura sono indicati l'equatore (linea rossa) e il polo sud (crocetta) nelle posizioni più favorevoli per giustificare l'espansione glaciale, se i continenti si fossero trovati sempre nella stessa posizione di oggi. Anche se assumessimo questa diversa posizione del polo, buona parte dell'emisfero meridionale sarebbe stata ricoperta dai ghiacci. È molto più probabile che fossero i continenti ad essere spostati vicini al polo.

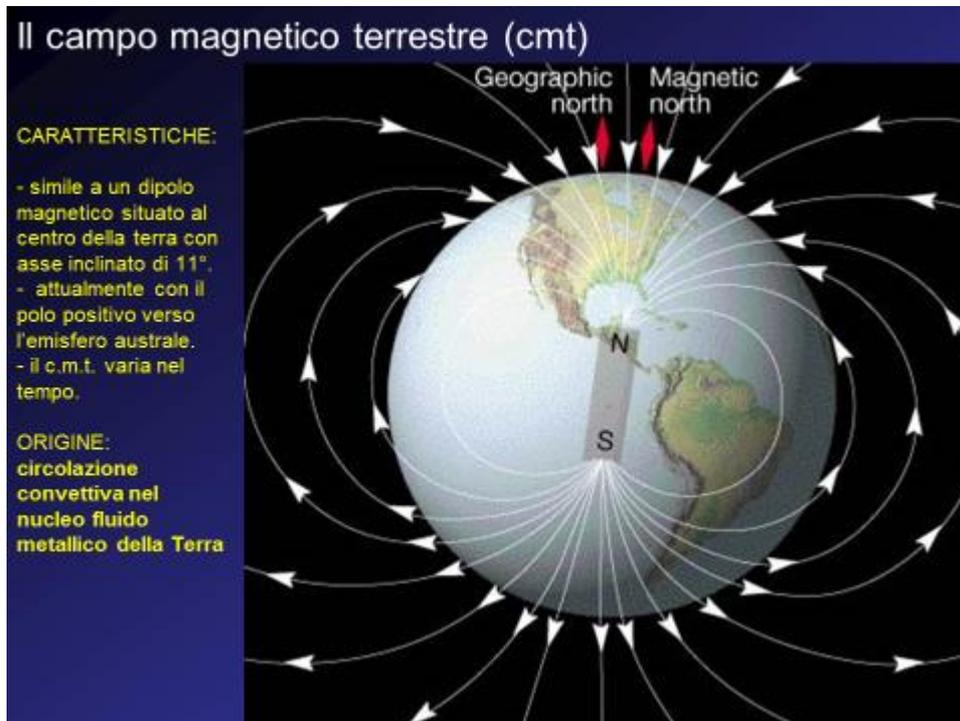
Il limite della teoria di Wegener fu quello di non riuscire a definire quale fosse il motore che muoveva i continenti portandoli "alla deriva": pur giustificando con la sua teoria la distribuzione di ghiacciai, fossili ecc che troviamo oggi dislocati in varie parti del mondo, non riuscì a spiegare adeguatamente come e perché i continenti andassero alla deriva.

La validità della deriva dei continenti poté essere provata solo dopo che furono fatte molte altre scoperte sulla natura della Terra.

Fondamentale per esempio fu la scoperta del fenomeno del PALEOMAGNETISMO

MAGNETISMO E PALEOMAGNETISMO TERRESTRE

Nelle rocce rimane conservata la registrazione del campo magnetico terrestre (cmt) del passato, da cui si possono dedurre i movimenti delle placche litosferiche.



Polo magnetico e polo geografico non coincidono: l'angolo fra il polo magnetico e il polo geografico viene definita declinazione magnetica.

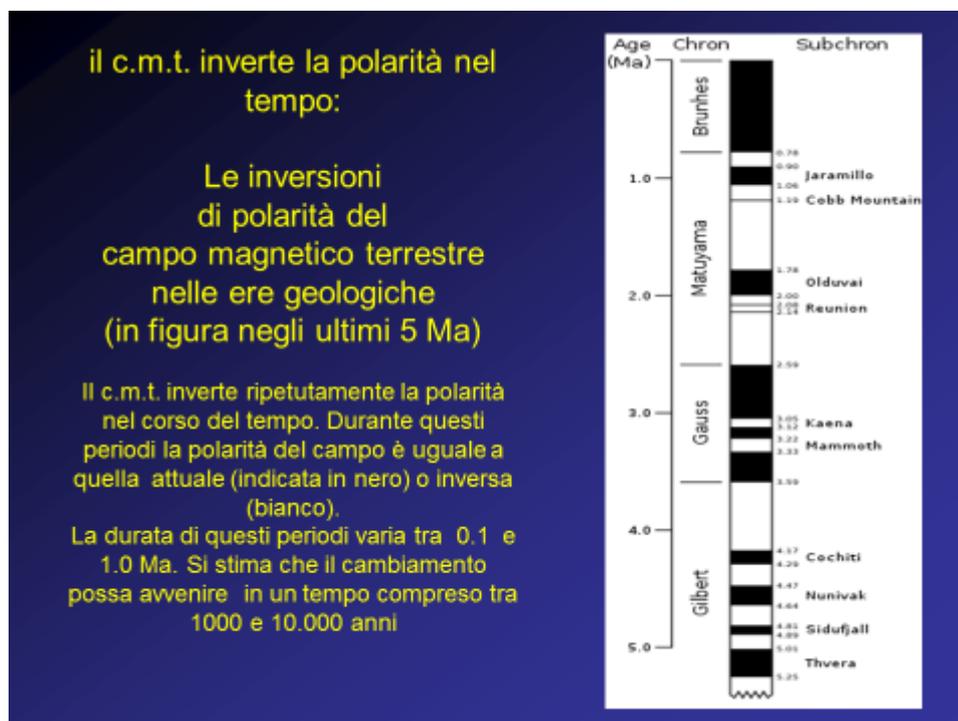
Il cmt non è stazionario, ma soggetto a variazioni di direzione ed intensità.

- 1) Migra molto lentamente ma sempre nei pressi dei poli



- 2) inverte la polarità. L'inversione è un evento planetario e si sono riconosciute più volte nella storia della Terra. Viene definita epoca (o crono) l'unità fondamentale del tempo geologico in termini di polarità geomagnetica; eventi (o subcrono) sono definiti intervalli di polarità di ordine gerarchico inferiore (50 000 – 200 000 anni) ed escursioni quelli ancora più brevi (30 000 anni)

La scala delle inversioni magnetiche, inizialmente compilata per gli ultimi 5 milioni di anni, è stata estesa fino a 165 milioni di anni sulla base delle anomalie magnetiche misurate nelle lave dei bacini oceanici.



L'ultima inversione è avvenuta 780 000 anni fa e ci ha portato da una polarità inversa (Matuyama) ad una normale (Brunhes). Sviluppi ulteriori del paleomagnetismo hanno anche condotto alla ricostruzione delle variazioni di **intensità** del campo magnetico terrestre nel corso del passato geologico e quindi alla definizione di curve della paleointensità del campo, in particolare con notevole dettaglio per gli ultimi 800.000 anni.

Quali rocce registrano il cmt? Tutte le rocce subiscono una magnetizzazione che viene acquisita in modo diverso a seconda della roccia: le rocce magmatiche la acquisiscono durante la fase di consolidamento (raffreddamento), mentre nelle sedimentarie i granuli magnetici si orientano durante la deposizione e la compattazione (dopo no!!!). Le rocce metamorfiche possono subire altre magnetizzazioni se sono sottoposte a nuovo calore o pressione. In questo caso si parlerà di magnetizzazione secondaria.

E' importante la presenza dei minerali ferromagnetici, cioè contenenti Ferro. Il minerale ferromagnetico per eccellenza è la magnetite (Fe_3O_4) e le rocce che più di tutte contengono magnetite sono i basalti.

I minerali ferromagnetici (x es la magnetite) hanno la proprietà di acquisire una magnetizzazione quando vengono posti in un campo magnetico. Una volta inclusi in sostanze che si raffreddano (x es lave), questi minerali conservano una magnetizzazione residua acquisita durante il raffreddamento a partire da una temperatura situata sotto il loro punto di Curie ($570^{\circ}C$ per la magnetite, circa $600^{\circ}C$ per gli altri) (*punto di Curie: valore di temperatura oltre il quale riscaldando il materiale ferromagnetico, questo perde alcune proprietà e si comporta come paramagnetico*). Tale

magnetizzazione “fissa” definitivamente le caratteristiche (intensità declinazione, inclinazione) del campo magnetico terrestre del momento.

Il parametro che determina la proprietà magnetica di una materiale è detto **suscettività** magnetica (k) e rappresenta la capacità del materiale di essere magnetizzato da un campo magnetico esterno (H).

Il prodotto della suscettività magnetica per il campo esterno fornisce l'intensità di magnetizzazione indotta J

$$J = k H$$

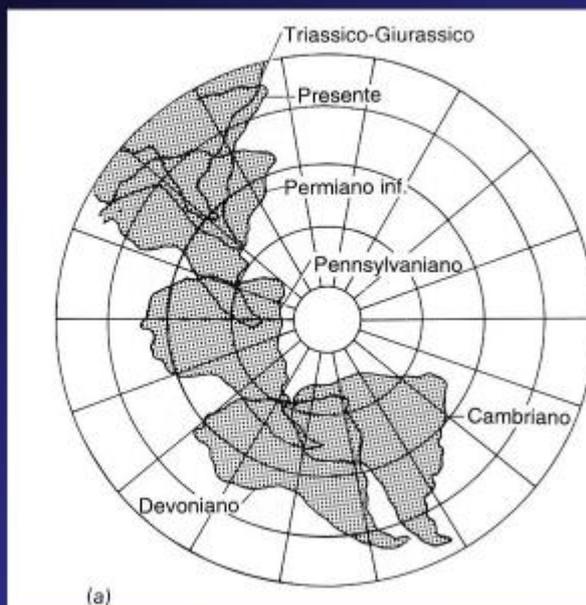
(Nota: la relazione è vettoriale)

Paleomagnetismo e deriva dei continenti

Studiando il campo magnetico nelle rocce antiche i ricercatori trovarono indicazioni del polo nord all'equatore o addirittura la presenza di due poli. L'unica soluzione possibile era quindi che ad essersi spostati non erano tanto i poli, ma i continenti.

Ricostruzione del movimento relativo del Sud America rispetto al polo Sud sulla base dei dati paleomagnetici.

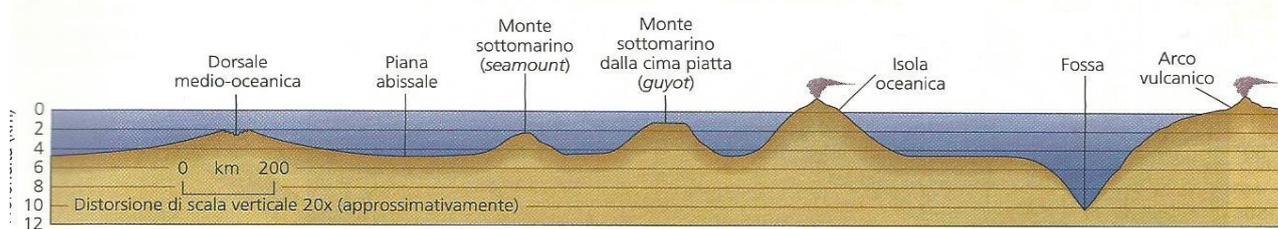
Il polo viene tenuto fisso



(a)

Lo studio dei fondali marini

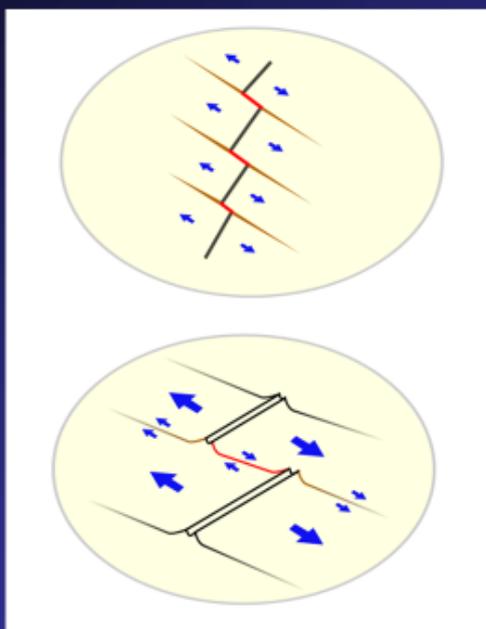
Durante la seconda guerra mondiale si sviluppò la tecnologia adatta ad indagare i fondali marini e questo diede una spinta molto importante alle esplorazioni del fondo marino. Le nuove carte batimetriche misero in evidenza la presenza di particolari morfologie marine.



Fra queste, le più evidenti sono le dorsali medio-oceaniche, lunghe catene sottomarine che si sviluppano più o meno al centro degli oceani, seguendo i margini dei continenti, che si innalzano dalle piane abissali.



Le dorsali sono caratterizzate da un tipo particolare di faglie trasversali che sono state scoperte solamente con l'esplorazione sistematica dei fondi oceanici. Sono le cosiddette **faglie trasformati**



Gli scienziati scoprirono che la composizione dei fondi oceanici (basalti) è profondamente diversa da quella dei continenti (granitica). Scoprirono, inoltre, che il flusso di calore (cioè la velocità con cui il calore sale dall'interno della Terra) attraverso il fondo oceanico è più intenso in corrispondenza della dorsale. Ne dedussero che il magma dovesse risalire proprio da lì.

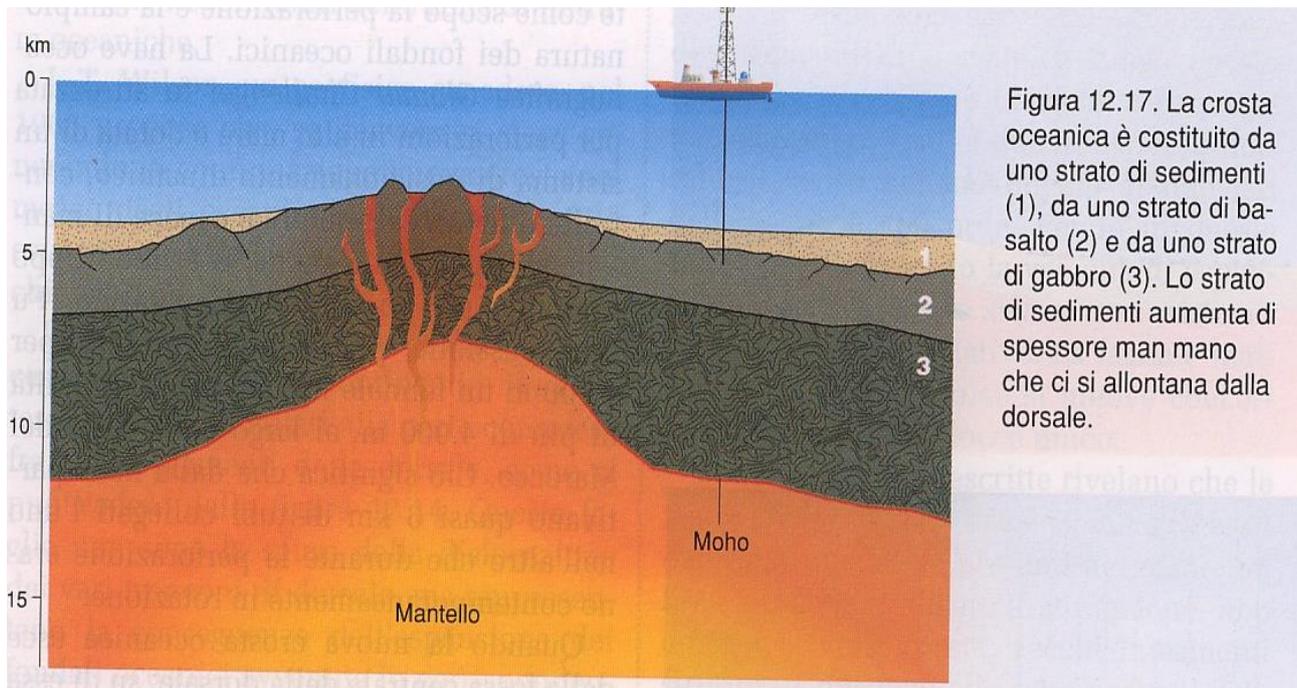
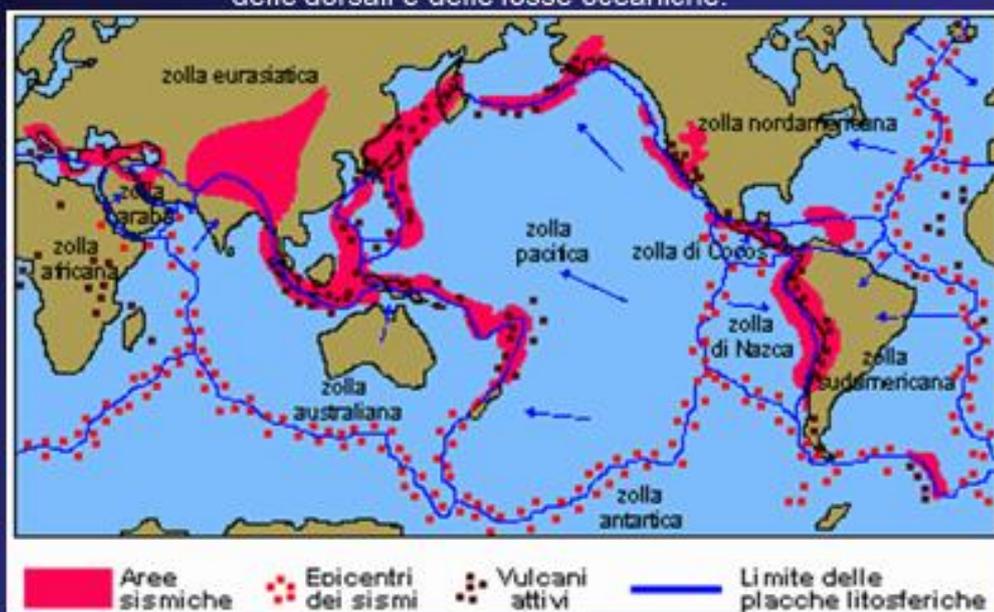


Figura 12.17. La crosta oceanica è costituita da uno strato di sedimenti (1), da uno strato di basalto (2) e da uno strato di gabbro (3). Lo strato di sedimenti aumenta di spessore man mano che ci si allontana dalla dorsale.

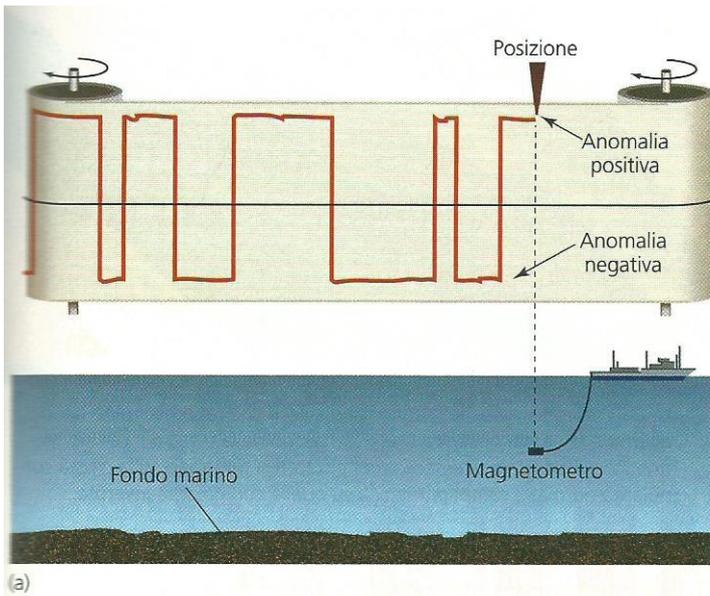
Nel 1940 Hugo Benjoff tracciò la posizione dei sismi profondi ai margini dell'Oceano Pacifico. La sua carta indica una catena di sismi che oggi è conosciuta come "Anello di fuoco del Pacifico" ed a partire da essa gli scienziati hanno tracciato la distribuzione dei vulcani e dei sismi nel mondo.

L'analisi sistematica dei sismi profondi permise di comprendere che essi non avvenivano casualmente sopra la superficie terrestre ma erano concentrati lungo vere e proprie linee, localizzate sulla crosta terrestre e corrispondenti al sistema mondiale delle dorsali e delle fosse oceaniche.



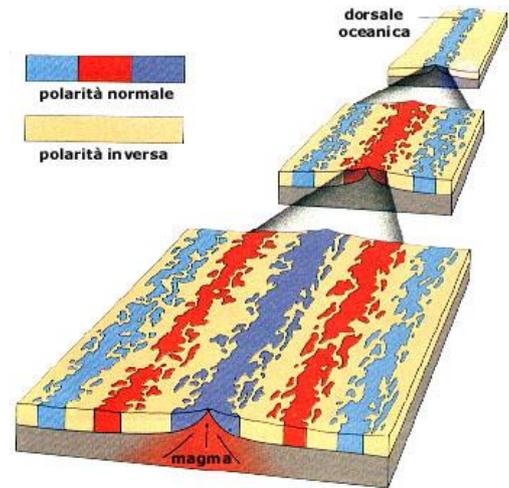
Le anomalie magnetiche e l'espansione dei fondi oceanici

Determinante fu il riconoscere sul fondo marino una simmetria costante delle anomalie magnetiche rispetto all'asse della dorsale. Le anomalie, misurate mediante magnetometro trascinato da una nave, evidenziavano alternanza di anomalie positive e negative che furono datate. Si scoprì così che la crosta oceanica più recente si trovava presso la dorsale, mentre quella più vecchia si trova man mano che ci si avvicinava al continente.....Ma non così vecchia come ci si poteva aspettare: il fondo marino più antico ha solo 160 milioni di anni, mentre



le rocce continentali più antiche hanno 3.5-3.8 miliardi di anni!!!!

In pratica più del 50% del fondo oceanico si è originato negli ultimi 60 milioni di anni.



Anomalie magnetiche della dorsale medio-Atlantica a sud dell'Islanda

In nero le anomalie positive corrispondenti ad una polarizzazione del campo normale (in bianco quelle di campo inverso)
 Notare la disposizione a strisce parallele speculari rispetto all'asse della dorsale

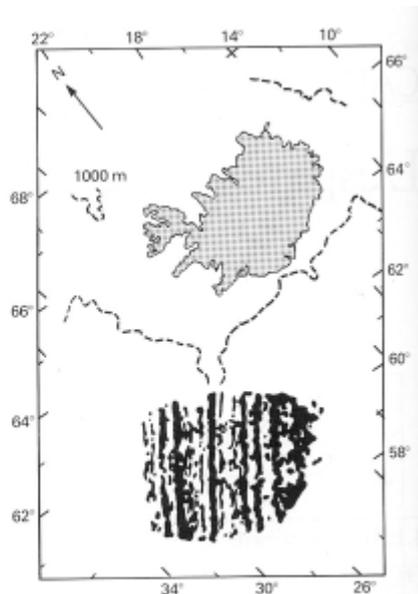


Figura 4.2 Lineazioni magnetiche sui lati della Dorsale Medio-atlantica a Sud dell'Islanda. Anomalie positive in nero (secondo Heirtzler *et al.*, 1966, in *Deep Sea Research*, 13, p. 428, col permesso di riproduzione della Pergamon Press Ltd).

La formazione delle bande simmetriche, di età geologica crescente radialmente dalla dorsale, è conseguenza dell'inversione di polarità nel tempo geologico e dell'espansione del fondale.

Figura 4.6 Espansione del fondo marino e creazione delle linee di polarità magnetica secondo l'ipotesi Vine e Matthews (ridisegnato da Bott, 1982a, con permesso di riproduzione della Edward Arnold Ltd).

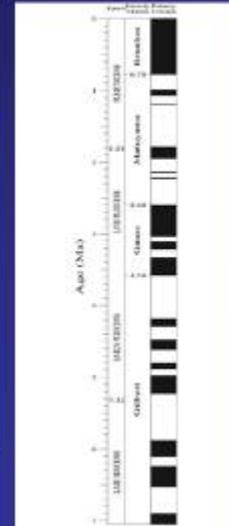
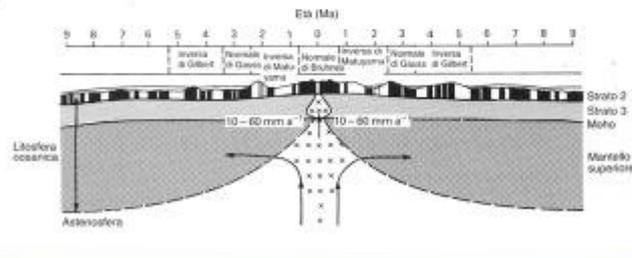


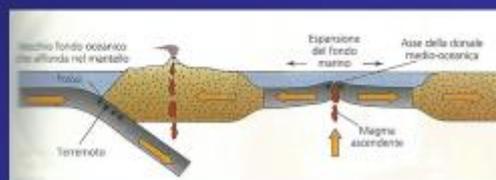
Fig. 10. Diagramma delle anomalie di polarità magnetica e delle anomalie del campo magnetico terrestre. (Dopo Dyer, 1981). "Normal" polarity shows up down in black and reversed polarity shows up white.

L'espansione dei fondi oceanici

Nel 1962, Harry Hess propose un'idea per spiegare la topografia del fondale oceanico e l'attività che esiste lungo le dorsali e le fosse, suggerendo che nuova crosta oceanica si origina dalle *rift* (spaccature) delle dorsali oceaniche ed il fondale e la roccia sottostante sono formati proprio dal magma che risale dalle profondità della Terra. Questo spiegherebbe perché il sistema della dorsale è composto da rocce basaltiche, cioè da rocce di origine vulcanica.

Hess propose, inoltre, che il fondale muovendosi lateralmente si allontana dalla dorsale e sprofonda in una fossa lungo il margine del continente.

Nel modello di Hess, le correnti convettive nell'astenosfera spingono il fondale oceanico dalle dorsali alle fosse; tuttavia queste correnti dovrebbero spostare anche i continenti poiché sia i continenti sia l'oceano fanno parte della stessa litosfera.



La teoria dell'espansione dei fondali oceanici sviluppata da **Hess** ebbe successo dove Wegener fallì. I continenti furono considerati parte di placche che si muovono sulla "soffice" e plastica astenosfera. Inoltre, il movimento di allontanamento del fondale dalla dorsale, contribuì anche a spiegare la distribuzione dei sismi e dei vulcani scoperta da **Benioff** nel 1940: quando la litosfera sprofonda a livello delle fosse nell'astenosfera, si originano sismi e vulcani poiché le placche oceaniche dense (fatte da rocce basaltiche) vengono spinte sotto le placche continentali meno dense (fatte di rocce costituite per lo più di materiale granitico). L'immersione delle placche di subduzione, motiva la distribuzione dei sismi e dei terremoti.

FOSSE DI SUBDUZIONE

Strutture morfologicamente depresse lungo le quali avviene la subduzione della litosfera oceanica

Distribuzione dei sismi in un sistema arco-fossa:

Gli ipocentri dei terremoti sono distribuiti secondo una fascia sismica inclinata dalla fossa verso l'arco, detta "piano di Benioff"

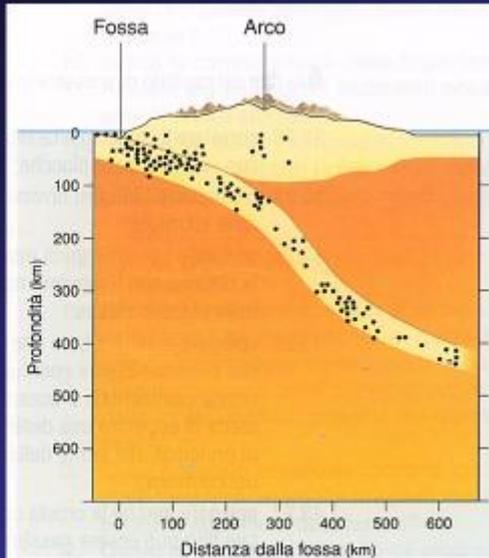


Figura 13.1. Sezione verticale attraverso l'arco insulare Izu-Bonin nel Pacifico occidentale, che mostra la distribuzione degli ipocentri dei terremoti (punti neri) registrati nel periodo dal 1954 al 1969. La fascia sismica indicata in colore è il cosiddetto piano di Benioff.

LA TETTONICA A PLACCHE



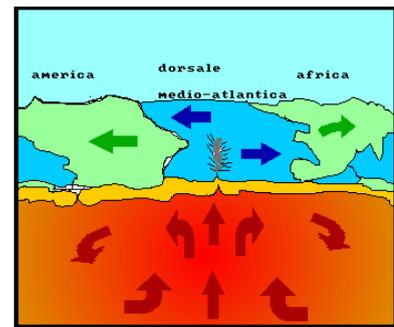
Nel 1965, le idee della deriva dei continenti e dell'espansione dei fondali furono integrate nel concetto di Tettonica a placche da Tuzo Wilson.

La tettonica divide lo strato superficiale della Terra in dodici placche litosferiche distinte, ognuna di circa 45-65 migliaia di chilometri quadrati.



Queste placche fluttuano sulla sottostante astenosfera che, riscaldata dall'interno della Terra e divenuta plastica, si espande, diventa meno densa e si solleva. Incontrando la litosfera devia e trascina le placche lateralmente finché si raffredda e si condensa deviando nuovamente per completare il ciclo.

Wilson fu il primo ad utilizzare il termine placche, ma la formulazione teorica completa ed il suo sviluppo furono opera del geofisico americano Jason **Morgan**



Ricordando quanto già visto:



Il passaggio dalla crosta al mantello è segnato dalla discontinuità di Mohorovicic' (legata al cambiamento di velocità delle onde P in prossimità di questa superficie).

CROSTA TERRESTRE + PARTE SUPERFICIALE DEL MANTELLLO = LITOSFERA

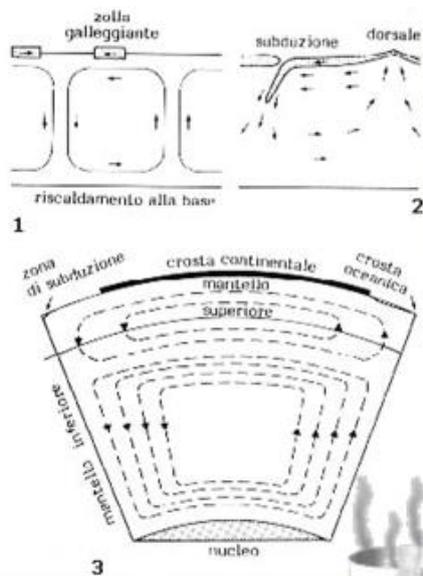
La litosfera si comporta rigidamente se sottoposta a tensioni.

Il **MANTELLLO** ha uno spessore di circa 2900 Km. E' formato da rocce parzialmente fuse che alimentano il magma

La parte del mantello superiore a contatto con la litosfera forma l'ASTENOSFERA (che ha un comportamento plastico).
 Il passaggio da mantello a nucleo è segnato dalla discontinuità di Gutenberg.
 Il nucleo ha uno spessore di circa 3470 Km ed è composto da una parte esterna liquida e da una parte interna solida.
 Nel passaggio dalla crosta al nucleo si osserva un progressivo aumento della densità dei materiali, della pressione e della temperatura.



Nei mantello, che ha un comportamento plastico, avverrebbero fenomeni di CONVEZIONE tipici dei fluidi. Se riscaldiamo un fluido esso si espande diventando meno denso rispetto al materiale circostante e tende quindi a salire, il materiale più freddo tenderà invece a scendere instaurando così un circolo che prende il nome di CELLA CONVETTIVA. Queste correnti sono responsabili della DERIVA DEI CONTINENTI e della TETTONICA DELLE PLACCHE e forniscono magma ai vulcani e alle dorsali oceaniche.



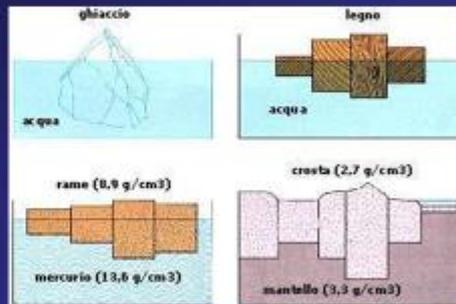
Il movimento delle zolle è molto lento, dell'ordine di pochi centimetri l'anno.

Il movimento delle zolle è molto lento, dell'ordine di pochi centimetri l'anno.

Il movimento delle zolle è molto lento, dell'ordine di pochi centimetri l'anno.

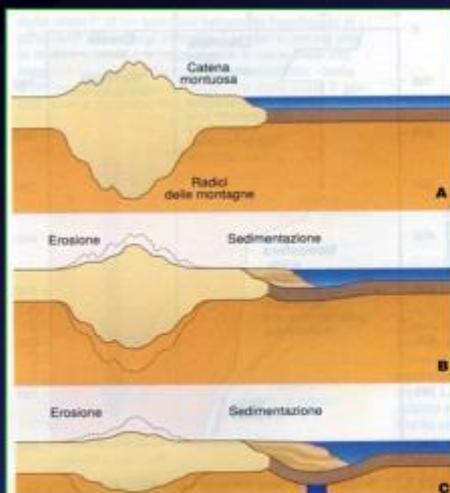
Tutta la litosfera in genere galleggia sul mantello che in realtà non è un substrato compatto e rigido, ma anzi risulta avere un comportamento plastico che permette un certo movimento al di sopra di essa. Quindi dovrà esistere una sorta di equilibrio tra il mantello e la crosta, altrimenti quest'ultima affonderebbe. Verso la fine del 1800 venne enunciato da Dutton il principio dell'**isostasia** secondo il quale le masse rocciose sono in equilibrio al di sopra della massa del mantello, cioè in pratica queste masse di crosta galleggiano sul mantello come farebbe un pezzo di legno sull'acqua, e dipendendo dalla densità di questo, cioè il suo peso, questo pezzo di legno sporge più o meno dall'acqua

ISOSTASIA



L'isostasia è l'applicazione del principio di Archimede al "galleggiamento" dei blocchi crostali sul sottostante mantello.

Man mano che la litosfera si raffredda allontanandosi dalla dorsale, essa aumenta di densità (SI RAFFREDDA) ed aumenta il carico litostatico sul mantello sottostante. Questo assorbe lo spostamento grazie al suo comportamento plastico (viscosità), causando una subsidenza che vede l'abbassamento del fondale oceanico. Il principio dell'isostasia richiede che ogni colonna litosferica sia compensata a qualsiasi distanza dalla cresta. Con questo principio è possibile calcolare la profondità del fondo oceanico in funzione dell'età della roccia, noto che sia il coefficiente di espansione (contrazione) termica della litosfera.



PS: l'equilibrio isostatico viene raggiunto anche quando le catene montuose vengono erose o quando i ghiacciai che insistono su un'area continentale fondono (per es. area scandinava)

Scandinavia, come il Canada e la Groenlandia, fu coperta da una coltre di ghiaccio dello spessore di 2-3 km. La crosta, schiacciata da questo enorme peso, si abbassò. Quando ritornò il clima caldo, il ghiaccio si sciolse. Rimase completamente il marino, circa 10.000 anni fa la Scandinavia cominciò a sollevarsi. La figura 9.15, mostra l'innalzamento verificatosi

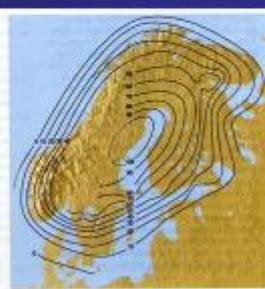
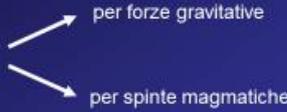


Figura 9.15. La regione scandinava è oggi innalzata da spinte verticali che sottilmente si accumulano all'anno. Fino a 10.000 anni fa la penisola era ghiacciata ad uno spessore di oltre 2.000 metri di ghiaccio. Le linee chiuse collegano i punti nei quali si è avuta la stessa sollevamento negli ultimi 8.000 anni.

DINAMICA DELLE PLACCHE

Forze che muovono le placche litosferiche:

- A – Spinte alle dorsali 
 - per forze gravitative
 - per spinte magmatiche
- B – Tensione delle zolle
- C – Correnti di convezione del mantello

NON LE FAREMO !!!

Tutti i margini tra le placche coincidono con le principali zone sismicamente attive della Terra.

Esistono 3 tipi di margine:

- divergenti
- convergenti
- trasformati

e tre tipi di movimento:

- allontanamento
- scontro
- scorrimento

ALLONTANAMENTO...delle placche



SI FORMA NUOVA CROSTA

Lo spazio che si forma tra le due zolle che si allontanano, lascia posto alla fuoriuscita del magma proveniente dal mantello che giunto in superficie solidifica formando nuova crosta e determinando per esempio l'espansione dei fondali oceanici. Questo allontanamento porta alla formazione delle cosiddette dorsali oceaniche (es. dorsale medio-atlantica).

I margini di queste zolle vengono detti *margini di accrescimento o costruttivi* (perché si forma nuova crosta terrestre) o *margini divergenti* (poiché lungo questi margini le zolle divergono, cioè si allontanano)

Limiti divergenti : Caratterizzati da meccanismi distensivi, bassa sismicità ipocentri superficiali

Dorsale medio atlantica: allontanamento 1 cm anno -> espansione 2 cm/anno

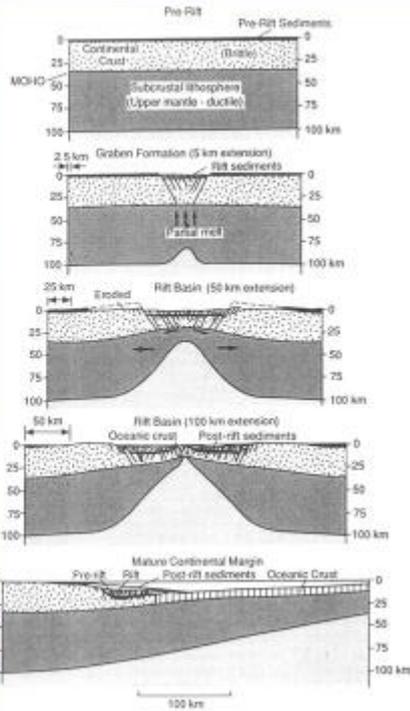
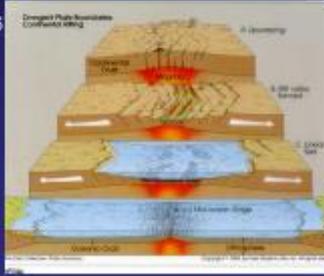
Pacifico orientale: allontanamento 5 cm/anno -> espansione 10 cm/anno

Il **rifting continentale** è causa della lacerazione della litosfera.

Se la divergenza continua per tempi geologici molto lunghi, è causa della formazione di una dorsale e di un oceano.

Il bacino prodotto dal rifting iniziale viene smembrato in due bacini e l'oceano che va ampliandosi determina la formazione di due margini continentali coniugati. Tali margini sono detti "**passivi**".

(da Salveson, 1976)



SCONTRO...tra placche

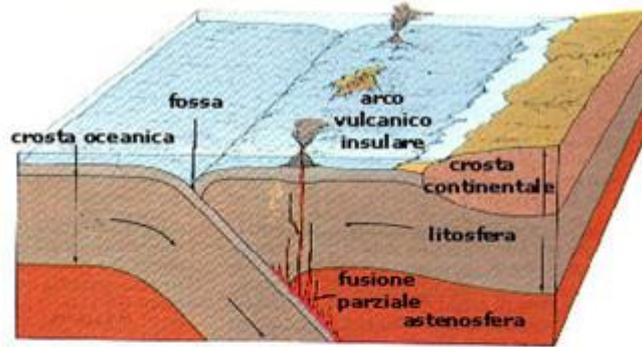
LA LITOSFERA VIENE CONSUMATA

SI FORMA UNA CATENA MONTUOSA

Margini *convergenti* o *distruttivi*

Limiti convergenti: Caratterizzati da movimenti compressivi, sismicità elevata (fosse superficiali) interne e profonde.

Possono verificarsi 3 tipi di scontro:



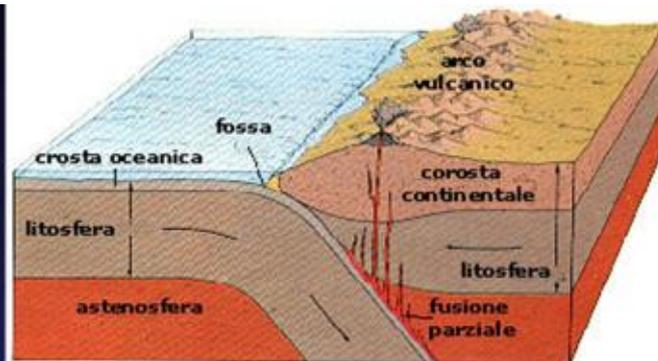
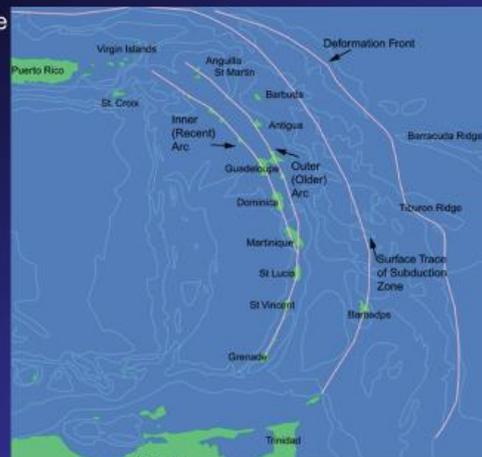
SCONTRO TRA DUE ZOLLE OCEANICHE:

La subduzione, in questo caso, avviene in pieno oceano e si formano archi vulcanici insulari e profonde fosse oceaniche (ad es. la fossa delle Marianne profonda 11.000 m).

Il processo di subduzione causa la fusione parziale della litosfera subducente e la formazione di un sistema di arco insulare oceanico.
 Il margine è detto "attivo" poiché è sede di attività sismica e magmatica.

La subduzione
 oceano-oceano
 causa la formazione
 di archi magmatici
 insulari

Il Giappone, le
 Marianne, le Filippine,
 le Aleutine, le Antille,
 parte dell'arcipelago
 dell'Egeo ed altri ancora
 sulla Terra, sono tutti
 esempi di *archi
 magmatici insulari*.

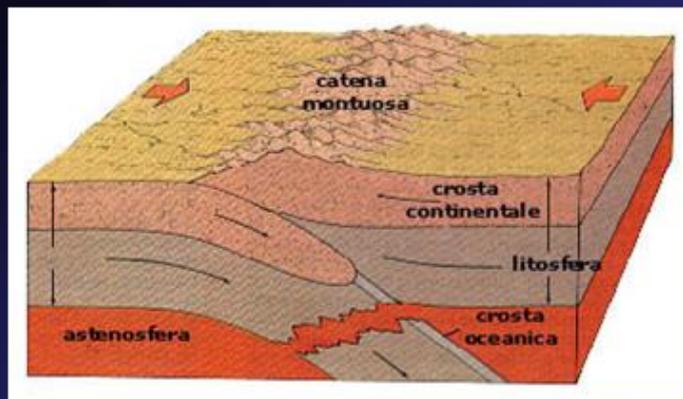
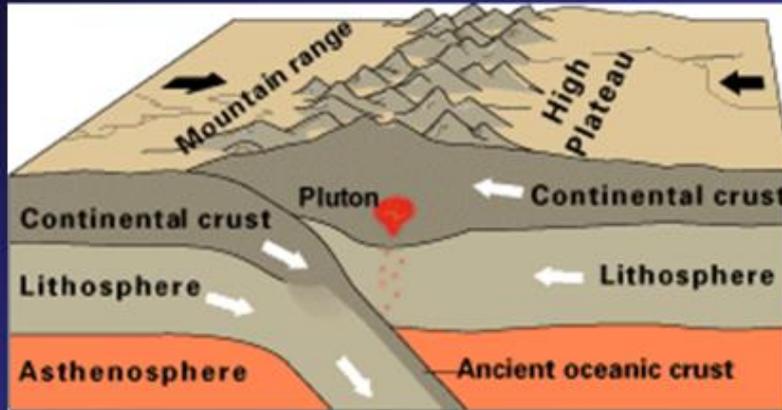


SCONTRO TRA UNA ZOLLA CONTINENTALE ED UNA OCEANICA:

La zolla oceanica, più densa, si flette sotto la zolla continentale e ritorna nel mantello (processo di subduzione). Parte della crosta terrestre viene distrutta, nell'astenosfera la crosta oceanica fonde e il materiale fuso risale in superficie formando dei vulcani sulla crosta continentale (arco magmatico continentale). Le Ande sono l'esempio più significativo di questo tipo di convergenza tra placche litosferiche. Si forma inoltre una fossa oceanica.

L'evoluzione finale di un processo di convergenza fra placche litosferiche porta alla collisione continentale con elisione dell'oceano interposto e formazione di una catena orogenica. I due continenti, prima separati, ora formano un unico blocco. Il margine formato è detto di "tipo alpino-himalayano".

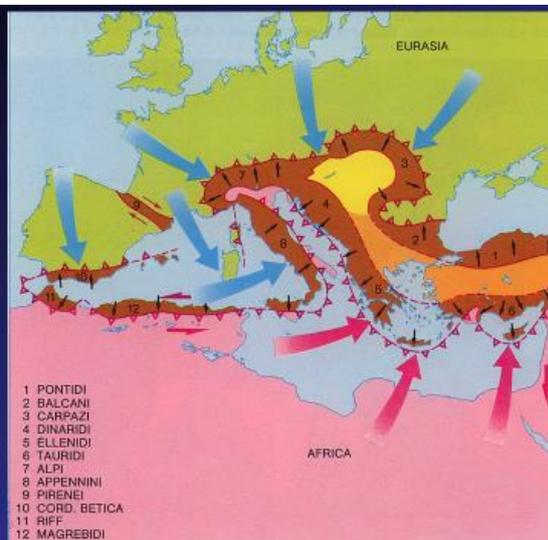
Nonostante la subduzione venga a cessare, gli sforzi convergenti nelle due litosfere permangono e sono causa di sismicità di magnitudo anche elevata.



SCONTO TRA DUE ZOLLE CONTINENTALI:

In questo caso si assiste al processo di orogenesi in cui la litosfera si può corrugare e sollevare fino a formare una nuova catena montuosa (le Alpi e l'Himalaya sono esempi di catene montuose formatesi per questo fenomeno e, in particolare, le Alpi si sono originate dall'impatto tra la zolla africana e quella eurasiatica mentre l'Himalaya per l'impatto tra la zolla indo-australiana e quella eurasiatica).

Le catene orogeniche dell'area mediterranea



SCORRIMENTO...delle zolle

I margini di placca soggetti allo scorrimento si dicono *margini conservativi*.

Non si crea né si distrugge litosfera

Attriti e fratturazione delle rocce in profondità. Terremoti e risalita di materiale fuso sono normalmente i fenomeni legati a questo tipo di movimento

Limiti trasformati o conservativi : caratterizzati da meccanismi trascorrenti, sismicità da bassa ad elevata, ipocentri superficiali

Le *faglie trasformati* sono le fratture che si formano quando due zolle scorrono l'una accanto all'altra in direzioni opposte (famosa è la *faglia di Sant'Andreas* in California dovuta allo scorrimento, in direzioni opposte, della zolla del Pacifico accanto a quella nord-americana)

Faglie trasformati sono anche quelle che si trovano trasversali sulle dorsali

Limiti di placca e Margini continentali

Mentre i primi delimitano le placche litosferiche in movimento reciproco, i secondi rappresentano i bordi delle masse continentali.

A seconda dell'attività sismica e vulcanica che li caratterizza, i margini continentali si distinguono in:

Margini continentali passivi (o di tipo atlantico) *(non coincidono con i limiti di placca divergenti che sono le dorsali)*

Sismicità e fenomeni vulcano-magmatici quasi inesistenti

Margini continentali attivi o convergenti *(possono coincidere con i limiti di placca convergenti)*

Forte sismicità ed attività magmatica

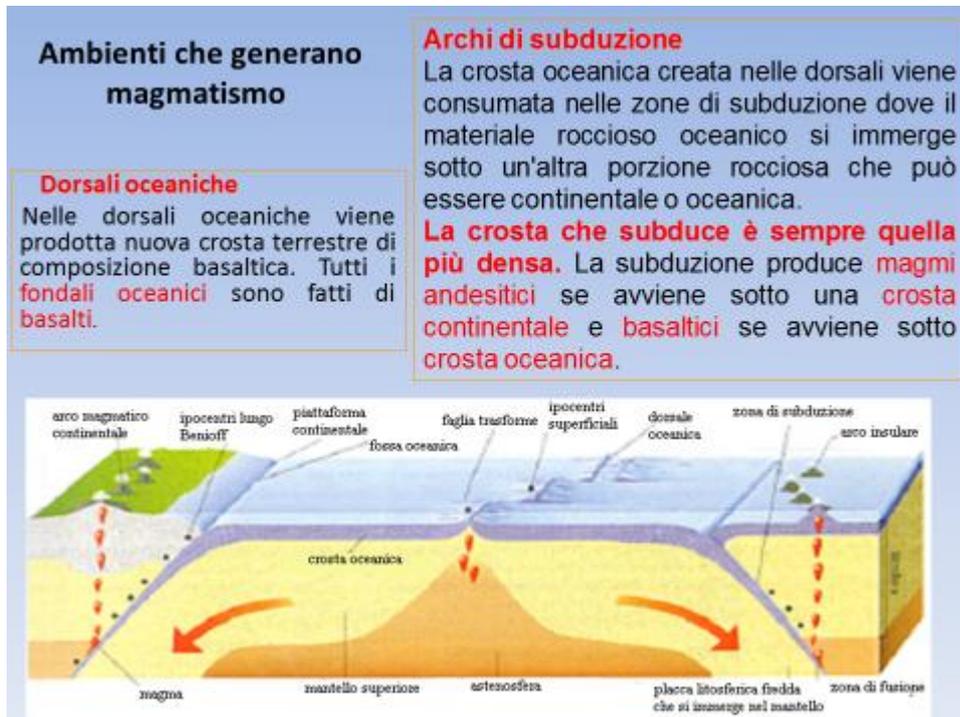
Margini continentali trasformati o trascorrenti *(possono coincidere con i limiti di placca trasformati)*

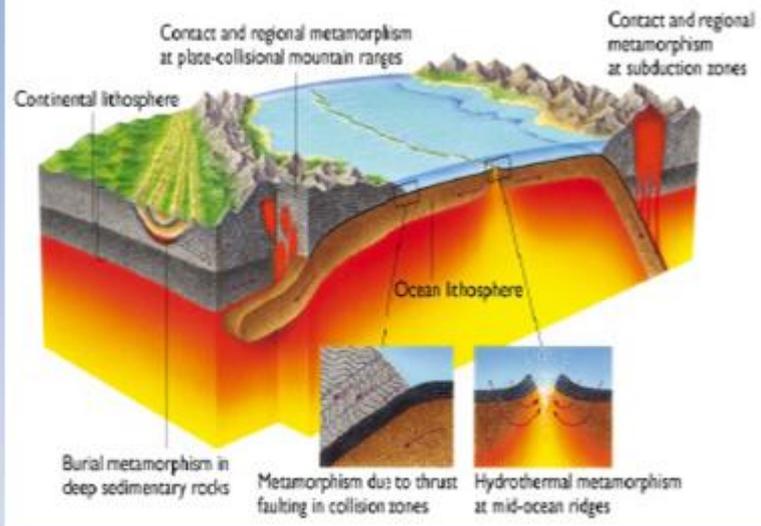
Sismicità di intensità in genere elevata, assenza di magmatismo



Il margine passivo:

- si forma lungo il continente che borda un oceano in espansione: esempio tutti i margini dell'Atlantico
- man mano che il margine si allontana dalla dorsale la litosfera si raffredda,
- lungo il margine passivo si accumulano i sedimenti, le piattaforme continentali sono ampie e progradanti





Metamorfismo e tettonica a placche