

La Dinamica della Litosfera¹

- Le prime teorie mobiliste: Alfred Wegener (1880-1930) e **la deriva dei continenti (1912-1915)**
- Le grandi scoperte della geologia marina: **l'espansione dei fondi oceanici** (anni '50 e inizio '60)
- **La tettonica delle placche**: teoria unificatrice che spiega la struttura della terra, il vulcanesimo, i terremoti, l'orogenesi (primi anni '60)

¹ i grandi movimenti nella crosta e nel mantello superiore

Durante l'800. e fino a
circa metà del '900

- 1. Teorie fissiste:** la posizione dei continenti non era cambiata nei tempi geologici
2. l'orogenesi (formazione delle montagne) doveva essere legata principalmente a spinte verticali, conseguenza dell'isostasia, o della contrazione da raffreddamento
3. Teoria della geosinclinale ??? Accumulo di sedimenti nei bacini marini, sprofondamento e poi innalzamento..ma perché ??

Teoria della contrazione (teoria fissista)

Quando Wegener concepì la sua teoria, le idee sulla struttura e sull'evoluzione della Terra erano dominate dal modello della Terra in contrazione.

- Si supponeva cioè che la Terra fosse ancora in progressiva solidificazione e contrazione da un'originaria massa fusa. I materiali più leggeri erano risaliti verso la superficie, originando rocce ignee di tipo granitico, sormontando rocce più dense, di tipo basaltico, gabbriico o peridotitico.
- Le catene montuose erano dovute a contrazioni, vasti settori della superficie terrestre erano sprofondati originando gli oceani, mentre nello stesso tempo i continenti erano rimasti emergenti come blocchi stabili.
- Fenomeni di lento sprofondamento erano tuttavia possibili sui continenti, per cui alcune parti potevano venire invase dal mare, mentre parte dei fondi oceanici potevano riemergere.

Teoria della contrazione

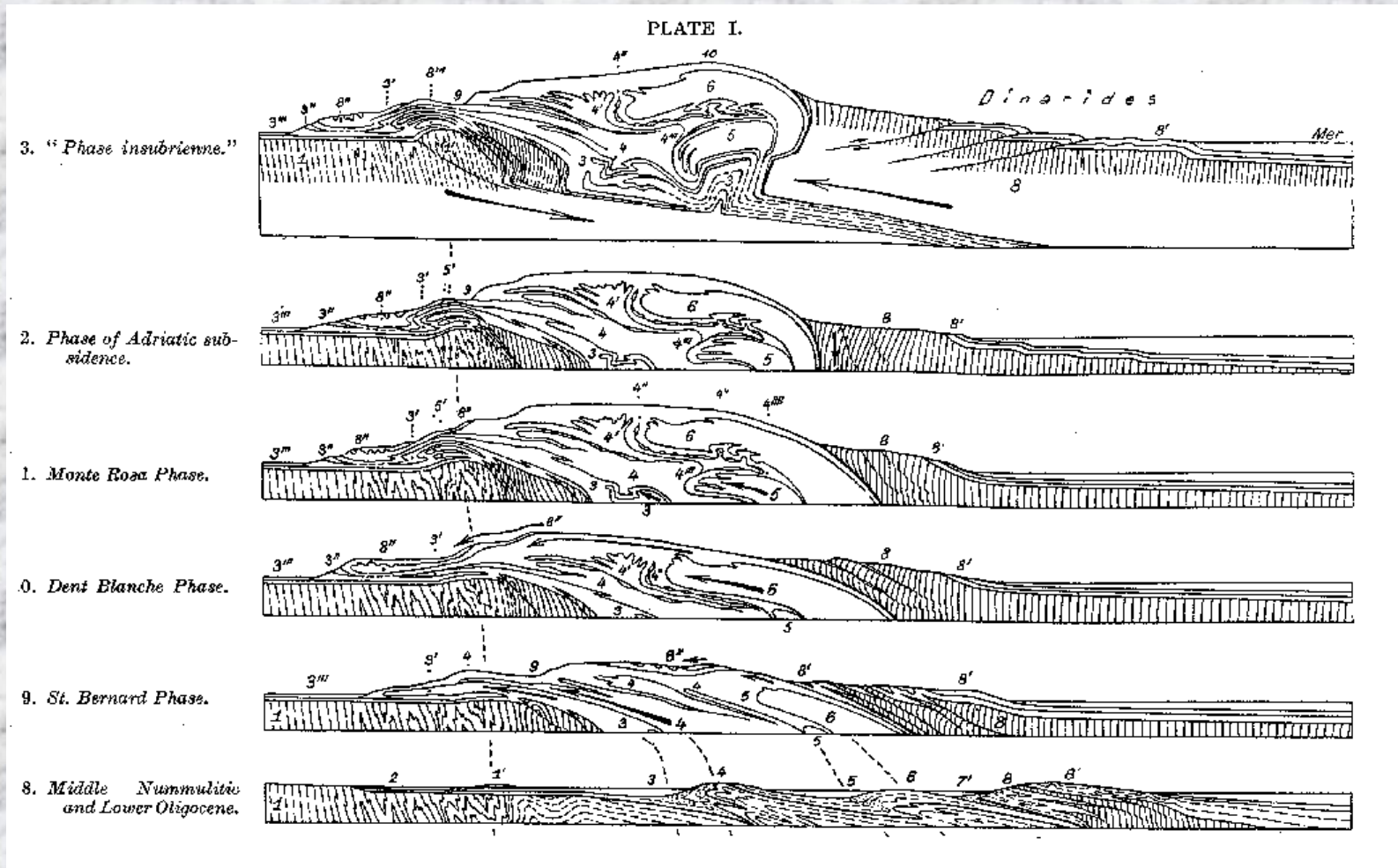
Questo modello “fissista” della Terra lasciava tuttavia aperti numerosi interrogativi.

Considerando il grado di compressione delle montagne la Terra avrebbe dovuto raffreddarsi di migliaia di gradi per produrre una contrazione sufficiente a formare una sola catena montuosa alta alcune migliaia di metri.

Un raffreddamento così elevato, sembrava poco probabile; inoltre le catene montuose avrebbero dovuto distribuirsi uniformemente sulla superficie terrestre e non concentrarsi in fasce strette ed allungate.

Inoltre, se questa teoria fosse vera, tutti i continenti e le catene montuose avrebbero la stessa età

Emile Argand (1879–1940) nel 1916

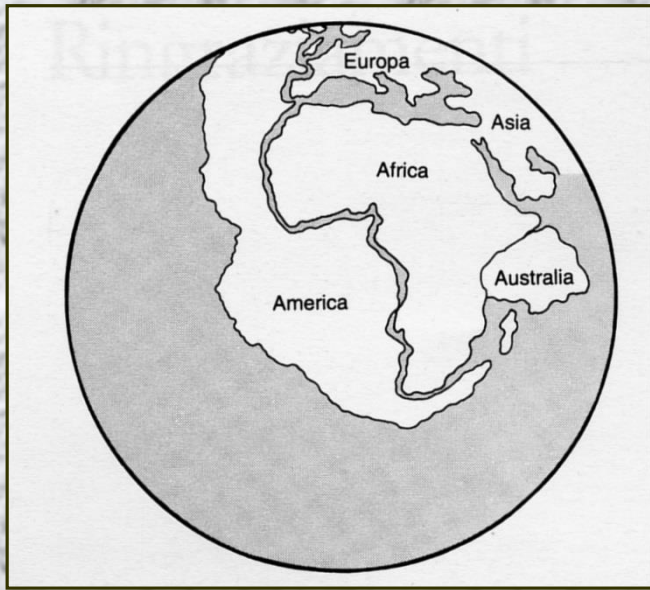


all'inizio del '900 gallerie ferroviarie sotto le Alpi -> sezione geologica delle Alpi
falde di ricoprimento ->
spinte tangenziali (parallele alle superficie terrestre) ->
movimenti orizzontali

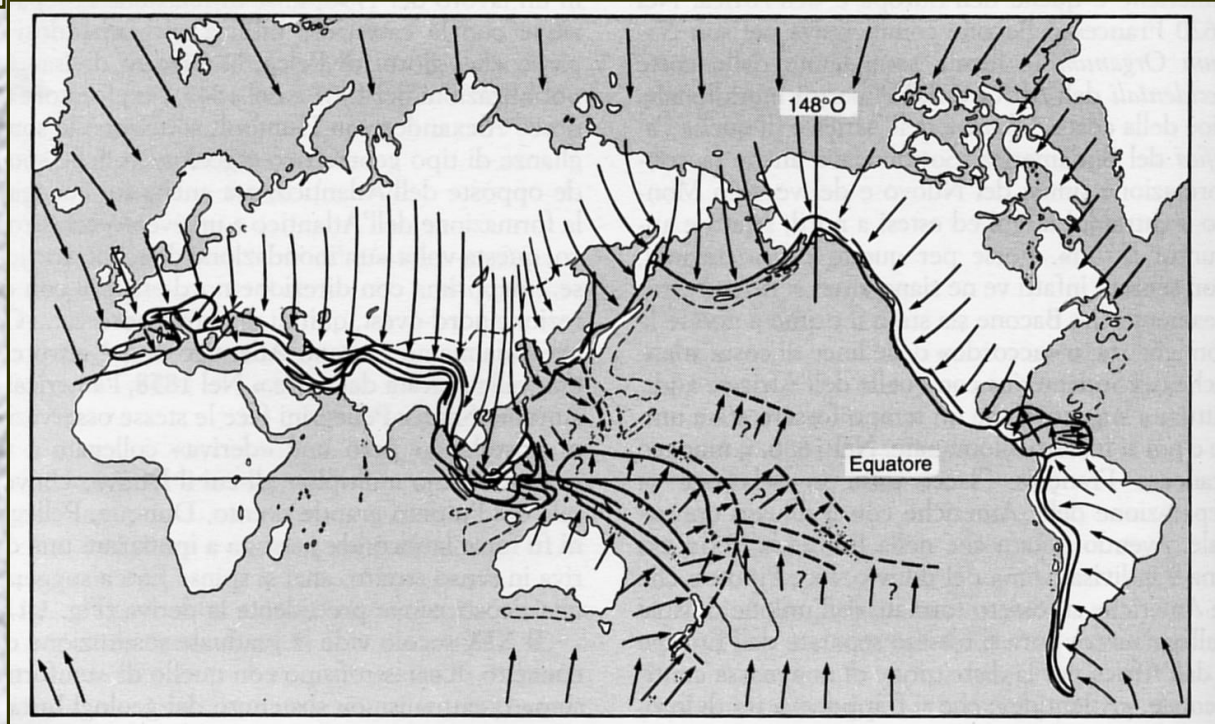
..prima di Wegener

- 1620 Francesco Bacone nota le similitudini tra Sud America ed Africa (..praticamente 100 anni dopo la scoperta dell'America)
- nell'800 Alexander von Humbold ipotizza che anticamente i due continenti potessero essere uniti e che l'Atlantico potesse essere una sorta di valle scavata da correnti marine;
- nel 1858 l'abate Antonio Snider-Pellegrini studia piante fossili americane e africane e ipotizza l'unione dei due continenti;
- Domenico Lovisato, discorso non pubblicato nel 1874, circa
- nel 1910 F.B. Taylor ipotizza spostamenti laterali (scorrimento crostale) della masse continentali. Le catene montuose sono il risultato di una sorta di arricciamento provocato dai movimenti laterali

<http://www.minerva.unito.it/SIS/Modelli%20terrestri/Indice.html>



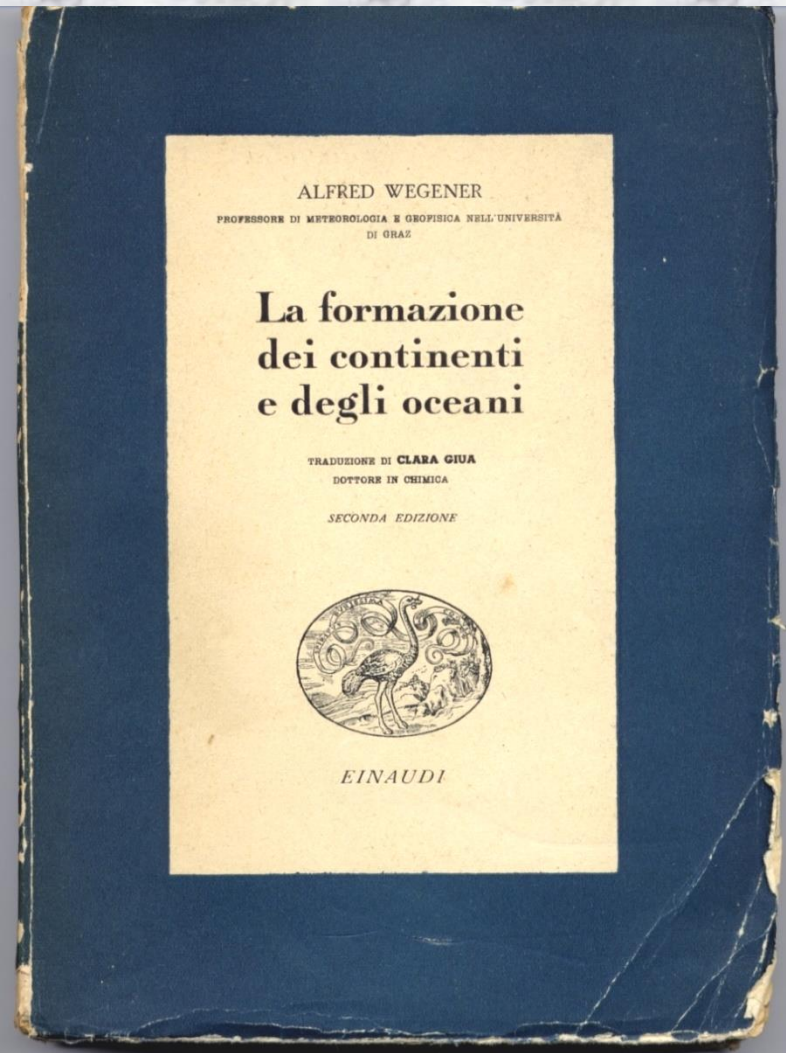
Snider Pellegrini, 1858



Taylor, 1910

INDICE

- 1 Com'è nata quest'opera
2. In che consiste la teoria della deriva dei continenti;
3. Argomenti tratti dalla geodesia;
4. Argomenti tratti dalla geofisica;
5. Argomenti tratti dalla geologia;
- 6...dalla paleontologia e dalla biologia;
- 7...dalla paleoclimatologia
8. Deriva dei continenti e migrazioni dei poli
9. Le forze che producono le traslazioni continentali
10. Ulteriori osservazioni sulla sfera del SIAL
11. Ancora alcune notizie sui fondi oceanici



Prime idee: **1909**; prima edizione tedesca; **1915**; terza edizione **1922**; nel **1926** Congresso AAPG;

Quarta edizione: **1929**

La teoria della deriva dei continenti

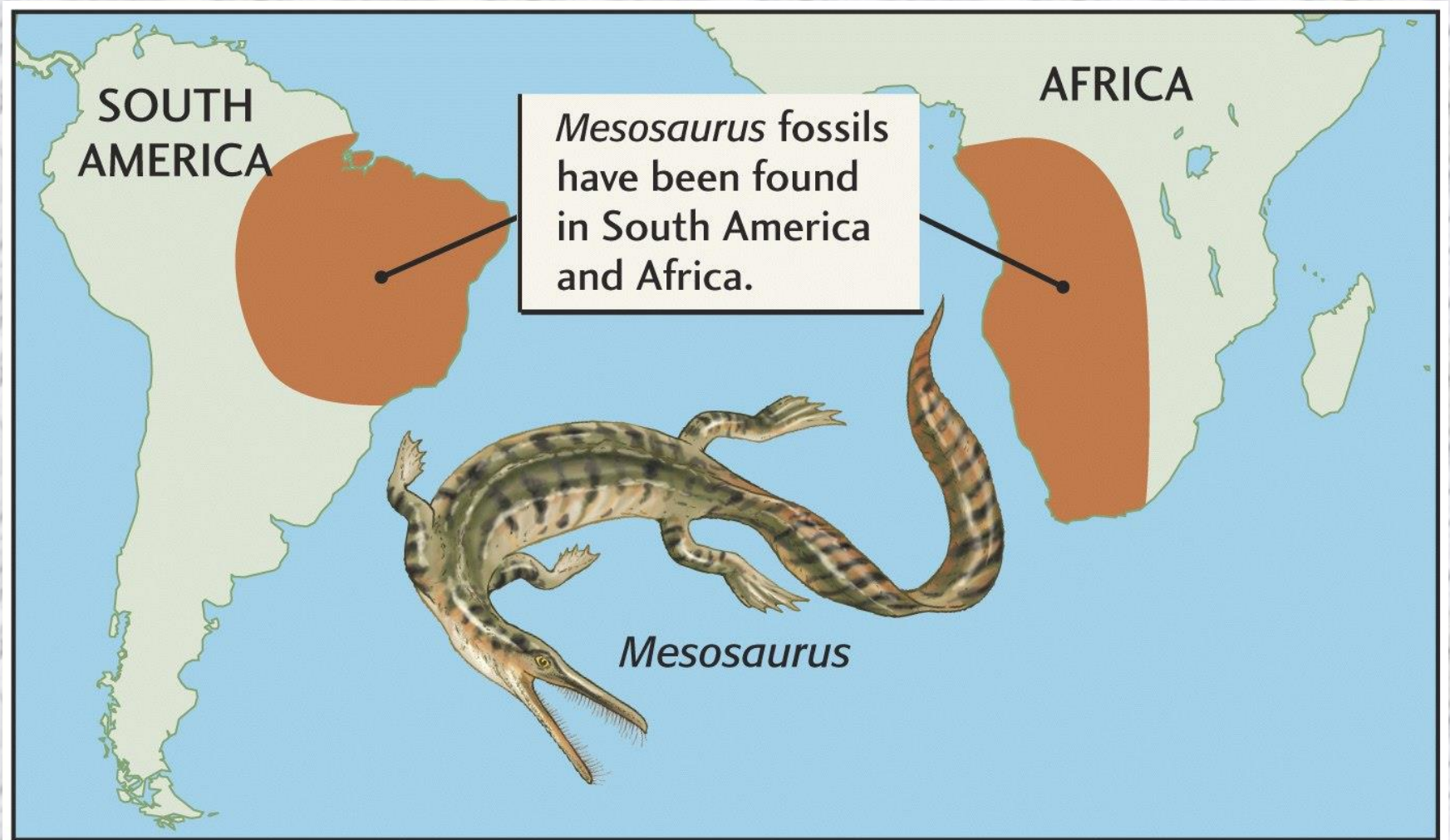
Wegener deve giustificare: morfologia dei continenti e degli oceani, con la somiglianza tra le coste africane

. .le analogie tra la struttura geologica dei continenti: stesse rocce tra Scandinavia e Canada

la distribuzione di fossili non marini in Brasile e Sud Africa

la distribuzione delle tilliti (depositi glaciali) del permocarbonifero (più di 200 milioni di anni fa)

Prove paleontologiche



NB fossile di ambiente lacustre e salmastro.
non è e *non deve essere* un fossile marino.

Prove geologiche

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

. e in Carnia...

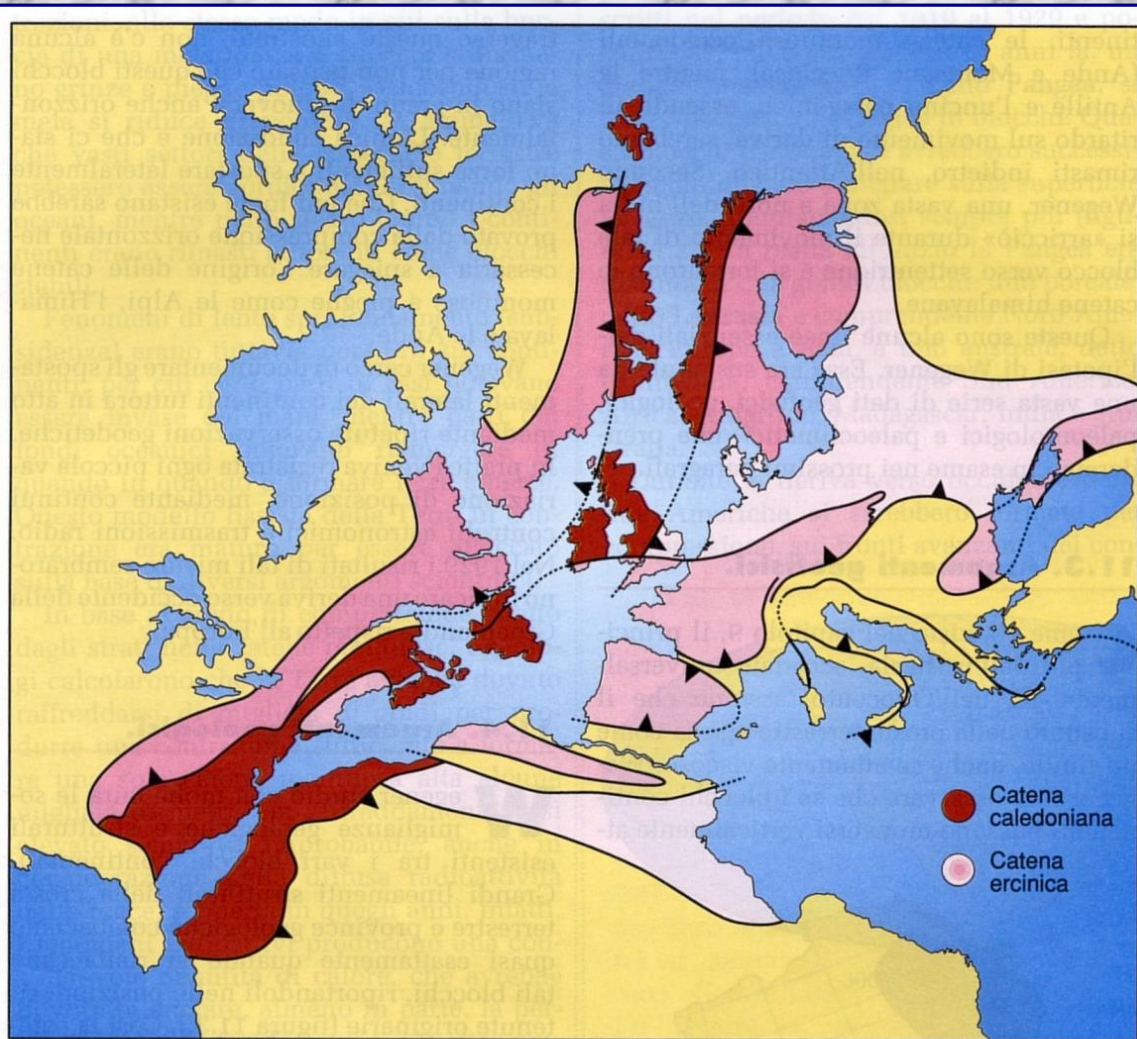


Figura 11.4. I collegamenti tra le due sponde del nord Atlantico sono più complessi rispetto a quelli tra Africa e Sud America, sia perché a nord la frammentazione è stata duplice, con la separazione anche della Groenlandia, sia perché più a sud all'incastro partecipa anche il Nord Africa (Marocco). Una volta ricostruito l'incastro, appare chiaro che le catene montuose sui due lati dell'Atlantico assumono la loro

originaria continuità. La fascia rossa rappresenta un'unica grande catena formata nel periodo che va da 470 a 350 milioni di anni fa. La fascia rosa una doppia catena formata successivamente, quando i continenti erano ancora uniti, da 350 a 200 milioni di anni fa. L'Atlantico avrebbe iniziato ad aprirsi in seguito all'allontanamento dei continenti a partire da circa 190 milioni di anni fa.

Prove paleoclimatologiche: tilliti

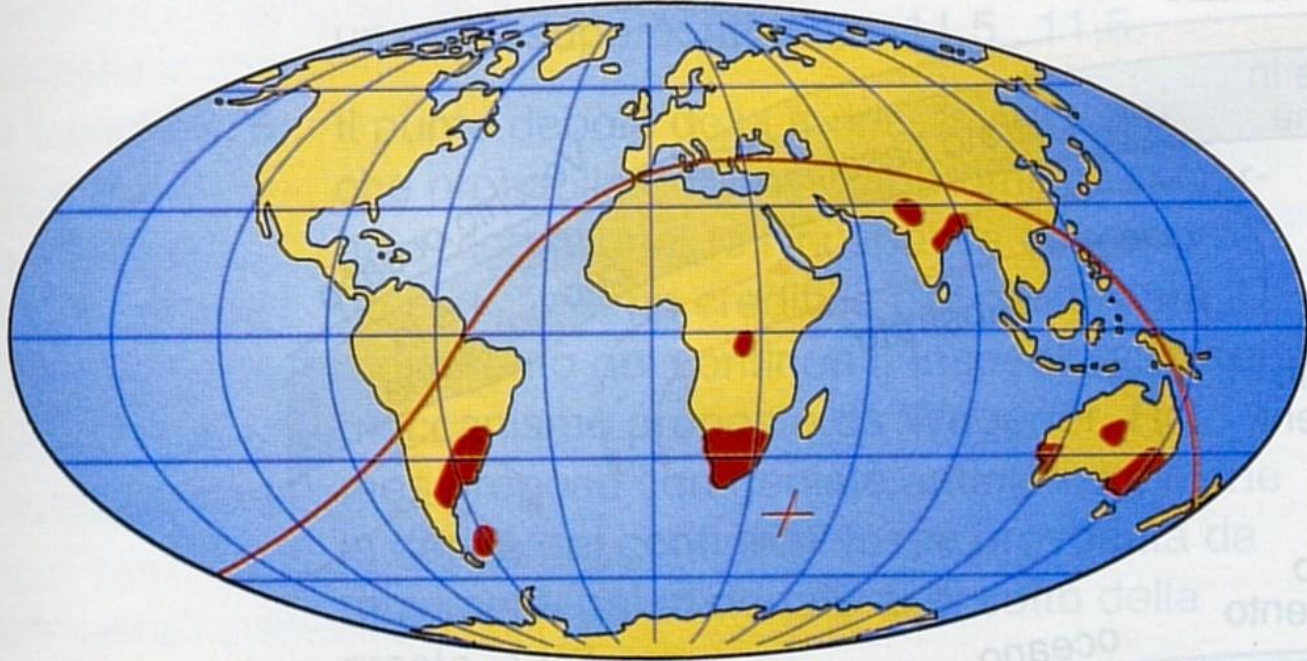


Figura 11.6. Le aree in rosso indicano gli affioramenti di antichi depositi di rocce sedimentarie di ambiente glaciale. I depositi rappresentati risalgono ai periodi carbonifero e permiano. Nella figura sono indicati l'equatore (linea rossa) e il polo sud (crocetta) nelle posizioni più favorevoli per 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 ricoperto dai ghiacci. È molto più probabile che fossero i continenti ad essere spostati vicini al polo.

**Pangea e
Panthalassia
dal tardo Paleozoico
all'inizio del
Mesozoico
(da 300 a 210 Ma)**

**Un unico supercontinente
PANGEA
e un unico oceano che lo
circondava PANTHALSSIA**

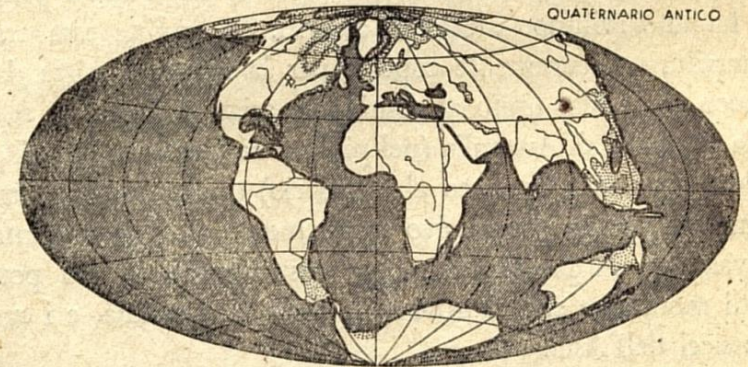
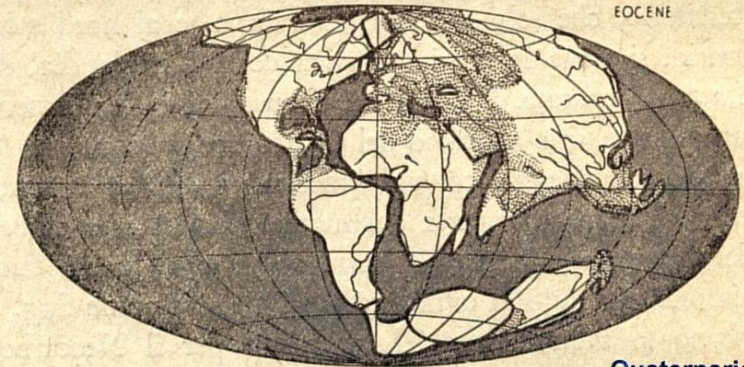
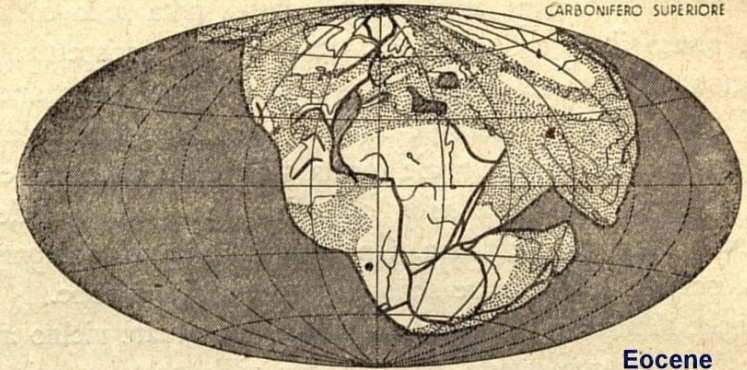


FIG. 4. - Ricostruzione della carta del globo per tre epoche secondo l'ipotesi della deriva dei continenti. - Zona tratteggiata: oceani; punteggiata: mari poco profondi. Divisione in gradi arbitraria (quella attuale dell'Africa).



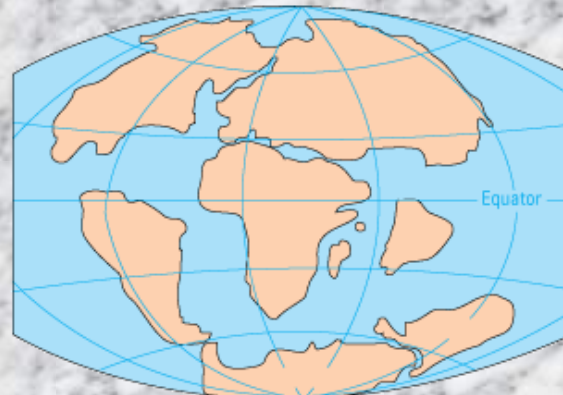
PERMIAN
225 million years ago



TRIASSIC
200 million years ago



JURASSIC
150 million years ago



CRETACEOUS
65 million years ago



2010-2021

PRESENT DAY

Geol Wegener Zolle

Fine Paleozoico:
 1 solo supercontinente
 Inizio triassico
 3 ..megacontinenti.
 Laurasia America sett.
 +(Europa + ASIA)
 Gondwana (America
 merid. + India + Australia
 + Africa+...)
 Tra Giurasscio e

prima di Wegener si pensava a ponti continentali (catene montuose sprofondate), ma non era nota la morfologia dei fondali oceanici, i dati di gravità non coincidevano

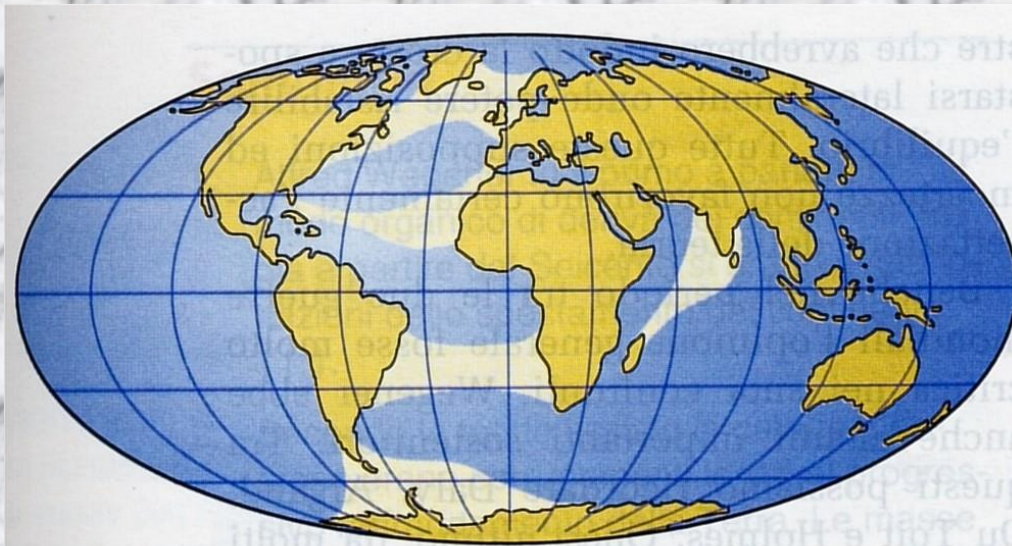
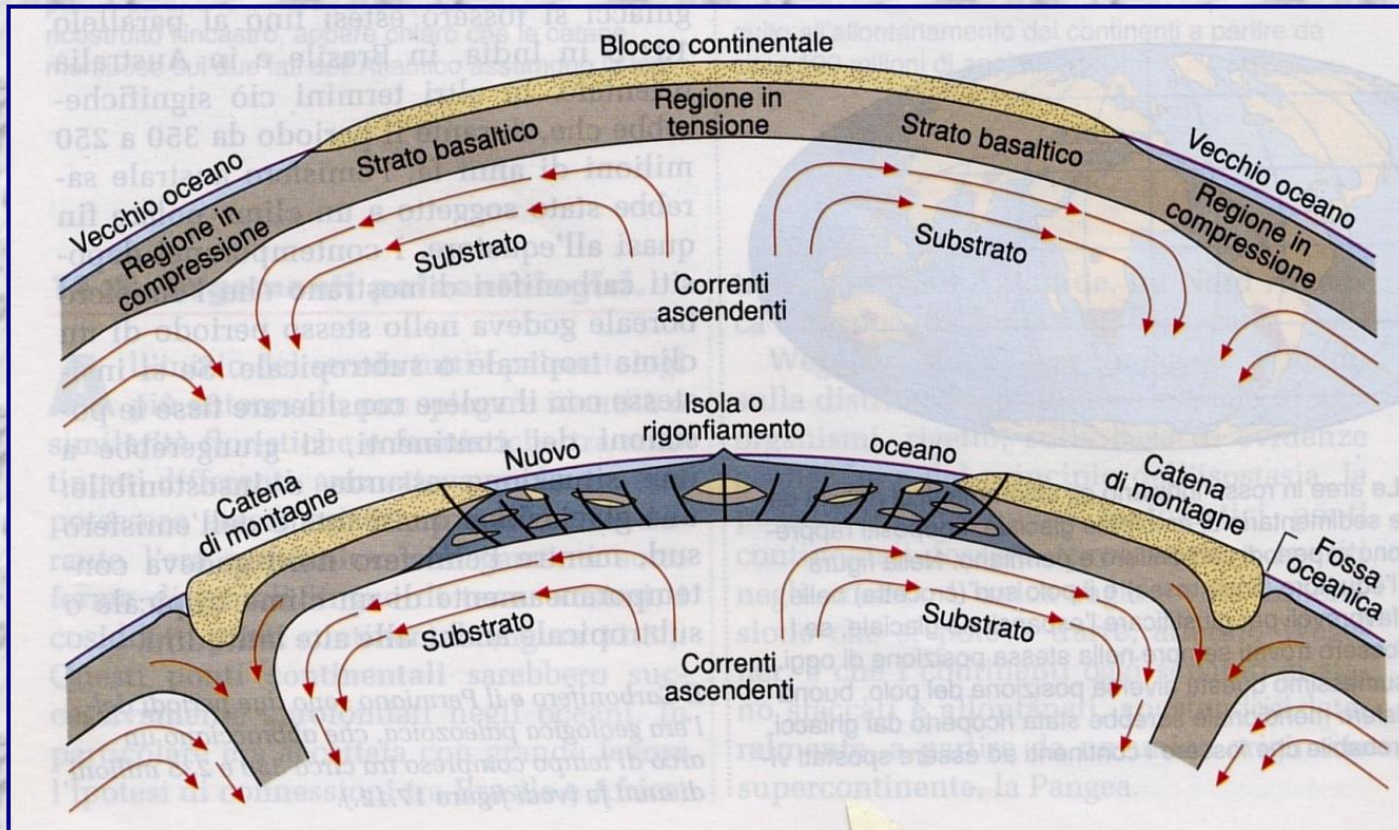


Figura 11.5. Rappresentazione dei cosiddetti ponti continentali, ipotizzati per spiegare secondo le teorie fissiste la distribuzione in continenti diversi di specie animali e vegetali simili. La spiegazione della presenza di specie affini su continenti attualmente separati da vasti oceani è molto più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

Quali forze muovevano i continenti ? forze centrifughe legate alla rotazione, forze di marea...In sintesi Wegener non viene creduto, gli trovano una cattedra fuori mano..a Graz, in Austria

A. Holmes, 1929



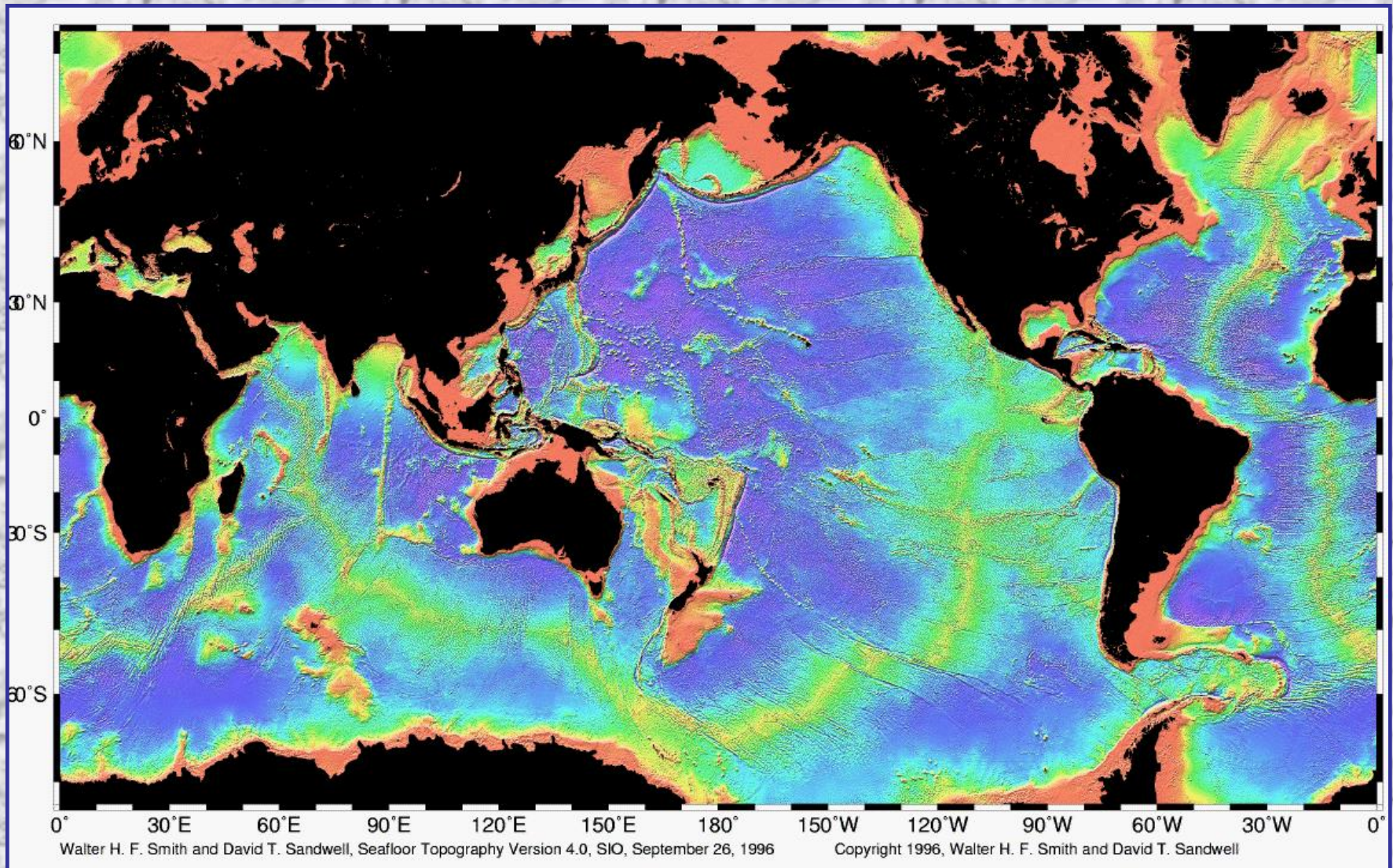
Il primo a parlare di correnti convettive
Comunque le teorie mobiliste restano *ipotesi* con pochi estimatori e molti detrattori fino alla fine degli anni '50.

Tettonica delle placche



Anche: Keary e Vine: Tettonica Globale, Zanichelli, 296 pg., 1994,

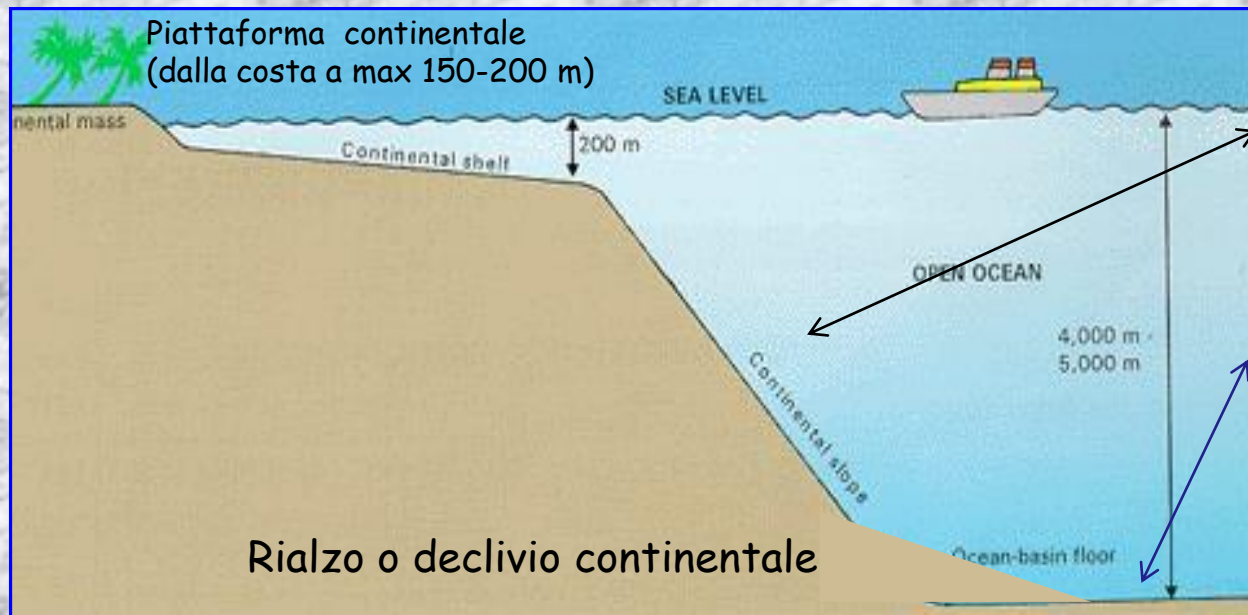
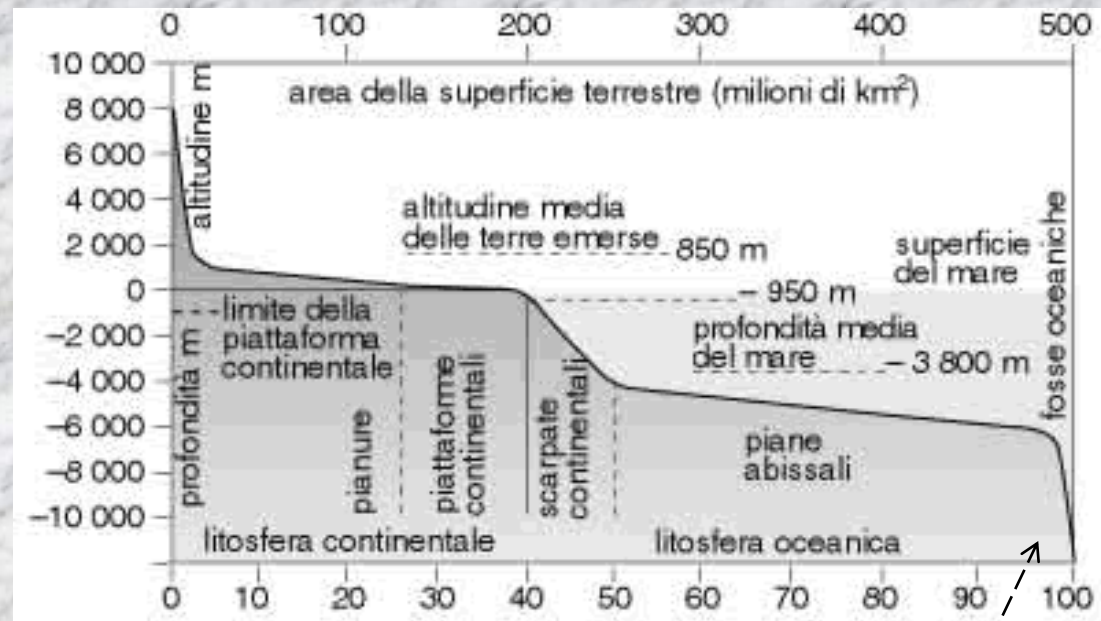
Morfologia dei fondali oceanici



Aree blu: fondali profondi, azzurro meno profondi...gialli, poco profondi

Morfologia oceani

Curva ipsografica

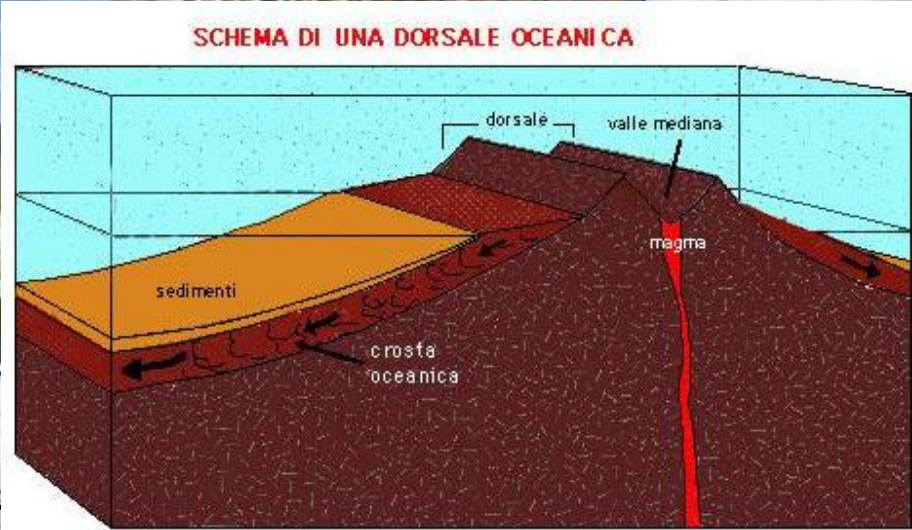
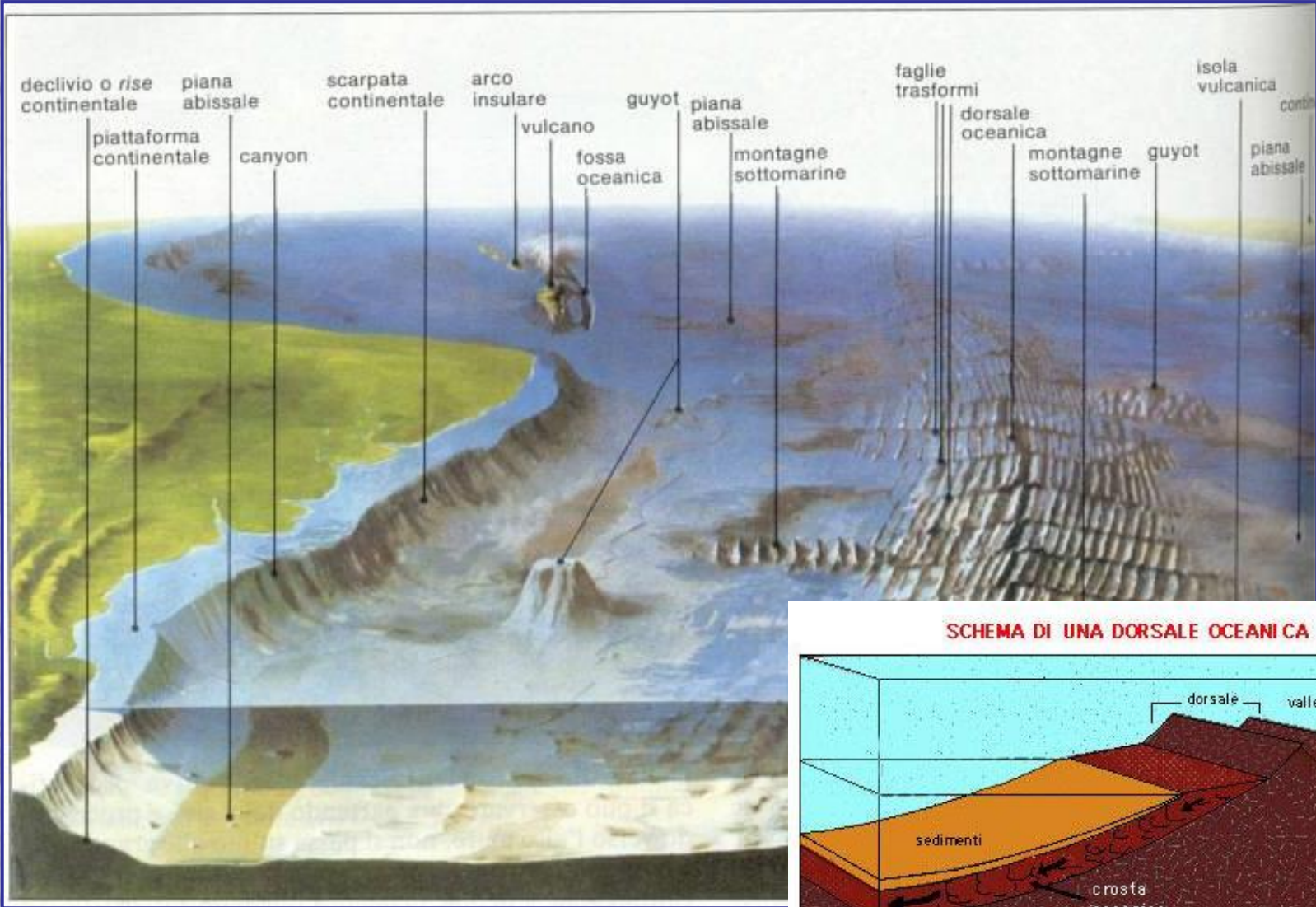


Scarpata (min 150-200
max 2000-3000)

Piana abissale (4000-5000 m)

Fossa (> 6000 m)

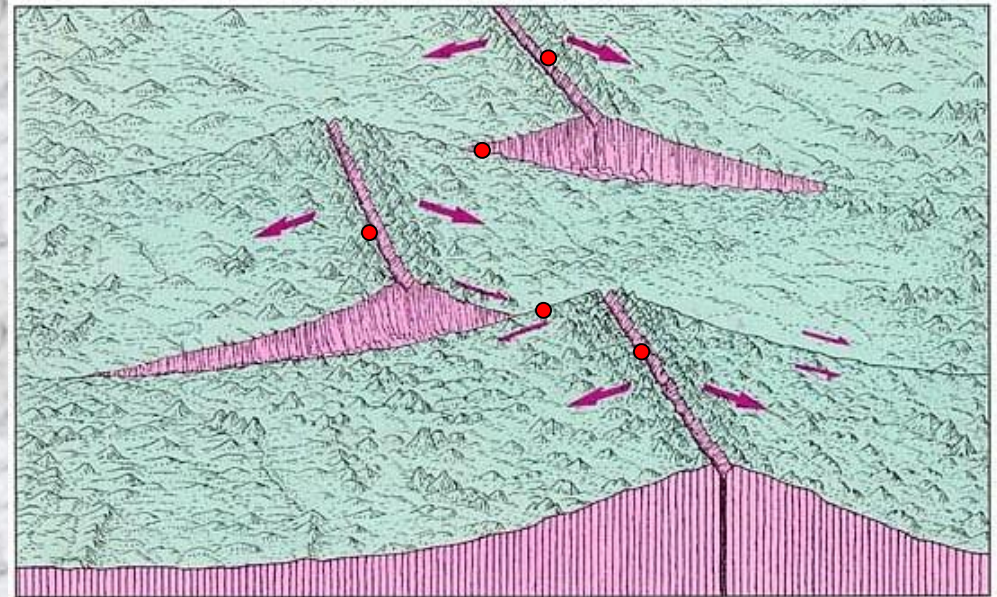
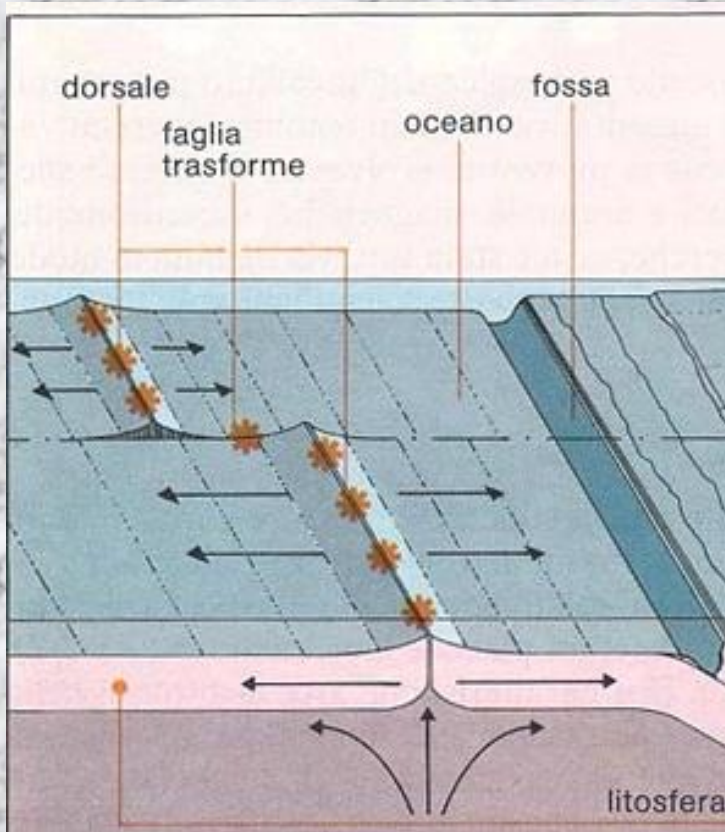
..morfologia fondali..



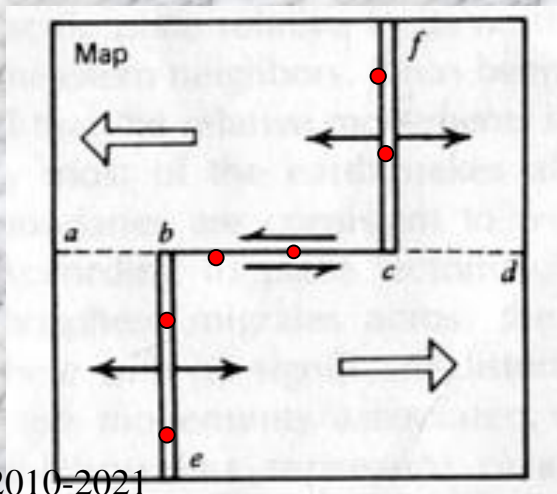
Alcuni dati numerici sulle dorsali.

- SONO CATENE di RILIEVI SOTTOMARINI
- Si estendono sulle piane abissali tra i 4000 e i 5000 m di prof. in mezzo a tutti gli oceani
- Lunghezza complessiva: 65.000-80.000 km
- profondità della cresta delle dorsali: 2.600-2800 m, altezza rispetto alla piana batiale: da 1 a 3 km
- larghezza della dorsale: anche oltre i 1500 km
- Al centro della dorsale FOSSA TETTONICA (rift valley, valle mediana): ampia 20-40 km, profonda fino a 2 km
- La fossa tettonica è: **sede di attività effusiva (basalti), di elevato flusso di calore, ed è una zona sismica (ipocentri poco profondi)**

Faglie trasformi epicentri solo superficiali

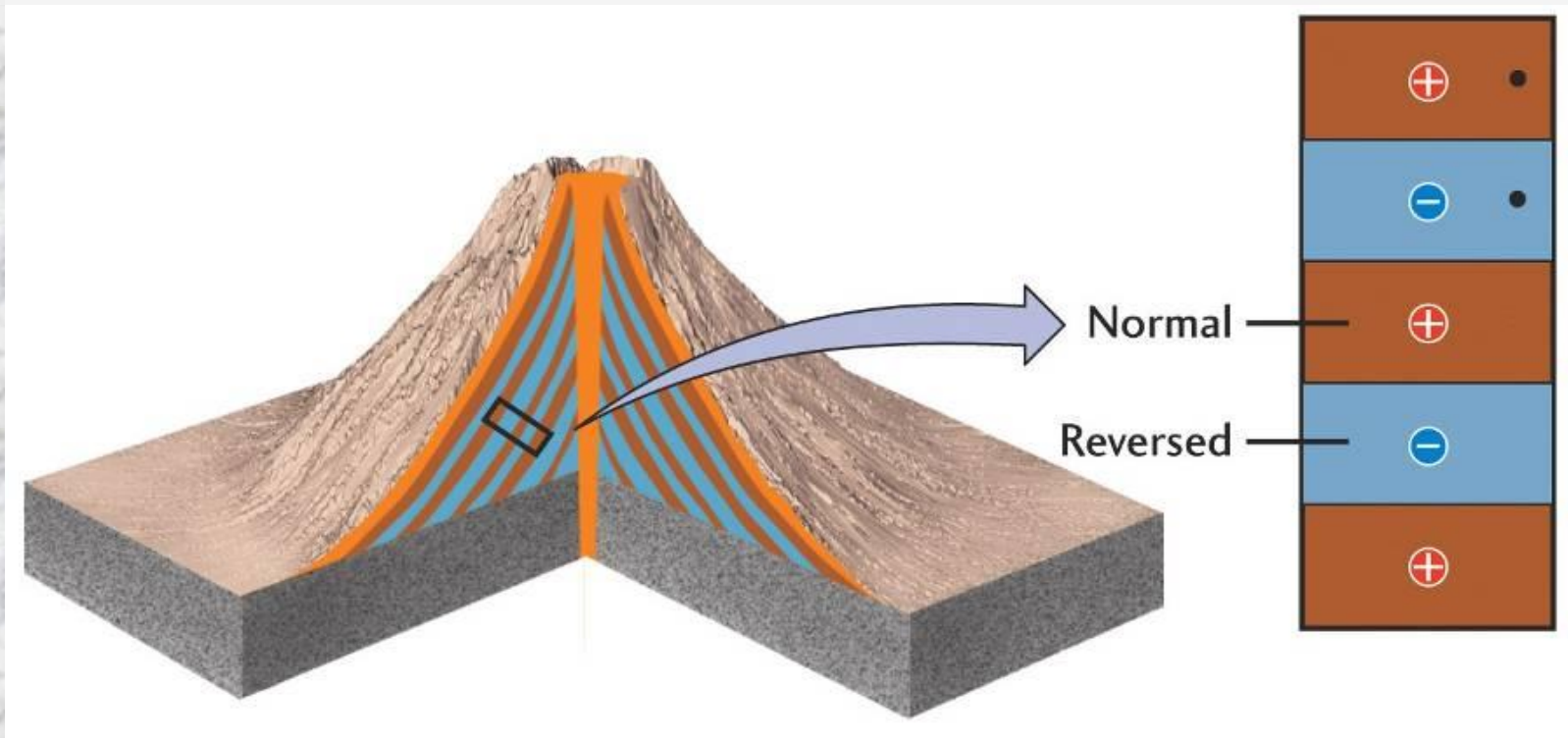


Le faglie trasformi sono le fratture che dislocano trasversalmente una dorsale.



Le faglie trasformi sono particolari tipi di faglie Trascorrenti a movimento orizzontale
 Il pallini rossi e gli asterischi gialli segnano gli Epicentri de terremoti: in corrispondenza dell'asse Della rift valley e lungo le faglie trasformi, ma solo Nel settore compreso tra due assi di dorsale

Inversioni periodiche di polarità del campo magnetico: Il polo nord magnetico diventa polo sud e viceversa

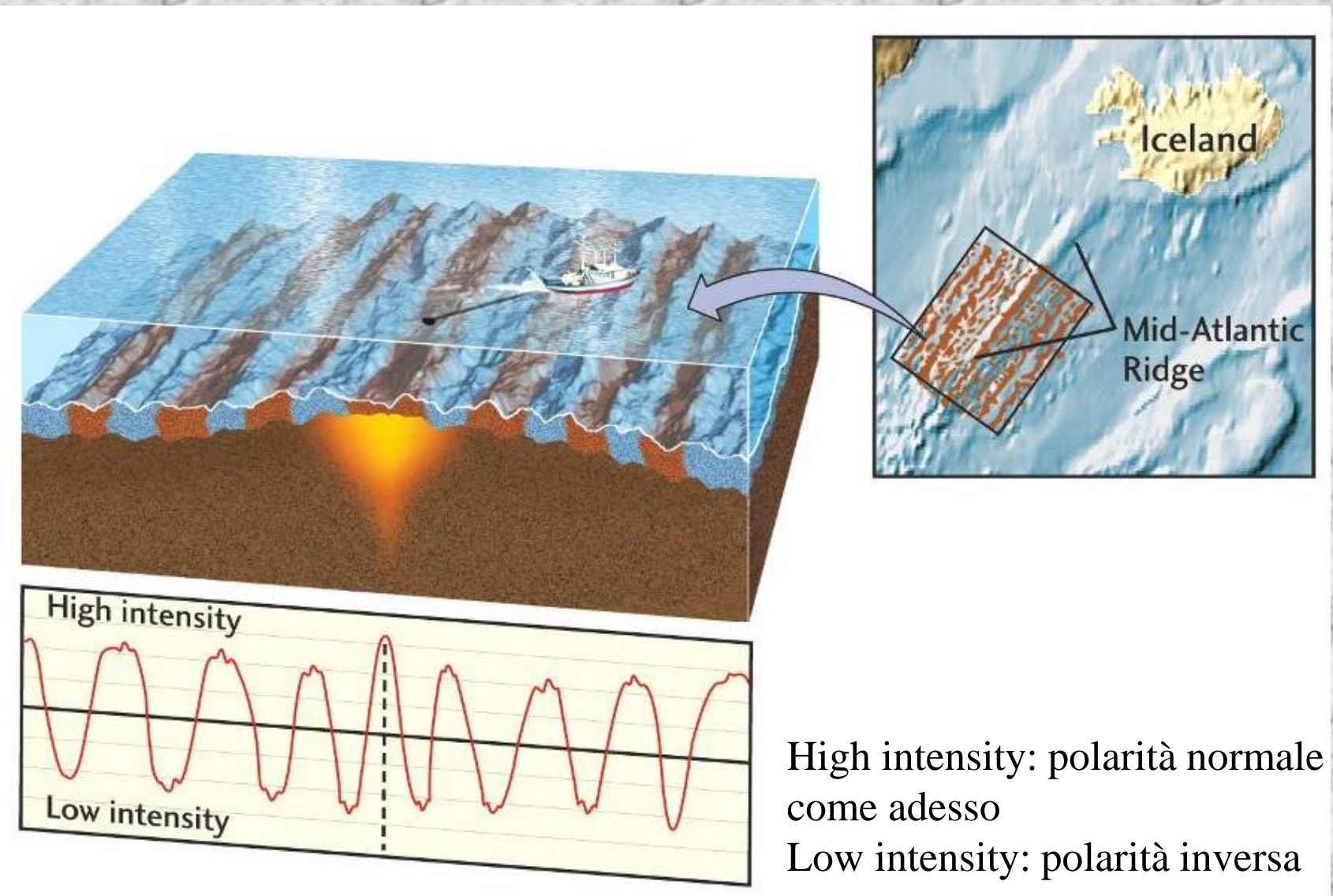


Intensità del campo magnetico locale: dipolo principale del campo magnetico terrestre + magnetismo delle rocce vicine alla superficie
Anomalia magnetica: differenza tra campo atteso e campo effettivamente misurato in un punto

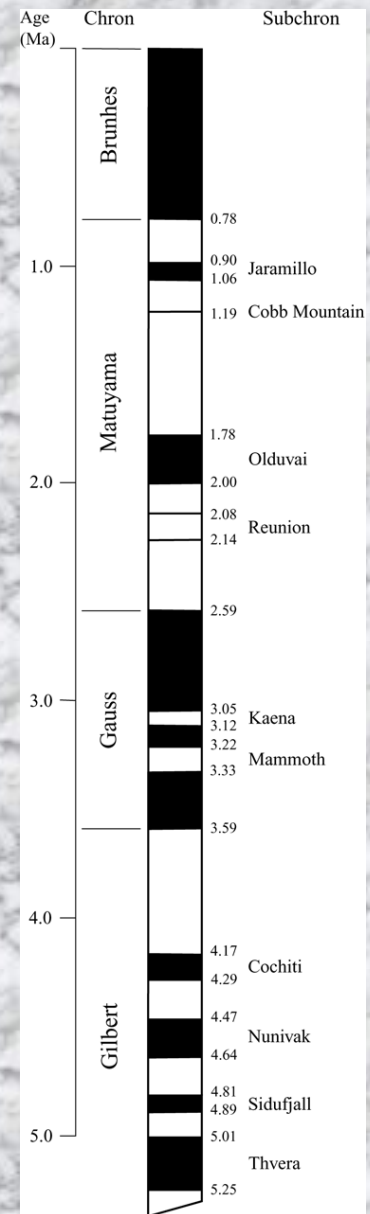
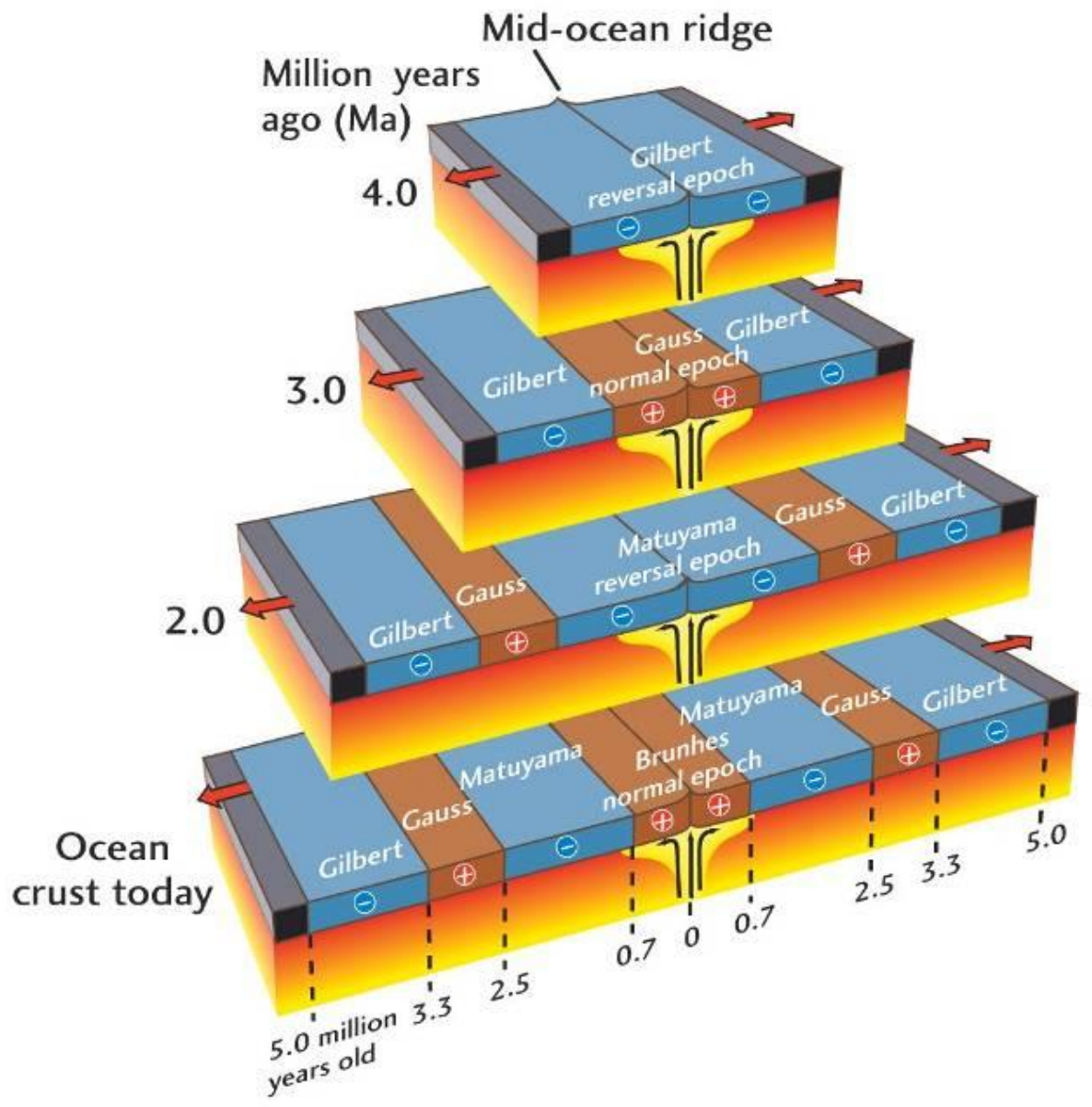
L'espansione dei fondi oceanici



Tutto inizia con semplici misure di campo magnetico: se il campo magnetico è molto basso: sedimenti (gusci di organismi, argille), perché NON ci sono minerali ferromagnetici
alto campo magnetico: r. magmatiche. se le lave hanno la stessa polarità del campo attuale il valore totale del campo magnetico è molto alto, se le lave hanno polarità inversa, il campo totale è minore.



NB le bande a diversa intensità magnetica sono simmetriche rispetto all'asse della dorsale



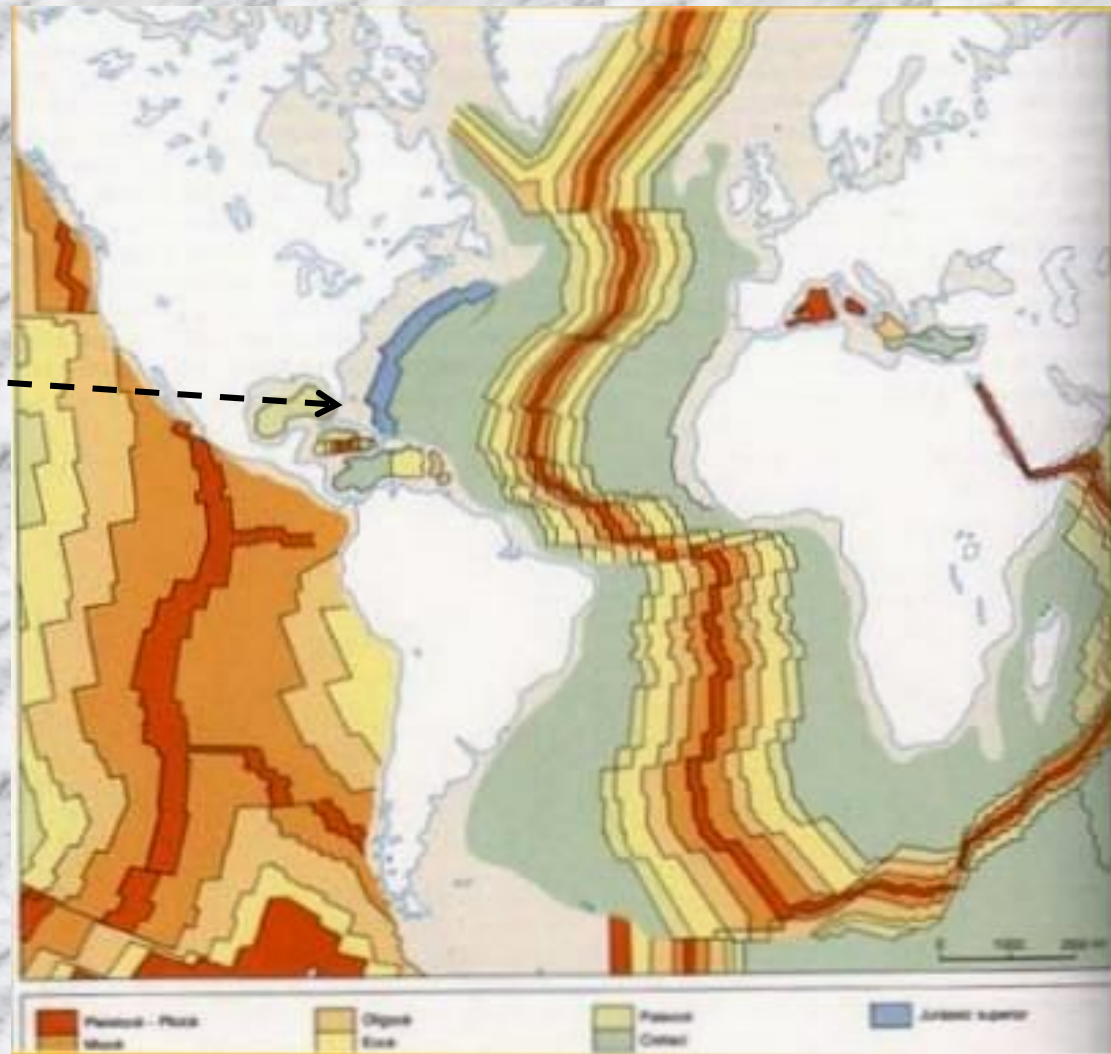
NB bande, striscie a diversa età: recenti vicino alla dorsale, antiche via via che ci si allontana, sempre in modo simmetrico sui due lati

Magnetostratigrafia Le inversioni sono state datate con metodi classici: radiodatazioni.

I fondali oceanici sono strutture relativamente giovani: età massime: Giurassico sup. (145 - 165 milioni di anni). ← - - - - - →

I fondali sono recenti vicino alla dorsale, e diventano man mano più antichi quando più ci si allontana

NB le rocce continentali più antiche hanno 3.5-3.8 miliardi



0-20 ml anni 20-50 ml 50-145 ml 145 -156 ml
GFGeol Wegener Zolle 27

L'espansione dei fondi oceanici fornisce..il motore..di cui aveva bisogno Wegener.

Le dorsali oceaniche sono zone in cui si forma nuova crosta terrestre di tipo oceanico (basalti). La lava si espande simmetricamente lungo i due lati: velocità di espansione: da 2 a 15 cm/anno

Dorsale medio atlantica: se lave che corrispondono alla fine del Crone di Gilbert (4.5 Ma) si trovano a 45 km dall'asse delle dorsale: allontanamento 1 cm anno -> espansione 2 cm/anno

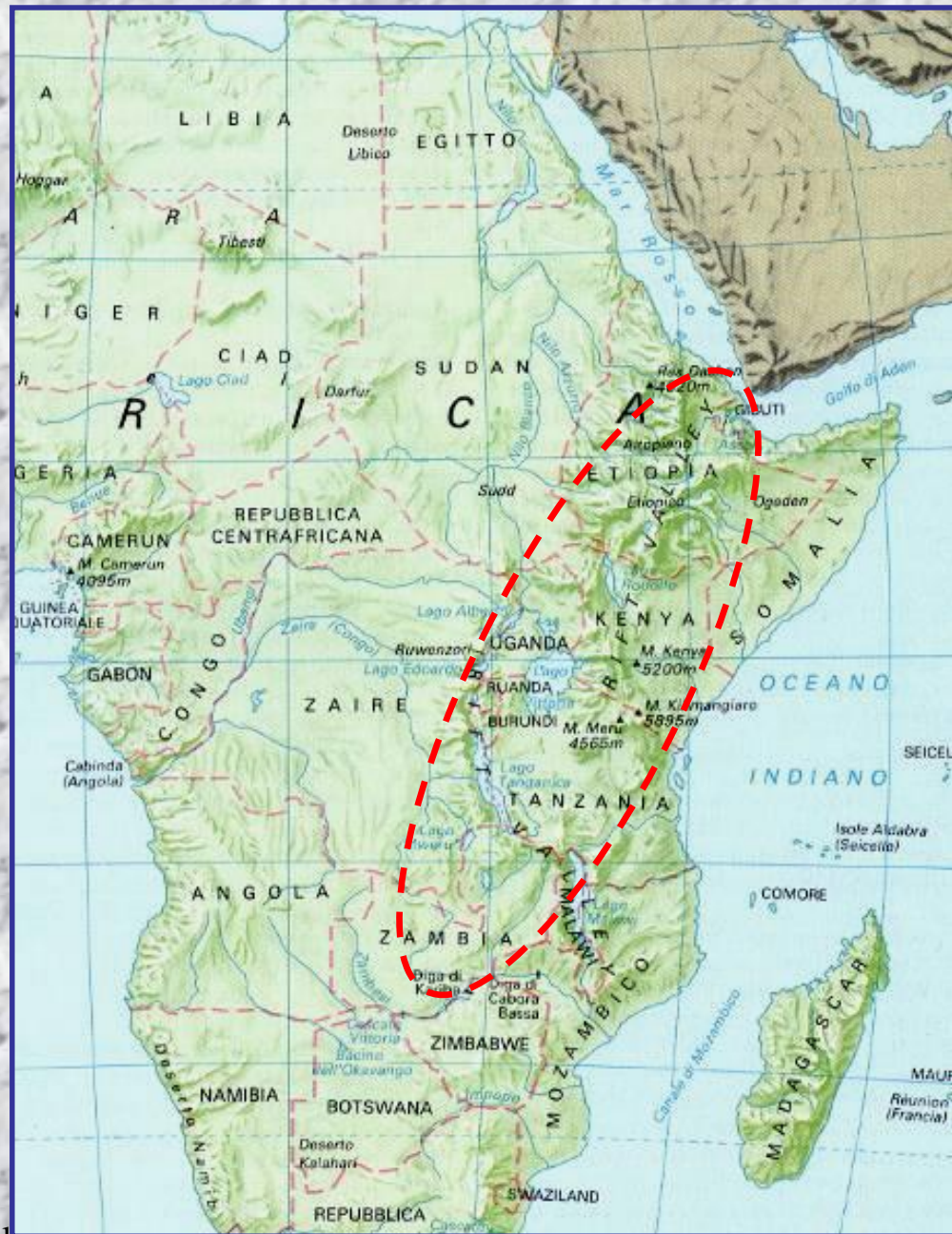
Rise Pacifico orientale: 4.5 Ma a 225 km -> allora 5 cm/anno -> esp. 10 cm/anno

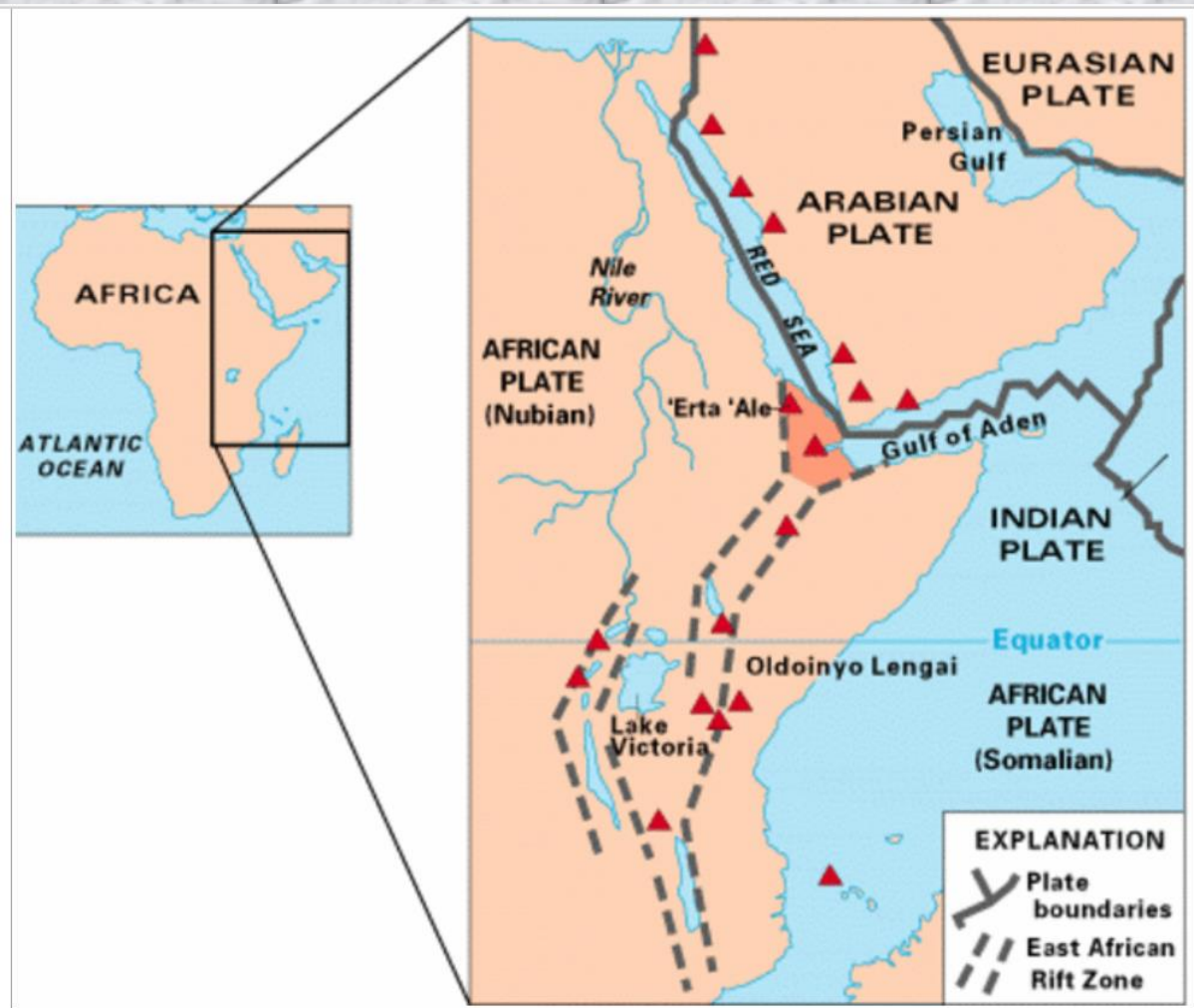
Ma se nuova crosta si forma, da qualche altra parte si deve consumare...



Islanda: l'unico punto al mondo dove è possibile vedere in superficie una dorsale attiva NB probabilmente è anche un punto caldo (Hot Spot)

Africa orientale:
the Great Rift valley.
Lago Tanganika:
1480 m di profondità.
Vulcani:
Kilimangiaro

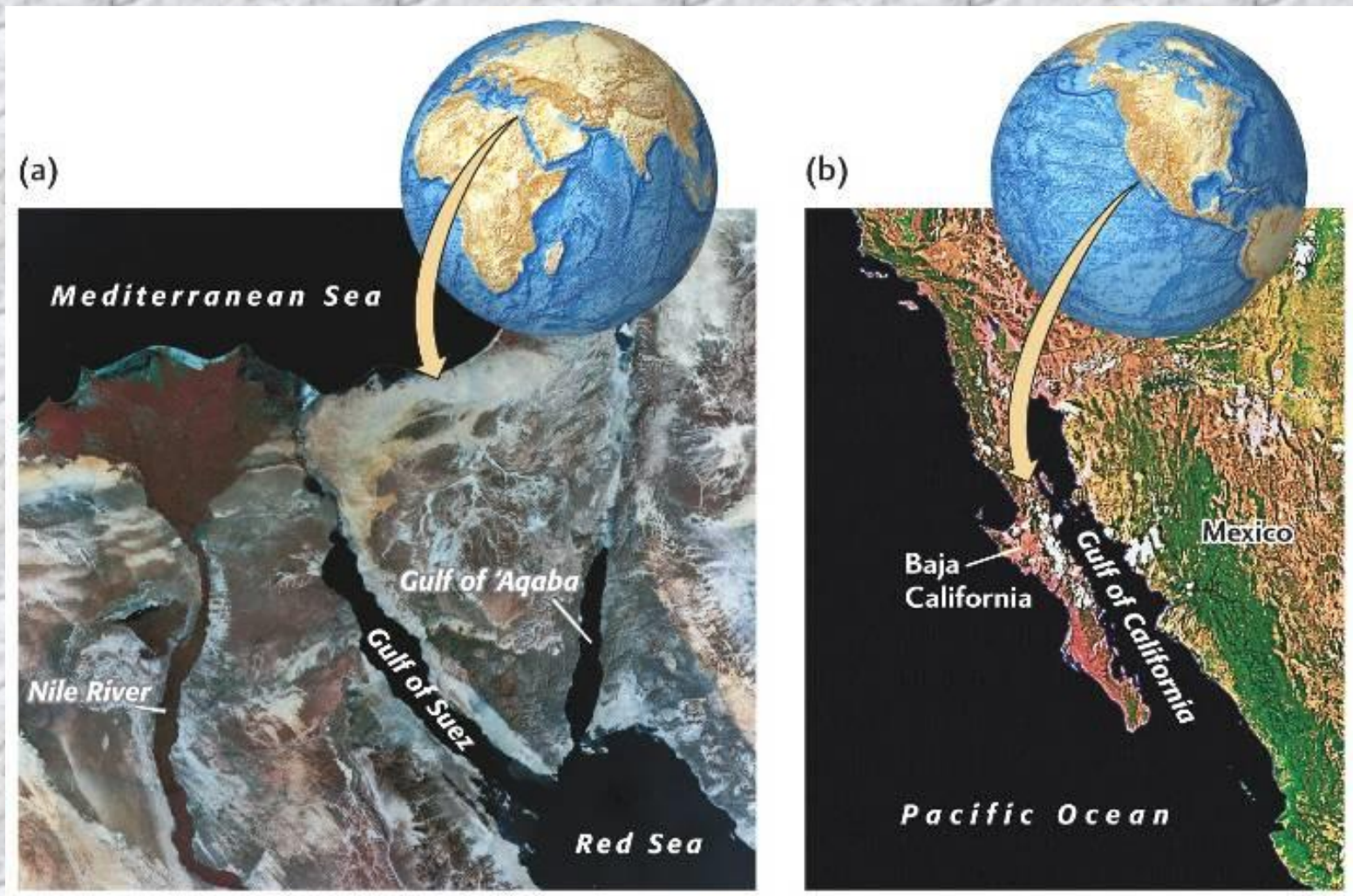




Map of East Africa showing some of the historically active volcanoes (red triangles) and the Afar Triangle (shaded, center) -- a so-called triple junction (or triple point), where three plates are pulling away from one another: the Arabian Plate, and the two parts of the African Plate (the Nubian and the Somalian) splitting along the East African Rift Zone.

Golfo di Aden: Punto triplo

<https://www.volcanodiscovery.com/it/africa.html>



Mar Rosso e Baja California: due rift vally attive, ma ad uno stadio iniziale, ma meno inziale delle Rift Valley.

Ci sono anche zone di espansione fermate..Valle del Reno, Mare di Ross (Antartide)

NB: rapporti di causa effetto pg 31 del PSGJ..

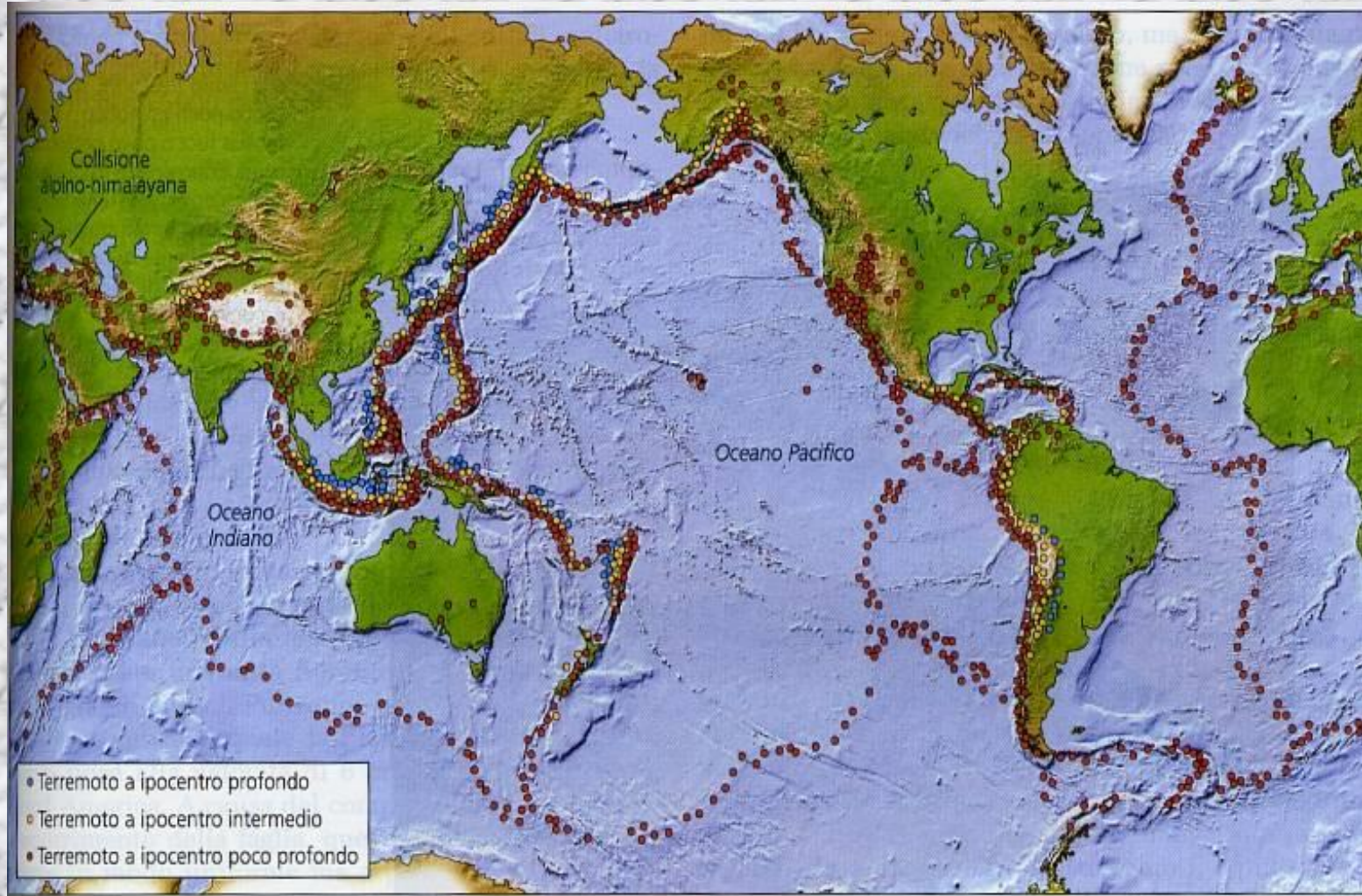
- In corrispondenza di *margini divergenti* le placche si separano e si forma nuova litosfera (o nuova crosta oceanica)

NON c'è scritto

- In corrispondenza dei *margini divergenti* si forma nuova litosfera e le placche si separano

Nell'astenosfera moti divergenti..si crea una zona centrale di ..minor pressione...
Fusione e innalzamento dell'astenosfera,..

La distribuzione dei terremoti indica i limiti tra placche



Dorsali → margini divergenti, si forma nuova crosta.

Dove si consuma ? Dove sono i margini convergenti ??

Margini convergenti o margini distruttivi 3 TIPI

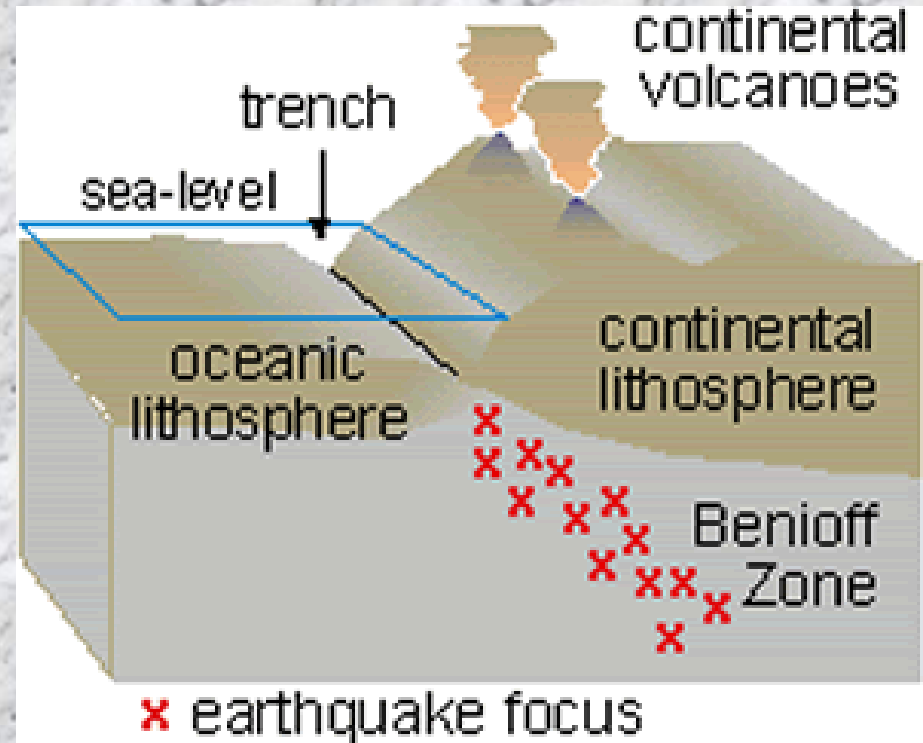
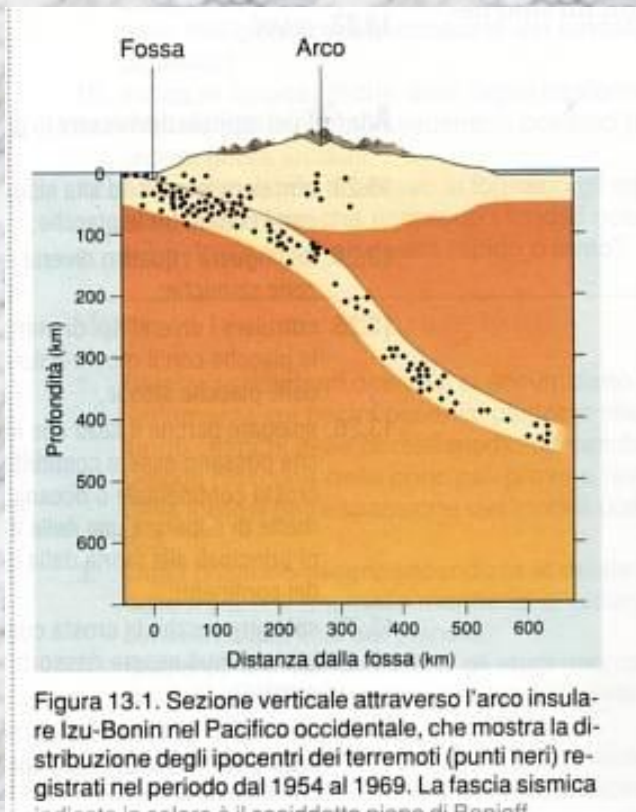
- Tra una placca oceanica e una continentale (Pacifico - Catena Andina)
- Tra due placche oceaniche (con crosta terrestre oceanica): mar del Giappone, (Placca Pacifica e Placca delle Filippine)
- tra due placche continentali (India-Asia)

placche continentali + placca oceanica: margine continentale cileno

- Fossa oceanica molto vicina al continente, piattaforma continentale assente, catena montuosa vicina e parallela al mare (le Ande)
- Catena montuosa con vulcani a chimismo intermedio, andesitico (Qz, Plagioclasti, Anfiboli, Pirosseni)
- Terremoti molto poco profondi in corrispondenza della fossa, poco profondi sotto la costa, molto profondi sotto la catena montuosa

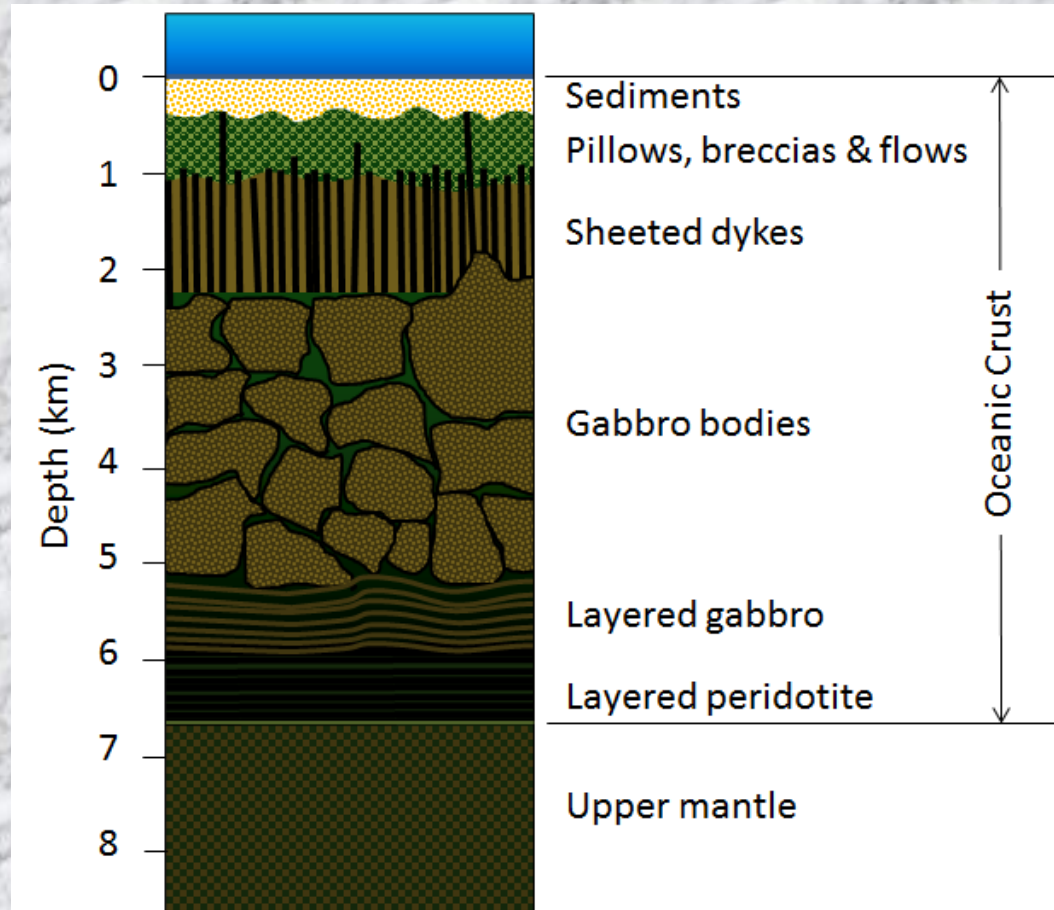
La distribuzione dei terremoti

Il piano di Benioff-Wadati

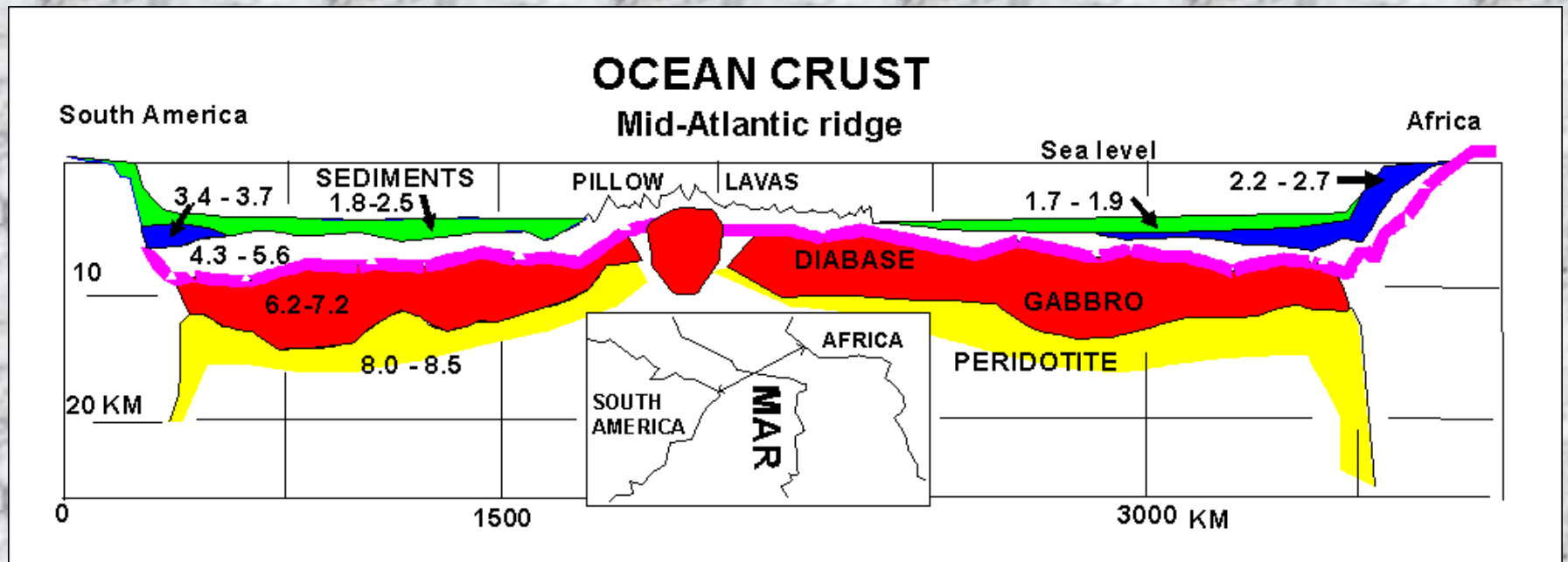


Nelle fosse oceaniche avviene la subduzione: scorrimento di una placca litosferica sotto l'altra e riassorbimento nell'astenosfera. Quindi la placca perde superficie. Terremoti max **670 km**, poi le placche sprofondano ancora....

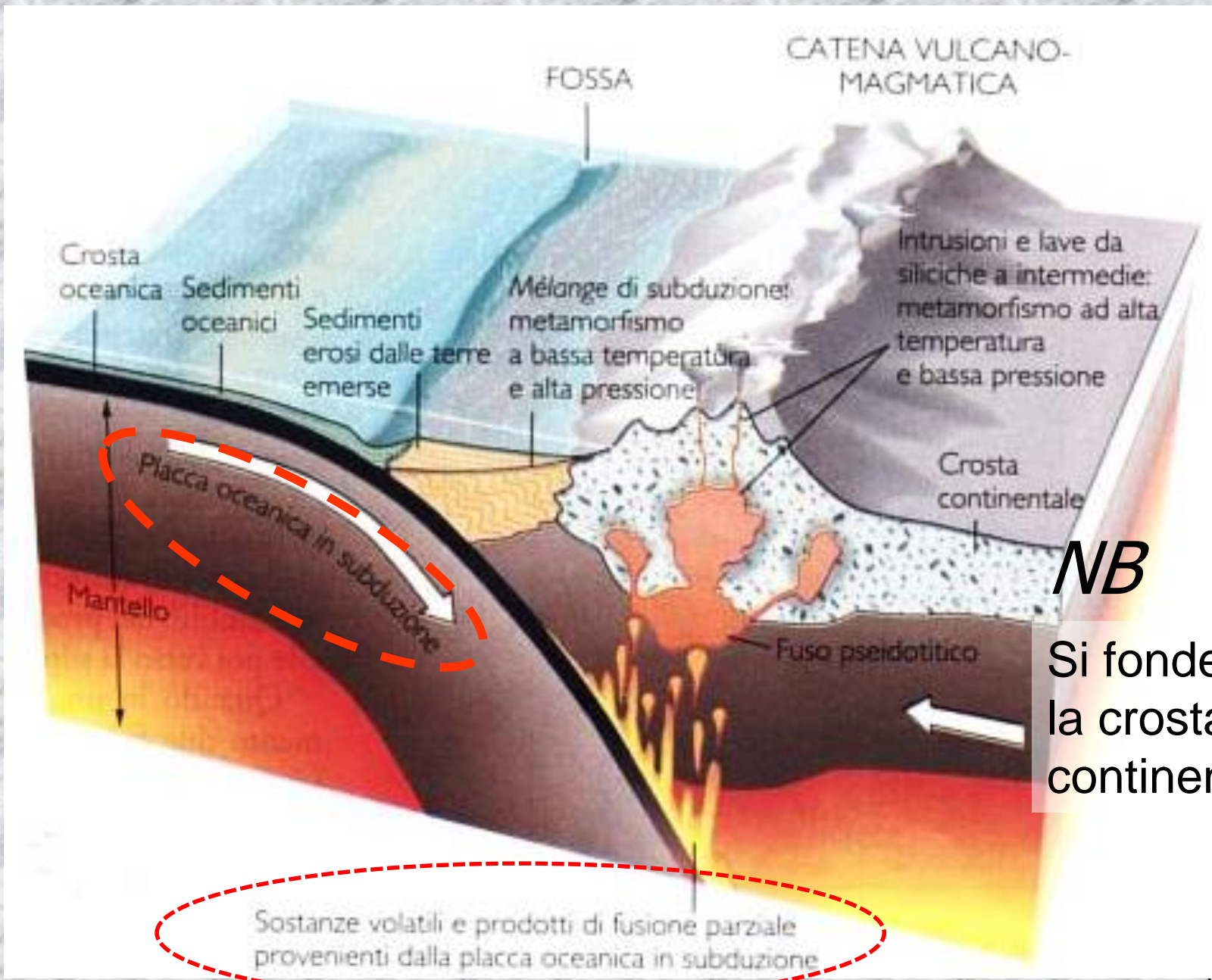
Struttura crosta oceanica



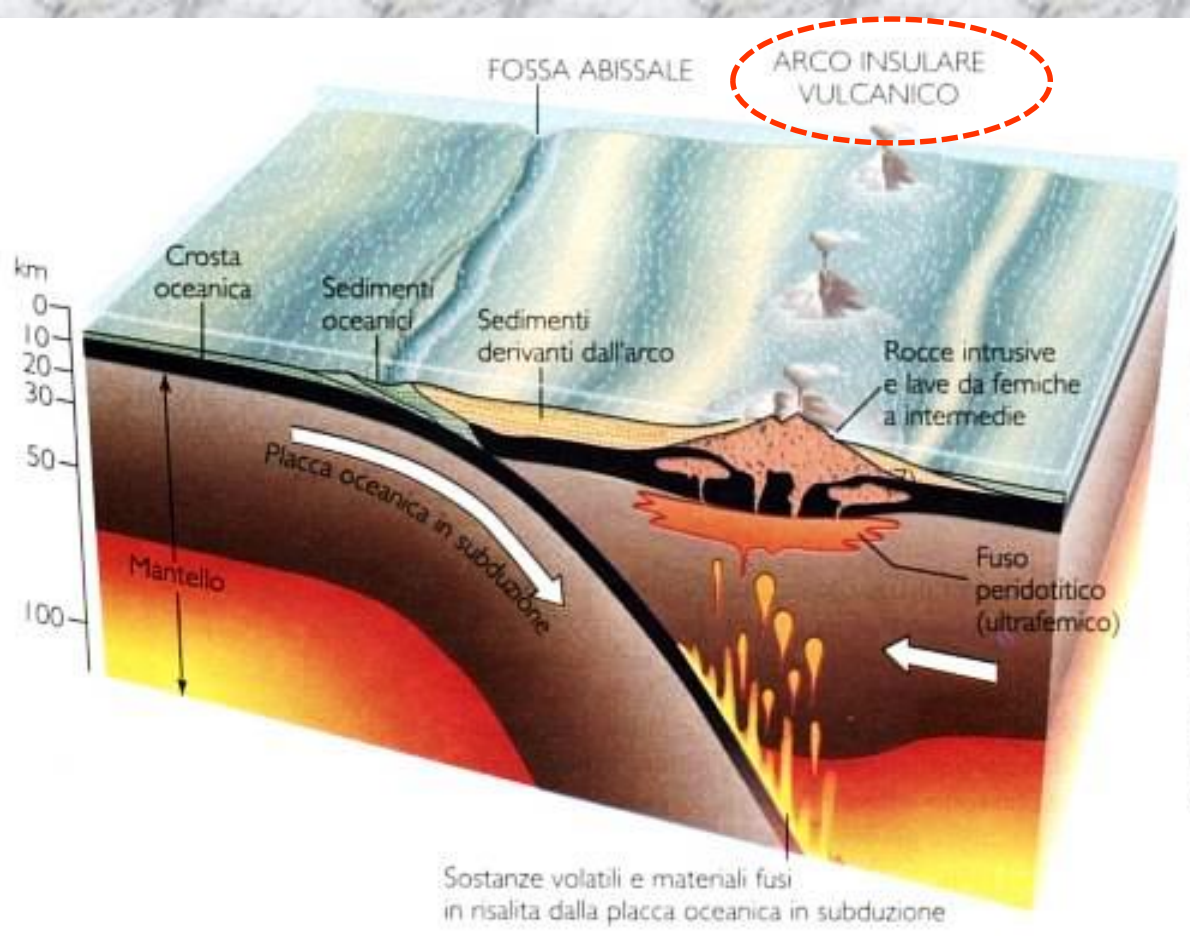
Sedimenti: fanghi a foraminiferi, fanghi a diatomee, argille fluviali
Silt eolici, torbiditi a grana fine: tutti materiali ..
Pieni di acqua nei pori e di minerali idrati (OH)



I numeri sono le velocità delle onde sismiche P

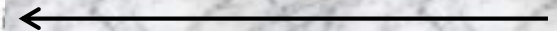


NB
 Si fonde
 la crosta
 continentale



Margini convergenti

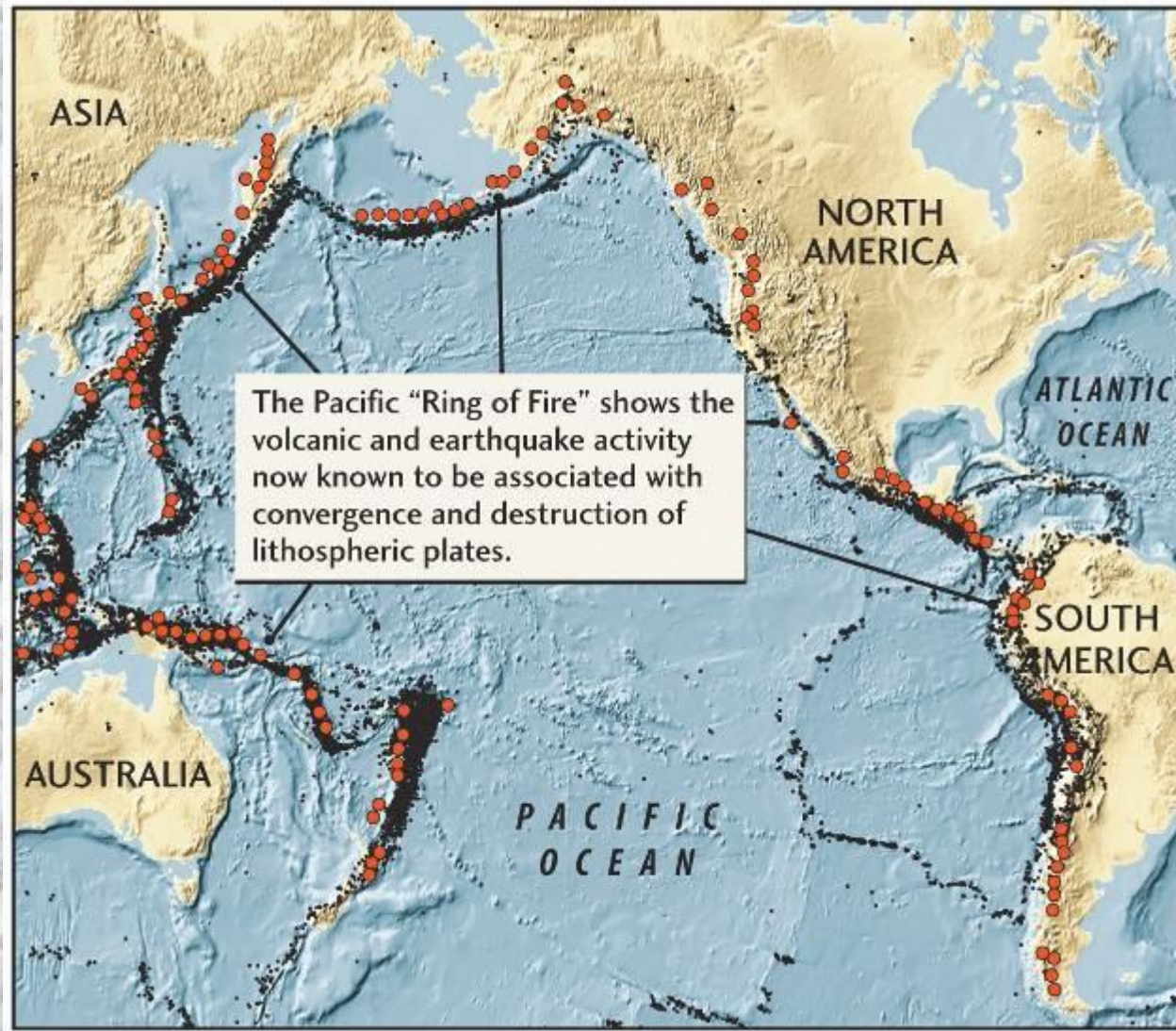
Oceano – oceano
tra due placche oceaniche



A 100-150 km di prof. i componenti volatili (H_2O e CO_2) della placca in subduzione e soprattutto dei sedimenti che gli stanno sopra fondono e risalgono..e fondono la placca che sta sopra. Ma in questo caso la placca è oceanica: magmatismo: da intermedio a basico

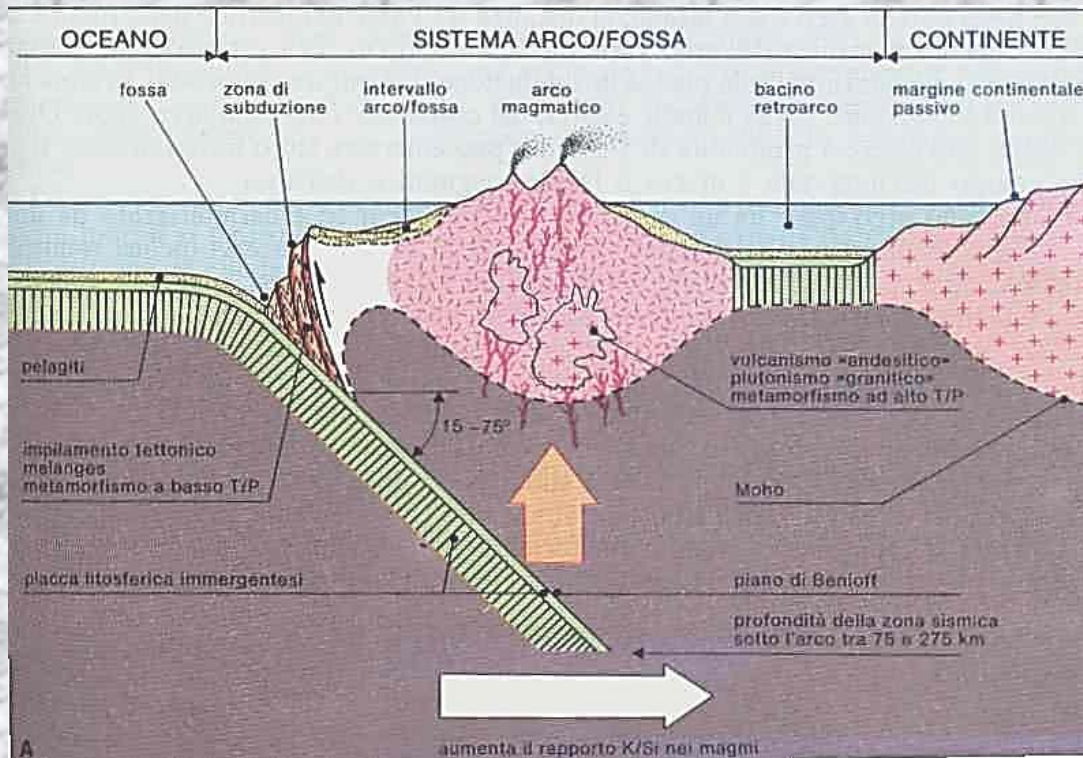
Fusione indotta da fluidi

Anche lungo i margini convergenti: terremoti + vulcanesimo



Ma vulcanesimo diverso: da intermedio ad acido

Margini convergenti: sistemi arco-fossa



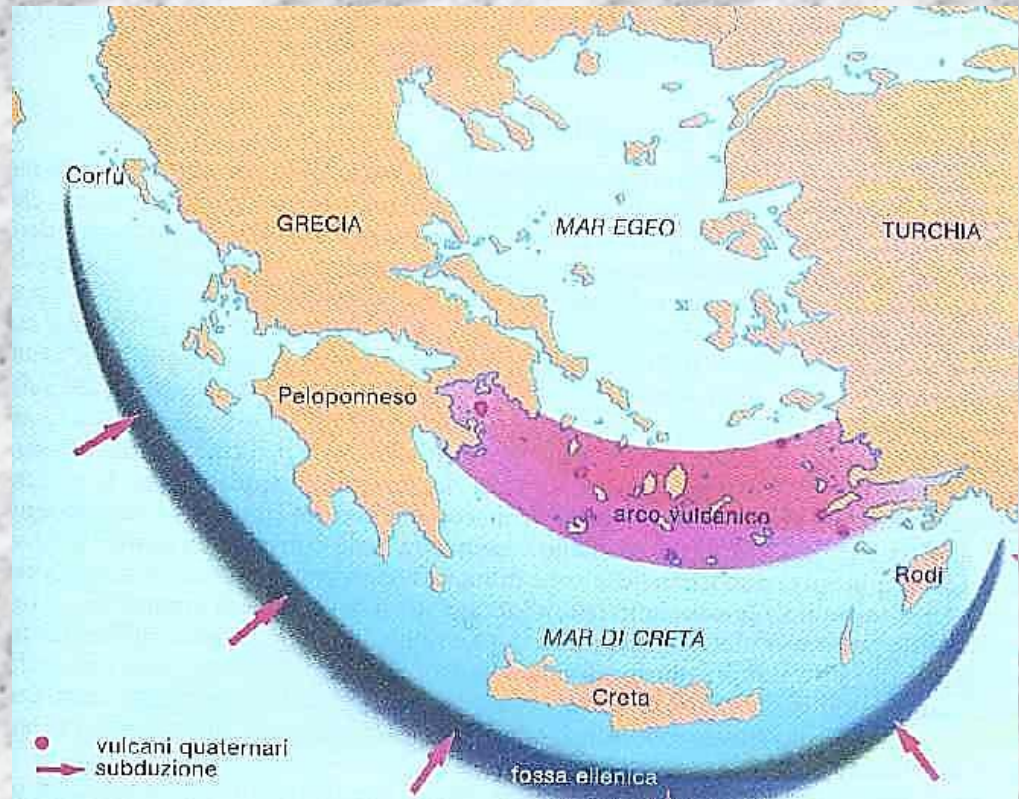
I sistemi arco – fossa comprendono cinque elementi principali:

- La *fossa*, profonda più di 6 Km e pavimentata di crosta oceanica;
- La *zona di subduzione*, situata sotto la parete interna della fossa;
- L'*intervallo arco – fossa*, raccordo tra la zona di subduzione e arco magmatico;
- L'*arco magmatico* vero e proprio
- L'*area retroarco*, generalmente occupata da un bacino marginale

Convergenza tra due placche oceaniche

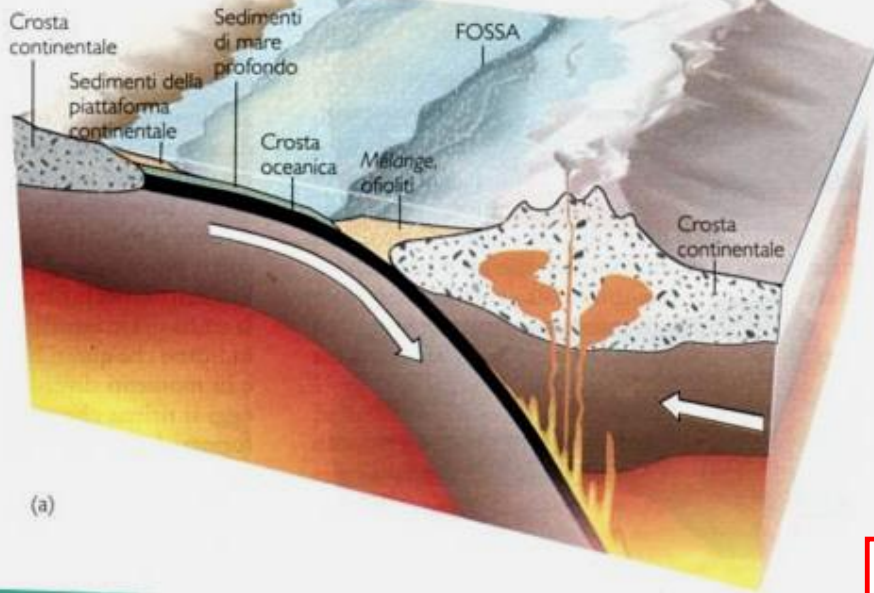
I bacini marginali

- Dietro i sistemi di archi insulari esistono mari di medie profondità oceaniche.
- sono chiamati *bacini marginali* e si sono formati per distensione crostale.
- Un esempio tipico è rappresentato dal Mare Egeo.

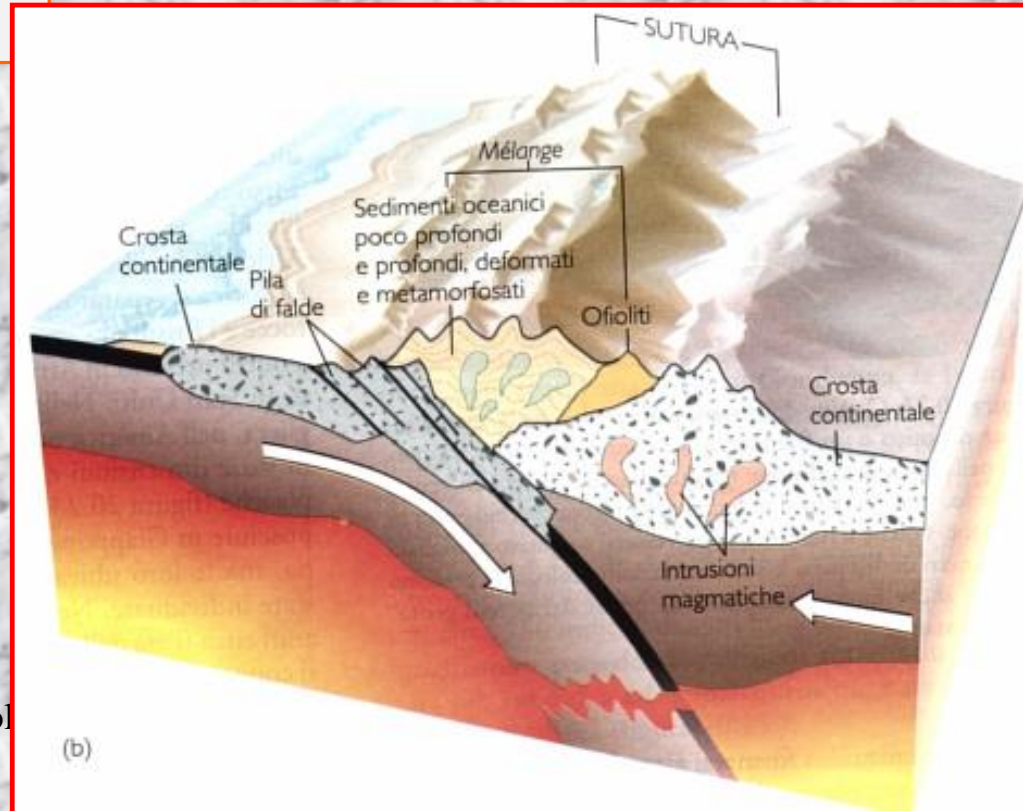


Contatto tra due placche continentali

La crosta oceanica è già stata tutta consumata, la subduzione è finita . I depositi oceanici oceanici vengono . attaccati..alla crosta continentale: prisma di accrezione (USA)



Oppure: struttura a falde di ricoprimento (Alpi)
Esempi anchea
Himalaya: India – Eurasia
*Non c'è più subduzione,
non c'è Vulcanesimo*



Margini conservativi

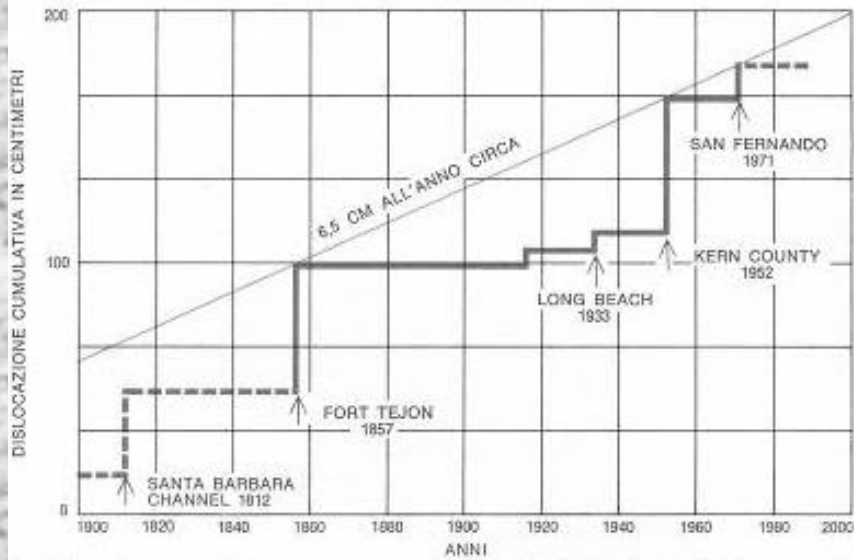
(la crosta si conserva, non si crea non si distrugge)



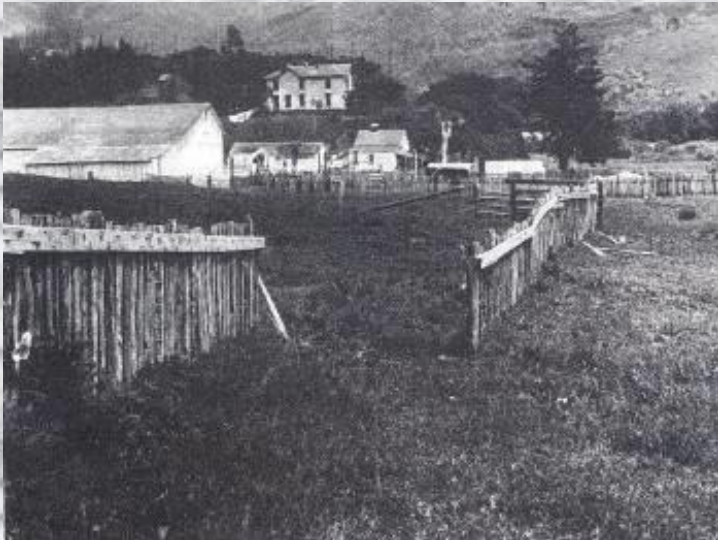
Due placche slittano una a fianco dell'altra

2010-2011 **Movimenti orizzontali NB anche Nuova Zelanda e Sierra Leone**

Margini conservativi



La dislocazione cumulativa connessa con i terremoti indica che la California meridionale, a ovest della faglia di San Andreas, si sposta verso nord con una velocità di circa 6,5 cm all'anno. I terremoti liberano tensioni accumulate per decenni.

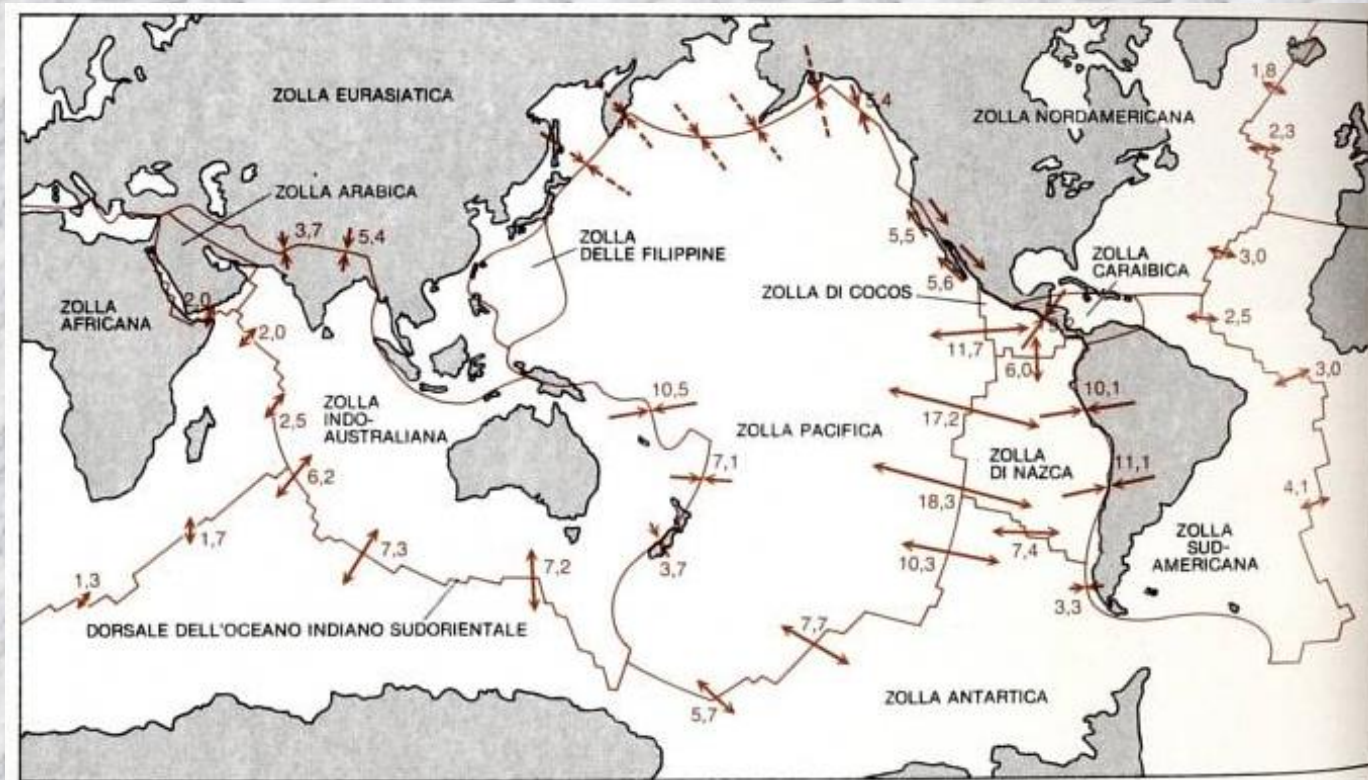


Faglie a movimento orizzontale: faglie trascorrenti (NB quelle delle dorsali si definiscono trasformi)

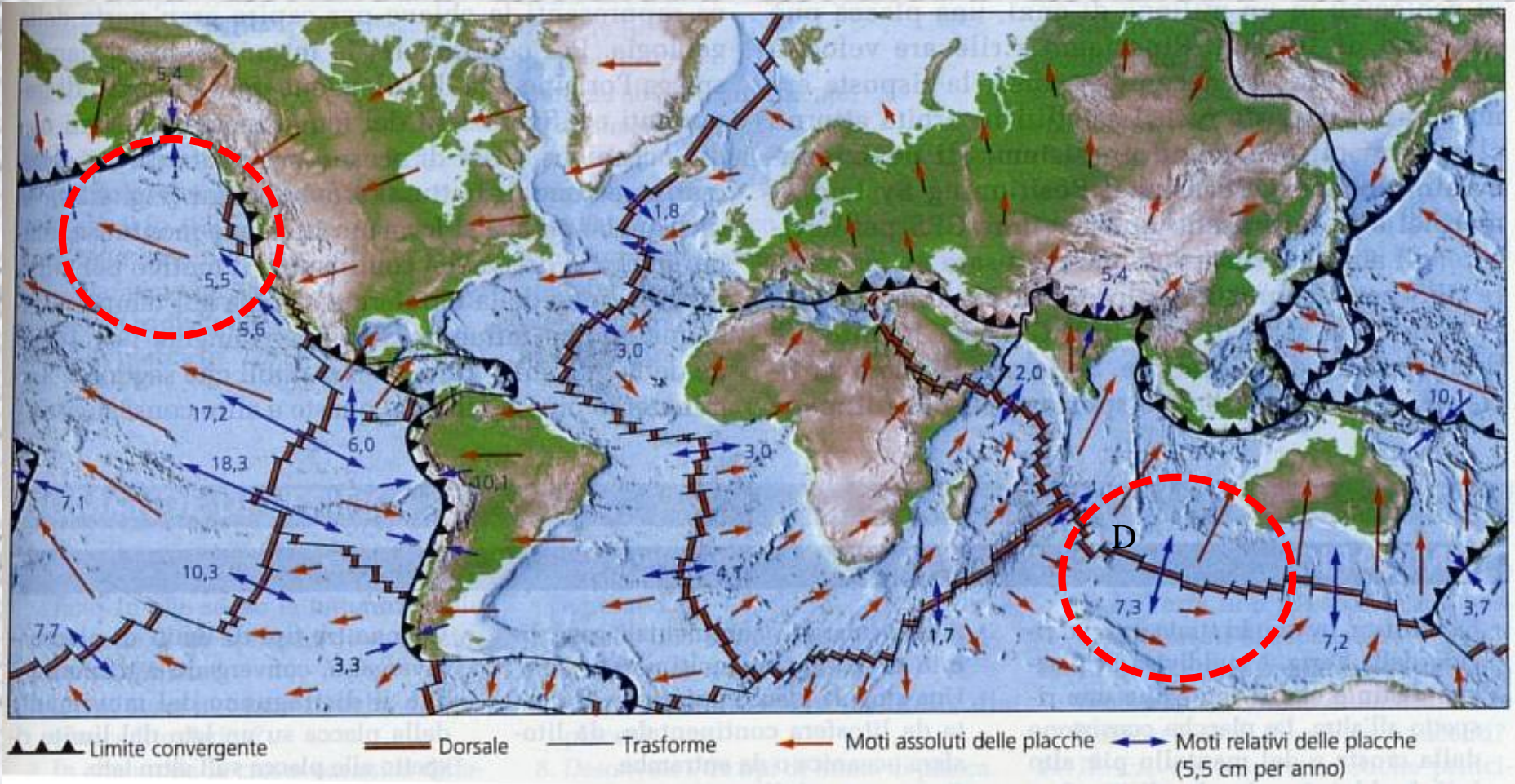
Margini → sismicità → vulcanesimo

- 1) Margini DIVERGENTI: Asse dorsali: terremoti poco profondi (max 20-30 km) + elevato flusso calore + magmatismo basico (basalti + gabbri + diabase, dolerite, microgabbri filoniani))
- 2) zone a spostamento orizzontale (F. S. Andreas, faglie in Turchia): solo terremoti poco profondi
- 3) Margini convergenti con subduzione: terremoti via via più profondi (max **300-670 km**) a crescente distanza dalla fossa, verso l'interno del continente. presenti vulcani da acidi a intermedi *o arco vulcanico: attività vulcanica a chimismo da intermedio a basico.*
- 4) Margini convergenti continente – continente: aree montuose, catene giovani: terremoti da poco profondi a intermedi. **NO vulcanesimo**

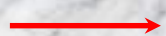
Velocità di movimento delle zolle \neq vel. espansione dorsale



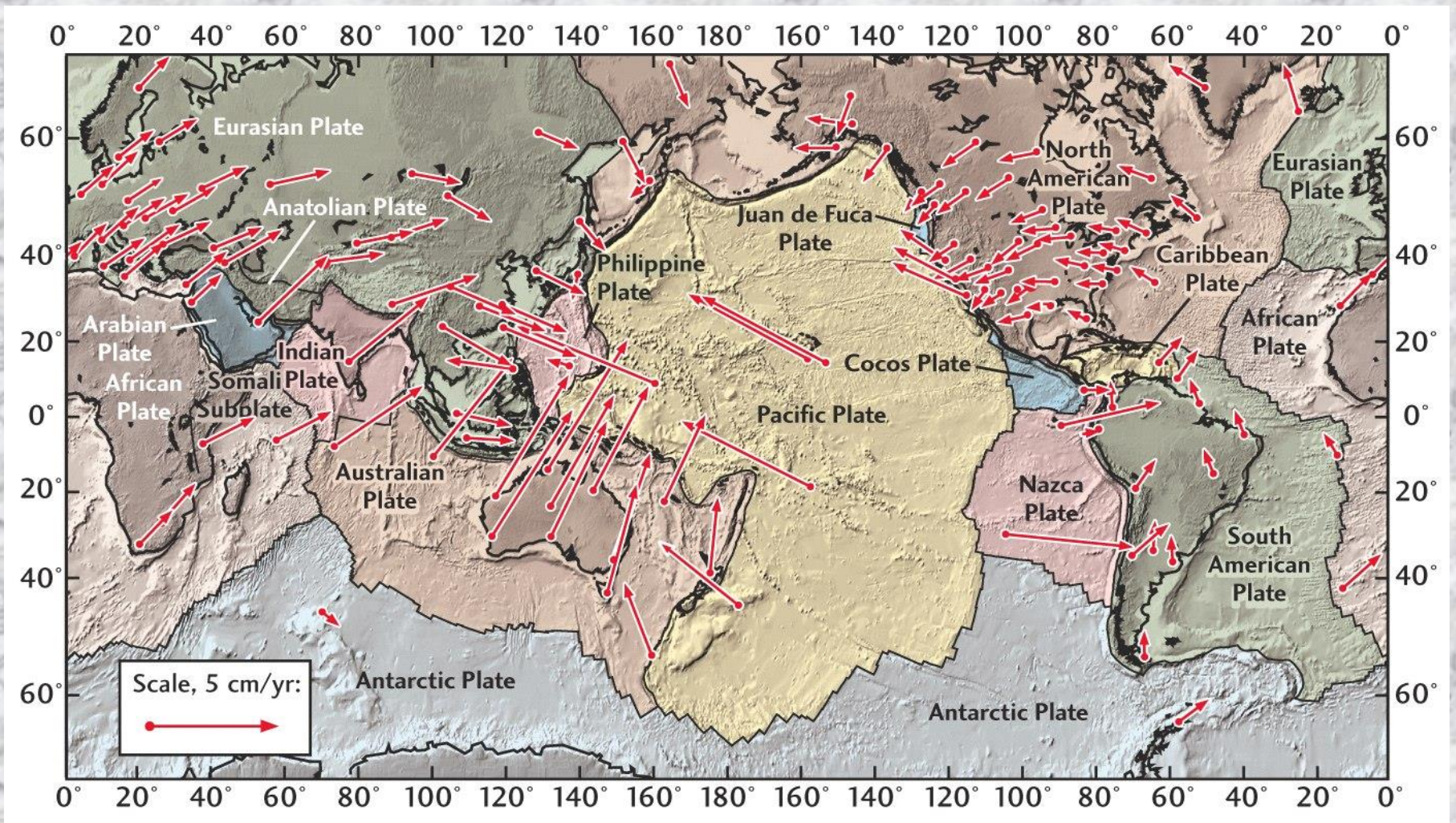
- **Velocità relativa trasversalmente all'asse delle dorsale (in figura) ovvero velocità di espansione..** Ma anche velocità assolute ma anche
- **velocità rispetto al mantello (hot spot)**
- **velocità e movimento con il GPS, satelliti, stelle fisse**
- **cambia anche la direzione ...**



Velocità relativa misurata sulla base dell'espansione delle dorsali



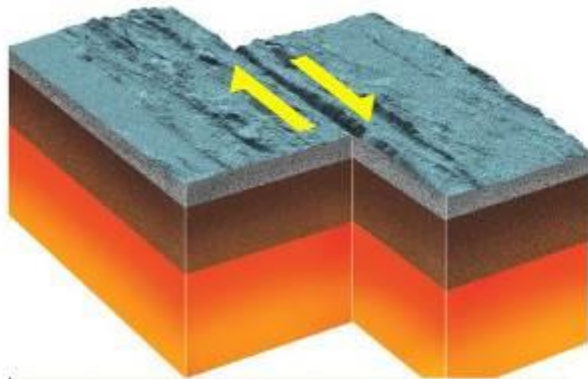
Velocità assolute rilevate rispetto al mantello (Hot spot: Hawaii, Pasqua, Islanda, Azzorre, Tristan de Cuna, Kerguelen, Balleny)



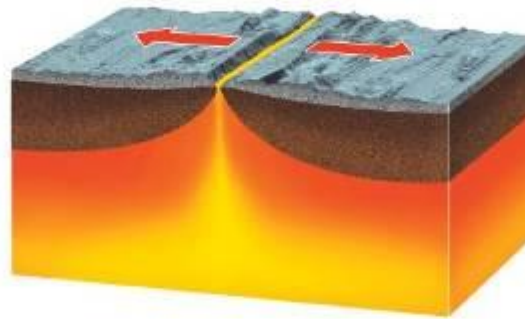
Direzione e velocità delle placche

NB direzione e velocità delle placche \neq dalla velocità di espansione delle dorsali

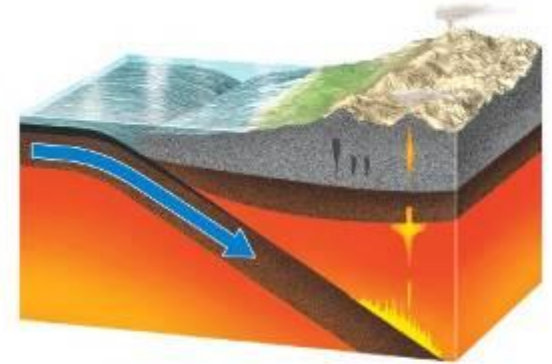
Se il movimento tra placche è ortogonale si parla di tettonica distensiva (dorsali) o compressiva
Se gli allontanamenti hanno angoli obliqui: tettonica transtensiva o transpressiva



At transform-fault boundaries, plates slide horizontally past each other.



At divergent boundaries, plates move apart and create new lithosphere.



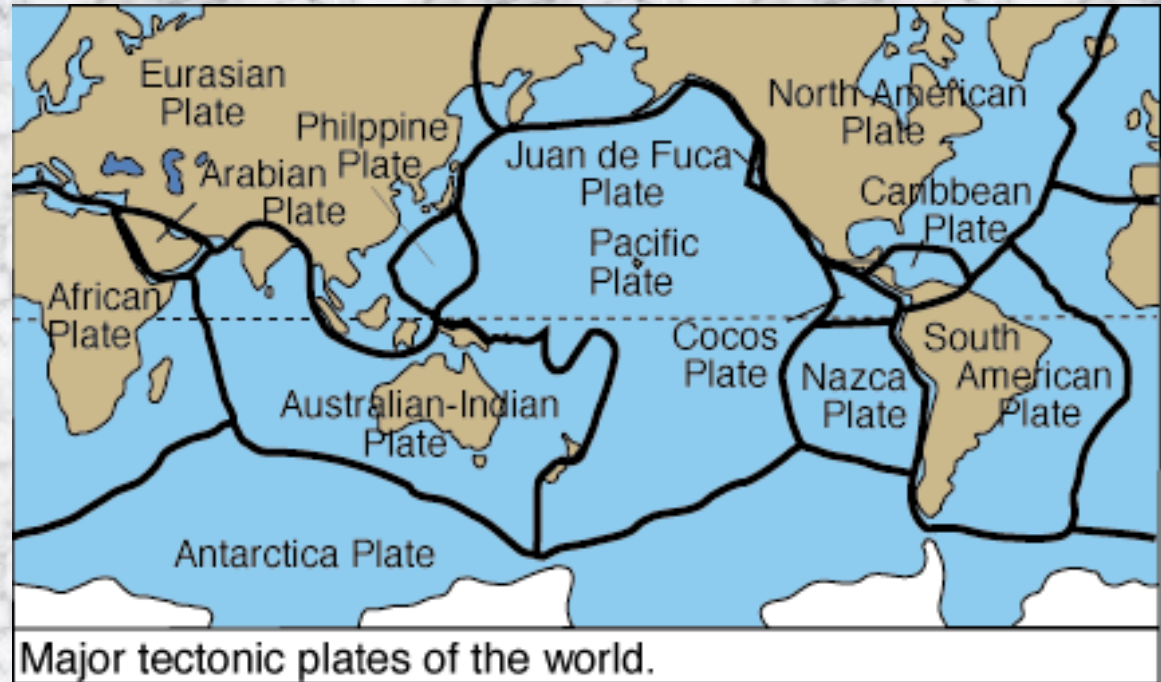
At convergent boundaries, plates collide and one is pulled into the mantle and recycled.

Se ne riparla nel capitolo «Pieghe e faglie»

Teoria della tettonica a placche

Secondo le concezioni attuali:

- La superficie terrestre è costituita da una serie di grosse placche (13)
- Queste sono in continuo movimento determinato da correnti convettive al di sotto delle placche, nell'astenosfera (mantello)
- Il motore delle celle di convezione è il calore prodotto in profondità

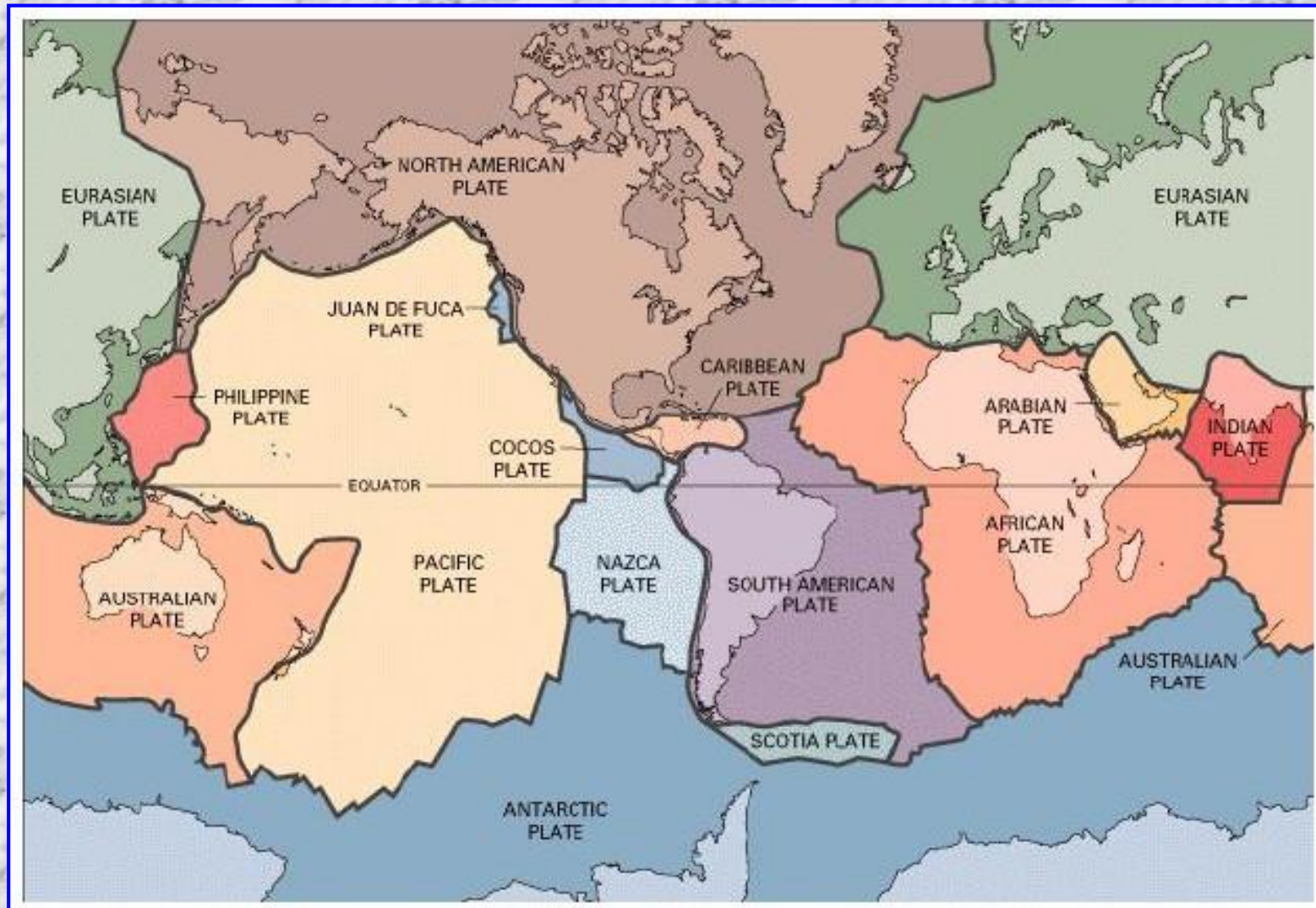


I limiti di placca sono sede di importanti fenomeni geologici: terremoti, orogenesi, magmatismo
NB placche prevalentemente di crosta continentale, prevalentemente oceanica, miste

Teoria della tettonica a placche

- L'idea centrale di tale teoria è che la crosta terrestre sia costituita da “zolle” litosferiche rigide (crosta+ mantello sup.), che si muovono al di sopra di un parte del mantello più fluido, **l'astenosfera**.
- La sismicità della Terra è la diretta conseguenza di questi movimenti.
- Le zone ad alta sismicità si identificano con aree ben precise, che coincidono con i limiti di placca quali:
 - le dorsali oceaniche,
 - le valli continentali di sprofondamento (rift vally Africa).
 - le profonde fosse oceaniche,
 - le zone ad elevata attività vulcanica (archi vulcanici; Aleutine, Giappone, ma anche Ande)
 - le catene montuose recenti (Alpi, Hymalaia)

Le zolle principali



Circa 12 placche principali +.....

- **Nord Americana, Eurasia, Africa, India, Antartide, Pacifica, Australiana**
- **Nazca, Filippine, Araba, Cocos, Caraibica**
- **Nuove Ebridi, Juan de Fuca, Scotia, Cina, Iran, Tonga, Turchia, Egeo, placca Adria o Apula, sub placca Somala..**

Il movimento delle placche è dovuto solamente alle presenza di celle di convezione nell'astenosfera

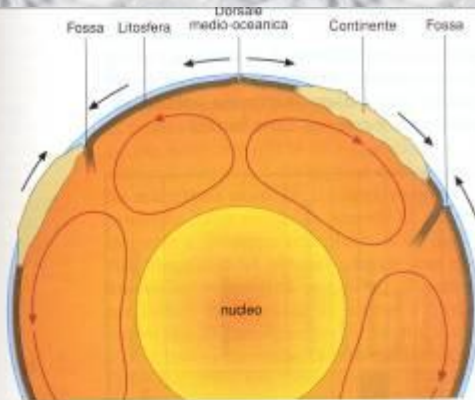


Figura 12.5. Rappresentazione schematica dell'ipotesi di espansione dei fondali oceanici. Esistono zone dove si forma nuova litosfera accanto ad altre dove la litosfera è inghiottita e distrutta.

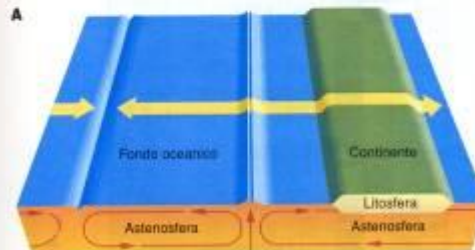


Figura 12.6. (A), l'espansione dei fondali oceanici è provocata da correnti convettive presenti nell'astenosfera che risalgono in corrispondenza delle dorsali oceaniche, dalle quali poi divergono lateralmente trascinando passivamente i continenti.

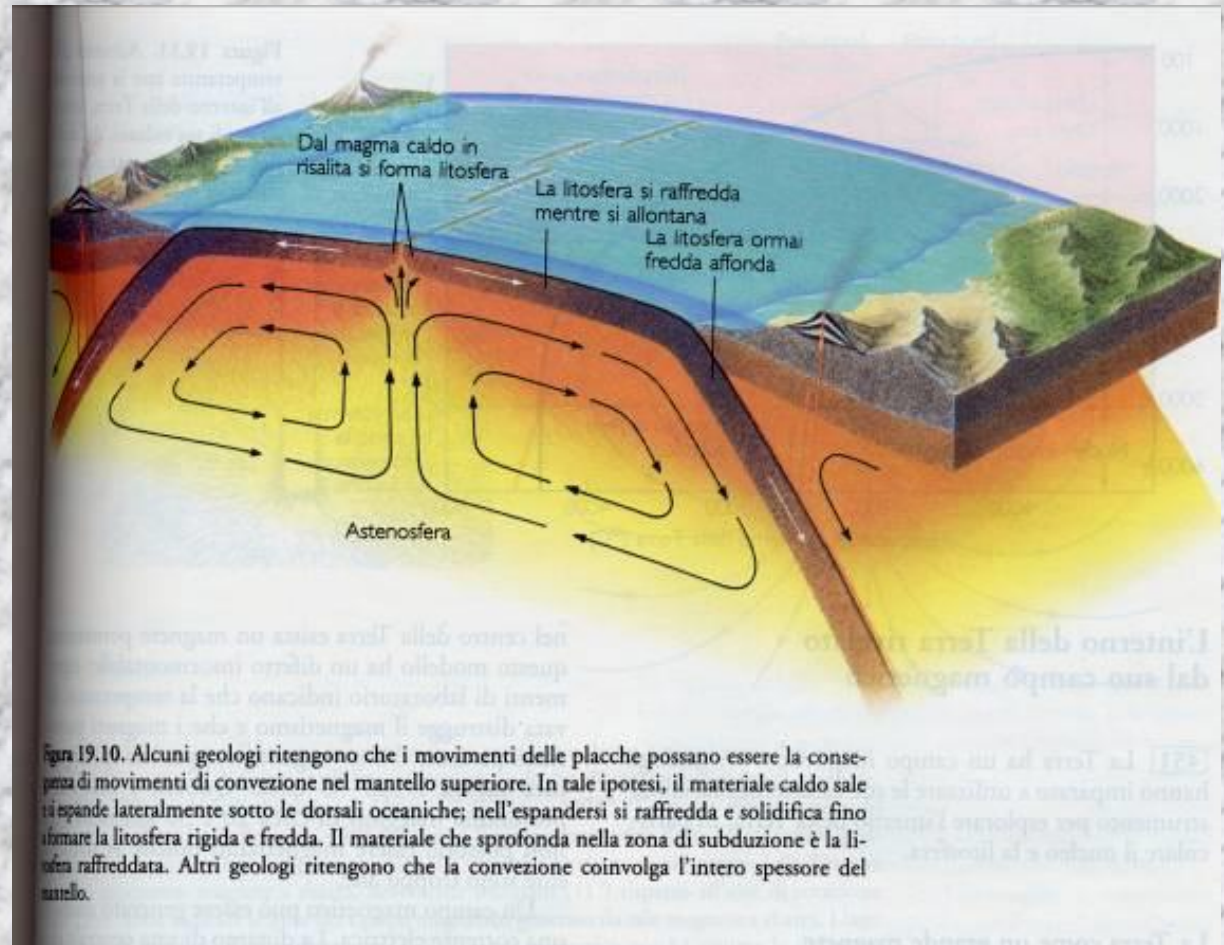
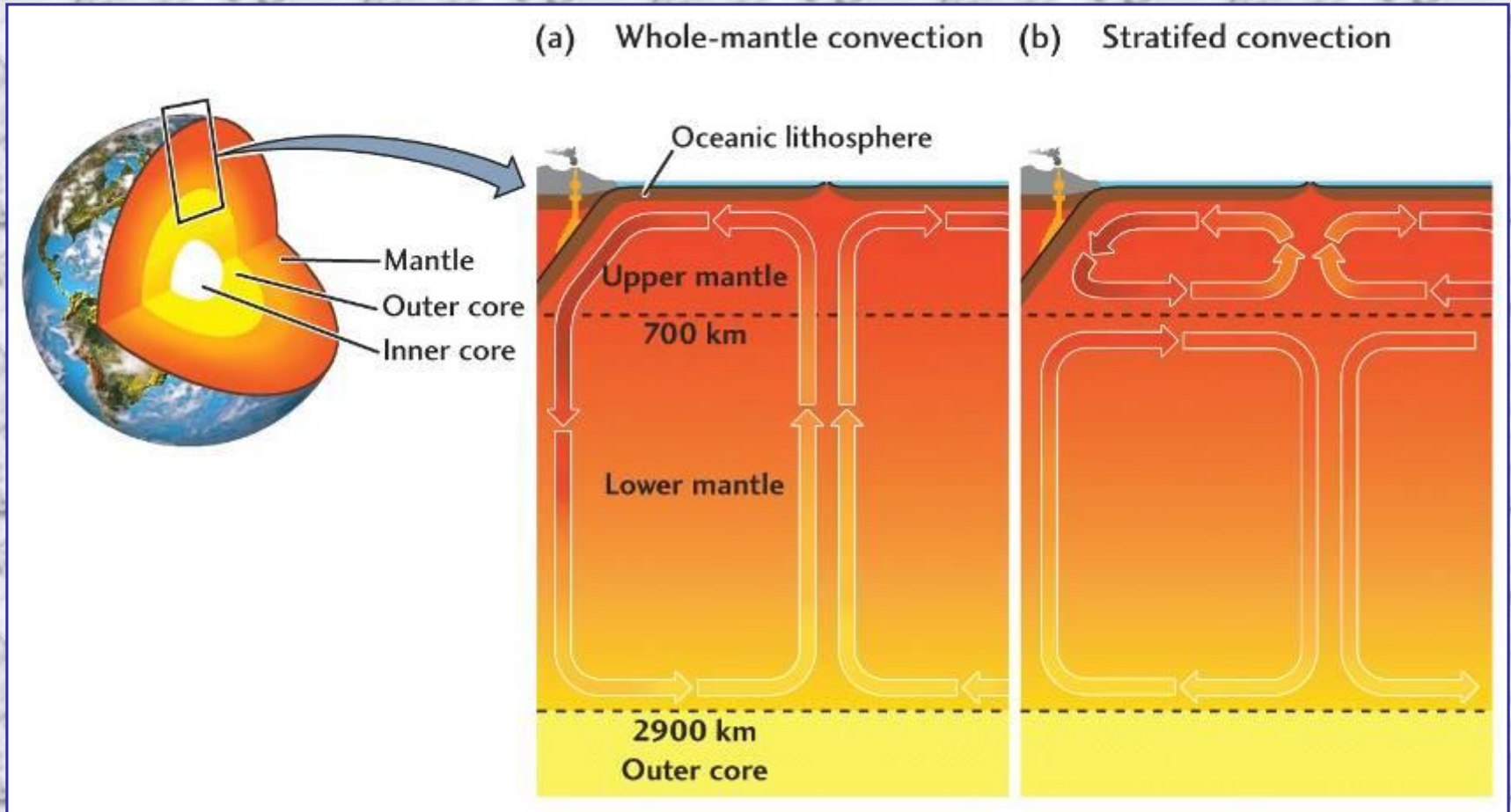


Figura 19.10. Alcuni geologi ritengono che i movimenti delle placche possano essere la conseguenza di movimenti di convezione nel mantello superiore. In tale ipotesi, il materiale caldo sale e si espande lateralmente sotto le dorsali oceaniche; nell'espandersi si raffredda e solidifica fino a formare la litosfera rigida e fredda. Il materiale che sprofonda nella zona di subduzione è la litosfera raffreddata. Altri geologi ritengono che la convezione coinvolga l'intero spessore del mantello.

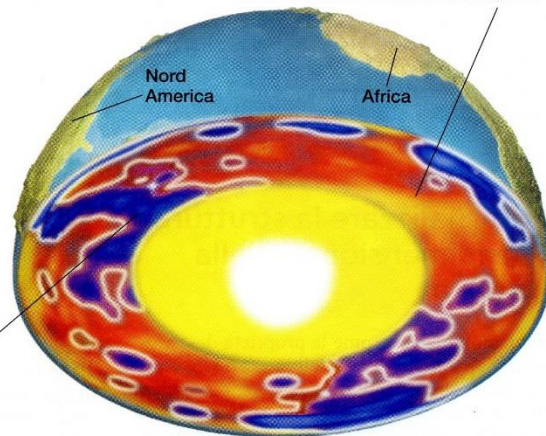
Quasi vero.. questa era l'ipotesi di 30 anni fa..

Moti convettivi solamente nell'astenofera (mantello sup. o in tutto il mantello ? Pare in tutto il mantello !!



NB resti di placche al limite corsta mantello

(a) Sezione tomografica



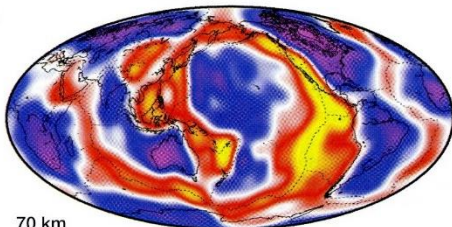
Una sezione tomografica attraverso la Terra rivela regioni calde, come un superpennacchio che sta risalendo dal limite del nucleo della Terra fin sotto l'Africa Meridionale...

... e regioni più fredde, come i resti della Placca Farallon che stanno sprofondando sotto la Placca nordamericana.

La temperatura NON è omogenea
All'interno del mantello

(b-e) Rappresentazioni globali a quattro diverse profondità

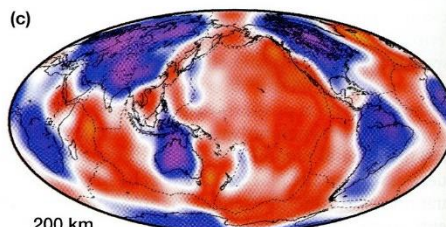
(b)



70 km

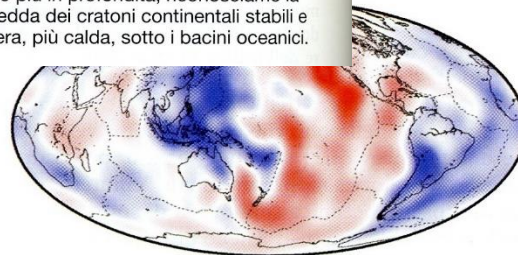
Vicino alla superficie terrestre le rocce calde nell'astenosfera si trovano al di sotto dei centri di espansione oceanici.

(c)



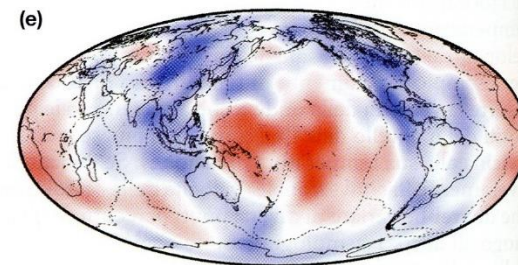
200 km

Scendendo più in profondità, riconosciamo la litosfera fredda dei cratoni continentali stabili e l'astenosfera, più calda, sotto i bacini oceanici.



500 km

Più in profondità nel mantello, le strutture messe in luce dalla tomografia non coincidono più con le posizioni dei continenti.



2800 km (vicino al limite nucleo-mantello)



Vicino al limite nucleo-mantello, le regioni più fredde intorno al Pacifico potrebbero essere i "cimiteri" dei lembi di placche litosferiche sprofondate.

FIGURA 14.11 • Un modello tridimensionale del mantello terrestre realizzato con la tomografia sismica. Le regioni con una velocità delle onde S maggiore (blu e viola) indicano rocce più fredde e più dense; le regioni con onde S più lente (rosse e gialle) indicano rocce più calde e meno dense. (a) Sezione della Terra. (b-e) Rappresentazioni globali a quattro differenti profondità. [Le velocità delle onde S sono di G. Ekström e A. Dziewonski, Harvard University; la sezione (a) è tratta da M. Gurnis, *Scientific American* (Marzo 2001): 40; le rappresentazioni (b-e) sono di L. Chen e T. Jordan, University of Southern California.]

Cosa muove le placche..

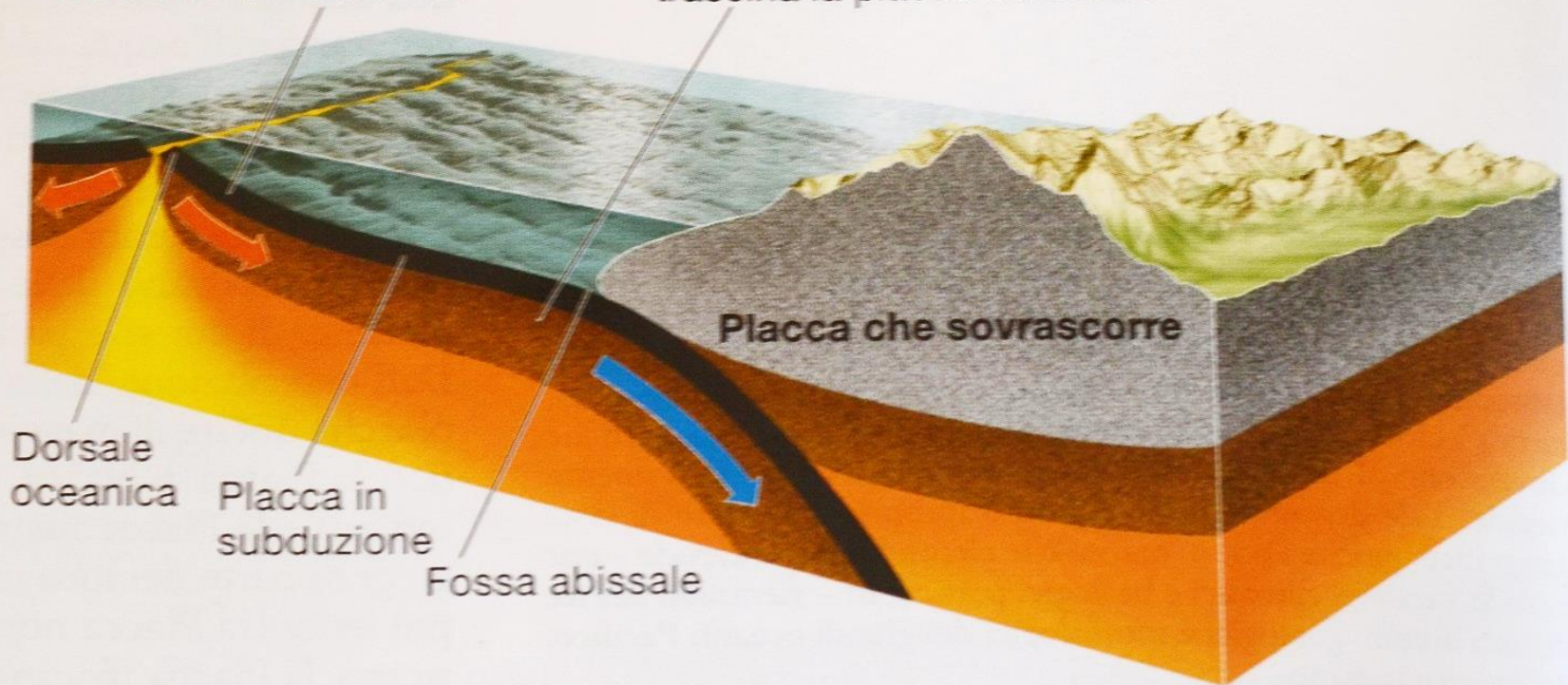
- La forza di spinta della dorsale: sotto le dorsali litosfera sottile, calda, meno densa con spinta di galleggiamento la crosta si alza..Man mano che si allontaniamo dalle dorsali la nuova litosfera si raffredda, **si allontana** e si abbassa per gravità
- La forza di trazione della placca in subduzione. Dopo 10 ml di anni la litosfera oceanica è più fredda e densa dell'astenosfera e ..scende per gravità ..lungo il piano di Benjoff trascinandosi dietro il resto della placca
- La forza di trascinamento dell'astenosfera convettiva sulla base della placca (Prima ipotesi vedi immagini precedenti)

Le forze che agiscono sulle placche sono di diverso tipo

- ✦ Convezione
- ✦ Ridge "push" (spinta della dorsale)
- ✦ Slab "pull" (tiro della placca in subduzione)
- ✦ Trench "suction" (tiro della fossa) 
- ✦ Plumes 
- ✦ Forze rotazionali del pianeta

La forza di gravità spinge la
placca a scivolare verso quote
più basse, mentre si allontana
dalla dorsale oceanica

Il settore di litosfera in sprofondamento
trascina la placca oceanica



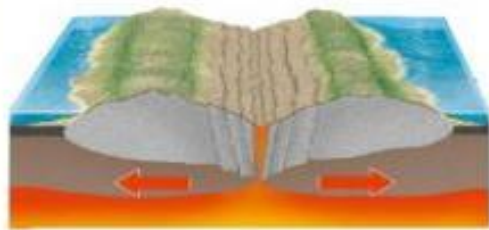
Dorsale
oceanica

Placca in
subduzione

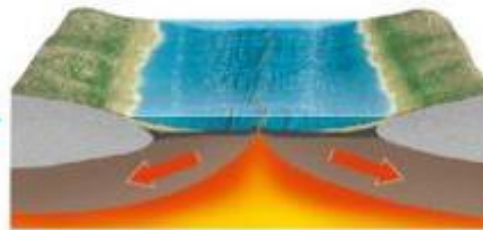
Fossa abissale

Placca che sovrascorre

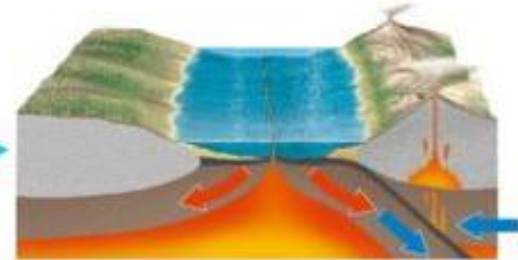
E la Pangea di Wegener ? Aveva visto giusto ??



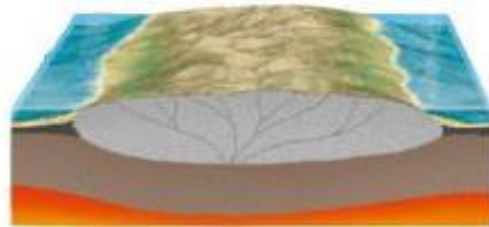
1 La risalita di materiale caldo fa inarcare la litosfera continentale, che si frattura; si apre una *rift valley* e fuoriesce magma.



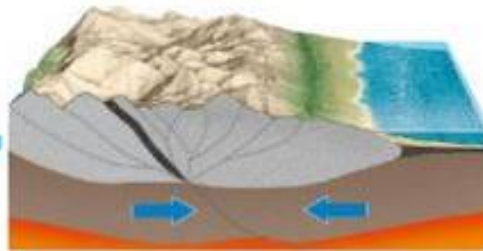
2 I margini si allontanano, la depressione viene invasa da un oceano e si accumulano sedimenti lungo i bordi in allontanamento.



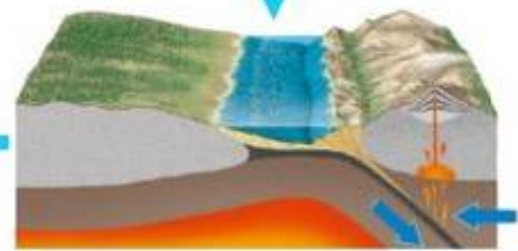
3 Inizia un processo di convergenza; una placca oceanica va in subduzione sotto una placca continentale.



6 Il continente viene eroso e si creano le condizioni perché il ciclo ricominci.

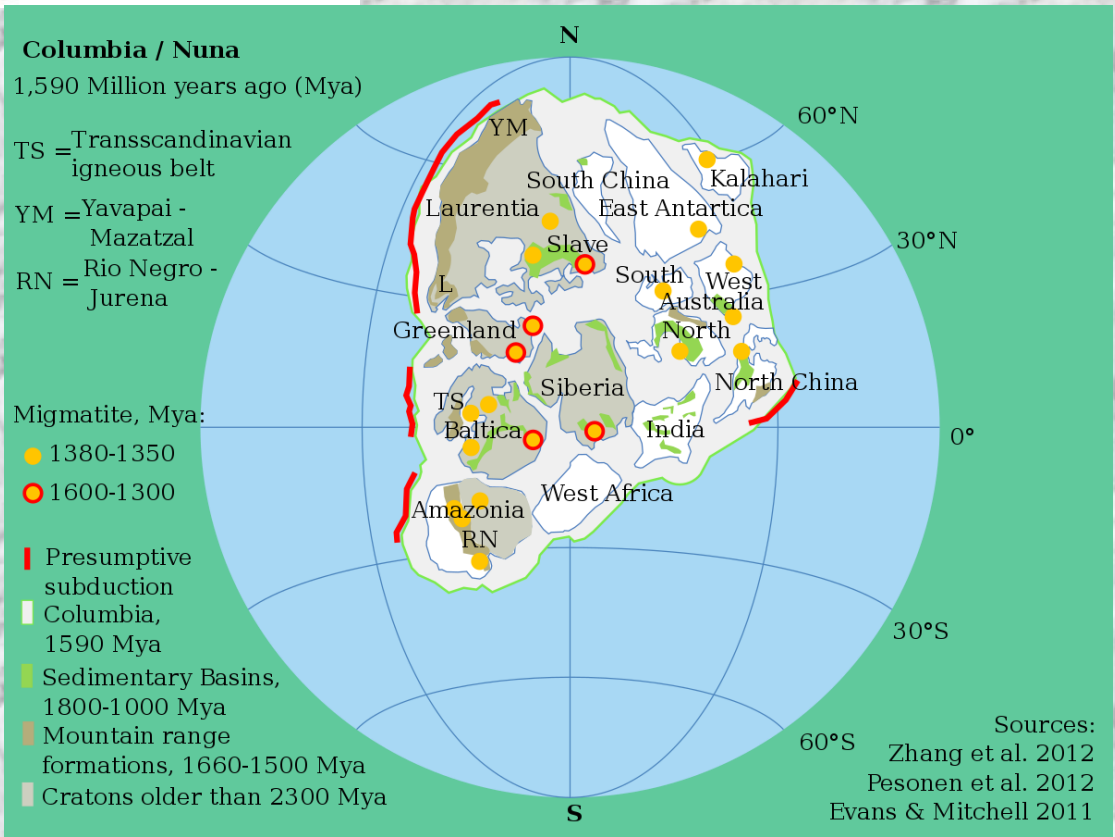
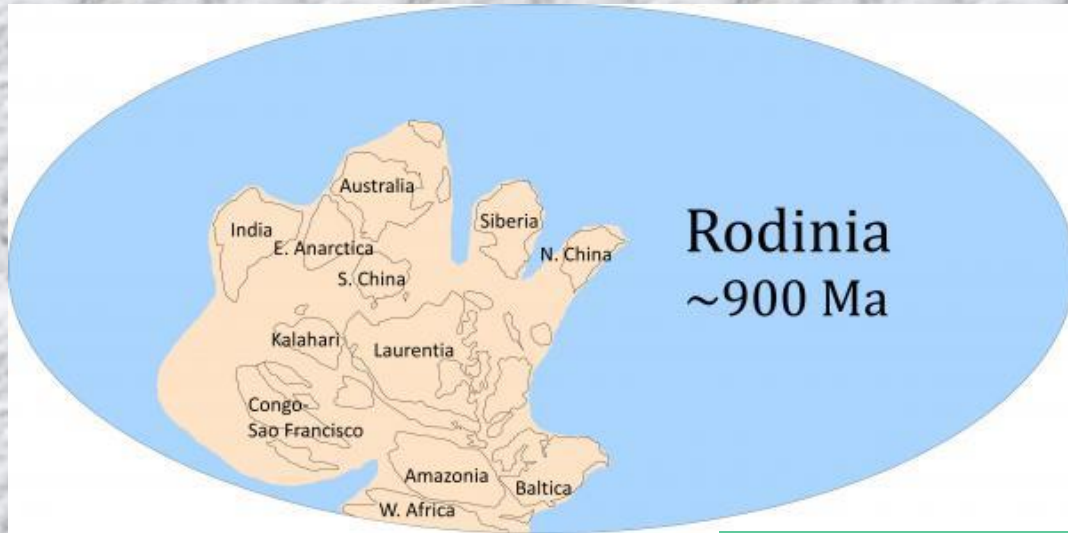


5 I due continenti entrano in collisione e si suturano; si formano catene montuose.



4 La dorsale diventa inattiva e i sedimenti lungo la fossa si saldano al continente.

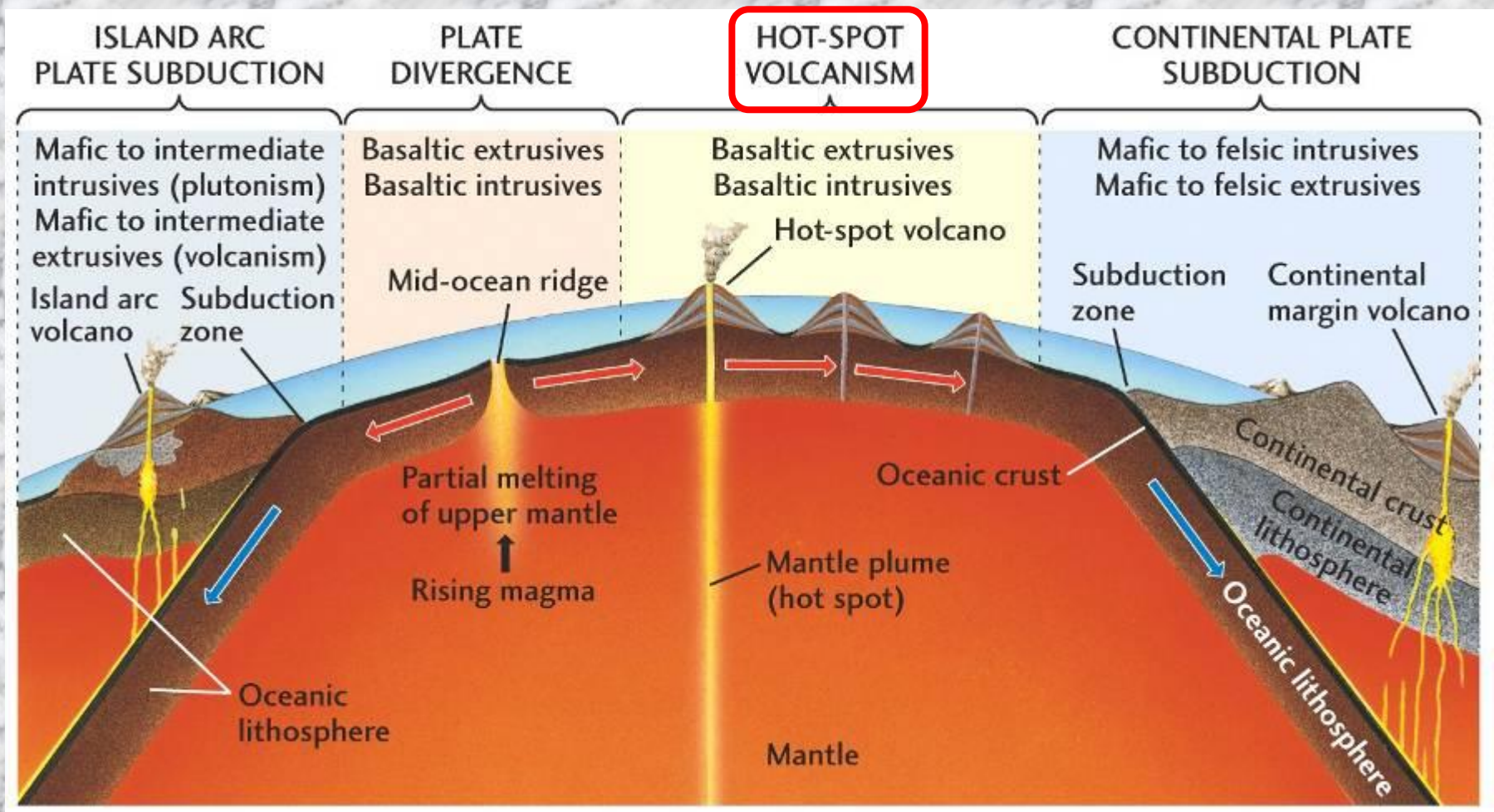
Ciclo di Wilson.



sintesi

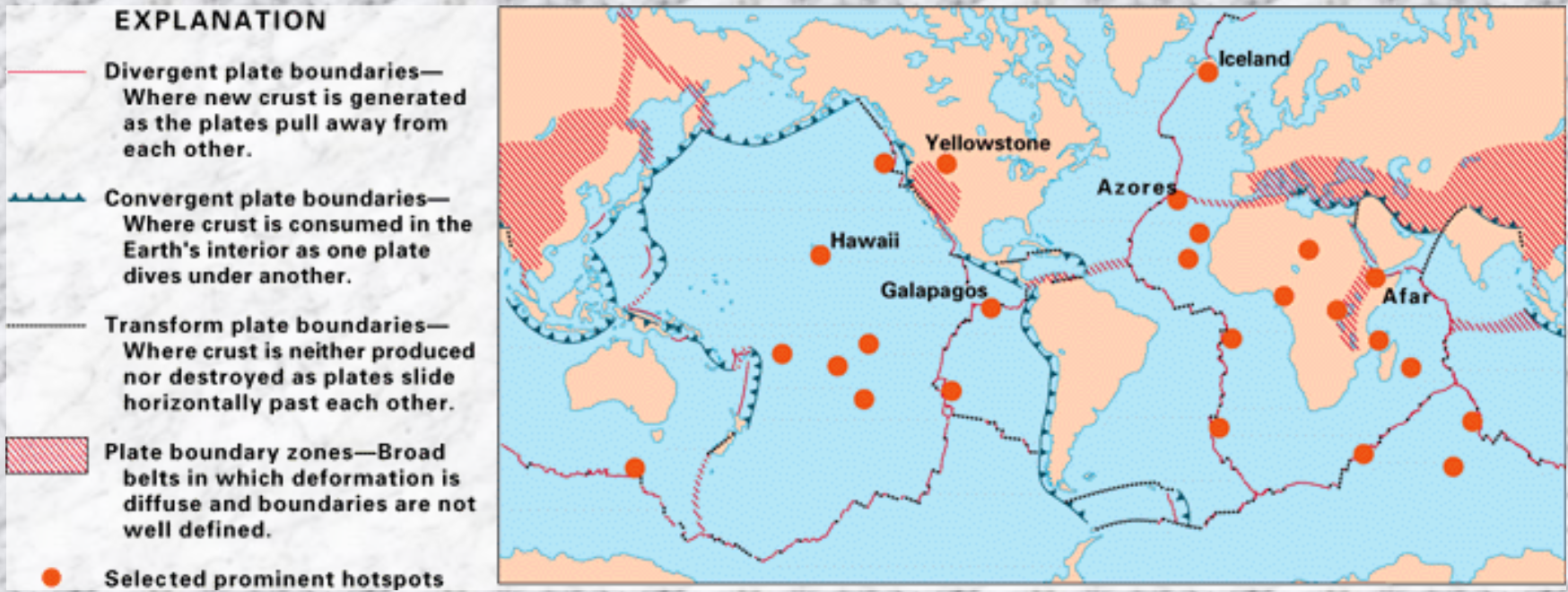
- La superficie della terra consiste in un guscio litosferico rigido (Crosta terrestre+parte sup. del mantello), suddiviso in zolle
- La superficie della terra non è statica. Al di sopra dell'astenosfera le zolle litosferiche si muovono, trascinando in modo passivo i continenti.
- Si crea nuova crosta in corrispondenza delle dorsali, si consuma in corrispondenza delle fosse.
- I movimenti delle placca giustificano sia il vulcanesimo che l'orogenesi.
- I limiti tra placche possono essere divergenti, convergenti o trasformati

Rapporti Vulcanesimo – tettonica delle placche



felsic= acido; mafic= femico= basico

Punti caldi (hot spot) e vulcanesimo intraplacca:



Risalite di magma ultrabasic dalla base del mantello.

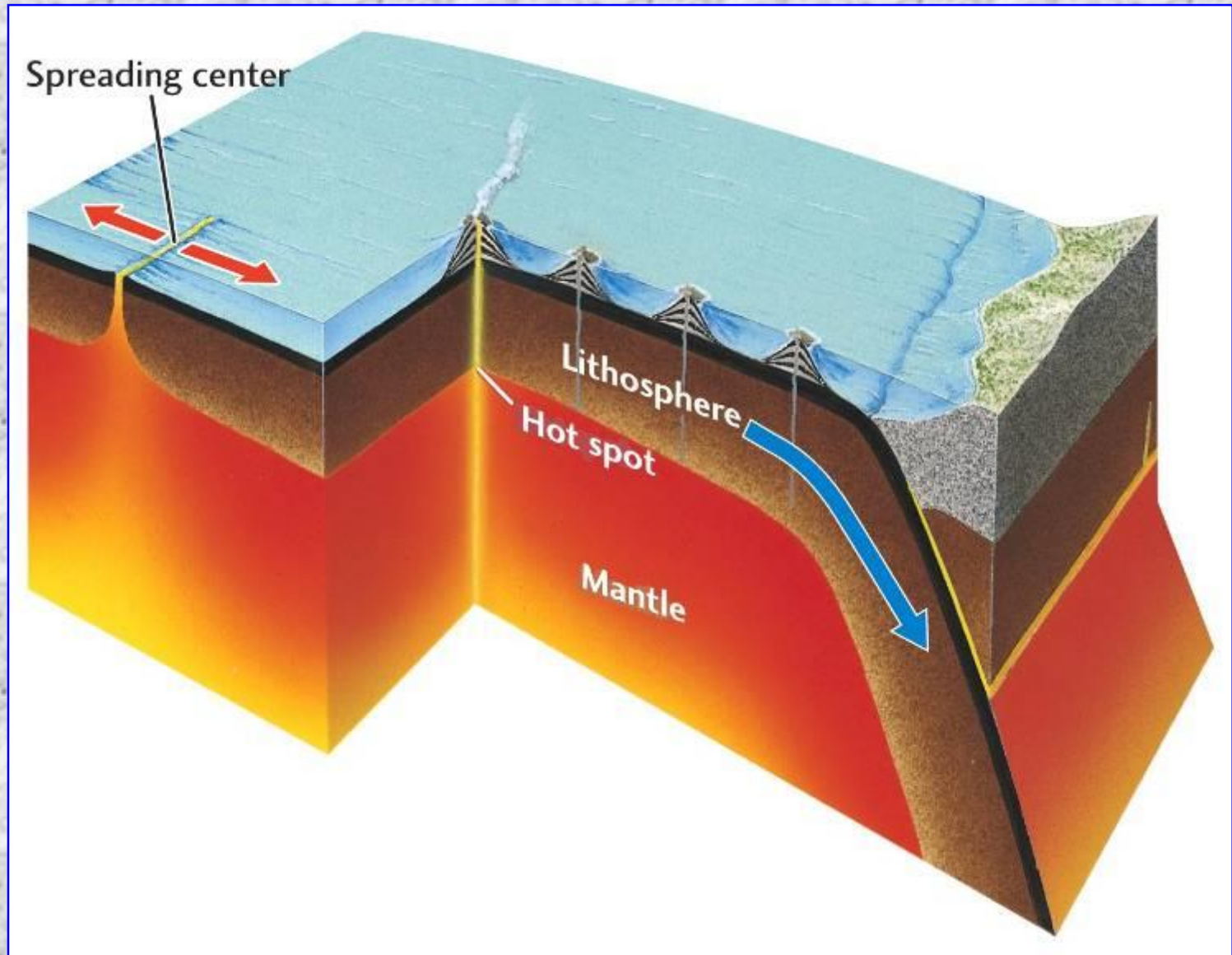
Hot spot intraplacca oceanica: Hawaii,

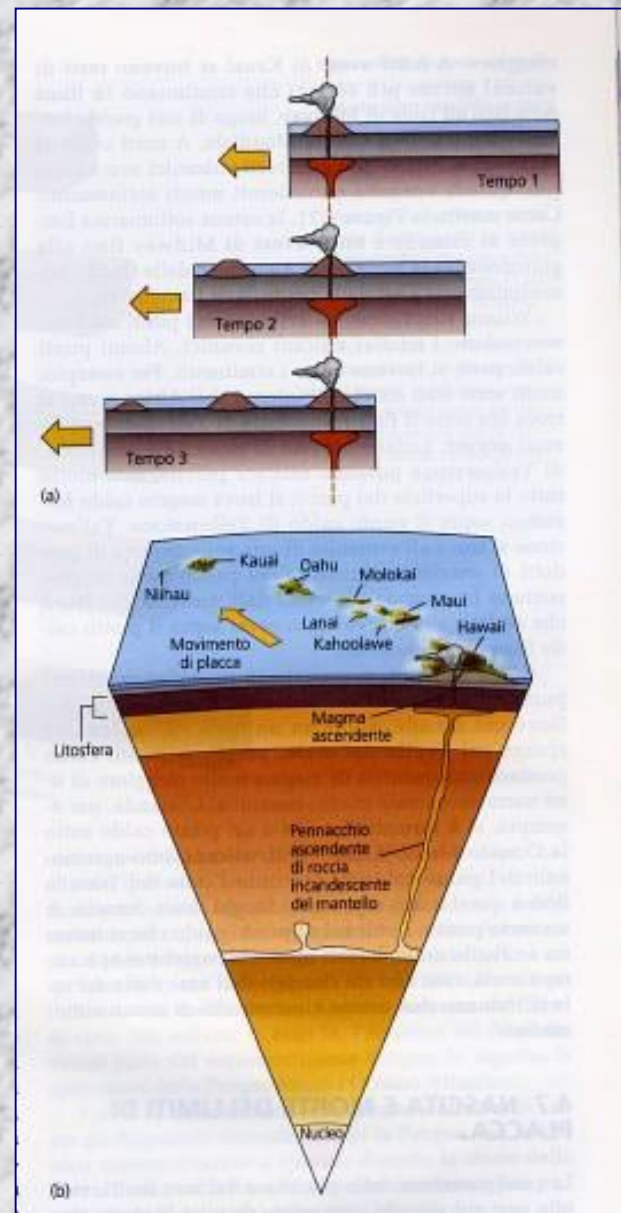
Yellowstone: hot spot intraplacca continentale contaminazione del magma basico con materiale acido della crosta

Il punto caldo inizia nel mantello quindi...sta fermo..

È la placca litosferica che si muove

Un modo per misurare la velocità delle placche (anche GPS)

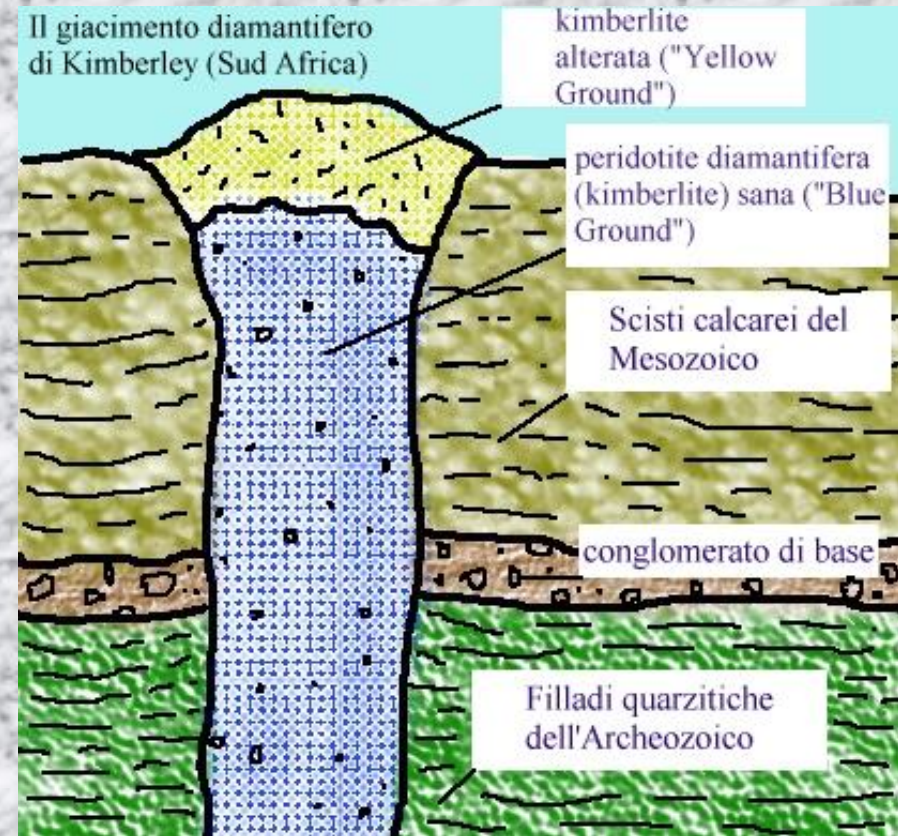




Hawaii. Vulcani attivi..più a NW vulcani quiescenti, poi Seamounts (ovvero vulcani estinti erosi..). Età: sempre più antichi verso NW

Ma soprattutto: non sono lungo una dorsale attiva !

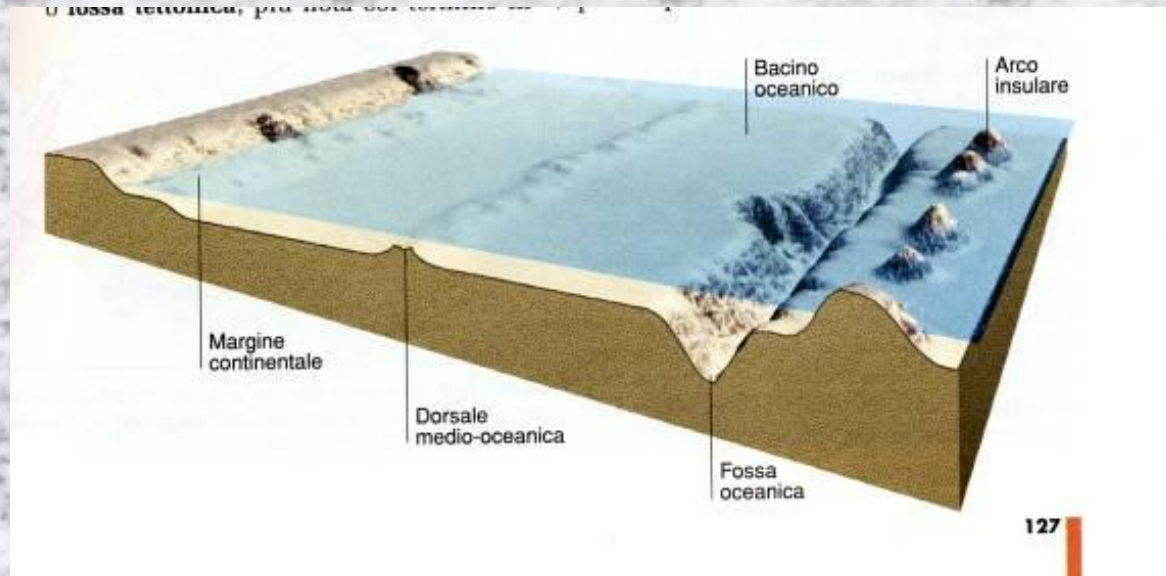
Sempre dal mantello: Kimberliti



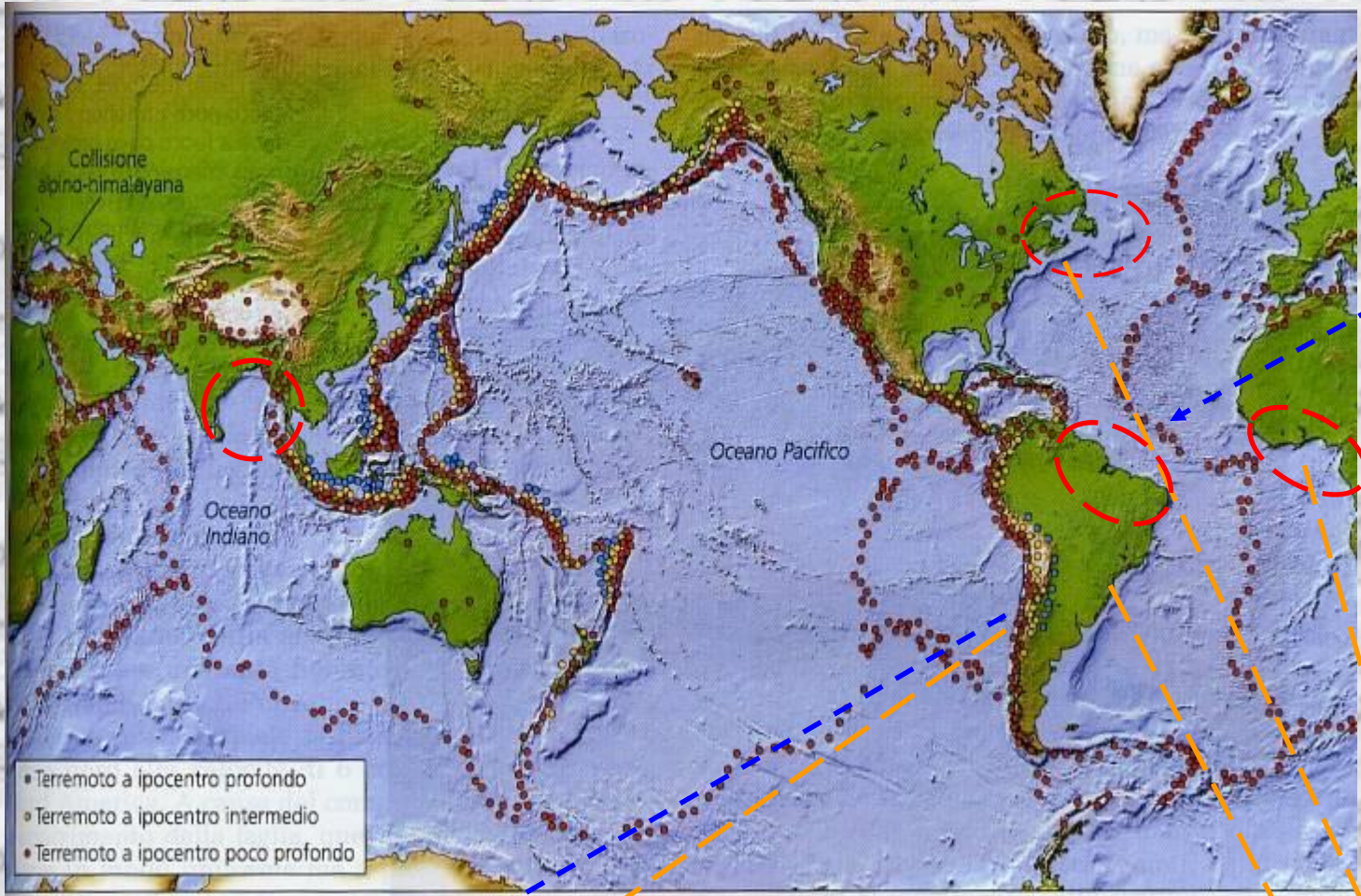
Altre miniere: Botswana, Russia, Angola
Canada, India. Ma anche Congo e Australia

Tipi di margini continentali

- margini continentali passivi, margini continentali attivi (sismicità), margini continentali trasformati



NB non confondere margine del continente con margine delle placche



Solo margine di
placca

Margine di placca coincidente con margine del continente



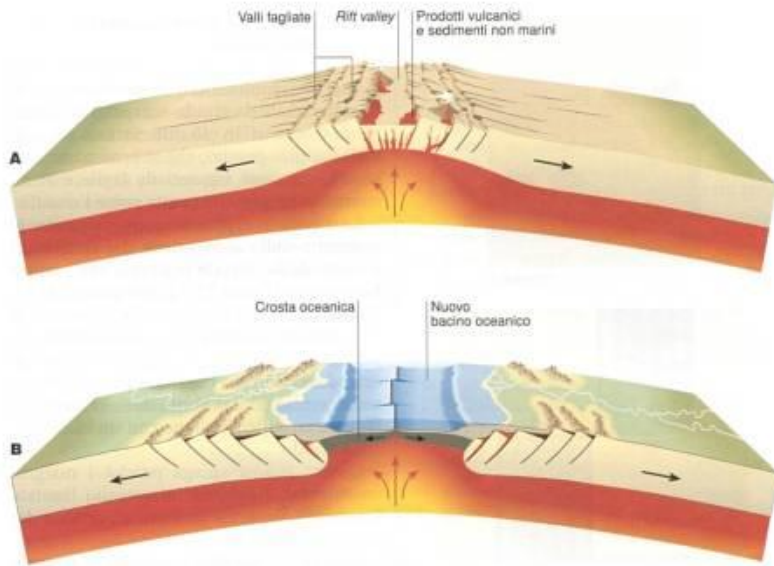
Piattaforma estesa, delta,

Solo margine
del continente

Margine continentale passivo

- Si forma lungo il continente che borda un oceano in espansione: esempio tutti i margini dell'Atlantico. Coincide con la piattaforma continentale + scarpata
- 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 (diventano più ampie..)

Margini passivi



Limite di placca

Margine continentale

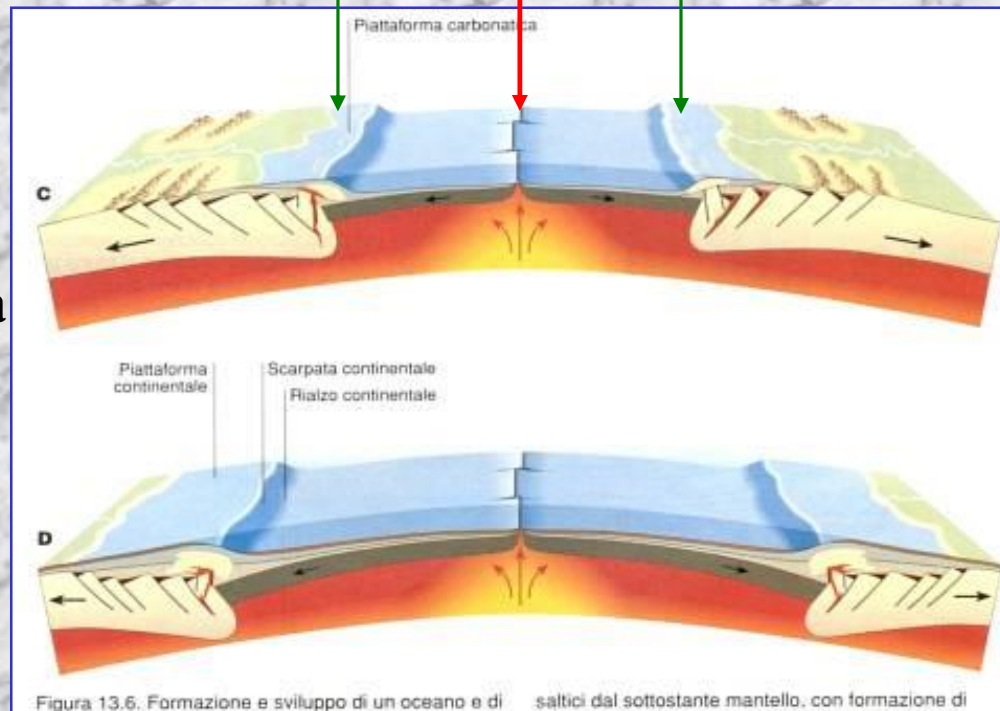


Figura 13.6. Formazione e sviluppo di un oceano e di saltici dal sottostante mantello, con formazione di

Sedimentazione lungo un margine continentale passivo: depositi progradanti di piattaforma (pianure alluvionali, delta), Piattaforme carbonatiche, scogliere marginali, torbiditi alla base del margine