

- Erodoto (450 aC) descrive fossili di pesci e conchiglie trovati in montagna;
- Aristotele (384-322 aC) - riconosce il processo di erosione e deposizione di materiali; credeva che le eruzioni vulcaniche e i terremoti fossero causati dalla fuga dei venti interni;
- Seneca (3-65) terremoti prodotti da vapori turbolenti;

con il Rinascimento cresce l'interesse per le scienze della Terra per esigenza di minerali e metalli

- Leonardo da Vinci (1452-1519) - riconosce i fossili come esseri viventi che vivevano nel passato e che c'erano cambiamenti tra terra e mare;

Fino al 1700 la principale fonte di informazioni è la **Bibbia** - Libro della Genesi (Terra con pochi migliaia di anni - Nettunismo) - Rocce sedimentarie e fossili prodotti dal diluvio biblico;

DATA	EVENTO
23 ottobre del 4004 A. C. (domenica)	Creazione del mondo
10 novembre 4004 A.C.	Adamo ed Eva in paradiso
5 maggio 2348 A. C.	Arca di Noè tocca il monte Ararat



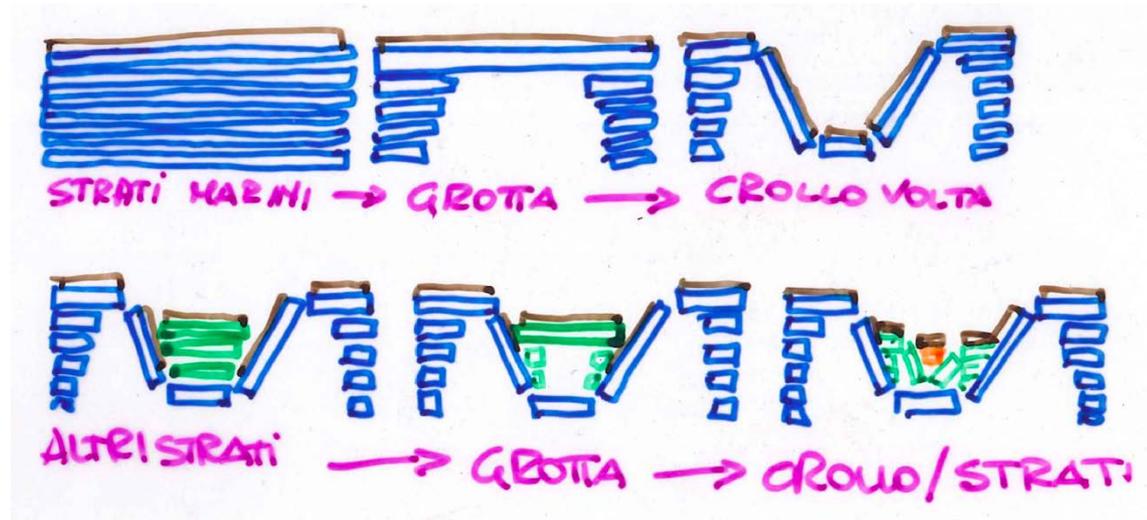
L'interesse per le scienze della terra diventa forte nel Rinascimento per esigenze di oro per monete e minerali per trasformazione.

Leonardo (1452-1519) fossili in sedimenti marini poi sollevati.



Nicola Stenone (Nicolas Steno) 1670 storia geologica della Toscana.
"De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis"

origine organica dei fossili
vera natura degli strati marini
effetti della trasgressione
livello del mare relativo
discontinuità stratigrafiche



Enuncia tre principi che ancora oggi sono alla base della stratigrafia:

- 1. Sovrapposizione** - i sedimenti sono depositati in strati, con quelli vecchi alla base e i nuovi sopra;
- 2. Orizzontalità originale:** i depositi sedimentari si accumulano, generalmente, in strati orizzontali
- 3. Continuità laterale** - strati sedimentari sono lateralmente continui,

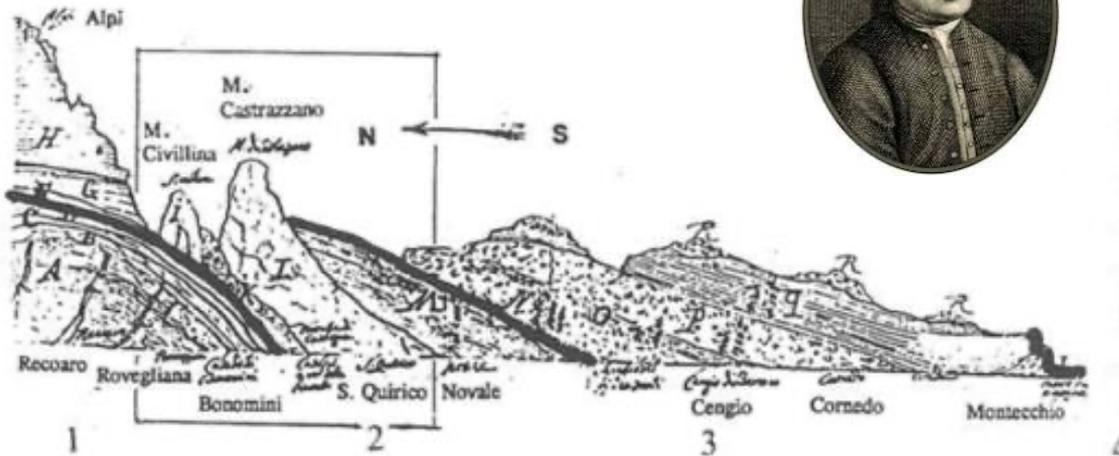


Nel 1700 PREDOMINANO LE TEORIE CATASTROFISTE/NETTUNISTE

- Terra ha una giovane età (Bibbia 2348 aC, calendario ebraico 3761 A.C., Calendario Bizantino - 5580 A.C.);
- Le rocce si sono formate inizialmente nell'acqua e poi mano a mano i continenti sono emersi



Giovanni Arduino (1713-95)



classifica le rocce in:

- 1) **rocce cristalline primarie** contenenti minerali;
- 2) **rocce secondarie stratificate** con fossili;
- 3) **rocce terziarie poco consolidate** con conchiglie;

Hamilton (1730-1803) studia il Vesuvio e il vulcanismo



Abhram Werner (1749-1817)

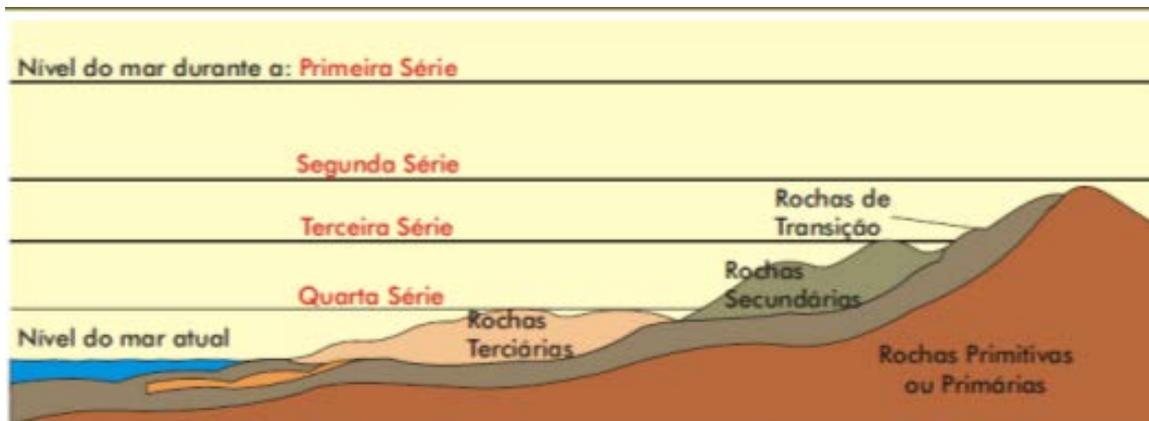
Terra inizialmente coperta da liquido, chimicamente precipitano le prime rocce senza fossili, solo cristalli **ROCCE PRIMITIVE** (graniti, gneiss, scisti)



Emergenza delle terre-colonizzazione da animali, ancora rocce chimiche ma con fossili **ROCCE DI TRANSIZIONE (calcari)**



I continenti si ingrandiscono, il mare arriva al suo livello attuale, **ROCCE FLOETZ** (marne, arenarie)



Alla fine del 1700 compaiono le TEORIE UNIFORMITARISTE/PLUTONISTE



Nettuno dio del mare

Tutte le rocce formate da un grande oceano primordiale –
rocce con minerali - solubili formate all'inizio;
rocce + solubili all'evaporazione dell'oceano -
Abraham Werner

L'età della Terra non è molto grande

Catastrofismo:

Ciò che osserviamo è il prodotto di sconvolgimenti (diluvio, crolli, variazioni del livello del mare)
Georges Cuvier

1700 1800



Plutone dio della terra

Il calore all'interno della Terra è fondamentale nella formazione delle rocce;

Tre processi di formazione delle rocce: sedimentario, magmatico e metamorfico;
James Hutton and Charles Lyell

L'età della Terra è molto grande per spiegare il ciclo delle rocce

Uniformitarismo:

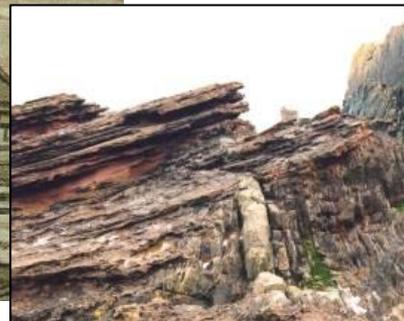
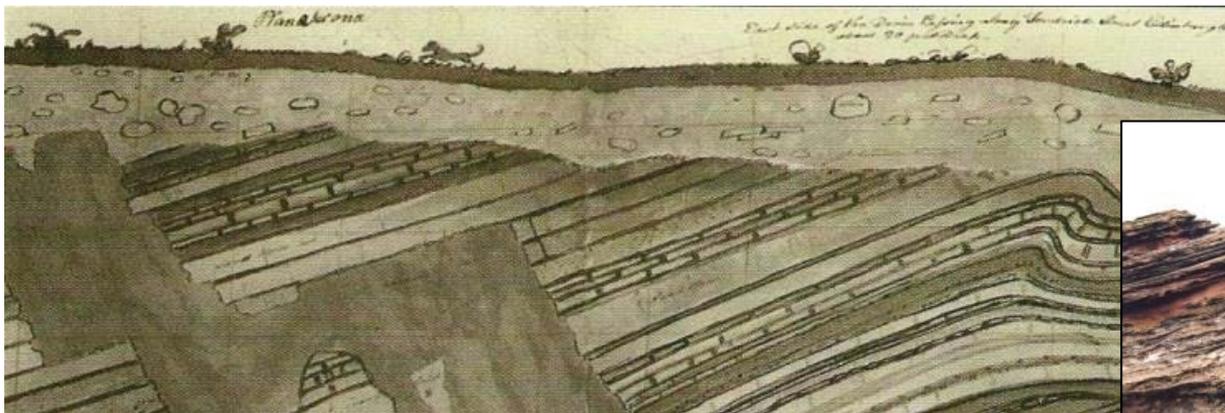
La geologia è sempre stata la stessa, le rocce sono il prodotto di processi che vediamo anche oggi

James Hutton (1726 - 1797) (**padre dell'uniformitarianismo**)

"Non si trova alcun segno di un inizio, nessuna prospettiva della fine"

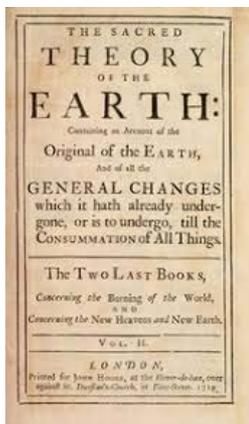
Rifiuta la creazione della Terra da un'alluvione (come un singolo evento);

La Terra è stata modellata non da eventi improvvisi e violenti, ma da processi lenti e gradual.



- La sequenza di strati poggia su strati piegati o taglia strati inclinati;

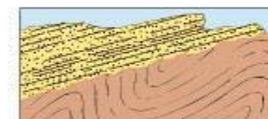
- entrambi gli strati erano orizzontali (l'inferiore eroso prima dello strato successivo);
- i processi geologici attuali sono simili a quelli del passato;



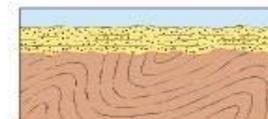
Pubblica il libro *Theory of the Earth* (1795)

- L'intera successione geologica può essere spiegata da cause naturali (vulcanismo, erosione, agenti atmosferici, ecc.)

Ciclo geologico proposto da Hutton



5 Uplift, tilting, erosion



4 Deposition of younger strata (Devonian)



3 Erosion to produce surface of unconformity



2 Deformation of strata in mountain-building event



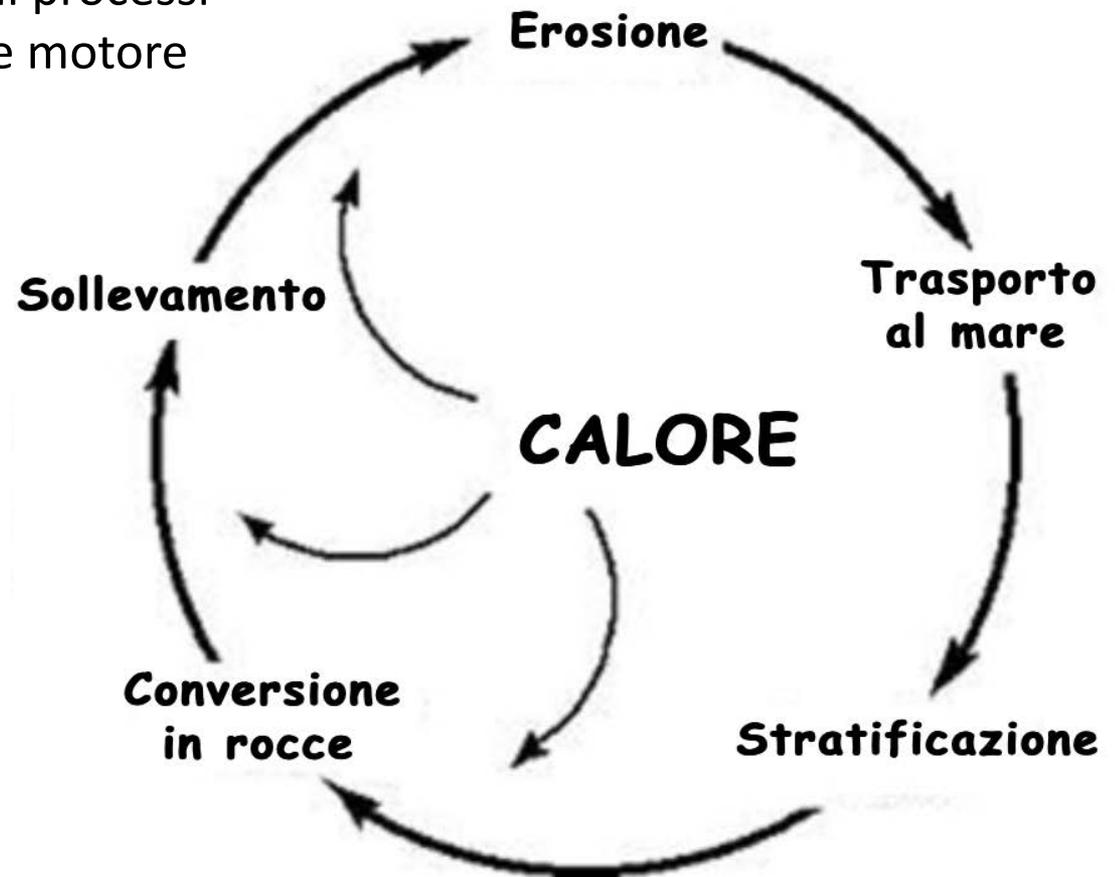
B 1 Deposition of older strata (Silurian)

James Hutton (1726 - 1797) (**padre dell'uniformitarianismo**)

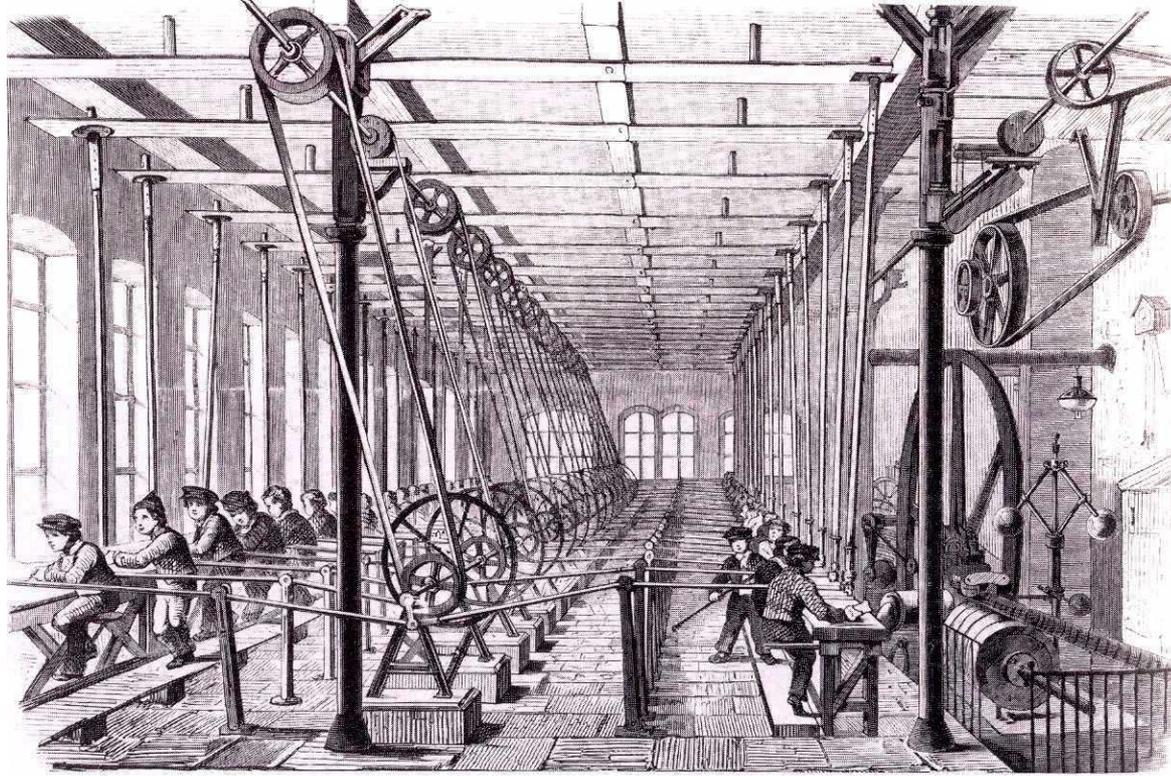


Il Plutonismo di Hutton

- 1- immagina una terra molto antica
- 2- giusto ruolo dell'erosione
- 3- immagina sequenza ciclica di processi
- 4- vede il calore terrestre come motore



Nel 1800 nasce la geologia, molto popolare in UK and US anche come conseguenza della **rivoluzione industriale** e delle esigenze di carbone, ferro, materiali da costruzioni, acque infrastrutture civili e reti di trasporto.



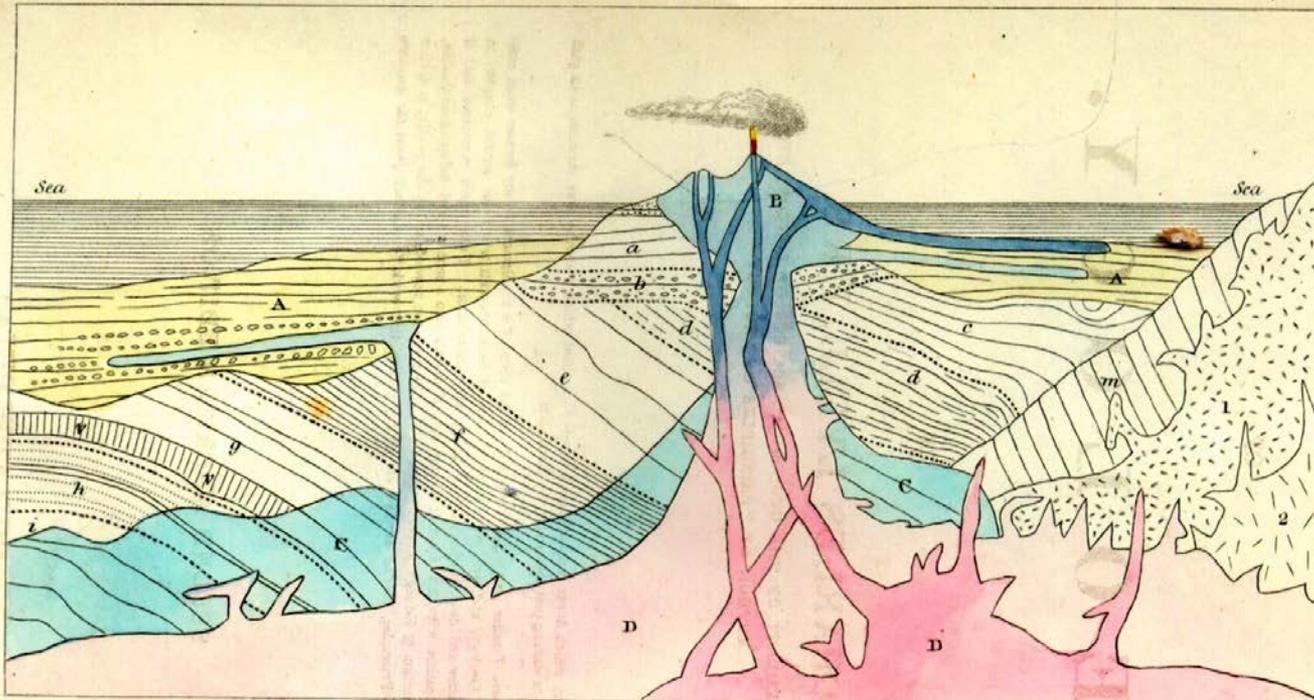
In tutto il 1800 grande interesse per la geologia, consolidazione e perfezionamento delle **teorie plutoniste**

Vengono definite le formazioni geologiche sulla base della similitudine nei fossili, dalle più giovani (più facili) alle più antiche.
Il Paleozoico resta indefinito fino al 1830

Charles Lyell (1797-1875)

Uno dei geologi più influenti del suo tempo; il padre della geologia moderna

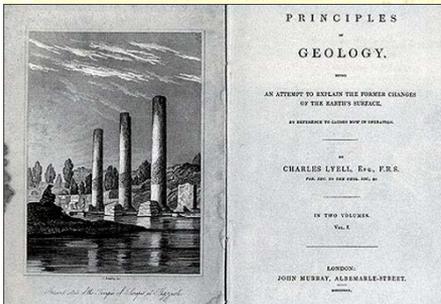
Rende popolari i concetti di James Hutton - l'uniformitarismo: **il presente è la chiave del passato**



IDEAL SECTION of part of the Earth's crust explaining the theory of the contemporaneous origin of the four great classes of rocks... see Chap. I.

A Aqueous B Volcanic. C Metamorphic. (Gneiss, mica-schist, &c.) D Plutonic. (Granite, &c.)

All the rocks older than A.B.C.D. are left uncoloured.



Autore del libro "Principles of Geology" (1830-1833),

Le opere di Lyell influenzano profondamente Darwin che nel 1859 pubblica the origin of species

Principio di intersezione (il giovane interseca il vecchio)

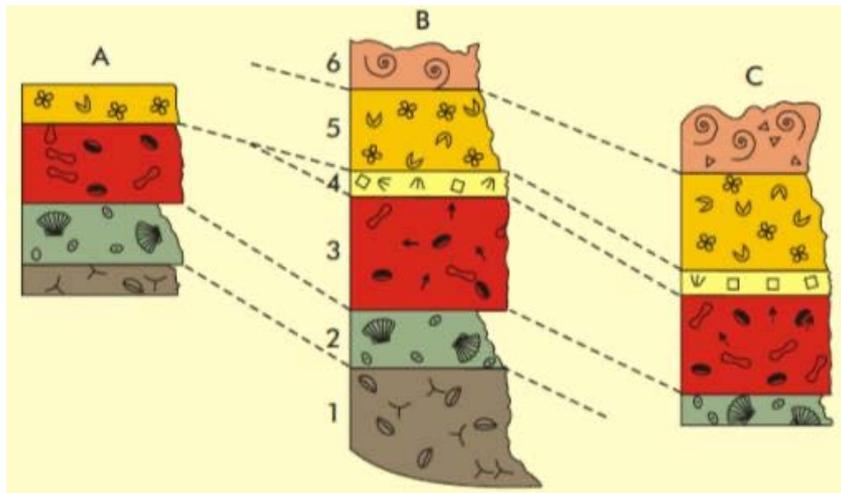
Principio di inclusione (fammenti di vecchio all'interno del giovane)

Tre tipi di rocce

- 1) Plutoniche e Vulcaniche,
- 2) Metamorfiche,
- 3) Sedimentarie

William Smith (1769-1839)

- modesto ingegnere minerario inglese
- scava canali e miniere in Inghilterra (conoscenza dettagliata delle rocce);
- Pubblica la prima carta geologica (Inghilterra) nel 1815;



Smith si rende conto che i fossili trovati in una sezione di roccia sedimentaria sono in sequenza ordinata dalla base alla cima; Questa sequenza può essere vista su altre rocce, anche dall'altra parte dell'Inghilterra ed è possibile fare correlazioni

i Plutonisti sconfiggono definitivamente i nettunisti











La deriva dei continenti



Alfred Wegener
(1880–1930)

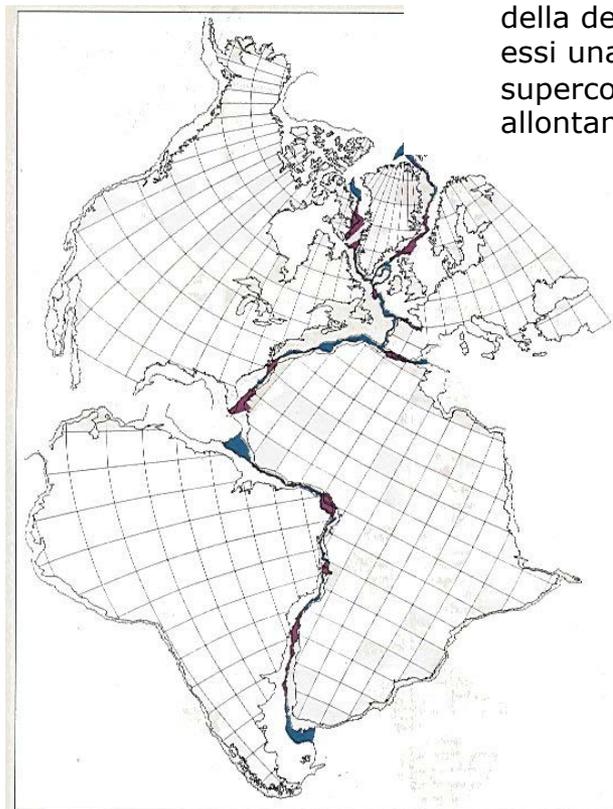
nel 1620 **Francesco Bacone** aveva osservato la similitudine nei profili costieri dei continenti sulle due sponde dell'Atlantico.

nel 1850 **Snider Pellegrini** ipotizza unica massa continentale.

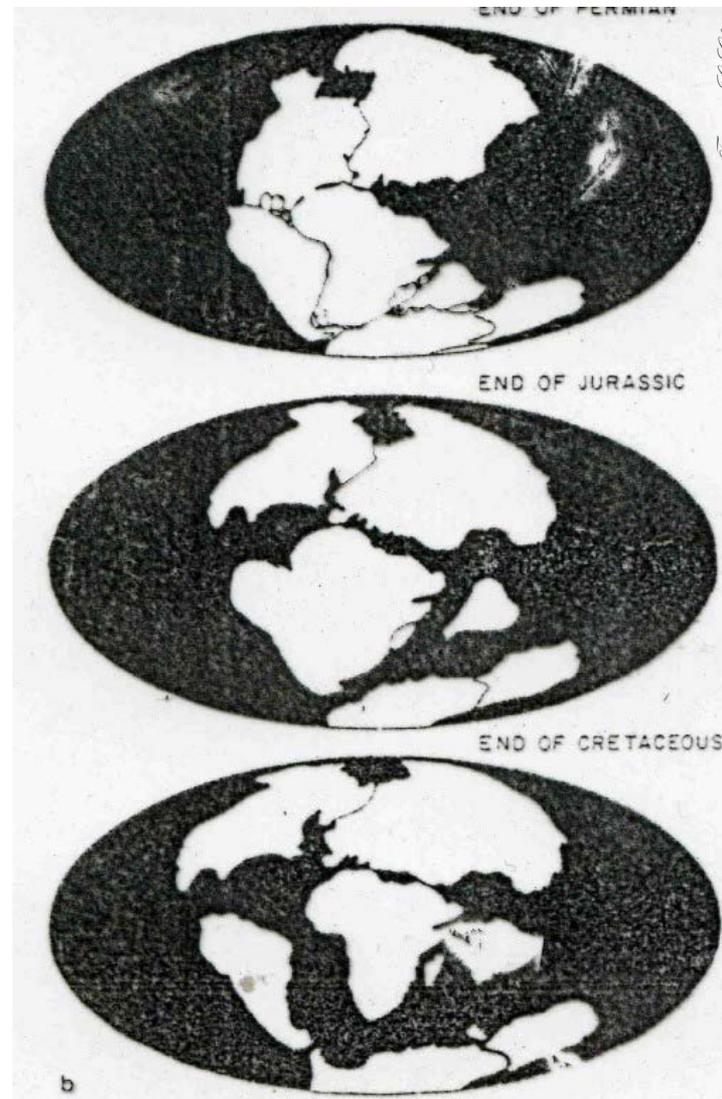
nel 1890 **Suess** Chiama Gondwana un super continente meridionale.

nel 1910 **Taylor** pubblica una teoria di deriva dei continenti.

nel 1912 **A. Wegener** nell'articolo "Origine dei continenti e degli oceani" formula la teoria della deriva dei continenti, ipotizzando che essi una volta costituivano un unico supercontinente (Pangea) e si erano poi allontanati tra loro



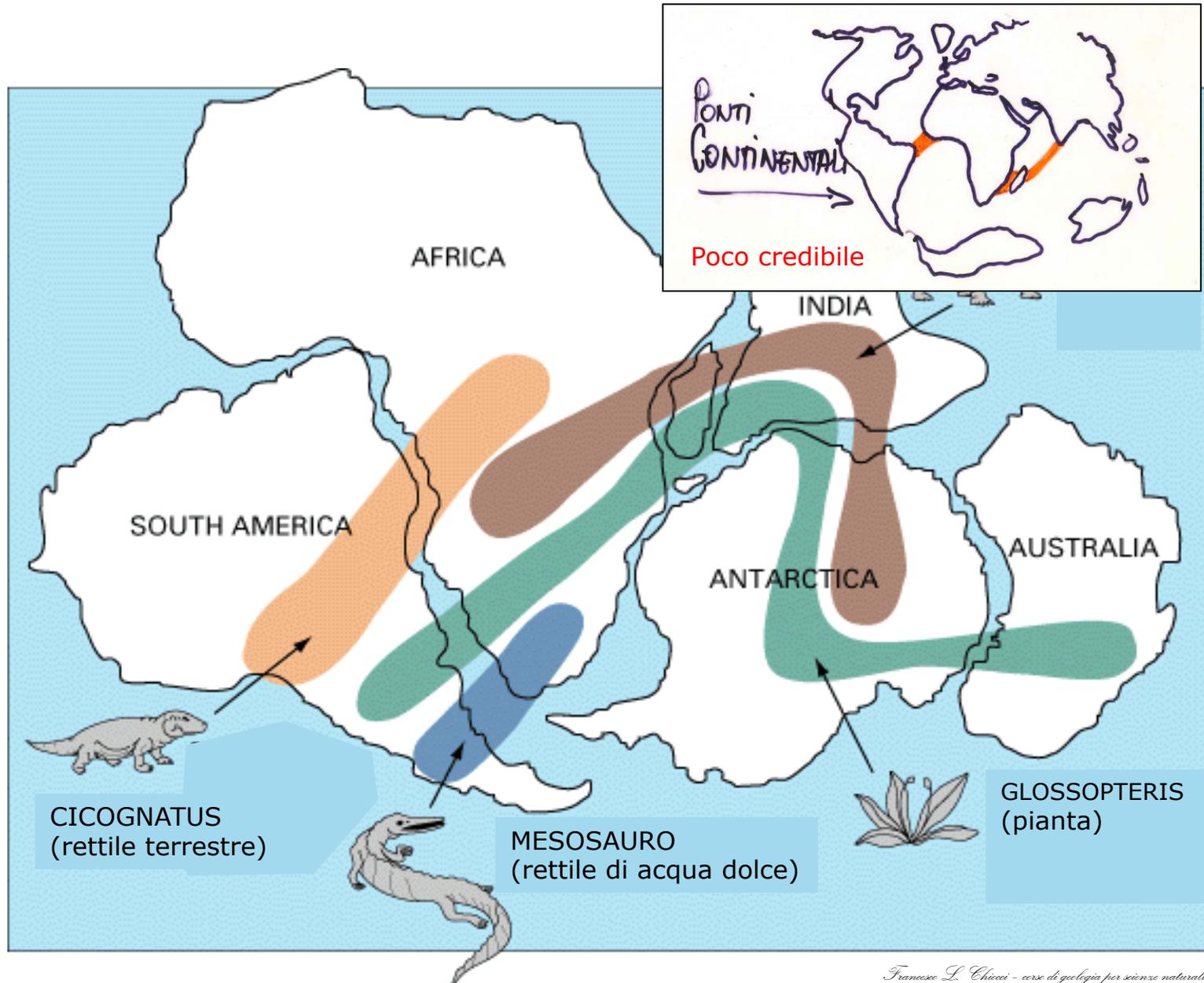
le coste dei continenti combaciano specie se si considera la piattaforma continentale

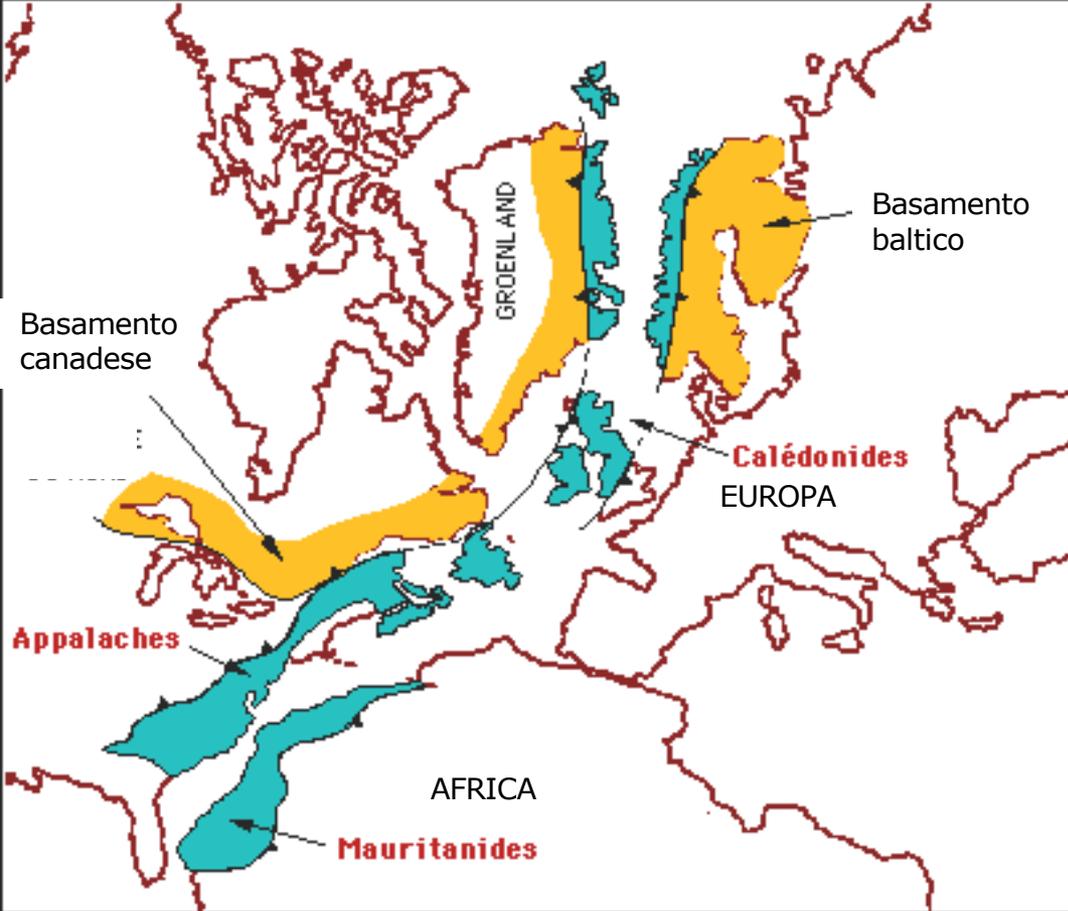


Prove paleontologiche

La sola geometria costiera non era sufficiente a sostenere l'ipotesi di Wegener.

Essa venne ritenuta più credibile quando alcuni paleontologi scoprirono resti di uno stesso rettile mesozoico (mesosauro) diffuso solo in Africa sudoccidentale e nell'est dell'America meridionale o la identità floristiche (glossopteris) in tutti i continenti meridionali





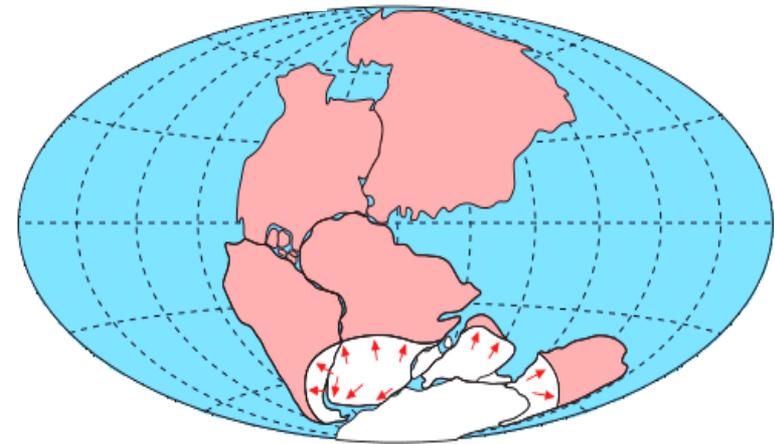
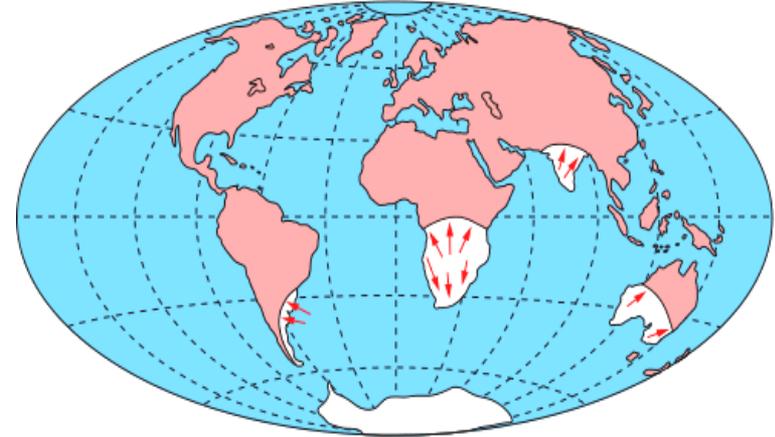
Prove geologiche

Le tre catene montuose, gli Appalachi (Nord America orientale) Mauritanidi e Caledonidi (isole britanniche e scandinavia) formerebbero un'unica catena se i continenti fossero riuniti

Età di formazione: 470 e 350 Ma

Prove (paleo)climatiche

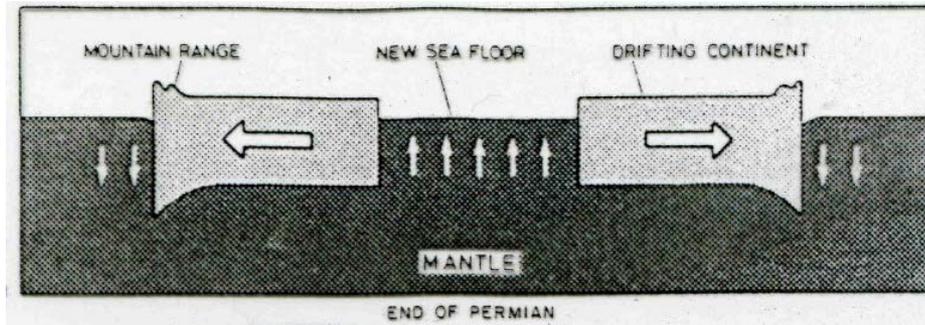
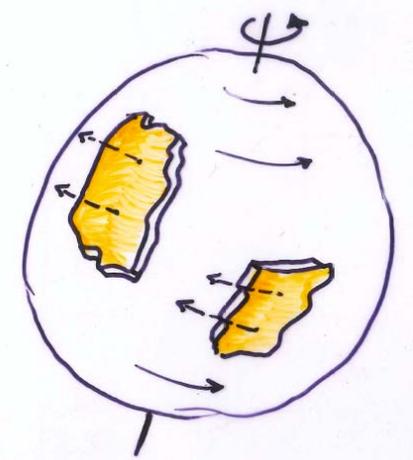
→ Evidenze di glaciazioni



Alfred Wegner 1912 "Origine dei continenti e degli oceani"

I continenti sono zattere di SIAL (silicato di alluminio) che galleggiano su un mantello fatto di SIMA (silicato di magnesio).

Per la rotazione terrestre i continenti tendono a fuggire dai poli (catena alpino-himalayana) e il SIAL resta in ritardo sul SIMA (zattere continentali alla deriva verso ovest), generando fosse e catene montuose (catene circumpacifiche)



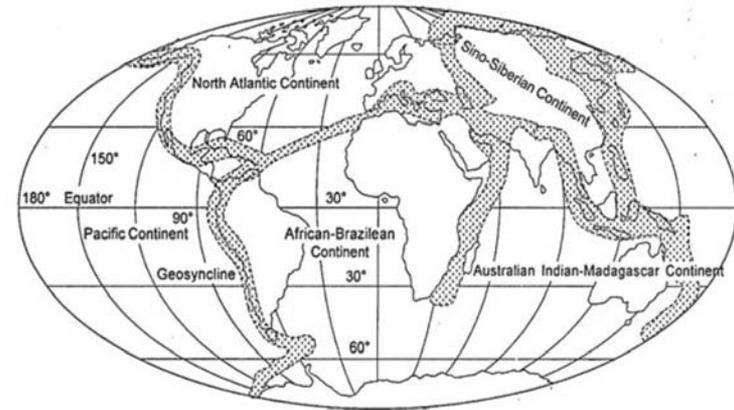
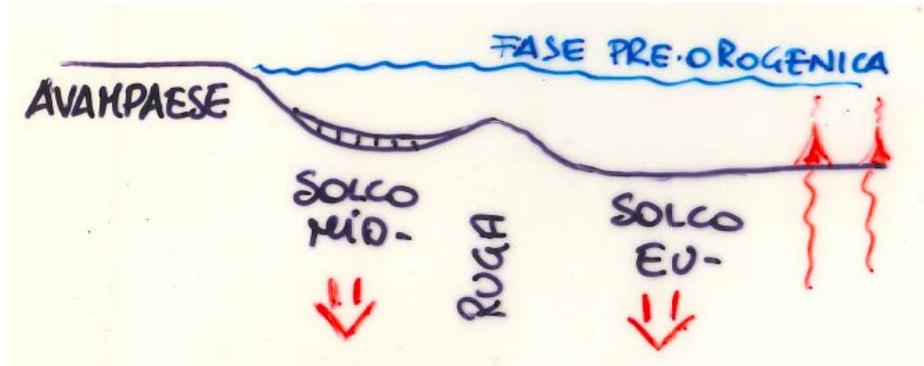
**"il motore è sbagliato",
le forze non sono fisicamente sufficienti.**

Inoltre i fisici (Kelvin) stabiliscono che l'età della Terra può essere al massimo di 50Ma (non considerano convezione e decadimento radioattivo)

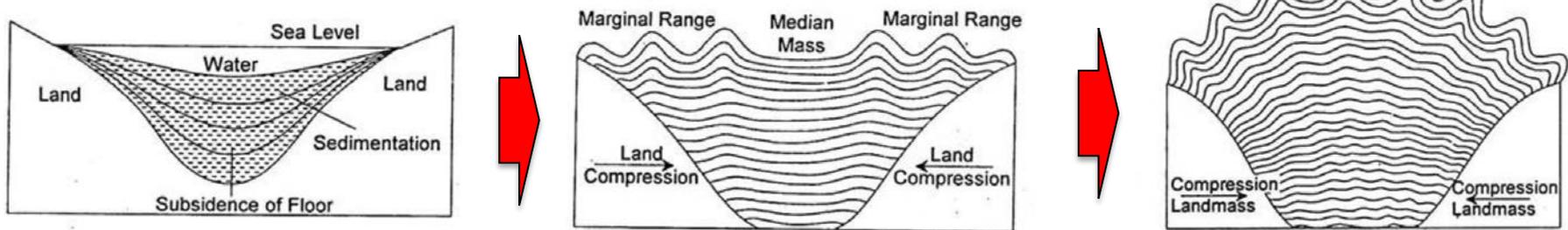


Per 50 anni nessuno parlerà più di deriva dei continenti e si avranno teorie che considerano essenzialmente movimenti verticali della crosta terrestre

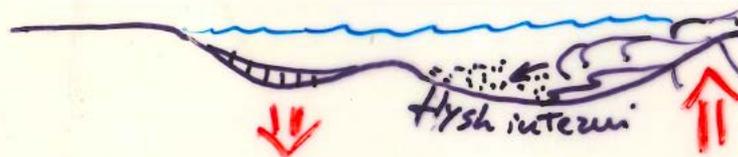
Le **geosinclinali** Dana (1870), Abouin (1960) sono solchi subsidenti allungati lungo i margini continentali.



si riconosce una eugeosinclinale su crosta oceanica, una miogeosinclinale su crosta continentale, un avanpaese tettonicamente stabile

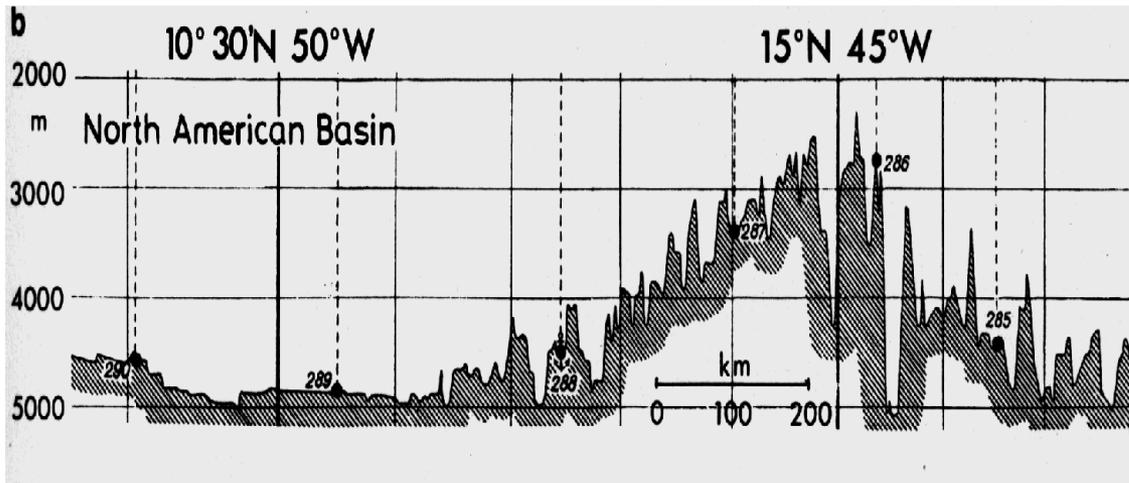


All'accumulo di sedimenti, segue un'orogenesi forse per anatessi crostale con generazione di graniti e riequilibrio isostatico. L'orogenesi procede dall'interno (eugeosinclinale) verso l'esterno (miogeosinclinale). Il risultato è una catena a falde vergente verso l'avampaese

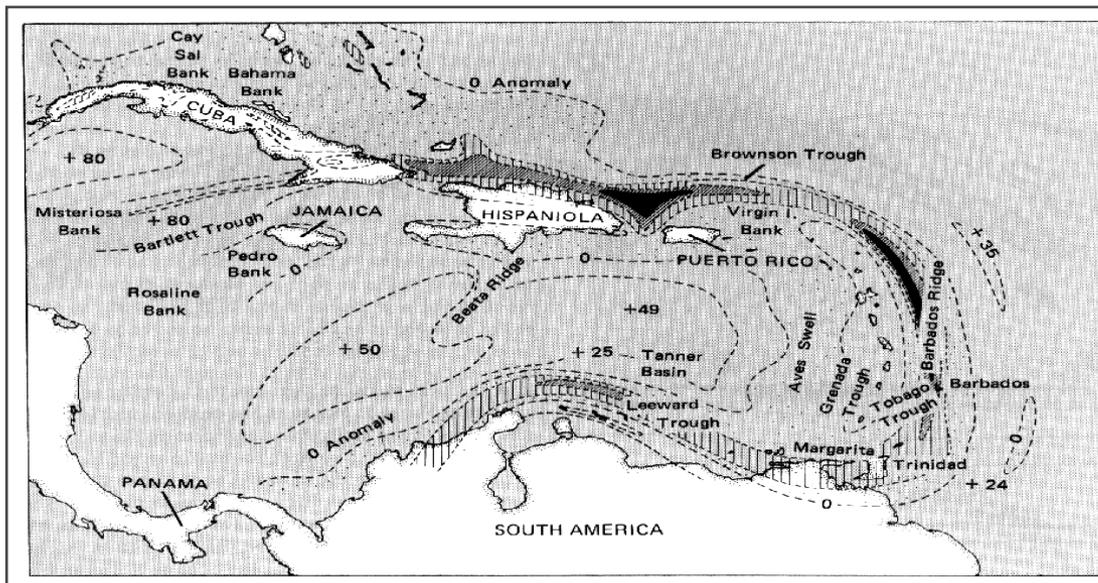


Nella prima metà del 1900 si accumulano dati geofisici che porteranno alla tettonica delle placche.

E' anche frutto dell'avanzamento tecnologico (anche per la guerra)



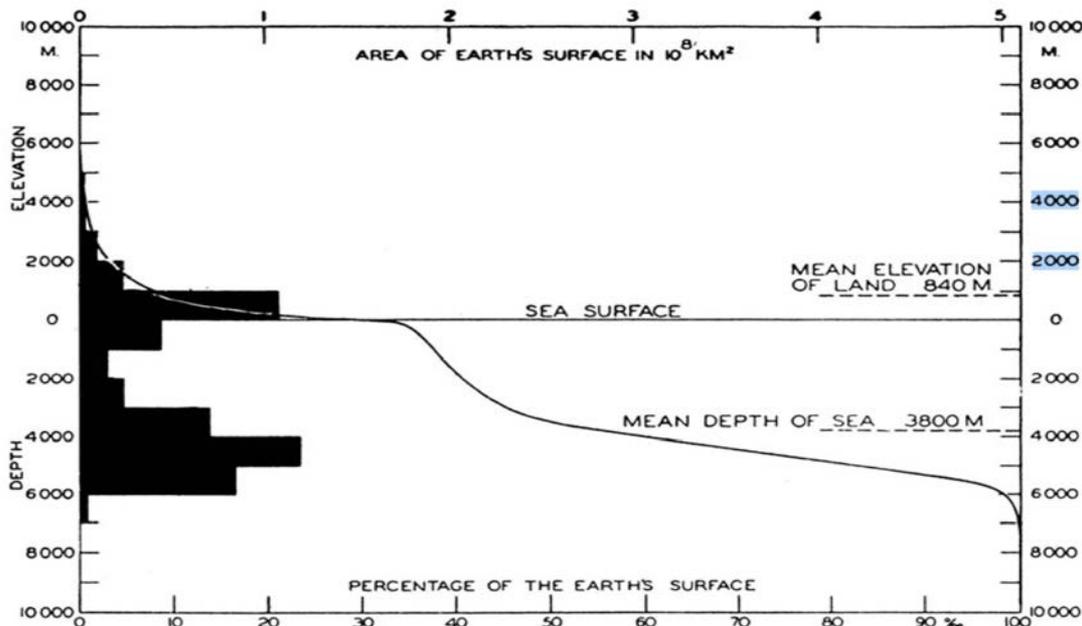
1925-27 Crociera della Meteor (tedesca) primo profilo ecometrico sud-atlantico, scoperta della dorsale medioatlantica (Telegraph Plateau). Negli anni si scopre che le dorsali sono continue in tutti gli oceani



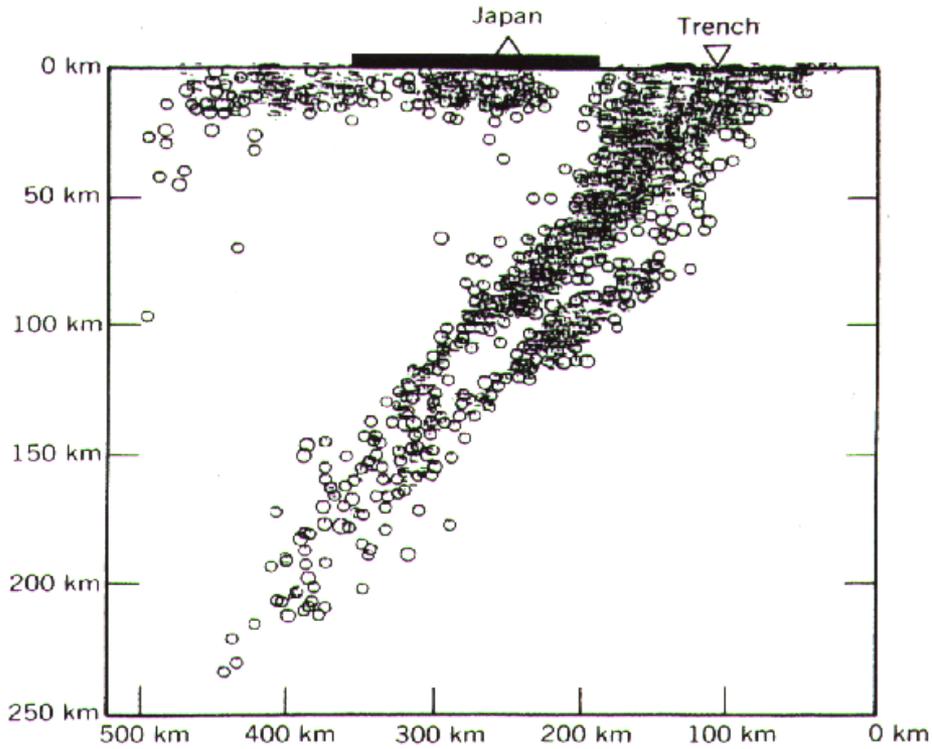
Misure di gravità su sommergibile olandese, materiale poco denso in corrispondenza delle fosse oceaniche.



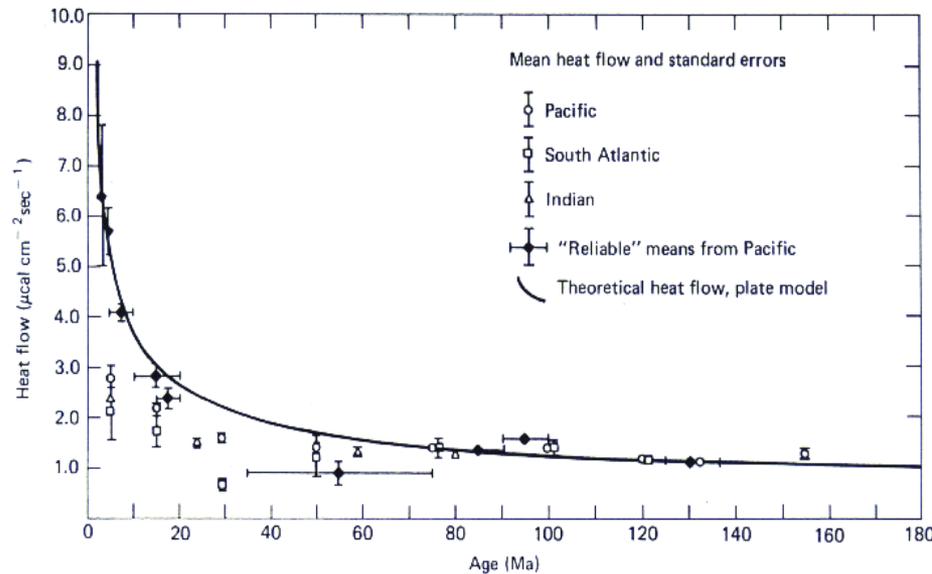
Mappa degli epicentri sismici nel mondo evidenzia fasce attive che delimitano ampie zone senza terremoti.



Heezen disegna la prima curva ipsografica. I continenti e gli oceani hanno una elevazione media a +800 e -3800m.



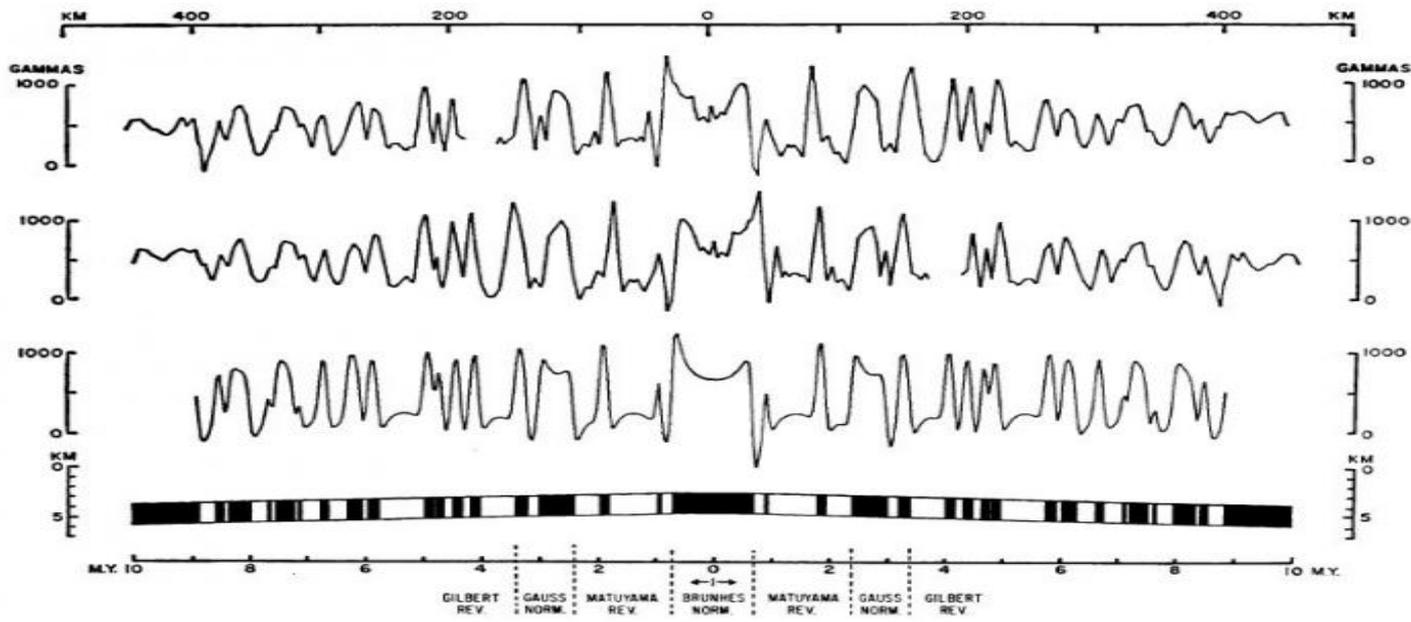
Gli **ipocentri** disegnano un piano inclinato verso il continente (piano di Benjoff), la cui intersezione con la superficie è una fossa oceanica



Il **flusso di calore** è massimo in corrispondenza dell'asse della dorsale e diminuisce esponenzialmente da una parte e dall'altra



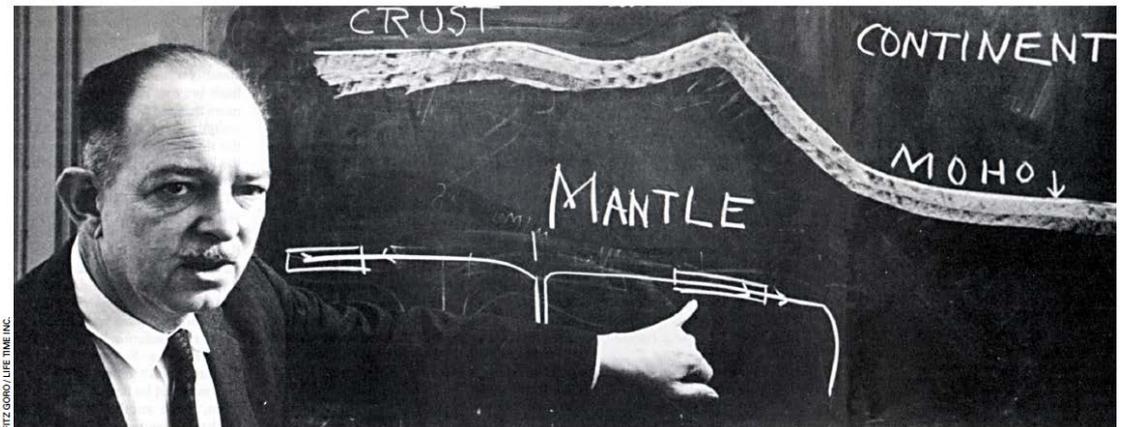
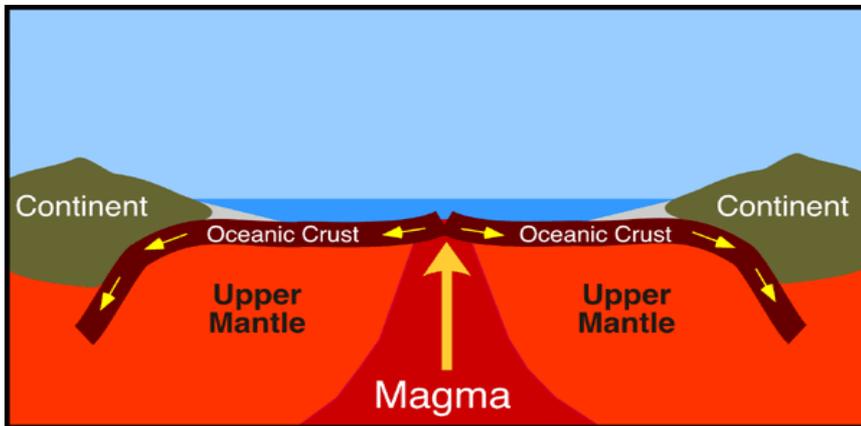
Vengono riconosciute **la valle assiale** (Tharp) e le **zone di frattura** che rigettano l'asse della dorsale (Dietz)



Vengono riconosciute **anomalie magnetiche simmetriche** da una parte e dall'altra della dorsale (Walter Pitman) che viene interpretata come prova dell'espansione dei fondi oceanici (Vine-Matthew's)

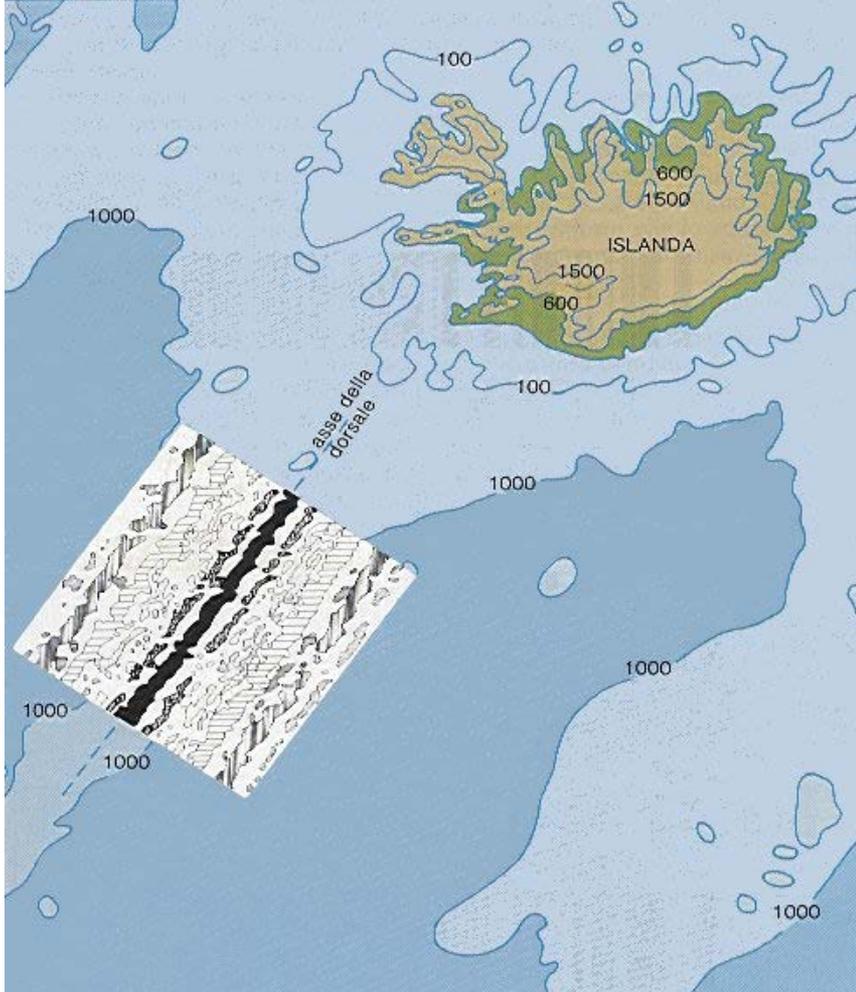
Tutto è ormai pronto per riprendere le idee di Wegner formulando la teoria unificatrice della **Tettonica delle placche litosferiche**

Nel 1962 Harry HESS pubblica "History of Ocean Basins" con anomalie magnetiche ed epicentri individua i limiti di placche in movimento tra loro



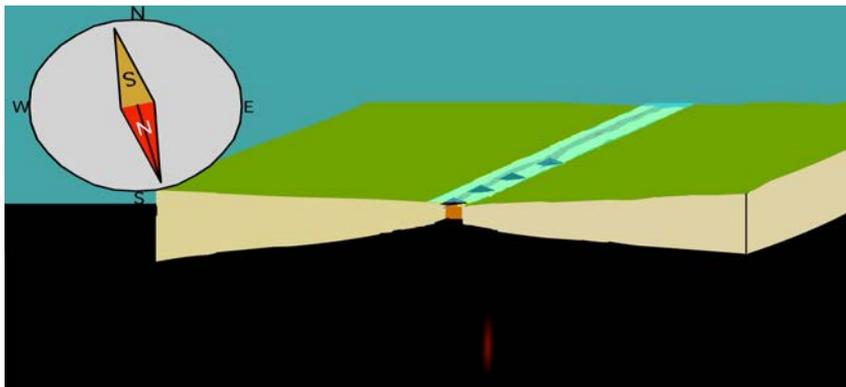
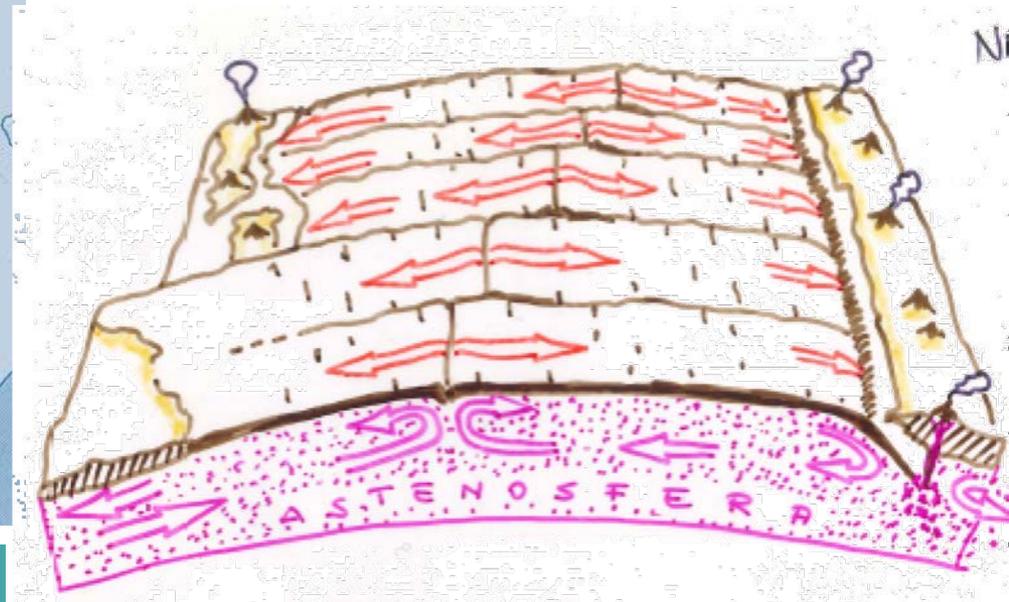
FITZ GORDON / LIFE TIME INC.

Geologist Harry Hess *31 saw that convection currents from deep within the earth provided the driving force behind continental drift.

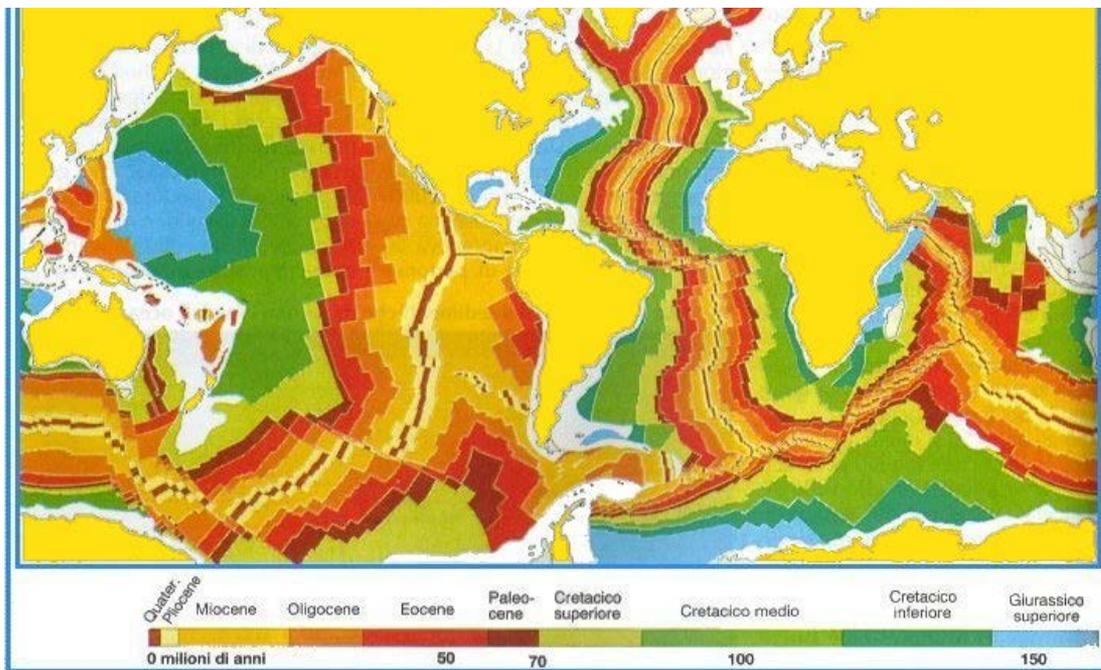


La prova "incontrovertibile" (smoking gun) viene dalle anomalie magnetiche simmetriche rispetto all'asse della dorsale. Questo indica l'espansione dei fondi oceanici

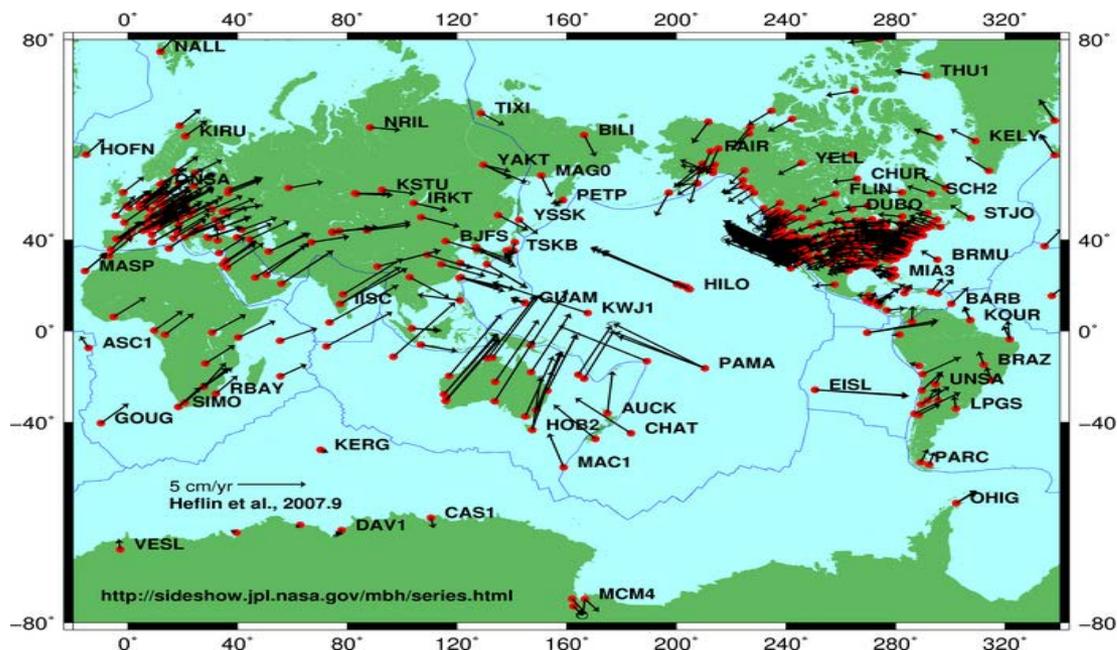
Se nuova crosta si crea, altra se ne deve distruggere nelle zone di subduzione



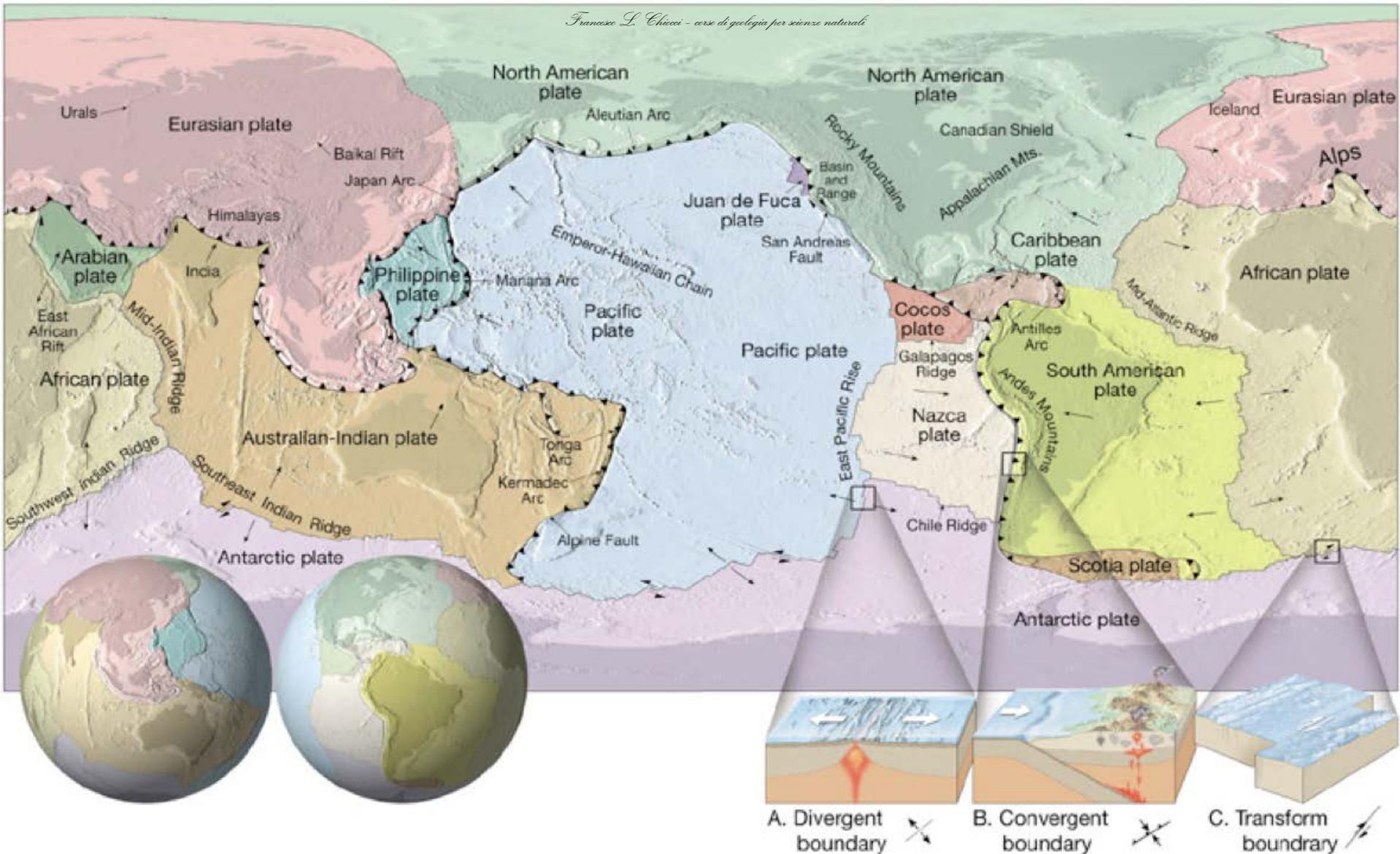
E' la **tettonica delle placche** litosferiche, che si muovono rispetto all'astenosfera, in risposta a moti convettivi



Negli anni '70-'80 le datazioni dei fondi oceanici confermano la teoria della tettonica a placche



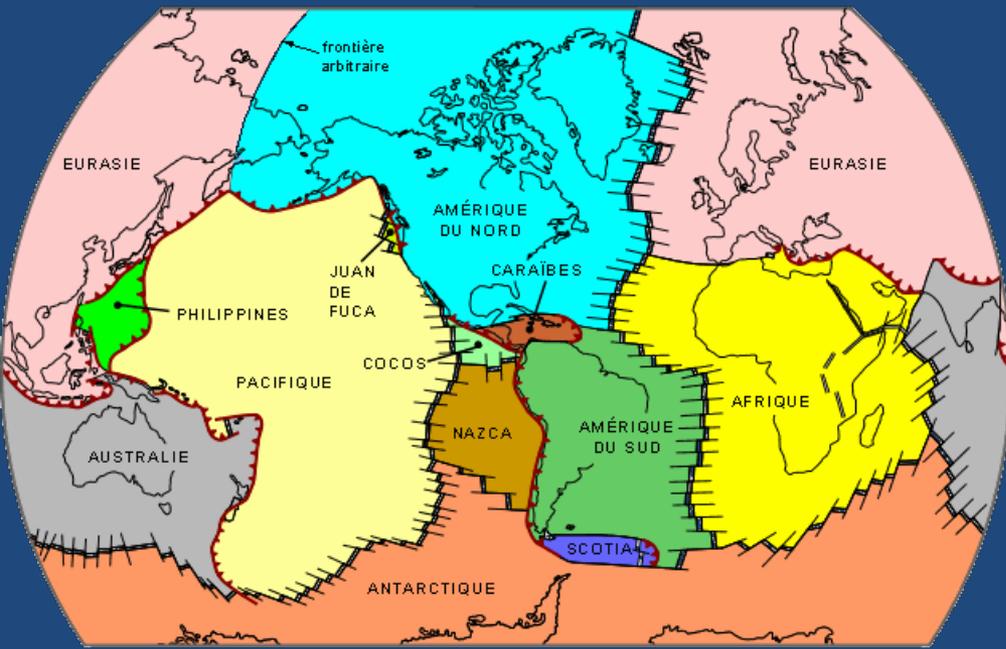
Negli anni '90-'00 misure geodetiche satellitari (GPS) permettono di misurare la velocità e la direzione di spostamento delle placche litosferiche



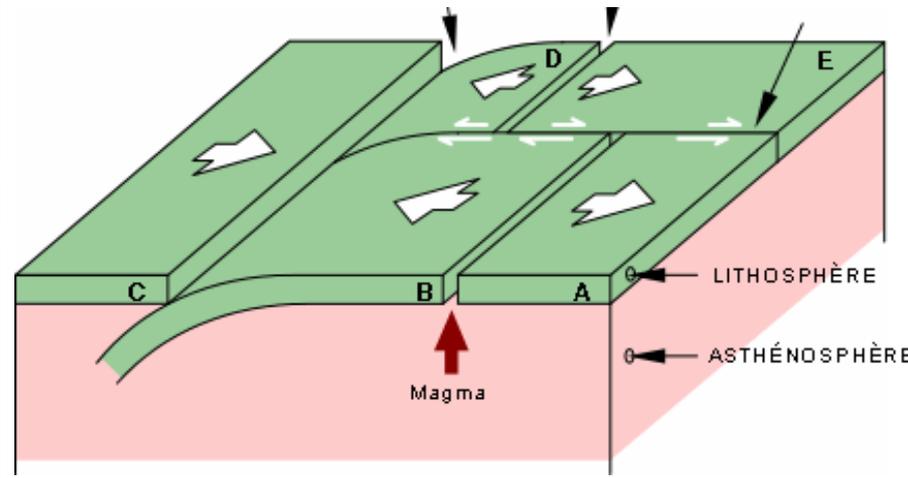
©, 2002, DIGIT, Prentice-Hall

Esistono 14 placche principali, anche se se ne possono definire molte altre più piccole (anatolica, adriatica, ...)

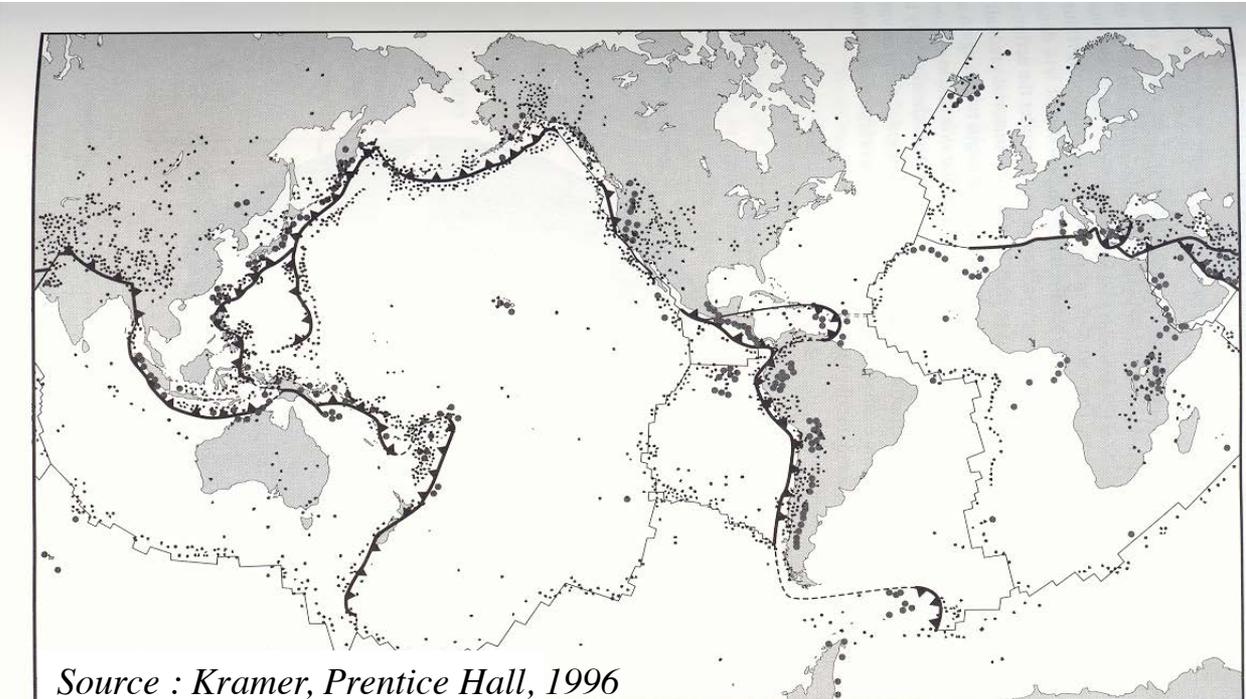
Le placche NON coincidono coi continenti. Sono solo oceaniche, o continentali o entrambi
Le placche sono delimitate da limiti **costruttivi** (dorsali), **distruttivi** (fosse) o **conservativi** (trasformi)



limiti di placca
 costruttivi e divergenti (dorsali),
 distruttivi e convergenti (fosse)
 conservativi (trasformi)

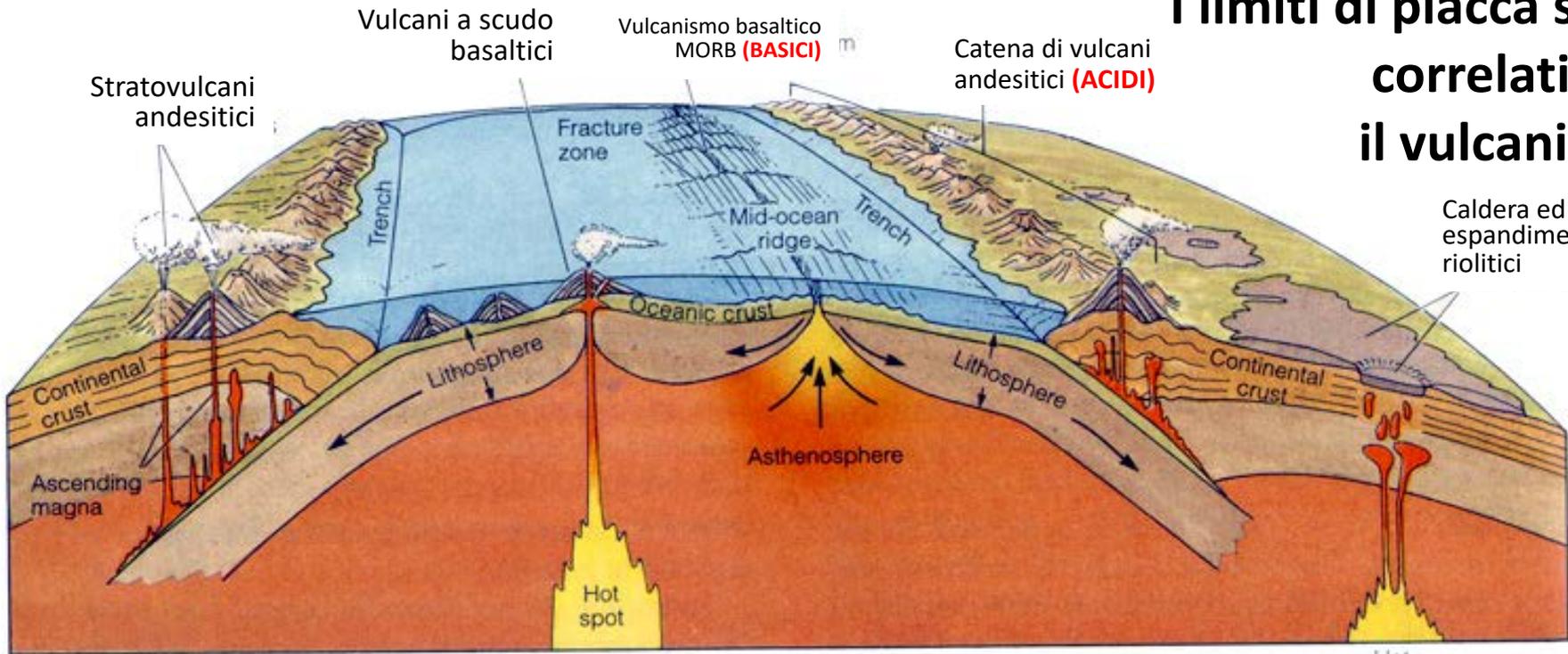


I limiti di placca
 sono ben
 evidenziati dalla
 sismicità



Source : Kramer, Prentice Hall, 1996

I limiti di placca sono correlati con il vulcanismo



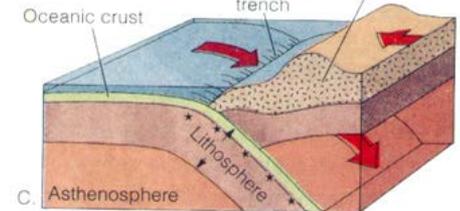
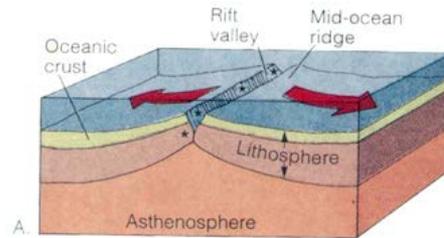
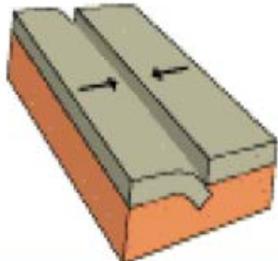
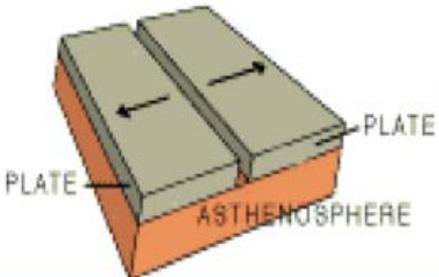
Francesco L. Chiarini - corso di geologia per scienze naturali

Divergente

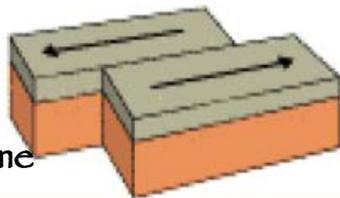
Convergente

Divergente

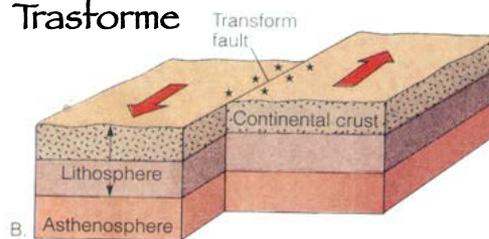
Convergente



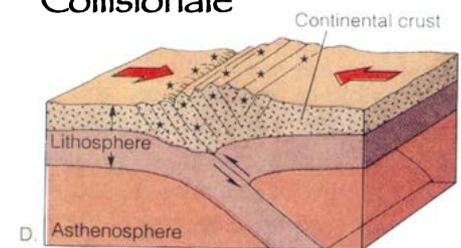
Trasforme



Trasforme

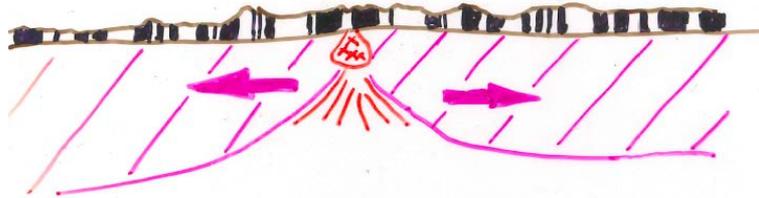


Collisionale



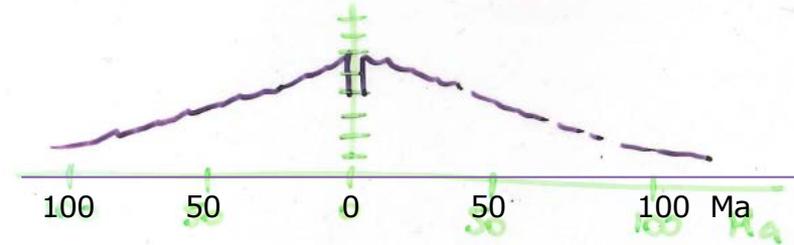
Misurazione dei movimenti litosferici

Metodo Vine-Matthew's (anomalie magnetiche)



è semplice è accurato per i tempi recenti
ultimi 10 m a punto difficile in zone con
bassi tassi di espansione Dov'è la
larghezza delle bande è circa uguale alla
profondità dell'acqua

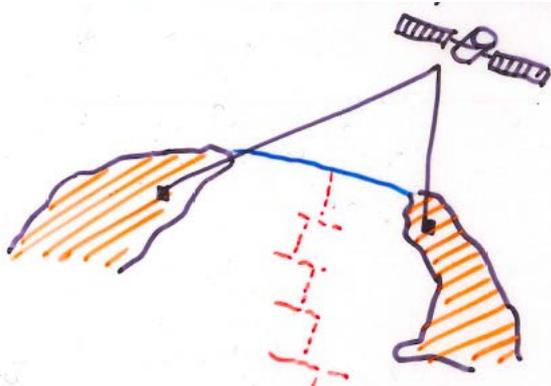
Metodo topografico



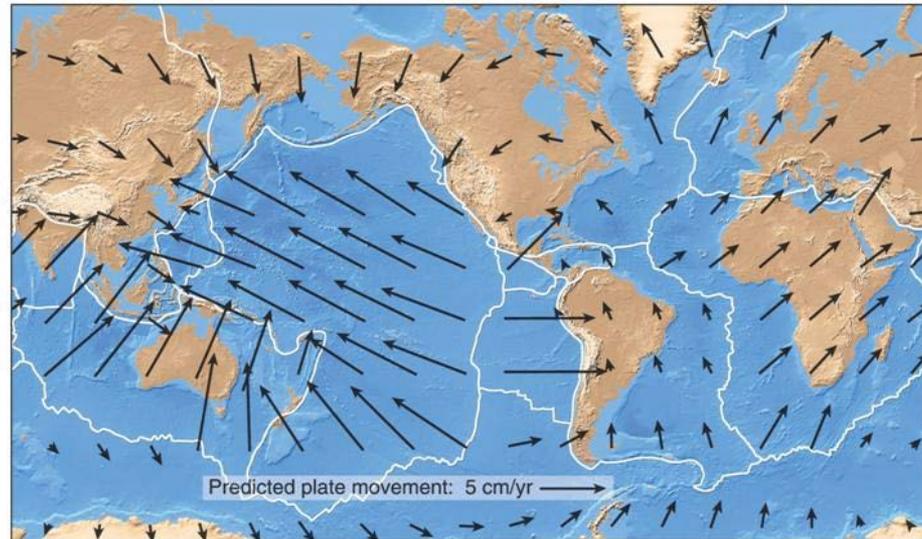
$$\text{profondità} = 320\sqrt{\text{età in Ma}}$$

la misura deve essere fatta parallelamente alle zone di
frattura non perpendicolarmente alla dorsale

Metodo geodetico



Misurazioni con metodi satellitari (GPS)
di precisione attraverso limiti di placca o
tramite misurazioni topografiche di
grande precisione attraverso faglie



Misurazione dei movimenti litosferici

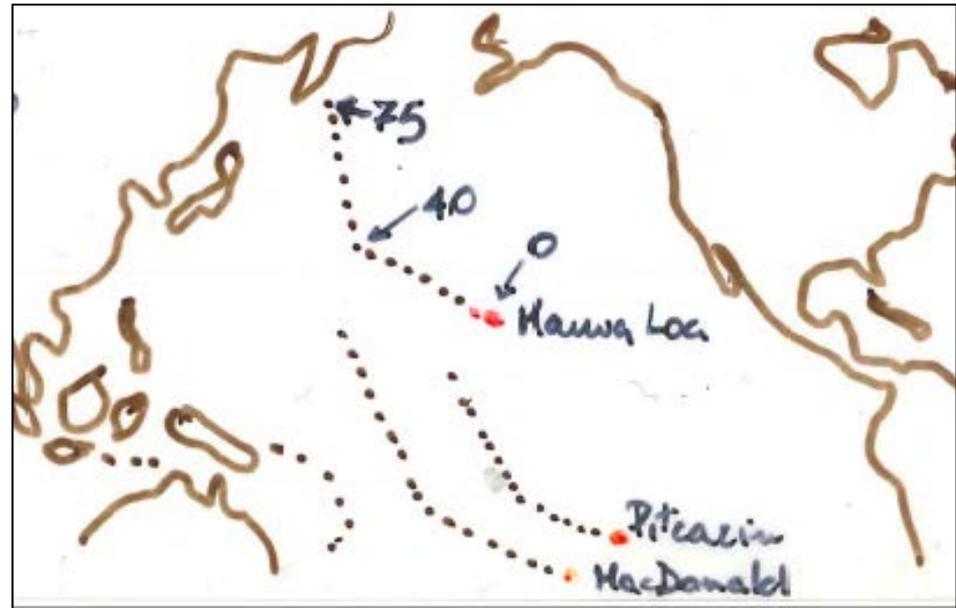
Punti caldi (hotspot)

alcuni vulcani non sono associati a margini di placca (>1%) ed hanno lave completamente diverse rispetto a quelli di dorsali e zone di subduzione.

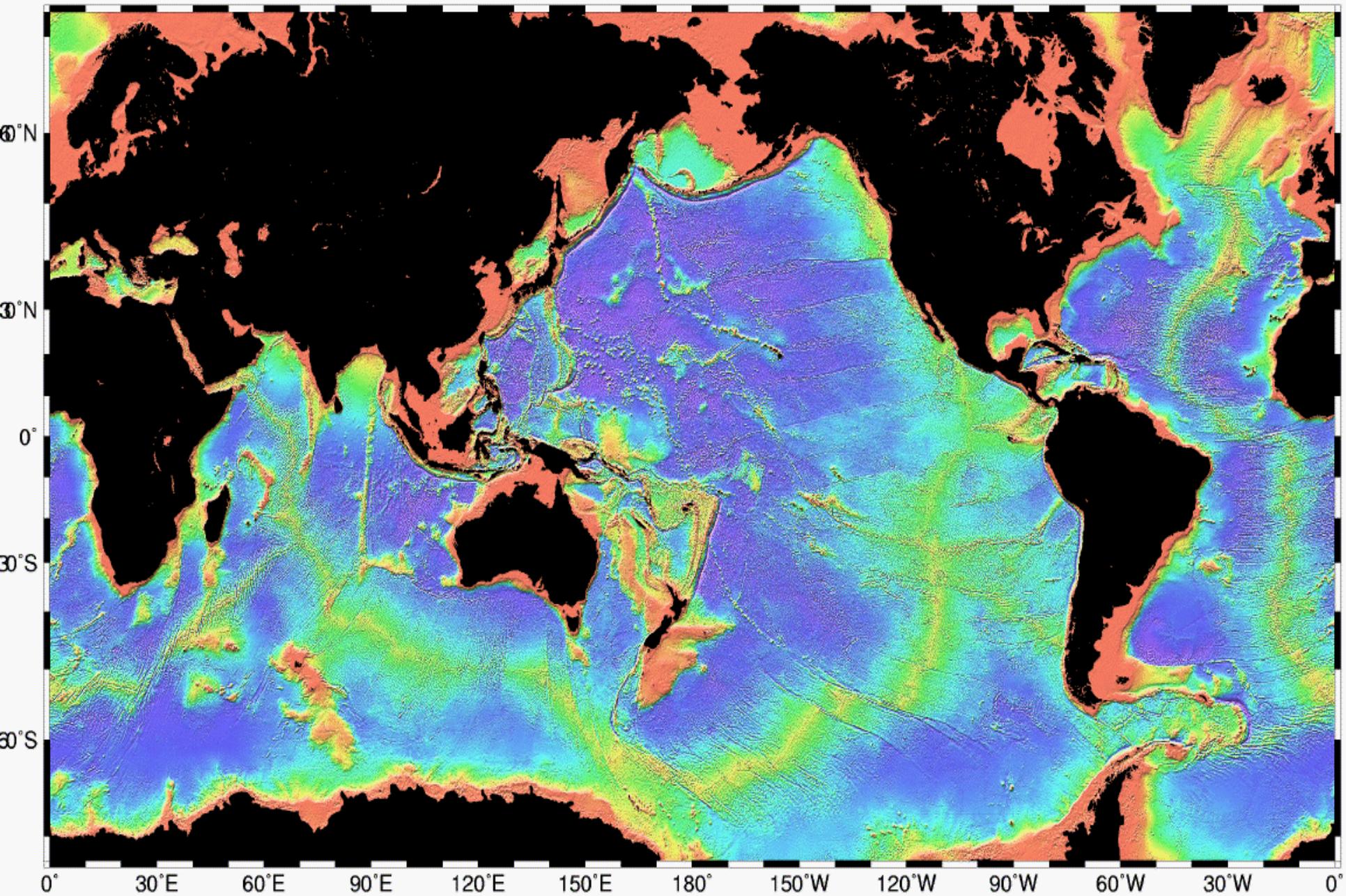
origine molto profonda alla base del mantello provocano rigonfiamento crostale ed emersione(a volte anche coincidenti con dorsale Islanda, Azzorre, Tristan da cunha).

il passaggio di una placca litosferica sopra un punto caldo produce una catena di seamount il cui allineamento indica la direzione del moto e le cui età danno la velocità.

**esistono più di
100 punti caldi
nel mondo**



variazioni di direzione indicano cambiamenti dei poli di rotazione nel Pacifico hotspot intraplacca in Atlantico Hotspot su dorsale



Walter H. F. Smith and David T. Sandwell, Seafloor Topography Version 4.0, SIO, September 26, 1996

Copyright 1996, Walter H. F. Smith and David T. Sandwell

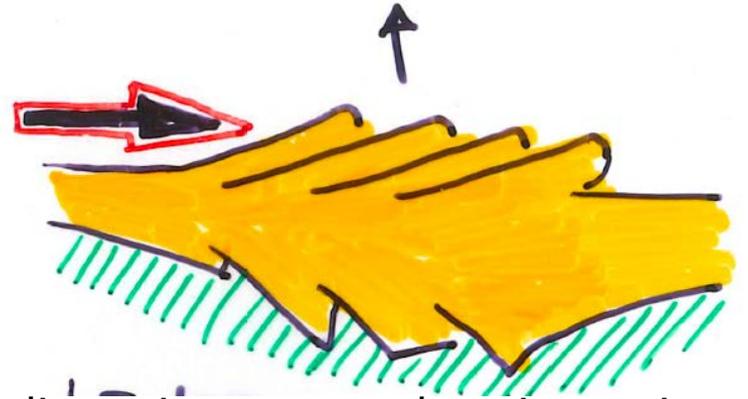
Ipotesi alternative alla tettonica delle placche

esistono evidenze di **tettonica verticale** (faglie, horst, graben, diapiri, risalite magmatiche)

ed evidenze di **tettonica orizzontale** (sovrascorrimenti, faglie trascorrenti)



Se diamo importanza alle spinte verticali
le orizzontali possono essere secondarie
(gravità)



Se diamo importanza le spinte orizzontali
le verticali possono essere secondarie
(isostasia)

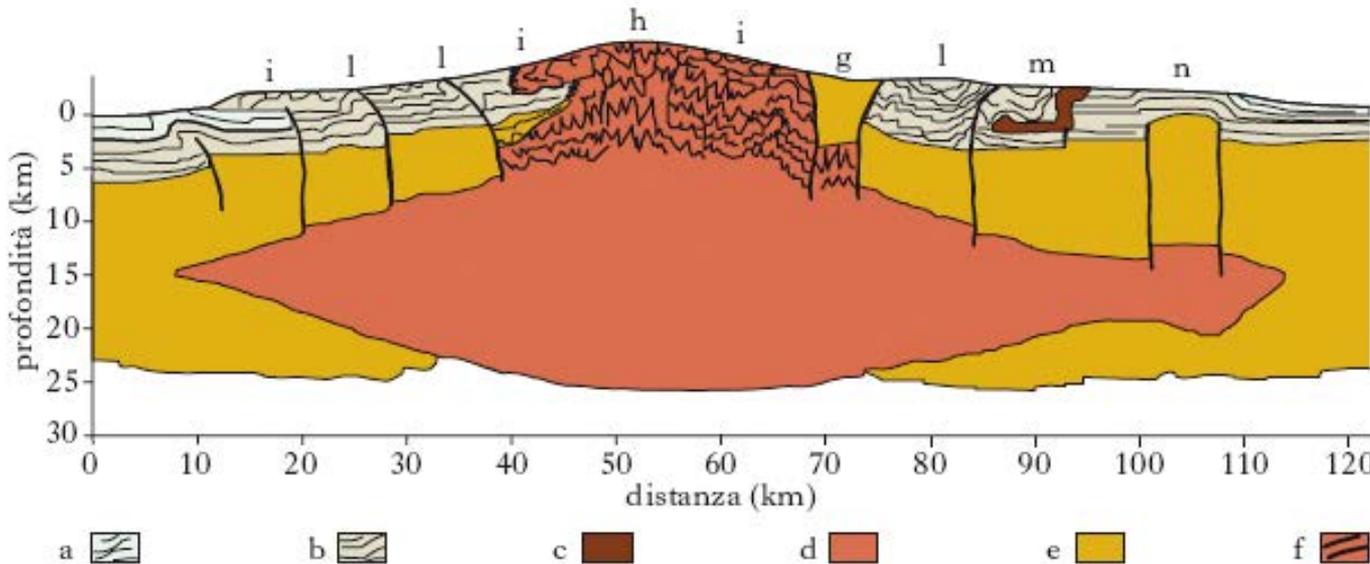
GEOSINCLINALI solchi vicino a continenti che si riattivano
ESPANSIONE TERRESTRE (globo 1/3 tutti I continenti uniti)
CONTRAZIONE TERRESTRE (catene come grinze)
DIAPIRISMO fusioni parziali nel mantello
UNDAZIONE (periodi di accumulo e improvvisi rilasci)

DIAPIRISMO (Belusov)

Tra le teorie più fissiste (solo movimenti verticali)

Teoria ufficiale in URSS si oppone alla tettonica delle placche

Il diapirismo spiega bene l'evoluzione magmatica e metamorfica



Le pieghe sono un fenomeno secondario, subordinato rispetto a magmatismo, metamorfismo, movimenti verticali

Nel mantello
"gocce" di
astenosfera
risalgono a
scaldare la
crosta



Aumento
temperatura



Fusione
parziale



Diminuzione
densità



Diapirismo

I movimenti orizzontali non possono essere protagonisti principali:

Le catene hanno forme sinuose e entrano nei cratoni, non compatibile con collisione

Inizia deformazione assiale e si sviluppa verso i lati mentre l'asse continua a sollevarsi

Non è possibile trasmettere spinte orizzontali in zone con movimenti verticali

La compressione orizzontale è locale e legata ai movimenti verticali

teorìa s. f. [dal gr. θεωρία, der. di θεωρός (v. teoro), e quindi, in origine, «delegazione di teori»; nel sign. 1, attraverso il lat. tardo *theorĩa*]. – Formulazione logicamente coerente (in termini di concetti ed enti più o meno astratti) di un insieme di definizioni, principî e leggi generali che consente di descrivere, interpretare, classificare, spiegare, a varî livelli di generalità, aspetti della realtà naturale e sociale.

Nella scienza una teoria non è un assioma

Nelle Scienze Naturali una teoria è la migliore interpretazione possibile dei dati a disposizione. All'aumentare dei dati o della capacità di analisi, cambiano le teorie.