

PRINCIPI DI SCIENZE DELLA TERRA

La Teoria della Tettonica delle Placche

Prof. Giovanni Vezzoli

Università di Milano-Bicocca (DISAT)

La Teoria della Tettonica delle Placche

Ripartiamo adesso dall'Introduzione dove avevamo visto alcune caratteristiche fisiche dell'Italia e ci eravamo chiesti:

"Queste caratteristiche come si inquadrano all'interno della Teoria della Tettonica delle Placche?"

"Cos'è la Teoria della Tettonica delle Placche?"



La Teoria della Tettonica delle Placche

Domande simili possono sorgere se per esempio osserviamo la distribuzione dei vulcani sulla Terra o dove sono le montagne con le cime più alte o ancora dove sono avvenuti i terremoti più forti

- Perché praticamente tutti i vulcani più esplosivi della Terra si trovano intorno all'oceano Pacifico e non all'oceano Atlantico?
- Perché la cima del Monte Everest è fatta da rocce che si sono formate da sedimenti deposti milioni di anni fa in fondo a un mare?
- Perché i terremoti dell'Italia centrale non raggiungono mai la magnitudo (l'energia) dei terremoti della catena Andina?



La Teoria della Tettonica delle Placche

Per rispondere a queste e altre domande è stata formulata la Teoria della Tettonica delle Placche

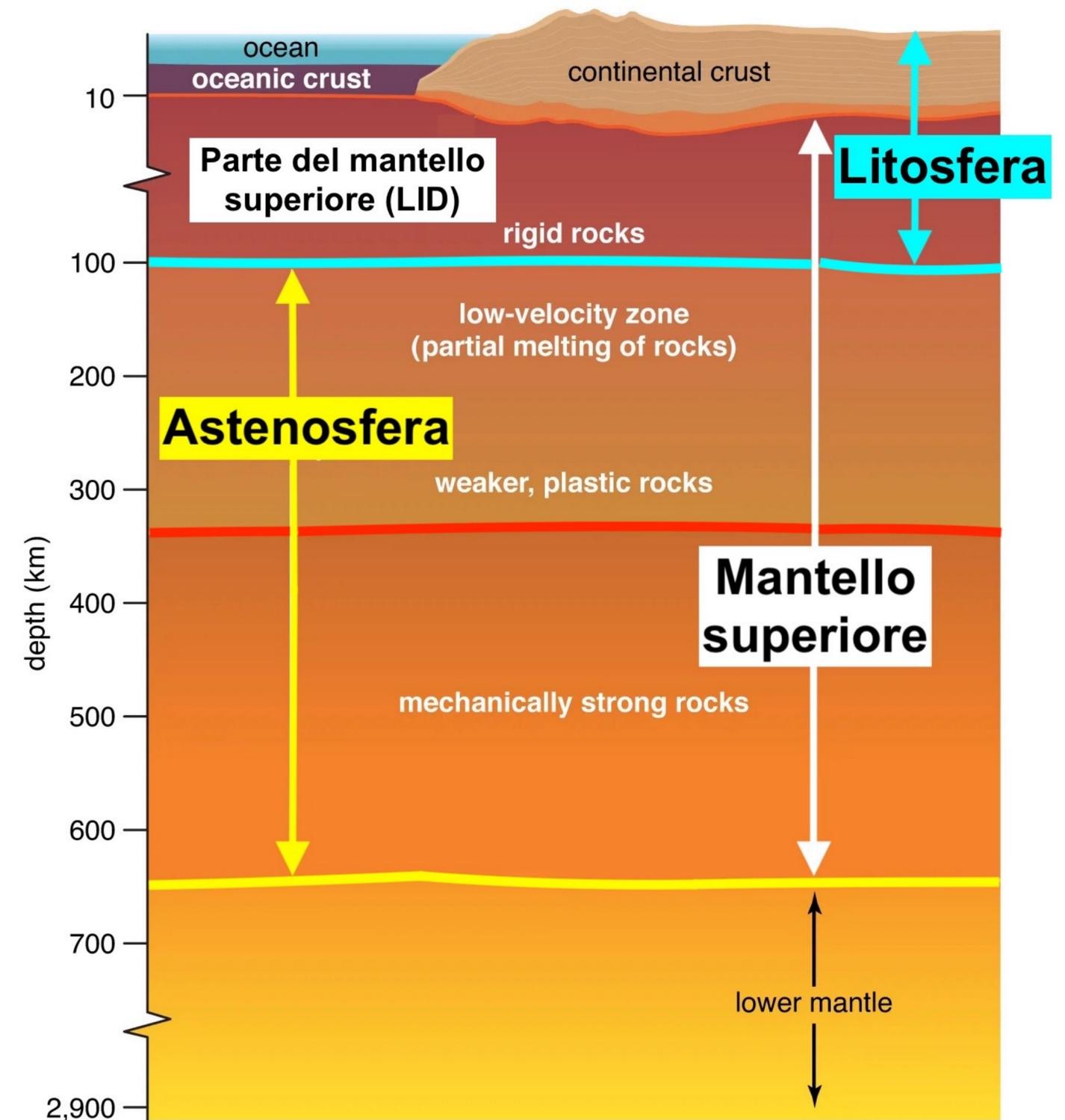
La Teoria della Tettonica delle Placche

La Teoria della Tettonica delle Placche è la TEORIA, corroborata da numerosissimi dati osservativi, che spiega l'evoluzione del guscio più esterno della Terra (LITOSFERA), frammentato in una serie di elementi minori (PLACCHE) che si muovono l'una rispetto all'altra sulla ASTENOSFERA.

La Teoria della Tettonica delle Placche

LITOSFERA = crosta continentale e/o oceanica + parte del mantello superiore ("LID"). Questo livello ha uno spessore medio di ~100 km (linea azzurra) e ha un comportamento meccanico di tipo rigido.

ASTENOSFERA = parte del mantello sup. Questo livello ha uno spessore compreso tra 100 e ~700 km (linea gialla) ed è parzialmente fuso tra i 100 e ~400 km (linea rossa) e ha un comportamento meccanico di tipo plastico



La Teoria della Tettonica delle Placche

La Terra è ricoperta da una sottile pellicola rigida di crosta solida e mantello superiore chiamata Litosfera

La Litosfera è suddivisa in "lastre" interconnesse che i geologi chiamano placche

La tettonica delle placche è la TEORIA scientifica che descrive come queste placche si muovono sopra la Astenosfera e interagiscono tra loro ai loro confini.

La Teoria della Tettonica delle Placche

La Teoria della Tettonica delle Placche è importante perché ha permesso di radunare sotto un “tetto comune” tutti i processi geologici presenti sulla Terra

La teoria ha coordinato, collegato, fenomeni apparentemente disparati come la formazione delle isole Hawaii e l'Islanda; la catena himalayana e quella Alpina; i vulcani delle Ande con quelli della Kamchatka. Inoltre ha fornito uno sfondo per le grandi estinzioni di massa che hanno puntellato la vita sulla Terra. Il punto fondamentale è che la teoria ci ha dato la possibilità di presentare la Terra come un'unità integrata.

La Teoria della Tettonica delle Placche

Nascita di una teoria

La Teoria della Tettonica delle Placche

Se osserviamo la Terra con Google Earth o una immagine satellitare qualsiasi, noteremo sicuramente la grande somiglianza tra la costa atlantica dell'Africa e quella del Sud America

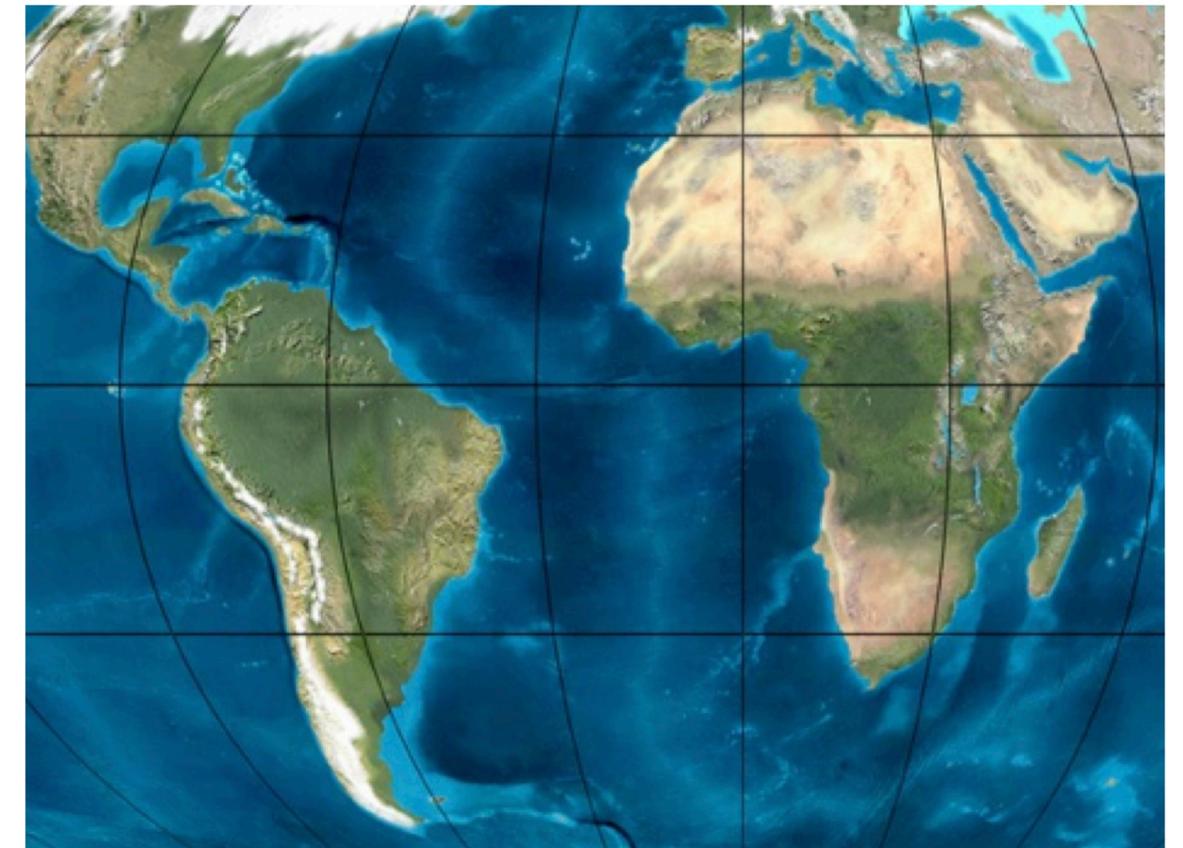
Questa somiglianza geografica non era passata inosservata nei secoli passati e molti studiosi l'avevano già fatta notare.

Alexander von Humboldt

(naturalista tedesco, 1769-1859)

suppose che i due continenti fossero un tempo uniti.

Si sarebbero separati a causa di un'imponente corrente marina che avrebbe scavato una valle occupata oggi dall'Oceano Atlantico



La Teoria della Tettonica delle Placche

Durante il viaggio in Sud America (1799-1804) von Humboldt avevano disegnato mappe geografiche, studiato decine di migliaia di piante (molte delle quali sconosciute) introdotto la fitogeografia e descritto la corrente di Humboldt, così chiamata in suo onore (300 piante, 100 animali e decine di minerali portano il suo nome e sulla Luna il Mare Humboldtianum).

Inoltre, Humboldt fu quello che ispirò maggiormente il giovane Charles Darwin (insieme a Lyell che ritroveremo quando tratteremo il tempo profondo e la storia della Terra).

Infatti, durante la sua circumnavigazione della Terra tra il 1831 e il 1836, Darwin aveva con se i libri di Humboldt.

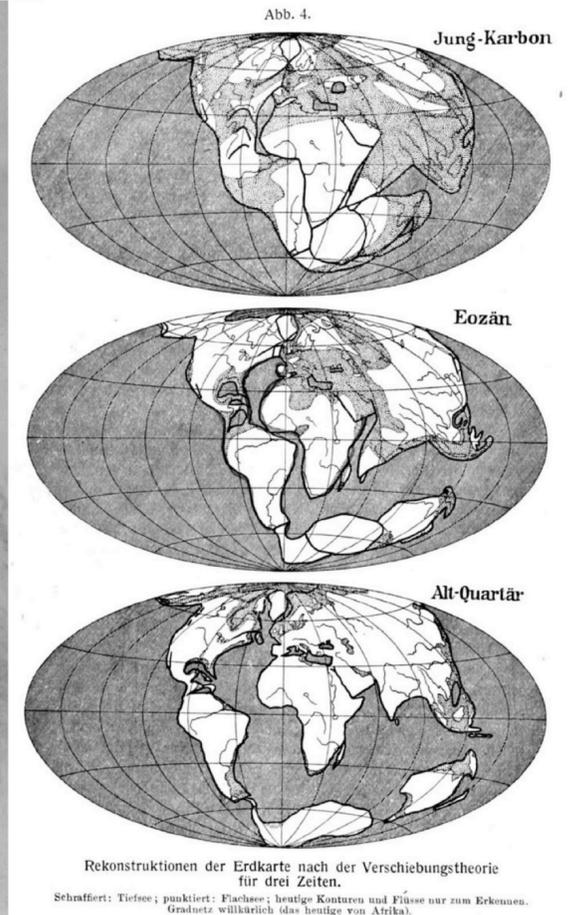
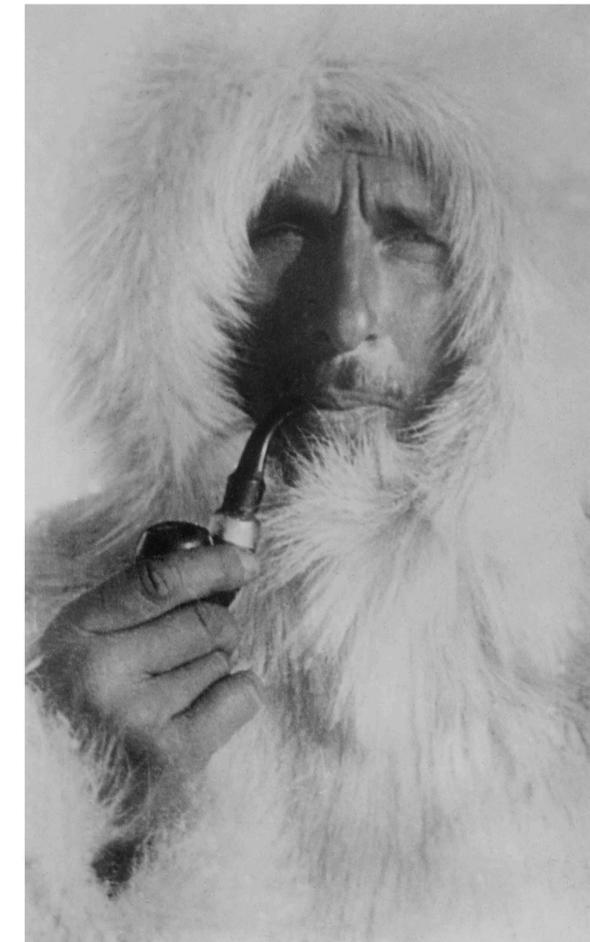


[L'invenzione della Natura](#)

La Teoria della Tettonica delle Placche

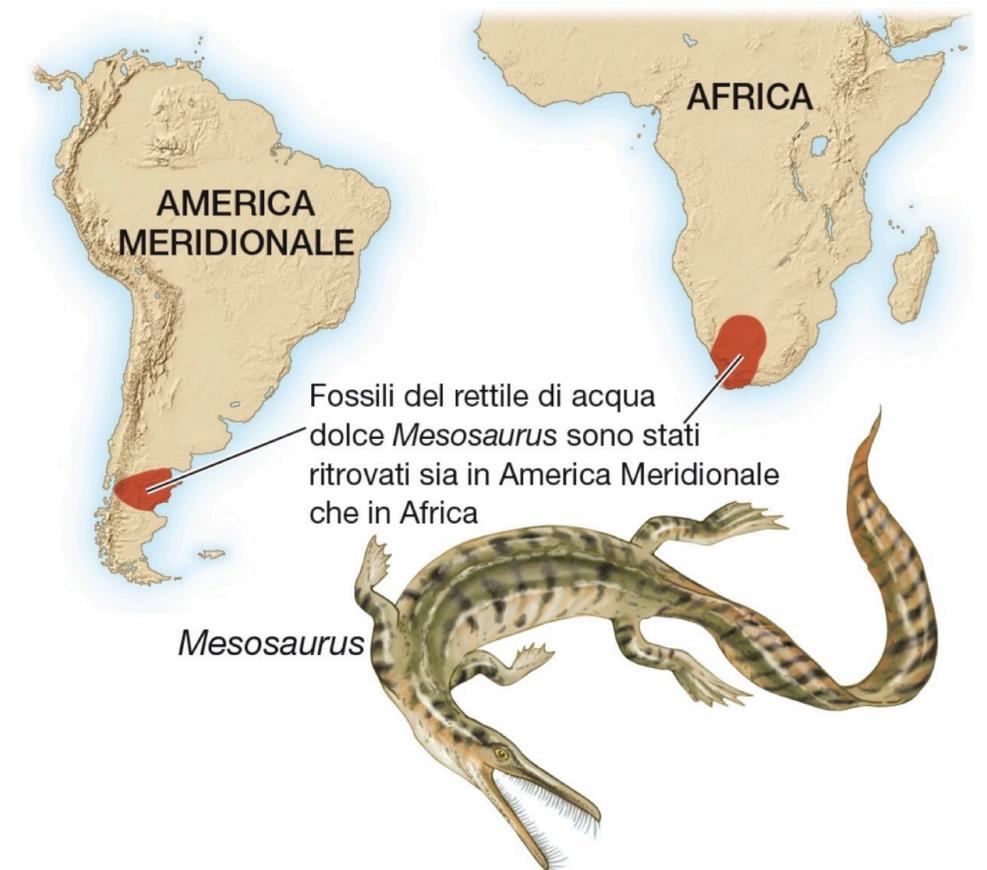
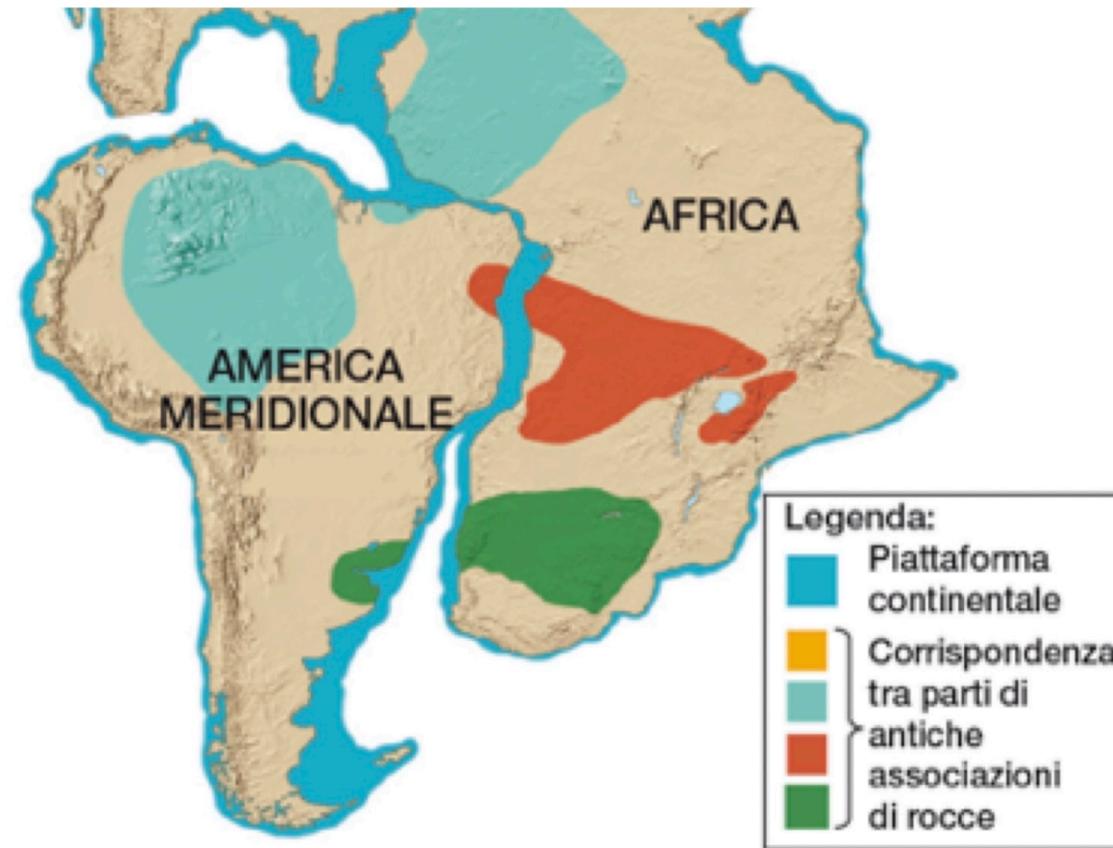
Alfred Wegener (esploratore, meteorologo e geologo tedesco; 1880 - 1930) nel 1912 presentò alla conferenza tenuta alla Società Geologica di Francoforte sul Meno "La formazione dei continenti e degli oceani in base alla geofisica".

Wegener propose la teoria del continental drift utilizzando diverse evidenze scientifiche ma in particolare il perfetto "incastrò" tra il Sud America e l'Africa



La Teoria della Tettonica delle Placche

Alfred Wegener (come Humboldt precedentemente) aveva notato la somiglianza tra l'Africa e l'America



La leggenda vuole che l'idea che la configurazione attuale dei continenti derivasse dalla frantumazione di un unico grande continente (che lui chiamò **Pangea**, "tutta Terra") gli venne guardando un planisfero che gli avevano regalato per il Natale del 1910. Inoltre, Wegener conosceva bene quello che altri scienziati prima lui avevano messo in evidenza, cioè la presenza di rocce della stessa età e stessi fossili tra i due continenti.

La Teoria della Tettonica delle Placche

RAI - cultura

I giganti della scienza:
Alfred Wegener

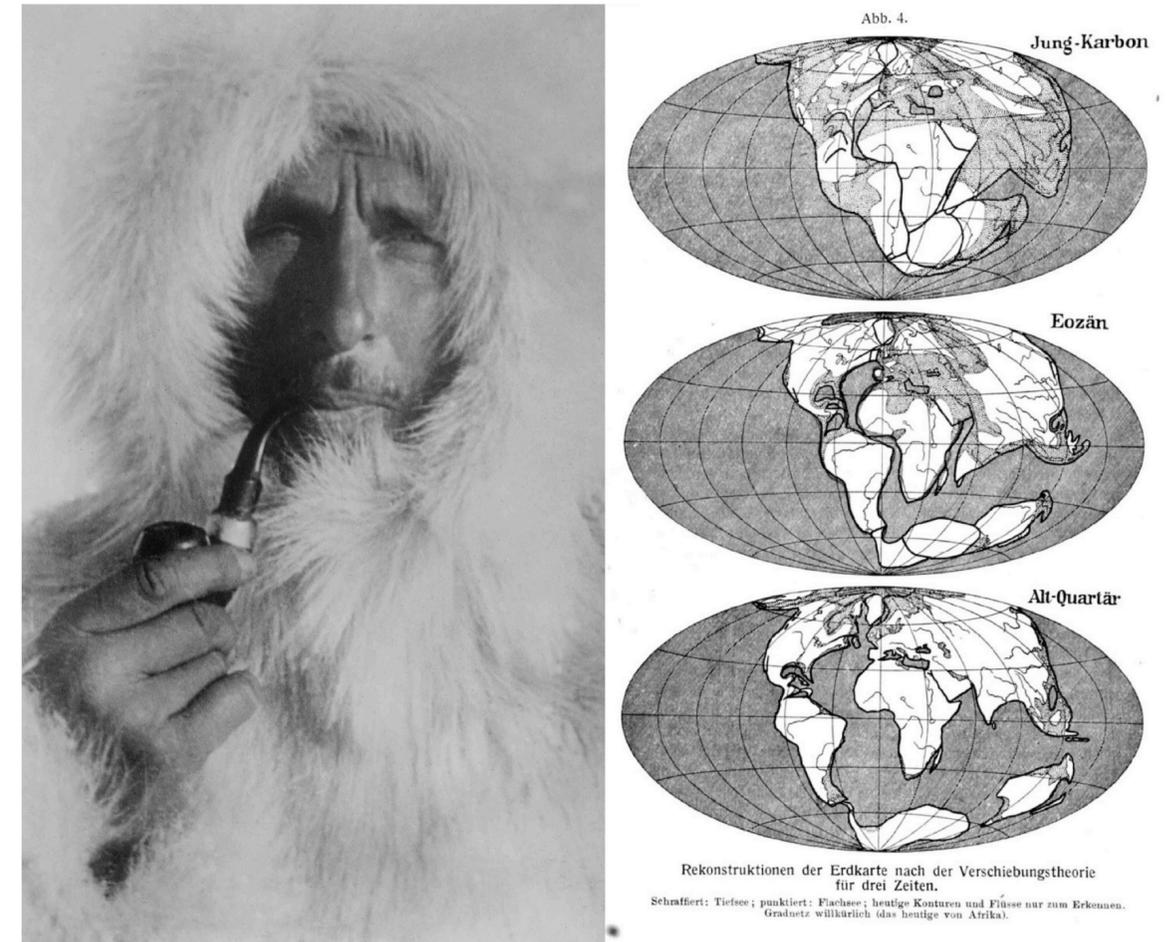


Una terra senza fine

La Teoria della Tettonica delle Placche

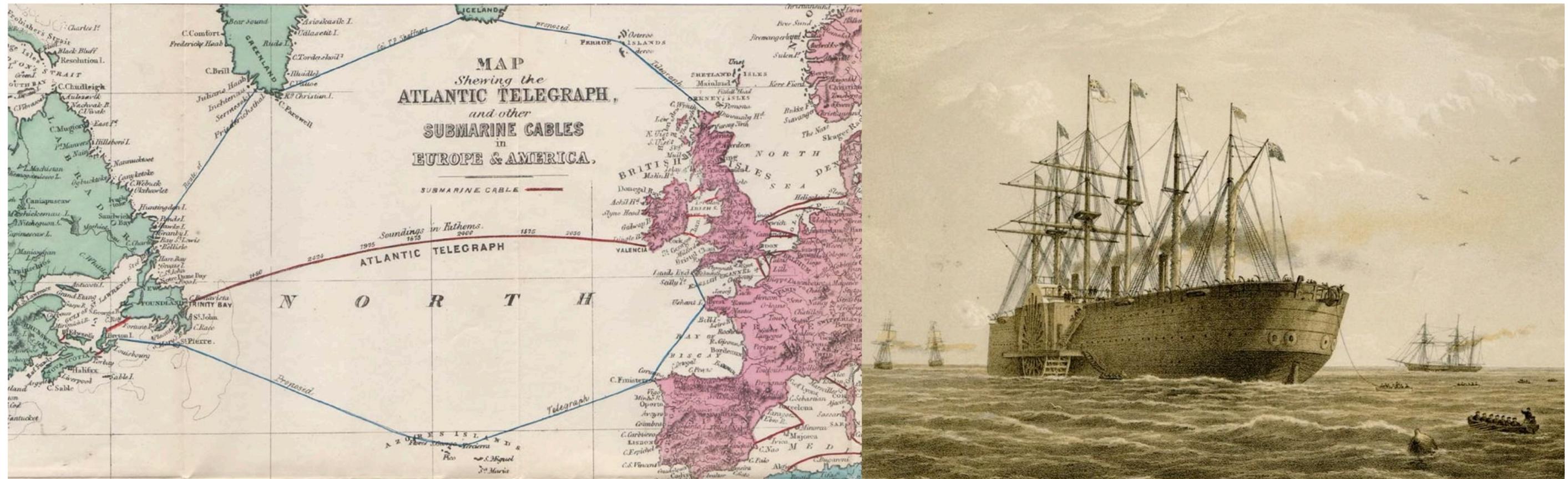
La sua teoria però non fu praticamente presa in considerazione.

- Wegener propose la sua teoria durante la I guerra mondiale (lui era tedesco e quindi tra i vinti)
- Wegener non aveva spiegato il meccanismo con i quali i continenti potevano spostarsi (o almeno, aveva invocato le forze di marea che furono ritenute poco probabili)
- Wegener era sicuramente più noto come meteorologo e astronomo che come geologo (come d'altronde per il resto della sua vita).



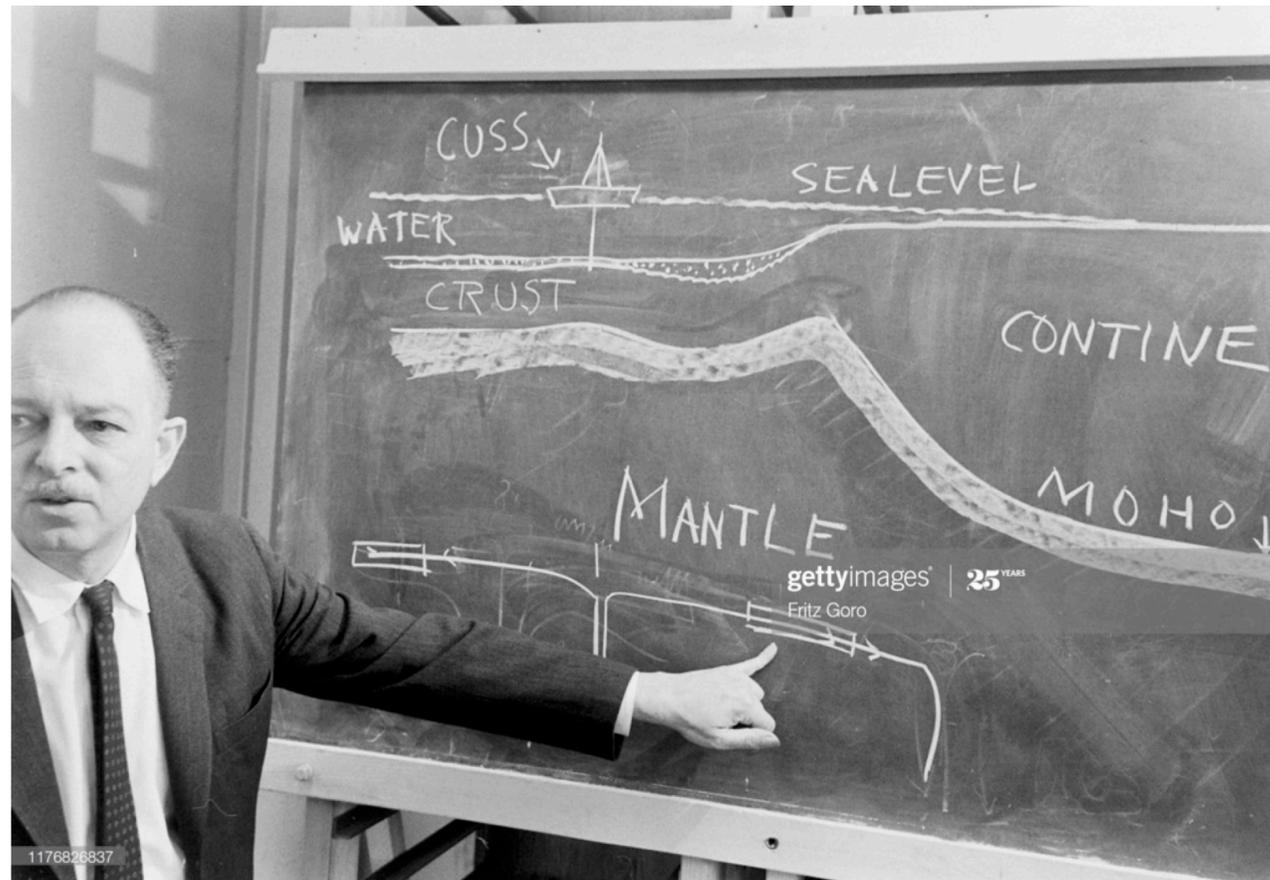
La Teoria della Tettonica delle Placche

In quelli stessi anni però le prime spedizioni oceanografiche (soprattutto per motivi commerciali) stavano iniziando a svelare la morfologia dei fondali marini (soprattutto dell'oceano Atlantico)



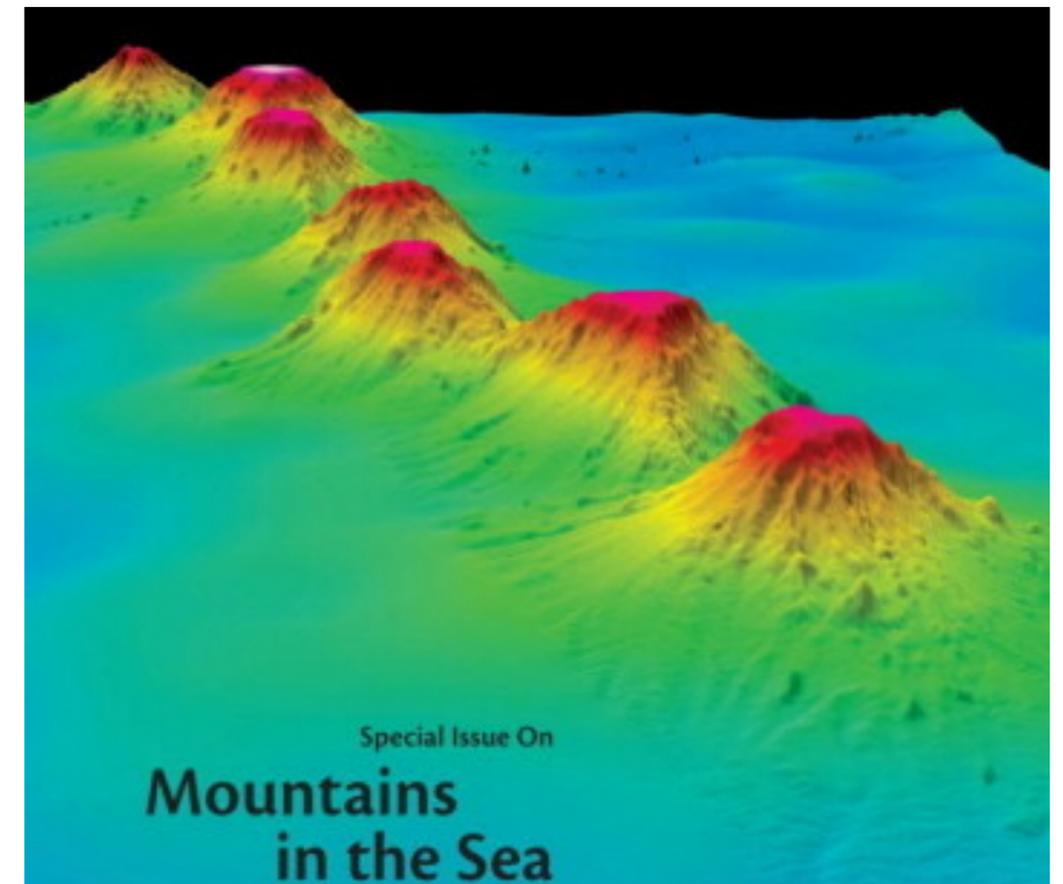
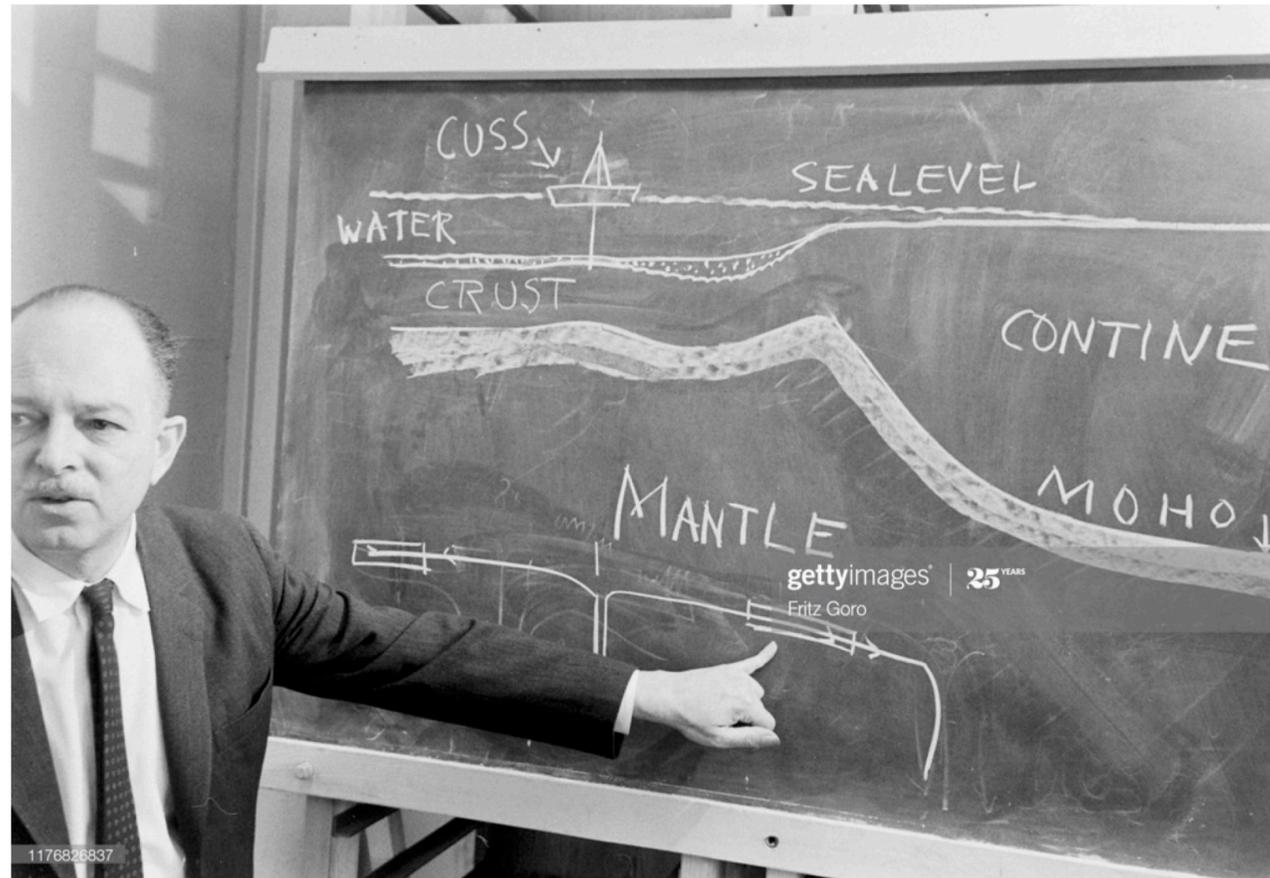
La nave Great Eastern che ha posato un cavo telegrafico nell'Atlantico nel luglio del 1865

La Teoria della Tettonica delle Placche



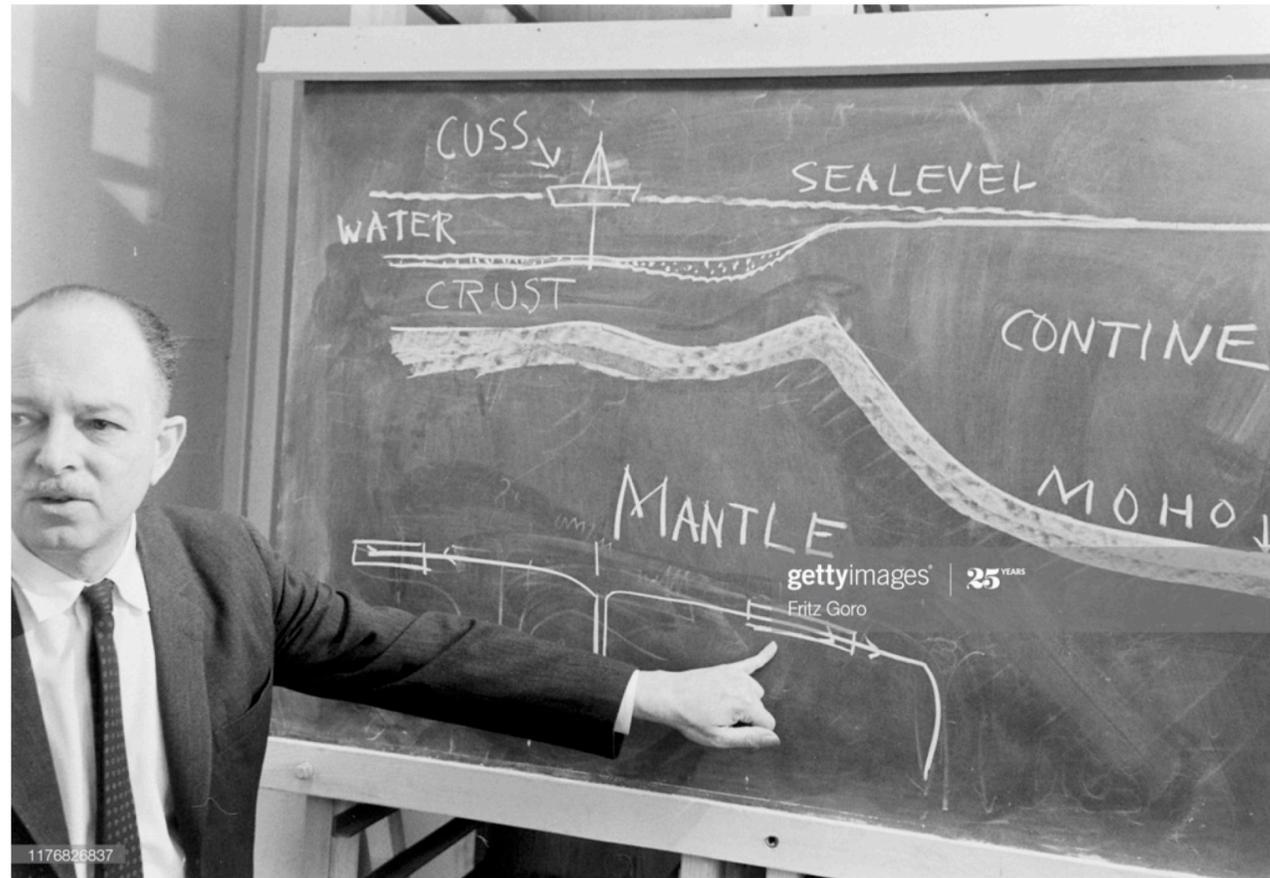
Harry H. Hess (geologo USA; 1906 - 1969). Hess, come Wegener, va in guerra, combatte infatti nell'Oceano Pacifico durante il secondo conflitto mondiale dove la sua nave è dotata di un apparecchio di nuova generazione, il sonar attivo (emette i suoni) per la caccia ai sommergibili giapponesi.

La Teoria della Tettonica delle Placche



Questo gli permetterà, oltre che trovare i sommergibili nemici, anche di ottenere diversi profili dei fondali oceanici e di scoprire che i fondali stessi non erano enormi distese piatte ma che erano caratterizzati da rilievi sottomarini, molti a forma tronco-conica di origine vulcanica che chiamò guyots (in onore del fondatore del dipartimento di Geologia di Princeton, Arnold Henry Guyot - Svizzera 1807 - USA 1884).

La Teoria della Tettonica delle Placche



Nel dopoguerra Hess tornò poi al suo lavoro all'Università di Princeton e incominciò a interrogarsi su alcuni grandi quesiti che iniziavano a “girare” nella comunità scientifica dell’epoca

“If the oceans have existed for at least a few billion years, why has so little sediment accumulated on the ocean floor?”

“Why are fossils found in ocean sediments no more than 180 million years old?”.

La Teoria della Tettonica delle Placche



Qui entra in scena Marie Tharp (geologa USA; 1920 – 2006) che nel dopoguerra (1948) inizia a lavorare, insieme a Bruce Charles Heezen, come assistente di Maurice Ewing (alla Columbia University).

Marie si specializza nella raccolta e interpretazione dei dati che arrivavano in quegli anni dalle diverse spedizioni oceaniche attraverso la realizzazione delle mappe topografiche dei fondali oceanici.

La Teoria della Tettonica delle Placche



Naturalmente essere una scienziata a quei tempi non era facile, infatti:

Nella spedizione scientifica del 1952 diretta nell'oceano Atlantico (nave oceanografica Vema) la Columbia University mandò i suoi colleghi maschi perché a quel tempo alle donne era vietato lavorare a bordo delle navi di ricerca.

Quindi Marie resta "a casa" ma continua nel suo lavoro di elaborazione dei dati raccolti e nella realizzare delle mappe dei fondali oceanici.

La Teoria della Tettonica delle Placche



L'interpretazione dei dati attraverso la realizzazione di mappe topografiche permette però a Marie di fare una scoperta eccezionale.

Nel 1957 termina la sua prima mappa dei fondali dell'Oceano Atlantico dove si vede chiaramente che l'Atlantico è diviso in 2 parti da una lunghissima catena montuosa che corre al polo Sud al polo Nord.

Siccome la cresta (ridge) di questa grande catena si trova a metà strada tra i continenti divenne nota come "Mid-Atlantic Ridge".

La Teoria della Tettonica delle Placche



Marie scopre che la cresta della dorsale è divisa in 2 parti da una valle che interpreta correttamente come una zona vulcanica lungo il fondale oceanico



La Teoria della Tettonica delle Placche



Nonostante la sua scoperta, il nome di Marie Tharp non appare in nessuna pubblicazione tra il 1959 e il 1963 e solo nel 1977 pubblicherà la sua mappa dei fondali oceanici di tutto il mondo
(World Ocean Floor Panorama).

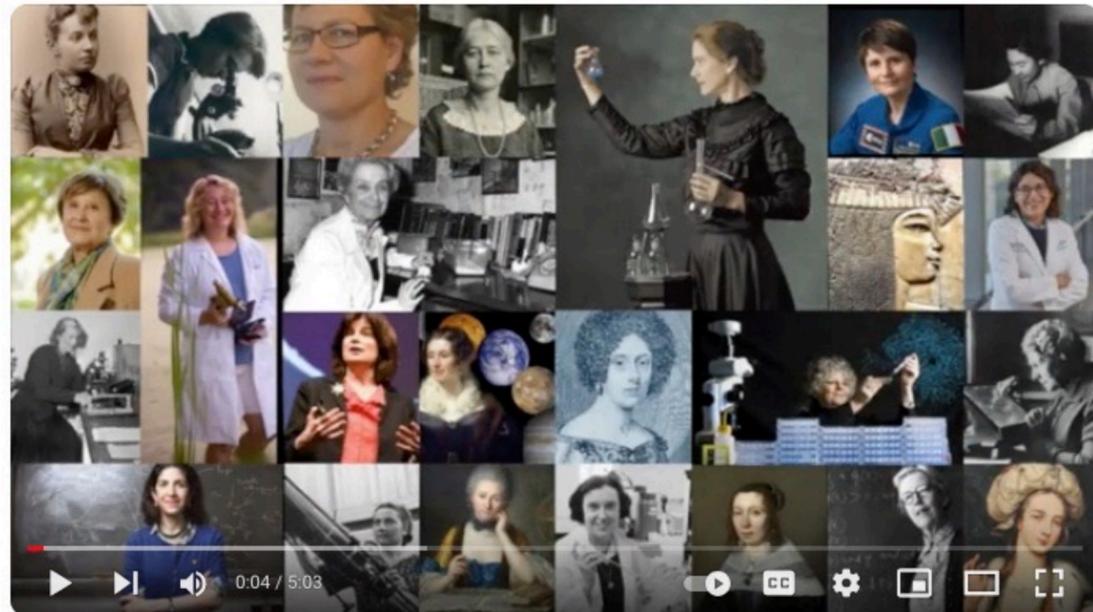
“I worked in the background for most of my career as a scientist, but I have absolutely no resentments. I thought I was lucky to have a job that was so interesting.

Establishing the mid-ocean ridge that went all the way around the world for 40,000 miles—that was something important. You could only do that once. You can't find anything bigger than that, at least on this planet”

La Teoria della Tettonica delle Placche



Nonostante la sua scoperta, il nome di Marie Tharp non appare in nessuna pubblicazione tra il 1959 e il 1963 e solo nel 1977 pubblicherà la sua mappa dei fondali oceanici di tutto il mondo



[11 febbraio: Giornata Internazionale delle Donne e delle Ragazze nella Scienza](#)

11 febbraio: Giornata Internazionale delle Donne e delle Ragazze nella Scienza



Subscribe

28

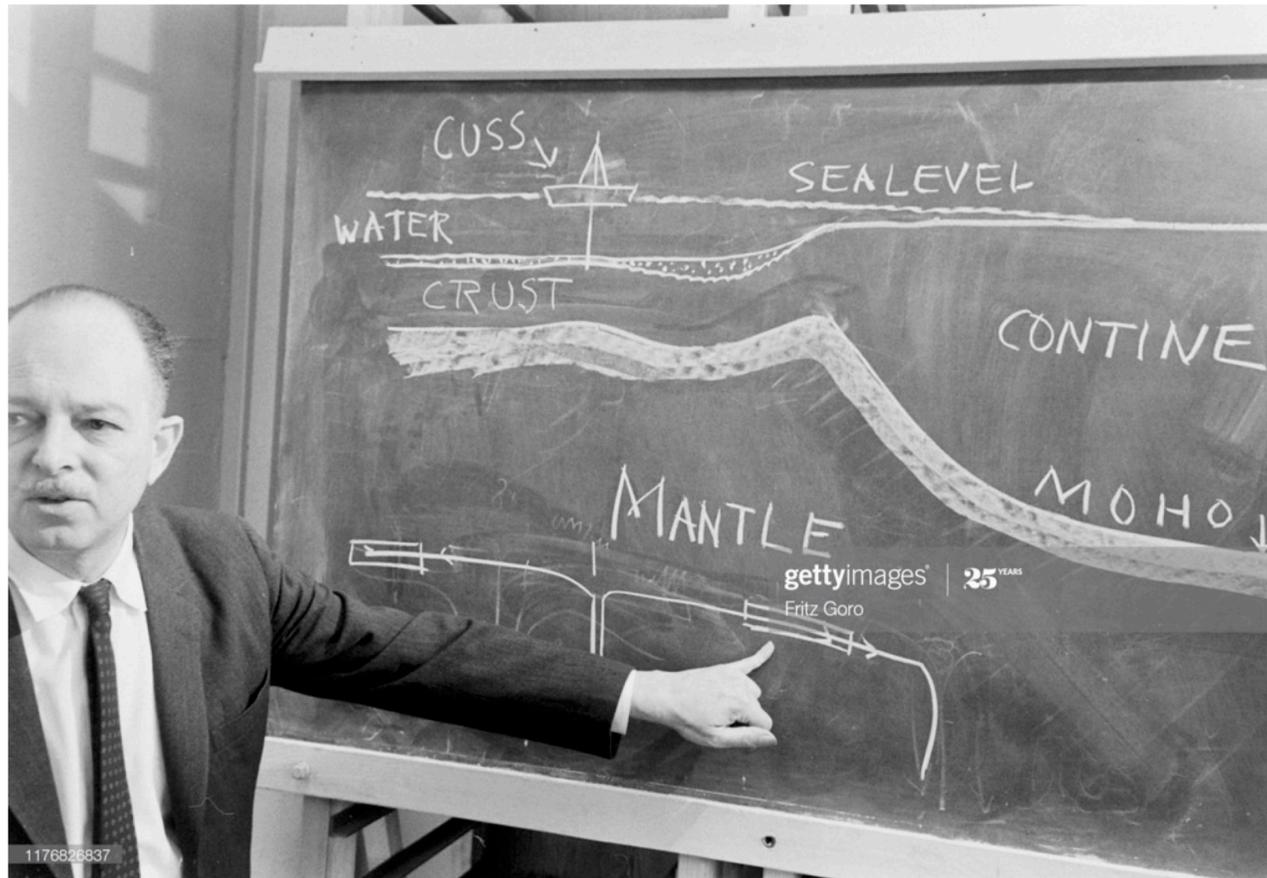


Share

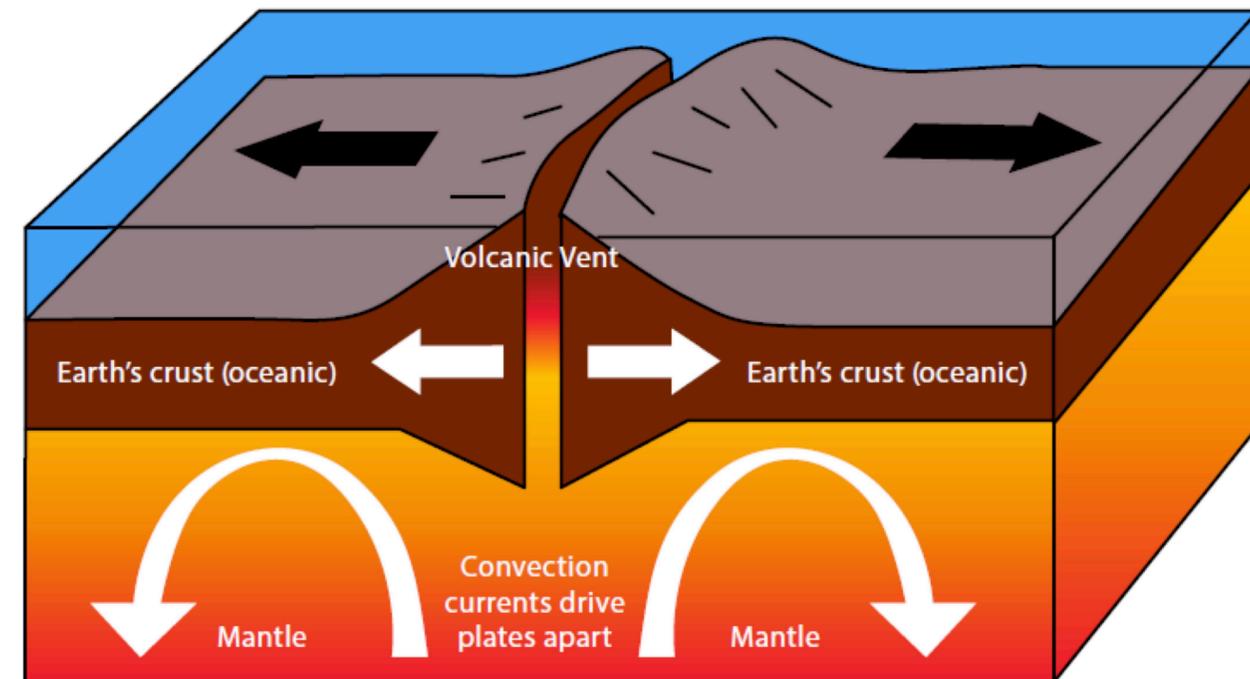
Save



La Teoria della Tettonica delle Placche



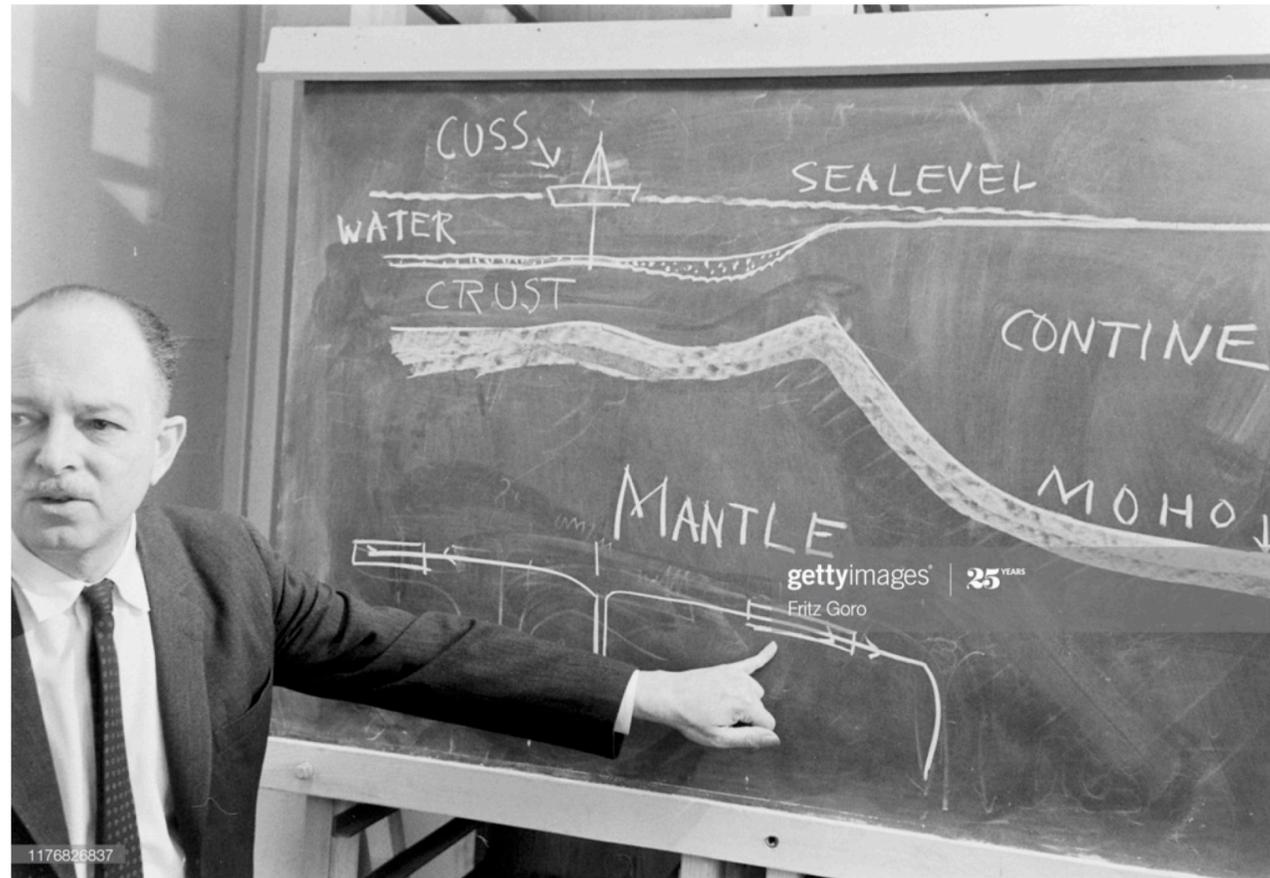
Quindi nel 1960, utilizzando l'ipotesi di Marie Tharp (insieme ad altre osservazioni) Hess propose una ipotesi rivoluzionaria.



La litosfera oceanica terrestre si forma e si espande lateralmente dalle zone vulcaniche delle dorsali oceaniche attraverso i moti convettivi del mantello terrestre.

La Teoria della Tettonica delle Placche

Questo permise di riscoprire, la teoria del continental drift espressa da Wegener quasi 50 anni prima.



Infatti ora c'era un meccanismo che permetteva ai continenti di "muoversi"

**PETROLOGIC STUDIES: A VOLUME TO HONOR
A. F. BUDDINGTON**
PP. 599-620 NOVEMBER 1962

History of Ocean Basins

H. H. HESS

Princeton University, Princeton, N. J.

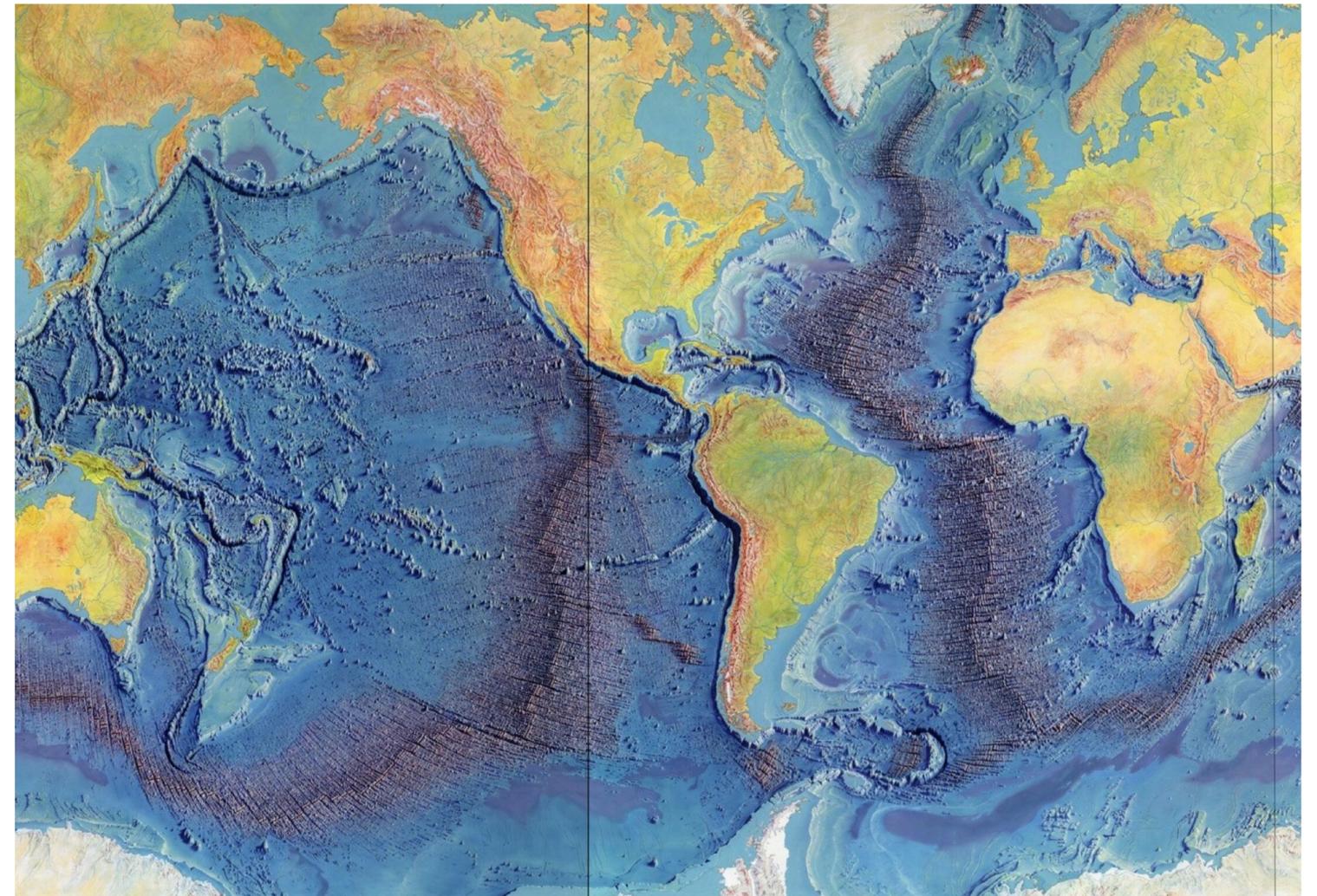
[Hess, 1962](#)

La Teoria della Tettonica delle Placche

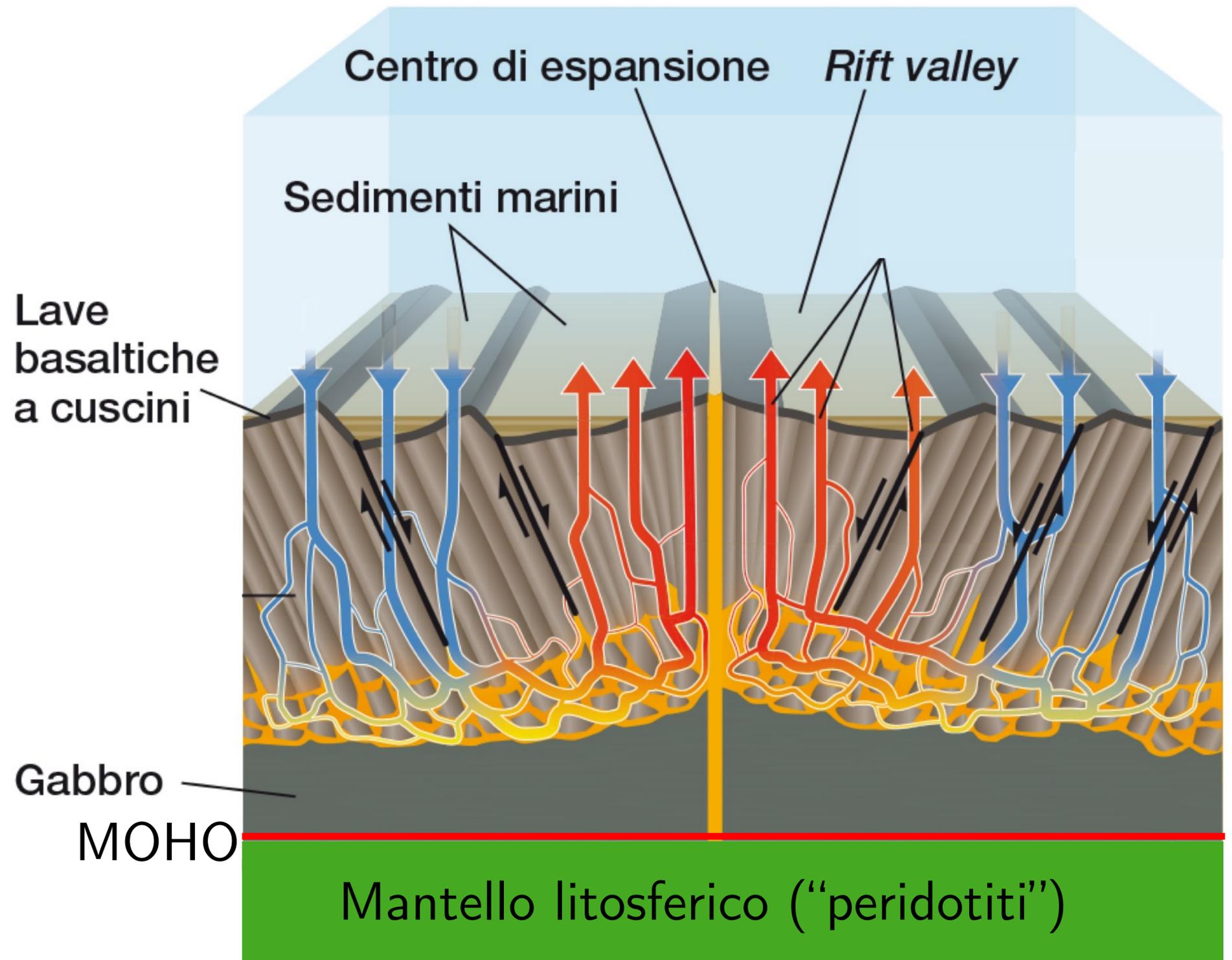
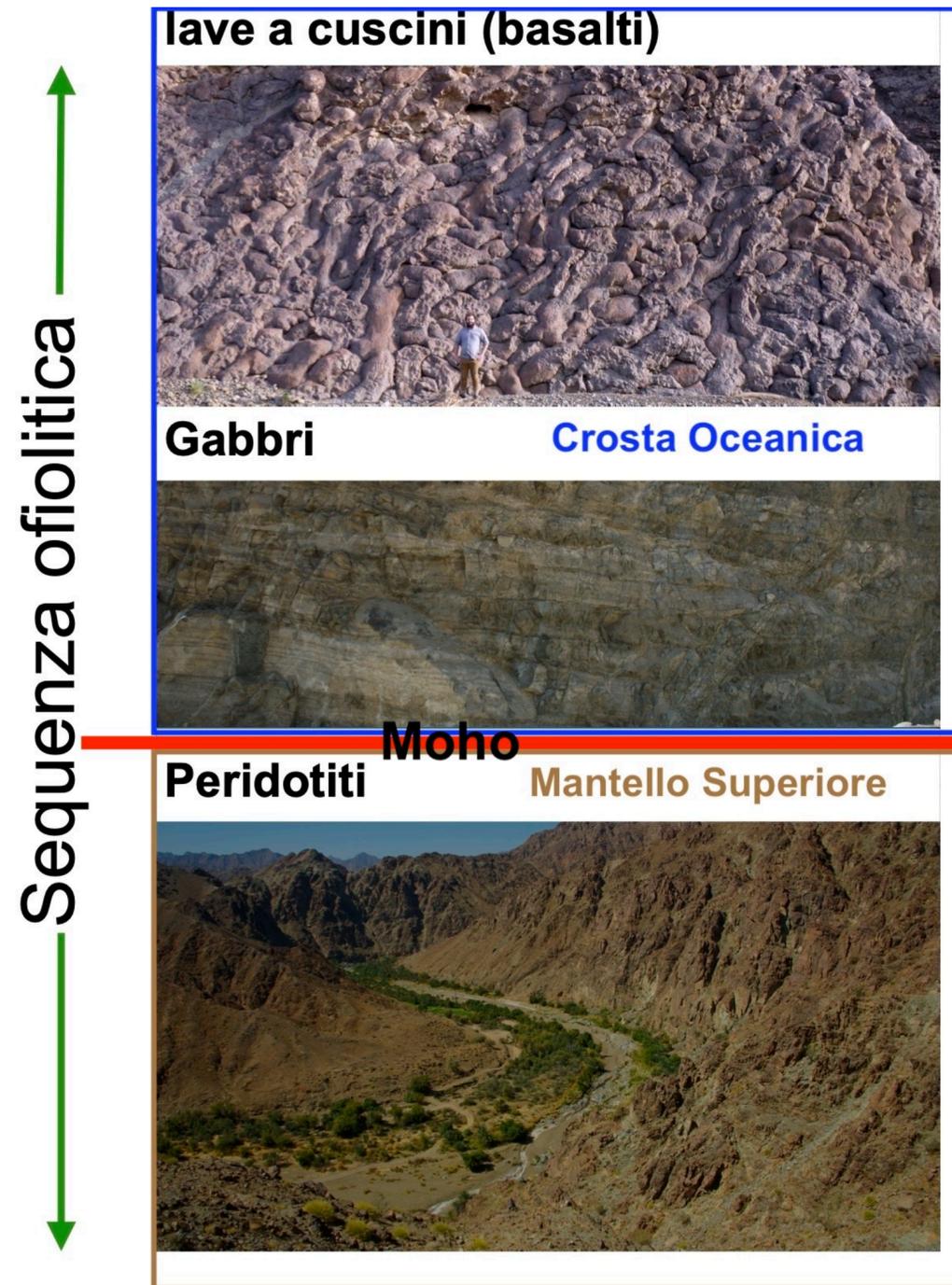
- La lunghezza mondiale delle dorsali oceaniche è di $\sim 65,000$ km.
- La profondità media del mare sopra le creste è di ~ 2500 m
- Le dorsali si possono trovare anche al di sopra del livello del mare (Islanda).

Le dorsali oceaniche sono di 3 tipi:

1. lente (O. Atlantico 20 mm/a)
2. intermedie (O. Indiano $30-50$ mm/a)
3. veloci (O. Pacifico > 100 mm/a)

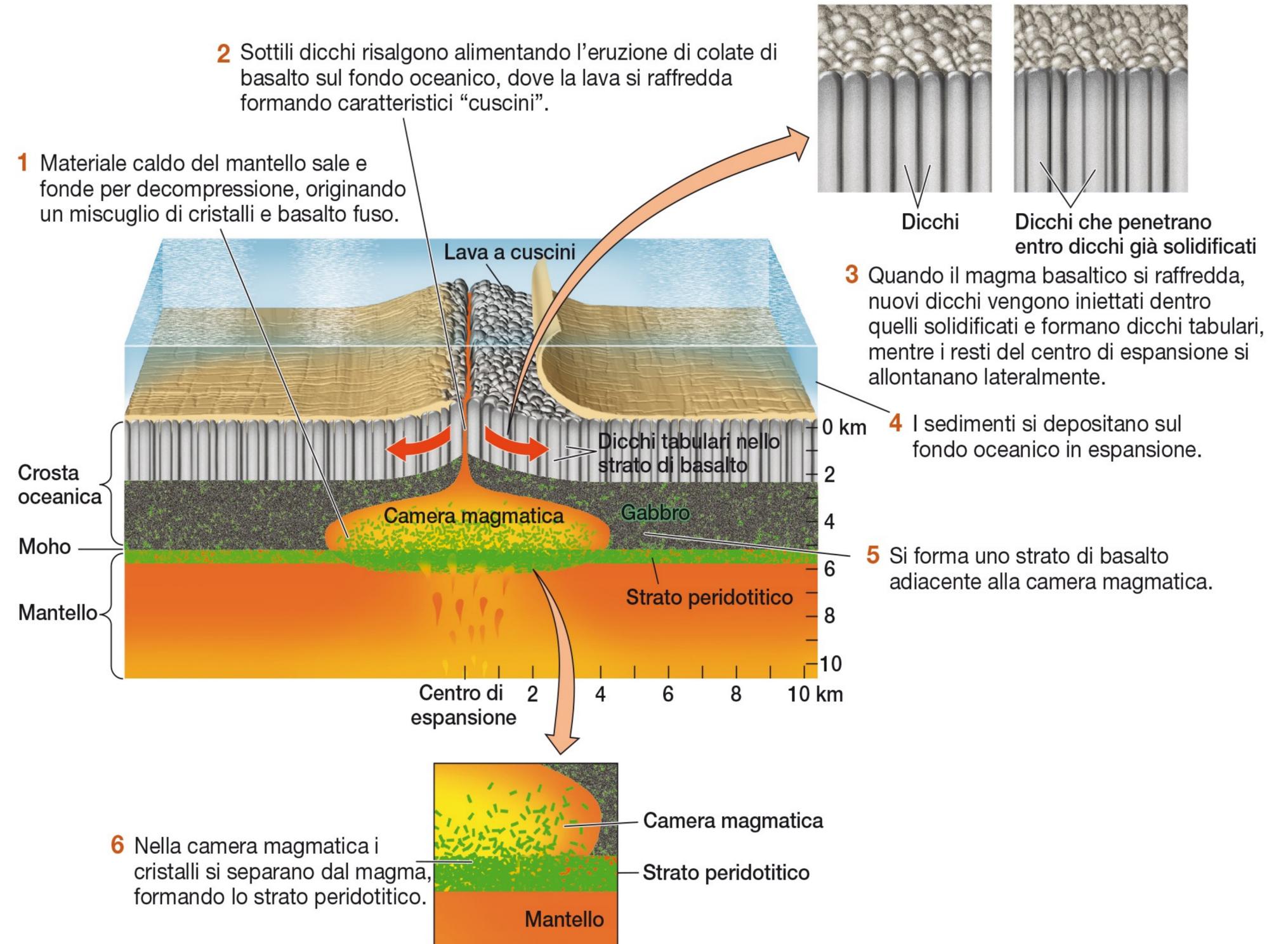
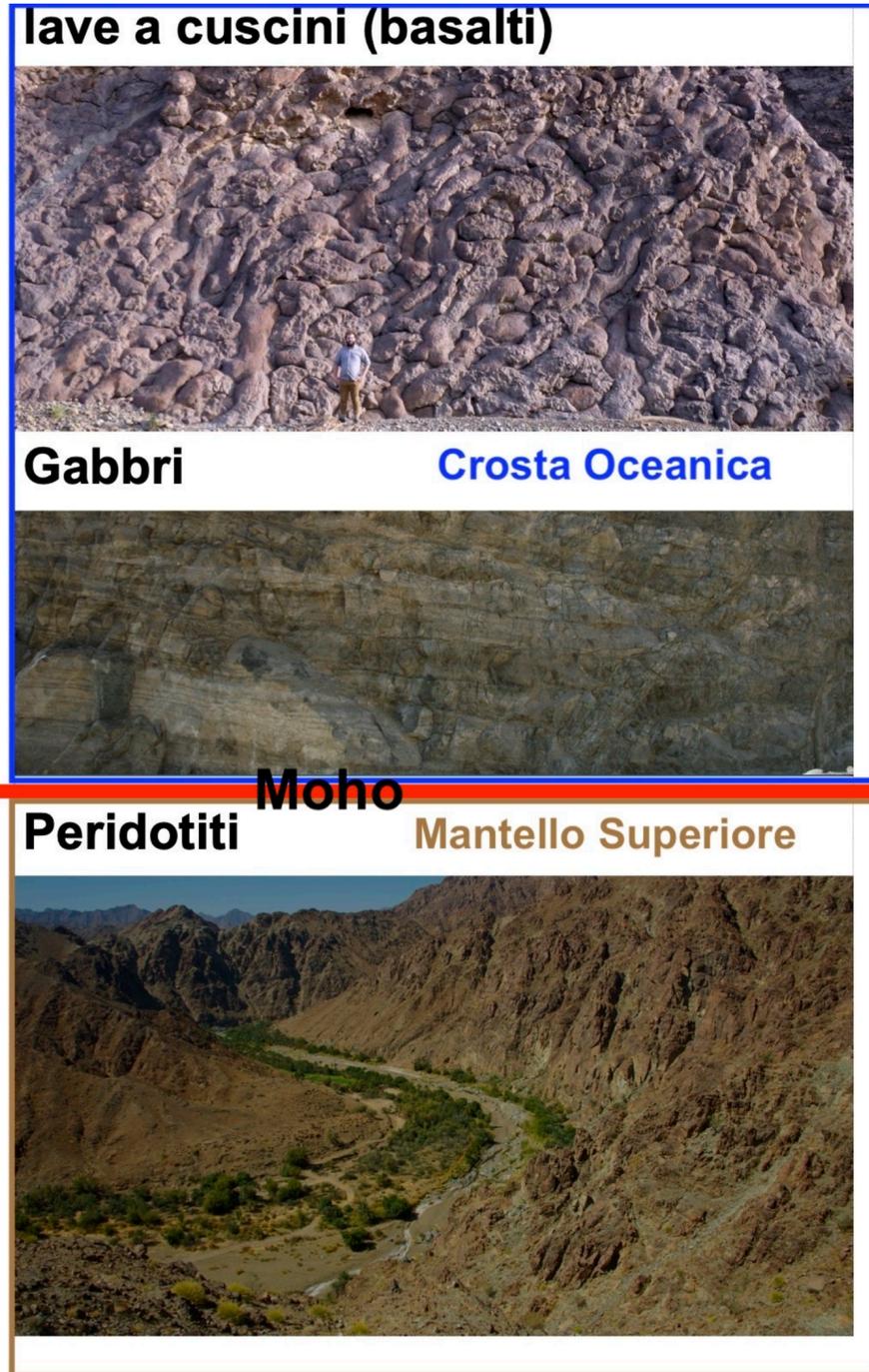


La Teoria della Tettonica delle Placche

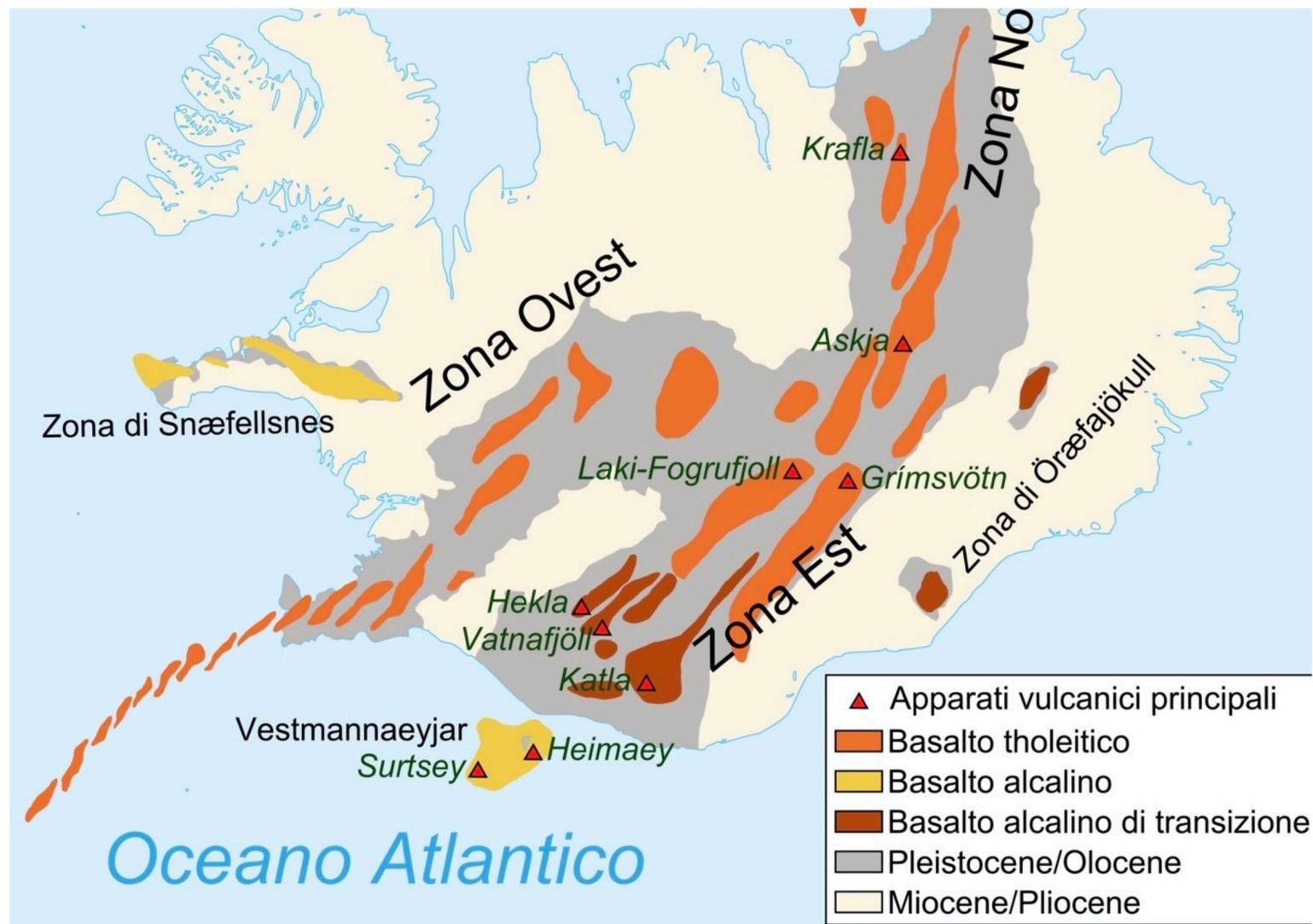


La Teoria della Tettonica delle Placche

Sequenza ofiolitica



La Teoria della Tettonica delle Placche



[Dorsale atlantica in Islanda \(Almannagjá\)](#)

La Teoria della Tettonica delle Placche



Matthews, D.H. (Geofisico UK 1931 - 1997)

Vine, F.J. Geofisico UK (1939 - 2024)

L'ipotesi di espansione delle dorsali oceaniche venne verificata nel 1963 quando due scienziati inglesi (Vine e Matthews) pubblicarono i risultati di una serie di spedizioni oceanografiche effettuate tra il 1961 e il 1963 per misurare il campo magnetico terrestre registrato all'interno delle lave fuoriuscite dalla dorsale dell'oceano Atlantico

No. 4897 **September 7, 1963**

NATURE

947

MAGNETIC ANOMALIES OVER OCEANIC RIDGES

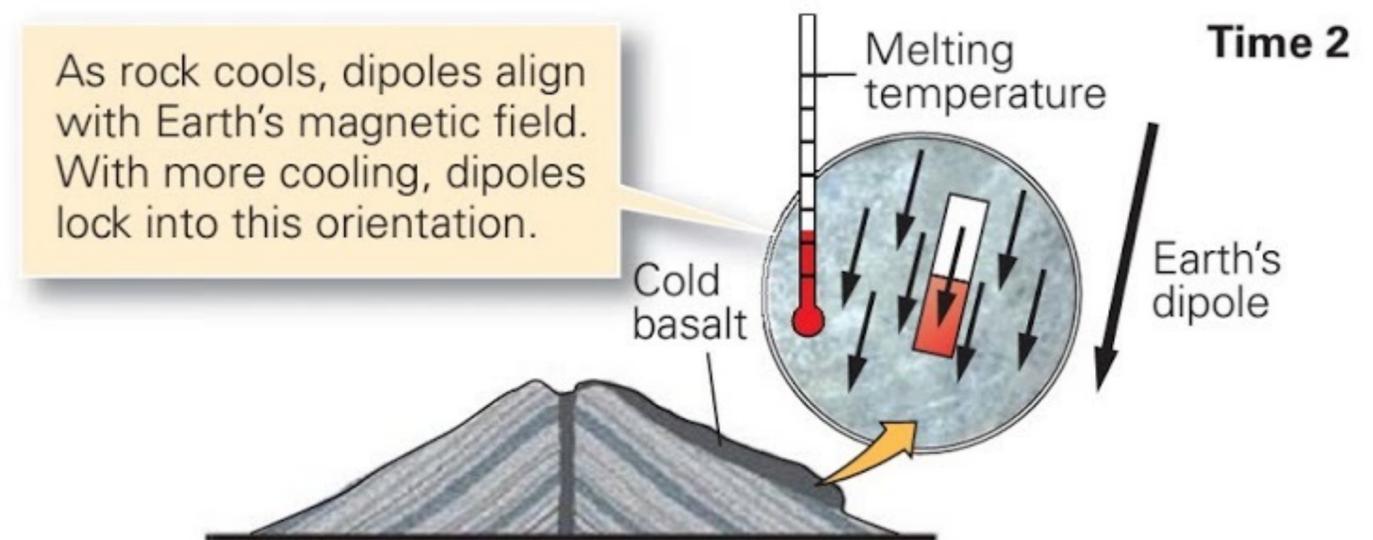
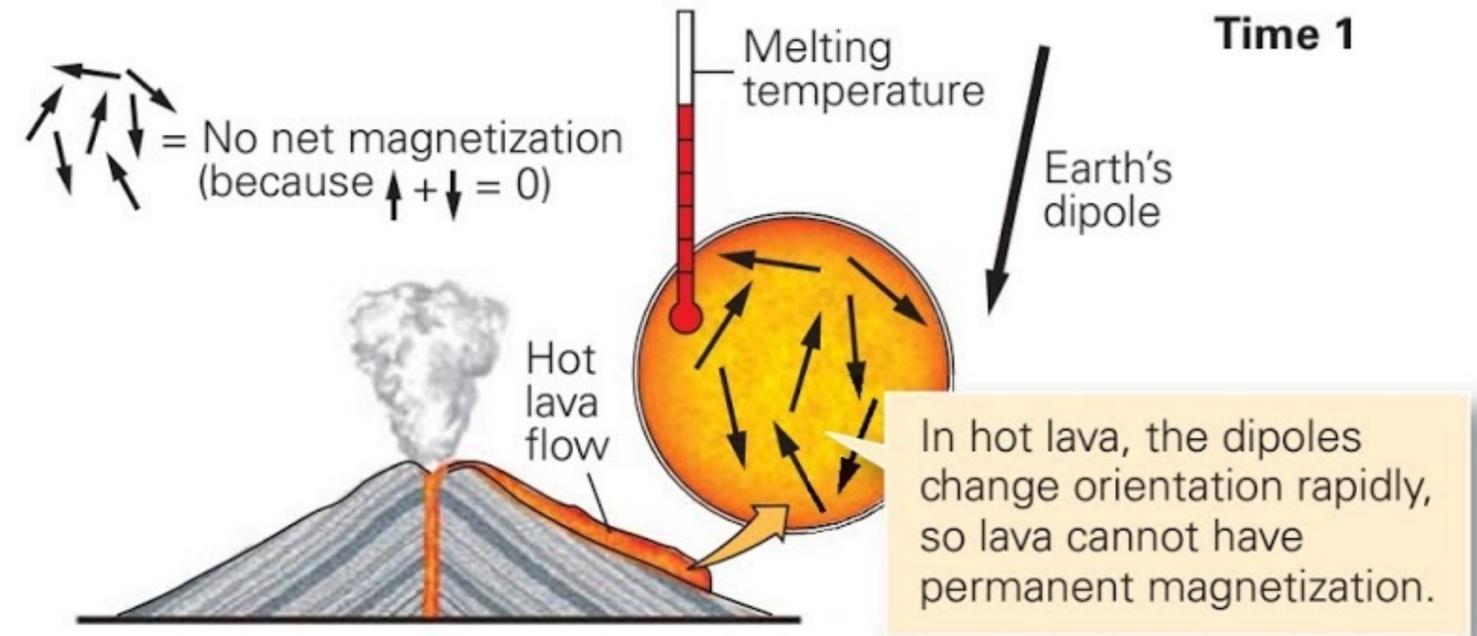
By F. J. VINE and DR. D. H. MATTHEWS

Department of Geodesy and Geophysics, University of Cambridge

[Vine and Matthews, 1963](#)

La Teoria della Tettonica delle Placche

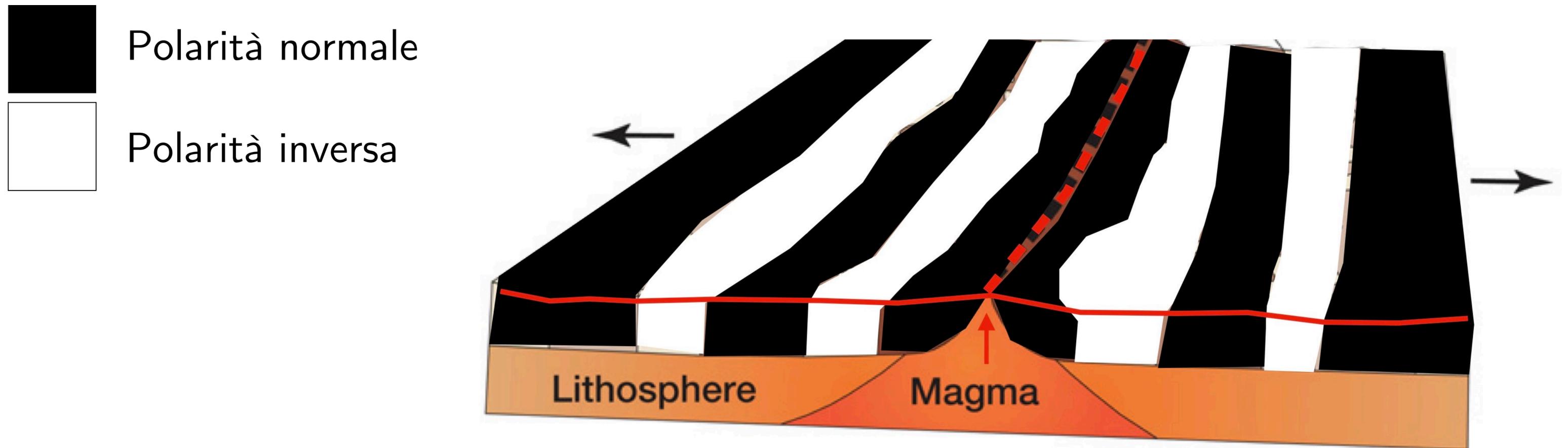
Le lave femiche contengono infatti minerali ricchi di ferro (es. magnetite – ossido di ferro Fe_3O_4) che registrano molto bene le linee di forza del campo magnetico terrestre quando si raffreddano



(b) Paleomagnetism can form when lava cools and becomes solid rock.

La Teoria della Tettonica delle Placche

I risultati delle analisi mostrarono che **parallelamente** alla cresta della dorsale vi sono delle zone con lave che hanno polarità uguale (**normale - nero**) al campo magnetico attuale e altre zone più lontane dalla cresta della dorsale con lave che hanno invece polarità **inversa (bianco)** cioè che hanno registrato un campo magnetico terrestre orientato esattamente al contrario di quello attuale.



La Teoria della Tettonica delle Placche

Ma questo cosa significava?

La Teoria della Tettonica delle Placche

Facciamo un passo indietro e andiamo nel 1905

Un geofisico francese (Brunhes) stava misurando il campo magnetico di alcuni minerali di ferro che si trovavano all'interno di lave vulcaniche basaltiche.

Brunhes conosceva l'età di queste lave ($\sim 10^6$ Ma).

Si accorse che i risultati delle sue misure mostravano una magnetizzazione con le linee di flusso con verso opposto rispetto a quelle del campo magnetico attuale e dedusse correttamente che, al momento della formazione delle lave, il campo magnetico era invertito rispetto all'attuale

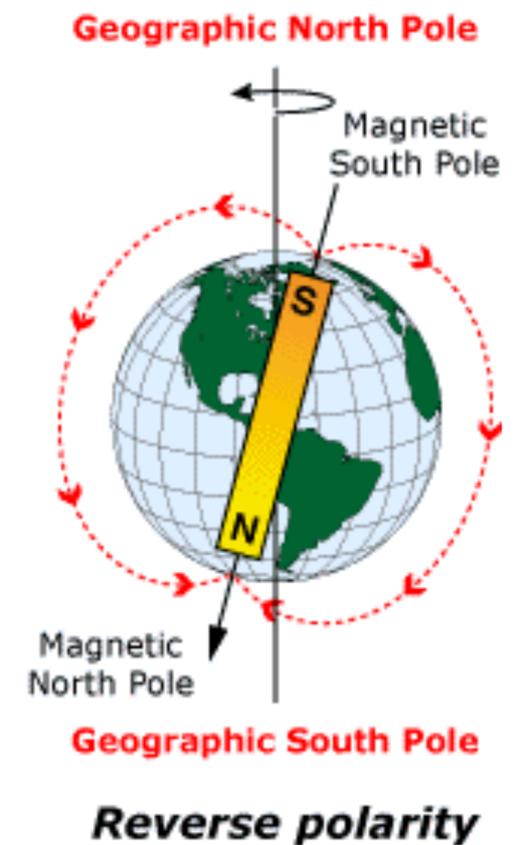
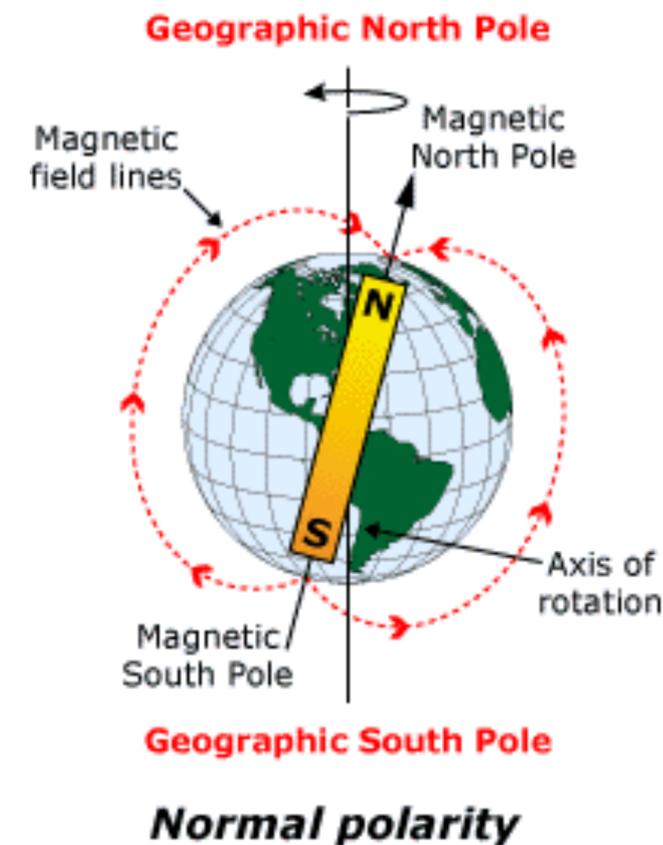


Bernard Brunhes
(1867–1910),

La Teoria della Tettonica delle Placche

Infatti, una caratteristica fondamentale del nostro campo magnetico è che NON è fisso ma inverte la sua polarità nel tempo

- Il polo nord magnetico subisce frequenti ribaltamenti al polo sud, producendo inversioni del dipolo magnetico.
- Queste inversioni non hanno una ciclicità regolare, e possono durare da alcune centinaia di migliaia ad alcuni milioni di anni.
- Il periodo in cui l'inversione si mette in atto si ritiene duri invece poche migliaia di anni o meno.



La Teoria della Tettonica delle Placche

Questa era la prova che Hess stava cercando per la sua ipotesi.

La lava fuoriesce dalla dorsale e via via si allontana dal centro dalla
cresta

Campo magnetico dorsale oceanica