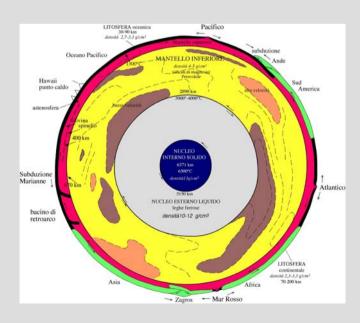
# La Terra

è un macrosistema non in equilibrio, dominato sin dalle origini da ciclici trasferimenti di materia e di energia. Le <u>eruzioni vulcaniche e i terremoti ne sono la prova più palese.</u> Vi sono tuttavia altre manifestazioni della dinamica terrestre non percettibili con pari immediatezza, poiché la loro evoluzione è così lenta da impedire l'osservazione diretta del fenomeno naturale: si tratta di processi geotermici, deformativi (tettonici) e litogenetici la cui cinetica è scandita dal tempo geologico, misurabile in milioni di anni (Ma), processi che le Scienze geologiche (Scienze delle Terra) possono ricostruire ed interpretare in modo unitario con la teoria della <u>Tettonica delle Placche</u> (Plate Tectonic), concepita negli anni '60.

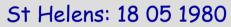




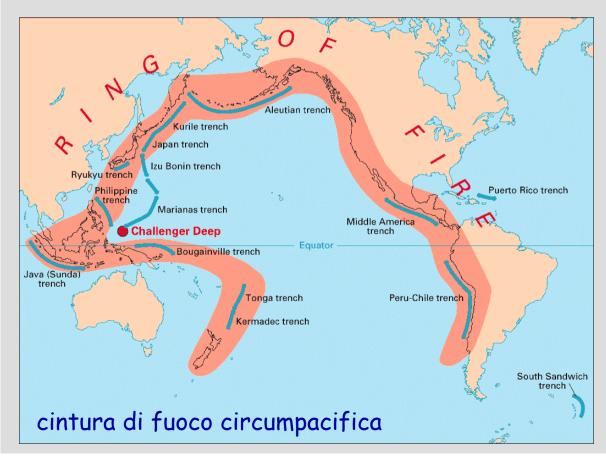








(USGS: Servizio Geologico Americano)



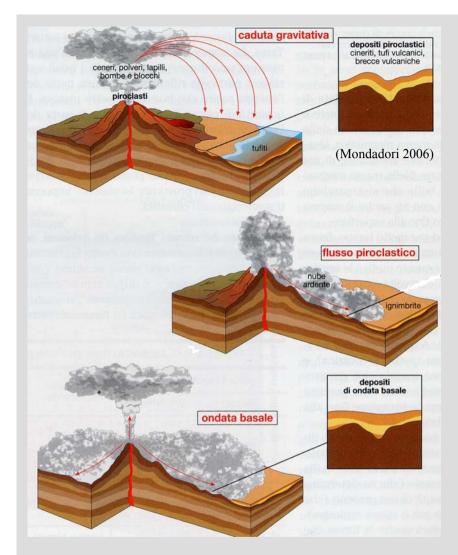


# **VULCANI**

sottomarini >>> subaerei

il Vulcano di Velasquez





#### ORIGINE : fusione parziale (FP) di

- mantello astenosferico (1)
- mantello litosferico (1)
- crosta oceanica (2)
- crosta continentale: anatessi (1)

# MAGMATISMO

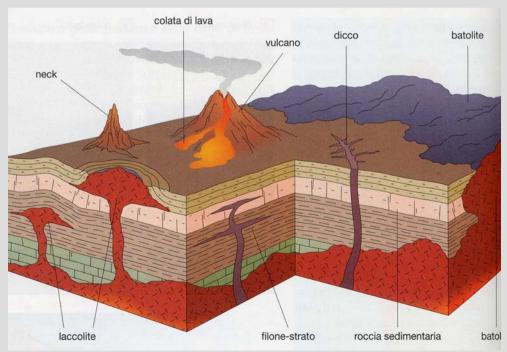
- (1) Attività effusiva vulcanica sottomarina > subaerea
- (2) Attività intrusiva plutonica cristallizzazione entro la crosta

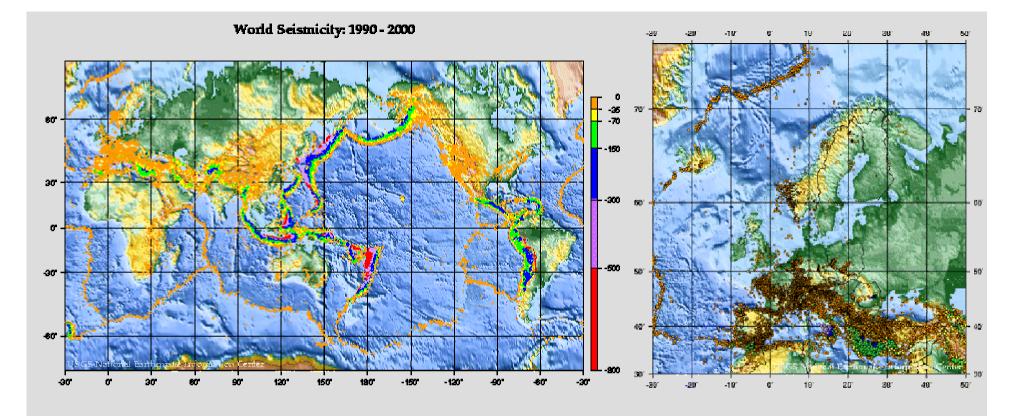
MAGMI (contenuto in silice 72-48 %)

1) acidi : rioliti - graniti

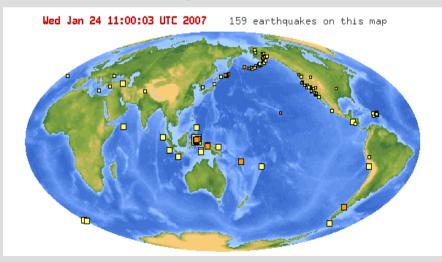
2) intermedi: andesiti - tonaliti

3) basici : *basalti - gabbri* 





## Terremoti 18-24 gennaio 2007 (USGS): 1 settimana



# Sismicità

anche i terremoti sono concentrati lungo cinture ben definite, di norma coincidenti con quelle vulcaniche

# Deformazioni fragili (brittle) - sismogenetiche

deformazione elastica → rottura improvvisa + sismicità

FRATTURE: vie di risalita dei magmi

FAGLIA: frattura con spostamento (rigetto)

faglie normali (distensive)

faglie inverse (compressive)

faglie trascorrenti (rigetto orizzontale), destre o sinistre

faglie transtensive e transpressive

LINEE TETTONICHE: grandi faglie (se attive, misurabili con GPS)

# Deformazioni duttili (viscoso-plastiche) - asismiche

deformazione di materiale plastico (roccia stratificata) o di materiale rigido (elastico) divenuto plastico in profondità (metamorfismo; aumento P-T, granito → gneiss granitico)

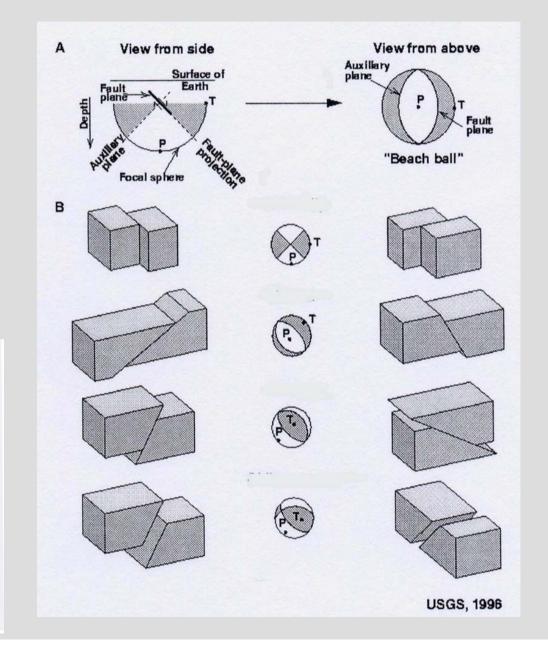
- pieghe
- · zone di taglio milonitico
- lento scorrimento, deformazione per flusso plastico (creep)

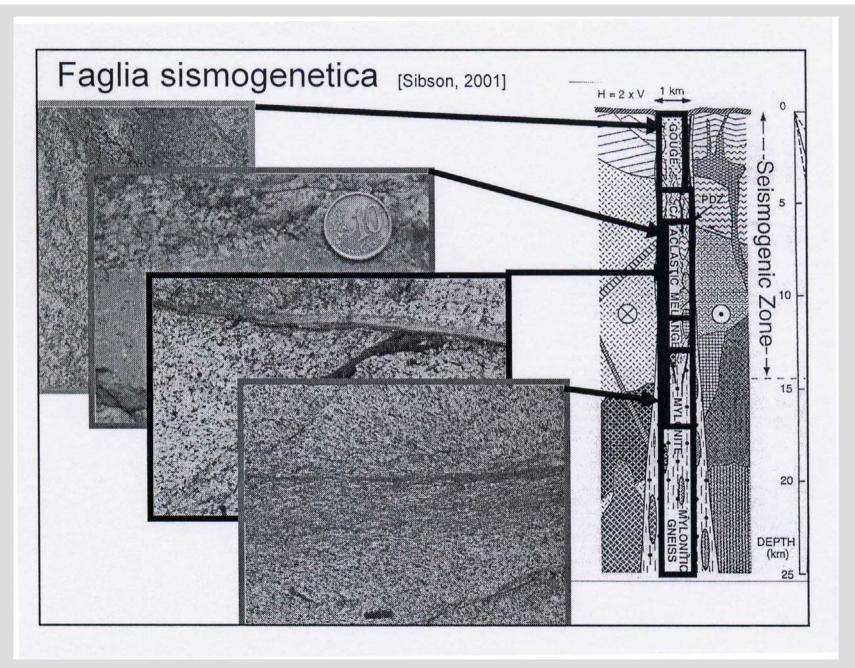
Transizione fragile/duttile: ~ 10 km (in crosta continentale ricca in quarzo)

# faglia diretta letto faglia inversa b tetto faglia trascorrente C

# 

# faglie e meccanismi focali





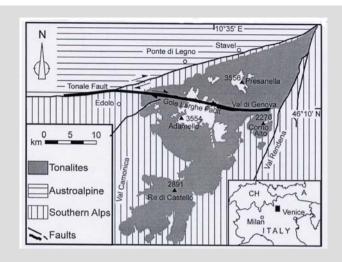
Caratteri della zona di faglia, con gouge, cataclasiti e miloniti (Sibson, 2001)

# PALEOFAGLIE SISMOGENETICHE con pseudotachiliti - prodotti di fusione per frizione nella zona di faglia

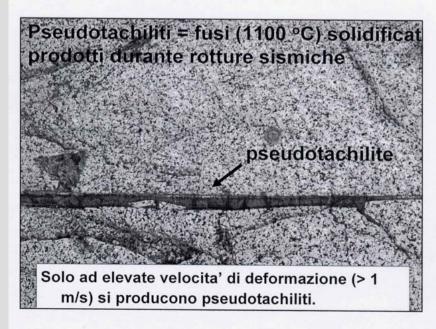
messe in luce grazie al sollevamento e all'erosione della catena

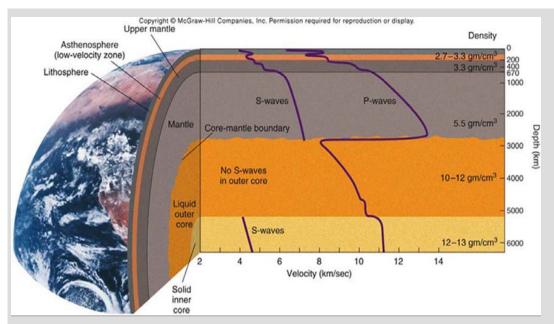
Paleofaglia normale e pseudotachiliti in gneiss granitici della Serie di Arolla, Austroalpino, Val d'Aosta (Dal Piaz, 2003)





Pseudotachiliti di 29 Ma nelle tonaliti dell'Adamello lungo la Linea delle Gole Larghe (Pennacchioni, Di Toro et al., 2005)





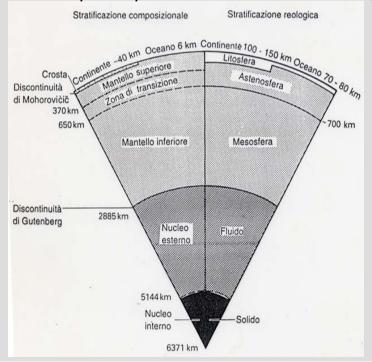
#### STRUTTURA INTERNA DELLA TERRA

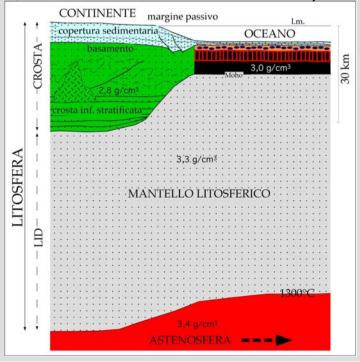
in base alla propagazione delle onde sismiche P-S

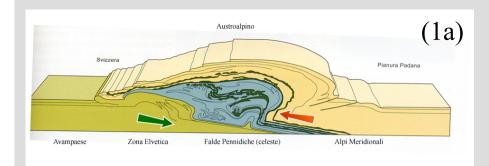
LITOSFERA (RIGIDA)
oceanica e continentale

CANALE ASTENOSFERICO
Low Velocity Layer (LVL -Vs)

Litosfera: involucro esterno rigido della Terra. Scorre sulla Astenosfera che è un mantello peridotitico "soffice" per la presenza di fuso basaltico (1-25%) a cui è dovuta la diminuzione di Vp.



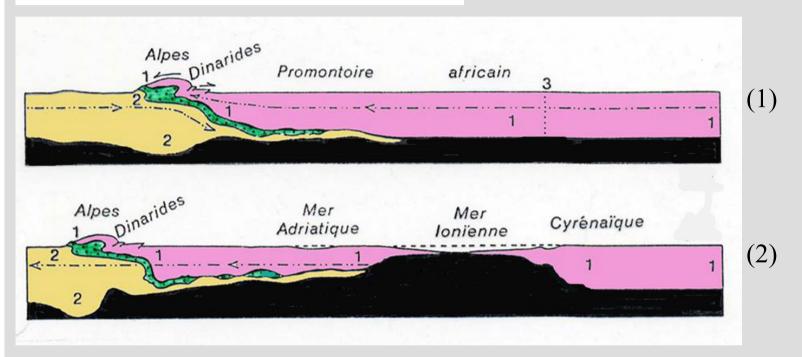




# CONCEZIONI MOBILISTE

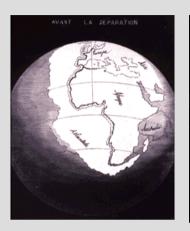
Teoria delle Falde

Argand (1909-1924: collisione continentale ed estensione postcollisionale



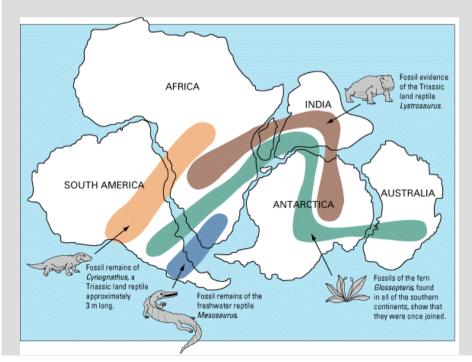
- (1) Fase collisionale con ispessimento crostale (Oligocene): Promontorio Africano (rosa), Continente Europeo (giallo) e Zona Pennidica (verde), sottile zona mobile costituita (1a) da una pila di falde (blu) e da unità ofiolitiche (nero).
- (2) Successiva fase distensiva (Neogene): assottigliamento crostale ed apertura del Mar Ionio con denudazione tettonica del "substrato simatico" (nero).

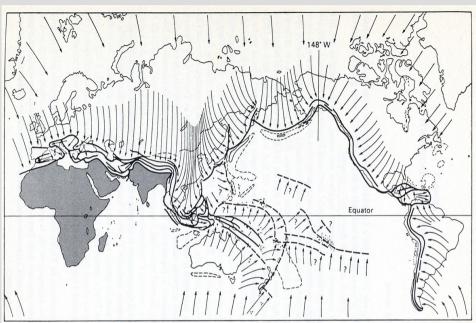
### CONCEZIONI MOBILISTE: la deriva dei continenti - continental drift





Snider-Pellegrini (1858)





Taylor F.B. (1910): catene orogeniche e continental drift (frecce)



DERIVA N-S (Taylor) vs E-W (Wegener)

Alfred Wegener (1912-15)

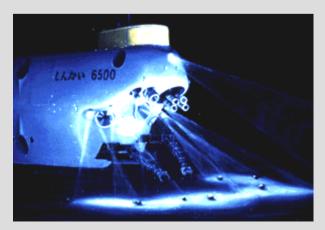
# Tettonica delle Placche - Plate Tectonics

come Venere, la Plate Tectonics è nata dal mare

(concepita da geologi e geofisici marini, 1962-68)



Schema perforazione oceanica



sottomarini Shinkai, Alvin

# esplorazione e perforazione dei fondi oceanici

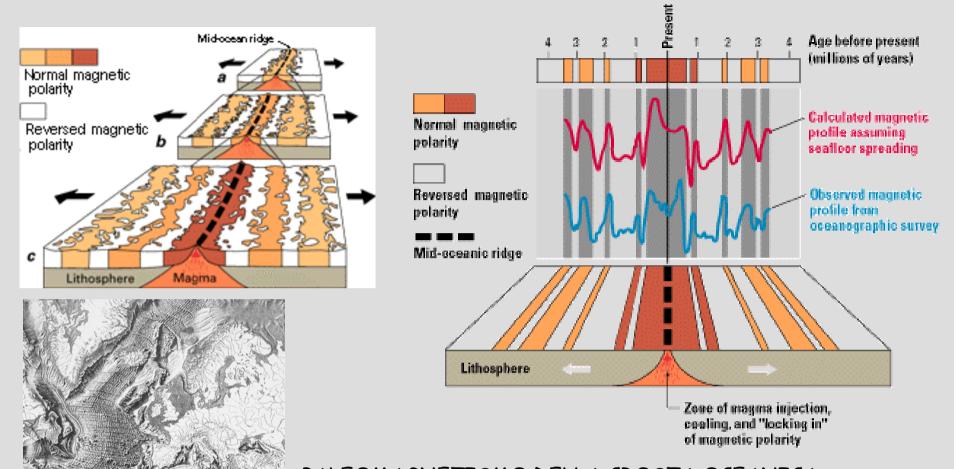
Ocean Drilling Project



Black smoker sorgente idrotermale (380°C) E-Pacifico

Glomar Challenger





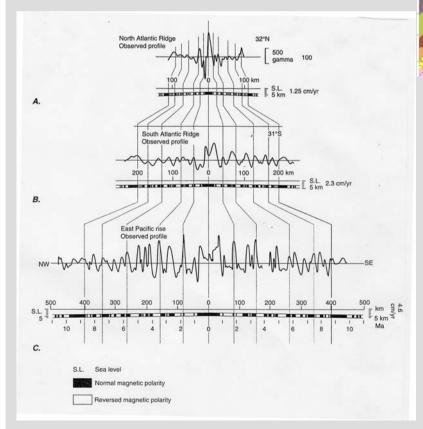
PALEOMAGNETISMO DELLA CROSTA OCEANICA (basalti e sedimenti) - Le scoperte decisive:

- distribuzione simmetrica delle anomalie magnetiche rispetto alla dorsale medio-oceanica
- l'età della crosta oceanica cresce progressivamente spostandosi dalle dorsali verso i margini continentali
- → espansione fondi oceanici ocean spreading

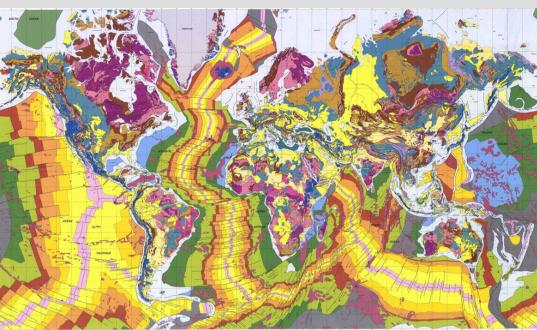
#### LITOSFERA OCEANICA

## Velocità di espansione cm/anno

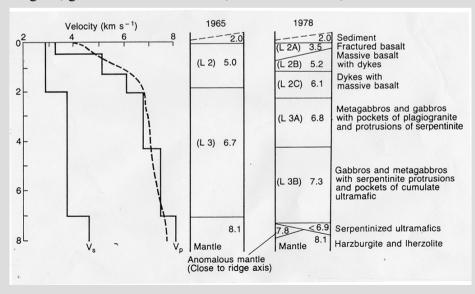
- A) Atlantico settentrionale 1.25
- B) Atlanticomeridionale 2.30
- C) Pacifico orientale 4.6



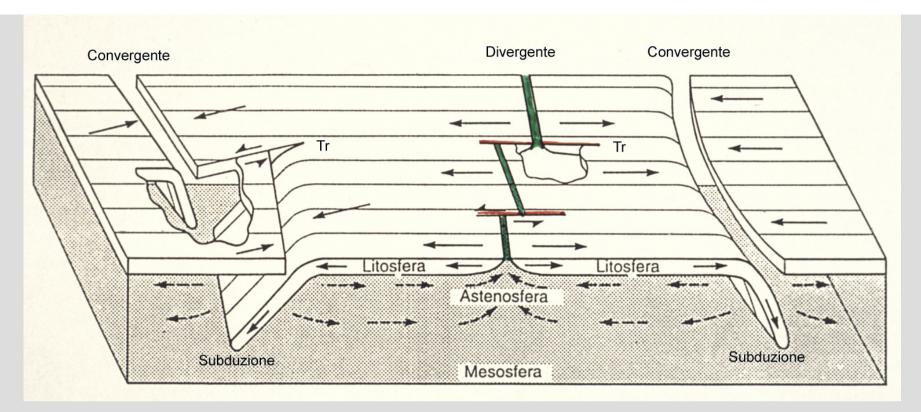
#### Età della crosta oceanica



Rosa: Neogene; giallo-arancio: Terziario; verde: Cretacico; celeste: Giurassico



Crosta oceanica: stratificazione sismica e litologica



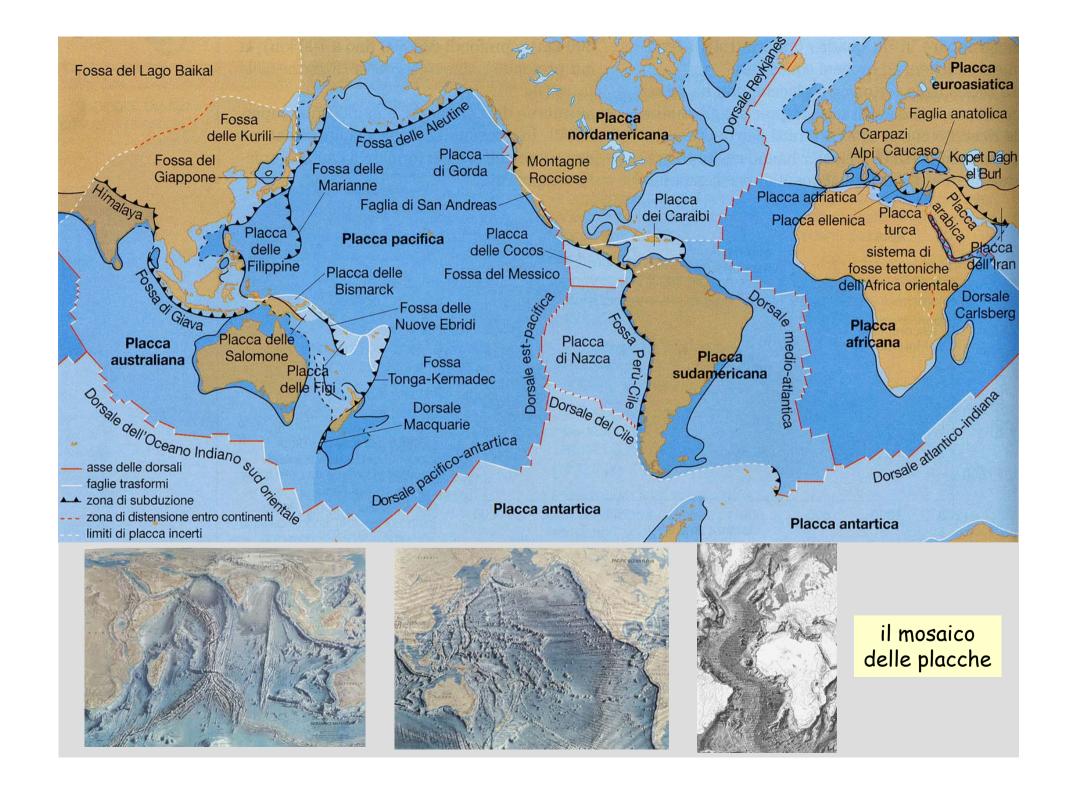
Dorsali, fosse oceaniche e sismicità (piano di Benioff-Wadati) formano una rete continua di strutture lineari che delimitano estesi frammenti di litosfera rigida (placche) in scorrimento lento sul canale astenosferico.

Margini: divergenti (costruttivi), convergenti (distruttivi), trascorrenti (Tr)









# Magmatismo e Sismicità

sono (ed erano) in gran prevalenza concentrati lungo i margini delle placche di cui sono una delle principali evidenze minori manifestazioni al loro interno - intraplacca

<u>Margini divergenti</u>: magmatismo basaltico in ambiente oceanico (MORB, FP astenosfera), bimodale nei rift continetali; sismicità superficiale in ambiente oceanico (moderata) e di rift continentale (moderata-forte, Rift Est-Africano, Graben del Reno)

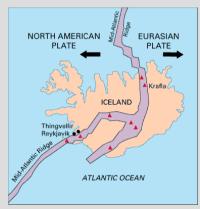
Margini trascorrenti: no magmatismo, sismicità estremamente forte (California ecc.)

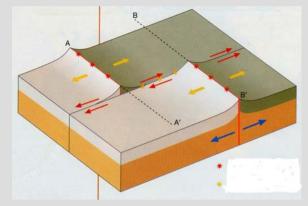
<u>Margini convergenti</u>: magmatismo andesitico (FP di crosta oceanica e lid anomalizzato), sismicità fortissima, da superficiale a profonda (700 km), 95% dell'energia sismica; catene collisionali: magmatismo calc-alcalino, sismicità fortissima (tettonica compressiva, distensiva, trascorrente)

Intraplacca: magmatismo basaltico isole oceaniche (hot spots)

# Juan de Fuca Ridge Southeast Indian Ridge Southeast Indian Ridge

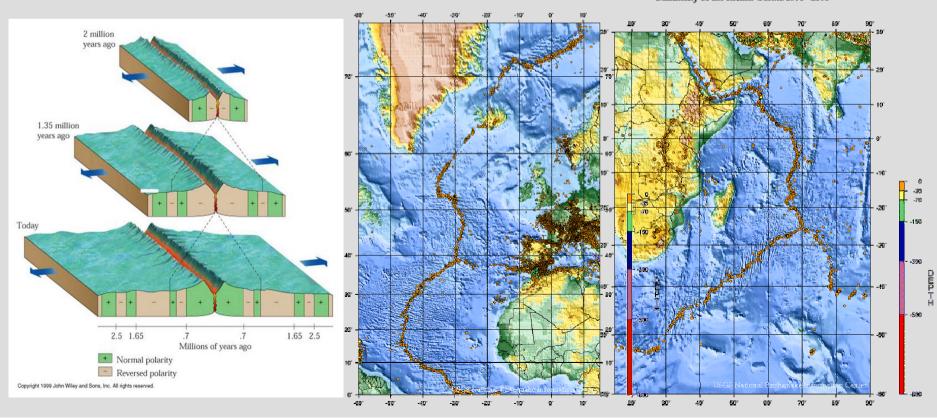
# MARGINI DIVERGENTI





Seismicity of the North Atlantic Ocean: 1975 - 1995

Seismicity of the Indian Ocean: 1990 - 2000



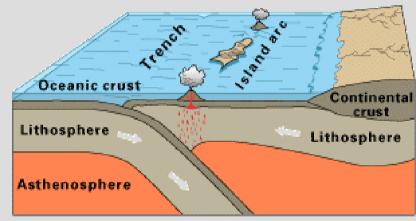
# Oceanic crust Continental crust Lithosphere Asthenosphere

#### MARGINI CONVERGENTI

struttura asimmetrica: placca inferiore (in subduzione) 15-75° e placca superiore

TIPO PACIFICO ORIENTALE

Oceanic-continental convergence

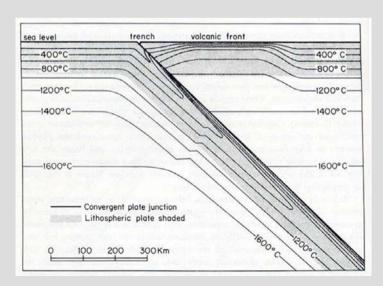


Oceanic-oceanic convergence

TIPO PACIFICO OCCIDENTALE

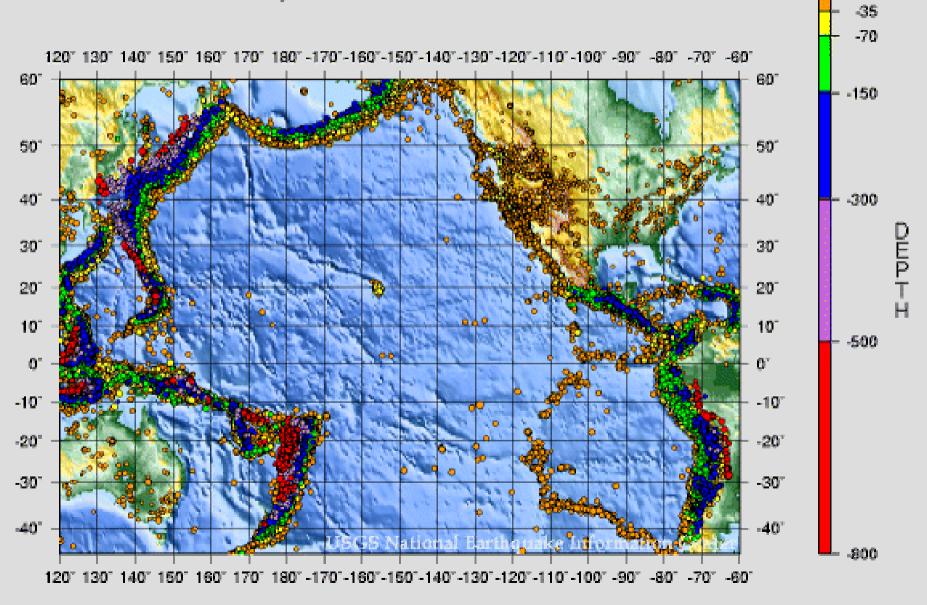
> Depressione delle isoterme prodotta dalla subduzione di litosfera oceanica fredda (5-7°C/km)

#### MODELLO TERMICO



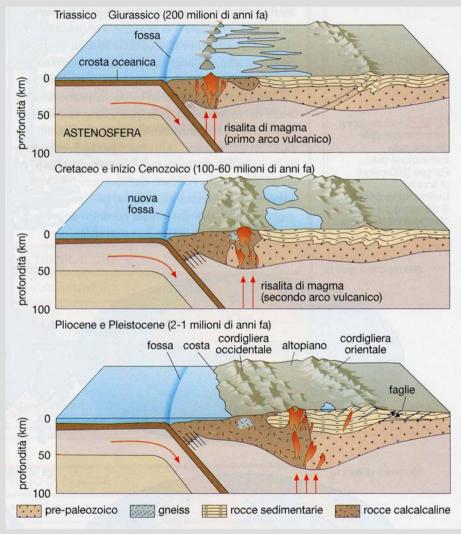
(USGS)

### Seismicity of the Pacific Rim: 1990 - 2000

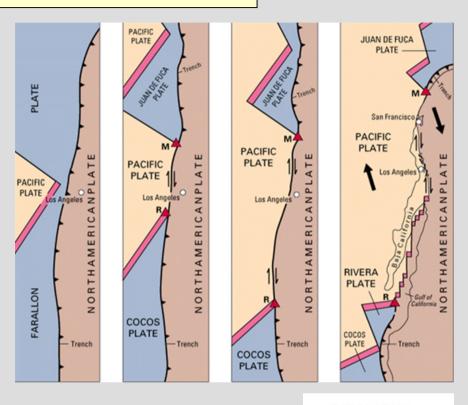


#### EVOLUZIONE CINEMATICA

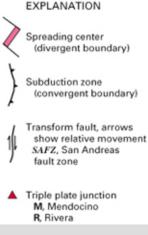
#### margine convergente oceano\continente americano



La catena delle Ande Notare la migrazione dell'arco magmatico verso est

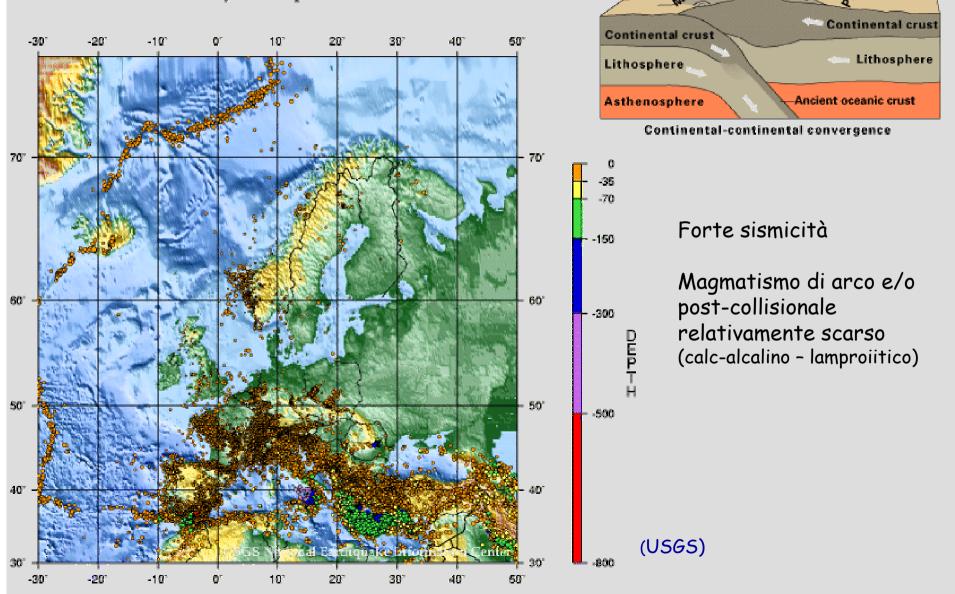


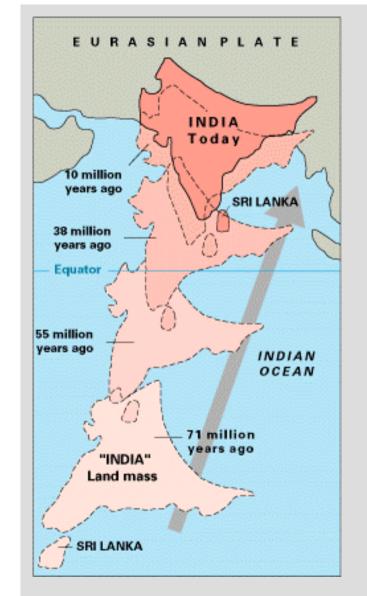
Subduzione obliqua di placche oceaniche sotto il margine attivo N-Americano



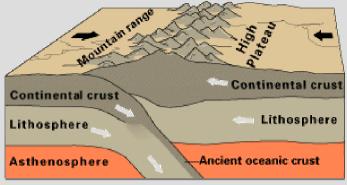
# MARGINI COLLISIONALI continente - continente

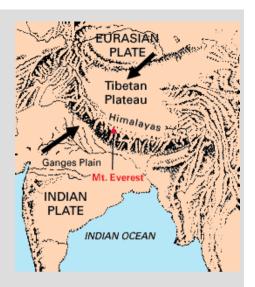
Seismicity of Europe: 1990 - 2000



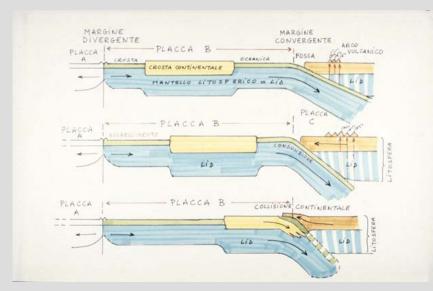


# Himalaya





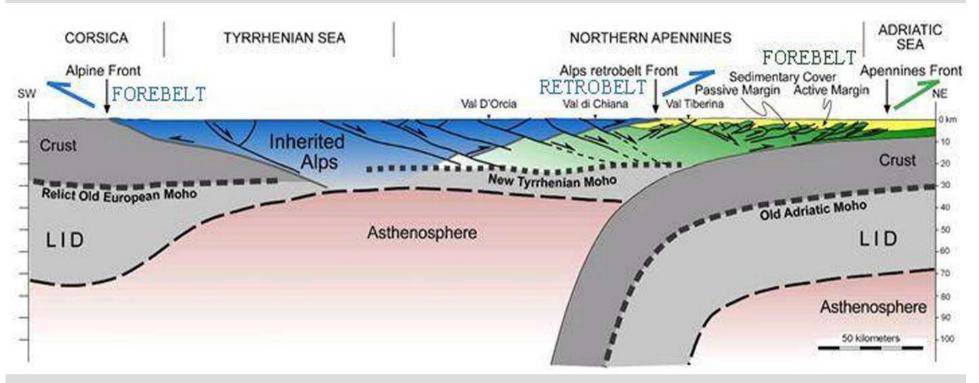
Continental-continental convergence

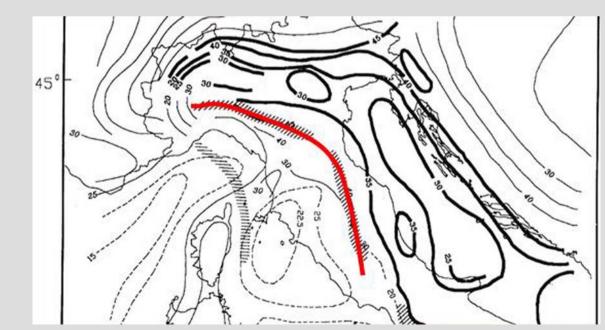


Schema della evoluzione cinematica: notare il ruolo passivo del continente all'interno della placca

Himalaya: catena di collisione tra il continente euroasiatico (placca superiore) e il continente indiano, appartenente a una placca che conteneva un continente, si accresceva a sud e si consumava in subduzione a nord; la collisione è iniziata nell'Eocene (~ 45 Ma).

Idem nelle Alpi, ma con l'Africa (Adria) che monta sull'Europa dopo la consunzione della Tetide.



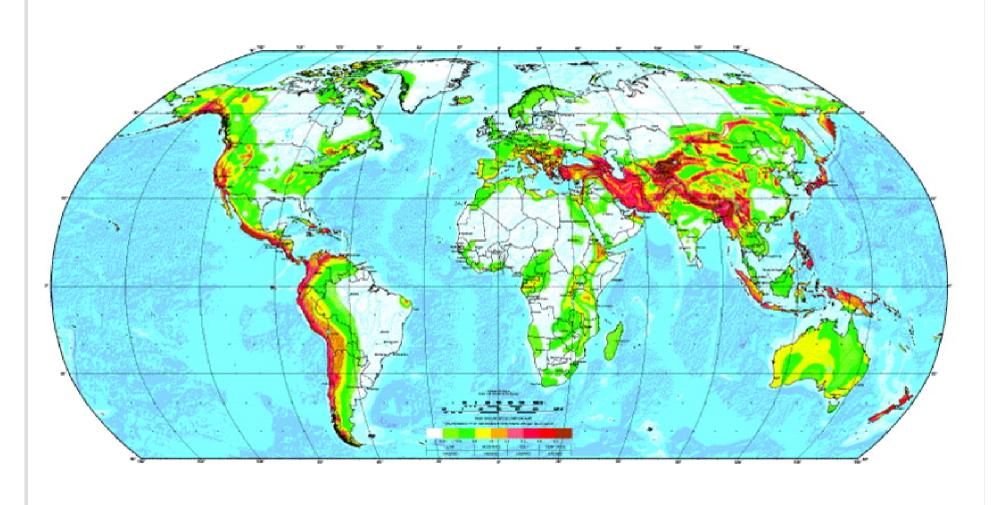


# Appennini

una catena post-collisionale (Doglioni, 2005)

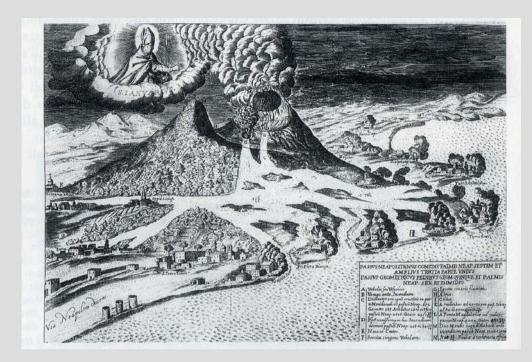
Isobate della Moho In Italia centro-settentrionale (Morelli, 1999)

#### GLOBAL SEISMIC HAZARD MAP





Tramonto in Valle d'Aosta



Carafa (1632): eruzione del 1631 colate piroclastiche dal gran cono, poi distrutto

... in caso di bisogno, provvederà la Sirena di Spinacorona a fronteggioare gli incenti del vulcano "Dum Vesuvii Syren incendia mulcet"

# Vesuvio

### Fontana di Spinacorona (~1139)



# GEOLOGIA

valutazione critica integrazione interpretazione sintetica di tutti i dati disponibili

- 1 Cartografia geologica
- 2 Telerilevamento
- 3 **GPS**
- 4 Analisi strutturale
- 5 Tettonica
- 6 Stratigrafia
- 7 Petrologia
- 8 Geochimica
- 9 Vulcanologia
- 10 Geocronologia
- 11 Geofisica
- 12 Geodinamica
- 13 Meccanica, Reologia

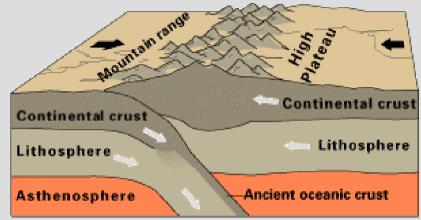


Tramonto in Val d'Aosta

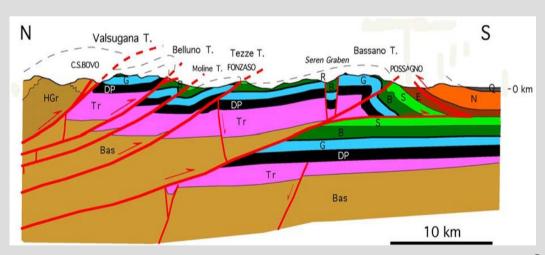
Plate Tectonics New Global Tectonics Tettonica delle Placche (NO zolle)

#### Tipo Alpino-Himalaiano

### MARGINI CONVERGENTI COLLISIONALI le Alpi



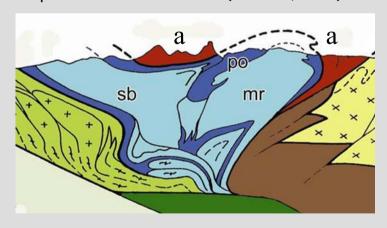
Continental-continental convergence (USGS)



Alpi Meridionali Venete - Sistema di pieghe e faglie inverse a basso angolo (thrust) vergenti verso la Pianura Padana (Doglioni, 2005).



Sezione crostale delle Alpi NW Esperimento CROP-ECORS (Dal Piaz, 1998)



Sutura collisionale dal margine passivo europeo (mr: Monte Rosa, Punta Dufour, in primo piano) al margine africano (a: Cervino), attraverso le ofioliti del Breithorn (po)

# CONVERGENZA OBLIQUA e trascorrenza



**GPS** 



(USGS)



