



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Δυναμική Γεωλογία

Ενότητα 1: Εισαγωγή στην Τεκτονική των  
Λιθοσφαιρικών Πλακών

Στυλιανός Λόζιος

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

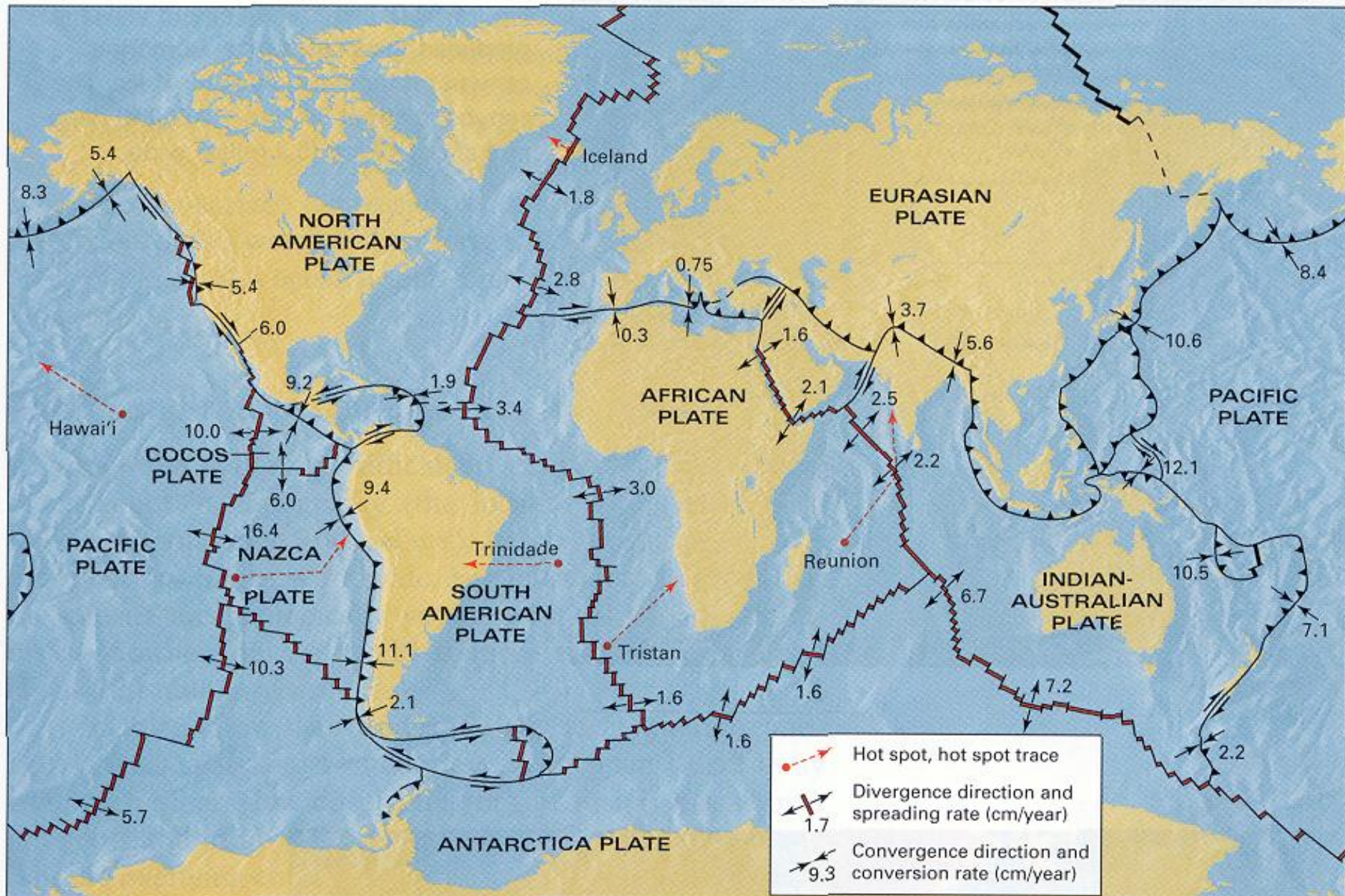


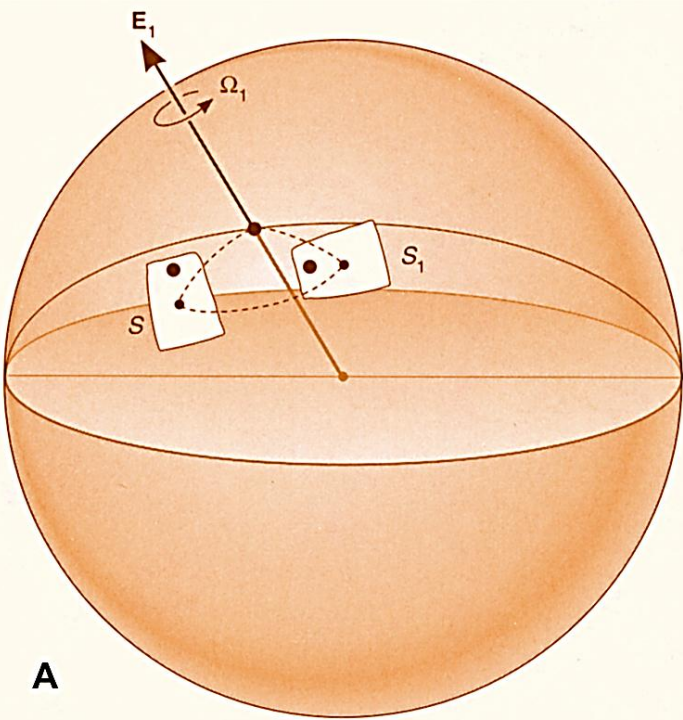
# **Εισαγωγή στην Τεκτονική των Λιθοσφαιρικών Πλακών**

# ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

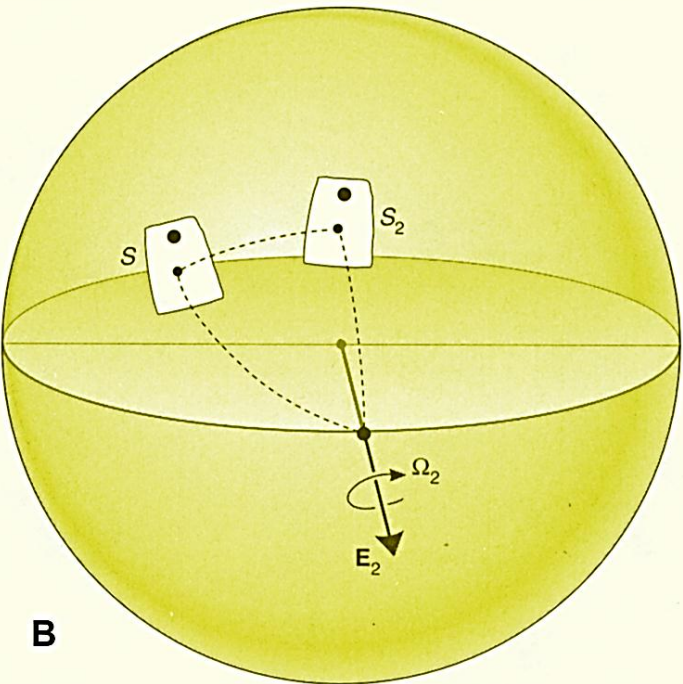
- Λιθόσφαιρα --> Λιθοσφαιρικές πλάκες. Μέσο πάχος πλακών 100 Km. Ήπειροι 150 Km & Ωκεανοί 70 Km.
- Σχετική κίνηση μεταξύ τους με: ΣΥΓΚΛΙΣΗ, ΑΠΟΚΛΙΣΗ, ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ (ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗ).
- Δημιουργία ωκεανών σε αποκλίνοντα περιθώρια και καταστροφή ωκεανών σε συγκλίνοντα περιθώρια.
- Συγκλίνοντα περιθώρια: i) υποβύθιση & ii) σύγκρουση.  
Υποβύθιση: i) ωκεάνια με ωκεάνια πλάκα (βυθίζεται η πιο παλιά, η πιο ψυχρή και με > πυκνότητα) & ii) ωκεάνια με ηπειρωτική (βυθίζεται η ωκεάνια).  
Σύγκρουση: Μεταξύ ηπειρωτικών πλακών (μετά την ολοκληρωτική υποβύθιση της ωκεάνιας πλάκας).
- Περιθώρια πλακών --> σεισμική δραστηριότητα, ηφαιστειακή δραστηριότητα, ρηγματογόνος δραστηριότητα, ορογένεση.
- Τα κεντρικά τμήματα των πλακών, από γεωλογική άποψη, είναι σταθερά, χωρίς παραμόρφωση, σε αντίθεση με τα περιθώρια.

# Οι ρυθμοί κίνησης των πλακών (GPS + Hot Spots + Magnetic Anomalies)





A



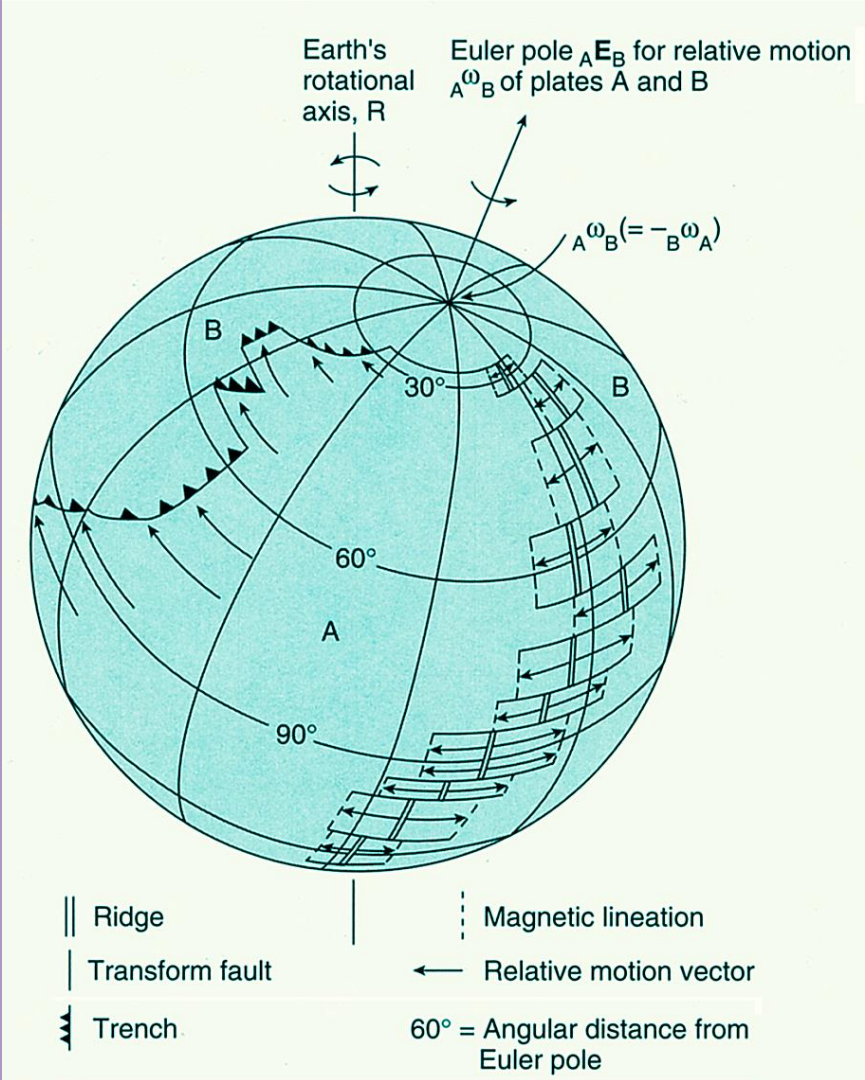
B

# Σχετική Κίνηση Πλακών σε σφαιρικό σώμα

Κίνηση μιας μικρής πλάκας σε μία σφαιρική επιφάνεια.

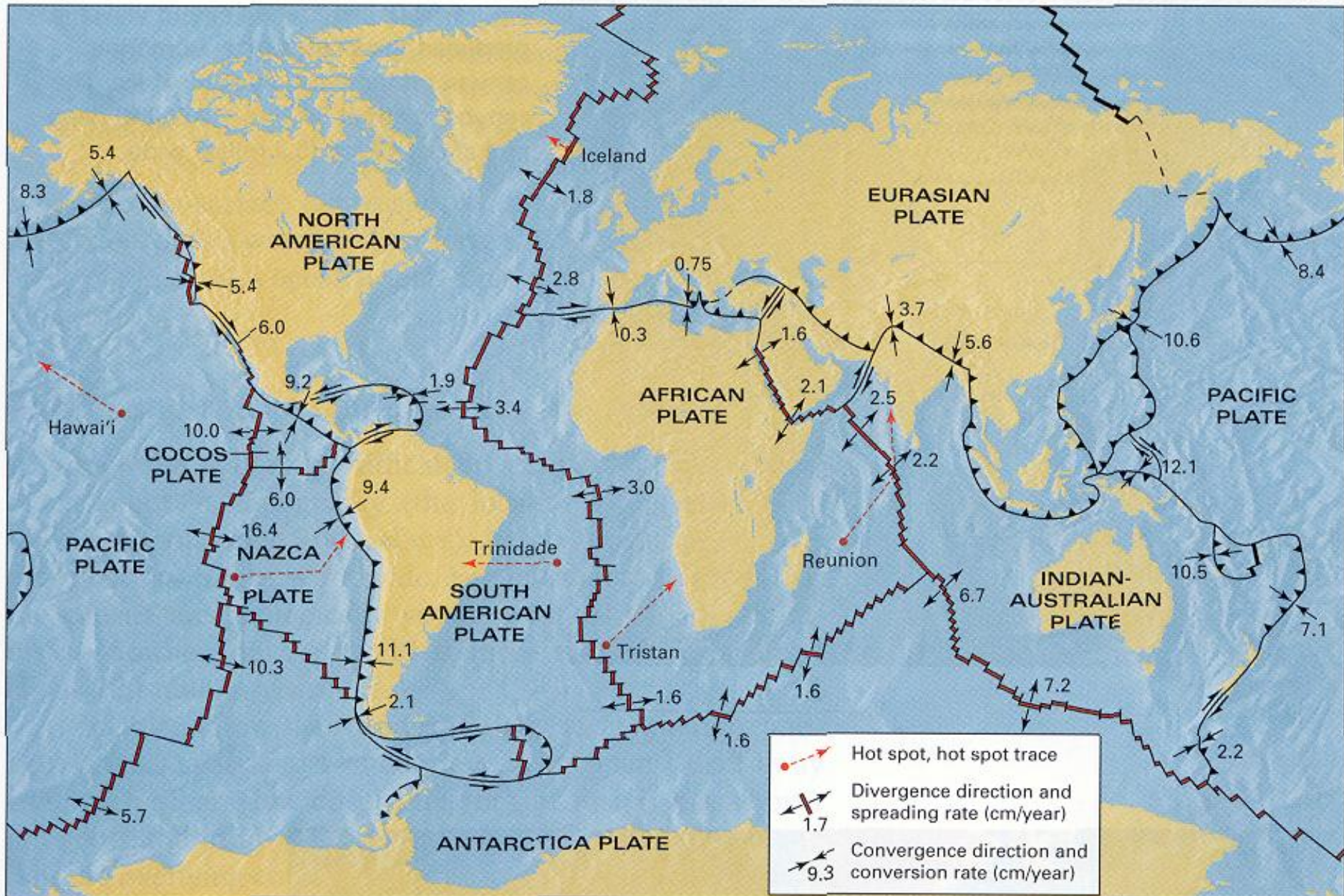
**A.** Η πλάκα μετακινείται από τη θέση  $S$  στη θέση  $S_1$ , μεταβάλλοντας τον προσανατολισμό της. Η κίνηση γίνεται με περιστροφή  $\Omega_1$  μοίρες γύρω από τον πόλο Euler  $E_1$ . Το ίχνος περιστροφής οποιοδήποτε σημείου αντιπροσωπεύει ένα μικρό κύκλο γύρω από τον πόλο.

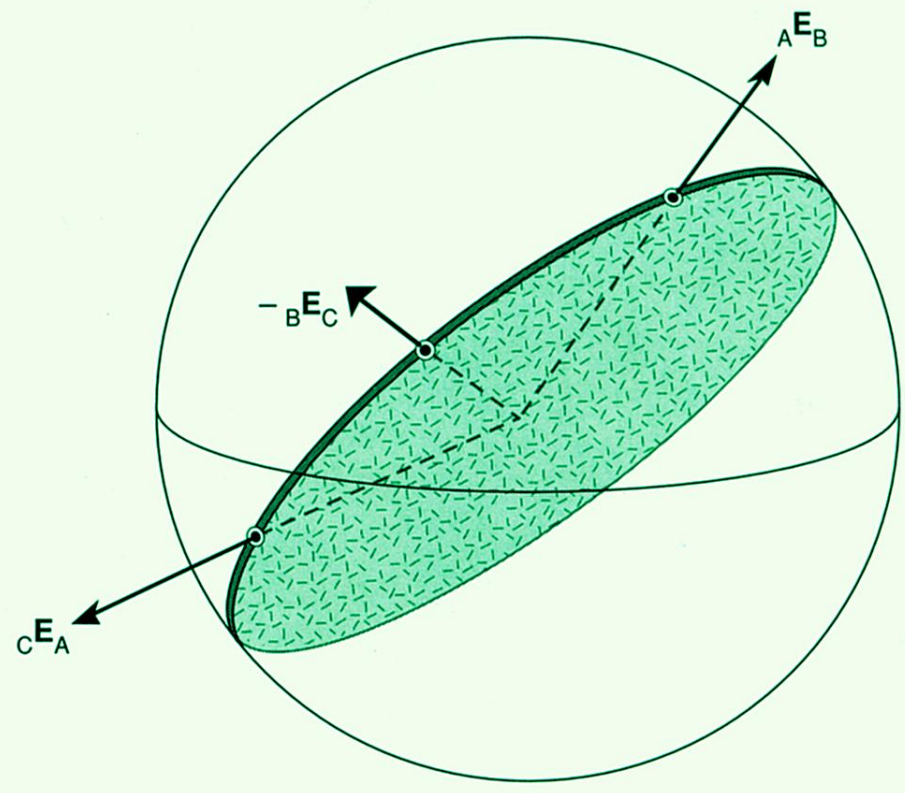
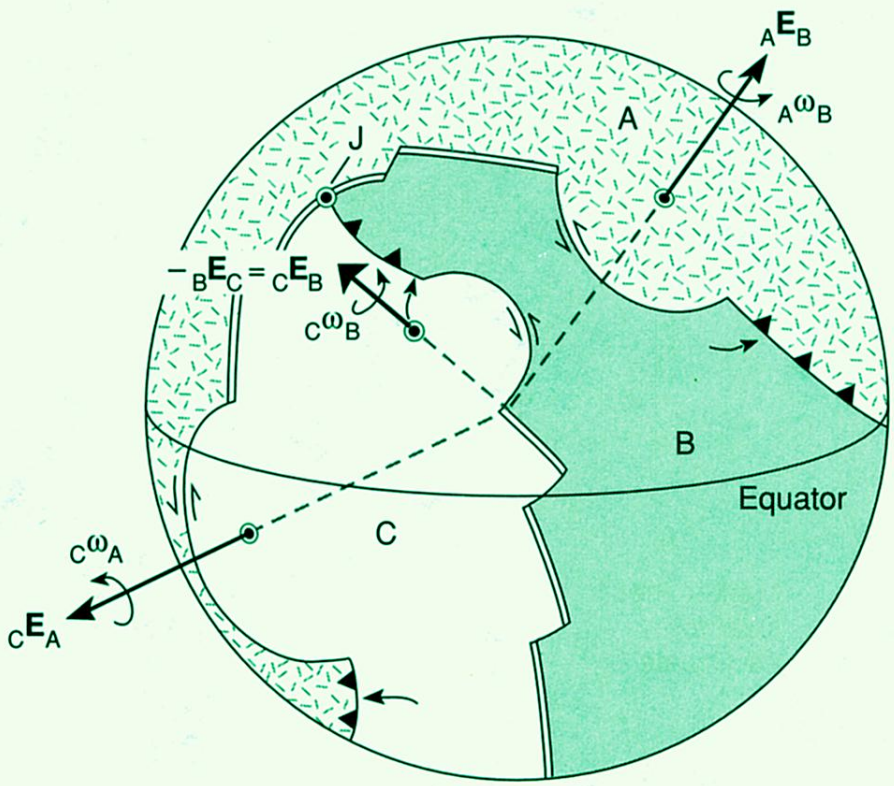
**B.** Η πλάκα μετακινείται σε μια αντίστοιχη θέση  $S_2$ , αλλά με διαφορετικό προσανατολισμό. Η περιστροφή τώρα είναι  $\Omega_2$  μοίρες γύρω από ένα διαφορετικό πόλο Euler  $E_2$ .



Η σχετική κίνηση της πλάκας  $B$  σε σχέση με την πλάκα  $A$  γύρω από ένα πόλο Euler. Οι γραμμικές ταχύτητες κατά μήκος του αποκλίνοντος και συγκλίνοντος περιθωρίου μεταβάλλονται σύμφωνα με τη γωνιακή απόσταση από τον πόλο Euler. Σημειώνεται ότι ο πόλος σχετικής περιστροφής  $A E_B$  ανάμεσα στις δύο πλάκες, δεν αντιστοιχεί στον πόλο περιστροφής της Γης.

# Σημεία Τριπλής Συμβολής (Triple Junctions)





A.

B.

Σφαίρα με τρεις πλάκες A, B και C.

A. Παρουσιάζονται τα όρια των πλακών, οι πόλοι περιστροφής  $A E_B$ ,  $-B E_C = C E_B$  και  $C E_A$  και οι γωνιακές ταχύτητες  $A \omega_B$ ,  $B \omega_C$  και  $C \omega_A$ .

B. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι οι τρεις πόλοι περιστροφής είναι ομοεπίπεδοι, διότι πρέπει να ικανοποιούνται οι κάτωθι συνθήκες για τις σχετικές γωνιακές ταχύτητες ( $\omega$ ) και σχετικές γραμμικές ταχύτητες ( $V$ ):

$$A \omega_B + B \omega_C + C \omega_A = 0 \quad \& \quad A V_B + B V_C + C V_A = 0 .$$

Type	Geometry	Velocity triangle	Stability	Examples	Type	Geometry	Velocity triangle	Stability	Examples
RRR			All Orientations stable	East Pacific, Galapagos Triple Junction, Great Magnetic Bight	TTR(c)			Stable if the angles between $ab$ and $ac$ , $bc$ , respectively, are equal or if $ac$ , $bc$ form a straight line	
TTT(a)			Stable if $ab$ , $ac$ form a straight line, or if $bc$ is parallel to the slip vector $CA$	Boso Triple Junction, Japan	TTF(a)			Stable if $ac$ , $bc$ form a straight line, or if $C$ lies on $ab$	Intersection of the Peru-Chile trench and the West Chile Ridge
TTT(b)			Stable if the complicated general condition for $ab$ , $bc$ , and $ac$ to meet at a point is satisfied		TTF(b)			Stable if $bc$ , $ab$ form a straight line, or if $ac$ goes through $B$	
FFF			Unstable		TTF(c)			Stable if $ab$ , $ac$ form a straight line, or if $ab$ , $bc$ do so	
RRT			$ab$ , must go through centroid of $ABC$		FFR			Stable if $C$ lies on $ab$ , or if $ac$ , $bc$ form a straight line	Owen fracture zone and the Carlsberg Ridge, Chile Triple Junction, Bouvet Triple Junction.
RRF			Unstable; evolves to FFR		FFT			Stable if $ab$ , $bc$ form a straight line, or if $ac$ , $bc$ do so	Mendocino Triple Junction
TTR(a)			Stable if $ab$ goes through $C$ , or if $ac$ , $bc$ form a straight line		RTF(a)			Stable if $ab$ , goes through $C$ , or if $ac$ , $bc$ form a straight line	Rivera Triple Junction
TTR(b)			Stable if complicated general conditions are satisfied		RTF(b)			Stable if $ac$ , $ab$ cross on $bc$	

# Σημεία Τριπλής Συμβολής (Triple Junctions)

- 3 (ή 5) τύποι ορίων
- 5x5x5=125 συνδυασμοί
- 16 σταθεροί (14 ή 19)

Γεωμετρία και συνθήκες σταθερότητας όλων των δυνατών τύπων σημείων τριπλής συμβολής.

Οι διακεκομμένες γραμμές  $ab$ ,  $bc$  και  $ca$  αποτελούν το πλαίσιο (ή άξονες) αναφοράς των ταχυτήτων στο οποίο τα αντίστοιχα όρια  $AB$ ,  $BC$  και  $CA$  είναι σταθερά.

Οι γραμμές αυτές πρέπει να συναντώνται σε ένα σημείο, αν το σημείο τριπλής συμβολής είναι σταθερό.

Η συνθήκη αυτή ικανοποιείται σε όλες τις περιπτώσεις των τύπου RRR (Ράχη-Ράχη-Ράχη), σημείων τριπλής συμβολής.

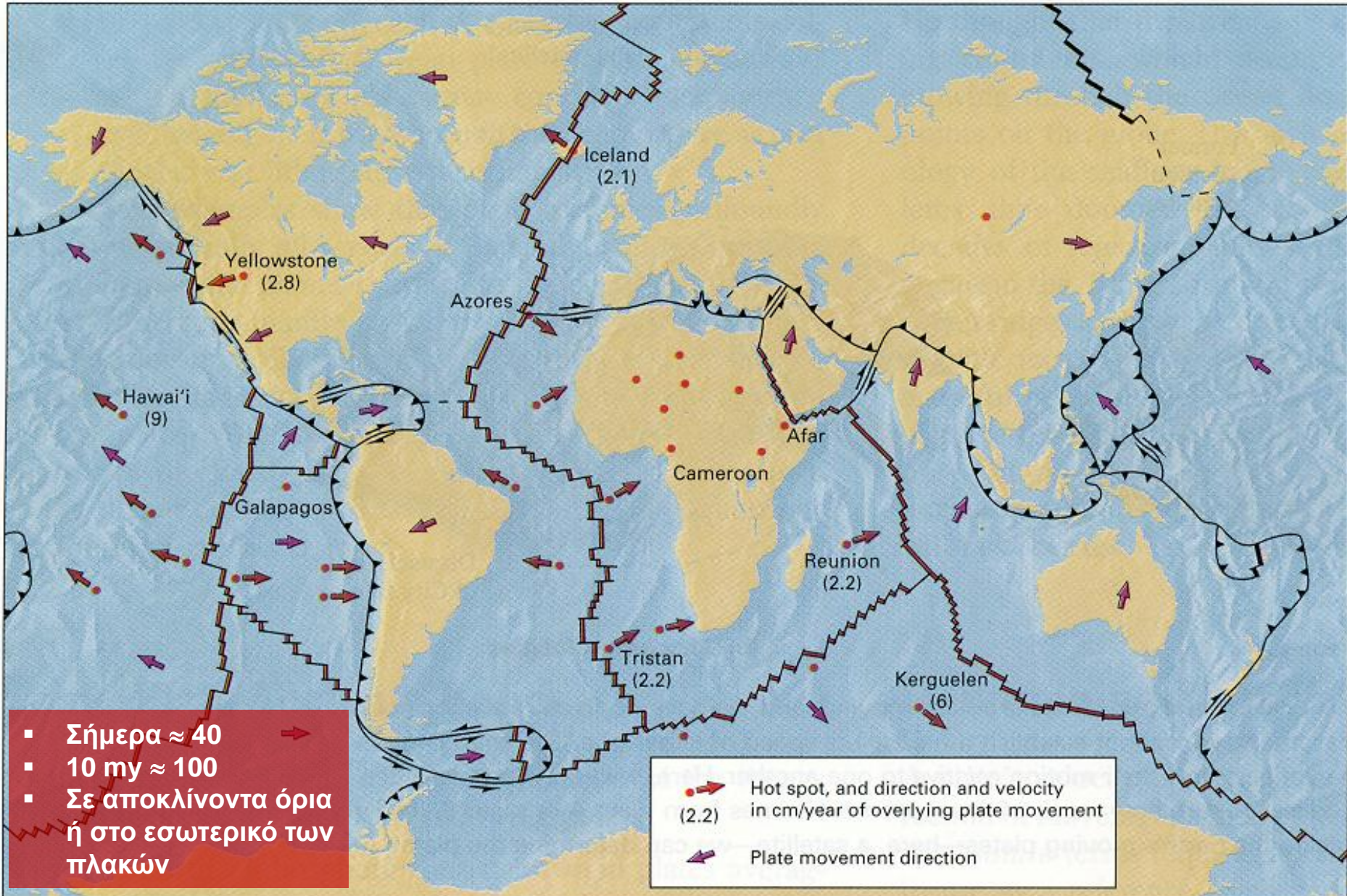
Σε άλλες περιπτώσεις πρέπει να υπάρχουν ειδικά χαρακτηριστικά ώστε οι γραμμές  $ab$ ,  $bc$  και  $ca$  να συναντώνται στο ίδιο σημείο.

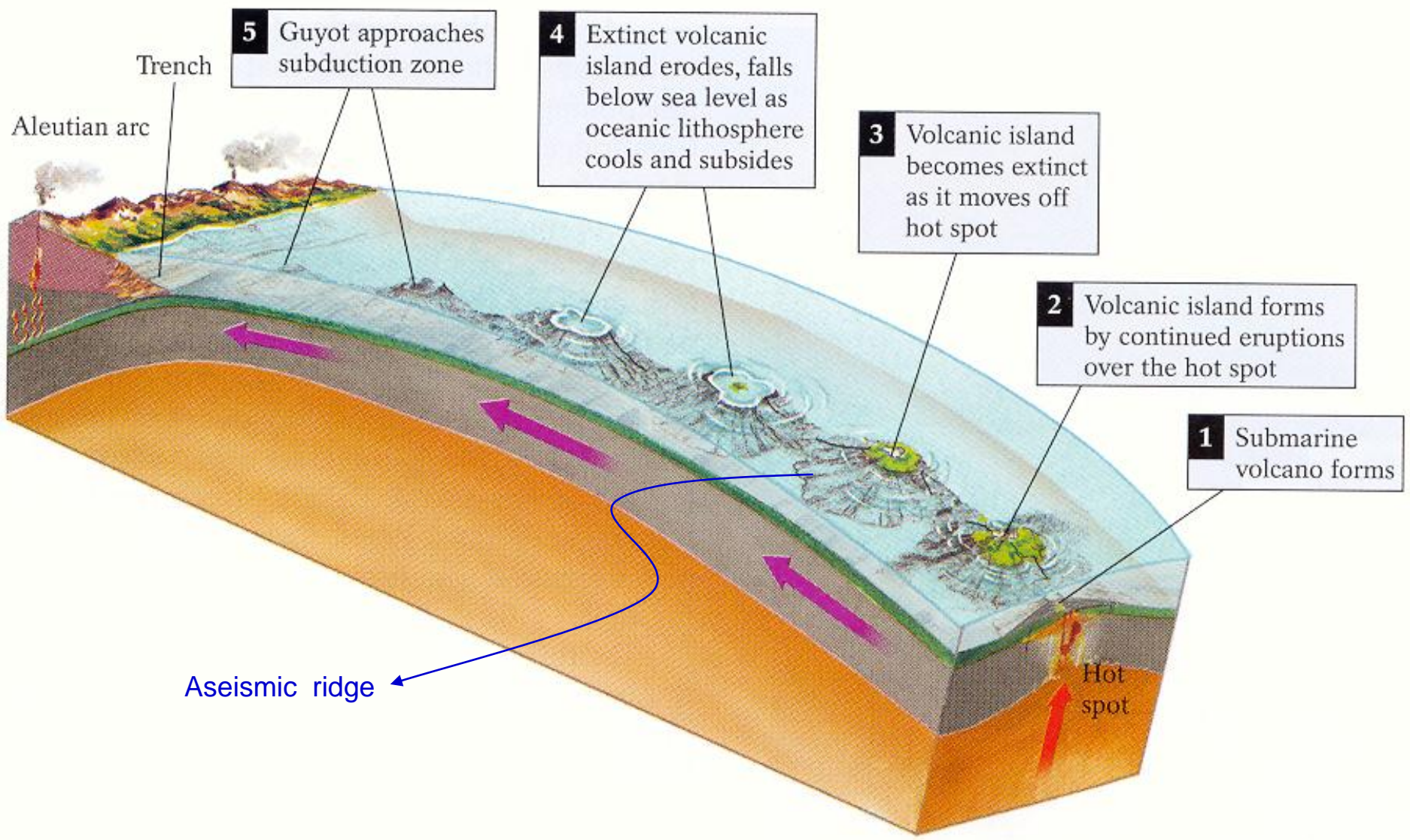
Άλλες περιπτώσεις, όπως τα τύπου FFF (Ρήγμα μετασχηματισμού-Ρήγμα μετασχηματισμού-Ρήγμα μετασχηματισμού), σημεία τριπλής συμβολής, είναι πάντα ασταθή.



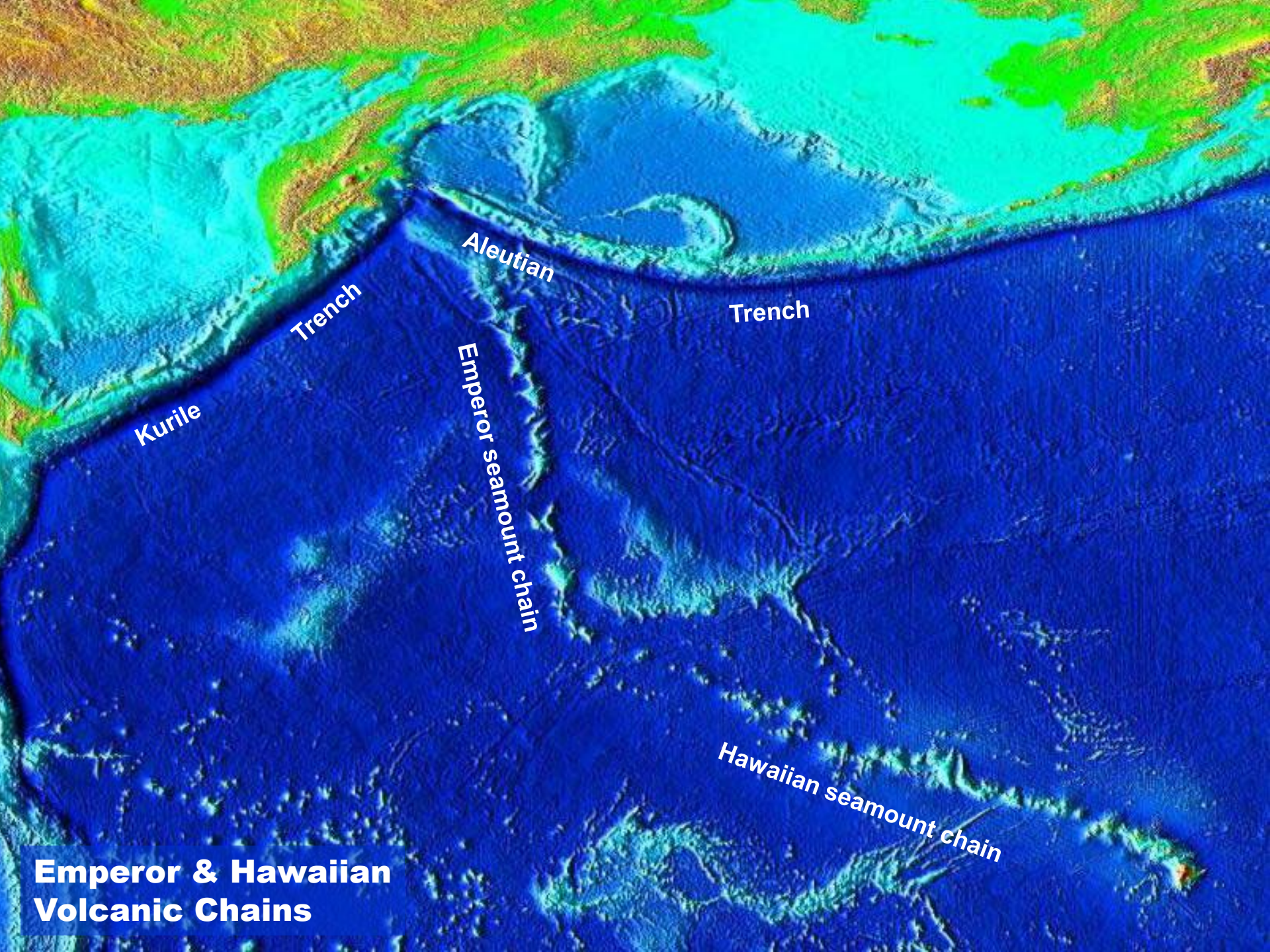
# Προσδιορισμός της Απόλυτης Κίνησης των Τεκτονικών Πλακών

## HOT SPOTS





**Seamount Volcanic Chain**  
**Aseismic Ridge**  
**Guyot**



Kurile

Trench

Aleutian

Trench

Emperor seamount chain

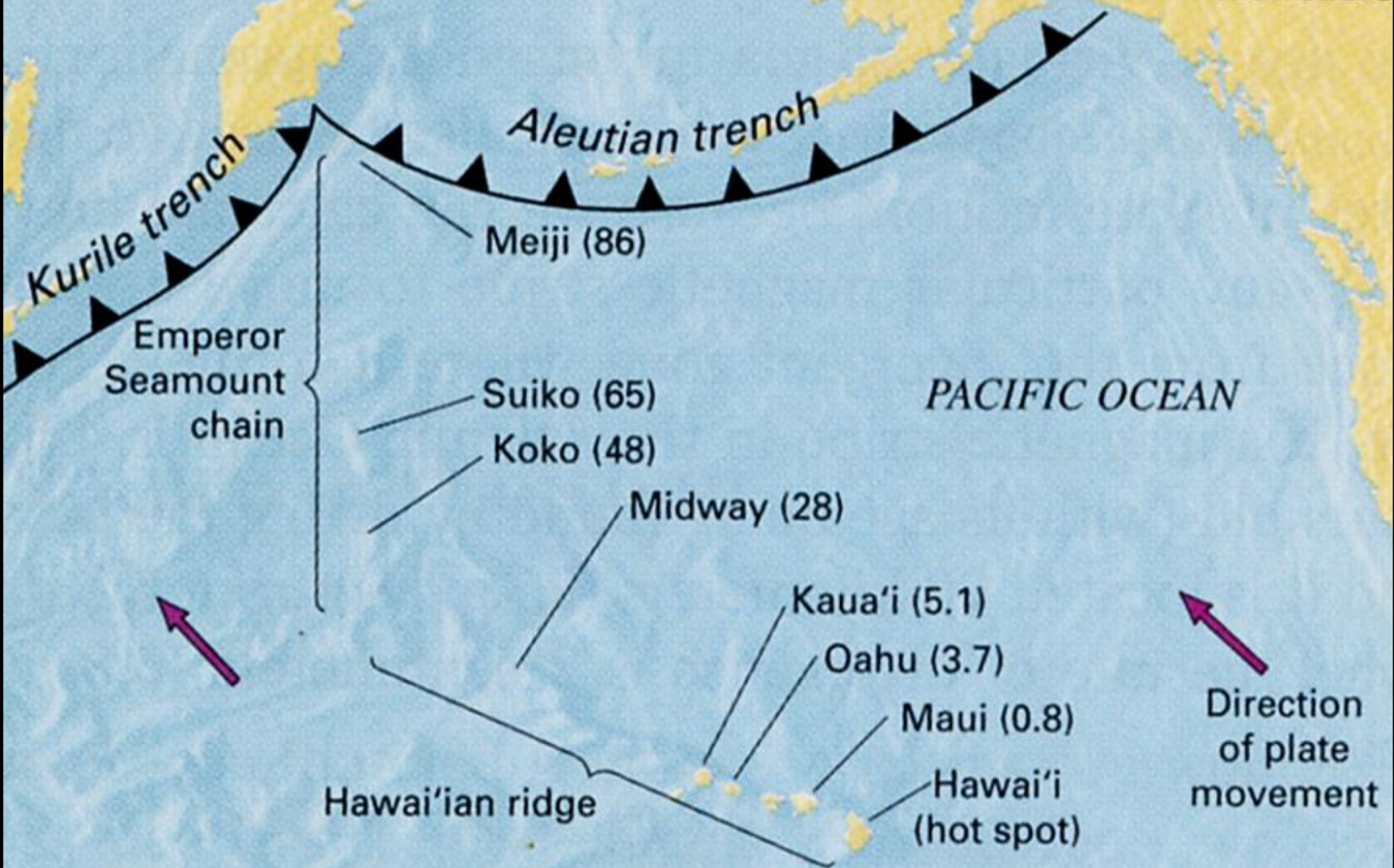
Hawaiian seamount chain

**Emperor & Hawaiian  
Volcanic Chains**

ASIA

# Υπολογισμοί ανυσμάτων

NORTH AMERICA



PACIFIC OCEAN

Direction of plate movement

Hawai'ian ridge

Hawai'i (hot spot)

Maui (0.8)

Oahu (3.7)

Kaua'i (5.1)

Midway (28)

Koko (48)

Suiko (65)

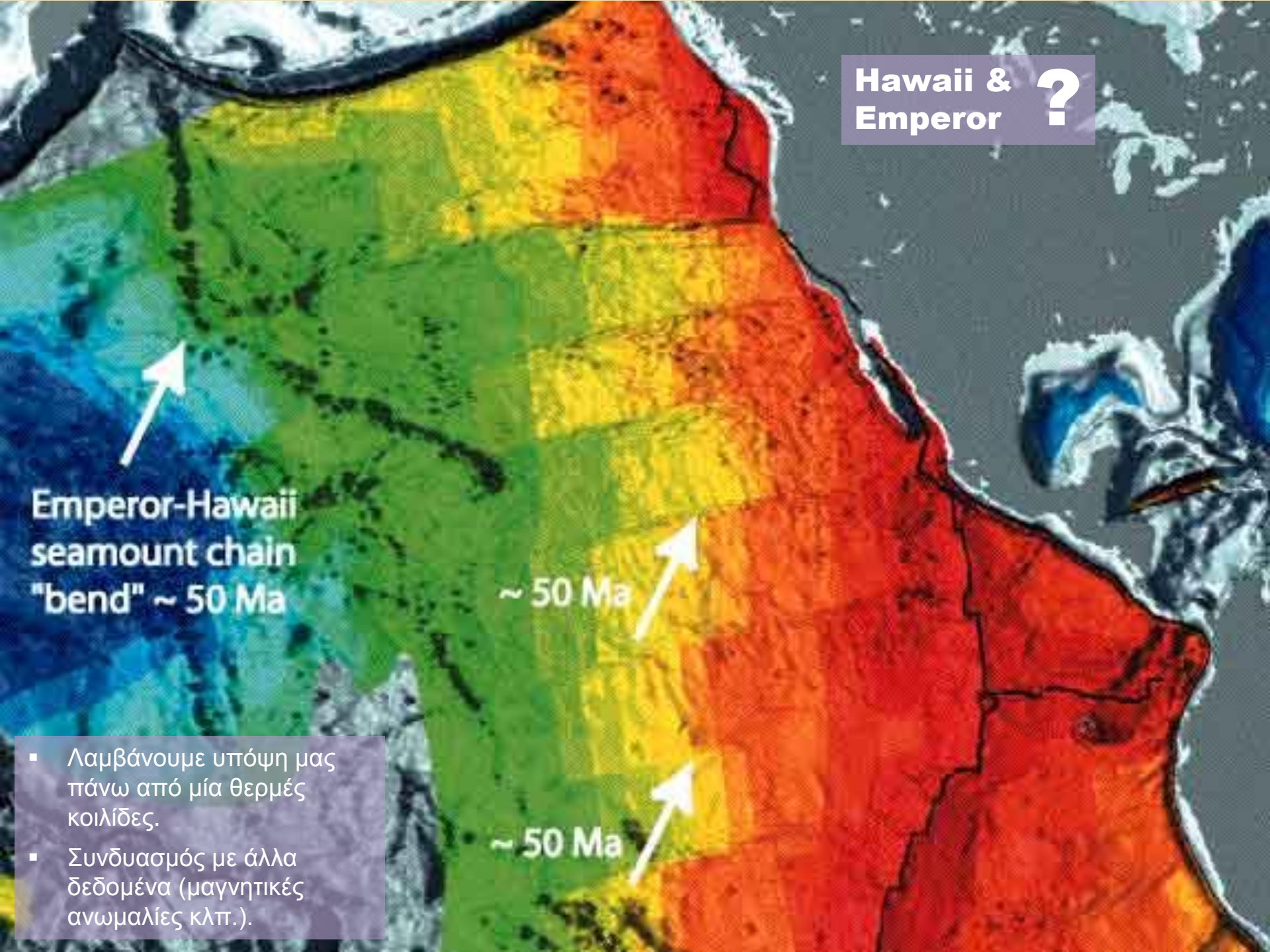
Meiji (86)

Emperor Seamount chain

Kurile trench

Aleutian trench

# Hawaii & Emperor ?



Emperor-Hawaii seamount chain "bend" ~ 50 Ma

~ 50 Ma

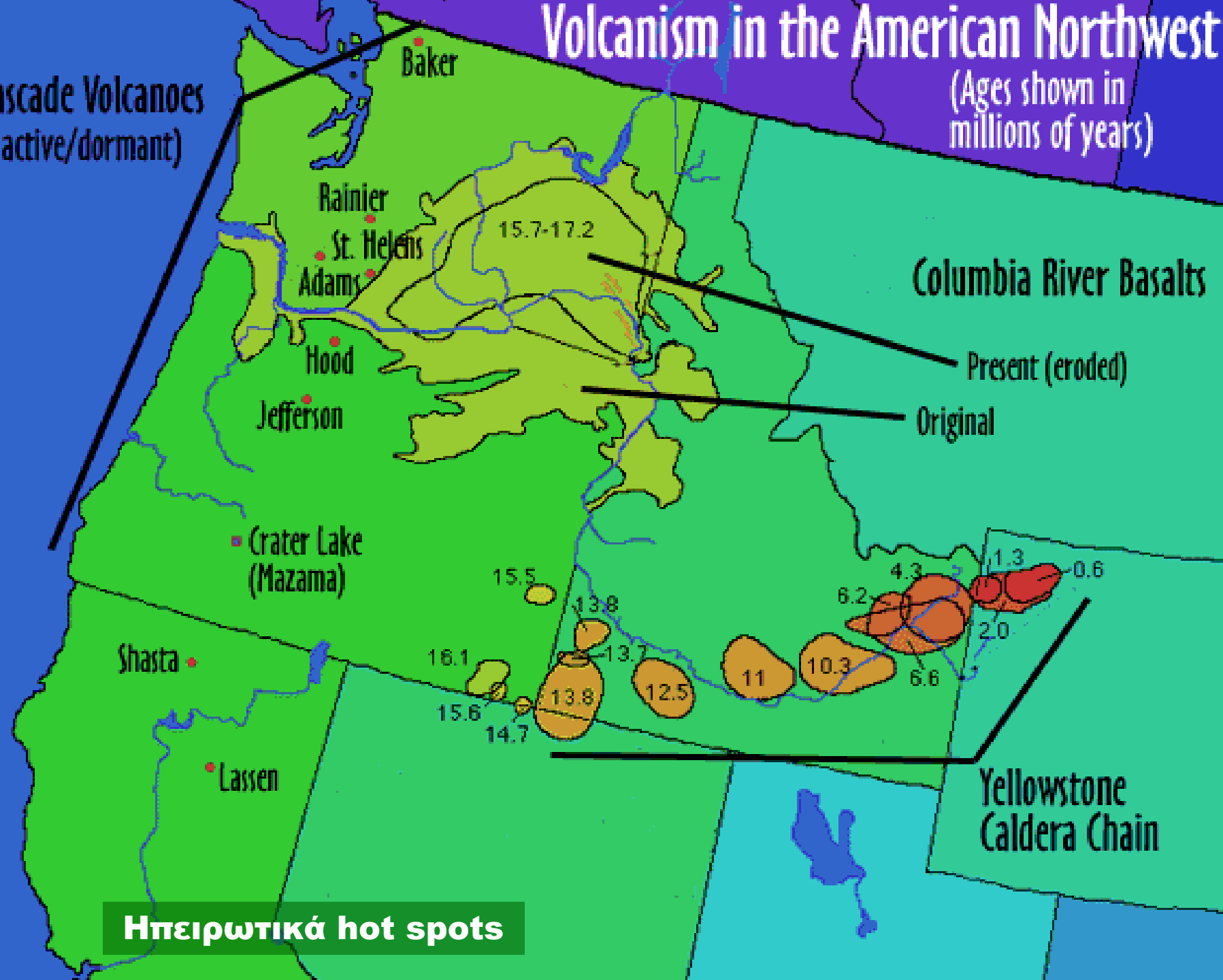
~ 50 Ma

- Λαμβάνουμε υπόψη μας πάνω από μία θερμές κοιλίδες.
- Συνδυασμός με άλλα δεδομένα (μαγνητικές ανωμαλίες κλπ.).

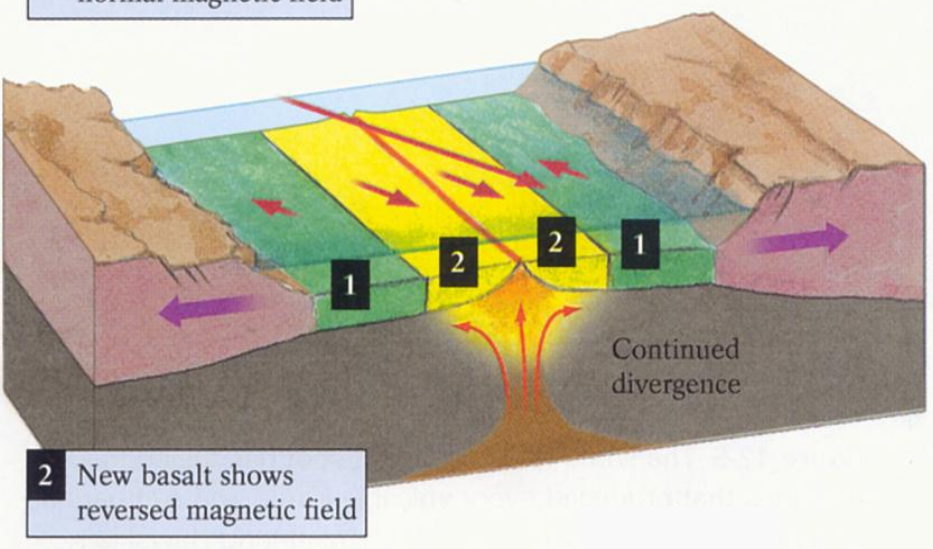
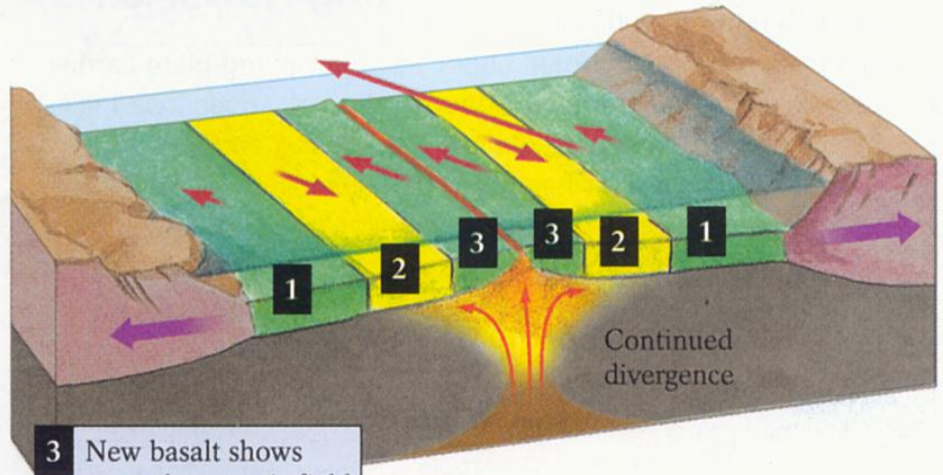
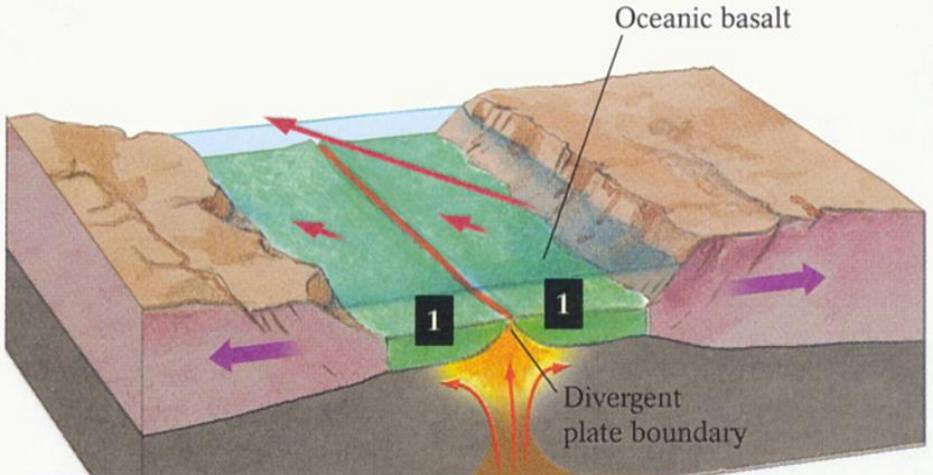
# Volcanism in the American Northwest

(Ages shown in millions of years)

Cascade Volcanoes  
(Now active/dormant)



**Ηπειρωτικά hot spots**



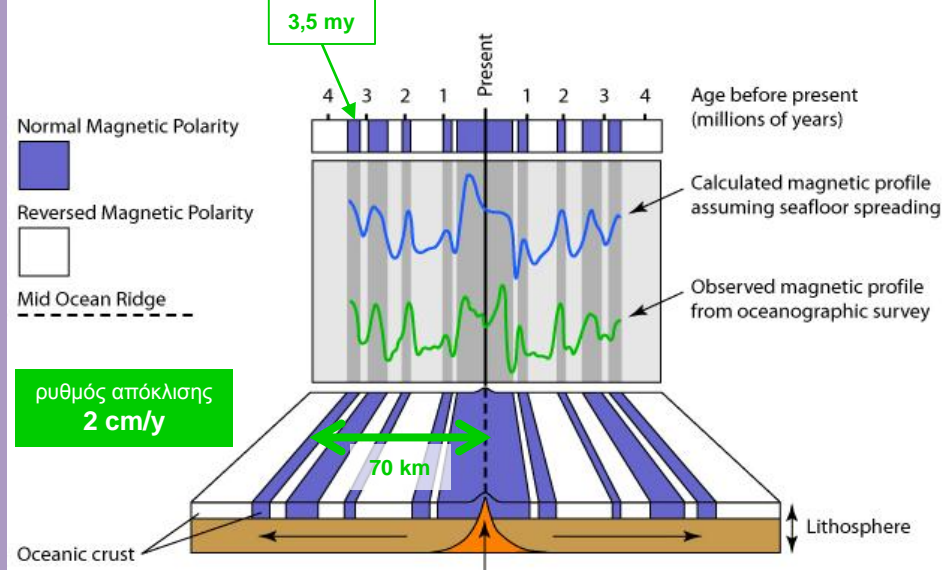
Normal magnetic polarity

Reversed magnetic polarity

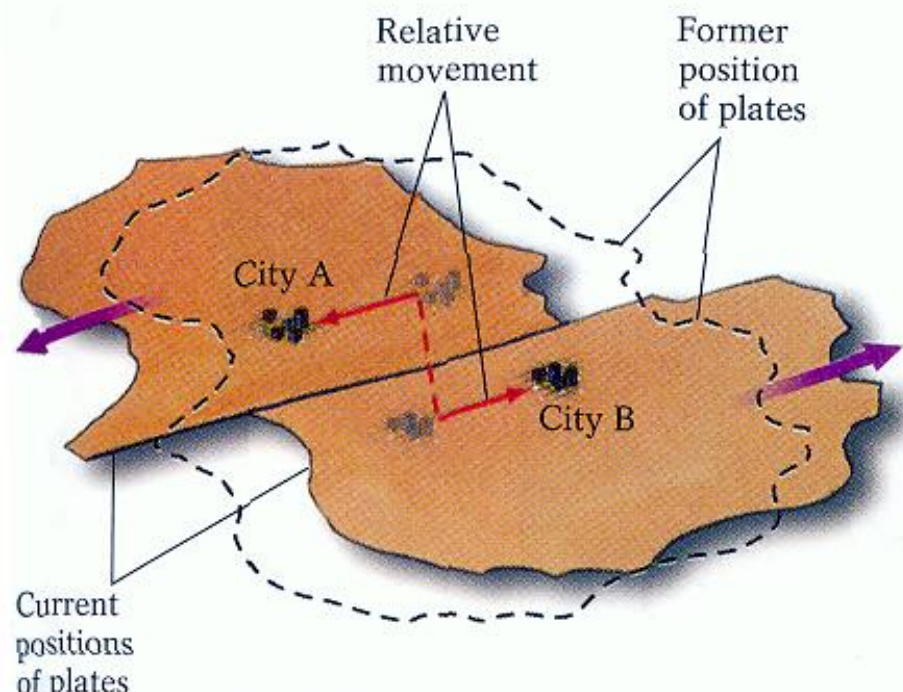
Earth's magnetic field

Magnetic field imprinted in rock

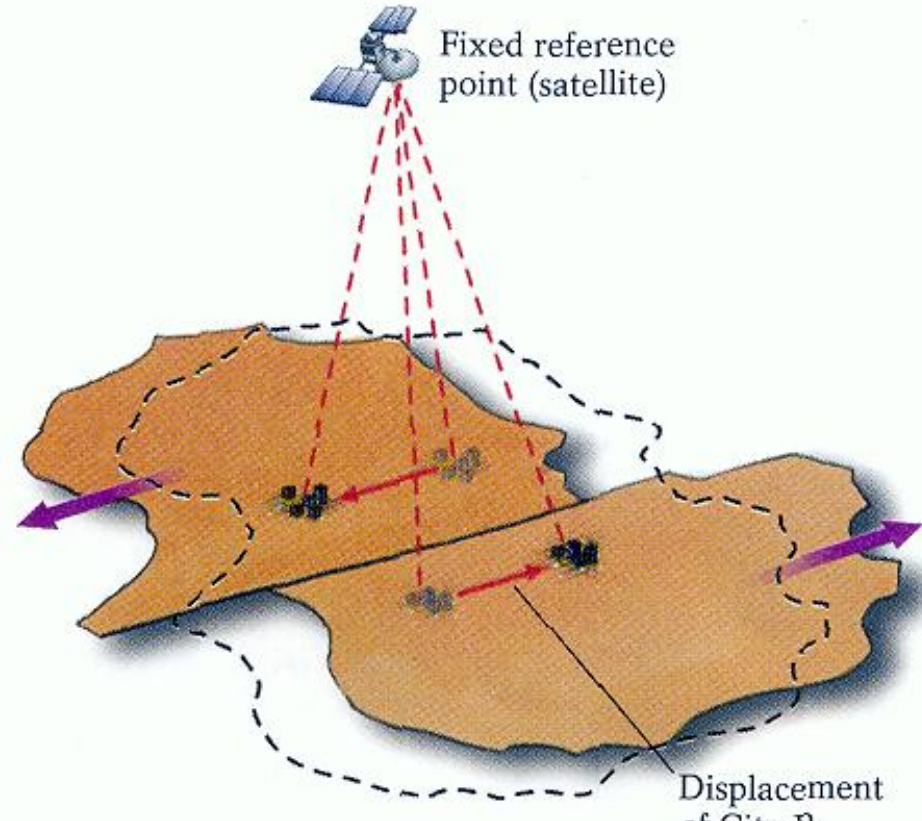
**FORMATION OF MAGNETIC ANOMALIES AT A MID-OCEAN RIDGE**



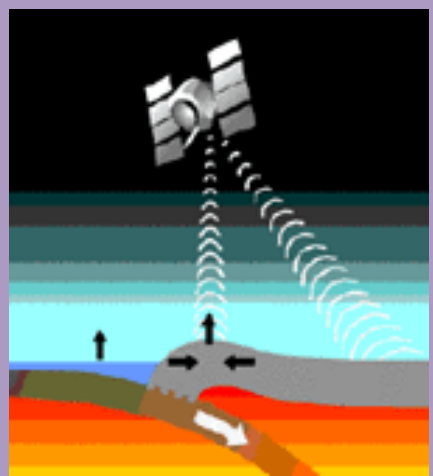
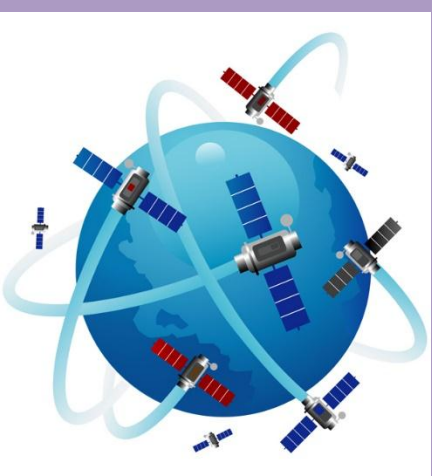
**Αναστροφές Γήινου Μαγνητικού Πεδίου**



(a) Relative movement

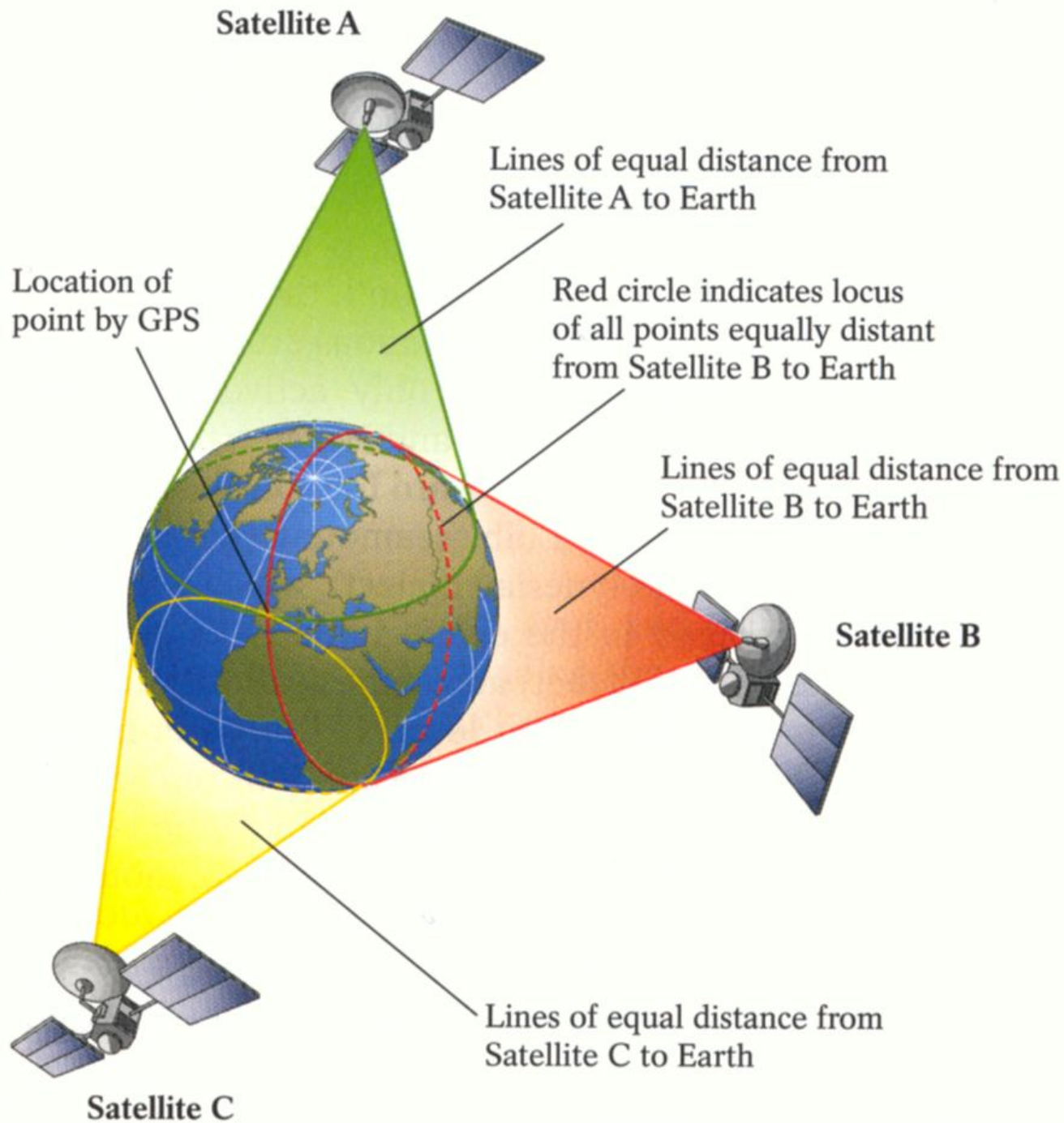


(b) Absolute velocities



**ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**





**GLOBAL  
POSITIONING  
SYSTEM (GPS)**

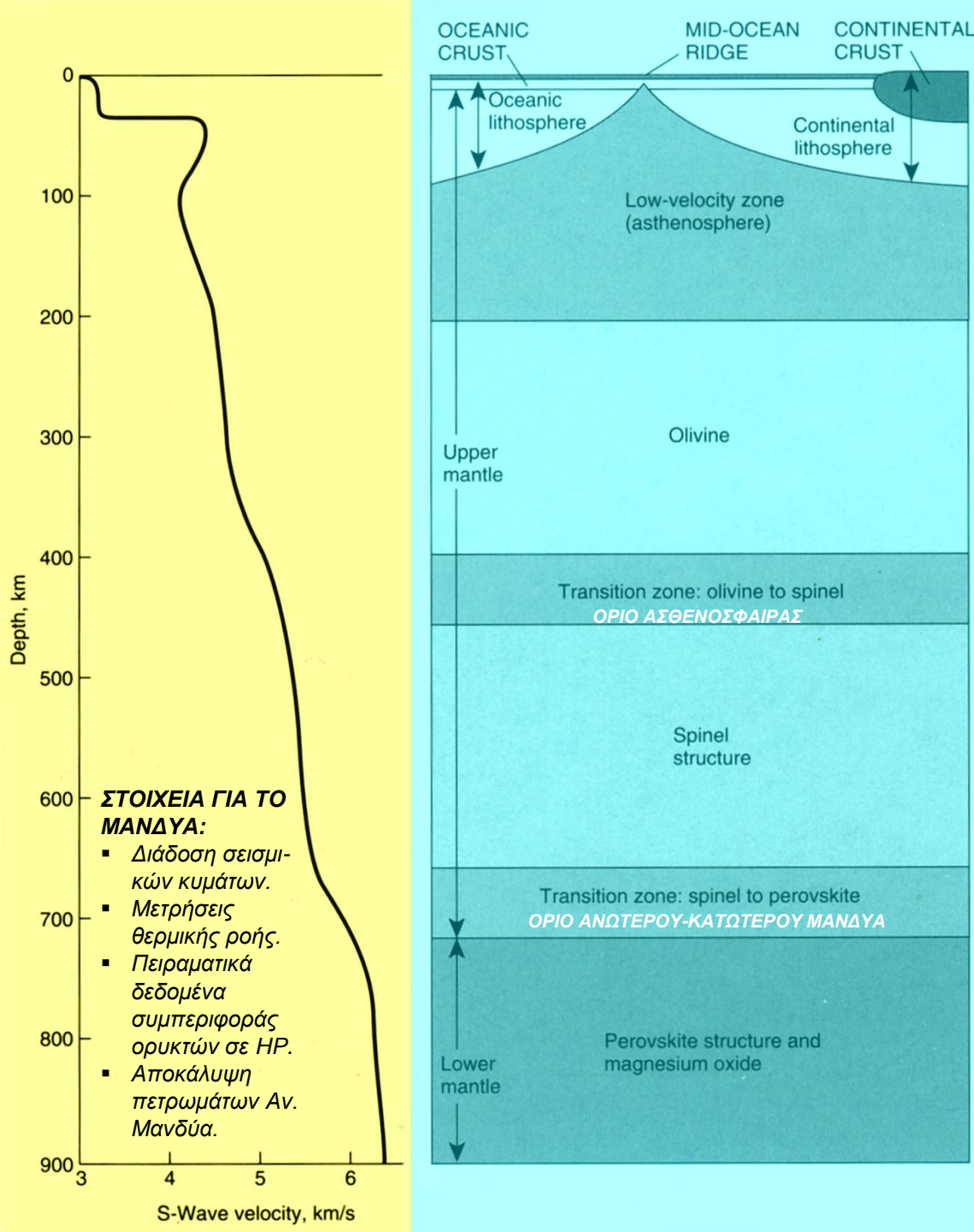
**LASER  
GEODYNAMICS  
SATELLITE  
(LAGEOS)**

# Τα Αίτια και οι Δυνάμεις που Κινούν τις Τεκτονικές Πλάκες

Γράφημα όπου παρουσιάζεται η ταχύτητα διάδοσης των σεισμικών κυμάτων (Ps) στη γήινη σφαίρα. Διακρίνονται:

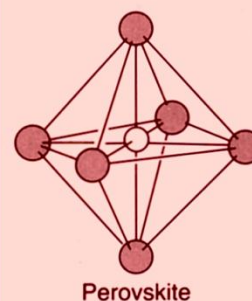
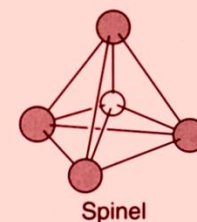
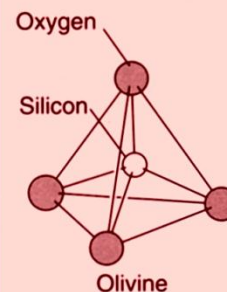
- η ζώνη υψηλών ταχυτήτων, στη βάση του μανδύα,
- η ζώνη χαμηλών ταχυτήτων, καθώς και
- οι ζώνες μετάβασης στα 400 km και 700 km.

Οι μεταβολές αυτές είναι αποτέλεσμα της διαφοροποίησης της σύστασης του μανδύα, που από τη δομή χαμηλών πιέσεων του ολιβίνη περνάει στη δομή του σπινέλιου και στη συνέχεια στη δομή του περοβσκίτη.



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΝΔΥΑ:

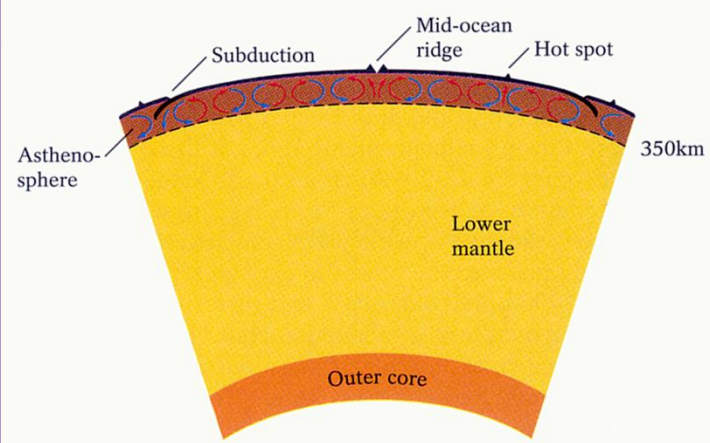
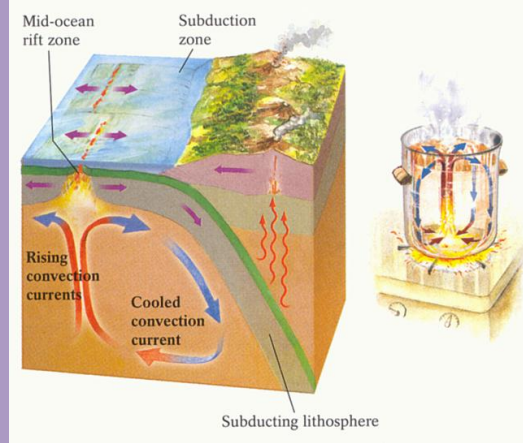
- Διάδοση σεισμικών κυμάτων.
- Μετρήσεις θερμικής ροής.
- Πειραματικά δεδομένα συμπεριφοράς ορυκτών σε HP.
- Αποκάλυψη πετρωμάτων Αν. Μανδύα.



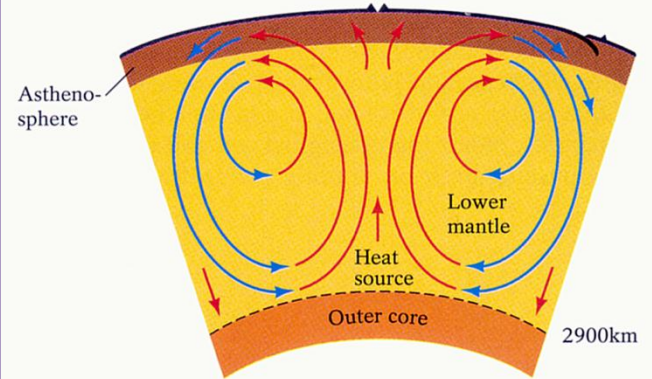
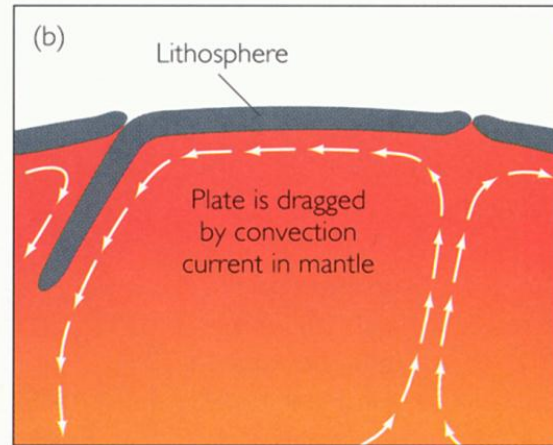
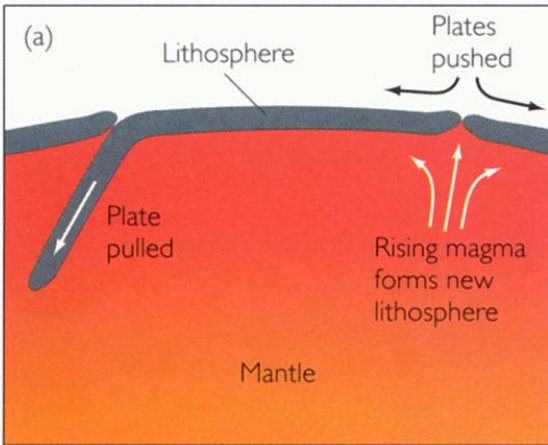
# Απόψεις για το μηχανισμό κίνησης των πλακών

Convection currents or convection cells. Thermal plumes

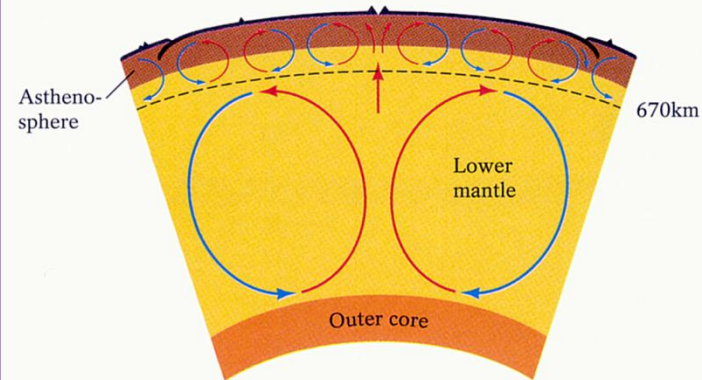
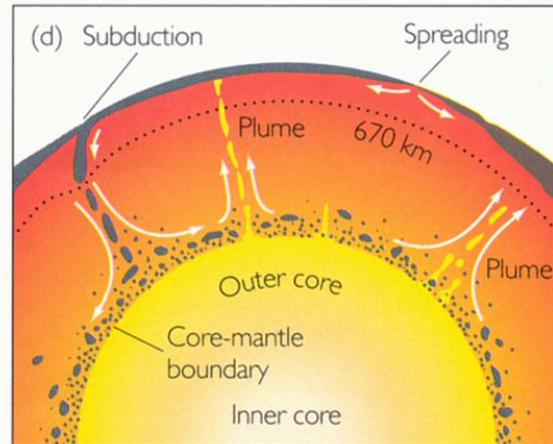
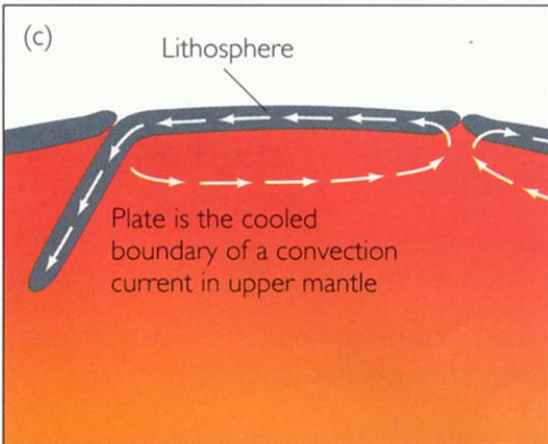
- Σεισμοί έως 700 km.
- Υποβυθ. Πλάκες έως 1.200 km.
- Υψηλές ταχύτητες σεισμ. κυμ. στα 2.300 km στις ζώνες υποβ. του Ειρηνικού.



(a) Shallow convection-cell hypothesis

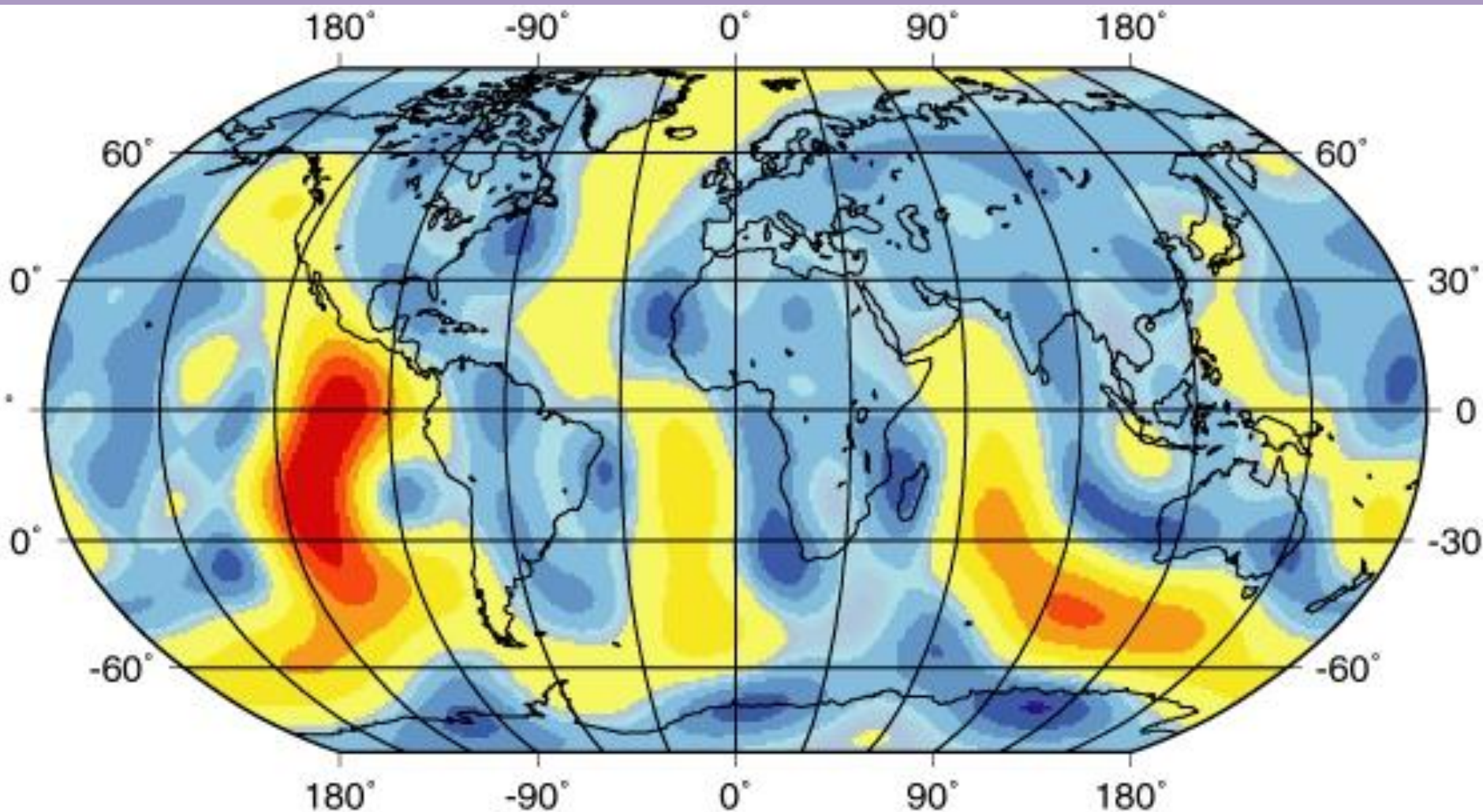


(b) Deep convection-cell hypothesis



(c) Two-tiered convection-cell hypothesis

# Θερμική Ροή



## ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΟΣ ΦΛΟΙΟΣ

- $56,5 \text{ mW/m}^2$ .
- 50% από ραδιενεργά.
- Εξαρτάται από το τεκτονικό περιβάλλον (rifting, ενεργά ηφαίστεια κλπ.).

## ΩΚΕΑΝΕΙΟΣ ΦΛΟΙΟΣ

- $78,2 \text{ mW/m}^2$ .
- 0,5% από ραδιενεργά.
- Πιο θερμός ο μανδύας κάτω από τους ωκεανούς.

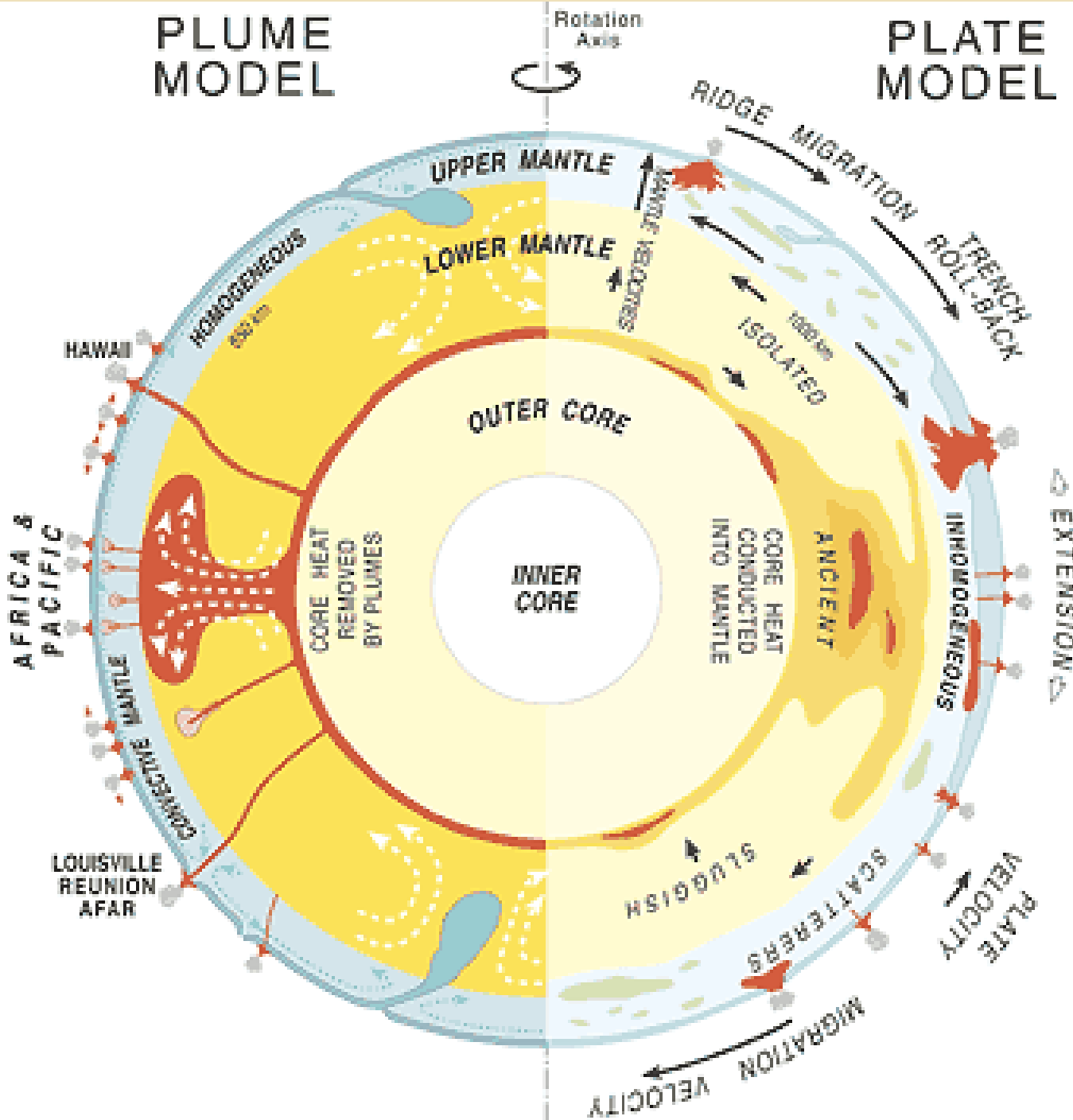
Σημείο τήξης των πετρωμάτων τα  $100 \text{ km}$  (γεωθερμική βαθμίδα).

Ο μανδύας όμως συμπεριφορά στερεού. Άρα μειώνεται η Γ.Β. (?).

ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΕΠΟΧΕΣ ?

# PLUME MODEL

# PLATE MODEL



## Τα αίτια κίνησης των πλακών

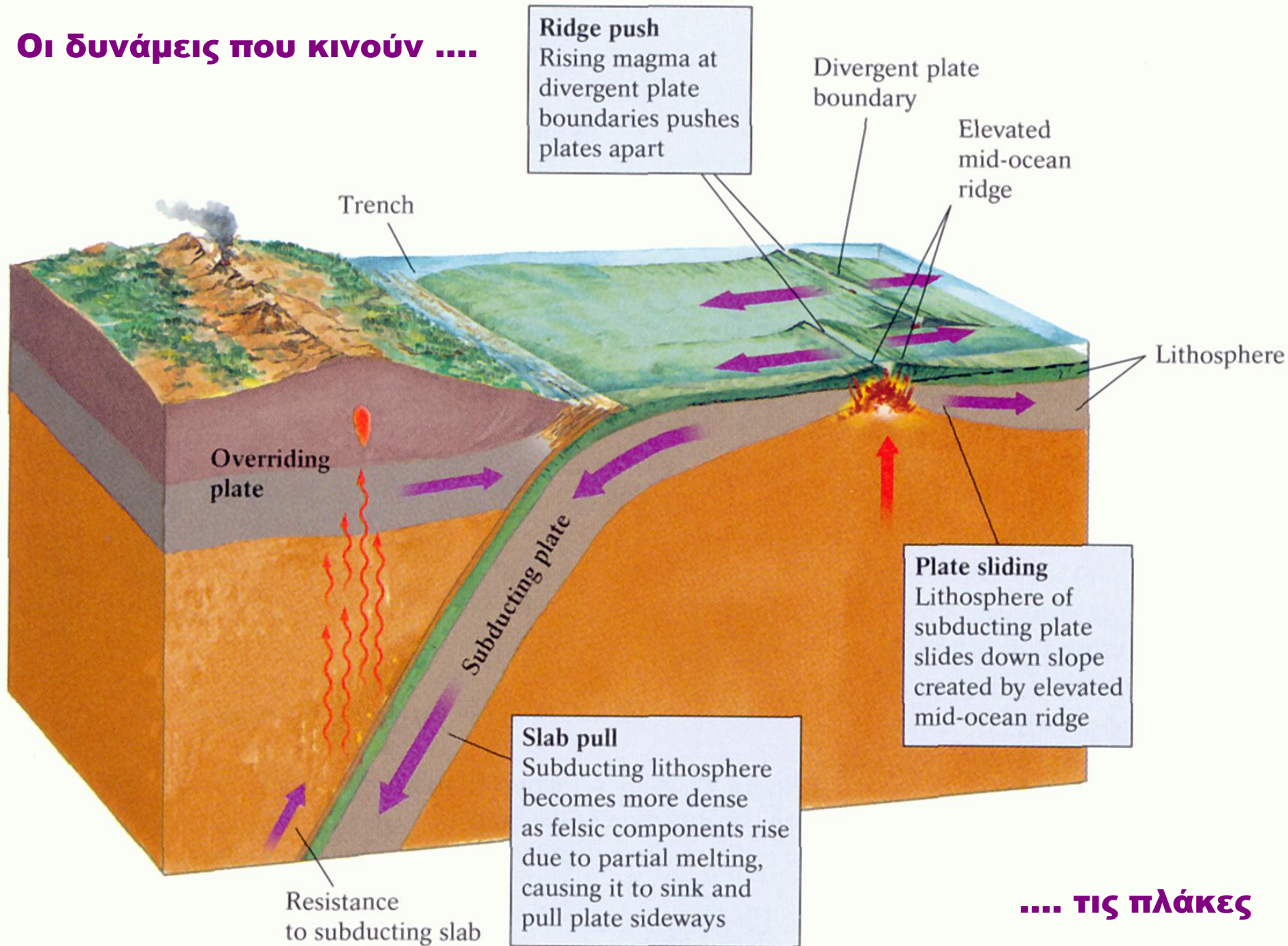
- **Thermal plume or mantle plume model.**

Υποστηρίζει ένα ποσοστό των δυνάμεων που κινούν τις πλάκες.

- **Force Balance Models.**

Παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για το σύνολο των δυνάμεων που κινούν τις πλάκες.

# Οι δυνάμεις που κινούν ....

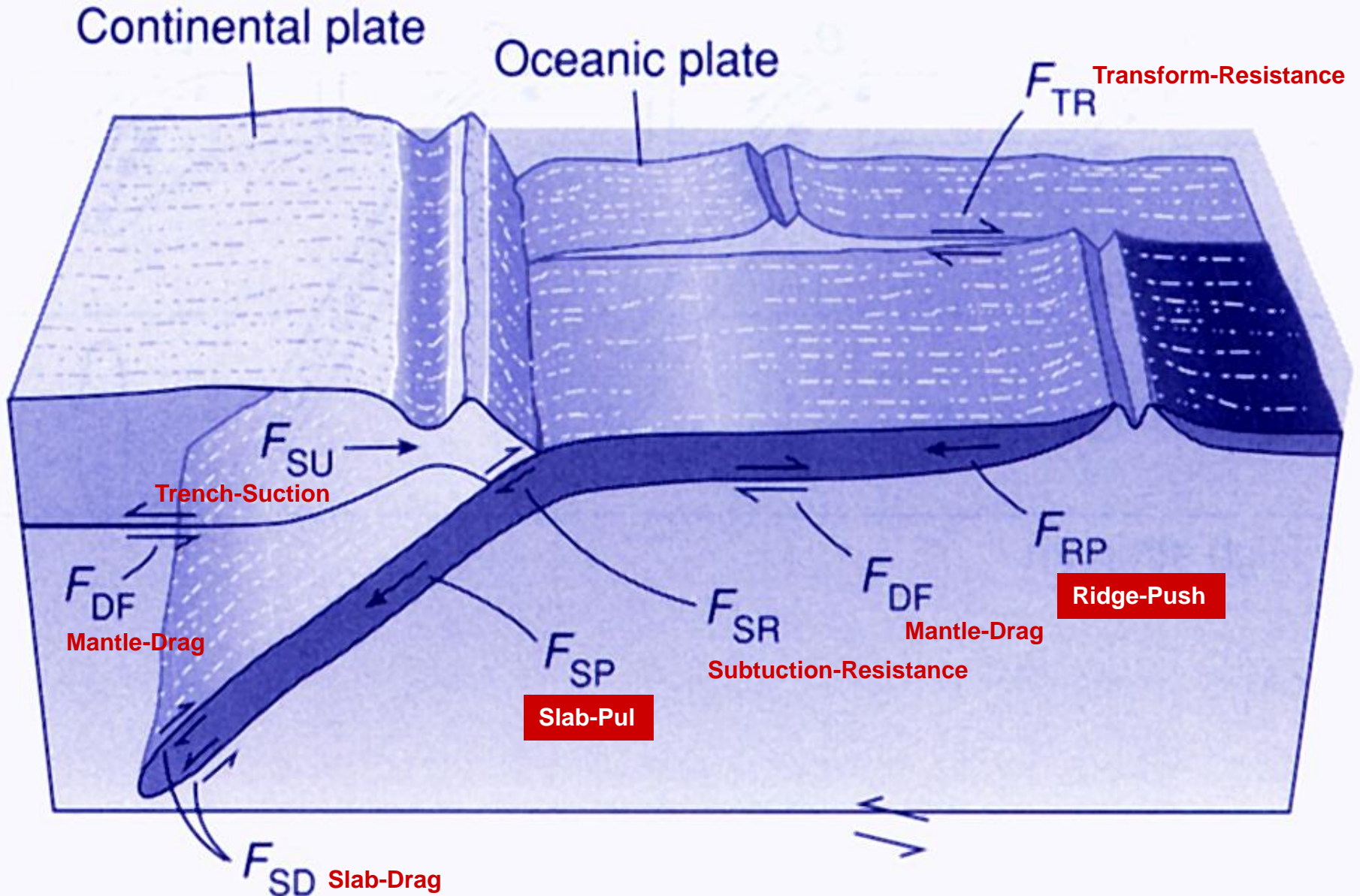


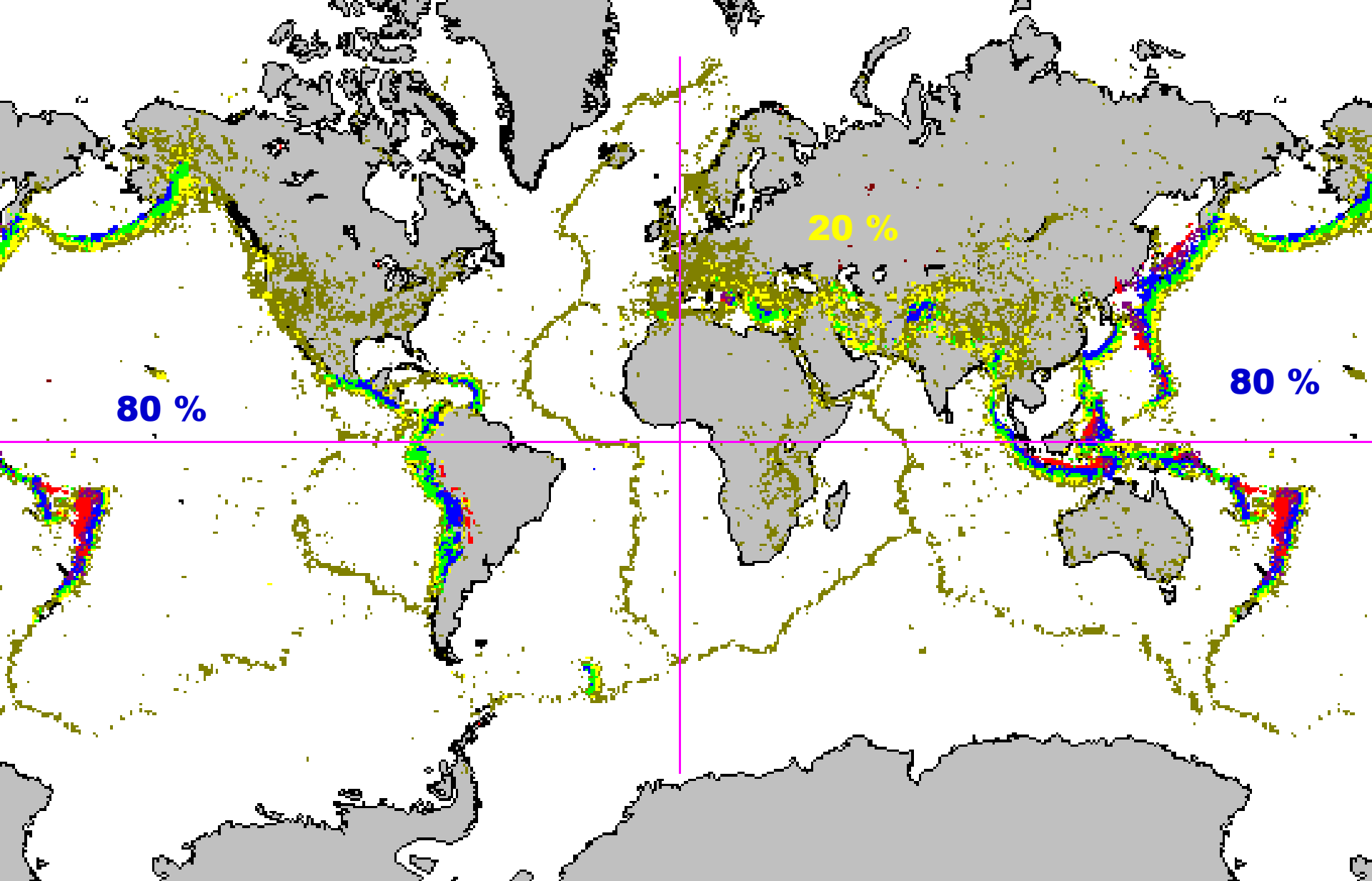
.... ΤΙΣ ΠΛΑΚΕΣ

# Force Balance Models

Οι δυνάμεις εξαρτώνται από:

- Έκταση, κλίση, ταχύτητα πλάκας.
- Μήκος και πυκνότητα υποβυθιζόμενου τμήματος.
- Ιξώδες μανδύα.
- Αντίσταση της τριβής στην ολίσθηση.

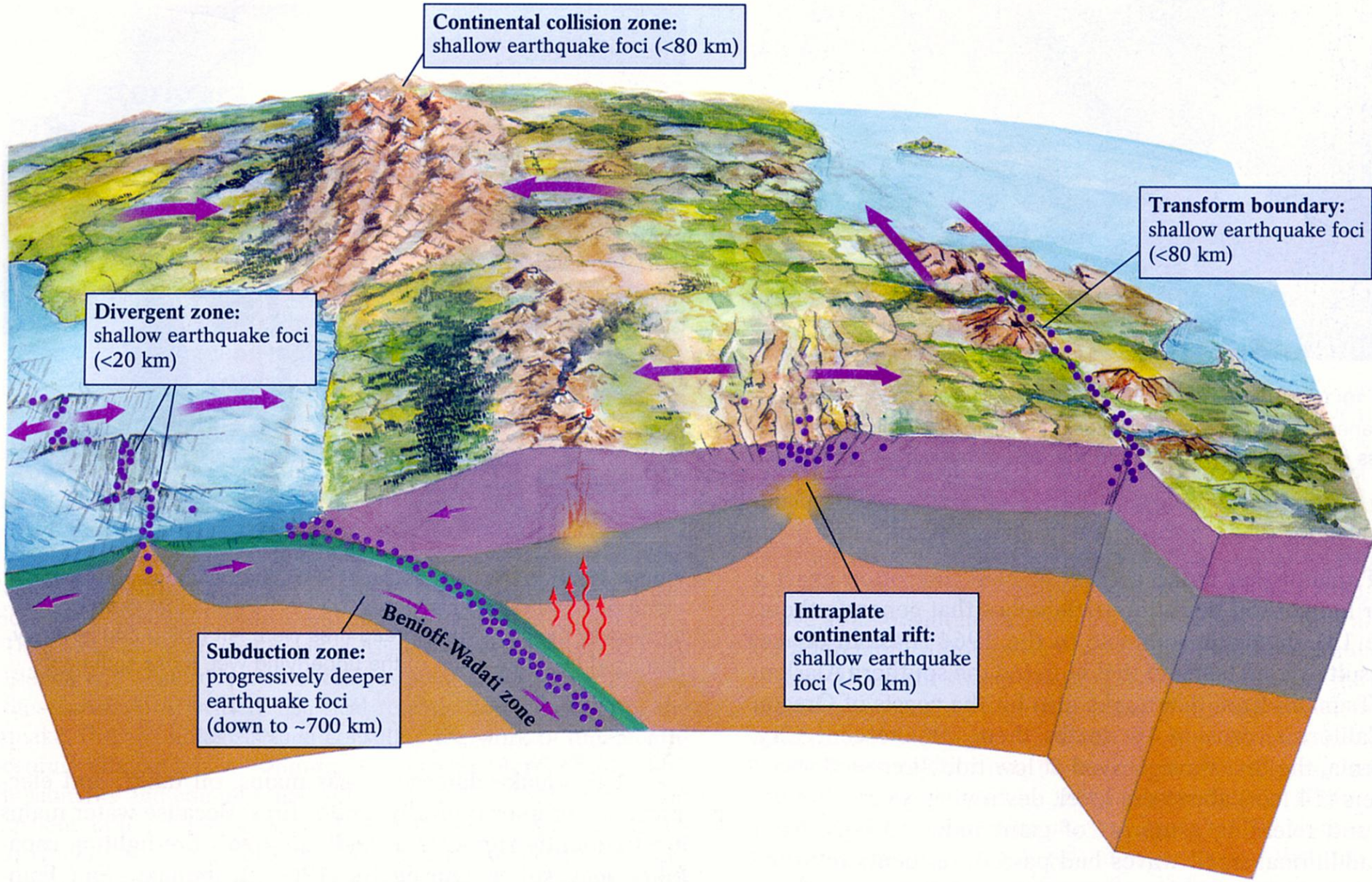




## Κατανομή της σεισμικότητας στο πλαίσιο της τεκτονικής των λιθοσφαιρικών πλακών

- Βάθος.
- Μέγεθος.
- Μηχανισμός.





**Continental collision zone:**  
shallow earthquake foci (<80 km)

**Transform boundary:**  
shallow earthquake foci (<80 km)

**Divergent zone:**  
shallow earthquake foci (<20 km)

**Subduction zone:**  
progressively deeper  
earthquake foci  
(down to ~700 km)

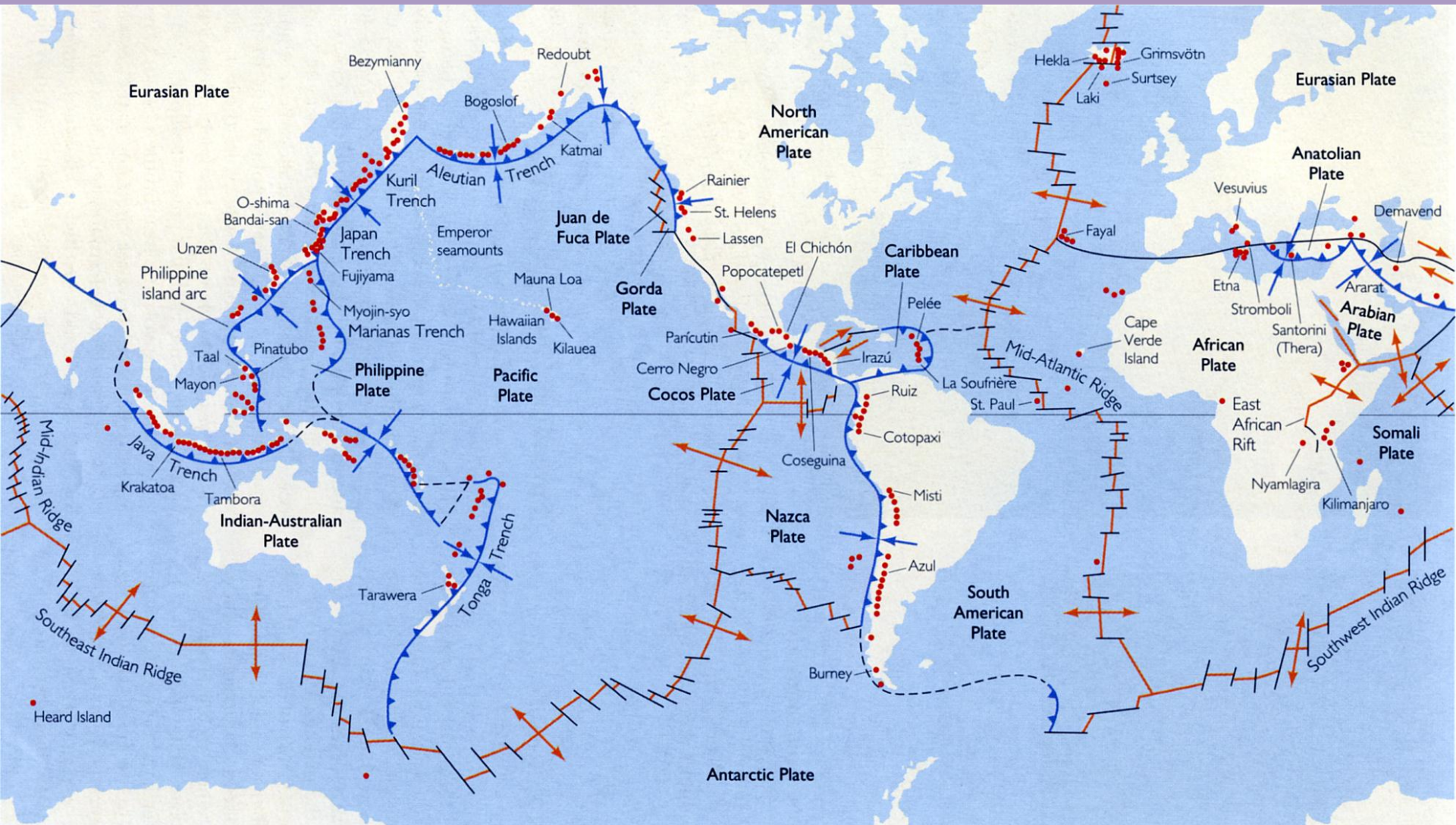
**Intraplate  
continental rift:**  
shallow earthquake  
foci (<50 km)

*Benioff-Wadati zone*

## Η σεισμικότητα στο εσωτερικό των πλακών ? (8.2 – 1988 – Αυστραλία / Ανταρκτική)

Σεισμοί μικρού βάθους σε όρια και εσωτερικό (μέγεθος + περιοχή που επηρεάζουν)  
 ? Σχετίζονται με πλάκες ? Διάβρωση ? Απόθεση ιζημάτων ? Υπερβολικές βροχοπτώσεις ? Πρώιμη ηπ. ταφρογένεση

# Λιθοσφαιρικές πλάκες – Πυριγενή πετρώματα & Ηφαιστειότητα



Κατανομή ηφαιστείων:

- 80% → Ζώνες Σύγκλισης,
- 15% → Όρια Απόκλισης (+ Ηπειρωτική Ταφρογένεση)
- 5% → στο Εσωτερικό των Πλακών (Hot Spots)

# Προέλευση Βασαλτών και Γάββρων

## MORBs

Mid-ocean ridge basalt (at divergent plate boundary)

## OIBs

Ocean island basalt at mid-plate hot spot

Subduction zone basalt

Continental mid-plate rift basalt

Flood basalt

Shallow mantle source

Hot spot plume

Deep mantle source

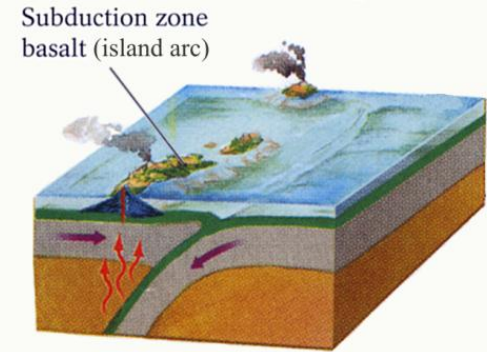
Subducting plate

Shallow mantle source

Deep mantle source

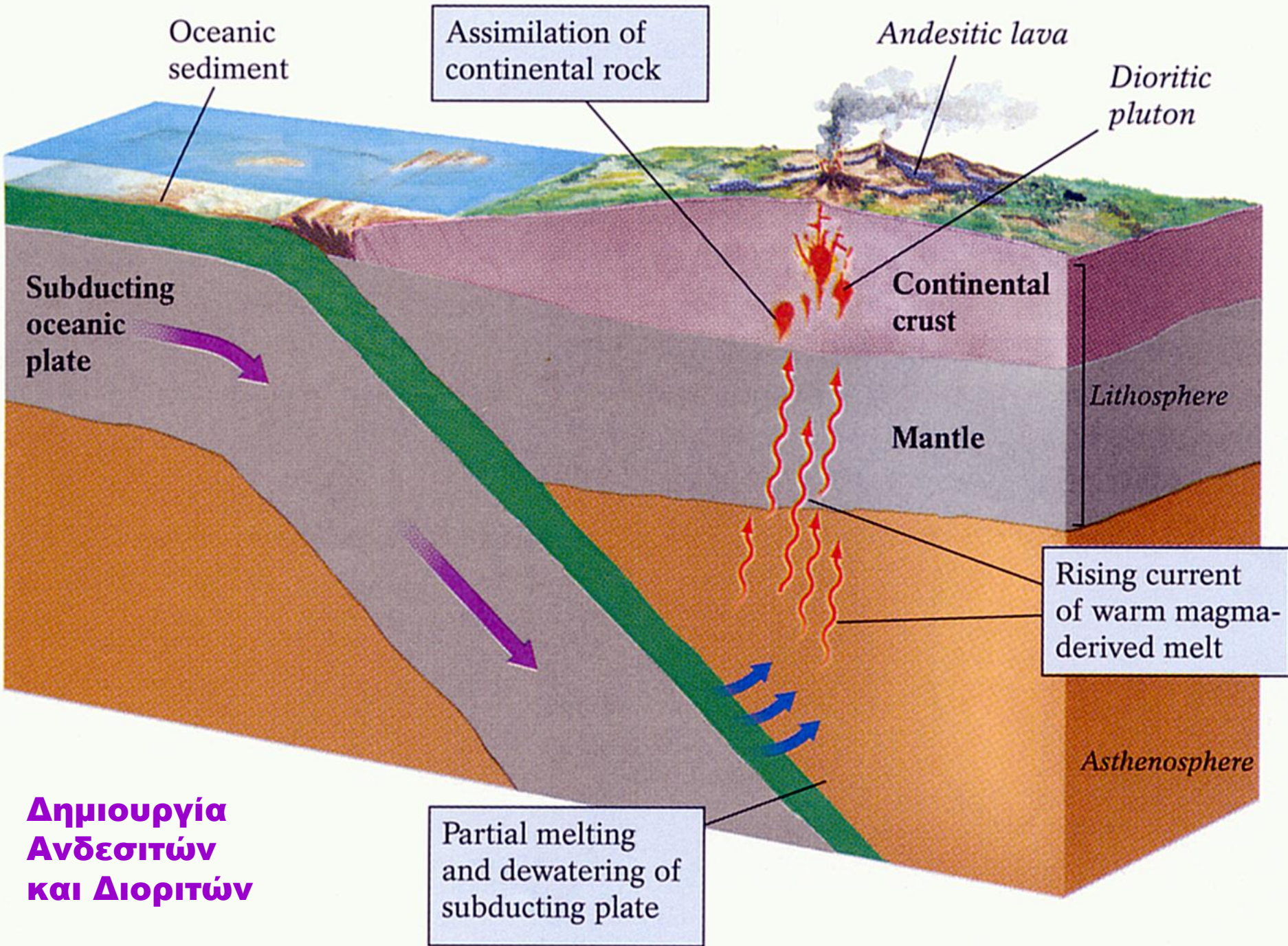
Upper mantle

Shallow mantle source



- Σχηματισμός φλοιού από μερική τήξη του μανδύα.
- Άρα το ανώτερο τμήμα του μανδύα φτωχό σε:

**Na, K, Al**



Oceanic sediment

Assimilation of continental rock

Andesitic lava

Dioritic pluton

Subducting oceanic plate

Continental crust

Lithosphere

Mantle

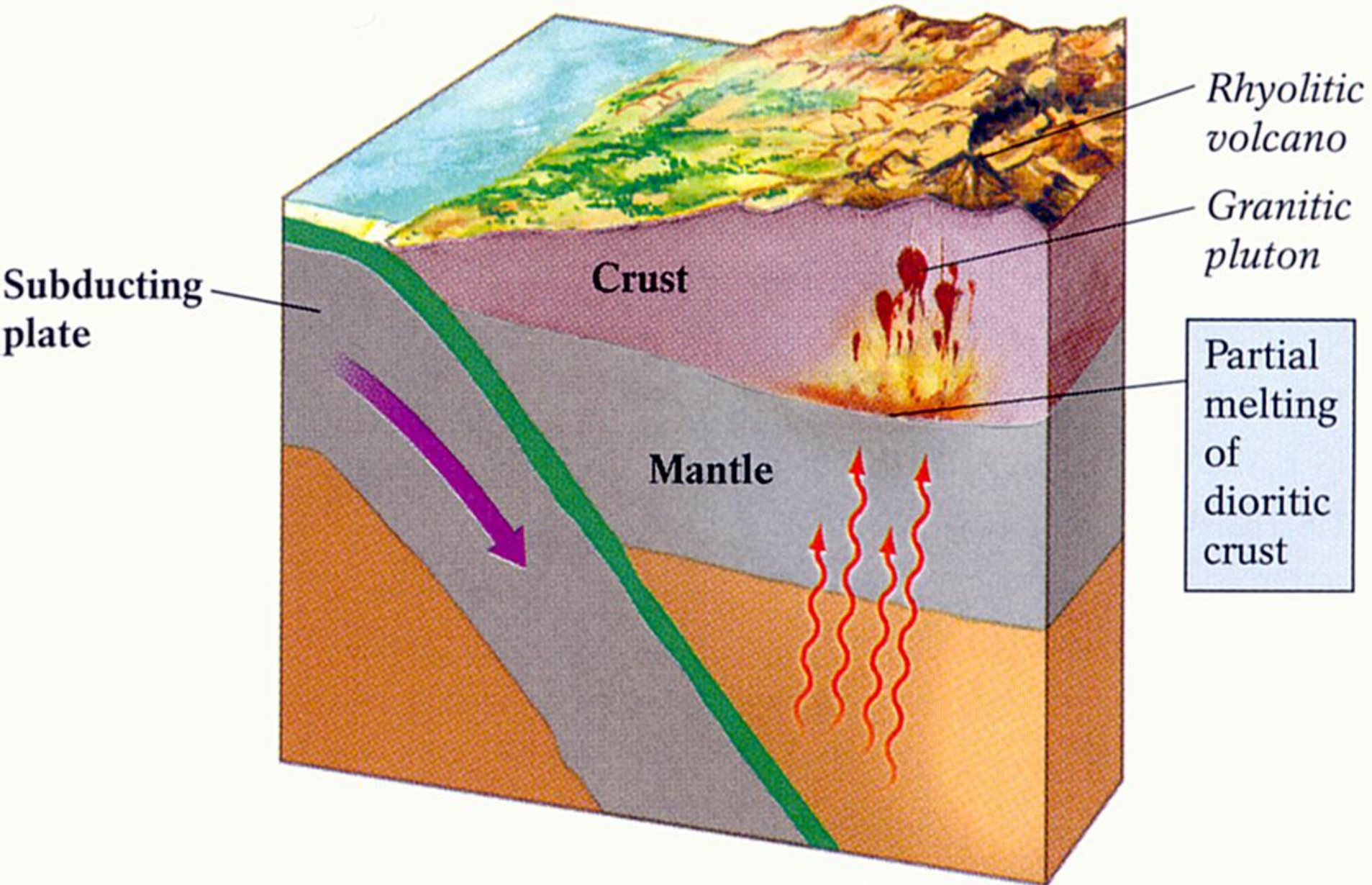
Rising current of warm magma-derived melt

Asthenosphere

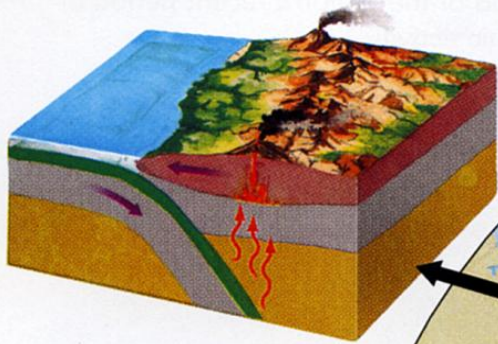
Partial melting and dewatering of subducting plate

**Δημιουργία Ανδεσιτών και Διοριτών**

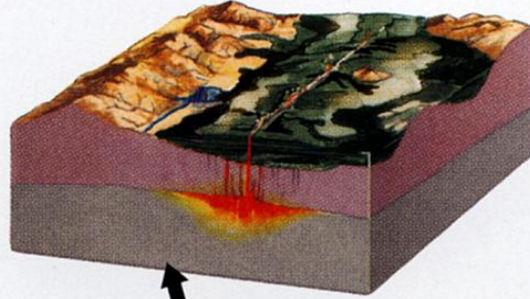
# Προέλευση Ρυολίθων και Γρανιτών



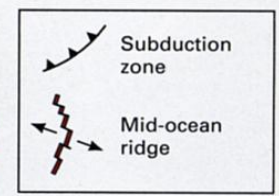
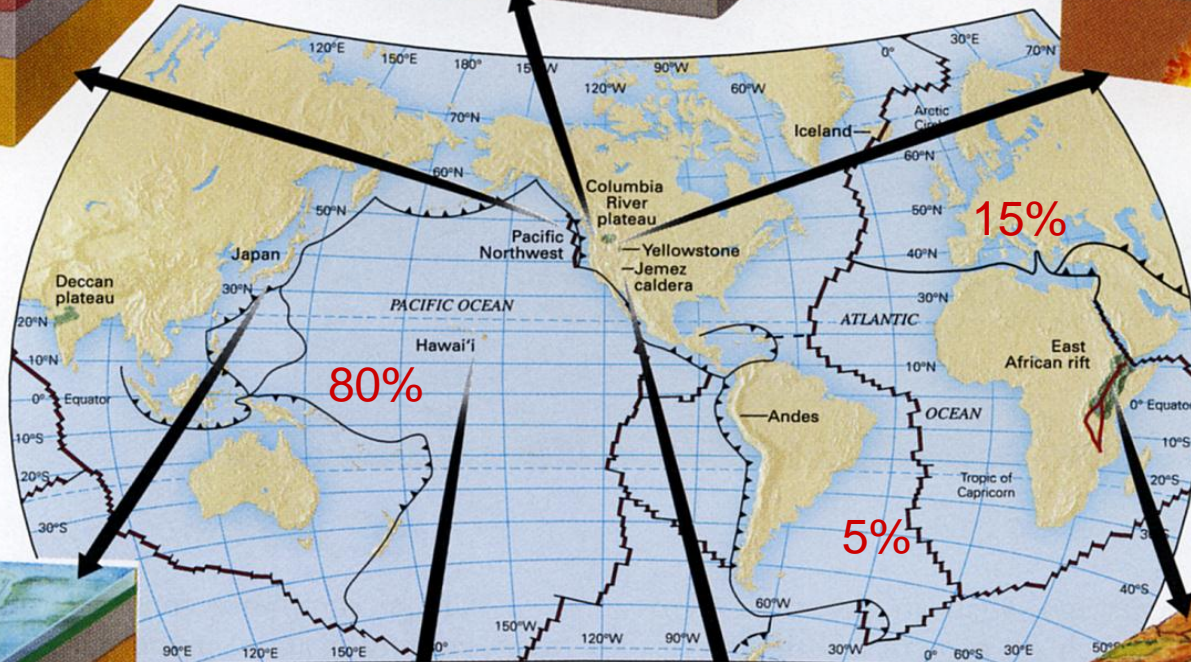
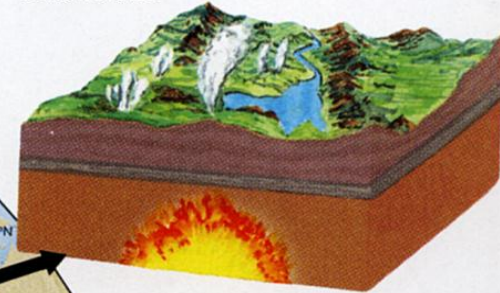
**Subduction zone**  
Pacific Northwest, Andes



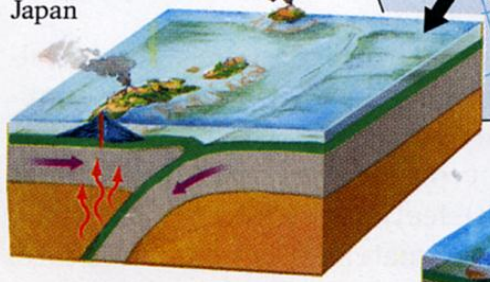
**Continental lava plateau**  
Columbia River plateau



**Continental intraplate hot spot**  
Yellowstone



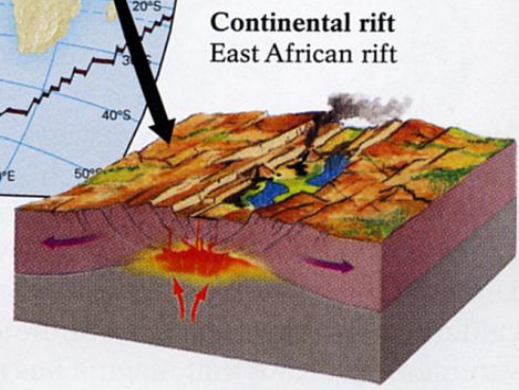
**Subduction-zone island arc**  
Japan



**Oceanic intraplate hot spot**  
Hawai'i



**Caldera**  
Incipient rifting;  
Jemez caldera

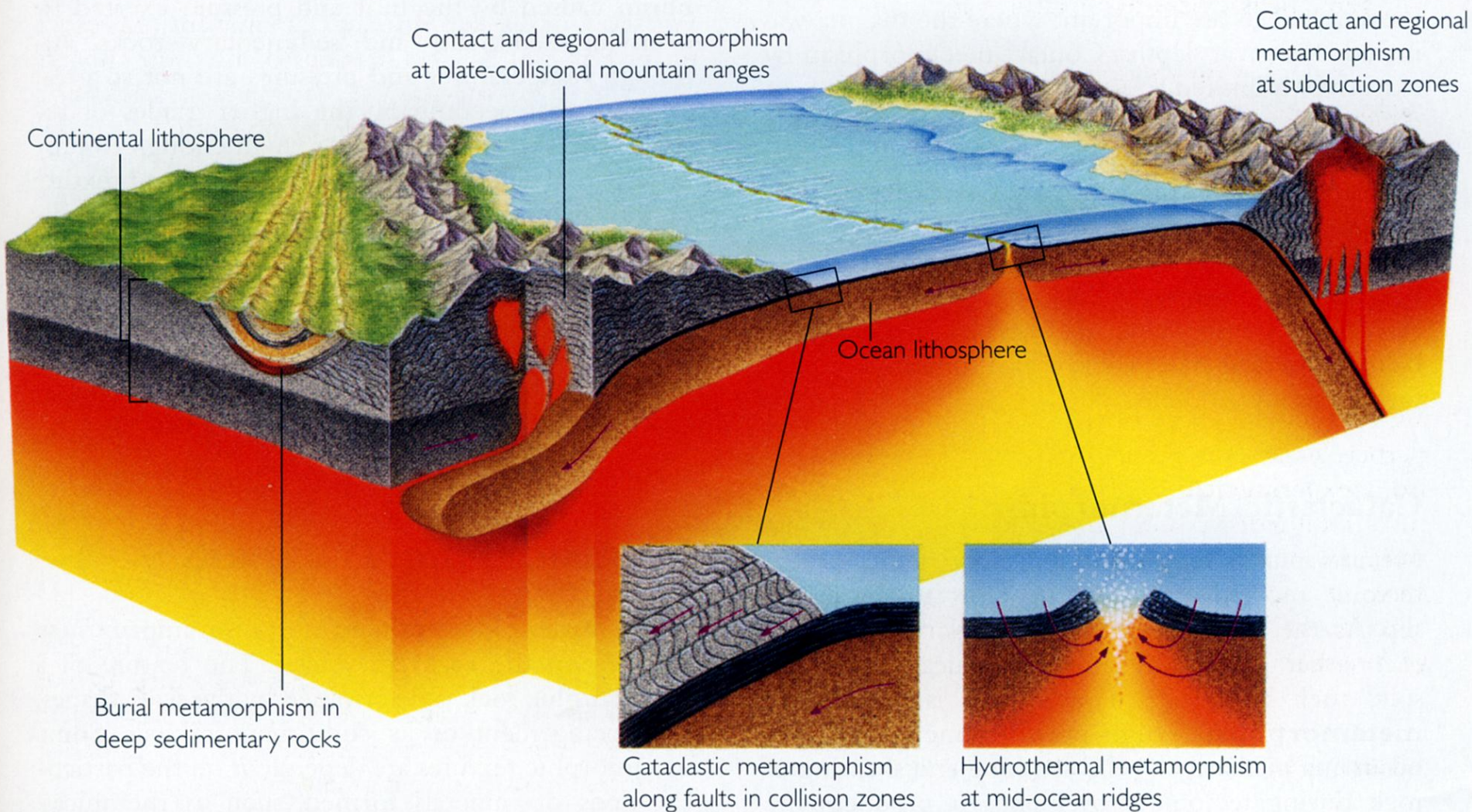


**Continental rift**  
East African rift

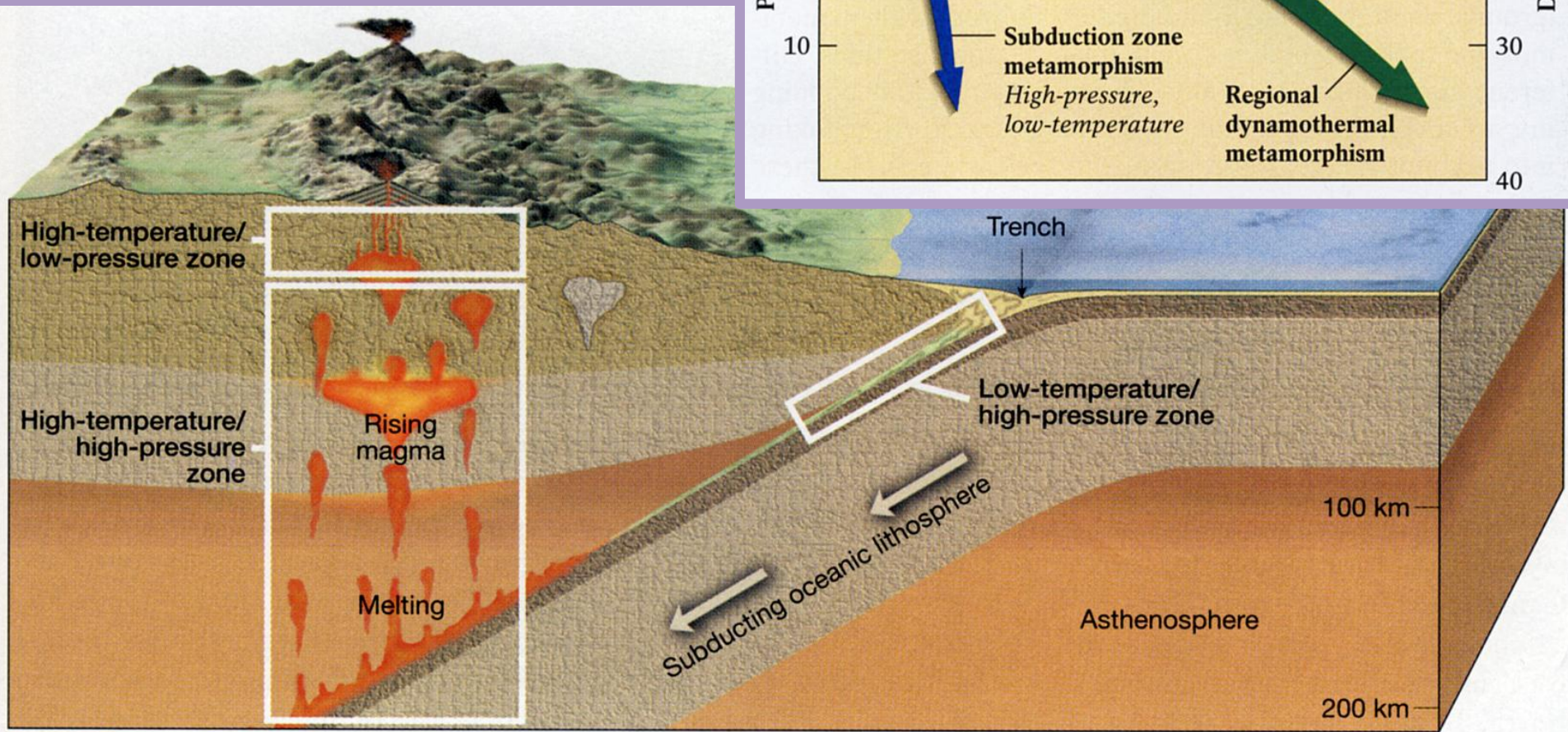
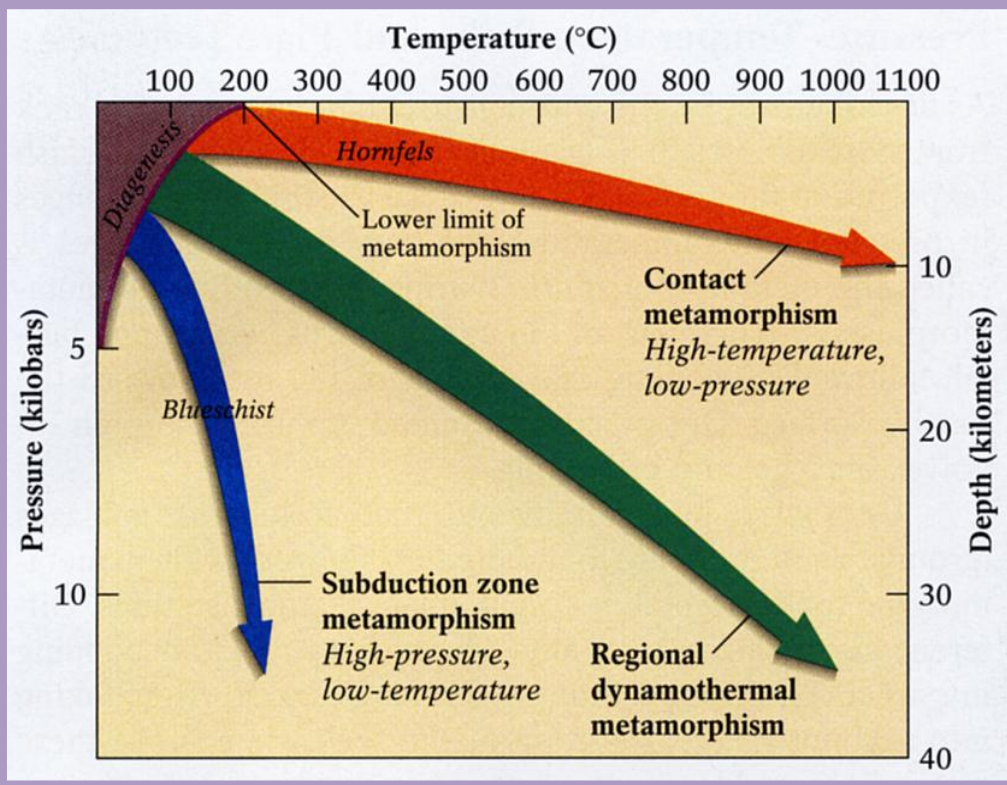
- ΤΥΠΟΣ ΕΚΡΗΞΗΣ
- ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

# Κατανομή Ηφαιστειότητας

# Κατανομή της μεταμόρφωσης στα πλαίσια των λιθοσφαιρικών πλακών



# P – T – t – D path





Τέλος

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/GEOL170/>



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Στυλιανός Λόζιος, Μανώλης Σκούρτσος 2015, Στυλιανός Λόζιος, Μανώλης Σκούρτσος. «Δυναμική Γεωλογία. Ενότητα 1: Εισαγωγή στην Τεκτονική των Λιθοσφαιρικών Πλακών». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL101/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1, Διαφάνεια 4: Χάρτης με τους ρυθμούς κίνησης των πλακών.  
Copyrighted.

Εικόνες 2-3, Διαφάνειες 5,7: Σχετική Κίνηση Πλακών σε σφαιρικό σώμα.  
Copyrighted.

Εικόνα 4, Διαφάνεια 9: Προσδιορισμός της Απόλυτης Κίνησης των Τεκτονικών Πλακών. Copyrighted.

Εικόνα 5, Διαφάνεια 10: Seamount Volcanic Chain. Copyrighted.

Εικόνα 6, Διαφάνεια 11: The Hawaiian-Emperor seamount chain on an Elevation World Map. Public domain.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EmperorSeamounts.jpg>





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/5)

Εικόνα 7, Διαφάνεια 12: Υπολογισμοί ανυσμάτων. Copyrighted.

Εικόνα 8, Διαφάνεια 13: Age of oceanic crust under the Pacific Ocean. Public domain.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pacific\\_seafloor\\_crust\\_age\\_2.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pacific_seafloor_crust_age_2.gif)

Εικόνα 9, Διαφάνεια 14: Volcanism in the American Northwest. Copyrighted.

<http://www.colorado.edu/geolsci/Resources/WUSTectonics/CRFB/northwest%20volcanism.JPG>

Εικόνες 10-11, Διαφάνεια 15: Copyrighted.

Εικόνα 12, Διαφάνεια 15: Diagram illustrating the formation of magnetic anomaly “stripes” at the mid-ocean ridges. Copyrighted.

[http://earthref.org/drupal/sites/earthref.org/files/images/users/akoppers/magnetic\\_anomalies2.jpg](http://earthref.org/drupal/sites/earthref.org/files/images/users/akoppers/magnetic_anomalies2.jpg)

Εικόνα 13, Διαφάνεια 16: Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/5)

Εικόνα 14, Διαφάνεια 16: GPS satellites. Copyrighted.

<https://www.vboxautomotive.co.uk/images/products/GPS-satellites.jpg>

Εικόνα 15, Διαφάνεια 16: Measuring plate movement. Copyrighted.

<http://oceanlink.info/SOLE/tectonics/images/rncan icon.gif>

Εικόνα 16, Διαφάνεια 16: GPS satellite. Copyrighted.

<http://www.310sw.afrc.af.mil/shared/media/ggallery/webgraphic/AFG-090723-019.jpg>

Εικόνα 17, Διαφάνεια 17: GPS satellites. Copyrighted.

Εικόνες 18-19, Διαφάνεια 19: Convection currents or convection cells. Thermal plumes. Copyrighted.

Εικόνα 20, Διαφάνεια 19: Convection (convection cells). Copyrighted. [http://fce-study.netdna-ssl.com/2/images/upload-flashcards/41/24/48/5412448\\_m.png](http://fce-study.netdna-ssl.com/2/images/upload-flashcards/41/24/48/5412448_m.png)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/5)

Εικόνα 21, Διαφάνεια 20: Παγκόσμια θερμική ροή. Copyrighted.

[http://zilant.kfu.ru/kek/geotektonika/Fig\\_2\\_36.jpg](http://zilant.kfu.ru/kek/geotektonika/Fig_2_36.jpg)

Εικόνα 22, Διαφάνεια 21: Τα αίτια κίνησης των πλακών. Copyrighted.

[http://liamscheff.com/wp-content/uploads/2010/07/PlumePlateEarth\\_600.jpg](http://liamscheff.com/wp-content/uploads/2010/07/PlumePlateEarth_600.jpg)

Εικόνα 23, Διαφάνεια 22: Οι δυνάμεις που κινούν τις πλάκες. Copyrighted.

Εικόνα 24, Διαφάνεια 23: Force Balance Models. Copyrighted.

Εικόνα 25, Διαφάνεια 24: Κατανομή της σεισμικότητας στο πλαίσιο της τεκτονικής των λιθοσφαιρικών πλακών. Copyrighted.

<http://www.uwgb.edu/dutchs/Graphics-Geol/SEISMOL/worlddata1.gif>

Εικόνα 26, Διαφάνεια 25: Η σεισμικότητα στο εσωτερικό των πλακών. Copyrighted.

Εικόνα 27, Διαφάνεια 26: Plate boundaries. Copyrighted.

<http://homepages.neiu.edu/~jmhemzac/121/PlateBoundaries.jpg>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/5)

Εικόνα 28, Διαφάνεια 27: Προέλευση Βασαλτών και Γάββρων. Copyrighted.

Εικόνα 29, Διαφάνεια 28: Δημιουργία Ανδεσιτών και Διοριτών. Copyrighted.

Εικόνα 30, Διαφάνεια 29: Προέλευση Ρυολίθων και Γρανιτών. Copyrighted.

Εικόνα 31, Διαφάνεια 30: Τύποι έκρηξης ηφαιστειών και μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά. Copyrighted.

Εικόνα 32, Διαφάνεια 31: Κατανομή της μεταμόρφωσης στα πλαίσια των λιθοσφαιρικών πλακών. Copyrighted.

<http://web.arc.losrios.edu/~borougt/MetEnvironments.jpg>

Εικόνα 33, Διαφάνεια 32: P – T – t – D path diagram. Copyrighted.

Εικόνα 34, Διαφάνεια 32: Metamorphic environments associated with plate tectonics. Copyrighted.

<http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/1268/1298926/07fig22.gif>

