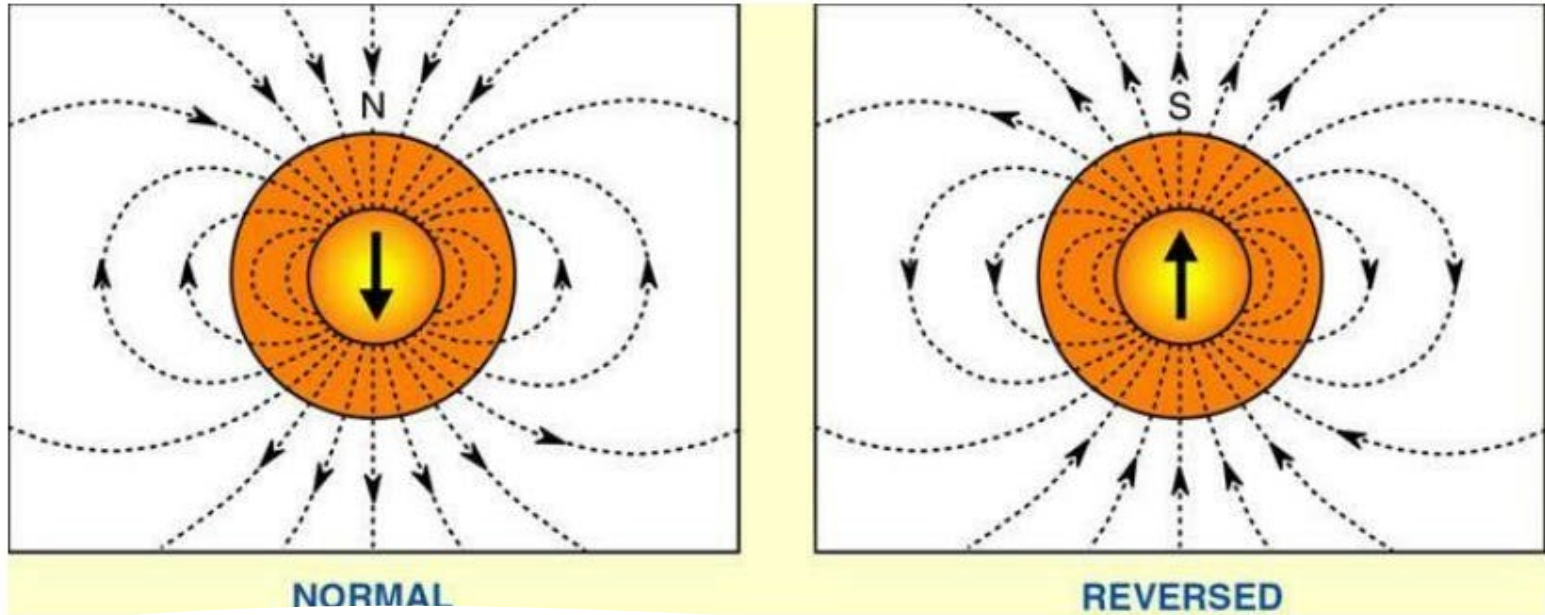




ΜΑΓΝΗΤΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ
ΚΟΝΤΑΚΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μαγνητοστρωματογραφία



Η μαγνητοστρωματογραφία είναι ένας κλάδος της στρωματογραφίας που περιλαμβάνει τη μελέτη των μαγνητικών ιδιοτήτων των ιζηματογενών και ηφαιστειακών πετρωμάτων για τη δημιουργία ενός χρονολογικού πλαισίου για την ιστορία της Γης.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Η Μαγνητοστρωματογραφία είναι μία γεωφυσική τεχνική συσχέτισης που χρησιμοποιείται για να χρονολογήσει ιζηματογενείς και ηφαιστειακές ακολουθίες. Η μέθοδος στηρίζεται στην **μέτρηση των μαγνητικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων**. Στα πετρώματα μετράται η χαρακτηριστική **παραμένουσα μαγνήτιση**, δηλαδή **η πολικότητα του γήινου μαγνητικού πεδίου όπως έχει αποτυπωθεί κατά τον χρόνο εναπόθεσης ή σχηματισμού του συγκεκριμένου στρώματος**. Αυτό είναι δυνατόν δεδομένου ότι τα ιζηματογενή πετρώματα προσλαμβάνουν και εγκολλώνουν στην παραμένουσα μαγνήτιση τους την κατεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου στην περιοχή εναπόθεσης τους. Αντίστοιχα τα ρέοντα ηφαιστειακά πετρώματα προσλαμβάνουν και αποτυπώνουν την θερμική παραμένουσα μαγνήτιση του τόπου εναπόθεσης τους.

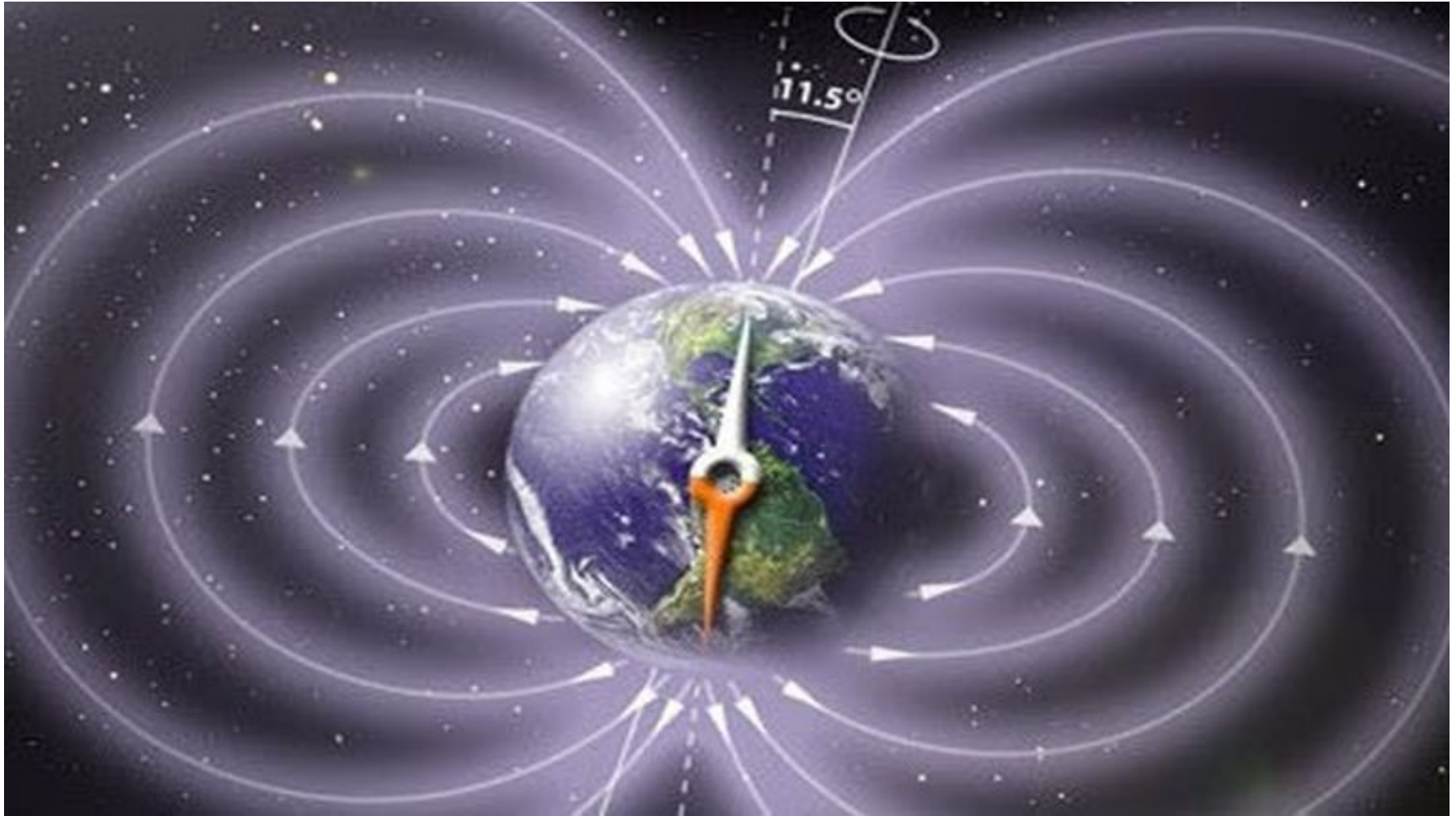
Επομένως η Μαγνητοστρωματογραφία στηρίζεται στη μέτρηση του παλαιομαγνητικού πεδίου στα πετρώματα και στα αρχαιολογικά υλικά που περιέχουν μαγνητικά ορυκτά και αποτυπώνουν την ένταση και κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή που σχηματίζονται. Η αποτύπωση των γεωμαγνητικών αναστροφών του γήινου μαγνητικού πεδίου στα στρωματογραφικά διαστήματα εναπόθεσης των ηφαιστειακών και ιζηματογενών πετρωμάτων προσφέρει μία γεωχρονολογική κλίμακα.

Η παραμένουσα μαγνήτιση είναι η μόνιμη μαγνήτιση ενός πετρώματος ή ιζήματος που αποτυπώνει το Γήινο μαγνητικό πεδίο την στιγμή που το ίζημα αποτέθηκε ή το μάγμα κρυσταλλώθηκε! Η παραμένουσα μαγνήτιση αποτελεί τη βάση του παλαιομαγνητισμού.

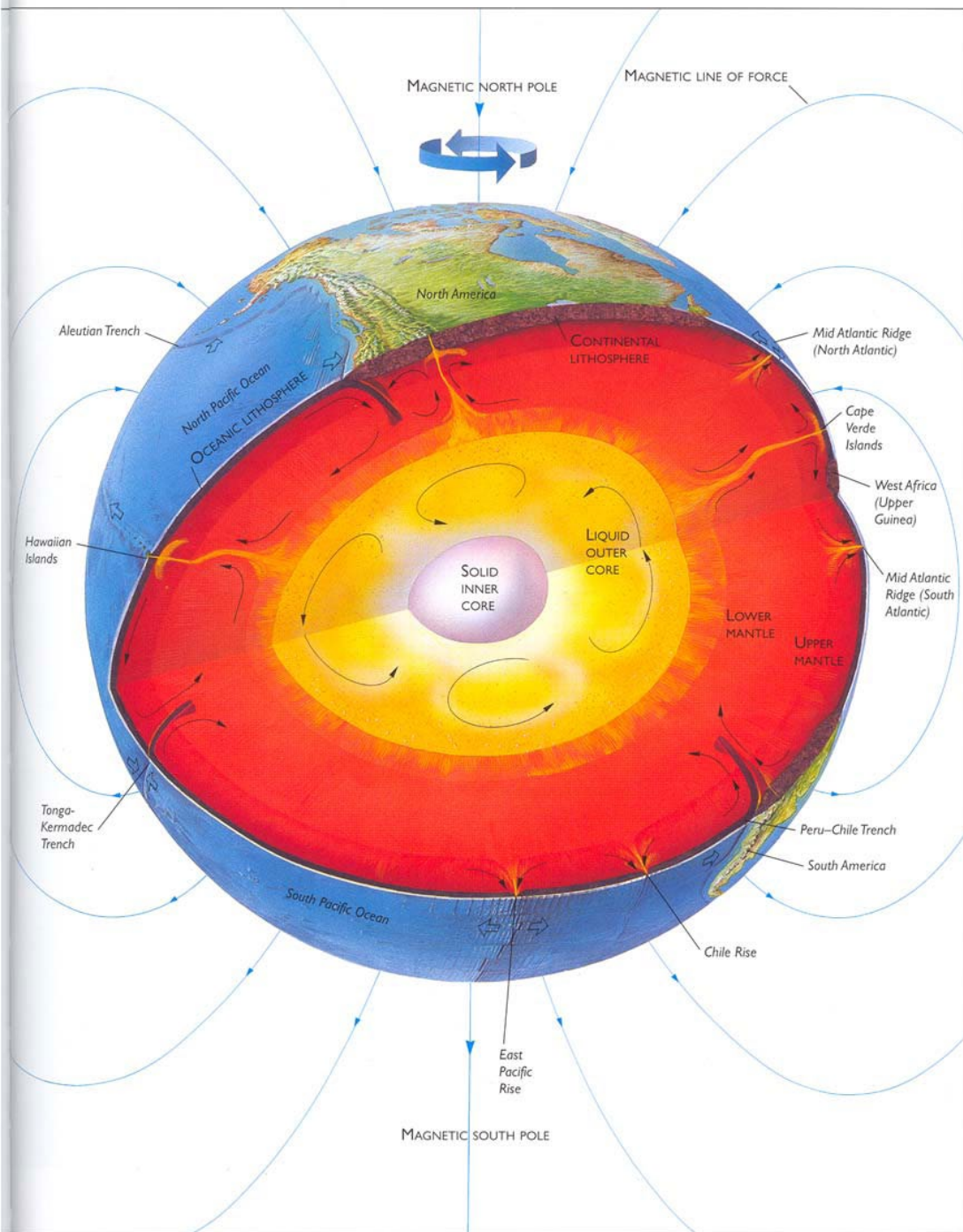
Η Μαγνητοστρωματογραφία στηρίζεται στην ιδιότητα που έχουν ορισμένα ορυκτά να καταγράφουν τα χαρακτηριστικά του γήινου μαγνητικού πεδίου. Όλα τα υλικά που βρίσκονται σε μαγνητικό πεδίο αποκτούν στιγμιαίο μαγνητισμό αλλά αυτή η Μαγνητική Επιδεκτικότητα είναι ασθενής. Ορισμένα μέταλλα (Fe, Ni, Co και τα οξείδια τους) έχουν την ιδιότητα να αποκτούν μαγνητισμό που είναι σύνθετη συνάρτηση του σημερινού μαγνητικού πεδίου καθώς και των προηγούμενων θερμοκρασιών και μαγνητικών πεδίων που διαδοχικά επέδρασαν σ' αυτά. Ο μαγνητισμός αυτός που ονομάζεται σιδηρομαγνητισμός έχει τιμή πολλές χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από τη μαγνητική επιδεκτικότητα. Ο μαγνητισμός εξαφανίζεται στα σιδηρομαγνητικά σώματα όταν ψυχθούν κάτω από το σημείο Κιουρί που είναι 358° για το Ni και 670° για το Fe. Έτσι οι κρύσταλλοι μαγνητίτη σε ένα βασάλτη αποτυπώνουν τα μαγνητικά χαρακτηριστικά (ένταση, διεύθυνση, κλίση) κατά την ψύξη κάτω από το σημείο Κιουρί. Έτσι όταν παίρνουμε ένα προσανατολισμένο δείγμα μπορούμε να βρούμε τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου κατά τη στιγμή της ψύξης του.

Τα ιζηματογενή πετρώματα παρουσιάζουν και αυτά μαγνητικά ορυκτά που μαγνητίστηκαν προηγουμένως και κατά την εναπόθεση τους προσανατολίζονται σαν μαγνητικά δίπολα. Η παραμένουσα μαγνήτιση δεν εξαρτάται από την ένταση του σημερινού μαγνητικού πεδίου. Κατά την θέρμανση, ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες, τα διάφορα μαγνητικά δίπολα αναδιατάσσονται και κατά την ψύξη προσανατολίζονται κατά την διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου.

Μετακίνηση των πόλων



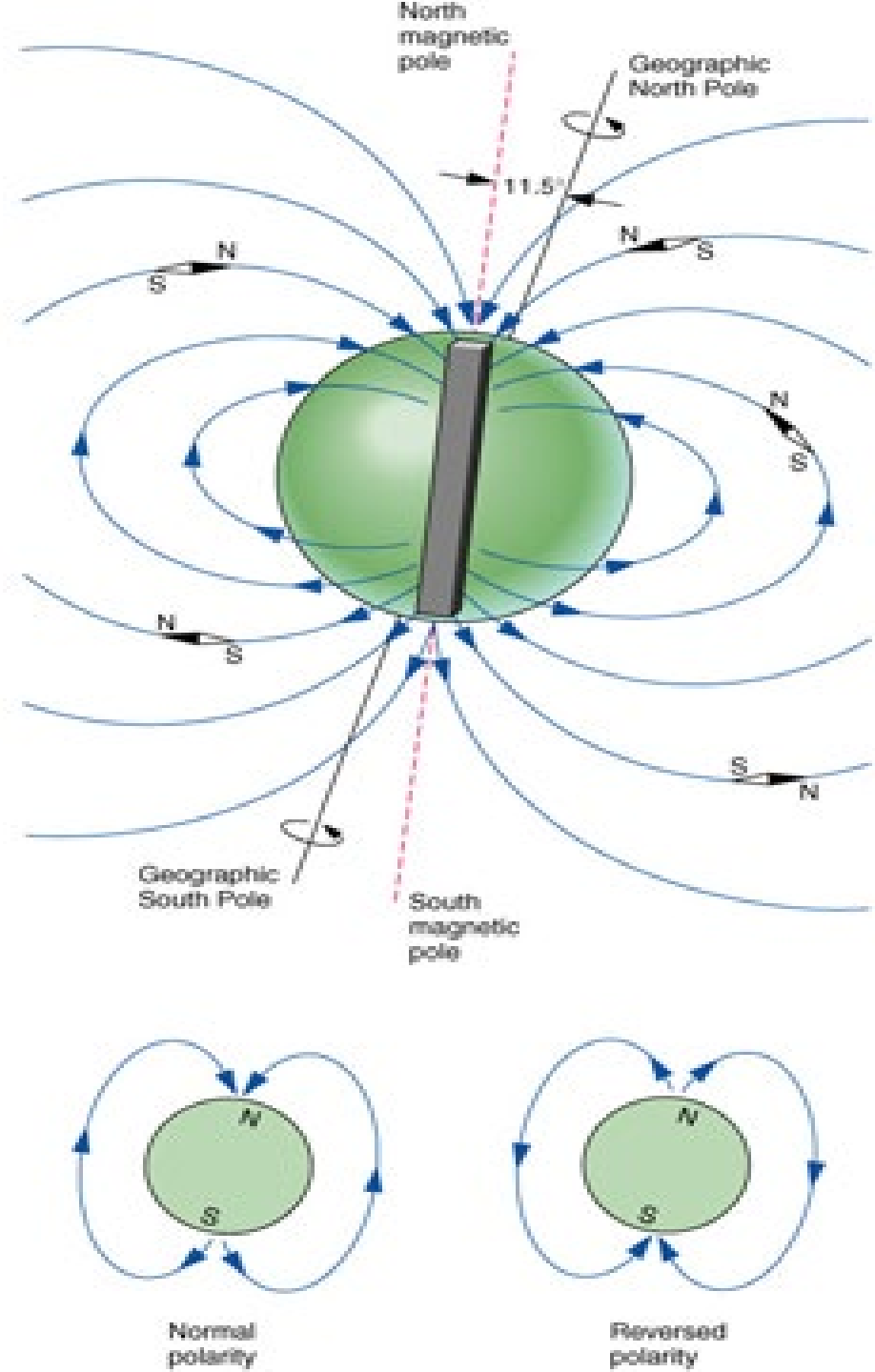
Το μαγνητικό πεδίο της Γης έχει υποστεί αλλαγές με την πάροδο του χρόνου και οι αλλαγές αυτές καταγράφονται στα πετρώματα, παρέχοντας ένα εργαλείο για τη χρονολόγηση και τη συσχέτιση των γεωλογικών σχηματισμών.



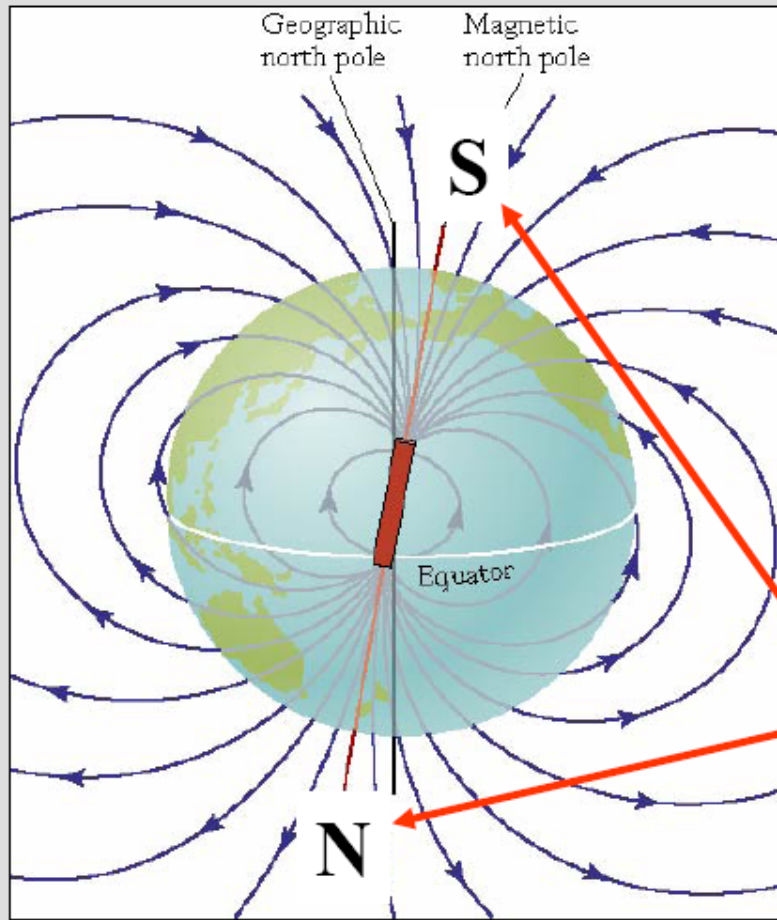
- Γεωδυναμική διαδικασία:** Ο εξωτερικός πυρήνας της Γης αποτελείται κυρίως από λιωμένο σίδηρο και νικέλιο. Η διαδικασία του γεωδυναμικού περιλαμβάνει την κίνηση αυτού του ηλεκτρικά αγώγιμου ρευστού. Καθώς η Γη περιστρέφεται, η κίνηση του λιωμένου μετάλλου στον εξωτερικό πυρήνα δημιουργεί ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία, με τη σειρά τους, δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο.
- Πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις:** Η δυναμική του εξωτερικού πυρήνα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της ροής θερμότητας, των ρευμάτων μεταφοράς και της περιστροφής της Γης. Οι αλληλεπιδράσεις είναι εξαιρετικά πολύπλοκες και μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στη δομή και τη συμπεριφορά του γεωδυναμικού.
- Καταγραφή σε πετρώματα:** Τα πετρώματα που σχηματίζονται στην επιφάνεια της Γης ή κοντά σε αυτήν διατηρούν μια καταγραφή του επικρατούντος μαγνητικού πεδίου κατά τη στιγμή του σχηματισμού τους. Όταν τα λιωμένα πετρώματα στερεοποιούνται, τα ορυκτά μέσα σε αυτά ευθυγραμμίζονται με το μαγνητικό πεδίο του περιβάλλοντος και "παγώνουν" αυτές τις πληροφορίες. Μελετώντας τις μαγνητικές υπογραφές στα πετρώματα, οι επιστήμονες μπορούν να εντοπίσουν περιόδους κανονικής και αντίστροφης πολικότητας.
- Δεν υπάρχει προβλέψιμο μοτίβο:** Οι γεωμαγνητικές αναστροφές δεν συμβαίνουν σε τακτά χρονικά διαστήματα και επί του παρόντος δεν υπάρχει προβλέψιμο μοτίβο για το πότε μπορεί να συμβεί η επόμενη αναστροφή. Οι αναστροφές μπορεί να χρειαστούν χιλιάδες χρόνια για να ολοκληρωθούν.

Μαγνητικό Πεδίο της Γης

- Ένα **μαγνητικό πεδίο** (περιοχή μαγνητικής δύναμης) περιβάλλει την Γη
 - Το πεδίο έχει βόρειο και νότιο **μαγνητικούς πόλους**
 - Το μαγνητικό πεδίο της Γης είναι ότι ανιχνεύεται από την πυξίδα
 - Καταγράφεται από τα μαγνητικά ορυκτά (π.χ., μαγνητίτης) στα πυριγενή πετρώματα όταν αυτά ψύχονται κάτω από το **σημείο Curie** τους



Magnetostratigraphy



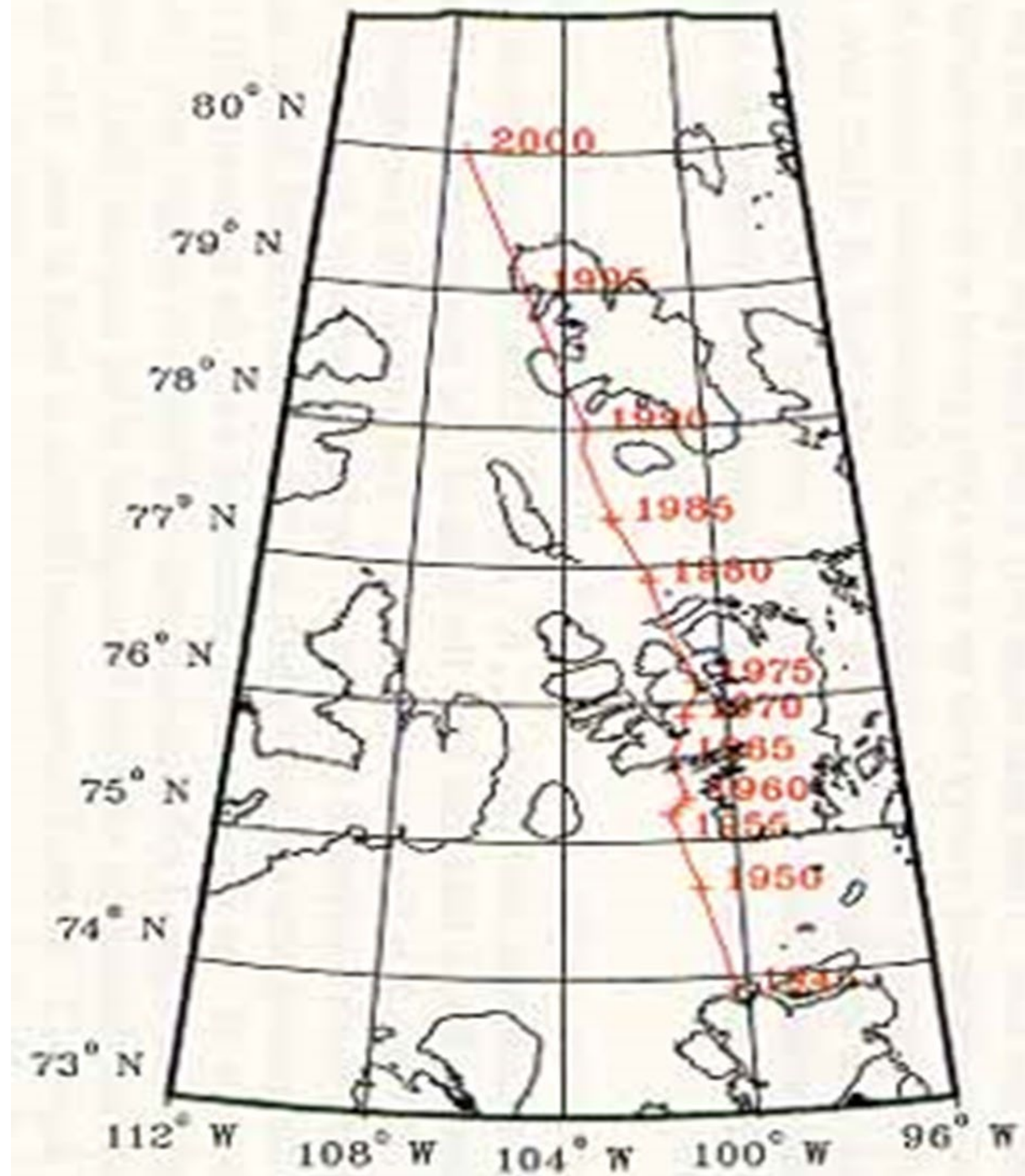
- The Earth has a magnetic field

- north is north; south is south, but...

.... It hasn't always been that way

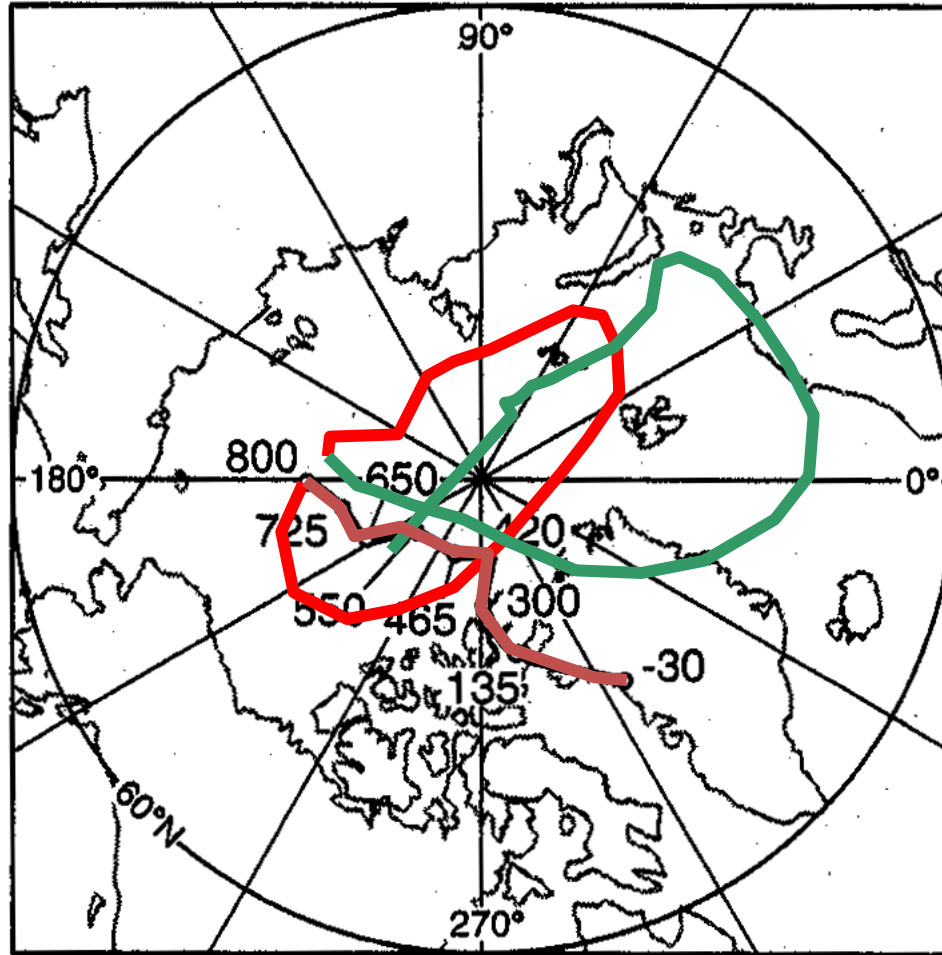
Magnetic reversals

Μετακίνηση των θέσεων του βόρειου μαγνητικού πόλου της Γης σύμφωνα με τις γεωμαγνητικές καταγραφές για το διάστημα 1945-2000.



Ο βόρειος μαγνητικός πόλος τα τελευταία 3700 χρόνια

-30 to 3690 BP



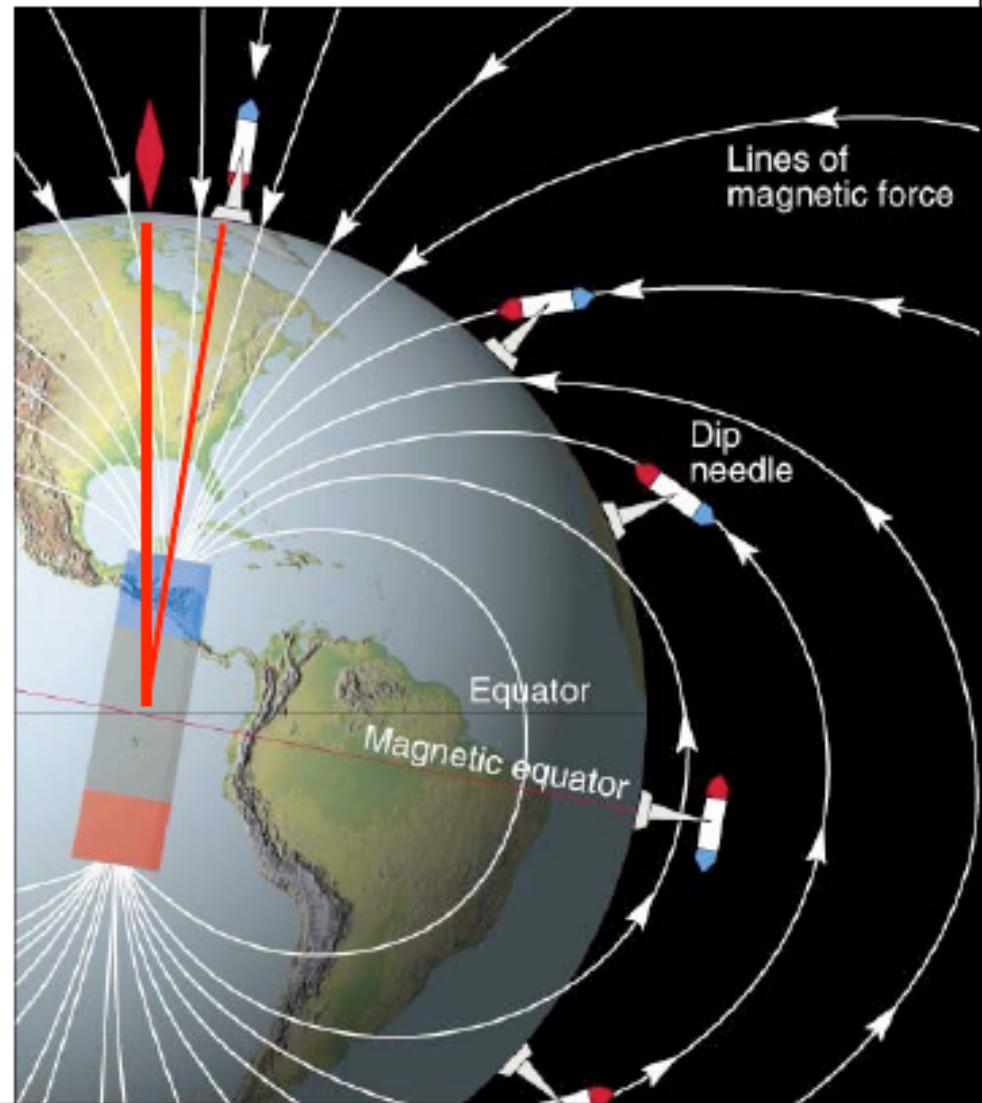
Average pole position
for all data
(94 poles):
88.4 N
23.8 W
**1.6 degrees from
geographic North Pole**

— -30 to 800 BP
— 800 to 1940 BP
— 1940 to 3690 BP

Calibrated radiocarbon years before
present, (B.P, AD1950=0)

Earth's Magnetic Field:

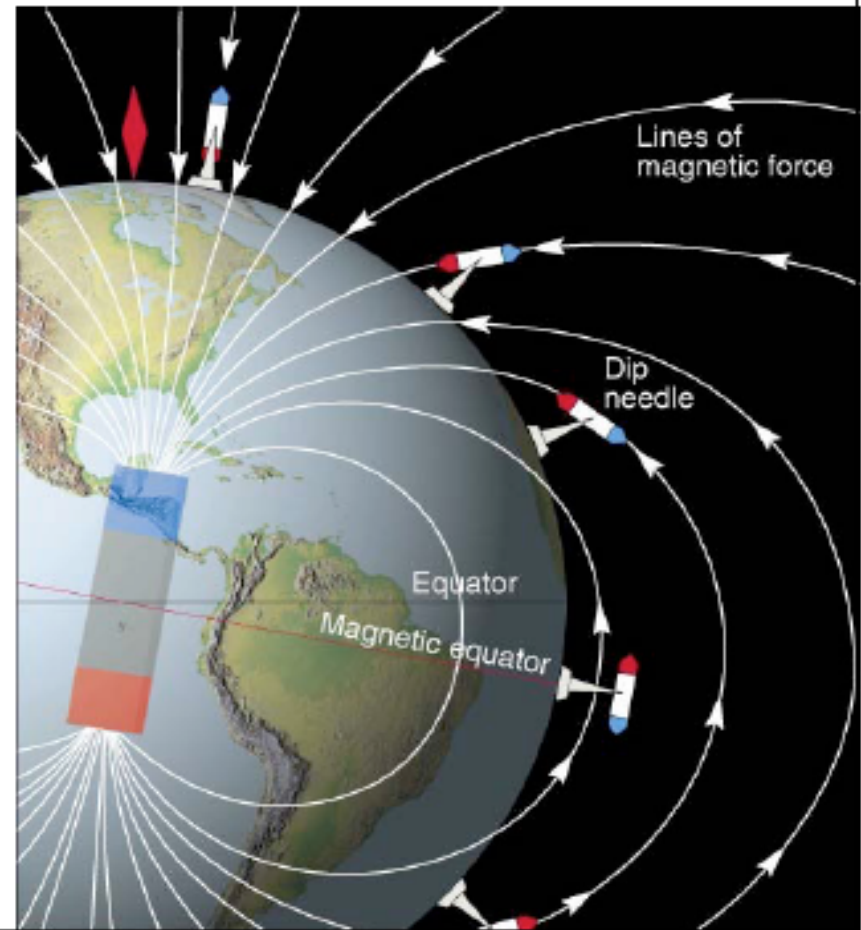
- Earth has a strong dipole magnetic field
 - Outer core (Fe, Ni) convection
 - Electric currents
- 11.5° Angle between Magnetic and Geographic North poles
- field reversals
 - irregular intervals
 - Not instantaneous



Paleomagnetism:

Normal polarity:

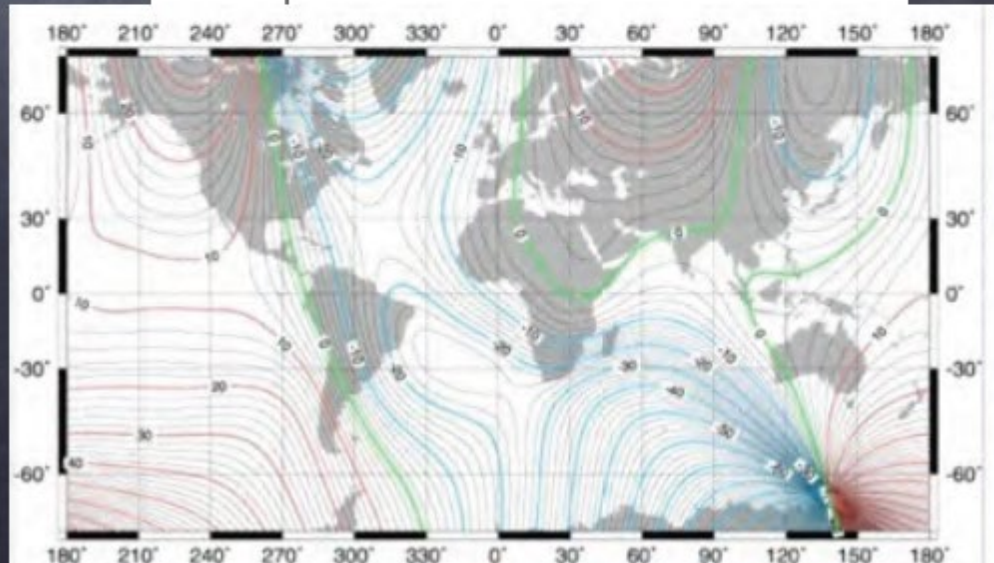
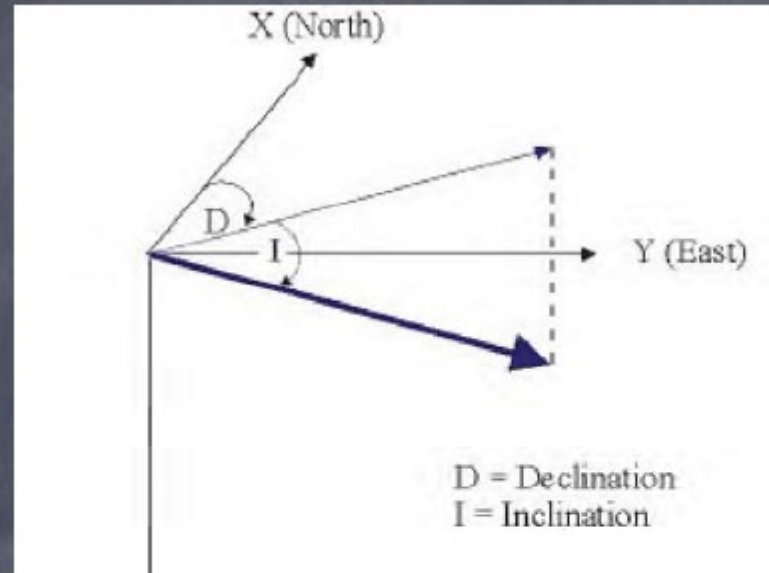
- **Inclination** – angle from vertical
 - downward N. hemisphere
 - upward S. hemisphere
 - 90 to -90 (\sim latitude)
- **Declination** – angle in the horizontal from geographic North
 - Normal – close to 0°
 - Reverse – close to 180°



Declination-απόκλιση, Inclination- κλίση

Earth's magnetism

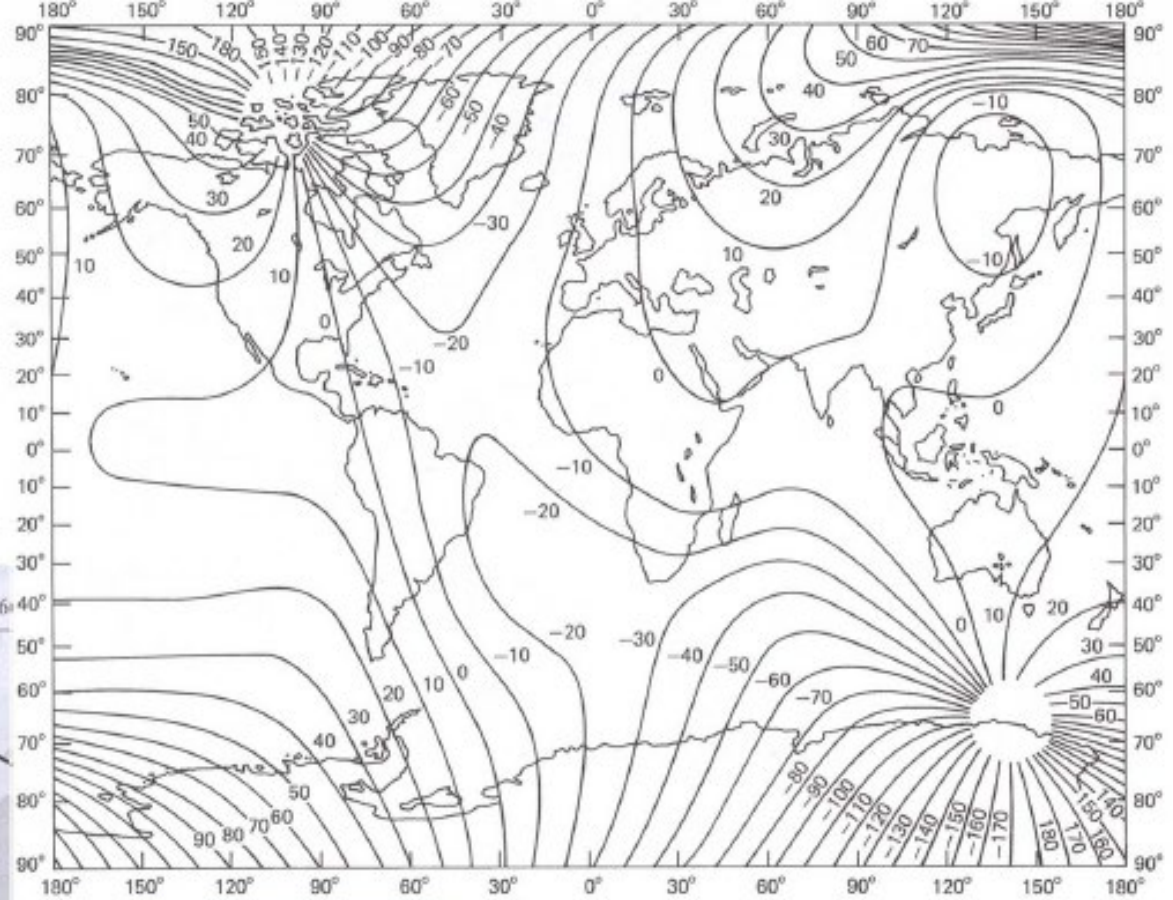
- Declination = angle between magnetic north and geographic north
- Geomagnetic north pole is located at 79.74°N and 71.78°W
- Inclination = amount of dip of a free needle relative to the horizontal intensity



DECLINATION = ΑΠΟΚΛΙΣΗ

INCLINATION = ΚΛΙΣΗ

Present-day declination



Present-day inclination

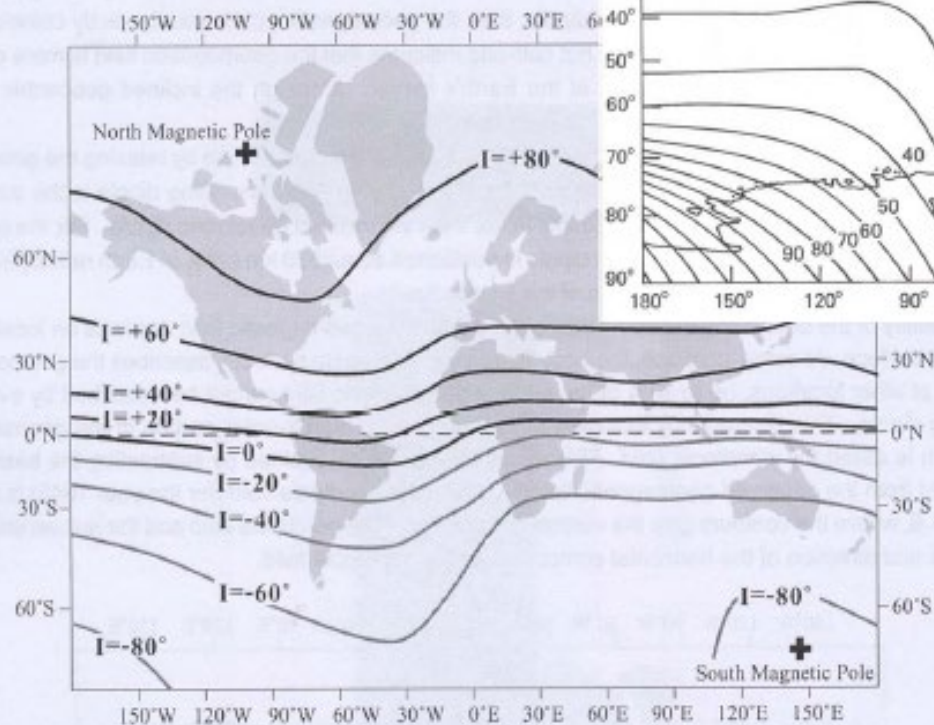


Figure 1.4 Isoclinic chart of the Earth's magnetic field for 1945. Contours are lines of equal inclination of the geomagnetic field; the locations of the magnetic poles are indicated by plus signs; Mercator map projection. Redrawn after McElhinny (1973).

Το μαγνητικό πεδίο της Γης αλλάζει: Το μαγνητικό πεδίο της Γης αλλάζει περιοδικά την πολικότητά του, πράγμα που σημαίνει ότι ο βόρειος και ο νότιος μαγνητικός πόλος αλλάζουν θέση. Οι αλλαγές αυτές είναι γνωστές ως γεωμαγνητικές αναστροφές.

Καταγραφή στα πετρώματα: Τα πετρώματα που σχηματίζονται στην επιφάνεια της Γης ή κοντά σε αυτήν συχνά περιέχουν ορυκτά που ευθυγραμμίζονται με το επικρατούν μαγνητικό πεδίο κατά τη στιγμή του σχηματισμού τους. Όταν αυτά τα πετρώματα στερεοποιούνται, "κλειδώνουν" τις μαγνητικές πληροφορίες.

Μέτρηση μαγνητικών ιδιοτήτων: Οι γεωλόγοι χρησιμοποιούν όργανα για τη μέτρηση των μαγνητικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων, συμπεριλαμβανομένης της πολικότητάς τους. Μελετώντας τις μαγνητικές αποτυπώσεις μέσα σε ακολουθίες πετρωμάτων, οι ερευνητές μπορούν να εντοπίσουν περιόδους κανονικής (όπως σήμερα) ή ανάστροφης μαγνητικής πολικότητας.

Συσχέτιση και χρονολόγηση: Η μαγνητοστρωματογραφία βοηθά τους γεωλόγους να συσχετίζουν τους σχηματισμούς πετρωμάτων σε διαφορετικές τοποθεσίες και να αποδίδουν ηλικίες σε ιζηματογενή ή ηφαιστειακά στρώματα με βάση τον γνωστό χρόνο των γεωμαγνητικών αναστροφών.

Γεωλογική χρονική κλίμακα: Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τη μαγνητοστρωματογραφία συμβάλλουν στην κατασκευή της γεωλογικής χρονολογικής κλίμακας, η οποία είναι ένα χρονοδιάγραμμα της ιστορίας της Γης που βασίζεται σε διάφορες μεθόδους χρονολόγησης.

Κοσμικές διαφοροποιήσεις του Μαγνητικού πεδίου: γνωστές από σύγχρονες και Ιστορικές μεταβολές.

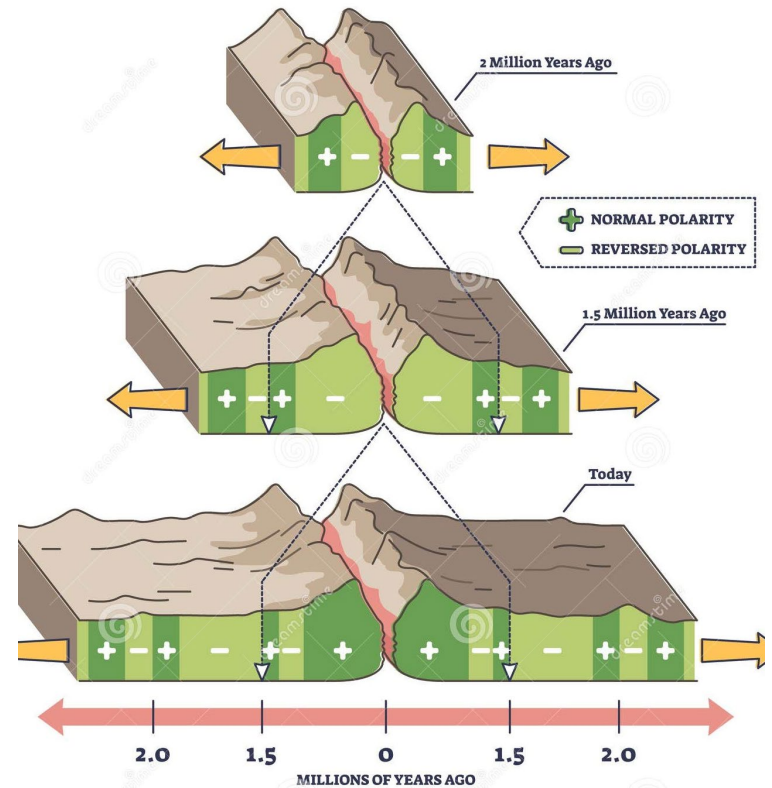
- ❖ **Αρχαιομαγνητισμός:** μεταβολές του μαγνητικού πεδίου κατά το Ολόκαινο
- ❖ **Παλαιομαγνητισμός:** μελετάει τη προγενέστερη ιστορία του μαγνητικού πεδίου της Γης

Αναστροφές πολικότητας

- Αναστροφές πολικότητας τα τελευταία 5 εκατομμύρια χρόνια
→ χερσαίο αρχείο.
- Αναστροφές πολικότητας τα 200 εκατομ. χρόνια → Μεσσωκεάνιες ράχεις.

Παλαιομαγνητισμός

- Ο παλαιομαγνητισμός είναι η μελέτη του μαγνητικού πεδίου της Γης στο παρελθόν, όπως αυτό καταγράφεται σε πετρώματα, ιζήματα ή αρχαιολογικά υλικά.
- Αυτός ο τομέας της Γεωφυσικής χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που διατηρούνται στις μαγνητικές ιδιότητες αυτών των υλικών για να κατανοήσει τη συμπεριφορά του μαγνητικού πεδίου της Γης κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου.



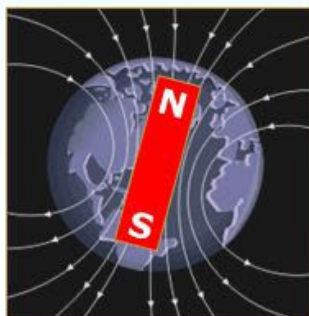
Παλαιομαγνητισμός

Γιατί είναι σημαντικός ο παλαιομαγνητισμός ;

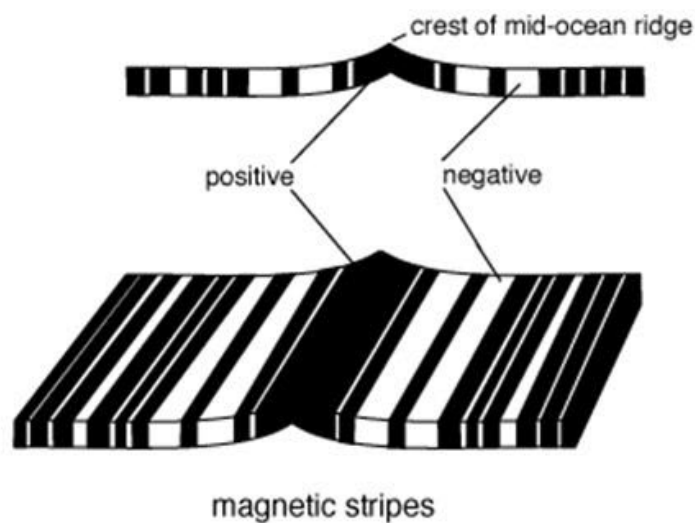
1. Ο καθορισμός της κατεύθυνσης της μαγνήτισης των υλικών δίνει πληροφορίες για τη διεύθυνση και τη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε διάφορους τόπους της Γης στο παρελθόν.
2. Ο καθορισμός του μέτρου της μαγνήτισης των υλικών δίνει πληροφορίες για το μέτρο του μαγνητικού πεδίου σε διάφορα μέρη της Γης στο παρελθόν, επειδή το μέτρο της μαγνήτισης ενός υλικού εξαρτάται από το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου της Γης που προκάλεσε τη μαγνήτιση
3. Οι μαγνητικές ιδιότητες των πετρωμάτων αποτελούν αρχεία της μαγνητικής ιστορίας της Γης και πηγή βασικών πληροφοριών για τη Γεωδυναμική.
4. Το παλαιομαγνητικό αρχείο των πετρωμάτων έχει το μεγάλο πλεονέκτημα, έναντι άλλων γεωλογικών αρχείων (παλαιοντολογικό, κλπ), ότι τα παλαιομαγνητικά δεδομένα πρέπει να παρουσιάζουν συνέπεια σε παγκόσμια κλίμακα επειδή το γήινο μαγνητικό πεδίο έχει παγκόσμιο χαρακτήρα.

Παλαιομαγνητισμός

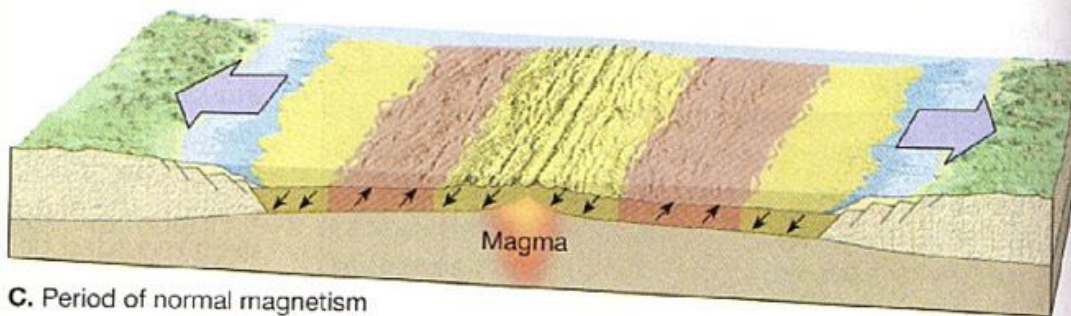
Παλαιομαγνητισμός



positive magnetic anomaly negative magnetic anomaly
Earth's magnetic field

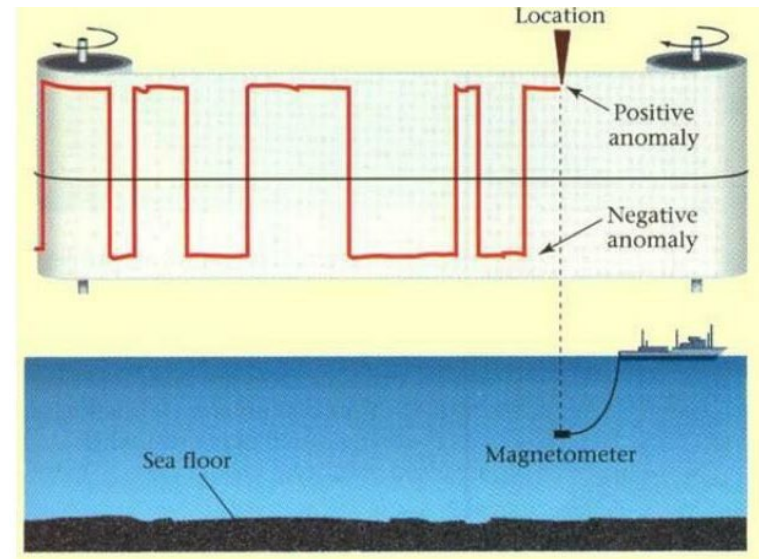


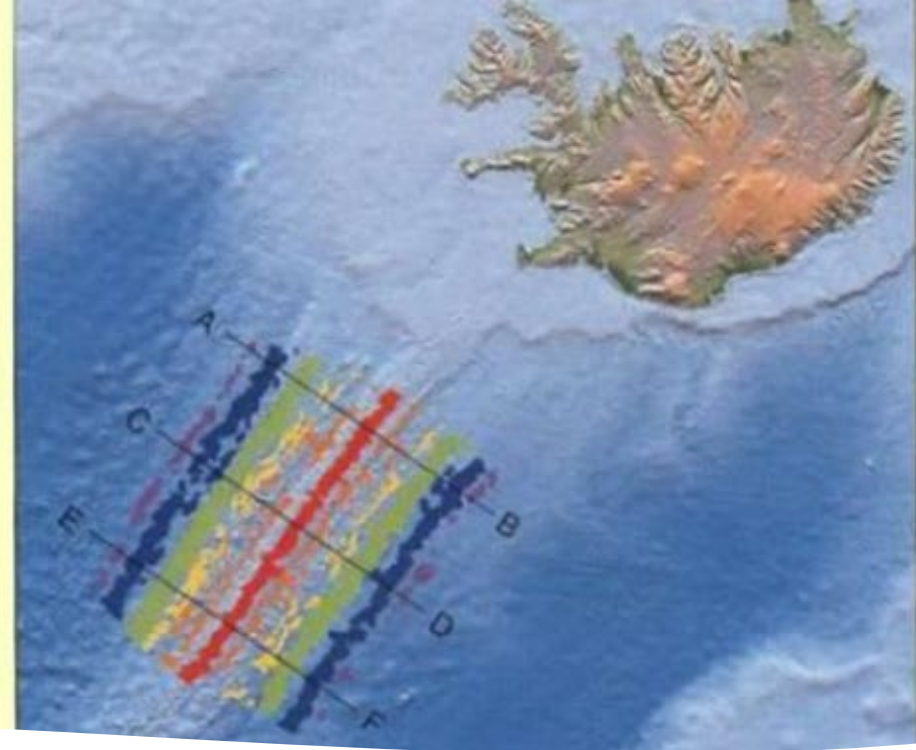
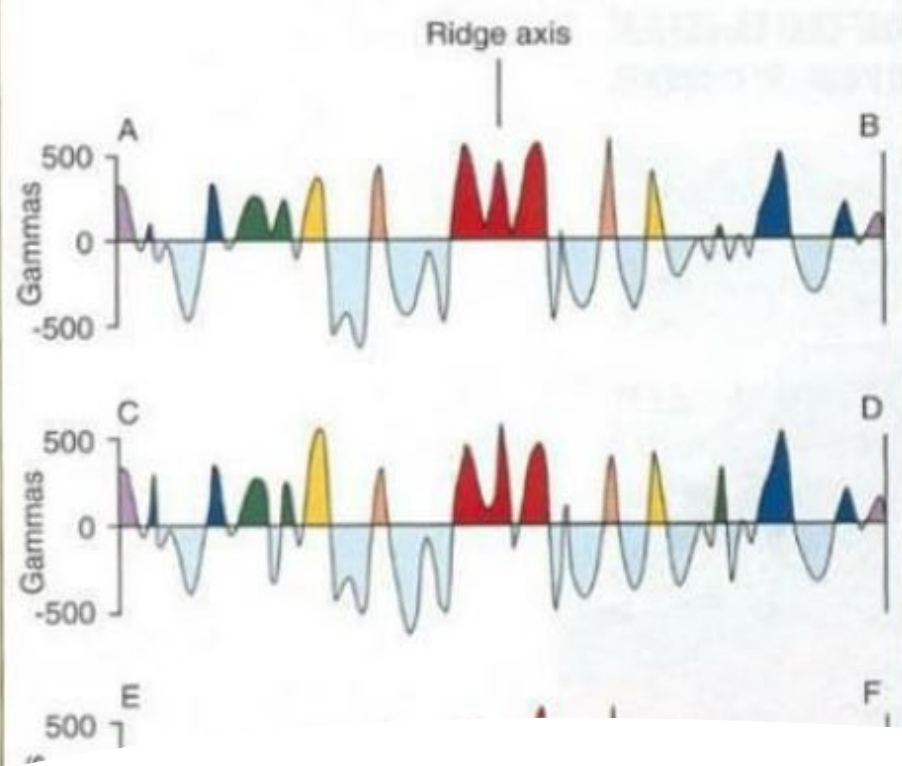
B. Period of reverse magnetism



Μαγνητικές Ανωμαλίες

- Μια μαγνητική ανωμαλία αναφέρεται σε μια μεταβολή της έντασης ή της κατεύθυνσης του μαγνητικού πεδίου της Γης σε μια συγκεκριμένη θέση.
- Αυτές οι ανωμαλίες είναι αποκλίσεις από τις αναμενόμενες ή "κανονικές" μαγνητικές συνθήκες για τη συγκεκριμένη περιοχή.
- Οι μαγνητικές ανωμαλίες μπορούν να εντοπιστούν και να χαρτογραφηθούν χρησιμοποιώντας όργανα όπως τα μαγνητόμετρα, τα οποία μετρούν την ισχύ και την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου.



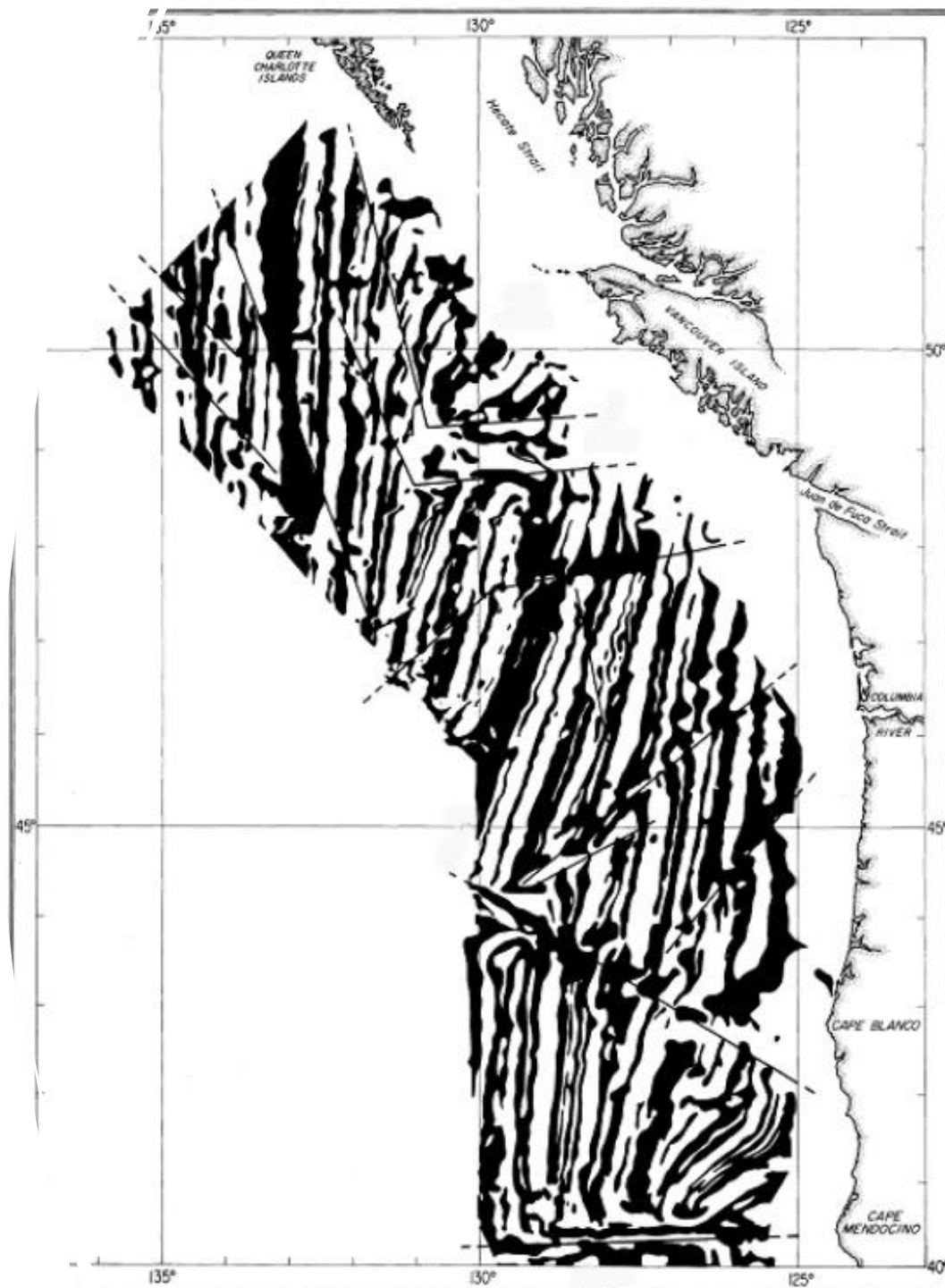


Μαγνητικές Ανωμαλίες

- **Θετική μαγνητική ανωμαλία:**
 - Εμφανίζεται όταν η μετρούμενη ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι υψηλότερη από τον αναμενόμενο ή τον περιφερειακό μέσο όρο.
 - Συχνά σχετίζεται με την παρουσία μαγνητικών ορυκτών ή πετρωμάτων με μαγνητική επιδεκτικότητα υψηλότερη του μέσου όρου.
 - Οι θετικές ανωμαλίες μπορεί να είναι ενδεικτικές υπόγειων γεωλογικών χαρακτηριστικών, όπως πυριγενή πετρώματα (π.χ. βασάλτης) ή μαγνητικά ορυκτά.
- **Αρνητική μαγνητική ανωμαλία:**
 - Εμφανίζεται όταν η μετρούμενη ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι χαμηλότερη από τον αναμενόμενο ή τον περιφερειακό μέσο όρο.
 - Συχνά συνδέεται με την παρουσία πετρωμάτων ή γεωλογικών δομών που έχουν χαμηλότερη μαγνητική επιδεκτικότητα.
 - Οι αρνητικές ανωμαλίες μπορεί να προκληθούν από μη μαγνητικά πετρώματα, ιζηματογενείς σχηματισμούς ή ορισμένους τύπους γεωλογικών δομών.

Θαλάσσιες Μαγνητικές Ανωμαλίες

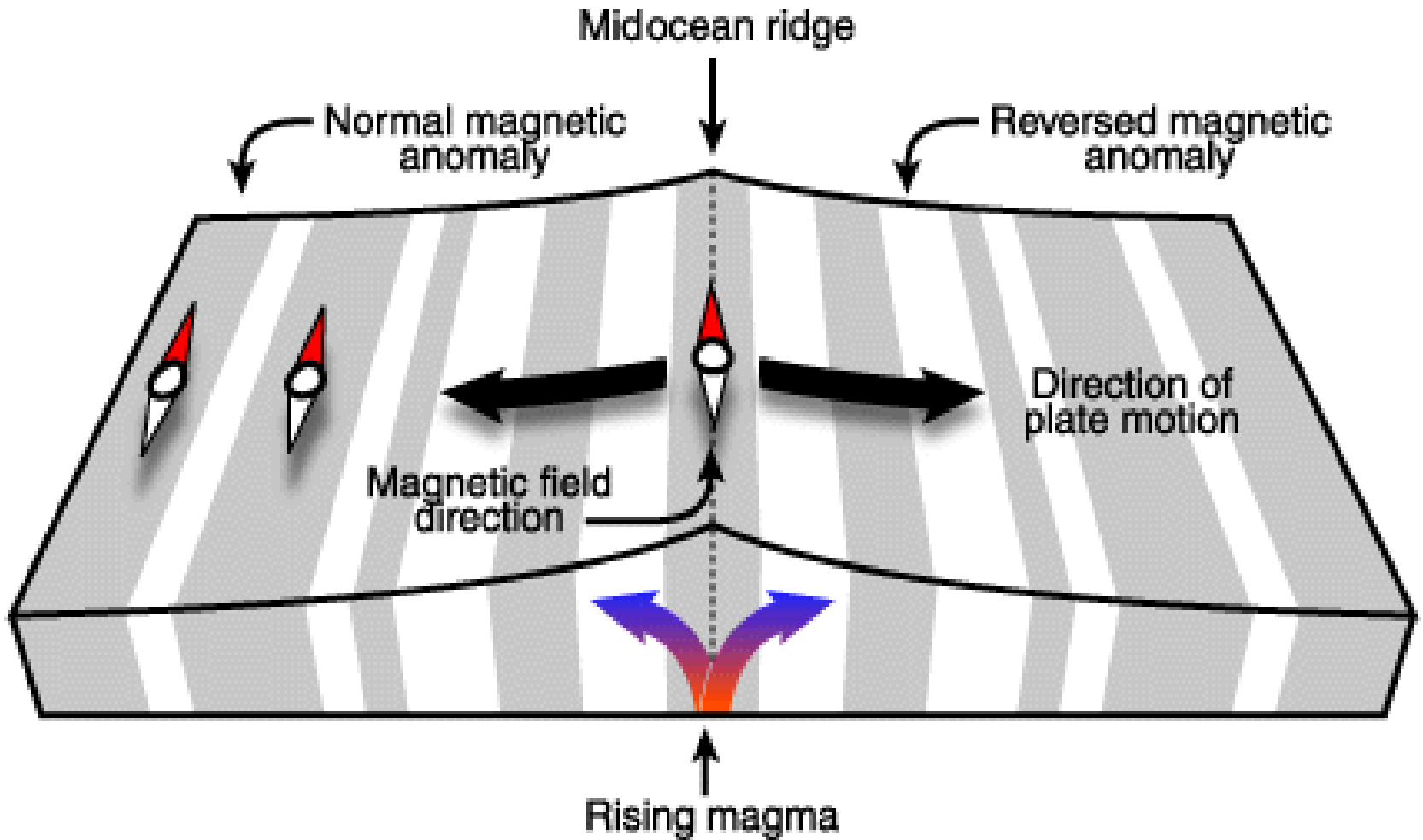
- Οι θαλάσσιες μαγνητικές ανωμαλίες αναφέρονται σε μεταβολές του μαγνητικού πεδίου της Γης που μετρώνται πάνω από τον πυθμένα του ωκεανού.
- Αυτές οι ανωμαλίες αποτέλεσαν κρίσιμο στοιχείο για την υποστήριξη της θεωρίας της τεκτονικής των πλακών.
- Η μελέτη των θαλάσσιων μαγνητικών ανωμαλιών έχει παράσχει πολύτιμες πληροφορίες για τις δυναμικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κάτω από τον φλοιό της Γης.



Δημιουργία του ωκεάνιου φλοιού

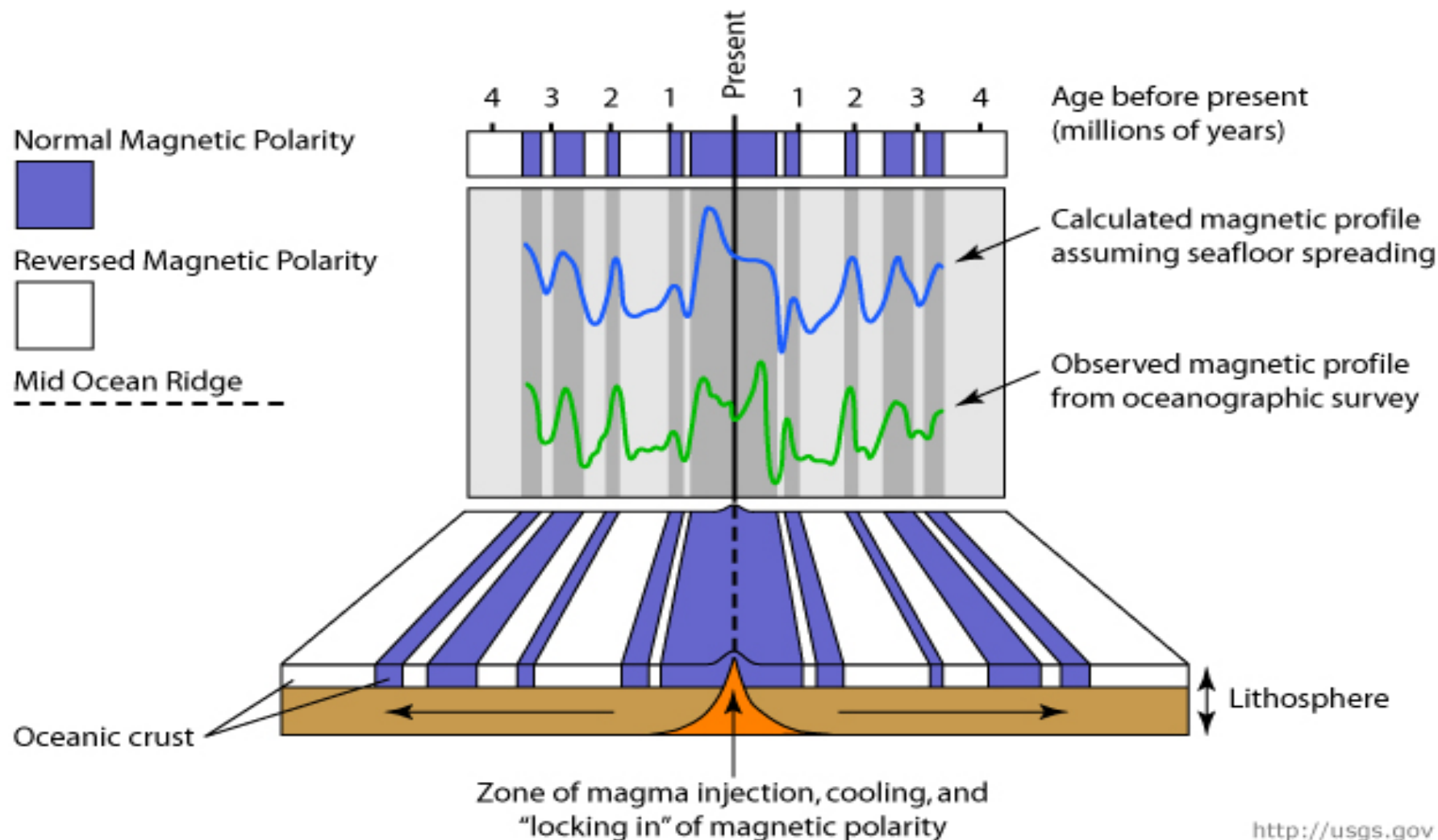


- Καθώς το μάγμα ανέρχεται από τον μανδύα για να δημιουργήσει νέο ωκεάνιο φλοιό στις μεσοωκεάνιες ράχες, υφίσταται μια διαδικασία γνωστή ως μαγνητική αποτύπωση.
- Το μαγνητικό πεδίο της Γης υφίσταται περιοδικά αναστροφές (γεωμαγνητικές αναστροφές), όπου οι μαγνητικοί βόρειοι και νότιοι πόλοι αλλάζουν θέση με την πάροδο του χρόνου.
- Καθώς το μάγμα ψύχεται και στερεοποιείται για να σχηματίσει νέο ωκεάνιο φλοιό, τα μαγνητικά ορυκτά μέσα στα πετρώματα (όπως ο μαγνητίτης) ευθυγραμμίζονται με το μαγνητικό πεδίο που επικρατεί εκείνη τη στιγμή στη Γη.
- Τα ευθυγραμμισμένα μαγνητικά ορυκτά "παγώνουν" αποτελεσματικά τις μαγνητικές πληροφορίες στα νεοσχηματισμένα πετρώματα. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα παράλληλες ζώνες πετρωμάτων με εναλλασσόμενες μαγνητικές πολικότητες κατά μήκος των μεσοωκεάνιων κορυφογραμμών.



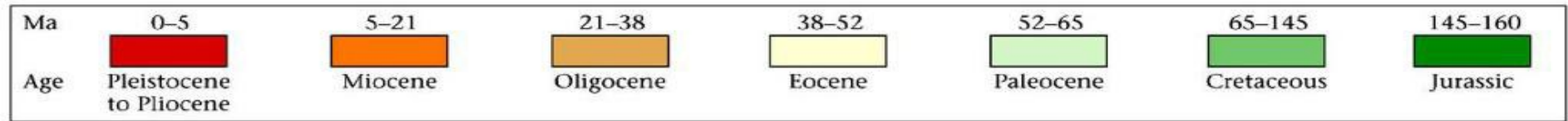
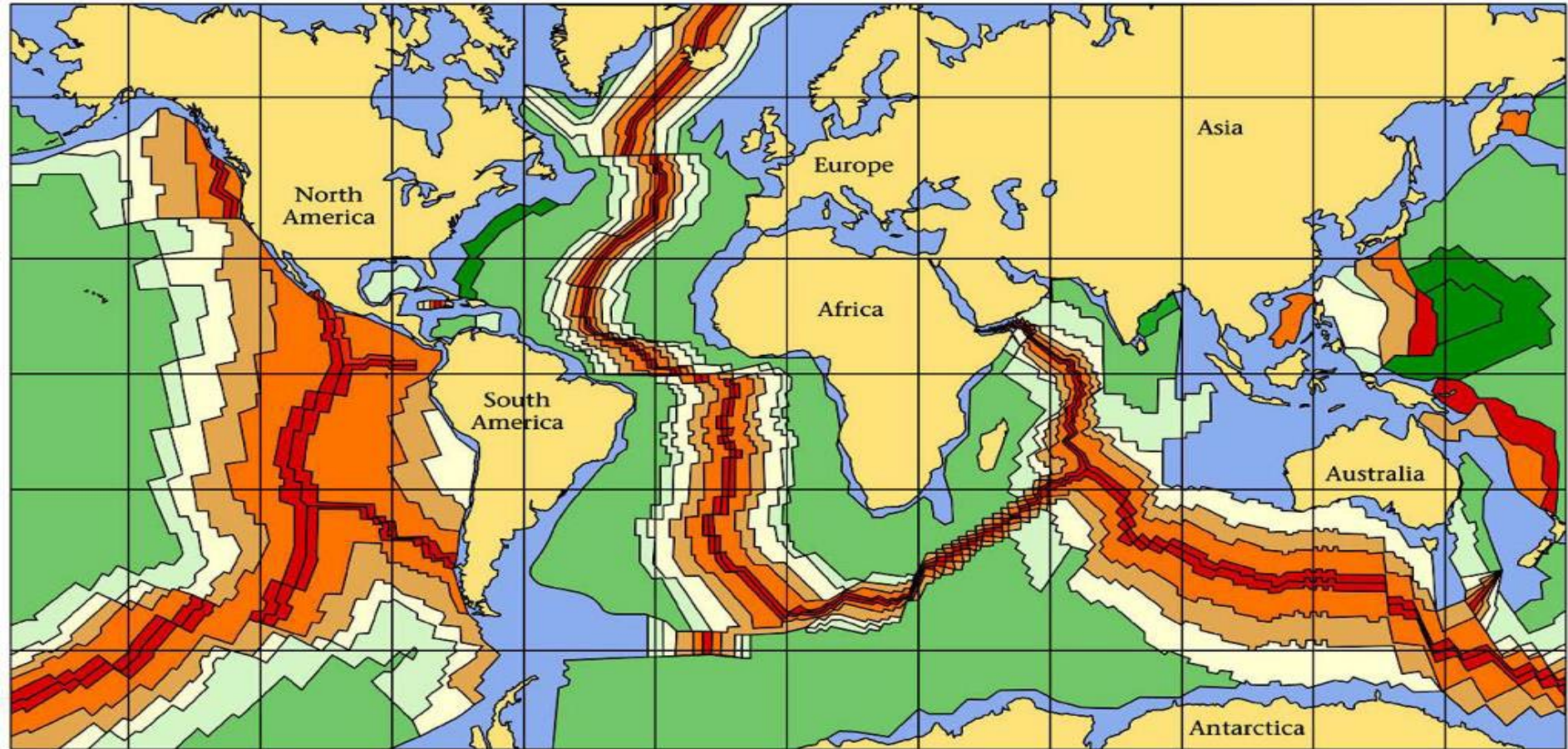
Με την πάροδο του χρόνου, καθώς δημιουργείται συνεχώς νέος ωκεάνιος φλοιός στις μεσοωκεάνιες ράχες, σχηματίζεται ένα ριγωτό μοτίβο μαγνητικών ανωμαλιών κατά μήκος του ωκεάνιου πυθμένα. Οι θετικές μαγνητικές ανωμαλίες αντιστοιχούν σε περιόδους κανονικής πολικότητας, ενώ οι αρνητικές ανωμαλίες αντιστοιχούν σε αντίστροφη πολικότητα.

FORMATION OF MAGNETIC ANOMALIES AT A MID-OCEAN RIDGE

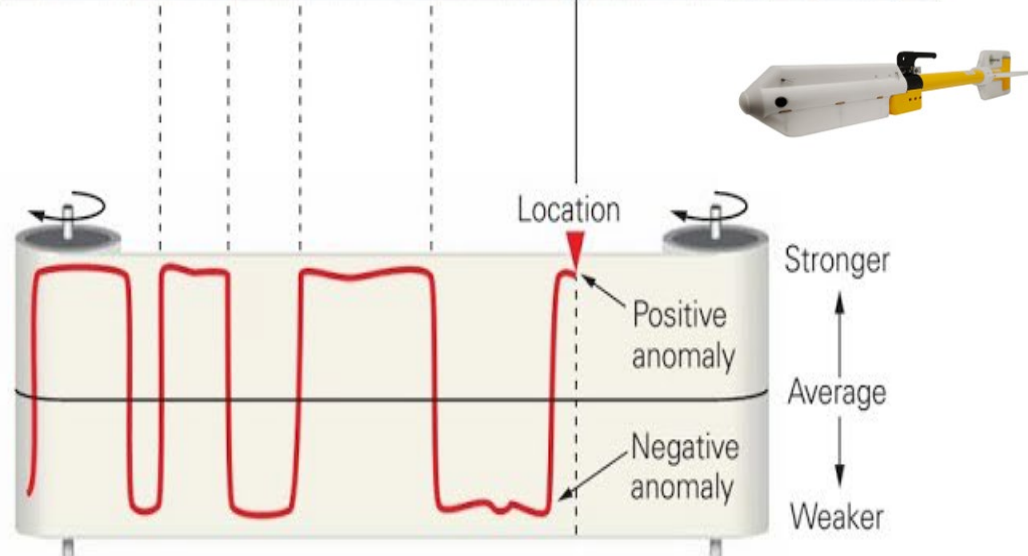
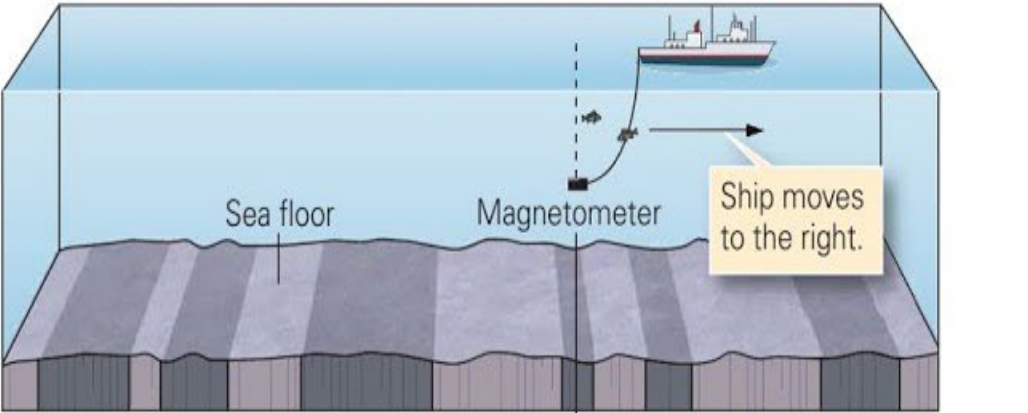


<http://usgs.gov>

Age of the Sea Floor



(a) A ship towing a magnetometer detects changes in the strength of the magnetic field.



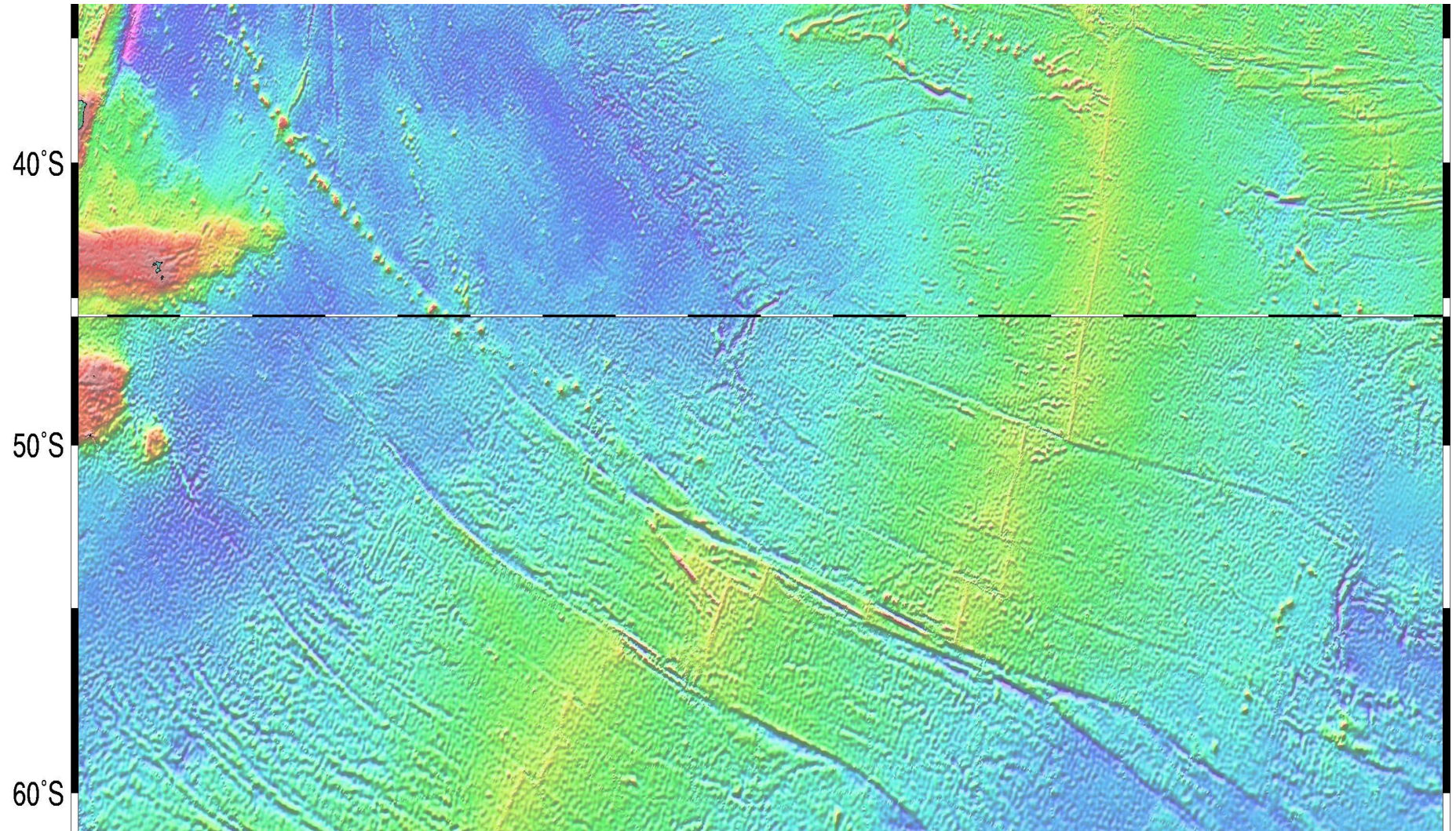
(b) On a paper record, intervals of stronger magnetism (positive anomalies) alternate with intervals of weaker magnetism (negative anomalies).

The pattern of anomalies is symmetrical, relative to mid-ocean ridges.



(c) A map showing areas of positive anomalies (dark) and negative anomalies (light) off the west coast of North America. The pattern of anomalies resembles candy-cane strips.

Ship tracks across the East Pacific Rise which obtained the magnetic anomalies shown in the next slide. The measurements were made in the 1960's by the Columbia University research vessel *Eltanin*.

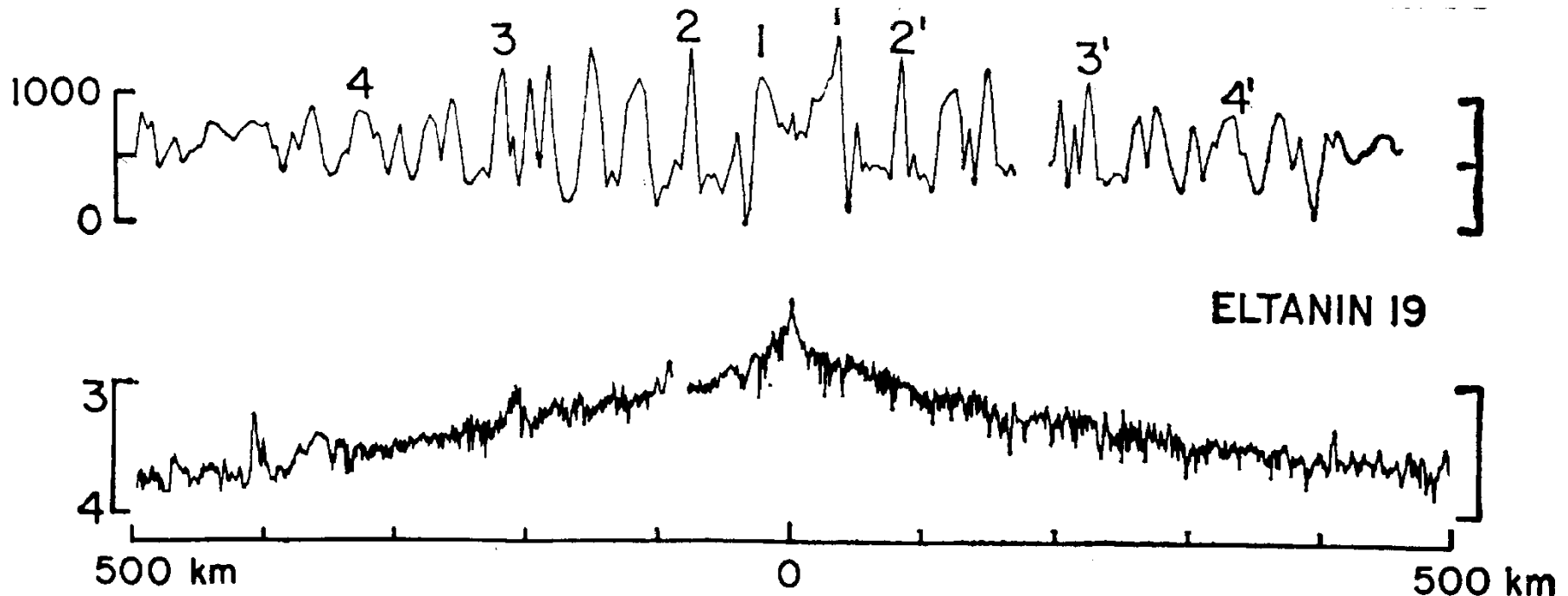


Eltanin profiles of magnetic anomalies

The vertical scale for total intensity anomaly, ΔF , is shown in “gammas”. This is the same as nanoTeslas or nT. The **horizontal lines are at zero anomaly**; the scale is thus minus 500 to plus 500 nT.

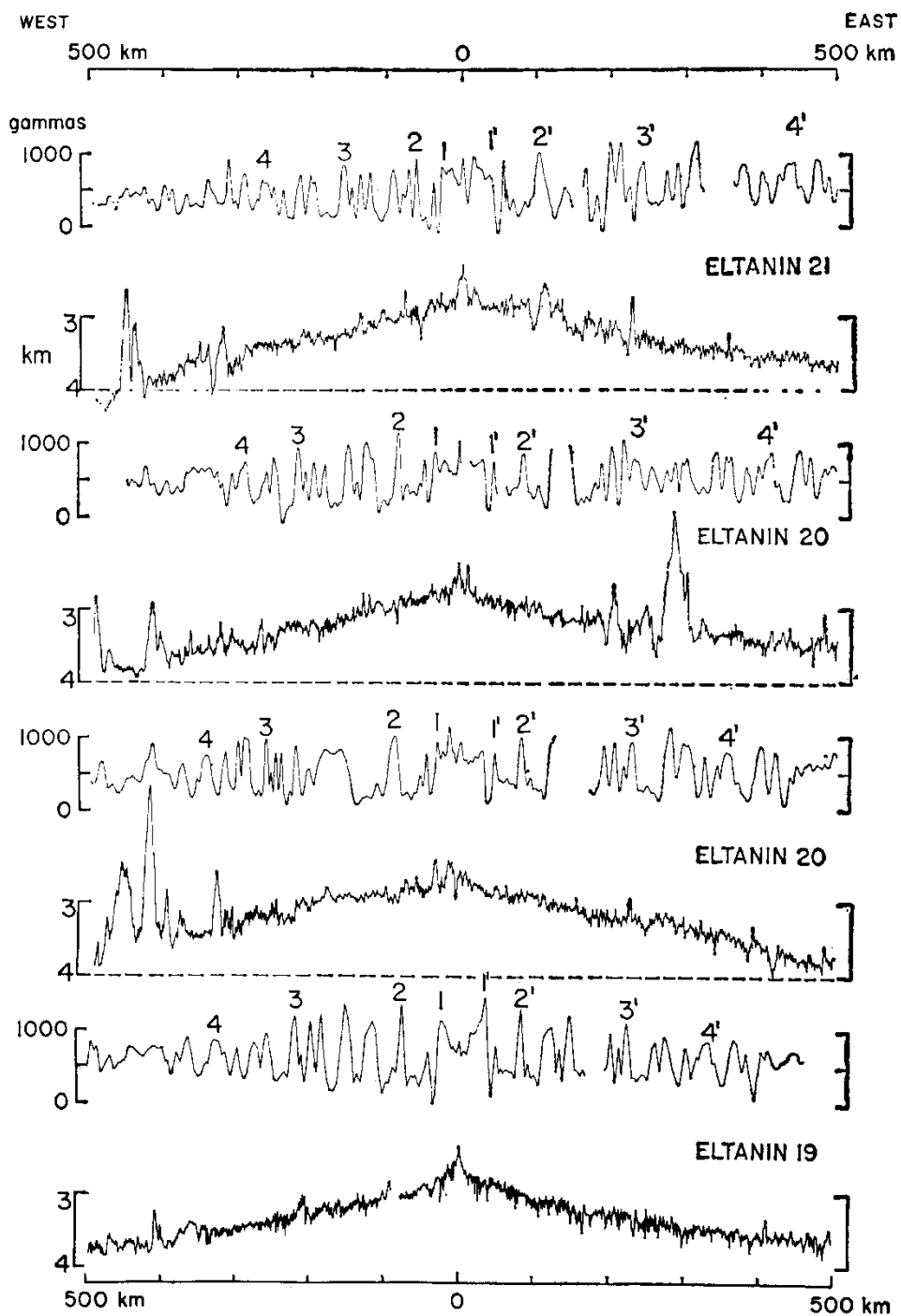
Magnetic anomaly,
gamma

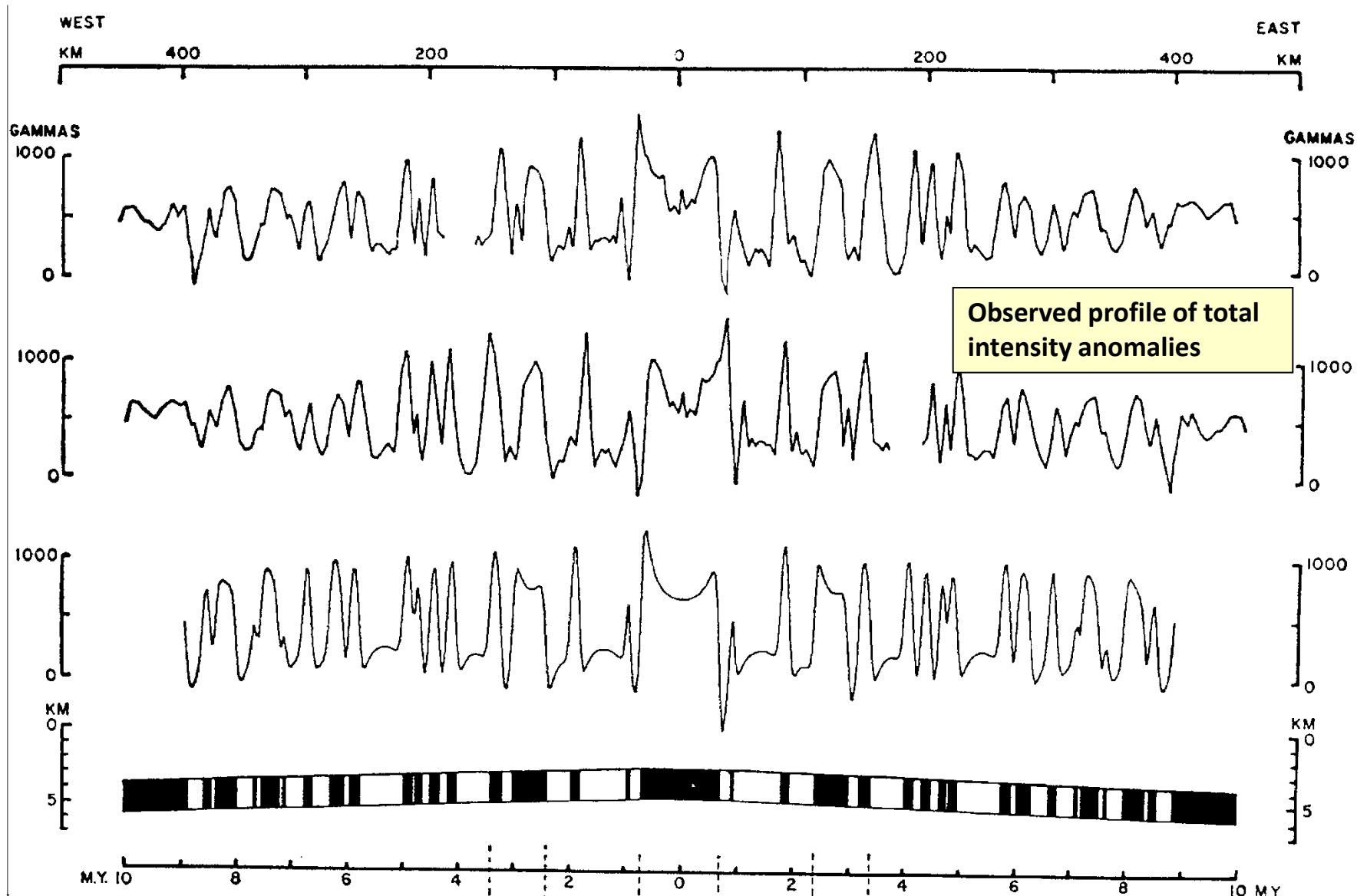
Ocean depth, km



Eltanin profiles of magnetic anomalies and bathymetry

The four profiles show total intensity anomalies and bathymetry (ocean depth in km) along the four tracks shown on the previous map. Note that track 20 crosses the ridge system twice.





Observed profile of total intensity anomalies

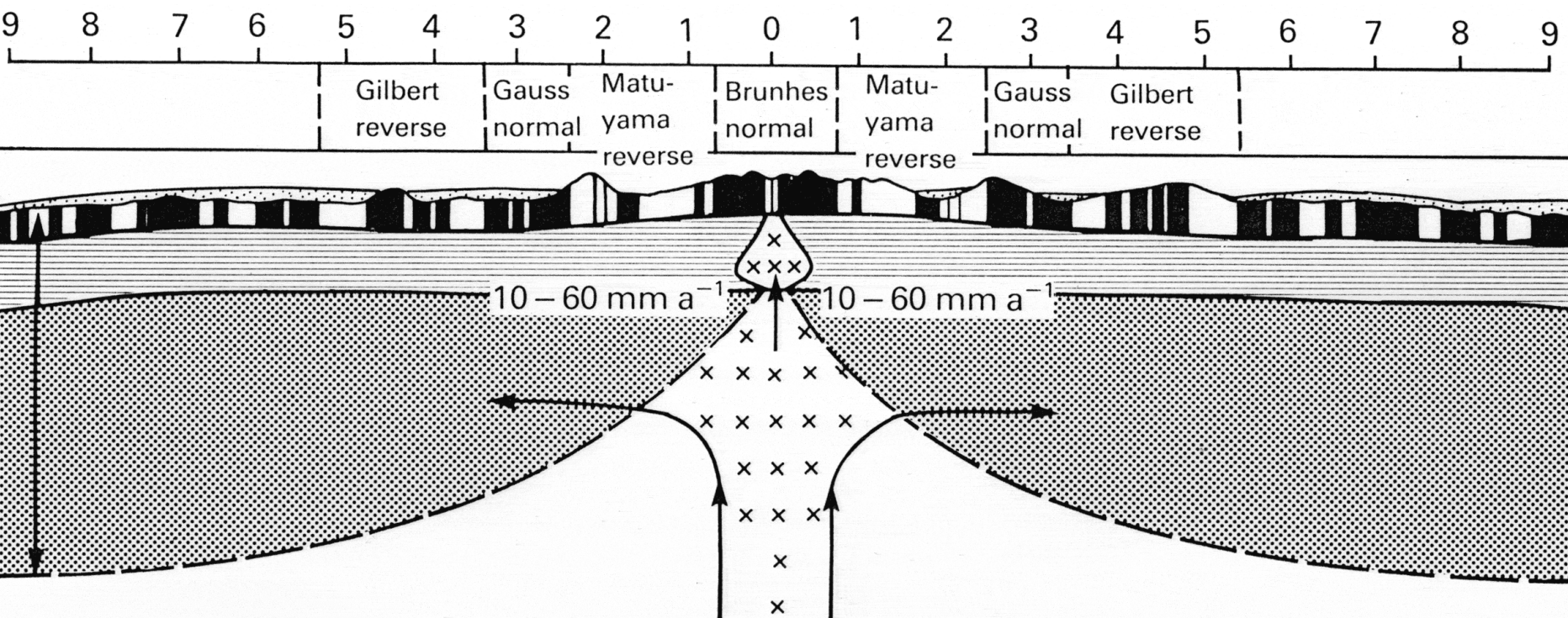
cross section through model of normal (black) and reversed (white) magnetized upper crust

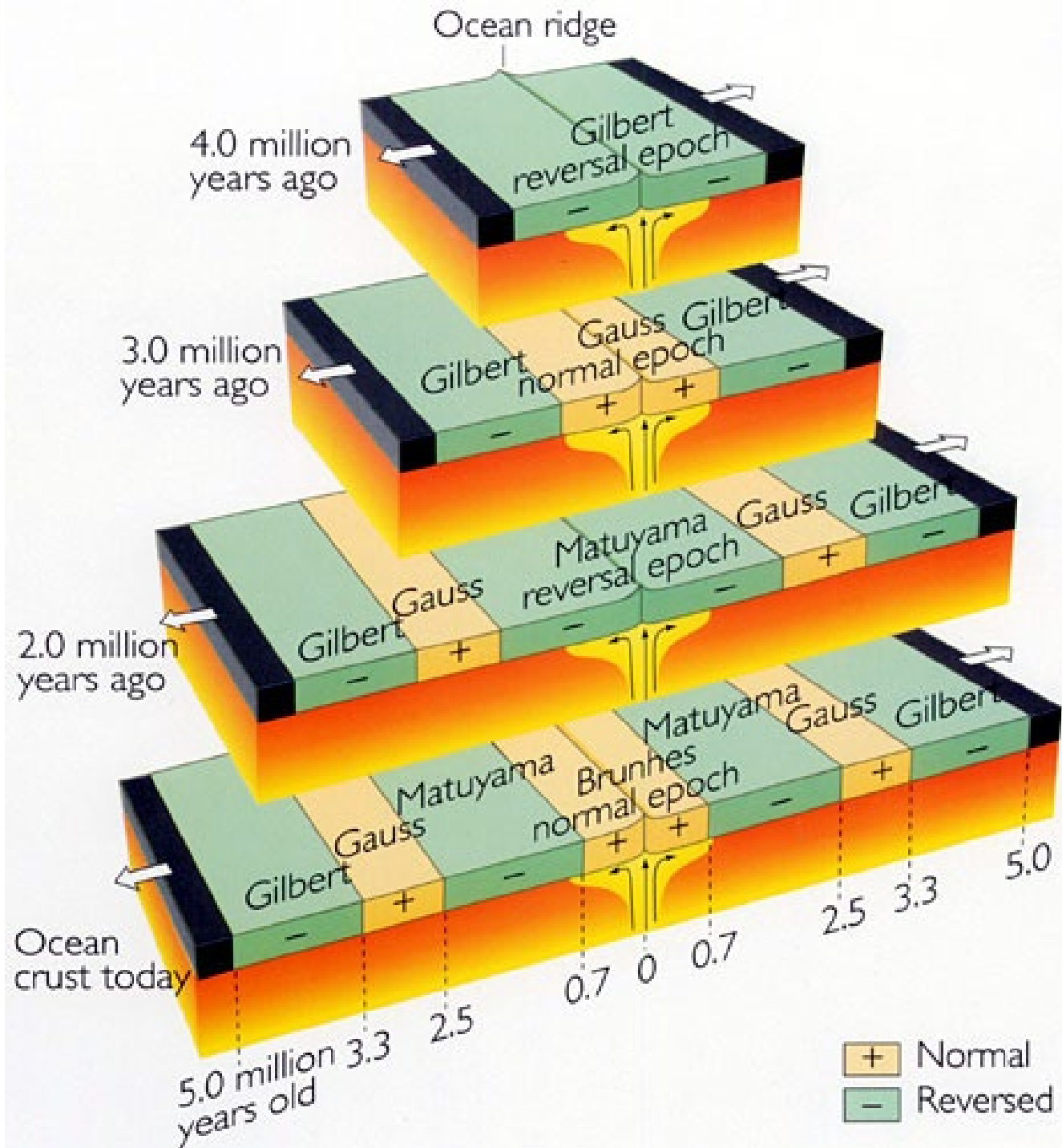
GILBERT REV. GAUSS NORM. MATUYAMA REV. BRUNHES NORM. MATUYAMA REV. GAUSS NORM. GILBERT REV.



reversal chronology from paleomagnetic studies on land

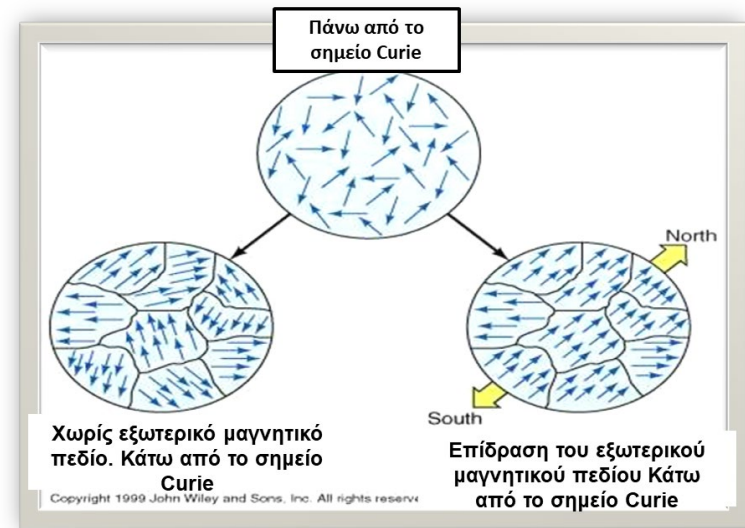
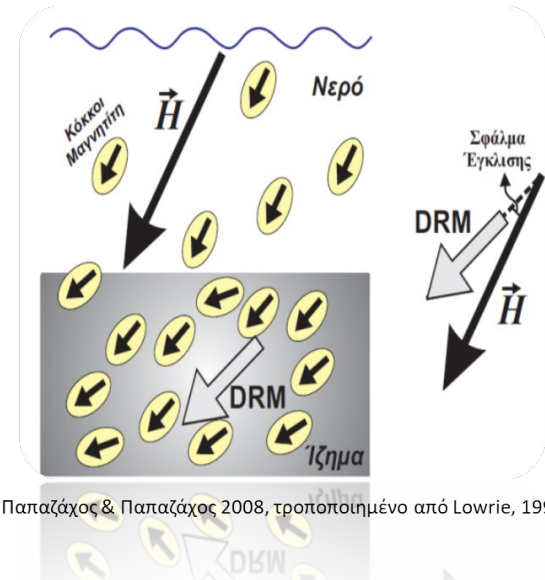
Schematic representation of upper crustal magnetized layer



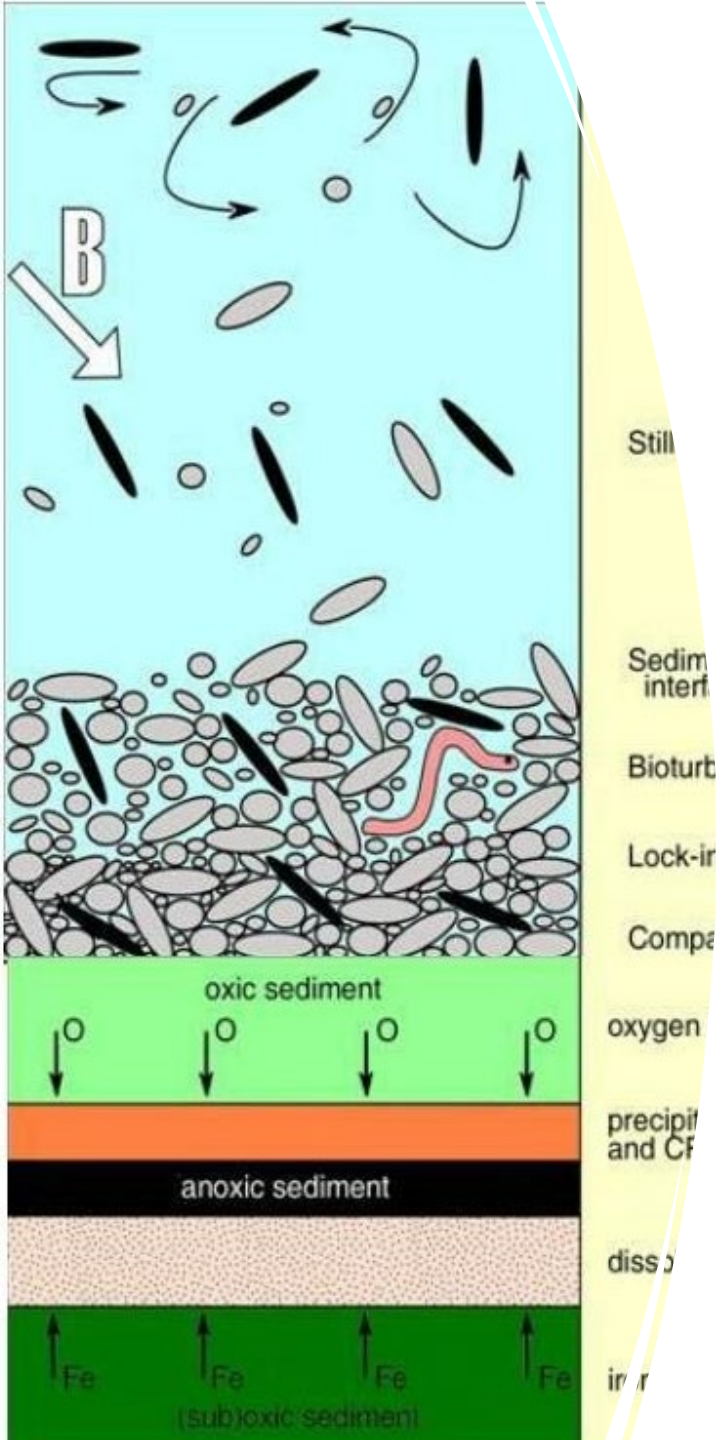


Συνιστώσες μαγνήτισης

- **DRM - Detrital Remanent Magnetization (Θραυσματοπαγής παραμένουσα μαγνήτιση)** : αναφέρεται στον μαγνητικό επαναλαμβανόμενο μαγνητισμό που αποκτούν τα ιζήματα ή τα πετρώματα από την ευθυγράμμιση των μαγνητικών ορυκτών με ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Απαντάται συχνά σε ιζηματογενή πετρώματα και αποκτάται κατά την απόθεση των ιζημάτων.
- **CRM - Chemical Remanent Magnetization (Χημική παραμένουσα μαγνήτιση)** : η μαγνήτιση που αποκτούν τα πετρώματα λόγω χημικών διεργασιών που μεταβάλλουν τα μαγνητικά ορυκτά. Το CRM μπορεί να προκύψει από μεταγενέστερες της απόθεσης μεταβολές στην ορυκτολογία των πετρωμάτων, που οδηγούν σε αλλαγές στη μαγνητική υπογραφή.
- **NRM - Φυσική παραμένουσα μαγνήτιση**: αναφέρεται στη συνολική μαγνήτιση που αποκτούν τα πετρώματα ή τα ιζήματα κατά τον σχηματισμό τους στο μαγνητικό πεδίο της Γης. Ο NRM περιλαμβάνει κάθε πρωτογενή ή δευτερογενή μαγνήτιση που υπάρχει στο πέτρωμα.



DRM vs. CRM



- Ο DRM αποκτάται συνήθως σχετικά γρήγορα κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την απόθεση των ιζημάτων. Αντιπροσωπεύει τη μαγνητική υπογραφή του σύγχρονου μαγνητικού πεδίου κατά τη στιγμή της απόθεσης.
- Ο CRM μπορεί να περιλαμβάνει καθυστερημένη απόκτηση NRM, ιδίως εάν οι χημικές διεργασίες που είναι υπεύθυνες για τον επαναμαγνητισμό λαμβάνουν χώρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- η DRM και η CRM αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς μηχανισμούς παραμένουσας μαγνήτισης στα πετρώματα και τα χαρακτηριστικά τους μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τις γεωλογικές διεργασίες.

Ζώνες πολικότητας

- Οι ζώνες πολικότητας αναφέρονται σε χρονικά διαστήματα κατά τα οποία το μαγνητικό πεδίο της Γης έχει σταθερή πολικότητα (είτε κανονική είτε αντίστροφη). Οι ζώνες αυτές εντοπίζονται συχνά με την ανάλυση μαγνητικών καταγραφών σε πετρώματα, ιζήματα ή ωκεάνιο φλοιό.
- Οι ζώνες πολικότητας αποτελούν μέρος της Γεωμαγνητικής Χρονικής Κλίμακας Πολικότητας (Geomagnetic Polarity Time Scale - GPTS), η οποία παρέχει ένα χρονολογικό πλαίσιο για τη μαγνητική ιστορία της Γης, συμπεριλαμβανομένων περιόδων **κανονικής πολικότητας (N)** και **αντίστροφης πολικότητας (R)**.

Recommended Terminology for Magnetostratigraphic Polarity Units

Magnetostratigraphic polarity units	Chronostratigraphic equivalent	Geochronologic equivalent
Polarity Superzone	Chronozone (or superchronozone)	Chron (or superchron)
Polarity Zone	Chronozone	Chron
Polarity subzone	Chronozone (or subchronozone)	Chron (or subchron)

Earth's Magnetic Field

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

• **Magnetic reversals** - times when the poles of Earth's magnetic field switch

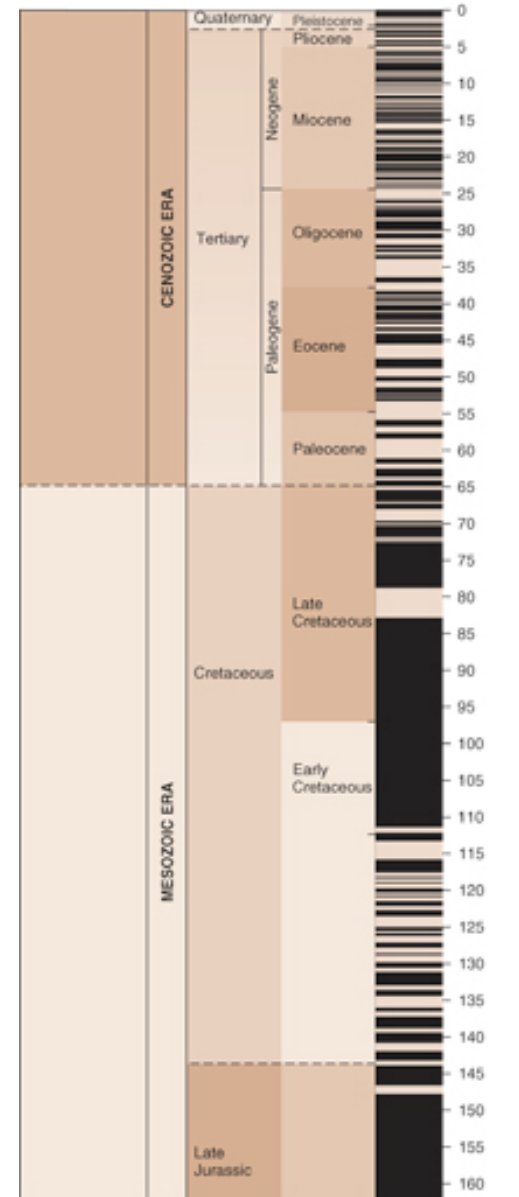
- Recorded in magnetic minerals
- Occurred many times; timing appears chaotic
- After next reversal, a compass needle will point toward the south magnetic pole

• **Paleomagnetism** - the study of ancient magnetic fields in rocks

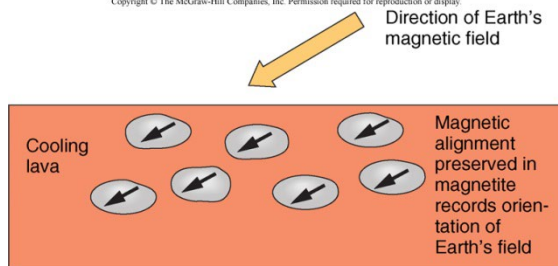
- allows reconstruction of plate motions over time

Magnetic Polarity Time Scale

Age (millions of years ago)

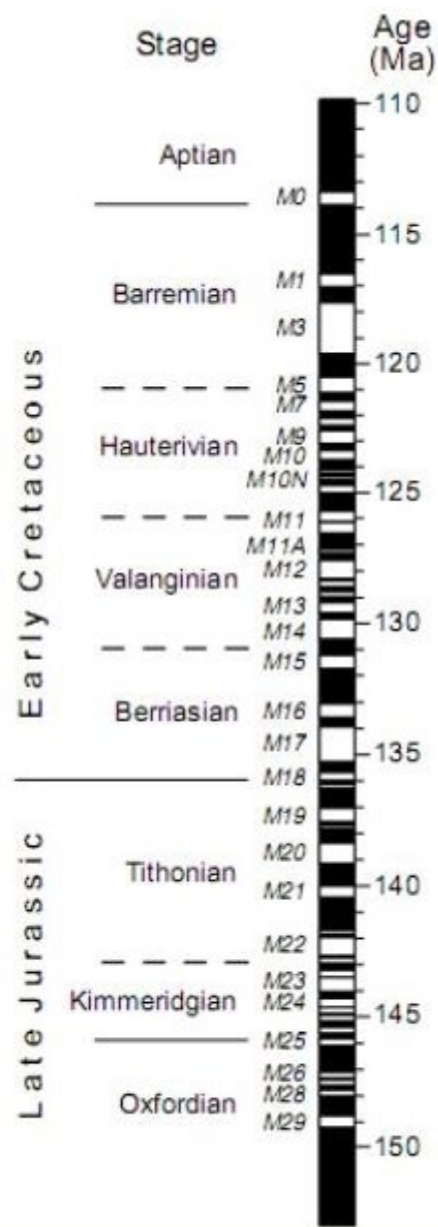
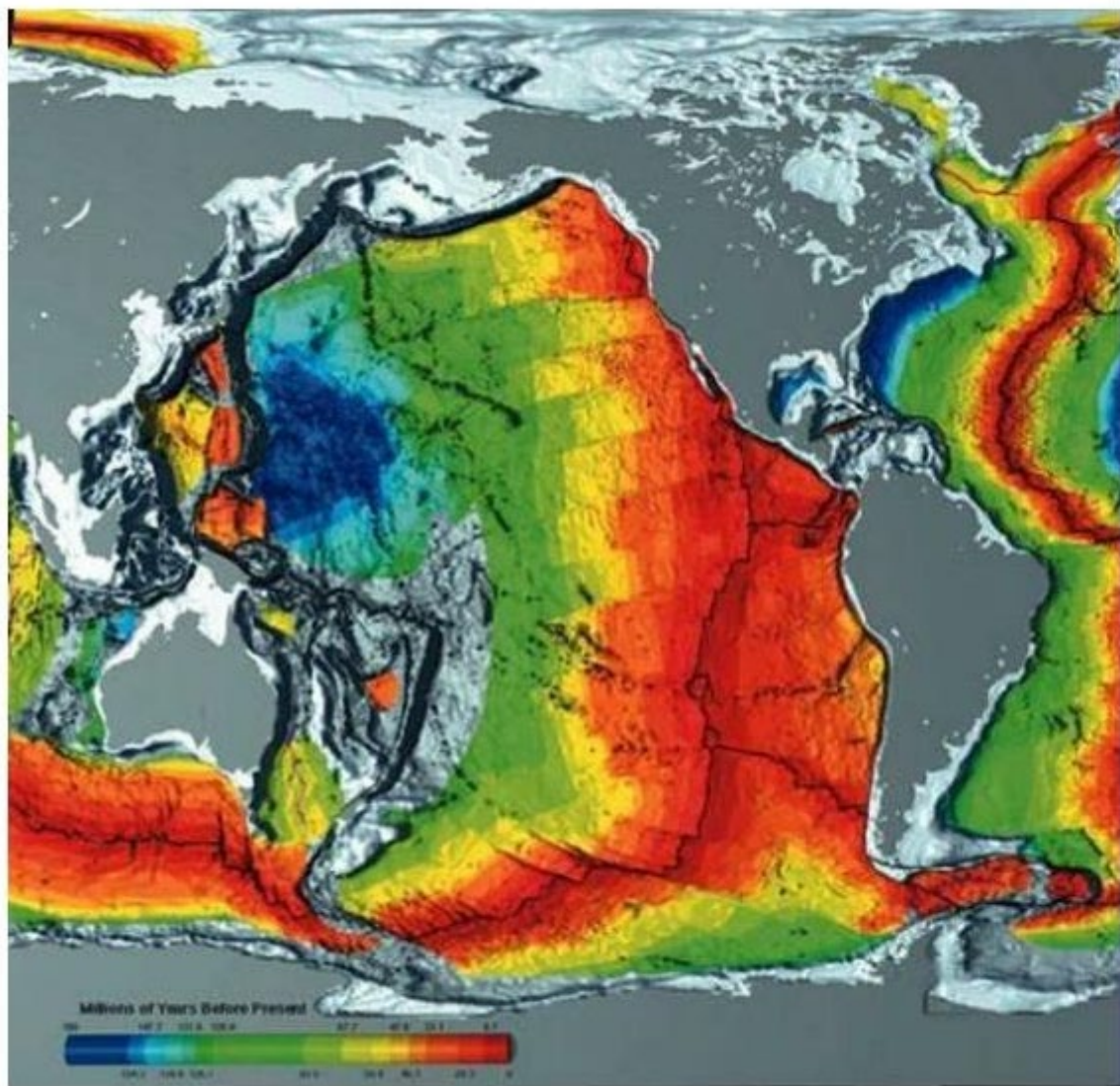


Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



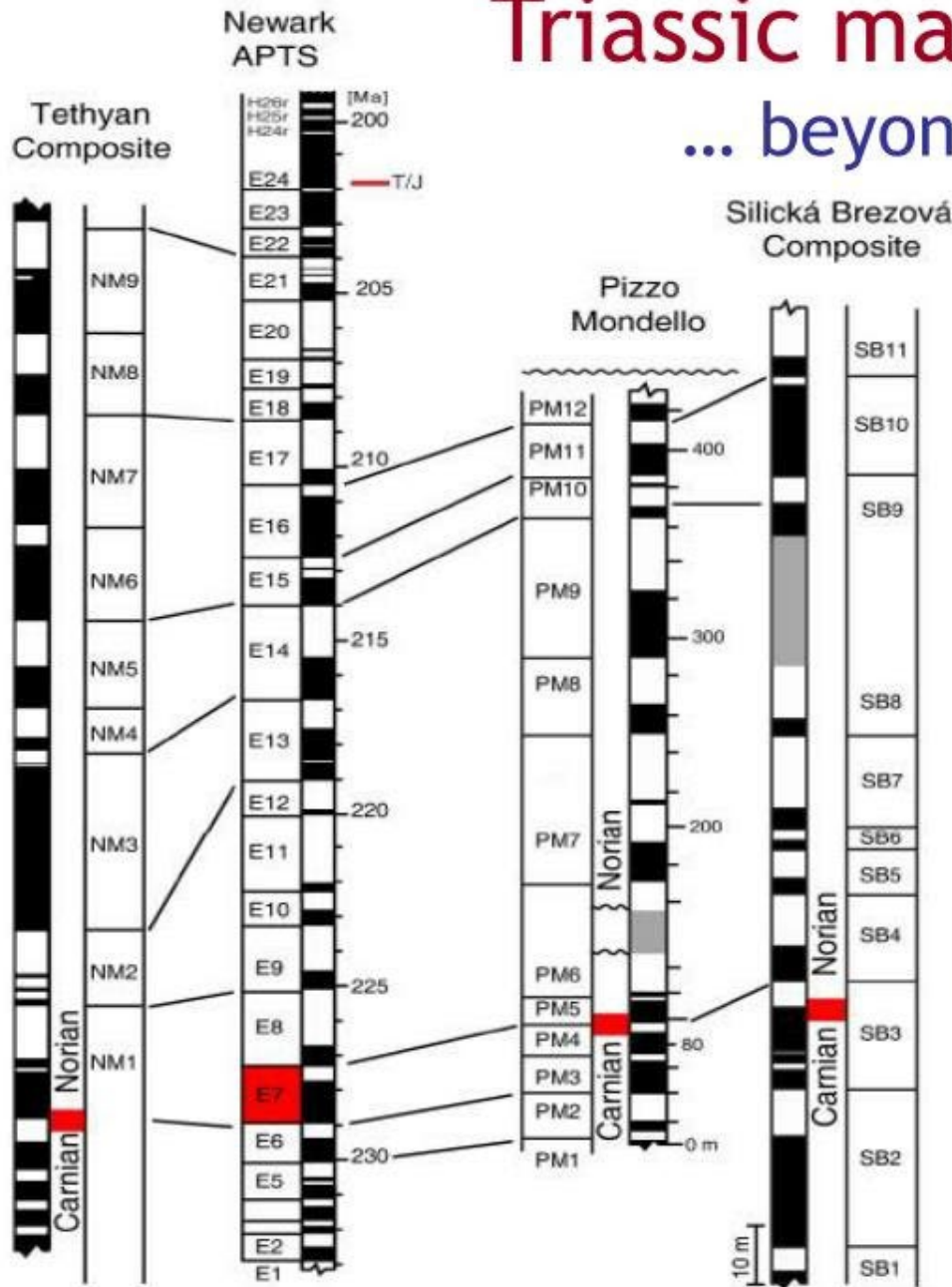
A

Modified from R. L. Larson and W. C.

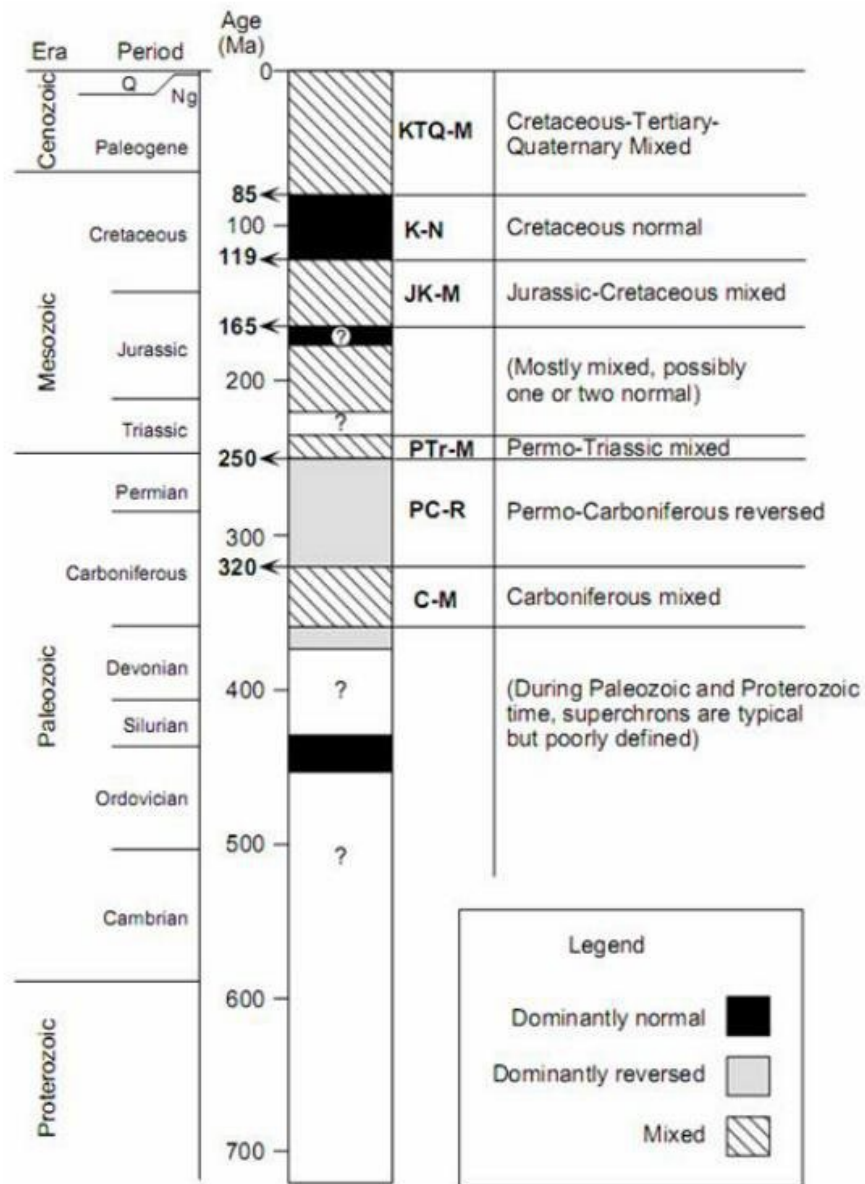


Triassic magnetostratigraph

... beyond the sea floor record



Ακόμα
παλαιότερα



Magnetostratigraphy: Procedures

- Sampling

1. Outcrop

- hand samples
- plugs taken from outcrops

Oriented! dip & azimuth



Magnetostratigraphy: Procedures

- Sampling - drill cores

1. Discrete-cubes

2. Whole core

Up core direction



Magnetostratigraphy



Magnetometer

- Reversals in polarity of field are recorded in rocks when they crystallize and as they settle from water
- Vertical successions of sedimentary rock record changes in magnetic field over time



Age Determination



Mass Spectrophotometer

Geomagnetic Polarity Time Scale

modified from Concise Geologic Time Scale (Ogg et al., 2008)

Period	Series	Stage	Geomagnetic Polarity	
Quaternary	Pleistocene	Holocene		
		Tarantian		
		Calabrian	C1	
	Pliocene	Gelasian	C2	
		Piacenzian	C2A	
		Zanclean	C3	
		Messinian		C3A
				C3B
				C4
		Tortonian	C4A	
Neogene	Miocene	Serravallian	C5	
		Langhian		C5A
				C5B
				C5C
		Burdigalian	C5D	
		Aquitanian	C5E	
	Oligocene	Chattian		C6A
				C6AA
		Rupelian	C6B	
			C6C	
Paleogene	Eocene	Priabonian		C7
				C7A
		Bartonian		C8
				C9
	Paleocene	Lutetian		C10
				C11
				C12
		Ypresian		C13
				C15
				C16
Cretaceous	Late	Maastrichtian		C17
				C18
		Campanian	C19	
	Early	Santonian		C20
				C21
		Coniacian	C22	
		Turonian	C23	
Cenozoic	Early	Albian		C24
				C25
		Aptian	C26	
	Late	Barremian	C27	
		Hauterivian	C28	
		Valanginian	C29	
Cretaceous	Early	Berriasian		C30
				C31
		Tithonian	C32	
		Kimmeridgian	C33	
		Oxfordian	C34	
	Middle	Callovian		C35
		Bathonian		C36
		Bajocian		C37
		Aalenian		C38
		Toarcian		C39
Late	Pliensbachian		C40	
	Sinemurian		C41	
	Hettangian		C42	
	Rhaetian		C43	
	Norian		C44	
Triassic	Middle	Ladinian		C45
				C46
		Anisian	C47	
	Early	Olenekian		C48
				C49
		Induan		C50
				C51
				C52
				C53
				C54

C-Sequence

Period	Series	Stage	Geomagnetic Polarity	
Cretaceous	Late	Maastrichtian		C30
				C31
		Campanian		C32
				C33
				C34
	Early	Santonian		C35
				C36
		Coniacian		C37
		Turonian		C38
		Cenomanian		C39
Jurassic	Middle	Albian		C40
				C41
		Aptian		C42
		Barremian		C43
		Hauterivian		C44
	Late	Valanginian		C45
				C46
		Berriasian		C47
		Tithonian		C48
		Kimmeridgian		C49
Triassic	Middle	Oxfordian		C50
				C51
		Callovian		C52
		Bathonian		C53
		Bajocian		C54
	Early	Aalenian		C55
				C56
		Toarcian		C57
		Pliensbachian		C58
		Sinemurian		C59
Permian	Middle	Hettangian		C60
				C61
		Rhaetian		C62
		Norian		C63
		Carnian		C64
	Late	Ladinian		C65
				C66
		Anisian		C67
		Olenekian		C68
		Induan		C69

Cretaceous Normal Super-Orion
(Cretaceous Quiet Zone)

M-Sequence

Period	Series	Stage	Geomagnetic Polarity	
Permian	Lopingian	Changhsingian		C70
		Wuchiapingian		C71
		Capitanian		C72
		Wordian		C73
		Roadian		C74
	Cisuralian	Kungurian		C75
		Artinskian		C76
		Sakmarian		C77
		Asselian		C78
		Gzhelian		C79
Carboniferous	Pennsylvanian	Kasimovian		C80
		Moscovian		C81
		Bashkirian		C82
		Serpukhovian		C83
		Visean		C84
	Mississippian	Tournaisian		C85
		Famennian		C86
		Frasnian		C87
		Givetian		C88
		Eifelian		C89
Devonian	Early	Emsian		C90
		Pragian		C91
		Lochkovian		C92
	Middle	Katian		C93
		Sandbian		C94
		Darriwillian		C95
		Dapingian		C96
	Late	Floian		C97
		Tremadocian		C98
		Stage 10		C99
Silurian	Llandovery	Stage 9		C100
		Palbian		C101
		Guzhangian		C102
		Drumian		C103
		Stage 5		C104
	Llandovery	Stage 4		C105
		Stage 3		C106
		Stage 2		C107
		Fortunian		C108
		Stage 1		C109

Ilwara Series

Kiaman Reversed-polarity Hyperchron

Carboniferous Mixed

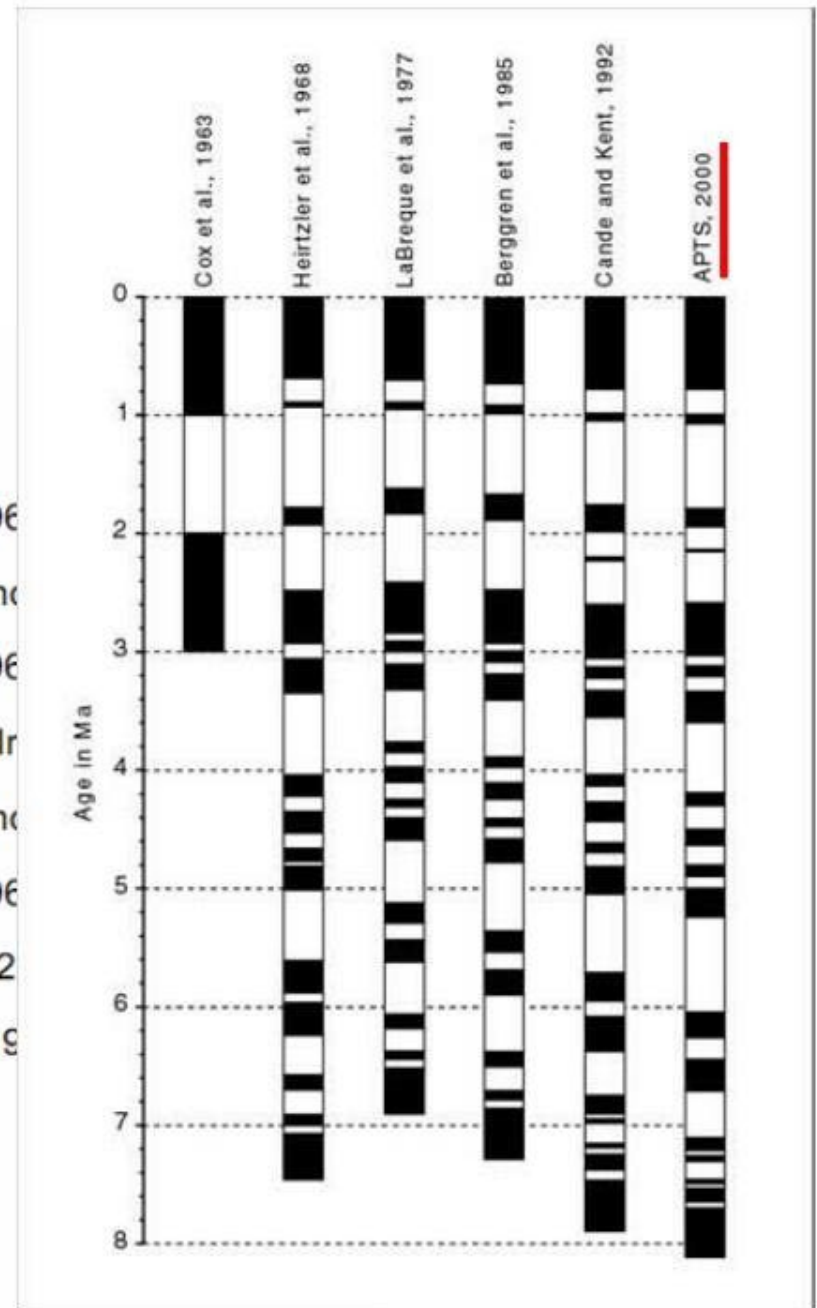
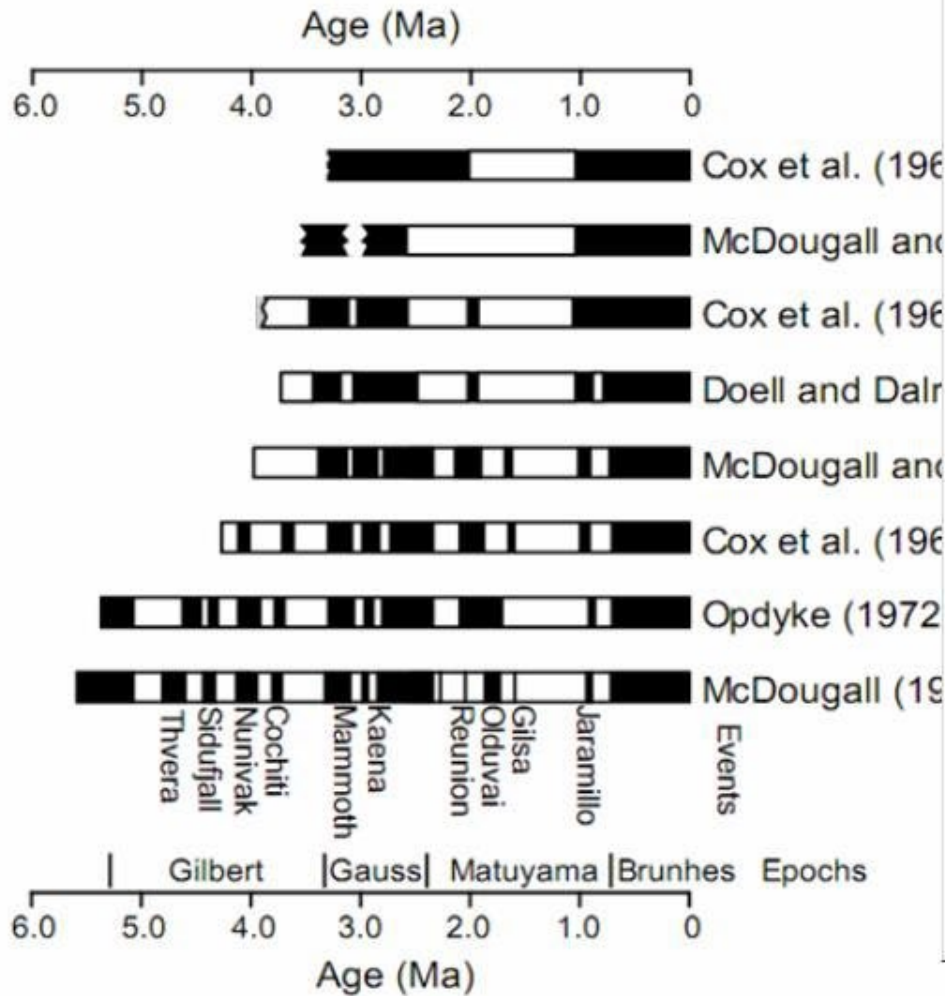
Poorly known

Sayan (Rn) hyperchron

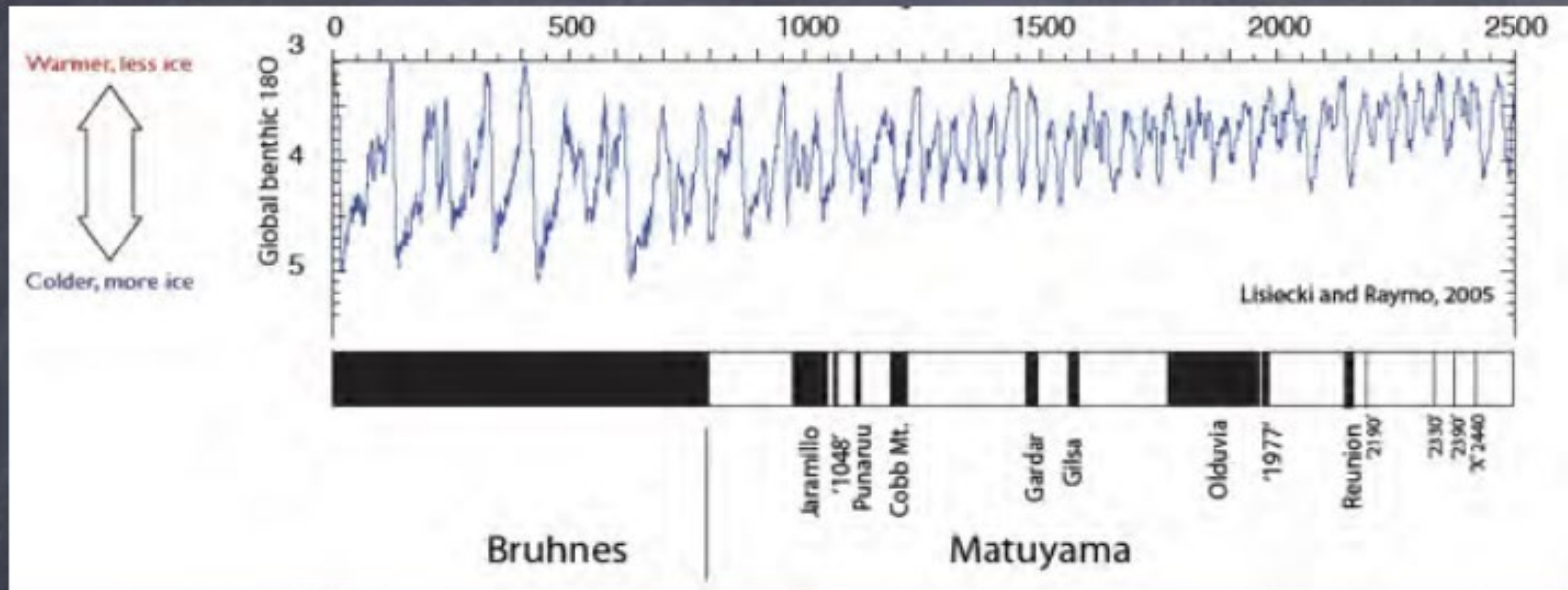
mixed polarity interval

mixed polarity interval

GPTS

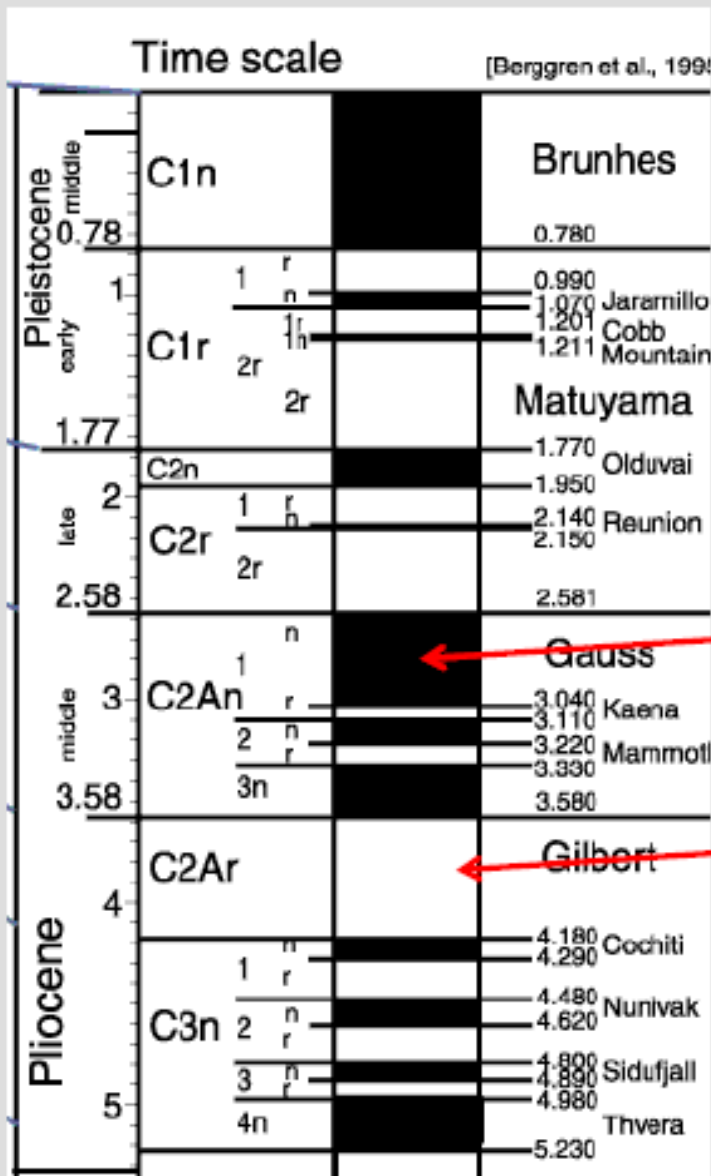


Palaeomagnetism and cyclostratigraphy



- ⑥ Geomagnetic field reverses
- ⑥ Polarity epochs were dated by means of K/Ar dating and cyclostratigraphy
- ⑥ Brunhes/Matuyama = 0.78 Ma
- ⑥ Matuyama/Gauss = 2.58 Ma
- ⑥ Problem = several short time magnetic events during Brunhes and Matuyama

Magnetostratigraphy



- Chron

- Polarity time-rock unit
- Period of normal or reversed polarity

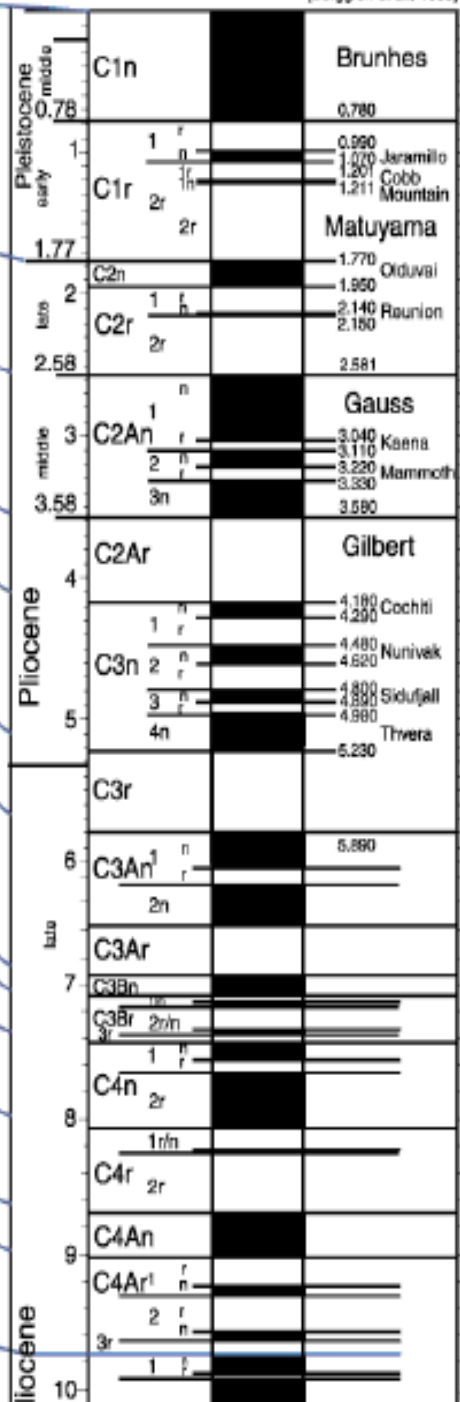
- Normal interval

- Same as today
- Black

- Reversed interval

- Opposite to today
- White

Στην Brunhes βρέθηκαν στα ηφαιστειακά του Laschamps στην Οβέρνη ανάστροφη μαγνήτιση ηλικίας 35.000-+4000, στη Αυστραλία, λίμνη Mungo 30.000 BP, στην Ιαπωνία - λίμνη Biwa 39.000 BP, ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ??



Magnetostratigraphy

A portion of the paleomagnetic record from 10 MA to 0 MA (today)

