



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τεκτονική Γεωλογία

Ενότητα 2: Ρήγματα

Στυλιανός Λόζιος

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Ρήγματα



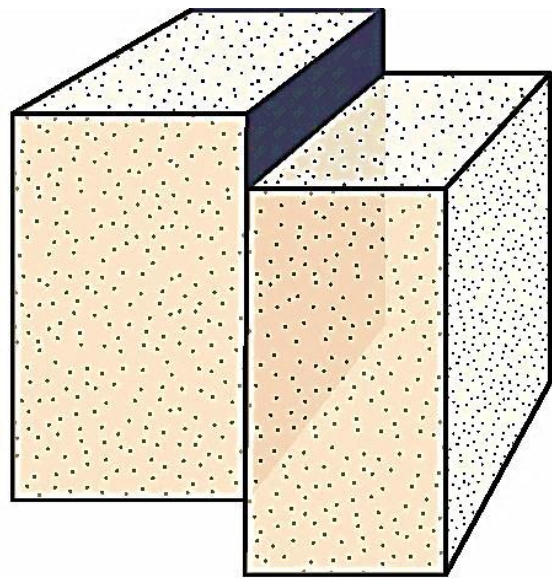
Τα **ΡΗΓΜΑΤΑ (FAULTS)** αποτελούν θραυσιγενείς δομές παραμόρφωσης, που σχηματίζονται στα **10-15 πρώτα km** του φλοιού, ως αντίδραση στις **επιβαλλόμενες διατμητικές τάσεις** και στη διατμητική κίνηση που λαμβάνει χώρα κατά μήκος του ρήγματος. Αποτελούν **σημαντικές δομές** όχι μόνο για τους **τεκτονικούς**, αλλά και για τους **στρωματογράφους**, τους **κοιτασματολόγους**, τους **τεχνικούς γεωλόγους**, τους **υδρογεωλόγους** κλπ.

Τις τελευταίες δεκαετίες οι γνώσεις μας για τα ρήγματα έχουν διευρυνθεί πολύ, κυρίως λόγω της μεγάλης σημασίας τους για την **έρευνα** και **εκμετάλλευση** των **υδρογονανθράκων**, (όπου τα ρήγματα παίζουν ένα ρόλο κλειδί στη μετανάστευση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου), αλλά και για τη μεγάλη σημασία που έχει η κατανόηση των γεωμετρικών, κινηματικών και δυναμικών τους χαρακτηριστικών στην **πρόληψη** του **σεισμικού κινδύνου**, καθώς και για μια σειρά άλλων εφαρμογών, όπως η **κατασκευή τεχνικών έργων**, η **διάθεση αποβλήτων** κλπ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εστιάσουμε στη γεωμετρία των ρηγμάτων, στην ανατομία των ρηγμάτων καθώς και στη δημιουργία και εξέλιξη των απλών ρηγμάτων αλλά και των συστημάτων ρηγμάτων.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

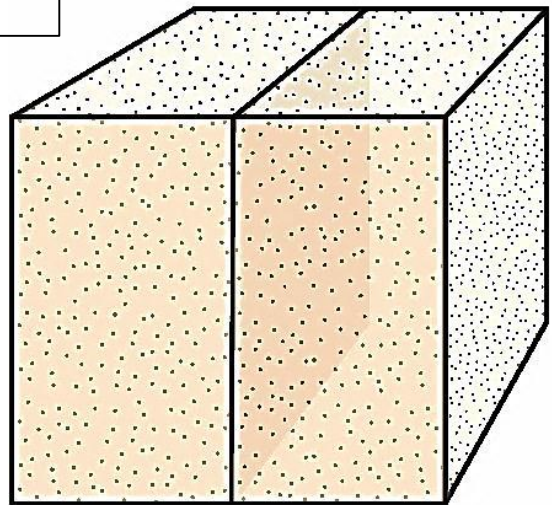
ΔΙΑΡΡΗΞΕΙΣ
FRACTURES



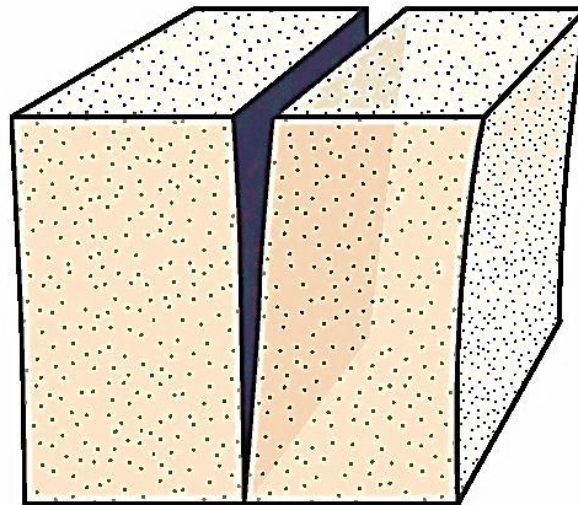
ΡΗΓΜΑΤΑ
FAULTS

Shear fracture

ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ
JOINTS



Extension fracture:
Joint



Extension fracture:
Fissure

ΣΧΙΣΜΕΣ
(ή ΡΩΓΜΕΣ)
FISSURES

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

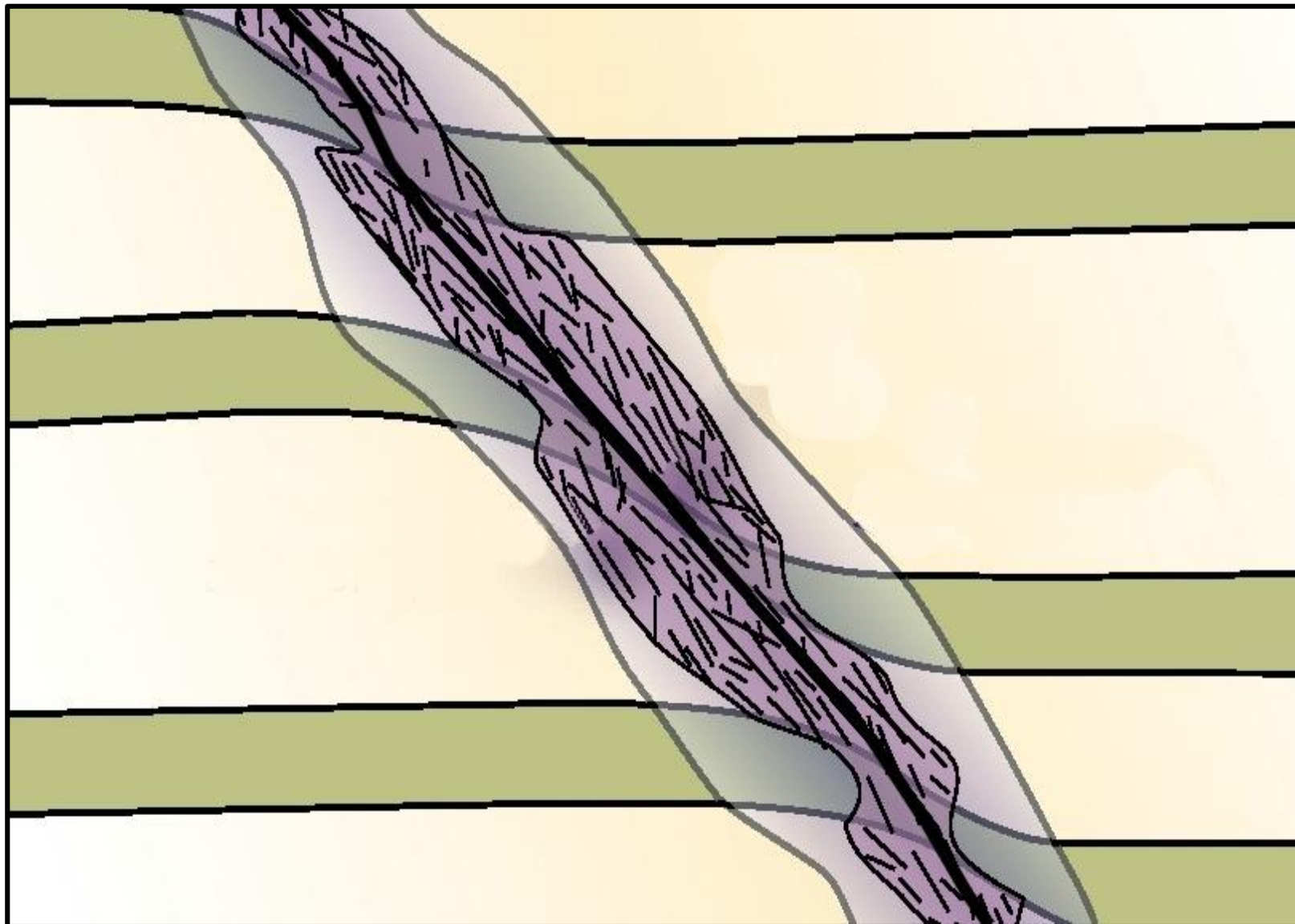
Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

ΡΗΓΜΑ καλείται μια στενή σχετικά ζώνη πετρώματος (με πολύ μικρό πάχος σε σχέση με τις άλλες της διαστάσεις), που αποτελείται από μια κεντρική επιφάνεια ολίσθησης, που έχει σχηματισθεί από έντονη διάτμηση, και ένα περιβάλλον τμήμα του πετρώματος, που χαρακτηρίζεται από πιο ήπια θραυσιγενή παραμόρφωση, που χωρικά και γενετικά σχετίζεται με το ρήγμα.



Χάρτες & τομές →
ΡΗΓΜΑΤΑ απλές,
επίπεδες ή μη,
επιφάνειες.

Πάχος ρηξιγενούς ζώνης
→ Κατακλαστικά
πετρώματα (cataclasites)
ή πετρώματα ρηξιγενών
ζωνών (fault related
rocks) και δευτερογενείς
θραυσιγενείς δομές.

Πάχος <<< από την
ολίσθηση του ρήγματος
και <<<<<<<<< από το
μήκος του ρήγματος.

Κλίμακα παρατήρησης.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΡΗΓΜΑ καλείται μια ασυνέχεια, με μετατόπιση παράλληλη με αυτή, που κυριαρχείται από μηχανισμούς θραυσιγενούς παραμόρφωσης.

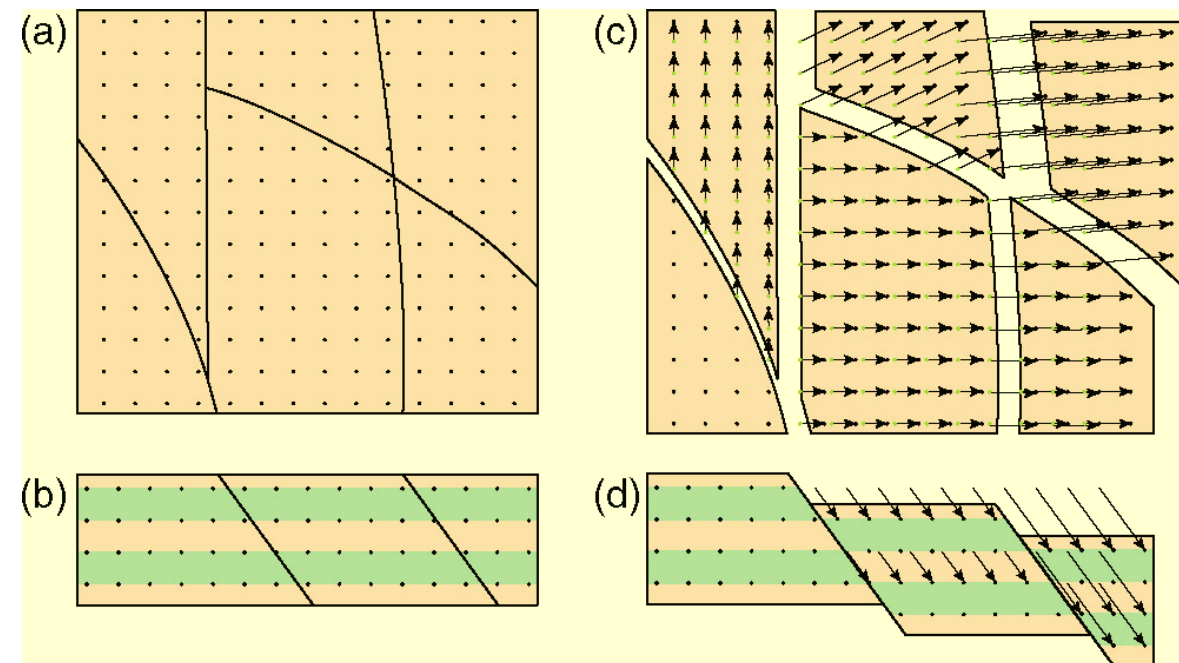


Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

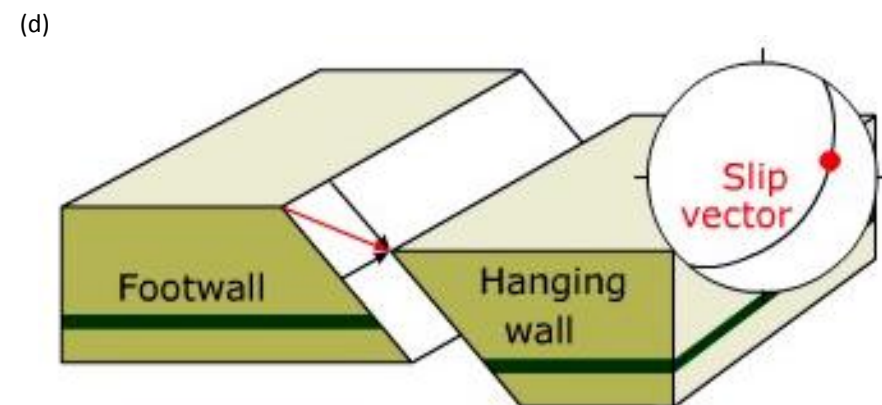
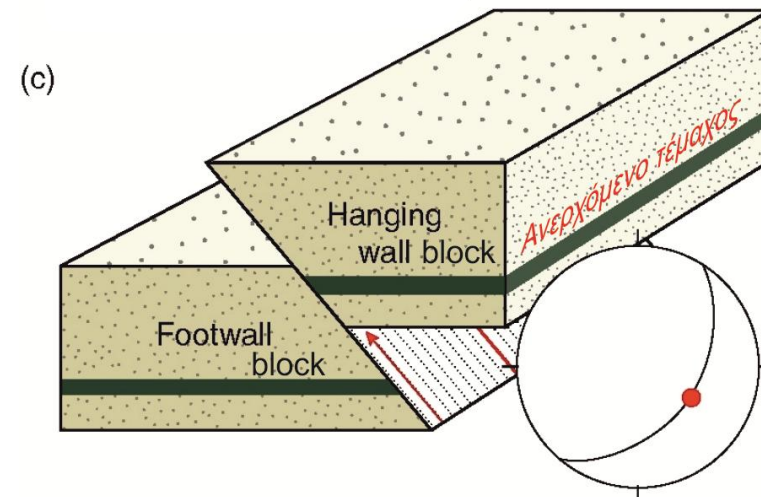
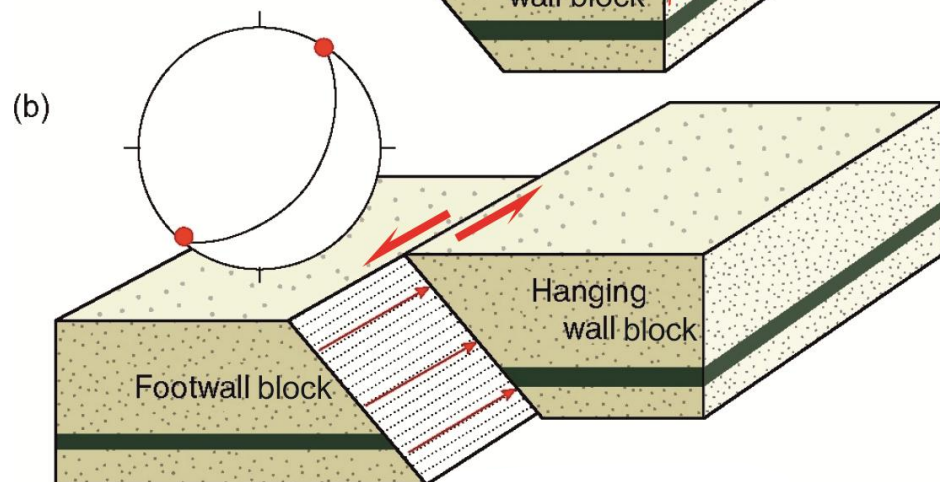
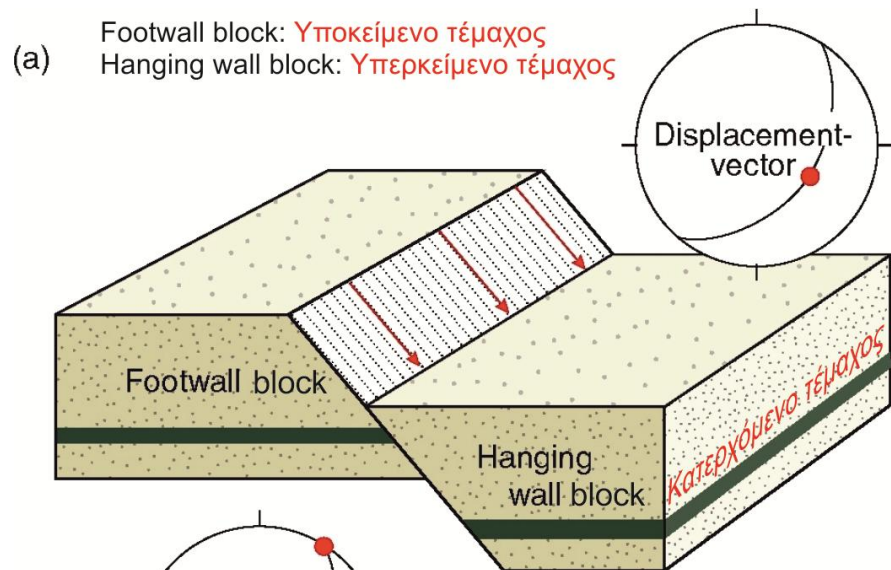
ΡΗΓΜΑ καλείται μια ασυνέχεια που χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο ρυθμό κίνησης ή μετατόπισης, άμεσα συνδεδεμένο με την παραμόρφωση.

Κινηματικός προσδιορισμός (καταγραφές GPS για τα ενεργά ρήγματα).

Μηχανικές ασυνέχειες που χωρίζουν τμήματα με διαφορετικό ρυθμό κίνησης.



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

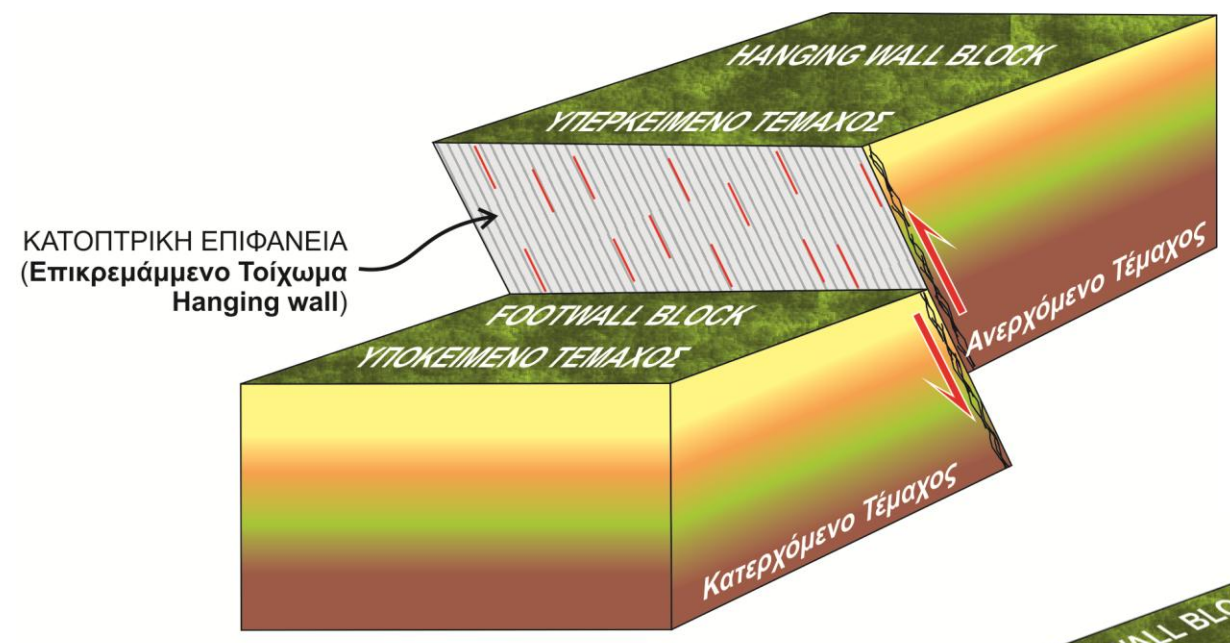


Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

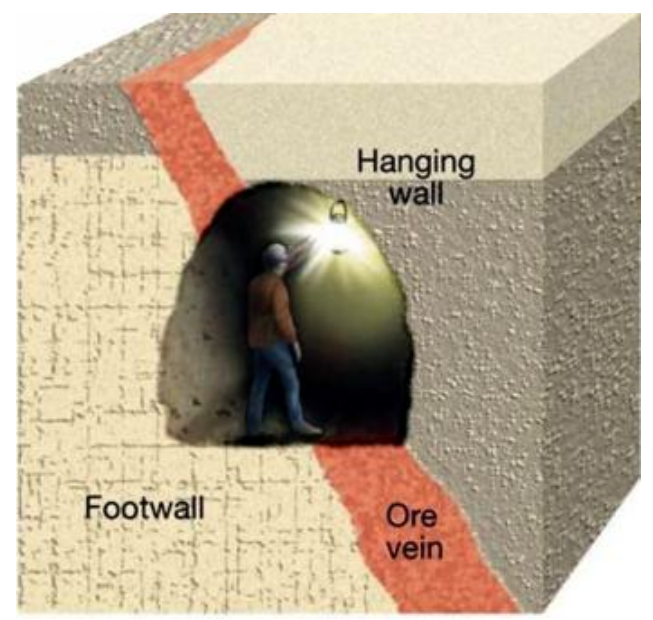
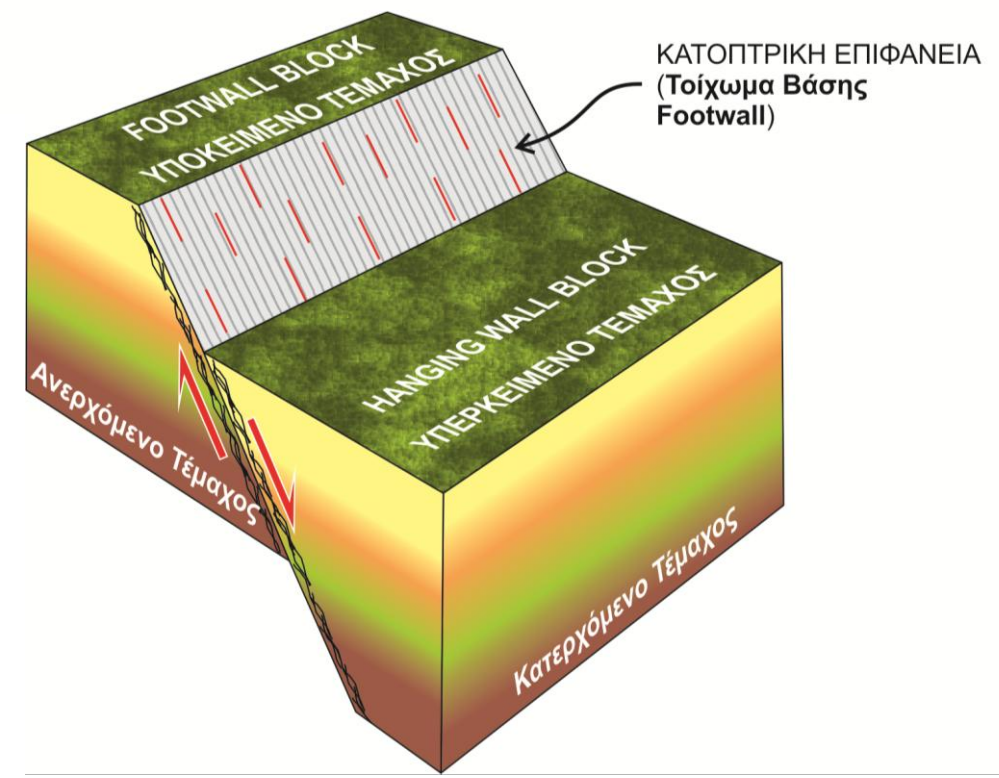
Ρηξιτεμάχη (fault-blocks) → υπερκείμενο τέμαχος (hanging wall block) και υποκείμενο τέμαχος (footwall block). (Στα κατακόρυφα ρήγματα δεν έχει νόημα η διάκριση αυτή).

- Κανονικό ρήγμα (normal fault)
- Ανάστροφο ρήγμα (reverse fault)
- Ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης (strike-slip fault)
 - αριστερόστροφο (left-lateral ή sinistral) ή
 - δεξιόστροφο (right-lateral ή dextral)
- Ρήγμα πλάγιας ολίσθησης (oblique slip)

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



Footwall → τοίχωμα βάσης.
 Hanging wall → επικρεμάμμενο τοίχωμα.
 Hanging wall block → υπερκείμενο ρηξιτέμαχος
 Footwall block → υποκείμενο ρηξιτέμαχος



ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

Σε μια περιοχή εμφανίζονται τρία ρήγματα (F), που από τα δυτικά προς τα ανατολικά έχουν τα ακόλουθα στοιχεία:

F1: κατακόρυφο με διεύθυνση N-S

F2: 60/270

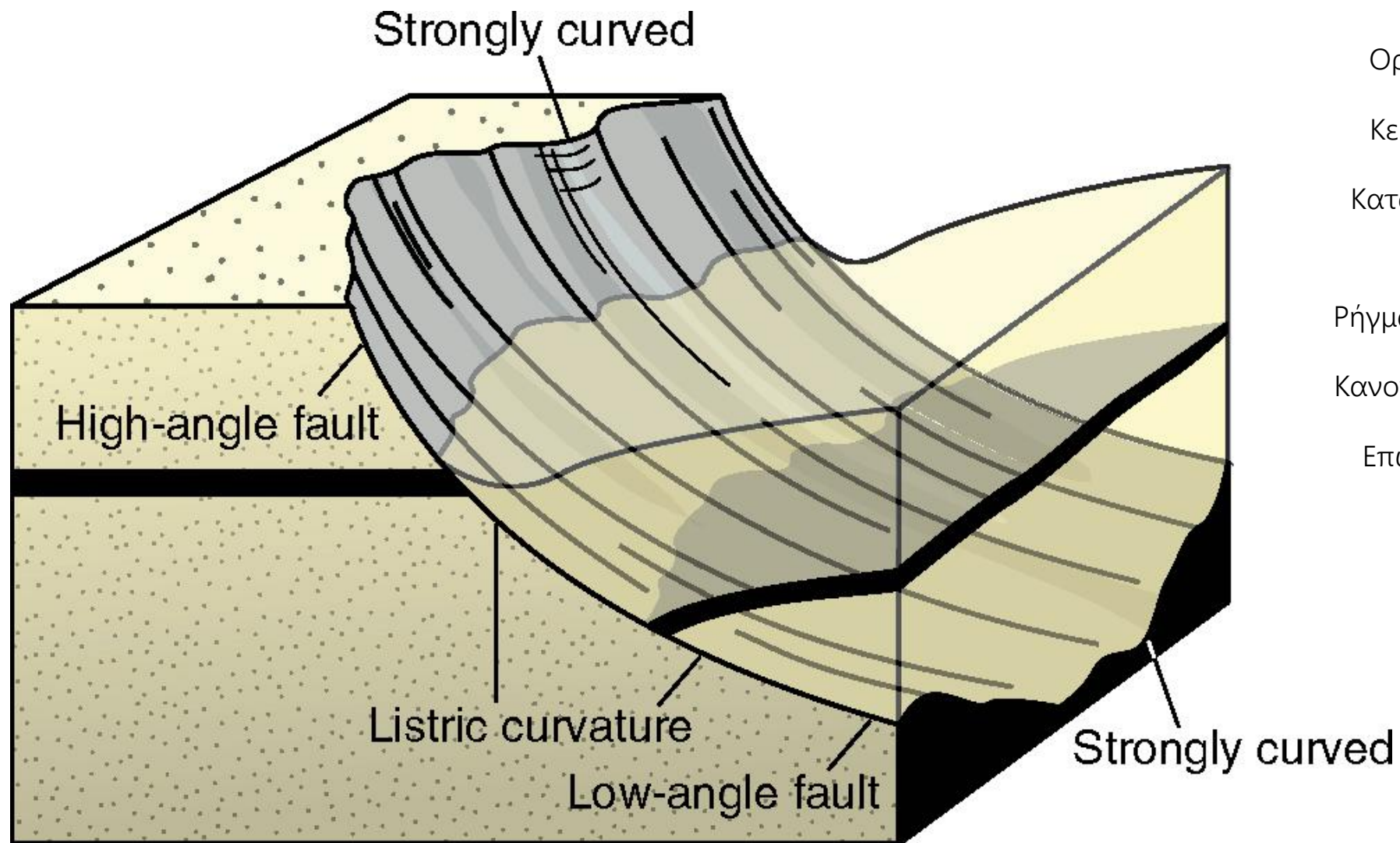
F3: 30/090,

χωρίζοντας την περιοχή σε 4 ρηξιτεμάχια, Α, Β, Γ και Δ (από δυτικά προς ανατολικά).

Αν το ρηξιτέμαχος Α κατέρχεται, το Β ανέρχεται, το Γ μένει σταθερό και το Δ κατέρχεται, να χαρακτηρισθούν κινηματικά τα ρήγματα (κανονικά, ανάστροφα κλπ.) και να ταξινομηθούν με βάση την κλίση τους.



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



Οριζόντια ρήγματα:
 0°

Κεκλιμένα ρήγματα:
 $> 0^\circ$ & $< 90^\circ$

Κατακόρυφα ρήγματα:
 90°

Ρήγματα οριζ. ολίσθησης:
κατακόρυφα

Κανονικά vs Ανάστροφα:
> κλίσεις

Επωθητικά ρήγματα:
~ οριζόντια

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Ρήγμα μικρής-γωνίας κλίσης (low-angle fault): $< 30^\circ$
- Ρήγμα μεγάλης-γωνίας κλίσης (high-angle fault) ή απότομο ρήγμα (steep fault): $> 60^\circ$
- Επωθητικά ρήγματα (thrust faults): μικρής-γωνίας ανάστροφα με μετατόπιση 10άδων ή 100άδων km

Λιστρικό ρήγμα (listric fault) & αντιλιστρικό ρήγμα (antilistic fault)

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



Μεγάλης γωνίας ρήγμα (high-angle fault), από την περιοχή των Δελφών. Τα κινηματικά στοιχεία του ρήγματος, που έχουν προκύψει από την εργασία υπαίθρου, δείχνουν ότι το ρήγμα είναι κανονικό (normal fault).

Ο καθρέπτης του ρήγματος έχει σχηματισθεί σε ανθρακικά πετρώματα στο ανερχόμενο υποκείμενο τέμαχος (footwall block). Στο υπερκείμενο κατερχόμενο τέμαχος (hanging wall block), έχει συσσωρευτεί σημαντικός όγκος κορημάτων, δείκτης ότι το ρήγμα είναι ενεργό.

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



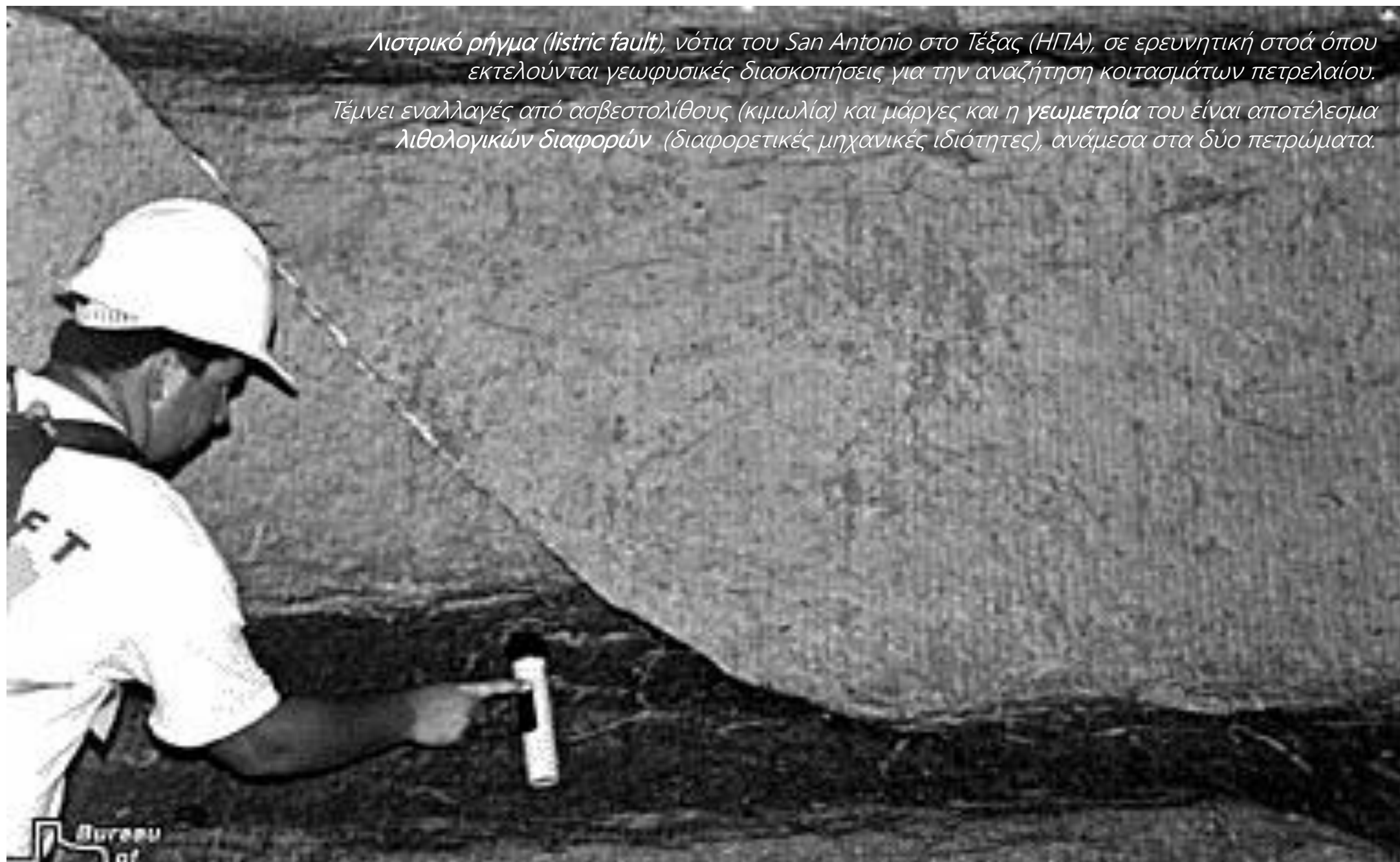
Μικρής γωνίας κανονικό ρήγμα (low-angle normal fault), από την περιοχή των Πεντεορίων, ΒΔ από το Γαλαξίδι.

Ο καθρέπτης του ρήγματος έχει σχηματισθεί σε τριαδικής ηλικίας ανθρακικά πετρώματα στο ανερχόμενο υποκείμενο τέμαχος (footwall block).

Το υπερκείμενο κατερχόμενο τέμαχος (hanging wall block), αποτελείται από ιουρασικής ηλικίας ανθρακικά πετρώματα και ανω-κρητιδικό φλύσχη.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

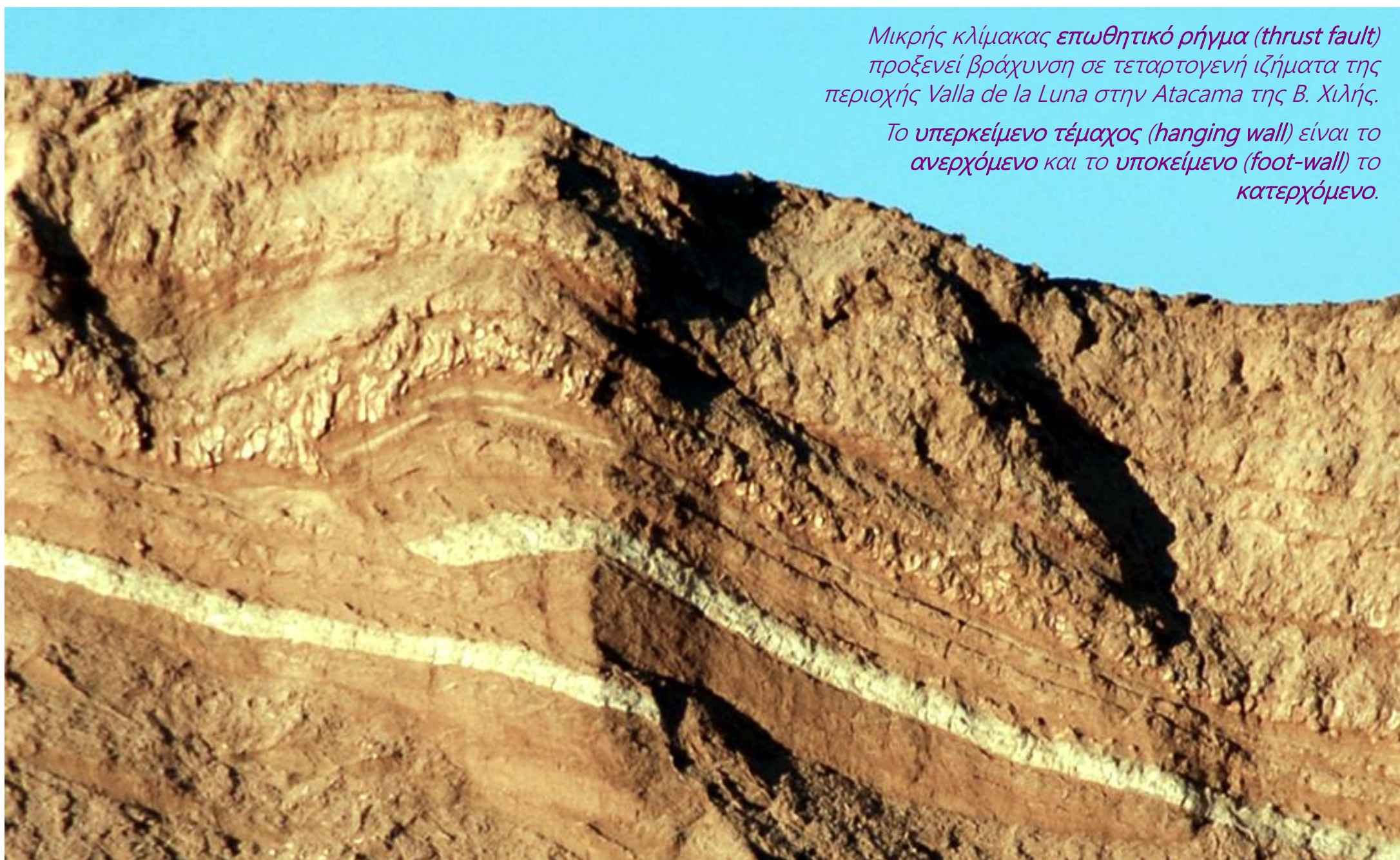
Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



Λιστρικό ρήγμα (listric fault), νότια του San Antonio στο Τέξας (ΗΠΑ), σε ερευνητική στοά όπου εκτελούνται γεωφυσικές διασκοπήσεις για την αναζήτηση κοιτασμάτων πετρελαίου. Τέμνει εναλλαγές από ασβεστολίθους (κιμωλία) και μάργες και η γεωμετρία του είναι αποτέλεσμα λιθολογικών διαφορών (διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες), ανάμεσα στα δύο πετρώματα.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

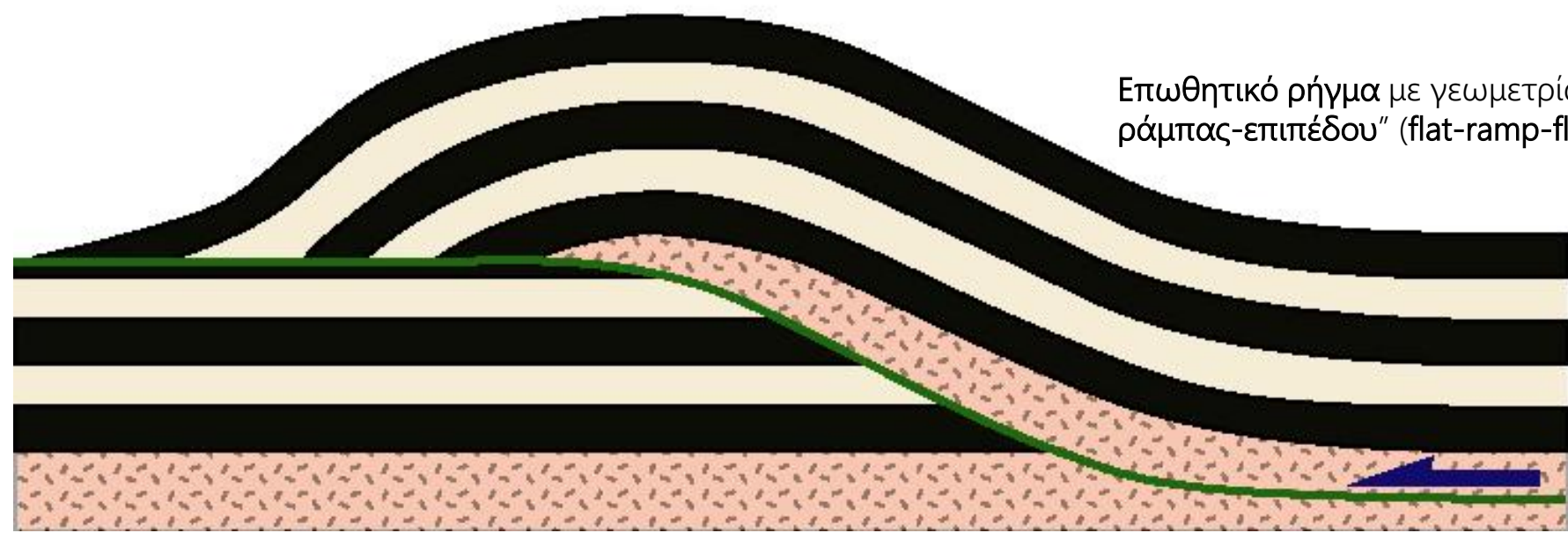
Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



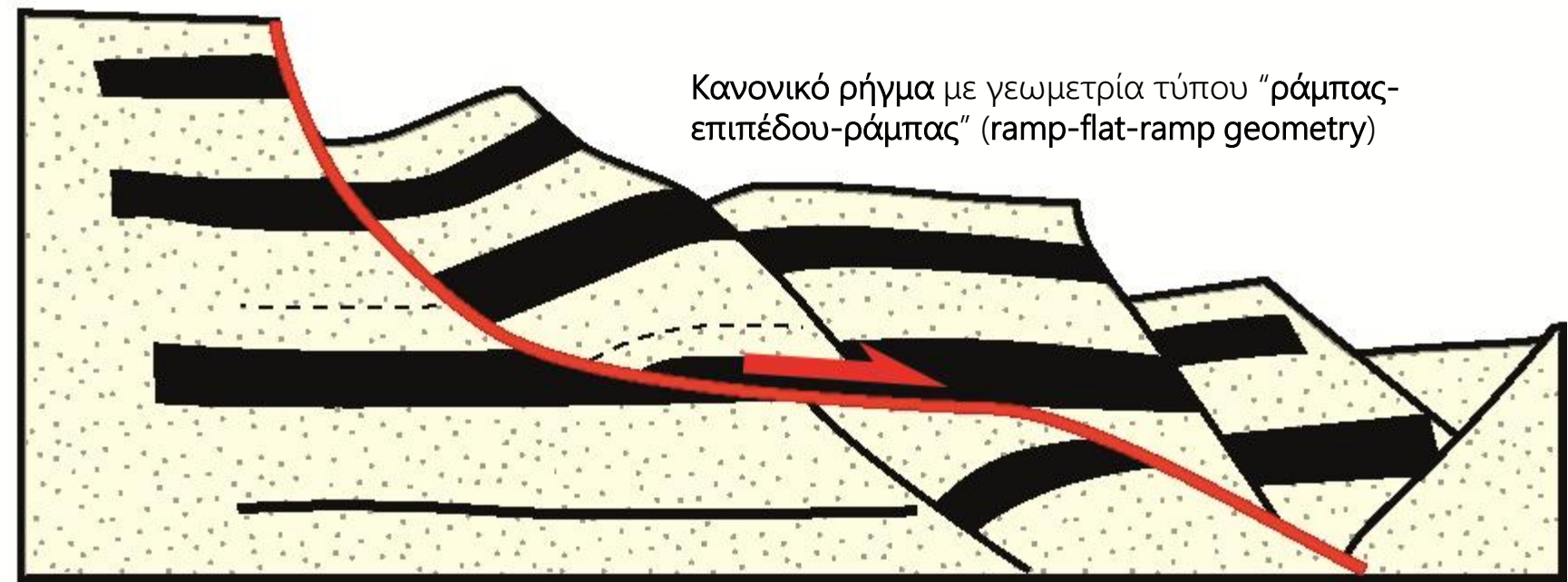
Μικρής κλίμακας επωθητικό ρήγμα (thrust fault) προξενεί βράχυνση σε τεταρτογενή ιζήματα της περιοχής Valla de la Luna στην Atacama της Β. Χιλής.

Το υπερκείμενο τέμαχος (hanging wall) είναι το ανερχόμενο και το υποκείμενο (foot-wall) το κατερχόμενο.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



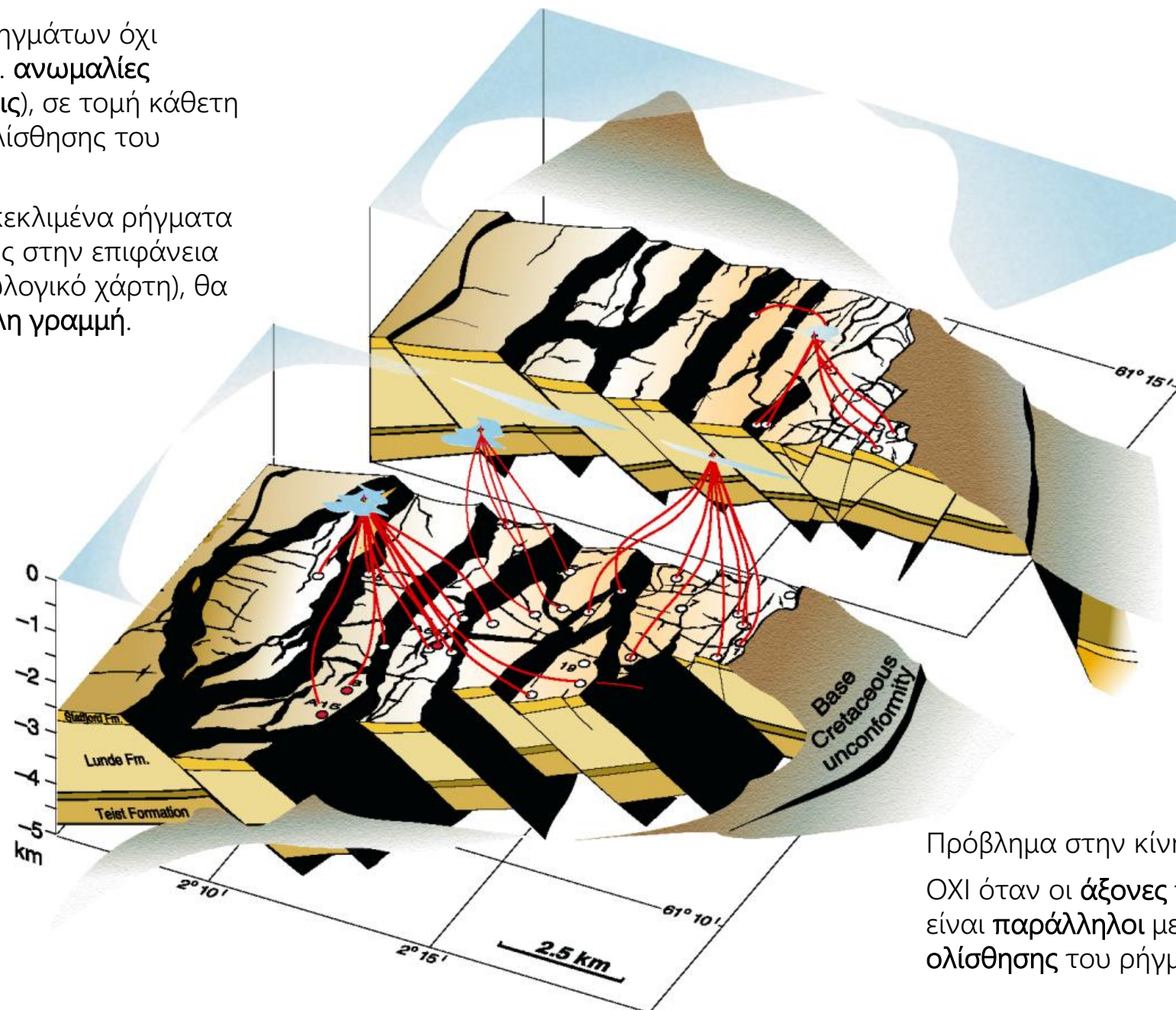
ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Επιφάνεια ρηγμάτων όχι επίπεδη. Π.χ. **ανωμαλίες (καμπυλώσεις)**, σε τομή κάθετη στη φορά ολίσθησης του ρήγματος.

Άρα για τα κεκλιμένα ρήγματα το **ίχνος** τους στην επιφάνεια (και στο γεωλογικό χάρτη), θα είναι **καμπύλη γραμμή**.

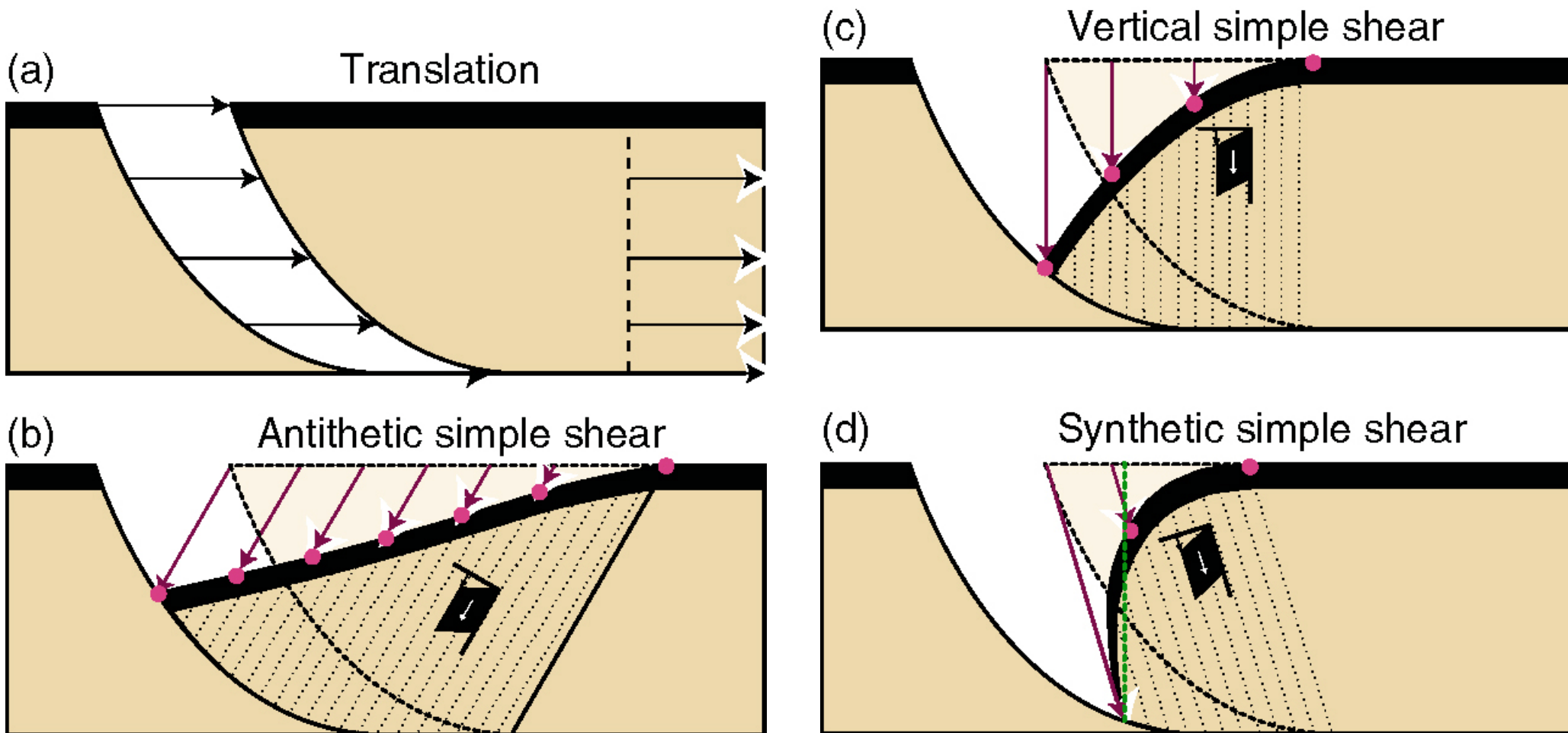


Πρόβλημα στην κίνηση του ρήγματος?
 ΟΧΙ όταν οι άξονες των καμπυλώσεων είναι παράλληλοι με το άνυσμα της ολίσθησης του ρήγματος.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Αν όμως οι άξονες των καμπυλώσεων αυτών είναι εγκάρσιοι στη φορά ολίσθησης του ρήγματος, τότε το υπερκείμενο και/ή το υποκείμενο τέμαχος πρέπει να παραμορφωθούν.

Στις περιπτώσεις αυτές, σε τομή παράλληλη με τη φορά ολίσθησης, το ίχνος του ρήγματος είναι καμπύλη γραμμή.



Ένα ρήγμα μπορεί να έχει οποιοδήποτε σχήμα, σε τομή κάθετη στη διεύθυνση της ολίσθησης, χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα χώρου. Αντίθετα, σε τομή παράλληλη στην ολίσθηση, αν η διατομή του ρήγματος δεν είναι ευθύγραμμη, τότε δημιουργούνται προβλήματα χώρου, που οδηγούν στην παραμόρφωση του υπερκείμενου ή υποκείμενου τεμάχους.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



Η εντυπωσιακή κατοπτρική επιφάνεια του ενεργού κανονικού ρήγματος της Αρκίτσας (ρηξιγενής ζώνη Αταλάντης).

Ο καθρέπτης του ρήγματος έχει αναπτυχθεί σε ανθρακικά πετρώματα, στο υποκείμενο, ανερχόμενο ρηξιτέμαχος (footwall block).

Η κατοπτρική επιφάνεια δεν είναι επίπεδη, αλλά παρουσιάζει έντονες καμπυλώσεις. Οι άξονες των καμπυλώσεων αυτών είναι παράλληλοι με τις γραμμές ολίσθησης του ρήγματος. Αυτό σημαίνει ότι δεν δημιουργούνται προβλήματα χώρου κατά την κίνηση του ρήγματος.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

- Ένα λιστρικό ρήγμα ξεκινάει στην επιφάνεια με στοιχεία 75/140 και σταδιακά προς το βάθος γίνεται οριζόντιο. Ποια διεύθυνση πρέπει να έχει το άνυσμα της κίνησης ώστε να μη υπάρχουν προβλήματα χώρου και ποια ώστε να υπάρχουν.

Στη δεύτερη περίπτωση ποιο από τα δύο ρηξιτεμάχη (υπερκείμενο, υποκείμενο) αναμένεται να παραμορφωθεί και με ποιο τρόπο?

Που οφείλεται η δημιουργία των λιστρικών ρηγμάτων?

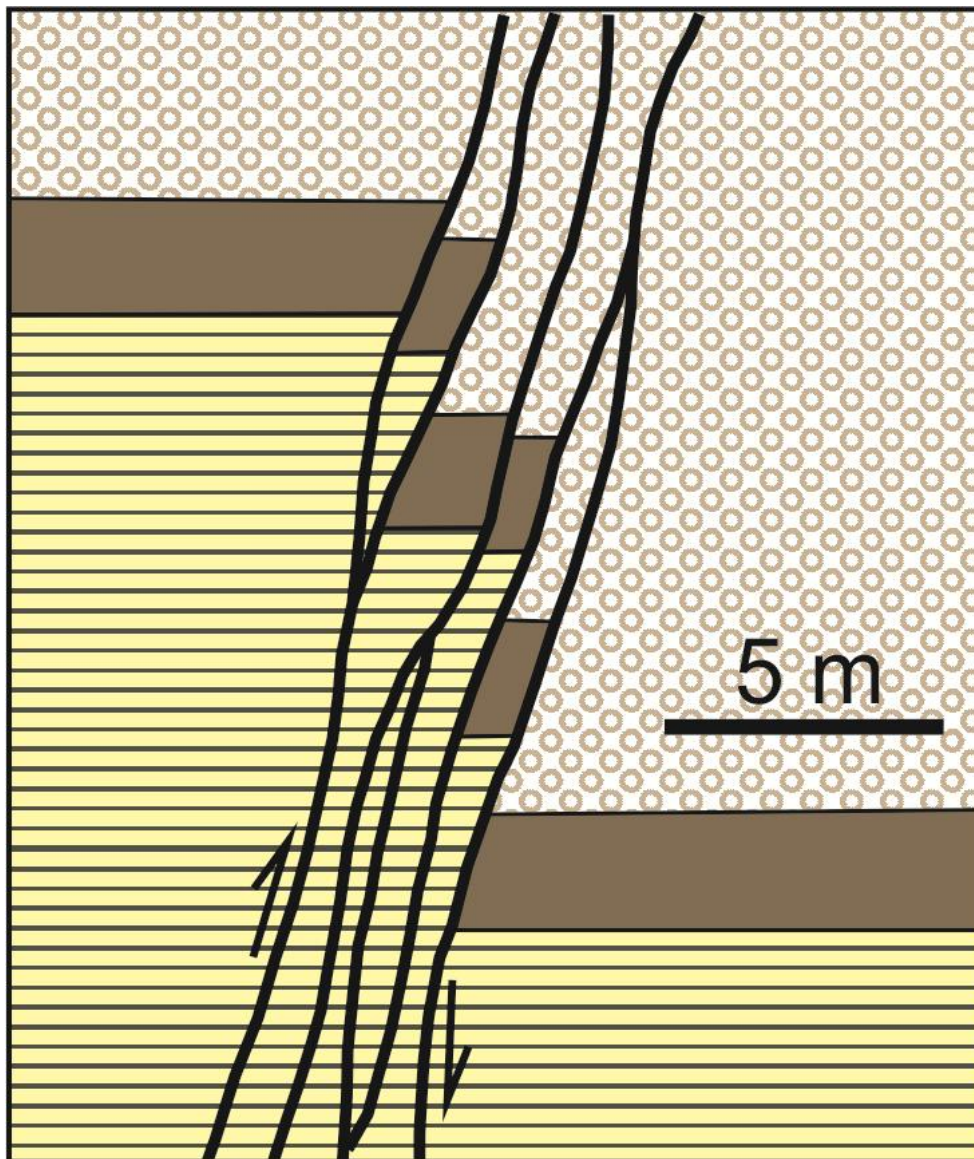


- Σε ένα επίπεδο ρήγμα με στοιχεία 45/200, η κατοπτρική επιφάνεια παρουσιάζει καμπυλώσεις με άξονες που έχουν στοιχεία επίσης 45/200. Σε ποια από τις τρεις ακόλουθες περιπτώσεις κινηματικού χαρακτήρα του ρήγματος θα δημιουργηθούν προβλήματα χώρου και γιατί?

1) κανονικό ρήγμα, 2) ανάστροφο ρήγμα, 3) ρήμα οριζόντιας ολίσθησης, 4) ρήγμα πλάγιας ολίσθησης

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Fault zone:
Ζώνη ρηγμάτων ή η ζώνη του ρήγματος?

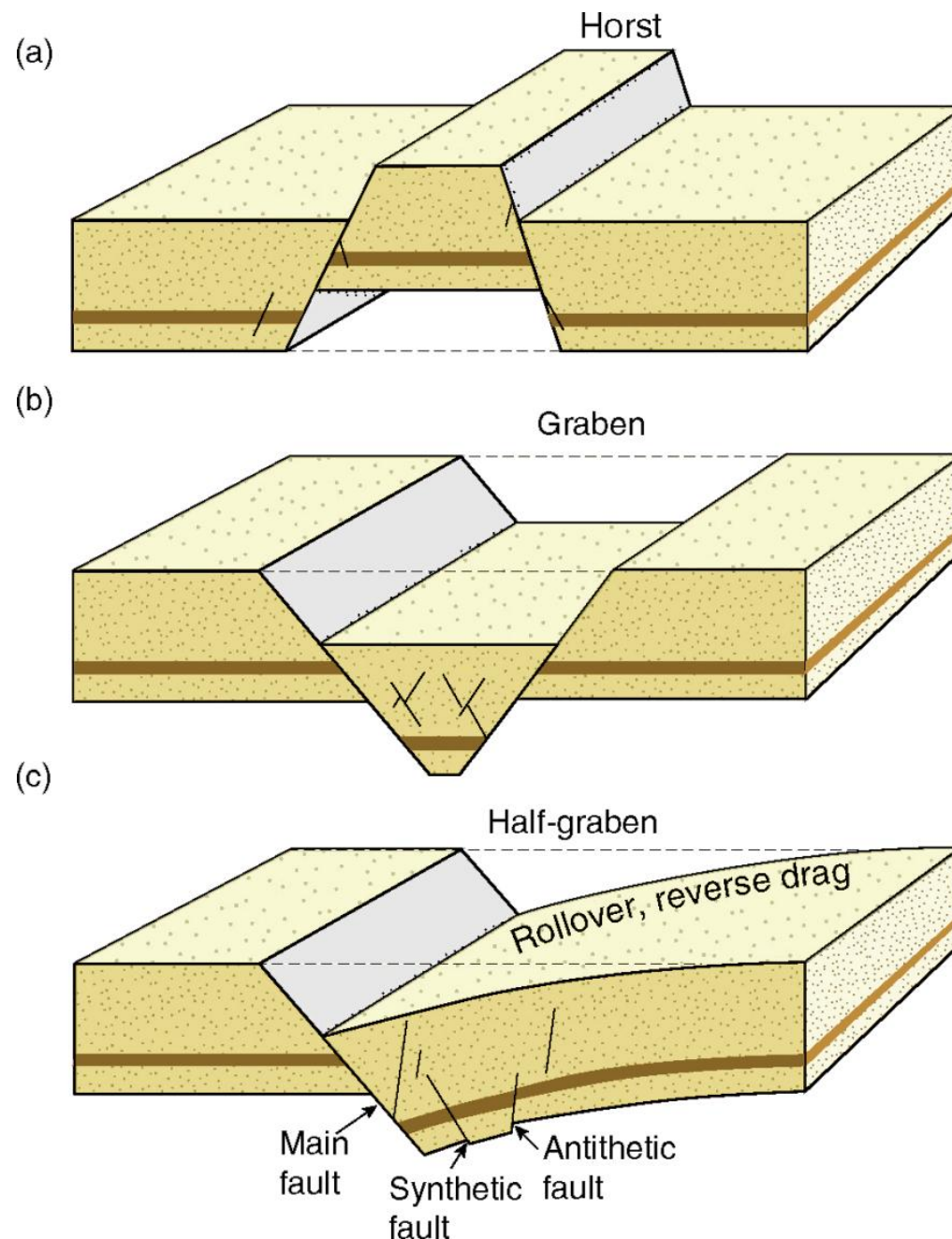


Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



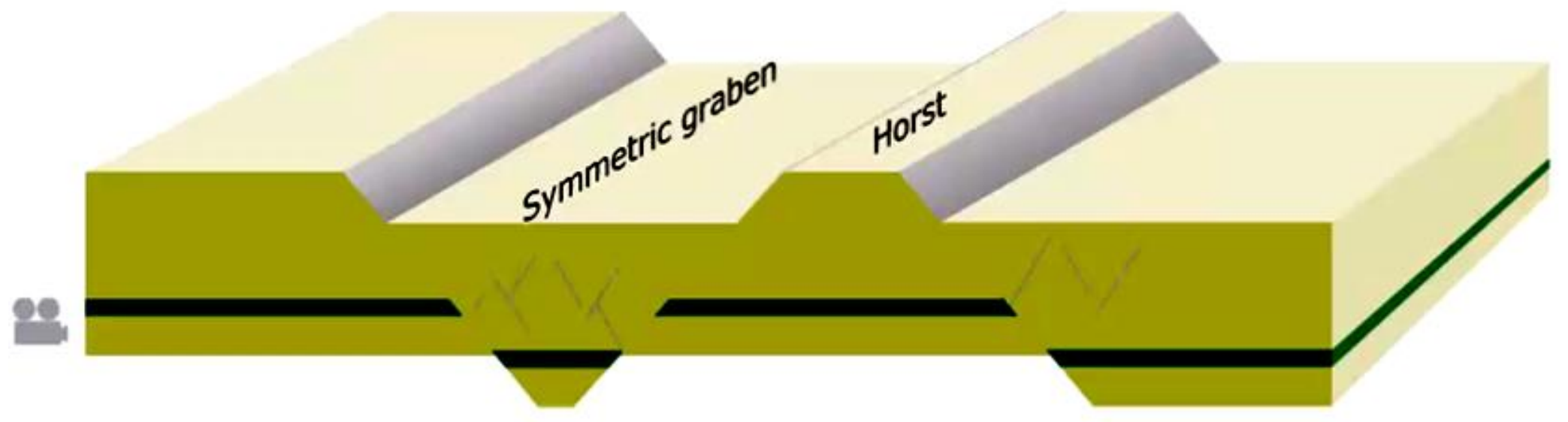
Όταν δύο κανονικά ρηγμάτα συγκλίνουν προς το βάθος μεταξύ τους (b), σχηματίζουν ένα κατερχόμενο ρηξιτέμαχος που καλείται **τεκτονική τάφρος (graben)**.

Αντίστοιχα, κανονικά ρηγμάτα που αποκλίνουν προς το βάθος (a), σχηματίζουν ένα ανερχόμενο ρηξιτέμαχος, που καλείται **τεκτονικό κέρας (horst)**.

Οι τεκτονικές τάφροι που μόνο το ένα περιθώριό τους καθορίζεται από ρήγμα (c), καλούνται **ημι-τάφροι (half-graben)**.

Τα μεγαλύτερα ρηγμάτα σε μια διαρρηγμένη περιοχή, καλούνται **κύρια ρηγμάτα (master or main faults)**, και συχνά συνδέονται με μικρότερα ρηγμάτα, που είτε έχουν την ίδια κλίση με το κύριο ρήγμα και αποκαλούνται **συνθετικά (synthetic)**, είτε έχουν αντίθετη κλίση και καλούνται **αντιθετικά (antithetic)**.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



Μετατόπιση (Displacement), Ολίσθηση (Slip), Άλμα (Throw & Heave), Διαχωρισμός (Separation)

Άνυσμα μετατόπισης (displacement vector) ή φορά καθαρής ολίσθησης (net slip direction).

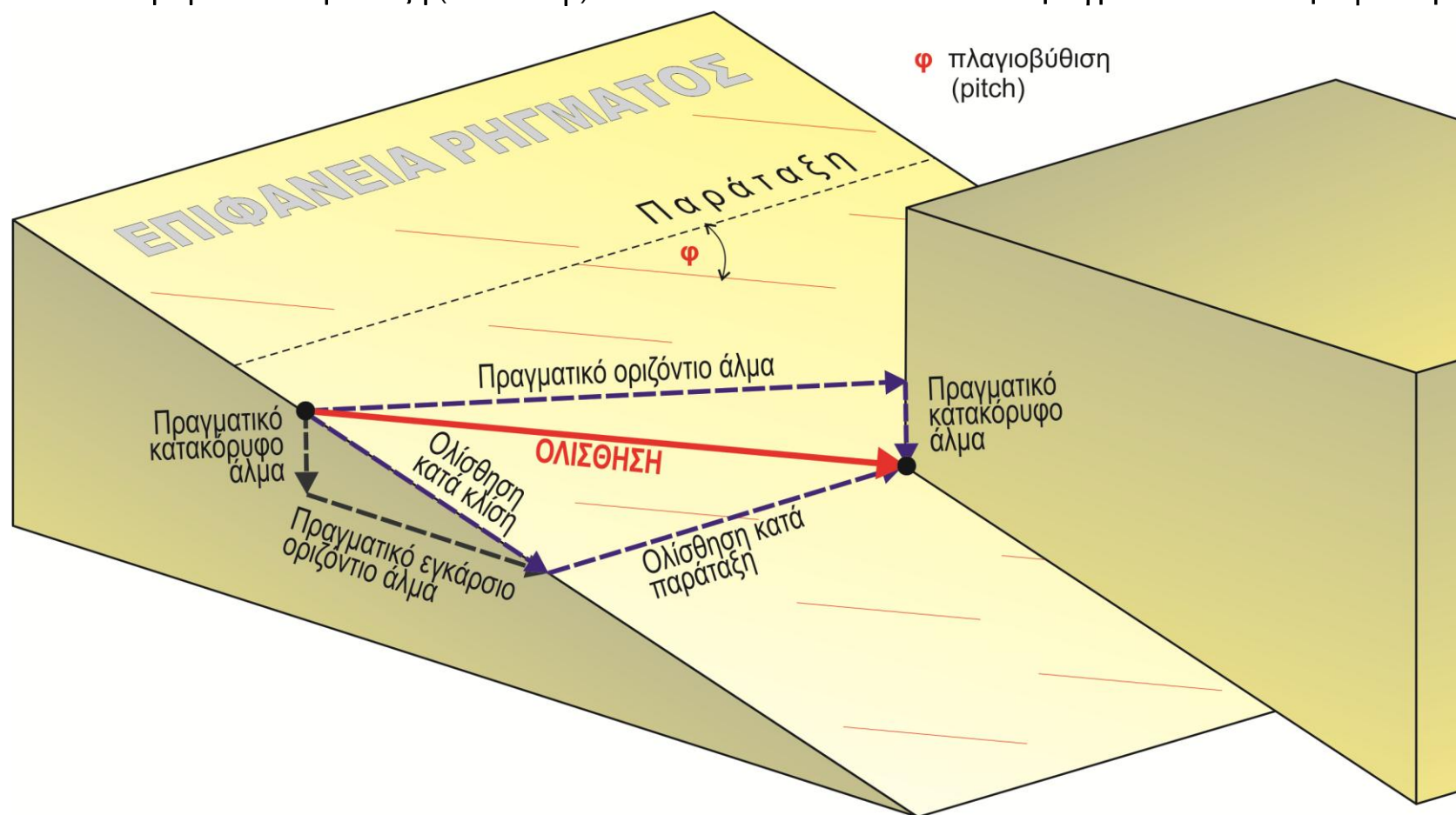
Όταν το ρήγμα τέμνει γραμμικές τεκτονικές δομές, όπως π.χ. οι άξονες των πτυχών, τότε μπορώ να προσδιορίσω δύο σημεία που πριν το ρήγμα συνέπιπταν και έτσι να υπολογίσω το άνυσμα της ολίσθησης και τις συνιστώσες του.

Ανάλυση στην επιφάνεια του ρήγματος:

- ολίσθηση κατά κλίση (dip-slip) και
- ολίσθηση κατά παράταξη (strike-slip)

Ανάλυση στο κατακόρυφο επίπεδο:

- πραγματικό οριζόντιο άλμα (horizontal component) και
- πραγματικό κατακόρυφο άλμα (vertical component)



Ανάλυση της ολίσθησης κατά κλίση στο κατακόρυφο επίπεδο:

- πραγματικό κατακόρυφο άλμα (throw) και
- πραγματικό εγκάρσιο οριζόντιο άλμα (heave)

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

Μια κατοπτρική επιφάνεια ενός ρήγματος μετρήθηκε με στοιχεία 60/090. Το ρήγμα είναι κανονικό και το άνυσμα της πραγματικής ολίσθησης (όπως υπολογίσθηκε από τις γραμμές προστριβής και από άξονα μακροπτυχής που τέμνει) έχει μήκος 300 m και φορά βύθισης προς 045. Να υπολογισθούν:

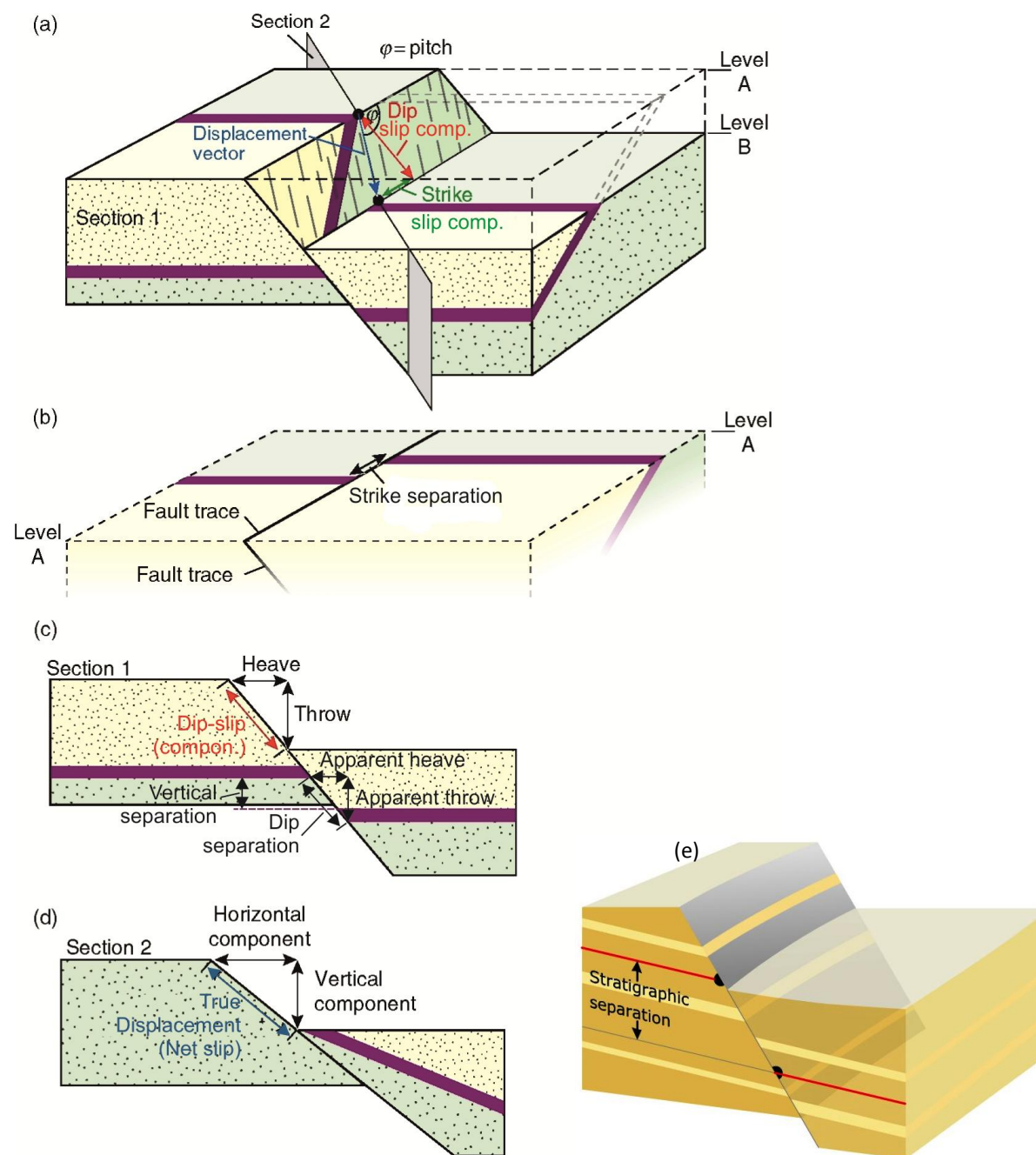
α) Η ολίσθηση κατά κλίση και η ολίσθηση κατά παράταξη.

β) Το πραγματικό κατακόρυφο άλμα και το πραγματικό οριζόντιο άλμα.



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ



ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ (Separation)

- διαχωρισμός κατά παράταξη (strike separation)
- διαχωρισμός κατά κλίση (dip separation)
- φαινόμενο κατακόρυφο άλμα (apparent throw)
- φαινόμενο εγκάρσιο οριζόντιο άλμα (apparent heave)
- κατακόρυφος διαχωρισμός (vertical separation)
- οριζόντιος διαχωρισμός (horizontal separation)
- στρωματογραφικός διαχωρισμός (stratigraphic separation)

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



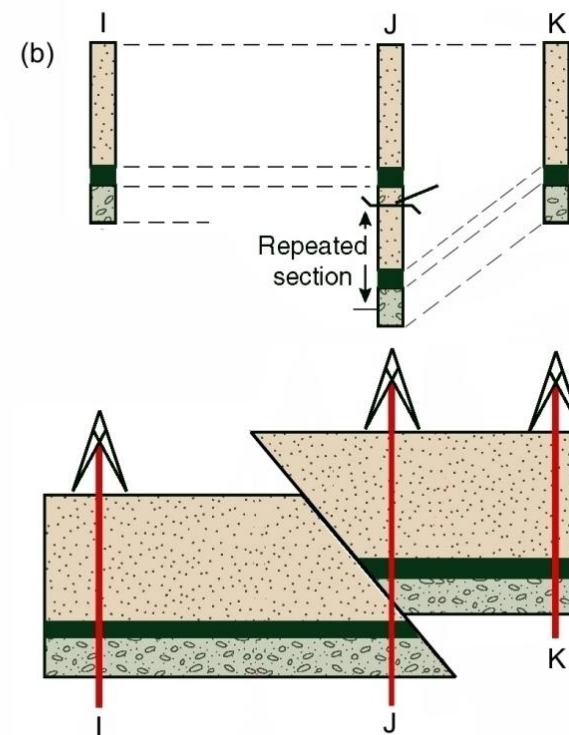
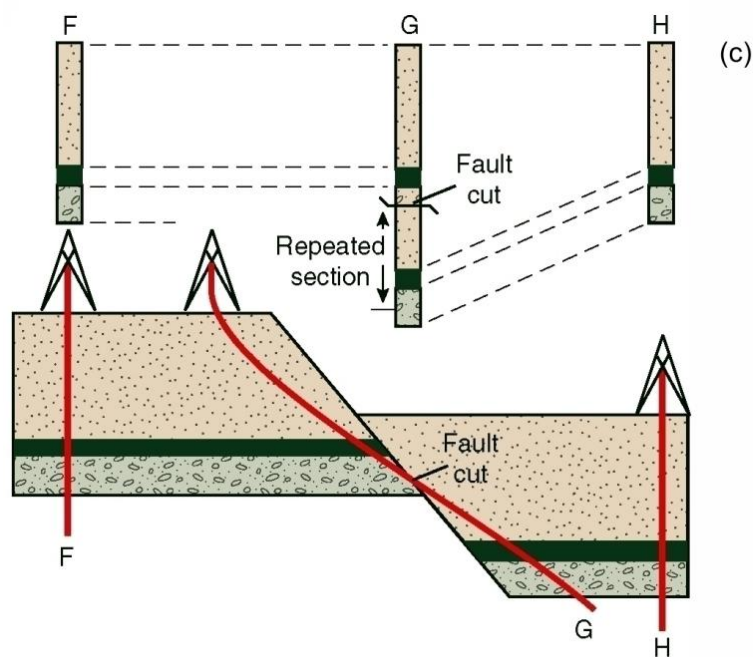
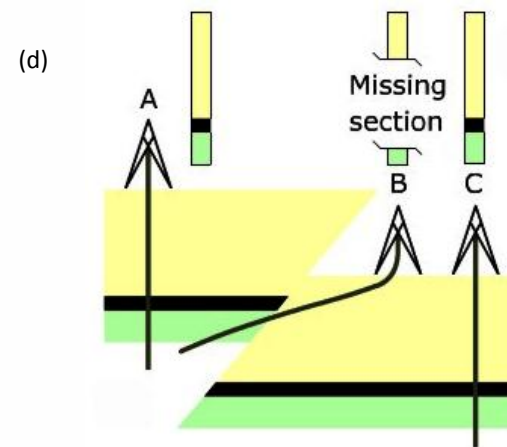
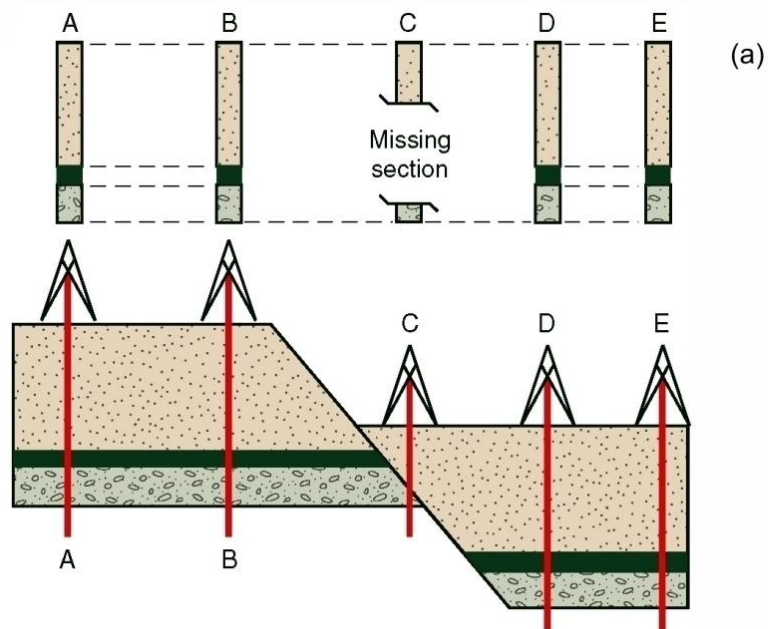
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ (Separation)

- διαχωρισμός κατά παράταξη (strike separation)
- διαχωρισμός κατά κλίση (dip separation)
- φαινόμενο κατακόρυφο άλμα (apparent throw)
- φαινόμενο εγκάρσιο οριζόντιο άλμα (apparent heave)
- κατακόρυφος διαχωρισμός (vertical separation)
- οριζόντιος διαχωρισμός (horizontal separation)
- στρωματογραφικός διαχωρισμός (stratigraphic separation)

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

More

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



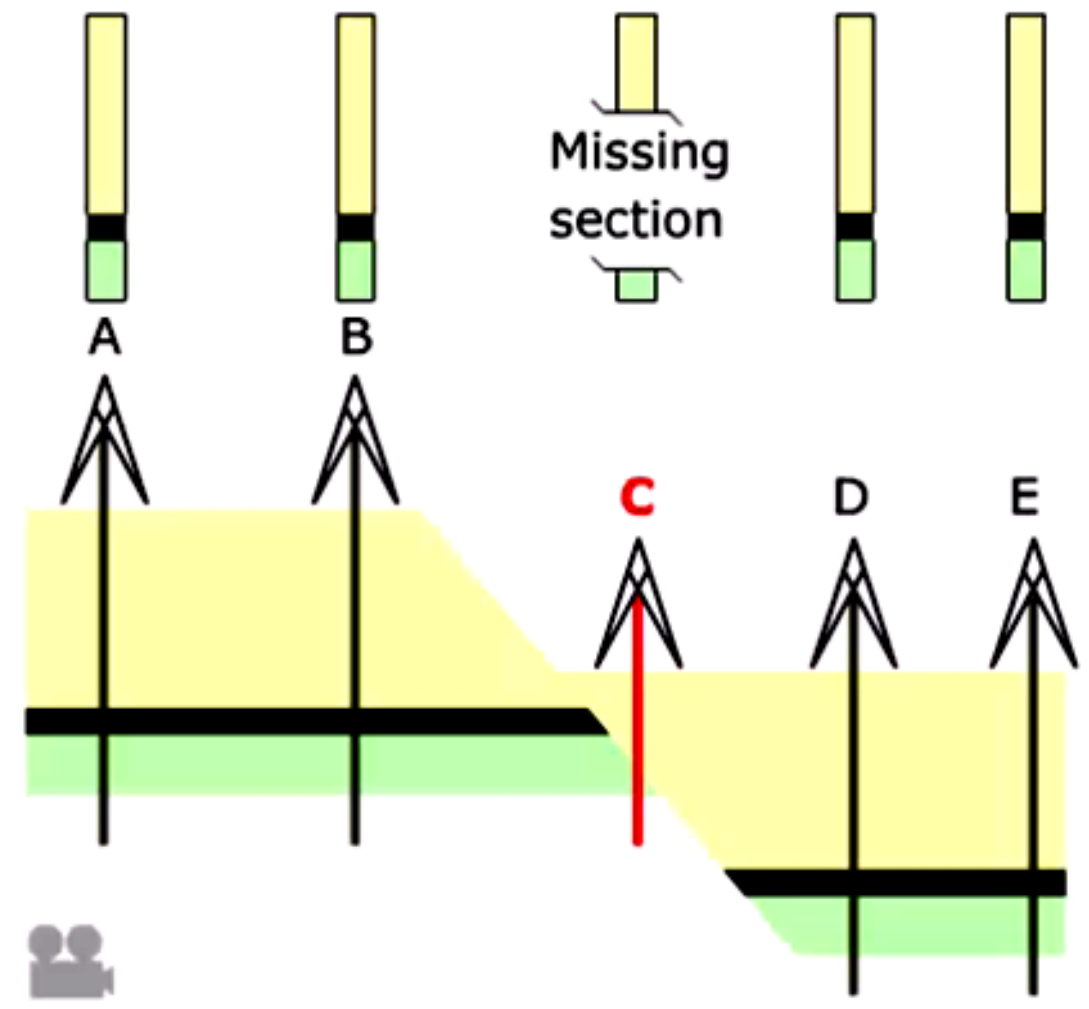
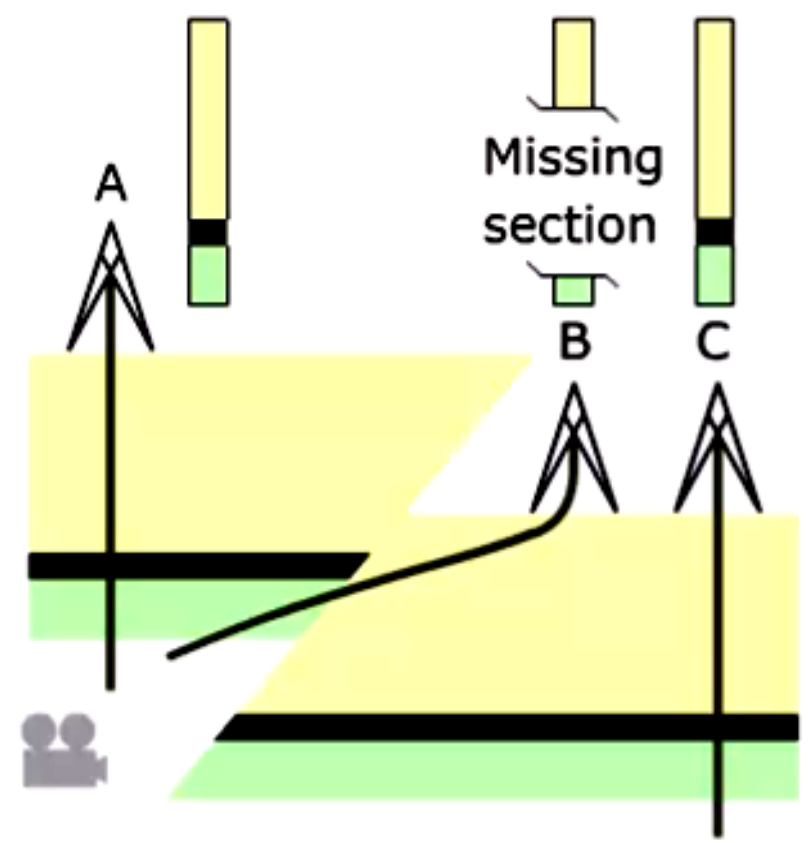
Τα κανονικά ρήγματα προκαλούν κενά στη στρωματογραφία και τα ανάστροφα επαναλήψεις της στρωματογραφίας.

Όμως, για τα αποκλίνοντα πηγάρδια, όταν η κλίση της γεώτρησης είναι μικρότερη από την κλίση του ρήγματος, έχω επαναλαμβανόμενες ακολουθίες και στα κανονικά ρήγματα, ή ελλείπουσες ακολουθίες στα ανάστροφα.

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

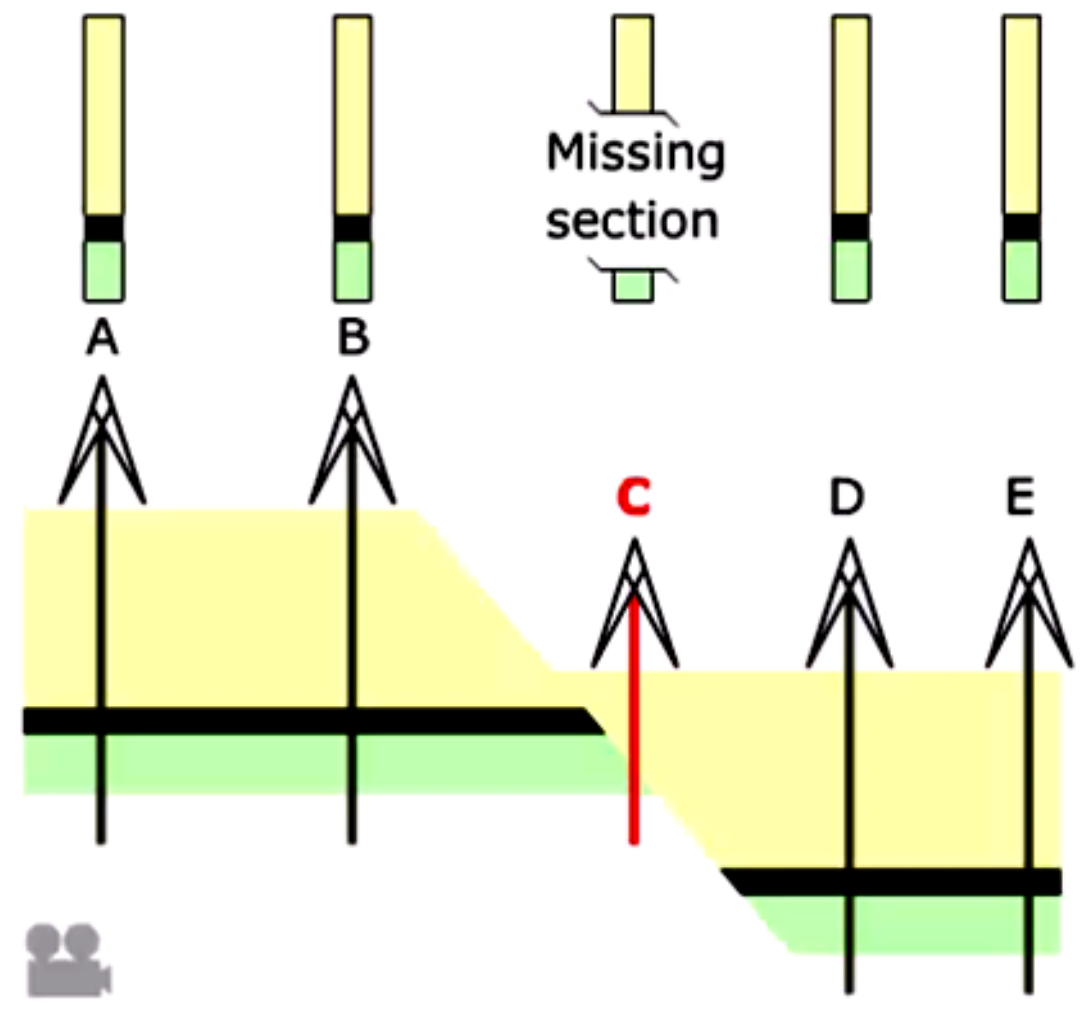
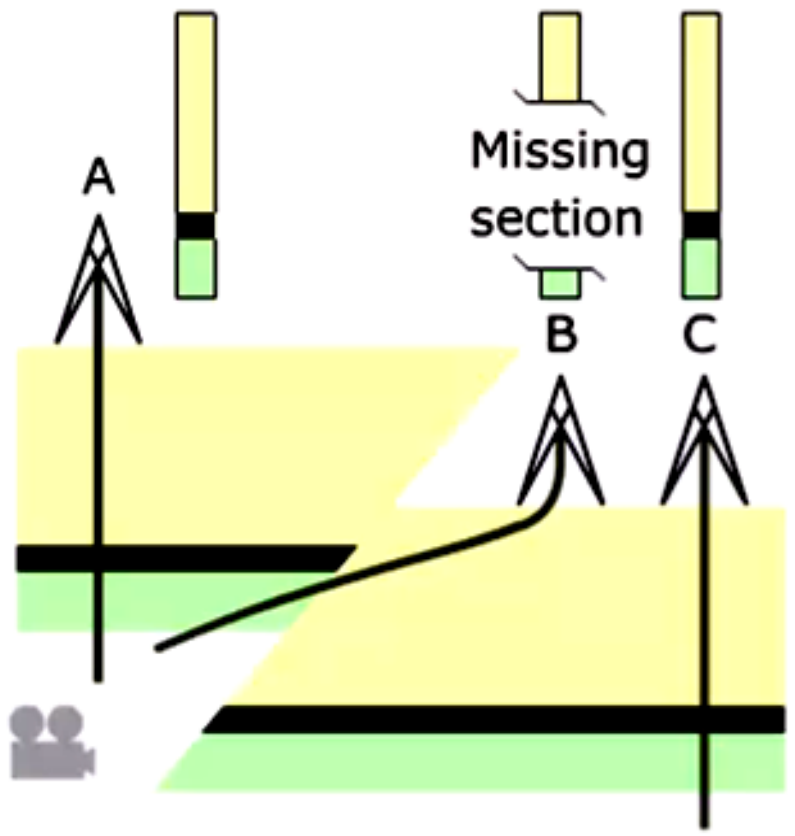
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

- Μια γεώτρηση βάθους 660 m, συναντάει τα ακόλουθα οριζόντια στρώματα από την επιφάνεια προς το βάθος: ψαμμίτες (150 m), κροκαλοπαγή (30 m), ασβεστόλιθοι (200 m), ψαμμίτες (50 m), κροκαλοπαγή (30 m), ασβεστόλιθοι (250 m). Ποιού χαρακτήρα ρήγμα και ποια γεωμετρία γεώτρησης μπορεί να ερμηνεύσει αυτή την επανάληψη?

Μπορεί αυτή η επανάληψη να ερμηνευθεί με πτυχή?

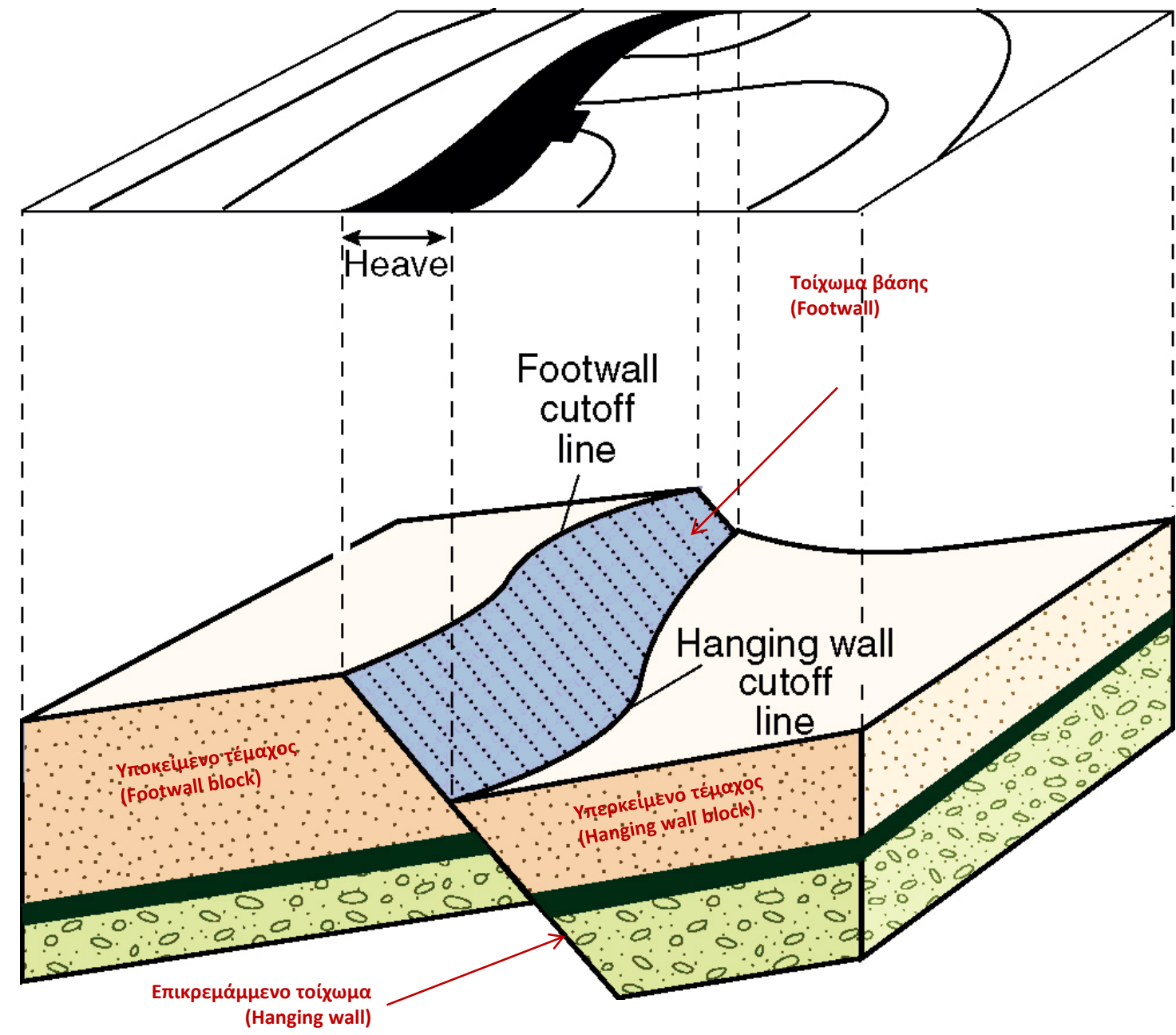


- Στην περίπτωση που η κανονική στρωματογραφία σε μια περιοχή είναι από τα νεώτερα προς τα αρχαιότερα:

ψαμμίτες/κροκαλοπαγή/ασβεστόλιθοι

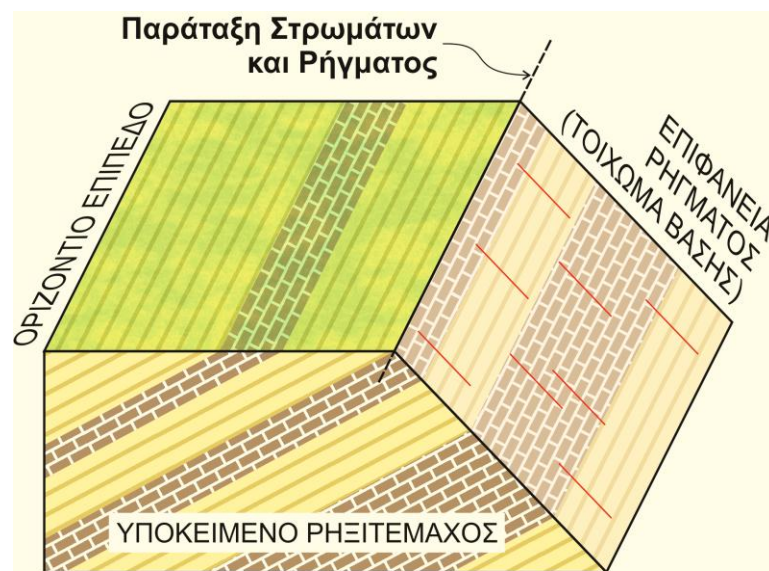
και μια γεώτρηση κόβει αρχικά ψαμμίτες και στη συνέχεια ασβεστολίθους, ποιού χαρακτήρα ρήγμα και ποια γεωμετρία γεώτρησης μπορεί να ερμηνεύσει αυτή την μεταβολή στη στρωματογραφία?

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

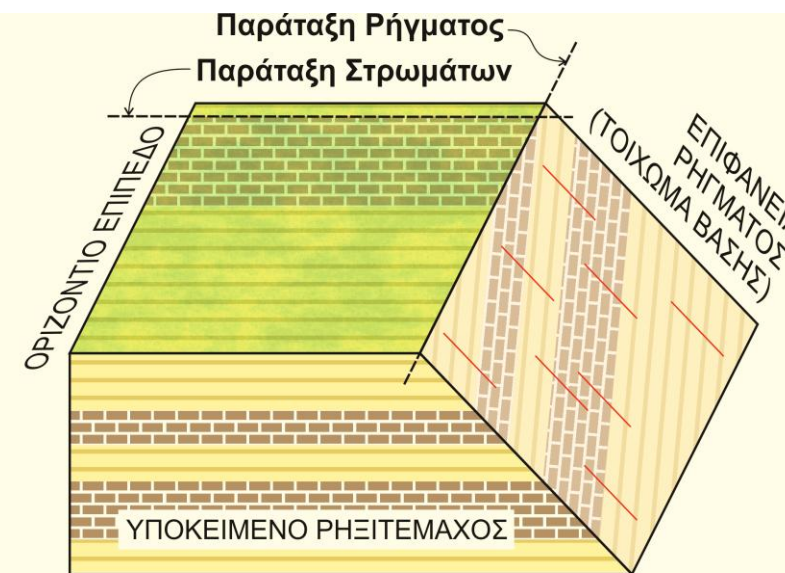


ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

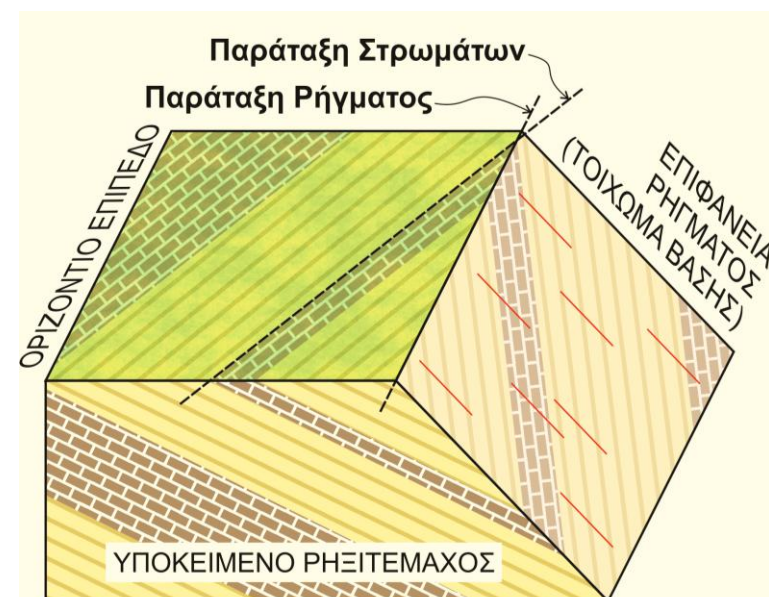
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

**ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ**

(a)

**ΕΓΚΑΡΣΙΟ**

(b)

**ΔΙΑΓΩΝΙΟ**

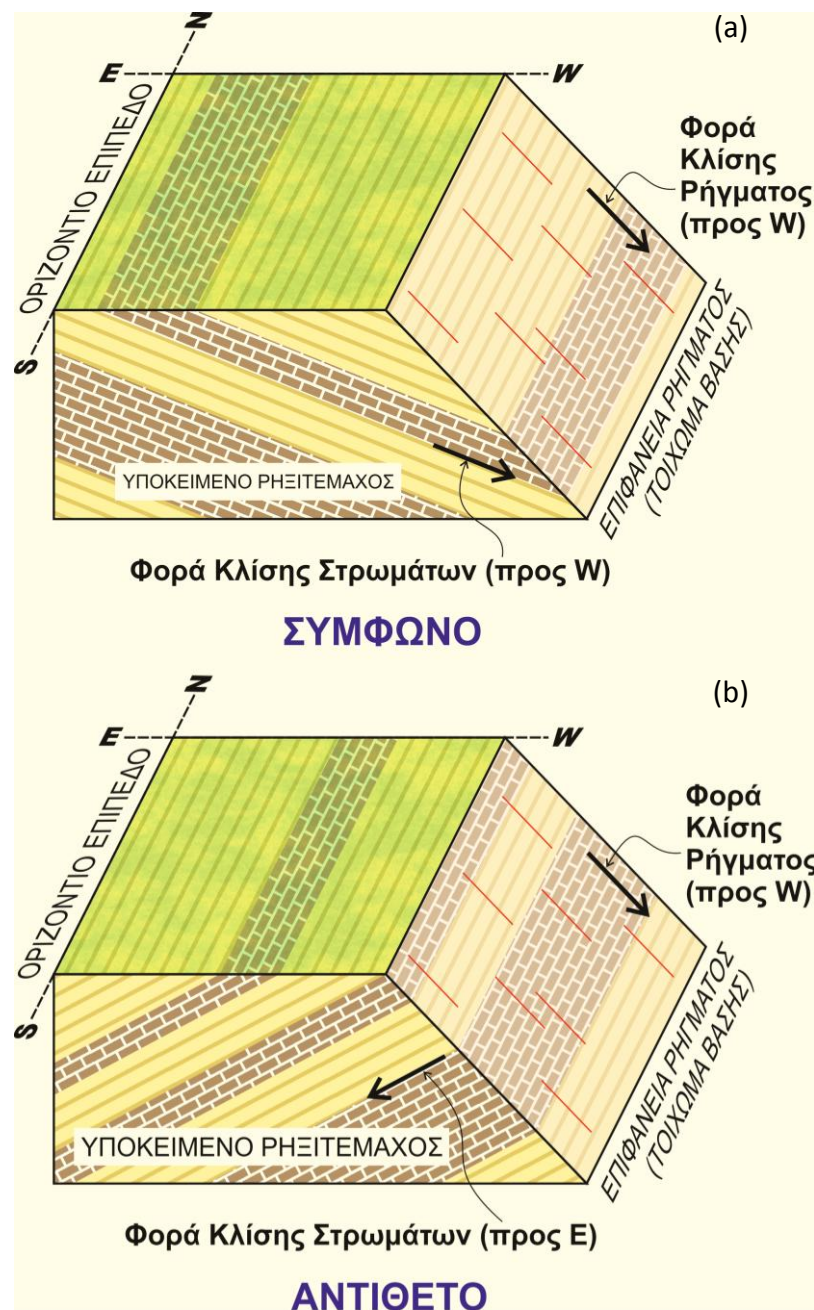
(c)

Παράλληλα: παρατάξεις ρήγματος και παρατάξεις στρωμάτων παράλληλες μεταξύ τους (γωνία παρατάξεων 0°)

Εγκάρσια: παρατάξεις ρήγματος και παρατάξεις στρωμάτων εγκάρσιες (σηματίζουν γωνία 90°)

Διαγώνια: παρατάξεις ρήγματος και στρωμάτων σχηματίζουν οποιαδήποτε άλλη γωνία μεταξύ τους

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



Σύμφωνα: ρήγμα και στρώματα έχουν ίδια φορά κλίσης (η τιμή της κλίσης συνήθως είναι διαφορετική)

Αντίθετα: ρήγμα και στρώματα έχουν αντίθετες φορές κλίσης

Προσοχή: Η διάκριση αυτή έχει νόημα μόνο για τα παράλληλα ρήγματα, γιατί για τις άλλες δύο περιπτώσεις (εγκάρσια και διαγώνια) το ρήγμα θα φαίνεται σύμφωνο ή αντίθετο ανάλογα με τη διεύθυνση της τομής.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

Σε μια περιοχή με απλά κεκλιμένα στρώματα με στοιχεία 30/270 εμφανίζονται τέσσερα ρήγματα (F), που έχουν τα ακόλουθα στοιχεία:

F1: 60/270

F2: 60/090

F3: 70/180

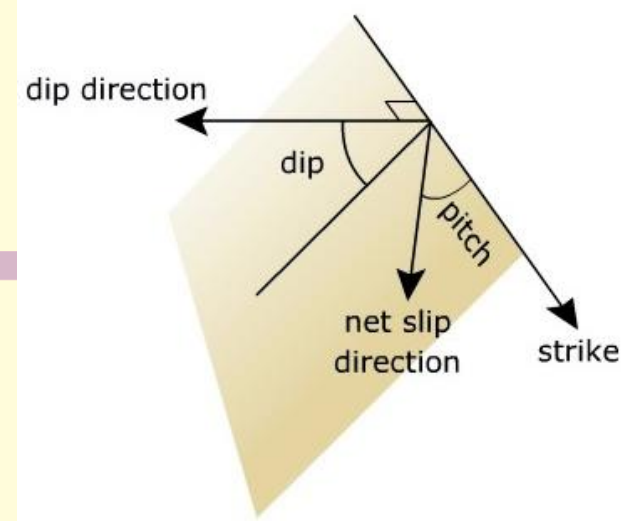
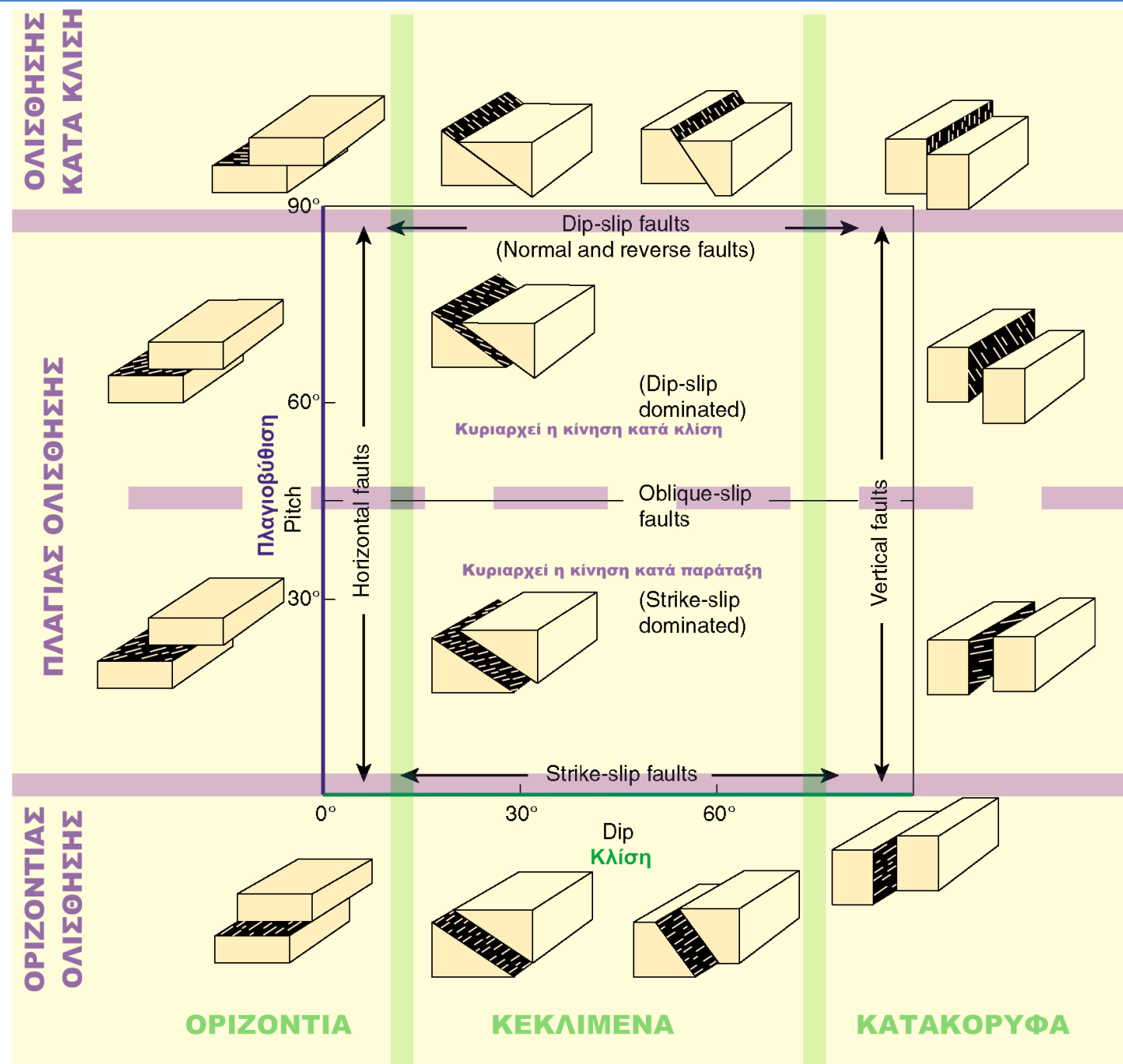
F4: 70/130

Ποια από τα ρήγματα αυτά χαρακτηρίζονται ως παράλληλα, εγκάρσια και διαγώνια και ποια σύμφωνα ή αντίθετα?



- ❑ Ορολογία ρηγμάτων
- ❑ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ❑ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ❑ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ❑ Ανατομία των ρηγμάτων
- ❑ Κατανομή της μετατόπισης
- ❑ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ



Anderson (1942):

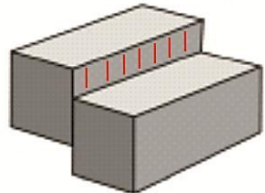
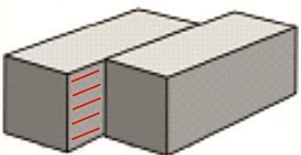
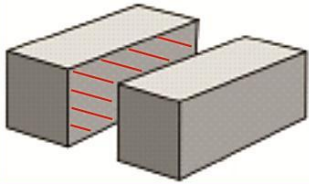
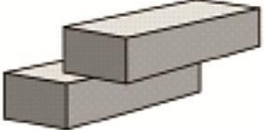
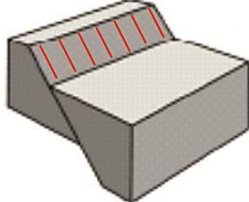
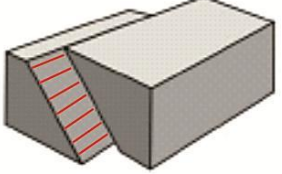
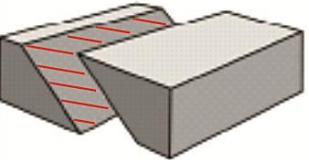
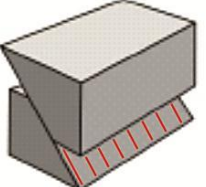
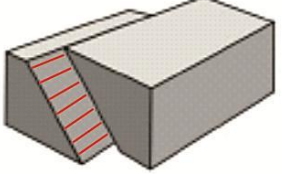
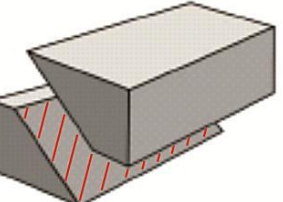
- Κλίση του ρήγματος (dip) &
- Πλαγιοβύθιση ανύσματος ολίσθησης (pitch)

Κανονικά και ανάστροφα ρήγματα
 Τα ανάστροφα ρήγματα με κλίση < 30° (45° κατ' άλλους), όπως προαναφέραμε, καλούνται επωθητικά

Δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ρήγματα

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

		ΓΡΑΜΜΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ					
		ΚΑΤΑ ΚΛΙΣΗ	ΚΑΤΑ ΠΑΡΑΤΑΞΗ	ΠΛΑΓΙΕΣ			
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ	Όρθο-κατακόρυφο 	Πάρα-κατακόρυφο 	Πλάγιο-κατακόρυφο 			
	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	Οριζόντιο 					
	ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ	Όρθο-κανονικό 	Πάρα-κεκλιμένο 	Πλάγιο-κανονικό 	Κανονικό		
	ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ	Όρθο-ανάστροφο 	Πάρα-κεκλιμένο 	Πλάγιο-ανάστροφο 	Ανάστροφο		

Μαριολάκος & Παπανικολάου (1986):

Αν το ρήγμα είναι **οριζόντιο**, οι έννοιες ορθο-, παρα- και πλάγιο- **δεν έχουν νόημα**.

Σε όσες περιπτώσεις έχω κίνηση κατά παράταξη ή πλάγια, το ρήγμα χαρακτηρίζεται επιπλέον ως **αριστερόστροφο** ή **δεξιόστροφο**.



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



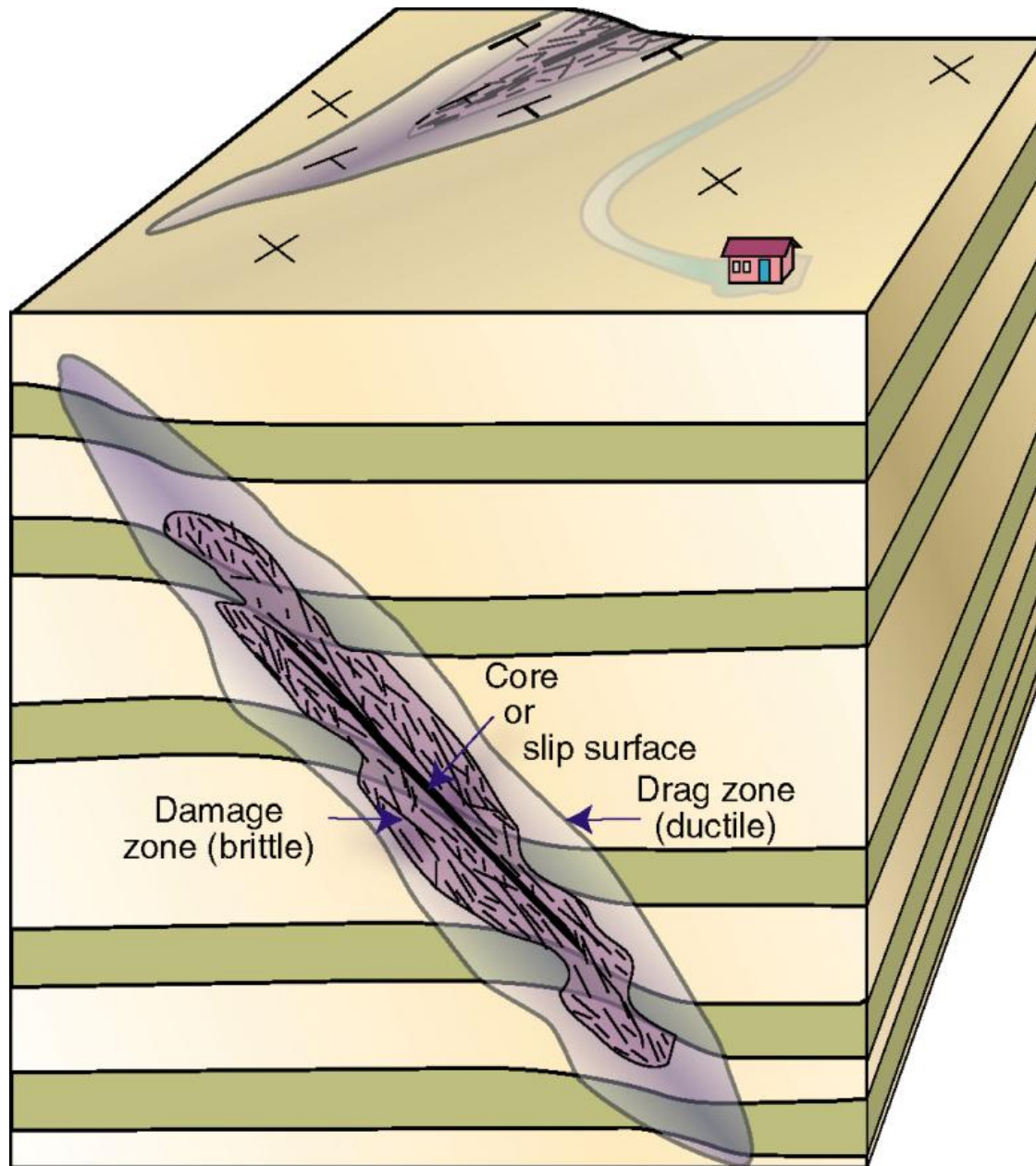
Ταξινόμηση ρηγμάτων με βάση την κλίση της ρηξιγενούς επιφάνειας και τη διεύθυνση και φορά της ολίσθησης, κατά ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986). (σχήματα):

Για κάθε περίπτωση να κατασκευασθεί σχηματικά αντίστοιχο δίκτυο Schmidt, με δεδομένο ότι η διεύθυνση του ρήγματος θα είναι 050-230.

Μπορεί στο δίκτυο Schmidt να απεικονισθεί και ο χαρακτήρας "κανονικό" ή "ανάστροφο" του ρήγματος?

Στις περιπτώσεις που υπάρχει και συμμετοχή οριζόντιας συνιστώσας κάτω από ποιες προϋποθέσεις μπορεί να απεικονισθεί ο χαρακτήρας "δεξιόστροφο" ή "αριστερόστροφο"?

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



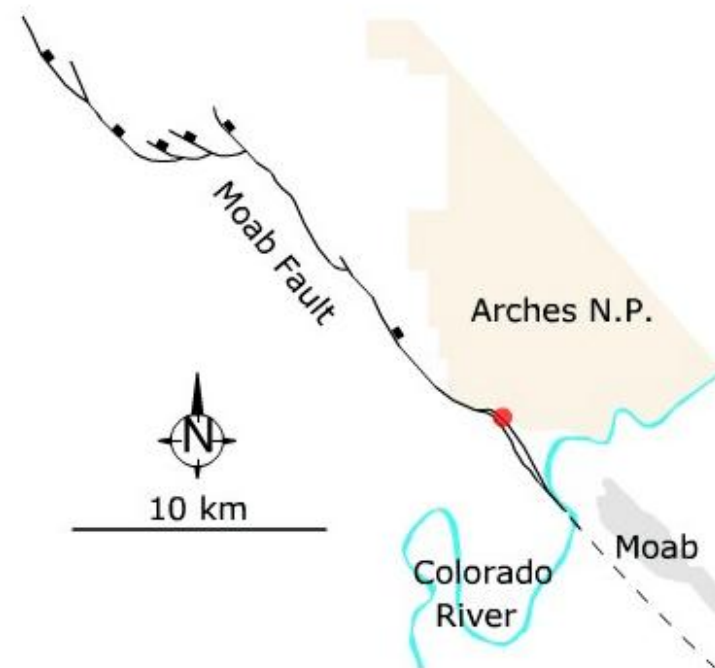
Πολύπλοκες και σύνθετες τεκτονικές δομές - έντονες διαφοροποιήσεις

- **Πυρήνας του ρήγματος (fault core) ή επιφάνεια ολίσθησης (slip surface)** – αριθμός επιφανειών, πλάτος, πετρώματα ρηξιγενών ζωνών (fault related rocks)
- **Ζώνη κατακερματισμού του ρήγματος (damage fault zone)** – σχέση με άλμα και μέγεθος ρήγματος
- **Ζώνη της πάρελξης (drag zone)**

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Η κύρια επιφάνεια ολίσθησης (slip surface) και ο πυρήνας (fault core) του ρήγματος Moab (Uta, ΗΠΑ), με άλμα αρκετών εκατοντάδων μέτρων

Εξαλλιώσεις λόγω κυκλοφορίας ρευστών στον πυρήνα του ρήγματος – Μετανάστευση ρευστών κατά το στάδιο ανάπτυξης όσο και μετά



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Χαρακτηριστική ανάπτυξη μιας, 60 m, ζώνης κατακερματισμού (**damage zone**) στο υποκείμενο **τέμαχος (footwall)** ενός κανονικού ρήγματος, με άλμα της τάξης των 200 m, από την περιοχή Utah των ΗΠΑ.

- ζώνες παραμόρφωσης (**deformation bands**),
- μικρής κλίμακας επιφάνειες ολίσθησης (**slip surfaces**),
- μεσαίας κλίμακας διατμητικές ρωγμές (**shear fractures**) και
- διακλάσεις (**joints**)

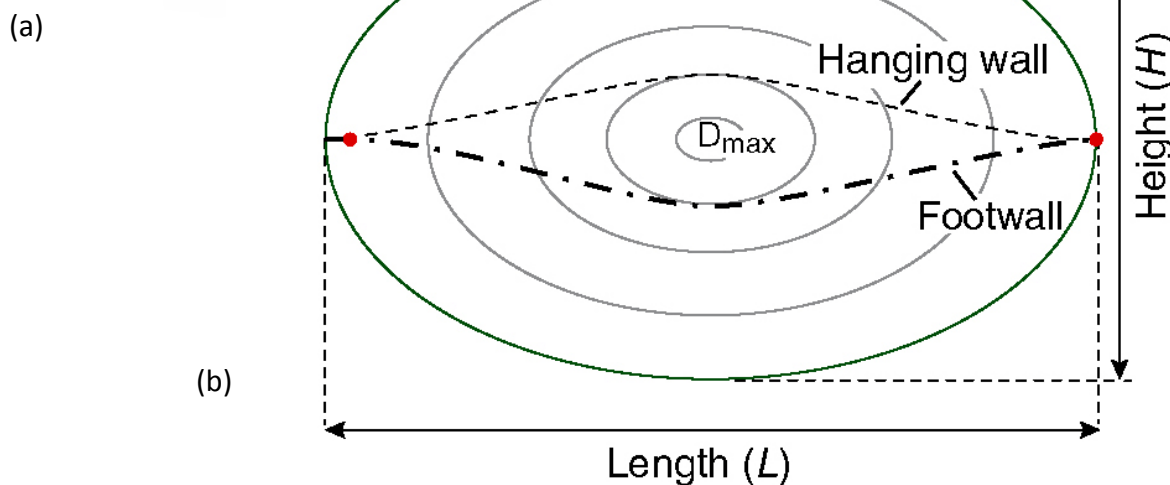
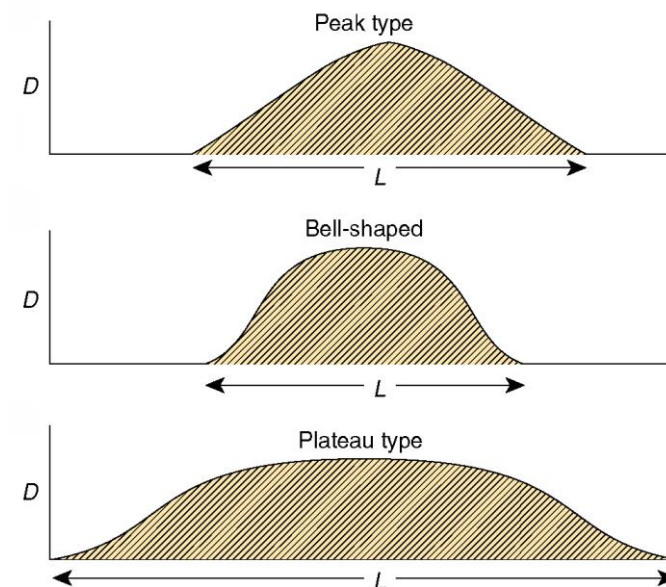
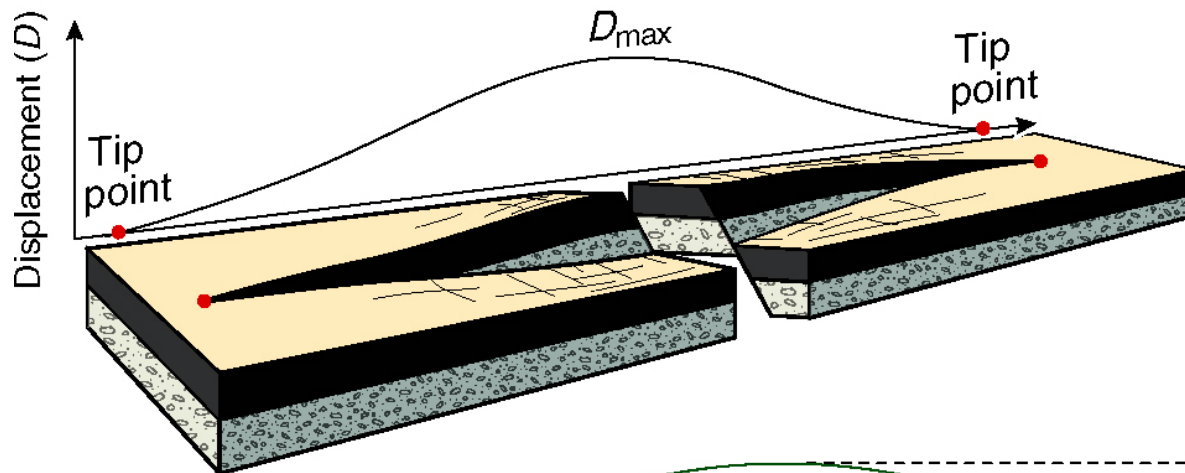


Αύξηση πυκνότητας →



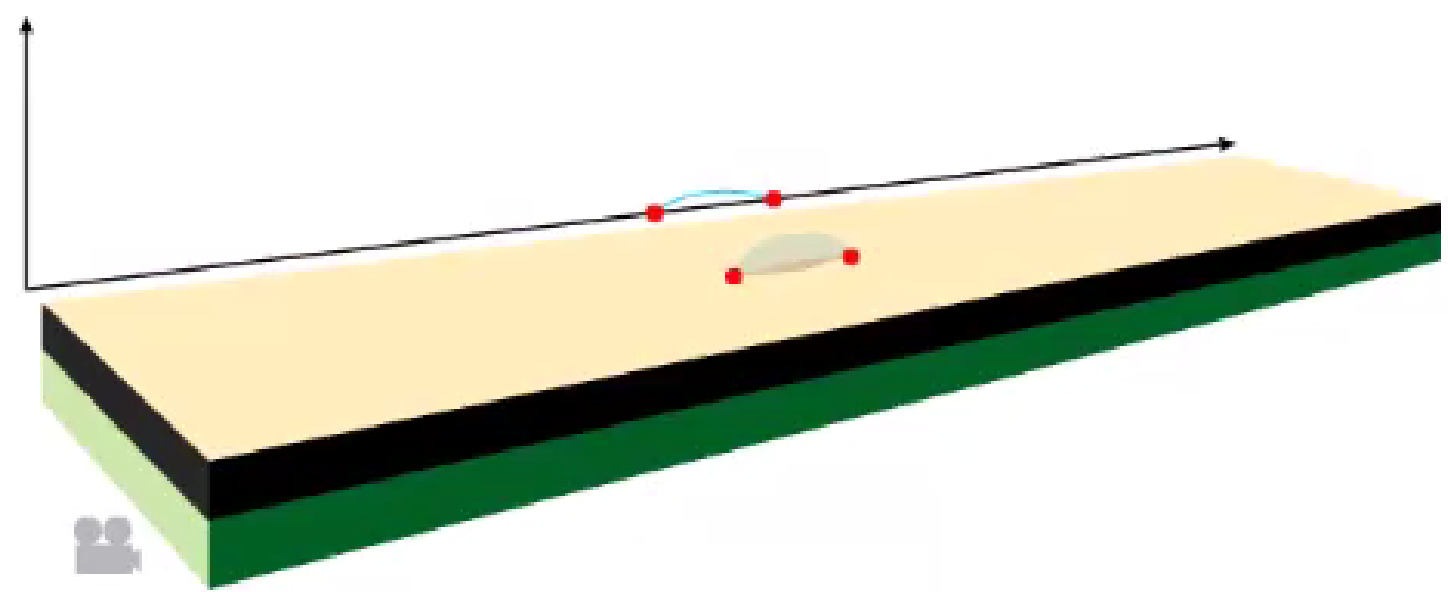
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Μεταβολές της μετατόπισης (οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση)
 Δεδομένα από **ορυχεία** και **υψηλής ανάλυσης τρισδιάστατα σεισμικά προφίλ**



Μέγιστο της μετατόπισης → **κεντρικό** τμήμα του ίχνους του ρήγματος
 Σταδιακή **μείωση** → **σημεία απόληξης** του ρήγματος (**tip points**)

- ❑ Ορολογία ρηγμάτων
- ❑ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ❑ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ❑ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ❑ Ανατομία των ρηγμάτων
- ❑ Κατανομή της μετατόπισης
- ❑ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

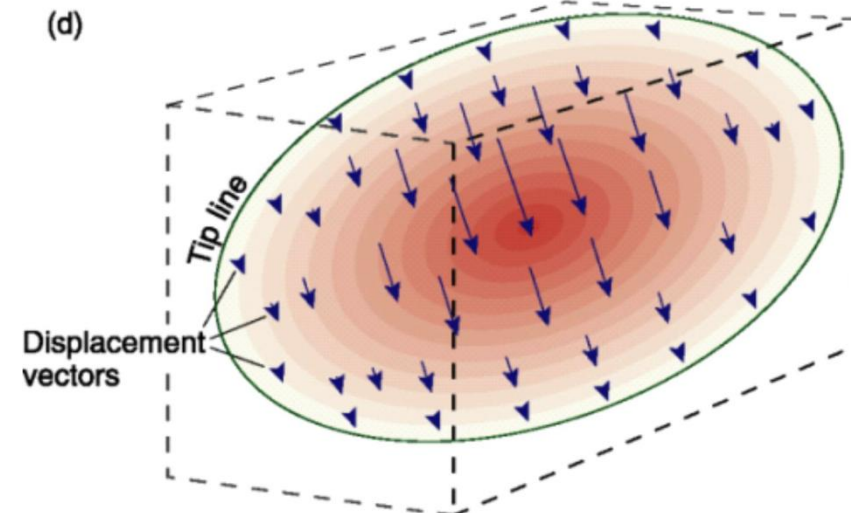
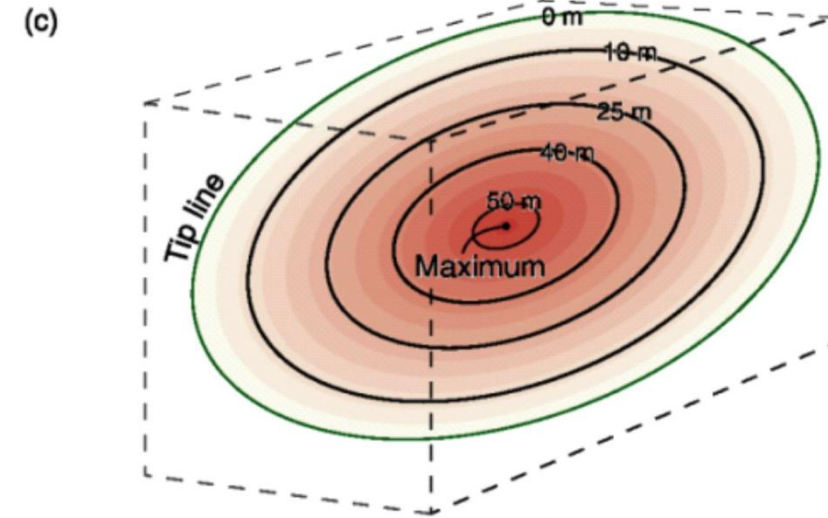
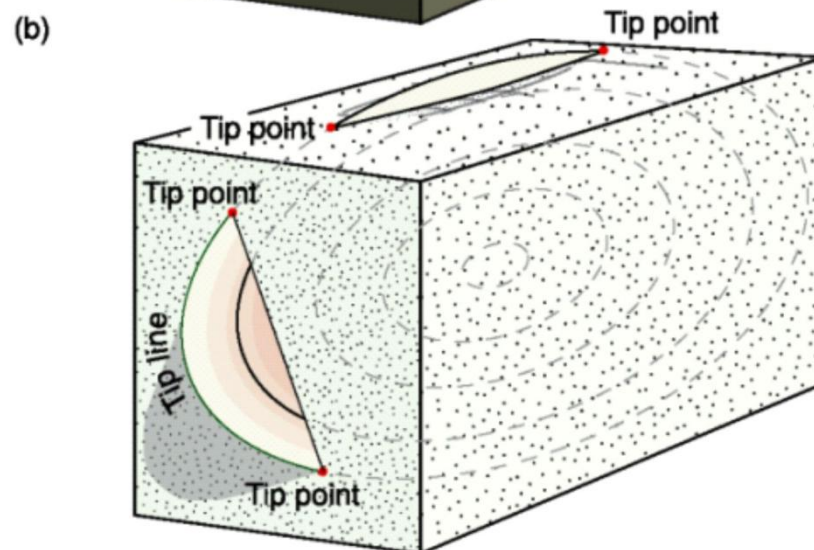
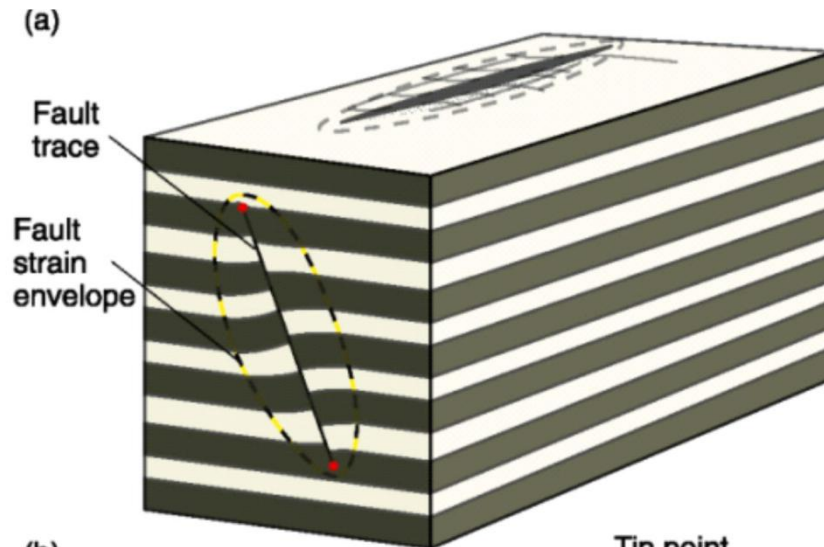


ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Μοντέλα κατανομής της μετατόπισης (μοναδικό ρήγμα σε ισότροπο μέσο)

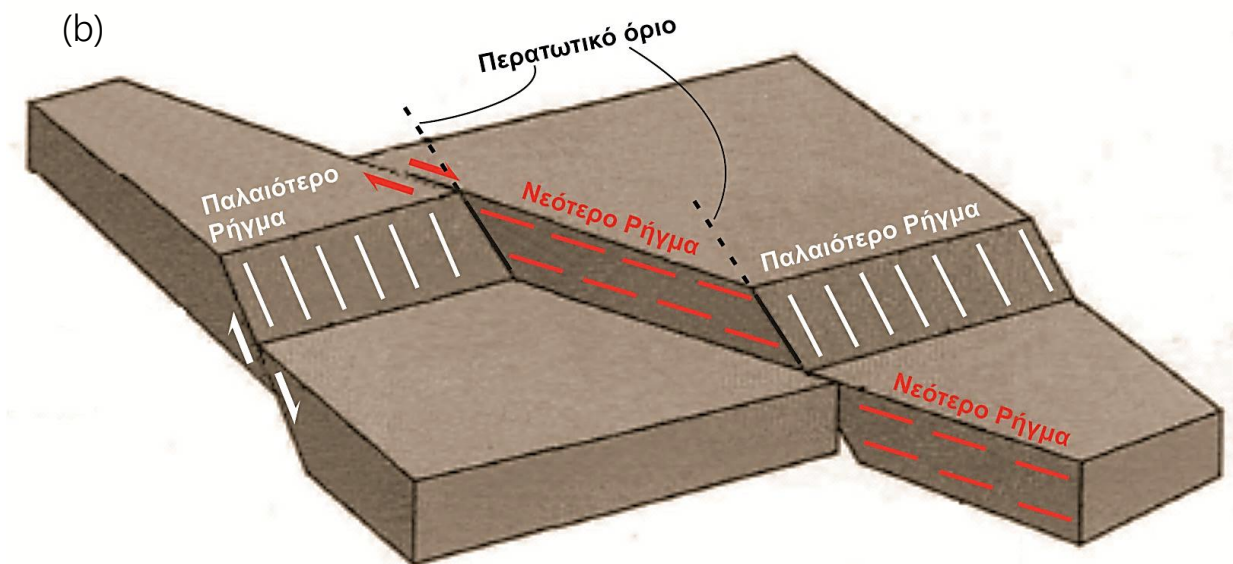
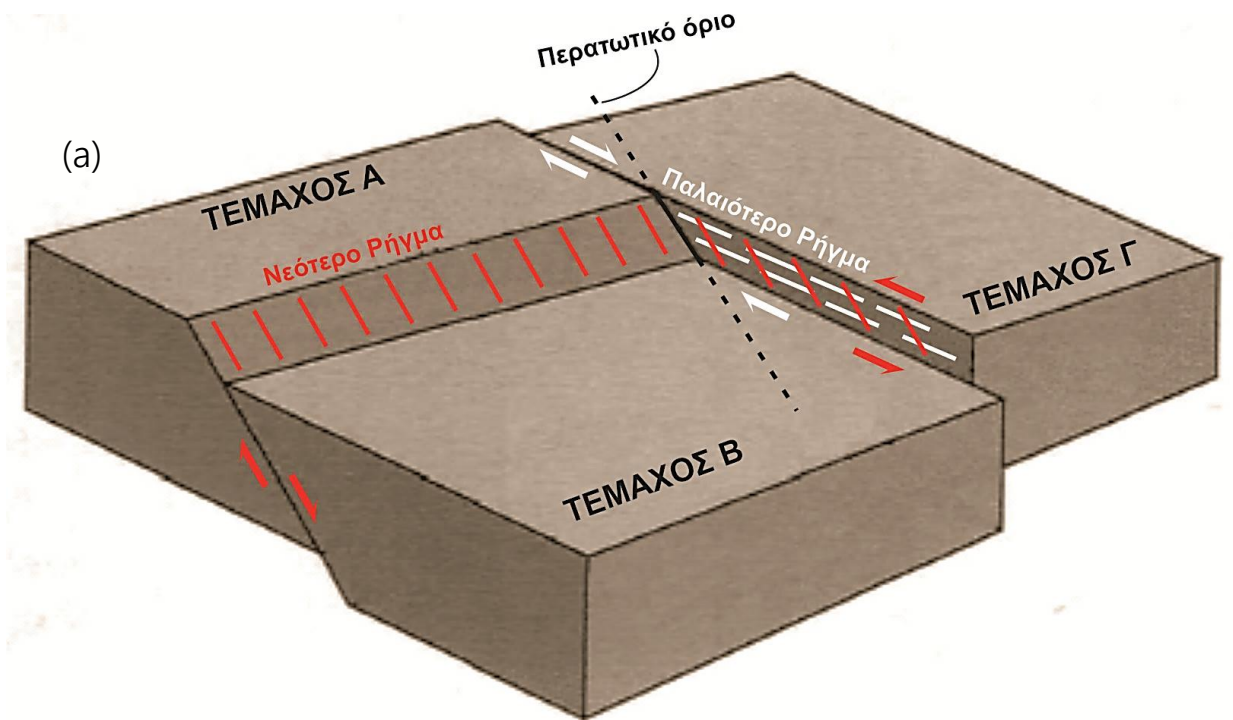
Όριο απόληξης (tip line) - καμπύλες ίσης μετατόπισης (ελλειπτικό σχήμα) - σημεία απόληξης του ρήγματος (tip points),
 Σημαντικές αποκλίσεις από το ιδεατό μοντέλο



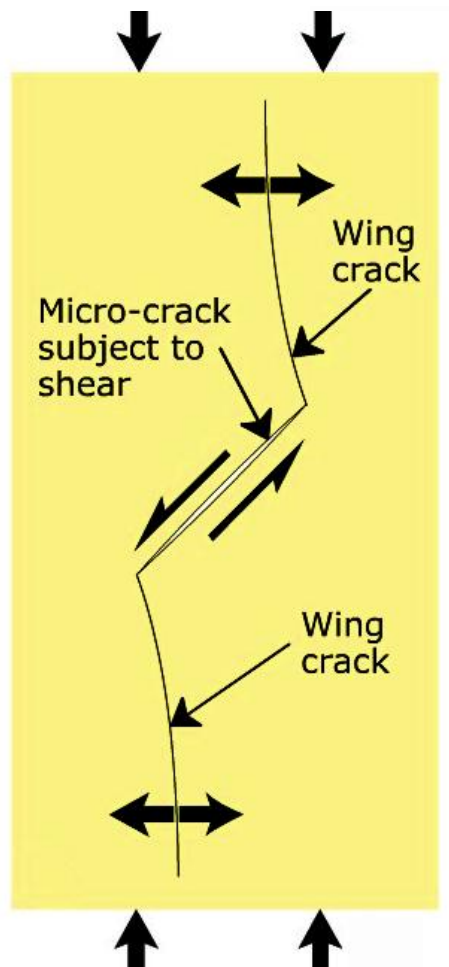
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Όριο απόληξης (Tip line) και Περαιτωτικό όριο (Termination line)

- **Νεότερο** ρήγμα τερματίζει κόντρα σε ένα **παλαιότερο** → το περαιτωτικό του όριο **παράλληλο** προς το άνωσμα της ολίσθησής του
- **Νεότερο** ρήγμα έχει **τμήσει** και μετατοπίσει ένα **παλαιότερο** ρήγμα → το περαιτωτικό όριο του παλαιού ρήματος **δεν σχετίζεται** με το άνωσμα της μετατόπισης



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

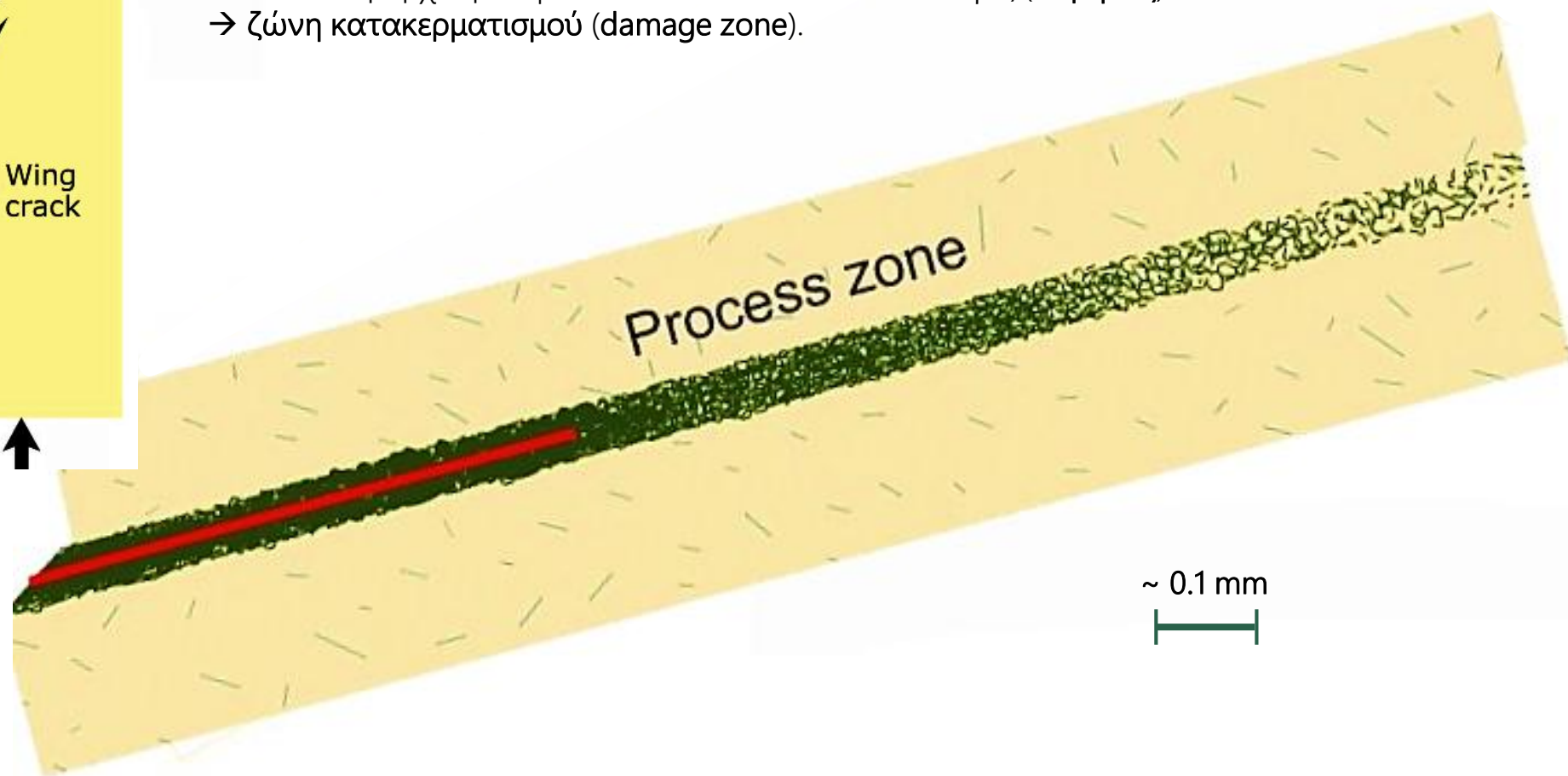


i) Σε πετρώματα με χαμηλό ή καθόλου πορώδες

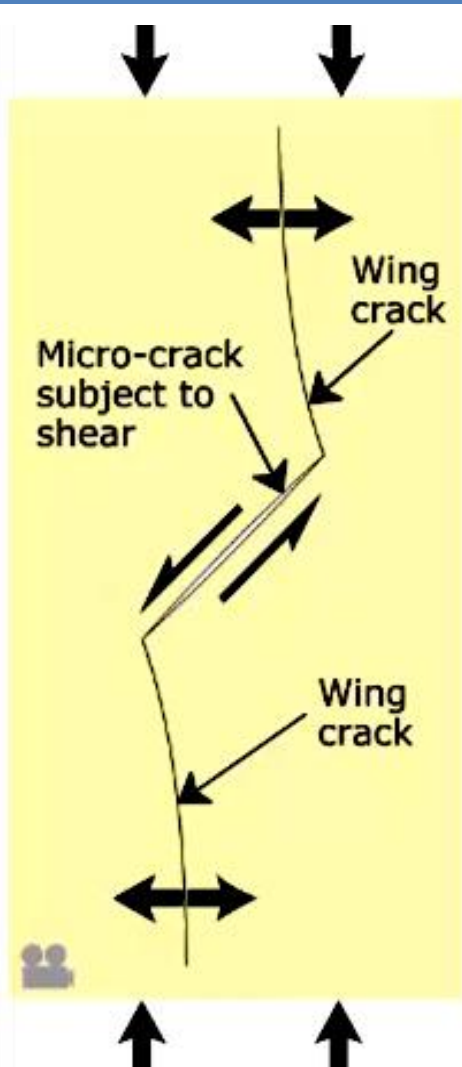
Διατμητικές ρωγμές (shear fractures) → δεν επεκτείνονται → πτεροειδείς ρωγμές (wing cracks) // κύρια τάση & έκταση \perp ρωγή.

Πυκνότητα + ευνοϊκός προσανατολισμός → διασύνδεση → κύρια διάρρηξη (ρήγμα) → ζώνη διεργασιών (process zone).

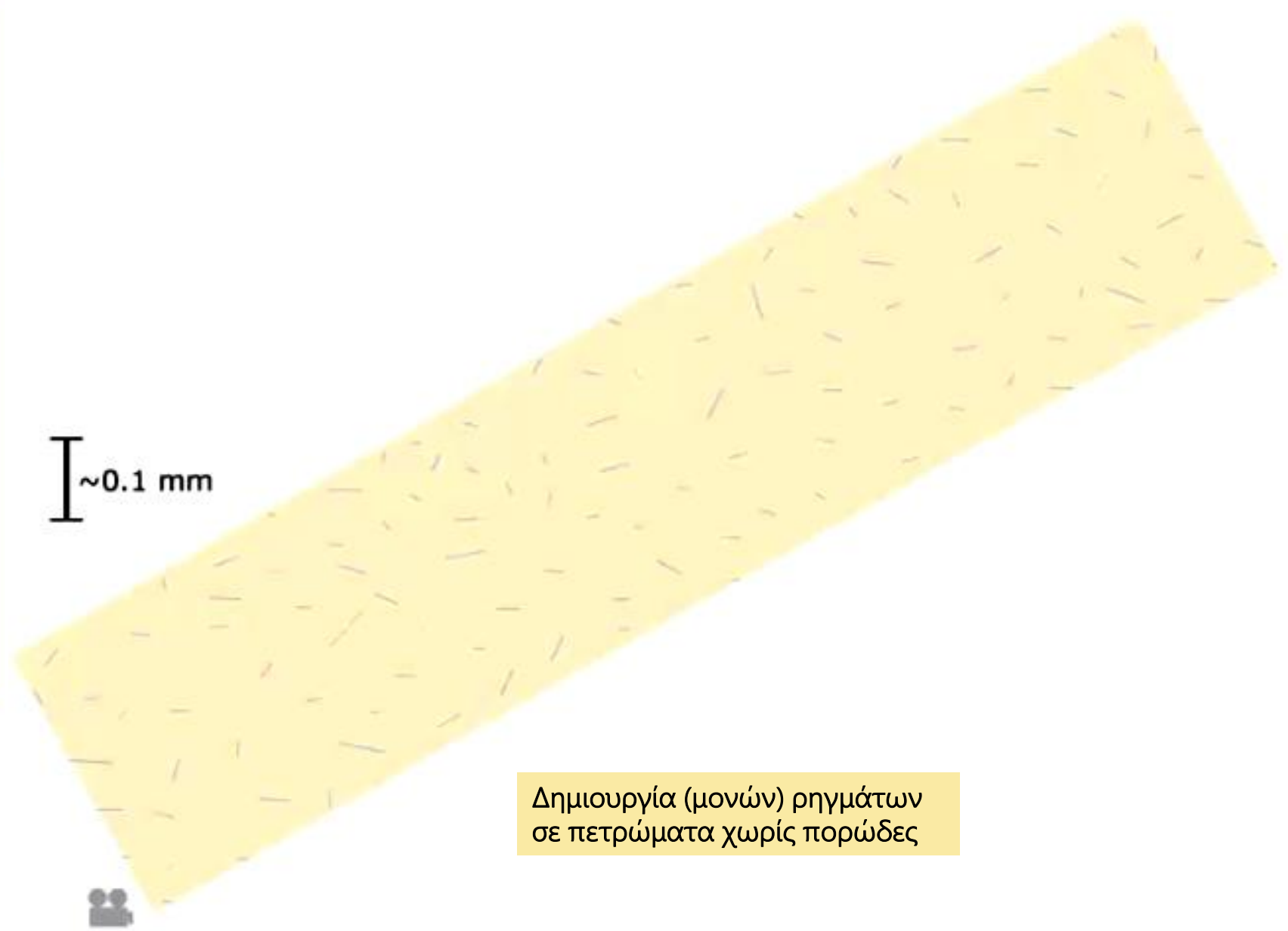
Ακανόνιστη αρχική επιφάνεια → τεκτονικό λατυποπαγές (πυρήνας) → ζώνη κατακερματισμού (damage zone).



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



Δημιουργία wing cracks σε διατμητικές ρωγμές



Δημιουργία (μονών) ρηγμάτων σε πετρώματα χωρίς πορώδες

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ii) Από επαναδραστηριοποίηση διακλάσεων

- ☐ Πετρώματα όχι ισότροπα → προϋπάρχουσες μεσοσκοπικής κλίμακας ασυνέχειες → κυρίως **διακλάσεις** ή προϋπάρχοντα ρήγματα.
- ☐ Διακλάσεις = εφελκυστικές δομές → **επεκτείνονται** → δομές αρκετών δεκάδων μέτρων (και σε μήκος και σε ύψος).
- ☐ 1 διάκλαση → ολίσθηση τριβής → νεοδημιουργούμενο ρήγμα: α) **ευδιάκριτη** επιφάνεια ολίσθησης, β) σχεδόν **καθόλου** πυρήνας και γ) **καθόλου** (σχεδόν) ζώνη κατακερματισμού.
- ☐ Διασύνδεση διακλάσεων → **αύξηση** ζώνης κατακερματισμού → **σηματισμός** πυρήνα.

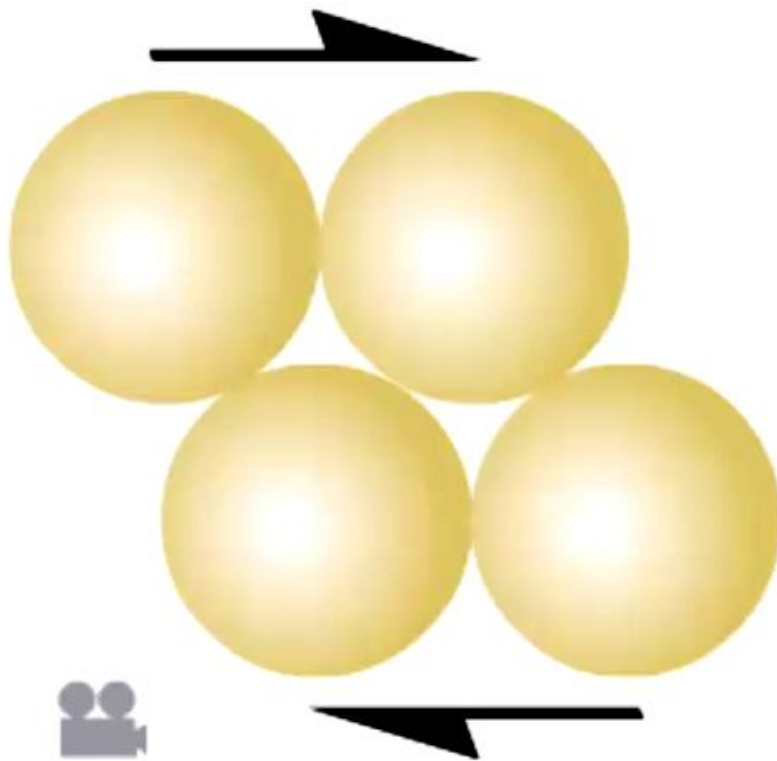


- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

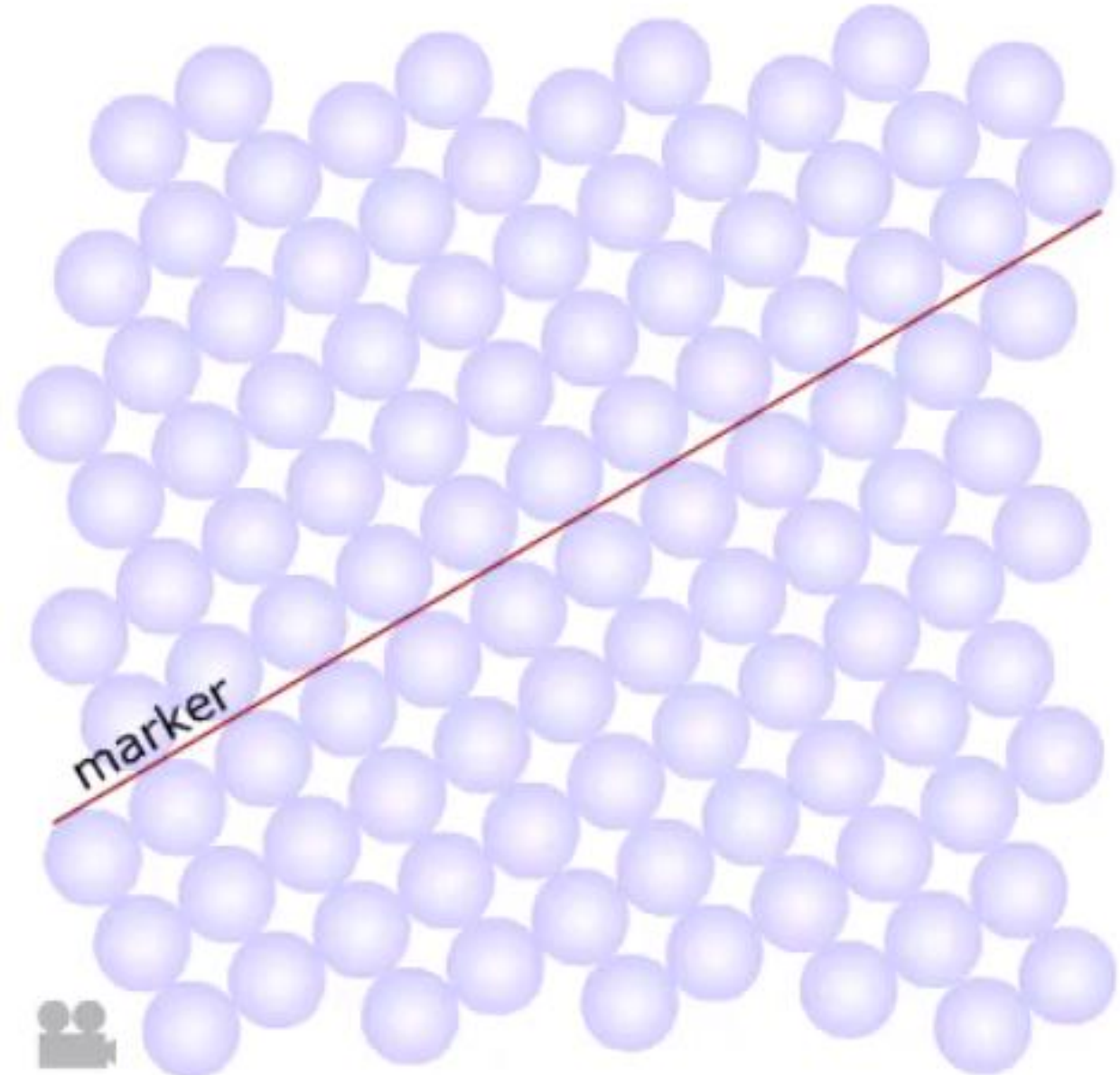
iii) Σε πετρώματα με πορώδες

Πετρώματα και με υψηλό πορώδες → διαφορετική διαδικασία ανάπτυξης ρηγμάτων → αναδιοργάνωση κόκκων (μηχανισμοί ολίσθησης ή περιστροφής των ορίων των κόκκων).

Granular (or Particulate) Flow
Ροή Κόκκων ή Σωματιδίων



Deformation bands (ζώνες παραμόρφωσης)



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Εντοπισμός παραμόρφωσης σε στενές ζώνες → **deformation bands** (ζώνες παραμόρφωσης) → δημιουργία νέας ζώνης παρά επέκταση παλιάς.

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΠΟΡΩΔΕΣ

Μείωση πορώδους → σκλήρυνση λόγω παραμόρφωσης (strain hardening*).

VS

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΧΩΡΙΣ ΠΟΡΩΔΕΣ

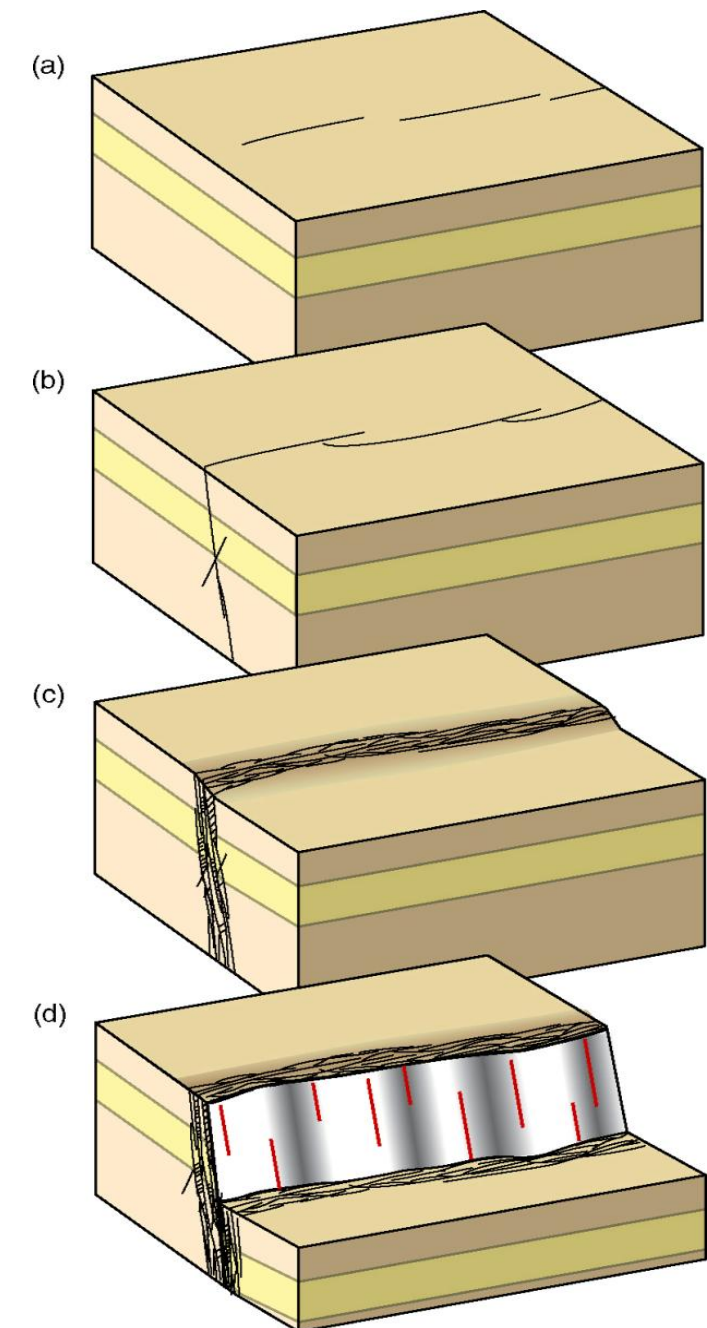
Ζώνη των διατμητικών ρωγμών → ζώνη εξασθένησης → το πορώδες αυξάνει.

Ικανός αριθμός deformation bands → ζώνη με μειωμένο πορώδες → δημιουργία επιφάνειας ολίσθησης → επέκταση ρήγματος με συνένωση επιφανειών → ολισθήσεις πολλών μέτρων.

Πυρήνας ρήγματος = πολύ λεπτή (της τάξης του mm) ζώνη έντονα κατακλαστικού πετρώματος (ultracataclasite).

* *ΟΡΟΛΟΓΙΑ μηχανικών (παραμόρφωση των υλικών)*

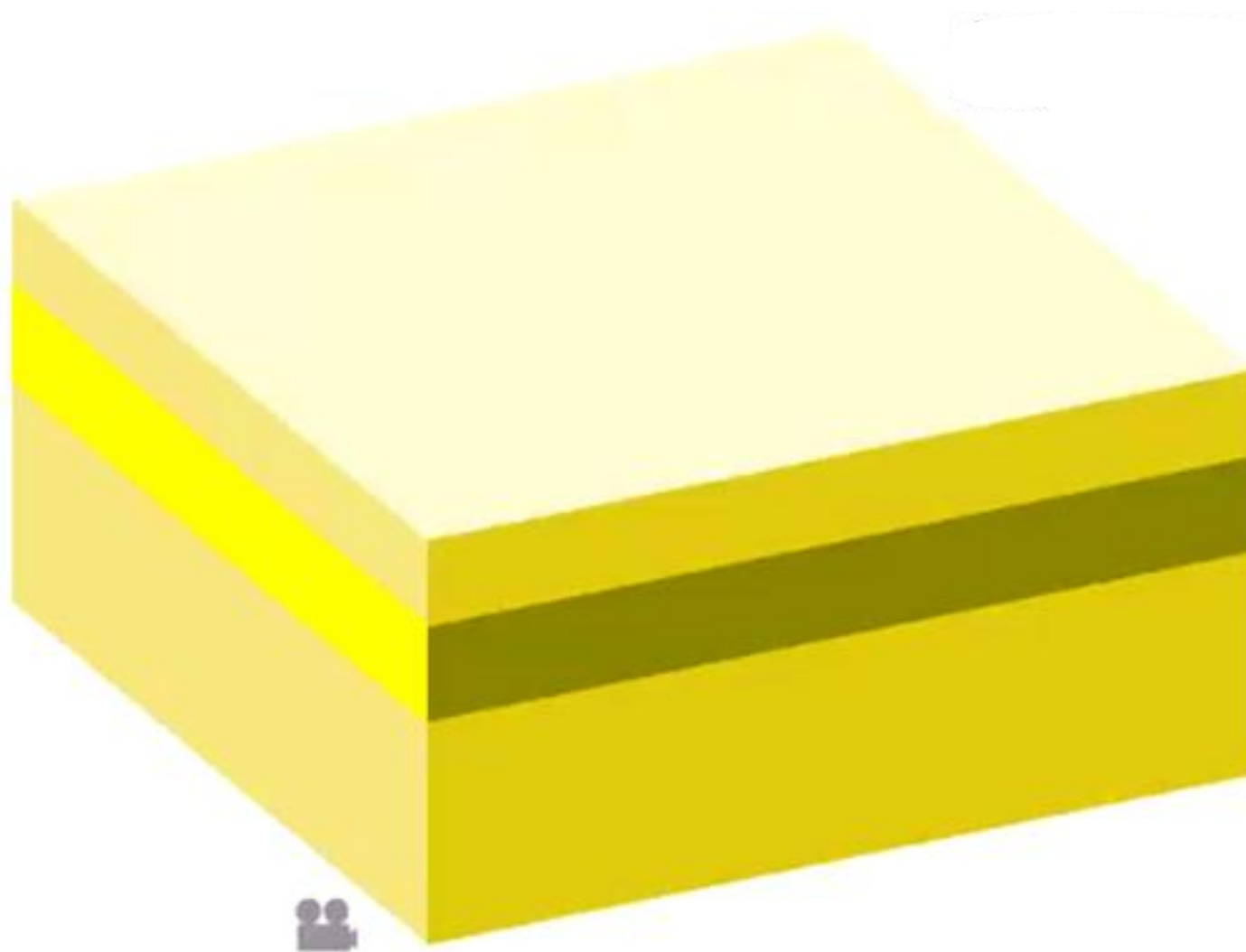
- *strain – διαστοφή ή διαστρωφική παραμόρφωση ή τροπή,*
- *deformation – παραμόρφωση,*
- *strain hardening – κράτυνση ή διαστρωφική σκλήρυνση ή τροπική σκλήρυνση.*



- Μπλα μπλα μπλα μπλα μπλα μπλα

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



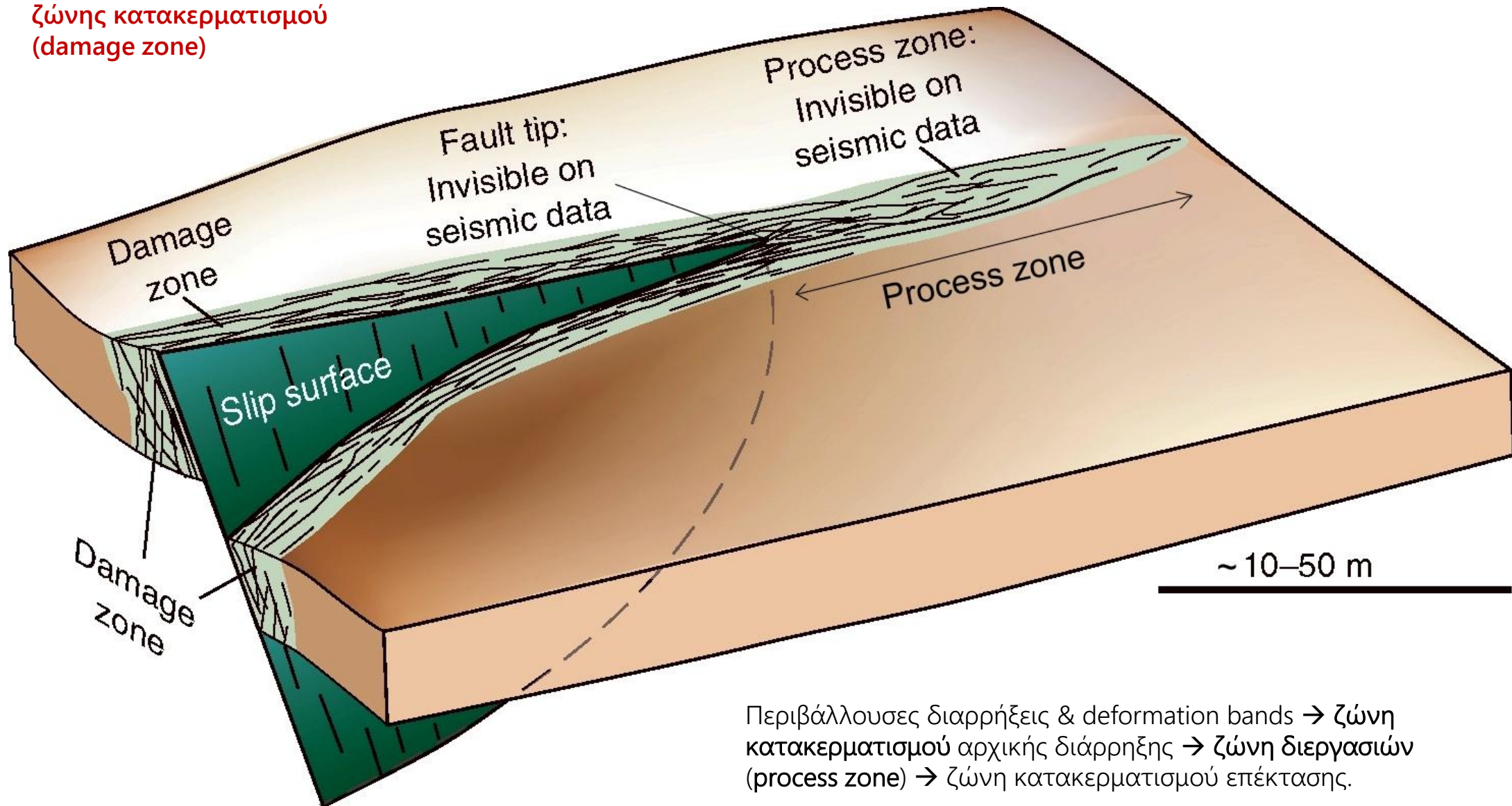
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΠΟΡΩΔΕΣ

Ικανός αριθμός deformation bands → ζώνη με μειωμένο πορώδες → δημιουργία επιφάνειας ολίσθησης → επέκταση ρήγματος με συνένωση επιφανειών → ολισθήσεις πολλών μέτρων.

Πυρήνας ρήγματος = **πολύ λεπτή** (της τάξης του mm) ζώνη **έντονα κατακλαστικού** πετρώματος (ultracataclasite).

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Η εξέλιξη της ζώνης κατακερματισμού (damage zone)

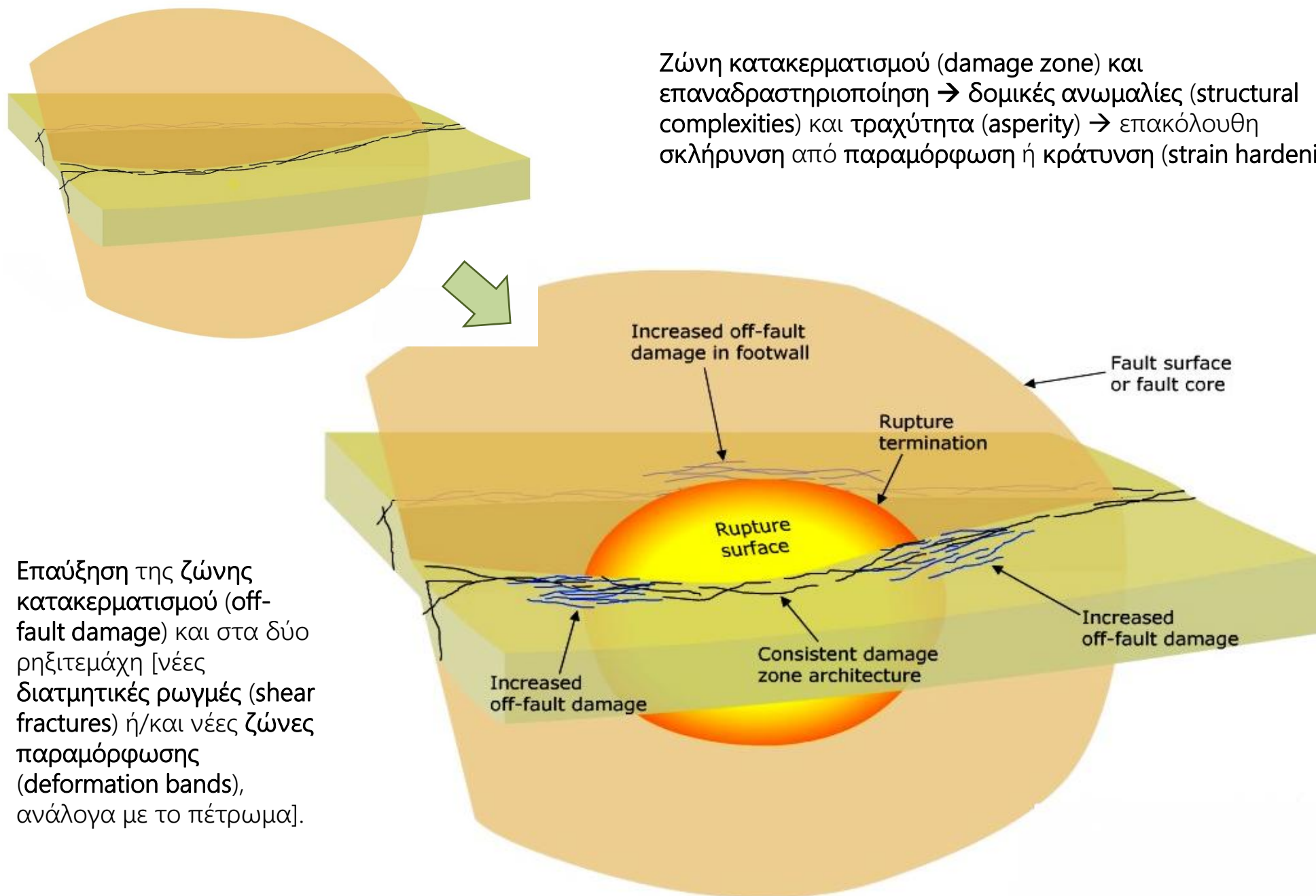


Περιβάλλουσες διαρρήξεις & deformation bands → ζώνη κατακερματισμού αρχικής διάρρηξης → ζώνη διεργασιών (process zone) → ζώνη κατακερματισμού επέκτασης.

Σεισμική δραστηριότητα ?

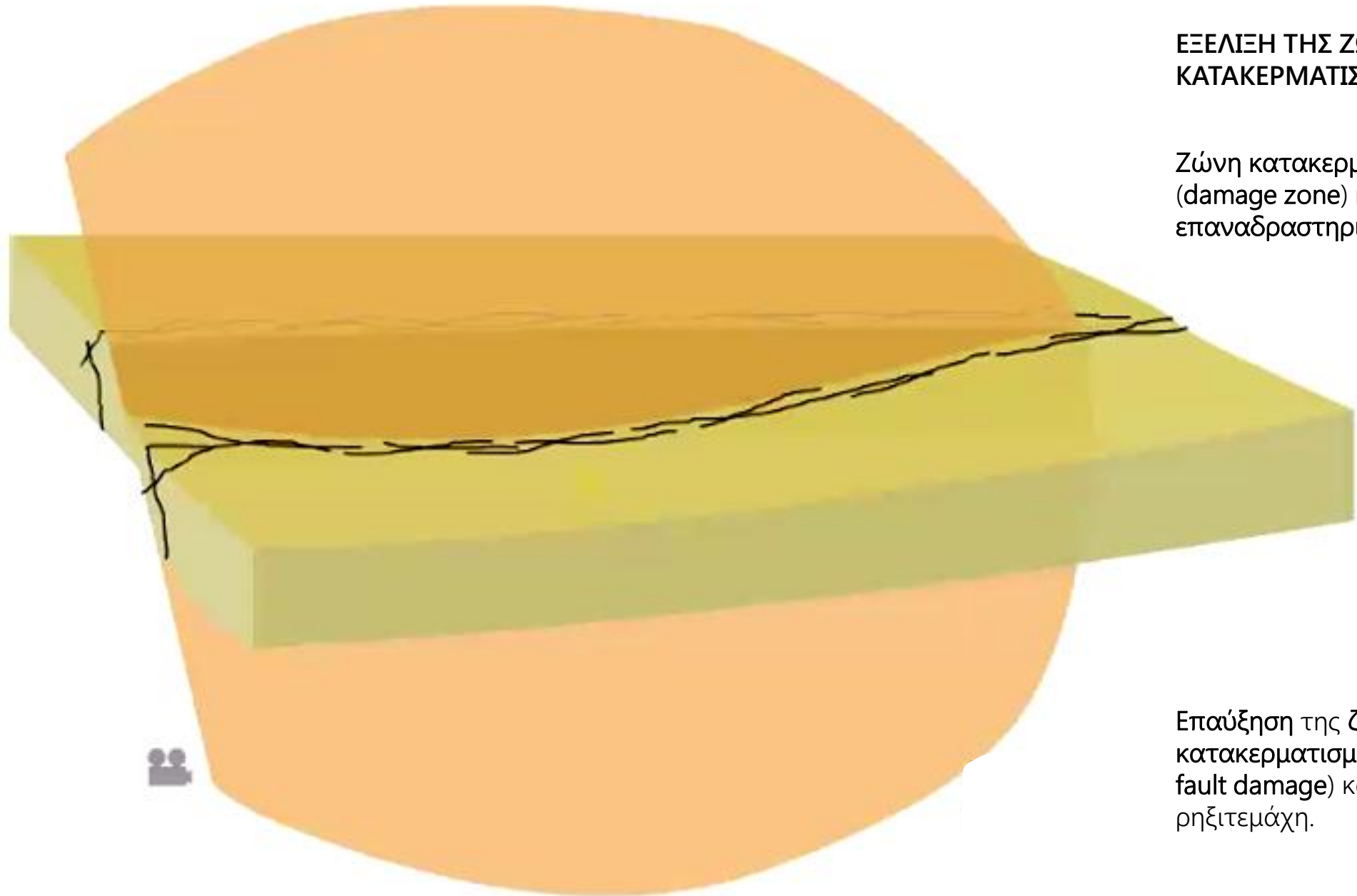
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι



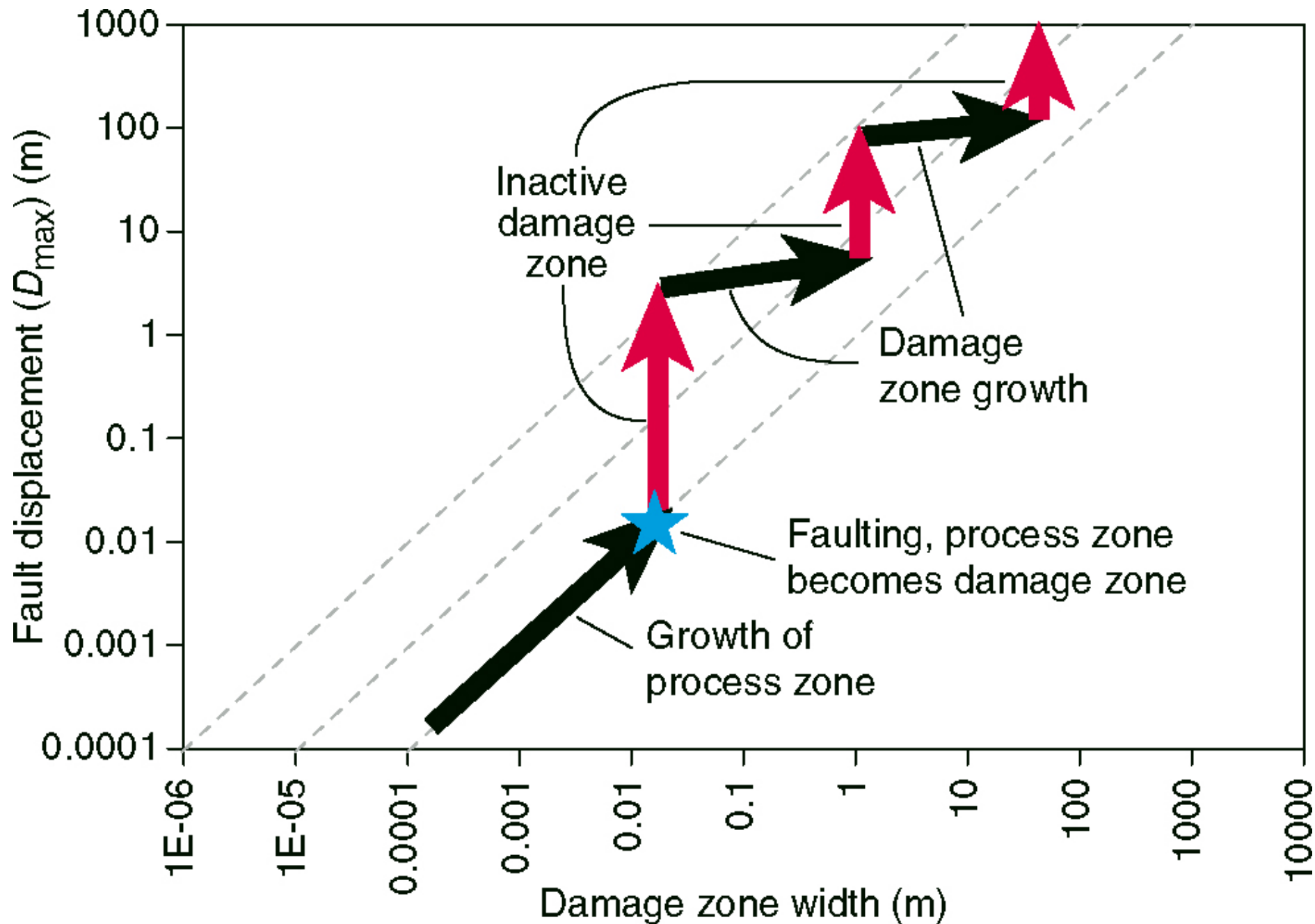
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ
ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ζώνη κατακερματισμού
(damage zone) και
επαναδραστηριοποίηση.

Επαύξηση της ζώνης
κατακερματισμού (off-
fault damage) και στα δύο
ρηξιτεμάχη.



- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

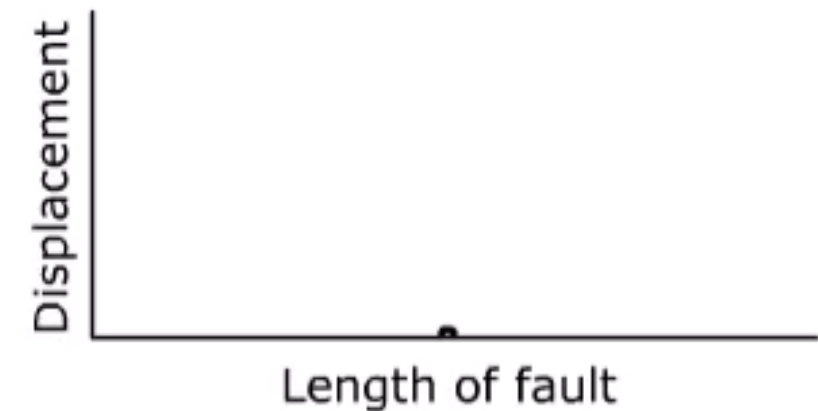
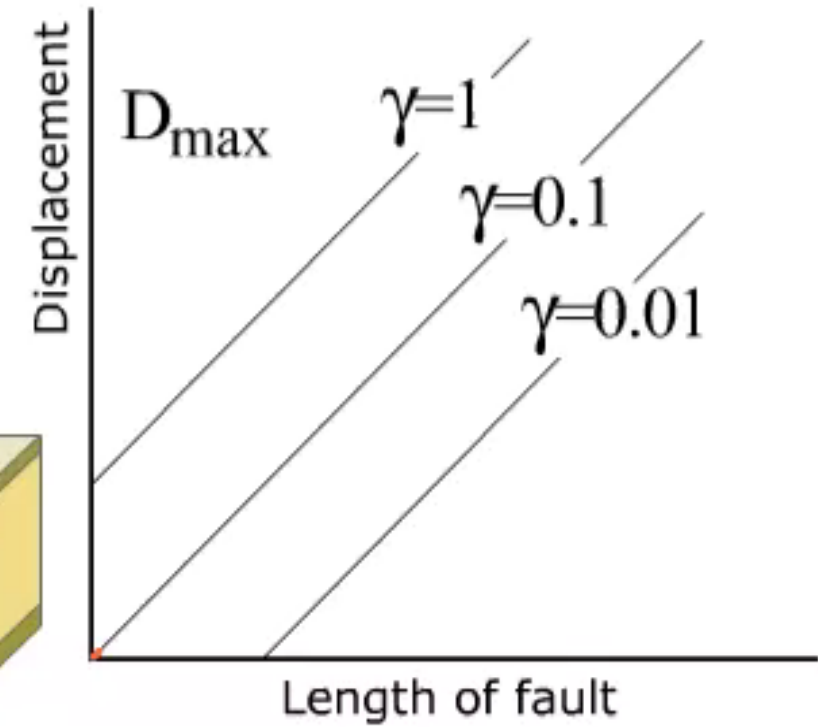


Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

Σεισμική και ασεισμική ολίσθηση.

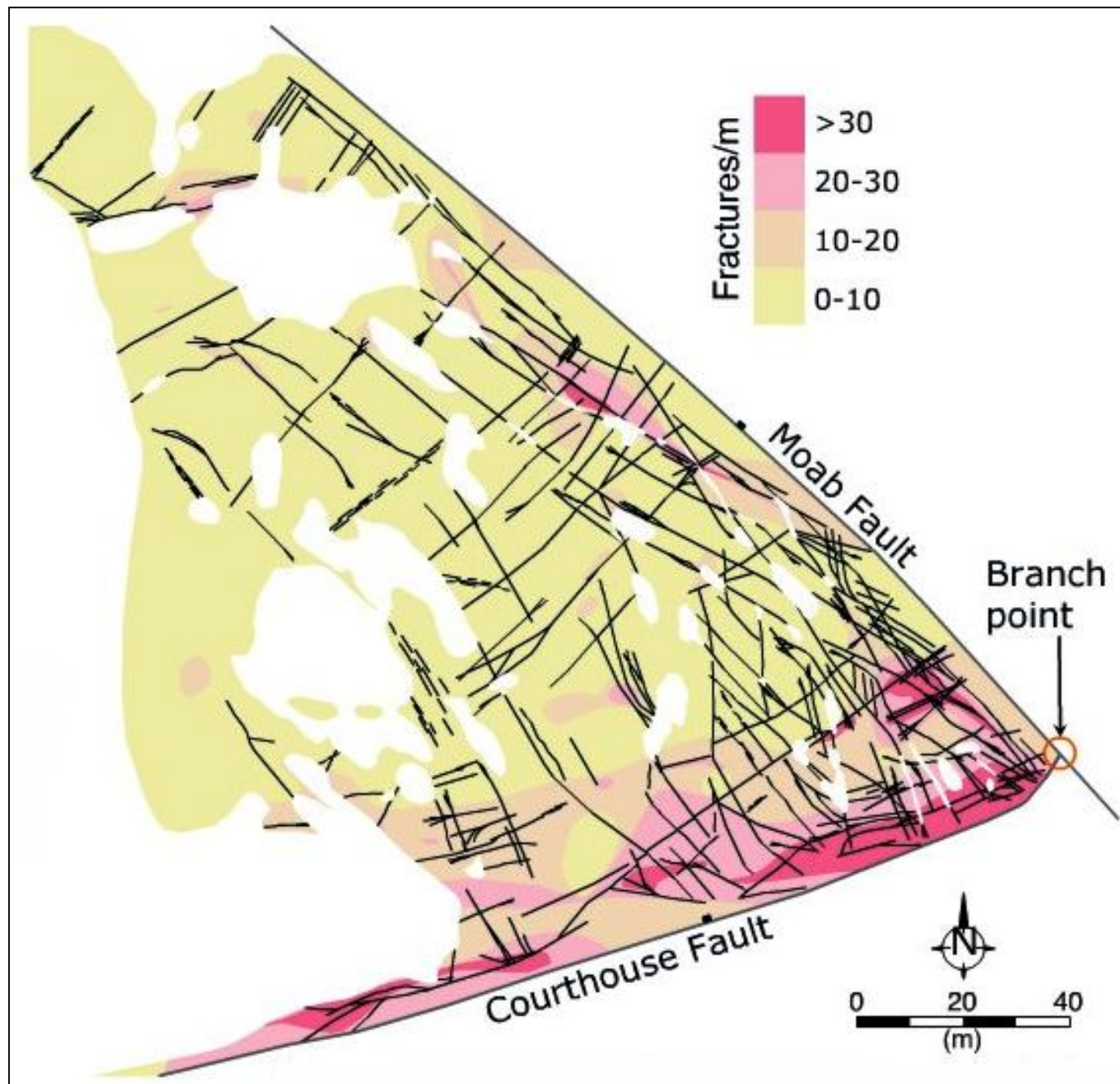
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Ανάπτυξη ρηγμάτων σε πετρώματα με εναλλαγές πετρωμάτων.



ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων



Δομικές ανωμαλίες και τραχύτητα → Πλάτος και αφθονία διαρρήξεων στη ζώνη κατακερματισμού.

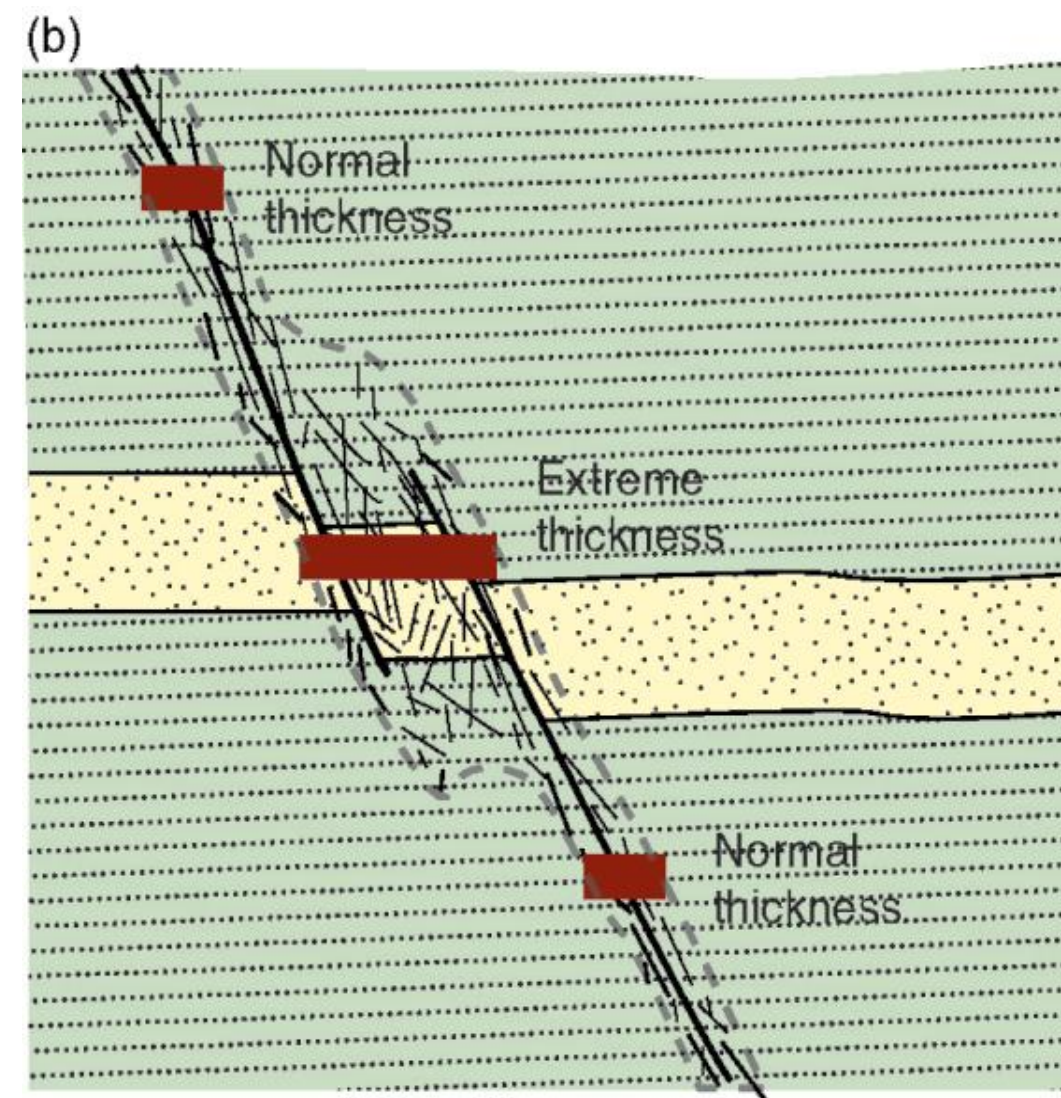
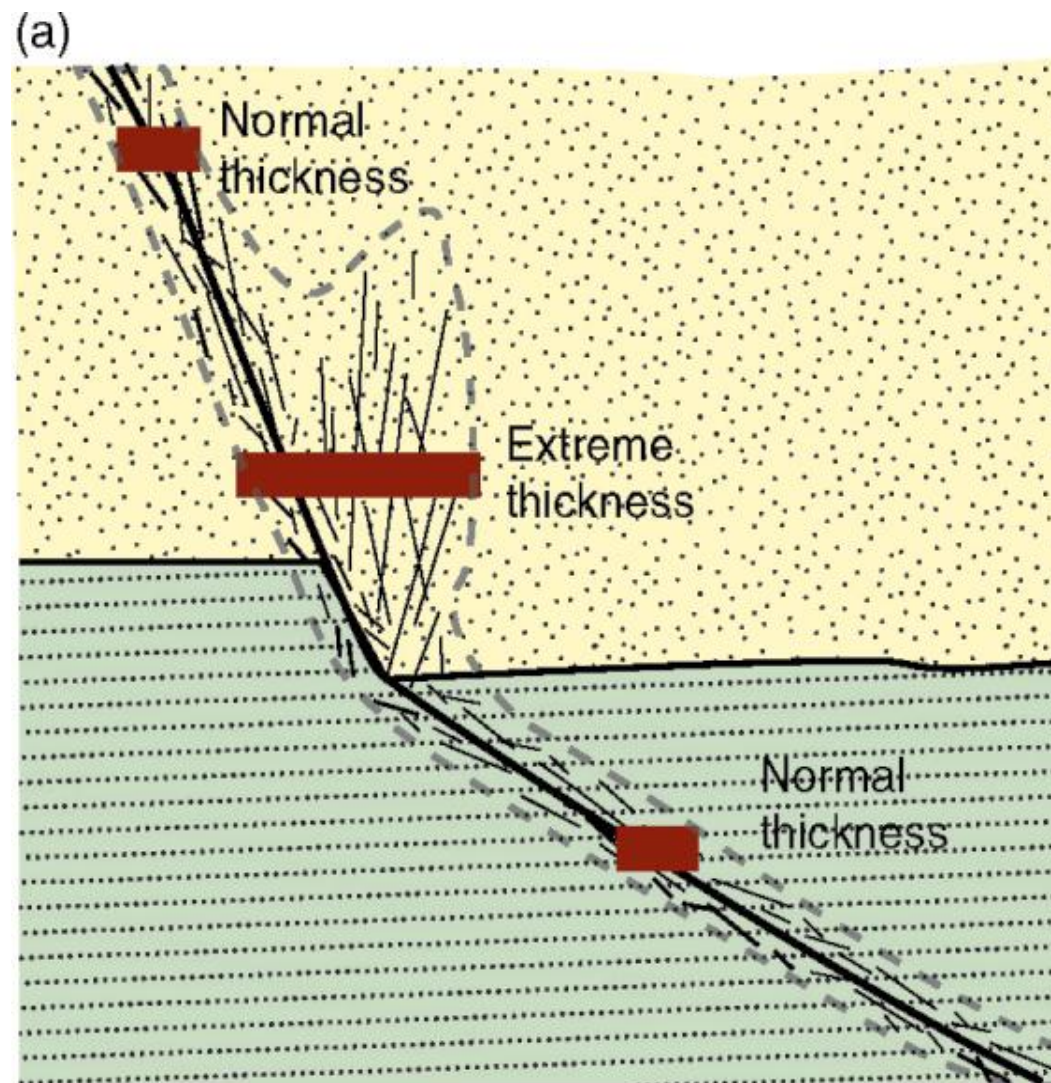
Δομικές ανωμαλίες:

- jogs ("οδοντώσεις" ?)
- αλληλοεπικαλύψεις (overlaps)
- διασταυρώσεις (intersections)
- σημεία τομής κλάδων (branch point).

Strain hardening → αύξηση αντίστασης στην ολίσθηση → αύξηση παραμόρφωσης τοιχωμάτων ρήγματος.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ



Ετερογενή και ανισότροπα πετρώματα → ακανόνιστα όχι επίπεδα ρήγματα
 + επέκταση σε διαφορετικά επίπεδα → πλάτος ζώνης κατακερματισμού.

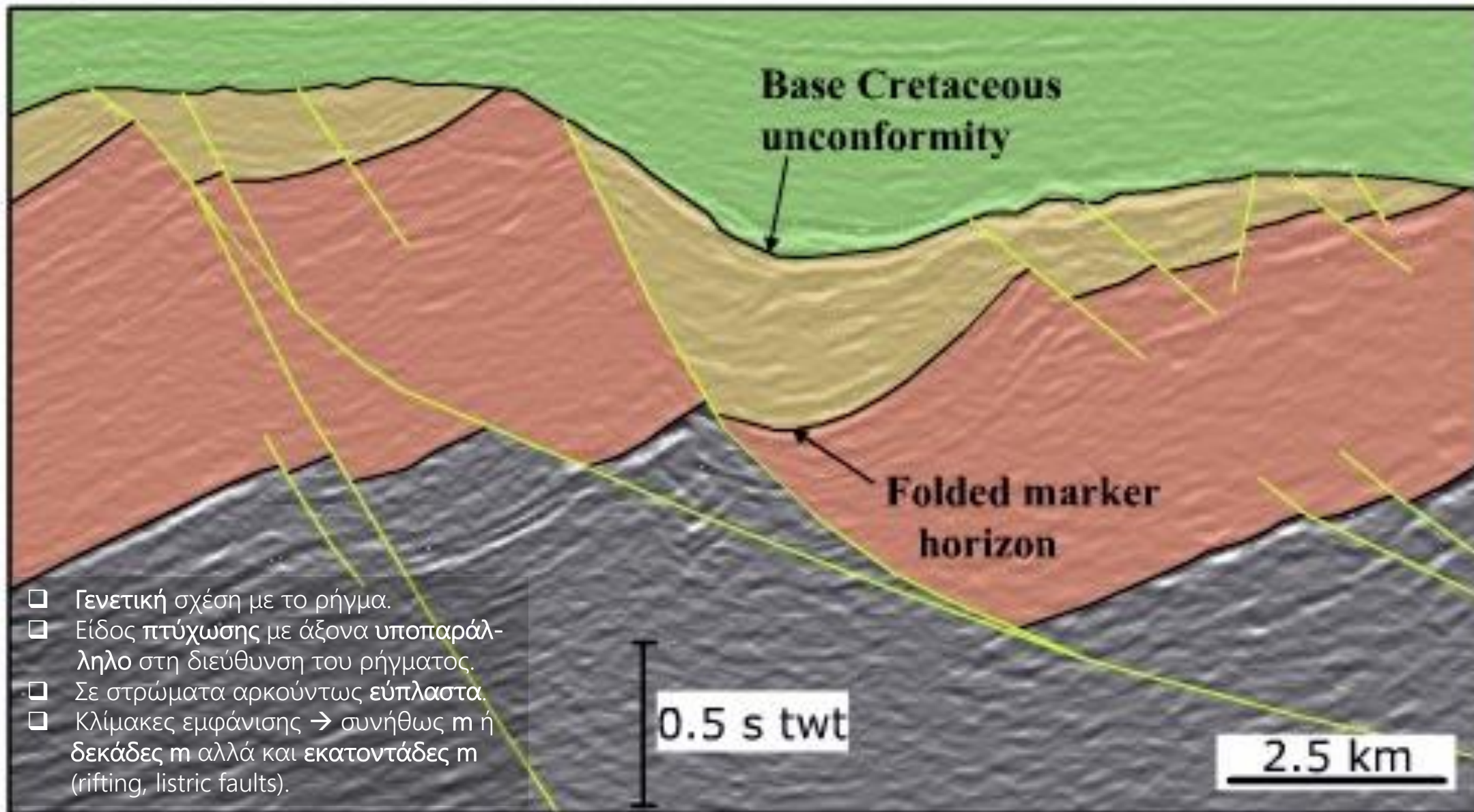
- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

- ☐ Με δεδομένο ότι τα ρήγματα σπάνια είναι απλές επιφάνειες περιγράψτε τα δομικά χαρακτηριστικά των επιμέρους ζωνών που αναπτύσσονται στη ζώνη ενός ρήγματος. Αναφέρετε παραδείγματα από την άσκηση υπαίθρου. (σχήματα)
- ☐ Τι είναι όρια απόληξης ρήγματος (tip lines) και τι περατωτικά όρια ρήγματος (termination line); Σχολιάστε την κατανομή της μετατόπισης στην επιφάνεια ενός ρήγματος. Αναφέρετε παραδείγματα. (σχήματα)
- ☐ Διαφορές ανάπτυξης και δημιουργίας ρηγμάτων σε πετρώματα με πορώδες και χωρίς πορώδες. Στην περίπτωση ανάπτυξης ρηγμάτων από επαναδραστηριοποίηση και διασύνδεση διακλάσεων τα δομικά χαρακτηριστικά στη ζώνη του ρήγματος με από τις δύο παραπάνω περιπτώσεις θα μοιάζουν περισσότερο?
- ☐ Ποιες είναι οι βασικές δομικές ανωμαλίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του πλάτους της ζώνης κατακερματισμού? Αναφέρετε παραδείγματα. (σχήματα)



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Η όλκιμη ζώνη της πάρελξης (drag zone)

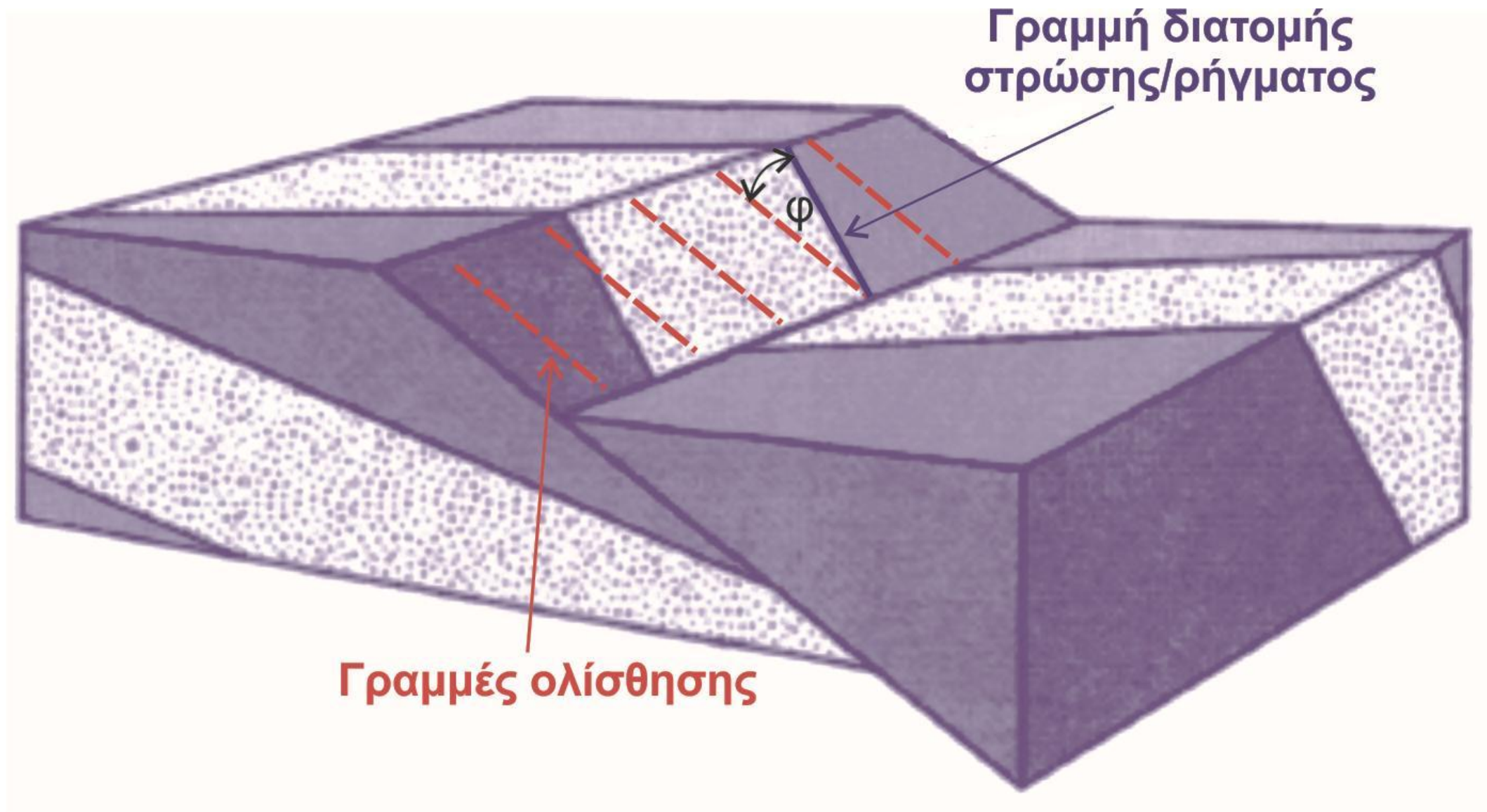


ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Γενετική σχέση με το ρήγμα.
- Είδος πτύχωσης με άξονα υποπαράλληλο στη διεύθυνση του ρήγματος.
- Σε στρώματα αρκούντως εύπλαστα.
- Κλίμακες εμφάνισης → συνήθως m ή δεκάδες m αλλά και εκατοντάδες m (rifting, listric faults).

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Σ Υ Ν Ε Χ Ι Ζ Ε Τ Α Ι

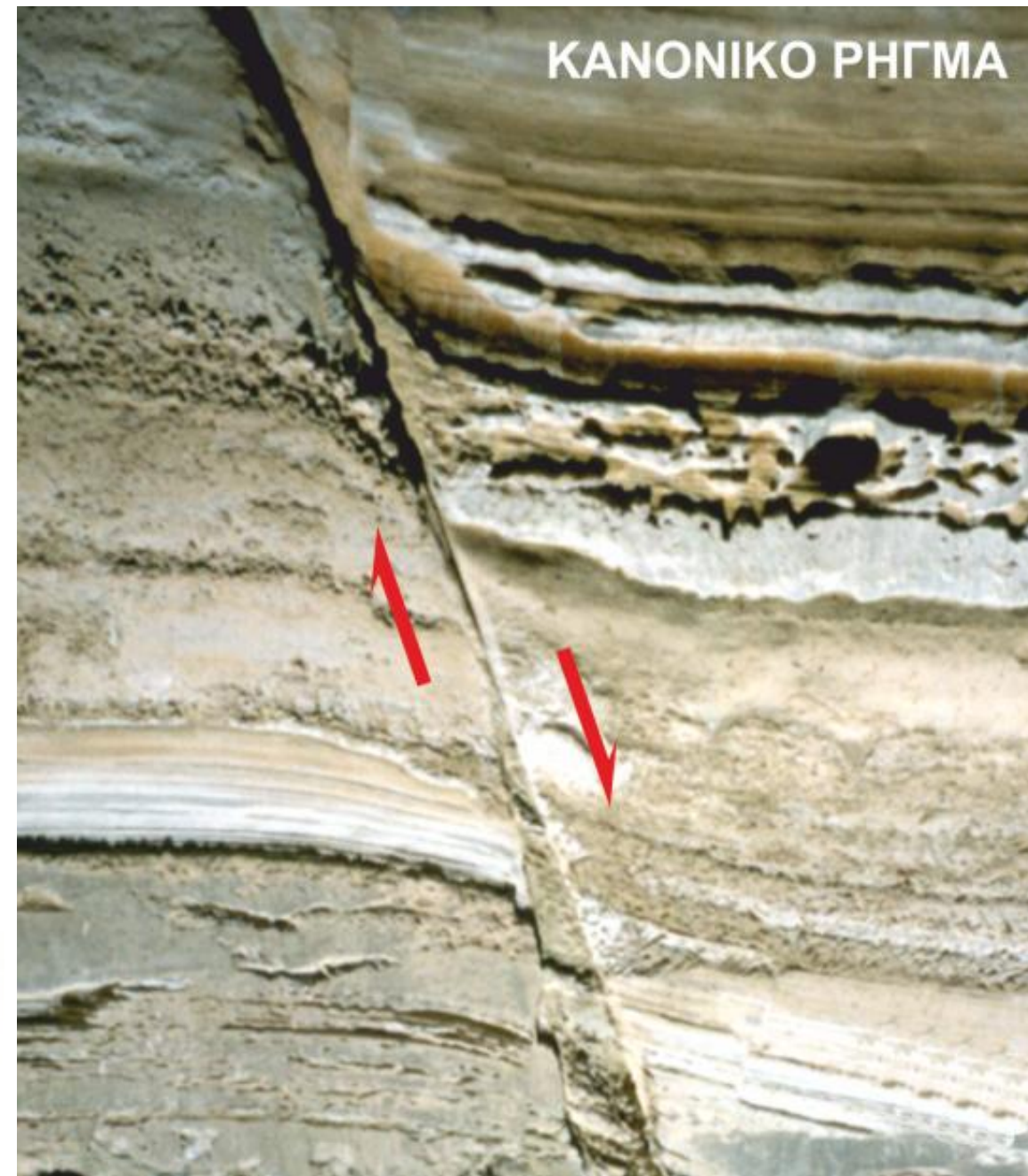


Εξάρτηση της πάρελξης από τη σχέση κινηματικής ρήγματος και γεωμετρίας στρωμάτων.

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

Κανονική πάρελξη (normal drag) → Κανονικά ρήγματα.

Συνολική μετάπτωση (offset) ρήγματος = όγκιμη κανονική πάρελξη + μετατόπιση ρήγματος.

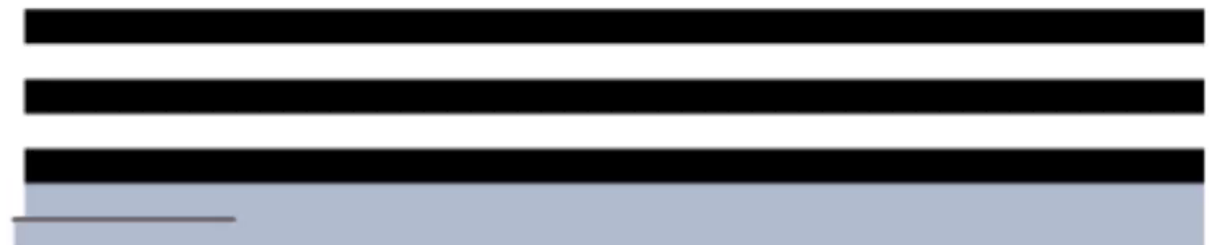


- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

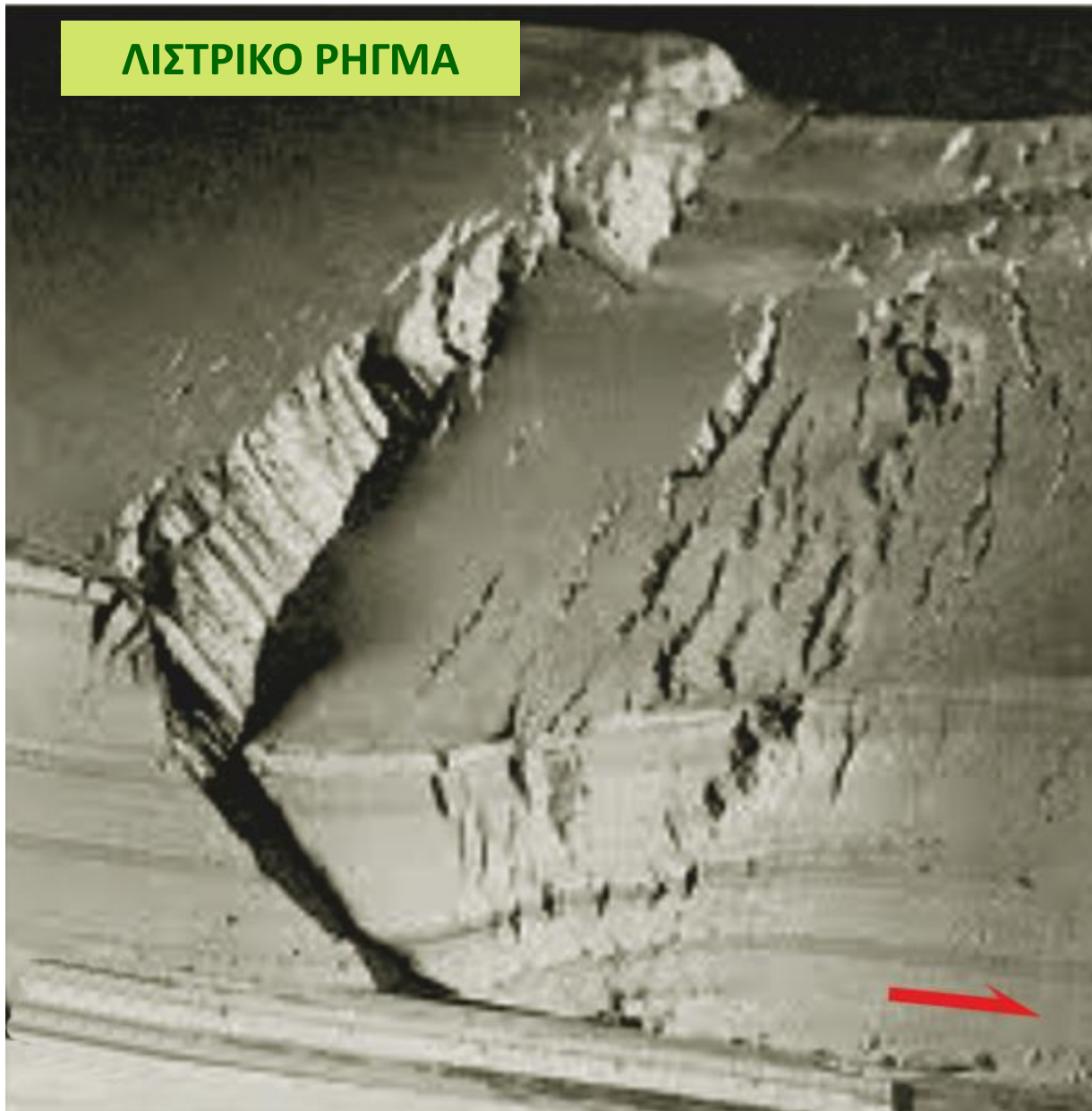


Ανάστροφη πάρελξη (reverse drag) →
Ανάστροφα – επωθητικά ρήγματα.

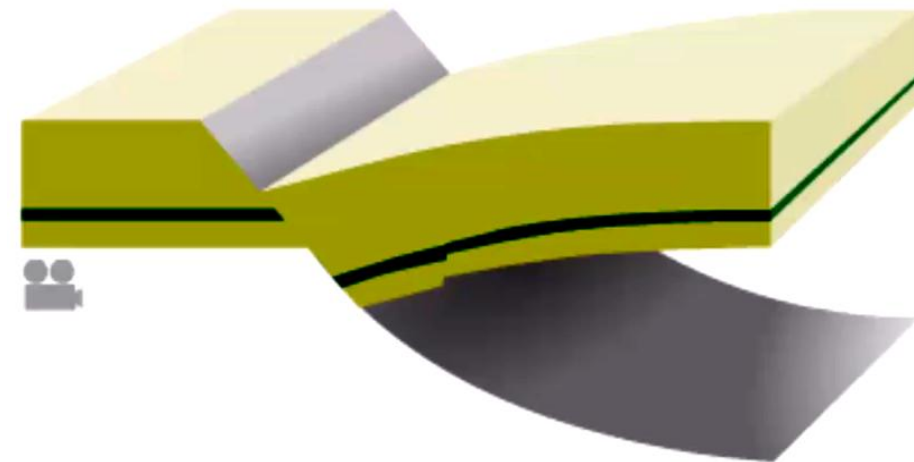


- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων

ΛΙΣΤΡΙΚΟ ΡΗΓΜΑ



Ανάστροφη πάρελξη → λιστρικά ρήγματα
→ δομές rollover (προβλήματα χώρου).



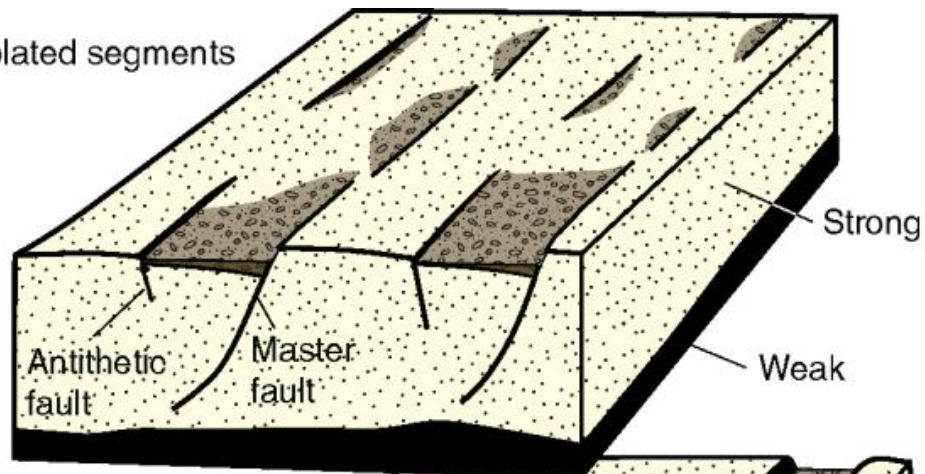
ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

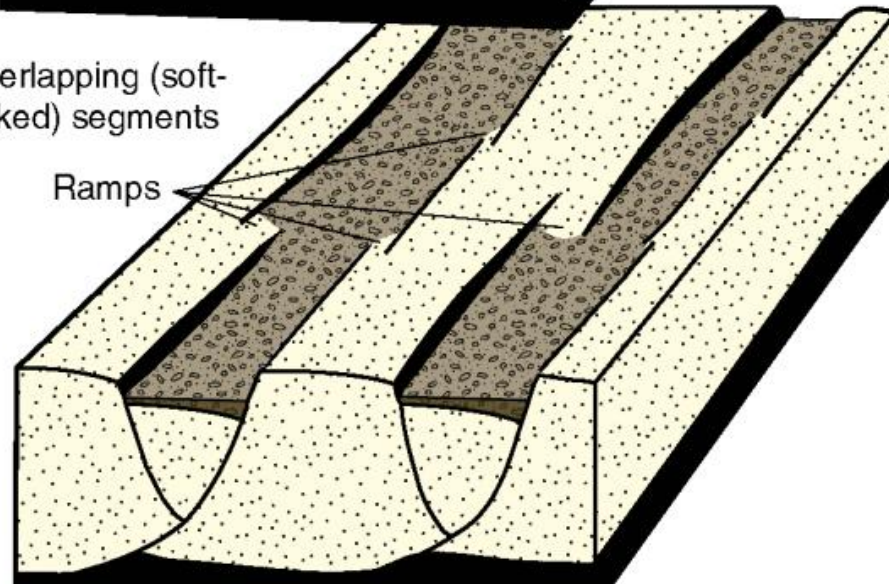
Ανάπτυξη συστημάτων ρηγμάτων (fault populations)

Διαφορετική εξέλιξη, αλληλεπίδραση (interact) και διασύνδεση (fault linkage).

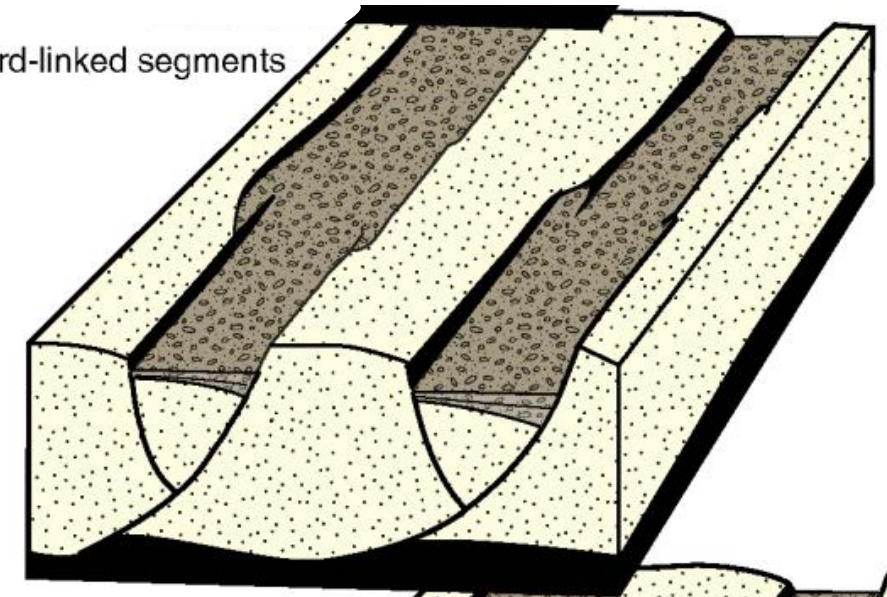
(a) Isolated segments



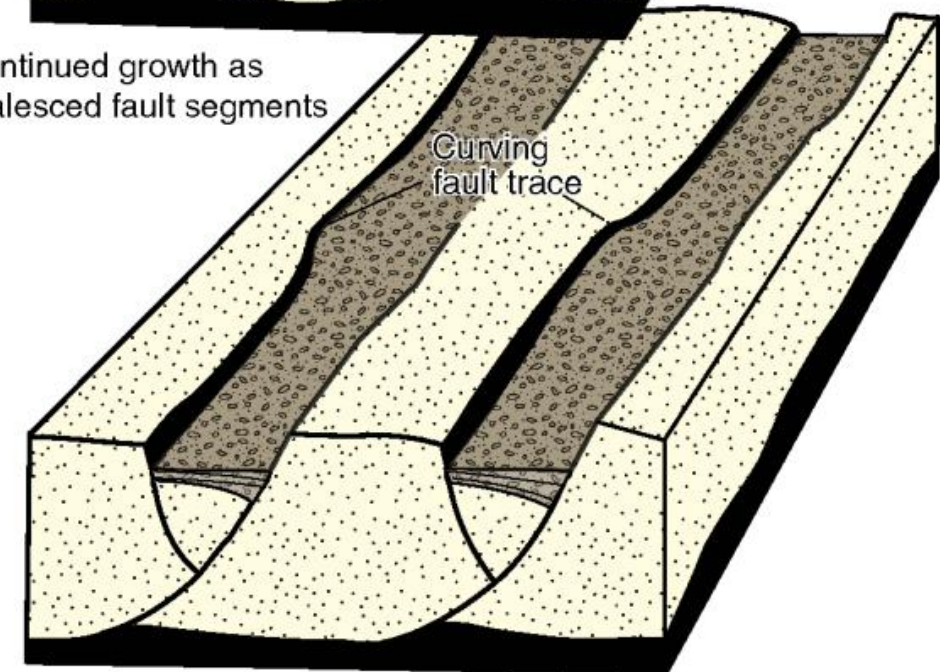
(b) Overlapping (soft-linked) segments



(c) Hard-linked segments



(d) Continued growth as coalesced fault segments



- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

There are four main types of fault interaction:

● **Intersection (overprinting)**
Διατομή ή επικάλυψη



● **Mutual interaction**
Ώριμη αλληλεπίδραση



● **Single-tip interaction**
Αλληλεπίδραση μονής απόληξης



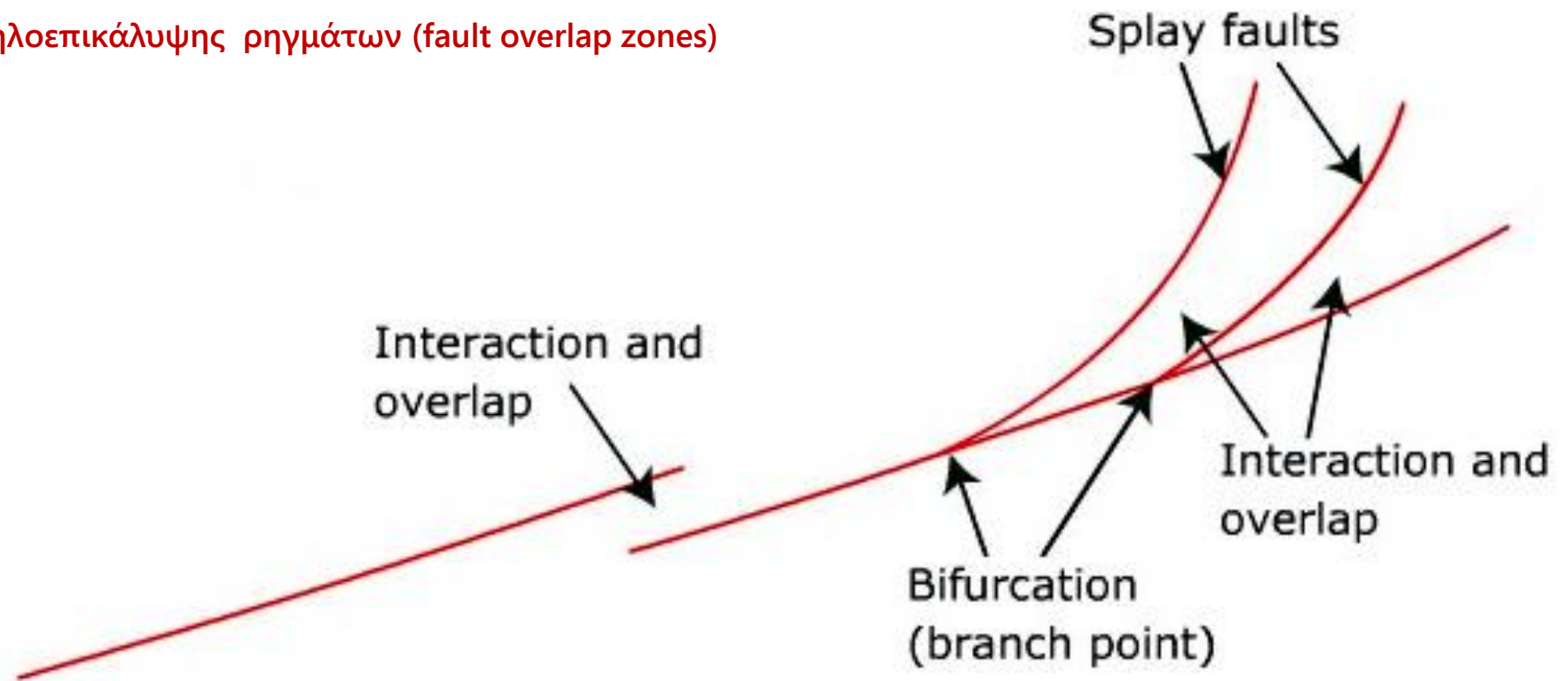
● **Double-tip interaction**
Αλληλεπίδραση διπλής απόληξης



Οι 4 τύποι αλληλεπίδρασης
ρηγμάτων (fault interaction)

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Ζώνες αλληλοεπικάλυψης ρηγμάτων (fault overlap zones)



Ζώνες αλληλοεπικάλυψης (overlap zones), δημιουργούνται και καταστρέφονται συνεχώς → αλληλεπίδραση ανάμεσα σε απομονωμένα ρήγματα, σε ρηξιγενείς ζώνες, συστήματα ρηγμάτων.

Ζώνες αλληλοεπικάλυψης και αλληλεπίδρασης και διακλαδώσεις ρηγμάτων (bifurcation) → λοξοί ή θυγατρικοί κλάδοι (splay faults).

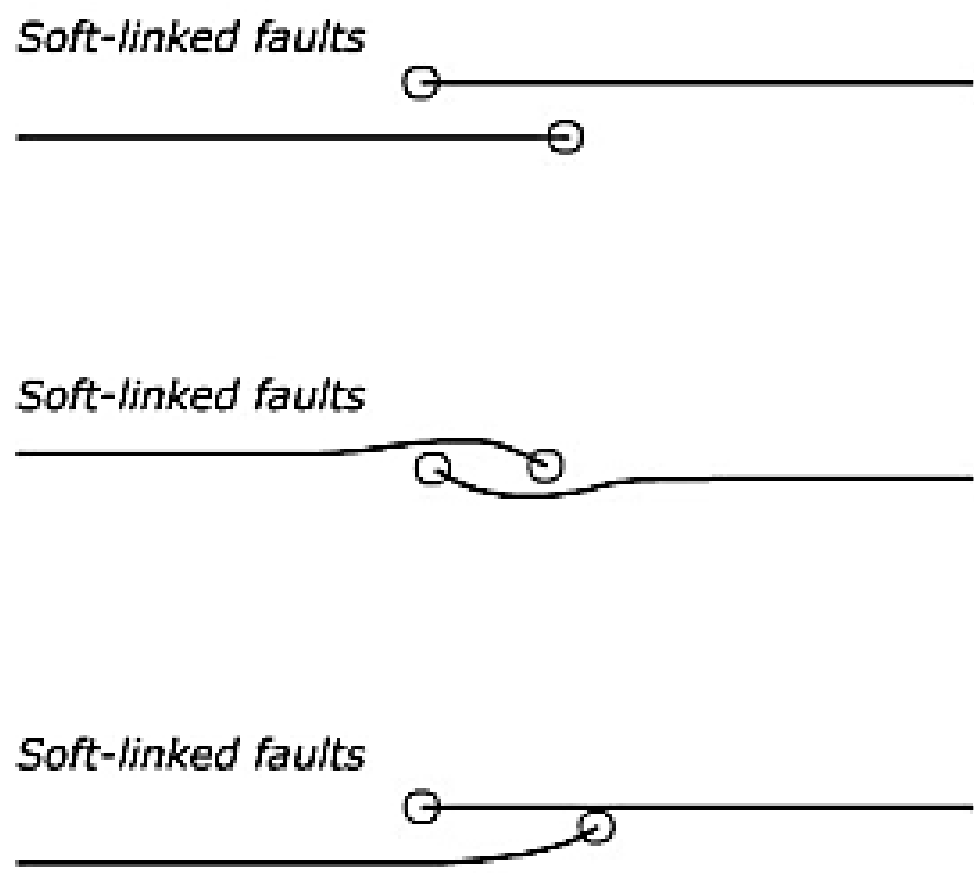
Ζώνες αλληλοεπικάλυψης ανάμεσα σε ρήγματα με ίδια (συνθετικά) ή αντίθετη (αντιθετικά) κλίση.

Ζώνες αλληλοεπικάλυψης → διευκόλυνση μεταβίβασης της μετατόπισης ανάμεσα στα επικαλυπτόμενα ρήγματα. Οι ζώνες αυτές αναφέρονται ως:

- Relay zones (ζώνες μεταβίβασης)
- Transfer zones (ζώνες μεταγωγής ή μεταφοράς)
- Accommodation zones (ζώνες προσαρμογής)

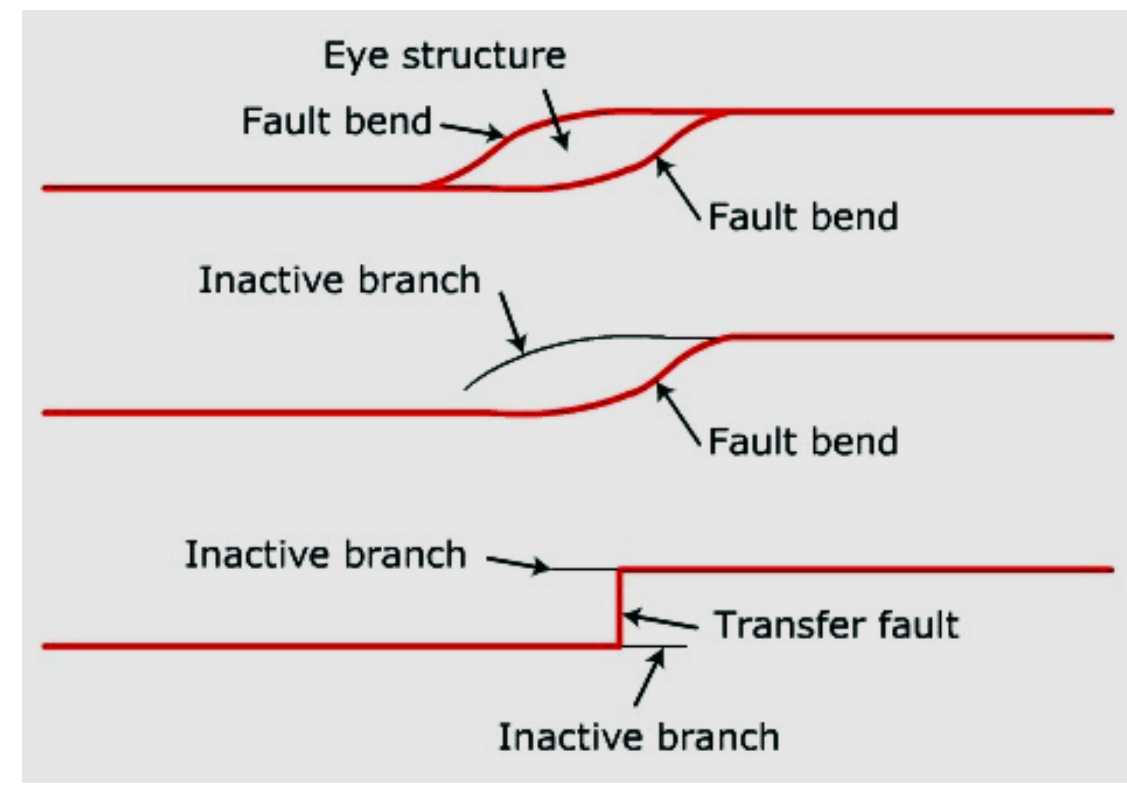
- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Έμμεση σύνδεση ρηγμάτων



Άμεση σύνδεση ρηγμάτων

Διασύνδεση ρηγμάτων (fault linkage)



Ασύνδετα ή απομονωμένα ρήγματα → δομές που, από μηχανική άποψη, δεν αλληλεπιδρούν με άλλα ρήγματα.

Έμμεση σύνδεση μεταξύ ρηγμάτων (soft-linked faults) → ζώνη αλληλοεπικάλυψης (overlap zone), χωρίς φυσική σύνδεση μεταξύ τους → ελαστική ή όλκιμη παραμόρφωση του αλληλοεπικαλυπτόμενου χώρου.

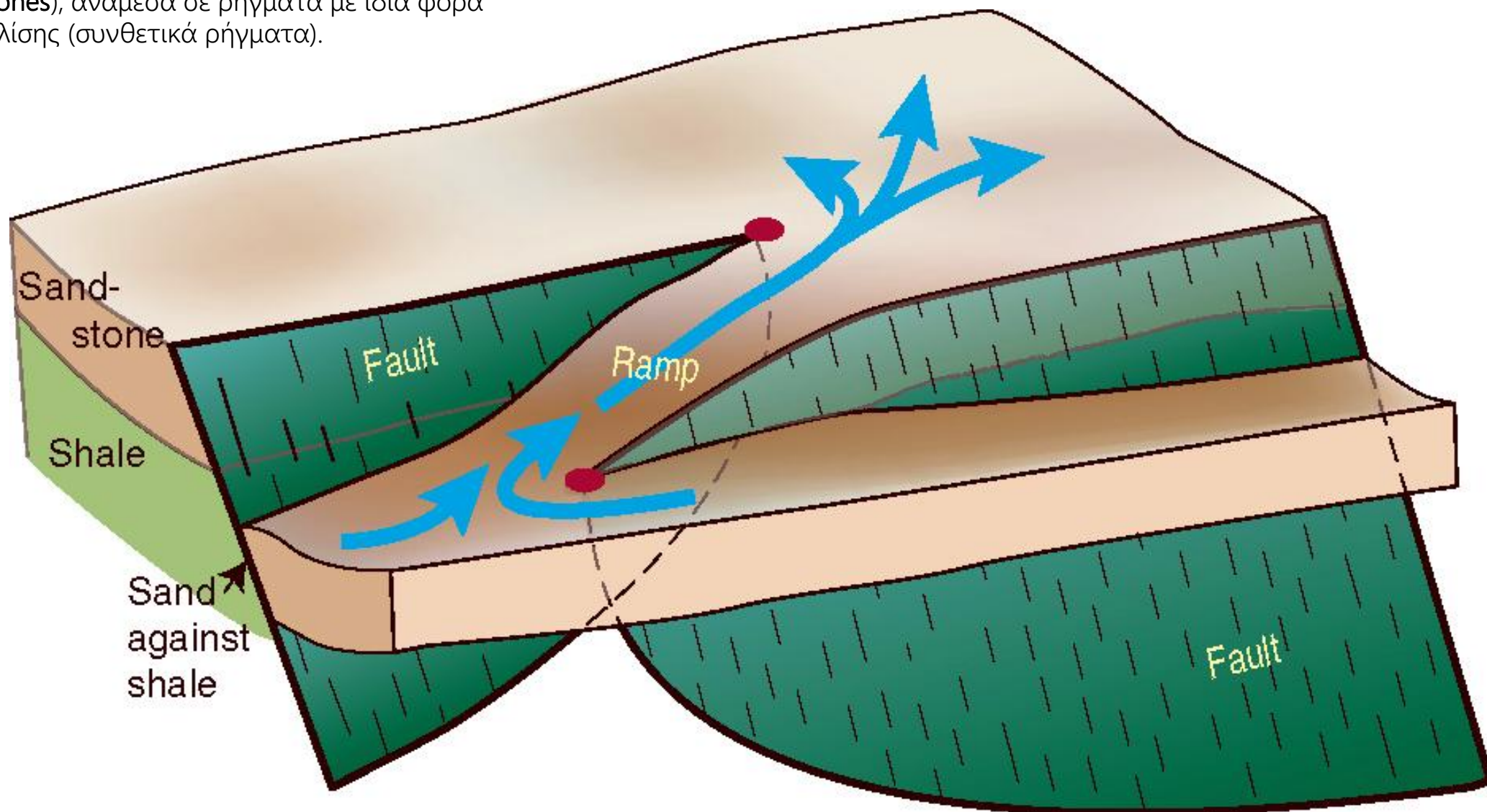
Άμεση σύνδεση (hard-linked faults) → φυσική επαφή → γεωμετρικά και μηχανικά άρρηκτα συνδεδεμένα.

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Ράμπες μεταβίβασης (relay ramps)

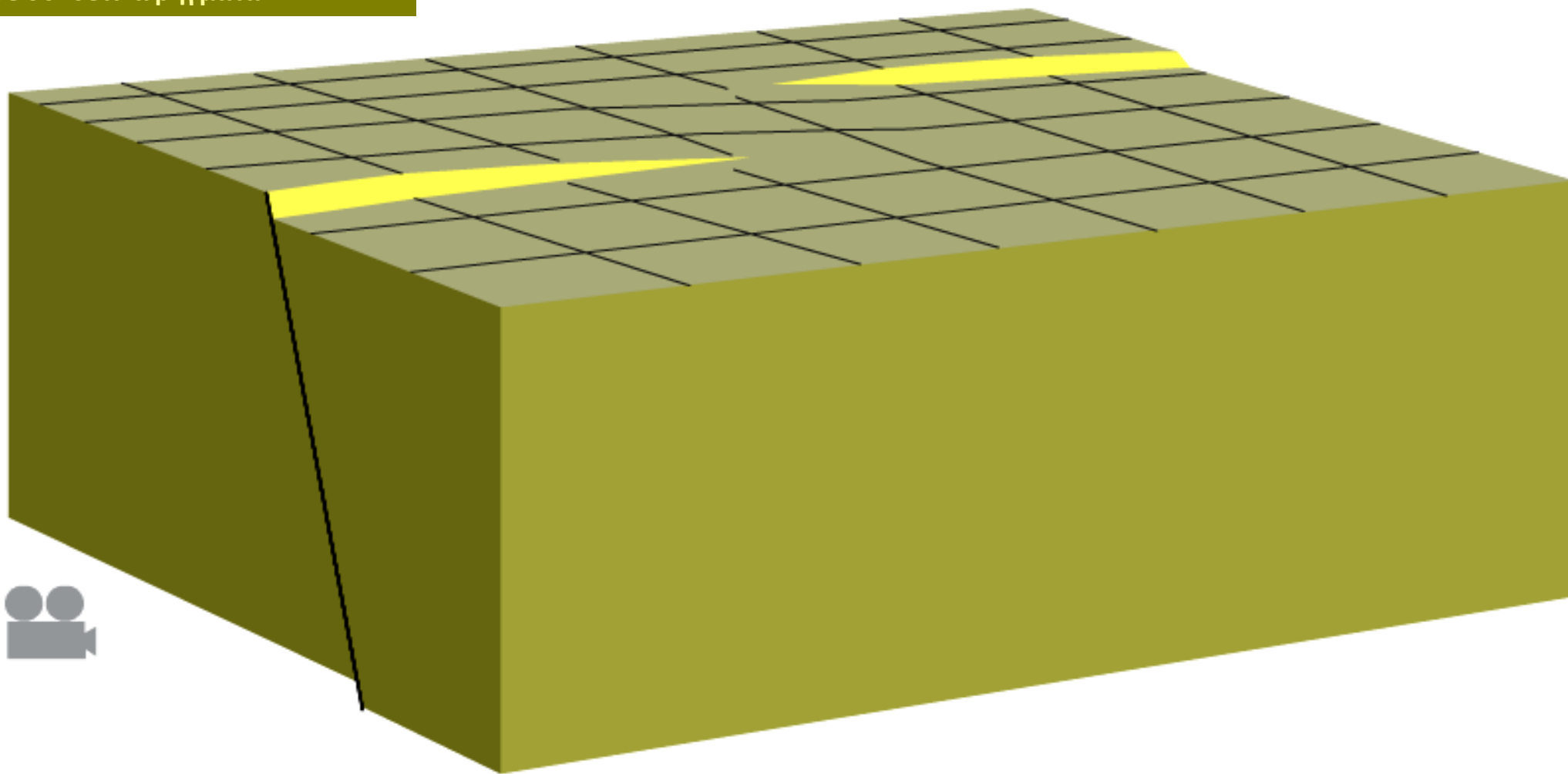
Ράμπες μεταβίβασης (relay ramps) σχηματίζονται στις ζώνες μεταβίβασης (relay zones), ανάμεσα σε ρήγματα με ίδια φορά κλίσης (συνθετικά ρήγματα).

Δραματική μείωση άλματος ρηγμάτων στα όρια απόληξής τους. Σημαντικές δομές για υδρογεωλογία και πετρέλαια.

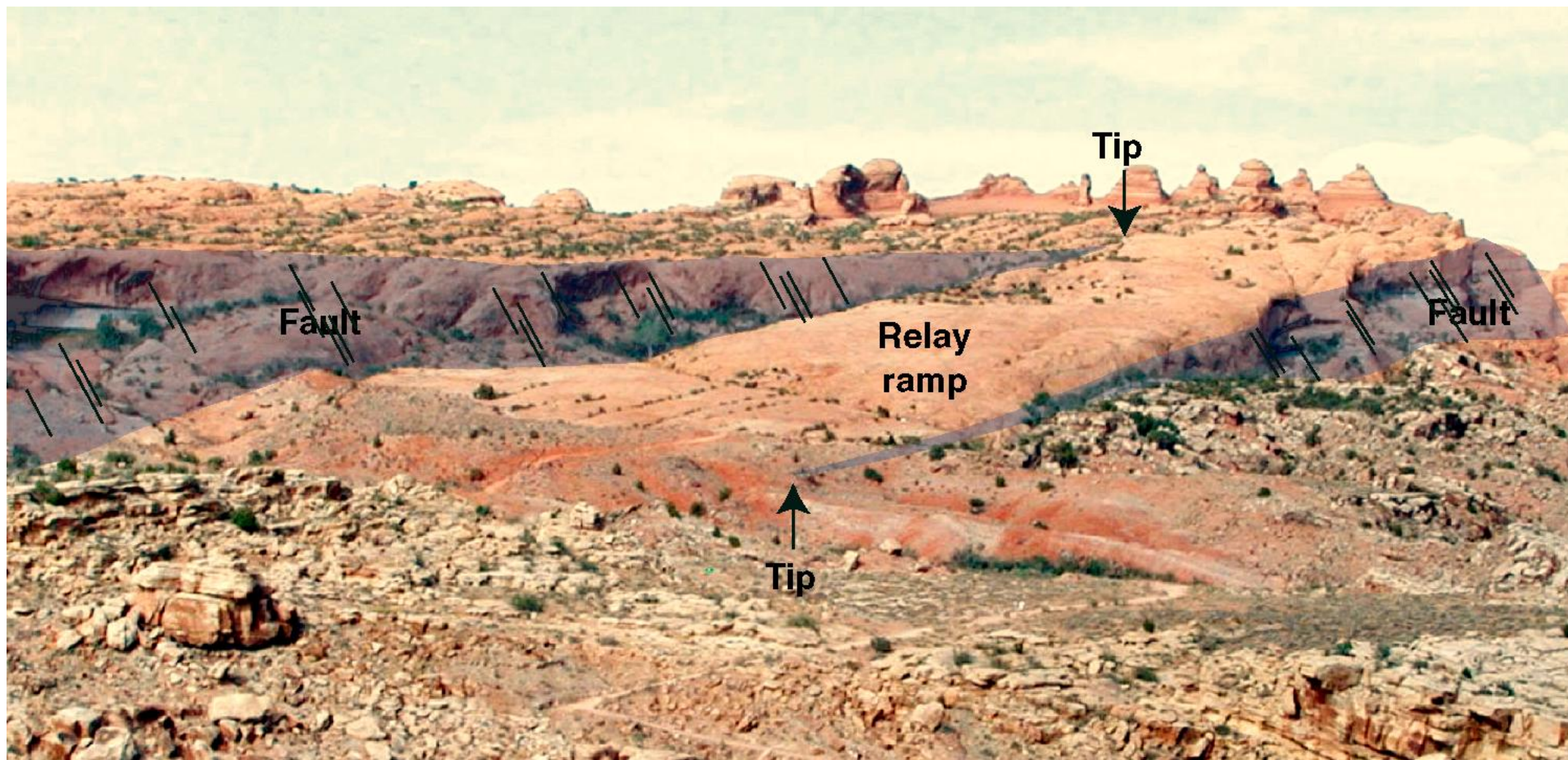


- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Δημιουργία ράμπας μεταβίβασης σε συνθετικά ρήγματα

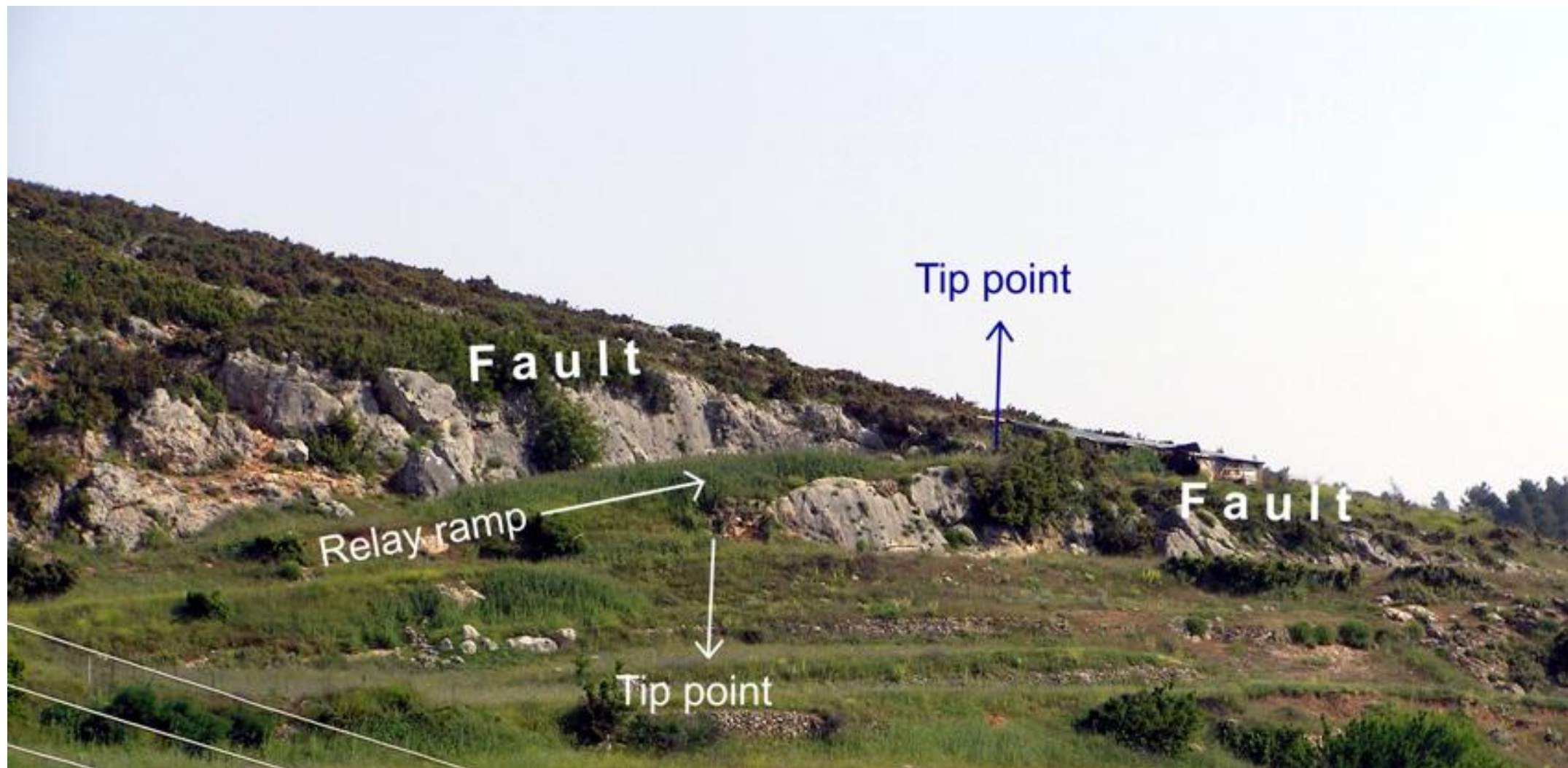


- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



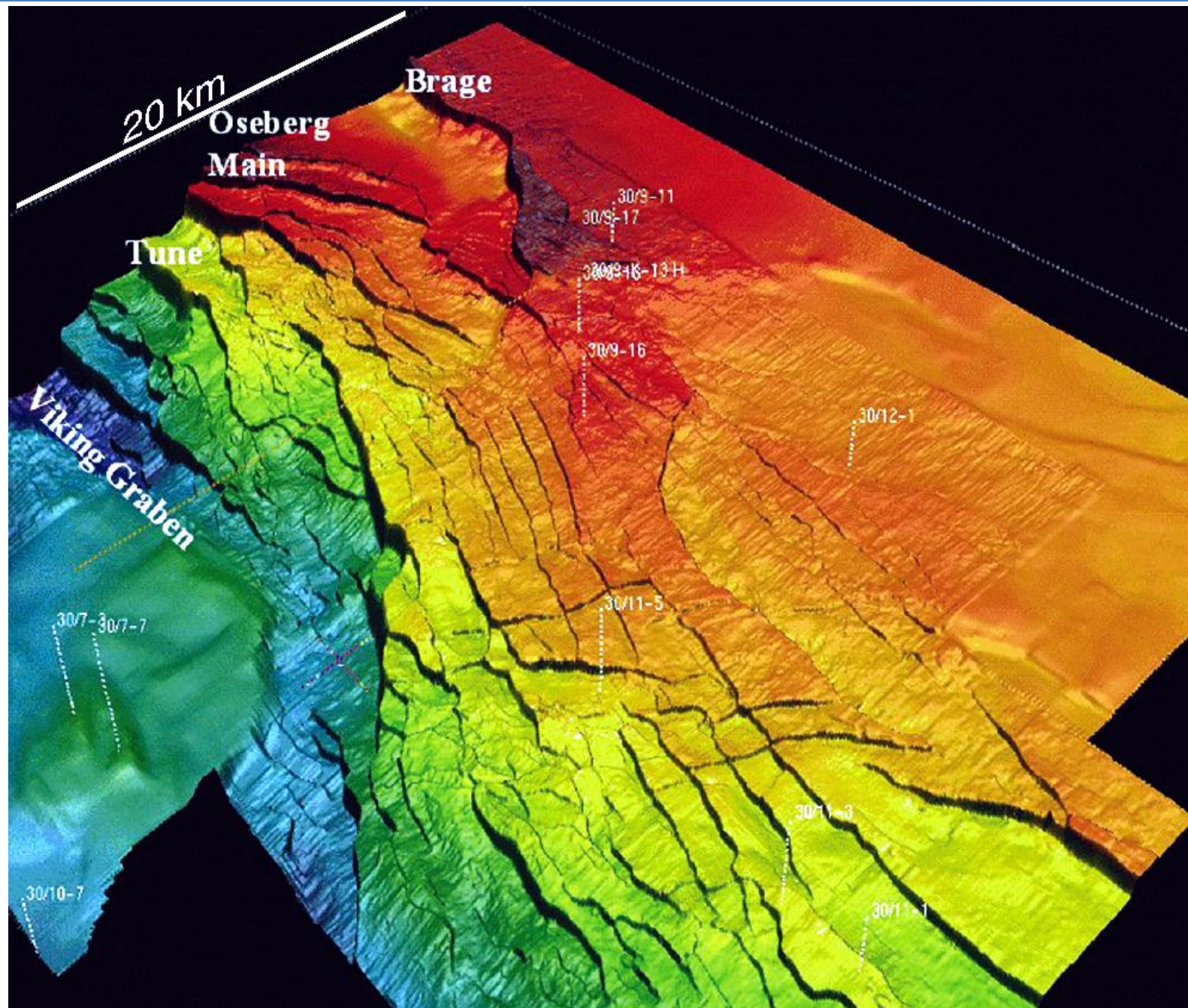
Θεαματική ανάπτυξη μιας ράμπας μεταβίβασης (relay ramp) στο εθνικό πάρκο Arches στη Utah των ΗΠΑ. Η κάθετη απόσταση ανάμεσα στα δύο αλληλοεπικαλυπτόμενα ρήγματα (overlapping faults), είναι περίπου 250 m.

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Ανάπτυξη μιας ράμπας μεταβίβασης (relay ramp) στη ρηξιγενή ζώνη του Αγ. Ιωάννη Κορινθίας. Η κάθετη απόσταση ανάμεσα στα δύο αλληλοεπικαλυπτόμενα ρήγματα (overlapping faults), είναι περίπου 25 m.

- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



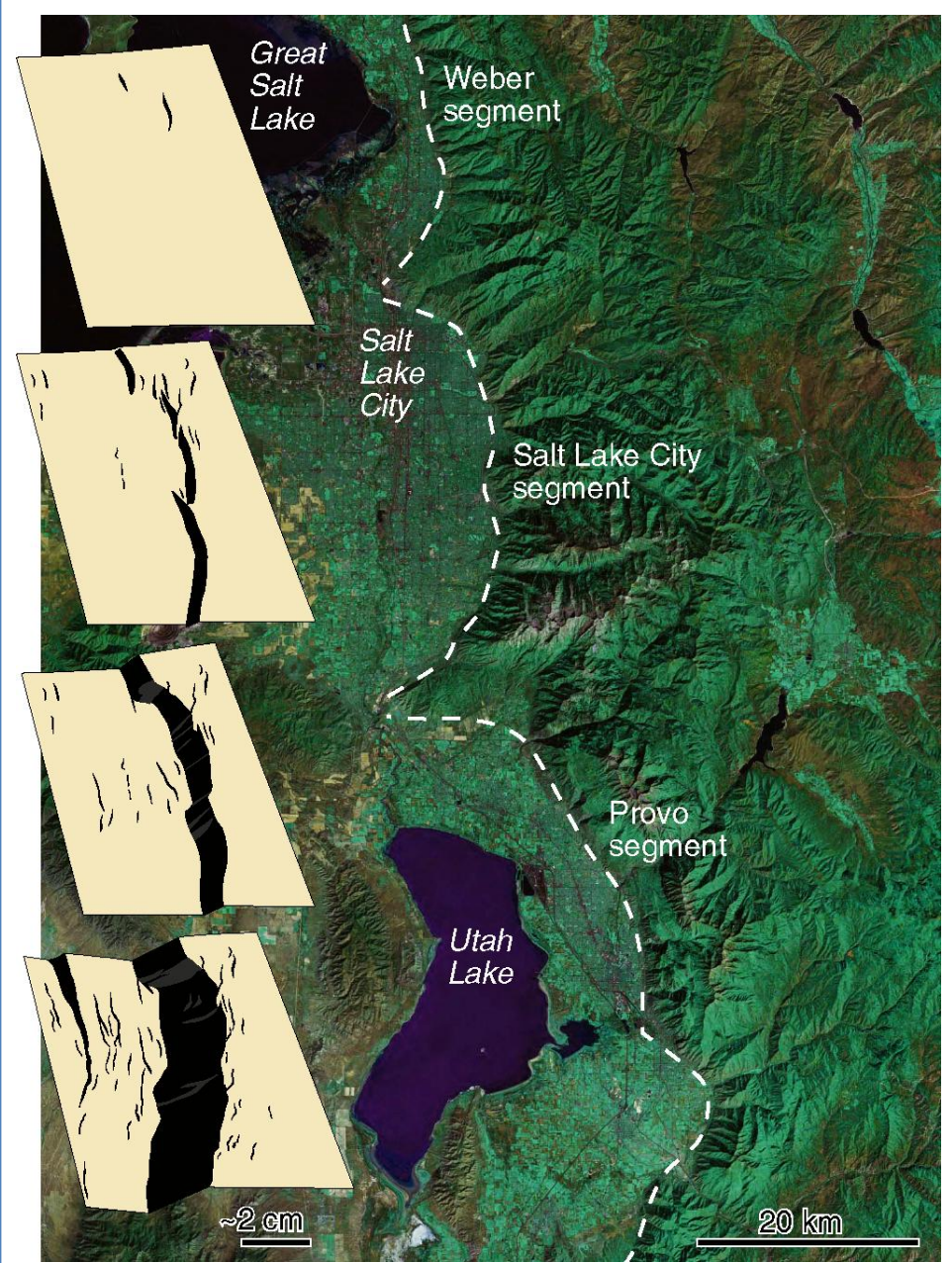
Underlap

Overlap

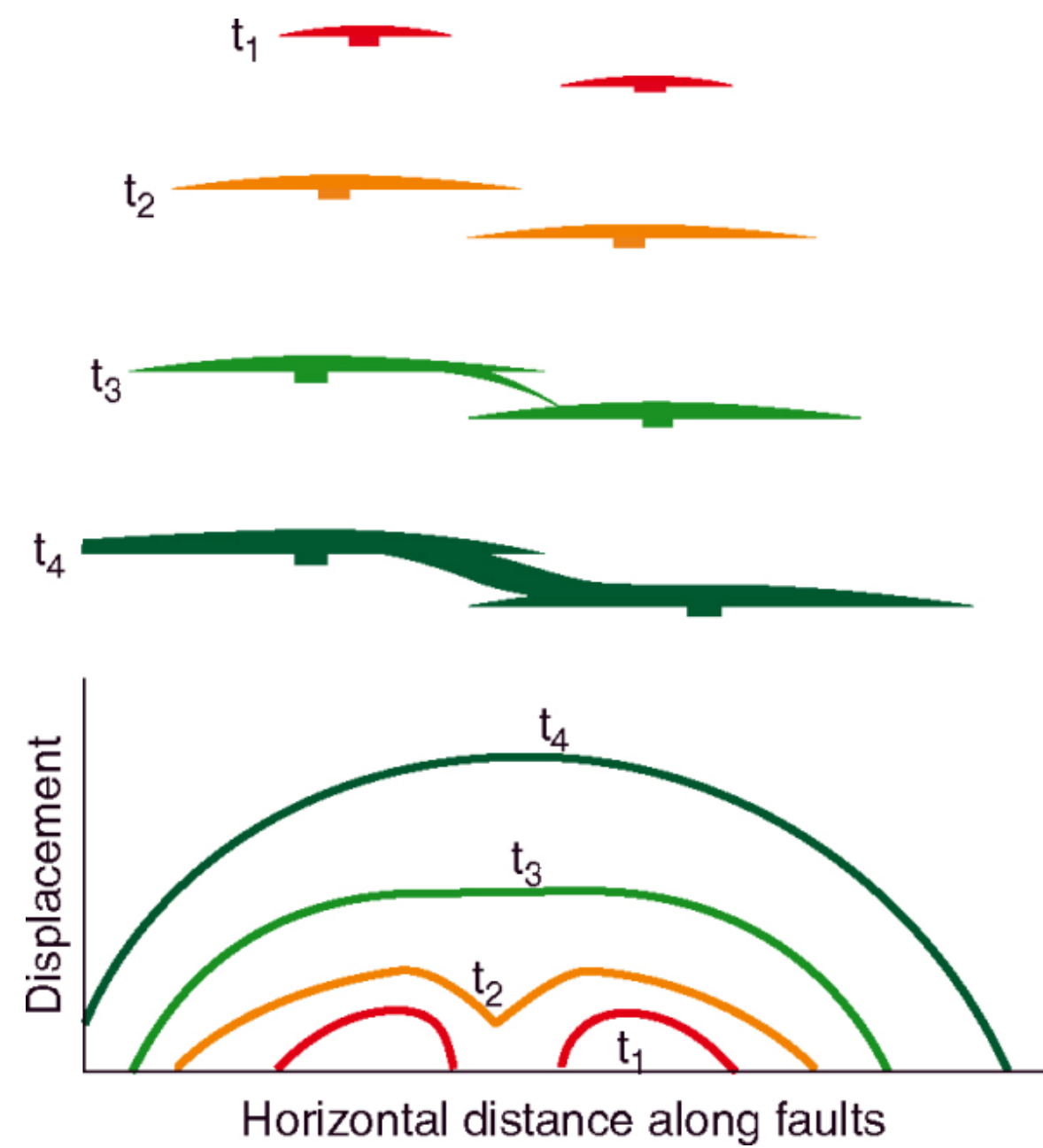
Relay ramp

Breached relay ramp
 → σκαλοπάτια ή οι μικρές απότομες αλλαγές στα ίχνη των ρηγμάτων [καμπές (bends) και οδοντώσεις (jogs)]

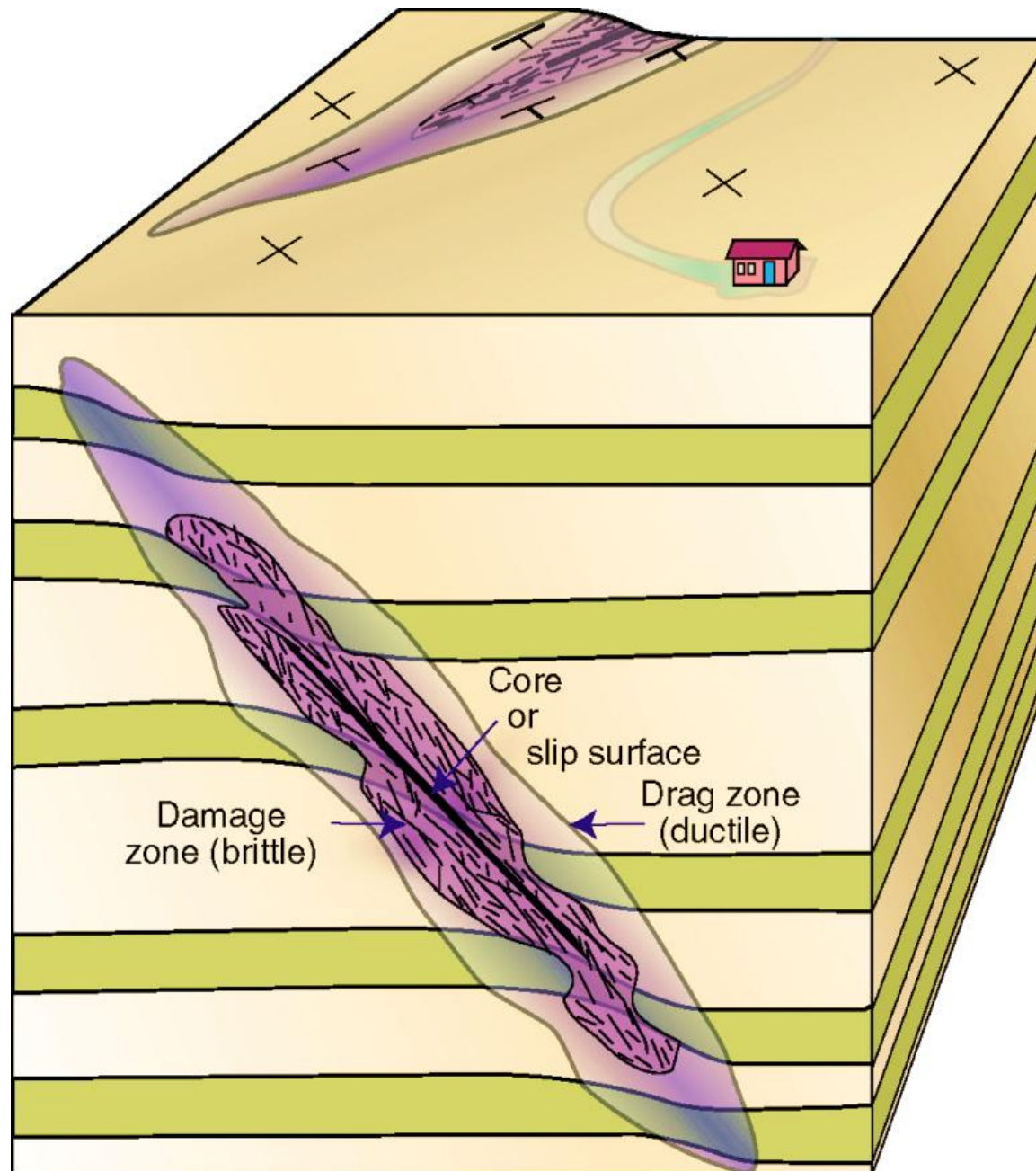
- ☐ Ορολογία ρηγμάτων
- ☐ Γεωμετρία των ρηγμάτων
- ☐ Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- ☐ Ταξινόμηση ρηγμάτων
- ☐ Ανατομία των ρηγμάτων
- ☐ Κατανομή της μετατόπισης
- ☐ Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- ☐ Συστήματα ρηγμάτων
- ☐ Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Fault segments και σεισμική δραστηριότητα



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

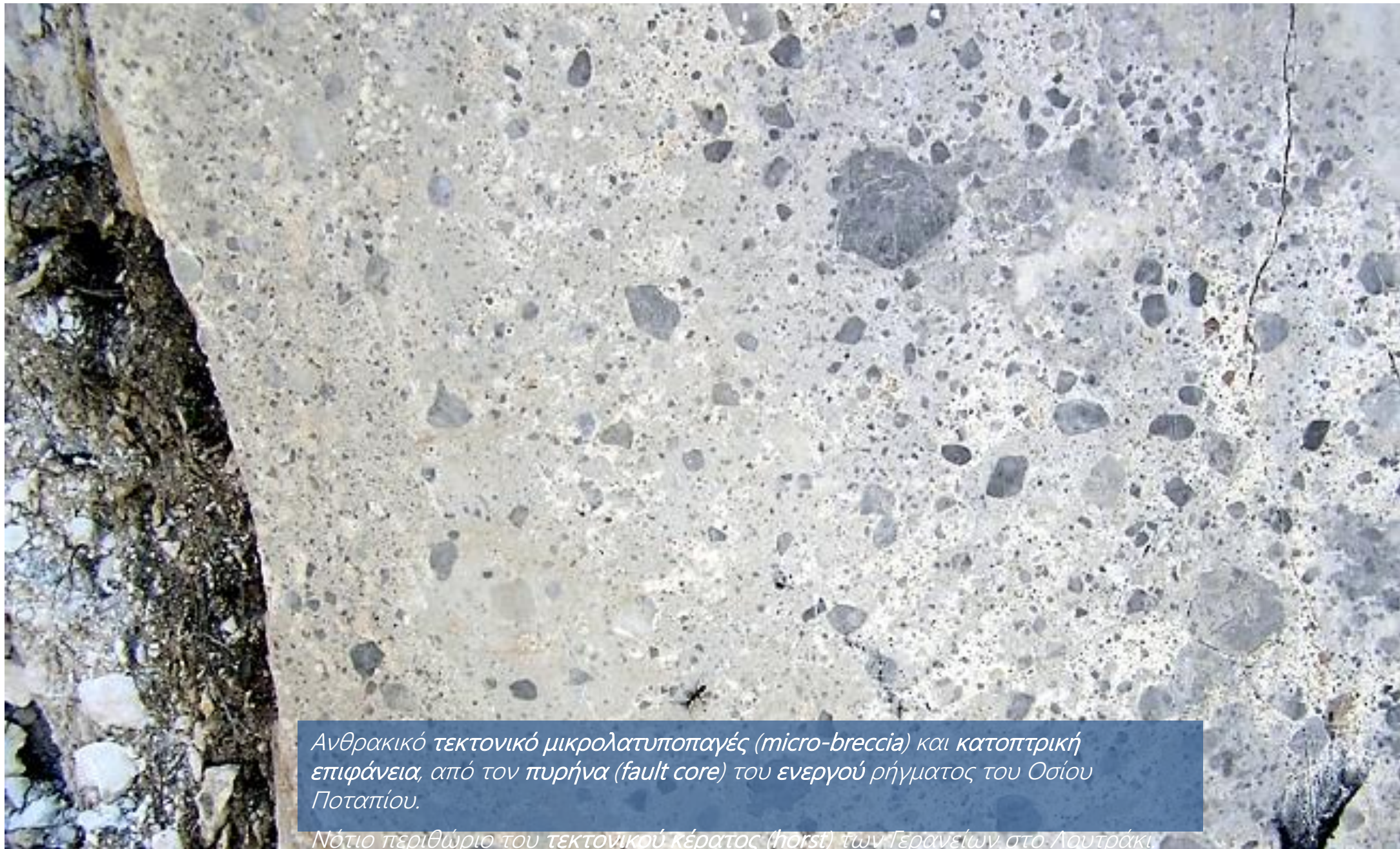


i) Εγγενή χαρακτηριστικά ρηγμάτων

Το σύνολο των εγγενών χαρακτηριστικών των ρηγμάτων έχουν αναλυθεί στα προηγούμενα. Τα εγγενή χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν:

1. Τον πυρήνα του ρήγματος (**fault core**) με την χαρακτηριστική παρουσία **κατακλαστικών πετρωμάτων** (συνήθως τεκτονικά λατυποπαγή, μικρολατυποπαγή κλπ.), που αναπτύσσονται στις ρηξιγενείς ζώνες (**fault related rocks**).
2. Τις **κατοπτρικές επιφάνειες** των ρηγμάτων (**slickensides**), με όλων των ειδών τις γραμμώσεις που αναπτύσσονται πάνω σε αυτές και έχουν σχέση με την κίνηση του ρήγματος, όπως: **γραμμές προστριβής** (**striations** ή **slickenlines**), **αυλακώσεις** (**groove lineations**), **ανάπτυξη και προσανατολισμός ινωδών ορυκτών** (**fiber lineations**) και **γεωμετρικές γραμμές** (**geometric striae**).
3. Την **κατακλαστική ζώνη** (**damage zone**) και τη **ζώνη της πάρελξης** (**drag zone**), που η παρουσία τους υποδηλώνει την ύπαρξη του ρήγματος.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Ανθρακικό τεκτονικό μικρολατυποπαγές (micro-breccia) και κατοπτρική επιφάνεια, από τον πυρήνα (fault core) του ενεργού ρήγματος του Οσίου Ποταπίου.

Νότιο περιθώριο του τεκτονικού κέρατος (horst) των Γερανείων στο Λουτράκι

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Κατοπτρική επιφάνεια (slickenside, S) σε ανθρακικά πετρώματα που συνοδεύεται από μια ζώνη 20 cm από συνεκτικό κατακλαστικό πέτρωμα (cataclasite, C). Και τα δύο μαζί αποτελούν τον πυρήνα του ρήγματος (fault core).

Από την περιοχή της λίμνης Υλίκης.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



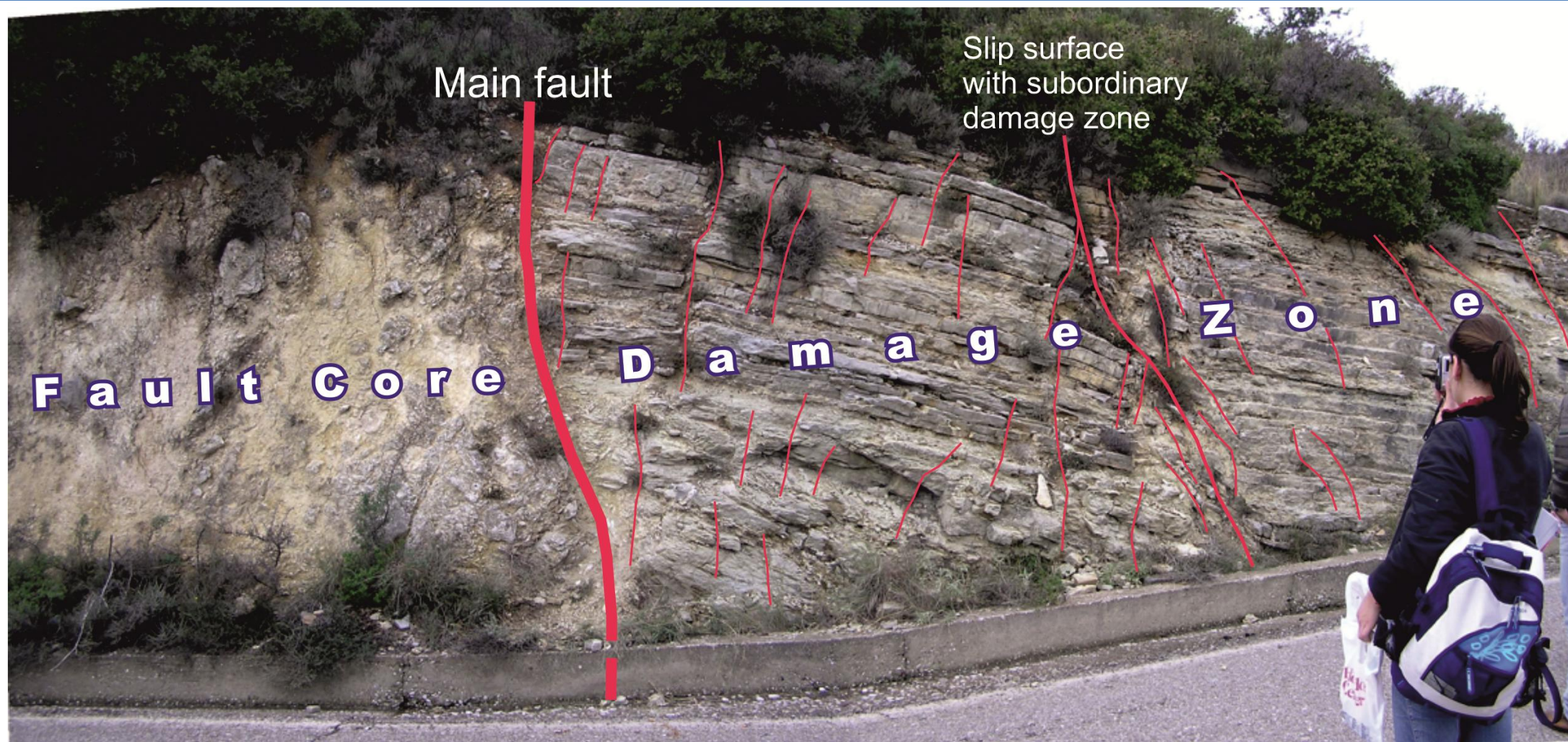
- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Δομή ridge-in-groove lineation (γράμμωση από αυλακώσεις και ράχες, από την τριβή μεγάλων κλαστών) και γραμμές προστριβής (striations ή slickenlines) στην ρηξιγενή επιφάνεια του ενεργού ρήγματος του Σχίνου.

Βόρειο περιθώριο του τεκτονικού κέρατος (horst) των Γερανείων, που το οριοθετεί από το τεκτονικό βύθισμα (graben) του κόλπου των Αλκυονίδων.



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Η ζώνη του πυρήνα (*fault core*), ενός κατακόρυφου ρήγματος και η ζώνη κατακερματισμού (*damage zone*). Η ζώνη του πυρήνα περιλαμβάνει τεκτονικούς φακούς και τεμάχη μέσα στο **κονιορτοποιημένο** κατακλαστικό πέτρωμα (**fault gouge**). Φαίνεται, επίσης, χαρακτηριστικά πως στην ζώνη κατακερματισμού του **κύριου ρήγματος** (**main fault**), αναπτύσσονται μικρότερες επιφάνειες ολίσθησης με τη δική τους **δευτερεύουσα** (**sub-ordinary**) ζώνη κατακερματισμού.

Η μικρότερη αυτή επιφάνεια ολίσθησης είναι υπεύθυνη και για τη μικρή **ζώνη πάρελξης** (**drag zone**) που δημιουργείται στους λεπτοπλακώδεις ασβεστολίθους με μαργαϊκές παρεμβολές, που αποτελούν το πέτρωμα που διαρρηγνύεται.

Πλησίον του οικισμού Ρέτσαινα, βόρεια του Μεσολογγίου.

ii) Συνέπειες ρηγματώσεως σε γεωλογικές και στρωματογραφικές ενότητες

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Η απότομη διακοπή και μετάθεση της στρώσης, αλλά και η επανάληψη ή παράλειψη στρωμάτων, οφείλεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων σε ρήγματα κανονικού χαρακτήρα

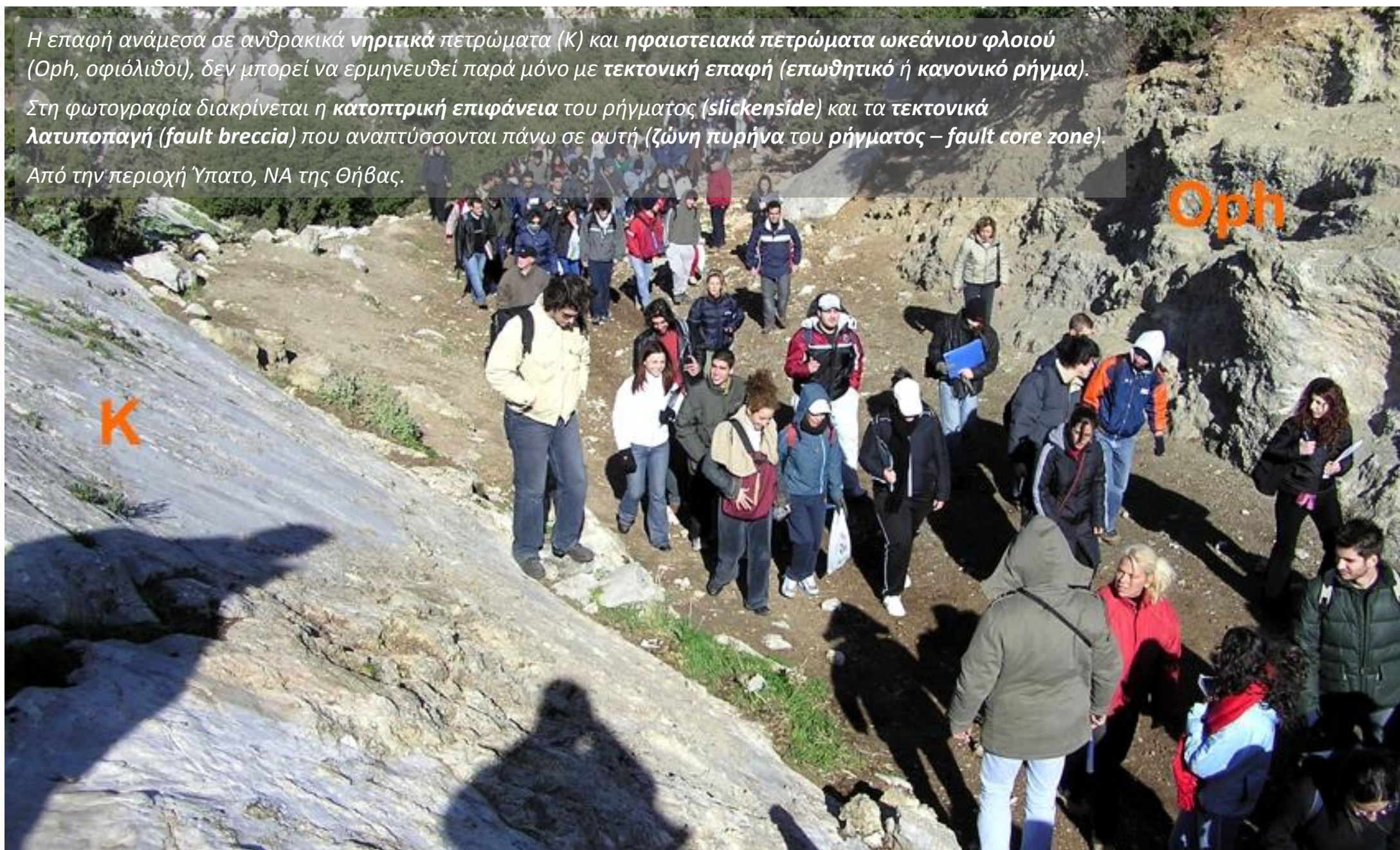
..... ή επωθητικού χαρακτήρα

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Η επαφή ανάμεσα σε ανθρακικά **νηριτικά** πετρώματα (Κ) και **ηφαιστειακά** πετρώματα **ωκεάνιου φλοιού** (Ορη, οφιόλιθοι), δεν μπορεί να ερμηνευθεί παρά μόνο με **τεκτονική επαφή** (επωθητικό ή κανονικό ρήγμα).
Στη φωτογραφία διακρίνεται η **κατοπτρική επιφάνεια** του ρήγματος (*slickenside*) και τα **τεκτονικά λατυποπαγή** (*fault breccia*) που αναπτύσσονται πάνω σε αυτή (ζώνη πυρήνα του ρήγματος – *fault core zone*).
Από την περιοχή Ύπατο, ΝΑ της Θήβας.

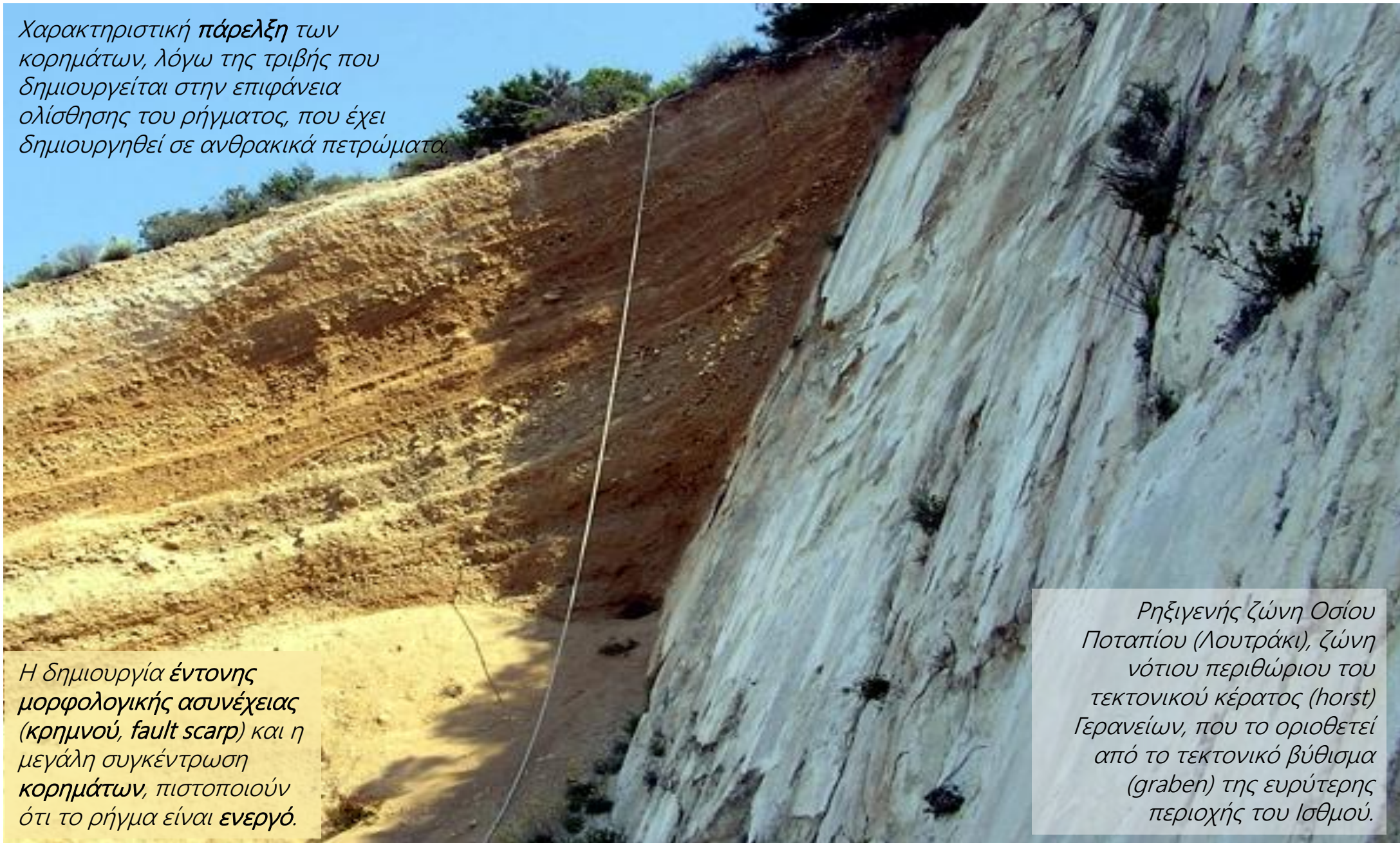


- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

*Χαρακτηριστική **πάρελξη** των κορημάτων, λόγω της τριβής που δημιουργείται στην επιφάνεια ολίσθησης του ρήγματος, που έχει δημιουργηθεί σε ανθρακικά πετρώματα.*

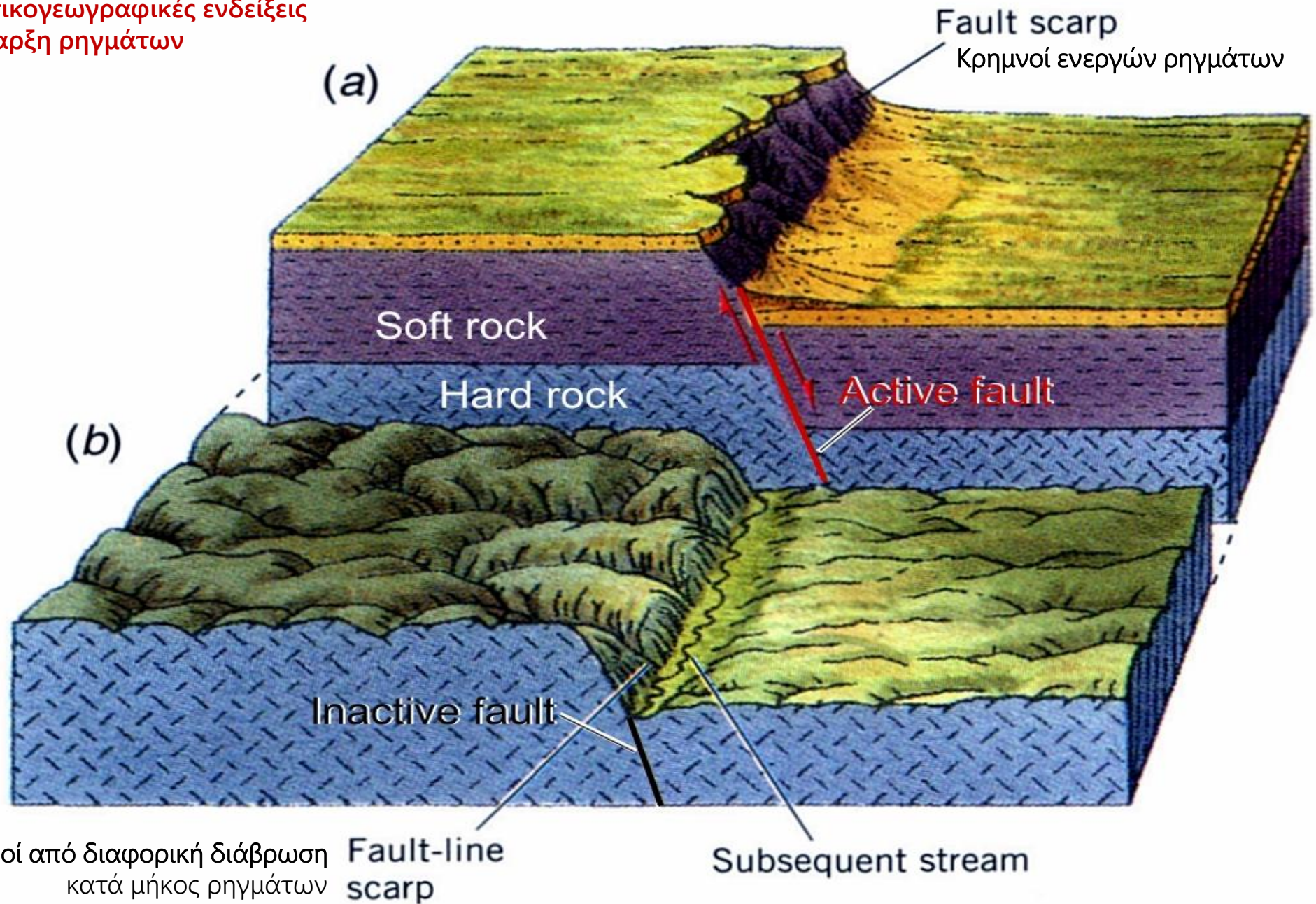
*Η δημιουργία έντονης μορφολογικής ασυνέχειας (κρημνού, **fault scarp**) και η μεγάλη συγκέντρωση κορημάτων, πιστοποιούν ότι το ρήγμα είναι **ενεργό**.*

*Ρηξιγενής ζώνη Οσίου Ποταπίου (Λουτράκι), ζώνη νότιου περιθώριου του τεκτονικού κέρατος (**horst**) Γερανείων, που το οριοθετεί από το τεκτονικό βύθισμα (**graben**) της ευρύτερης περιοχής του Ισθμού.*



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο

iii) Φυσικογεωγραφικές ενδείξεις για ύπαρξη ρηγμάτων



- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Ο εντυπωσιακός κρημνός (fault-scarp), της τάξης εκατοντάδων μέτρων, που έχει δημιουργήσει το ενεργό κανονικό ρήγμα του Καβουσίου (διάυλος Ιεράπετρας – Παχειάς Άμμου στην ανατολική Κρήτη).

Είναι χαρακτηριστική η συγκέντρωση πολλών δεκάδων μέτρων κορημάτων (Sc), αλλά και η έντονη κατά βάθος διάβρωση στο ανερχόμενο τέμαχος (εγκάρσια στο ρήγμα), που υποδηλώνεται από το εντυπωσιακό φαράγγι του Χα, (στο μέσο της φωτογραφίας).

Κατά θέσεις αποκαλύπτεται και η κατοπτρική επιφάνεια (slickenside ή fault surface) του ρήγματος (κόκκινο βέλος).

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Ο κρημνός (fault-scarp), του ενεργού ρήγματος του Καπαρελλίου, τμήμα του οποίου επαναδραστηριοποιήθηκε το 1981. Ο κρημνός έχει δημιουργηθεί σε ανθρακικά πετρώματα και στη βάση του συγκεντρώνονται πλευρικά κορήματα.

Η τάφρος που έχει διανοιχθεί στα κορήματα είναι για ερευνητικούς σκοπούς, για παλαιο-σεισμολογικές έρευνες (trenching), προκειμένου να χρονολογηθούν οι φάσεις επαναδραστηριοποίησης του ρήγματος. Περισσότερες λεπτομέρειες στο μάθημα επιλογής της Νεοτεκτονικής.

- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη του δυτικού περιθωρίου της τεκτονικής λεκάνης (graben) της Σπάρτης, που την οριοθετεί από το μεγάλο τεκτονικό κέρασ (horst) του Ταΰγετου, όπως φαίνεται από τη δορυφορική εικόνα του Google Earth.

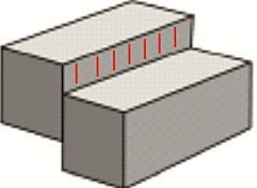
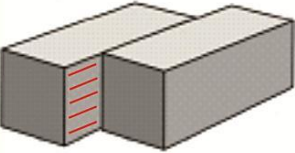
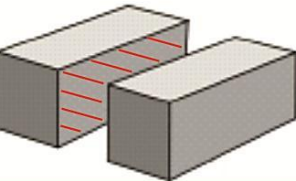
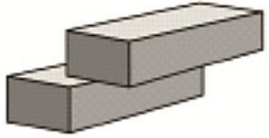
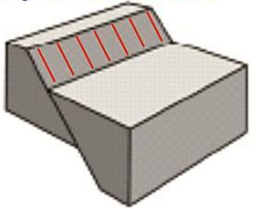
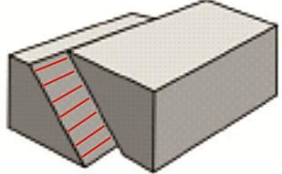
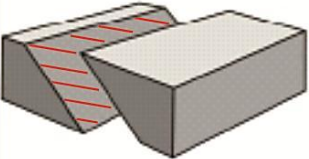
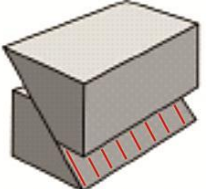
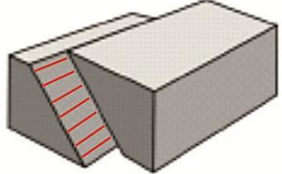
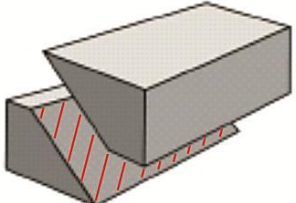
Ο εντυπωσιακός κρημνός του ενεργού ρήγματος (fault scarp), διακόπτεται από την έντονη κατά βάθος διάβρωση (linear erosion), που αναπτύσσεται εγκάρσια στη ρηξιγενή ζώνη λόγω της μεγάλης ανόδου του υποκείμενου ρηξιτεμάχου (footwall), σχηματίζοντας χαρακτηριστικές τριγωνικές επιφάνειες στο μέτωπο του ρήγματος (triangular facets).

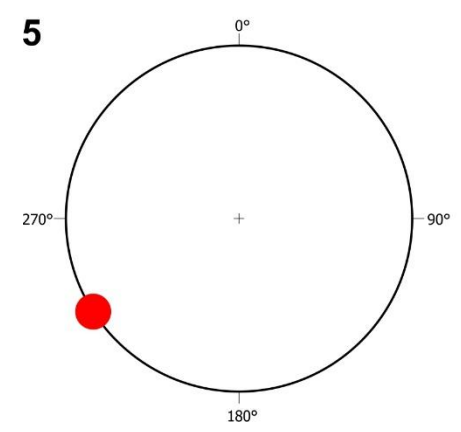
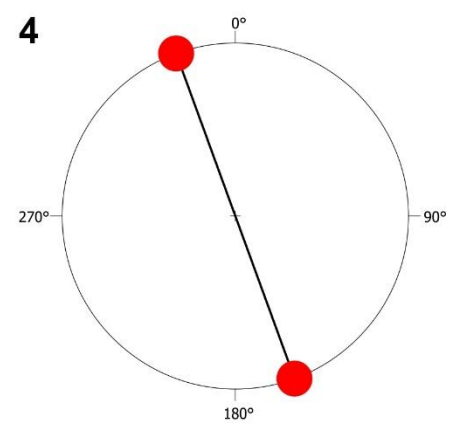
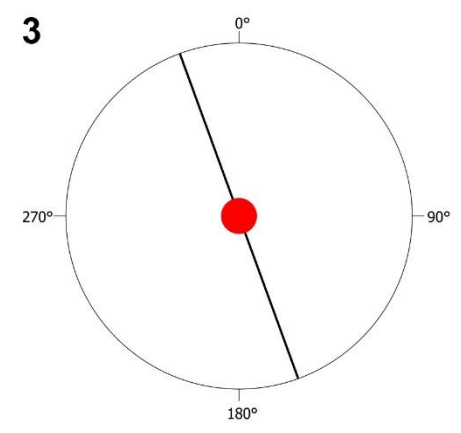
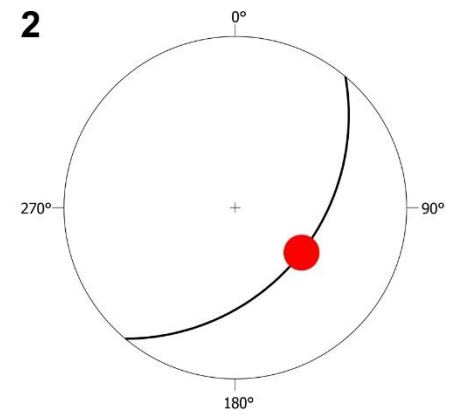
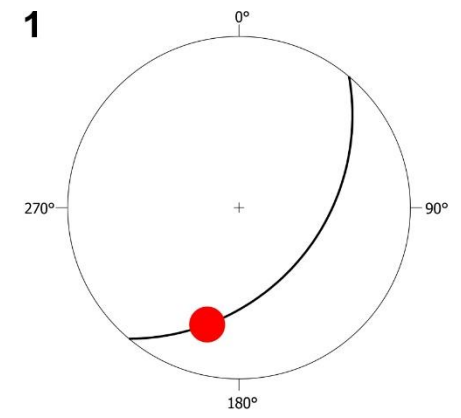


- Ορολογία ρηγμάτων
- Γεωμετρία των ρηγμάτων
- Ολίσθηση – άλμα – διαχωρισμός
- Ταξινόμηση ρηγμάτων
- Ανατομία των ρηγμάτων
- Κατανομή της μετατόπισης
- Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων
- Συστήματα ρηγμάτων
- Αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο



Χαρακτηριστική οριζόντια μετάθεση κοίτης ποταμού, από ένα δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης (*dextral strike-slip fault*), που ανήκει στη ζώνη μετασχηματισμού (*transform zone*) "Αγίου Ανδρέα – Κόλπου Καλιφόρνιας" (ΗΠΑ).

		ΓΡΑΜΜΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ			
		ΚΑΤΑ ΚΛΙΣΗ	ΚΑΤΑ ΠΑΡΑΤΑΞΗ	ΠΛΑΓΙΕΣ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΡΗΓΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ	Όρθο-κατακόρυφο 	Πάρα-κατακόρυφο 	Πλάγιο-κατακόρυφο 	
	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ	Οριζόντιο 			
	ΚΕΚΛΙΜΕΝΗ	Όρθο-κανονικό 			Κανονικό
		Πάρα-κεκλιμένο 			
		Πλάγιο-κανονικό 			
		Όρθο-ανάστροφο 	Πάρα-ανάστροφο 	Πλάγιο-ανάστροφο 	Ανάστροφο



Test No 1

Να χαρακτηρισθούν τα ρήγματα.



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/GEOL135/>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Δημήτριος Παπανικολάου, Στυλιανός Λόζιος 2015. Δημήτριος Παπανικολάου, Στυλιανός Λόζιος. «Τεκτονική Γεωλογία. Ενότητα 2: Ρήγματα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL4>.



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 (1/14)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1, Διαφάνεια 2: Copyrighted.

Εικόνα 2, Διαφάνεια 3: Διαρρήξεις (fractures). Fossen, H., 2010, Structural Geology. Copyrighted.

Εικόνα 3, Διαφάνεια 4: Bedded sedimentary rocks which show displacement by faulting. Copyrighted. <http://www.strachur.org.uk/assets/images/geology/fault.jpg>

Εικόνα 4, Διαφάνεια 5: Graphic by Fossen, H., 2010, Structural Geology. Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 5, Διαφάνεια 6: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/14)

Εικόνα 6, Διαφάνεια 6: Faults appear as discontinuities on velocity or displacement field maps and profiles. Copyrighted. <http://1.bp.blogspot.com/-xtfYVeXlrU8/VcIE4vuYd7I/AAAAAAAAABal/KXwWshYs2Dk/s1600/8.1.jpg>

Εικόνα 7, Διαφάνεια 7: These are end-members of a continuous spectrum of oblique faults. The stereonet shows the fault plane (great circle) and the displacement vector (red point). Copyrighted. http://3.bp.blogspot.com/-uqk5xvBhJ3s/VcIFFH-OGDI/AAAAAAAAABaQ/eqo88Msf9_A/s1600/8.2.jpg

Εικόνες 8-9, Διαφάνεια 8: Copyrighted.

Εικόνα 10, Διαφάνεια 8: Hanging Wall And Footwall. Copyrighted. <http://mail.colonial.net/~hkaiter/Aaascienceimages2137/Fig.F020-Footwall.jpg>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/14)

Εικόνα 11, Διαφάνεια 10: Listric normal fault showing very irregular curvature in the sections perpendicular to the slip direction. Copyrighted.

<http://4.bp.blogspot.com/-vq3j4LLK29U/VcIFM5efyFI/AAAAAAAAABaY/3PIWR19o-is/s1600/8.3.jpg>

Εικόνα 12, Διαφάνεια 13: Λιστρικό ρήγμα (listric fault), νότια του San Antonio στο Τέξας (ΗΠΑ), σε ερευνητική στοά όπου εκτελούνται γεωφυσικές διασκοπήσεις για την αναζήτηση κοιτασμάτων πετρελαίου. Copyrighted.

<http://www.beg.utexas.edu/egl/devine/graphics/defig7.jpg>

Εικόνα 13, Διαφάνεια 14: Μικρής κλίμακας επωθητικό ρήγμα (thrust fault) προξενεί βράχυνση σε τεταρτογενή ιζήματα της περιοχής Valla de la Luna στην Atacama της Β. Χιλής. Copyrighted.

Εικόνα 14, Διαφάνεια 15: Επωθητικό ρήγμα με γεωμετρία τύπου “επιπέδου - ράμπας - επιπέδου” (flat-ramp-flat geometry). Fossen, H., 2010, Structural Geology. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/14)

Εικόνα 15, Διαφάνεια 15: Κανονικό ρήγμα με γεωμετρία τύπου “ράμπας-επιπέδου-ράμπας” (ramp-flat-ramp geometry). Fossen, H., 2010, Structural Geology. Copyrighted.

Εικόνα 16, Διαφάνεια 16: The main faults in the North Sea Gullfaks oil field show high degree of curvature in map view and straight traces in the vertical sections (main slip direction). Red lines represent some of the well paths in this field. Copyrighted. <http://1.bp.blogspot.com/-mALWAQ8aPDs/VcIFWxvBWcl/AAAAAAAAABag/1qgdFkbBQEk/s640/8.4.jpg>

Εικόνα 17, Διαφάνεια 17: Copyrighted.

Εικόνα 18, Διαφάνεια 18: Arkitsa Fault Surface. Copyrighted. <http://static.panoramio.com/photos/large/973778.jpg>

Εικόνες 19-20, Διαφάνεια 20: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/14)

Εικόνα 21, Διαφάνεια 21: A horst (a), symmetric graben (b) and asymmetric graben (c), also known as a half-graben. Antithetic and synthetic faults are shown.

Copyrighted. http://3.bp.blogspot.com/_8_gaykypD28/VcIFkDBTJsl/AAAAAAAAABao/mkQ0mJ1q_8o/s1600/8.5.jpg

Εικόνες 22-23, Διαφάνεια 22: Grabens and horsts animations. Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 24, Διαφάνεια 25: Illustration of a normal fault affecting a tilted layer.

Copyrighted. <http://3.bp.blogspot.com/-tWf-nUGnFjg/VcIFtxVNs3I/AAAAAAAAABaw/qezWKJQVkys/s1600/8.6.jpg>

Εικόνα 25, Διαφάνεια 25: Stratigraphic separation. Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/14)

Εικόνα 26, Διαφάνεια 26: Separation (διαχωρισμός) animation by Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνες 27-28-29-30, Διαφάνειες 27-28-29: Stratigraphic separation in wells - repeat section. Graphics and animations by Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 31, Διαφάνεια 31: The relationship between a single fault, a mapped surface and its two fault cutoff lines. Copyrighted. <http://2.bp.blogspot.com/-tcziyrcxMTg/VcIGK-7LtsI/AAAAAAAAABbA/x8vg3Xif8C8/s1600/8.8.jpg>

Εικόνες 32-33-34-35, Διαφάνειες 32-33: Ταξινόμηση ρηγμάτων. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/14)

Εικόνα 36, Διαφάνεια 35: Classification of faults based on the dip of the fault plane and the pitch, which is the angle between the slip direction (displacement vector) and the strike. Copyrighted. <http://3.bp.blogspot.com/-ekTuwVXDe7s/VcIF6w9oSrl/AAAAAAAAABa4/u2-feQQDgAg/s1600/8.7.jpg>

Εικόνα 37, Διαφάνεια 35: The dip of a fault is always measured perpendicular to the strike of the fault. The pitch is the angle between strike and slip direction. Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 38, Διαφάνεια 38: Η ανατομία των ρηγμάτων. Copyrighted. <https://explorock.files.wordpress.com/2011/04/e.jpg>

Εικόνα 39, Διαφάνεια 39: Η κύρια επιφάνεια ολίσθησης (slip surface) και ο πυρήνας (fault core) του ρήγματος Moab (Utah, ΗΠΑ). Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/14)

Εικόνα 40, Διαφάνεια 40: Damage zone in the footwall of a major fault with 150-200 m throw. Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνες 41-42, Διαφάνεια 41: Μεταβολές της μετατόπισης (οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση). Δεδομένα από ορυχεία και υψηλής ανάλυσης τρισδιάστατα σεισμικά προφίλ. Copyrighted.

Εικόνα 43, Διαφάνεια 42: Displacement profile (Displacement of ideal isolated faults is at maximum at the center and decreases toward the tip line). Animation by Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνες 44-45, Διαφάνεια 43: Μοντέλα κατανομής της μετατόπισης. Copyrighted.
http://geode.colorado.edu/~structure/teaching_GEOL3120/coursenotes/07Faults_and_faulting.pdf



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/14)

Εικόνα 46, Διαφάνεια 44: Όριο απόληξης (Tip line) και Περατωτικό όριο (Termination line). Copyrighted.

Εικόνες 47-48-49-50, Διαφάνειες 45-46: Fault growth in non-porous rocks. Graphics and animations by Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 51, Διαφάνεια 47: Copyrighted.

Εικόνες 52-53, Διαφάνεια 48: Fault growth in porous rocks. Animations by Fossen, H., 2010, Structural Geology. Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/StructuralGeoBookEmodules.html>

Εικόνα 54, Διαφάνεια 49: Faults develop damage zones then localize slip onto a slip surface. Copyrighted. http://geode.colorado.edu/~structure/teaching_GEOL3120/coursenotes/07Faults_and_faulting.pdf



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (10/14)

Εικόνα 55, Διαφάνεια 50: Δημιουργία ρηγμάτων σε πετρώματα με πορώδες.
Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνες 56-57-58-59, Διαφάνειες 51-52-53: Η εξέλιξη της ζώνης κατακερματισμού
Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 60, Διαφάνεια 54: Copyrighted.

Εικόνα 61, Διαφάνεια 55: Ανάπτυξη ρηγμάτων σε πετρώματα με εναλλαγές
πετρωμάτων. Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 62, Διαφάνεια 56: Example of damage around a fault branch point, Utah.
Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (11/14)

Εικόνα 63, Διαφάνεια 57: Copyrighted.

Εικόνα 64, Διαφάνεια 59: Η όλκιμη ζώνη της πάρελξης (drag zone). Copyrighted.

Εικόνα 65, Διαφάνεια 60: Εξάρτηση της πάρελξης από τη σχέση κινηματικής ρήγματος και γεωμετρίας στρωμάτων. Copyrighted.

Εικόνα 66, Διαφάνεια 61: Copyrighted.

Εικόνα 67, Διαφάνεια 61: Κανονικά ρήγμα. Copyrighted.

Εικόνα 68, Διαφάνεια 62: Ανάστροφο ρήγμα. Copyrighted.

http://academic.emporica.edu/aberjame/struc_geo/folds/fold28.jpg

Εικόνα 69, Διαφάνεια 63: Λιστρικό ρήγμα. Copyrighted.

Εικόνα 70, Διαφάνεια 63: Λιστρικό ρήγμα. Animation by Fossen, H., 2010, Structural Geology. Copyrighted.

<http://folk.uib.no/nglhe/StructuralGeoBookEmodules.html>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (12/14)

Εικόνα 71, Διαφάνεια 64: Ανάπτυξη συστημάτων ρηγμάτων. Copyrighted.
http://geode.colorado.edu/~structure/teaching_GEOL3120/coursenotes/07Faults_and_faulting.pdf

Εικόνα 72, Διαφάνεια 65: Οι 4 τύποι αλληλεπίδρασης ρηγμάτων (fault interaction). Animation by Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 73, Διαφάνεια 66: Ζώνες αλληλοεπικάλυψης ρηγμάτων (fault overlap zones). Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted.
<http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 74, Διαφάνεια 67: Διασύνδεση ρηγμάτων (fault linkage). Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules). Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (13/14)

Εικόνα 75, Διαφάνεια 68: Ράμπα μεταβίβασης. Copyrighted.

http://geode.colorado.edu/~structure/teaching_GEOL3120/coursenotes/07Faults_and_faulting.pdf

Εικόνα 76, Διαφάνεια 69: Δημιουργία ράμπας μεταβίβασης σε συνθετικά ρήγματα. Animation by Fossen, H., 2010, Structural Geology (e-modules).

Copyrighted. <http://folk.uib.no/nglhe/e-modules/Chapter%208/08%20Faults.swf>

Εικόνα 77, Διαφάνεια 70: Θεαματική ανάπτυξη μιας ράμπας μεταβίβασης (relay ramp) στο εθνικό πάρκο Arches στη Utah των ΗΠΑ. Copyrighted.

http://folk.uib.no/nglhe/images/Fig%208_41.jpg

Εικόνα 78, Διαφάνεια 72: Copyrighted.

Εικόνες 79-80, Διαφάνεια 73: Fault segments και σεισμική δραστηριότητα. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (14/14)

Εικόνα 81, Διαφάνεια 74: Η ανατομία των ρηγμάτων. Copyrighted.

<https://explorock.files.wordpress.com/2011/04/e.jpg>

Εικόνα 82, Διαφάνεια 81: Ρήγμα επωθητικού χαρακτήρα. Copyrighted.

Εικόνα 83, Διαφάνεια 84: Κρημνοί από διαφορεική διάβρωση κατά μήκος ρηγμάτων. Copyrighted.

Εικόνες 84-85, Διαφάνεια 87: Δορυφορικές εικόνες του Google Earth όπου φαίνεται η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη του δυτικού περιθωρίου της τεκτονικής λεκάνης (graben) της Σπάρτης, που την οριοθετεί από το μεγάλο τεκτονικό κέρασ (horst) του Ταΰγετου. Copyrighted.

Εικόνα 86, Διαφάνεια 88: Χαρακτηριστική οριζόντια μετάθεση κοίτης ποταμού, από ένα δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης (dextral strike-slip fault), που ανήκει στη ζώνη μετασχηματισμού (transform zone) “Αγίου Ανδρέα – Κόλπου Καλιφόρνιας” (ΗΠΑ). Copyrighted.

