

Ορισμοί

- **Landslip** (Lyell, 1833) :Τμήμα γης που ολισθαίνει ως αποτέλεσμα διατάραξης από σεισμό ή υποσκαφής από νερά των κατώτερων στρωμάτων που το υποστηρίζει.
- **Landslide** (Terzaghi, 1950): γρήγορη κίνηση μάζας πετρώματος, υπολειμματικού εδάφους ή ιζήματος ενός πρανούς, της οποίας το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα κάτω και προς τα έξω
- **Landslide** (Zaruba & Mencl, 1969) γρήγορη κίνηση πετρωμάτων που οφείλεται στην ολίσθηση ενός τμήματος πρανούς, το οποίο διαχωρίζεται από το υπόλοιπο σταθερό τμήμα με μία καλά καθορισμένη επιφάνεια
- **Mass movement** (Varnes, 1978) :κάθε μετακίνηση τμήματος πρανούς που οφείλεται σε ολίσθηση, κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερπυσμό
- **Landslide** (Cruden, 1991): κίνηση μιας μάζας βράχου, εδάφους ή κορημάτων προς τα κατόντη ενός πρανούς

Ταξινόμηση κατολισθήσεων

- ΤΥΠΟΣ της μετακίνησης, όπου διαχωρίζονται σε **πτώσεις, ανατροπές, ολισθήσεις, πλευρικές εκτάσεις και ροές**
- ΕΙΔΟΣ του μετακινούμενου υλικού:
 - χονδρόκοκοι εδαφικοί σχηματισμούς (κορήματα: υλικά με μέγεθος μεγαλύτερο των 2 mm σε ποσοστό τουλάχιστον 60% της μάζας τους)
 - λεπτόκοκοι εδαφικούς σχηματισμούς (γαίες: υλικά με μέγεθος μικρότερο των 2mm σε ποσοστό τουλάχιστον του 80% της μάζας τους).
- ☞ βραχώδες υπόβαθρο = μάζα που πριν την εκδήλωση της κατολίσθησης ήταν ένα σκληρό συνεκτικό πέτρωμα στη φυσική του θέση
- ☞ Έδαφος = χαλαρά ή ασθενώς συνδεδεμένα συσσωματώματα ορυκτών και πετρωμάτων

Η διάκριση αναφέρεται στα υλικά της κατολίσθησης **πριν** εκδηλωθεί το φαινόμενο.

Αρα κατάπτωση βράχων σημαίνει ότι πριν την εκδήλωση της κατολίσθησης η μάζα ήταν βραχώδης ΚΑΙ ΜΕΤΑ μετατράπηκε σε κορήματα

Ταξινόμηση κατολισθήσεων

Τύπος μετακίνησης		Τύπος μετακινούμενου υλικού			
Κατάπτωση		Κατάπτωση βράχων	Κατάπτωση κορημάτων	Κατάπτωση Γαιών	
Ανατροπή		Ανατροπή βράχων	Ανατροπή κορημάτων	Ανατροπή Γαιών	
Ολίσθηση	Περιστροφική Ολίσθηση	Περιστροφική Ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Περιστροφική Ολίσθηση κορημάτων	Περιστροφική Ολίσθηση Γαιών	
	Μεταθετική Ολίσθηση	Μεταθετική Ολίσθηση βραχώδους υποβάθρου	Μεταθετική Ολίσθηση κορημάτων	Μεταθετική Ολίσθηση Γαιών	
Πλευρική Εξάπλωση		Πλευρική Εξάπλωση βραχώδους υποβάθρου	Πλευρική Εξάπλωση κορημάτων	Πλευρική Εξάπλωση Γαιών	
Ροή		Ροή - Ερπυσμός βραχώδους υποβάθρου	Ροή κορημάτων - Ερπυσμός Εδάφους	Ροή Γαιών - Ερπυσμός Εδάφους	
Σύνθετη		Σύνθετη	Σύνθετη	Σύνθετη	

Ταξινόμηση κατολισθήσεων (Varnes)

ΜΟΡΦΗ ΚΙΝΗΣΗΣ		ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	
		ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	ΕΛΑΦΗ
I. ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΙΣ		ΚΑΤΑΠΤΩΣΗ ΒΡΑΧΩΝ εξαιρετικά γρήγορη	ΚΑΤΑΠΤΩΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ πολύ γρήγορη
	II. ΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	ΕΠΙΠΕΔΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ BLOCK μύον ταχύτητα ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΒΡΑΧΩΝ αδύνατοι από διακλίσεις ελέγχονται από σπράσια πολύ αργά έως εξαιρετικά γρήγορα	ΕΠΙΠΕΔΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ BLOCK αργά ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ αμμος, άργιλος, άργιλος, άργιλος (ΡΟΗ ΕΛΑΦΟΥΣ) ΑΣΤΟΧΙΑ ΜΕ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ πολύ γρήγορη ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ πολύ αργά έως γρήγορα
B. Μετακινούμενα υλικά πολύ παραμορφωμένα			
	III. ΡΟΕΣ	ΩΣ ΕΙΗ ΤΟ ΠΛΕΙΣΤΟΝ ΜΕΓΑΛΑ ΘΡΑΥΣΜΑΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ ΟΧΙ ΠΛΑΣΤΙΚΗ Η ΕΥΛΙΕΘΗΤΗ ΑΡΓΥΑΟΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΗ ΑΜΜΟΣ Η ΙΛΥΣ ΡΟΗ ΑΜΜΟΥ λεπρό αμμος, ιλύς, άμμος γρήγορα έως πολύ γρήγορα ΡΟΗ LOESS (προκαταβλημένη από σκισμοί) εξαιρετικά γρήγορα ΡΟΗ ΑΜΜΟΥ Η ΙΛΥΟΣ γρήγορα έως πολύ γρήγορα ΓΡΗΓΟΡΗ ΡΟΗ ΕΛΑΦΟΥΣ καθαρό άμμος ΛΑΣΙΟΡΟΗ	ΜΕΙΓΜΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ, ΕΛΑΦΟΥΣ, ΑΡΓΥΑΩΝ Κ.ΛΠ. "ΧΙΟΝΟΣΤΙΒΑΛΑ" ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ ασοσβερωμένο πέτρωμα, έδαφος, κ.λπ. πέτρωμα πολύ έως εξαιρετικά γρήγορα ΡΟΗ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ πολύ γρήγορα ΑΡΓΗ ΡΟΗ ΕΛΑΦΟΥΣ αργά έως γρήγορα ΡΟΗ ΙΛΥΟΣ

III. ΡΟΕΣ

Διαβάθμιση περιεχόμενου νερού

Υγρό

Διαβάθμιση περιεχόμενου νερού	ταχύτητα
εξαιρετικά γρήγορα	10' /sec
πολύ γρήγορα	1' /min
γρήγορα	5' /day
μύον	5' /month
αργά	5' /year
πολύ αργά	1' /5year
εξαιρετικά αργά	

Καταπτώσεις (falls)

απότομες μετακινήσεις μαζών γεωλογικών υλικών οι οποίες αποσπώνται από μια απότομη πλαγιά κατά μήκος μιας επιφάνειας με πολύ μικρή διατμητική αντοχή. Η αποσύνδεση συμβαίνει κατά μήκος ρηγματων ενώ η μετακίνηση του υλικού γίνεται με αναπήδηση ή κύλιση. Είναι μια πολύ γρήγορη μετακίνηση και είναι πιθανόν να αποτελεί αποτέλεσμα προηγούμενων μικρότερων μετακινήσεων.

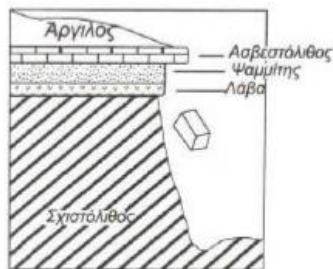
Κύριες αιτίες: η επίδραση της βαρύτητας, η διάβρωση, η παρουσία ρευμάτων, οι ανασκαφές.

Φάσεις διαδικασίας κατάπτωσης (**προοδευτικά** – **ακαριαία**):

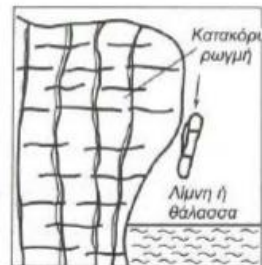
- ☞ η διαστολή των ρωγμών, ανεξάρτητα από τα αίτια
- ☞ Η χαλάρωση του πετρώματος.
- ☞ Η αιώρηση του όγκου που αποχωρίζεται.
- ☞ Η πτώση



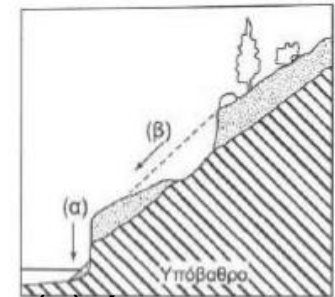
τυπική
κατάπτωση
βράχων



κατάπτωση
λόγω
αποσάθρωσης



λόγω ρωγμών
& διάβρωσης
από το ποτάμι

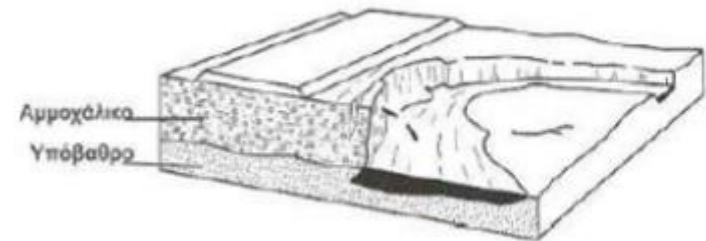
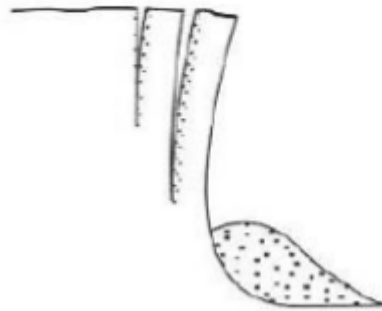
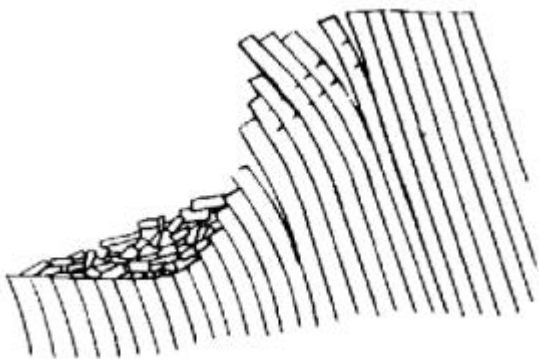


(α) άμεση
κατάπτωση γαιών-
εδάφους ή (β) μετά
από ολίσθηση

λόγω ρωγμών και διάβρωσης από το κύμα

Ανατροπές (topples)

- Εμπρόσθιες περιστροφές μαζών εδάφους γύρω από ένα σημείο ή άξονα που βρίσκεται κάτω από το κέντρο βάρους των μετακινούμενων μαζών. Δυνατά να εξελιχθεί σε πτώση ή ολίσθηση ανάλογα με τη γεωμετρία του πρανού, της μετακινούμενης μάζας και της επιφάνειας αποκόλλησης.
- Ταχύτητα ανατροπής: από πολύ αργή έως εξαιρετικά γρήγορη
- Πλήττει κυρίως τα βραχώδη πρανή. Η ανατροπή κορημάτων / γαιών είναι σπάνια διότι οφείλεται κατά κύριο λόγο, σε υποσκαφή της βάσης του πρανού λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων (π.χ. λατομεία) η/και φυσικών διεργασιών (π.χ. διάβρωση)

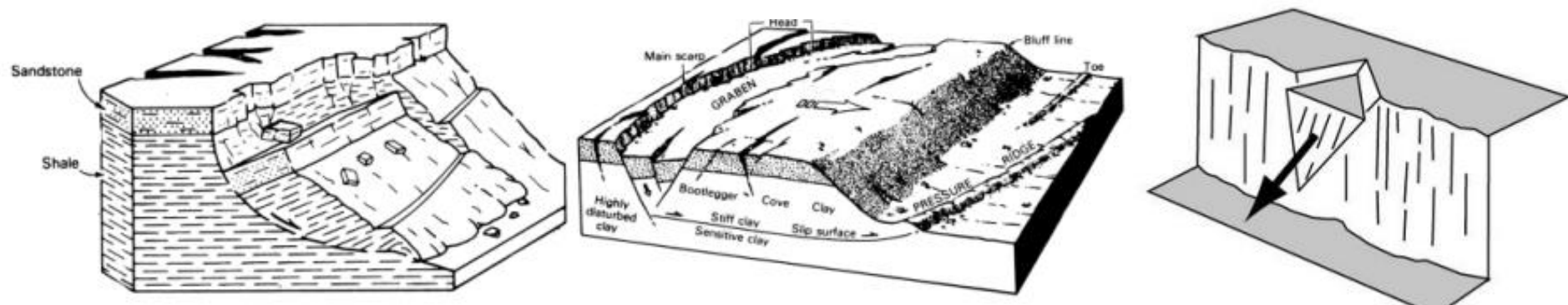


Ανατροπή λόγω κάμψης - εφελκυστικών ρωγμών - εδαφικής ανατροπής

Ολισθήσεις (slides)

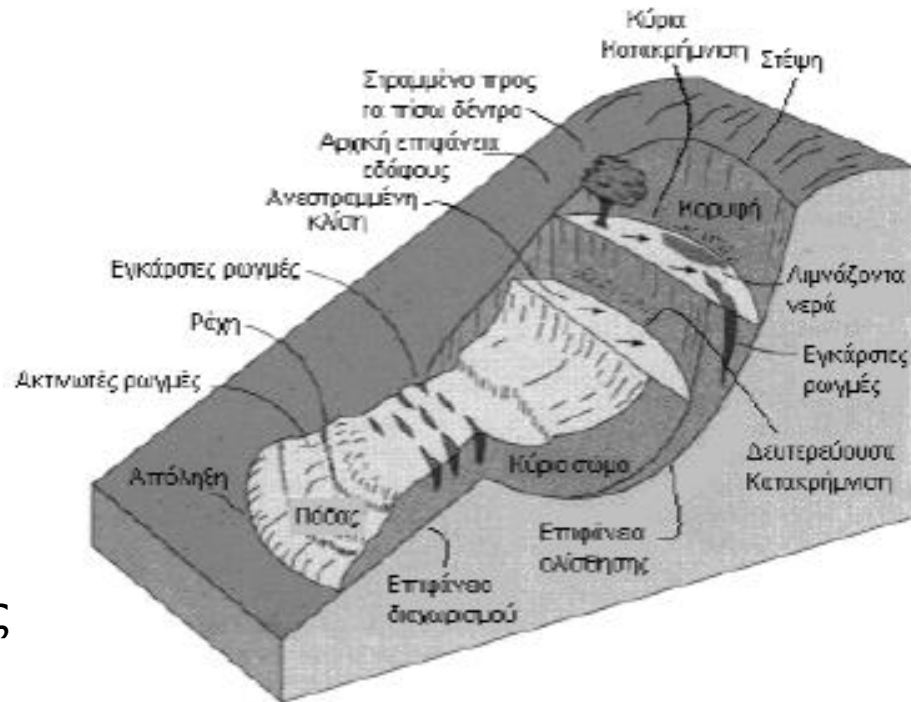
κατηφορικές μετακινήσεις μαζών εδάφους ή βράχων που εκδηλώνονται κυρίως κατά μήκος επιφανειών θραύσης ή λεπτών ζωνών έντονης διάτμησης. Ταξινομούνται (κατά Varnes) σε:

- *Περιστροφική ολίσθηση (rotational slide)*: Εκδηλώνεται κατά μήκος κοίλων προς τα πάνω επιφανειών (που δεν προϋπήρχαν) με μικρή παραμόρφωση στο εσωτερικό της μετακινούμενης μάζας (MM). Το ανώτερο τμήμα της MM κινείται προς τα κάτω ενώ στη βάση της MM παρατηρείται ανύψωση
- *Μεταθετική ολίσθηση (translational slide)*: Η μάζα της κατολίσθησης μετακινείται κατά μήκος μιας σχεδόν επίπεδης ή κυματοειδούς επιφάνειας θραύσης, με πολύ μικρή (εως καθόλου) περιστροφή.



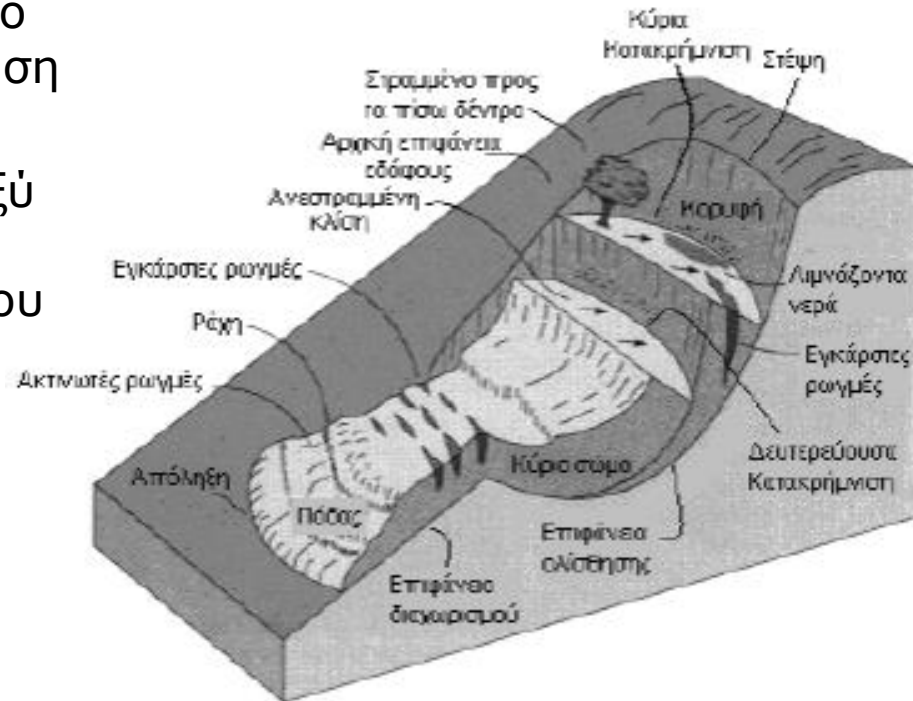
Περιστροφική ολίσθηση

- Στέψη (crown): το ανώτερο σταθερό τμήμα του φυσικού εδάφους που είναι πιο κοντά στην κύρια κατακρήμνιση.
- Κύρια κατακρήμνιση (main scarp): απότομο βύθισμα της επιφάνειας του φυσικού εδάφους στην στέψη
- Κορυφή (top): το υψηλότερο σημείο επαφής της MM που είναι πρακτικά αδιατάρακτο.
- Κεφαλή (head): τα ανώτερα τμήματα της κατολίσθησης (διαταραγμένα) κατά μήκος της κύριας κατακρήμνισης και της επαφής της MM
- Δευτερεύουσα κατακρήμνιση (minor scarp): δευτερεύουσα επιφάνεια θραύσης της MM λόγω διαφορετικών μετακινήσεων αυτής.
- Κύριο σώμα (main body): το τμήμα της MM που βρίσκεται ανω της επιφάνειας ολίσθησης, μεταξύ της κύριας κατακρήμνισης και της απόληξης της.



Περιστροφική ολίσθηση

- Απόληξη (toe): το κατω όριο της MM στο οποίο βρίσκεται στη μεγαλύτερη απόσταση από τη στέψη
- Πόδας (foot): η γραμμή διατομής μεταξύ του κατώτερου μέρους της επιφάνειας ολίσθησης και της αρχικής επιφάνειας του εδάφους.
- Επιφάνεια διαχωρισμού (surface of separation): η επιφάνεια στην οποία διαχωρίζονται τα υλικά που ολιθαίνουν από το σταθερό υπόβαθρο
- Άκρο (tip): το σημείο της απόληξης που απέχει τη μεγαλύτερη απόσταση από την κορυφή της κατολίσθησης.
- Επιφάνεια ολίσθησης (surface of rupture): η επιφάνεια στην οποία γίνεται η μετακίνηση της μάζας που κατολισθαίνει



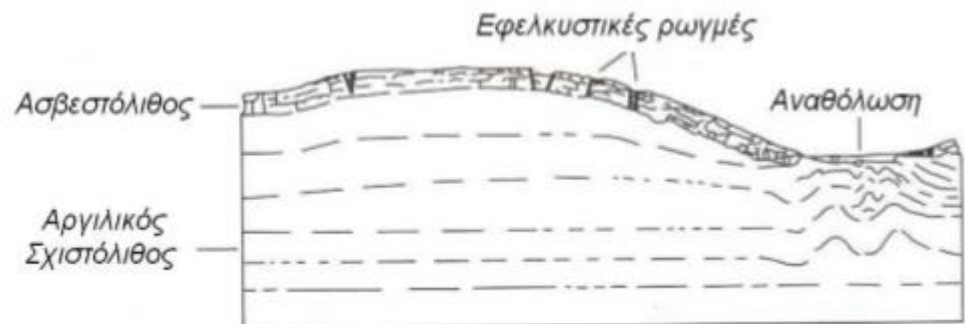
Πλευρικές εξαπλώσεις

Η κύρια συνιστώσα της κίνησης αναπτύσσεται στην πλευρική διάσταση του υλικού λόγω διατμητικών ή εφελκυστικών ρωγμών. Διακρίνεται σε:

- Επεκτάσεις βράχων: βραχώδεις γεωλογικοί σχηματισμοί, που υπέρκεινται άλλων ασθενέστερων, διαχωρίζονται με κατακόρυφες ρωγμές. Το υποκείμενο υλικό συνθλίβεται και συχνά καλύπτει τις ρωγμές που έχουν δημιουργηθεί. Σχετικά αργή εξέλιξη

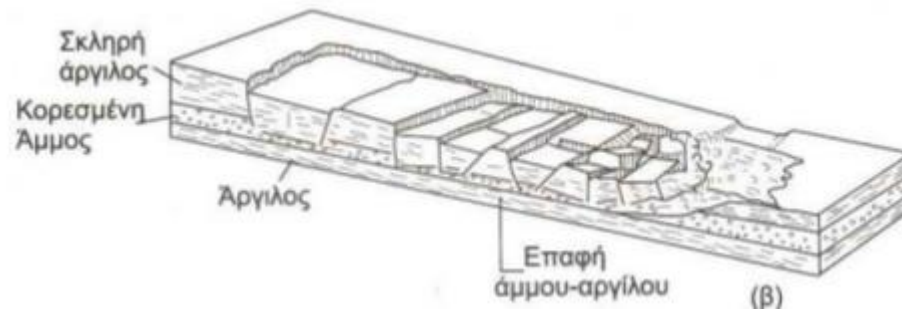


- Σύνθετη πλευρική εξάπλωση: έντονες παραμορφώσεις οριζόντιων ανθεκτικών και διερρηγμένων στρωμάτων που υπέρκεινται ρηγματωμένων αργίλων ή μαλακών σχιστολίθων. Παρατηρήθηκαν σε πολλές κοιλάδες κατά την κατασκευή φραγμάτων



Πλευρικές εξαπλώσεις

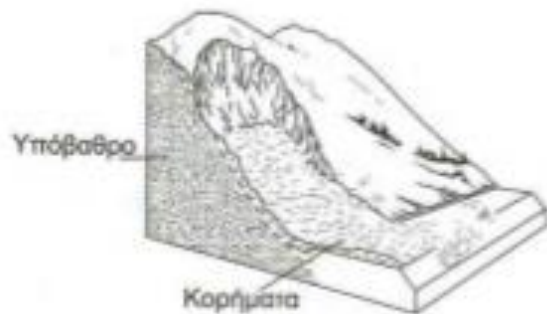
- Εξάπλωση λόγω ρευστοποίησης: η αστοχία του εδάφους προκαλείται από τη διαδικασία της ρευστοποίησης κατά την οποία τα διαποτισμένα και χαλαρά ιζήματα (αργίλος, ιλυσ) μετασχηματίζονται από μια στερεή σε μια υγροποιημένη κατάσταση. Η θραύση είναι κλιμακωτή και εμφανίζεται αρχικά σαν εκτεταμένη καθίζηση αντίστροφης επέκτασης. Η κίνηση ξεκινάει απροειδοποίητα και παρουσιάζει μεγάλη ταχύτητα



Ροές (flows)

Συνεχείς χωρικές κινήσεις όπου οι επιφάνειες διάτμησης δεν διατηρούνται λόγω έντονων παραμορφώσεων της μετακινούμενης μάζας. Διακρίνονται σε:

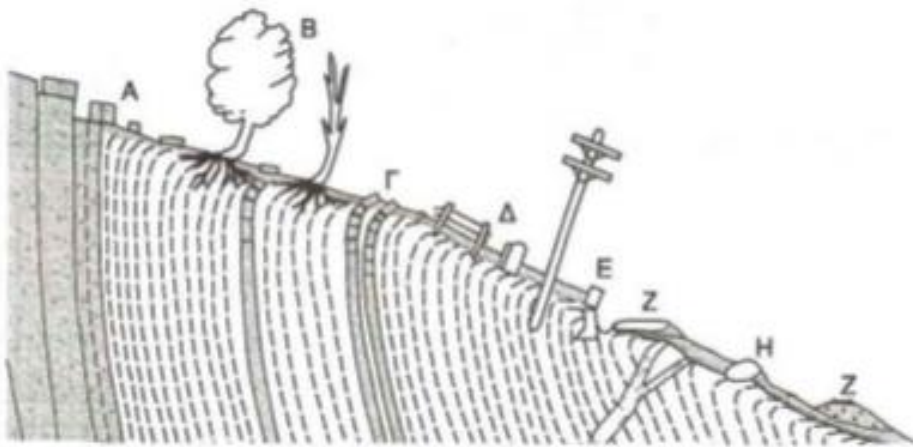
- Ροες στρωμάτων βράχων: παραμορφώσεις που κατανέμονται μεταξύ πολλών ρωγμών χωρίς να εντοπίζεται μετατόπιση κατά μήκος μίας επιφάνειας
- Ροες κορημάτων: εξαιρετικά γρήγορη μετακίνηση ενός συνόλου ασυμπίεστου χώματος, νερού, οργανικών στοιχείων & πετρών. Προκαλούνται από την επιφανειακή ροή του νερού (βροχόπτωση, λιώσιμο χιονιού). ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ από την ξαφνική πλημύρα
- Ροή γαιών: μετακίνηση μαζών βράχων ή λεπτόκοκκων αργιλικών υλικών. Επιμήκης ροή που ξεχωρίζει από την ροή κορημάτων λόγω του χαρακτηριστικού σχήματος «κλεψύδρας»



Ερπυσμός

Ειδική κατηγορία ροής που χαρακτηρίζεται από την εξαιρετικά αργή (εως ανεπαίσθητη) ταχύτητα μετακίνησης προς τα κατω. Ταξινομούνται σε:

- *εποχιακό*, όπου η μετακίνηση επηρεάζεται από τις εποχιακές αλλαγές θερμοκρασίας / υγρασίας του εδάφους
- *συνεχή*, όπου η δύναμη του υλικού είναι συνεχώς μικρότερη της επικρατούσας διατμητικής πίεσης
- *προοδευτικό*, όπου η αστοχία είναι αποτέλεσμα άλλων τρόπων μετακινήσεων



A: μετακινημένα τεμάχια που δημιουργήθηκαν από ρωγμές,

B: κορμοί δένδρων με κοίλη καμπυλότητα προς τα ανάντη,

Γ: κάμψη των στρωμάτων προς τα κατόντη,

Δ: μετατόπιση φράχτη, κολώνας τηλεφωνικών ή ηλεκτρικών καλωδίων και μνημείων

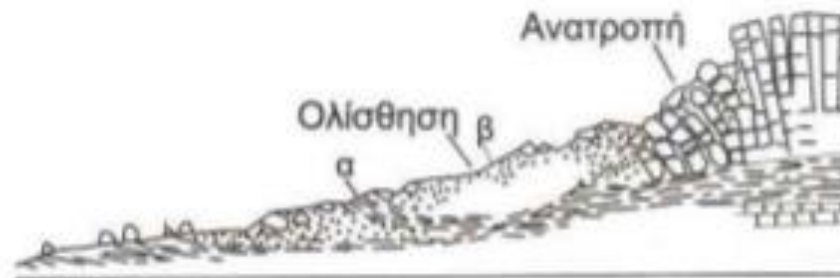
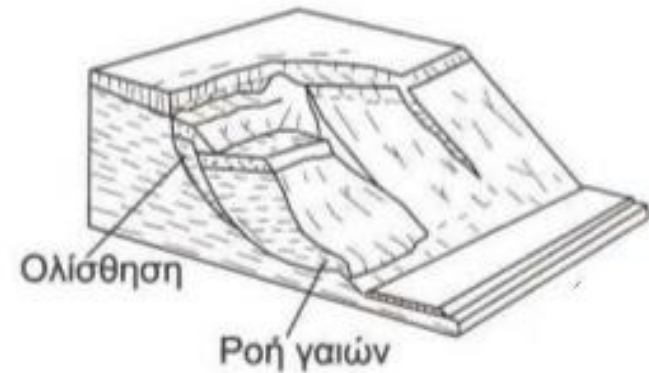
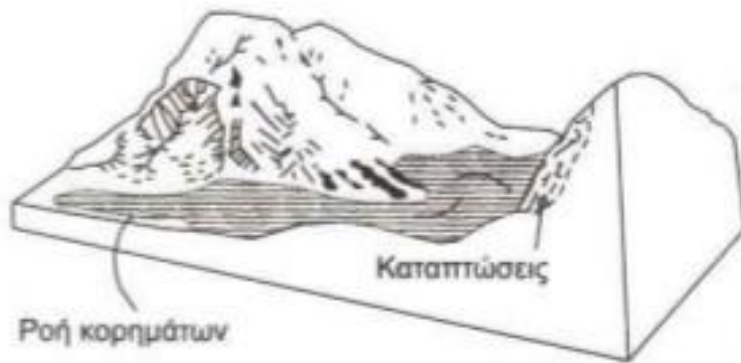
Ε: θραυσμένοι ή μετατοπισμένοι τοίχοι αντιστήριξης,

Ζ: δρόμοι και σιδηροτροχιές μετατοπισμένοι από την ευθεία,

Η: χλόη κυλισμένη κατόντη από ογκόλιθους που έρπουν.

Συνθετες μετακινήσεις γαιών

Συνδυασμός μετακινήσεων που δεν εντάσσεται σε μία από τις προηγούμενες κατηγορίες



Ταξινόμηση με βάση τη δραστηριότητα

- Ενεργή (active): Η κατολίσθηση η οποία κινείται αυτήν την περίοδο.
- Ανασταλμένη (suspended): Η μη ενεργή κατολίσθηση που όμως παρουσίασε κίνηση το τελευταίο έτος.
- Επανεργοποιημένη(reactivated): ενεργοποίηση κατολίσθησης μετά από ένα χρονικό διάστημα σταθεροποίησης (> ετους).
- Ανενεργή (inactive): Δεν παρουσιάζει κίνηση το τελευταίο έτος και διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες:
 - Σε ύπνωση (dormant): Ανενεργή που δύναται να επανεργοποιηθεί από οποιαδήποτε αιτία
 - Εγκαταλειμμένη (abandoned): Ανενεργή που δεν μπορεί να επανεργοποιηθεί από τις αρχικές αιτίες της.
 - Σταθεροποιημένη (stabilized): Ανενεργή στην οποία έχουν εφαρμοστεί μέτρα προστασία και δεν μπορεί να επανενεργοποιηθεί από τις αρχικές αιτίες της.
 - Παλαιά-απολιθωμένη (relict): Ανενεργή ως αποτέλεσμα κλιματολογικών ή γεωμορφολογικών συνθηκών παρελθόντος μη παρόντων σήμερα

Ταξινόμηση με βάση κατανομή δραστηριότητας

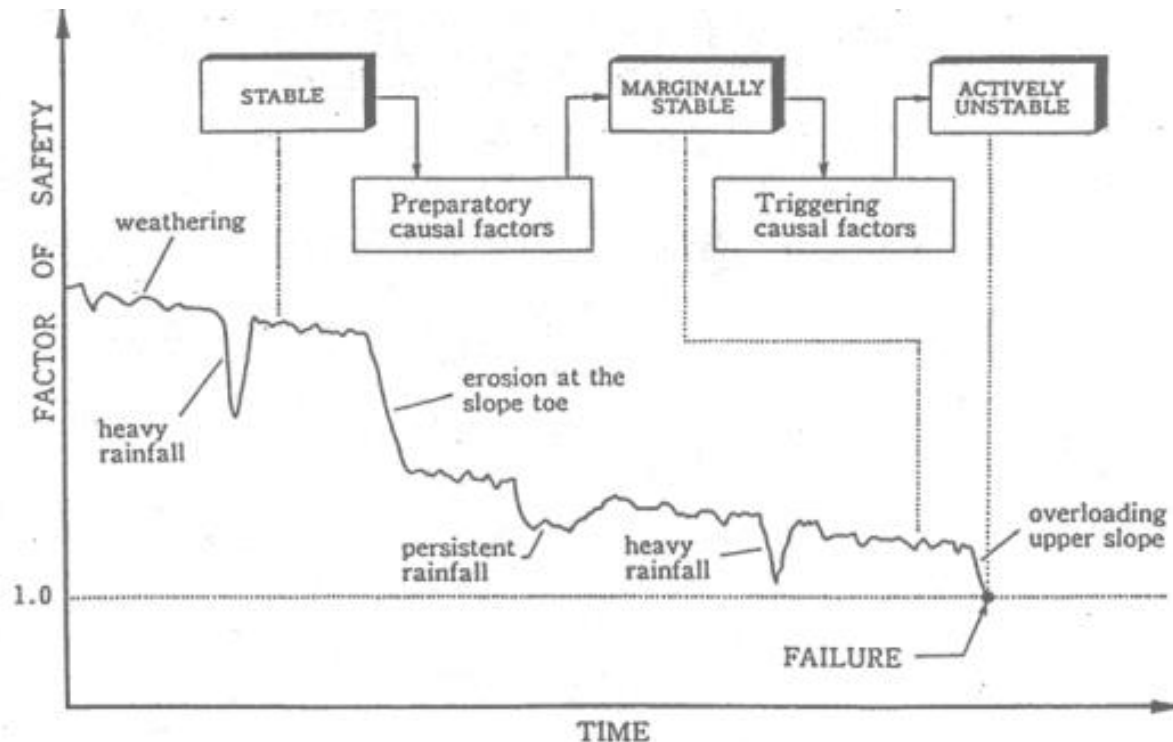
- Πρωθούμενη (advancing): Η επιφάνεια θραύσης επεκτείνεται στην κατεύθυνση της μετακίνησης.
- Οπισθοδρομούσα (retrogressive): η επιφάνεια θραύσης επεκτείνεται στην αντίθετη κατεύθυνση από της μετακίνησης του μετατοπισμένου υλικού.
- Μεγεθυνόμενη (enlarging): Η επιφάνεια θραύσης επεκτείνεται σε δύο ή περισσότερες κατευθύνσεις.
- Απομειούμενη (diminishing): ο όγκος του μετατοπισμένου υλικού ελαττώνεται
- Περιορισμένη (confined): Καμμία επιφάνεια θραύσης δεν είναι ορατή στο πόδι της μετατοπισμένης μάζας παρά μόνο μία απότομη πλαγιά.
- Κινούμενη (moving): Το μετατοπισθεν υλικό συνεχίζει την κίνηση του χωρίς αισθητή αλλαγή τόσο του όγκου του όσο και της επιφάνειας θραύσης
- Διευρυνόμενη (widening): Η επιφάνεια θραύσης επεκτείνεται προς τη μία ή και τις δύο πλευρές της κατολίσθησης.

Ταξινόμηση με βάση την ταχύτητα

Κατηγορία ταχύτητας μετακίνησης	Περιγραφή	Ταχύτητα (mm/sec)	Τυπικά ταχύτητα	Πιθανές βλάβες
7	Εξαιρετικά γρήγορη	$>5 \times 10^3$	>5 m/sec	Καταστροφές κτιρίων λόγω πρόσκρουσης της μετακινούμενης μάζας, πολλοί θάνατοι, απίθανη η ύπαρξη επιζώντων.
6	Πολύ γρήγορη	5×10^1	3 m/min	Μερικοί θάνατοι, περιορισμένος χρόνος για ασφαλή φυγή όλων των κατοίκων.
5	Γρήγορη	5×10^{-1}	1.8 m/hr	Δυνατή η ασφαλής φυγή των κατοίκων. Σπίτια, εγκαταστάσεις και δίκτυα υποδομής με μεγάλες βλάβες ή κατεστραμμένα.
4	Μέτρια	5×10^{-3}	13 m/month	Μερικές προσωρινές και ανθεκτικές εγκαταστάσεις είναι δυνατό να διατηρηθούν.
3	Αργή	5×10^{-5}	1.6 m/year	Δυνατή η λήψη μέτρων προστασίας κατά την ενεργοποίηση. Μερικές φορές καλά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις μπορεί να διατηρηθούν με κατάλληλη συντήρηση, αν δεν υπάρξει ξαφνική επιτάχυνση της μετακίνησης.
2	Πολύ αργή	5×10^{-7}	15 mm/year	Μερικές από τις μόνιμες κατασκευές παραμένουν ανέπαφες.
1	Εξαιρετικά αργή	$<5 \times 10^{-7}$	<15 mm/year	Η μετακίνηση προσδιορίζεται μόνο με μετρήσεις από ειδικά όργανα λόγω του μικρού μεγέθους της. Οι κατασκευές δεν υφίστανται βλάβες, όταν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα.

Αιτίες κατολισθήσεων

- Με την αυστηρή έννοια , ο όρος «αιτία κατολίσθησης» δεν είναι σωστός
- Ακριβέστερα θα έπρεπε να γίνεται χρήση του όρου «συνθήκες και διεργασίες που συντελούν στην αλλαγή της σταθερότητας του πρανούς»
- Ο λόγος ?



Συνθήκες & διεργασίες

Υφίστανται 3 στάδια σταθερότητας:

- Σταθερό
- Οριακά σταθερό
- Ενεργά ασταθές

Που οδηγούν σε δύο ομάδες **γενεσιουργών παραγόντων**:

- ❑ Προκαταρκτικούς παράγοντες
- ❑ Παράγοντες ενεργοποίησης

Με βάση τα ανωτέρω, καταλήγουμε σε 4 **κατηγορίες συνθηκών/διεργασιών**:

- Εδαφικές Συνθήκες (χαρακτηριστικά εδάφους)
- Φυσικές διεργασίες (φυσικό περιβάλλον)
- Γεωμορφολογικές διεργασίες (μεταβολές εδάφους)
- Ανθρώπινες διεργασίες (παρεμβάσεις, διαμορφώσεις)

Εδαφικές συνθήκες

ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Πλαστικό, χαμηλής αντοχής, υλικό

Ευαίσθητο υλικό

Υλικό επιρρεπές σε θραύση

Αποσαθρωμένο υλικό

Διατμημένο υλικό

Ρωγματωμένο ή διακλασμένο υλικό

Βραχώμαζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (στρώση, σχιστότητα, διακλάσεις)

Βραχώμαζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών (ρήγματα, επιφάνειες επαφής, ασυμφωνίες)

Διαφοροποίηση στην υδροπερατότητα και οι επιδράσεις της στη διαφοροποίηση της δυσκαμψίας

Φυσικές διεργασίες

ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Έντονη, μικρής διάρκειας βροχόπτωση

Γρήγορο λιώσιμο χιονιού

Παρατεταμένη υψηλή βροχόπτωση

Γρήγορη πτώση στάθμης νερού μετά από πλημμύρες, παλίρροιες ή διάρρηξη φυσικών φραγμάτων

Σεισμοί

Εκρήξεις ηφαιστείων

Διάρρηξη λιμνών σε κρατήρες ηφαιστείων

Λιώσιμο παγωμένου εδάφους

Αποσάθρωση λόγω παγετού

Αποσάθρωση από διόγκωση και συρρίκνωση εδαφών

Γεωμορφολογικές Διεργασίες

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Τεκτονική ανύψωση

Ανύψωση λόγω ηφαιστείων

Επίδραση παγετώνων

Ποτάμια διάβρωση της βάσης του πρηνούς

Θαλάσσια διάβρωση της βάσης του πρηνούς

Διάβρωση της βάσης του πρηνούς από παγετώνα

Διάβρωση των πλευρών του πρηνούς

Εσωτερική διάβρωση

Φόρτιση από φυσική απόθεση υλικών στη στέψη του πρηνούς

Απομάκρυνση φυτοκάλυψης (από πυρκαγιά, διάβρωση, κ.τ.λ.)

Ανθρωπογενείς Διεργασίες

ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Εκσκαφές στη βάση (δάκτυλο) του πρηνούς

Φόρτιση στο μέτωπο ή πάνω από τη στέψη του πρηνούς

Άρδευση

Κακή συντήρηση αποστραγγιστικών έργων

Διαρροή νερών από τεχνικά έργα (δίκτυα, δεξαμενές, κ.τ.λ.)

Αποψίλωση δασών

Λατομεία και μεταλλεία

Δημιουργία χωματερών

Τεχνητές δονήσεις (κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανών, κ.τ.λ.)

Μέτρα αντιμετώπισης κατολισθησεων

ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΑΓΙΩΝ

Αφαίρεση υλικού από την περιοχή οδηγώντας στην κατολίσθηση (με πιθανή αντικατάσταση από ελαφρύ συμπλήρωμα)

Προσθήκη υλικού στην περιοχή διατηρώντας την ευστάθεια (αντίβαρο ή συμπλήρωμα)

Μείωση της γενικής γωνίας κλίσεων

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ

Η επιφάνεια στραγγίζει για να εκτρέψει το νερό από τη ροή επάνω στην περιοχή ολίσθησης (συλλέγοντας τάφρους και σωλήνες)

Ρηχοί ή βαθιοί αγωγοί τάφρων γεμάτα με τα γεωυλικά ελεύθερου-στραγγίγματος (συμπληρώματα χονδροειδών κόκκων και γεωσυνθετικών)

Στήριγμα των χονδρόκοκκων υλικών (υδρολογική επίδραση)

Κάθετες (μικρής διαμέτρου) γεωτρήσεις με άντληση ή αυτό-στράγγιγμα

Κάθετα (μεγάλης διαμέτρου) φρεάτια με στράγγιγμα βαρύτητας

Οριζόντιες ή κάθετες γεωτρήσεις

Σήραγγες αποστράγγισης, στοές

Κενή απομάκρυνση νερού

Αποστράγγιση με μετάγγιση

Ηλεκτρο-οσμωτική απομάκρυνση νερού

Φύτευση βλάστησης (υδρολογική επίδραση)

Μέτρα αντιμετώπισης κατολισθήσεων

ΔΟΜΕΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τοίχοι διατήρησης βαρύτητας

Φατνωματικοί τοίχοι

Τοίχοι με συρματοκιβώτια

Παθητικοί πάσσαλοι, μεσόβαθρα και κιβώτια

Επί τόπου ενισχυμένοι τοίχοι έγχυτου σκυροδέματος

Ενισχυμένα έργα συγκράτησης εδαφών με ταινία/λωρίδα - πολυμερές/μεταλλικά στοιχεία ενίσχυσης

Στήριγμα χονδρόκοκκου υλικού (μηχανική επίδραση)

Δίχτυα παρακράτησης των μετώπων των βραχώδη πρανών

Συστήματα μείωσης ή παύσης των καταπτώσεων βράχων (τάφροι, πάγκοι, περιφράξεις και τοίχοι)

Προστατευτικά βραχώδη/τσιμεντένια τεμάχια ενάντια στη διάβρωση

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΓΙΩΝ

Μπουλόνια βράχων

Μικροπάσσαλοι

Κάρφωμα εδάφους

Αγκυρώσεις (προεντεταμένες ή μη)

Τσιμεντένευση

Κολώνες πέτρας ή ασβέστη/τσιμέντου

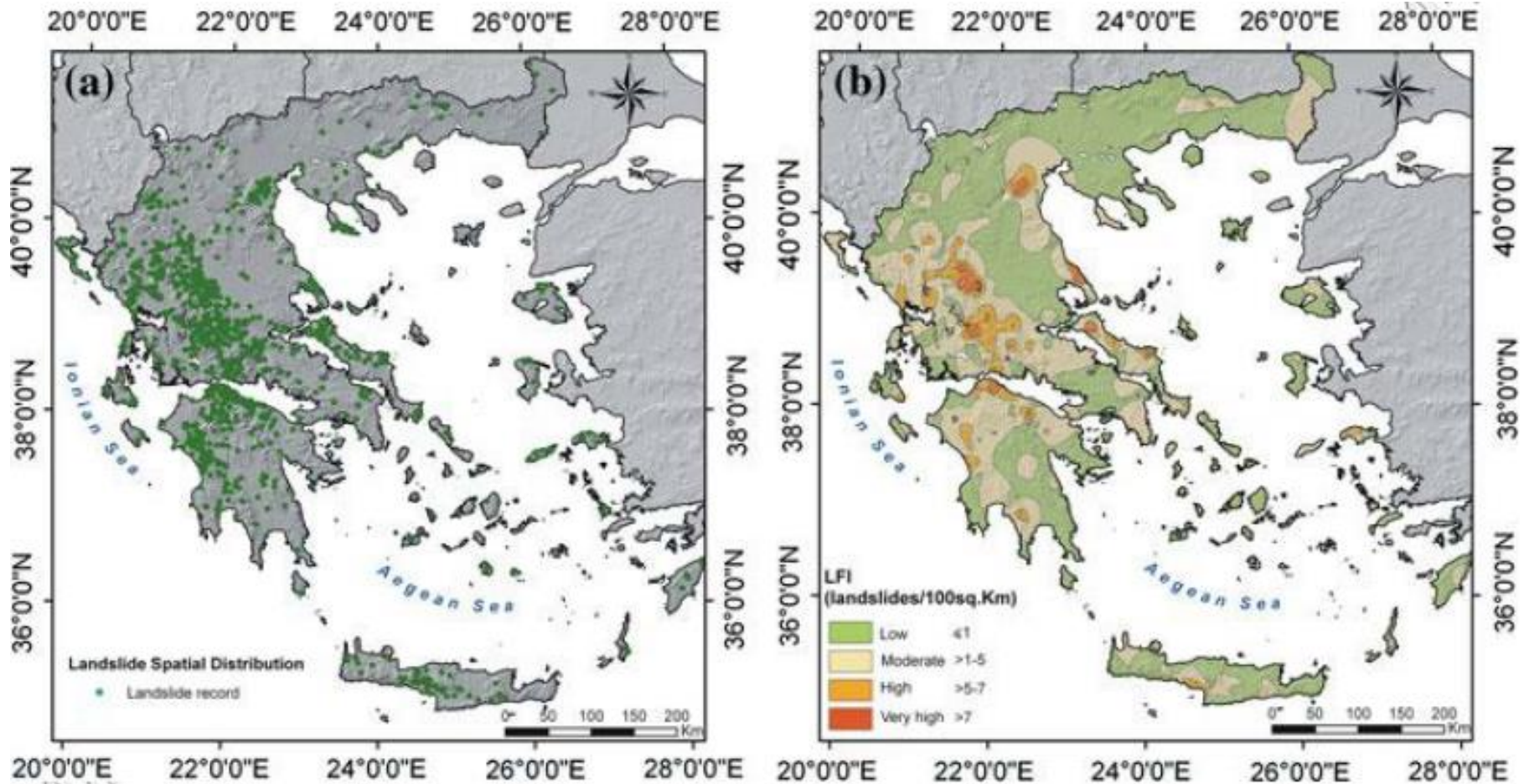
Θερμική επεξεργασία

Πάγωμα

Ηλεκτροοσμωτικές αγκυρώσεις

Φύτευση βλάστησης (δυναμική μηχανική επίδραση)

Κατολισθήσεις στον Ελλαδικό χώρο



Video time....

<https://blogs.agu.org/landslideblog/2012/01/21/the-ultimate-compilation-of-the-best-landslide-videos/>

Δείτε και τα προτεινόμενα από τα σχόλια

Ηφαιστειακή δραστηριότητα

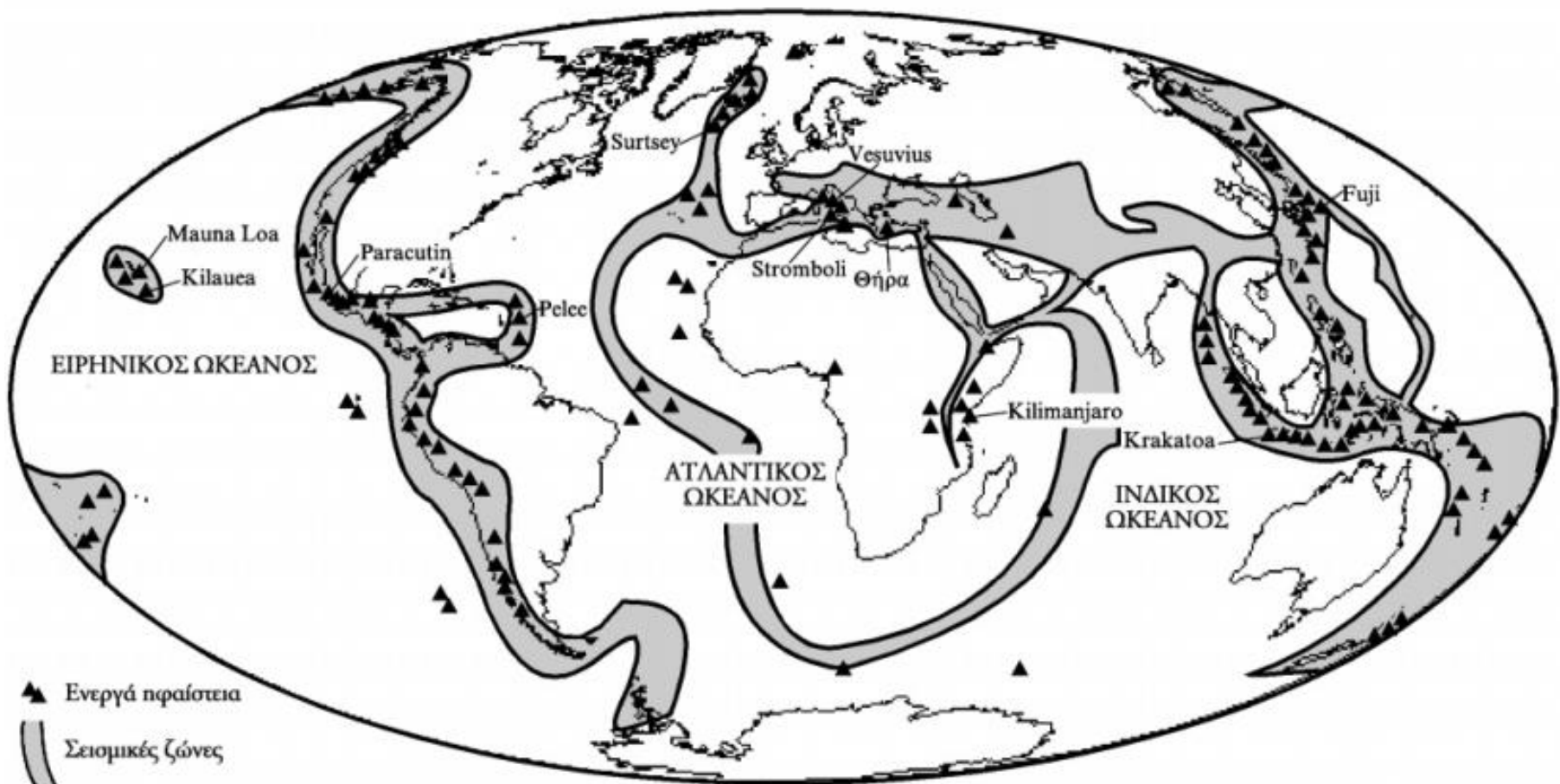


Βασικά στοιχεία

- 500 περίπου ενεργά ηφαίστεια στη Γη
- Εκδηλώνουν δραστηριότητα τα τελευταία 25000 χρόνια
- Χαρακτηριστικά μικρή περίοδος έκρηξης σε σχέση με περίοδο ηρεμίας
- ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ άμεσα με την παγκόσμια γεωμετρία των λιθοσφαιρικών πλακών
- Το 80% των ηφαιστέιων βρίσκεται στο λεγόμενο «δαχτυλίδι της φωτιάς» που περιβάλλει τον Ειρηνικό ωκεανό.
- Στη Μεσόγειο, τα ηφαίστεια του Ελλαδικού και Ιταλικού χώρου βρίσκονται στα σημεία σύγκλισης της Ευρωπαϊκής λιθοσφαιρικής πλάκας (που επωθείται) και της Αφρικάνικης (που βυθίζεται)

Χωρική κατανομή ηφαιστείων

- Ζώνες σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών (~80%, εκρηκτικά)
- Ζώνες απόκλισης λιθοσφαιρικών πλακών (ρηξι-ηφαίστεια, ηπιότερα)
- Κεντρικές περιοχές τεκτονικών πλακών (ηφαίστεια θερμών κηλίδων)

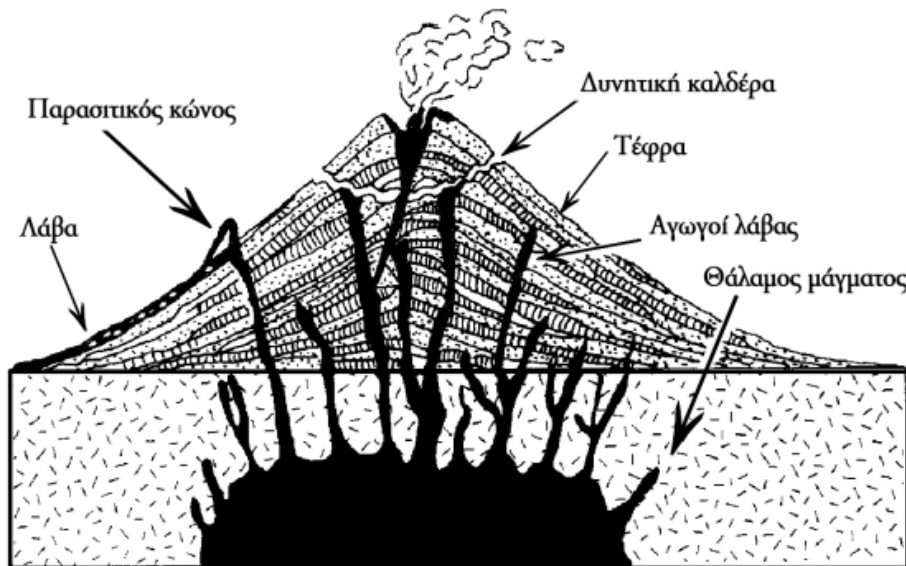


Χωρική κατανομή - Παραδείγματα



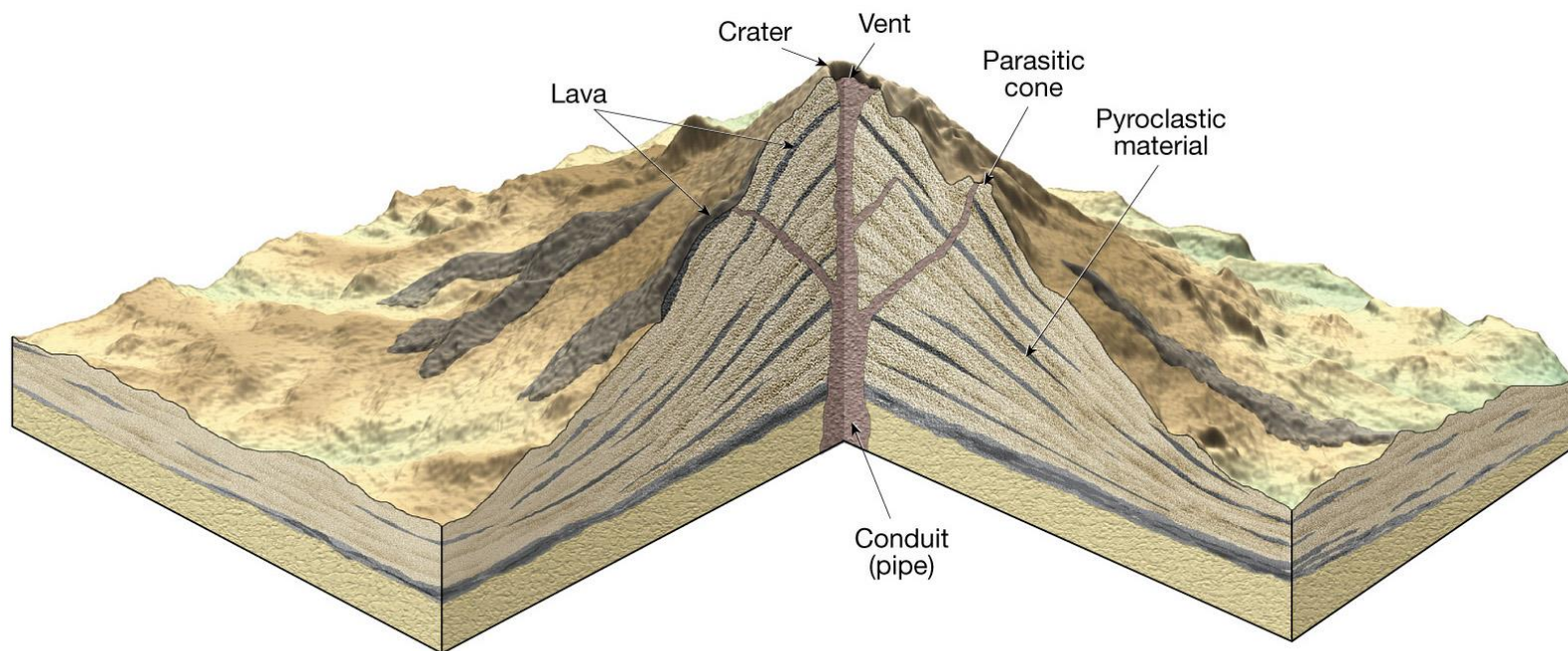
Ανατομία ενός ηφαιστείου

- Ο Πόρος απλός ή λαβυρινθώδης.
- Ο κρατήρας το πάνω άκρο του πόρου.
- παρασιτικοί κώνοι (μέσα από σχισμες ή πόρους)
 - Π.χ Η Αίτνα με 36 παρασιτικούς κώνους το 1874.
- Η διάμετρος του κρατήρα ποικίλει π.χ. Βουλκάνο Ιταλίας 550 μέτρα, Πίχινχα στην Αμερική 1600μέτρα. Γενικά <300μέτρα και σπάνια >1500μέτρα.
- Το βάθος τους < από μερικές εκατοντάδες μέτρα



Χαρακτηριστικές ιδιότητες / διεργασίες

- ☞ Ο θάλαμος του μάγματος είναι συνδεδεμένος με την επιφάνεια μέσω ενός αγωγού που τερματίζει στην επιφάνεια αερισμού.
- ☞ Κρατήρας → κυκλικό βαθούλωμα κατά στην κορυφή, συνήθως λιγότερο από 1χλμ. διάμετρο. Παράγεται κατά τη διάρκεια των εκρήξεων.
- ☞ Καλδέρα → βύθισμα στη κορυφή κατά κανόνα μεγαλύτερη από 1χλμ. διάμετρο. Παράγεται από την κατάρρευση μετά από μια τεράστια έκρηξη.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Καλδέρα

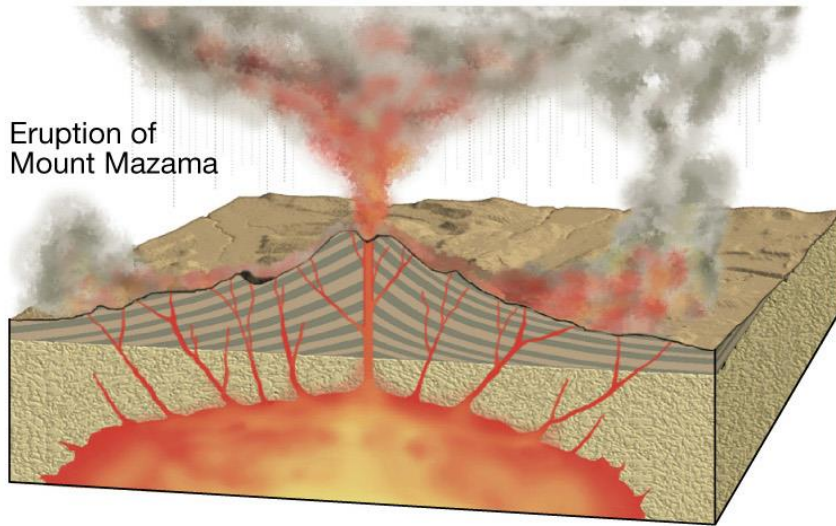
- Κοιλότητα με διάμετρο $> 1500\mu$ που δημιουργείται εκεί που ήταν ο ηφαιστειακός κώνος.

Τρόποι Δημιουργίας:

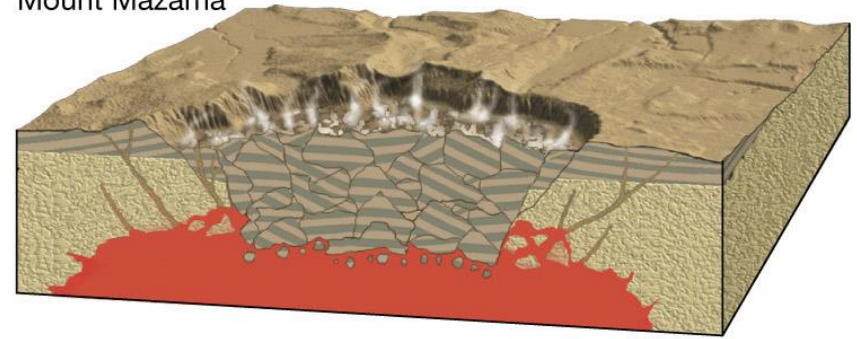
A. Έκρηξη: Σφοδρή έκρηξη $\rightarrow$ εκτίναξη του κρατήρα στον αέρα $\rightarrow$ απομένει μια κυκλική «ουλή». Η La Caldera είναι μια εκρηξιγενής καλδέρα. Μεγάλα κομμάτια βράχων στη γύρω περιοχή.

B. κατακρημνηση : Με την εκτόξευση τεραστίων ποσοτήτων υλικών σε μια έκρηξη δημιουργείται κενό κάτω από το κεντρικό τμήμα του ηφαιστείου που στη συνέχεια «κάθεται» στο κενό λόγω βαρύτητας, δημιουργώντας έτσι την καλδέρα. Ενδεικτική αυτής της δραστηριότητας είναι η απουσία μεγάλων βράχων στην γύρω περιοχή. Π.χ. Καλδέρα της Σαντορίνης

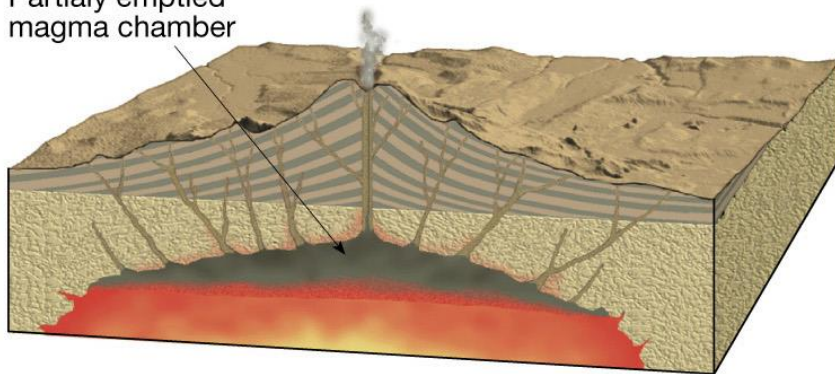
Καλδέρα



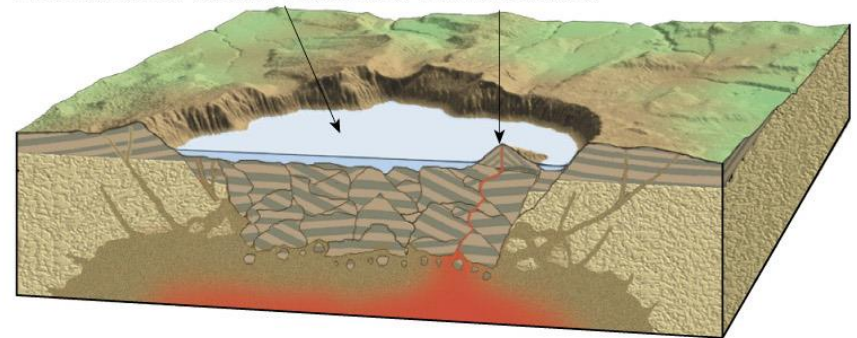
Collapse of Mount Mazama



Partially emptied magma chamber



Formation of Crater Lake and Wizard Island



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Κάθε ηφαίστειο εκρήγνυται το ίδιο?



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Κάθε ηφαίστειο εκρήγνυται το ίδιο?

ΌΧΙ!

Οι παράγοντες που καθορίζουν την σφοδρότητα της ηφαιστειακής έκρηξης εξαρτώνται από το μάγμα και είναι:

- Η Σύνθεση του
- Η Θερμοκρασία του
- Τα διαλυμένα αέρια εντός αυτού

ΓΙΑΤΙ?

Διότι οι παραπάνω παράγοντες καθορίζουν **το ιξώδες** (μέτρο δυσκολίας στη ροή) του μάγματος. **ΤΟ ΙΞΩΔΕΣ** του μάγματος **ΚΑΘΟΡΙΖΕΙ** τη φύση της έκρηξης

Παραγοντες καθορισμού ιξώδους

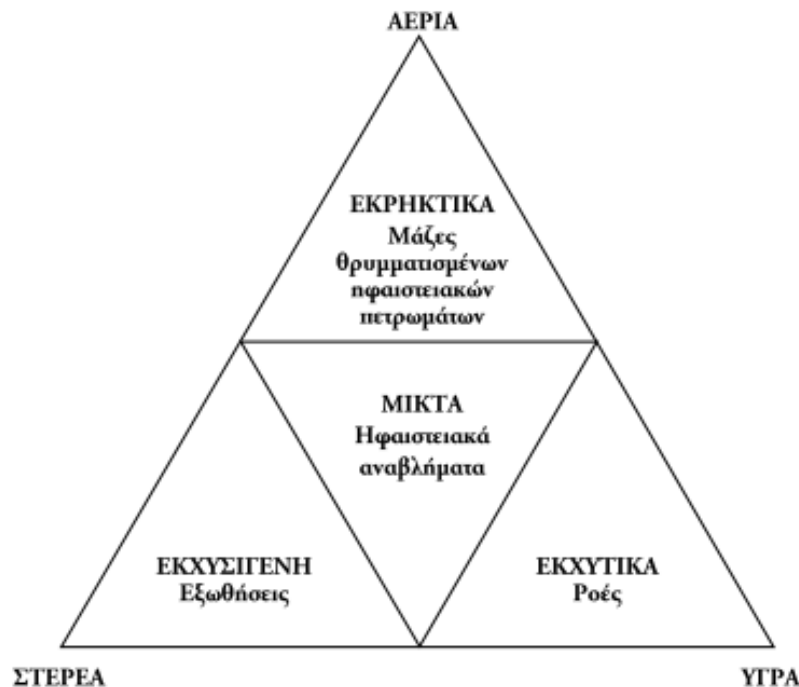
- **Θερμοκρασία** – Υψηλότερη θερμοκρασία → λιγότερο παχύρρευστο.
- **Η Περιεκτικότητα σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2)**
 - Υψηλή περιεκτικότητα → υψηλότερο ιξώδες (ρυόλιθος)
 - Χαμηλή περιεκτικότητα → χαμηλότερο ιξώδες ή περισσότερο ρευστή συμπεριφορά (βασάλτης)
- **Διαλυμένα αέρια.** Η σφοδρότητα μιας έκρηξης σχετίζεται με το πόσο εύκολα αέρια διαφεύγουν από το μάγμα.
 - Η κινητικότητα μάγματος καθορίζεται από την περιεκτικότητα σε αέρια
 - Τα διαλυμένα αέρια κινούνται ανοδικά και συσσωρεύονται κοντά στην κορυφή του θαλάμου μάγματος. Ετσι, το άνω τμήμα του θαλάμου μάγματος εμπλουτίζεται με διαλυμένα αέρια.
 - Τα αέρια διαστέλλονται (λόγω της μείωσης της πίεσης) και εκτονώνονται μέσα σε έναν όγκο μάγματος καθώς ανέρχεται προς την επιφάνεια της γης.
 - Εξερχόμενα τα αέρια με τρομακτικές ταχύτητες έχουν την κινητική ενέργεια να συμπαρασύρουν λιωμένο πέτρωμα από την ηφαιστειακή έξοδο

Η φύση των ηφαιστειακών εκρήξεων

- ✎ Βασαλτικές λάβες → ήσυχες εκρήξεις.
- ✎ Ταξιδεύουν έως και 150 χλμ από την σχισμή.
- ✎ Ρυολιθικές (ιδιαίτερα παχύρρευστες λάβες) → πιο έντονες εκρήξεις.
- ✎ Η ρυολιθική λάβα είναι πολύ πιο αργή. Ταξιδεύει το πολύ μερικά χιλιόμετρα.

Υλικά τα οποία εξέρχονται από ένα ηφαίστειο

1. Ροές λάβας
2. Πτητικά συστατικά
3. Πυροκλαστικό υλικό



Ροές Λάβας



Pahoehoe Lava Flow in Hawaii Volcanoes National Park





Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Lava Tube in Hawaii Volcanoes National Park

Αέρια (Πτητικά)

- Ποσότητες διαλυμένων αερίων υπό πίεση βρίσκονται στο μάγμα εγκλωβισμένα στο λιωμένο πέτρωμα.
- Η σύσταση του είναι κυρίως από υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα ενώ σε μικρότερες ποσότητες συναντούμε άζωτο, διοξείδιο του θείου, χλώριο, υδρογόνο.
- Έχουν σημαντική επίδραση στην σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη, παραμένουν στην ατμόσφαιρα και επηρεάζουν το κλίμα.

Ηφαιστεια και κλίμα

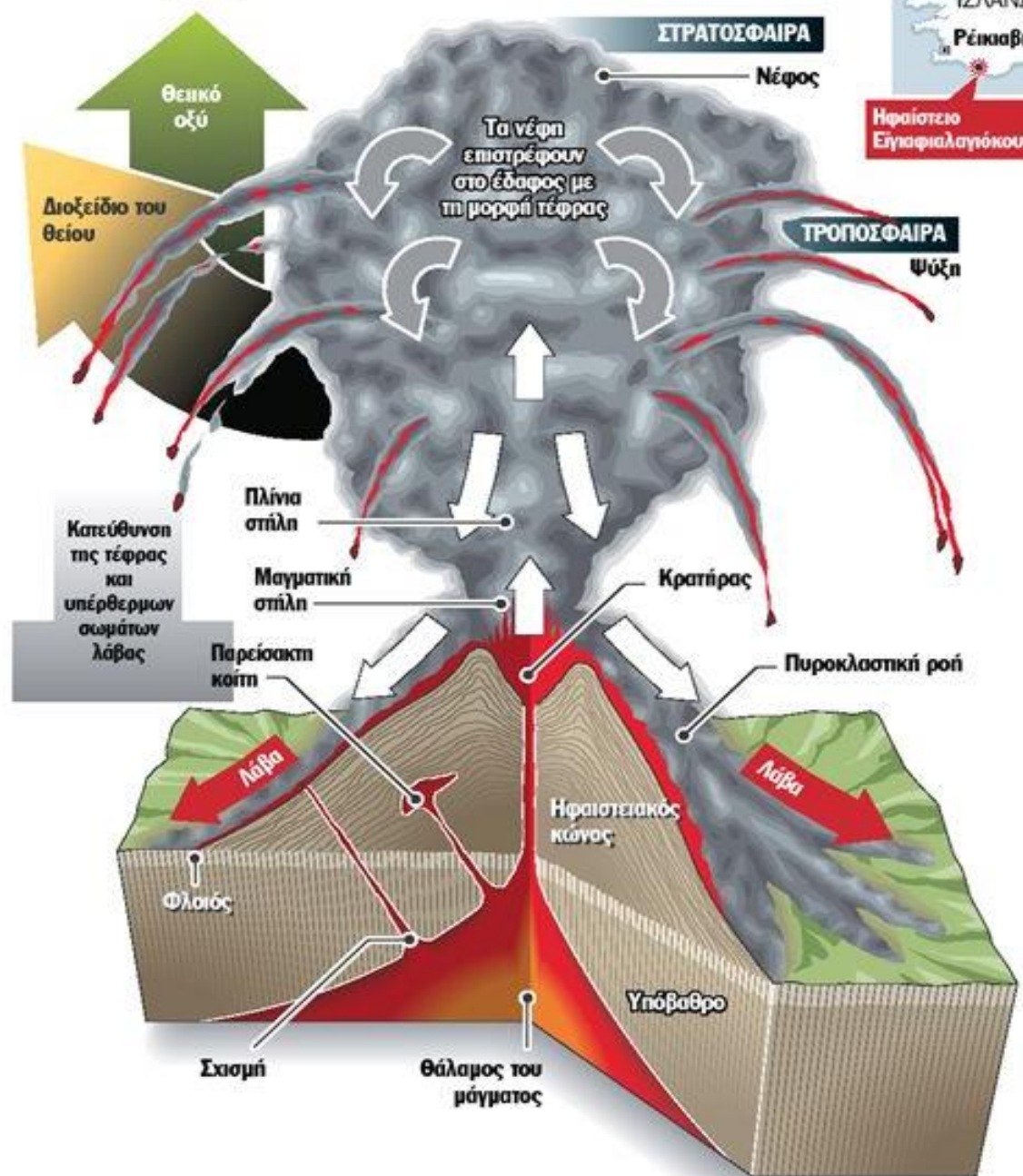
- Η επίδραση του κλίματος δε οφείλεται μόνο στα διαλυμένα αέρια που προαναφέρθηκαν. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις απελευθερώνουν επιπλέον τερατώδεις τέφρας στην ατμόσφαιρα.
- Το σύνολο αυτών των ηφαιστειακών παραγώγων λειτουργούν ως ανακλαστήρες και φίλτρα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η διαδικασία αυτή οδηγεί σίγουρα σε αλλαγή του μικροκλίματος αλλά και πιθανά, σε ψύξη σε παγκόσμια κλίμακα.

Παραδείγματα:

Krakatau, Ινδονησία - 1883

Pinatubo, Φιλιππίνες - 1991

Η έκρηξη στην Ισλανδία



Πυροκλαστικά Υλικά

Τέφρα και σκόνη - Λεπτόκοκκα, υαλώδη θραύσματα

Ελαφρόπετρα Κίσσηρης - πορώδη πετρώματα από "αφρώδη" λάβα (ρυολιθική)

Σκωρία - «Φυσαλιδώδης» βράχος συνήθως βασαλτικής σύνθεσης.

Τύπος μάγματος	% SiO ₂	Παράδειγμα πετρώματος
Οξινο	>68	Ρυόλιθος, Οψιδιανός
Οξινο	63-68	Δακίτης
Οξινο/Μέσο	57-68	Τραχείτης
Μέσο	57-63	Ανδεσίτης
Μέσο	52-57	Θολεϊτικός βασάλτης
Βασικό	45-52	Αλκαλικός βασάλτης
Υπερβασικό	<45	Λευκίτης

Πυροκλαστικά Υλικά

- **Blocks** – περισσότερα από 64 mm σε διάμετρο εκτινάζονται σε στερεά κατάσταση.
- **Bombs** – εκτινάζονται άμορφη μάζα από καυτή λάβα (μεγαλύτερη από 64 mm σε διάμετρο).



Bomb is approximately 10 cm long

Τύποι εκρήξεων

Ισλανδικός τύπος: μεγάλης κλίμακας εκχύσεις λάβας μεγάλης κινητικότητας. Απαντώνται σε ασυνέχειες μεγάλου βάθους

Τύπου Χαβάης: Ομοια με ισλανδικού τύπου αλλά με αθόρυβη απελευθέρωση αερίων

Τύπου Στρομπολι. Περισσότερο εκρηκτική δραστηριότητα λόγω της έκθεσης λιγότερο κινητικής λάβας στην ατμόσφαιρα. Το ιξώδες του μάγματος προκαλεί ακανόνιστες & εκρηκτικές ροές. Χαρακτηριστικές οι «βομβες» λάβας.

Βουλκάνιου τύπου. Απελευθέρωση λάβας μεγάλου ιξώδους η οποία τήκεται κατά το μεσοδιάστημα μεταξύ των εκρήξεων. Τα συνοδα αερια απελευθερώνονται με μεγαλύτερη ένταση και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Δημιουργία ηφαιστειακών νεφων

Ισλανδικός τύπος



Τύπος Χαβάης



Τύπος Στρόμπολι



Τύπος Vulcanian



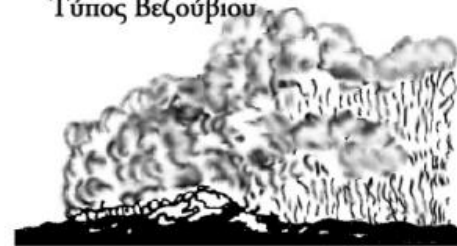
Τύποι εκρήξεων

Τύπος Βεζούβιου: Περισσότερο εκρηκτικά ηφαίστεια με μεγάλες περιόδους επανάληψης. Το μάγμα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άερια (λόγω μακρας περιόδου ηρεμίας). Τα ηφαιστειακά νέφη που δημιουργούνται μεταφέρονται σε απομακρυσμένες περιοχές

Πλίνιου Τύπου: Οι βιαιότερες εκρήξεις αερίων. Τα ηφαιστειακά νέφη δημιουργούν κατακόρυφη στήλη εκτείνονται σε υψος εως και 30χλμ στην ατμόσφαιρα

Τύπου Πελε. Δυνητικά, είναι οι καταστροφικότερες εκρήξεις. Η απελευθέρωση των εκρηκτικών υλικών εμποδίζεται από στρώμα συμπαγούς λάβας. Το μάγμα που βρίσκεται υπό συμπίεση εκτονώνεται από κάποια ασυνέχεια και απελευθερώνεται πλευρικά. Η λάβα μετακινείται με μεγάλες ταχύτητες και αποτεφρώνει οτιδήποτε βρίσκεται στο πέρασμα της.

Τύπος Βεζούβιου



Τύπος Πλίνιου



Τύπος Πελέ



Κατάσταση ηφαιστείων

Ενεργό αν έχει εκραγεί τα τελευταία 50 χρόνια

Κοιμισμένο αν έχει εκραγεί στους ιστορικούς χρόνους μέχρι πριν 50 χρόνια.

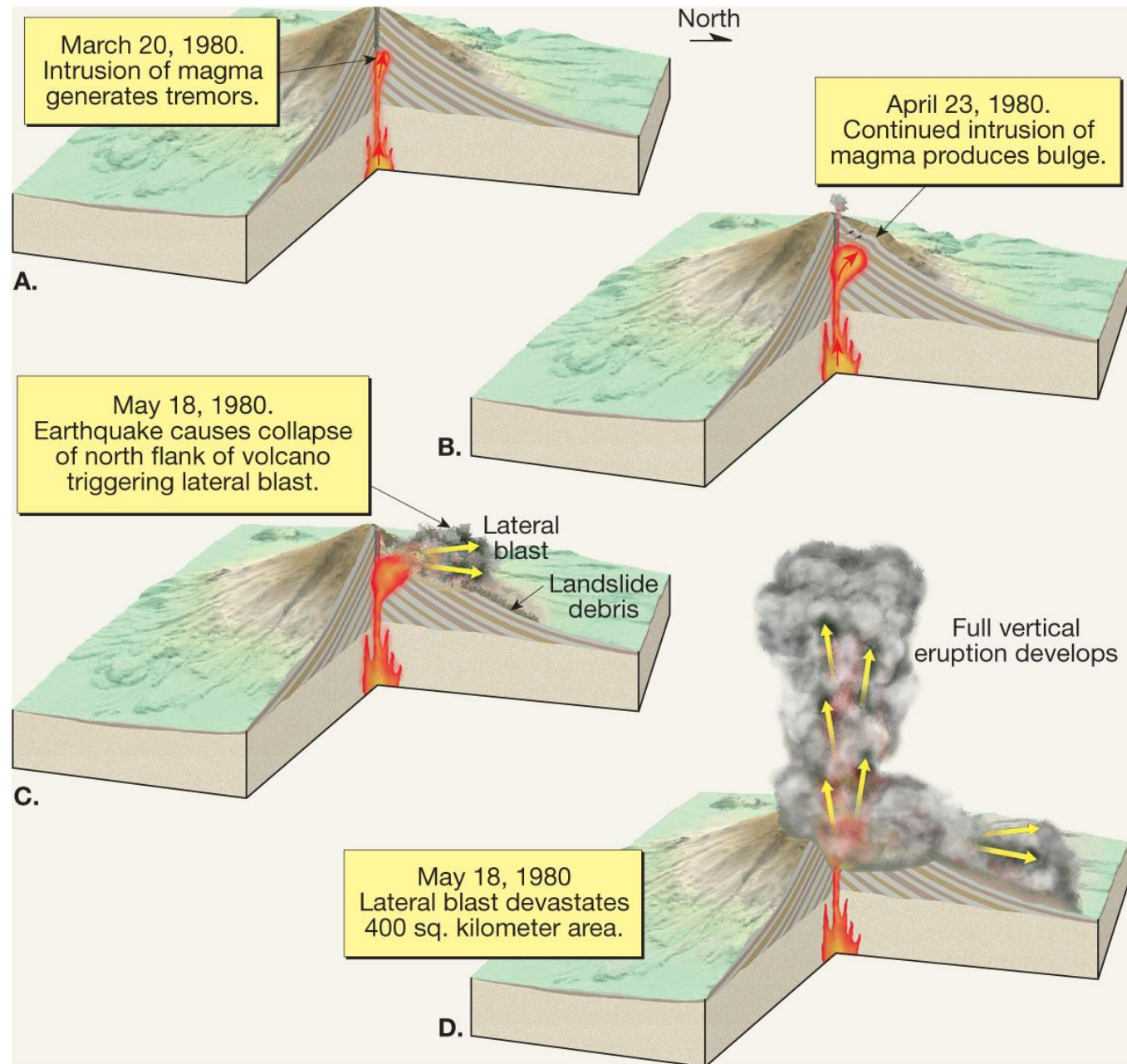
Σβησμένο αν δεν έχει εκραγεί στους ιστορικούς χρόνους.

Ο Βεζούβιος είναι χαρακτηριστική περίπτωση σβησμένου που έγινε ενεργό.

Διαδικασία δραστηριοποίησης ηφαιστείου

- A. Στάδιο ηρεμίας:** ασθενής δραστηριότητα, ασήμαντη στον συνολικό χρόνο.
- B. Στάδιο προετοιμασίας:** προειδοποιητικά φαινόμενα, κρότοι χωρίς σεισμούς, αύξηση της θερμοκρασίας, καταστροφή της βλάστησης, θέρμανση νερών πηγών, έξοδος αερίων.
- Γ. Στάδιο μέτριας ηφαιστειακής δραστηριότητας:** έναρξη με μέτριας έντασης φαινομένων. Σεισμοί λόγω μετατόπισης πετρωμάτων, εκρήξεις μικρής έντασης + εκτίναξη αναβλυσμάτων που συνοδεύουν τους σεισμούς.
- Δ. Στάδιο εκρηκτικό:** Έντονη δραστηριότητα για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα. Ένα γεγονός ή πολλά σε μικρά χρονικά διαστήματα με έξοδο λάβας, τέφρας και αερίων. Σεισμοί συνοδεύουν τις εκρήξεις.
- Ε. Στάδιο μετά-εκρηκτικό:** μείωση της δραστηριότητας. Συνεχίζεται η εκπομπή αερίων και καπνών με ήρεμο τρόπο και σταθερότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μικροσεισμοί με μειούμενη ένταση.

Έκρηξη Mt. St. Helens 1980



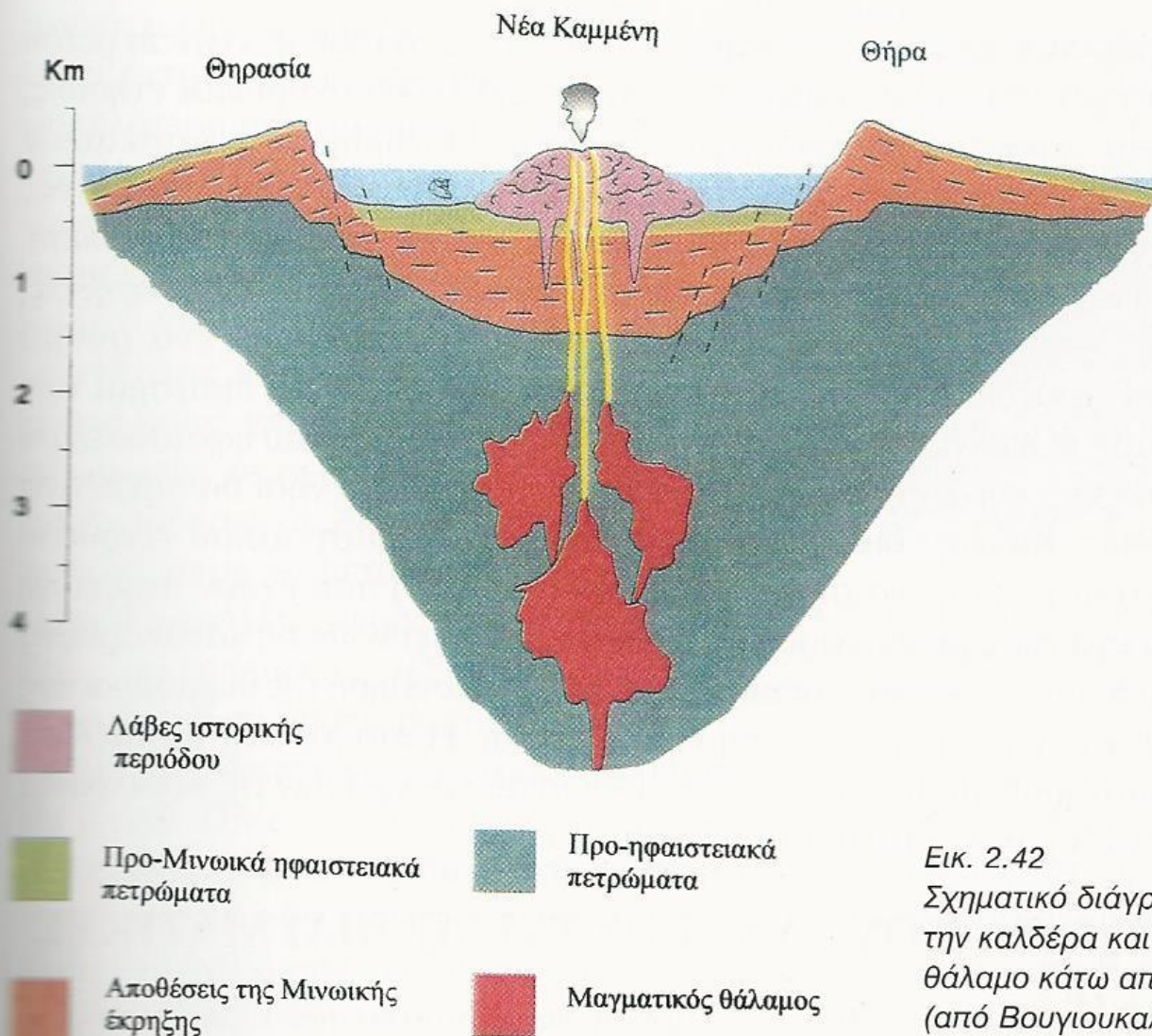
Μετά την έκρηξη του Mt. St. Helens 1980



Spirit Lake



Το ηφαίστειο της Σαντορίνης



Εικ. 2.42

Σχηματικό διάγραμμα που δείχνει την καλδέρα και τον μαγματικό θάλαμο κάτω από τη Νέα Καμένη (από Βουγιουκαλάκη 1995).

Κυριότερα Ηφαίστεια στην Ευρώπη

Ε Λ Λ Α Δ Α	
Μέθανα	250 π.Χ.
Μήλος	80-205 μ.Χ.
Νίσυρος	1888, 1873, 1871, 1830, 1422
Σαντορίνη	1950, 1939-41, 1928, 1925-6, 1866-7
Ι Τ Α Λ Ι Α	
Αίτνα	πολύ συχνές
Ischia	1301, 150, 350 π.Χ.
Phlegrean Fields	1538, 1198, 700 π.Χ., 2150 π.Χ.
Στρόμπολι	πολύ συχνές
Βεζούβιος	1944, 1942, 1941, 1929, 1913, κ.ά.
Vulcano	1886-90, 1873-9, 1812-31, 1771-86
Γ Α Λ Λ Ι Α	
Chaine des Puys	1500 π.Χ.
Γ Ε Ρ Μ Α Ν Ι Α	
Eifel district	8300 π.Χ.
Κ Α Ν Α Ρ Ι Ο Ι Ν Η Σ Ο Ι	
Hierro	1692, 1677
Lanzarote	1824, 1733
La Palma	1949, 1712, 1677, 1646, 1585
Tenerife	1909, 1708, 1706, 1704, 1605

Α Ζ Ο Ρ Ε Σ	
Faial	1957, 1672
Pico	1963, 1720, 1718, 1562
Sao Jorge	1964, 1808, 1580
Sao Miguel	1811, 1682, 1652, 1638, 1630
Terceira	1761, 1400, 1200
Ι Σ Λ Α Ν Δ Ι Α	
Reykjanes	συχνές εκρήξεις μεταξύ 900-1200 μ.Χ.
Trolladyngja	συχνές εκρήξεις μεταξύ 900-1200 μ.Χ.
Brennisteinsfjoll	συχνές εκρήξεις μεταξύ 900-1200 μ.Χ.
Langjokull	1000 μ.Χ.
Snaefellsness	900 μ.Χ.
Vestmannaeyjar	1963-73
Katla	1918
Eyjafjallajokull	1823, 1612
Torfajokull	1477, 900 μ.Χ.
Hekla	1980-1, 1970, 1947-8, 1913
Grimsvotn	1982, 1934, 1922, 1910, 1902-3
Oraefajokull	1727, 1372
Askja	1874-5
Krafla	1974-84, 1724-9

Ηφαιστειακές καταστροφές

Τύπος καταστροφής	Παράδειγμα	Θάνατοι
Πυροκλαστική δραστηριότητα	Soufriere (St. Vincent), 1812 Αίτνα	56 9
Πτώσεις τέφρας	Βεζούβιος, 79 μ.Χ. Santa Maria (Γουατεμάλα), 1902 Βεζούβιος, 1906 Rabaul (Παπούα, Νέα Γουινέα), 1937 Agung (Ινδονησία), 1963	≤16.000 ≈ 2.000 250 375 163
Κατολισθήσεις κορημάτων	Unzen (Ιαπωνία), 1792	≈ 10.000
Πλάγιες εκρήξεις	Αγία Ελένη (Η.Π.Α.), 1980	51
Ροές λάβας	Βεζούβιος, 1630 Nyiragongo (Ζαίρ), 1977	700 72
Ροές ιλύος	Kelut (Ινδονησία), 1919 Oraefajokull (Ισλανδία), 1727 Πελέ (Μαρτινίκα), 1902 El Chichon (Μεξικό), 1982	5.150 3 29.025 ≥ 2.000
Φρεατικές εκρήξεις	Soufriere, (Guadeloupe), 1976	κανένας
Δηλητηριώδη αέρια	Dieng Plateau (Ινδονησία), 1979 Lake Nyos (Καμερούν), 1986	142 1.887
Οξινη βροχή	Masaya (Νικαράγουα), 1979	κανένας
Ατμοσφαιρικές επιπτώσεις	Mayon, 1814	≤ 1.200
Σεισμοί και εδαφικές μετακινήσεις	Colima (Μεξικό), 1806 Campi Flegrei (Ιταλία), 1983-5	2.000 2
Διάβρωση και ιζηματογένεση μετά την έκρηξη	Irazu (Κόστα Ρίκα), 1963-4	κανένας
Λοιμοί και ασθένειες μετά την έκρηξη	Lakigigar (Ισλανδία), 1783	9.340
Τσουνάμι	Unzen (Ιαπωνία), 1792 Κρακατόα (Ινδονησία), 1883	15.190 32.800

Volcano video time ...

<https://www.youtube.com/watch?v=VBTAcACmcgo>

Βιβλιογραφία

- Camerlenghi, A., Urgeles, R., Fantoni, L. A database on submarine landslides of the mediterranean sea (2010) Submarine Mass Movements and Their Consequences - 4th International Symposium, pp. 503-513.
- Koukis G, Tsiambaos G, Sabatakakis N (1996) Landslides in Greece: research evolution and quantitative analysis. In: Senneset K (ed) Proceedings of 7th International Symposium on Landslides, Balkema, Rotterdam, pp 1935-1940
- Sabatakakis N, Koukis G, Vassiliades E, Lainas S (2012) Landslide susceptibility zonation in Greece. Natural Hazards 65(1):523-543. DOI: 10.1007/s11069-012-0381-4
- Lyell, Charles. 1833. Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation. London: John Murray. Volume 3
- Terzaghi, K. Mechanism of Landslides. Geological Society of America, Harvard University, Department of Engineering, 1950
- Quido ZÁRuba and Vojtech Mencl. Landslides and Their Control. Science, Elsevier, New York, and Academia, Prague, 1969
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and control (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation & Road research board, National Academy of Science, Washington D.C. 11-33.
- Cruden, D.M. A suggested method for a landslide summary [Proposition d'une méthode pour ficher les glissements de terrains] (1991) Bulletin of the International Association of Engineering Geology - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, 43 (1), pp. 101-110. DOI: 10.1007/BF02590177
- Hungr, O., Leroueil, S., Picarelli, L. The Varnes classification of landslide types, an update (2014) Landslides, 11 (2), pp. 167-194. DOI: 10.1007/s10346-013-0436-y
- WP /WLI, (1993), «A suggested method for describing the activity of a landslide», Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 47, p. 53-57
- Popescu, M. E., (2002), «Landslide causal factors and landslide remedial options», Proc. 3rd International Conference on Landslides, slope stability and safety of Infrastructures, Singapore, pp. 61-81
- Varnes, D. J., (1984), «Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice», Natural Hazards 3, UNESCO, Paris, France, pp. 1-63
- Καβουρα, Α. (2014), Σημειώσεις μαθήματος «Κατολισθητικά Γεωλογικά φαινόμενα στο Θαλάσσιο & Χερσαίο Περιβάλλον», Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Κούκης Γ, Σαμπατακάκης Ν (2007) Γεωλογία Τεχνικών Έργων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου σ.σ. 575
- Ζεληλίδης, Α (2018) , Σημειώσεις μαθήματος «Πλανητής Γη», Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Λεκκας, Ε. Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές, Λεκκας, Ε, Αθήνα, (2000)