



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**Τμήμα Γεωλογίας**  
Τομέας Γενικής, Θαλάσσιας Γεωλογίας &  
Γεωδυναμικής (Γ.Θ.Γ.Γ.)

# Πλανήτης Γη (Geol\_002)

## Εξωγενείς Διεργασίες – Αποσάθρωση

**Εισηγητής:**  
**Δρ. Μπαθρέλλος Γιώργος**  
*Αναπληρωτής Καθηγητής*

Η **Ιστορία** της Γης είναι ιστορία **Καταστροφής** και **Δημιουργίας** (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Βιέννης)

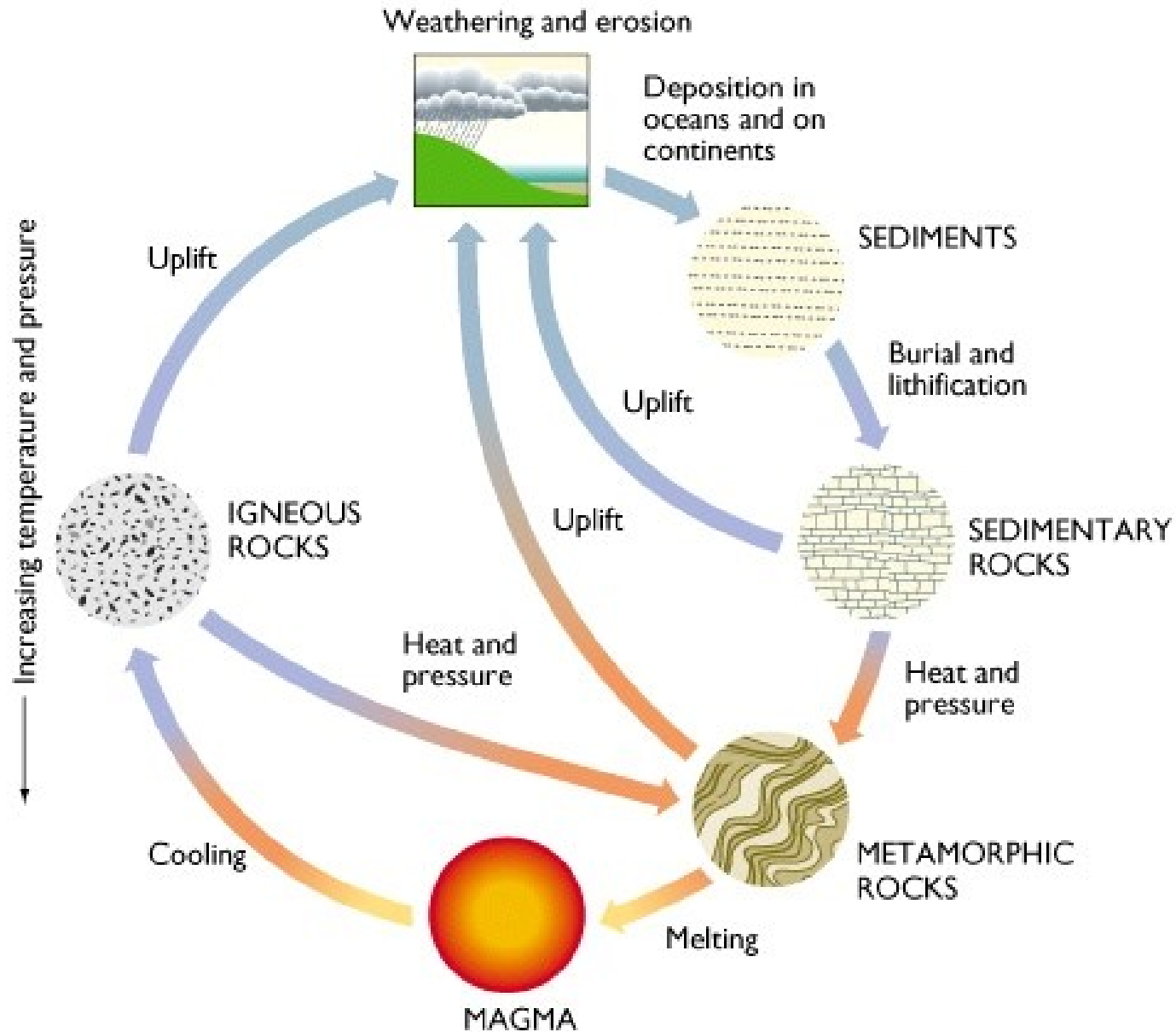
Ποιες **Διεργασίες** λαμβάνουν χώρα στη Γη;

**Ενδογενείς.**

**Εξωγενείς.**

Τι είναι;

# Πετρολογικός Κύκλος



# Αποσάθρωση

1. **Απόπλυση** (αποκομιδή, απογύμνωση) (denudation).
  - α. Αποσάθρωση (weathering).
  - β. μετακίνηση λόγω βαρύτητας (mass wasting).
  - γ. Διάβρωση με : επιφανειακά νερά, υπόγεια νερά, κύματα, ρεύματα, παλίρροιες, τσουνάμι, άνεμους, παγετώνες (erosion)
2. **Μεταφορά** (transportation).
3. **Απόθεση** (deposition) με: επιφανειακά νερά, υπόγεια νερά, κύματα, ρεύματα, παλίρροιες, τσουνάμι, άνεμους, παγετώνες.
4. **Επίδραση του οργανικού κόσμου** συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου.

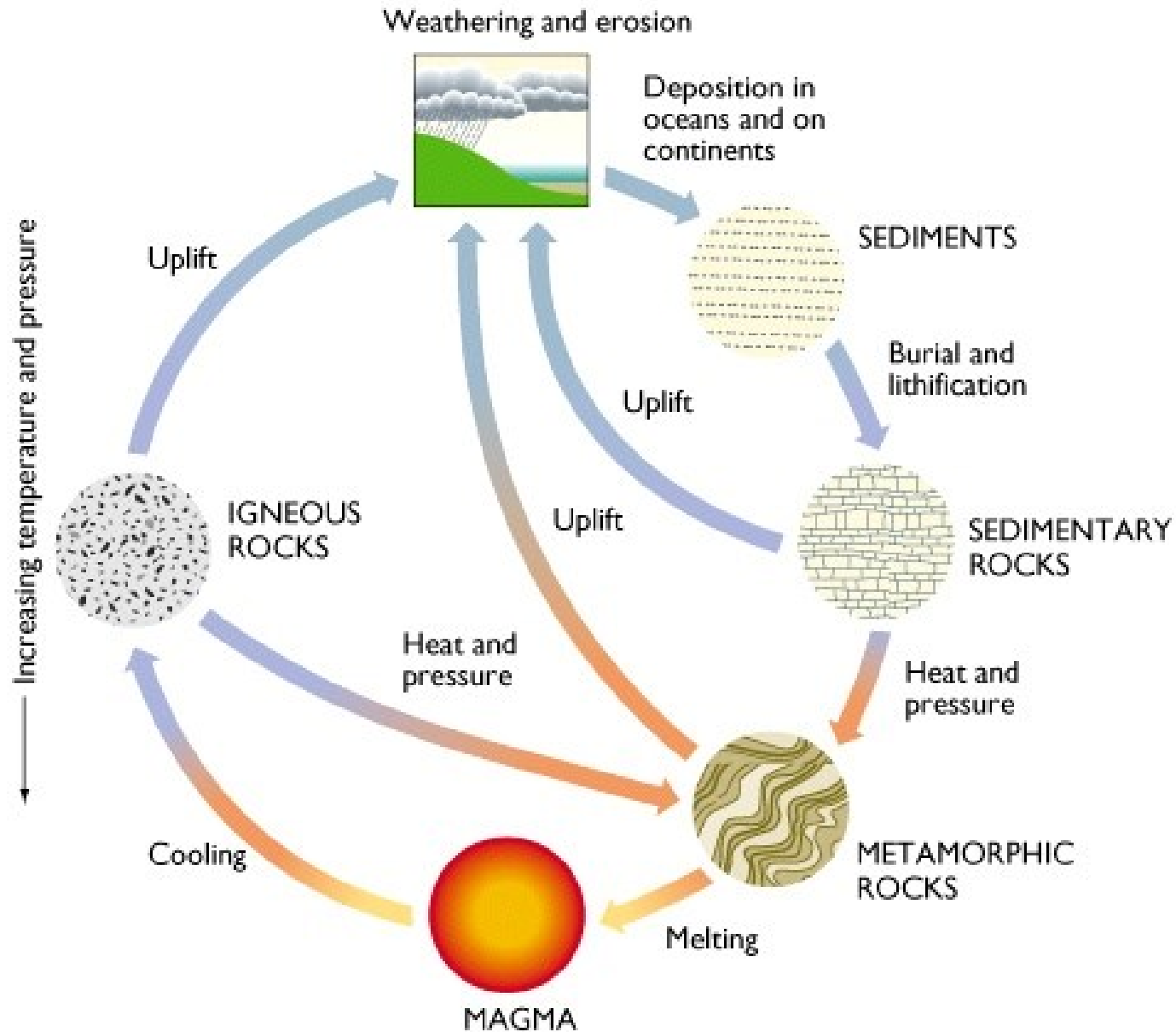
Απόπλυση τείνει να ισοπεδώσει προς τα κάτω (degradation).

Απόθεση τείνει να ισοπεδώσει προς τα πάνω (aggradation).

Οι Εξωγενετικές Διαδικασίες μορφοποιούν την επιφάνεια της γης.

Γεωμορφολογία: Μορφολογία – Ιδιαίτερες Γεωμορφές

# Πετρολογικός Κύκλος



# Αποσάθρωση

Υπόβαθρο (Bedrock)

Μανδύας Αποσάθρωσης (regolith)

Έδαφος (soil)

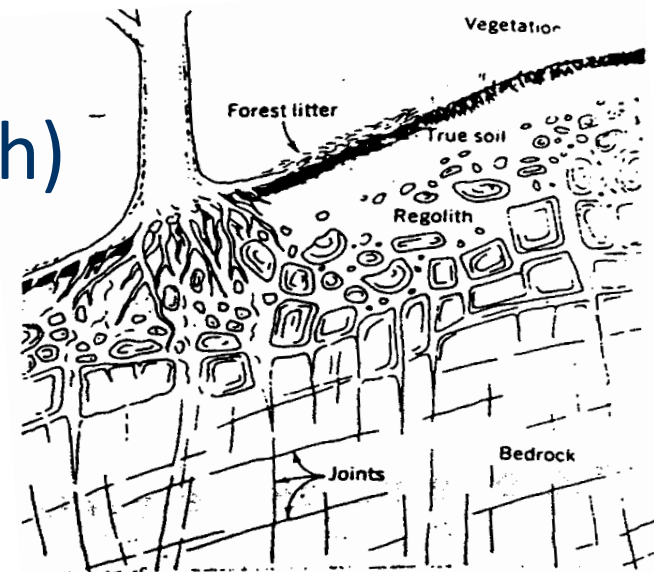
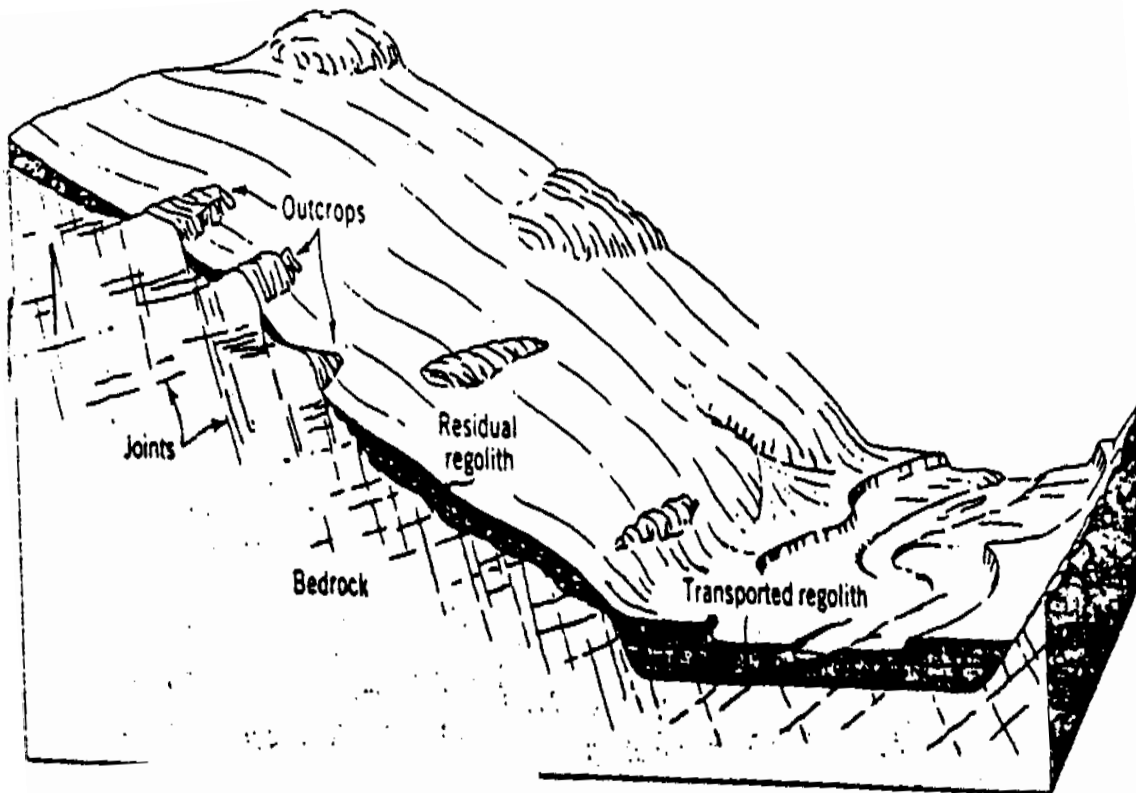


Fig. 5-4. Soil and regolith overlying bedrock. (© 1973, John Wiley & Sons, New York.)



# Κατηγορίες Αποσάθρωσης

Η αποσάθρωση διακρίνεται σε:

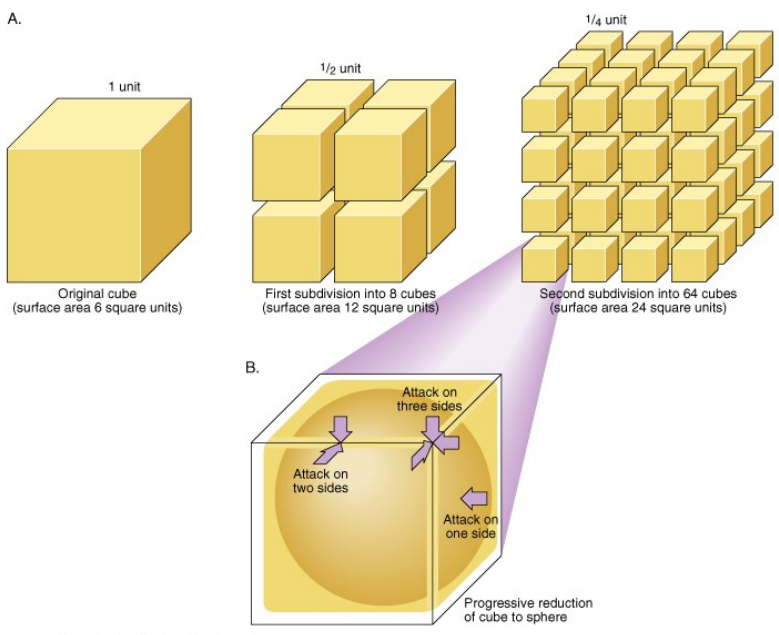
- Μηχανική ή φυσική αποσάθρωση
- Χημική αποσάθρωση
- Βιολογική αποσάθρωση

## Διαδικασίες Φυσικής Αποσάθρωσης

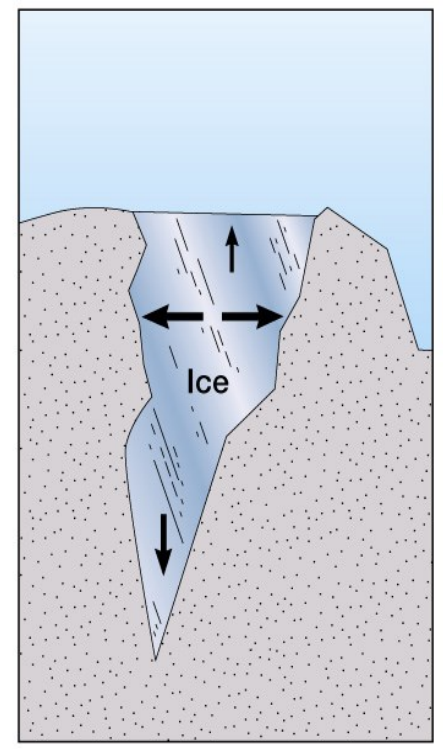
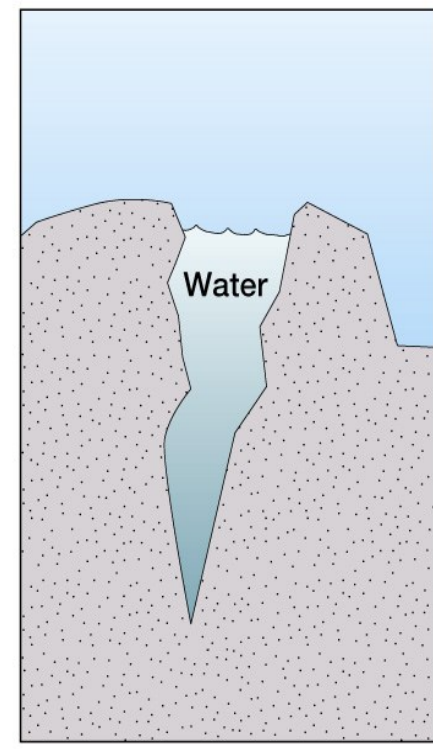
- Αποσάθρωση στη μορφή παγετικής σφήνας.
- Σχηματισμός αλάτων.
- Θερμική ηλίαση.
- Υγρή ηλίαση.
- Εκφόρτωση



Η μηχανική αποσάθρωση σπάζει σε **μικρότερα κομμάτια** το **πέτρωμα** αυξάνοντας έτσι το **εμβαδόν της επιφάνειας**, που θα προσβληθεί από την **χημική αποσάθρωση**, ενώ **συγχρόνως παράγει ίζημα**.



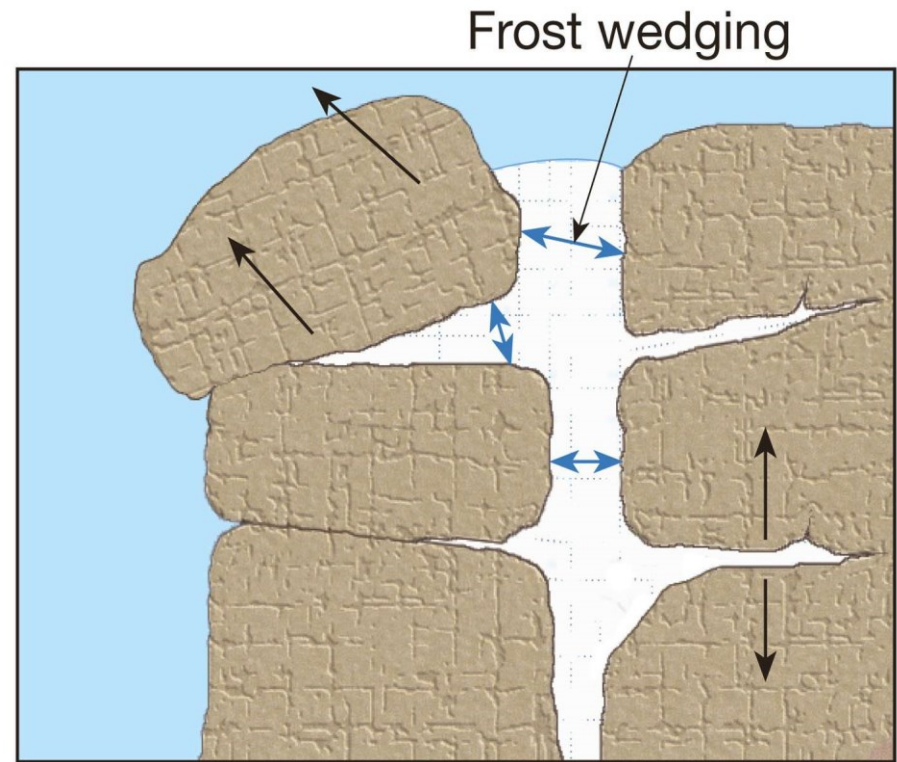
(A) Οι αποσαθρωτικές διαδικασίες προσβάλλουν κορυφές κατά μήκος τριών επιφανειών.  
(B) Γωνιώδη κομμάτια γρήγορα γίνονται αποστρογγυλεμένα



## Μηχανική Αποσάθρωση

Το νερό διαστέλλεται όταν παγώνει. Αυτό μπορεί να διαρρήξει τα πετρώματα.  
Παγετική σφήνα (**ice wedging**)

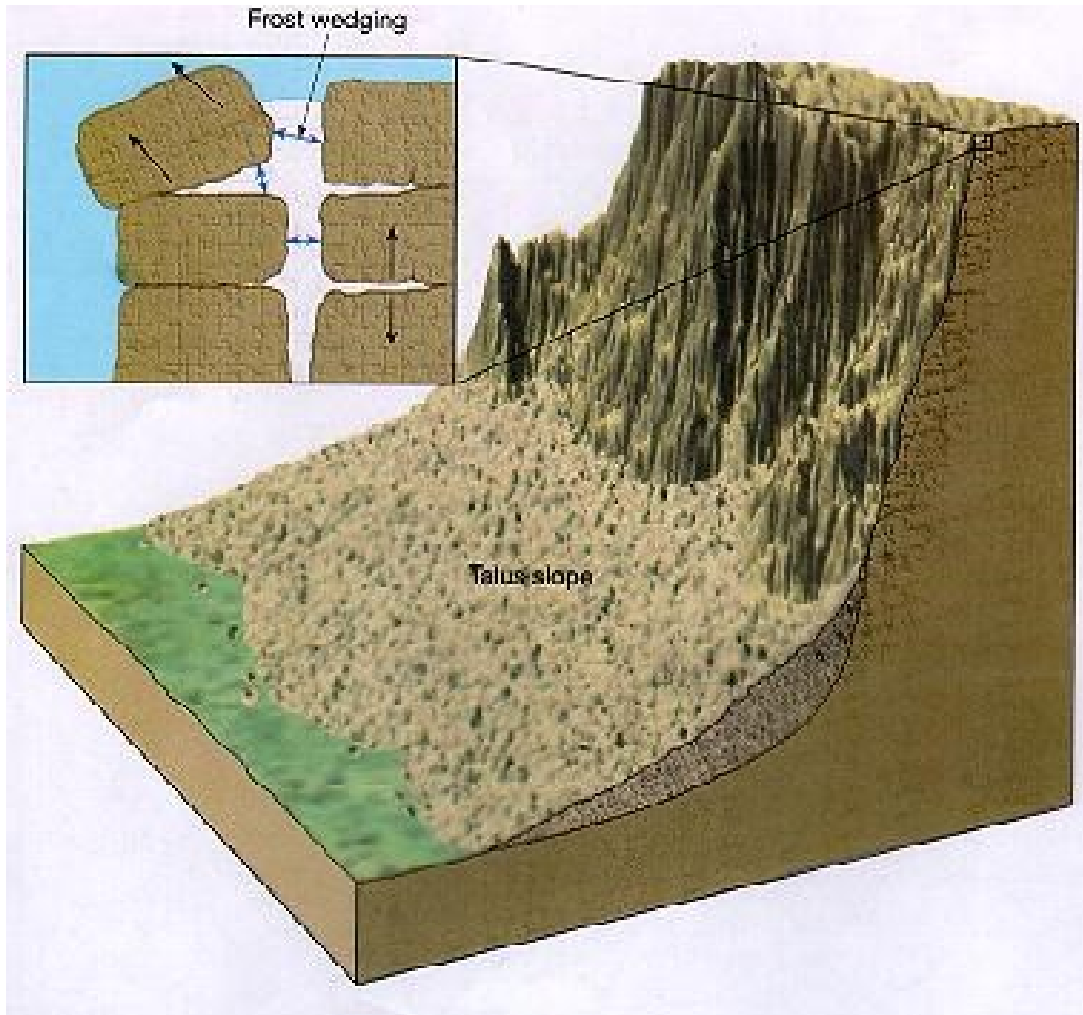
**Αποσάθρωση με τη  
μορφή παγετικής  
σφήνας**



**Θραύσματα από τη  
δράση της παγετικής  
σφήνας**



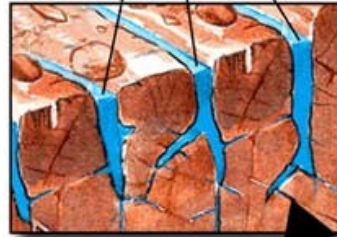
# Φυσική Αποσάθρωση με τη μορφή παγετικής σφήνας



Σχηματισμός κώνου κορημάτων

# Αποσάθρωση με τη μορφή παγετικής σφήνας

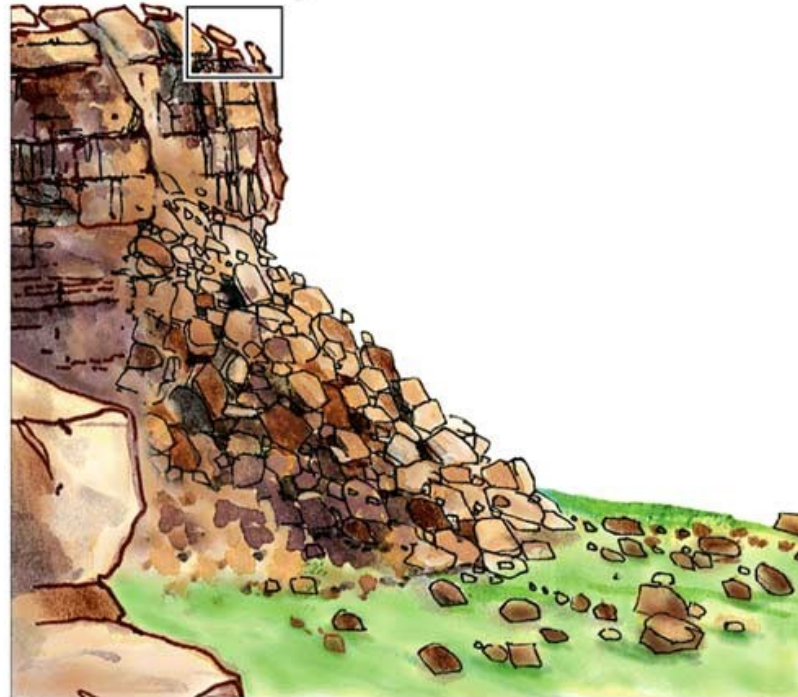
1 Water enters cracks in rock



2 Water freezes as temperature drops; expands against walls of rock



3 Cracks are enlarged; intervening rock is dislodged



# Αποσάθρωση με την δράση των αλάτων

- Αύξηση του όγκου στη διάρκεια κρυσταλλικής εγκατακρήμνισης άλατος μέσα από ένα υπέρκορο διάλυμα σε πόρους ή ρωγμές του πετρώματος.
- Θερμική διαστολή των αλατούχων κρυστάλλων, που αναπτύχθηκαν σε πόρους ή ρωγμές του πετρώματος.
- Διόγκωση ανύδρων αλάτων, που απαντούν σε πόρους ή ρωγμές του πετρώματος με την απορρόφηση νερού.
- Πίεση των αλατούχων κρυστάλλων που σχηματίζονται και μεγεθύνονται μέσα στους τριχοειδείς σωλήνες.

# Αποσάθρωση με θερμική ηλίαση

- Διαφορετικά ορυκτά έχουν διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής και συστολής.
- Τα φεμικά (μαύρα ή μελανοκρατικά) ορυκτά έχουν **συντελεστές θερμικής διαστολής** και συστολής μεγαλύτερους από αυτούς των άσπρων (λευκοκρατικών) ορυκτών.
- Αλλαγές στη θερμοκρασία στις έρημους με σημαντικό ημερήσιο εύρος (συνχνά η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ημέρας και νύχτας φθάνει τους 30 °C).
- Τα πετρώματα είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας και οι θερμοκρασιακές αυτές αλλαγές επηρεάζουν σε ένα βάθος λίγα χιλιοστά από την επιφάνεια του πετρώματος.
- Εναλλασσόμενη θέρμανση και ψύξη της επιφάνειας του πετρώματος προκαλεί «ξεφλούδισμα» του πετρώματος (thermal exfoliation).

# Θερμική Ηλίωση



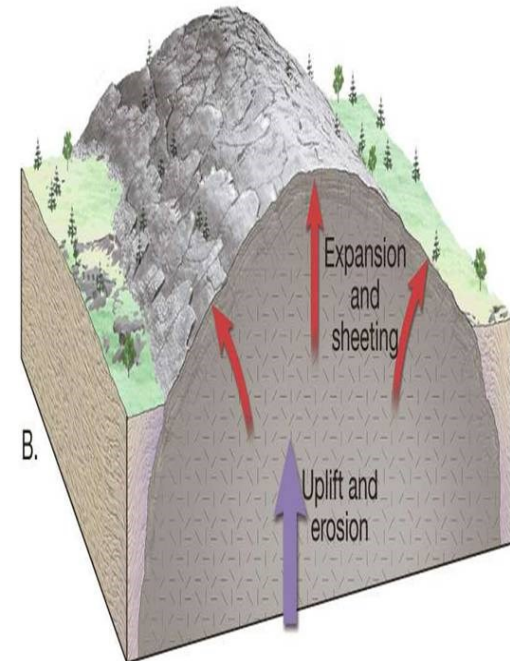
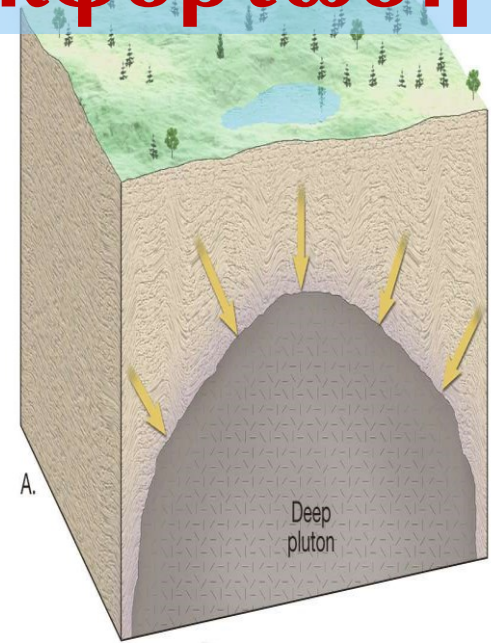
# Αποσάθρωση με υγρή ηλίαιση (wet insolation)

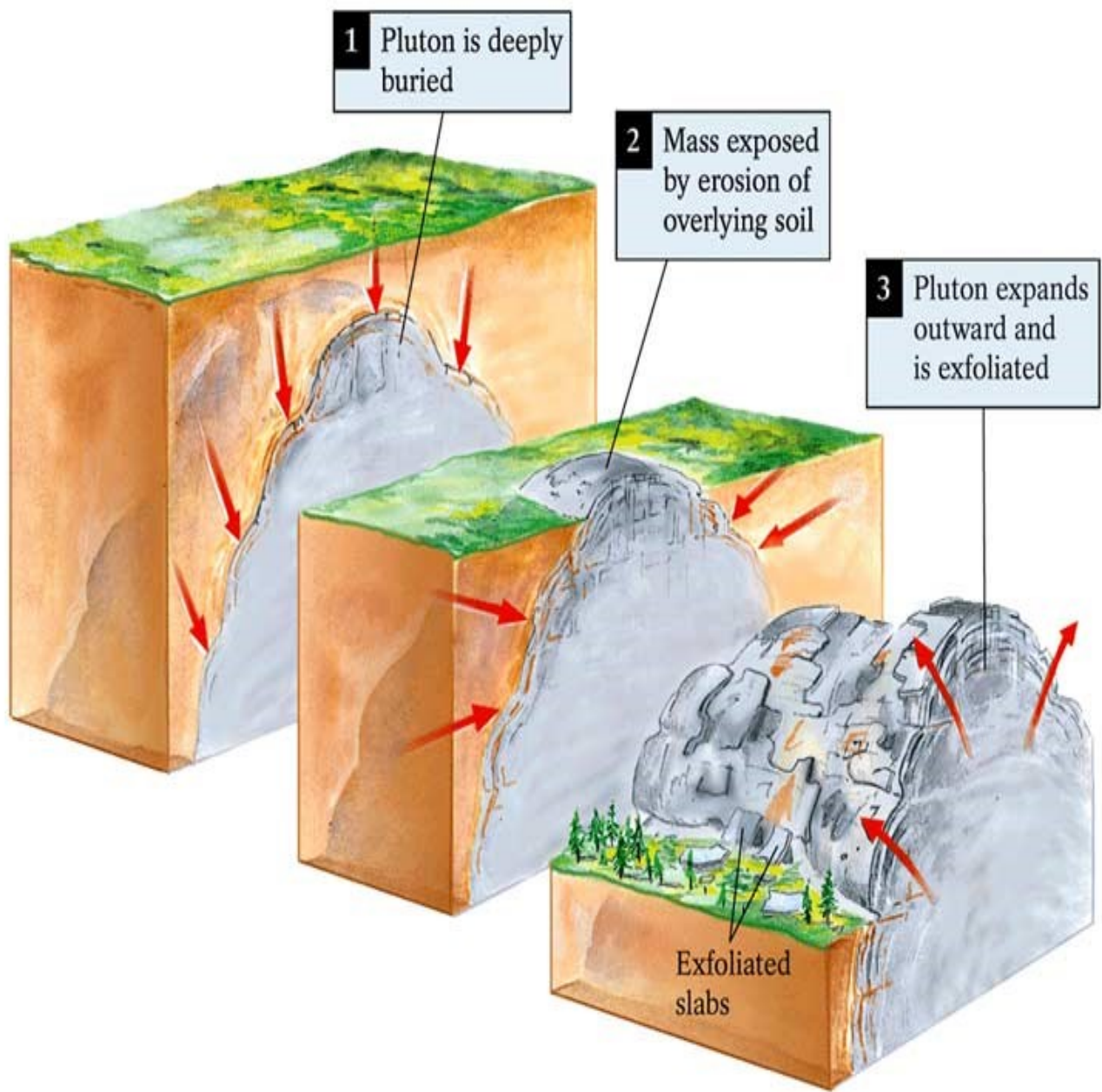
- Εναλλαγή υγρών και ξηρών κύκλων.
- Διαστολές (διογκώσεις) εξαιτίας των κύκλων αυτών.
- Πιθανός μηχανισμός:
  1. προσρόφηση μορίων νερού πάνω σε φορτισμένες επιφάνειες κρυστάλλων ορυκτών όπως του χαλαζία και των αργιλικών ορυκτών (υγρός κύκλος).
  2. αποδέσμευση του νερού, πλήρωση των πόρων και η πίεση του αέρα, που υπήρχε στους πόρους θρυμματίζει το πέτρωμα (ξηρός κύκλος).
- Τα αργιλικά ορυκτά αυξάνουν τον όγκο τους κατά 60% και ο χαλαζίας κατά 0.001-0.044%.



# Μηχανική αποσάθρωση από εκφόρτωση

- Τα πετρώματα στο βάθος υφίστανται την λιθοστατική πίεση εξαιτίας του βάρους των υπερκείμενων πετρωμάτων (γρανίτες).
- Απομάκρυνση των υπερκείμενων πετρωμάτων με την αποσάθρωση και διάβρωση ή με απομάκρυνση παγοκαλυμμάτων σε συνδυασμό με ανύψωση (uplift).
- Εξασθένηση της λιθοστατικής πίεσης και δημιουργία διαρρήξεων ευρείας κλίμακας παράλληλα προς την επιφάνεια του πετρώματος.





**Μηχανική  
απολέπιση  
γρανίτη  
(unloading)**

# Απολέπιση γρανίτη & σχηματισμός δόμου



# Απολέπιση γρανίτη από εκφόρτωση (unloading exfoliation)



Απολέπιση γρανίτη.

# Χημική Αποσάθρωση

- Παραγωγή νέων ορυκτών με μικρότερη πυκνότητα σε βάρος προϋπαρχόντων ορυκτών.
- Αλλαγή στην ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος.
- Αύξηση του πορώδους.

## Διαδικασίες Χημικής Αποσάθρωσης

- Ενυδάτωση (hydration).
- Υδρόλυση (hydrolysis).
- Οξείδωση (oxidation).
- Ανθρακοποίηση (carbonation).
- Διάλυση (solution).



Ο βαθμός τρωτότητας των ορυκτών προς την αποσάθρωση είναι αντιστρόφως ανάλογη της ιστορίας κρυστάλλωσης των.

### Bowens Reaction Series

Ολιβίνης– Ca Άστριος Τα πρώτα ορυκτά που αποσθρώνονται

Πυρόξενος

Αμφιβολίτης– Ca/Na Άστριος

Βιοτίτης– Na Άστριος

Ορθόκλαστο

Μοσχοβίτης

Χαλαζίας



Το τελευταίο ορυκτό που αποσθρώνεται.

Η χημική αποσάθρωση παράγει κατιόντα, οξείδια και αργιλικά ορυκτά.

# Αποσάθρωση του γρανίτη

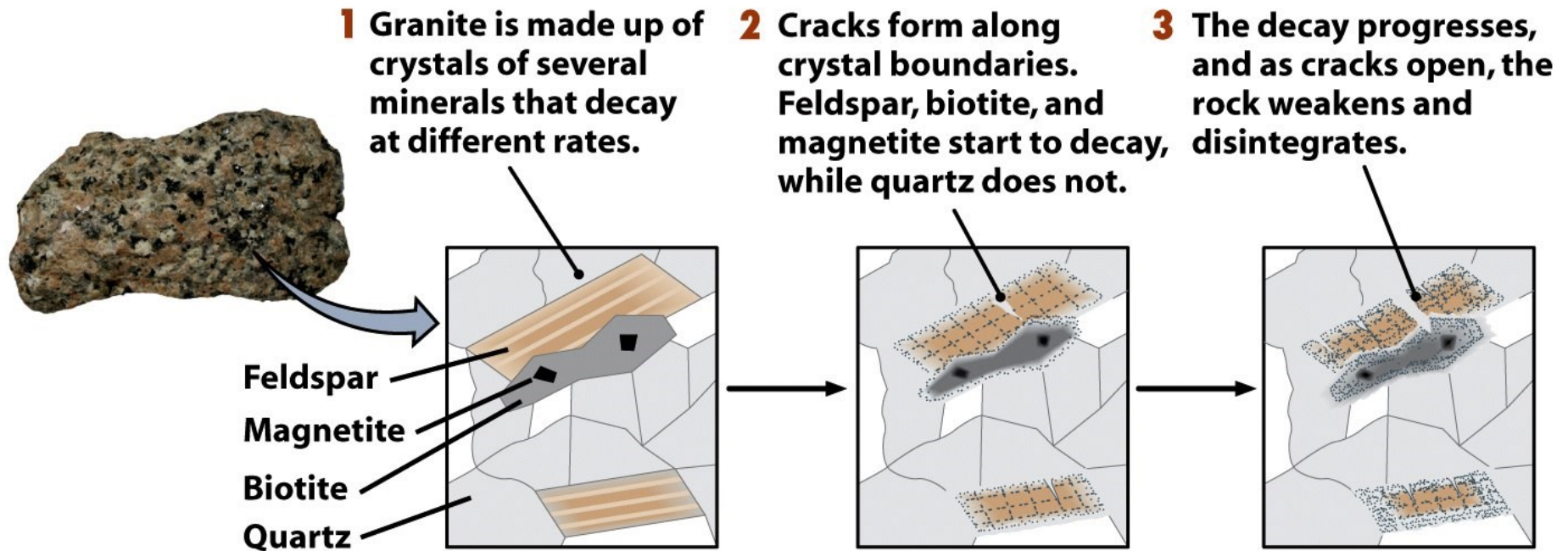


Figure 16-2  
*Understanding Earth, Fifth Edition*  
© 2007 W. H. Freeman and Company

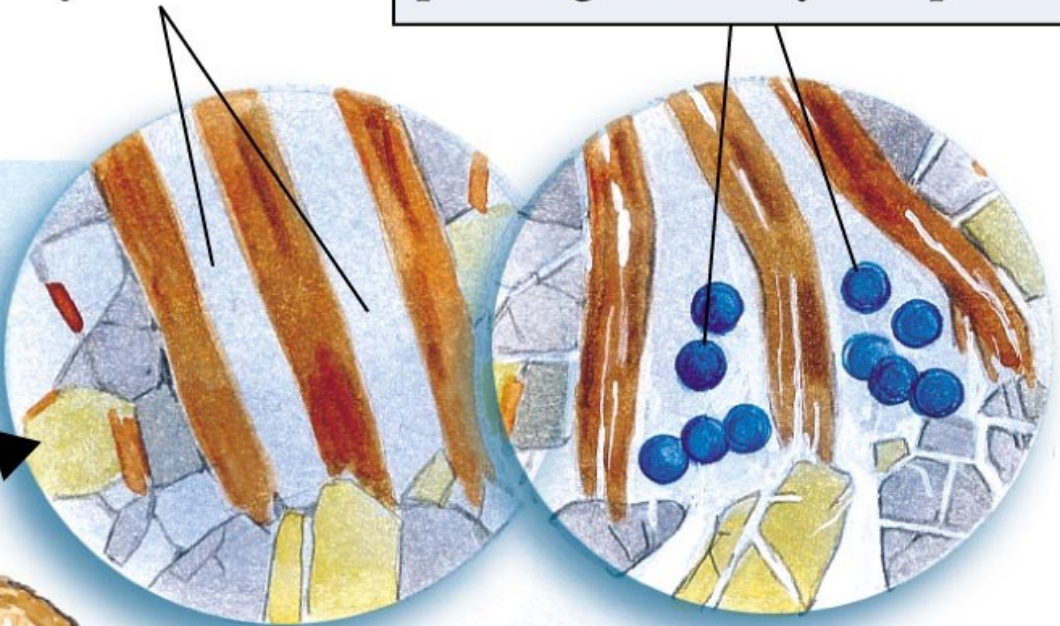


# Υδρόλυση-Άστριος σε άργιλο

Concentric layers of weathered rock at surface of each boulder

Clay mineral layers

Absorbed water molecules cause clay layers to expand, pushing other layers apart



Early stage

Late stage

Μηχανική ρηγμάτωση εξαιτίας χημικής αποσάθρωσης

# Οξείδωση Βασάλτη



Σκουριά

# Οξειδωμένα Πετρώματα



Figure 16-6  
*Understanding Earth, Fifth Edition*  
© 2007 W.H. Freeman and Company

# Χημική Αποσάθρωση



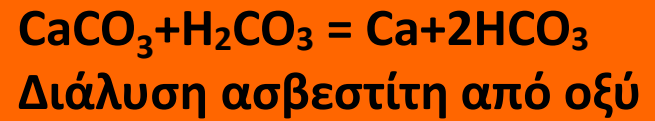
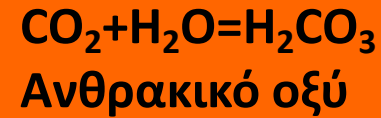
## Τοπογραφία τύπου καρστ

Λεκάνη που σχηματίστηκε από την πτώση της οροφής Καρστικού σπηλαίου που είχε σχηματιστεί από τη διάλυση ασβεστολιθικών πετρωμάτων.

# Χημική Αποσάθρωση



Διάλυση =  
= διαλυτότητα στερεού υλικού.



Ο ασβεστόλιθος είναι ένα σπουδαίο κρυσταλλικό πέτρωμα. –  
Τοπογραφία Karst

# Μηχανική και Χημική αποσάθρωση γρανιτικών πετρωμάτων



**Παραγωγή  
αποστρογγυλεμένων μπλοκ  
με την παρουσία ρωγμών  
(Joints).**

# Σφαιρική αποσάθρωση



Αποσυμπέτρωση του πετρώματος στις κορυφές και ακμές των μπλοκ που παράγονται από ρωγμές του πετρώματος με τη δράση της χημικής αποσάθρωσης.

# Σφαιροειδής Αποσάθρωση

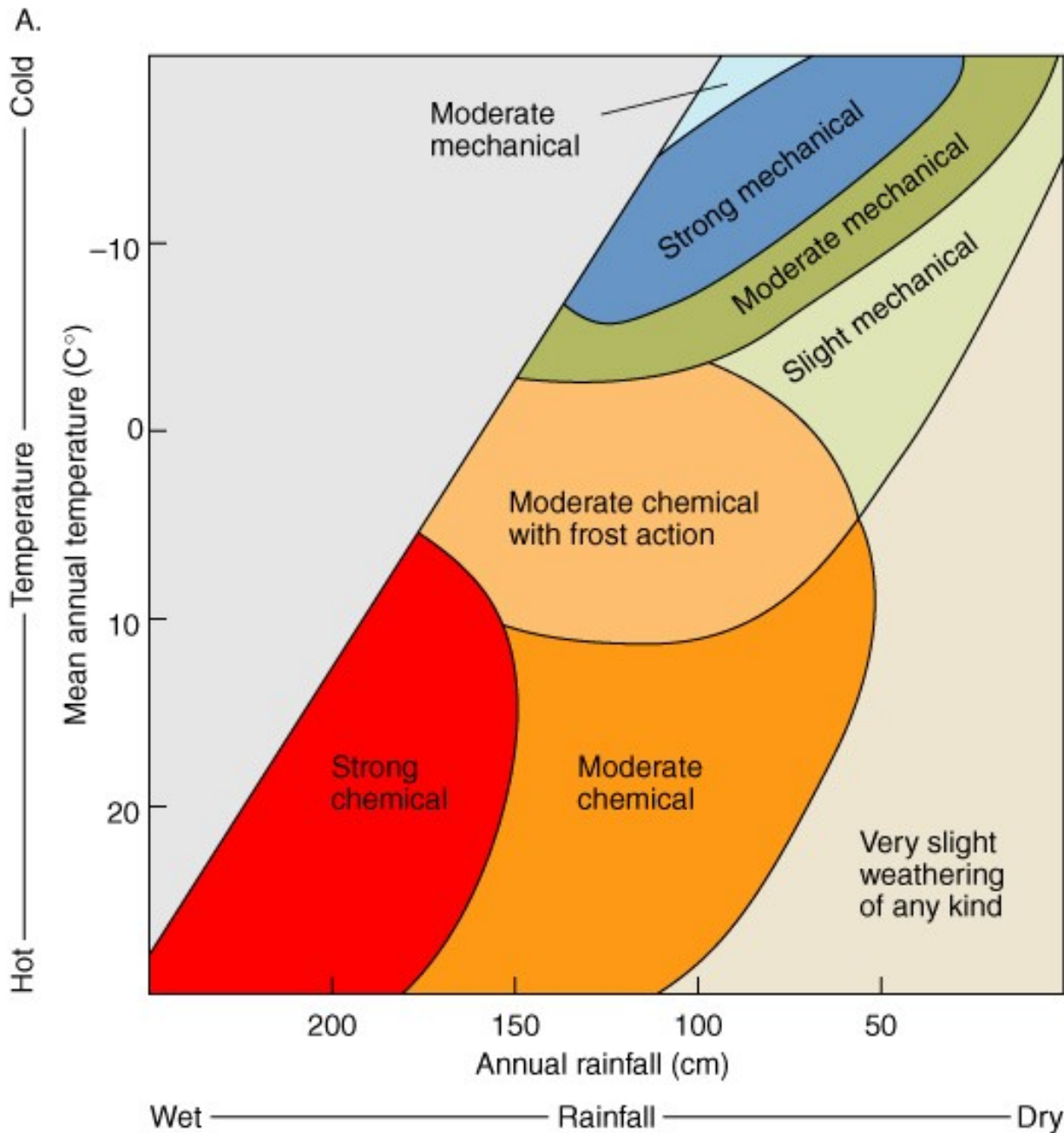


Σφαιροειδής αποσάθρωση σε ρωμαϊκό υδαταγωγό στη πόλη Segovia, της Ισπανίας.  
Η αποστρογγύλωση των κορυφών αντιπροσωπεύει 2000 περίπου χρόνια αποσάθρωσης.



# Ρυθμοί Αποσάθρωσης

Τύπος Πετρώματος	Ισλανδικοί	Σιβηρικοί
	36 κύκλοι	9 κύκλοι
	-7°C to +6°C	-30°C to +15°C
Σχιστή άργιλος	1.16 %	0.16 %
Γνεύσιος	0.65 %	0.01 %
Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος	0.25 %	0.04 %
Γρανίτης	0.15 %	0.07 %
Χαλαζίτης	0.02 %	0.007 %



Η **χημική** αποσάθρωση κυριαρχεί σε **θερμά** και **υγρά** κλίματα.

Η **μηχανική** αποσάθρωση κυριαρχεί σε **ψυχρά**, **ξηρά** κλίματα.

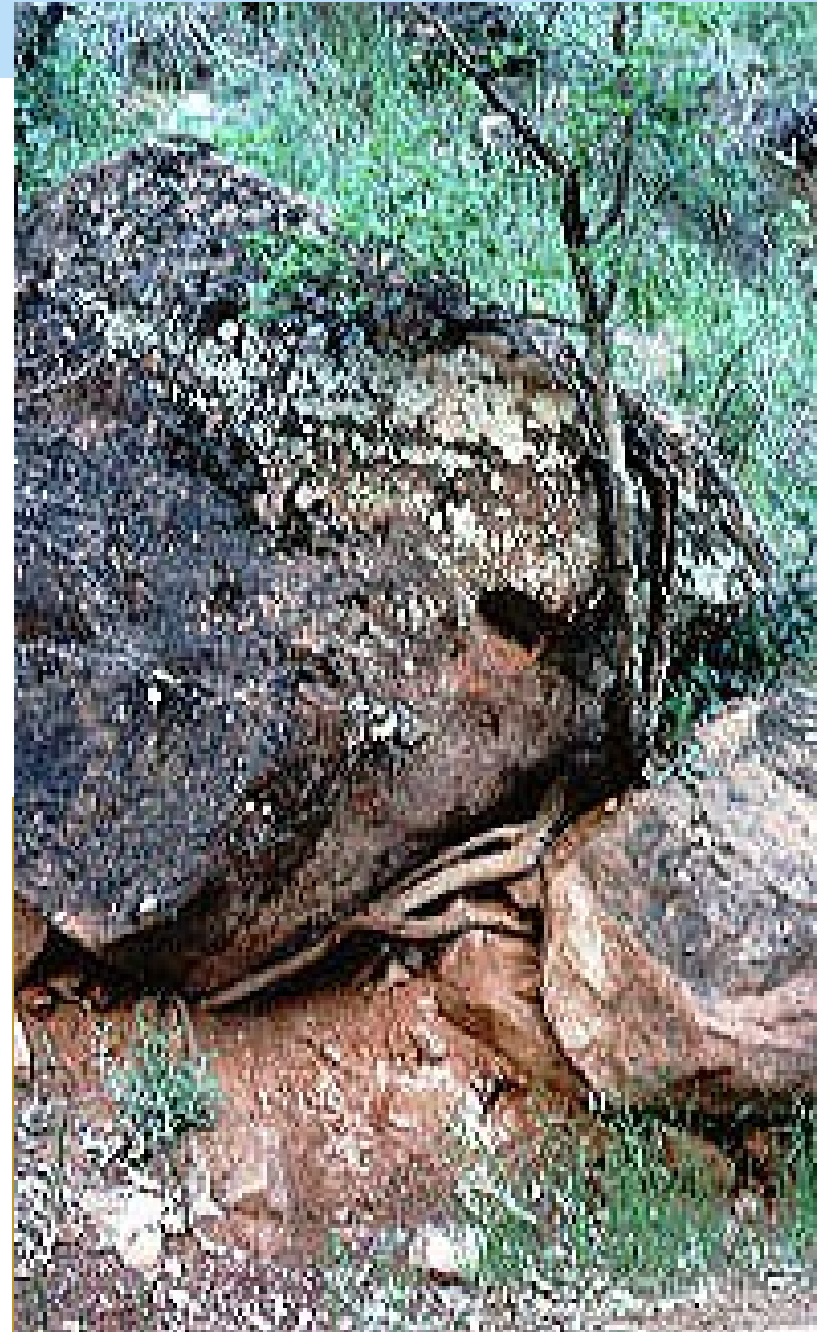
# Βιολογική αποσάθρωση

Προκαλείται από ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς.

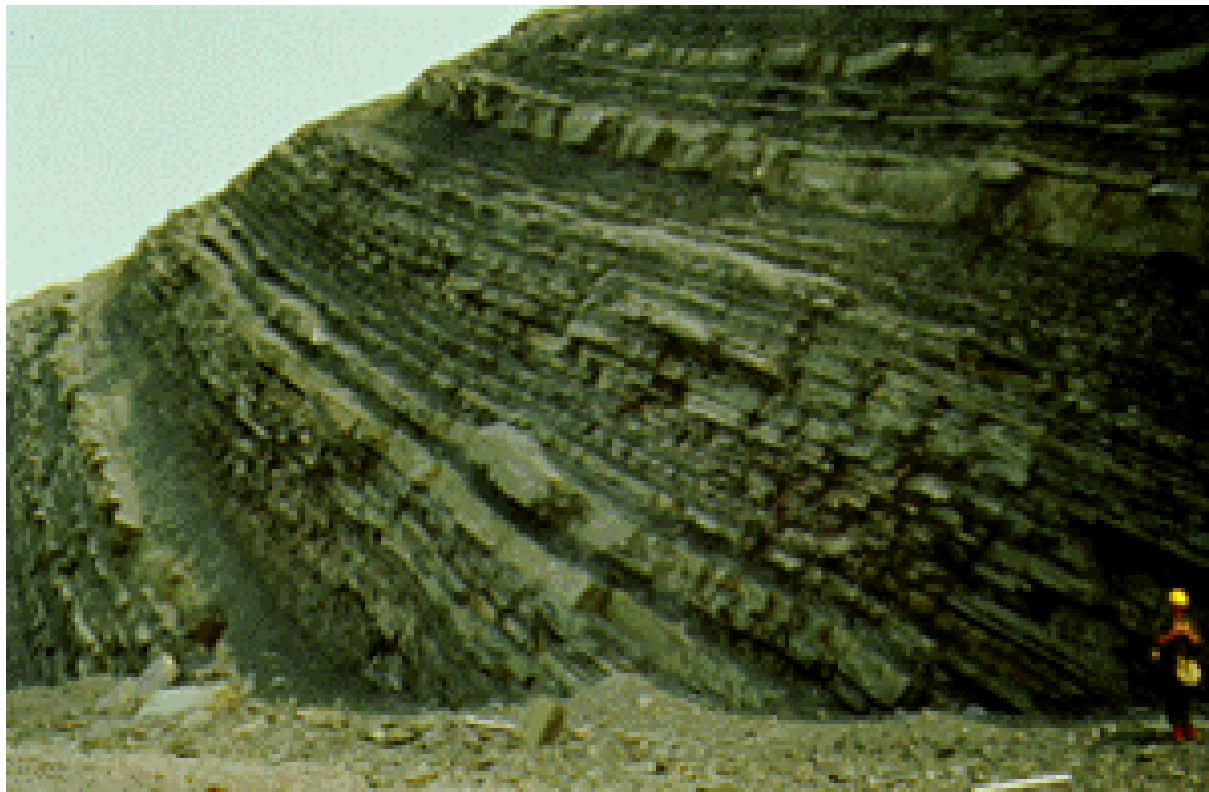
Είναι κυρίως **χημική** αποσάθρωση.

Οι ζωικοί οργανισμοί προκαλούν ανάμιξη του εδάφους, οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν νεκρή οργανική ύλη.

Τα φυτά είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες και προϋπόθεση παρουσίας των ετερότροφων οργανισμών.



# Διαφορική Αποσάθρωση



Πολλές επιφανειακές εμφανίσεις δείχνουν περισσότερους από ένα πετρολογικούς τύπους. Τυπικά, οι διαφορετικοί πετρολογικοί τύποι θα αποσαθρώνονται σε διαφορετικούς ρυθμούς. Αυτό καλείται διαφορική αποσάθρωση.

Η φωτογραφία αυτή δείχνει διαφορική αποσάθρωση ψαμμίτου (ωχρά στρώματα, πιο συμπαγή) και σχιστής αργίλου (σκουρότερα στρώματα) σε ένα κρημνό στα δυτικά των New found lands (Καναδάς).

Μητρικό πέτρωμα (bedrock) κάτω από τη δράση της αποσάθρωσης παράγει μανδύα αποσάθρωσης (regolith) και έδαφος (soil).

