



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Περιβαλλοντική Γεωχημεία

Ενότητα 1: Βασικές αρχές και γνώσεις υποβάθρου

Αριάδνη Αργυράκη

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

# Βασικές αρχές και γνώσεις υποβάθρου

Σχηματισμός εδαφών, πηγές και κινητικότητα  
Γεωχημικών στοιχείων στο έδαφος

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Εισαγωγή
2. Ανόργανες ενώσεις στο έδαφος
3. Οργανικές ενώσεις στο έδαφος
4. Σχηματισμός εδάφους
5. Κινητικότητα στοιχείων στο έδαφος
6. Γονιμότητα εδαφών
7. Ρύπανση εδαφών

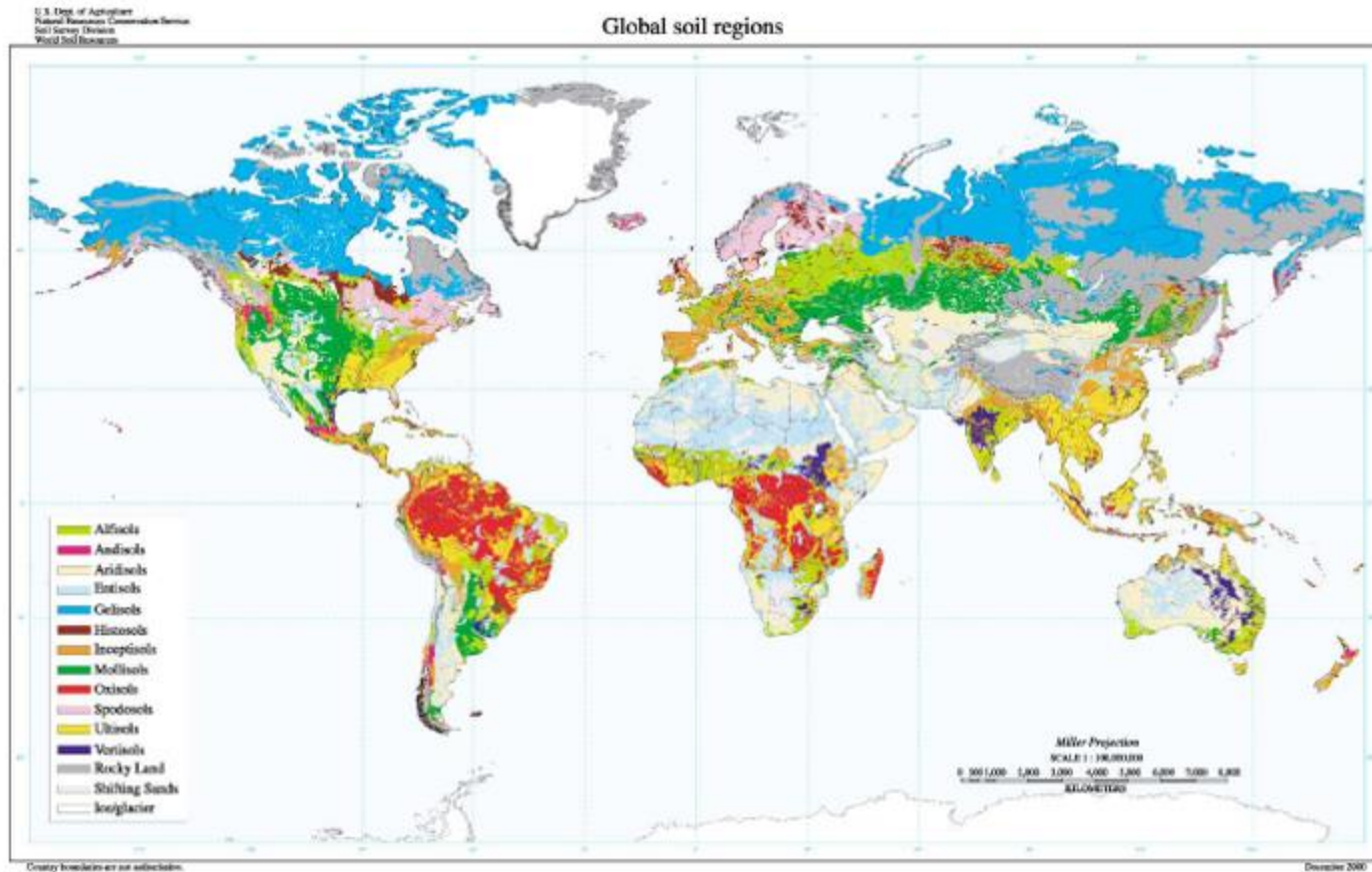


# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Έδαφος: Άμεση επαφή με βιόσφαιρα –εξάρτηση για ανεύρεση τροφής
- Σχηματισμός μέσω φυσικής και χημικής αποσάθρωσης υλικών της γεώσφαιρας με την επίδραση βιολογικών διεργασιών. Μίγμα στερεάς, υγρής και αέριας φάσης
- Σημασία νερού στο σχηματισμό εδάφους – δημιουργία διαστρωμάτωσης με αύξηση του βάθους
- Σημασία κλίματος (θερμοκρασία, βροχόπτωση- υγρασία, έμβιος κόσμος)
- Σημασία τοπογραφίας
- Σημασία πετρολογίας, δομής, πορώδους, διαλυτότητας ορυκτών



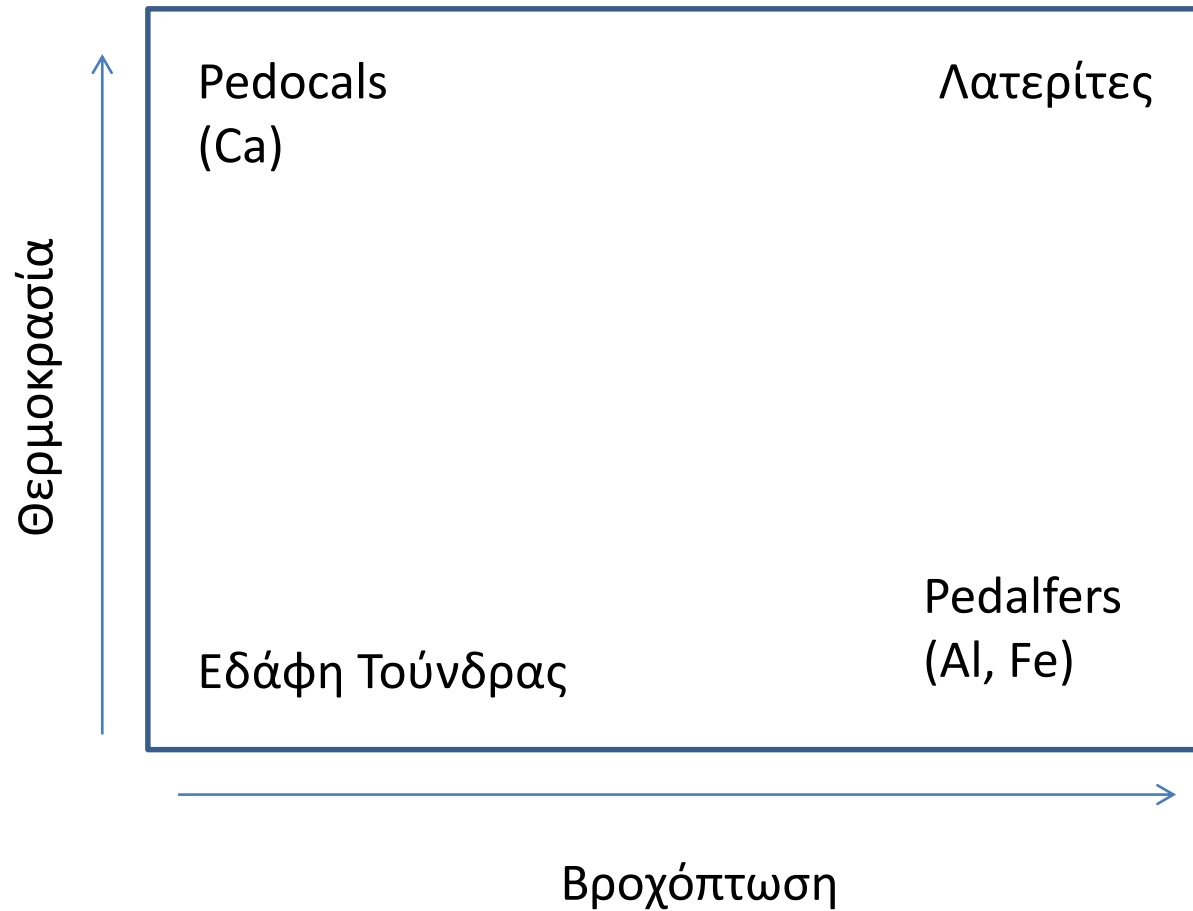
# GLOBAL SOIL REGIONS



1

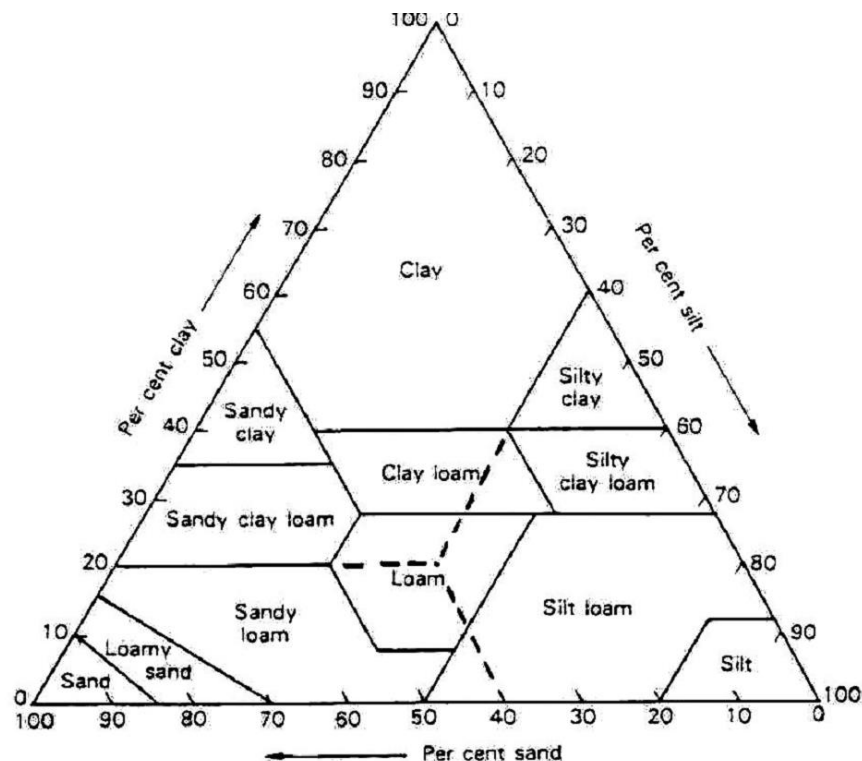
Figure 14 The global distribution of soil orders (source <http://www.nrcs.usda.gov/technical/worldsoils/mapindx/>).

# ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΔΑΦΩΝ



# ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΣΩ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑΣ

Ταξινόμηση εδαφών με βάση την κοκκομετρία η οποία καθορίζει φυσικές ιδιότητες όπως πορώδες, αποστράγγιση.



2 Figure 2.1 The composition of the textural classes of soils used by the United States Soil Survey (Sand: 2–0.05 mm; silt: 0.05–0.002 mm; clay: less than 0.002



# ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ

- Αποσάθρωση πρωτογενών ορυκτών: Ανθεκτικότητα αντιστρόφως ανάλογη της P και T σχηματισμού
- Σειρά κρυστάλλωσης πυριτικών ορυκτών (Bowen):

Ολιβίνης	Ασβεστούχο πλαγιόκλαστο
Αυγίτης	Ασβεστοαλκαλικό πλαγιόκλαστο
Κεροσίλβη	Αλκαλι-ασβεστούχο πλαγιόκλαστο
Βιοτίτης	Αλκαλιούχο πλαγιόκλαστο
	Καλιούχος άστριος
	Μοσχοβίτης
	Χαλαζίας

Αυξανόμενη  
σταθερότητα στο  
επιφανειακό  
περιβάλλον

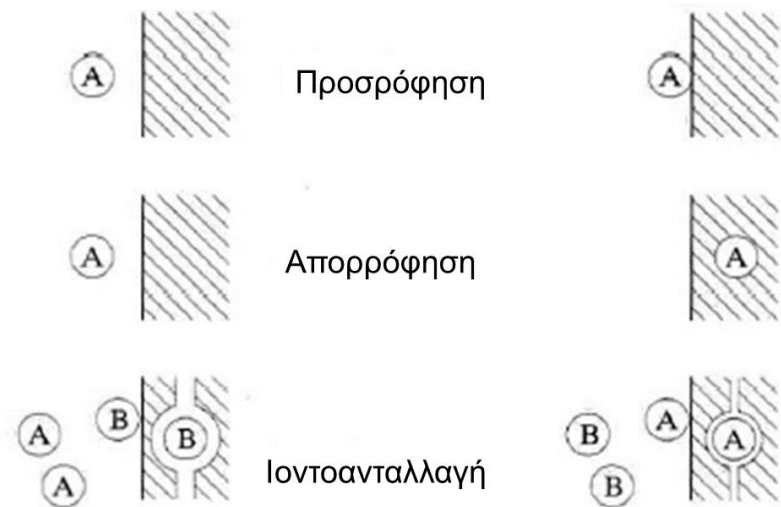
- Μεταφορά ευδιάλυτων ορυκτών και απόθεση σε ευνοϊκές συνθήκες





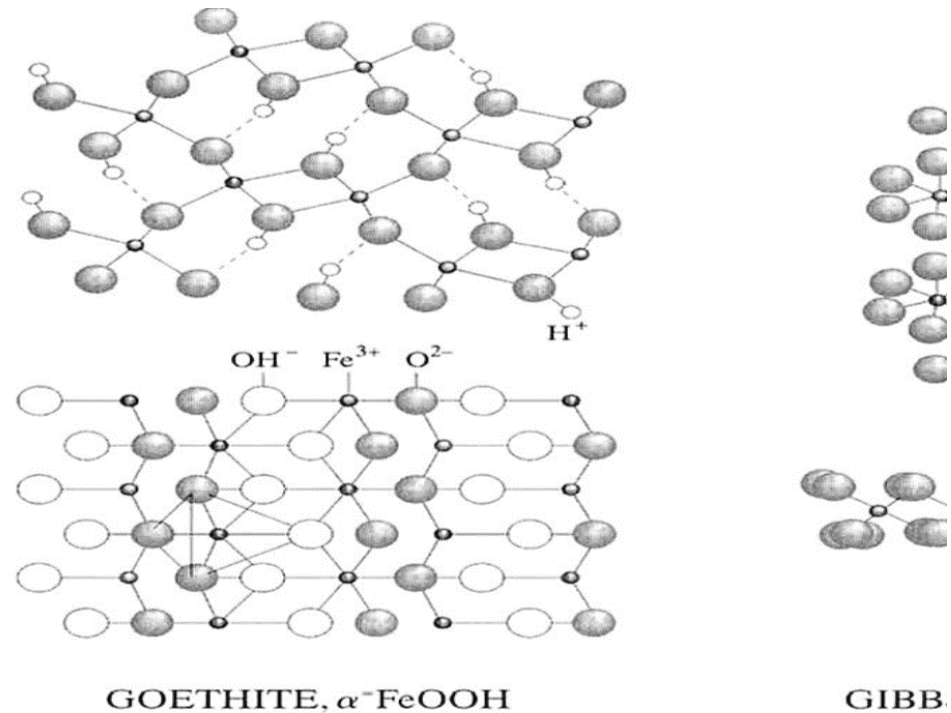
# ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

- Ανθεκτικά πρωτογενή ορυκτά π.χ. χαλαζίας
- Δευτερογενή ορυκτά υδρόλυσης π.χ. άργιλοι, οξειδία
- Δευτερογενή ορυκτά από ολική διάλυση και καθίζηση π.χ. ανθρακικά, υδροξείδια
- Σημασία αργιλικών ορυκτών ως ρυθμιστές σύστασης του εδαφικού νερού και βιοδιαθεσιμότητας στοιχείων



# ΟΞΕΙΔΙΑ & ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ Fe, Al

- Κυρίως λειμονίτης, αιματίτης, γκετίτης, διάσπορο, γιψίτης
- Εμφάνιση σε οξειδωτικό περιβάλλον, υγρό- τροπικό κλίμα

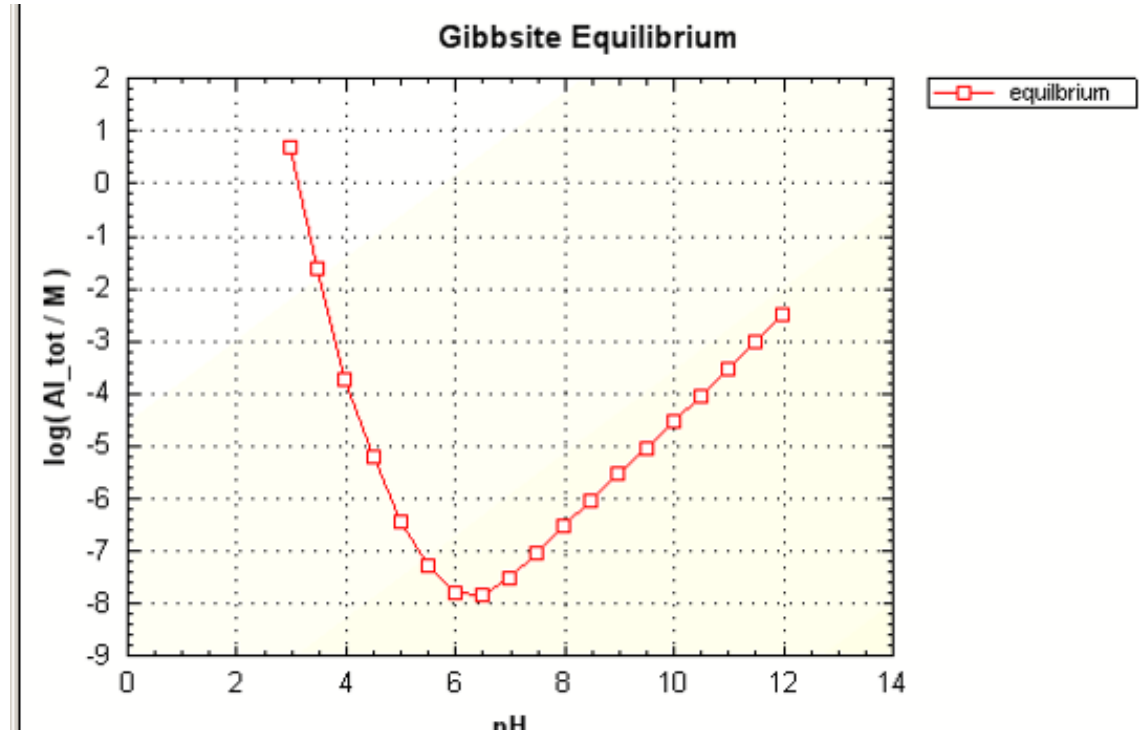


3

FIGURE 4-7 Structures of goethite and gibbsite, showing  $\text{FeO}_3(\text{OH})$  in sheets. Dashed lines in goethite structure represent hydrogen bond (from *The Surface Chemistry of Soils* by Garrison Sposito. Copyright ©



# Gibbsite Equilibrium



Gibbsite Equilibrium

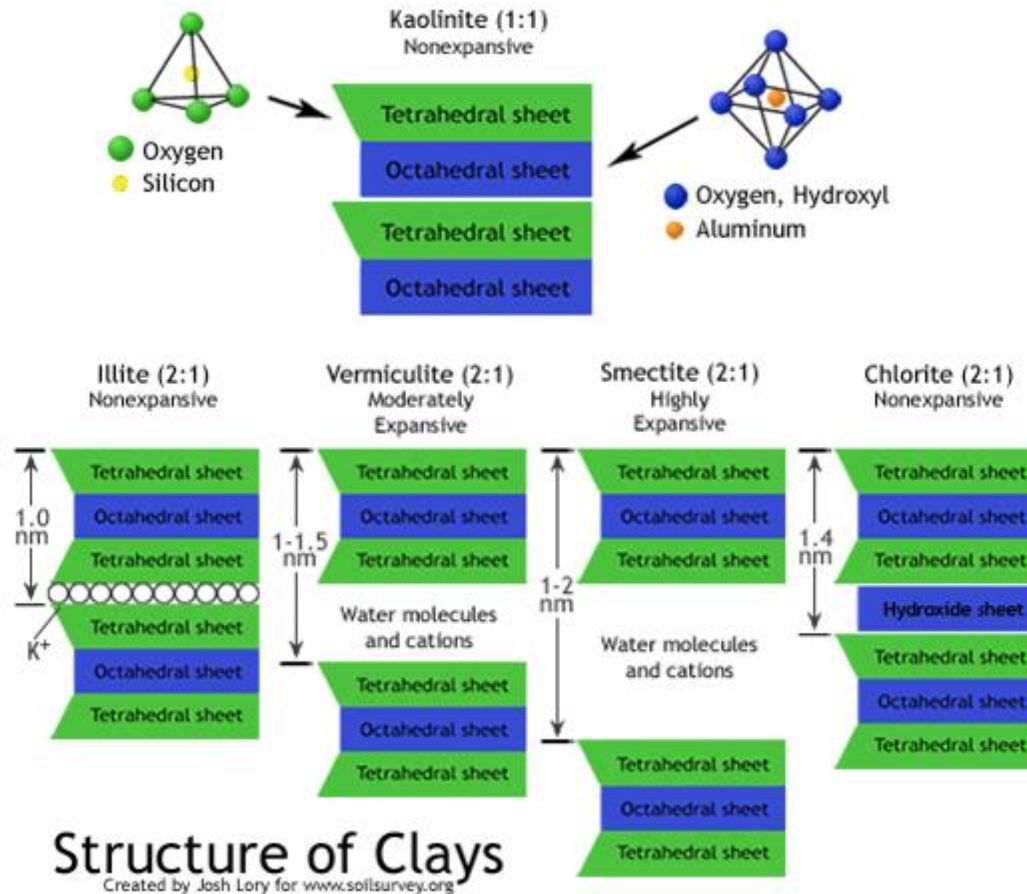


# ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

- Στρωματοειδή δομή, περιέχουν Si, Al, Mg, O
- Αντικατάσταση Si, Al, Mg από ελεύθερα ιόντα
- Τετραεδρική δομή με O διατεταγμένα γύρω από Si ή οκταεδρική δομή με O διατεταγμένα γύρω από Mg, Al
- T-O με επανάληψη τετραέδρων-οκταέδρων (καολινίτης) ή T-O-T με εναλλαγή 2 τετράεδρα 1 οκτάεδρο (μοντμοριλλονίτης)
- Συχνή αντικατάσταση ιόντων στις οκταεδρικές θέσεις (π.χ.  $Al^{+3}$  από  $Mg^{+2}$  στον μοντμοριλλονίτη) -> περίσσια φορτίου -> εξισορρόπηση με εισαγωγή ιόντων μεταξύ των στρωμάτων (π.χ.  $Ca^{+2}$ )



# ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ



# ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

- ❑ Συνήθως 2-5% της μάζας του εδάφους, καθοριστικές της γονιμότητας
- ❑ Η οργανική ύλη:
  - καθορίζει την βιο-διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών,
  - δεσμεύει οργανικούς ρύπους (π.χ. εντομοκτόνα),
  - ρυθμίζει το εδαφικό pH,
  - διευκολύνει την διαλυτοποίηση των ορυκτών
- ❑ Το ποσό του οργανικού υλικού εξαρτάται από το κλίμα, τον τύπο των ανόργανων υλικών και την τοπογραφία



# ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Τύπος οργανικής ένωσης	Σύσταση	Σημασία
Humus	Υπόλειμμα αποσύνθεσης φυτών κυρίως C, H, O	Κύριο συστατικό του οργανικού κλάσματος στο έδαφος, βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες, ανταλλάσσει θρεπτικές ουσίες, δεσμεύει N
Λίπη, ρητίνες	Λιπίδια διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες	Υδατοστεγείς ενώσεις, Ενδεχομένως τοξικές για τα φυτά
Σακχαροειδή	Κυτταρίνη, σάκχαρα	Πηγή τροφής μικροοργανισμών
N-ούχες οργανικές ενώσεις	N δεσμευμένο από χουμικό οξύ, αμινοξέα, αμινοσάκχαρα	Γονιμότητα
P-ούχες ενώσεις	Φωσφορικοί εστέρες, φυτικά οξέα, φωσφολιπίδια	Πηγές φωσφόρου για τα φυτά



# ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Προϊόν αποσάθρωσης πετρωμάτων και βιολογικών διεργασιών.
- Διεργασίες σχηματισμού εδάφους:

## Σε κάθε περιβάλλον

1. Αποσάθρωση μητρικού πετρώματος
2. Προσθήκη και μερική αποσύνθεση οργανικής ύλης
3. Σχηματισμός δομικών μονάδων (στερεές ενώσεις)

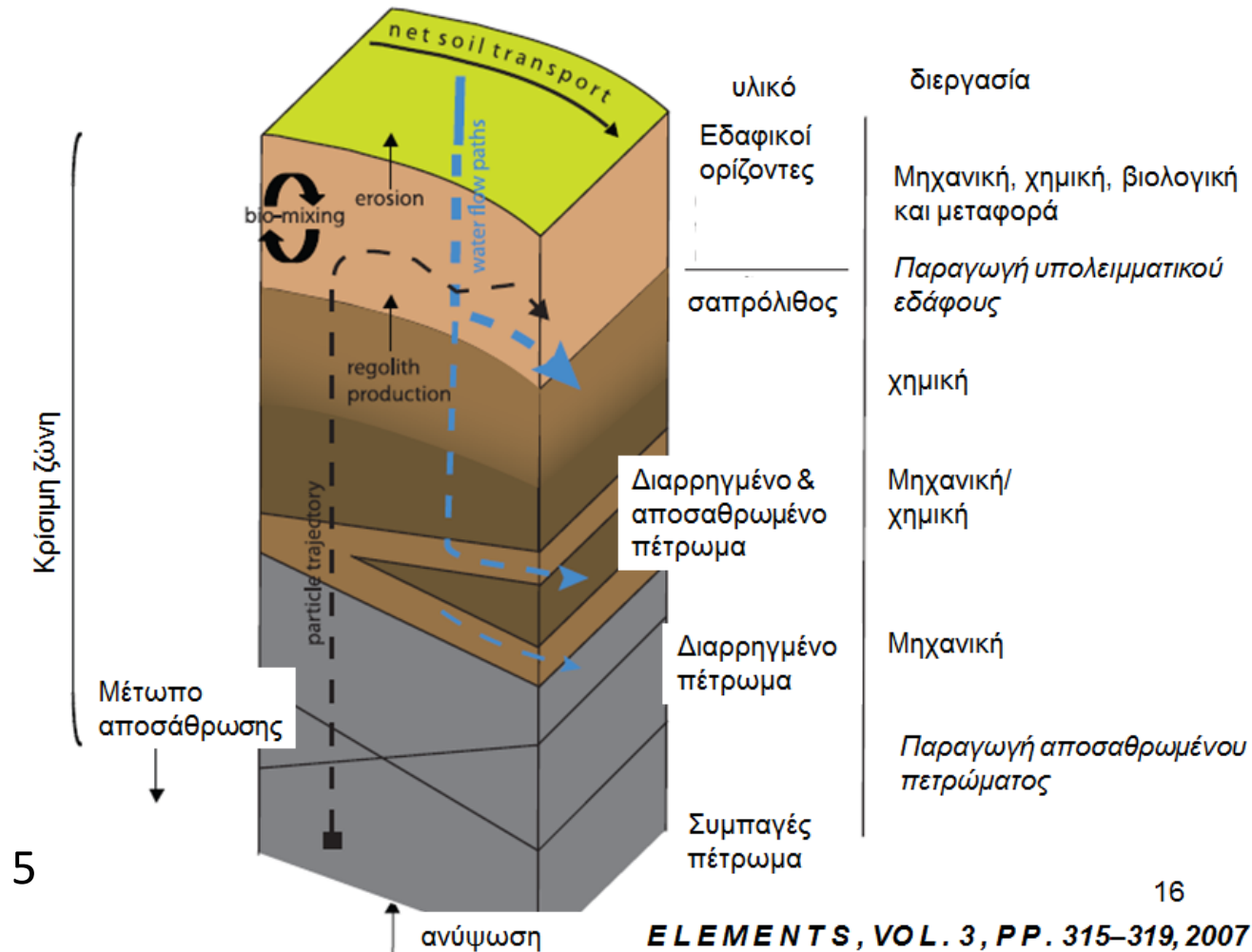
## Σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες

1. Αποστράγγιση και οξύνιση
2. Έκπλυση αργίλων και απόθεση σε πιο βαθείς ορίζοντες
3. Μεταφορά οργανικού άνθρακα από την επιφάνεια σε βάθος
4. Έκπλυση Si και εμπλουτισμός Fe, Al
5. Εφαλάτωση
6. Διάβρωση





# Η ΚΡΙΣΙΜΗ ΖΩΝΗ



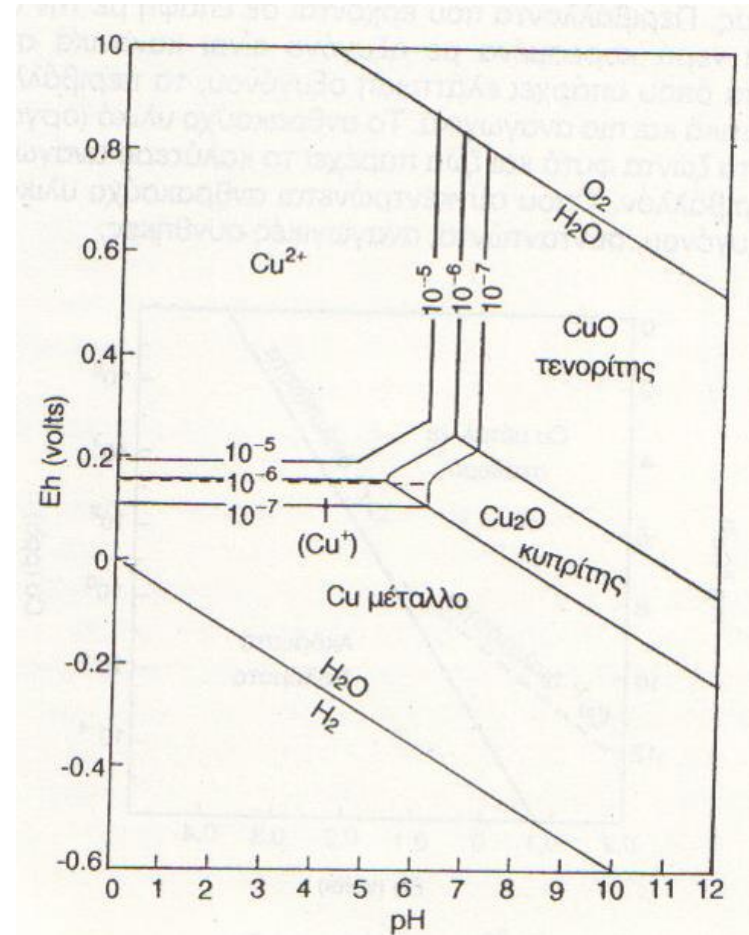
# ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

- ❑ Σημασία εδαφικού νερού που πληρεί τους πόρους μεταξύ των εδαφικών σωματιδίων.
- ❑ Εδαφικό νερό: διάλυμα περιεκτικότητας συστατικών το ποσοστό των οποίων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των στοιχείων και του περιβάλλοντος.
- ❑ Η διαλυτότητα εξαρτάται από το μέγεθος των ιόντων και την ηλεκτραρνητικότητα - > είδος δεσμών στοιχείων και νερού.
- ❑ Ιοντικό δυναμικό (φορτίο/ακτίνα ιόντος) και διαλυτότητα:
  - Υψηλό (P, S, Mo) -> Αρνητικό φορτίο στο διάλυμα με λήψη ηλεκτρονίων από O.
  - Χαμηλό (Ca, Na)-> Θετικό φορτίο στο διάλυμα.
  - Ενδιάμεσο (4-10) (Al, Ti, Sn) -> τα λιγότερο ευδιάλυτα, συμπλοκοποίηση/προσρόφηση.

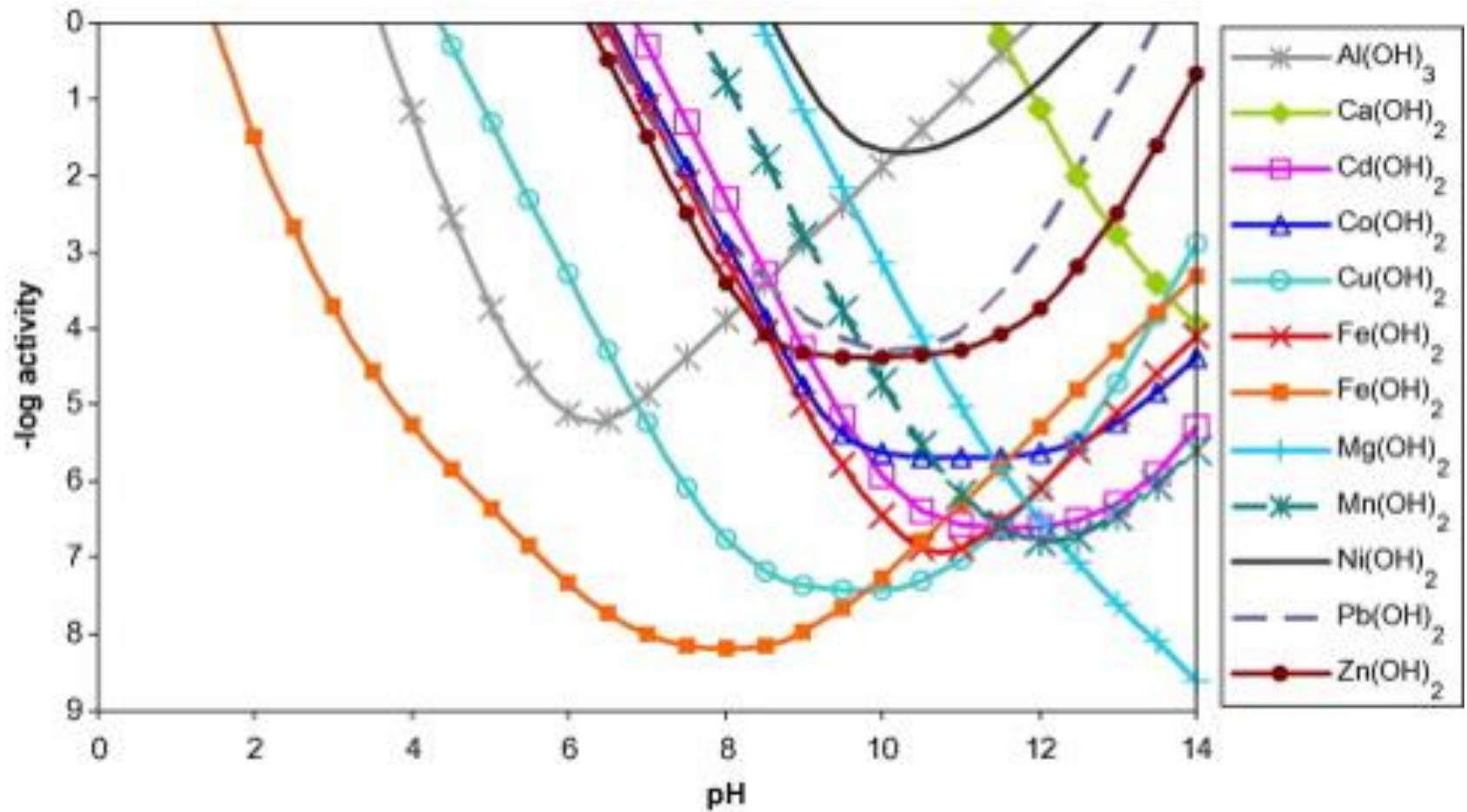


# ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

- Όξιμες- αλκαλικές, οξειδωτικές- αναγωγικές συνθήκες καθοριστικές ευκινησίας ιόντων
- Έδαφος -> αύξηση αλκαλικότητας & αναγωγικότητας με το βάθος
- Διαγράμματα pH-Eh ευκινησίας χημικών στοιχείων
- Η ευκινησία των βαρέων μετάλλων γενικά αυξάνεται με ελάττωση του pH και αύξηση του Eh



# ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΟ pH

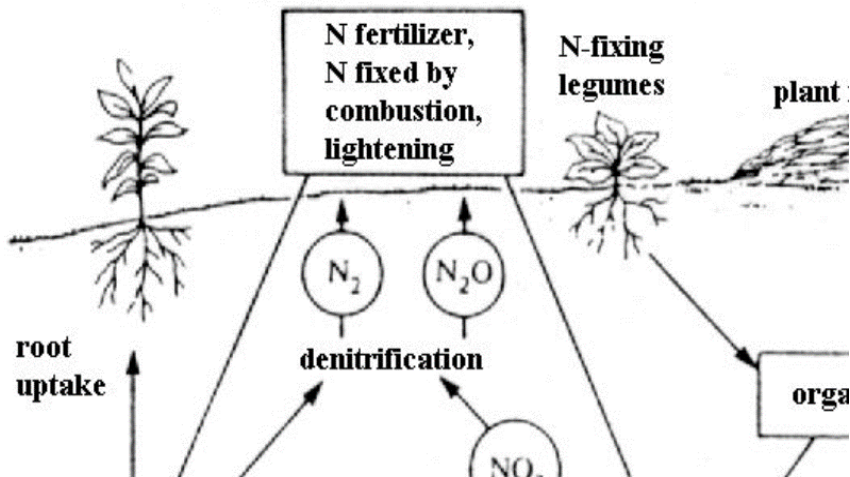


# ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ

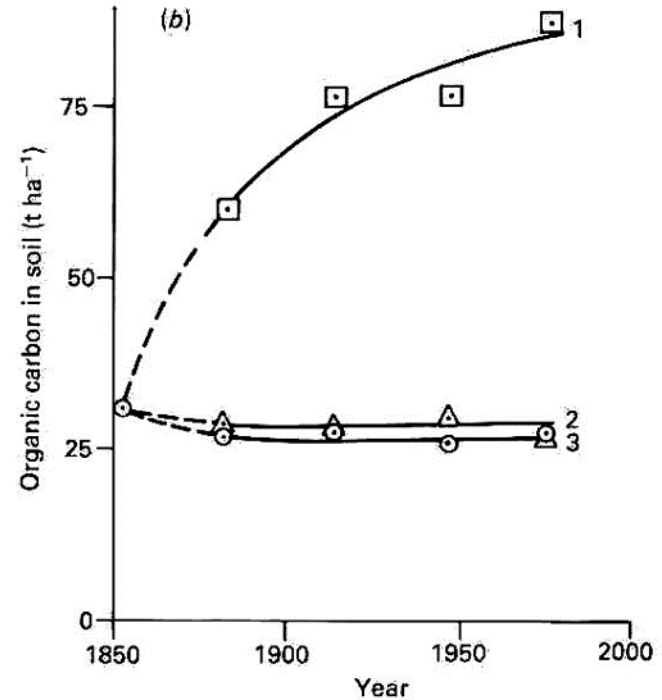
- Απαραίτητα 18 στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών:
  - C, H, O (από αέρα και νερό)
  - N, P, K, Ca, Mg, S (μακροθρεπτικά >0,1% στον φυτικό ιστό)
  - Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl, Co, Ni (μικροθρεπτικά <0,01% στον φυτικό ιστό)
- Μεταφορά θρεπτικών συστατικών:  
Πρωτογενή ορυκτά -> Επιφάνειες προσρόφησης -> Εδαφικό διάλυμα -> ριζόσφαιρα  
Ιόντα Ca, Mg κλπ. Οργανική ύλη
- P -> χαμηλή διαλυτότητα, αποσάθρωση -> λήψη από φυτά -> επιστροφή στο έδαφος με μορφή οργανικών ενώσεων
- N -> υψηλότερη διαλυτότητα
- Προσθήκη λιπασμάτων -> αύξηση N,P,K στο έδαφος αλλά ελάττωση οργανικού άνθρακα



# ΓΟΝΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ



6



7

(b) Effects of annual addition of farmyard manure (1), and fertilizers (2) on the organic carbon content of soil compared with that in unmanured soil (3). Data from Hoosfield, Rothamsted Experimental Station.

*From Wild, 1993, Soils and the Environment*



# ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ

- Εκούσια ή ακούσια προσθήκη χημικών στο έδαφος από τον άνθρωπο
- Εκούσια:
  1. Λιπάσματα – περιέχουν βαρέα μέταλλα και οργανικούς ρύπους
  2. Ζιζανιοκτόνα – απευθείας προσθήκη στο έδαφος ή έκπλυση από φυτά
- Ακούσια:

## *Προσθήκη στην ατμόσφαιρα*

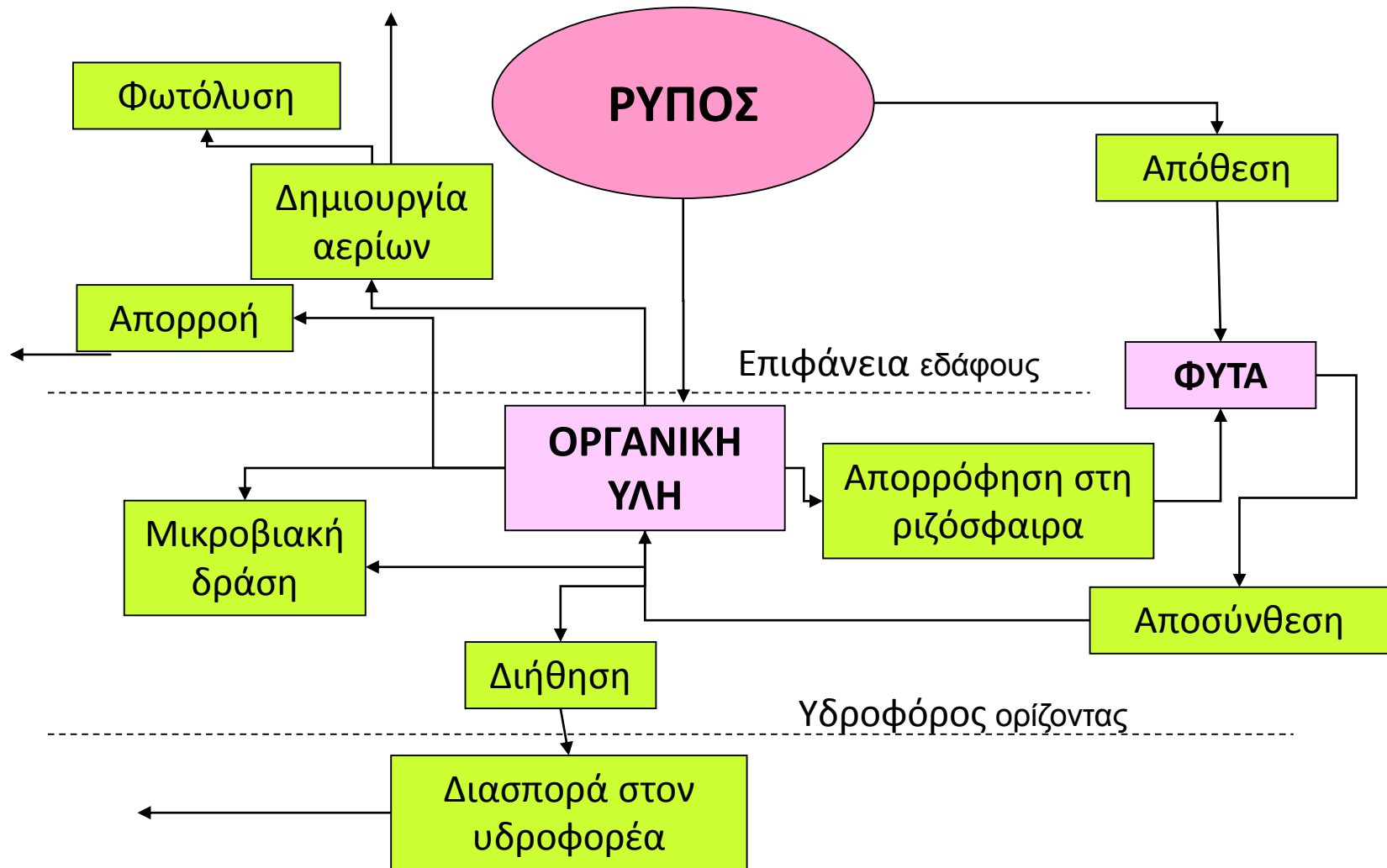
1. Όξινη βροχή ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ )
2. Οξειδία ( $SO_3$ ,  $NO_2$ )
3. Ραδιοϊσότοπα ( $^{134}Cs$ ,  $^{89}Sr$ ,  $^{131}I$ ,  $^{14}C$ )
4. Πτητικές οργανικές ενώσεις
5. Κλαστικοί κόκκοι (Βαρέα μέταλλα)

## *Προσθήκη στο έδαφος*

1. Χωματερές (Βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες)
2. Χημικά απόβλητα (πετρελαιοειδή)

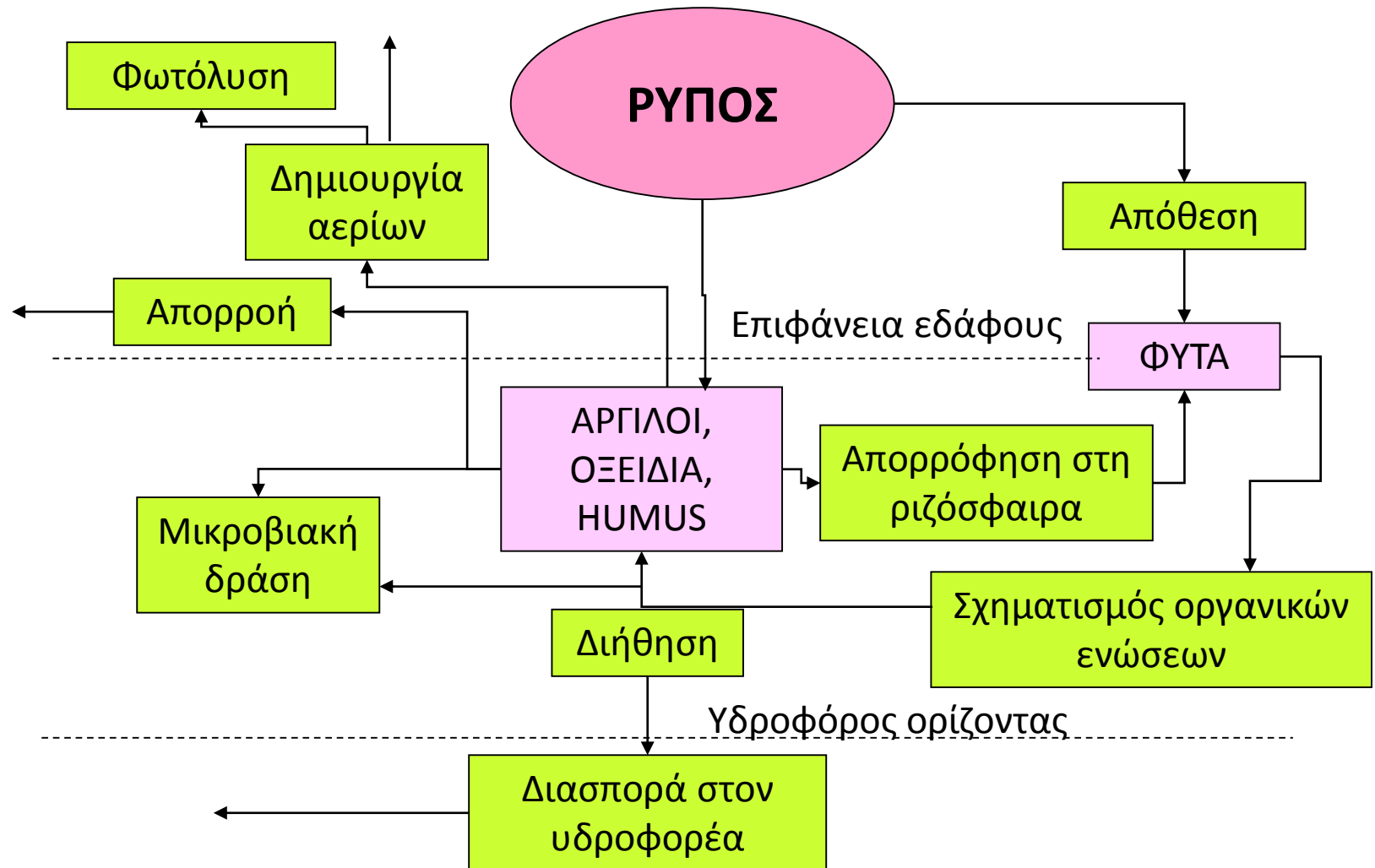


# ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ





# ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ



# 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.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αριάδνη Αργυράκη 2014. Αριάδνη Αργυράκη . «Περιβαλλοντική Γεωχημεία. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL1/>.



# 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 (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

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

Εικόνα 1: Global Soil Regions. Public Domain. Σύνδεσμος:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:USDA\\_soil\\_taxonomy\\_global\\_map.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:USDA_soil_taxonomy_global_map.png).

Πηγή: commons.wikimedia.org

Εικόνα 2: The composition of the textural classes of soils. Copyright US Soil Survey.

Εικόνα 3: Structures of goethite and gibbsite. Copyright The Surface Chemistry of Soils by Garrison Sposito.

Εικόνα 4: Structure of Clays. Copyright Josh Lory for [www.soilsurvey.org](http://www.soilsurvey.org). Σύνδεσμος:

<http://soils.missouri.edu/tutorial/page8.asp>. Πηγή: soils.missouri.edu

Εικόνα 5: Critical Zone. Copyright ELEMENTS, VOL. 3, PP. 315-319, 2007.





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

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

Εικόνα 6: Γονιμότητα εδαφών. Copyright Wild, 1993, Soils and Environment.

Εικόνα 7: Γονιμότητα εδαφών. Copyright Wild, 1993, Soils and Environment.

