



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Γεωχημεία

Ενότητα 2: Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια  
της γης

Αριάδνη Αργυράκη

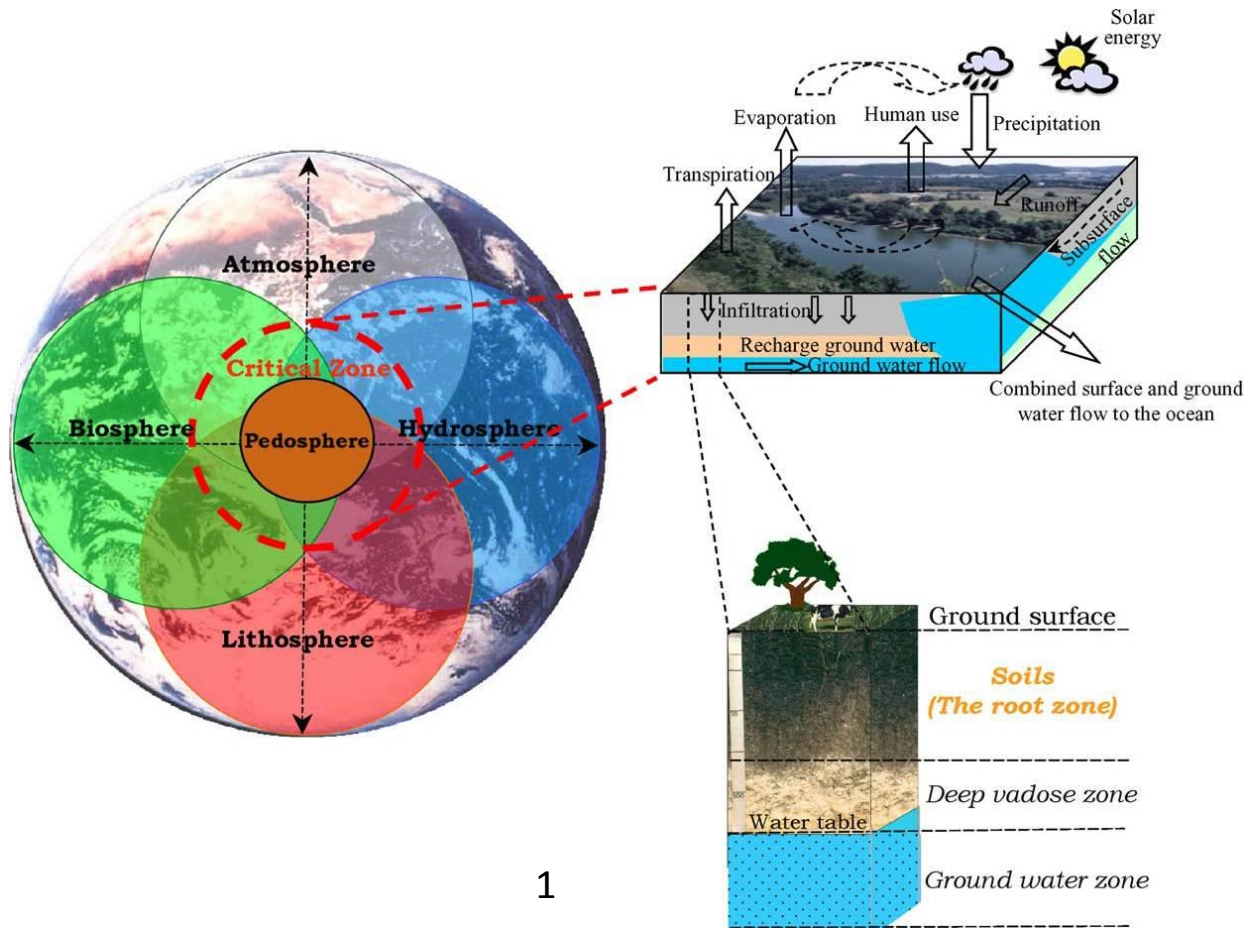
Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

# Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια της γης

Διεργασίες στην κρίσιμη ζώνη - Γεωχημεία  
εδαφών

# Κρίσιμη Ζώνη (Critical Zone) - ορισμός



1

Wilding and Lin 2007, Geoderma

- Το τμήμα της επιφάνειας της γης στο οποίο λαμβάνει χώρα η αλληλεπίδραση της βιόσφαιρας, της ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας και της λιθόσφαιρας.

- Περικλείει τον όγκο του επιφανειακού στρώματος της λιθόσφαιρας από το ανώτερο τμήμα της επιφανειακής βλάστησης έως τη βάση του υπόγειου νερού.

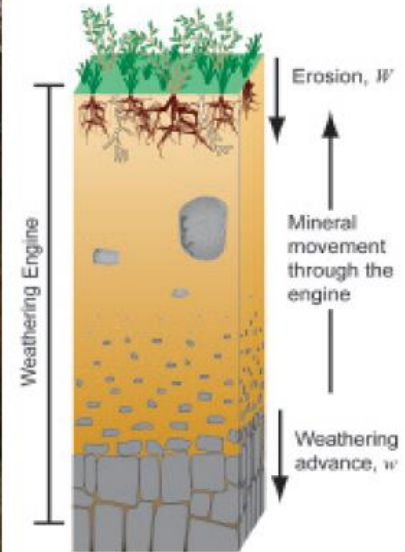
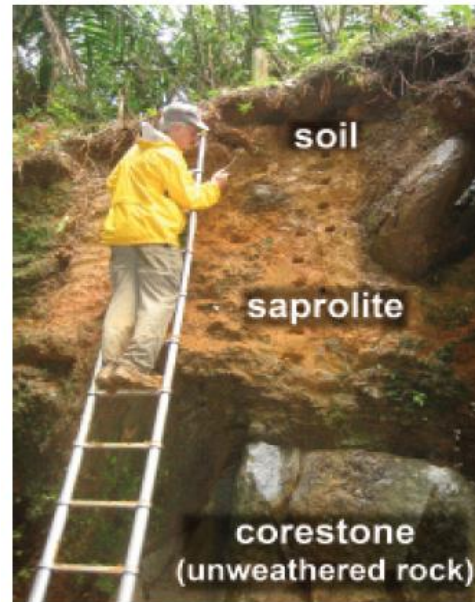
# ‘Αντιδραστήρας’ τροφοδοτούμενος με υλικό του πετρώματος



Soil

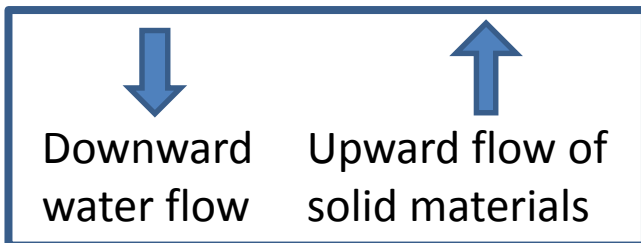
Regolith

Rock



2

Brantley et al., 2006, Elements



Όταν ο ρυθμός αποσάθρωσης ( $w$ ) είναι ίσος με το ρυθμό διάβρωσης ( $W$ ) τότε το πάχος του αποσαθρωμένου μανδύα και του εδάφους διατηρούνται σταθερά



# Ορισμός εδάφους

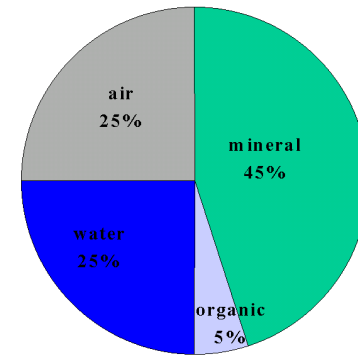
Έδαφος είναι το ανώτερο τμήμα του γήινου φλοιού το οποίο αποτελείται από ανόργανα συστατικά, οργανικό υλικό, νερό και αέρα.

Κενά πόρων (50%)

- Αέρας (20-30%)
- Εδαφικό νερό (20-30%)

Στερεά συστατικά (50%)

- Οργανικό υλικό (5%)
- Ανόργανα συστατικά (45%)



• Τα ανόργανα συστατικά αποτελούνται κατά κύριο λόγο από οξυγόνο, πυρίτιο και αργίλιο, καθώς από πλήθος άλλων στοιχείων σε μικρότερες ποσότητες. Το κλάσμα αυτό περιλαμβάνει τα διάφορα ορυκτολογικά συστατικά.

• Το οργανικό υλικό προέρχεται από τα υπολείμματα των φυτών και των οργανισμών που διαβιούν στο έδαφος. Αποτελείται κυρίως από άνθρακα, οξυγόνο, υδρογόνο και άζωτο.

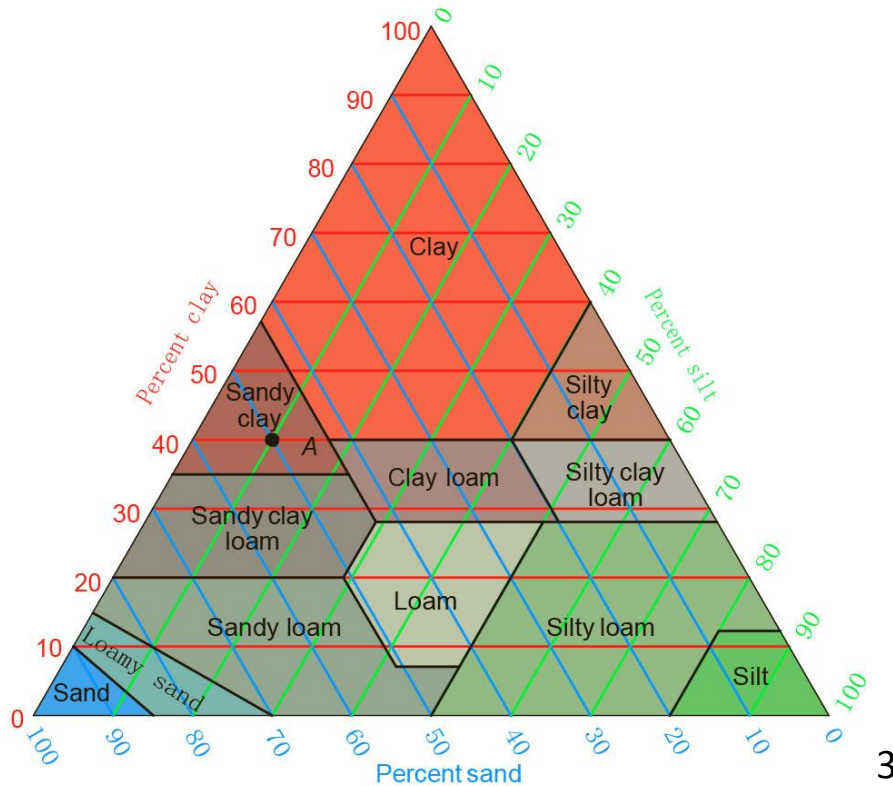
• Ο αέρας συνίσταται από οξυγόνο, άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα.

• Το εδαφικό νερό περιλαμβάνει διαλυμένα στοιχεία από τα ανόργανα συστατικά του εδάφους.





# Ταξινόμηση των εδαφών με βάση την ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ



Κατανομή των ανόργανων συστατικών του εδάφους ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους:

- άμμος (2-0.063 mm)
- ιλύς: (0.063-0.002 mm)
- Άργιλος (< 0.002 mm)

Η κοκκομετρία καθορίζει πόσο νερό μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος, πόσο 'ευαίσθητο' είναι στη διάβρωση, πόσο σταθερό είναι αλλά ακόμα και το είδος των φυτών που μπορούν να αναπτυχθούν σε αυτό.

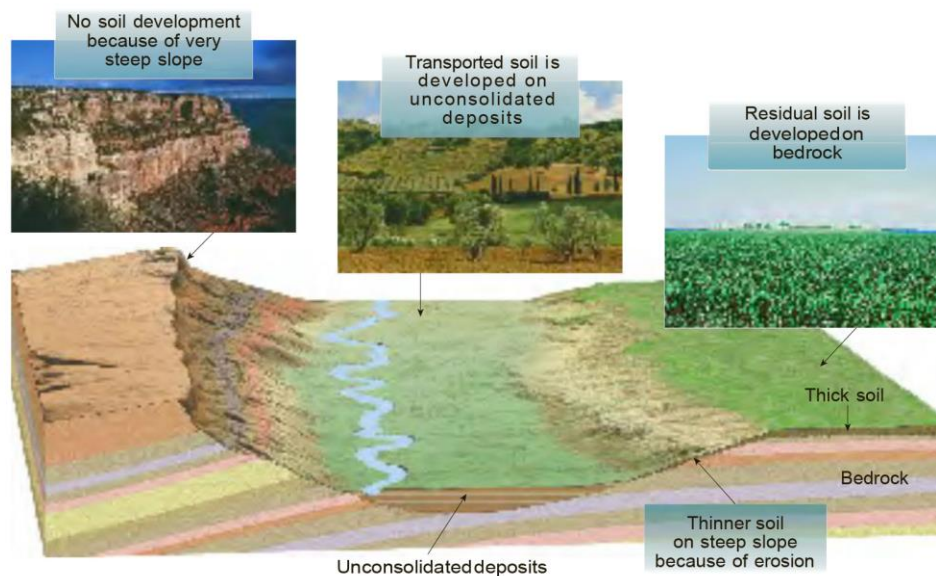
Σε ένα αμμώδες έδαφος, υπάρχουν μεγάλοι πόροι που πληρώνονται με αέρα (οπότε το έδαφος είναι καλά αεριζόμενο), ενώ το νερό διαφεύγει εύκολα εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους των πόρων.



# Παράγοντες εδαφογένεσης

**1) Μητρικό υλικό:** προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό τη χημική σύσταση του εδάφους που θα προκύψει από την αποσάθρωση του.

**2) Τοπογραφία:** η μορφολογία του αναγλύφου επηρεάζει την ανάπτυξη των εδαφικών οριζόντων (οι εδαφικοί ορίζοντες σε απότομες πλαγιές δεν προλαβαίνουν να αναπτυχθούν = μικρό πάχος εδάφους).



4

Έλεγχος μητρικού υλικού και τοπογραφίας στο σχηματισμό του εδάφους.

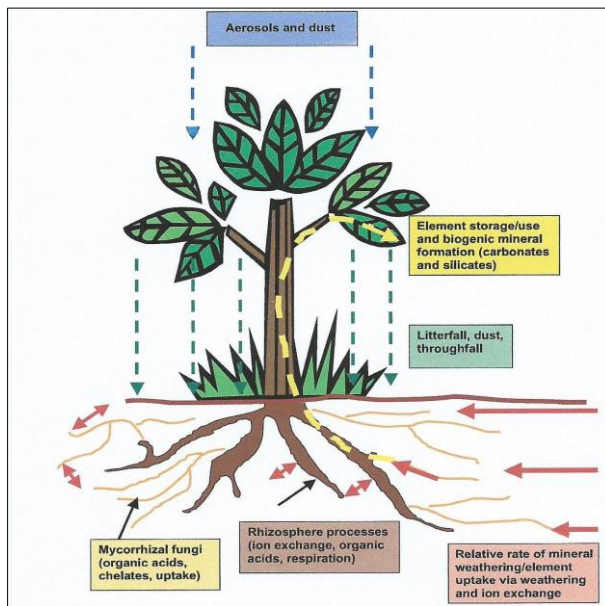


# Παράγοντες εδαφογένεσης

**3) Χρόνος:** όσο μεγαλύτερη ηλικία έχει ένα έδαφος, τόσο περισσότερο διαφέρει η σύστασή του από τη σύσταση του μητρικού πετρώματος.

**4) Κλίμα:** οι μεταβολές της θερμοκρασίας και η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων καθορίζουν την ένταση και το είδος της αποσάθρωσης σε κάθε περιοχή.

**5) Βιολογικοί παράγοντες:** η παραγωγή οργανικών οξέων και συμπλόκων από την αποσύνθεση του οργανικού υλικού υποβοηθάει τη χημική αποσάθρωση των ορυκτών.



Amundson et al., 2007, Elements

5

## 3 σημαντικές διεργασίες:

- βιογενές  $\text{CO}_2$  από τη διαπνοή των φυτών → σχηματισμός  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- φαινόμενα ιοντοανταλλαγής = απελευθέρωση  $\text{H}^+$  από τα φυτά (ταυτόχρονη πρόσληψη  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του pH
- οι ρίζες των φυτών εκκρίνουν οργανικά οξέα και χηλικές ενώσεις οι οποίες δημιουργούν διαλυτά σύμπλοκα με τα στοιχεία Fe, Al και άλλα μέταλλα.



## Περιεχόμενο των στοιχείων σε εδάφη και στο φλοιό της γης

| Element   | Earth's crust (mean) | Soil (median) |
|-----------|----------------------|---------------|
| <b>O</b>  | 47.4%                | 49%           |
| <b>Si</b> | 27.7%                | 33%           |
| <b>Al</b> | 8.2%                 | 7.1%          |
| <b>Fe</b> | 4.1%                 | 4%            |
| <b>Ca</b> | 4.1%                 | 1.5%          |
| <b>Na</b> | 2.3%                 | 0.5%          |
| <b>K</b>  | 2.1%                 | 1.4%          |
| <b>N</b>  | 25 mg/kg             | 2000 mg/kg    |
| <b>C</b>  | 480 mg/kg            | 2%            |
| <b>Mg</b> | 2.3%                 | 0.5%          |
| Mn        | 950 mg/kg            | 1000 mg/kg    |
| S         | 260 mg/kg            | 700 mg/kg     |
| P         | 1000 mg/kg           | 800 mg/kg     |
| Ba        | 500 mg/kg            | 500 mg/kg     |
| Sr        | 370 mg/kg            | 250 mg/kg     |
| Ni        | 80 mg/kg             | 50 mg/kg      |
| Cr        | 100 mg/kg            | 70 mg/kg      |
| Cu        | 50 mg/kg             | 30 mg/kg      |
| Zn        | 190 mg/kg            | 400 mg/kg     |

Major elements

Trace elements

- Σημαντικός εμπλουτισμός C και N σε σχέση με τις περιεκτικότητες στο γήινο φλοιό.
- Απεμπλουτισμός Ca, Na, K και Mg εξαιτίας της υψηλής διαλυτότητας που χαρακτηρίζει τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά που περιέχουν τα στοιχεία αυτά.

# Κύρια ορυκτά που απαντούν σε εδάφη

A) Πρωτογενή ορυκτά (π.χ. χαλαζίας =  $\text{SiO}_2$ , άστριοι, μαμαρυγίες, αμφίβολοι, πυρόξενοι, ολιβίνης =  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ , επίδοτο)

B) Δευτερογενή ορυκτά (αργιλικά ορυκτά, οξειδία σιδήρου και αργιλίου)

Σχέση των ορυκτών που περιέχονται στα εδάφη με την αποσάθρωση

## Πρώιμα στάδια αποσάθρωσης

Γύψος, ανθρακικά ορυκτά, ολιβίνης, πυρόξενοι, αμφίβολοι, άστριοι



Χαμηλό περιεχόμενο σε νερό και οργανικό υλικό, περιορισμένη έκλυση, μικρή χρονική διάρκεια αποσάθρωσης



Ξηρές, υγρές ή ψυχρές περιοχές, φτωχά αποσαθρωμένα εδάφη

## Ενδιάμεσα στάδια αποσάθρωσης

Χαλαζίας, μαμαρυγίες, ιλλίτης, χλωρίτης, σμεκτίτης



Διατήρηση Na, K, Ca, Mg, Fe (II) και Si,



Εδάφη σε εύκρατα κλίματα, συνάθροιση humus και αργιλικών ορυκτών, καλά αναπτυγμένοι έδαφικοί ορίζοντες

## Προχωρημένα στάδια αποσάθρωσης

Καολινίτης, γιψίτης, οξειδία σιδήρου



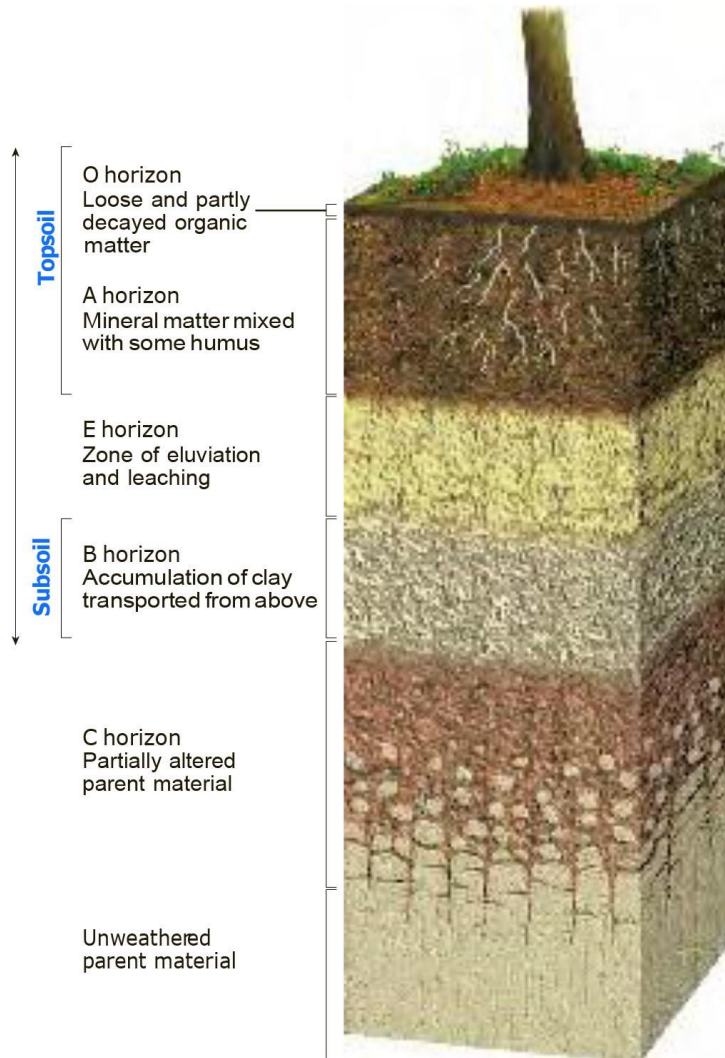
Απομάκρυνση Na, K, Ca, Mg, Fe (II) και Si, έντονη έκλυση, οξείδωση Fe (II)



Εδάφη σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία και μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, απουσία Ca, K, Na, Mg



# Ορίζοντες εδάφους



- **Ορίζοντας O:** αποτελείται κυρίως από οργανικό υλικό
- **Ορίζοντας A:** συνύπαρξη οργανικού υλικού και εδάφους αποτελούμενο από ορυκτολογικά συστατικά
- **Ορίζοντας E:** ζώνη απόπλυσης (απομάκρυνση πυριτικών ορυκτών και οξειδίων Fe και Al μέσω απόπλυσης =eluviation), απομάκρυνση στοιχείων (Ca, Mg, Na, K) 'εν διαλύσει' (έκπλυση=leaching)
- **Ορίζοντας B:** ζώνη εμπλουτισμού (συνάθροιση οξειδίων, αργιλικών, ανθρακικών και πυριτικών ορυκτών)
- **Ορίζοντας C:** μερικώς αποσαθρωμένο μητρικό υλικό
- **R:** Μητρικό πέτρωμα

6



# Ποσοτικοποίηση βαθμού αποσάθρωσης με προφίλ βάθους κανονικοποιημένης συγκέντρωσης ως προς δυσκίνητα στοιχεία

(π.χ. Ti)

$$\tau_{i,j} = \frac{C_{j,w}}{C_{j,p}} \frac{C_{i,p}}{C_{i,w}} - 1$$

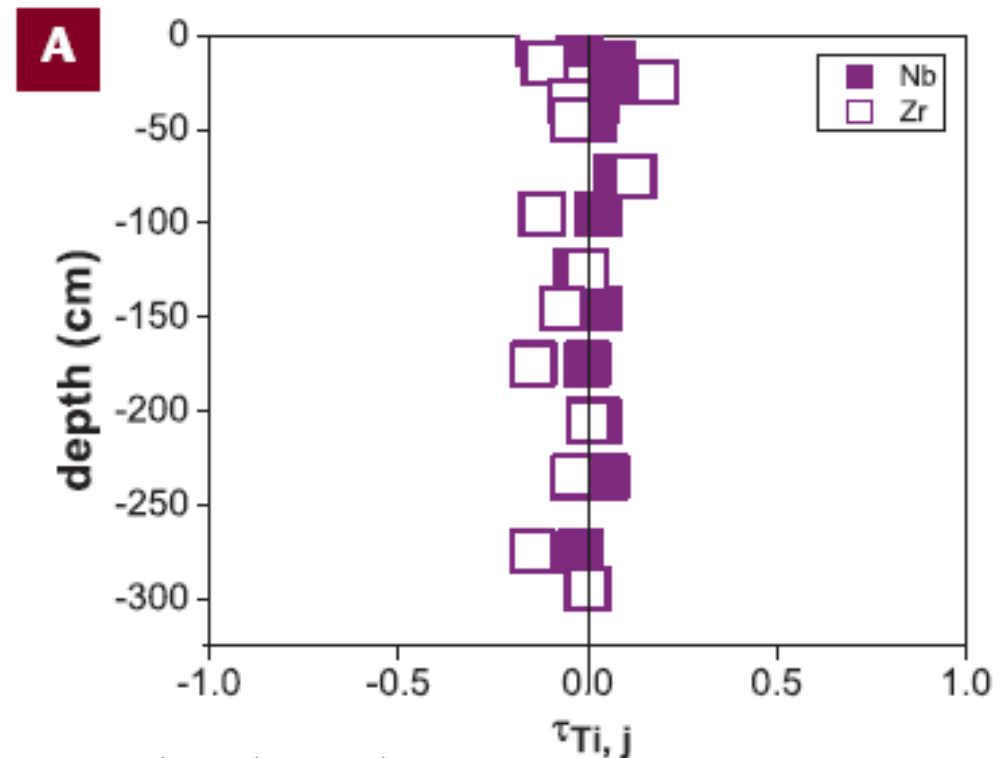
i= Δυσκίνητο στοιχείο

j= Ευκίνητο στοιχείο

w= Αποσαθρωμένος μανδύας

p= Μητρικό πέτρωμα

C = συγκέντρωση (mol/m<sup>3</sup>)

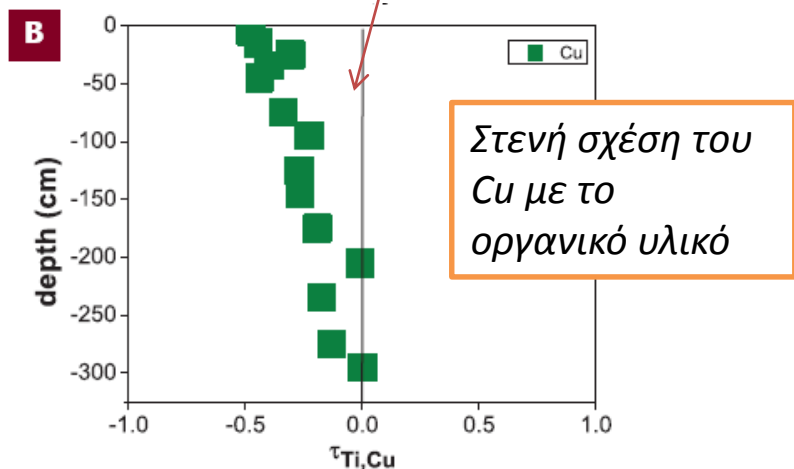


Brantley et al., 2007, Elements

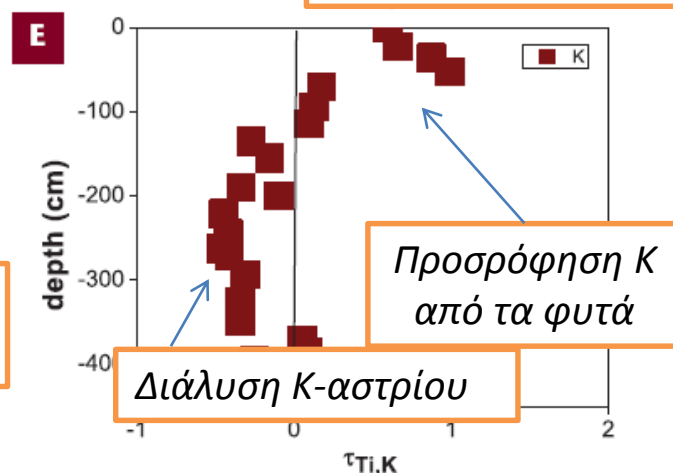
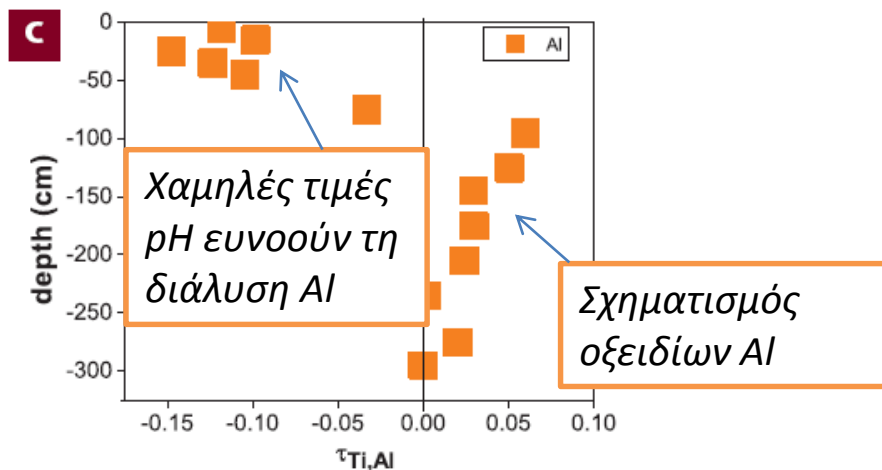
7

# Ποσοτικοποίηση βαθμού αποσάθρωσης με προφίλ βάθους κανονικοποιημένης συγκέντρωσης ως προς δυσκίνητα στοιχεία

απεμπλουτισμός



εμπλουτισμός

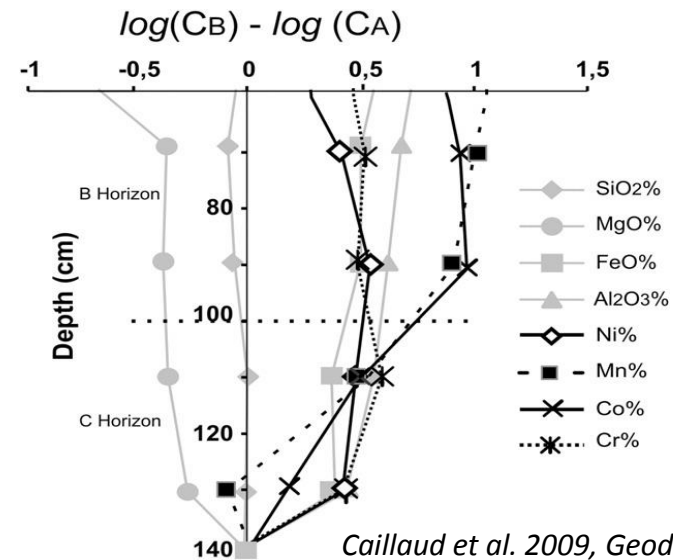




# Χημικές μεταβολές κατά μήκος ενός τυπικού εδαφικού προφίλ σε περιοχές εμφάνισης υπερβασικών πετρωμάτων (εύκρατο κλίμα)

$C_B$  = Συγκέντρωση στοιχείου στον μανδύα αποσάθρωσης

$C_A$  = Συγκέντρωση στοιχείου στο μητρικό πέτρωμα



8

| Depth(cm)    | Major elements (wt.% oxides) |                                |                                |       | Trace metals (mg/kg) |      |      |     |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|----------------------|------|------|-----|
|              | SiO <sub>2</sub>             | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | Ni                   | Cr   | Mn   | Co  |
| 60-80        | 32.69                        | 7.32                           | 25.29                          | 16.01 | 4142                 | 7466 | 5886 | 724 |
| 80-100       | 33.80                        | 6.26                           | 24.36                          | 14.92 | 5320                 | 6756 | 4569 | 750 |
| 100-120      | 39.29                        | 5.44                           | 18.34                          | 15.93 | 4625                 | 8675 | 1936 | 248 |
| 120-140      | 37.97                        | 4.01                           | 18.81                          | 19.10 | 4018                 | 5812 | 465  | 117 |
| Rock > 140   | 39.61                        | 1.49                           | 7.79                           | 36.41 | 1587                 | 2262 | 620  | 86  |
| Earth' crust |                              |                                |                                |       | 75                   | 100  | 950  | 25  |

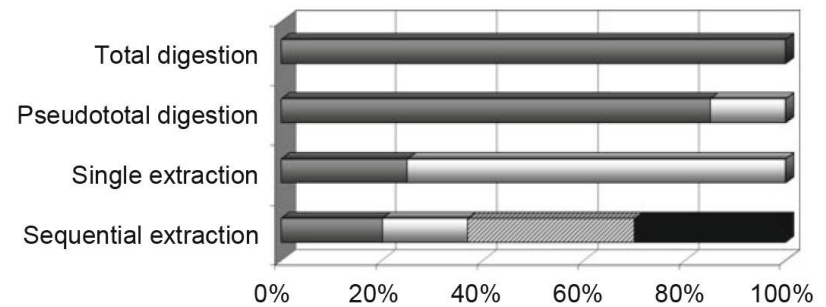


# Μέθοδοι προσδιορισμού στοιχείων σε εδάφη

- Ολική διαλυτοποίηση – χρήση μείγματος 4 οξέων ( $\text{HNO}_3$ - $\text{HClO}_4$ -**HF**-  $\text{HCl}$ )
- Μερική διαλυτοποίηση – χρήση ασθενών οξέων (πχ.  $\text{HNO}_3$ - $\text{HCl}$ - $\text{H}_2\text{O}_2$ )
- Απλές εκχυλίσεις (χρήση ασθενών οξέων (πχ.  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ή οργανικών οξέων (EDTA)
- Διαδοχικές εκχυλίσεις (προσφέρουν περισσότερες πληροφορίες για τις γεωχημικές φάσεις που φιλοξενούν τα στοιχεία)

- Η επιλογή της αναλυτικής μεθόδου εξαρτάται κυρίως από τους **στόχους της έρευνας και το είδος των πληροφοριών που αναμένεται να αντληθούν**. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν:
- κόστος αναλύσεων
  - διαθέσιμος χρόνος
  - διαθεσιμότητα χημικών αντιδραστηρίων
    - τα χημικά στοιχεία που πρόκειται να αναλυθούν

➔ **Διαφορετικά αντιδραστήρια διαλυτοποιούν διαφορετικά συστατικά του εδάφους**



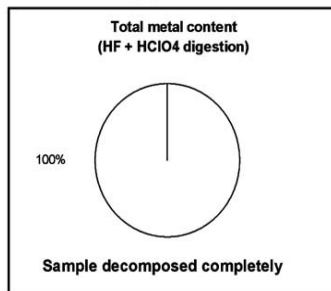
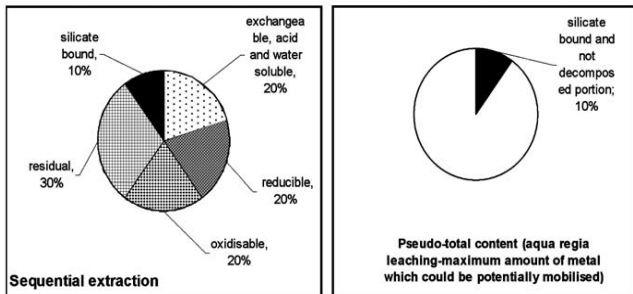
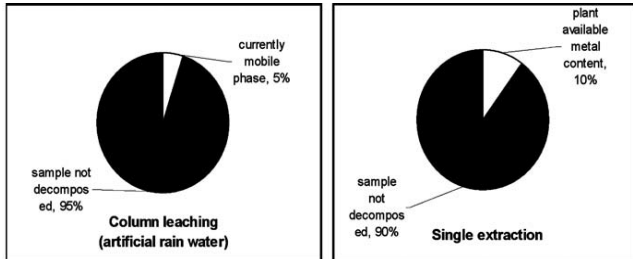
# Μέθοδοι προσδιορισμού στοιχείων σε εδάφη

Αναλυτικές μέθοδοι  
προσδιορισμού στοιχείων σε εδάφη

Μέθοδος διαδοχικών εκλεκτικών εκχυλίσεων  
(Tessier et al., 1979)



5 στάδια



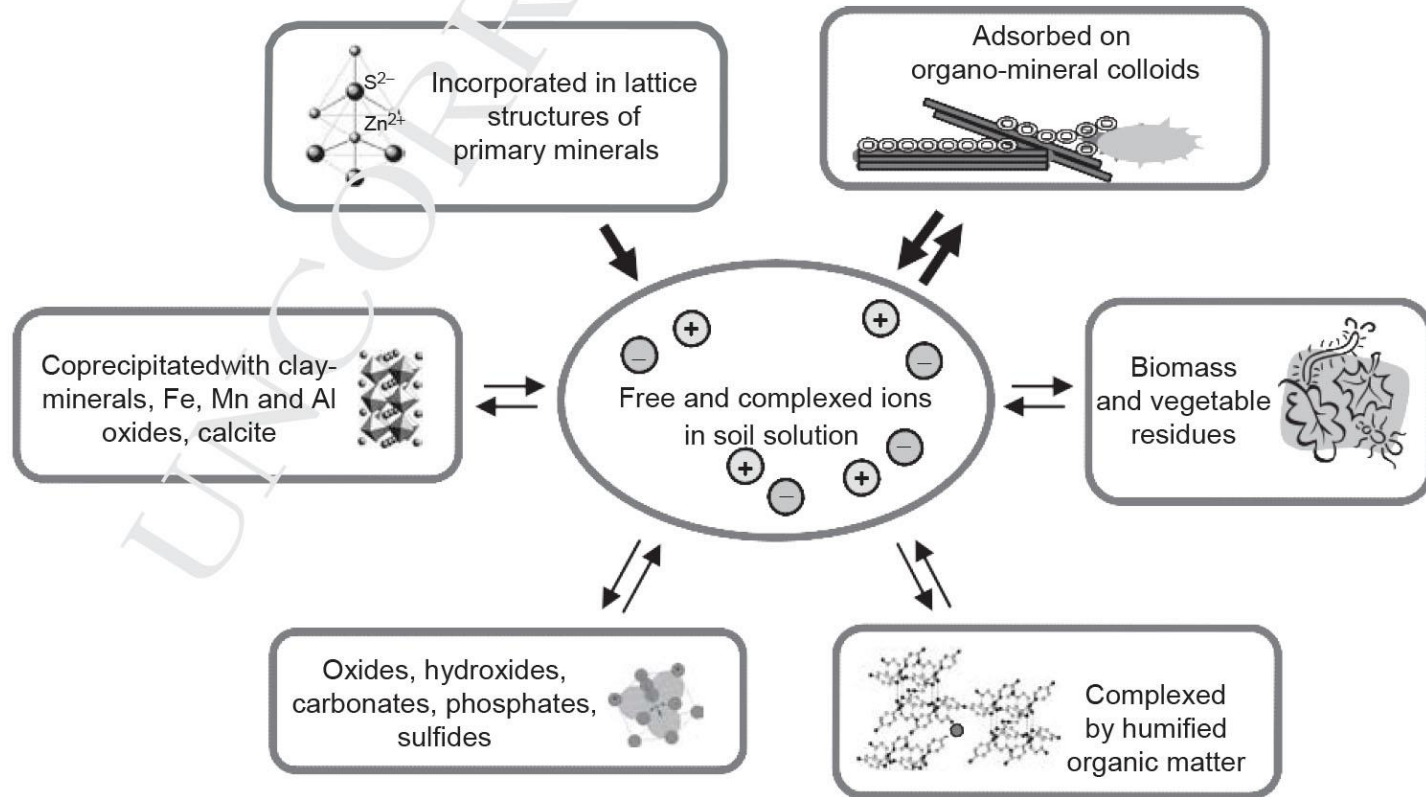
- Ανταλλάξιμη φάση (θέσεις ιοντοανταλλαγής και ειδικής προσρόφησης) → π.χ.  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$
- ανθρακική φάση (κλάσμα συνδεδεμένο με ανθρακικά ορυκτά) →  $CH_3COOH$ ,  $CH_3COONa$
- αναγώγιμη φάση (κλάσμα συνδεδεμένο με οξείδια Fe-Mn) →  $NH_2 \cdot OH \cdot HCl$
- οξειδώσιμη φάση (κλάσμα συνδεδεμένο με οργανικό υλικό και θειούχα ορυκτά) →  $H_2O_2$
- υπολλειματική φάση (κλάσμα συνδεδεμένο με το πλέγμα πρωτογενών και δευτερογενών αργιλοπυριτικών ορυκτών) → μείγμα από  $HF$ ,  $HNO_3$  και  $HClO_4$

Τα χημικά αντιδραστήρια εφαρμόζονται με αυξανόμενη ισχύ (αντιδραστικότητα) ώστε τα ανακτώμενα κλάσματα να αντιστοιχούν σε χημικές μορφές των στοιχείων με μικρότερη κινητικότητα

10

Rao et al., 2008, Water, Air and Soil Pollution

# Μορφές εμφάνισης ιχνοστοιχείων σε εδάφη



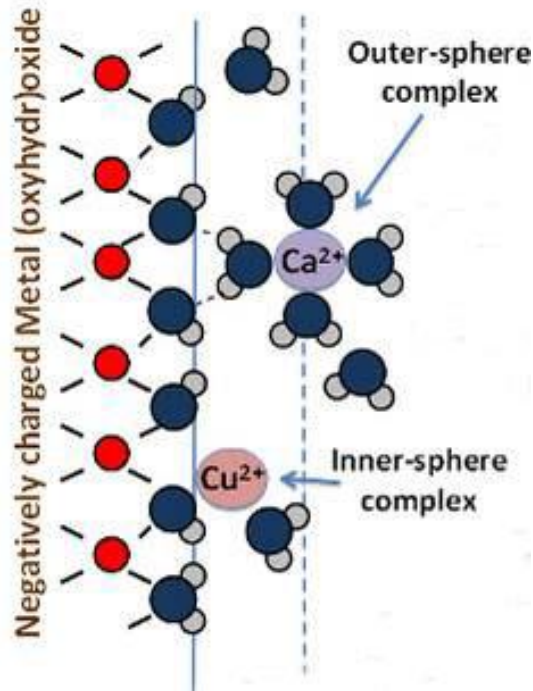
11

3 κύριες μορφές: 1) ιόντα στο εδαφικό διάλυμα, 2) προσροφημένα σε στερεές φάσεις, 3) συμμετοχή στη δομή στερεών φάσεων



# Προσρόφηση

Προσρόφηση (adsorption) ορίζεται η απομάκρυνση ενός ιόντος στην επιφάνεια ενός στερεού σωματιδίου, χωρίς τη δημιουργία μιας τυπικής τρισδιάστατης μοριακής δομής, χαρακτηριστικής για ένα ορυκτό.



12

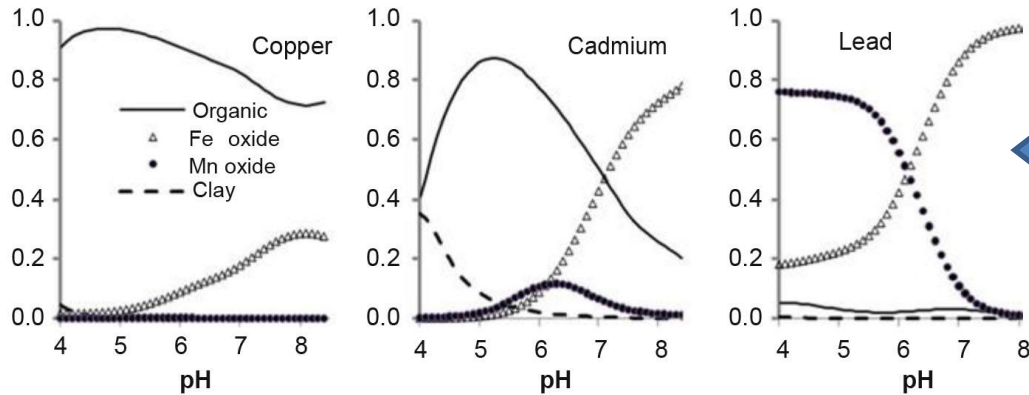
Η προσρόφηση των ιχνοστοιχείων λαμβάνει χώρα σε αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες στερεών σωματιδίων (κυρίως αργιλικά ορυκτά και οξειδία Fe, Mn και Al) μέσω δύο μηχανισμών:

- **σύμπλοκα εξωτερικής σφαίρας (outer-sphere complexes)** = δέσμευση των ιόντων στην επιφάνεια σωματιδίων με δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσεως (τα ιόντα διατηρούν το νερό ενυδάτωσης).

- **σύμπλοκα εσωτερικής σφαίρας (inner-sphere complexes)** = δέσμευση απευθείας των ιόντων στις λειτουργικές ομάδες, κυρίως -OH, -O, της επιφάνειας των στερεών σωματιδίων. Αυτά τα σύμπλοκα δε χαρακτηρίζονται από μόρια νερού μεταξύ του ιόντος και της επιφάνειας με αποτέλεσμα ο δεσμός να είναι ισχυρότερος.

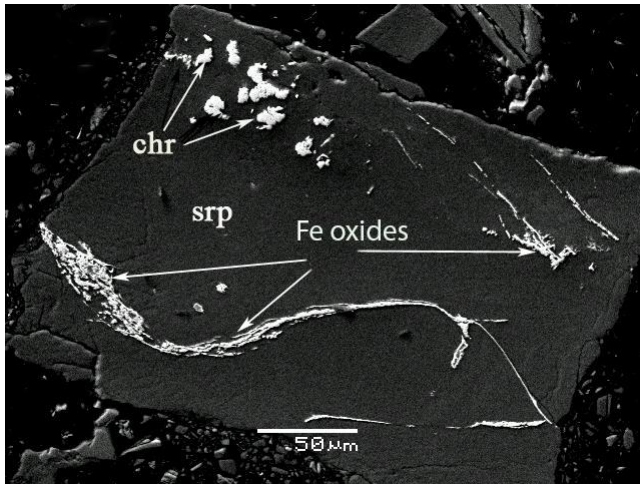
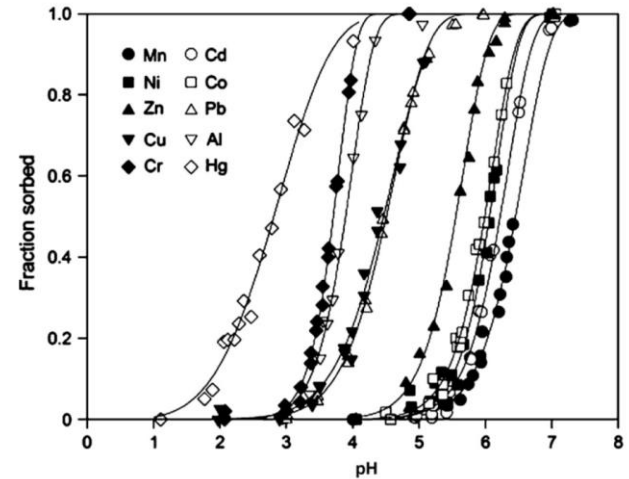


# Κάθε στοιχείο χαρακτηρίζεται από διαφορετική συμμετοχή στις διάφορες γεωχημικές φάσεις



Ποσοστιαία κατανομή Cu, Cd και Pb μεταξύ του οργανικού υλικού, οξειδίων Fe και Mn και αργιλικών ορυκτών για εδάφη ολικών συγκεντρώσεων 135, 3 και 300 mg/kg αντίστοιχα.

*Η σημασία του pH στην προσρόφηση ιχνοστοιχείων*

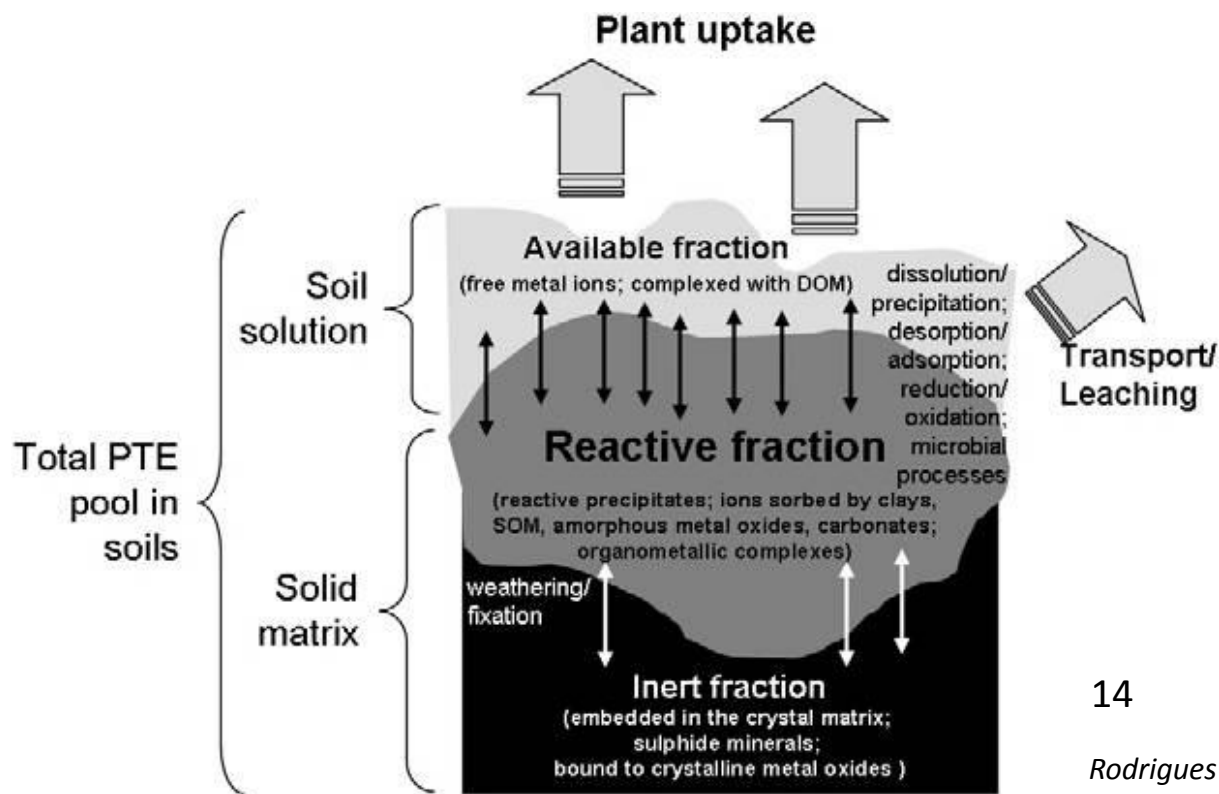


Fe oxide coatings on serpentine

13

Προσρόφηση ιχνοστοιχείων από τον γκαϊτίτη έπειτα από αντίδραση 2 ωρών

# Γεωχημική αντιδραστικότητα των στοιχείων



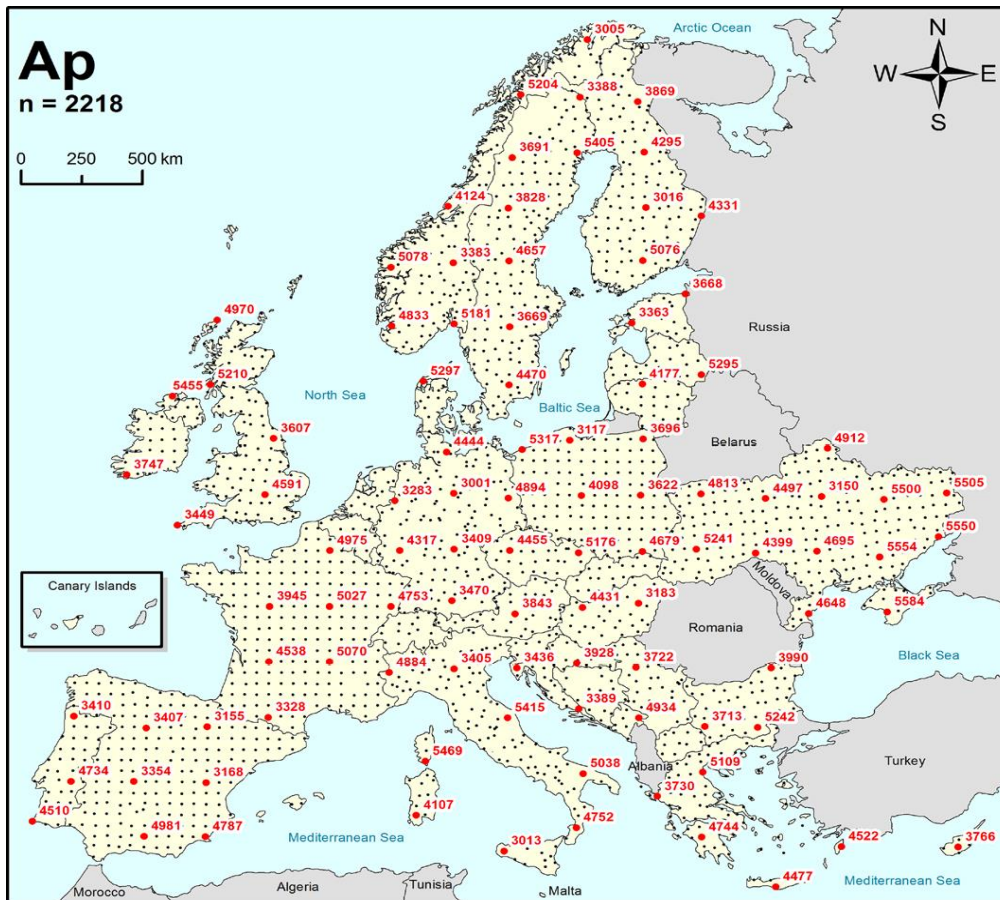
14

Rodrigues et al., 2010, Chemosphere

Γεωχημική αντιδραστικότητα των στοιχείων σε συνάρτηση με τα κλάσματα συμμετοχής τους και τις κύριες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα εδάφη



# Γεωχημική χαρτογράφηση αγροτικών εδαφών της Ευρώπης



33 Ευρωπαϊκές χώρες



2100 αγροτικά δείγματα  
(1 δείγμα ανά 2500 km<sup>2</sup>) από  
τα οποία 53 δείγματα ήταν  
από τον ελληνικό χώρο.

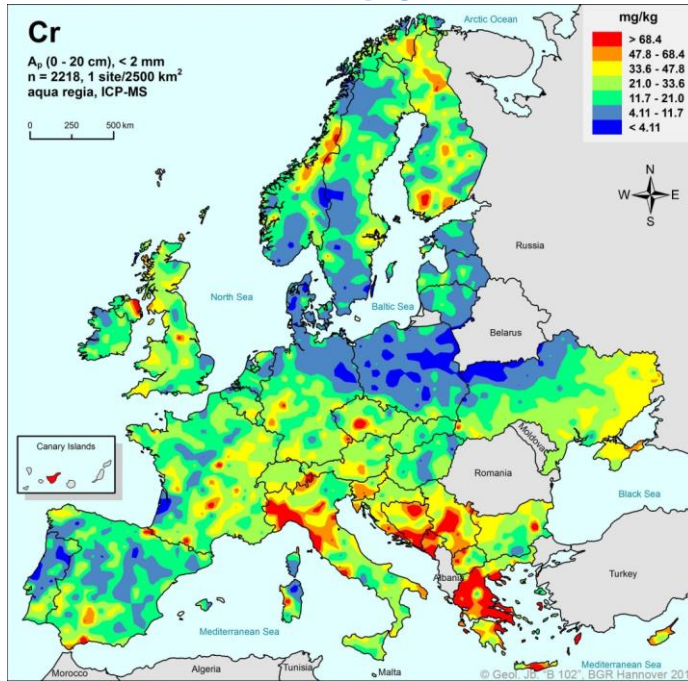
Συμμετοχή πολλών  
ειδικοτήτων: γεωλόγοι,  
γεωχημικοί, χημικοί,  
στατιστικολόγοι από  
Πανεπιστήμια, Γεωλογικές  
Υπηρεσίες, Υπουργεία των  
Ευρωπαϊκών χωρών

Χάρτης δειγματοληψίας αγροτικών εδαφών

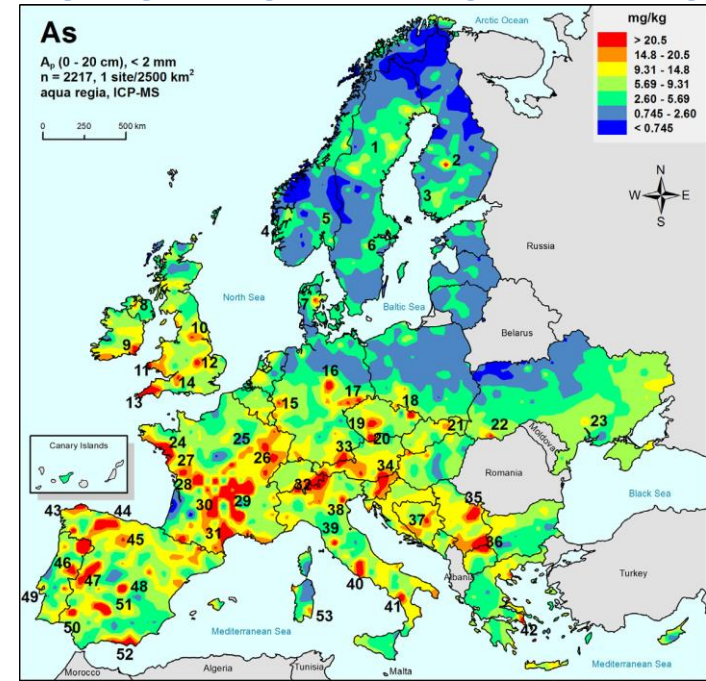
15



# Γεωχημικοί χάρτες κατανομής Cr και As στα αγροτικά εδάφη της Ευρώπης.



16



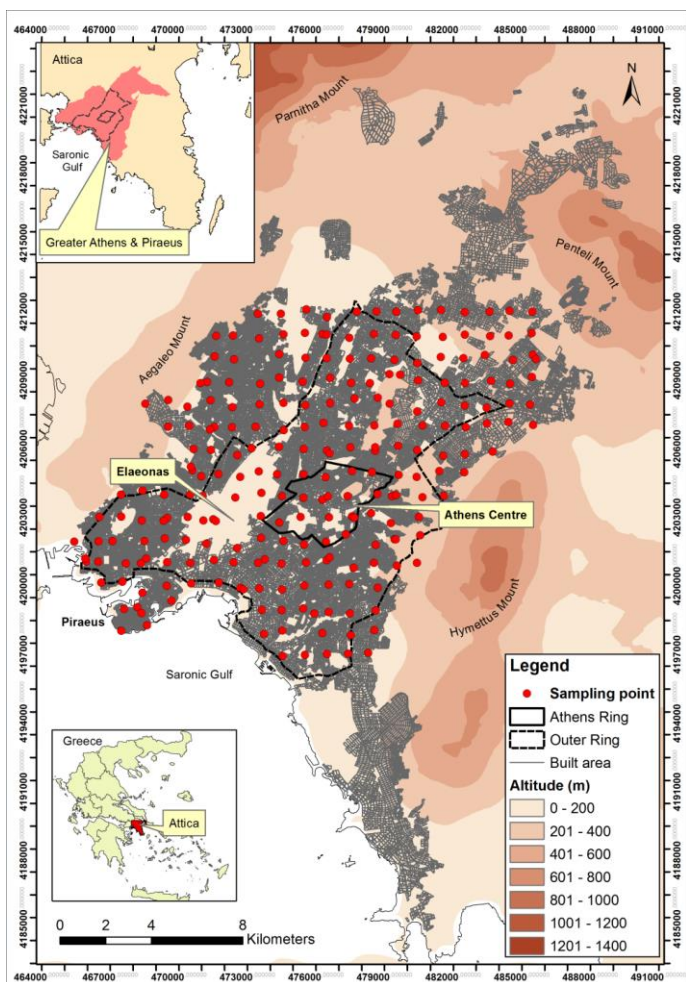
17

Οι φυσικές γεωλογικές διεργασίες καθορίζουν τη γεωχημεία του εδάφους. Η σαφής διαφορά στα επίπεδα των συγκεντρώσεων μεταξύ της Βόρειας και της Νότιας Ευρώπης συνδέεται με το νοτιότερο όριο της τελευταίας παγετώδους περιόδου.

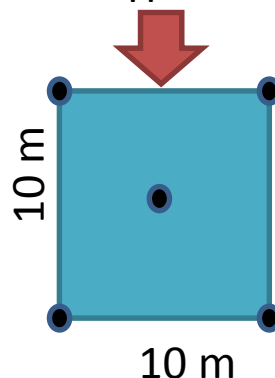
Τα εδάφη από τη Νότια Ευρώπη είναι μεγαλύτερης ηλικίας και περισσότερο λεπτόκοκκα με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από υψηλότερες συγκεντρώσεις χημικών στοιχείων.

# Γεωχημική χαρτογράφηση επιφανειακών εδαφών της πόλης των Αθηνών

(Argyrazi and Kelepertzis 2014)



Τρόπος συλλογής δειγμάτων 19



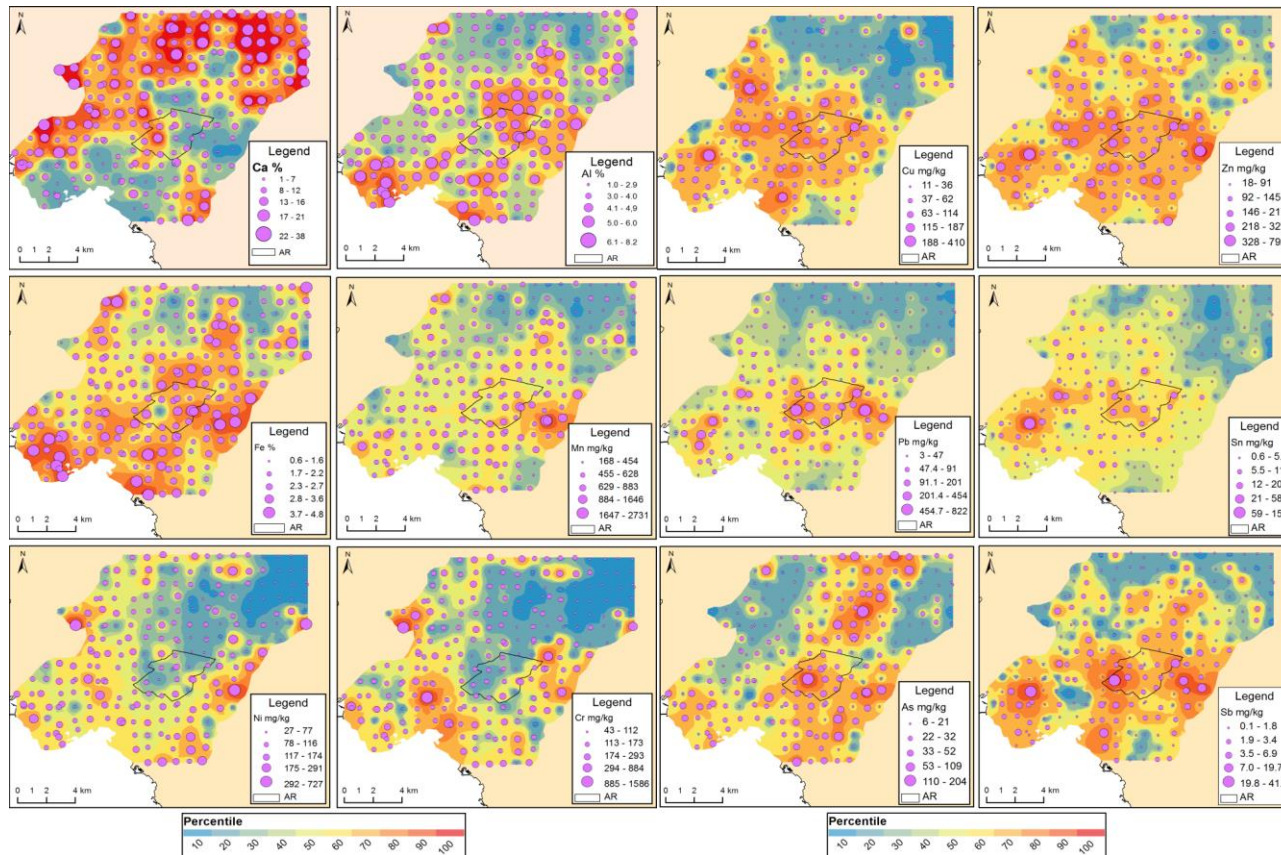
18

- 238 επιφανειακά δείγματα (0-10 cm)
- συλλογή βάσει τετραγωνικού κάναβου με διαστάσεις κελιών 1km x 1km
- χώνευση με μίγμα  $\text{HNO}_3\text{-HCl-HClO}_4\text{-HF}$





# Γεωχημικοί χάρτες κατανομής κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων σε εδάφη από την Αθήνα

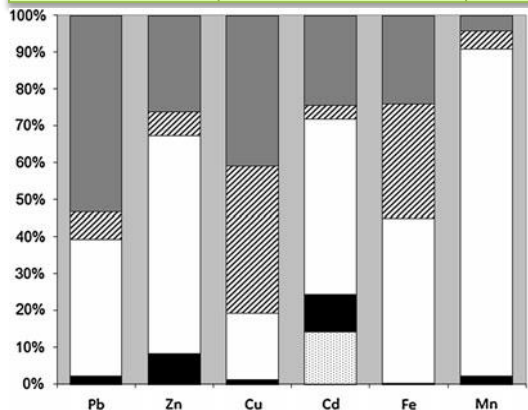


20

Σε αυτήν την πυκνότητα δειγματοληψίας γίνεται εμφανής η διάκριση φυσικών και ανθρωπογενών πηγών εμπλουτισμού των στοιχείων

# Εδαφογεωχημική έρευνα στο Στρατώνι Χαλκιδικής (Argyraiki et al 2007)

| Element                       | Stratoni mean | Global soil mean | UK (DOE-ICRCL) |           | France       | Canada          |
|-------------------------------|---------------|------------------|----------------|-----------|--------------|-----------------|
|                               |               |                  | Small garden   | Open area | Action limit | Industrial area |
| <i>Συγκεντρώσεις σε mg/kg</i> |               |                  |                |           |              |                 |
| Pb                            | <b>1090</b>   | 17               | 450            | 1500      | 1000         | 1000            |
| Zn                            | <b>878</b>    | 50               | 280            | 280-560   | 3000         | 1500            |
| Cu                            | <b>184</b>    | 20               | 140            | 140-280   | 1000         | 500             |
| Cd                            | <b>6.2</b>    | 1                | 5              | 12-15     | 20           | 20              |
| As                            | <b>635</b>    | 5                | 20             | 40        |              | 50              |



Εμπλουτισμός των εδαφών με τα στοιχεία τα υπάρχουν σε αφθονία στα θειούχα ορυκτά της περιοχής - πιθανή επίδραση των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων στο χημισμό του εδάφους

Στενή σύνδεση των στοιχείων με τα οξείδια Fe και Mn, μικρό ποσοστό σχετίζεται και με τα ανθρακικά ορυκτά

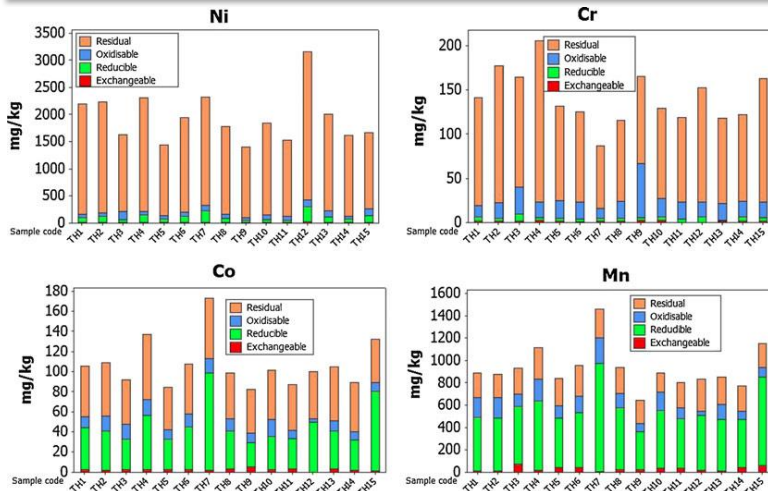
Αποτελέσματα διαδοχικών εκχυλίσεων

(I ανταλλάξιμη, II ανθρακικά ορυκτά, III αναγώγιμη, IV οξειδώσιμη, V υπολειμματική)

# Εδαφικά δείγματα από την περιοχή Θηβών (Kelepertzis and Stathopoulou 2013)

|   | Pb  | Zn  | Ni          | Cr         | Cu  | Mn   | Co        |
|---|-----|-----|-------------|------------|-----|------|-----------|
| Μέση τιμή στη Θήβα                            | 24  | 67  | <b>1591</b> | <b>277</b> | 32  | 1010 | <b>54</b> |
| Μέση σύσταση εδαφών                           | 10  | 50  | 40          | 100        | 20  | 850  | 10        |
| Επιθυμητή τιμή (Ολλανδική νομοθεσία)          | 85  | 140 | 35          | 100        | 36  | *    | 20        |
| Όριο ανάγκης παρέμβασης (Ολλανδική νομοθεσία) | 530 | 720 | 210         | 380        | 190 | *    | 240       |

*Συγκεντρώσεις σε mg/kg*



Εμπλουτισμός εδαφών με Ni, Cr και Co  
εξαιτίας των γεωλογικών σχηματισμών που  
επικρατούν στην περιοχή



Καθολική συμμετοχή των στοιχείων  
Ni, Cr και Co στην υπολειμματική λιθογενή  
φάση

22

Αποτελέσματα διαδοχικών εκχυλίσεων



# 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 2015. Αριάδνη Αργυράκη. «Γεωχημεία. Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια της γης». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL2/>.



# 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 (1/4)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

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

Εικόνα 1: Critical zone. Copyrighted. Πηγή: Wilding and Lin 2007, Geoderma.

Εικόνα 2: Copyrighted. Πηγή: Brantley et al., 2006, Elements.

Εικόνα 3: Copyrighted.

Εικόνα 4: Copyrighted.

Εικόνα 5: Copyrighted. Πηγή: Amundson et al., 2007, Elements.

Εικόνα 6: Ορίζοντες εδάφους. Copyright Pearson Prentice Hall, Inc. Σύνδεσμος:  
<https://www.studyblue.com/notes/n/chapter-12-part-2-/deck/861365>. Πηγή:  
[www.studyblue.com](http://www.studyblue.com)





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/4)

Εικόνα 7: Copyrighted. Πηγή: Brantley et al., 2007, Elements.

Εικόνα 8: Copyrighted. Πηγή: Caillaud et al. 2009, Geoderma.

Εικόνα 9: Copyrighted.

Εικόνα 10: Αναλυτικές μέθοδοι προσδιορισμού στοιχείων σε εδάφη. Copyrighted.  
Πηγή: Rao et al., 2008, Water, Air and Soil Pollution.

Εικόνα 11: Copyrighted.

Εικόνα 12: Copyrighted.

Εικόνα 13: Fe oxide coatings on serpentine. Copyrighted.

Εικόνα 14: Copyrighted. Πηγή: Rodrigues et al., 2010, Chemosphere.

Εικόνα 15: Χάρτης δειγματοληψίας αγροτικών εδαφών. Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/4)

Εικόνα 16: Γεωχημικός χάρτης κατανομής Cr στα αγροτικά εδάφη της Ευρώπης. Copyrighted.

Εικόνα 17: Γεωχημικός χάρτης κατανομής As στα αγροτικά εδάφη της Ευρώπης. Copyrighted.

Εικόνα 18: Γεωχημική χαρτογράφηση επιφανειακών εδαφών της πόλης των Αθηνών. Copyrighted.

Εικόνα 19: Γεωχημική χαρτογράφηση επιφανειακών εδαφών της πόλης των Αθηνών. Copyright segh.net, Dr. Ariadne Argyraki. Σύνδεσμος: [http://www.segh.net/articles/Urban\\_soil\\_of\\_Athens\\_Greece\\_Local\\_geology\\_beats\\_human\\_pollution\\_on\\_trace\\_elements](http://www.segh.net/articles/Urban_soil_of_Athens_Greece_Local_geology_beats_human_pollution_on_trace_elements). Πηγή: [www.segh.net](http://www.segh.net)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/4)

Εικόνα 20: Γεωχημικοί χάρτες κατανομής κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων σε εδάφη από την Αθήνα. Copyrighted.

Εικόνα 21: Copyrighted.

Εικόνα 22: Copyrighted.

