



N.K.U.A. - Department of Science

Psachna, Euboea - Euripus Campus

# Φυσική Περιβάλλοντος :

## “κεφ 12: Η Φυσική του εδάφους”

*Καθ. Μιχάλης Γρ Βραχόπουλος*

Energy and Environmental Research Laboratory



# Η Φυσική του εδάφους

Η Γη αποτελείται από στερεό εσωτερικό πυρήνα, ρευστό εξωτερικό πυρήνα, ημίρρευστο μανδύα (είναι λιγότερο ιψώδης από τον πυρήνα) και τον εξωτερικό στερεό φλοιό.

Εξωτερικό στρώμα της γης:

Φλοιός = 0-35 km

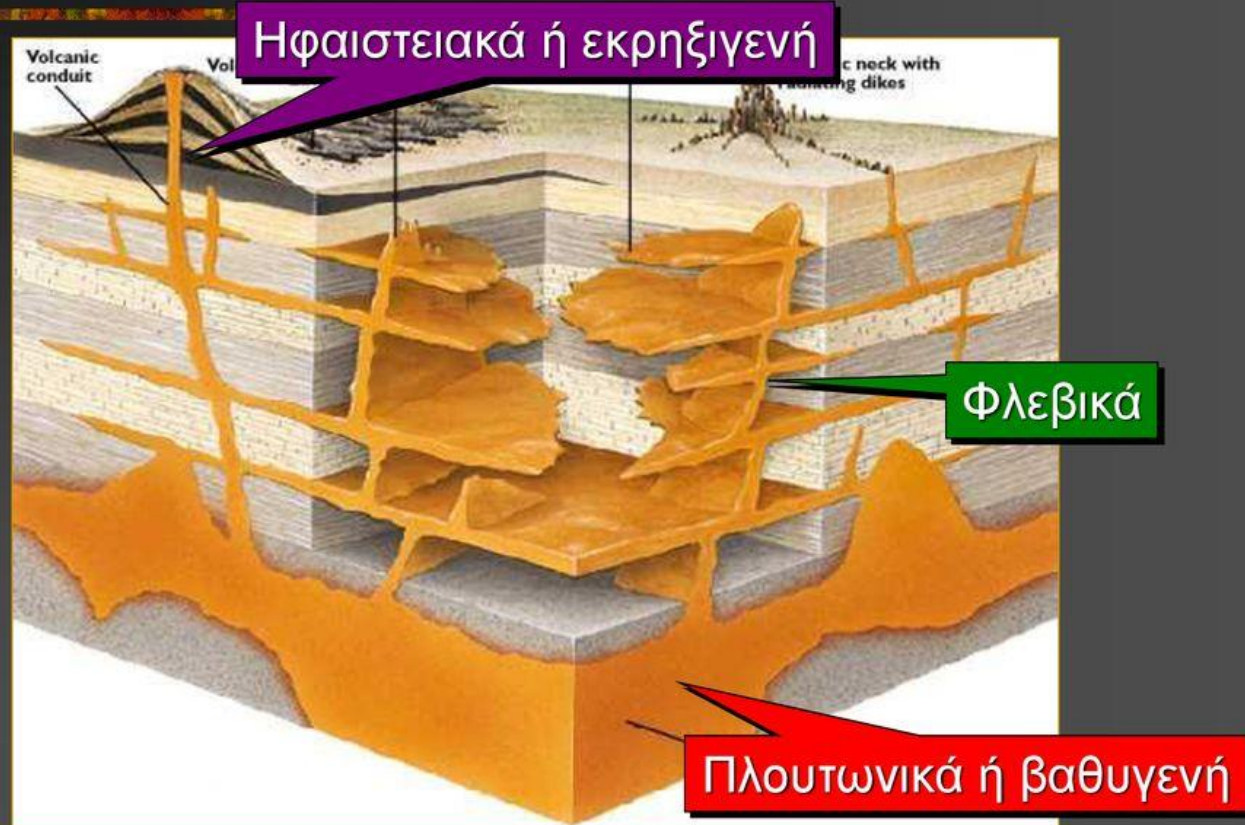
Τα 15 km του φλοιού είναι γεωλογικά ενεργά.

**Πυριγενές πέτρωμα** = πήξη τετηγμένου μάγματος

**Ιζηματογενή** = από την καθίζηση αιωρούμενων υλικών

**Μεταμορφωσιγενή** = μεταμόρφωση με υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις

# Είδη πυριγενών πετρωμάτων



<https://slideplayer.gr/slide/15773381/>

Τα πετρώματα της λιθόσφαιρας βρίσκονται σε ισορροπία, δεν υπόκεινται σε μεταβολές.

Αντίθετα όσα είναι εκτεθειμένα στην υδρόσφαιρα, στην ατμόσφαιρα και τη βιόσφαιρα, υπόκεινται σε μεταβολές!!! ...

**Αποσάθρωση** = μεταβολές, μηχανική χημική

**Έδαφος** = *επιφανειακό στρώμα του στερεού φλοιού της γης πάνω στο οποίο εξελίσσονται σημαντικές βιολογικές λειτουργίες*

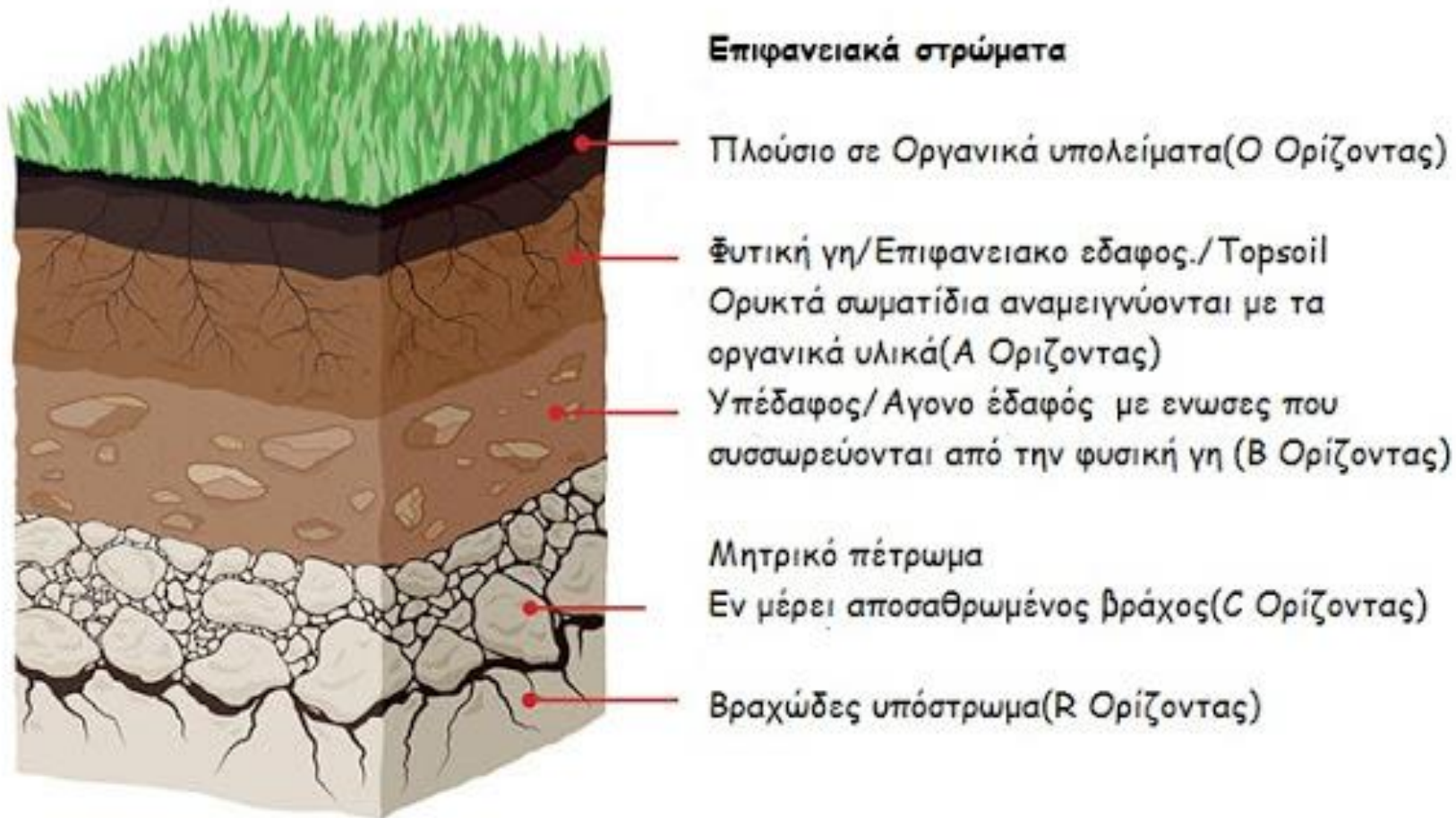


# Γενικά στοιχεία

Το έδαφος είναι το ανώτατο στρώμα του φλοιού της γης, δηλαδή το επιφανειακό στρώμα σε πάχος καλλιεργήσιμο 35 ως 50 εκατοστά (cm).

Το στρώμα κάτω από το έδαφος λέγεται **υπέδαφος**. Το υπέδαφος φτάνει στο 1,5 ως 2 m, ως εκεί δηλαδή που προχωρούν οι ρίζες των φυτών και μπορεί να γίνει γεωργική εκμετάλλευσή του.

Όταν το έδαφος εξαντληθεί από την εντατική καλλιέργεια, με βαθύ σκάψιμο 1 ως 1,5 m, το υπέδαφος φέρνεται στην επιφάνεια (οι γεωργοί το λένε γύρισμα), οπότε σε 5 - 6 μήνες γίνεται κατάλληλο για καλλιέργεια.



**Ορίζοντας:** οριζόντιο στρώμα με ιδιότητες διαφορετικές από τα εκατέρωθεν στρώματα

Το μέσο έδαφος αποτελείται από τέσσερα είδη συστατικών.



# ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

- Υφή – Μηχανική Σύσταση
- Δομή
- Πυκνότητα
- Πορώδες
- Συνοχή
- Χρώμα
- Ειδική αντίσταση



# Υφή

Το μέγεθος των εδαφικών τεμαχίων.

Τα εδάφη που αποτελούνται από μεγάλα τεμάχια άμμου παρουσιάζουν καλή αποστράγγιση, θερμαίνονται και ψύχονται εύκολα. Πολλές φορές είναι φτωχά σε θρεπτικά συστατικά.

Τα εδάφη που αποτελούνται κυρίως από τα μικρά τεμάχια της αργίλου χαρακτηρίζονται από τελείως αντίθετες ιδιότητες.

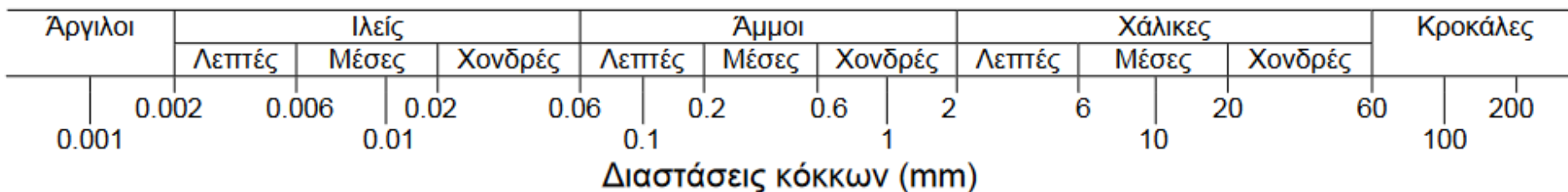
Ενδιάμεσα βρίσκονται όλοι οι άλλοι τύποι εδαφών.

# ΥΦΗ – ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Καθορίζεται από την σχετική αναλογία των ...:

- **ΑΜΜΟΣ** (διαστάσεις: 2-0,02mm, ανενεργή)
- **ΙΛΥΣ** (διαστάσεις: 0,02-0,002mm)
- **ΑΡΓΙΛΟΣ** (διαστάσεις: <0,002mm, ενεργή)

εδάφη με κόκκους μεγαλύτερους από 2 mm ανήκουν στην κατηγορία των χαλικών, οι άμμοι έχουν κόκκους με διαστάσεις από 2mm έως 0.06 mm (η διάσταση αυτή είναι περίπου ίση με το μικρότερο μέγεθος κόκκου που είναι ορατός δια γυμνού οφθαλμού), οι ιλύες έχουν κόκκους από 0.06 mm έως 0.002 mm και, τέλος, οι άργιλοι έχουν κόκκους με μέγεθος μικρότερο από 0.002 mm



# Ταξινόμηση των εδαφών με βάση την κοκκομετρία (Moris-Johnson, 1967)

Υλικό	Μέγεθος κόκκων σε mm
Άργιλος	<0,004
Ιλύς	0,004-0,062
Πολύ λεπτόκοκκη άμμος	0,062-0,125
Λεπτόκοκκη άμμος	0,125-0,25
Μεσόκοκκη άμμος	0,25-0,5
Χονδρόκοκκη άμμος	0,5-1,0
Πολύ χονδρόκοκκη άμμος	1,0-2,0
Πολύ μικρά χαλίκια	2,0-4,0
Μικρά χαλίκια	4,0-8,0
Χαλίκια μεσαίου μεγέθους	8,0-16,0
Χαλίκια μεγάλου μεγέθους	16,0-32,0
Χαλίκια πολύ μεγάλου μεγέθους	32,0-64,0

# Προσδιορισμός Κλάσης των Εδαφών

Τα αποτελέσματα της Μηχανικής Ανάλυσης δηλ. τα ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου μπορούν να συνθέσουν **άπειρους** συνδυασμούς.

Υπάρχει η ανάγκη για κατάταξη των εδαφών σε ένα συγκεκριμένο αριθμό κατηγοριών μηχανικής σύστασης

**Η κατάταξη αυτή γίνεται με το τρίγωνο μηχανικής σύστασης.**

Αμμώδη ή ελαφρά που περιλαμβάνει τις κατηγορίες:

α) αμμώδη και β) πηλοαμμώδη

Πηλώδη ή μέσης μηχανικής σύστασης που περιλαμβάνει τις κατηγορίες:

α) αμμοπηλώδη, β) πηλώδη, γ) ιλυοπηλώδη, δ) ιλυώδη, ε) αργιλλοπηλώδη, στ) αμμοαργιλλοπηλώδη και ζ) ιλυοαργιλλοπηλώδη

Αργιλλώδη που περιλαμβάνει τις κατηγορίες:

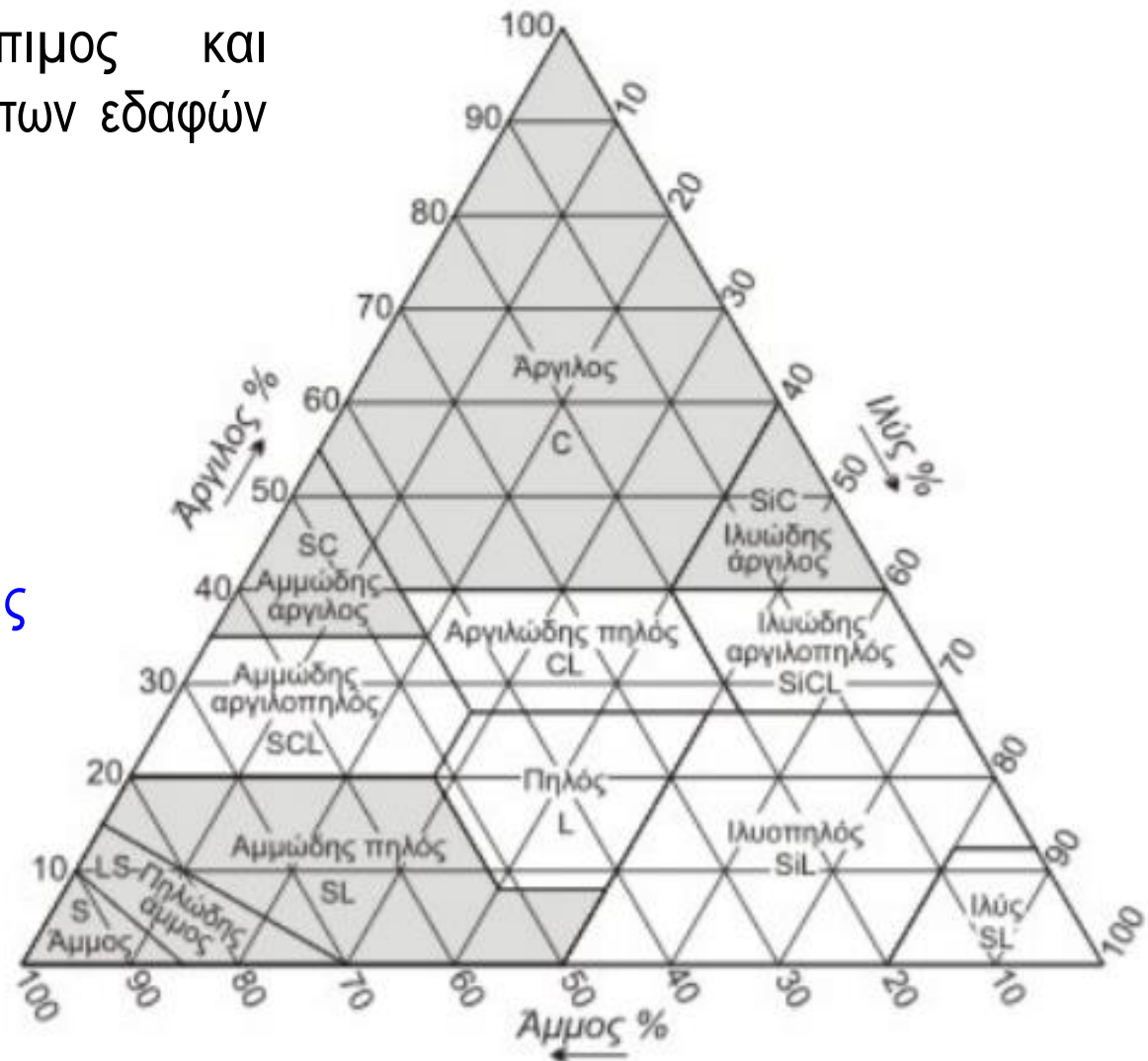
α) αμμοαργιλλώδη, β) ιλυοαργιλλώδη και γ) αργιλλώδη

# Μηχανική σύσταση

Συχνά θεωρείται σκόπιμος και πρακτικός ο διαχωρισμός των εδαφών σε ευρύτερες κατηγορίες:

- Αργιλώδη,
- Πηλώδη,
- Αμμώδη

με αντίστοιχες υποδιαιρέσεις

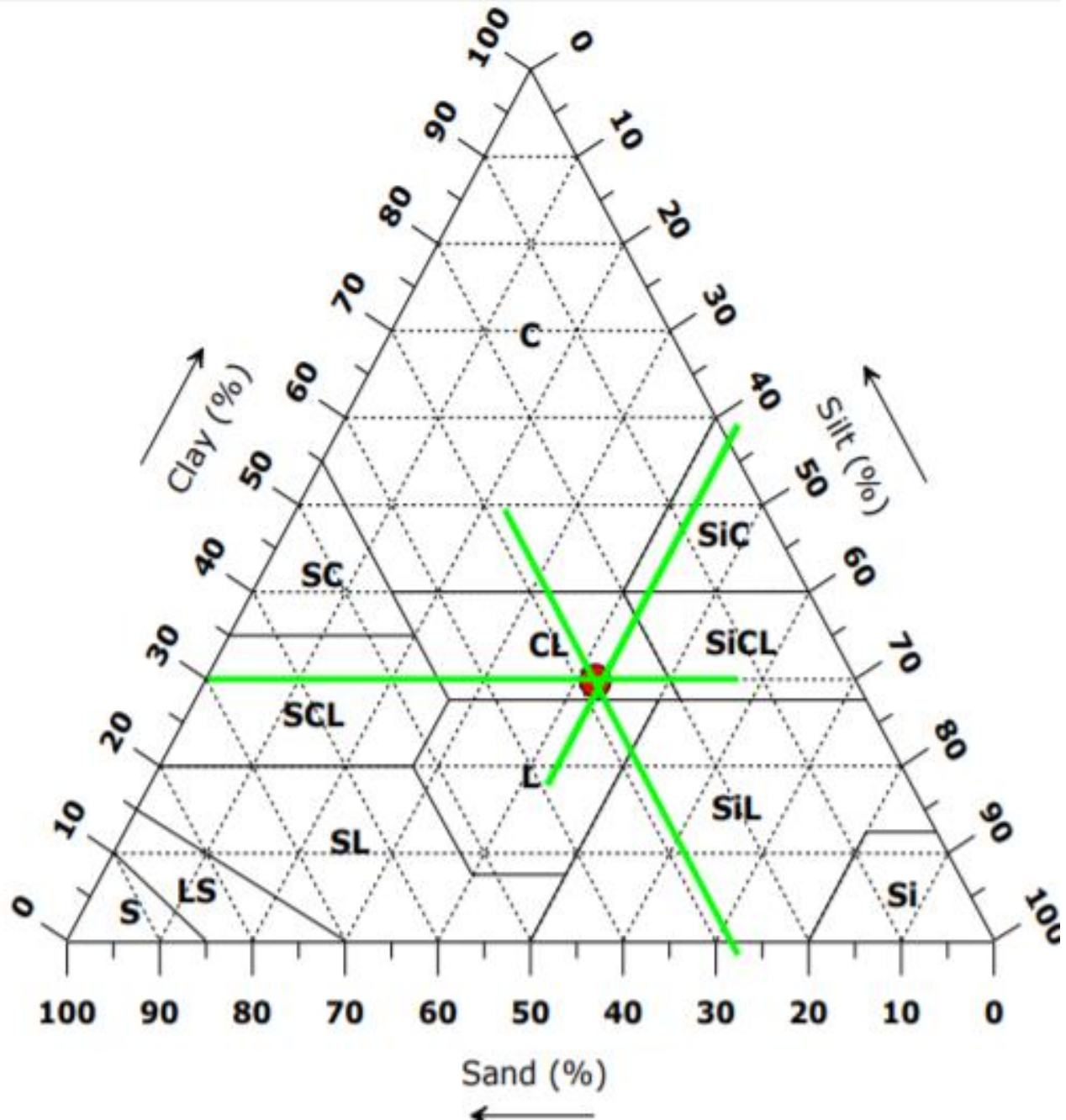


## Δείγμα εδάφους, λ.χ.:

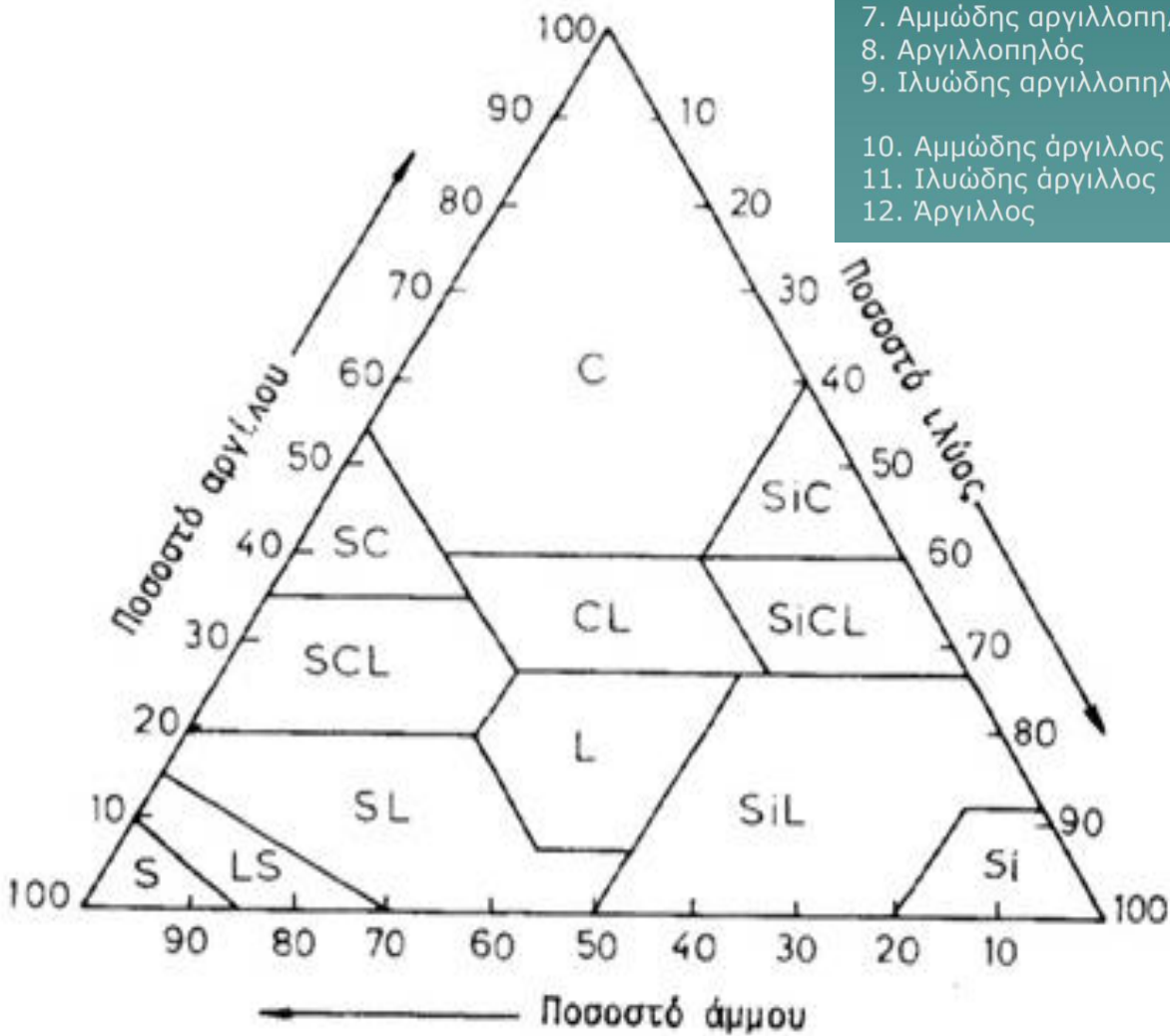
- Άμμος: 28%
- Ιλύς: 42%
- Άργιλος: 30%

Σύμφωνα με τη μηχανική ανάλυση το έδαφος χαρακτηρίζεται ως «μέσο». Με βάση το διεθνές σύστημα ταξινόμησης των εδαφών χαρακτηρίζεται ως **αργιλλοπηλώδες**.

(Sand: άμμος,  
Silt: ιλύς,  
Clay: άργιλος,  
Loam: πηλός)



1. Άμμος	<b>S</b>	Sand	} Ελαφριά ή Αμμώδη εδάφη
2. Πηλώδης άμμος	<b>LS</b>	Loamy sand	
3. Αμμώδης ηηλός	<b>SL</b>	Sandy loam	} Μέσα ή Πηλώδη εδάφη
4. Πηλός	<b>L</b>	Loam	
5. Ιλυώδης ηηλός	<b>SiL</b>	Silty loam	
6. Ιλύς	<b>Si</b>	Silt	
7. Αμμώδης αργιλλοηηλός	<b>SCL</b>	Sandy clay loam	
8. Αργιλλοηηλός	<b>CL</b>	Clay loam	
9. Ιλυώδης αργιλλοηηλός	<b>SiCL</b>	Silty clay loam	} Βαριά ή Αργιλλώδη εδάφη
10. Αμμώδης άργιλλος	<b>SC</b>	Sandy clay	
11. Ιλυώδης άργιλλος	<b>SiC</b>	Silty clay	
12. Άργιλλος	<b>C</b>	Clay	



S = αμμώδες	SiCL = ιλυσαργιλλοπηλώδες
LS = ηηλοσαμμώδες	CL = αργιλλοπηλώδες
SL = αμμοπηλώδες	SCL = αμμοαργιλλοπηλώδες
L = ηηλώδες	SC = αμμοαργιλώδες
SiL = ιλυοπηλώδες	SiC = ιλυσαργιλώδες
Si = ιλυώδες	C = αργιλώδες

# Πως ξεχωρίζουμε τα εδάφη μεταξύ τους

Τα εδάφη ανάλογα με το ποσοστό άμμου, ιλύος και αργίλου που περιέχουν χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες.

- **Τα ελαφρά εδάφη:** έχουν καλή αποστράγγιση, διακινείται εύκολα ο αέρας, θερμαίνονται και ψύχονται εύκολα, εκπλύνονται εύκολα (απαιτούνται συνεχείς λιπάνσεις) δεν συγκρατούν ικανοποιητικά ποσά υγρασίας (απαιτούνται συνεχείς αρδεύσεις).
- **Βαριά εδάφη:** Δεν έχουν καλή στράγγιση, δουλεύεται δύσκολα, περιέχουν περισσότερα θρεπτικά στοιχεία, λασπώνουν εύκολα.
- **Μέσης σύστασης εδάφη:** Είναι μια ενδιάμεση κατάσταση και έχουν χαρακτηριστικά και των δυο τύπων.





Ελαφρύ έδαφος



Βαρύ έδαφος

Εδάφη στα οποία επικρατεί η άργιλος τείνουν να χαρακτηριστούν ως βαριά, ενώ αν επικρατεί η άμμος τείνουν να χαρακτηριστούν ως ελαφρά.

# Δομή

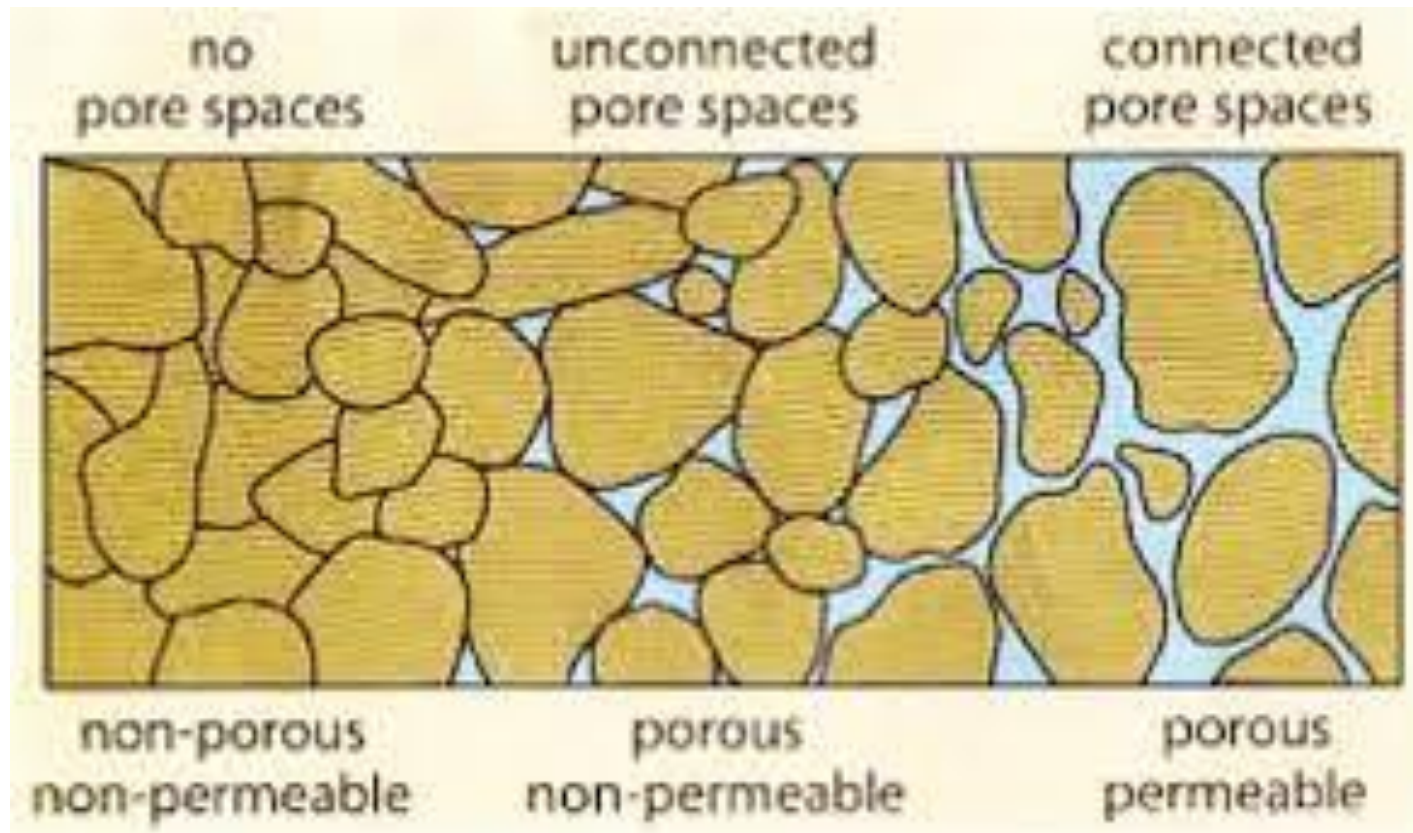
- Παρουσία αργίλου
- Παρουσία οργανικής ουσίας
- Οξειδία
- Διαβροχή - ξήρανση, πήξη – τήξη
- Μικροοργανισμοί (μύκητες, σκουλήκια)

# Πυκνότητα εδάφους

- Πόσο συμπαγές είναι το έδαφος  
2.600 – 2.800 kg/m<sup>3</sup> (2,6~2,8 gr/cm<sup>3</sup>)
- Η πυκνότητα είναι μικρότερη όταν το έδαφος έχει υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη.
- Είναι μεγάλη όταν το έδαφος είναι πλούσιο σε οξειδία σιδήρου.
- Φαινόμενη πυκνότητα, η πυκνότητα μαζί με τους πόρους, για μη καλλιεργήσιμα εδάφη 1.000~1.600 kg/m<sup>3</sup>

# Πορώδες

- Όγκος των κενών διαστημάτων ανάμεσα στα στερεά μόρια
- Από τους πόρους εφοδιάζονται με Οξυγόνο αλλά και νερό (αποθήκευση)



# Πορώδες

- ΑΜΜΟΣ: Λίγοι και μεγάλοι πόροι
- ΑΡΓΙΛΟΣ: Πολλοί και μικροί πόροι

Πορώδες αργίλου > Πορώδες άμμου

- Φαινομενική Πυκνότητα ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  
**ΦΠ άμμου > ΦΠ αργίλου**

# Συνοχή

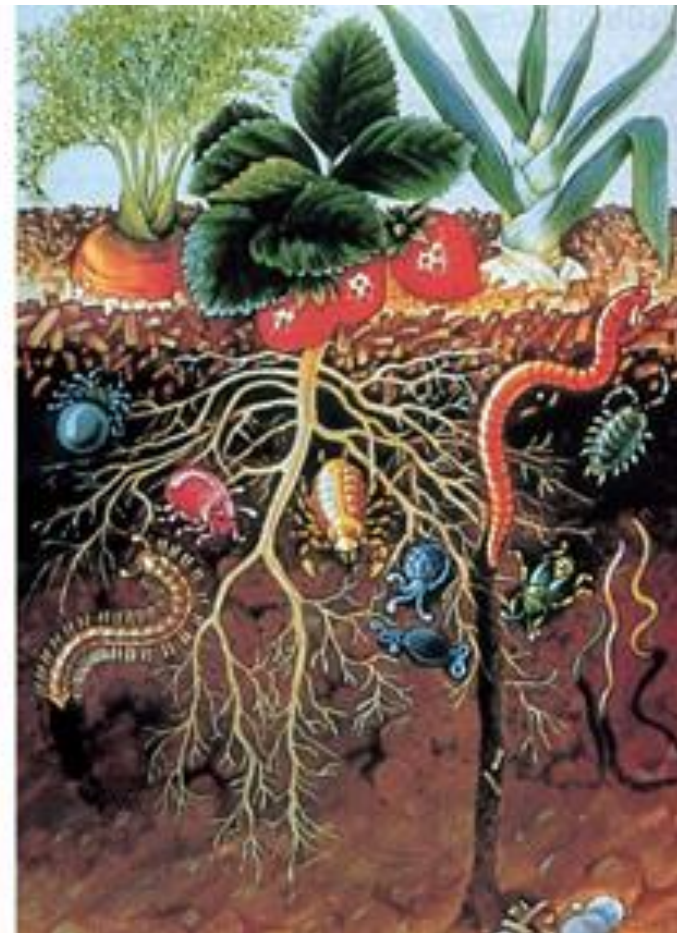
Η ικανότητα μορίων να προσκολλιούνται σε άλλα και να παραμένουν δίπλα σε αυτά.

## Ειδική αντίσταση

Αντίσταση στην μετάδοση ηλεκτρικών ρευμάτων.

# Χρώμα εδάφους

- Καθορίζεται από την οργανική ύλη, τις συνθήκες στράγγισης και τον βαθμό οξείδωσης



# Χρώμα εδάφους

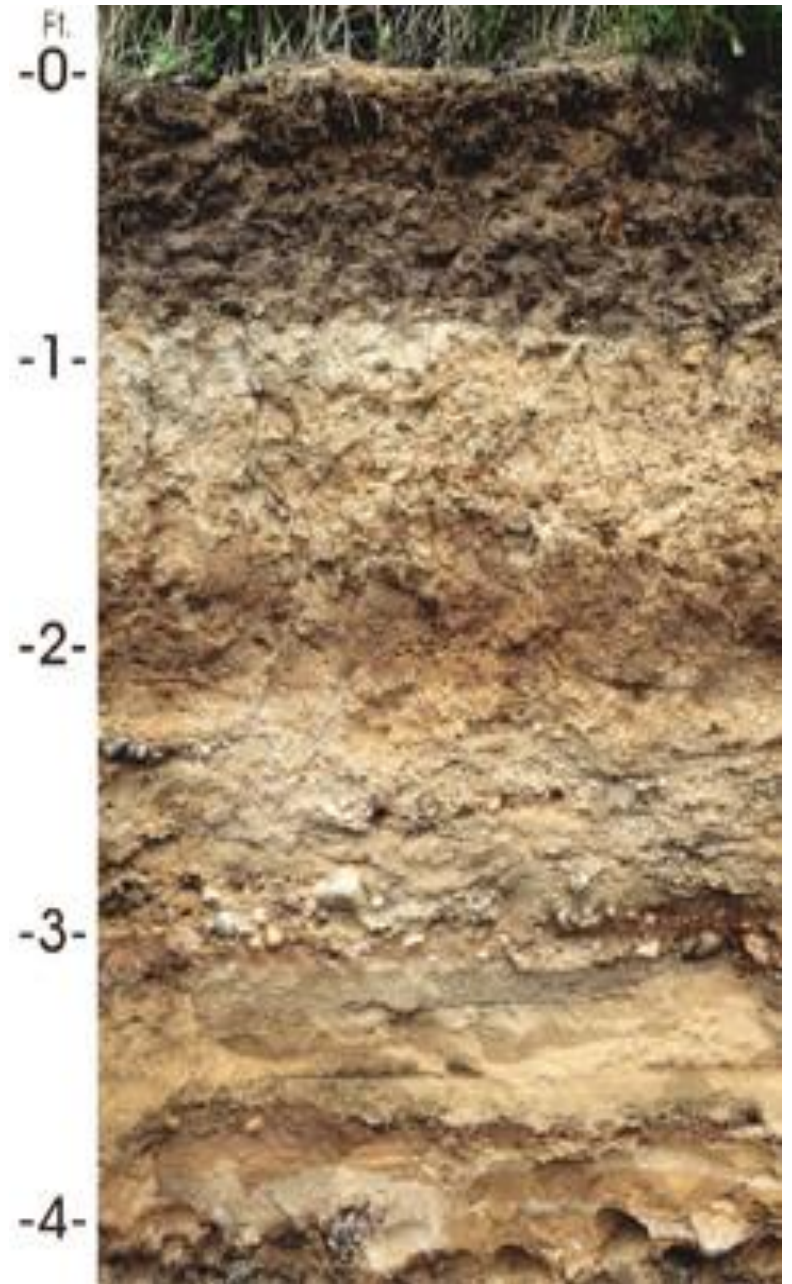
Προσδιορισμός με χρωματολόγιο Munsell

- Χούμος: μαύρο
- Υγρασία: σκούρο
- Fe: ερυθρές-πορτοκαλί κηλίδες
- Mn: μαύρες κηλίδες

Δείκτης οργανικής ουσίας

- Κοκκινοχρώματα: αργιλικά
- Γκρι: αναγωγικές (αναερόβιες) συνθήκες
- Λευκές επιφάνειες: μορφές Ca, ασβεστολιθικών πετρωμάτων





# Υδατοικανότητα

- Υδατοχωρητικότητα/ υδατοδιαπερατότητα
- Η υδατοϊκανότητα εκφράζει το ποσό του νερού που συγκρατείται στο έδαφος μετά την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού, κάτι που συμβαίνει 2-3 μέρες μετά από βροχή ή άρδευση σε διαπερατά εδάφη με ομοιόμορφη υφή και δομή.

# Χούμος

- Χούμος είναι το τελικό σταθερό και γόνιμο προϊόν που προκύπτει από την αποικοδόμηση φυτικών και ζωικών Οργανισμών.

Αποτελεί το 5% κατ' όγκο εδάφους

60% C, 5% N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, S, P

# Χούμος

- Από υλικά αποσάθρωσης πετρωμάτων ορυκτών (πρώτα εδάφη),
- Αρχικά ήταν ασταθή μείγματα λάσπης, άμμου,
- Προστέθηκαν φυτά και άλλες οργανικές ουσίες,
- Αυτά έγιναν τροφή για μικροοργανισμούς, οργανική ύλη = ΧΟΥΜΟ

# Χούμος

- Τα εδάφη με χούμο περιέχουν 3-6% N<sub>2</sub>
- Η ακατέργαστη οργανική ύλη ως δεξαμενή N<sub>2</sub> και P είναι ζωτικής σημασίας και επηρεάζει την γονιμότητα του εδάφους
- Απορροφά νερό και αυξάνει το πορώδες
- Η συγκέντρωσή του μειώνεται αργά.

## Φυσικές ιδιότητες του Χούμου

1. Είναι σκουρόχρωμος (το σκούρο χρώμα του εδάφους οφείλεται σε αυτόν → Το έδαφος θερμαίνεται και προωμίζει γρηγορότερα την άνοιξη (π.χ. καλύτερη φύτευση σπόρων εαρινών καλλιεργειών))
2. Δημιουργεί «ανοιχτή» δομή (αυξάνει το μεγαλοπορώδες του εδάφους)  
Καλύτερη αποστράγγιση και κυκλοφορία νερού σε αργιλώδη εδάφη.
3. Συγκρατεί πολύ νερό (μέχρι 20 φορές το βάρος της)  
Ιδιαίτερα ωφέλιμο για αμμώδη εδάφη, όπου το νερό στραγγίζεται εύκολα



# pH

Το pH εκφράζει τη συγκέντρωση των ελευθέρων ιόντων  $H^+$  στο έδαφος και ορίζεται σαν ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου (0-14)

$$pH = -\log[H^+]$$

όπου  $[H^+]$  η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου σε mole/lit

τα  $H^+$  στο έδαφος προέρχονται:

- Ατμοσφαιρικές εισροές
- μετασχηματισμοί του αζώτου
- Οργανική ουσία
- Ορυκτά της αργίλου
- Πολυδροξυλιόντα της αργίλου και του σιδήρου
- Διαλυτά άλατα του εδάφους
- Διαλυμένο στο νερό του εδάφους  $CO_2$

Το pH επιδρά στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.

Τα όξινα εδάφη παρουσιάζουν έλλειψη Ca, Mg, B, Mo, P, N, K και σε pH μικρότερο του 5,5 παρουσιάζονται τοξικότητες διαφόρων στοιχείων και κυρίως του Al.

Σε αλκαλικά εδάφη το φαινόμενο της χλωρίωσης είναι συχνά λόγω έλλειψης Fe, Cu, Zn κ.α.

# pH

- όξινα εδάφη: υπερισχύουν τα ιόντα Al, Mn, Zn με εμφάνιση τοξικότητας στα φυτά
- αλκαλικά εδάφη: δέσμευση ιχνοστοιχείων με εμφάνιση τροφοπενίας στα φυτά
- το άζωτο αφομοιώνεται pH=6-8
- ο φώσφορος αφομοιώνεται pH=6,5-7,5
- η καλύτερη αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών γίνεται σε pH=6,5-7,0
- Η γνώση του pH βοηθά στην καλλιέργεια των καταλλήλων φυτών και τη χρήση καταλλήλων λιπασμάτων



# Ταξινόμηση εδαφών

- **Εδάφη πλούσια σε Al, Fe**, έχουν ορίζοντες συσσώρευσης αργίλου και σχηματίζονται σε αρκετή υγρασία με 3 μήνες ανάπτυξη φυτών (το 10% των εδαφών)
- Από ηφαιστειακή τέφρα, εύφορα (1,2% εδαφών)
- Ξηρά (12%) δυσεύρετη οργανική ύλη
- Πρόσφατα σχηματισμένα, (18%)
- Μόνιμο παγωμένο έδαφος (9%)
- Οργανικά (1,2%)

# Ταξινόμηση εδαφών

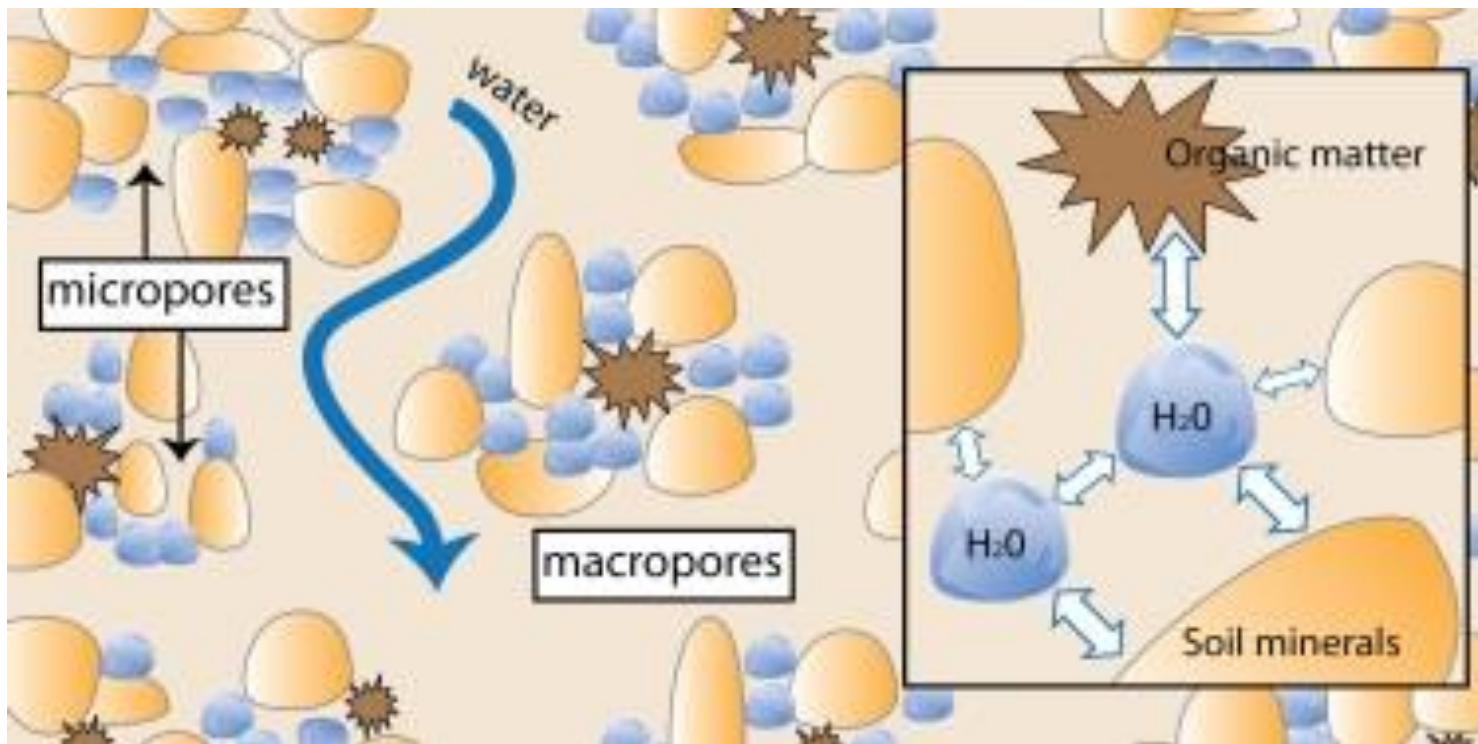
- **Νεαρά (15%)**
- **Μαλακό βαθύ**, σκοτεινό γόνιμο σε λιβάδια (7%)
- **Εδάφη πλούσια σε Al, Fe αλλά χαμηλά σε SiO<sub>2</sub> (7.5%)**
- **Όξινα εδάφη**, σε περιοχές με κωνοφόρα και φυλλοβόλα δάση σε ψυχρότερες περιοχές (4%)
- **Όξινα σε υγρές τροπικές και υποτροπικές φτωχά σε Ca, Mg, K (8%)**
- **Ανεστραμμένα**, πλούσια σε άργιλο (2.4%)

# Υγρασία

- **Νερό:** απαραίτητο για:
  - Φωτοσύνθεση
  - Διαπνοή
  - Μεταφορά ουσιών και ενώσεων μέσα στο φυτό
  - Αύξηση φυτομάζας
- Άμεσα εξαρτημένη από ΣΥΣΤΑΣΗ (υφή)
  - Αργιλώδη: καλή συγκράτηση, δύσκολη κίνηση
  - Αμμώδη: μηδενική συγκράτηση, εύκολη κίνηση
- Ανάλογη της οργανικής ουσίας

- Υδατοϊκανότητα
  - Αμμώδη έως 12%
  - Αργιλώδη έως 36%
- Διαθέσιμη υγρασία
- Ωφέλιμη υγρασία

# Έννοιες υγρασίας



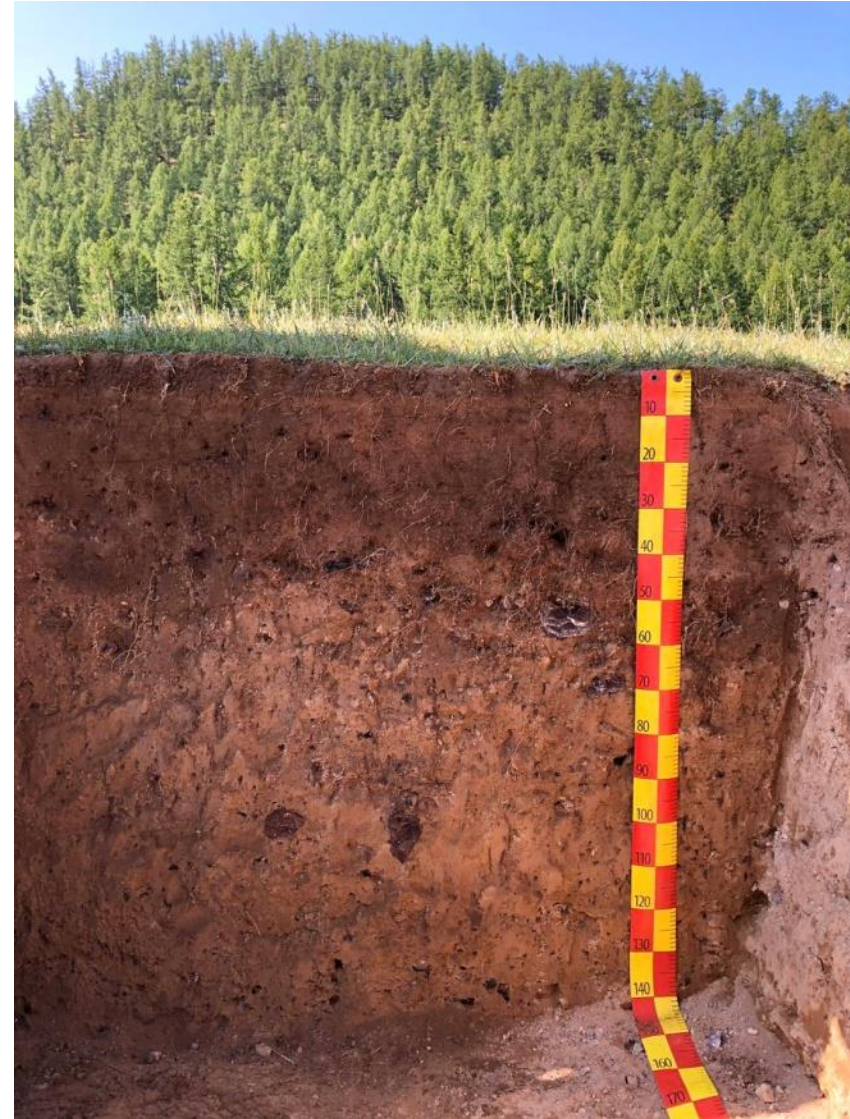
# Αερισμός

Αντίθετο της υγρασίας

Πρέπει > 15%

Αμμώδη πολύ καλύτερα από  
αργιλώδη

Ενίσχυση με ελαφριά εδάφη,  
οργανική ουσία



# Θερμοκρασία

- Επηρεάζει:
  - Ταχύτητα αντιδράσεων
  - Υγρασία / Αερισμό
  - Δομή
  - Αποσάθρωση
  - Αύξηση φυτών
  - Μικροχλωρίδα – Μικροπανίδα εδάφους

# Θερμοκρασία

- Εξαρτάται από:
  - Κάλυψη επιφανείας εδάφους
  - Χρώμα εδάφους
  - Υγρασία εδάφους
  - Υψόμετρο
  - Κλίση
  - Έκθεση
  - Γεωγραφικό πλάτος
- **Όριο: 54°C**

# Βάθος

- ◆ Καθορίζει το είδος του φυτού που θα φυτευτεί
- ◆ Καθορίζει το ξέπλυμα
- ◆ Αποθηκευτικός χώρος θρεπτικών στοιχείων
- ◆ Τρόποι/ υλικά μετάπλασης αλάτων





# Βάθος

- Απαραίτητο για:
  - Θρέψη
  - Αποθήκευση νερού
  - Στήριξη φυτών

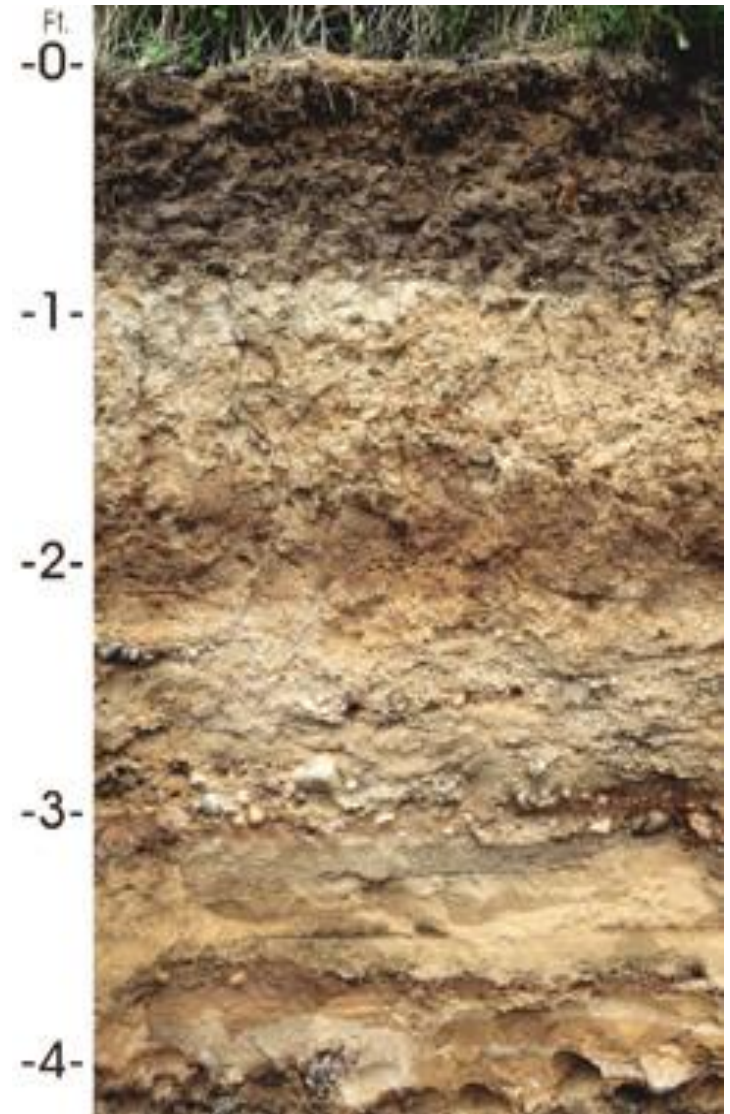
Πολύ αβαθές: <15cm

Αβαθές: 15-30cm

Μετρίως βαθύ: 30-60cm

Βαθύ: 60-100cm

Πολύ βαθύ: >100cm



# Διηθητικότητα

- Με τον όρο διήθηση εννοείται **ο ρυθμός με τον οποίο διεισδύει το νερό στο έδαφος**. Εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας, από την δομή, την μηχανική σύσταση, την ομοιογένεια σε βάθος και την αρχική υγρασία του εδάφους.
- Ο ρυθμός σε μια συγκεκριμένη στιγμή κατά τη διάρκεια του φαινομένου λέγεται **στιγμιαία διηθητικότητα** ενώ η συνολική ποσότητα νερού που έχει διηθηθεί μέχρι εκείνη την στιγμή λέγεται αθροιστική διηθητικότητα.

# Συντελεστής θερμικής διάχυσης

$$\dot{Q}_z = -k_{z,soil} A \frac{\partial T}{\partial z} \quad \alpha_{soil} = \frac{k_{z,soil}}{\rho_{soil} \cdot c_{soil}} \text{ (m}^2 \text{ / s)}$$

Εκφράζει τον ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους σε μία ορισμένη βαθμίδα θερμοκρασίας.

Η παρουσία υγρασίας αυξάνει αυτόν τον συντελεστή.

Πίνακας 12.2 Τιμές του συντελεστή θερμικής διάχυσης ( $L_{soil}$ ) για διάφορους τύπους εδάφους.

Τύπος εδάφους	$L_{soil} \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (ξηρό)	$L_{soil} \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (υγρό)
Άμμος	0.24	0.74 (60%)
Άργιλος	0.18	0.51 (60%)
Τόρφη	0.10	0.12 (20%)

Στο βιβλίο ( $\alpha_{soil} = L_{soil}$ ) και ( $\rho_{soil} = d_{soil}$ )

# Βάθος διάχυσης - Απόσβεσης

Γωνιακή Ταχύτητα  $\omega = \frac{2\pi}{24}$

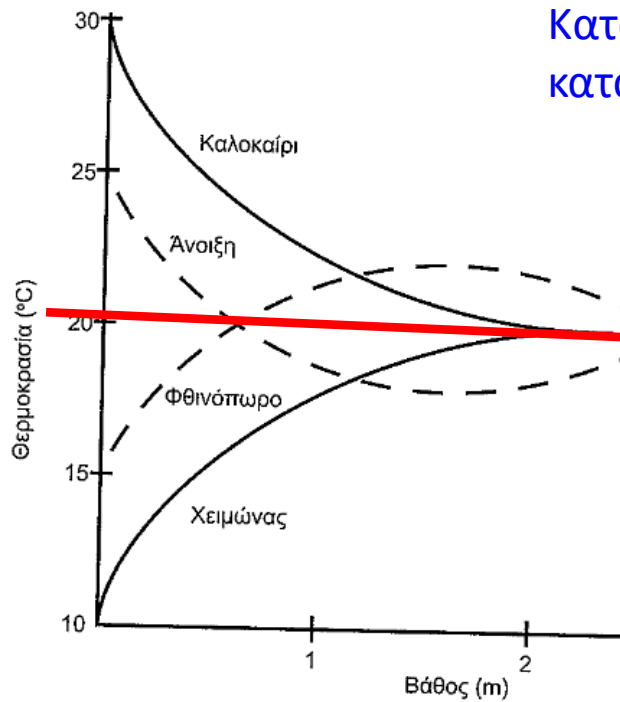
Κατανομή της θερμοκρασίας κατά βάθος

$$T(z, t) = \bar{T} + A_o \sin \left[ \omega t - \frac{z}{D_{hs}} \right] e^{-\frac{z}{D_{hs}}}$$

$$z = 0 \rightarrow T(0, t) = \bar{T} + A_o \sin \omega t$$

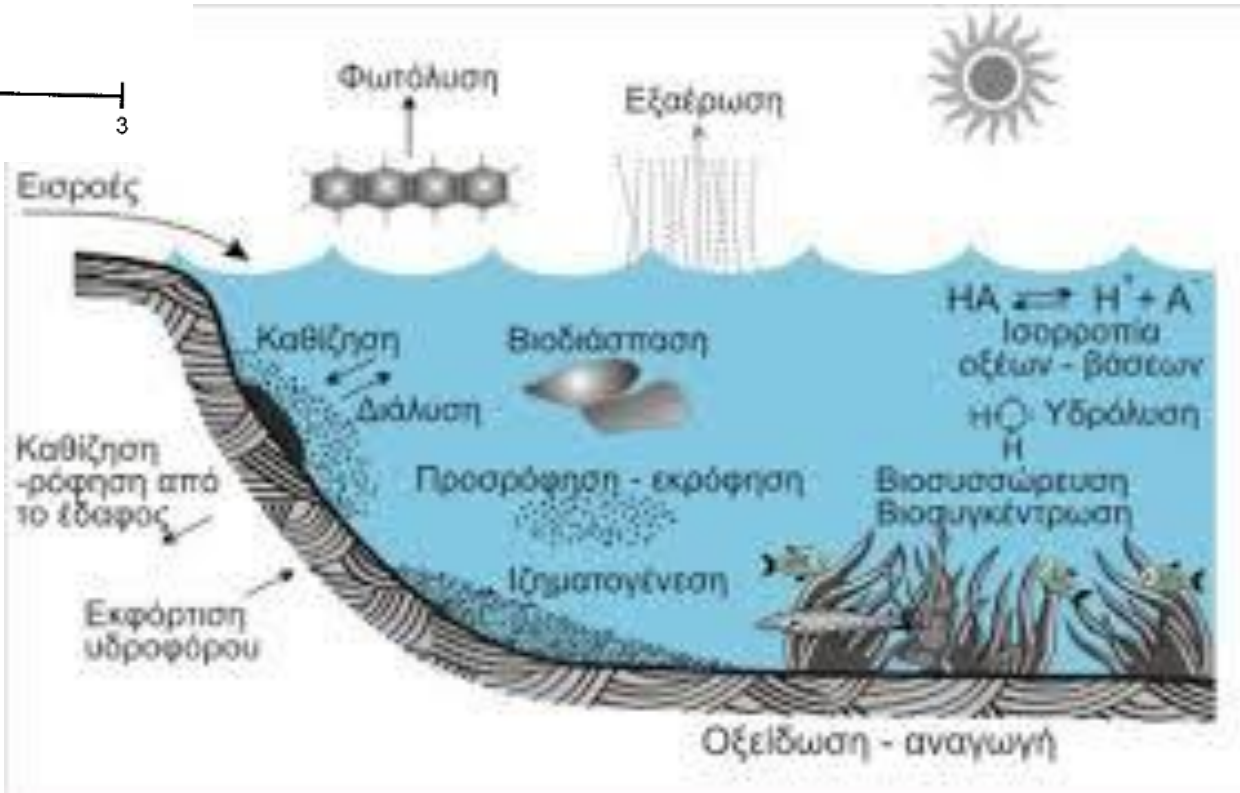
$$D_{hs} = \sqrt{\frac{2a_{z,soil}}{\omega}}$$

# Κατανομή – (διακύμανση) της θερμοκρασίας κατά βάθος αναλόγως την εποχή



**Πίνακας 12.3** Τιμές ιδιοτήτων του εδάφους για δύο διαφορετικούς τρόπους καλλιέργειας στα 5–20 cm από την επιφάνεια του εδάφους σε αργιλώδες έδαφος.

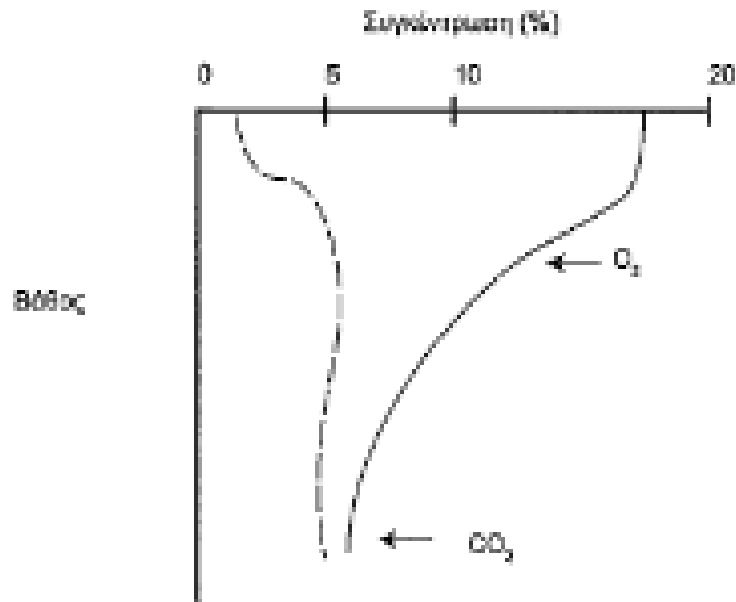
	Φαινόμενη πυκνότητα ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Μέσο περιεχόμενο υγρασίας σε 25 ημέρες (%)	Μέση τιμή συντελεστή θερμικής διήχυσης ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-1} \cdot 10^{-3}$ )
Συμβατικό όργωμα	1.16	24.8–29.8	0.63–0.02
Αλευθίαις διάτρησις	1.32	24.1–27.1	1.00–0.04



# Σύνθεση αερίων στο έδαφος

Οι ρίζες απορροφούν  $O_2$  και απελευθερώνουν  $CO_2$

---



Σχηματικό διάγραμμα της μεταβολής των συγκεντρώσεων  $O_2$  και  $CO_2$  στον αέρα του εδάφους σε σχέση με το βάθος.

# Άσκηση 1

Αποδείξτε ότι το βάθος απόσβεσης του ετήσιου θερμικού κύματος είναι 19 φορές μεγαλύτερο από το βάθος απόσβεσης του ημερήσιου θερμικού κύματος.

Λύση:

Το βάθος απόσβεσης για το ημερήσιο κύμα είναι:

$$D_{hs,day} = \sqrt{\frac{2a_{soil}}{2\pi/24}}$$

Το βάθος απόσβεσης για το ετήσιο κύμα είναι:

$$D_{hs,year} = \sqrt{\frac{2a_{soil}}{365 \cdot 2\pi/24}}$$

Διαιρώντας κατά μέλη....

$$\frac{D_{hs,day}}{D_{hs,year}} = \frac{\sqrt{\frac{2a_{soil}}{2\pi/24}}}{\sqrt{\frac{2a_{soil}}{365 \cdot 2\pi/24}}} = \sqrt{365} = \underline{\underline{19,10497 \sim 19}}$$

## Άσκηση 2

Ο παράγοντας (συντελεστής) θερμικής διάχυσης  $\alpha_{soil}$  είναι  $0,003\text{m}^2/\text{h}$ , ενώ η μέση θερμοκρασία του εδάφους είναι  $20^\circ\text{C}$ . Βρείτε τη θερμοκρασία σε βάθος  $z=-0,2\text{m}$  και σε χρόνο  $t=8\text{hr}$

Λύση:

Το βάθος απόσβεσης για το ημερήσιο κύμα είναι:

$$D_{hs,day} = \sqrt{\frac{2\alpha_{soil}}{2\pi/24}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 0,003}{\pi}} = 0,151\text{m}$$

$$T(z,t) = \bar{T} + A_o \sin\left[\omega(t-8) - \frac{z}{D_{hs}}\right] e^{\frac{z}{D_{hs}}}$$

$$T([-0,2],8) = 20 + 20 \sin\left[\frac{2\pi}{24}(8-8) - \frac{0,2}{0,151}\right] e^{\frac{0,2}{0,151}} = \underline{14,8^\circ\text{C}}$$

Προσοχή, το  $z$  είναι αρνητικό προς τα κάτω...



## Άσκηση 3

Η μέγιστη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους είναι 40°C και η ελάχιστη 10°C. Εάν υποτεθεί ότι το κύμα της ημερήσιας θερμοκρασίας είναι συμμετρικό, η μέση θερμοκρασία είναι καθ' όλη την κατανομή ... επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους ίση με την μέση τιμή στις 6 το πρωί και 6 το απόγευμα και το βάθος απόσβεσης είναι 0,1m, υπολογίστε τις θερμοκρασίες το μεσημέρι και τα μεσάνυχτα σε βάθος 0,2m.

Λύση:

Το θερμοκρασιακό εύρος είναι (40-10=30K), η μέση θερμοκρασία είναι [(40+10)/2=25°C] και για το πλάτος στην επιφάνεια η μέγιστη τιμή πάνω από την μέση τιμή είναι 15K [25° C+15K=40° C]:

$$T(z, t) = \bar{T} + A_o \sin \left[ \omega t - \frac{z}{D_{hs}} \right] e^{-\frac{z}{D_{hs}}}$$

όπου  $\omega$ , η συχνότητα  $2\pi/24$  (ακίνια),  $D_{hs}$  το βάθος απόσβεσης στο οποίο το πλάτος της θερμοκρασίας είναι  $1/e$  είναι  $A_o$

Προσοχή, το  $z$  είναι σε απόλυτη τιμή .....

## Άσκηση 3

Στην επιφάνεια του εδάφους:

Η θερμοκρασία το μεσημέρι (12<sup>η</sup>) (6 ώρες μετά την  $T(0,6) = \bar{T}$  )

$$T(0,18) = 25 + 15 \frac{\sin\left[\frac{3\pi}{2} - 0\right]}{e^0} \quad T(0,18) = 25 - 15 = 10^\circ C$$

$$T(0,6) = 25 + 15 \frac{\sin\left[\frac{\pi}{2} - 0\right]}{e^0} \quad T(0,6) = 25 + 15 = 40^\circ C$$

## Άσκηση 3

Σε βάθος 0,2m:

Η θερμοκρασία το μεσημέρι (12<sup>η</sup>) (6 ώρες μετά την  $T(0,6) = \bar{T}$  )

$$T(0,18) = 25 + 15 \sin \left[ \frac{3\pi}{2} - 0 \right] / e^0 \quad \underline{T(0,18) = 25 - 15 = 10^\circ C}$$

$$T([0,2],6) = 25 + 15 \sin \left[ \frac{\pi}{2} - \frac{0,2}{0,1} \right] / e^{\frac{0,2}{0,1}}$$

$$\underline{T([0,2],6) = 25 + 15 \sin(-0,43) / 7,4 = 24,2^\circ C}$$

## Άσκηση 3

Σε βάθος 0,2m:

Η θερμοκρασία τα μεσάνυχτα:

$$T([0, 2], 18) = 25 + 15 \sin \left[ \frac{3\pi}{2} - \frac{0,2}{0,1} \right] / e^{\frac{0,2}{0,1}}$$

$$T([0, 2], 18) = 25 + 15 \sin(2,71) / 7,4 = \underline{25,8^\circ C}$$

Σημειώνεται ότι η ολίσθηση της θερμοκρασίας είναι τέτοια που σε βάθος μόλις 20 εκατοστά από την επιφάνεια η θερμοκρασία τα μεσάνυχτα είναι μεγαλύτερη από ότι το μεσημέρι.

# Ο ρόλος του εδάφους στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής

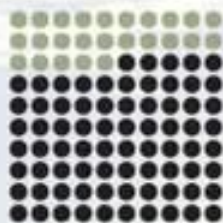
ΕΤΗΣΙΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΠΟΛΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΩΝ  
(μέσος όρος σε τετραγωνικά χιλιόμετρα)

2000-2006

1.086

2012-2018

711



των κατοίκων της Ευρώπης ζουν σε αστικές περιοχές

30 εκατ. άτομα

υπολογίζεται πως θα προστεθούν μέχρι το 2050

## ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

75 δισ. τόνοι

οργανικού άνθρακα αποθηκεύονται σε ευρωπαϊκό έδαφος - συγκριτικά, οι συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2017 ήταν περίπου

4,5 δισ. τόνοι

Στα πρώτα 30 εκατοστά του εδάφους αποθηκεύονται διπλάσιες ποσότητες άνθρακα απ' όσες βρίσκονται στην ατμόσφαιρα

63 δισ. τόνους

από άνθρακα μπορεί να αποθηκεύσει η αναμόρφωση υποβαθμισμένων εδαφών, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO)

# Ο ρόλος του εδάφους στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής

## ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

34%

δάση, δασικές εκτάσεις, εκτάσεις με θάμνους

6%

ελεύθερες εκτάσεις με μικρή ή καθόλου βλάστηση

3%

λιβάδια

3%

ποτάμια, λίμνες

3%

ποτάμια, λίμνες

4%

τεχνητές εκτάσεις (πόλεις, χωριά, υποδομές)

8%

υγρότοποι

17%

βοσκοτόπια και μωσαϊκό γεωργικής γης

25%

αρόσιμη γη και μόνιμες καλλιέργειες

Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ

Thanks for your attention!

Prof. Mic.Gr.Vrachopoulos

**Τέλος κεφαλαίου**



HELLENIC REPUBLIC  
**National and Kapodistrian  
University of Athens**  
— EST. 1837 —

# Τέλος κεφαλαίου



Dr. Dimitra Papadaki | Senior Researcher

*Tel: +30 210 727 6841*

*[dpapadaki@phys.uoa.gr](mailto:dpapadaki@phys.uoa.gr)*



National and Kapodistrian  
University of Athens  
National and Kapodistrian University of Athens