

ΕΔΑΦΟΣ - ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ -  
ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ-  
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ



# ΕΔΑΦΟΣ

- ◆ Το **έδαφος** είναι το ανώτατο στρώμα του φλοιού της γης, δηλαδή το επιφανειακό στρώμα σε πάχος καλλιεργήσιμο 35 ως 50 πόντους. Το κάτω από το έδαφος στρώμα λέγεται υπέδαφος. Το υπέδαφος φτάνει στο 1,5 ως 2 μ., 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 μ., το υπέδαφος φέρνεται στην επιφάνεια (οι γεωργοί το λένε γύρισμα), οπότε σε 5 - 6 μήνες γίνεται κατάλληλο για καλλιέργεια.

# ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ...

Συστατικά εδάφους

Οργανικά : 0,5-1,5%

Ανόργανα : 48- 49,5%

Νερό : 25%

Αέρας : 25%



# ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Μηχανική ή Κοκκομετρική Σύσταση: Είναι η εκατοστιαία αναλογία των συστατικών του εδάφους.
- Διηθητικότητα
- Υδατοϊκανότητα
- Σημείο μόνιμης μάρανσης
- Διαθέσιμη υγρασία
- Φαινόμενο ειδικό βάρος

# ΜΗΧΑΝΙΚΗ Ή ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Τα μηχανικά κλάσματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τα σκελετικά υλικά με διαστάσεις μεγαλύτερες των 2 mm έως 600 mm και την **λεπτή γη** με διαστάσεις <2 mm

Τα κλάσματα της λεπτής γης διακρίνονται σε :

<b>Άμμο</b>	<b>2 – 0,02 mm</b>
<b>Ιλύ</b>	<b>0,02 – 0,002 mm</b>
<b>Άργιλο</b>	<b>&lt; 0,002 mm</b>

Η μηχανική σύσταση του εδάφους είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα των κλασμάτων αυτών στη λεπτή γη ενός εδάφους.

Ανάλογα με το ποσοστό του κάθε κλάσματος τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως ελαφρά, μέσα ή βαριά. Εδάφη στα οποία επικρατεί η άργιλος τείνουν να χαρακτηριστούν ως βαριά, ενώ αν επικρατεί η άμμος τείνουν να χαρακτηριστούν ως ελαφρά. Εδάφη στα οποία τα τρία κλάσματα μετέχουν περίπου ισόποσα χαρακτηρίζονται ως πηλώδη.



Ελαφρύ έδαφος



Βαρύ έδαφος

# ΠΩΣ ΞΕΧΩΡΙΖΟΥΜΕ ΤΑ ΕΔΑΦΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ?

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

- ◆ **Τα ελαφριά εδάφη**: έχουν καλή αποστράγγιση, διακινείται εύκολα ο αέρας, θερμαίνονται και ψύχονται εύκολα, εκπλύνονται εύκολα (συνεχείς λιπάνσεις) δεν συγκρατούν ικανοποιητικά ποσά υγρασίας (συνεχείς αρδεύσεις) => ΠΡΩΙΜΟΤΗΤΑ
- ◆ **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.

# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΛΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Με βάση τη μηχανική τους σύσταση, τα εδάφη διακρίνονται σε 12 κλάσεις, που κάθε μια από αυτές έχει χαρακτηριστικό όνομα. Ανάλογα με τα ποσοστά των κλασμάτων αυτών στην λεπτή γη, μπορούμε να προσδιορίσουμε την κλάση του κάθε εδάφους με την βοήθεια του τριγώνου μηχανικής σύστασης



# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΛΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα αποτελέσματα της Μηχανικής Ανάλυσης δηλ. τα ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου μπορούν να συνθέσουν άπειρους συνδυασμούς και η κατάταξη αυτή γίνεται με το τρίγωνο μηχανικής σύστασης. δώδεκα κατηγορίες μηχανικής, που με την σειρά τους ανήκουν σε τρεις ομάδες:

**Αμμώδη ή ελαφρά** που περιλαμβάνει τις κατηγορίες α) αμμώδη και β) πηλοαμμώδη

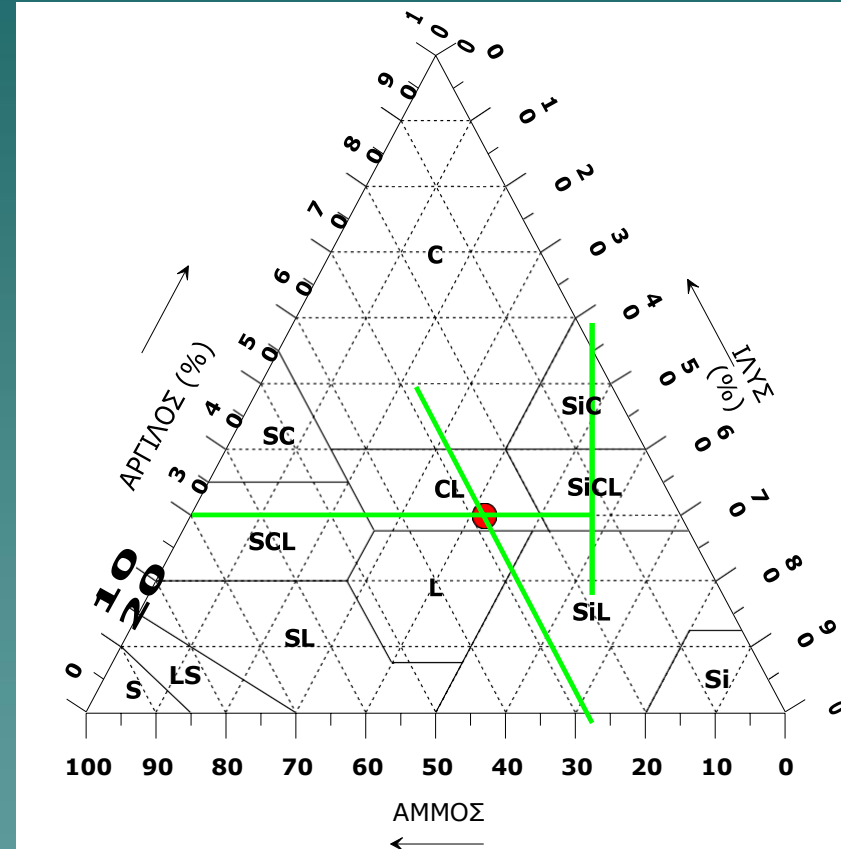
**Πηλώδη ή μέσης μηχανικής σύστασης** που περιλαμβάνει τις κατηγορίες α) αμμοπηλώδη, β) πηλώδη, γ) ιλυοπηλώδη, δ) ιλυώδη, ε) αργιλλοπηλώδη, στ) αμμοαργιλλοπηλώδη και ζ) ιλυοαργιλλοπηλώδη

**Αργιλλώδη ή βαρεία** που περιλαμβάνει τις κατηγορίες α) αμμοαργιλλώδη, β) ιλυοαργιλλώδη και γ) αργιλλώδη

# ΤΡΙΓΩΝΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ

Δείγμα εδάφους: 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).



# ΟΜΑΔΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΛΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

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

# **ΟΡΙΣΜΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ**

# ΔΙΗΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Με τον όρο διήθηση εννοούμε τον ρυθμό 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 της διήθησης δεν είναι ο ίδιος κατά την διάρκεια του φαινομένου. 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.

# ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ F.C

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. Στο εργαστήριο το δυναμικό πίεσης για την υδατοϊκανότητα αντιστοιχεί στην τιμή 1/3 bar.

# ΥΔΑΤΟΪΚΑΝΟΤΗΤΑ F.C

Το δυναμικό πίεσης που αντιστοιχεί στην υδατοϊκανότητα δεν είναι το ίδιο για όλα τα εδάφη. Η Soil Conservation Service του USDA (1964) πειραματίστηκε σε μεγάλο αριθμό εδαφών και κατέληξε στις παρακάτω αντιστοιχίες μεταξύ υδατοϊκανότητας και δυναμικού πίεσης (Παπαζαφειρίου, 1999).

Τύπος υφής του εδάφους	Δυναμικό πίεσης στην υδατοϊκανότητα, cm
Αμμώδες (χονδρόκοκκο)	60
Αμμοπηλώδες (ελαφρό)	100
Ϊλυοπηλώδες (μέσο)	300
Αργιλώδες (πολύ συνεκτικό)	600

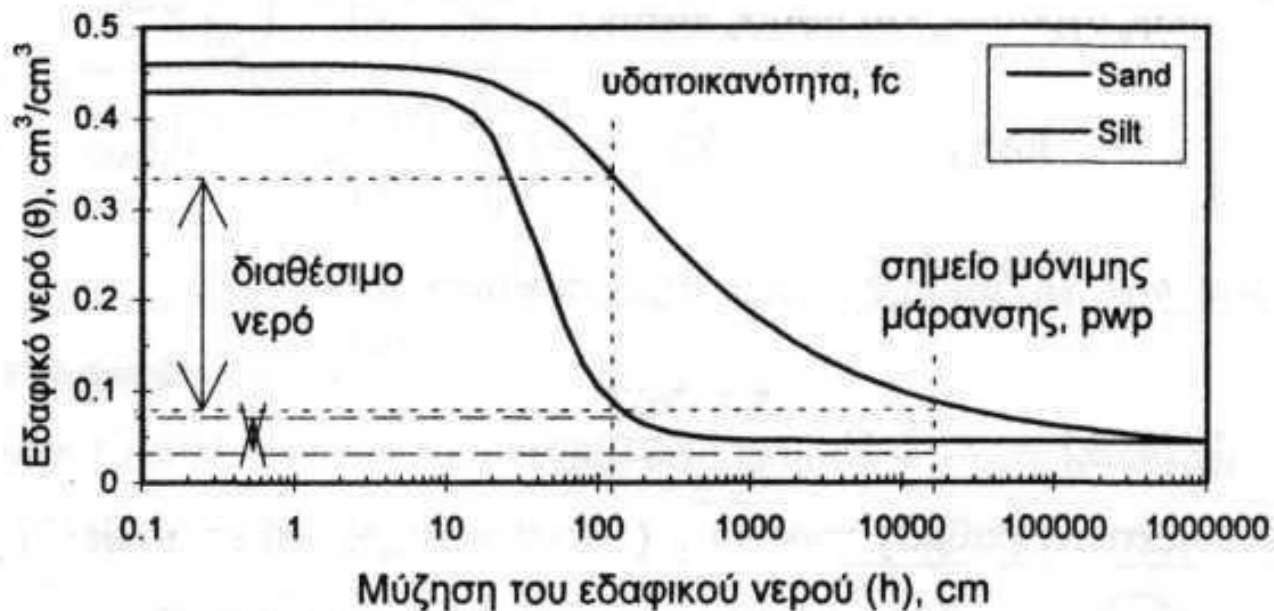
# ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ P.W.P

Το σημείο μόνιμης μαρανσης αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο εδαφικής υγρασίας κάτω από το οποίο τα φυτά δεν μπορούν να αντλήσουν, σε ικανοποιητικό βαθμό, νερό με αποτέλεσμα τα φυτά να αρχίζουν να μαραίνονται.



# ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Μία από τις βασικότερες φυσικές ιδιότητες του εδάφους, είναι η διαθέσιμη υγρασία (ASM) η οποία εκφράζει την συνολική ποσότητα νερού σε  $m^3$  που μπορεί να αποθηκευτεί στο έδαφος μεταξύ δύο καταστάσεων: της υδατοϊκανότητας (FC) και του σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP).



# ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Το pH του εδάφους
- Το  $\text{CaCO}_3$  του εδάφους
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους E.C.
- Η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (I.A.K)

# ΤΟ pH ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το pH εκφράζει την συγκέντρωση των ελεύθερων 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/L.

Το pH επιδρά στην 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 χλώρωσης είναι συχνό λόγω έλλειψης Fe, Cu, Zn κ.α.

# ΤΟ $\text{CaCO}_3$ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα πιο κοινά ανθρακικά άλατα του εδάφους είναι: το ανθρακικό ασβέστιο  $\text{CaCO}_3$ , το ανθρακικό μαγνήσιο  $\text{MgCO}_3$  και ο δολομίτης  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , αλλά με τον όρο ανθρακικό ασβέστιο έχει επικρατήσει να αναφέρονται τα παραπάνω ανθρακικά άλατα.

Γενικά ως ασβεστούχα εδάφη χαρακτηρίζονται αυτά που έχουν  $\text{CaCO}_3$  σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10 % και θεωρούνται προβληματικά γιατί παρουσιάζουν σε έντονο βαθμό ορισμένα μειονεκτήματα. Φυτά τα οποία είναι ευαίσθητα στην έλλειψη σιδήρου (εσπεριδοειδή, ροδακινιές, δαμασκηνιές, μπιζέλια, φασόλια, σόργο, καλλωπιστικά), σε συνθήκες μεγάλου ποσοστού  $\text{CaCO}_3$ , παρουσιάζουν χλώρωση ασβεστίου η οποία συνοδεύεται από έλλειψη σιδήρου στα φύλλα.

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ EC

Η αγωγιμότητα του εδάφους είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα σύμφωνα με την οποία τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως “αλατούχα” ή “μη αλατούχα”. Για να χαρακτηριστεί ένα έδαφος αλατούχο πρέπει η τιμή της αγωγιμότητας του εκχυλίσματος κορεσμού να είναι  $E.C. > 4 \text{ mS/cm}$ .

Μάλιστα, ορισμένα ευαίσθητα φυτά παρουσιάζουν προβλήματα και σε τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεταξύ 1 και 2 mS/cm.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

## ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

### 1. Εισαγωγή

Με τον όρο κοκκομετρική ανάλυση του εδάφους, (η παραδοσιακά αναφερόμενη ως «μηχανική ανάλυση») ορίζεται η εργαστηριακή τεχνική με την οποία γίνεται ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασής του, (μηχανικής σύστασης), δηλαδή της επί τοις εκατό περιεκτικότητάς του στα τρία κλάσματα, ήτοι της άμμου, της ιλύος και της αργίλου. Υπενθυμίζεται πάλι ότι, οι περισσότερες αναλύσεις εδάφους, εκτός εκείνων που αφορούν τις φυσικές του ιδιότητες, γίνονται στη λεπτή γη, δηλαδή στα τεμαχίδια του εδάφους που περνάνε από κόσκινο με άνοιγμα οπών 2 mm.

Η στερεή φάση του εδάφους υποδιαιρείται, με βάση πάντα την ισοδύναμη διάμετρο των τεμαχιδίων της σε mm, στα εξής κλάσματα όπως φαίνονται στον Πίνακα 1:

Κλάσμα	Διεθνές σύστημα	Αμερικάνικο σύστημα
Χονδρή άμμος	2 – 0,2	2 – 0,2
Λεπτή άμμος	0,2 – 0,02	0,2 – 0,05
Ιλύς	0,02 – 0,002	0,05 – 0,002
Αργίλος	< 0,002	< 0,002

Πίνακας 1 Διάμετρος κλάσματος σε mm

### 1.1 Μέθοδοι και θεωρητικές αρχές

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών είναι η μέθοδος **Bouyoucos** και η μέθοδος του **σιφωνίου**.

#### 1.1.1 Μέθοδος Bouyoucos

Η μέθοδος Bouyoucos προσδιορίζει την κοκκομετρική σύσταση ενός αιωρήματος εδάφους με μετρήσεις της πυκνότητάς του, (γι' αυτό φέρει και το όνομα μέθοδος του πυκνομέτρου). Είναι μέθοδος απλή και γρήγορη, αλλά στερείται μεγάλης ακριβείας και χρησιμοποιεί έναειδικά σχεδιασμένο πυκνόμετρο. Η πυκνότητα ενός εδαφικού αιωρήματος μετράται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα και σε συγκεκριμένο βάθος και συσχετίζεται με τη μάζα των αιωρούμενων τεμαχιδίων στο συγκεκριμένο βάθος στην ίδια χρονική στιγμή. Η ακτίνα αυτών των τεμαχιδίων μπορεί να υπολογιστεί, για το χρόνο και το βάθος που γίνονται οι μετρήσεις, από την εξίσωση Stokes. Η εξίσωση μετασχηματίζεται ώστε η ακτίνα να είναι συνάρτηση του βάθους στο οποίο βρίσκεται βυθισμένο το πυκνόμετρο κατά τη χρονική στιγμή της ανάγνωσης. Το βάθος εκφράζεται ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών του πυκνομέτρου (διαστάσεις, όγκος) και της ενδείξεως του πυκνομέτρου. Με τη βοήθεια, επομένως, των παραπάνω σχέσεων μπορεί από την ένδειξη του πυκνομέτρου να ευρεθεί το βάθος και από αυτό η ακτίνα των τεμαχιδίων που βρίσκονται στοσυγκεκριμένο βάθος μετά από ορισμένο χρόνο.

##### 1.1.1.1 Υλικά και όργανα

- 1.1.1.1.1 Πυκνόμετρο, Bouyoucos ASTM No 152 H, με κλίμακα g/L, βαθμολογημένο στους 20<sup>0</sup> C (68<sup>0</sup> F).
- 1.1.1.1.2 Κύλινδροι μηχανικής ανάλυσης 1 L
- 1.1.1.1.3 Αναδευτήρας κοκκομετρικής ανάλυσης (mixer ηλεκτρικό)
- 1.1.1.1.4 Υδραργυρικό θερμομέτρο
- 1.1.1.1.5 Αναδευτήρας για την ανάδευση των αιωρημάτων στον κύλινδρο, ή πώμα για τον κύλινδρο
- 1.1.1.1.6 Χρονόμετρο

1.1.1.1.7 Θάλαμος ή υδρόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας. Συνήθως η μέτρηση γίνεται στο χώρο του εργα- στηρίου όπου η θερμοκρασία δεν διαφέρει κατά  $\pm 5^{\circ}$  C από τη θερμοκρασία βαθμολογήσεως του πυκνόμετρου ( $20^{\circ}$  C ). Η διαφορά θερμοκρασίας διορθώνεται με τη χρήση τυφλού δείγματος.



### 1.1.1.2 Αντιδραστήρια

1.1.1.2.1 **Διαμεριστικό.  $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$**  (sodium hexametaphosphate ή όπως αλλιώς λέγεται sodium polyphosphate ή άλας του Graham ή Calgon), 50 g/L, με pH > 8,3. Η διάλυση του αντιδραστηρίου γίνεται σε πε-ρίπου 900 mL αποσταγμένου νερού (χρειάζεται αρκετή ώρα), επίσης προστίθενται 3 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , με-τράται το pH και ρυθμίζεται μεταξύ 8,3 και 8,5 με μικρές δόσεις  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Το pH του διαμεριστικού ελέγχεται κάθε 15 ημέρες και διορθώνεται στο επιθυμητό αν απαιτείται.

1.1.1.2.2 **Αμυλική αλκοόλη ή ακετόνη** (αντιαφριστικά)

### 1.1.1.3 Εκτέλεση προσδιορισμού

50 g αεροξηρανθέντος εδάφους (λεπτή γη) τοποθετούνται σε πλαστικό ποτήρι των 600 mL, προστίθενται 100 mL διαμεριστικού και αφήνονται επί 15-20 ώρες. Το βάρος του εδάφους, που χρησιμοποιείται για ανάλυση εξαρτάται από την κοκκομετρική του σύσταση. Για βαρέα εδάφη (ιλυώδη-αργιλώδη), 20-30 g είναι αρκετά. Για ελαφρά εδάφη (αμμώδη) απαιτούνται 60-100 g δείγματος.

Μετά την παραμονή, το αιώρημα μεταφέρεται με περίπου 200 mL αποσταγμένου νερού στο δοχείο του μίξερ, το δοχείο προσαρμόζεται στη συσκευή και γίνεται ανάδευση επί 2-3 λεπτά. Κατόπιν το αιώρημα μετα-φέρεται σε κύλινδρο κοκκομετρικής αναλύσεως και συμπληρώνεται ο όγκος **μέχρι 1 L** με αποσταγμένο νερό. Παρασκευάζεται επίσης ένα **τυφλό δείγμα** (χωρίς έδαφος) με προσθήκη 100 mL διαμεριστικού σε κύλινδρο κοκκομετρικής αναλύσεως και συμπλήρωση μέχρι όγκου 1 L με αποσταγμένο νερό. Ο κύλινδρος με το αιώρημα και ο κύλινδρος με το τυφλό δείγμα αναδεύονται καλά προς επίτευξη ομοιογενείας (με τη βοήθεια του αναδευτήρα ή πωματίζοντάς τους και ανακινώντας) και στη συνέχεια αφήνονται επί μισή έως μία ώρα προς εξισορρόπηση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ή εναλλακτικά τοποθετούνται σε θάλαμο ή υδρόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 20<sup>0</sup> C (68<sup>0</sup> F).

Στη συνέχεια και μετά την εξισορρόπηση για τη θερμοκρασία λαμβάνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου με εισαγωγή του στο τυφλό δείγμα. Το αιώρημα με το έδαφος αναδεύεται πολύ καλά με τον ειδικό αναδευτήρα ή ο κύλινδρος πωματίζεται και ανακινείται (πάνω-κάτω) 10 φορές. Ο κύλινδρος αφήνεται σε ηρεμία και τίθεται σε λειτουργία το χρονόμετρο ή σημειώνεται η ακριβής ώρα αν δεν υπάρχει χρονόμετρο. Γοργά, προστίθενται 5-6 σταγόνες αμυλικής αλκοόλης ή ακετόνης και εισάγεται το πυκνόμετρο στο αιώρημα (**με ήπιο τρόπο**). Σημειώνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου (άνω σημείο του μηνίσκου) **μετά 40 sec από τη στιγμή της ηρεμίας** (βλέπε σχήμα 3.1). Αφαιρείται το πυκνόμετρο, πλένεται με νερό και στεγνώνεται.

Εκ νέου εισάγεται το πυκνόμετρο στο αιώρημα 15-20 sec πριν της παρελεύσεως των 2 ωρών και σημειώ-νεται η ένδειξη του πυκνόμετρου **2 ακριβώς ώρες από της ηρεμίας**. Λαμβάνεται επίσης και η ένδειξη του πυκνομέτρου στο τυφλό δείγμα.

Οι ενδείξεις του πυκνόμετρου πρέπει να διορθώνονται: για την ένδειξη του τυφλού δείγματος (συνήθως είναι μεταξύ 4-6,5). Αυτή η ένδειξη **αφαιρείται** από κάθε ένδειξη του πυκνόμετρου.

### 1.1.1.4 Υπολογισμός του αποτελέσματος

Η διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου στα 40 sec, διαιρούμενη με το βάρος του χρησιμοποιηθέντος δείγ-ματος και πολλαπλασιαζόμενη επί 100, δίνει αθροιστικά το ποσοστό ιλύος και αργίλου στο έδαφος. Η δι-ορθωμένη ένδειξη στις 2 ώρες, δίνει κατά τον ίδιο τρόπο το ποσοστό αργίλου. Τα ποσοστά άμμου και ιλύος υπολογίζονται μαθηματικά από τις διαφορές.

### 1.1.2 Μέθοδος κατά Weil (2006).

**Υλικά, τρόπος εργασίας και διορθώσεις είναι ίδια με την προηγούμενη μέθοδο.**

Η διαφορά συνίσταται στους χρόνους λήψεως των ενδείξεων του πυκνομέτρου.

#### • **Ιλύς + άργιλος**

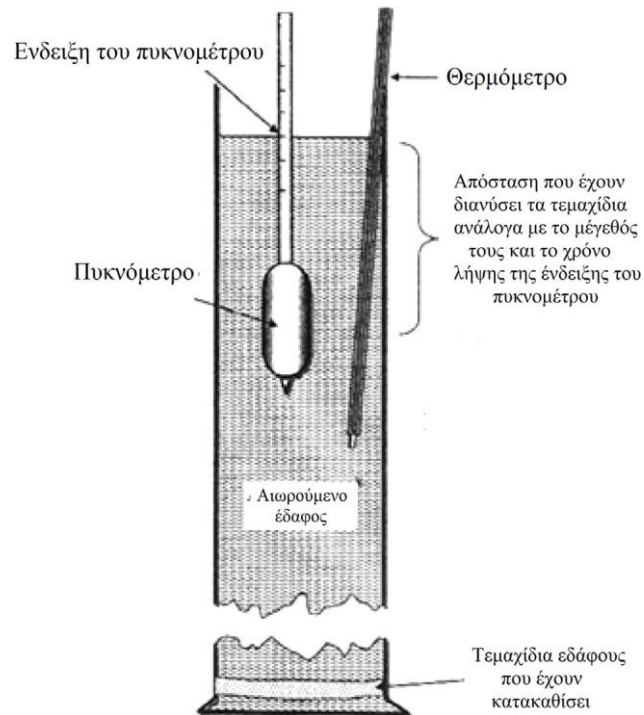
Από τη στιγμή της ηρεμίας, λαμβάνονται ενδείξεις του πυκνομέτρου μετά 40, 50, 60,70, και 80 sec. Οι διορθωμένες ενδείξεις σημειώνονται στο Διάγραμμα (Σχήμα 1). Χαράσσεται η ευθεία που τις συνδέει (διακεκομμένη γραμμή στο Διάγραμμα.) και από το σημείο της τομής της με τη διαγώνιο (έντονη μαύρη γραμμή), φέρεται παράλληλος προς τον άξονα των χρόνων. Το σημείο τομής της παραλλήλου αυτής με τον άξονα Y είναι η ένδειξη που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του ποσοστού ιλύς + άργιλος.

#### • **Αργίλος**

Λαμβάνεται η ένδειξη του πυκνομέτρου μετά **7 ώρες**. Η διορθωμένη αυτή ένδειξη χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ποσοστού της αργίλου.

- Οι υπολογισμοί των ποσοστών της ιλύος και της άμμου, γίνονται μαθηματικά με βάση τον υπολογισμό του αθροίσματος της ιλύος και αργίλου καθώς και της άμμου που έγιναν με τις μετρήσεις του πυκνομέτρου.

**Σημείωση.** Ο Weil (2006) αναφέρει ότι μικρότερο σφάλμα εισάγεται αν ληφθεί ένδειξη **μετά 24 ώρες**.



**Σχήμα 1** Σχηματική παράσταση υπολογισμού της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους με τη βοήθεια πυκνομέτρου Βουγιούκου.

### 1.1.3 Μέθοδος κατά Gee and Bauder (1985).

Εφαρμόζεται για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της αργίλου.

**Υλικά, τρόπος εργασίας και διορθώσεις, όπως στις προηγούμενες μεθόδους.**

Η διαφορά συνίσταται στους χρόνους δειγματοληψίας και στον μαθηματικό τρόπο υπολογισμού της αργίλου.

**Οι συγγραφείς τονίζουν και χρησιμοποιούν μόνο τη διόρθωση ως προς το τυφλό δείγμα.**

Ο υπολογισμός της αργίλου ( $< 2 \mu\text{m}$ ) γίνεται από τη σχέση:

$$\text{Αργίλος στο αιώρημα} = (E_{24} + K E_{1,5}) / 2 \times 100 / B$$

Όπου:

$E_{24}$  = διορθωμένη ένδειξη μετά 24 ώρες  $E_{1,5}$  =

διορθωμένη ένδειξη μετά 1,5 ώρες  $K$  =

συντελεστής ίσος με 0,876

$B$  = βάρος χρησιμοποιηθέντος εδάφους

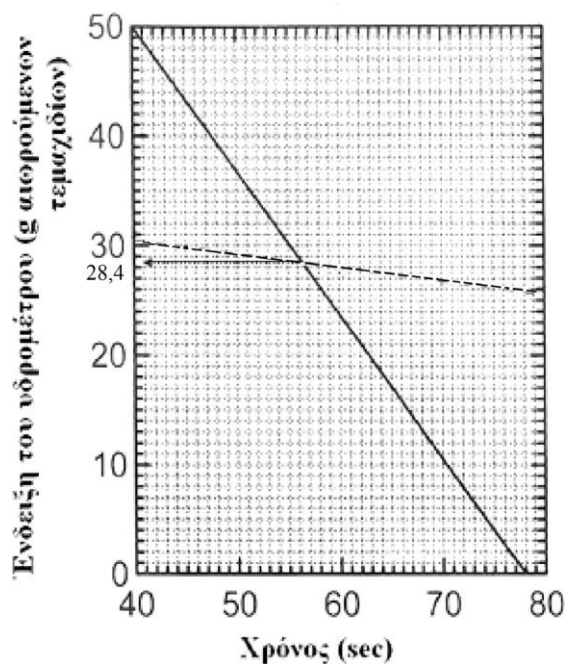
Παράδειγμα: έστω ότι ελήφθησαν οι παρακάτω ενδείξεις

Ενδείξεις πυκνομέτρου		Ενδείξεις τυφλού	
1,5 ώρες	24 ώρες	1,5 ώρες	24 ώρες
9,0	11,2	0,9	4,9

και το βάρος του χρησιμοποιηθέντος εδάφους = 29,17 g

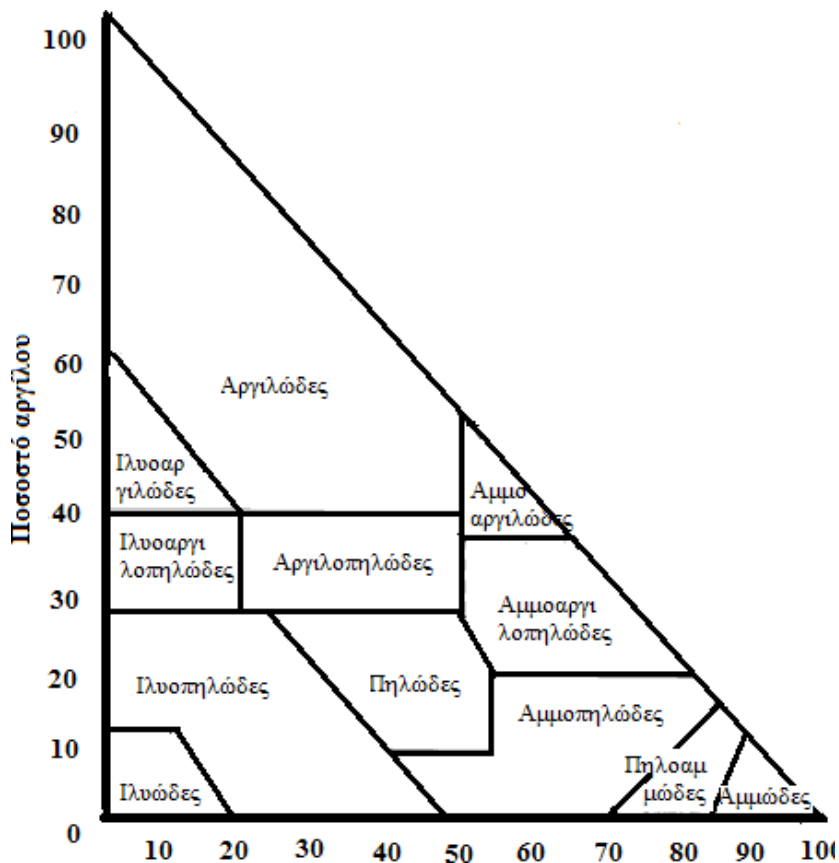
**άργιλος, % στο έδαφος =  $[(11,2 - 4,9) + 0,876(9 - 0,9)] / 2 \times 100 / 29,17 = 22,9$**

Επομένως, συνδυασμός των δύο τελευταίων μεθόδων δίνει ακριβέστερα ποσοστά ιλύος και αργίλου στο έδαφος.



Σχήμα 2 Διάγραμμα υπολογισμού της ιλύος και της αργίλου κατά Weil (2006)., Copyright by Kendall/Hunt Publishing Co.

Μετά τον προσδιορισμό του ποσοστού των τριών κλασμάτων, δηλαδή της άμμου, της ιλύος και της αργίλου, ακολουθεί η κατάταξη του εδάφους με τη βοήθεια τριγωνικού διαγράμματος (Σχήμα 3). Το διάγραμμα αυτό είναι ένα ορθογώνιο τρίγωνο που η μια κάθετος πλευρά του αντιπροσωπεύει το ποσοστό της αργίλου και η άλλη το ποσοστό της άμμου.



Σχήμα 3 Τρίγωνο κοκκομετρικής σύστασης για την κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες

## 1.1.4 Μέθοδος του σιφονίου

### 1.1.4.1 Υλικά και όργανα

- 1.1.4.1.1 Ογκομετρικός κύλινδρος κοκκομετρικής ανάλυσης του 1 L
- 1.1.4.1.2 Αναδευτήρας κοκκομετρικής ανάλυσης (mixer ηλεκτρικό)
- 1.1.4.1.3 Σιφόνιο κοκκομετρικής ανάλυσης
- 1.1.4.1.4 Ορθοστάτες με κόσκινο N° 270 (διαμ. σπών 0,053 mm)
- 1.1.4.1.5 Κάψες από πορσελάνη
- 1.1.4.1.6 Υδραργυρικό θερμομέτρο
- 1.1.4.1.7 Αναδευτήρας για ανάδευση των αιωρημάτων στον κύλινδρο
- 1.1.4.1.8 Χρονόμετρο
- 1.1.4.1.9 Πυριατήριο
- 1.1.4.1.10 Ξηραντήρας
- 1.1.4.1.11 Υδροβολέας

#### **1.1.4.2 Αντιδραστήρια**

**Διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου 0,1 N.** Παρασκευάζεται με διάλυση 10 g  $(\text{NaPO}_3)_6$  και 2,2 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  σε ένα λίτρο διαλύματος.

Το  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  προστίθεται για τη ρύθμιση του pH του διαλύματος στο 8,2 πράγμα που βοηθά στο διαμερισμό του δείγματος και εμποδίζει την υδρόλυση του εξαμεταφωσφορικού νατρίου προς ορθοφωσφορικό.

#### **1.1.4.3 Εκτέλεση προσδιορισμού**

Ζυγίζονται με ακρίβεια 10 g αεροξηρανθέντος εδάφους που έχουν υποστεί την προκατεργασία που περιγράφεται στο Υποκεφάλαιο.3.2, και μεταφέρονται στο δοχείο του ηλεκτρικού αναδευτήρα (mixer) μαζί με 50 mL διαλύματος  $(\text{NaPO}_3)_6$  0,1 N και 350 mL περίπου νερού. Ακολουθεί ανάδευση για 5-10 λεπτά. Μετά το τέλος της ανάδευσης αφαιρείται το δοχείο από τη συσκευή και εκπλύνεται καλά ο άξονας του αναδευτήρα, έτσι ώστε όλο το αιώρημα να συλλεχθεί στο δοχείο του αναδευτήρα.

**Προσδιορισμός της άμμου.** Σε ένα ορθοστάτη προσαρμόζεται ένα κόσκινο Ν° 270, στη βάση του οποίου υπάρχει ένα χωνί που καταλήγει στον κύλινδρο κοκκομετρικής ανάλυσης. Το περιεχόμενο του δοχείου του αναδευτήρα αποχύνεται στο κόσκινο όπου συγκρατείται η άμμος, ενώ η ιλύς και η άργιλος διέρχονται και συλλέγονται στον κύλινδρο. Με ένα υδροβολέα ξεπλένονται καλά οι κόκκοι της άμμου πάνω στο κόσκινο, ώστε να απομακρυνθούν τελείως οι κόκκοι της ιλύος και της άργιλου. Η άμμος που συγκρατήθηκε από το κόσκινο μεταφέρεται ποσοτικά σε μια προζυγισμένη κάψα από πορσελάνη και τοποθετείται στο πυριατήριο για μια νύχτα στους 104°C. Στη συνέχεια η κάψα μεταφέρεται σε ξηραντήρα για να αποκτήσει θερμοκρασία δοματίου και κατόπιν, ζυγίζεται. Ο σταθμικός αυτός προσδιορισμός την άμμου θεωρείται ως ο πλέον ακριβής και χρησιμοποιείται ως βάση αναφοράς

**Προσδιορισμός του αιωρήματος (ιλύος + άργιλου).** Αφού αφαιρεθεί η άμμος από το δείγμα, ο κύλινδρος που περιέχει το αιώρημα με την ιλύ και την άργιλο συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή των 1000 mL με νερό. Στη συνέχεια το αιώρημα στον κύλινδρο ανακινείται ζωνρά με τον αναδευτήρα με προσοχή ώστε να αποφευχθεί η εκτίναξη σταγονιδίων αιωρήματος εκτός κυλίνδρου και αφήνεται σε ηρεμία, συνήθως μέσα σε ειδικό υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας. Σημειώνεται η ακριβής ώρα της στιγμής της ηρεμίας. Με τη βοήθεια του Πίνακα 3.2 υπολογίζεται ο χρόνος που απαιτείται για να μετακινηθεί η ιλύς, από ένα λεπτό στρώματος κορυφής του αιωρήματος στο βάθος των 10 cm. Στο βάθος αυτό όμως υπάρχει αιωρούμενη άργιλος, η οποία έχει πολύ βραδύτερο ρυθμό καθίζησης από την ιλύ. Λίγο πριν τη συμπλήρωση του χρόνου βυθίζεται το σιφώνιο κοκκομετρικής ανάλυσης σε βάθος 10 cm μέσα στο αιώρημα. Στον υπολογισμένο χρόνο από της ηρεμίας και με τη βοήθεια ειδικού πλαστικού σωλήνα που είναι προσαρμοσμένος στη συσκευή λαμβάνεται με αναρρόφηση ποσότητα 10 mL αιωρήματος, το οποίο περιέχει ιλύ + άργιλο και μεταφέρεται σε προζυγισμένη κάψα από πορσελάνη. Η κάψα τοποθετείται στο πυριατήριο για 24 ώρες στους 104° C και στη συνέχεια αφού τοποθετηθεί σε ξηραντήρα για να κρυσώσει, ζυγίζεται.

**Προσδιορισμός της άργιλου.** Με τη βοήθεια του Πίνακα 3.2 υπολογίζεται ο χρόνος που απαιτείται για να μετακινηθεί η άργιλος, για τη θερμοκρασία του αιωρήματος, στο βάθος των 10 cm (π.χ. για θερμοκρασία 20° C απαιτείται χρόνος 7 h, 43 m και 46 s). Στον υπολογισμένο χρόνο από της ηρεμίας βυθίζεται το σιφώνιο κοκκομετρικής ανάλυσης στο βάθος των 10 cm και ακολουθεί η διαδικασία που περιγράφεται στον προσδιορισμό της ιλύος + άργιλου.

#### 1.1.4.4 Υπολογισμός του αποτελέσματος

##### 1. Υπολογισμός του ποσοστού της άμμου:

$$\text{άμμος σε gr \%} = \frac{(X_2 - X_1)}{B} \times 100$$

όπου:

$X_2$  = το βάρος σε g της κάψας με τη ξηρή άμμο  $X_1$  =

το βάρος σε g της κενής κάψας

B = τα g του εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν

##### 2. Υπολογισμός του ποσοστού ιλύς + άργιλος:

$$\text{ιλύς + άργιλος σε g \%} = \frac{(X_2 - X_1) \times 100}{V_{\text{σιφωνίου}}} \times \frac{1000}{B}$$

όπου:

$X_2$  = το βάρος σε g της κάψας με την ξηρή ιλύ + άργιλο \*  $X_1$  =

το βάρος σε g της κενής κάψας

1000 = Τα mL του αιωρήματος συνολικά

$V_{\text{σιφωνίου}}$  = ο όγκος του αιωρήματος που παραλήφθηκε με

το σιφώνιο (10 mL)

B = τα g του εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν

\***Σημείωση.** Από αυτό το βάρος πρέπει να αφαιρείται η μάζα της χημικής ένωσης (στα 10 mL του αιωρήματος) που προστέθηκε για τον διαμερισμό του εδαφικού δείγματος.

### 3. Υπολογισμός του ποσοστού της αργίλου.

$$\text{άργιλος σε g \%} = \frac{(X_2 - X_1) \times 100}{V_{\text{σιφωνίου}}} \times \frac{1000}{B}$$

όπου:

$X_2$  = το βάρος σε g της κάψας με την ξηρή άργιλο \*  $X_1$  =

το βάρος σε g της κενής κάψας

1000 = Τα mL του αιωρήματος συνολικά

$V_{\text{σιφωνίου}}$  = ο όγκος του αιωρήματος που παραλήφθηκε με  
το σιφώνιο (10 mL)

B = τα g του εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν

\***Σημείωση.** Από αυτό το βάρος πρέπει να αφαιρείται η μάζα της χημικής ένωσης (στα 10 mL του αιωρήματος) που προστέθηκε για τον διαμερισμό του εδαφικού δείγματος.

### 4. Υπολογισμός του ποσοστού της ιλύος.

Η διαφορά του 3 από το 2 δίνει το ποσοστό της ιλύος σε g

**Σημείωση.** Η διαφορά των ποσοστών της ιλύος και αργίλου από το 100 δίνει το ποσοστό της άμμου. Η τιμή αυτή συγκρίνεται με την τιμή που προέκυψε από τη σταθμική μέθοδο και έτσι ελέγχεται η αξιοπιστία της μεθόδου του σιφωνίου.

### **1.1.5 Πρακτικός προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους με το χέρι, σύμφωνα με το Αμερικάνικο σύστημα**

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους σύμφωνα με το Αμερικανικό σύστημα μπορεί να γίνει και στο χωράφι. Από το εδαφικό δείγμα αφαιρούνται πρώτα τα χαλίκια και όλα γενικώς τα στερεά τεμαχίδια μεγέθους  $>2$  mm. Στη συνέχεια το έδαφος με κριτήριο την ευκολία που διωγραινεται και πλάθεται, καθώς επίσης και την κολλητικότητα του, ταξινομείται στις παρακάτω κατηγορίες κοκκομετρικής σύστασης:

1. **Αμμώδες.** Το έδαφος αυτό δεν μπορεί να σχηματίσει σβώλους, γιατί το ποσοστό της ιλύος και της αργίλου είναι μικρό. Δεν λερώνει τα χέρια και όταν συμπιέζεται μεταξύ των δακτύλων έχει την αφή της καθαρής άμμου (90%).
2. **Πηλοαμμώδες.** Το ποσοστό της ιλύος και της αργίλου εξακολουθεί να είναι μικρό και γι' αυτό το έδαφος πλάθεται ελάχιστα και σχηματίζει βώλους, οι οποίοι σπάζουν μόλις δοκιμάσουμε να τους πιέσουμε. Δεν κολλάει καθόλου και δεν λερώνει τα χέρια. Με την αφή δίδει περίπου την ίδια αίσθηση, όπως και το προηγούμενο (άμμος 80%).
3. **Αμμοπηλώδες.** Πλάθεται καλά, δεν κολλάει στα χέρια και λερώνει ελάχιστα. Οι σβώλοι που σχηματίζει σπάζουν εύκολα. Είναι δυνατόν να σχηματισθούν κύλινδροι μεγάλης, όμως, διαμέτρου. Με την αφή γίνεται αντιληπτό το μεγάλο ποσοστό της άμμου (60%).
4. **Πηλώδες.** Πλάθεται καλά, κολλάει και λερώνει πολύ τα χέρια. Σχηματίζει κυλίνδρους μέχρι διάμετρο 0,5cm, οι οποίοι σπάζουν αν γίνει προσπάθεια να καμφθούν. Η αίσθηση της άμμου με την αφή εξακολουθεί να υπάρχει (άμμος 40%).
5. **Ιλυώδες.** Πλάθεται καλά και διωγραινεται δύσκολα. Κολλάει ελάχιστα. Μπορεί να σχηματίσει κυλίνδρους με διάμετρο 0,3 cm, οι οποίοι δεν σπάζουν, αλλά μπορούν να σχηματίσουν δακτύλιο. Με την αφή δεν γίνεται αντιληπτή η παρουσία της άμμου.
6. **Αργιλώδες.** Διωγραινεται και πλάθεται δύσκολα. Κολλάει πάρα πολύ και γι' αυτό με δυσκολία μπορεί να συγκεντρωθεί και να σχηματίσει σβώλους. Σχηματίζει λεπτούς κυλίνδρους που κάμπτονται εύκολα.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ**

**ΜΟΥΖΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ**

**23-03-2022**