

ΑΤΟΜΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ

- Σαμαρίνας Ν.
- Ευαγγελίδης Χ.



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ

ΕΔΑΦΟΣ

Φυσικές σταθερές εδάφους
 FC, PWP, D_p, i_f

Δόση Άρδευσης
 $D_r = D_p/n$ (mm ή $m^3/στρ$)

Διάρκεια Άρδευσης
 t_a (hr)

Εύρος Άρδευσης
 D_p/ET_c

ΝΕΡΟ

Κλιματικές συνθήκες
 $P, T_{mean}, RH_{min}, u_2, n$

Υπ/σμός Εξατμισοδιαπνοής
 ET, ET_c (mm/day)

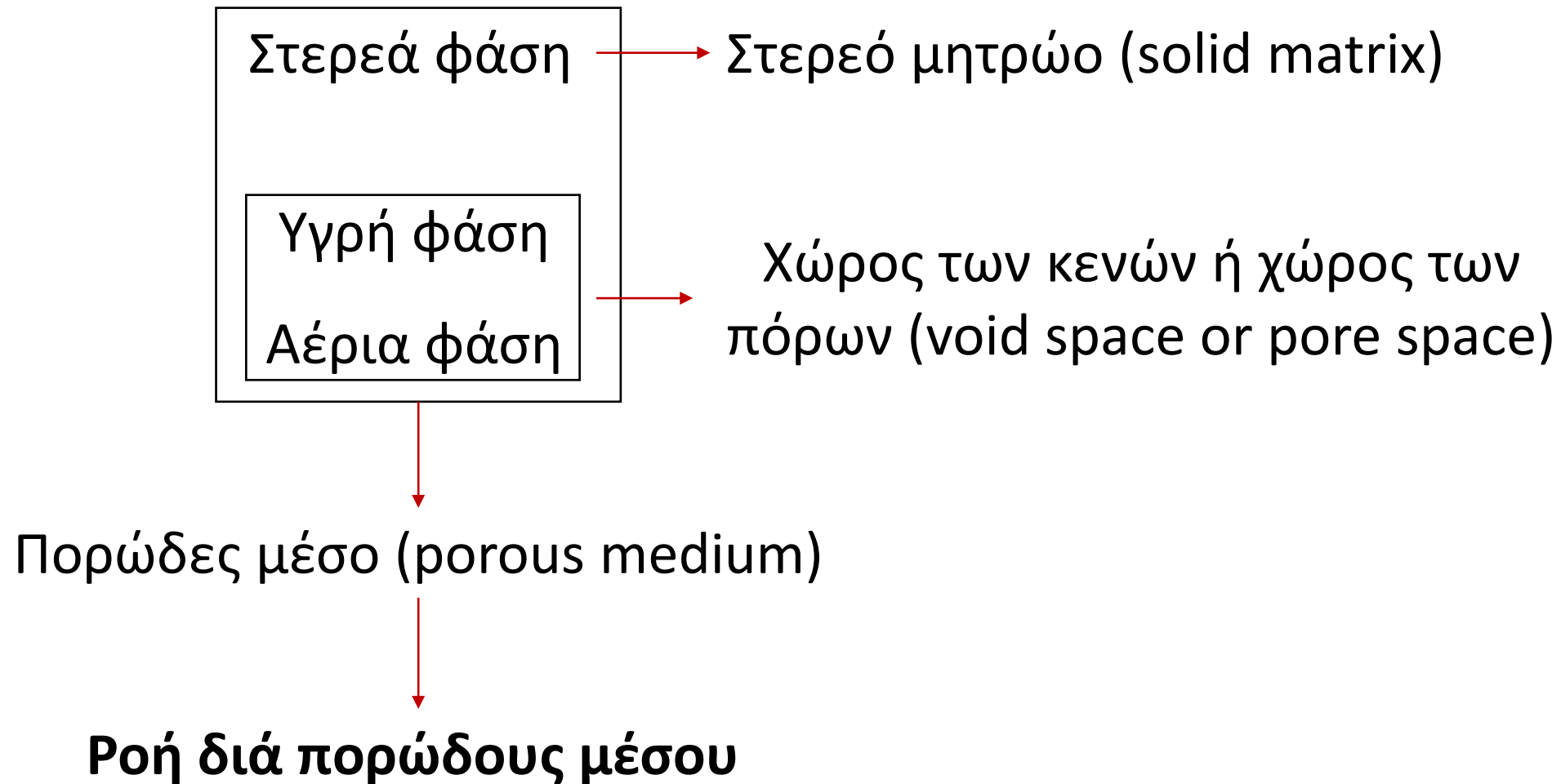
Ειδική παροχή
 $lt/(s \cdot στρ)$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Διαστασιολόγηση Δικτύου
 Q (lt/s), D (mm)

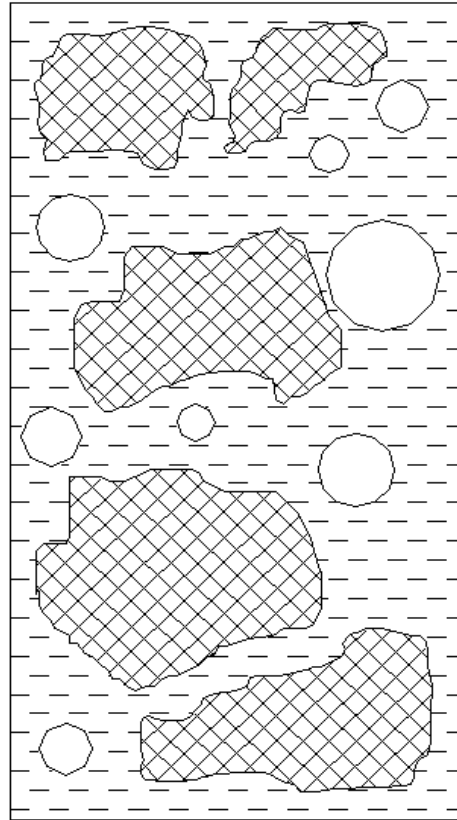
Χαμηλό Κόστος

Σύστημα που αποτελείται από τρεις φάσεις



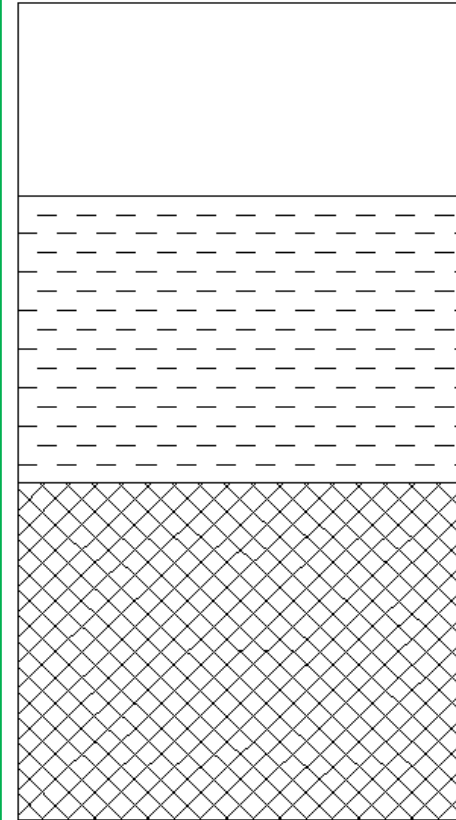
ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Πραγματικό

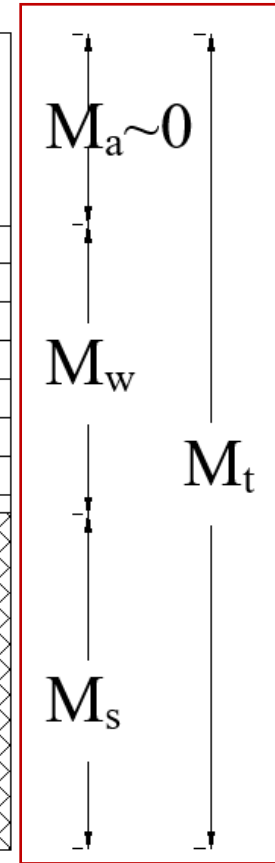
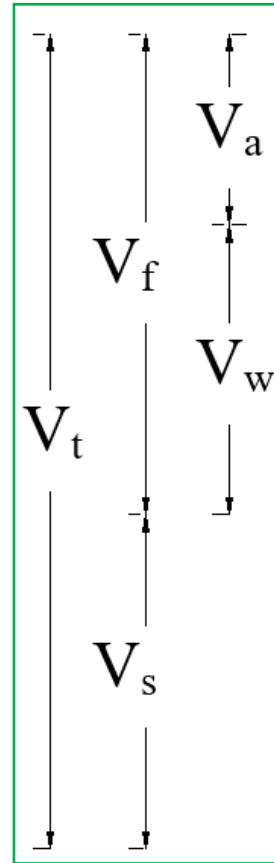


(α)

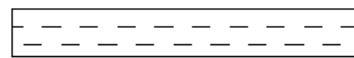
Ιδεατό



(β)



(αέρας)



(νερό)



(στερεό)

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Η πραγματική πυκνότητα (density of solids) του στερεού ρ_s

Είναι ο λόγος της **μάζας** των στερεών σωματιδίων (τεμαχίδια) προς τον **όγκο** των στερεών σωματιδίων του εδάφους

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

Στα περισσότερα αλατούχα εδάφη η μέση πυκνότητα των σωματιδίων μεταβάλλεται μεταξύ 2.6 και 2.7 gr/cm^3 , η δε παρουσία οργανικών ουσιών μειώνει την τιμή του.

Η φαινόμενη πυκνότητα (bulk density) σε ξερή κατάσταση ρ_b

Είναι ο λόγος της **μάζας** των **στερεών** σωματιδίων (τεμαχίδια) προς τον **ολικό όγκο** του εδάφους.

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_a + V_w}$$

Για εδάφη αμμώδη φθάνει την τιμή 1.6 gr/cm^3 ενώ για ιλυώδη εδάφη και αργιλώδη φθάνει την τιμή 1.1 gr/cm^3 .

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Η φαινόμενη πυκνότητα (bulk density) σε υγρή κατάσταση ρ_t

Είναι ο λόγος της **μάζας** της στερεάς και της υγρής φάσης του εδάφους προς τον **ολικό όγκο** του εδάφους.

$$\rho_t = \frac{M_t}{V_t} = \frac{M_s + M_w}{V_s + V_a + V_w}$$

Το πορώδες (porosity) του εδάφους n

Το πορώδες είναι ο λόγος **όγκου** των πόρων του εδάφους, ήτοι του αθροίσματος της υγρής και της αέριας φάσης, προς τον **ολικό όγκο** αυτού

$$n = \frac{V_f}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_s + V_a + V_w}$$

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Το πορώδες (porosity) του εδάφους n

Η **δομή** του εδάφους και το **μέγεθος** των σωματιδίων επηρεάζουν τον προσδιορισμό του πορώδους

Χονδρόκοκκα εδάφη (αμμώδη) \longrightarrow 35 έως 50%

Λεπτόκοκκα εδάφη (αργιλώδη) \longrightarrow 40 έως 60%

Υλικά	Γιμή πορώδους [%]	Υλικά	Γιμή πορώδους [%]
1	2	1	2
Κοινά εδάφη	50 - 60	Λεπτή ως μέση άμμος	30 - 35
Αργιλικά	45 - 55	Χαλικώδη	30 - 40
Γλυώδη	40 - 50	Χαλίκια και άμμος	20 - 35
Ανάμικτη μέση ως χοντρή άμμος	35 - 40	Αμμώδη πετρώματα	10 - 30
Ομοιόμορφη άμμος	30 - 40		

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Το πορώδες (porosity) του εδάφους n

$> 20\%$  Μεγάλη τιμή πορώδους

$5 - 20\%$  Μέση τιμή πορώδους

$< 5\%$  Μικρή τιμή πορώδους

Το πορώδες καθορίζει τις ιδιότητες του εδάφους να συγκρατεί νερό, να αερίζεται, να στραγγίζει.

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑΣ

Δείκτης κενών e

Ο δείκτης κενών χρησιμοποιείται κυρίως στην εδαφομηχανική, ενώ στις στραγγίσεις προτιμάται η χρησιμοποίηση του πορώδους.

$$e = \frac{V_a + V_w}{V_s} = \frac{V_f}{V_t - V_f}$$

Ο δείκτης κενών συνδέεται με το πορώδες με τη σχέση:

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η **περιεκτικότητα σε νερό** ή **υγρασία** εκφράζεται είτε σε σχέση με τη στερεά μάζα (*υγρασία κατά βάρος*) είτε σε σχέση με τον ολικό όγκο του εδαφικού δείγματος (*υγρασία κατ' όγκο*)

Υγρασία κατά βάρος w

$$w = \frac{M_w}{M_s}$$

Είναι η **μάζα** του νερού σε σχέση με την **μάζα των σωματιδίων** του ξερού εδάφους. Σαν ξερό έδαφος θεωρούμε το αποξηραμένο μέσα σ' ένα φούρνο και σε θερμοκρασία 105 οC. Εκφράζεται σε ποσοστά % και για εδάφη αλατούχα κορεσμένα το w κυμαίνεται από 25 μέχρι 60%

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Υγρασία κατά όγκο θ

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{V_s + V_f}$$

Είναι ο **όγκος** του νερού σε σχέση με τον **ολικό όγκο** του εδαφικού δείγματος και εκφράζεται σε ποσοστά %.

Για **αμμώδη εδάφη** και σε κατάσταση κορεσμού έχουμε:

$$\theta_s = 40 \sim 50\%$$

Ενώ για **αργιλώδη εδάφη** και σε κατάσταση κορεσμού ισχύει

$$\theta_s = n$$

Επίσης με βάση τα παραπάνω ισχύει η σχέση:

$$\frac{\theta}{w} = \left(\frac{M_s}{V_t} \right) / \frac{M_w}{V_w} = \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο βαθμός κορεσμού S

$$S = \frac{V_w}{V_f} = \frac{V_w}{V_a + V_w}$$

Ο **βαθμός κορεσμού** ή **κορεσμός** εκφράζει τον όγκο του νερού μέσα στους πόρους του εδαφικού δείγματος σε ποσοστά %.

Ξερό έδαφος $\longrightarrow S=0\%$

Κορεσμένο έδαφος $\longrightarrow S=100\%$

Η υγρασία το πορώδες και ο βαθμός κορεσμού συνδέονται με την παρακάτω σχέση:

$$\theta = \frac{V_w}{V_s} = \frac{V_w}{V_a + V_w} \cdot \frac{V_a + V_w}{V_t} = S \cdot n$$

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (soil texture)

Τα σωματίδια που περιέχονται στο έδαφος χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Άμμος (sand)
- Ιλύς (silt)
- Άργιλος (clay)

Αναλογία

Προσδιορισμός της
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ
του εδάφους

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (soil texture)

Κατάταξη των εδαφών σύμφωνα με τη διάμετρο των σωματιδίων του

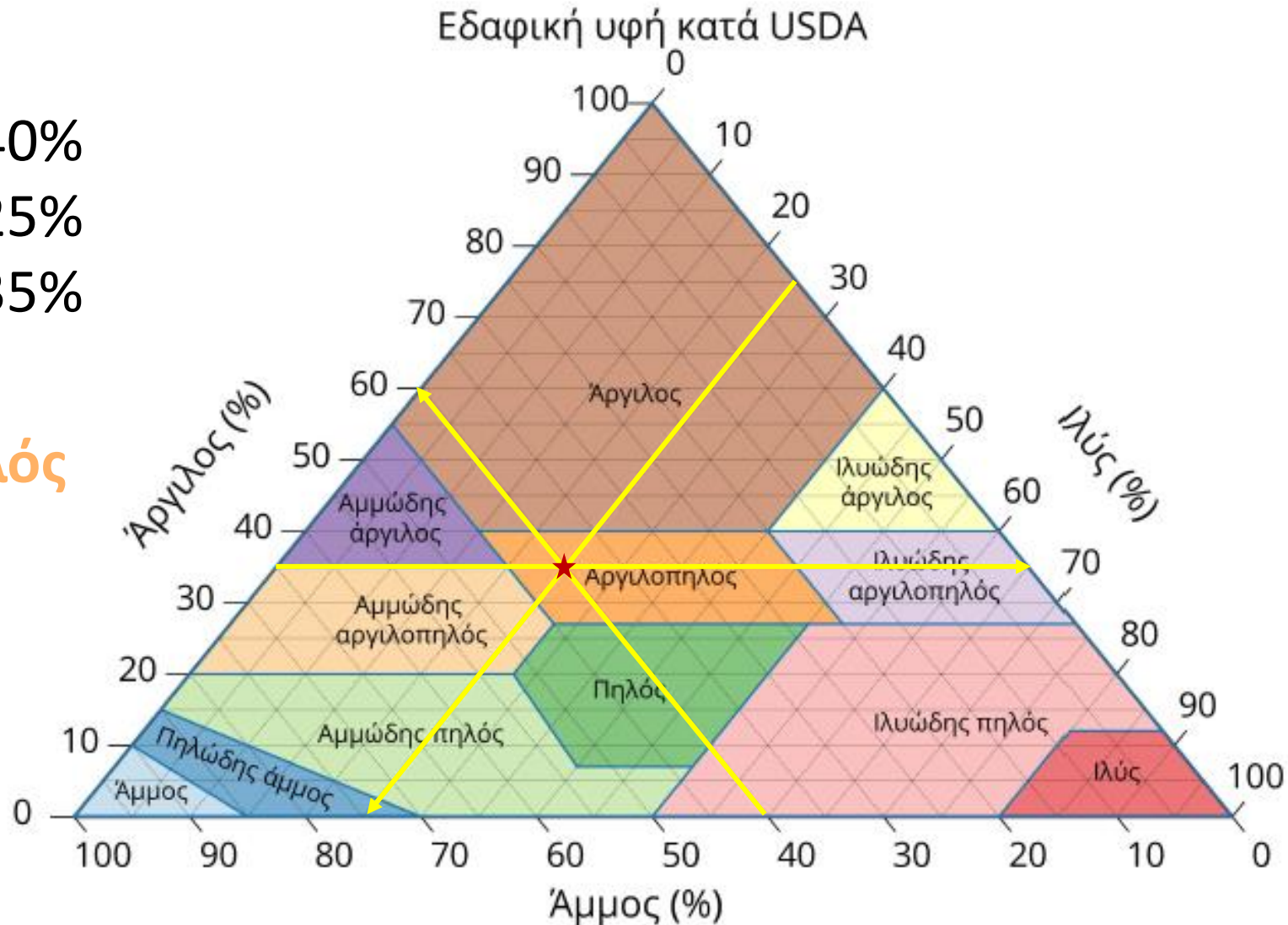
	Υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α	Διεθνής Κοινότητα της Επιστήμης του Εδάφους
Άργιλος	<0.002	<0.002
Ιλύς	0.002 – 0.05	0.002 – 0.02
Άμμος	0.05 – 2.0	0.02 – 2.0
Χαλίκι	>2.0	>2.0

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (soil texture)

Τριγωνικό σύστημα κατάταξης των εδαφών σε κατηγορίες μηχανικής σύστασης

Άμμος = 40%
Ιλύς = 25%
Άργιλος = 35%

↓
Αργιλοπηλός



ΥΔΑΤΟΙΚΑΝΟΤΗΤΑ – ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ

Η πίεση του νερού μέσα στους πόρους ενός εδαφικού δείγματος έχει αρνητική τιμή και καλείται **μύζηση** και δημιουργείται κυρίως από δυνάμεις τριχοειδούς.

Η **υδατοικανότητα** (Field Capacity - FC) H_r εκφράζεται ως το ποσό του νερού που παραμένει μετά τη στράγγιση του κορεσμένου εδάφους

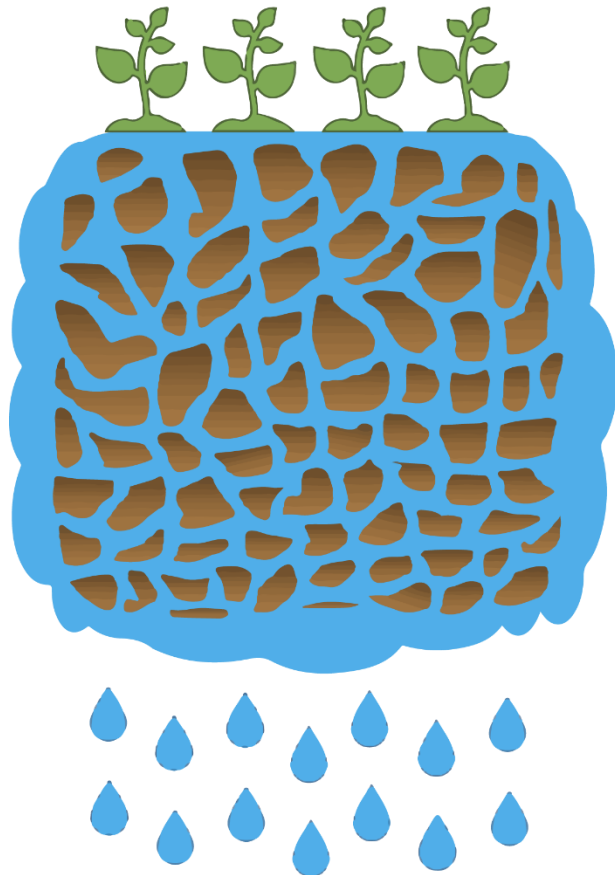


δύο ή τρεις μέρες μετά από τη βροχή, ή την άρδευση

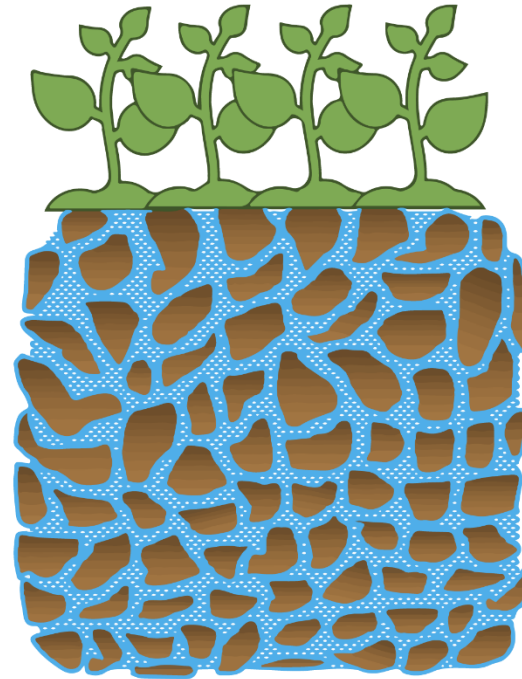
Το ελάχιστο όριο της χρήσιμης εδαφικής υγρασίας για τα φυτά καλείται **σημείο μόνιμης μάρανσης** (Permanent Wilting Point - PWP) H_f . Μη αντιστρέψιμη κατάσταση για το φυτό.

ΥΔΑΤΟΙΚΑΝΟΤΗΤΑ – ΣΗΜΕΙΟ ΜΟΝΙΜΗΣ ΜΑΡΑΝΣΗΣ

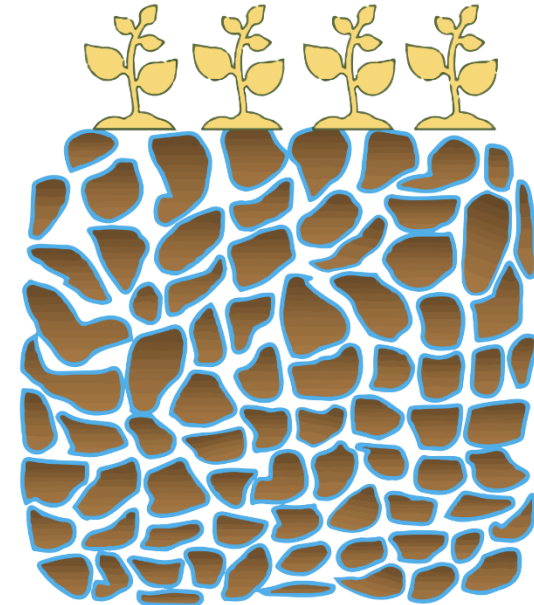
Κορεσμός



Υδατοικανότητα



Σημείο Μόνιμης Μάρανσης



ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Διαθέσιμη Υγρασία Δ.Υ (Available Soil Moisture - ASM) καλείται η διαφορά της υγρασίας μεταξύ της ιδατοικανότητας H_r και του σημείου μόνιμης μάρανσης H_f .

$$\Delta. \Upsilon(\text{F. C})(m^3/m^3) = (H_r - H_f) \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

Εφόσον τα H_r, H_f είναι εκφρασμένα σε τιμές **υγρασίας κατά βάρος w (%)**

$$\Delta. \Upsilon(\text{F. C})(m^3/m^3) = (H_r - H_f)$$

Εφόσον τα H_r, H_f είναι εκφρασμένα σε τιμές **υγρασίας κατά όγκο ϑ (%)**

ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Μέγιστη Διαθέσιμη Υγρασία είναι η ποσότητα νερού εκφρασμένη σε ύψος νερού που μια καλλιέργεια μπορεί να συγκρατήσει στη ζώνη του ριζοστρώματος της και το μέγεθός της εξαρτάται από τον τύπο εδάφους και του βάθους ριζοστρώματος εδάφους και του βάθους ριζοστρώματος.

$$M. Δ. Υ = (H_r - H_f) \cdot RD$$

Όπου ***RD*** το βάθος του ριζοστρώματος σε mm (Root Depth)

ΩΦΕΛΙΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Ωφέλιμη Υγρασία (Useful Soil Moisture - USM) είναι το κλάσμα της ολικής διαθέσιμης υγρασίας εκφρασμένης σε ύψος νερού που μια καλλιέργεια μπορεί να προσλάβει από την ζώνη ριζοστρώματος χωρίς να υπόκειται σε υδατική καταπόνηση:

$$USM = F (H_r - H_f) \cdot D_p$$

Επι της ουσίας αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που πρέπει να αποθηκευτεί με την άρδευση

Μέγιστη ποσότητα άρδευσης

Υδραυλικές ιδιότητες εδάφους

Βάθος ριζοστρώματος

$$D_m = (H_r - H_f) \frac{\rho_b}{\rho_w} \cdot RD$$

Εάν το RD είναι εκφρασμένο σε mm τότε και η δόση άρδευσης είναι σε mm, οπότε αντιστοιχεί σε $1 \text{ m}^3 / \text{στρ}$

Πρακτική δόση άρδευσης



Άρδευση του εδάφους πολύ πριν η υγρασία φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης

$$D_p (m^3 / στρ) = \frac{2}{3} \cdot D_m = F \cdot D_m = F (H_r - H_f) \cdot \frac{\rho_b}{\rho_w} \cdot RD$$

Το **F** πολλές φορές χρησιμοποιείται προσεγγιστικά στα 2/3.

Πρακτική δόση άρδευσης

Καλλιέργεια	F ή x_c/x_0
Μηδική	0.45
Καλαμπόκι	0.40 – 0.50
Βαμβάκι	0.35
Αμπέλι	0.65
Ελιές	0.35
Πατάτες	0.75
Ντομάτες	0.60
Σακχαρότευτλα	0.50
Σιτηρά	0.45 (αρχή)-0.10 (τέλος)

$$D_p = \frac{x_c}{x_0} \cdot D_m = \frac{x_c}{x_0} (H_r - H_f) \cdot \frac{\rho_b}{\rho_w} \cdot RD$$

Πραγματική δόση άρδευσης (ολικό βάθος άρδευσης)



Η προβλεπόμενη δόση άρδευσης που εφαρμόζεται στο έδαφος

$$D_r (m^3 / στρ) = \frac{D_p}{n} = \frac{F \cdot D_m}{n} = \frac{F (H_r - H_f) \cdot \frac{\rho_b}{\rho_w} \cdot RD}{n}$$

όπου n είναι ο βαθμός απόδοσης % ώστε να φτάσει στα φυτά η επιθυμητή ποσότητα (λόγω απωλειών).

ΕΥΡΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Εύρος άρδευσης (I) είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών αρδεύσεων ή διαφορετικά το χρονικό διάστημα στο οποίο καταναλώνεται το νερό της άρδευσης

$$I = \frac{D_p}{ET_c}$$

όπου ET_c η δυνητική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Διάρκεια άρδευσης είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από την έναρξη μέχρι τη λήξη της άρδευσης.

Υπολογίζεται από την σχέση της διήθησης, εξισώνοντας την πραγματική δόση άρδευσης με την αθροιστική διηθητικότητα.

$$D_r = a \cdot t^b \Rightarrow t = \left(\frac{D_r}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

Ο τρόπος υπολογισμού μιας **εκτίμησης (όχι ακριβής)** της διάρκειας άρδευσης, ποικίλλει ανάλογα με το σύστημα άρδευσης, που επιλέχτηκε.