

Εύρος άρδευσης

Επιμέλεια: Δρ Μ. Σπηλιώτης

Κείμενα –σχήματα Τσακίρης 2008

Στοιχεία εδάφους

Έδαφος

- Μέσο που αναπτύσσονται καλλιέργειες μεταφέροντας νερό και θρεπτικά από το έδαφος
- Λειτουργία ταμιευτήρα (ριζόστρωμα) όπως το σφουγγάρι
- Λειτουργία ρυθμιστή ροής (απορροή μετά από τον κορεσμό του εδάφους)
- Ενδιαίτημα για σημαντικό ποσοστό έμβιων οργανισμών

Ζώνη Ριζοστρώματος

Ζώνη Ριζοστρώματος

Η επιφανειακή ζώνη του εδάφους που καταλαμβάνεται από τον κύριο όγκο των ριζών της καλλιέργειας και από την οποία η καλλιέργεια αντλεί σχεδόν όλο το νερό για την ανάπτυξη της είναι γνωστή ως *ζώνη ριζοστρώματος* της καλλιέργειας. Η ζώνη αυτή λειτουργεί σαν αποθήκη-δεξαμενή. Η γνώση του βάθους της ζώνης αυτής είναι απαραίτητο στοιχείο για το σχεδιασμό και τη λειτουργία κάθε αρδευτικού δικτύου.

Βέβαια το βάθος του ριζοστρώματος μιας καλλιέργειας δεν μπορεί να εξαρτάται μόνο από την καλλιέργεια. Μια επίσης από τις βασικές ιδιότητες των ριζών της καλλιέργειας είναι ότι προσαρμόζονται στο περιβάλλον (conditioning). Αν δηλαδή συνηθίσουν να αντλούν νερό από μακρινά σημεία ή υπάρχει δυσκολία στην άντληση του νερού λόγω των μεγάλων αρνητικών πιέσεων του εδάφους, αναπτύσσεται ένα μεγάλο και ισχυρό ριζικό σύστημα. Αντίθετα, αν το νερό βρίσκεται εύκολα και στην επιφανειακή ζώνη, το ριζικό σύστημα που θα αναπτυχθεί είναι γενικά μικρό και αδύνατο.

λογούν αυτήν την επιλογή. Οι πιο αντιπροσωπευτικές τιμές για τις συνηθισμένες καλλιέργειες της Ελλάδας φαίνονται στον Πίνακα 4.1.

Πίν. 4.1: Βάθος ριζοστρώματος διαφόρων καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε αρδευόμενα, βαθιά, μέσης μηχανικής σύστασης εδάφη

Καλλιέργεια	Βάθος ριζοστρώματος σε cm	
	Μέσο	Μέγιστο
Μηδική	150	240
Καλαμπόκι	90	180
Σιτηρά	90	180
Βαμβάκι	120	200
Χορτοδοτικά	60	120
Φυλλοβόλα οπωροφόρα	150	240
Εσπεριδοειδή	150	—
Αμπέλια	150	—
Σακχαρότευτλα	90	150
Πατάτες	60	90
Ντομάτες	120	150
Καπνός	90	—
Ρύζι	60	—

Είδη εδαφών

Πίνακας 1.2 Γενικές κατηγορίες εδαφών και αντίστοιχοι τύποι υφής

Κατηγορία	Αντίστοιχοι τύποι υφής
Αμμώδες ή ελαφρό	Άμμος, πηλώδης άμμος
Πηλώδες ή μέσο	Αμμώδης πηλός, Πηλός, Γλυοπηλώδες, Γλύς, Αργιλώδης πηλός, Αμμοαργιλώδης πηλός, Γλιοαργιλώδης πηλός.
Αργιλώδες ή βαρύ ή συνεκτικό	Αμμοαργιλώδες, Γλιοαργιλώδες, Άργιλος

Πίνακας 1.1 Τα χαρακτηριστικά των εδαφικών σωματιδίων

Χαρακτηρισμός	Διάμετρος, mm	Αριθμός σωματιδίων ανά g	Επιφάνεια σωματιδίων σε $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$
Άμμος	2,00-0,05		
πολύ χονδρή	2,00-1,00	90	11
χονδρή	1,00-0,50	720	23
ενδιάμεση	0,50-0,25	5.700	45
λεπτή	0,25-0,10	46.000	91
πολύ λεπτή	0,10-0,05	722.000	227
Ιλύς	0,05-0,002	5.776.000	454
Άργιλος	< 0,002	90.000.000	8.000.000

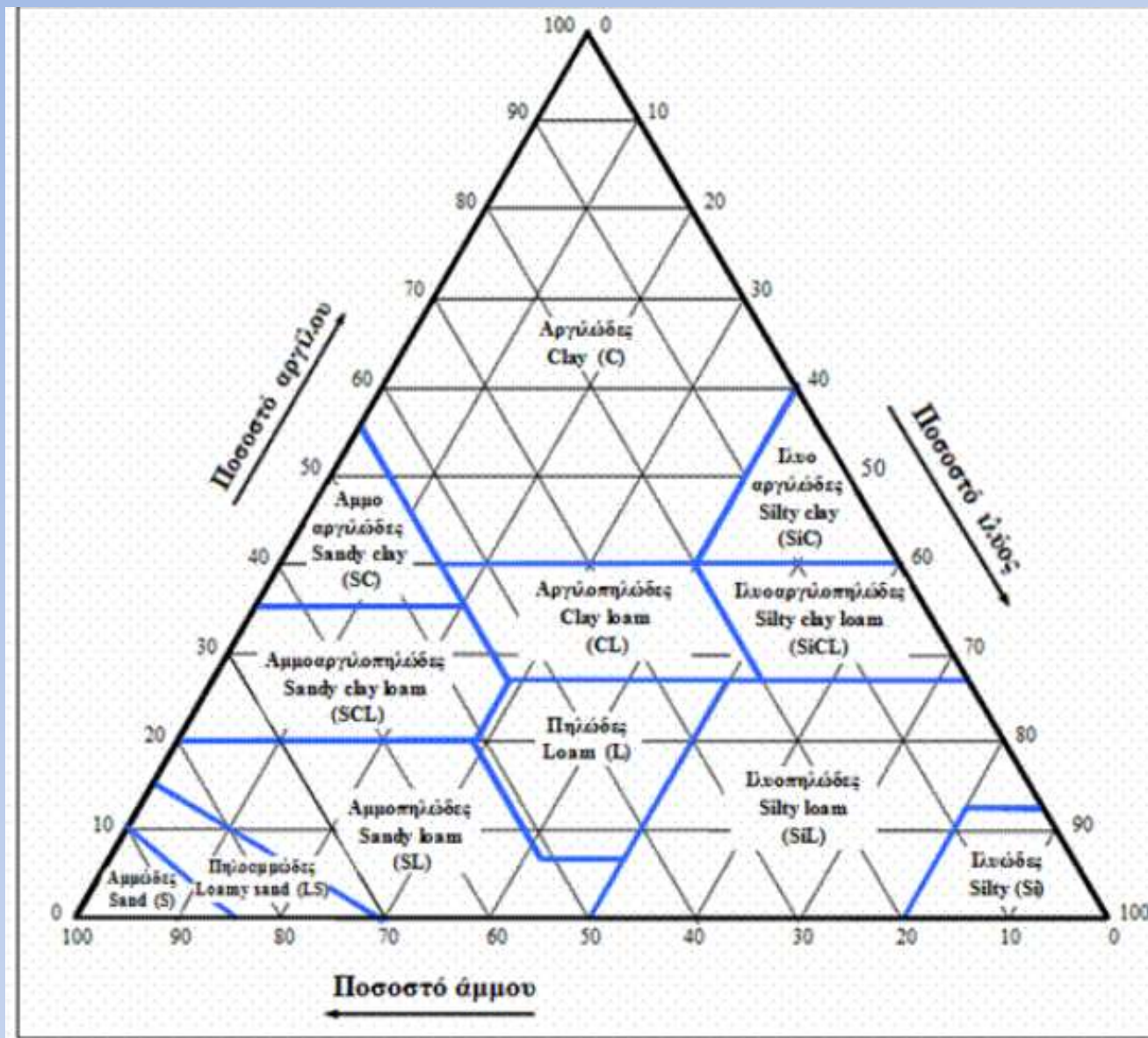
Ανάλογα με το ποσοστό του κάθε κλάσματος τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως ελαφρά, μέσα ή βαριά. Εδάφη στα οποία επικρατεί η άργιλος τείνουν να χαρακτηριστούν ως βαριά, ενώ αν επικρατεί η άμμος τείνουν να χαρακτηριστούν ως ελαφρά. Εδάφη στα οποία τα τρία κλάσματα μετέχουν περίπου ισόποσα χαρακτηρίζονται ως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



Ελαφρύ έδαφος



Βαρύ έδαφος



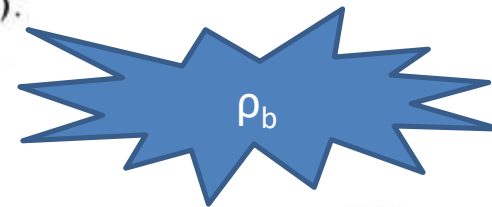
- Οι εκφράσεις έδαφος βαρύ και ελαφρό χρησιμοποιούνται στην πράξη γιατί ένα έδαφος αμμώδες αερίζεται εύκολα και είναι εύκολο να καλλιεργηθεί.
 - Αντίθετα, το αργιλώδες έδαφος απορροφά πολύ νερό και είναι σκληρό και συμπαγές στη ξηρή κατάσταση
 - Ανεπιτυχείς εκφράσεις:
 - Χονδρόκοκα πιο πυκνά με μικρό πορώδες (35 με 50% πορώδες)
 - Λεπτόκοκκα: μεγαλύτερο πορώδες (40 με 60% πορώδες)
- Πορώδες $(V_a + V_w) / V_t$

Φαινόμενη πυκνότητα λαμβάνεται υπόψη και οι πόροι

Φαινομενική Πυκνότητα

Η φαινομενική ή φαινόμενη πυκνότητα ή φαινόμενη ξηρή πυκνότητα (dry bulk density - ρ_b) ορίζεται ως λόγος της μάζας του ξηρού εδάφους στη φυσική του κατάσταση δια του συνολικού όγκου του εδάφους περιλαμβανομένων και των πόρων V_t (Σχήμα 4.1).

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



(4.2)

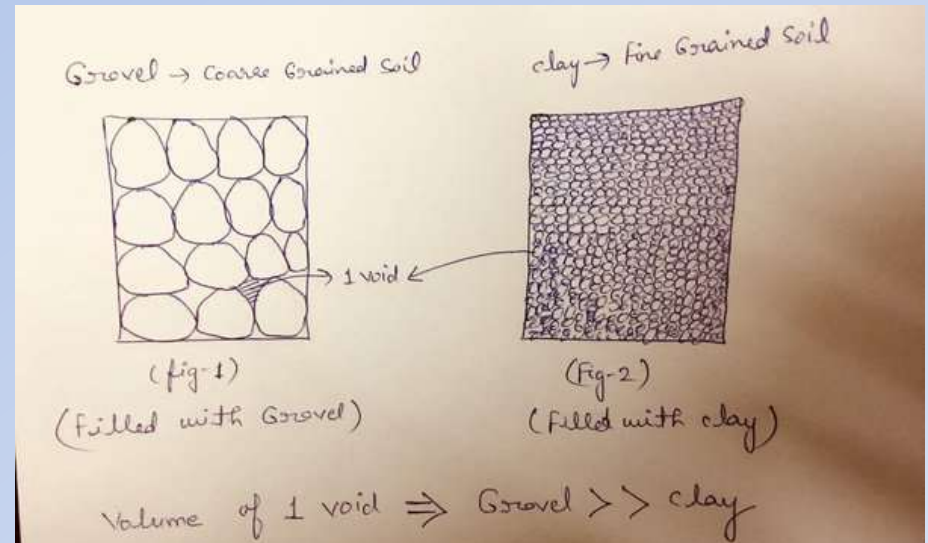


Σκ. 4.1: Διάγραμμα διαχωρισμού του συστήματος των τριών φάσεων του εδάφους.

Φαινόμενη πυκνότητα

- 1.1-1.3 gr/cm³ λεπτόκοκκα
- 1.4-1.8 gr/cm³ χονδρόκοκκα
- Χαμηλή τιμή φαινόμενης πυκνότητας-> μεγάλο όγκο πόρων (Χαρτζουλάκης, 2019)

- Ας πάρουμε ένα χονδρόκοκκο χώμα και λεπτόκοκκο χώμα ως άργιλο
- όγκος του 1 κενού είναι μεγαλύτερος για το χαλίκι και χαμηλότερος για τον πηλό
- Όμως, ο αριθμός των κενών στον πηλό είναι πολύ μεγαλύτερος από το χαλίκι.
- Δεδομένου ότι ο αριθμός των κενών στον πηλό είναι πολύ υψηλός, επομένως στον πηλό ο συνολικός όγκος των κενών είναι πολύ μεγάλος. Επομένως, ο πηλός έχει περισσότερο όγκο κενών από το ->ότι τα κενά του λεπτόκοκκου εδάφους είναι μικρά σε μέγεθος αλλά πολύ μεγάλα σε αριθμό που αυξάνει τον όγκο των κενών στο λεπτόκοκκο χώμα.



Χαρακτηριστικά εδαφών

- Αμμώδη:
 - μεγάλο όγκο μη τριχοειδών μακροπόρων: καλή αποστράγγιση και αερισμός
 - Μειωμένη συγκράτηση νερού
- Λεπτόκοκκα:
 - Αργή κίνηση, κακή αποστράγγιση
 - Περισσότερη ικανότητα συγκράτησης νερού

Νερό στο έδαφος

- α. Ελεύθερο νερό, ή νερό βαρύτητας (δεν συνεισφέρει).
- β. Τριχοειδές νερό. Έτσι χαρακτηρίζεται το νερό που συγκρατείται στους τριχοειδείς πόρους του εδάφους κάτω από την επίδραση δυνάμεων επιφανειακής τάσεως και μοριακής έλξεως. (κύρια πηγή για φυτά)
- γ. Υγροσκοπικό νερό. Έσγκρατείται με τη μορφή λεπτότατων μεμβρανών γύρω από την επιφάνεια των κόκκων του (δε λαμβάνεται υπόψη)

Εδαφικό νερό

Οι ακόλουθες κατηγορίες:

α. Το νερό βαρύτητας που έχει άνω όριο το σημείο κορεσμού και κάτω όριο την υδατοϊκανότητα και απομακρύνεται από την εδαφική ζώνη του ριζοστρώματος με την επίδραση της βαρύτητας.

β. Το τριχοειδές νερό που συγκρατείται στο έδαφος με την αρνητική πίεση και αποτελεί την κύρια πηγή νερού για τις καλλιέργειες. Το άνω όριο του είναι η υδατοϊκανότητα και το κάτω είναι η ξηρότητα στον αέρα.

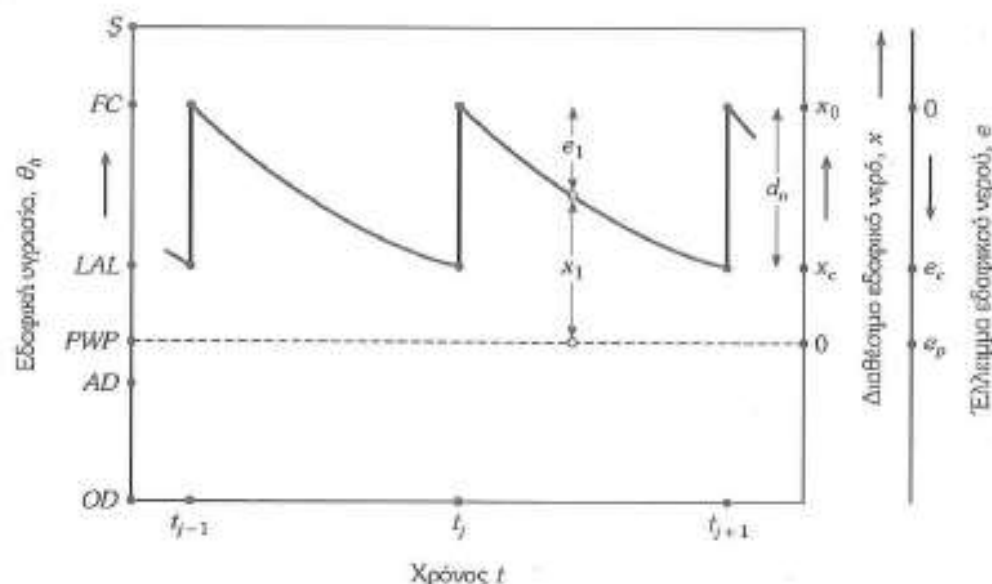
γ. Το υγροσκοπικό νερό που συγκρατείται με προσρόφηση σε μορφή λεπτού φιλμ γύρω από τους κόκκους και δεν είναι διαθέσιμο για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Εύρος

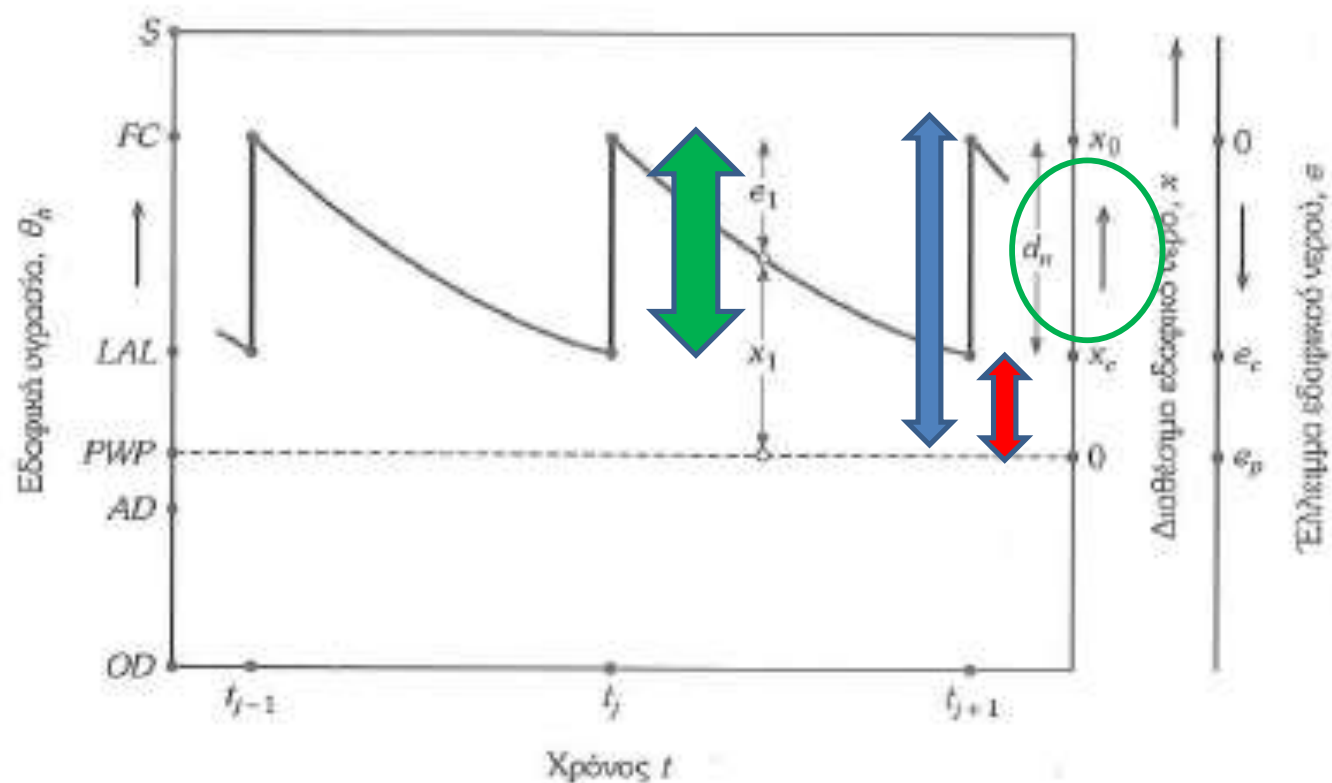
(ριζόστρωμα $\approx$ λειτουργία ταμιευτήρα)

Σχεδιάζω ώστε η υγρασία στο ριζόστρωμα να κυμαίνεται μεταξύ της μέγιστης υδατοϊκανότητας (μετά το πότισμα) και θεωρητικά μέχρι το σημείο της μόνιμης μαράνσεως (στην πράξη με μικρότερο εύρος αφού για το σημείο μόνιμης μαράνσεως θεωρώ ένα συντελεστή ασφαλείας)

Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται επίσης η αντιστοιχία των τιμών θ_d , x , και e . Το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της υγρασίας (Lower Allowable Limit, LAL), που αναφέρεται στο σχήμα, είναι εξαιρετικά σημαντική παράμετρος για τον σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων και τον προγραμματισμό των αρδεύσεων. Το όριο αυτό αποτελεί κατά ένα τρόπο ένα συντελεστή ασφαλείας για τις καλλιέργειες ώστε η περιεχόμενη υγρασία να μην υπάρχει κίνδυνος να κατέλθει στο επίπεδο του σημείου της μόνιμης μαρανσης με άμεσο κίνδυνο για την παραγωγή. Ανάλογα με την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών στην έλλειψη νερού (αγρονομικά στοιχεία) και την αξία της παραγωγής (οικονομικά στοιχεία) εκλέγεται το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο διαθέσιμης υγρασίας, που αντιστοιχεί σε διαθέσιμο ύψος νερού, x_c . Συνήθως $0.25 x_0 < x_c < 0.80 x_0$. Οι πιο συνήθεις τιμές του λόγου x_c/x_0 είναι $1/4$, $1/3$, $1/2$ και $2/3$.



Σχ. 4.4: Τυπική μεταβολή της μέσης διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα με την εφαρμογή των αρδεύσεων στους χρόνους t_{j-1} , t_j και t_{j+1} με θεωρητικώς απαιτούμενο ύψος νερού $d_n = e_c$.



Σχ. 4.4: Τοπική μεταβολή της μέσης διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα με την εφαρμογή των αρδεύσεων στους χρόνους t_{j-1} , t_j και t_{j+1} με θεωρητικώς απαιτούμενο ύψος νερού $d_n = e_c$.

Δόση άρδευσης

- Καθαρή δόση άρδευσης (ιδεατά) d_n :
Ύψος νερού μεταξύ της υδατοϊκανότητας και ενός κατωφλίου (ελάχιστα επιτρεπτό όριο) πάνω από το σημείο μόνιμης μαράνσεως που εξαρτάται από την καλλιέργεια
- Στις αρδεύσεις είναι το ύψος εφαρμογής, θεωρώντας ότι πριν την άρδευση η υγρασία εδάφους είναι ίση με το ελάχιστα επιτρεπτό όριο.
- Η καθαρή δόση άρδευσης είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία
- Η εφαρμοζόμενη δόση άρδευσης είναι προσαυξημένη: $d = d_n / E_f$, $1/E_f > 1$

ΕΥΡΟΣ ΎΔΡΕΥΣΗΣ

Εύρος άρδευσης

Εύρος άρδευσης:

Το εύρος άρδευσης μετριέται σε ημέρες και δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$T = \frac{x_0 - x_c}{IR_n} = \frac{d_n}{IR_n}$$

όπου T είναι το ζητούμενο εύρος άρδευσης, d_n **το καθαρό ύψος εφαρμογής** σε mm και IR_n το μέσο ημερήσιο ύψος αναγκών σε νερό σε mm/ημέρα.

Το εύρος άρδευσης προσδιορίζει πότε πρέπει να γίνει το επόμενο πότισμα και εξαρτάται από το τύπο του εδάφους, την καλλιέργεια και τους παράγοντες που επηρεάζουν την δυνητική εξατμισοδιαπνοή

$$IR_n = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (6.127)$$

όπου Δx : είναι η μείωση της διαθέσιμη υγρασίας στο ριζόστρωμα στη διάρκεια χρόνου Δt (Δt = μία ημέρα).

Έστω τώρα ένα ύψος διαθέσιμης υγρασίας στο ριζόστρωμα μιας καλλιέργειας

$$\Delta x = x_0 - x_c = d_n \quad (6.128)$$

όπου x_0 : είναι το διαθέσιμο ύψος εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα όταν η εδαφική υγρασία βρίσκεται στην υδατοϊκανότητα και

x_c : είναι το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της υγρασίας στο ριζόστρωμα

d_n : το καθαρό ύψος εφαρμογής.

Ο χρόνος που απαιτείται για τον καταβιβασμό της υγρασίας από x_0 έως την x_c υπολογίζεται με τη χρησιμοποίηση του μέσου ημερήσιου ύψους αναγκών IR_n . Αν η εξίσωση (6.127) λυθεί ως προς Δt λόγω της εξίσωσης (6.128) δίνει

$$T = \frac{x_0 - x_c}{IR_n} = \frac{d_n}{IR_n} \quad (6.129)$$

Καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό (ημερήσιες ανάγκες)

Καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό:

Το καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό υπολογίζεται από την εξίσωση:

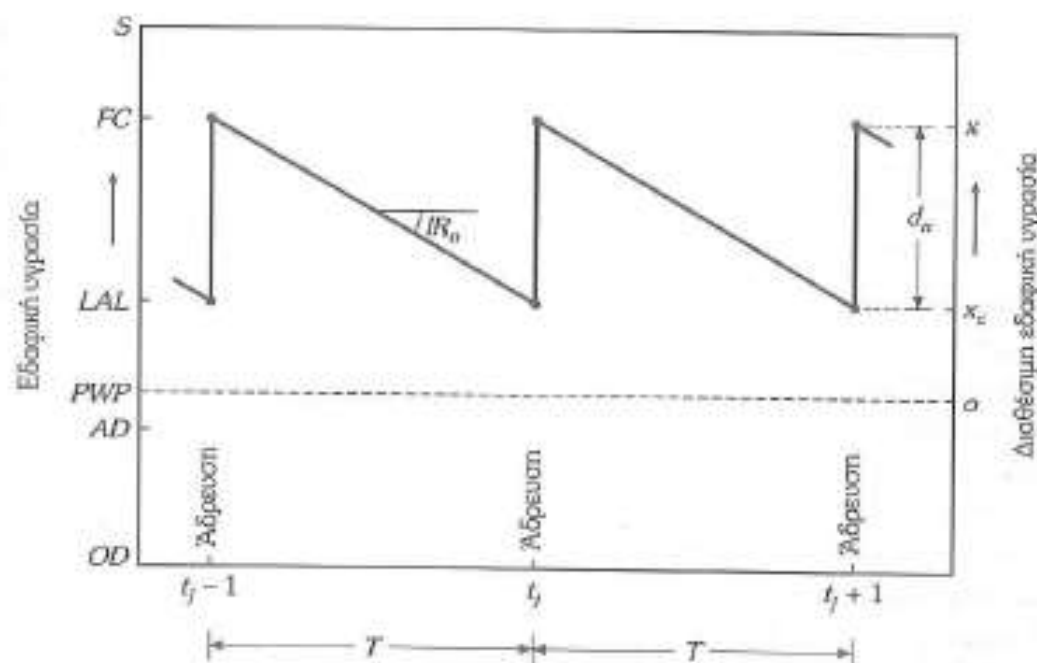
$$IR_n = PET_c - \frac{P_e}{n_d}$$

όπου PET_c είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή όπως υπολογίστηκε προηγουμένως, P_e η ενεργός βροχόπτωση και n_d ο αριθμός των ημερών του αντίστοιχου μήνα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της εξίσωσης για κάθε μήνα:

Μήνας	M	I	I	A	Σ
n_d	31	30	31	31	30

T: εύρος άρδευσης

όπου T : είναι ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων γνωστός ως «Εύρος άρδευσης» σε ημέρες και τα άλλα σύμβολα όπως προηγούμενα.



Σχ. 6.12: Διάγραμμα μεταβολής της εδαφικής υγρασίας και υπολογισμού του Εύρους άρδευσης (T).

Για τον υπολογισμό του χρόνου εφαρμογής t , στις μεθόδους επιφανειακής άρδευσης, χρησιμοποιείται η εξίσωση που περιγράφει το φαινόμενο της διήθησης για τις αντίστοιχες συνθήκες (π.χ. εξίσωση Kostiaκον).

Ο χρόνος που απαιτείται για την άρδευση όλης της υπό άρδευση έκτασης και είναι γνωστός ως *περίοδος άρδευσης* (irrigation period) έχει μεγάλη σημασία για τον υπολογισμό της παροχής σχεδιασμού και την οργάνωση εργοταξίου άρδευσης. Ιδιαίτερα πρέπει (και επομένως και στην περίοδο αιχμής) η περίοδος άρδευσης να είναι πάντοτε μικρότερη από το εύρος άρδευσης της πιο απαιτητικής καλλιέργειας. Έτσι θα δίνεται η ευκαιρία περιοδικά να συντηρείται ή να επισκευάζεται το δίκτυο όποτε είναι απαραίτητο.

Σχόλια

- Το εύρος άρδευσης μικραίνει όσον αυξάνουν οι ανάγκες (παρανομαστής κλάσματος) επομένως εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και την καλλιέργεια (ανάγκες σε νερό). Πρακτικά αυτό σημαίνει συχνότερο πότισμα στο μήνα
- Επιπλέον εξαρτάται από την υδατοϊκανότητα του εδάφους και από την καλλιέργεια (βάθος ριζοστρώματος, ελάχιστο όριο μείωσης υγρασίας)
- Το εύρος αρδεύσεως διαφέρει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, και από μήνα σε μήνα. Για τα Ελληνικά δεδομένα το μικρότερο εύρος άρδευσης (άρα και δυσμενέστερο) είναι συχνά το μήνα Ιούλιο.
- Η καθαρή δόση άρδευσης (πόσο ποτίζω), με λίγο λάθος λόγω απόδοσης παραμένει το ίδιο. Διαφέρει το κάθε πότε ποτίζω.
- Το υπερβολικό πότισμα, δηλαδή άνω της ιδατοϊκανότητας δεν προσδίδει πλεονέκτημα εφόσον το πλεονάζων νερό δεν μπορεί να «αποθηκευτεί» στο ριζόστρωμα
- Σε περιόδους ξηρασίας, ο παρανομαστής αυξάνει άρα το εύρος άρδευσης μειώνεται σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό