

ΑΣΤΙΚΟ & ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 8 : ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ & ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ

Εισαγωγή

Η σύγχρονη στρατηγική της διαχείρισης του αστικού και περιαστικού πρα-σίνου, διαμορφώνεται στα πλαίσια του γενικού στόχου της αειφόρου ανάπτυξης, σημαντική παράμετρος της οποίας είναι η ορθολογική χρήση των υδάτινων πόρων.

Σήμερα θεωρείται δεδομένη η αναγκαιότητα επέκτασης και βελτίωσης του αστικού πρασίνου, με στόχο την βελτίωση της ποιότητας ζωής στον αστικό χώρο. Λαμβάνοντας υπ'όψιν ότι η βιώσιμη παρουσία του πρασίνου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την άρδευση του και ότι υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί για την ανάπτυξη νέων πηγών νερού, ιδιαίτερα από τους υπόγειους υδροφορείς, καθώς και ανταγωνισμός από τους άλλους χρήστες (ύδρευση, γεωργία, βιομηχανία), η λύση για την κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών της άρδευσης του αστικού πρασίνου στηρίζεται στην ορθολογική διαχείριση, στην αποτελεσματική χρήση του αρδευτικού νερού, καθώς και στην υιοθέτηση εναλλακτικών λύσεων όπως η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για την άρδευση χώρων πρασίνου.

Σκοπός

Σκοπός της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε χώρους αστικού πρα-σίνου είναι η βέλτιστη αξιοποίηση του αρδευτικού νερού, βασισμένη στον προσδιορισμό των υδατικών αναγκών του φυτικού υλικού, στον σχεδιασμό σύγχρονων συστημάτων άρδευσης με τους σχετικούς αυτοματισμούς, και την αξιοποίηση εναλλακτικών πηγών υδατικών πόρων άρδευσης, ώστε το επιθυμητό αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται με την πλέον ορθολογική χρήση του νερού άρδευσης και να εξασφαλίζεται το κοινό όφελος και οι μελλοντι-κές ανάγκες σε νερό.

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού και εφαρμογής συστημάτων άρδευσης στάγδην και τεχνητής βροχής (υπολογισμός δόσης άρδευσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης κ.λ.π), οι αυτοματισμοί άρδευσης, η ποιότητα νερού άρδευσης και οι παράμετροι χρήσης ανακυκλωμένου νερού για την άρδευση αστικού - περιαστικού πρασίνου.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της Θ.Ε , οι συμμετέχοντες θα είναι σε θέση να :

- υπολογίζουν τις αρδευτικές ανάγκες του φυτικού υλικού στους χώρους πρασίνου
- επιλέγουν το κατάλληλο σύστημα άρδευσης με τους ανάλογους αυτοματισμούς.
- προσδιορίζουν τα κριτήρια ποιότητας για το νερό άρδευσης
- προσδιορίζουν τη σύγχρονη τεχνολογία για να μειώσουν την κατανάλωση του αρδευτικού νερού

8.1 Σχεδιασμός συστημάτων άρδευσης, (υπολογισμός δόσης άρδευσης , επιλογή συστήματος άρδευσης, δίκτυα τεχνητής βροχής, δίκτυα στάγδην , υπόγεια στάγδην άρδευση και μικροεκτοξευτήρες)

8.1.1 Υπολογισμός αρδευτικών αναγκών φυτικού υλικού

Ο καθορισμός της ποσότητας αρδευτικού νερού που θα χορηγηθεί στο φυτικό υλικό και της συχνότητας άρδευσης του, βασίζεται στον προσδιορισμό των **υδατικών αναγκών του** και στην απαιτούμενη **δόση άρδευσης και δόση εφαρμογής άρδευσης**.

8.1.1.α Εξατμισοδιαπνοή

Για τον προσδιορισμό των υδατικών αναγκών, υπολογίζεται αρχικά η τιμή της **συνολικής μηνιαίας υδατοκατάλωσης ή εξατμισοδιαπνοής* ΕΤμ** βάσει της εμπειρικής μεθόδου υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής BLANEY – GRIDDLE, και στην συνέχεια, αφού αφαιρεθεί η **μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση Ru**, υπολογίζεται η **ημερήσια υδατοκατάλωση ή εξατμισοδιαπνοή ETD** , σύμφωνα με τις σχέσεις :

$$\text{Μέθοδος BLANEY – GRIDDLE} \quad ET_{\mu} = k \left(\frac{t+18}{2,2} \right) p \quad (1)$$

$$ETD = (ET_{\mu} - Ru) / 30 \quad (2)$$

Όπου ET_{μ} = μηνιαία υδατοκατανάλωση ή εξατμισοδιαπνοή, σε mm ή $m^3/\sigma\tau\rho$

ETD = ημερήσια υδατοκατανάλωση ή εξατμισοδιαπνοή, σε mm/ημ ή $m^3/\eta\mu/\sigma\tau\rho$

Ru = μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (τιμή από Πίνακες)

t = μεση μηνιαία θερμοκρασία του μηνια αιχμής της καλλιέργειας (τιμή από Πίνακες)

k = εμπειρικός φυτικός συντελεστής (τιμή από Πίνακες)

p = ποσοστό μηνιαίο διάρκειας ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους (τιμή από Πίνακες)

**Η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει την απώλεια νερού προς την ατμόσφαιρα μέσω του συνδυασμού των φαινομένων της διαπνοής από τα φυτά και της εξάτμισης από το έδαφος*

8.1.1.β Δόση άρδευσης, δόση εφαρμογής & εύρος άρδευσης για άρδευση με τεχνητή βροχή

Η δόση άρδευσης, η δόση εφαρμογής αρδευτικού νερού και το εύρος(συχνότητα) άρδευσης, στην περίπτωση άρδευσης με τεχνητή βροχή (καταιονισμό), υπολογίζονται από τις εμπειρικές σχέσεις (3), (3α) και (4)

$$\text{Δόση άρδευσης (ΔΑ):} \quad \Delta A = c \cdot \left(\frac{Y\Delta - \Sigma MM}{100} \right) E_{\Phi} \cdot d_e \cdot 1000 \quad (\text{σε mm}) \quad (3)$$

Όπου: c = συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας

$Y\Delta$ = υδατοϊκανότητα σε % ξ.β. (τιμή από Πίνακα 3)

ΣMM = Σημείο μόνιμης μάρανσης σε % ξ.β. (τιμή από Πίνακα 3)

E_{Φ} = Φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους σε g/cm^3 (τιμή από Πίνακα 2)

d_e = Βάθος ριζοστρώματος της καλλιέργειας σε m (τιμή από Πίνακα 10)

Ο συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας c , λαμβάνει τιμές από 0,3 για τις ευαίσθητες καλλιέργειες έως 0,6 για τις μη ευαίσθητες καλλιέργειες

Σε πραγματικές συνθήκες, λόγω απωλειών, εξ αιτίας του συστήματος άρδευσης, η αρδευτική δόση που εφαρμόζεται, ήτοι η δόση εφαρμογής ΔΕ, είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη δόση άρδευσης, και προκύπτει από την σχέση

$$\Delta E = \Delta A / E_a \quad (3a)$$

Όπου E_a = Βαθμός απόδοσης της άρδευσης κατά την εφαρμογή σε %.

Ο βαθμός απόδοσης της άρδευσης E_a εξαρτάται από το είδος της μεθόδου. Στην περίπτωση της τεχνητής βροχής λαμβάνει τιμή 0,80-0,90.

$$\text{Ευρος άρδευσης (E)} \quad E = \frac{\Delta E}{ETD} \text{ σε ημέρες} \quad (4)$$

Όπου: E = Εύρος ή συχνότητα άρδευσης σε ημέρες

ΔE = Δόση εφαρμογής σε mm

ETD = Ημερήσια υδατοκατανάλωση σε mm.

8.1.1.γ Δόση εφαρμογής, εξατμισοδιαπνοή και εύρος άρδευσης για άρδευση με σταγόνες στάγδην

Η δόση εφαρμογής αρδευτικού νερού στην περίπτωση άρδευσης με σταγόνες (στάγδην), υπολογίζεται από την εμπειρική σχέση (5).

Στην στάγδην άρδευση, παρατηρείται μείωση στις πραγματικές υδατικές ανάγκες (ημερήσια υδατοκατανάλωση) που οφείλεται στο ότι μόνο ένα τμήμα του εδάφους αρδεύεται .

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής σε συνθήκες άρδευσης με σταγόνες και το εύρος (συχνότητα) άρδευσης, στην περίπτωση άρδευσης με σταγόνες (στάγδην), υπολογίζονται από τις εμπειρικές σχέσεις (6) και (7) .

$$\text{Δόση εφαρμογής (ΔΕ):} \quad \Delta E = \frac{Y\Delta - \Sigma MM}{100 E_a} \cdot E_{\phi} \cdot d_e \cdot 1000 \cdot P \cdot c \quad \text{σε mm} \quad (5)$$

Όπου: P = ποσοστό % διαβροχής του εδάφους

c = συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας

$Y\Delta$ = υδατοϊκανότητα σε % ξ.β. (τιμή από Πίνακα)

ΣMM = Σημείο μόνιμης μάρανσης σε % ξ.β. (τιμή από Πίνακα)

E_{ϕ} = Φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους σε g/cm³ (τιμή από Πίνακα)

d_e = Βάθος ριζοστρώματος της καλλιεργειας σε m (τιμή από Πίνακα)

E_a = Βαθμός απόδοσης της άρδευσης κατά την εφαρμογή σε %.

Ο συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας c , λαμβάνει τιμές από 0,3 για τις ευαίσθητες καλλιέργειες έως 0,6 για τις μη ευαίσθητες καλλιέργειες

Ο βαθμός απόδοσης της άρδευσης E_a εξαρτάται από το είδος της μεθόδου. Στην περίπτωση της τεχνητής βροχής λαμβάνει τιμή 0,80-0,90.

Το ποσοστό διαβροχής P εξαρτάται από την παροχή του σταλάκτη, τον τύπο του εδάφους, την απόσταση μεταξύ των αγωγών άρδευσης, και υπολογίζεται από Πίνακες 4 & 5 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ)

Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής ETD σε συνθήκες άρδευσης με σταγόνες

$$ETD_{στ} = ETD \cdot \frac{P_s}{85} \quad \text{σε mm/ ημέρα} \quad (6)$$

$ETD_{στ}$ = εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες άρδευσης με σταγόνες σε mm/ ημέρα

ETD = εξατμισοδιαπνοή που υπολογίζεται με τις γνωστές μεθόδους σε mm/ ημέρα

P_s = ποσοστό % επιφάνειας του αγρού που καλύπτεται από το φυτικό υλικό
(ποσοστό σκίασης του εδάφους το μεσημέρι)

Ευρος άρδευσης (E) $E = \frac{\Delta E}{ETD_{στ}} \quad \text{σε ημέρες} \quad (7)$

Όπου: E = Εύρος ή συχνότητα άρδευσης σε ημέρες

ΔE = Δόση εφαρμογής σε mm

$ETD_{στ}$ = Ημερήσια υδατοκατανάλωση σε συνθήκες άρδευσης στάγδην σε mm.

8.1.1.δ Απώλειες πίεσης στα αρδευτικό δίκτυο

Για την εξασφάλιση της πίεσης λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος, πρέπει να υπολογιστεί η απαιτούμενη ολική πίεση στο δίκτυο για την υπερνίκηση όλων των αντιστάσεων και την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ως και τον τελευταίο εκτοξευτήρα ή σταλάκτη. Η πίεση αυτή ονομάζεται **ολικό μανομετρικό ύψος H_m** και εξαρτάται από τα παρακάτω μεγέθη:

- α. Το ύψος αναρρόφησης από τη στάθμη άντλησης μέχρι τον άξονα της αντλίας (απώλειες στο σωλήνα αναρρόφησης).

- β. Τη μέση πίεση λειτουργίας των εκτοξευτών.
- γ. Την υψομετρική διαφορά από τον άξονα της αντλίας μέχρι το υψηλότερο σημείο της αρδευόμενης έκτασης.
- δ. Την απώλεια πίεσης ή φορτίου λόγω τριβών στην κύρια γραμμή άρδευσης.
- ε. Την απώλεια πίεσης ή φορτίου λόγω τριβών στις γραμμές άρδευσης.
- ζ. Την απώλεια φορτίου των διαφόρων εξαρτημάτων του συγκροτήματος.

Απώλειες πίεσης λόγω τριβών κατά μήκος του κύριου αγωγού άρδευσης

Οι απώλειες πίεσης ή φορτίου μέσα στους αγωγούς άρδευσης εξαρτάται από τη παροχή και την εξωτερική διάμετρο του αγωγού. Οι απώλειες πίεσης υπολογίζονται σύμφωνα με τα Νομογραφήματα, που συντάσσουν οι κατασκευαστές για σταθερές παροχές, δηλ. για παροχές τις οποίες ο αγωγός θα μετέφερε ολόκληρες μέχρι το τέρμα του. Οι απώλειες πίεσης στα νομογραφήματα παρέχονται σε μέτρα ανά 100 μέτρα μήκους του αγωγού.

Οι απώλειες πίεσης ΔH για ένα αγωγό μήκους L προκύπτουν από την σχέση :

$$\Delta H = \frac{H_f \cdot L}{100} \quad \text{όπου } H_f = \text{απώλειες πίεσης ανα } 100\text{m} \quad (8)$$

Απώλειες πίεσης κατά μήκος των αγωγών (γραμμών) άρδευσης

Οι συνολικές απώλειες πίεσης $\Delta H_{ολ}$ σε έναν αγωγό μήκους L με **σταλακτήρες ή εκτοξευτήρες** προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των απωλειών ΔH της σχέσης (8) με τον συντελεστή περιορισμού ή διορθωτικό συντελεστή **F** (τιμές από Πίνακα 11, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) που αντιπροσωπεύει την προοδευτική ελάττωση της παροχής από τις εκροές των σταλακτάρων ή των υδροληψιών για τους εκτοξευτήρες κατά μήκος του αγωγού. Από τα ανωτέρω προκύπτει η σχέση :

$$\Delta H_{ολ} = \frac{H_f \cdot L}{100} \cdot F \quad \text{σε m} \quad (9)$$

Απώλειες πίεσης στα διάφορα εξαρτήματα του δικτύου (τοπικές απώλειες)

Οι απώλειες στα σημεία συνδεσμολογίας ή υδροληψίας για τους σταλάκτες και τους εκτοξευτήρες, υπολογίζεται ως ποσοστό 5-10% της συνολικής απώλειας πίεσης των αγωγών άρδευσης.

Οι απώλειες σε εξαρτήματα όπως βάνες, ρυθμιστές πίεσης, φίλτρα κ.λ.π, προσδιορίζονται από τους κατασκευαστές των εξαρτημάτων.

Κατά τον σχεδιασμό συστημάτων άρδευσης, γίνεται η παραδοχή ότι το σύνολο των απωλειών, γραμμικών και τοπικών, δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 20% της πίεσης λειτουργίας των σταλακτήρων ή των εκτοξευτήρων

8.1.1.ε Μέγιστες παροχές στις γραμμές άρδευσης σε σωλήνες PE σε lt/h

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι μέγιστες παροχές, σε διάφορες πιέσεις λειτουργίας του δικτύου, για διαφορες διαμέτρους και μήκη των αγωγών άρδευσης

Πίνακας 1. Μέγιστες παροχές στις γραμμές άρδευσης σε σωλήνες PE σε lt/h

Πίεση λειτουργίας 1,5 Atm				
Μήκος αγωγών	Διάμετρος αγωγών			
	Φ32	Φ25	Φ20	Φ16
Στα 150m αγωγού	2500	1200	600	300
Στα 100m αγωγού	3000	1500	750	400
Στα 50m αγωγού	4200	2100	1100	550
Στα 25m αγωγού	6500	3100	1600	800
Πίεση λειτουργίας 1 Atm				
Μήκος αγωγών	Φ32	Φ25	Φ20	Φ16
Στα 150m αγωγού	1800	900	450	100
Στα 100m αγωγού	2400	1200	600	150
Στα 50m αγωγού	3500	1600	900	200
Στα 25m αγωγού	5000	2500	1500	340
Πίεση λειτουργίας 0.5 Atm				
Μήκος αγωγών	Φ32	Φ25	Φ20	Φ16
Στα 150m αγωγού	1600	750	400	200
Στα 100m αγωγού	2400	1100	600	300
Στα 50m αγωγού	3500	1600	900	450
Στα 25m αγωγού	5000	2500	1500	650

8.1.1.ζ Συστήματα άρδευσης

Η επιλογή του συστήματος άρδευσης σε χώρους αστικού περιβατικού πρασίνου, καθορίζεται από πολλές παραμέτρους, όπως :

- ✓ ο τύπος και το είδος χρήσης του χώρου πρασίνου
- ✓ το υδατικό δυναμικό στην ευρύτερη περιοχή
- ✓ η ποιότητα του διαθέσιμου προς άρδευση νερού
- ✓ τα χαρακτηριστικά του εδάφους (μηχανική σύσταση, διηθητικότητα)
- ✓ το μέγεθος και το σχήμα των χώρων πρασίνου
- ✓ η τοπογραφία των χώρων πρασίνου (κλίσεις, υψομετρικές διαφορές)
- ✓ το είδος του φυτικού υλικού
- ✓ η διαθέσιμη παροχή νερού στην αιχμή της ζήτησης (δυσμενέστερη περίπτωση)
- ✓ την λειτουργική πίεση του δικτύου παροχής νερού
- ✓ οι κλιματολογικές συνθήκες και ειδικά οι επικρατούντες άνεμοι
- ✓ κόστος εγκατάστασης και συντήρησης

Τα συστήματα άρδευσης διαχωρίζονται ως εξής :

A. Συστήματα επιφανειακής άρδευσης : Επιφανειακό σύστημα στάγδην

Σύστημα άρδευσης με μικροεκτοξευτήρες

B. Υπόγεια συστήματα άρδευσης : Υπόγεια στάγδην άρδευση

Υπόγεια συστήματα εκτοξευτήρων

Στάγδην άρδευση (άρδευση με σταγόνες) επιφανειακή

Με την στάγδην άρδευση παρέχεται σε κάθε φυτό εντοπισμένα νερό άρδευσης σε μικρή ποσότητα, με την μορφή σταγόνας. Έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την χαμηλή πίεση λειτουργίας (0,5-2 Atm) και την χαμηλή παροχή. Τα πλεονεκτήματα της είναι:

- Υψηλή απόδοση άρδευσης που κυμαίνεται από 85-95%
- Εξοικονόμηση υδατικών πόρων λόγω αμελητέας επιφανειακής απορροής, βαθιάς διήθησης ή μεταφοράς και διασποράς λόγω ανέμου
- Εφαρμογή σε εδάφη διάφορων τύπων και κλίσεων
- Εφαρμογή ανεξαρτήτως επικρατούντων ανέμων
- Περιορισμένη ανάπτυξη ζιζανίων

- Μειωμένοι κίνδυνοι προσβολών λόγω μη παραμονής υγρασίας στο φύλλωμα του φυτικού υλικού
- Βέλτιστη αξιοποίηση λιπασμάτων
- Μικρό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης

Το κύριο μειονέκτημα είναι η μερική ή ολική απόφραξη των σταλακτών σε περίπτωση χρήσης νερού κακής ποιότητας και η ανάγκη έγχυσης αποφρακτικών (π.χ φωσφορικού οξέος) καθώς και η έκθεση του σε ζημιές ή βανδαλισμούς.

Υπόγεια στάγδην άρδευση

Είναι μια παραλλαγή της παραδοσιακής επιφανειακής στάγδην άρδευσης , από την οποία υπερέχει λόγω της άμεσης διάθεσης του αρδευτικού νερού πλησίον της ζώνης του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή οι αγωγοί άρδευσης, αποτελούμενοι από ειδικό αυτορυθμιζόμενο σταλλακτηφόρο σωλήνα με σταλάκτες παροχής 1,6 lt/h, τοποθετούνται υπόγεια, σε ισαποχή 30 cm, στο βάθος του ριζοστρώματος του προς άρδευση φυτικού υλικού. Η απόδοση του συστήματος παραμένει ανεπηρέαστη από τα χαρακτηριστικά διήθησης του επιφανειακού εδάφους το οποίο παράλληλα δεν συγκεντρώνει μεγάλα ποσοστά εδαφικής υγρασίας με αποτέλεσμα την εξάλειψη στον μέγιστο βαθμό της επιφανειακής εξάτμισης.

Το σύστημα επίσης περιλαμβάνει :

A) ειδικό φίλτρο για την προστασία του συστήματος από ρίζες, το οποίο εισάγει στο νερό άρδευσης πολύ χαμηλή αλλά σταθερή συγκέντρωση της δραστικής ουσίας treflan η οποία είναι ακίνδυνη για φυτά και ανθρώπους αλλά παίζει το ρόλο του ριζοαπωθητικού.

B) ειδική βαλβίδα αποχέτευσης η οποία είναι έτσι κατασκευασμένη ώστε να ανοίγει σε χαμηλή πίεση ($< 0.1 \text{ ATM}$), ώστε μετά την ολοκλήρωση της άρδευσης, το εναπομείναν νερό μέσα στο δευτερεύον και τριτεύον δίκτυο να αποχετεύεται μέσω του αγωγού αποχέτευσης που είναι συνδεδεμένος στα άκρα των σωλήνων εφαρμογής, για να αποφεύγονται προβλήματα που θα δημιουργούνταν στο δίκτυο από την εξάπλωση του ριζικού συστήματος προς σημεία που περιέχουν νερό.

Η μέθοδος βρίσκει εξαιρετική εφαρμογή σε χλοοτάπητες και καλλωπιστικά φυτά σε χώρους αστικού πρασίνου, παρουσιάζοντας πολλά πλεονεκτήματα, όπως:

- Σημαντική εξοικονόμηση (25-30 % σε σχέση με το συμβατικά συστήματα) υδατικών πόρων λόγω μείωσης των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού άρδευσης, οφειλόμενη στην μείωση των απωλειών
- Δυνατότητα χρήσης των χώρων πρασίνου, χωρίς καμία παρενόχληση, κατά την διάρκεια της άρδευσης.
- Ιδιαίτερα καλή λύση για παρτέρια μικρών διαστάσεων και πολύπλοκων σχημάτων, καθώς και για νησίδες λεωφόρων ώστε να ελαχιστοποιηθούν κίνδυνοι απο απορροή νερού στο οδόστρωμα
- Άρδευση ανεπηρέαστη από ανέμους (εξάλειψη των κινδύνων ατυχημάτων σε παρακείμενους δρόμους ή διαδρόμους).
- **Δυνατότητα ακίνδυνης άρδευσης με επεξεργασμένο νερό βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων.**
- Σύστημα άρδευσης τελείως προστατευμένο από βανδαλισμούς αφού βρίσκεται ολόκληρο κάτω από το έδαφος.
- Επίτευξη μεγαλύτερης δυνατής ομοιομορφίας άρδευσης

Το κύριο μειονέκτημα του συστήματος είναι το σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης του συστήματος, που ωστόσο εξισοροπείται μερικώς από την μείωση κόστους στο δίκτυο μεταφοράς (μικρότερες διατομές) και στον εξοπλισμό αυτοματισμού (λιγότερες στάσεις)



Άρδευση με μικροεκτοξευτήρες - Μικροάρδευση

Οι μικροεκτοξευτήρες, στατικοί ή περιστρεφόμενοι, χρησιμοποιούνται για την άρδευση διαδρόμων, χώρων με περίεργα σχήματα, μικρών χώρων, και παρτεριών με χαμηλούς θάμνους και ετήσια ποώδη, καθώς και για αντιπαγετική προστασία σε ευπαθή είδη. Οι μικροεκτοξευτήρες λειτουργούν με χαμηλή πίεση επιτρέποντας στο νερό της αρδεύσεως να εκρέει σταδιακά αναλόγως υπό τη μορφή ευμεγεθών σταγόνων, μικροποσοτήτων αδιαλείπτου ροής, ψεκαστικού υγρού ή ομίχλης με κατάλληλους ρυθμούς και όγκους ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα κυρίως από το ριζικό σύστημα των φυτών εξασφαλίζοντας ελαχιστοποίηση των απωλειών του (πχ λόγω εξατμίσσεως). Διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία ως προς την παροχή τους, την γωνία άρδευσης, και την διάμετρο άρδευσης. Τα χαρακτηριστικά αυτά, σε συνδυασμό με την απόσταση των μικροεκτοξευτήρων επί του αγωγού, και του επιτρεπόμενου μήκους αγωγού ανάλογα με την διάμετρο του, παρέχονται σε πίνακες από τις εταιρείες κατασκευής.

Μειονέκτημα τους αποτελεί η διαρκής διαβροχή της φυλλικής επιφάνειας των φυτών, που τα καθιστά ευάλωτα σε μυκητολογικές και λοιπές προσβολές.

Υπόγεια συστήματα εκτοξευτήρων (τεχνητή βροχή ή καταιονισμός)

Τα συστήματα άρδευσης με υπόγειους εκτοξευτήρες (τύπου pop up, sprinkler) σταθερού τύπου ή περιστροφικούς, χρησιμοποιούνται κυρίως για την άρδευση χώρων πρασίνου με χλοοτάπητα, επιτυγχάνοντας ομοιόμορφη κατανομή του νερού στις αρδευόμενες επιφάνειες και διευκολύνοντας με την υπόγεια τοποθέτησή τους την συντήρηση του εγκατεστημένου χλοοτάπητα.

Οι κύριοι τύποι εκτοξευτήρων είναι οι στατικοί και οι περιστροφικοί (γρاناζωτοί), υπάρχουν δε σε μεγάλη ποικιλία στο εμπόριο, και η επιλογή τους γίνεται αφού ληφθεί υπόψη η υφιστάμενη παροχή και πίεση του δικτύου, τα χαρακτηριστικά της αρδευόμενης έκτασης, οι ειδικές συνθήκες της περιοχής (κλίσης επιφανειών, άνεμοι).

Οι στατικοί εκτοξευτήρες, με μικρή ακτίνα (εως 3,5 m) και σταθερό τομέα άρδευσης, συστήνονται για άρδευση σε μικρές επιφάνειες με χλοοτάπητα ή σε παρτέρια με θάμνους ή εποχιακά φυτά. Οι γρاناζωτοί εκτοξευτήρες είναι σχεδιασμένοι για μεγαλύτερες επιφάνειες (με ακτίνα μεταξύ 4 και 35 μ) και έχουν ρυθμιζόμενο τομέα άρδευσης. Οι στατικοί εκτοξευτήρες διανέμουν περισσότερο νερό

από τους γραναζωτούς εκτοξευτήρες εντός του ίδιου χρονικού διαστήματος. Σε όλους τους εκτοξευτήρες προσαρμόζονται αντίστοιχα ακροφύσια που καθορίζουν την ακτίνα και την παροχή, ενώ στους στατικού τύπου, καθορίζουν και το σχήμα άρδευσης. Πολλοί εκτοξευτήρες διαθέτουν ενσωματωμένο ρυθμιστή/μειωτή πίεσης, ώστε ανεξαρτήτως της πίεσης του δικτύου παροχής, να λειτουργεί στην συνιστώμενη λειτουργική πίεση και να εξοικονομείται αρδευτικό νερό.



Το κρίσιμο σημείο της χρήσης των υπόγειων εκτοξευτήρων είναι η επίτευξη ομοιομορφίας στην άρδευση, η οποία επιτυγχάνεται με την σωστή χωροθέτηση των εκτοξευτήρων, σύμφωνα με τα τεχνικά τους στοιχεία, τις προτεινόμενες από τον κατασκευαστή αποστάσεις μεταξύ των εκτοξευτήρων ώστε να υπάρχει το σωστό ποσοστό επικάλυψης, και τις τροποποιήσεις λόγω προσαρμογής στις πραγματικές συνθήκες του χώρου εγκατάστασης, που αφορά κυρίως την ανάγκη αντιστάθμισης της επίδρασης του ανέμου που ωθεί τις δέσμες ύδατος των εκτοξευτήρων εκτός των ορίων θεωρητικής κάλυψης.

Κατά τον σχεδιασμό ενός υπόγειου συστήματος εκτοξευτήρων λαμβάνουμε υπ' όψιν ότι οι δέσμες νερού των εκτοξευτήρων πρέπει να επικαλύπτονται.

Αν R είναι η ακτίνα εκτόξευσης και e η απόσταση μεταξύ των εκτοξευτήρων, σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα είναι : $e = R \sqrt{2} = 1,41R$ ή $e = 0,70R$

Στην πράξη ωστόσο, η ιδανική απόσταση μεταξύ δύο εκτοξευτήρων είναι η ίδια με την ακτίνα του εκτοξευτήρα, ήτοι **$e = R$**

8.2 Αυτοματισμοί άρδευσης (αναγκαιότητα και είδη)

8.2.1 Αναγκαιότητα αυτοματισμού άρδευσης

Ο αυτοματισμός της άρδευσης στους χώρους αστικούς και περιαστικού πρασίνου αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο:

- βελτιστοποίησης της άρδευσης, με την μέγιστη αξιοποίηση από το φυτικό υλικό, λόγω της δυνατότητας προγραμματισμού της άρδευσης κατά τις νυχτερινές ώρες
- εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης του νερού άρδευσης λόγω της δυνατότητας προγραμματισμού της άρδευσης κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν οι απώλειες λόγω εξάτμισης είναι μηδενικές
- εξοικονόμησης χρόνου και εργασίας
- ευέλικτου ελέγχου της άρδευσης
- βελτιστοποίησης της χρήσης των χώρων από τους πολίτες, λόγω της δυνατότητας προγραμματισμού της άρδευσης κατά τις νυχτερινές ώρες
- ελαχιστοποίησης πιθανών κινδύνων
- προγραμματισμού άρδευσης ανά ομάδα φυτικού υλικού
- αξιοποίησης μικρών παροχών νερού
- προσαρμογής σε καιρικές συνθήκες λόγω δυνατότητας χρήσης αισθητήρων

Η δυνατότητα σύνδεσης στον προγραμματιστή άρδευσης αισθητήρων υγρασίας εδάφους και αισθητήρων βροχής, επιτρέπουν την μη ενεργοποίηση του αρδευτικού συστήματος – παρά τον προγραμματισμό του – όταν επικρατούν συνθήκες που καθιστούν την άρδευση μη επιθυμητή, με συνέπεια την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

8.2.2 Είδη αυτοματισμού άρδευσης

Τα είδη αυτοματισμού ενός αρδευτικού συστήματος είναι οι προγραμματιστές, οι ηλεκτροβάνες, τα καλώδια σύνδεσης, τα μικροεξαρτήματα συνδεσμολογίας, οι αισθητήρες και τα φρεάτια.

Ηλεκτροβάνες

Οι ηλεκτροβάνες, αποτελώντας την καρδιά ενός αυτοματοποιημένου συστήματος άρδευσης, είναι ηλεκτρικές διαφραγματικές βαλβίδες που υπάρχουν σε μια ποικιλία υλικών και μεγεθών κατασκευής και συνθηκών λειτουργίας. Συνήθως είναι πλαστικές ή με σώμα ορειχάλκινο, διαστάσεων 1'', 1 1/2'' και 2'', αντοχής σε 10 έως 15 Atm, με συμπαγές ή αποσπώμενο πηνίο 24V, με φίλτρο προστασίας, χαμηλής ή υψηλής πίεσης λειτουργίας

Προγραμματιστές

Προγραμματιστές μπαταρίας Χρησιμοποιούνται σε μικρούς χώρους πρασίνου καθώς διαθέτουν μόνο 1 ή 2 στάσεις, και όταν δεν υπάρχει πρόσβαση σε δίκτυο ηλεκτρισμού. Τοποθετούνται στην παροχή νερού και είναι εύκολοι στόχοι βανδαλισμού και κλοπής.

Προγραμματιστές ρεύματος. Υπάρχει μια ευρεία γκάμα προγραμματιστών ρεύματος που μπορεί να ανταποκριθεί σε διαφορετικές ανάγκες άρδευσης, όπως με πολλαπλά ανεξάρτητα προγράμματα και ενάρξεις ημερησίως, πολλαπλών στάσεων με εσωτερικό ή εσωτερικό μετασχηματιστή, κατάλληλοι για εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρου, με δυνατότητα σύνδεσης αισθητήρων ή μετεωρολογικού σταθμού.

Φρεάτια

Τα φρεάτια διασφαλίζουν την προστασία των ηλεκτροβάνων. Είναι συνήθως προκατασκευασμένα από ισχυρό HDPE στρογγυλά ή ορθογώνια, μιάς ή περισσότερων θέσεων.

Καλώδια

Τα ηλεκτρολογικά καλώδια χρησιμοποιούνται για την σύνδεση ηλεκτροβάνων και προγραμματιστών, είναι ανθυγρά, με πολλούς κλώνους (3,5,7,9,13) με διαφορετικό χρωματισμό ανά κλώνο.

8.3 Νερό άρδευσης: χρήση και ποιότητα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά που συνήθως χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού και της κατάλληλότητάς του για άρδευση είναι:

- Η αλατότητα, δηλαδή η συνολική συγκέντρωση υδατοδιαλυτών αλάτων ή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- η διηθητικότητα, δηλαδή ή συγκέντρωση ιόντων Νατρίου σε συσχετισμό με το Ασβέστιο και Μαγνήσιο,
- η τοξικότητα, δηλαδή η συγκέντρωση ιόντων Βορίου, Νατρίου, Χλωρίου, κτλ., τα οποία μπορεί να είναι τοξικά για τα φυτά

8.3.1 Αλατότητα ή Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων και από την συγκέντρωσή τους.

Η αύξηση της η.α του νερού άρδευσης έχει σαν συνέπεια την μείωση της διαθεσιμότητας του νερού για το φυτικό υλικό, με αποτέλεσμα την μείωση της πρόσληψης νερού από τις ρίζες των φυτών, την διαταραχή της θρέψης λόγω μη πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, που εκδηλώνεται με περιορισμένη ανάπτυξη του φυλλώματος, μικροφυλλία ή και αποφύλλωση, με την εμφάνιση περιφερειακών εγκαυμάτων στα φύλλα, με την νέκρωση νεαρών βλαστών και την παρουσία λευκού επανθίσματος στην επιφάνεια του εδάφους

Με βάση τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα, το αρδευτικό νερό διακρίνεται στις εξής κατηγορίες ποιότητας:

Μέτρηση (mmhos/cm ή dS/m)	Κατηγορία Ποιότητας
<0,75	πολύ καλό
0,75-2,5	μέτριο
2,5-3	προβληματικό
>3	πολύ προβληματικό

Το νερό της δεύτερης κατηγορίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση φυτών σχετικά ανθεκτικών στα άλατα και σε εδάφη που να επιτρέπουν την έκπλυση των αλάτων από το ριζόστρωμα. Η χρήση των νερών της τρίτης και τέταρτης κατηγορίας γίνεται μόνο σε φυτά ανθεκτικά στα άλατα και σε εδάφη ελαφράς μηχανικής σύστασης, ώστε να γίνεται εύκολα η έκπλυση των αλάτων.

Διαχείριση χρήσης νερού άρδευσης υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε χώρους πρασίνου

- Εγκατάσταση στραγγιστικού δικτύου, κυρίως σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου που δέχονται υπόγειες εισροές ου είναι συνήθως αλατούχες
- Εκπλυση της περίσσειας των αλάτων στο έδαφος.
- Ενσωμάτωση οργανικής ουσίας στο επιφανειακό εδαφικό στρώμα
- Χρήση στάγδην άρδευσης
- Επιλογή ειδών με υψηλή ανθεκτικότητα στα άλατα

Πίνακας 2. Ανθεκτικότητα καλλωπιστικών φυτών στα άλατα

Μεγάλη ανθεκτικότητα	Μέτρια ανθεκτικότητα	Μικρή ανθεκτικότητα
Φοίνικας	Βουκαμβίλια	Καλλιστήμων
	Δενδρολίβανο	Τούγια
	Πικροδάφνη	Βιβούρνο
	Λαντάνα	Ιβίσκος
	Πιττόςπορο (Αγγελική)	Χρυσάνθεμο

8.3.2 Διηθητικότητα

Η διηθητικότητα είναι παράμετρος που αποτυπώνει την ταχύτητα εισόδου του νερού άρδευσης στο έδαφος και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η ποιότητα του νερού άρδευσης, η δομή και υφή του εδάφους, ο βαθμός συμπίεσης και το ποσοστό της οργανικής ουσίας του εδάφους,

Οι παράμετροι του νερού άρδευσης που επηρεάζουν την διηθητικότητα, είναι η συνολική συγκέντρωση υδατοδιαλυτών αλάτων (αλατότητα) και η περιεκτικότητα του νατρίου σε συσχέτισμό με την περιεκτικότητα ασβεστίου και μαγνησίου.

Διαχείριση χαμηλής διηθητικότητας λόγω χρήσης νερού άρδευσης χαμηλής ποιότητας σε χώρους πρασίνου

Για την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων διηθητικότητας, κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων άρδευσης, κυρίως στην περίπτωση του καταιονισμού, να λαμβάνεται μέριμνα ώστε ο ρυθμός με τον οποίο γίνεται η άρδευση με καταιονισμό να είναι ίδιος με το ρυθμό που το έδαφος απορροφά το νερό ώστε να μην υπάρχει επιφανειακή απορροή. Για τον σκοπό αυτό, η επιλογή των εκτοξευτήρων (μπεκ), και της διάταξης τους, πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η ένταση του καταιονισμού να

είναι ίση με την διηθητικότητα του εδάφους και το μέσο ωριαίο ύψος καταιονισμού να είναι ανάλογο με το ύψος το οποίο αντιστοιχεί στον εδαφικό τύπο του εδάφους, όπως φαίνεται στον Πίνακα Χ

Πίνακα 3 . Διηθητικότητα ανα τύπο εδάφους

Είδος εδάφους	Διηθητικότητα σε χιλιοστά νερού/ ώρα
Αμμώδη	50
Ελαφρά	25
Μέτρια	15
Βαριά	5

Για την βελτίωση της χαμηλής διηθητικότητας που προκαλείται λόγω υψηλής συγκέντρωσης υδατοδιαλυτών αλάτων ή ιόντων νατρίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα οξέα, όπως είναι το φωσφορικό και το θειικό οξύ, ή ένυδρο θειικό ασβέστιο. ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, γύψος).

8.3.3 Τοξικότητα

Η υψηλή συγκέντρωση ιόντων του χλωρίου, του νατρίου και του βορίου στο νερό άρδευσης, έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση στα φυτά συμπτωμάτων τοξικότητας που εκδηλώνονται αρχικά με χλώρωση, νεκρωτικές κηλίδες, περιφερειακά εγκαύματα στα άκρα των φύλλων και στην συνέχεια με ξήρανση τους, με αποτέλεσμα την μειωμένη ανάπτυξη των φυτών και την μείωση της αισθητικής τους αξίας (κυρίως στην περίπτωση καλλωπιστικών φυτών στους χώρους πρασίνου)

Τα φυλλοβόλα δένδρα και τα εσπεριδοειδή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου και βορίου, τα συμπτώματα τοξικότητας των οποίων εμφανίζονται πρώτα στα παλαιά φύλλα.

Στον Πίνακα 4., αποτυπώνονται συνολικά οι παράμετροι αξιολόγησης του νερού άρδευσης, και τα όρια των τιμών τους, σε σχέση με τα επίπεδα καταλληλότητας του νερού άρδευσης

Πίνακας 4. Παράμετροι αξιολόγησης του νερού άρδευσης, και όρια των τιμών τους σε σχέση με την καταλληλότητα του νερού άρδευσης

Παράμετρος αξιολόγησης (Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση)	Μονάδες	Καταλληλότητα νερού άρδευσης		
		Αριστη έως Καλή	Καλή έως επιζήμια	Επιζήμια έως ακατάλληλη
Αλατότητα (επηρεάζει την διαθεσιμότητα του εδαφικού ύδατος)				
ECw	dS/m	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0
Διηθητικότητα				
TDS (Ολικά διαλυμένα στερεά)	mg/l	< 450	450 – 2.000	> 2.000
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση (απορ- ρόφηση από ρίζες)	SAR mg/l	< 3	3 - 9	> 9
Καταιονισμός (απορρόφηση από φύλλα)	mg/l	< 70	> 70	
Χλωριόντα				
Επιφανειακή άρδευση (απορ- ρόφηση από ρίζες)	mg/l	< 140	140 - 350	> 350
Καταιονισμός (απορρόφηση από φύλλα)	mg/l	< 100	> 100	
Νιτρικό άζωτο (NO ₃ -N)				
Αζωτο	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Διτανθρακικά HCO ₃ ⁻	ppm	<90	90-500	>500
Βόριο	ppm	< 1	1-3	>3

8.4 Χρήση ανακυκλωμένου νερού για την άρδευση πρασίνου

8.4.1 Η χρήση ανακυκλωμένου νερού ως εναλλακτική λύση στην ανεπάρκεια υδατικών πόρων

Με δεδομένο τον περιορισμό στην επάρκεια των υδατικών πόρων αλλά και το συνεχώς αυξανόμενο κόστος για την εξασφάλισή τους, η επεξεργασία υγρών αποβλήτων (λυμάτων) με στόχο την επαναχρησιμοποίηση τους αποτελεί μία εναλλακτική λύση προκειμένου να καλυφθούν ανάγκες όπως η άρδευση στην γεωργία και στο αστικό πράσινο, καθώς και άλλες αστικές χρήσεις πλην της πόσης.

Η χρήση ΥΕΑ για άρδευση χλοοτάπητα και καλλωπιστικών θάμνων σε χώρους πρασίνου δίνει άριστα αποτελέσματα ανάπτυξης, σε συνδυασμό με χρήση συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης, με παράλληλα περιβαλλοντικά οφέλη την εξοικονόμηση υδατικών πόρων, την αποφυγή της υποβάθμισης των υδάτινων αποδεκτών (όπου συνήθως καταλήγουν τα ΥΕΑ) και την φυσική τροφοδοσία του εδάφους και των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων

Η δυνατότητα της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων ως εναλλακτικής πηγής νερού για χρήσεις όπως η άρδευση σε χώρους αστικού και περιαστικού πρασίνου και η αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος και η δημιουργία χώρων αναψυχής, αποτελεί μία διεθνή τάση, ειδικά στις άνυδρες περιοχές του πλανήτη.

8.4.2 Νομικό πλαίσιο

Το νομικό πλαίσιο για την χρήση ανακυκλωμένου νερού για την άρδευση αστικού πρασίνου προσδιορίζεται στην Υ.Α. οικ. 145116/2011 περί « Καθορισμού μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών

αποβλήτων και άλλες διατάξεις». Στο άρθρο 6 της Υ.Α αναφέρεται ότι η επαναχρησιμοποίηση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες αφορά κυρίως το αστικό και περιαστικό πράσινο (άλση, νεκροταφεία, πρηνή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα δασικές εκτάσεις, αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, για λειτουργία διακοσμητικών σιντριβανιών, για τη δημιουργία τεχνητών ή την διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων).

Όπως αναφέρεται στο άρθρο 4, για την απεριόριστη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης, η οποία, εκτός των συνήθων παραμέτρων περιλαμβάνει:

- α) το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα,
- β) τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και του αρδευόμενου φυτικού υλικού
- γ) τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κλπ)
- δ) τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, όπως π.χ χρήση αυτοματισμών στα αρδευτικά συστήματα για ελαχιστοποίηση της επαφής των χειριστών με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα
- στ) τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

8.4.3 Προδιαγραφές και κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων

Βασική προϋπόθεση για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι ο έλεγχος και ο περιορισμός των παθογόνων μικροοργανισμών με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας.

Στον Πίνακα 1. που ακολουθεί, αναφέρονται τα **επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων**

υγρών αποβλήτων. στον Πίνακα 2. οι μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων, και στον Πίνακα 3. τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση, όπως αυτά προσδιορίζονται στην Υ.Α. 145116/2011, Παράρτημα Ι, ΙΙ & ΙΙΙ)

Πίνακας 5. Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (ΕΥΑ)

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα (επηρεάζει την διαθεσιμότητα του εδαφικού ύδατος)				
ECw	dS/m	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0
Διηθητικότητα (Ολικά διαλυμένα στερεά)				
TDS	mg/l	< 450	450 – 2.000	> 2.000
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση (απορ- ρόφηση από ρίζες)	SAR mg/l	< 3	3 - 9	> 9
Καταιονισμός (απορρόφηση από φύλλα)	mg/l	< 70	> 70	
Χλωριόντα				
Επιφανειακή άρδευση (απορ- ρόφηση από ρίζες)	mg/l	< 140	140 - 350	> 350
Καταιονισμός (απορρόφηση από φύλλα)	mg/l	< 100	> 100	
Νιτρικό άζωτο (NO ₃ -N)				
Αζωτο	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Βόριο	ppm	< 1	1-3	>3
PH Τυπικό διάστημα 6.5 – 8.5				

Πίνακας 6. Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)	Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Al	5	As	0.1
Be	0.1	Cd	0.01
Co	0.05	Cr	0.1
Cu	0.2	F	1.0
Fe	3.0	Li	2.5
Mn	0.2	Mo	0.01
Ni	0.2	Pb	0.1
Se	0.02	V	0.1
Zn	2.0	Hg	0.002
B	2		

Πίνακας 7. Όρια μικροβιολογικών και συμβατικών παραμέτρων, κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση

Τύπος χρήσης ΕΥΑ	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC / 100ml)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία	Συχνότητα ελέγχου
1. Αρδευση αστικού πρασίνου (απαγορεύεται ο καταιονισμός) 2. Αρδευση περιαστικού πρασίνου	< 2 για το 80% των δειγμάτων και <20 για το 95% των δειγμάτων	< 10 για το 80% των δειγμάτων	< 2 για το 80% των δειγμάτων	< 2	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ακολουθούμενη από προχωρημένη επεξεργασία και απολύμανση	BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με την ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 Θολότητα: (ανά εβδομάδα) 2 ή 4 για

						< ή > από 50.000 κατοίκους TC: (ανά εβδομάδα) 3 ή 7 για < ή > από 50.000 κατοίκους (νησιά :2)
--	--	--	--	--	--	---

Μελέτη περίπτωσης :

**Υπολογισμος παραμέτρων διάθεσης υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων
(αστικών λυμάτων) για την άρδευση χώρων πρασίνου σε Δ/Δ του Δήμου .**

Πηγειού Ν. Ηλείας

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός των παραμέτρων της διάθεσης των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων των Δημοτικών Διαμερισμάτων Γαστούνης και Βαρθολομιού του Δήμου Πηγειού (πρώην Δήμοι Γαστούνης και Βαρθολομιού) του Ν. Ηλείας για την άρδευση χώρων αστικού πρασίνου με κάλυψη χλοοτάπητα συνολικής έκτασης 430 στρ. που προγραμματίζεται να κατασκευασθούν στα δύο Δημοτικά Διαμερίσματα.

Οι υπολογισμοί που ακολουθούν αναφέρονται στην περίπτωση της διάθεσης των ΥΕΑ κατά την περίοδο Μαΐου – Οκτωβρίου, που δεν είναι εφικτή η απόρριψη τους σε υδάτινους αποδέκτες λόγω μη αραιώσης με το νερό της βροχόπτωσης.

Τα αναφερόμενα μετεωρολογικά στοιχεία, έχουν ληφθεί από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Αράξου.

1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (ΔΕ)

Η δόση άρδευσης(ΔΑ) και εφαρμογής (ΔΕ) υπολογίζονται από τούς τύπους

$$\text{Δόση άρδευσης (ΔΑ): } \Delta A = f \left(\frac{Y\Delta - \Sigma MM}{100} \right) E_{\Phi} \cdot d_e \cdot 1000 \text{ (mm)} \quad (1^a)$$

$$\text{Δόση εφαρμογής (ΔΕ): } \Delta E = f \left(\frac{Y\Delta - \Sigma MM}{100 E_a} \right) E_{\Phi} \cdot d_e \cdot 1000 \text{ (mm)} \quad (1^b)$$

Όπου: YΔ = υδατοϊκανότητα σε % ξ.β.

ΣΜΜ = Σημείο μόνιμης μάρανσης σε % ξ.β.

E_{ϕ} = Φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους σε g/cm^3

d_e = Βάθος ριζοστρώματος της καλλιεργειας σε m

E_a = Βαθμός απόδοσης της άρδευσης κατά την εφαρμογή σε %

f = συντελεστής εξάντλησης εδαφικής υγρασίας (τιμές από 0,3 στα

ευαίσθητα είδη έως 0,6 στα μη ευαίσθητα είδη),

Για τις συγκεκριμένες συνθήκες της περίπτωσης μελέτης έχουν γίνει οι κάτωθι παραδοχές :

- ✓ Ο βαθμός απόδοσης E_a της άρδευσης, κατά την εφαρμογή, εκτιμάται ότι είναι $E_a=80\%$
- ✓ Ως βάθος ριζοστρώματος του χλοοτάπητα d_e , επιλέγεται το βάθος $d_e=0,3\text{m}$
- ✓ Ο συντελεστής εξάντλησης εδαφικής υγρασίας f , λαμβάνει τιμή 0,5 λόγω της σχετικής ανθεκτικότητας της επιλεγόμενης ποικιλίας χλοοτάπητα
- ✓ Το έδαφος της περιοχής διάθεσης των Υ.Ε.Α βάσει της ανάλυσης της μηχανικής του σύστασης, κατατάσσεται στην κατηγορία **πηλώδους άμμου**. Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα, οι τιμές διηθητικής ικανότητας και οι οριακές τιμές εδαφικής υγρασίας σε συνάρτηση με τον εδαφικό τύπο παρουσιάζονται στον Πίνακα. 1.

Πίνακας 1. Τιμές διηθητικής ικανότητας και οριακές τιμές παραμέτρων εδαφικής υγρασίας και σε συνάρτηση με τον εδαφικό τύπο

Οριακές τιμές εδαφικής υγρασίας	Εδαφικός τύπος		
	Πηλώδης Άμμος	Ιλυοπηλός	Πηλώδης Αργίλος
Υδατοϊκανότητα σε % ξ.β.	10,2	22,5	26,7
Σημείο Μόνιμης Μάρανσης σε % ξ.β.	2,1	8,0	10,5
Φαινόμενο ειδικό βάρος εδάφους g/cm^3	1,6	1,5	1,5
Διηθητική ικανότητα mm/ώρα	15	12	10

Βάσει των ανωτέρω σχέσεων (1^a) και (1^b) και για τις τιμές που αντιστοιχούν στον εδαφικό τύπο της έκτασης διάθεσης των Υ.Ε.Α, η δόση εφαρμογής της άρδευσης διαμορφώνεται ως εξής :

$$\Delta E = f \left(\frac{Y\Delta - \Sigma MM}{100E_a} \right) E_{\phi} \cdot d_e \cdot 1000 \text{ (mm)}$$

$$\Delta E = 0,5 \left(\frac{10,2 - 2,1}{100 \cdot 0,8} \right) \cdot 1,6 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 1000$$

$$\Delta E = 24,3 \text{ mm} \quad \text{ή} \quad \text{m}^3/\text{στρέμμα}$$

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ETD

Ο προσδιορισμός των υδατικών αναγκών του χλοοτάπητα βασίζεται στον υπολογισμό αρχικά της **συνολικής μηνιαίας υδατοκατάλωσης ή εξατμισοδιαπνοής ETμ**, και στην συνέχεια, αφού αφαιρεθεί η **μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση Ru**, στον υπολογισμό της **ημερήσιας υδατοκατάλωσης ή εξατμισοδιαπνοής ETD** βάσει της εμπειρικής μεθόδου υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής BLANEY – GRIDDLE, και σύμφωνα με τις σχέσεις :

$$ET\mu = k \left(\frac{t+18}{2,2} \right) p \quad (2)$$

$$ETD = (ET\mu - Ru) / 30 \quad (3)$$

Οπου ETμ = μηνιαία υδατοκατανάλωση ή εξατμισοδιαπνοή, σε mm ή m³/στρ

ETD = ημερησια υδατοκατανάλωση (εξατμισοδιαπνοή)σε mm/ημ ή m³/ημ/στρ

Ru = μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση (τιμή από Πίνακα 7)

t = μεση μηνιαία θερμοκρασία του μηνιαίου αιχμής (τιμή από Πίνακα 6)

k = εμπειρικός φυτικός συντελεστής (τιμή από Πίνακα 9)

p = ποσοστό μηνιαίο διάρκειας ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους (τιμή από Πίνακα 8)

Ea = βαθμός απόδοσης άρδευσης

Ο προσδιορισμός της τιμής της εξατμισοδιαπνοής **ETD**, στις συνθήκες της περιοχής Γαστούνης και Βαρθολομίου Ηλείας, βασίζεται στα κάτωθι στοιχεία και παραδοχές:

1) οι τιμές των κλιματικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται (θερμοκρασία, υγρασία, πραγματική ηλιοφάνεια) αντλούνται από τα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Αράξου (Μ.Σ.Α), ως πλησιέστερου προς την περιοχή ενδιαφέροντος, σε σχέση με τον αντίστοιχο σταθμό της Μεθώνης.

- 2) οι υπολογισμοί θα γίνουν για τον μήνα Ιούλιο στον οποίο εκφράζεται και η μέγιστη παροχή λυμάτων λόγω υψηλής τουριστικής περιόδου.
- 3) ο εμπειρικός φυτικός συντελεστής k παίρνει τιμή 0,68 (βιβλιογραφικά δεδομένα για χλοοτάπητα, Πίνακας 9, Παράρτημα)
- 4) η μέση θερμοκρασία λαμβάνεται για τον Ιούλιο $t = 28^{\circ}\text{C}$ (Πίνακας 6)
- 5) ο συντελεστής p (ποσοστό μηνιαίο διάρκειας ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους) για τον μήνα Ιούλιο και για γεωγραφικό πλάτος 39° λαμβάνει τιμή 10,16, σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα (Πίνακας 8)
- 6) η μηνιαία ωφέλιμη βροχόπτωση, για τον Ιούλιο, λαμβάνει τιμή $R_u = 1$ (Πίνακας 7)

Βάσει των ανωτέρω υπολογίζουμε την βασική εξατμισοδιαπνοή **ETD** :

$$ET_{\mu} = k \left(\frac{t+18}{2,2} \right) p = 0,68 \left(\frac{28+18}{2,2} \right) 10,16 = 144,45 \text{ mm ή } \text{m}^3/\text{στρ}$$

$$ETD_{\text{Ιουλίου}} = (ET_{\mu} - R_u) / 30 = (144,45 - 1) / 30 = 4,78 \text{ mm/ημ ή } \text{m}^3/\text{στρ/ημέρα}$$

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΡΟΥΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ (ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ)

Το εύρος άρδευσης E προσδιορίζεται απο την σχέση

$$E = \frac{\Delta E}{ETD} \quad (4)$$

Βάσει της ανωτέρω σχέσης και των υπολογισμών των παραγράφων 1 & 2 για τα ΔE

και ETD, το εύρος άρδευσης είναι :

$$E = \frac{24,3 \text{ mm}}{4,78 \text{ mm/ημ}} = 5 \text{ ημέρες}$$

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

Η απαιτούμενη έκταση διάθεσης S των επεξεργασμένων υγρών λυμάτων μέσω άρδευσης εδαφικής έκτασης, προσδιορίζεται απο την σχέση:

$$Q = \frac{S \times \Delta E}{E} \quad (5)$$

Όπου:

Q = Παροχή επεξεργασμένων λυμάτων σε m^3/d .

S = Έδαφική έκταση σε στρέμματα.

ΔE = Δόση εφαρμογής σε m^3 /στρέμμα

E = Εύρος άρδευσης

Σύμφωνα τα αναλυτικά στοιχεία που παρουσιάζονται στην ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕ-
ΤΕΥΣΗΣ ΓΑΣΤΟΥΝΗΣ & ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟΥ – Οριστική μελέτη δικτύων
ακαθάρτων Δήμων Βαρθολομιού και Γαστούνης , η μέγιστη παροχή λυμάτων και
ομβρίων, αναμένεται να είναι :

Δ/Δ ΓΑΣΤΟΥΝΗΣ	
Κάτοικοι(και αναμενόμενοι μη μόνιμοι κάτοικοι)	7.100
Μέγιστη παροχή	1.287
Εισροή ομβρίων	297
Σύνολο μέγιστης παροχής (m^3 /ημέρα) (λύματα και εισροή ομβρίων)	1.584
Σύνολο μέγιστης παροχής λυμάτων (m^3 /ημέρα) κατά την θερινή περίοδο (χωρίς εισροή ομβρίων)	1.287

Δ/Δ ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟΥ	
Κάτοικοι (και αναμενόμενοι μη μόνιμοι κάτοικοι)	4.800
Μέγιστη παροχή	864
Εισροή ομβρίων	104
Σύνολο μέγιστης παροχής (m^3 /ημέρα) (λύματα και εισροή ομβρίων)	968
Σύνολο μέγιστης παροχής λυμάτων (m^3 /ημέρα) κατά την θερινή περίοδο (χωρίς εισροή ομβρίων)	864

ΣΥΝΟΛΟ Δ/Δ ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟΥ & ΓΑΣΤΟΥΝΗΣ	
Κάτοικοι	11.900
Μέγιστη παροχή	2.151
Εισροή ομβρίων	401
Σύνολο μέγιστης παροχής (m^3 /ημέρα) (λύματα και εισροή ομβρίων)	2.552

Σύνολο μέγιστης παροχής λυμάτων (m ³ /ημέρα) κατά την θερινή περίοδο (χωρίς εισροή ομβρίων)	2.151
--	--------------

Οι υπολογισμοί για την απαιτούμενη έκταση διάθεσης των Υ.Ε.Α , θα βασισθούν στην μέγιστη τροφοδοτούμενη (στο σύστημα επεξεργασίας) παροχή λυμάτων κατά την θερινή περίοδο (χωρίς εισροή ομβρίων) ήτοι για **$Q_{\text{εισ}} = 2.151 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$**

Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, στις εγκαταστάσεις δευτεροβάθμιας επεξεργασίας αστικών λυμάτων με σύστημα ενεργού ιλύος πλήρους ανάμιξης, η επεξεργασμένη ροή αντιστοιχεί κ.μ.ο στο 90% τροφοδοτούμενης παροχής αστικών λυμάτων, καθώς η απομακρυνόμενη περίσσεια ιλύος είναι κ.μ.ο το υπόλοιπο 10%.

Επομένως η αναμενόμενη παροχή των επεξεργασμένων και προς διάθεση- μέσω άρδευσης- επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων Q , είναι :

$$Q = Q_{\text{εισ}} \cdot 90\% = 1.951 \text{ m}^3/\text{ημέρα} \cdot 0,9$$

$$\mathbf{Q = 1.936 \text{ m}^3/\text{ημέρα}}$$

Με την αντικατάσταση των δεδομένων στην σχέση (5) είναι :

$$Q = \frac{S \times \Delta E}{E} \Rightarrow S = \frac{Q \times E}{\Delta E} \quad (6)$$

Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι το εύρος διάθεσης των Ε.Α.Λ μέσω άρδευσης έχει προσδιορισθεί στην παράγραφο 3., με τιμή $E=5$ ημέρες.

Ωστόσο λόγω της ανάγκης **ημερήσιας** διάθεσης των Ε.Α.Λ , στην ανωτέρω σχέση (6), για την δεδομένη δόση εφαρμογής ΔE , το εύρος E λαμβάνεται υποχρεωτικά με τιμή $E'=1$, και η υπολογιζόμενη εδαφική έκταση $S_{\text{ημερ}}$, αντιστοιχεί στην ημερήσια απαιτούμενη έκταση διάθεσης :

$$S_{\text{ημερ}} = \frac{Q \times E'}{\Delta E} \Rightarrow S_{\text{ημερ}} = \frac{1.936 \text{ m}^3 / d \cdot 1d}{24.3 \text{ m}^3 / \sigma \tau \rho} \Rightarrow \mathbf{S_{\text{ημερ}} = 80 \text{ στρέμ.}}$$

Η συνολικά απαιτούμενη έκταση διάθεσης $S_{\text{ολικό}}$, υπολογίζεται ως γινόμενο του εύρους άρδευσης E με την $S_{\text{ημερ}}$:

$$S_{\text{ολικό}} = S_{\text{ημερ}} \cdot E \Rightarrow S_{\text{ολικό}} = 80 \text{ στρέμ/ημέρα} \cdot 5 \text{ ημέρες} \Rightarrow$$

$$\mathbf{S_{\text{ολικό}} = 400 \text{ στρέμματα}}$$

Βάσει των ανωτέρω είναι εφικτή η διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων κατά την περίοδο Απριλίου –Οκτωβρίου για την άρδευση χώρων αστικού πρασίνου με εγκατεστημένο χλοοτάπητα συνολικής έκτασης 430 στρ., καθώς σύμφωνα με τους υπολογισμούς , στην διάρκεια του μήνα αιχμής, για την διάθεση των Υ.Ε.Α των Δ/Δ Γαστούνης και Βαρθολομιού του Δ. Πηνειού Ηλείας, σε εδαφική έκταση με κάλυψη χλοοτάπητα, απαιτούνται συνολικά 400 στρέμματα, σε κάθε δε τμήμα 80 στρεμ. απο την συνολική αυτή έκταση, θα διοχετεύονται ημερησίως τα Υ.Ε.Α με συχνότητα επανάληψης της άρδευσης τις 5 ημέρες .

Απαραίτητη συνθήκη της δυνατότητας χρήσης των Υ.Ε.Α στην ως άνω περίπτωση είναι η τήρηση των ορίων μικροβιολογικών και συμβατικών παραμέτρων, των μέγιστων επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων μετάλλων και στοιχείων και των επιθυμητών αγρονομικών χαρακτηριστικών.

Βιβλιογραφία

1. Λυμπεράτος Γ. *Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων/Αστικά Λύματα*. Πάτρα. 2003. Εκδόσεις Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου
2. Ουζούνης Δ. *Συστήματα αυτόματης άρδευσης - Άρδευση με σταγόνες & μικροεκτοξευτήρες*. Αθήνα. 2002. Εκδόσεις Γαρταγάνης.
3. Παπαζαφειρίου Ζ. *Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων*. Θεσσαλονίκη. 1984. Εκδόσεις Ζήτη
4. Παπαζαφειρίου Ζ., Τερζίδης Γ. *Γεωργική υδραυλική*. Θεσσαλονίκη. 1997. Εκδόσεις Ζήτη
5. Πάσχος Κ. *Εργα αρδεύσεων και στραγγίσεων*. Πάτρα. 1995. Εκδόσεις Τ.Ε.Ι Πάτρας
6. Πουλοβασίλης Α. *Γεωργική Υδραυλική – Άρδεύσεις I & II*. Αθήνα. 1983. Εκδοση Γ.Π.Α
7. Τερζίδης Γ., Καραμούζης Δ. *Στραγγίσεις*. Θεσσαλονίκη. 1986. Εκδόσεις Ζήτη
8. Τσακίρης Γ. *Υδατικοί πόροι- ποιότητα αρδευτικού νερού*. Ε.Μ.Π. Διατμηματικό
9. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων». Αθήνα. 2008
10. Τσώνης Σ. *Επεξεργασία Λυμάτων*. Αθήνα. 2004. Εκδόσεις Παπασωτηρίου
11. Phene, C.J., Hutmacher, R.B. Ayars, J.E. *Subsurface drip irrigation: Realizing the full potential*. 1993. In: Proceeding Workshop, Visalia, California.
12. Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D. Vyrlas, P. *Irrigation water saving and yield increase with subsurface drip irrigation*. 2001. In: Proceedings of the 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros Island, Greece, pp. 466–473.

Πηγές στο Διαδίκτυο

Χρήση Υγρών Επεξεργασμένων Αστικών Αποβλήτων για Άρδευση Καλλωπιστικών Φυτών. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:

<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=8200>

Υ.Α 145116/2011 (ΦΕΚ Β' 354-8/3/2011). Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:

http://www.elinyae.gr/el/lib_upload/354b_11.1299678795406.pdf

Αρδευση με υφάλμυρα νερά. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:

[http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/41522B885C55A9C0C2256FAA0023A6E9/\\$file/10_2002-Ifalmira%20Nera.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/41522B885C55A9C0C2256FAA0023A6E9/$file/10_2002-Ifalmira%20Nera.pdf?OpenElement)

Ορθολογική διαχείριση νερού άρδευσης: αναγκαιότητα για αειφόρο αγροτική ανάπτυξη. Κ. Χαρτζουλάκης, Μ. Μπερτάκη. Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών - Τεύχος Α, 2009. Διαθέσιμο στον ιστότοπο :
<http://www.envifriendly.tuc.gr/gr/docs/activities/25052009/Xartzoulakis.pdf>

Βελτιωμένα Συστήματα Αρδευσης. Διαθέσιμο στον ιστότοπο :

<http://www.cyprus.gov.cy/moa/Agriculture.nsf/Al>

Ποιότητα νερού άρδευσης. Διαθέσιμο στον ιστότοπο :

[http://www.cyprus.gov.cy/moa/agriculture.nsf/All/A8B973CD4904A922C225772700361CFE/\\$file/PIOTITA%20NEROU%20ARDEUSIS%20.pdf](http://www.cyprus.gov.cy/moa/agriculture.nsf/All/A8B973CD4904A922C225772700361CFE/$file/PIOTITA%20NEROU%20ARDEUSIS%20.pdf)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Τιμές διηθητικής ικανότητας σε συνάρτηση με την μηχανική σύσταση του εδάφους

Κατηγορία εδάφους	Διηθητική ικανότητα	
	Χιλιοστά / ώρα	Ιντσες / ώρα
Άμμος	20	0,8
Πηλώδης άμμος	15	0,6
Αμμώδης πηλός	12	0,5
Πηλός -Ιλυοπηλός	10	0,4
Πηλώδης Αργίλλος	8	0,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Φαινόμενο ειδικό βάρος σε συνάρτηση με την μηχανική σύσταση του εδάφους

Κατηγορία εδάφους	Φαινόμενο ειδικό βάρος
Βαρύ έδαφος	1,0 – 1,2 gr/cm ³
Μέσο έδαφος	1,2 – 1,5 gr/cm ³
Ελαφρύ έδαφος	1,5 - 1,6 gr/cm ³

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Οριακές τιμές εδαφικής υγρασίας και διαθέσιμου νερού σε συνάρτηση με την μηχανική σύσταση του εδάφους

Οριακές τιμές εδαφικής υγρασίας	Κατηγορία εδάφους		
	Πηλώδης άμμος	Ιλυοπηλός	Πηλώδης άργιλος
Υδατοϊκανότητα % ξ.β.ε	10,2	22,5	26,7
Σημείο μάρανσης % ξ.β.ε	2,1	8,0	10,5
Διαθέσιμη υγρασία % ξ.β.ε	8,1	14,5	16,2
Διαθέσιμο νερό			
Για βάθος ριζοστρώματος 1m	129,6	217,0	243,0
Για βάθος ριζοστρώματος 0.6m	77,8	130,5	145,8

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Διάμετρος διαβροχής D σε m, σε συνάρτηση με την κατηγορία εδάφους και την παροχή του σταλάκτη

Παροχή σταλ/ρα L/h	Κατηγορίες εδάφους		
	Ελαφρύ (E)	Μέσο (M)	Βαρύ (B)
1,5	0,25	0,60	1,10
2	0,40	0,90	1,25
4	0,75	1,25	1,60
8	1,25	1,60	2,10

12	1,60	2,00	2,50
----	------	------	------

***Η ισαποχή των σταλακτιήρων Se , υπολογίζεται από την σχέση $Se = D \times 0,80$**

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Ποσοστό % διαβροχής P συναρτήσει της παροχής σταλακτιήρα, της ισαποχής σταλακτιήρων Se και της ισαποχής μεταξύ των αγωγών SI

Παροχή σταλ/ρων L/h	Se κατά τύπο εδάφους m	SI σε m									
		0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
1,5	E(0,2)	38	33	25	20	15	12	10	8	6	5
	M(0,5)	88	70	58	47	35	28	23	18	14	12
	B(0,9)	100	100	92	73	55	44	37	28	22	18
2,0	E(0,3)	50	40	33	26	20	16	13	10	8	7
	M(0,7)	100	80	67	53	40	32	26	20	16	14
	B(1,0)	100	200	100	80	60	48	40	30	24	20
4,0	E(0,6)	100	80	67	53	40	32	26	20	10	14
	M(1,0)	100	100	100	80	60	48	40	90	24	20
	B(1,3)	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
8,0	E(1,0)	100	100	100	80	60	48	40	30	24	20
	M(1,3)	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	B(1,7)	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
12,0	E(1,3)	100	100	100	100	80	64	53	40	32	27
	M(1,6)	100	100	100	100	100	80	67	50	40	34
	B(2,0)	100	100	100	100	100	100	80	60	48	40

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Μέσες μηνιαίες τιμές t σε C° των Μετεωρολογικών Σταθμών στην Αθήνα και στον Αραξο (ετη 1970-1971 έως 1986-1987)

ΣΤ/ΜΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Αραξος	18,4	14,2	11,2	10	10,7	12,5	14,9	19,7	24	28	26,2	23
Αθήνα	19,6	15,1	11,4	9,7	10,3	11,7	15,7	20,1	25	26,6	27,8	24,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Μέσες μηνιαίες τιμές ωφέλιμης βροχόπτωσης Ru των Μ.Σ Αθήνας και Αραξου

ΣΤ/ΜΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αραξος	91,3	69	69	46,8	24	13,7	1	7,9	31,3	77	91,3	111,4
Αθήνα	55,8	34,8	34,8	22,2	22,2	13,7	5,9	6,9	14,6	46,8	51	62,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Μηνιαίο ποσοστό διάρκειας ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους για γεωγραφικά πλάτη 36° – 39° (συντελεστής p)

Γεωγραφικό Πλάτος	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Έτος
36°	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100
37°	6,93	6,83	8,34	8,87	9,87	9,89	10,05	9,44	8,37	7,82	6,87	6,72	100
38°	6,78	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100
39°	6,82	6,76	8,33	8,93	9,97	10,02	10,16	9,51	8,38	7,77	6,77	6,48	100

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Μέση τιμή εμπειρικού φυτικού συντελεστή k για τον υπολογισμό υδατοκατανάλωσης με την εμπειρική μέθοδο BLANEY – GRIDDLE

Καλλιέργεια	Φυτικός συντελεστής υδατοκατανάλωσης k
Αμπέλι	0,73
Αραβόσιτος	0,75
Βαμβάκι	0,62
Εσπεριδοειδή	0,56
Θερμοκήπια	1
Καρότα	0,58
Μηδική	0,81
Μπιζέλια	0,53
Οπωροφόρα - γιγαρόκαρπα	0,62
Οπωροφόρα - πυρηνόκαρπα	0,65
Πατάτες	0,67
Πεπονοειδή	0,74
Ρύζι	1,11
Σόργο	0,59
Σιτηρά (και χλοοτάπητας)	0,68
Τομάτες	0,70
Φασόλια, φράουλες	0,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Τιμές βάθους ενεργού ριζοστρώματος καλλιεργ/μενων φυτών σε cm (κατά Achtich)

Καλλέργεια	Βάθος E.P		Καλλέργεια	Βάθος E.P
<i>Αγγινάρα</i>	<i>30-50</i>		<i>Μαρούλι</i>	<i>20-30</i>
<i>Αγγούρι</i>	<i>30-50</i>		<i>Μηδική</i>	<i>60-80</i>
<i>Αμπέλι</i>	<i>60-80</i>		<i>Μπιζέλι</i>	<i>40-60</i>
<i>Αραβόσιτος</i>	<i>40-60</i>		<i>Οπωροφόρα</i>	<i>50-70</i>
<i>Αραχίδα</i>	<i>30-50</i>		<i>Πατάτες</i>	<i>40-60</i>
<i>Βαμβάκι</i>	<i>60-80</i>		<i>Πεπονοειδή</i>	<i>50-70</i>
<i>Ζαχαρότευτλα</i>	<i>50-70</i>		<i>Σιτηρά</i>	<i>30-50</i>
<i>Καπνός</i>	<i>50-70</i>		<i>Σόγια</i>	<i>30-50</i>
<i>Καρότο</i>	<i>40-60</i>		<i>Σόργο</i>	<i>40-60</i>
<i>Κρεμμύδι</i>	<i>20-40</i>		<i>Σπανάκι</i>	<i>20-30</i>
<i>Λάχανο</i>	<i>30-50</i>		<i>Τομάτα</i>	<i>30-50</i>
<i>Λειμώνιο</i>	<i>30-50</i>		<i>Φασόλια</i>	<i>30-50</i>
<i>Λινάρι</i>	<i>30-50</i>		<i>Φράουλα</i>	<i>20-30</i>

Πίνακας 11. Τιμές του συντελεστή F σε συνάρτηση με τον αριθμό σταλακτήρων ή υδροληψιών

Αριθμός σταλακτήρων ή υδροληψιών	Συντελεστής F	Αριθμός σταλακτήρων ή υδροληψιών	Συντελεστής F
<i>1</i>	<i>1</i>	<i>14</i>	<i>0,387</i>
<i>2</i>	<i>0,639</i>	<i>16</i>	<i>0,382</i>
<i>3</i>	<i>0,535</i>	<i>18</i>	<i>0,379</i>
<i>4</i>	<i>0,486</i>	<i>20</i>	<i>0,376</i>
<i>5</i>	<i>0,457</i>	<i>25</i>	<i>0,371</i>
<i>6</i>	<i>0,435</i>	<i>30</i>	<i>0,368</i>
<i>8</i>	<i>0,415</i>	<i>40</i>	<i>0,364</i>
<i>10</i>	<i>0,402</i>	<i>50</i>	<i>0,361</i>
<i>12</i>	<i>0,394</i>	<i>100</i>	<i>0,356</i>

