



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Αρδεύσεις (Θεωρία)

Ενότητα 13 : Μελέτη συγκροτήματος  
καταιονισμού

Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# 13.

## Μελέτη συγκροτήματος καταιονισμού

### 13.1. Γενικά.

Για την επιτυχή μελέτη ενός συγκροτήματος άρδευσης με καταιονισμό, απαιτείται η επισταμένη εξέταση όλων των σχετικών παραγόντων, ήτοι των εδαφικών και τοπογραφικών συνθηκών, του είδους των καλλιεργειών, της προέλευσης του νερού, των καλλιεργητικών μεθόδων, της υδατοκατανάλωσης και των υδραυλικών στοιχείων, σε συνδυασμό με τις δαπάνες κατασκευής των έργων, της προμήθειας του απαιτούμενου εξοπλισμού και της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πριν από την εκτέλεση των διαφόρων υπολογισμών απαιτείται η συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων στοιχείων και δεδομένων, σχετικά με την τοποθεσία της έκτασης που θα αρδευτεί, την προέλευση και προσαγωγή του νερού, τις καλλιέργειες που θα εφαρμοστούν, την επιθυμητή λειτουργία του συγκροτήματος, το είδος της ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί και τις εδαφικές συνθήκες. Πρέπει επίσης να διατίθεται και κατάλληλης κλίμακας τοπογραφικό διάγραμμα της υπόψη περιοχής.

Με βάση τα παραπάνω συντάσσουμε τους επόμενους πίνακες δεδομένων και στη συνέχεια εκτελούμε τους υπολογισμούς.

### 13.2. Πίνακες δεδομένων.

#### 13.2.1. Τοποθεσία.

α. Περιοχή εκτέλεσης του έργου:

.....  
.....  
.....  
.....

β. Όνομα ιδιοκτήτη:

.....  
.....  
.....

γ. Έκταση κτήματος (στρ.):.....,,.....

δ. Τοπογραφικό ανάγλυφο (συνοπτική περιγραφή):

.....  
.....  
.....

### 13.2.2. Αρδευτικό νερό.

α. Προέλευση:

.....  
.....  
.....  
.....

β. Διαθέσιμη παροχή (από εκτίμηση ή από μέτρηση) σε lit / sec.

.....  
.....

γ. Ποιότητα του νερού (καλή, μέτρια, κακή, επισυνάπτεται ανάλυση)

δ. Τρόπος προσαγωγής.

ε. Διακύμανση της παροχής κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου από .....lt/sec έως .....lt/sec.

στ. Διαθέσιμη πίεση (m)

ζ. Στοιχεία πηγαδιού:

ζ<sub>1</sub>. Ολικό βάθος (m)

ζ<sub>2</sub>. Διάμετρος (m)

ζ<sub>3</sub>. Σύσταση του υδροφόρου στρώματος

ζ<sub>4</sub>. Διακύμανση της στάθμης (υψόμετρα)

ζ<sub>5</sub>. Δοκιμές.

Διάρκεια δοκιμής (h)

Υδροστατική στάθμη αρχική (m)

Πτώση στάθμης m για παροχή lt/sec

### 13.3. Καλλιέργειες.

Καλλιέργειες				Σύνολο
Υφιστάμενη κατανομή	..... στρ.	..... στρ.	..... στρ.	..... στρ.
Τελική διάρθρωση	..... στρ.	..... στρ.	..... στρ.	..... στρ.

### 13.4. Επιθυμητή λειτουργία.

- α) Η άρδευση της έκτασης θα ολοκληρώνεται σε ημέρες
- β) Αριθμός μετακινήσεων της γραμμής άρδευσης:
- γ) Μετακίνηση από εργάτες
- δ) Μετακίνηση από τον ιδιοκτήτη
- ε) Μετακίνηση από μηχανήματα (τύπος μηχ/τος).

### 13.5. Ενέργεια

- α) Προέλευση:
- β) Τιμή μονάδας:

### 13.6. Βασικές εδαφικές σταθερές.

- α) Μηχανική σύσταση επιφ/κού εδάφους :
- β) Μηχανική σύσταση υπεδάφους :
- γ) Βάθος ενεργού ριζοστρώματος (m) :
- δ) Υδατοϊκανότητα (%) :
- ε) Σημείο μάρανσης (%) :
- στ) Φαινόμενο βάρος ( $gr/cm^3$ ) :
- ζ) Τελική ταχύτητα διήθησης (mm/h) :
- η) Ειδικά χαρακτηριστικά (βάθος, συμπαγείς στρώσεις, ύπαρξη χαλικιών, μικρή γονιμότητα, συνθήκες στράγγισης κ.λπ.) :

### 13.7. Δόση άρδευσης.

Η καθαρή δόση άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_a = \Delta Y_\beta \cdot E_\phi \cdot d_e \cdot c$$

όπου:  $d_a$  = η δόση άρδευσης σε mm στήλης νερού, ή  $m^3$  / στρέμμα.

$\Delta Y_\beta$  = η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους εκφρασμένη στα εκατό ξηρού βάρους εδάφους. Η διαθέσιμη υγρασία ισούται με την υδατοϊκανότητα μείον το σημείο μάρανσης του εδάφους και παίρνεται από τον πίνακα 3.

$E_\phi$  = το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους σε  $gr / cm^3$  το οποίο παίρνεται από τον πίνακα 3.

$d_e$  = το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος σε mm το οποίο παίρνεται από τον πίνακα 6.

$c$  = συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας ο οποίος παίρνεται από τον πίνακα 2.

Η δόση εφαρμογής, εξαρτάται από το επιθυμητό βάθος ύγρυνσης, τη διαθέσιμη υγρασία, από το ποσοστό εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας και από το ποσοστό της επιφάνειας του εδάφους, που πρέπει να υγραίνεται κατά την άρδευση, και υπολογίζεται από την σχέση:

$$d_u = \frac{d_a}{E_a}$$

όπου:  $d_a$  = η δόση άρδευσης σε mm νερού ή  $m^3$  / στρέμμα.

$E_a$  = ο βαθμός απόδοσης, ή η αποδοτικότητα της άρδευσης, που κυμαίνεται συνήθως από 75 % έως 90 %.

### 13.8. Εύρος άρδευσης.

Το χρονικό διάστημα στο οποίο καταναλώνεται το νερό της άρδευσης λέγεται **εύρος άρδευσης**,  $EA$ , και προκύπτει αν η δόση άρδευσης διαιρεθεί με το ημερήσιο υδατικό έλλειμμα,  $E_D$ , δηλαδή την ημερήσια υδατοκατανάλωση:

$$EA = \frac{d_a}{E_D} = \frac{d_v \cdot E_a}{E_D}$$

και αν η σχέση αυτή λυθεί ως προς  $d_a$ , προκύπτει ότι:

$$d_a = EA \cdot E_D = EA \cdot (ET_c - R : \mu)$$

Επίσης από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι:

$$d_v = \frac{EA \cdot (ET_c - R/\mu)}{E_a}$$

όπου:  $d_a$  = η δόση άρδευσης σε mm νερού ή  $m^3$  / στρέμμα.

$EA$  = το εύρος άρδευσης σε ημέρες.

$E_D$  = η ημερήσια υδατοκατανάλωση σε mm,

$E_a$  = ο βαθμός απόδοσης, ή αποδοτικότητα της άρδευσης.

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν εφόσον για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η μέθοδος του Penman, ή η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle.

Αν για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η απλοποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle, τότε οι σχέσεις αυτές παίρνουν τη μορφή :

$$d_a = EA \cdot E_D = EA \cdot [(ET - R) : \mu] \text{ και}$$

$$d_v = EA \cdot E_D = \frac{EA \cdot [(ET - R) : \mu]}{E_a}$$

### 13.9. Απαιτούμενη παροχή.

Η απαιτούμενη παροχή λειτουργίας του συγκροτήματος είναι:

$$Q = \frac{d_u \cdot A}{r \cdot C_1 \cdot EA} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

όπου:  $d_u$  = η δόση εφαρμογής σε  $\text{m}^3/\text{στρεμ}$ .

$A$  = το εμβαδόν του αγρού σε στρέμματα.

$r$  = ο αριθμός ωρών λειτουργίας του συγκροτήματος ( $\text{h}/\eta\mu$ ).

$E.A.$  = το εύρος άρδευσης σε ημέρες.

$C_1$  = το ποσοστό του  $E.A.$  που διατίθεται για την ολοκλήρωση της άρδευσης.

Συνήθως παίρνεται  $C_1=20-30\%$ .

### 13.10. Ισαποχή των γραμμών άρδευσης.

Η ισαποχή αυτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I = \frac{d_u \cdot L_m}{I \cdot t}$$

όπου:  $L_m$  = το μήκος της κυρίας γραμμής σε  $\text{m}$ .

$I$  = η διηθητικότητα του εδάφους σε  $\text{mm}/\text{h}$ .

$t = r \cdot (E.A)$  = το σύνολο των ωρών που απαιτείται για την ολοκλήρωση της άρδευσης.

### 13.11. Ισαποχή των εκτοξευτήρων.

α) Αν επιλεγεί τετραγωνική διάταξη έχουμε  $b = l$

β) Αν επιλεγεί ορθογωνική διάταξη παίρνεται  $l/b=1,33$

Τόσο το  $b$  όσο και το  $l$  (όταν πρόκειται για φορητά συγκροτήματα) πρέπει να είναι ακέραια πολλαπλάσια του 6.

### 13.12. Αριθμός εκτοξευτήρων – ομοιομορφία κατανομής του νερού

Ο αριθμός των εκτοξευτήρων εξαρτάται από το μήκος της γραμμής άρδευσης και της ισαποχής των εκτοξευτήρων πάνω σ' αυτή τη γραμμή.

Ισχύει η σχέση  $L_n = (N - 1) \cdot b = 2 R_\pi$ .

όπου:  $L_n$  = μήκος γραμμής άρδευσης

$N$  = αριθμός εκτοξευτήρων στη γραμμή άρδευσης.

$b$  = η ισαποχή εκτοξευτήρων.

$R_\pi$  = η πραγματική ακτίνα εκτόξευσης

Συνήθως στα άκρα της γραμμής άρδευσης τοποθετούνται εκτοξευτήρες τομέα.

Αν λύσουμε την παραπάνω σχέση ως προς  $N$  έχουμε:

$$N = \frac{L_n - 2R_\pi + b}{b}$$

Για την επίτευξη της ομοιομορφίας κατανομής του εκτοξευόμενου νερού πρέπει να ισχύουν αθροιστικά οι σχέσεις:

$$b = 0,5 \cdot D, \quad l = 0,65 \cdot D \quad \text{και} \quad l:2 + b:2 = 0,75 \cdot D,$$

από τις οποίες προκύπτει  $l = 1,3 \cdot b$  και  $l = 1,32 \cdot R_\pi$ .

Αντικαθιστώντας αυτές τις τιμές έχουμε:

$$N = L_n / b - 0,967$$

### 13.13. Παροχή του εκτοξευτήρα.

Θα υπολογιστεί, κατά την παράγραφο 3.3.7., από τη σχέση:

$$q = \frac{L \cdot b \cdot I}{1000 \cdot n}$$

### 13.14. Εκλογή του κατάλληλου εκτοξευτήρα.

Από τους πίνακες εκλέγεται ο κατάλληλος τύπος εκτοξευτήρα με βάση την παροχή  $q$ , την ακτίνα εκτόξευσης:

$$R = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{1}{1,32} \cdot 1 = 0,842 \cdot 1$$

και πίεση λειτουργίας κατάλληλη, σύμφωνα με τις επισημάνσεις που γίνονται στην παράγραφο 3.3.9.

### 13.15. Διάρκεια χορήγησης της αρδευτικής δόσης.

Η διάρκεια της άρδευσης είναι:

$$T = \frac{d_a}{i_f}$$

όπου το  $i_f$  είναι η τελική ταχύτητα διηθήσεως του εδάφους.

### 13.16. Αριθμός γραμμών άρδευσης.

Ευρίσκεται από τη σχέση  $M = L_m / l$

όπου:  $L_m$  = το μήκος της κυρίας γραμμής σε m.

$l$  = η ισαποχή των γραμμών άρδευσης σε m.

### 13.17. Παροχή του συγκροτήματος.

Ευρίσκεται από τη σχέση:  $Q = q \cdot N \cdot \mu$  όπου  $\mu$  είναι ο αριθμός των γραμμών άρδευσης που λειτουργούν ταυτόχρονα. Το  $\mu$  εκλέγεται κατάλληλα ώστε να προκύπτει  $C_1=20-30\%$ .

### 13.18. Υπολογισμός της γραμμής άρδευσης.

Ακολουθώντας τους υπολογισμούς της παραγράφου 3.2.6.2., υπολογίζουμε τις οριακές τιμές που επιτρέπεται να πάρει η διάμετρος της γραμμής από τις σχέσεις:

$$D_{\min} = 25,23 \cdot Q^{1/2} \text{ και } D_{\max} = 50,46 \cdot Q^{1/2}.$$

όπου:  $D$  = η διάμετρος του αγωγού σε mm

$Q$  = η παροχή της γραμμής άρδευσης σε lt/sec που υπολογίζεται από τη σχέση  $Q = N \cdot q$

Για κάθε τυποποιημένη διάμετρο του εμπορίου που είναι μεταξύ των παραπάνω ορίων, υπολογίζουμε τις απώλειες τριβών, γραμμικές και τοπικές.

Τις γραμμικές απώλειες τις υπολογίζουμε από τον τύπο των Darcy-Weishach όπως αναλυτικά περιγράφεται στην παράγραφο 3.2.6.3.

Οι τοπικές απώλειες μπορεί να υπολογιστούν σύμφωνα με την παράγραφο 3.2.6.4., εφ' όσον έχουμε επαρκή δεδομένα. Αν δεν διαθέτουμε επαρκή δεδομένα οι τοπικές απώλειες υπολογίζονται ως ποσοστό 20% των γραμμικών απωλειών.

Η τελική επιλογή της διαμέτρου θα γίνει με οικονομοτεχνική σύγκριση ανάμεσα στις διαμέτρους που πληρούν και την προϋπόθεση της παραγράφου 3.2.6.6.

### 13.19. Υπολογισμός της κύριας γραμμής.

Η παροχή της κυρίας γραμμής είναι  $Q=N \cdot q \cdot \mu$ . Ο υπολογισμός της διαμέτρου ακολουθεί την διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου με την διαφορά ότι στον τύπο των Darcy - Weishach δεν υπεισέρχεται ο συντελεστής  $F$ .

Συνήθως συνιστάται όπως οι απώλειες φορτίου στην κυρία γραμμή να κυμαίνονται γύρω στο 3%.

### 13.20. Υπολογισμός του ολικού μανομετρικού ύψους.

Το ολικό μανομετρικό ύψος αντιπροσωπεύει το μέγιστο ύψος φορτίου ή την ολική πίεση, που πρέπει να εξασκήσει η αντλία για την λειτουργία του συγκροτήματος.

Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_m = h_{av} + h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{κατ} + P + \Sigma h_t.$$

Στη σχέση αυτή σημειώνουμε ότι:

$h_{f1} = h_s - V / 2g - h_e - h_b$  που εκφράζει τις απώλειες στο σωλήνα αναρρόφησης σύμφωνα με την παράγραφο 3.1.1.1.

Για τις υπόλοιπες παραμέτρους ισχύ πάλι η περιγραφή που γίνεται στην παράγραφο 3.1.1.1. και οι υπολογισμοί που ακολουθούν.



### 13.21. Απαιτούμενη ισχύς αντλίας και κινητήρα.

Η ισχύς της αντλίας υπολογίζεται από τη σχέση

$$N_{\alpha} = Q_{\alpha} \cdot H / 270 \cdot n$$

όπου:  $N_{\alpha}$  = η ισχύς αντλίας σε PS.

$Q_{\alpha}$  = η παροχή αντλίας σε  $m^3/h$ .

$H$  = το ολικό μανομετρικό ύψος σε m.

$n$  = ο βαθμός απόδοσης της αντλίας.

Επίσης η ισχύς της αντλίας μπορεί να εκφραστεί σε HP ή KW αν αντί των παραπάνω σχέσεων χρησιμοποιηθούν οι σχέσεις:

$$N_{\alpha} = Q_{\alpha} \cdot H / 273,6 \cdot n \quad (\text{HP}).$$

$$N_{\alpha} = Q_{\alpha} \cdot H / 371,74 \cdot n \quad (\text{KW}).$$

Η ισχύς του κινητήρα ισούται με την ισχύ της αντλίας προσαυξημένη κατά 20 % εφ' όσον χρησιμοποιηθεί ηλεκτροκινητήρας και κατά 40% αν χρησιμοποιηθεί κινητήρας Diesel ήτοι:

$$N_{\kappa} = 1,2 N_{\alpha} \text{ για ηλεκτροκινητήρα}$$

$$N_{\kappa} = 1,4 N_{\alpha} \text{ για πετρελαιοκινητήρα.}$$

### 13.22. Επιλογή των διαμέτρων.

Για κάθε διατεταγμένο ζεύγος διαμέτρων που προκύπτει από τους υπολογισμούς των παραγράφων 4.18. και 4.19., υπολογίζουμε το ετήσιο κόστος λειτουργίας του συγκροτήματος  $C_{\alpha} = C_h \cdot N_h$  καθώς και το τοκοχρεολύσιο  $\Delta$  σύμφωνα με την παράγραφο 3.2.6.6. Για την απλούστευση των υπολογισμών θεωρούμε για διάρκεια ζωής του συγκροτήματος τα 30 χρόνια και για ετήσιο επιτόκιο  $r=15\%$ . Επομένως  $\Delta=0,1523 \cdot K$ .

Το ζεύγος για το οποίο προκύπτει το μικρότερο άθροισμα  $C_{\alpha} + \Delta$  είναι το καταλληλότερο.

# Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. Μενέλαος Θεοχάρης, "ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2012.
2. Μενέλαος Θεοχάρης, "Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 1998.
3. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις ", Άρτα 1998
4. Θεοχάρης Μ.: " Η Άρδευση με Σταγόνες ", Άρτα 1998
5. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις , Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 1998
6. Καρακατσούλης Π. : " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις και Προστασία των Εδαφών ", Αθήνα 1993.
7. Κωνσταντινίδης Κ. : "Η μέθοδος αρδεύσεως δια καταιονήσεως ", Θεσσαλονίκη - Αθήνα 1975.
8. Μιχελάκης Ν. : "Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με Σταγόνες"
9. Daugerty - Franzini : "Υδραυλική" Τόμοι I , II, Εκδόσεις Πλαίσιο , Αθήνα.
10. Davis- Sorensen : " Handbook of applied Hydraulics" Third edition McGraw-Hill Book Company, 1969.
11. Ουζούνης Δ. "Θεωρητική και Πρακτική Μέθοδος της Άρδευσης με Σταγόνες" Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 1997.
12. Τερζίδης Γ. : "Μαθήματα Υδραυλικής " , Τόμοι I ,II , III, Θεσσαλονίκη 1986.
13. Τερζίδης Γ. - Παπαζαφειρίου Ζ. : " Γεωργική Υδραυλική " Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1997.
14. Τζιμόπουλος Χ. : " Γεωργική Υδραυλική ", Τόμοι I , II, Εκδόσεις Ζήτη , Θεσ-σαλονίκη 1982.
15. Τσακίρης Γ. : "Μαθήματα Εγγειοβελτιωτικών Έργων " , Αθήνα
16. Hansen V. - Israelsen : "Αρδεύσεις. Βασικοί Αρχαί και Μέθοδοι . Μετάφραση από τους Α. Νικολαΐδη και Α. Κοκκινίδη ", Αθήνα 1968.

# Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Αρδεύσεις (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου.  
Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG108/>

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ