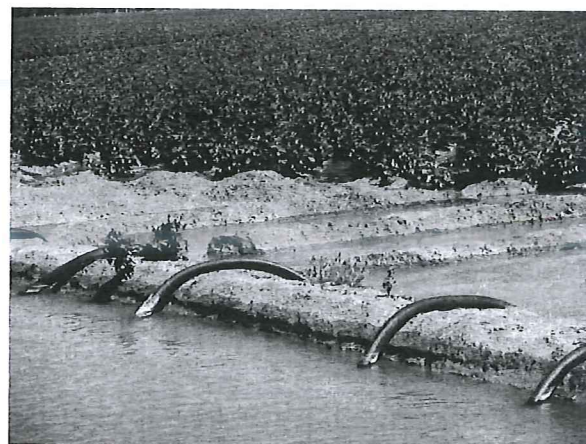




Εγγειοβελτιωτικά Έργα

Μελέτη αρδευτικού δικτύου ανοικτών και κλειστών αγωγών

Επιβλέποντες καθηγητές: Μιχαήλ Σπηλιώτης και Ιωάννης Αικατερίνης



Επιμέλεια: Δημήτριος Μπούρδης με Α.Ε.Μ 109672
Αφροδίτη Νταντή με Α.Ε.Μ 109676
Σταμάτιος Πετκόπουλος με Α.Ε.Μ 109629
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Εαρινό εξάμηνο 2022/2023

Διεύθυνση
Κ. Μητρώου

3/4/97
Caf

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

67100 ΕΛΛΗΝΙΚΗ

ΤΗΛ. (0641) 23.000 - 20.371, ΤΕΛΕΞ: 484312 ΡΟΛΙ ΘΛ, FAX: (0641) 24.375

Διευθυντής: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΣΑΚΚΑΣ

Αρ. πρωτ.

ΔΟΥΛΗΤΗΣ: Σπυριδων Μικ.

ΑΕΜ: 3743

Περίπτωση: $K = \frac{\Gamma}{1}$ $E = \frac{3}{1}$

ΘΕΜΑ: ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

A. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

B. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

1. Τοπογραφικό διάγραμμα 1:5000
2. Υδροληψία νερού στις θέσεις γ_1 και γ_2 . Αντληση νερού στον κύργο υδροληψίας Π. Ετάθμη νερού : $\gamma_1 = 26.30$ m, $\gamma_2 =$ m.
3. Εδαφοκλιματικές παράμετροι:
 - Β. Γεωγραφικό πλάτος $40^\circ 15'$. Τίτλ 48

a/a	Κατηγορία Εδάφους E	Υδαροϊκανότητα γ_{FC} (% Ε.Β. εδ.)	Εημ. Μον. Μαραν. γ_{PWP} (% Ε.Β. εδ.)	Τελ. Διηθητικ. I_E (mm/hr)	Φαιν. Ειδ. Βαρ (g/cm ³)
1	Ελαφρό	14	6	22	1.48
2	Μέσο	19	11	18	1.46
3	Βαρύ	23	15	14	1.41

Κ	Ευνοδιασμοί καλλιέργειών	
	50%	50%
A	Αραβόσιτος - Σακχαρότευτλα	
B	- " - - Μηδική	
Γ	Οπωροφόρα - " -	
Δ	- " - Αραβόσιτος	

- Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής και μέση μηνιαία θερμοκρασία:

ΜΗΝΕΣ	Μ	Ι	Ι	Α	Ε
Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής (mm)	66.3	28.5	20.6	18.9	28.2
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	19.8	23.6	28.0	27.8	23.5

- Οι μηνιαίοι φυτικοί συντελεστές:

Καλλιέργειες	Μηνιαίοι φυτικοί συντελεστές				
	Μ	Ι	Ι	Α	Ε
Μηδική	0.80	0.90	1.00	1.00	0.30
Σακχαρότευτλα	0.69	0.69	1.01	0.83	-
Οπωροφόρα	1.05	1.15	1.15	1.15	1.10
Αραβόσιτος	0.12	0.40	0.60	0.62	0.45

→ Κ_c

- Μέση ταχύτητα ανέμου $u_2 = 4$ (m/s)
- Ελάχιστη σχετική υγρασία $RH_{min} = 58$ (%)
- Ποσοστό (λαμπρής) ηλιοφάνειας $n/N = 0.8$

} για τον συντελεστή α

4. Αρδευτική κεφαλή $q = 60$ (l/s). Συντελεστής αποδόσεως κατά την εφαρμογή $E_a = 0.75$. Συντελεστής προσαυξήσεως των αναγκών αρδεύσεως 1.20. Διάρκεια λειτουργίας ανοικτού δικτύου $t_d = 24$ (hr/ημέρα), κλειστού δικτύου $t_d = 16$ (hr/ημέρα).

Γ. ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ

Η σύσταση της μελέτης Αρδευτικού δικτύου α) ανοικτών αγωγών για την άρδευση της περιοχής Α του τοπογραφικού διαγράμματος με μεθόδους επιφανειακής αρδεύσεως και β) κλειστών υπό πίεση αγωγών για την άρδευση της περιοχής Β με τη μέθοδο του καταιονισμού. Η περιοχή Α ορίζεται από τα ρεύματα  και  και κατά προσέγγιση από τις υψομετρικές καμπύλες  m και  m. Η περιοχή Β αποτελείται από τη ζώνη του εδάφους που περιλαμβάνεται μεταξύ των υψομετρικών καμπυλών  m και  m.

1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ στην οποία θα περιλαμβάνονται στοιχεία, επί του υπολογισμού των αναγκών των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό και επί του υδραυλικού υπολογισμού των αγωγών καθώς και των σχετικών τεχνικών έργων του μελετώμενου δικτύου.

2. ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ του αρδευτικού δικτύου υπό κλίμακα 1:5000 όπου θα φαίνεται το δίκτυο διανομής του αρδευτικού νερού καθώς και το απαιτούμενο στραγγιστικό και οδικό δίκτυο.

3. ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΕΣ των αρδευτικών διωρύγων όπου θα φαίνονται οι γραμμές του εδάφους, του νερού και του πυθμένα των αγωγών και θα σημειώνονται τα απαραίτητα έργα ρυθμίσεως και ελέγχου της ροής καθώς και τα υδραυλικά στοιχεία της ροής του νερού.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Διαθέσιμη εδαφική υγρασία: $x_0 = \theta_{FC} - \theta_{PWP} = 10 \cdot \theta_{g,FC} \cdot \rho_b \cdot d - 10 \cdot \theta_{g,PWP} \cdot \rho_b \cdot d \Rightarrow x_0 = 10 \cdot \rho_b \cdot d \cdot (\theta_{g,FC} - \theta_{g,PWP})$ (1)

Μέσο βάθος ριζοστρώματος (πίνακας 4.1 - Τσακίρης):

Πιν. 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
Χορτοδοικά	60	120
Φυλλοβόλα οπωροφόρα	150	240
Εσπεριδοειδή	150	–
Αμπέλια	150	–
Σακχαρότευλα	90	150
Πατάτες	60	90
Ντομάτες	120	150
Καπνός	90	–
Ρύζι	60	–

Αραβόσιτος (καλαμπόκι): $d=90$ cm

Μηδική: $d=150$ cm

Για αραβόσιτο: (1) $\Rightarrow x_{0,\alpha} = 10 \cdot 1,48 \cdot 90 \cdot (0,14 - 0,06) = 106,56$ mm

Για μηδική: (1) $\Rightarrow x_{0,\mu} = 10 \cdot 1,48 \cdot 150 \cdot (0,14 - 0,06) = 177,6$ mm

Συσχέτιση για x_0 και x_c (πίνακας 4.3 - Τσακίρης):

Πιν. 4.3: Το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της εδαφικής υγρασίας (x_c/x_0) για τις βασικές καλλιέργειες της Ελλάδας

Καλλιέργεια	Ελάχιστο όριο μείωσης της υγρασίας x_c/x_0
Μηδική	0.45
Καλαμπόκι	0.40 0.50
Βαμβάκι	0.35
Χορτοδοικά	0.50
Αμπέλι	0.65
Ελιές	0.35
Πατάτες	0.75
Σακχαρότευλα	0.50
Ντομάτες	0.60
Σιτηρά (αρχή)	0.45
(τέλος)	0.10

Αραβόσιτος: $\frac{x_{c,\alpha}}{x_{0,\alpha}} = 0,45$

Μηδική: $\frac{x_{c,\mu}}{x_{0,\mu}} = 0,45$

Καθαρή δόση άρδευσης (d_n):

Αραβόσιτος:

$$d_{n,\alpha} = x_{0,\alpha} - x_{c,\alpha} = x_{0,\alpha} - 0,45 \cdot x_{0,\alpha} = 0,55 \cdot x_{0,\alpha} = 0,55 \cdot 106,56 = 58,61 \text{ mm}$$

Μηδική:

$$d_{n,\mu} = x_{0,\mu} - x_{c,\mu} = x_{0,\mu} - 0,45 \cdot x_{0,\mu} = 0,55 \cdot x_{0,\mu} = 0,55 \cdot 177,6 = 97,68 \text{ mm}$$

Πραγματική δόση άρδευσης (d):

Αραβόσιτος: $d_\alpha = \frac{d_{n,\alpha}}{E_a} = \frac{58,61}{0,75} = 78,15 \text{ mm}$

Μηδική: $d_\mu = \frac{d_{n,\mu}}{E_a} = \frac{97,68}{0,75} = 130,24 \text{ mm}$

Δόση άρδευσης:

Αραβόσιτος: $78,15 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$

Μηδική: $130,24 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$

Ανάγκες σε αρδευτικό νερό

Χρησιμοποιείται η μέθοδος Blaney-Criddle για τον υπολογισμό της δυνητικής

Εξατμισοδιαπνοής αναφοράς:

$$PET_0 = a + b \cdot F \quad (2)$$

$$\alpha = 0,0043 \cdot RH_{min} - \frac{n}{N} - 1,41 \Rightarrow \alpha = 0,0043 \cdot 0,58 - 0,8 - 1,41 \Rightarrow \alpha = -2,208$$

Η τιμή της σταθεράς b λαμβάνεται με γραμμική παρεμβολή από τον πίνακα (4.9) βάσει των παρακάτω στοιχείων που δίνονται στην εκφώνηση:

- ποσοστό ηλιοφάνειας: $n/N=0,8$
- ελάχιστης σχετικής υγρασίας: $RH_{\min}=58\%$
- μέση ταχύτητα ανέμου: $U_2=4$ m/sec

Πιν. 4.9 Τιμές της σταθεράς b της σχέσεως $PET = a + b \cdot f$

n/N	$RH_{\min} [\%]$						
	0	20	40	60	80	100	
0	0,84	0,80	0,74	0,64	0,52	0,38	$u_2 = 0$ m/sec
0,2	1,03	0,95	0,87	0,76	0,63	0,48	
0,4	1,22	1,10	1,01	0,88	0,74	0,57	
0,6	1,38	1,24	1,13	0,99	0,85	0,66	
0,8	1,54	1,37	1,25	1,09	0,94	0,75	
1,0	1,68	1,50	1,36	1,18	1,04	0,84	
0	0,97	0,90	0,81	0,69	0,54	0,40	$u_2 = 2$ m/sec
0,2	1,19	1,08	0,96	0,84	0,68	0,50	
0,4	1,41	1,26	1,11	0,97	0,77	0,60	
0,6	1,60	1,42	1,25	1,09	0,89	0,70	
0,8	1,79	1,59	1,39	1,21	1,01	0,79	
1,0	1,98	1,74	1,52	1,31	1,11	0,89	
0	1,08	0,98	0,87	0,72	0,56	0,42	$u_2 = 4$ m/sec
0,2	1,33	1,19	1,03	0,87	0,69	0,52	
0,4	1,56	1,38	1,19	1,02	0,82	0,62	
0,6	1,78	1,56	1,34	1,15	0,94	0,73	
0,8	2,00	1,74	1,50	1,28	1,05	0,83	
1,0	2,19	1,90	1,64	1,39	1,16	0,92	
0	1,18	1,06	0,92	0,74	0,58	0,43	$u_2 = 6$ m/sec
0,2	1,44	1,27	1,10	0,91	0,72	0,54	
0,4	1,70	1,48	1,27	1,06	0,85	0,64	
0,6	1,94	1,67	1,44	1,21	0,97	0,75	
0,8	2,18	1,86	1,59	1,34	1,09	0,85	
1,0	2,39	2,03	1,74	1,46	1,20	0,95	
0	1,26	1,11	0,96	0,76	0,60	0,44	$u_2 = 8$ m/sec
0,2	1,52	1,34	1,14	0,93	0,74	0,55	
0,4	1,79	1,56	1,32	1,10	0,87	0,66	
0,6	2,05	1,76	1,49	1,25	1,00	0,77	
0,8	2,30	1,96	1,66	1,39	1,12	0,87	
1,0	2,54	2,14	1,82	1,52	1,24	0,98	
0	1,29	1,15	0,98	0,78	0,61	0,45	$u_2 = 10$ m/sec
0,2	1,58	1,38	1,17	0,96	0,75	0,56	
0,4	1,86	1,61	1,36	1,13	0,89	0,68	
0,6	2,13	1,83	1,54	1,28	1,03	0,79	
0,8	2,39	2,03	1,71	1,43	1,15	0,89	
1,0	2,63	2,22	1,86	1,56	1,27	1,00	

Κλιματικός παράγοντας F :

$$F = (0,46 \cdot T_{\text{mean}} + 8,13) \cdot p \quad (3)$$

- T_{mean} : μέση θερμοκρασία του εκάστοτε μήνα
- p : μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας. Προκύπτει από τον πίνακα 4.8 βάσει γεωγραφικού πλάτους (40°)

Πιν. 4.8 Η παράμετρος p σαν συνάρτηση του Γεωγραφικού Πλάτους και του χρόνου

Μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (p).

Βόρειο Γεωγραφ. Πλάτος	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάϊ.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέμ.	Δεκ.
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.35	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.35	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Μέσω των εξισώσεων (2) και (3) υπολογίσθηκαν οι τιμές δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για κάθε μήνα ξεχωριστά.

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή αναφοράς – PET_0					
Μήνας	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
p	0,321	0,340	0,330	0,310	0,280
$T [^{\circ} C]$	19,8	23,6	28,0	27,8	23,5
F	5,530	6,455	6,933	6,485	5,303
a	-2,208	-2,208	-2,208	-2,208	-2,208
b	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302
PET_0 [mm/ημέρα]	4,99	6,20	6,82	6,24	4,70

Μετά τον υπολογισμό της PET_0 για κάθε καλλιέργεια, υπεισέρχεται ο φυτικός συντελεστής (K_c) έτσι ώστε από μια καλλιέργεια αναφοράς να μεταφερθεί η δυνητική εξατμισοδιαπνοή στην καλλιέργεια που μας ενδιαφέρει, δηλαδή τον αραβόσιτο και τη μηδική.

Ισχύει ότι

$$PET_c = K_c \cdot PET_0$$

Από την παραπάνω σχέση βρίσκεται η δυνητική εξατμισοδιαπνοή για κάθε καλλιέργεια σε mm/ημέρα. Πολλαπλασιάζοντας με τον πραγματικό αριθμό ημερών του κάθε μήνα προκύπτει ο πίνακας.

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας - PET_c					
Μήνας	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
PET_0 [mm/ημέρα]	4,99	6,20	6,82	6,24	4,70
Αραβόσιτος					
K_c	0,12	0,4	0,6	0,62	0,45
PET_c [mm/ημέρα]	0,60	2,48	4,09	3,87	2,11
PET_c [mm/μήνα]	18,57	74,37	126,85	119,84	63,41
Μηδική					
K_c	0,8	0,9	1	1	0,8
PET_c [mm/ημέρα]	3,99	5,58	6,82	6,24	3,76
PET_c [mm/μήνα]	123,81	167,32	211,41	193,30	112,73

Για την εύρεση του καθαρού ύψους σε αρδευτικό νερό (IR_n) ισχύει:

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

Άρα αρκεί να βρεθεί το ύψος της ενεργού βροχόπτωσης (P_e) για κάθε μήνα. Για τον υπολογισμό της επιλέγεται η μέθοδος του U.S. Bureau of Reclamation (πίνακας 6.4).

Μηνιαία Βροχόπτωση [mm]	Ποσοστό Ενεργής Βροχόπτωσης [%]
0,0-25,4	90-100
25,4-50,8	85-95
50,8-76,2	75-90
76,2-101,6	50-80
101,6-127,0	30-60
127,0-152,4	10-40
>152,4	0-10

Μάιος

Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής=66,3 mm

$$Pe = 25,4 \cdot 0,95 + (50,8 - 25,4) \cdot 0,9 + (66,3 - 50,8) \cdot 0,825 = 59,78 \text{ mm}$$

Ιούνιος

Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής=28,5 mm

$$Pe = 25,4 \cdot 0,95 + (28,5 - 25,4) \cdot 0,9 = 26,92 \text{ mm}$$

Ιούλιος

Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής=20,6 mm

$$Pe = 20,6 \cdot 0,95 = 19,57 \text{ mm}$$

Αύγουστος

Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής=18,9 mm

$$Pe = 18,9 \cdot 0,95 = 17,96 \text{ mm}$$

Σεπτέμβριος

Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής=28,2 mm

$$Pe = 25,4 \cdot 0,95 + (28,2 - 25,4) \cdot 0,9 = 26,65 \text{ mm}$$

Σημείωση: αν προκύψει $IR_n < 0$ τότε δεν ποτίζω, κάτι που συμβαίνει στον μήνα Μάιο.

Καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό - IR_n					
Μήνας	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
n_d	31	30	31	31	30
P_e [mm]	59,78	26,92	19,57	18,90	26,65
Αραβόσιτος					
PET_c [mm/ημέρα]	0,60	2,48	4,09	3,87	2,11
IR_n [mm/ημέρα]	-	1,58	3,46	3,26	1,23
Μηδική					
PET_c [mm/ημέρα]	3,99	5,58	6,82	6,24	3,76
IR_n [mm/ημέρα]	2,07	4,68	6,19	5,63	2,87

Τέλος βρίσκεται ένα πολύ κρίσιμο μέγεθος, το εύρος άρδευσης (T).

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

Εύρος άρδευσης - T					
Μήνας	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Αραβόσιτος					
IR _n [mm/ημέρα]	-	1,58	3,46	3,26	1,23
T [ημέρες]	-	37,06	16,94	18,00	47,83
Μηδική					
IR _n [mm/ημέρα]	2,07	4,68	6,19	5,63	2,87
T [ημέρες]	47,29	20,87	15,78	17,36	34,04

Από όλες τις τιμές του εύρους άρδευσης που προέκυψαν μας ενδιαφέρει η δυσμενέστερη, δηλαδή η μικρότερη και από τις δύο καλλιέργειες.

ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟΥ - ΔΙΚΤΥΟ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Το δίκτυο καταιονισμού μελετάται για να πραγματοποιηθεί στην περιοχή Β, η οποία καταλαμβάνει εμβαδό 670800 m² ή 670,8 στρεμμάτων. Η περιοχή χωρίζεται σε 12 ίσα μέρη και άρα για το κάθε αγροτεμάχιο ισχύει: L_x=430 m, L_y=130 m και E=55,9 στρέμματα.

Η ειδική παροχή για κάθε καλλιέργεια είναι για λειτουργία δικτύου t_d=16 hr/day:

$$\text{Αραβόσιτος: } q_{\alpha} = c \cdot \frac{IR_{max}}{3,6 \cdot t_d \cdot E_{\alpha}} = 1,2 \cdot \frac{3,46}{3,6 \cdot 16 \cdot 0,75} = 0,096 \text{ l/sec} \cdot \text{στρέμμα}$$

$$\text{Μηδική: } q_{\mu} = c \cdot \frac{IR_{max}}{3,6 \cdot t_d \cdot E_{\alpha}} = 1,2 \cdot \frac{6,19}{3,6 \cdot 16 \cdot 0,75} = 0,172 \text{ l/sec} \cdot \text{στρέμμα}$$

Άρα η ειδική παροχή άρδευσης είναι:

$$\bar{q} = 0,5 \cdot q_{\alpha} + 0,5 \cdot q_{\mu} = 0,5 \cdot 0,096 + 0,5 \cdot 0,172 = 0,134 \text{ l/sec} \cdot \text{στρέμμα}$$

Μένει να συγκρίνουμε αν ικανοποιείται το παρακάτω κριτήριο.

$$\bar{q} \leq \frac{i_f}{3,6} = \frac{22}{3,6} = 6,11 \text{ που ισχύει}$$

ΓΡΑΜΜΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ - ΓΡΑΜΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Εκλογή εκτοξευτήρων

Λαμβάνοντας υπόψιν:

1. τα γεωμετρικά στοιχεία του αγροτεμαχίου
2. ότι πρέπει να ισχύει $r \leq i_f$
3. ότι θέλουμε η ένταση τεχνητής βροχής να είναι λίγο μικρότερη, ή/και ίση, της τελικής διηθητικότητας του εδάφους,

επιλέγουμε βάσει του πίνακα 7.5:

Πιν. 7.5 Τμήμα πίνακα εκτοξευτήρα με δύο ακροφύσια.

Αποστάσεις ακροφυσίου σε m	Πίεση σε atm	Παροχή σε $\frac{m^3}{hr}$	Διάμετρος βε- ληνεκούς σε m	Ένταση εφαρμογής, mm/hr				
				Αποστάσεις σε m				
				6 x 12	12x12	12x15	12x18	18x18
5.5x4.2	1.5	2.02	29	28.3	13.9	11.3	9.3	6.3
	2.0	2.33	30	32.6	16.1	13.0	10.7	7.2
	2.5	2.59	31	36.3	17.9	14.5	11.9	8.0
	3.0	2.83	32	39.6	19.5	15.8	13.0	8.8
	3.5	3.06	33	42.8	21.1	17.1	14.1	9.5
	4.0	3.27	35	45.8	22.6	18.3	15.0	10.1
	4.5	3.47	35	48.6	23.9	19.4	16.0	10.8

- $S_S \times S_L = 12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ (τετραγωνική διάταξη)
- πίεση λειτουργίας: $P = 3,5 \text{ atm} = 35 \text{ m}$
- διάμετρος βεληνεκούς: $D_{βελ} = 33 \text{ m}$
- ακτίνα βεληνεκούς: $R_{βελ} = 16,5 \text{ m}$
- ένταση τεχνητής βροχής: $r = 21,1 \text{ mm/hr}$
- παροχή εκτοξευτήρα: $q = 3,06 \text{ m}^3/\text{hr}$

Έλεγχος ομοιομορφίας για S_S και S_L σε τετραγωνική διάταξη:

$$S_S = S_L \leq R \cdot \sqrt{2} \Rightarrow 12 \leq 16,5 \cdot \sqrt{2} = 23,33 \text{ m, άρα OK}$$

Πλήθος εκτοξευτήρων ανά γραμμή άρδευσης

$$L_{y0} = L_y - \frac{S_s}{2} - 4 = 130 - 6 - 4 = 120 \text{ m}$$

Λόγω του γεγονότος ότι ο πρώτος εκτοξευτήρας απέχει μισή ισαποχή από την κύρια γραμμή άρδευσης ο αριθμός των εκτοξευτήρων είναι:

$$N_s = \frac{L_{y0}}{S_s} + 1 = \frac{120}{12} + 1 = 11 \text{ εκτοξευτήρες}$$

Πλήθος θέσεων γραμμής άρδευσης

Θεωρώντας ότι η πρώτη γραμμή άρδευσης απέχει από το όριο του αγρού απόσταση ίση με τη μισή ισαποχή όσο και η τελευταία γραμμή άρδευσης από το όριο του αγροτεμαχίου, προκύπτει:

$$L_{x0} = L_x - \frac{S_L}{2} - 4 = 430 - 6 - 4 = 420 \text{ m}$$

Άρα ο αριθμός θέσεων άρδευσης στην κύρια γραμμή είναι:

$$N_L = \frac{L_{x0}}{S_L} + 1 = \frac{420}{12} + 1 = 36 \text{ θέσεις}$$

Χρόνος παραμονής γραμμής άρδευσης

Βάσει του εύρους άρδευσης που υπολογίστηκε στα υδρολογικό μέρος προκύπτει:

Αραβόσιτος: $T_a=16,94$ ημέρες, $d_n=78,15$ mm

Μηδική: $T_\mu=15,78$ ημέρες, $d_n=130,24$ mm

Ο χρόνος παραμονής των εκτοξευτήρων στην ίδια θέση είναι: $t = \frac{d}{r} + t_{καθυστέρησης}$

Πρέπει να προστεθεί στον χρόνο παραμονής και ένα χρονικό διάστημα καθυστέρησης το οποίο περιλαμβάνει αποσύνδεση και σύνδεση των ταχυσύνδετων σωλήνων αλουμινίου από θέση σε θέση. Επιλέγεται ίσος με μισή ώρα (0,5 hr).

$$\text{Αραβόσιτος: } t_a = \frac{d_a}{r} = \frac{78,15}{21,1} = 3,7 \text{ hr, } \text{άρα } t_{a,tot} = 3,7 + 0,5 = 4,2 \text{ hr}$$

$$\text{Μηδική: } t_\mu = \frac{d_\mu}{r} = \frac{130,24}{21,1} = 6,17 \text{ hr, } \text{άρα } t_{\mu,tot} = 6,17 + 0,5 = 6,67 \text{ hr}$$

Διάρκεια άρδευσης αγροτεμαχίου - έλεγχος επάρκειας μίας γραμμής άρδευσης

Αραβόσιτος: $N_{d,a} = \frac{t_d}{t_a} = \frac{16}{4,2} = 3,8$ θέσεις/ημέρα

Μηδική: $N_{d,\mu} = \frac{t_d}{t_\mu} = \frac{16}{6,67} = 2,4$ θέσεις/ημέρα

Διάρκεια άρδευσης αγροτεμαχίου για μία γραμμή άρδευσης

Αραβόσιτος: $t_{αρδ,a} = \frac{N_L}{N_{d,a}} = \frac{36}{3,8} = 9,47$ ημέρες $\leq T_a = 16,94$ ημέρες

Μηδική: $t_{αρδ,\mu} = \frac{N_L}{N_{d,\mu}} = \frac{36}{2,4} = 15$ ημέρες $\leq T_\mu = 15,78$ ημέρες

Συνεπώς η μία γραμμή άρδευσης επαρκεί και άρα δε χρειάζεται η προσθήκη δεύτερης γραμμής άρδευσης.

Η παροχή στην γραμμή εφαρμογής είναι:

$$Q = N_s \cdot q = 11 \cdot 3,06 = 33,66 \frac{m^3}{hr} = 9,35 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec}$$

Υδραυλικοί υπολογισμοί

Για την εκλογή διαμέτρων σε αγωγό μεταφοράς, αγωγό κύριας γραμμής άρδευσης και αγωγό γραμμής εφαρμογής γίνονται υδραυλικοί υπολογισμοί έτσι ώστε να είναι αποδεχτές οι τιμές που προκύπτουν για ταχύτητα (V) και γραμμικές απώλειες. Διαλέχθηκαν οι εξισώσεις Swamee and Jain για τον συντελεστή τριβής f και Darcy-Weisbach για απώλειες.

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{k/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Εκλογή διαμέτρου αγωγών γραμμής εφαρμογής και απώλειες

- μήκος γραμμής άρδευσης: $L = L_{y0} + (S_s/2) = 120 + (12/2) = 126$ m
- τραχύτητα: $k = 0,5$ mm
- υλικό: ταχυσύνδετοι σωλήνες αλουμινίου
- παροχή: $Q = 9,35$ l/sec

Αν χρησιμοποιηθεί η ΕΞ. των Darcy – Weisbach οι νέες τιμές του συντελεστή F δίνονται στον Πιν.7.11

Πίν. 7.11. Οι τιμές του συντελεστή F για απόσταση του πρώτου εκτοξευτήρα ίση με μισή ισαποχή.

Αριθμός Εκτοξευτήρων	F	Αριθμός Εκτοξευτήρων	F
1	1.0	16	0.345
2	0.500	17	0.344
3	0.422	18	0.343
4	0.393	19	0.343
5	0.378	20	0.342
6	0.369	22	0.341
7	0.363	24	0.341
8	0.358	26	0.340
9	0.355	28	0.340
10	0.353	30	0.339
11	0.351	35	0.338
12	0.349	40	0.338
13	0.348	50	0.337
14	0.347	100	0.337
15	0.346	100	0.335

Για μισή ισαποχή, υπολογισμό απωλειών με Darcy-Weisbach και 11 εκτοξευτήρες προκύπτει διορθωτικός συντελεστής Christiansen F=0,351.

Πιν. 7.4 Τυποποίηση ταχυσύνδετων σωλήνων μήκους 6 m με ενσωματωμένο σύνδεσμο.

Ονομαστική Διάμετρος	από Ταυνοχάλυβα	από Αλουμίνιο	από PVC
	Εσωτ. Διάμετρος (mm)	Εσωτ. Διάμετρος (mm)	Εσωτ. Διάμετρος (mm)
70	68.2	66	—
75	—	—	67.8
89 (90)*	87.2	85	81.4
108 (110)*	106.2	103.5	97.4
125	—	—	113.0
133	130.8	128	—

* Για σωλήνες από PVC

1η δοκιμή: Ø70 (D_{εσ}=66 mm)

Q (m ³ /s)	D _{εσ} (m)	v (m/s)	L (m)	Re	k/D	f	R	h _f (m)	Σh _f (m)	F	Πραγματικές απώλειες (m)
0,009350	0,0660	2,73	126,00	179748,10	0,0076	0,0352	292270,116	25,551	28,106	0,351	9,865

Έλεγχος Christiansen:

Για να ικανοποιείται το κριτήριο Christiansen πρέπει να ισχύει:

$$\Sigma h_f < 20\% \cdot H \Rightarrow 9,865 < 0,2 \cdot 35 \Rightarrow 9,865 < 7, \text{ που δεν ισχύει}$$

Έλεγχος ταχύτητας:

Επίσης $v > 2$ m/sec, άρα ο αγωγός διατομής Ø70 (D_{εσ}=85 mm) απορρίπτεται.

Άρα συνεχίζουμε να κάνουμε δοκιμές με αύξηση της D_{εσ} του αγωγού.

2^η δοκιμή: Ø89 (D_{εσ}=85 mm):

Q (m ³ /s)	D _{εσ} (m)	v (m/s)	L (m)	Re	k/D	f	R	h _f (m)	Σh _f (m)	F	Πραγματικές απώλειες (m)
0,009350	0,0850	1,65	126,00	139569,11	0,0059	0,0327	76816,181	6,715	7,387	0,351	2,593

Έλεγχος Christiansen:

$$\Sigma h_f < 20\% \cdot H \Rightarrow 2,593 < 0,2 \cdot 35 \Rightarrow 2,593 < 7, \text{ που ισχύει}$$

Έλεγχος ταχύτητας:

Πρέπει $0,5 \leq v \leq 1,5-2$ m/sec, που ισχύει καθώς έχουμε $V=1,65$ m/sec

Συνεπώς για τους αγωγούς εφαρμογής εκλέγονται ταχυσύνδετοι σωλήνες αλουμινίου Ø89 (D_{εσ}=85 mm).

ΚΥΡΙΑ ΓΡΑΜΜΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η παροχή στην κύρια γραμμή άρδευσης από τη στιγμή που επαρκεί η μια γραμμή άρδευσης θα είναι κατά μήκος όλου του αγωγού ίση με (παραδοχή):

$$Q = N_s \cdot q = 11 \cdot 3,06 = 33,66 \frac{m^3}{hr} = 9,35 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec}$$

Εκλογή διαμέτρου αγωγών κύριας γραμμής και απώλειες

Στοιχεία αγωγού κύριας γραμμής:

- μήκος αγωγού κύριας γραμμής: $L=L_{x0}+(S_L/2)=426 \text{ m}$
- υλικό: PVC πίεσης 10 atm (1000 hPa)
- τραχύτητα: $k=0,5 \text{ mm}$
- παροχή: $Q=9,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$

Εξωτερική διάμετρος D_0 (mm)	63	75	90	110	125	140	160
Εσωτερική διάμετρος D (mm)	57	67.8	81.4	99.4	113	126.6	144.6
Εξωτερική διάμετρος D_0 (mm)	200	225	250	280	315	355	400
Εσωτερική διάμετρος D (mm)	180.8	203.4	226.2	253.2	285	321.2	361.8
Εξωτερική διάμετρος D_0 (mm)	500						
Εσωτερική διάμετρος D (mm)	452.2						

Από τον εμπειρικό τύπο του **Bresse** θα γίνει μία αρχική εκτίμηση για την εσωτερική διάμετρο του αγωγού.

$$D = 15,5 \cdot \sqrt{Q} = 15,5 \cdot \sqrt{33,66 [m^3/hr]} = 89,9 \text{ mm}$$

Η πρώτη διαθέσιμη εσωτερική διάμετρος είναι αυτή των 99,4 mm. Ωστόσο θα δοκιμάσουμε και την αμέσως μικρότερη για έλεγχο εγκυρότητας του τύπου Bresse.

1^η δοκιμή: $\varnothing 90$ ($D_{εσ}=81,4 \text{ mm}$):

ΠΑΡΟΧΗ (m^3/s)	$D_{εσ}$ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	h_f (m)	Σh_f (m)	κλίση γραμμικών απωλειών %
0,009350	0,0814	1,80	426,00	145741,70	0,0061	0,0331	326244,972	28,521	31,373	6,695105886

Παρά το γεγονός ότι ικανοποιείται ο περιορισμός για την ταχύτητα, οι απώλειες ύψους 31,373 m είναι υπέρογκες για να επιλεγθεί ο εν λόγω αγωγός. Συνεπώς δοκιμάζουμε την αμέσως επόμενη διάμετρο.

2^η δοκιμή: Ø110 ($D_{εσ}=99,4$ mm):

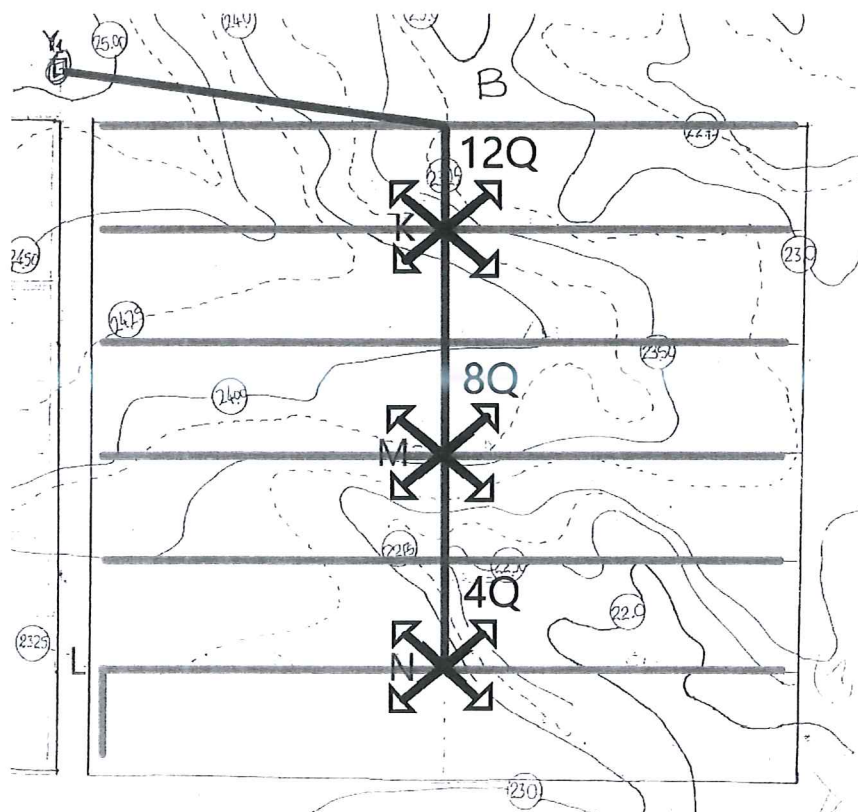
ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	$D_{εσ}$ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	h_f (m)	ΣH_f (m)	κλίση γραμμικών απωλειών %
0,009350	0,0994	1,21	426,00	119349,84	0,0050	0,0314	114053,013	9,971	10,968	2,340563266

Για την ταχύτητα ισχύει: $0,5 \leq v \leq 1,5-2$ m/sec. Οι πραγματικές απώλειες είναι αποδεκτές. Συνεπώς για τους κύριους αγωγούς εκλέγονται σωλήνες PVC 10 atm Ø110 ($D_{εσ}=99,4$ mm).

Ο τύπος του Bresse είναι γνωστό ότι έχει δεχθεί κριτική όσον αφορά στην εγκυρότητά του. Ωστόσο σε αυτήν την περίπτωση λειτουργεί ικανοποιητικά.

Αγωγός μεταφοράς

Από το τοπογραφικό διάγραμμα προκύπτει ότι ο αγωγός από την υδροληψία μέχρι το σημείο B είναι 475 m. Από το σημείο B συνεχίζει ο αγωγός μεταφοράς μέχρι την αρχή του τελευταίου αγροτεμαχίου. Είναι θαμμένος σε βάθος ενός μέτρου και διοχετεύει τις κύριες γραμμές άρδευσης με νερό. Συνολικό μήκος.
 $L_{ολ}=475+650=1125$ m.



Κόκκινο: δυσμενής γραμμή άρδευσης, πράσινο: κύριες γραμμές άρδευσης,
μωβ: αγωγός μεταφοράς

Έχουμε διαλέξει αγωγό PVC διατομής Ø110 για την κύρια γραμμή (εξού και στο τμήμα L-N). Με τη διάμετρο αυτή θα πάμε από τα κατάντη στα ανάντη για να υπολογίσουμε τις απώλειες σε κάθε ένα από τα τμήματα N-M, M-K, K-Y που έχουν παροχή $4 \cdot Q = 0,0374 \text{ m}^3/\text{sec}$, $8 \cdot Q = 0,0748 \text{ m}^3/\text{sec}$ και $12 \cdot Q = 0,1122 \text{ m}^3/\text{sec}$ αντίστοιχα, αλλά και τις διατομές. Για τον αγωγό μεταφοράς θέλουμε ταχύτητα κοντά στο 1 m/sec , συνεπώς λύνουμε ως εξής και κάνουμε εκτίμηση για τη διάμετρο του αγωγού:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi}} \quad (4)$$

Τμήμα N-M

- $L_{NM} = 2 \cdot L_Y = 2 \cdot 130 = 260 \text{ m}$
- $(4) \Rightarrow D = 0,218 \text{ m}$, άρα δοκιμάζουμε αμέσως μεγαλύτερη και μικρότερη $D_{\text{εσωτ}}$ και επιλέγουμε αυτήν που δίνει ταχύτητα πιο κοντά στο 1 m/sec

ΠΑΡΟΧΗ (m^3/s)	k (m)	$D_{\text{εσ}}$ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	h_f (m)	ΣH_f (m)	κλίση γραμμικών απωλειών %
0,037400	0,000500	0,2262	0,93	260,00	209785,58	0,00221	0,0250	907,786	1,270	1,397	0,48837499

Μετά από δοκιμές ο πρώτος αγωγός που ικανοποιεί τον περιορισμό της ταχύτητας είναι ο Ø250 ($D_{\text{εσ}} = 226,2 \text{ mm}$).

Τμήμα M-K

- $L_{MK} = 2 \cdot L_Y = 2 \cdot 130 = 260 \text{ m}$
- $(4) \Rightarrow D = 0,309 \text{ m}$, άρα δοκιμάζουμε αμέσως μεγαλύτερη και μικρότερη $D_{\text{εσωτ}}$

ΠΑΡΟΧΗ (m^3/s)	k (m)	$D_{\text{εσ}}$ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	h_f (m)	ΣH_f (m)	κλίση γραμμικών απωλειών %
0,074800	0,000500	0,3212	0,92	260,00	295476,33	0,0016	0,0228	143,338	0,802	0,882	0,30845473

Εκλέγεται αγωγός Ø355 ($D_{\text{εσ}} = 321,2 \text{ mm}$) για το τμήμα M-K.

Τμήμα Κ-Υ

- $L_{KY}=475+130=605$ m
- Από (4) έχουμε ότι $D=0,378$ m, άρα μεταβαίνουμε στην αμέσως επόμενη

ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	k (m)	D _{εσ} (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	h _r (m)	ΣH _r (m)	κλίση γραμμικών απωλειών %
0,112200	0,000500	0,3618	1,09	605,00	393478,43	0,0014	0,0220	177,488	2,234	2,458	0,36931773

Εκλέγεται αγωγός Ø400 (D_{εσ}=361,8 mm)

Υπολογισμός αντλιοστασίου

Ξεκινάω από τα κατάντη στα ανάντη. Αρχικά θα βρούμε το ύψος πίεσης στο δυσμενέστερο σημείο του δικτύου που βρίσκεται στο τέλος της γραμμής άρδευσης του τελευταίου αγροτεμαχίου (σημείο L στο σκαρίφημα).

Ύψος πίεσης στην αρχή της γραμμής άρδευσης:

$$H_L = H + 0,75 \cdot \Sigma h_f + h_r \pm 0,5 \cdot \Delta z$$

- κανονική πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων: $H=3,5$ atm=35 m
- $\Sigma h_f=2,593$ m (πολλαπλασιασμένο με τον συντελεστή Christiansen-σελίδα 13)
- ύψος ανωδικού σωλήνα: $h_r=1$ m (υπέρ της ασφαλείας)
- $\Delta z=0,12$ m από τοπογραφικό χάρτη (λαμβάνεται 0,25 υπέρ της ασφαλείας προστίθεται επειδή είναι ανηφορικό το κομμάτι από κατάντη προς ανάντη)

$$H_L = 35 + 0,75 \cdot 2,593 + 1 + 0,5 \cdot 0,25 = 38,07 \text{ m}$$

Η απαιτούμενη ισχύς αντλίας θα προκύψει μέσω Αρχής Διατήρησης Ενέργειας από την υδροληψία (σημείο Υ) μέχρι το τέλος της κύριας γραμμής άρδευσης του κρίσιμου αγροτεμαχίου (τελευταίο νοτιοδυτικό αγροτεμάχιο, σημείο L).

$\Delta E_{Y \rightarrow L}$:

$$H_Y + H_M = (H_L + z_L) + \sum_{Y \rightarrow L} h_f + h_{αναρ} \Rightarrow H_M + z_Y = (H_L + z_L) + \sum_{Y \rightarrow L} h_f + h_{αναρ}$$

- $H_Y = \frac{P_Y}{\rho g} + z_Y = 0 + 26,3 = 26,3 \text{ m}$
- $H_L = \frac{P_L}{\rho g} = 38,07 \text{ m}$
- $z_L = 23,25 \text{ m}$ (από τοπογραφικό χάρτη)
- $\sum_{Y \rightarrow L} h_f = h_{f,Y \rightarrow K} + h_{f,K \rightarrow M} + h_{f,M \rightarrow N} + h_{f,N \rightarrow L} = 2,46 + 0,88 + 1,4 + 10,97 = 15,71 \text{ m}$
- ύψος αναρρόφησης: $h_{αναρ} = 1,0 \text{ m}$

$$H_M = (H_L + z_L) - z_Y + \sum_{Y \rightarrow L} h_f + h_{αναρ} = 38,07 + 23,25 - 26,3 + 15,71 + 1$$

$$\Rightarrow H_M = 51,73 \text{ m} \cong 52 \text{ m}$$

Η απαιτούμενη ισχύς αντλίας:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{ολ} \cdot H_M}{n}$$

- πυκνότητα νερού: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- επιτάχυνση βαρύτητας: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $Q_{ολ} = 12 \cdot N_s \cdot q = 12 \cdot 9,35 \cdot 10^{-3} = 0,1122 \text{ m}^3/\text{sec}$
- απόδοση αντλίας: $n = 70\% = 0,7$

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,1122 \cdot 52}{0,7} = 81764,95 \text{ Watt} = 81,76 \text{ kW}$$

Η απορροφούμενη ισχύς του αντλητικού συγκροτήματος είναι προσαυξημένη κατά 15% σε σχέση με την ευρεθείσα N (Τσακίρης 2002).

$$N' = 1,15 \cdot N = 1,15 \cdot 81,76 = 94,02 \text{ kW}$$

Β' τρόπος

Εναλλακτικός τρόπος για τον υπολογισμό της παροχής στον αγωγό μεταφοράς και άρα των απωλειών, της διατομής του αγωγού και της ισχύος της αντλίας είναι ο πρώτος νόμος του Clement, από τη στιγμή που έχουμε παραπάνω από 10 υδροστόμια. Ο νόμος αυτός βασίζεται στην παραδοχή ότι είναι αδύνατο να λειτουργούν όλα τα υδροστόμια ταυτόχρονα. Χρησιμοποιεί κανονική κατανομή έτσι ώστε να προβλεφθεί ικανοποιητικά και οικονομικά η παροχή στον αγωγό μεταφοράς. Εφαρμόζεται ο πρώτος νόμος Clement μόνο για τον πρώτο αγωγό (τμήμα Υ-Κ).

Ισχύει ότι

$$p = \frac{A \cdot q}{R \cdot Q_0}$$

- Έκταση ανά υδροστόμιο: $A/R=55,9$ στρέμματα
- Ειδική παροχή: $q=0,134$ l/(sec·στρέμμα)
- παροχή υδροστομίου: $Q_0=9,35$ l/sec

$$p = \frac{A \cdot q}{R \cdot Q_0} \Rightarrow p = \frac{55,9 \cdot 0,134}{9,35} \Rightarrow p = 0,801$$

$$Q = R \cdot p \cdot Q_0 + z_N \cdot Q_0 \cdot \sqrt{R \cdot p \cdot (1 - p)}$$

- ο αριθμός υδροστομίων: $R=12$
- πιθανότητα λειτουργίας ενός υδροστομίου: $p=0,801$
- συντελεστής ποιότητας λειτουργίας: $z_N=1,645$ για ποιότητα λειτουργίας 95%

$$Q = 12 \cdot 0,801 \cdot 9,35 + 1,645 \cdot 9,35 \cdot \sqrt{12 \cdot 0,801 \cdot (1 - 0,801)} \Rightarrow Q = 111,1 \text{ l/s}$$

Επειδή:

$$Q = Q_0 \cdot N$$

Μπορούμε να βρούμε σύμφωνα με τον πρώτο νόμο Clement το πόσα υδροστομιά θεωρείται ότι λειτουργούν ταυτόχρονα.

$$N = \frac{Q}{Q_0} \Rightarrow N = \frac{111,1}{9,35} \Rightarrow N = 11,88 \text{ υδροστόμια}$$

ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	k (m)	D _{εσ} (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	h _f (m)	ΣH _f (m)	κλίση γραμμικών απωλειών %
0,111100	0,000500	0,3618	1,08	605,00	389620,79	0,0014	0,0220	177,539	2,191	2,411	0,3622148

$$\sum_{Y \rightarrow L} h_f = 2,4 + 0,88 + 1,4 + 10,97 = 15,65 \text{ m}$$

$$H_M = 38,07 + 23,25 - 26,3 + 15,65 + 1 \Rightarrow H_M = 51,67 \text{ m} \cong 52 \text{ m}$$

Άρα και με Clement η ισχύς της αντλίας προκύπτει ίδια.

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η περιοχή Α θα μελετηθεί ούτως ώστε οι καλλιέργειες της, που είναι ίδιες με αυτές της περιοχής Β, να αρδεύονται με μεθόδους επιφανειακής άρδευσης. Πρόκειται για περιοχή επιφάνειας 806 στρεμμάτων με διαστάσεις $L_y=775$ m και $L_x=1040$ m.

Η ειδική παροχή για κάθε καλλιέργεια για $t_d=24$ hr/day:

$$\text{Αραβόσιτος: } q_a = c \cdot \frac{IR_{max}}{3,6 \cdot t_d \cdot E_a} = 1,2 \cdot \frac{3,46}{3,6 \cdot 24 \cdot 0,75} = 0,056 \text{ l/sec} \cdot \text{στρέμμα}$$

$$\text{Μηδική: } q_\mu = c \cdot \frac{IR_{max}}{3,6 \cdot t_d \cdot E_a} = 1,2 \cdot \frac{6,19}{3,6 \cdot 24 \cdot 0,75} = 0,096 \text{ l/sec} \cdot \text{στρέμμα}$$

Άρα η ειδική παροχή άρδευσης είναι:

$$\bar{q} = 0,5 \cdot q_a + 0,5 \cdot q_\mu = 0,5 \cdot 0,056 + 0,5 \cdot 0,096 = 0,076 \text{ l/sec} \cdot \text{στρέμμα}$$

Πρέπει να ελεγχθεί αν η ειδική παροχή άρδευσης είναι μικρότερη από την τελική διηθητικότητα i_f σύμφωνα ως εξής:

$$\bar{q} \leq \frac{i_f}{3,6} \Rightarrow \bar{q} \leq \frac{22}{3,6} \Rightarrow 0,076 \leq 6,1, \text{ άρα OK}$$

Η κλίση του φυσικού εδάφους στην περιοχή Β είναι $2 \cdot 10^{-3}$ κατά μήκος της διάστασης L_y . Από την υδρολογική μελέτη βρέθηκε ότι η καθαρή δόση άρδευσης είναι $d_n=58,61$ mm και $d_n=97,68$ mm για τον αραβόσιτο και τη μηδική καλλιέργεια αντίστοιχα.

Για να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 6.3 θα λάβουμε υπόψιν τη μεγαλύτερη, δηλαδή τη δυσμενέστερη, εκ των δύο καθαρών δόσεων άρδευσης. Αφού $d_n=97,68$ mm θα ληφθεί η τιμή των 100 mm στην τρίτη στήλη του πίνακα.

-6.9-

Πιν. 6.3 Τυπικός συνδυασμός των βασικών παραμέτρων της μεθόδου των λωρίδων.

Τύπος εδάφους	Κλίση, S_0 (m/m)	Ύψος εφαρμογής (mm)	Πλάτος λωρίδ. (m)	Μήκος λωρίδ. (m)	Παροχή (lt/sec)
Χονδρόκοκκο	0.0025	50	15	150	240
		100	15	250	210
		150	15	400	180
	0.01	50	12	100	80
		100	12	150	70
		150	12	250	70
	0.02	50	10	80	35
		100	10	100	30
		150	10	200	30
Μέσο	0.0025	50	15	250	210
		100	15	400	180
		150	15	400	100
	0.01	50	12	150	70
		100	12	300	70
		150	12	400	70
	0.02	50	10	100	30
		100	10	200	30
		150	10	300	30
Λεπτόκοκκο	0.0025	50	15	400	120
		100	15	400	70
		150	15	400	40
	0.01	50	12	400	70
		100	12	400	35
		150	12	400	20
	0.02	50	10	320	30
		100	10	400	30
		150	10	400	20

Άρα για:

- Χονδρόκοκκο (ελαφρύ) έδαφος
- $S_0=0,0025$
- Ύψος εφαρμογής 100 mm

Προκύπτει:

- πλάτος λωρίδας ίσο με 15 m
- μήκος λωρίδας ίσο με 250 m
- παροχή 210 l/sec

Αφού το μήκος λωρίδας είναι 250 m και η διάσταση L_y της περιοχής Α 775m επιλέγεται να χωριστεί η περιοχή Α σε τρία αγροτεμάχια των 258 m. Συνεπώς στην περιοχή Α προκύπτει μία δευτερεύουσα διώρυγα (Α.1.1) και τρεις τριτεύουσες (Α.1.1.α, Α.1.1.β και Α.1.1.γ).

Άρα έχουμε:

Θεωρητική παροχή στο δίκτυο:

$$Q_{\theta} = \bar{q} \cdot E = 0,076 \cdot 806 = 61,26 \text{ l/sec}$$

Παροχή υπολογισμού δευτερεύουσας διώρυγας (με προσαύξηση 50%):

$$Q = 1,5 \cdot Q_{\theta} = 1,5 \cdot 61,26 = 91,89 \text{ l/sec}$$

Για τον αριθμό των αρδευτικών κεφαλών:

$$n = \frac{91,89}{60} = 1,53 \cong 2 \text{ αρδευτικές κεφαλές}$$

Θα λάβουμε τρεις αρδευτικές κεφαλές, δηλαδή μία για κάθε τριετούσα διώρυγα.

Τριτεύουσα Διώρυγα	Πλάτος [m]	Μήκος [m]	Έκταση [στρέμματα]
A.1.1.α	258	1040	268,32
A.1.1.β	258	1040	268,32
A.1.1.γ	258	1040	268,32
Άθροισμα	775	-	805

Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής

$$Q = \frac{K_T}{E_d} \cdot \bar{q} \cdot A$$

- παροχή της τριτεύουσας διώρυγας: Q
- συντελεστής τριτεύουσας διώρυγας: $K_T=1,30$. Βάσει βιβλιογραφίας κυμαίνεται από 1,20 έως 1,40. Λήφθηκε ο μέσος όρος των δύο τιμών.
- συντελεστής απόδοσης: $E_d=0,90$
- ειδική παροχή άρδευσης: q
- αρδευόμενη έκταση από την τριτεύουσα διώρυγα: A

$$Q = \frac{1,30}{0,90} \cdot 0,076 \cdot 268,32 = 29,46 \text{ l/sec}$$

$Q < 60 \text{ l/sec}$ άρα η αρδευτική κεφαλή των 60 l/sec επαρκεί για την άρδευση των επιμέρους αγροτεμαχίων της περιοχής Α.

Παροχή σχεδιασμού δευτερεύουσας διώρυγας

Ισχύει ο παρακάτω τύπος:

$$Q_i = \frac{K_s}{E_x} \cdot \bar{q} \cdot \sum_{i=1}^n A_i$$

- παροχή στο αντίστοιχο τμήμα της δευτερεύουσας διώρυγας: Q_i
- συντελεστής της δευτερεύουσας διώρυγας: $K_s=1,20$. Βάσει βιβλιογραφίας κυμαίνεται από 1,10 έως 1,20. Λήφθηκε η μέγιστη τιμή εκ των δύο.
- συντελεστής απόδοσης του δικτύου δευτερεύουσας-τριτεύουσας: $E_x=0,855$
- ειδική παροχή: q

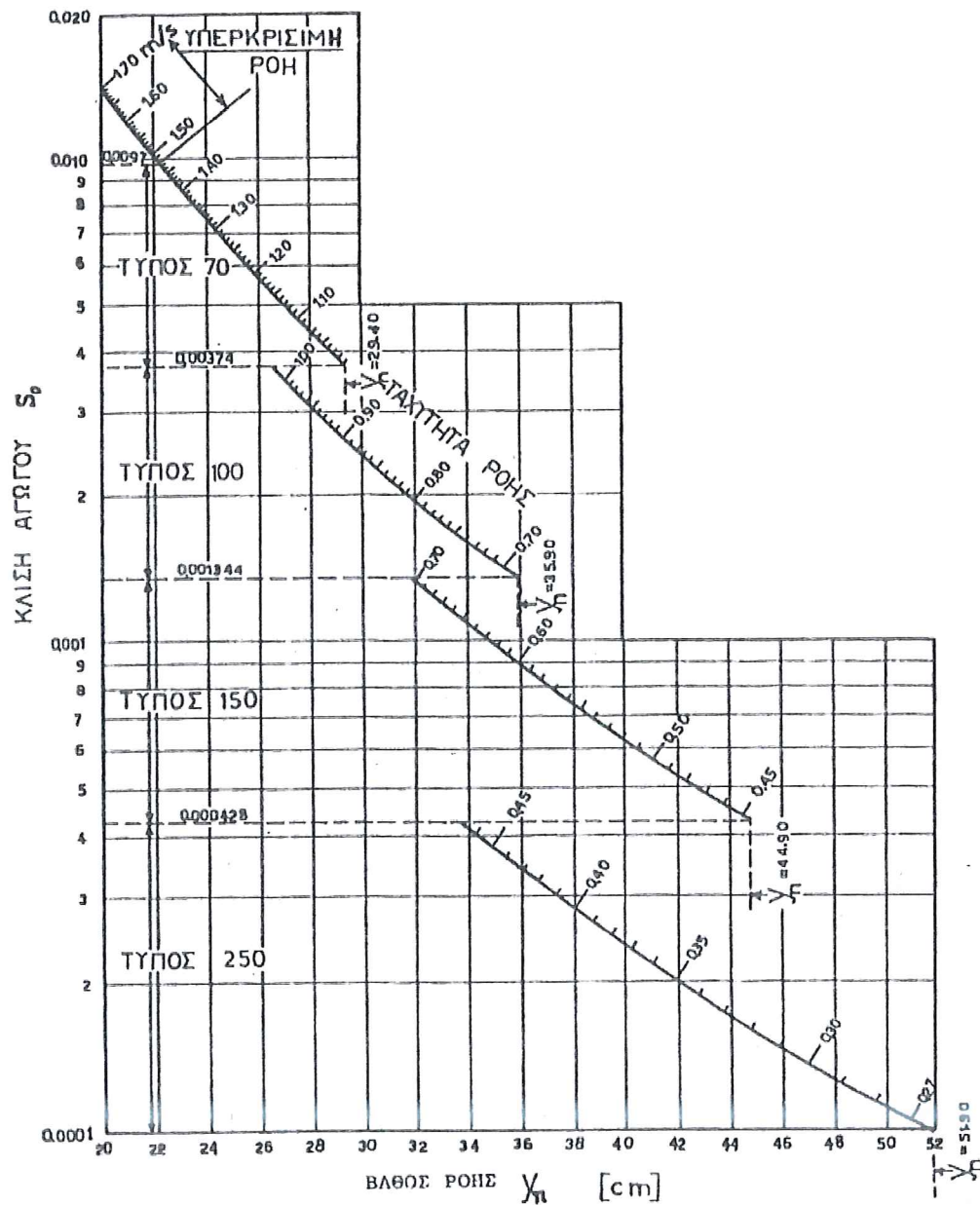
$$Q_i = \frac{1,20}{0,855} \cdot 0,076 \cdot \sum_{i=1}^n A_i$$

Ακολουθεί δημιουργία πίνακα και έλεγχος από κατάντη στα ανάντη όπου γίνεται:

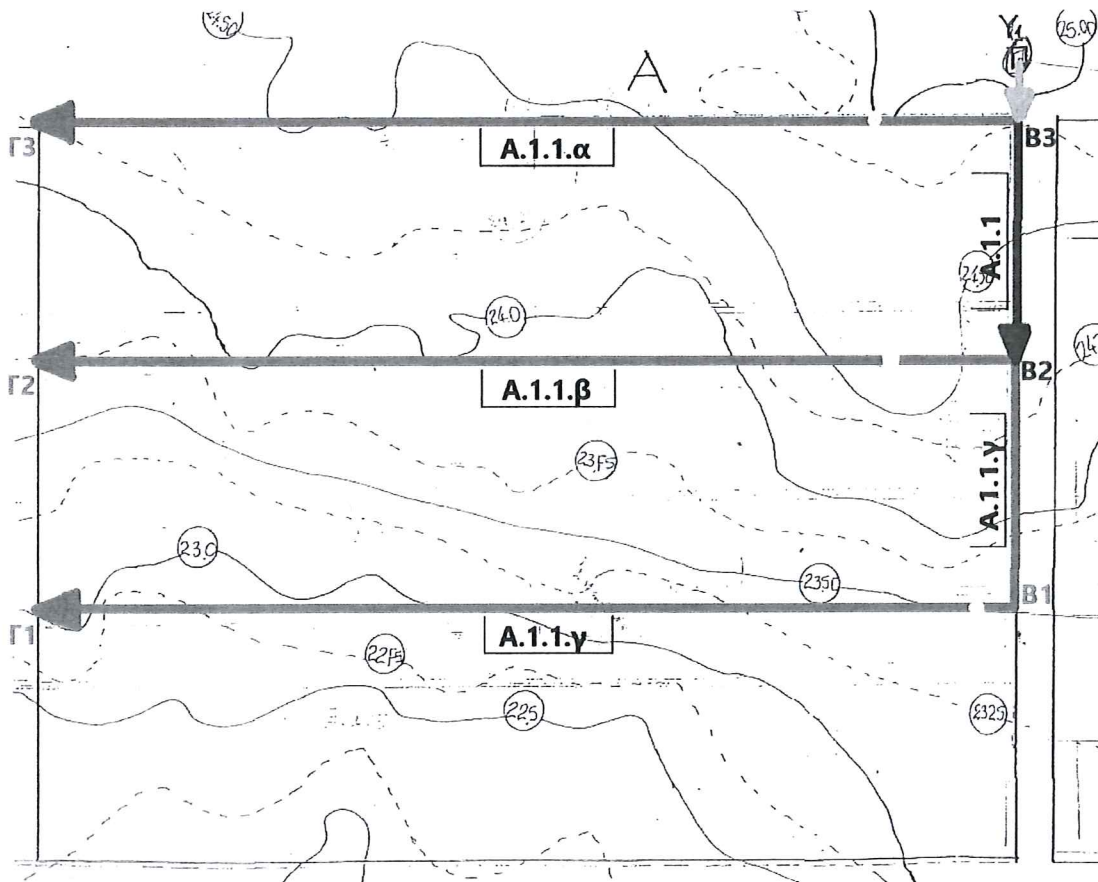
- υπολογισμός απαιτούμενης παροχής μέσω του παραπάνω τύπου
- απλοποίηση όπου χρειαστεί με παροχή πολλαπλάσια της αρδευτικής κεφαλής των 60 l/sec.

Δευτερεύουσα Διώρυγα	Έκταση [στρέμματα]	ΣΑ _i [στρέμματα]	Απαιτούμενη παροχή Q [l/sec]	Παροχή σχεδιασμού Q [l/sec]
A.1.1	805	805	85,87	120

Σχεδιασμός τριτευουσών και δευτερευουσών διωρύγων



Ο σχεδιασμός των τριτευουσών καθορίζεται από νομογράφημα καναλέτων παροχής 60 l/sec. Με επιλογή τύπου και κλίσης καναλέτου (που προκύπτει από την κλίση του βρίσκεται από τη φυσική κλίση του εδάφους κατά μήκος της L_x) προκύπτουν βάθος ροής και ταχύτητα στην τριτεύουσα διώρυγα. Ο υπολογισμός ξεκινάει από τα κατάντη προς τα ανάντη και συγκεκριμένα από την τελευταία τριτεύουσα.



Σκαρίφημα με την ονοματολογία των διωρύγων και των σημείων

Τριτεύουσα διώρυγα Α.1.1.γ:

Στην περίπτωση αυτή το έδαφος έχει οριζόντια κλίση από το σημείο Β1 μέχρι το σημείο Κ1, δηλαδή στα πρώτα 32,5 m. Σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται ελάχιστη κλίση $S_{\min}=0,0002$. Μετά το κρίσιμο σημείο επιλέγεται, κατά το δυνατόν, η φυσική κλίση του εδάφους.

- $Z_{B1}=23,5$ m
- $Z_{\Gamma1}=23$ m
- $Z_{K1}=23,5$ m

Β1-Κ1:

- Το έδαφος από το σημείο Β1 μέχρι το σημείο Κ1 δεν έχει κλίση, άρα επιλέγεται $S_{\min}=0,0002$
- τύπος καναλέτου 250
- βάθος ομοιόμορφης ροής: $\gamma_n=0,42$ m

K1-Γ1:

- κλίση για τα υπόλοιπα 1007,5 m: $S=0,0008$
- τύπος καναλέτου 150
- βάθος ομοιόμορφης ροής: $y_n=0,37$ m

$$H_{\Gamma 1} = z_{\Gamma 1} + 0,15 = 23 + 0,15 = 23,15 \text{ m}$$

$$H_{K1} = H_{\Gamma 1} + (0,0008 \cdot 1007,5) = 23,15 + (0,0008 \cdot 1007,5) = 23,96 \text{ m}$$

$$H_{B1} = H_{K1} + (0,0002 \cdot 32,5) = 23,96 + (0,0002 \cdot 32,5) = 23,97 \text{ m}$$

$$H_{B2} = H_{B1} + (0,0008 \cdot 258) = 23,97 + (0,0008 \cdot 258) = 24,18 \text{ m}$$

$$H'_{B2} = H_{B2} + 0,1 = 24,18 + 0,1 = 24,28 \text{ m}$$

Τριτεύουσα διώρυγα Α.1.1.β:

- $Z_{B2}=24,34$ m
- $Z_{\Gamma 2}=23,72$ m
- $Z_{K2}=24,55$ m

B2-K2:

- αντίθετη κλίση μέχρι τα 125 m, άρα επιλέγω $S_{\min}=0,0002$
- τύπος καναλέτου 250
- βάθος ομοιόμορφης ροής: $y_n=0,42$ m

K2-Γ2:

- κλίση για τα υπόλοιπα 915 m: $S=0,0007$
- τύπος καναλέτου 150
- βάθος ομοιόμορφης ροής: $y_n=0,38$ m

$$H_{\Gamma 2} = z_{\Gamma 2} + 0,15 = 23,72 + 0,15 = 23,87 \text{ m}$$

$$H_{K2} = H_{\Gamma 2} + (0,0007 \cdot 915) = 23,87 + (0,0007 \cdot 915) = 24,51 \text{ m}$$

$$H_{B2} = H_{K2} + (0,0002 \cdot 125) = 24,51 + (0,0002 \cdot 125) = 24,54 \text{ m}$$

$$H'_{B2} = H_{B2} + 0,1 = 24,54 + 0,1 = 24,64 \text{ m}$$

Τριτεύουσα διώρυγα Α.1.1.α:

- $Z_{B3}=24,8 \text{ m}$
- $Z_{Γ3}=24,25 \text{ m}$
- $Z_{K3}=25 \text{ m}$ (σημείο μέγιστης στάθμης αντίθετης κλίσης)

B3-K3:

- ανάστροφη κλίση μέχρι τα 150 m, άρα επιλέγω $S_{\min}=0,0002$
- καναλέτο τύπου 250
- βάθος ομοιόμορφης ροής: $y_n=0,42 \text{ m}$

K3-Γ3:

- κλίση για τα υπόλοιπα 890 m: $S=0,0007$
- καναλέτο τύπου 150
- βάθος ομοιόμορφης ροής: $y_n=0,38 \text{ m}$

$$H_{Γ3} = Z_{Γ3} + 0,15 = 24,25 + 0,15 = 24,4 \text{ m}$$

$$H_{K3} = H_{Γ3} + (0,0007 \cdot 890) = 24,4 + (0,0007 \cdot 890) = 25,02 \text{ m}$$

$$H_{B3} = H_{K3} + (0,0002 \cdot 150) = 25,02 + (0,0002 \cdot 150) = 25,05 \text{ m}$$

$$H'_{B3} = H_{B3} + 0,1 = 25,05 + 0,1 = 25,15 \text{ m}$$

Δευτερεύουσα Α.1.1:

$$S_{B2B3} = \frac{H'_{B3} - H'_{B2}}{L_{B2B3}} = \frac{25,15 - 24,64}{258} = 0,002$$

Για τον υπολογισμό των τριτευσών διωρύγων αρχικά επιλέχθηκε η κλίση του εδάφους κατά μήκος της διάστασης L_x . Ωστόσο με αυτή τη λύση βρέθηκε απόκλιση 1 m ανάμεσα σε H_{B1} και H_{B2} που είναι μη αποδεκτή. Συνεπώς επιλέχθηκε να μειωθεί η αυξηθεί η κλίση του φυσικού εδάφους στο τμήμα B1-K1 από 0,0005 σε 0,0008 και να μειωθεί η κλίση στο τμήμα Γ2-K2 από 0,0008 σε 0,0007 έτσι ώστε να προκύψει αποδεκτή απόκλιση ανάμεσα στα δύο ύψη ενεργείας.

Υδραυλικός έλεγχος

Δευτερεύουσα Α.1.1

Θεωρούμε ότι η ροή θα είναι μόνιμη και ομοιόμορφη (σταθερό βάθος ροής και ταχύτητα). Μέσω της υδραυλικής συνάρτησης αγωγιμότητας για $Q=0,12 \text{ m}^3/\text{sec}$, $n=0,015$ (επένδυση δευτερεύουσας διώρυγας από άοπλο σκυρόδεμα), $b=0,5 \text{ m}$ (ελάχιστο πλάτος) και κλίση $S=0,002$

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{b^{8/3} \cdot S_0^{1/2}} \Rightarrow \bar{f}_n = \frac{0,12 \cdot 0,015}{0,5^{8/3} \cdot 0,002^{1/2}} = 0,256$$

Με χρήση excel προκύπτει:

$$\frac{y_n}{b} = 0,395 \Rightarrow y_n = 0,395 \cdot b \Rightarrow y_n = 0,395 \cdot 0,5 \Rightarrow y_n = 0,198 \text{ m}$$

Έλεγχος υπέρ της ασφαλείας για μειωμένο συντελεστή Manning

Για να προβλεφθεί η συμπεριφορά του ανοιχτού αγωγού σε πιθανή μείωση του συντελεστή τραχύτητας Manning, λόγω φθοράς ή/και άλλων παραγόντων γίνεται ο παρακάτω έλεγχος. Αρχικά βρίσκουμε το κρίσιμο βάθος ροής. Στη συνέχεια μειώνεται κατά 0,003 ο n , βρίσκεται το βάθος ροής για τον νέο συντελεστή n' και συγκρίνεται με το κρίσιμο βάθος, που δεν επηρεάζεται από την αλλαγή n . Επιθυμούμε και σχεδιάζουμε ανοιχτούς αγωγούς για υποκρίσιμη ροή.

$$\bar{f}_c = \frac{Q}{g^{1/2} \cdot b^{5/2}} \Rightarrow \bar{f}_c = \frac{0,12}{9,81^{1/2} \cdot 0,5^{5/2}} \Rightarrow \bar{f}_c = 0,217$$

Με χρήση excel έχουμε:

$$\frac{y_c}{b} = 0,307 \Rightarrow y_c = 0,307 \cdot b \Rightarrow y_c = 0,307 \cdot 0,5 \Rightarrow y_c = 0,1535 \text{ m}$$

Νέος συντελεστής Manning: $n'=n-0,003=0,015-0,003=0,012$

$$\bar{f}_{n'} = \frac{Q \cdot n}{b^{8/3} \cdot S_0^{1/2}} \Rightarrow \bar{f}_{n'} = \frac{0,12 \cdot 0,012}{0,5^{8/3} \cdot 0,002^{1/2}} = 0,2045$$

Με χρήση excel προκύπτει:

$$\frac{y_n'}{b} = 0,351 \Rightarrow y_n' = 0,351 \cdot b \Rightarrow y_n' = 0,351 \cdot 0,5 \Rightarrow y_n' = 0,176 \text{ m}$$

Άρα επειδή $y_n' > y_c$ έχουμε υποκρίσιμη ροή και για τον μειωμένο συντελεστή Manning.

Τέλος βρίσκουμε υγρή διατομή A και ταχύτητα ροής v ως εξής:

$$A = (b + z \cdot y_n) \cdot y_n \Rightarrow A = (0,5 + 1,5 \cdot 0,198) \cdot 0,198 \Rightarrow A = 0,158 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} \Rightarrow v = \frac{0,12}{0,158} \Rightarrow v = 0,76 \text{ m/sec}$$

$v > 0,3 \text{ m/sec}$ που είναι το όριο ασφαλείας για αποφυγή αποθέσεων.

Κατα πλάτος διατομή δευτερευουσών αγωγών

Η παροχή της δευτερεύουσας διώρυγας είναι: $Q_{A.1.1} = 0,12 \text{ m}^3/\text{sec}$

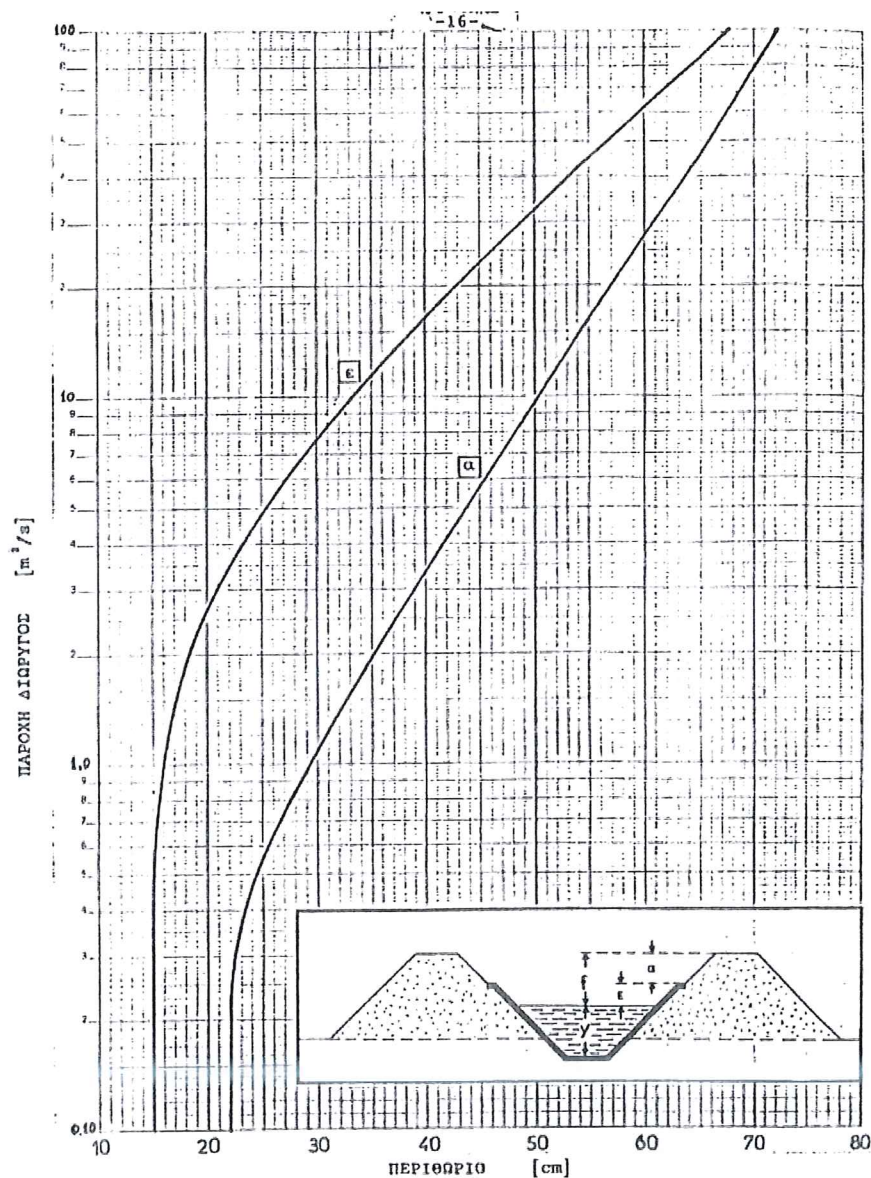
Παροχή [m^3/sec]	Πλάτος στέψεως αναχώματος [cm]
< 0,2	60
0,2-0,65	70
0,65-1,15	80
1,15-1,65	90
1,65-2,15	100

Πίνακας 8.8 – Τσακίρης

Παροχή m^3/sec	Επένδυση		
	Άσφαλτος [cm]	Άοπλο σκυρόδεμα [cm]	Οπλισμένο σκυρόδεμα [cm]
0-10	5-6	5-6	-
10-50	6-8	6-8	8-10
50-100	8-10	8-12	10-12
>100	10-12	10-12	10-12

Πίνακας 8.4 – Τσακίρης

Για την επένδυση της δευτερεύουσας διώρυγας, από τη στιγμή που έχουμε $Q < 10 \text{ m}^3/\text{sec}$ δεν προβλέπεται οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνεπώς επιλέγεται πάχος επένδυσης από άοπλο σκυρόδεμα: $\delta = 6 \text{ cm}$.



Εχ. 6 Περιθώρια επενδύσεως και αναχωμάτων επενδεδυμένων δι' άπλου σκυροδέματος δευτερίων διωρύγων.

Από το νομογράφημα (σχήμα 6) όσο και από τον πίνακα 8.8 συμπεραίνονται τα παρακάτω γεωμετρικά στοιχεία για τη διατομή της δευτερεύουσας διώρυγας:

- πλάτος στέψης των αναχωμάτων: $p = 0,6 \text{ m}$
- ελεύθερο περιθώριο: $f = 0,38 \text{ m}$
- περιθώριο επένδυσης: $\epsilon = 0,16 \text{ m}$
- περιθώριο αναχωμάτων: $a = f - \epsilon = 0,38 - 0,16 = 0,22 \text{ m}$