

# Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης Συλλογικά δίκτυα

Δρ Μ.Σπηλιώτης

*Σχήματα, κείμενα όπου δεν αναφέρεται  
πηγή: από Τσακίρης, 2008 και 1986.  
Εγχειοβελτιωτικά έργα*

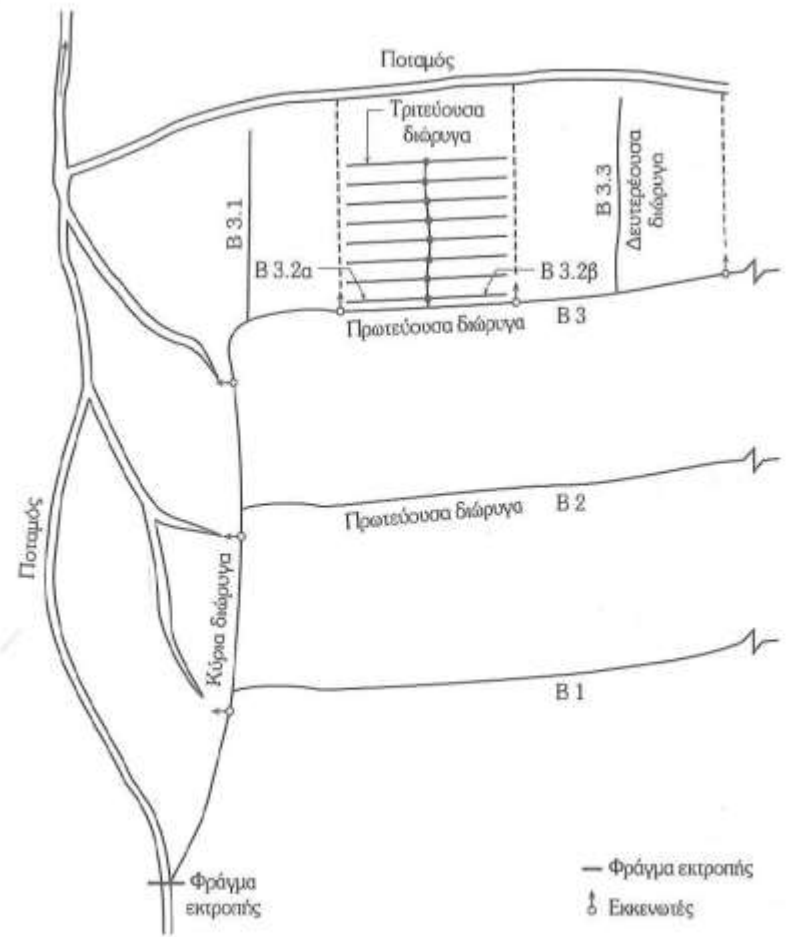
Υδραυλικός υπολογισμός  
διωρύγων  
α. παροχές σχεδιασμού

# Προσέγγιση

- Στην πραγματικότητα:
  - μη μόνιμη ροή
  - Αβεβαιότητα στην πρόβλεψη των παροχών
  - Ποτίζονται τα αγροτεμάχια για κάποιο χρόνο με βάση τη δόση άρδευσης
  - Προφανώς ισχύει η αρχή της συνέχειας στους κόμβους
- Θεωρούμε τη διαστασιολόγηση των διωρύγων με βάση την ειδική παροχή
  - Συνεχή πότισμα για τις ώρες λειτουργίας του δικτύου, ταυτόχρονα σε όλη την έκταση
  - Διαφορετικές παροχές σε τριτεύουσες και δευτερεύουσες (χρήση διαφορετικών συντελεστών)
  - Δεν ισχύει η αρχή της συνέχειας στους κόμβους
  - Έλεγχος με βάση την αρδευτική κεφαλή

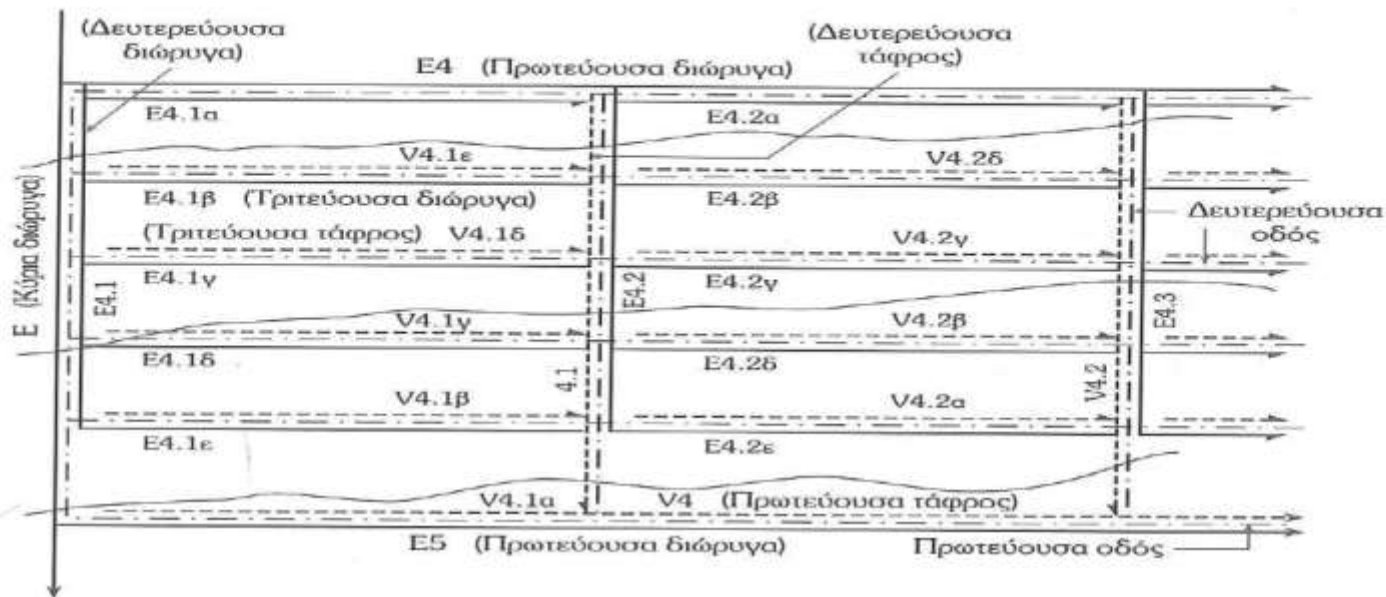
# Πρωτεύουσα, δευτερεύουσα, τριτερεύουσα (μετά το αγροτεμάχιο)

Θέμα: Υπόθεση συνεχής λειτουργία



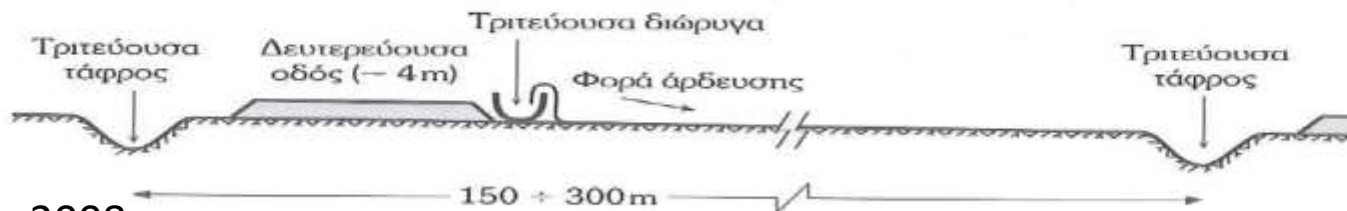
Σκ. 6.13: Γενική διάταξη ενός αρδευτικού δικτύου ανοικτών αγωγών.

Ένα τυπικό επιφανειακό δίκτυο άρδευσης φαίνεται στο Σχήμα 8.6. Στο σχήμα αυτό εκτός από το δίκτυο διωρύγων φαίνεται και το δίκτυο των τάφρων και το οδικό δίκτυο.



Σχ. 8.6: Τυπική διάταξη αρδευτικού και στραγγιστικού δικτύου.

Το δίκτυο των διωρύγων σε μια ικανοποιητική χάραξη καταλαμβάνει από 5% έως 15% της αρδευόμενης έκτασης. Οι διώρυγες είναι συνήθως τραπεζοειδούς διατομής επενδυμένες με σκυρόδεμα. Οι τριτεύουσες είναι συνήθως προκατασκευασμένοι αγωγοί ελλειψοειδούς ή ορθογωνικής διατομής.



Σχ. 8.7: Τυπική διάταξη τριτεύοντος δικτύου (τομή).

# Υδραυλικός υπολογισμός

- Προσδιορισμός παροχής
  - Υδραυλική κεφαλή
  - Έστω συνεχή λειτουργία δικτύου
- Οριακές συνθήκες, επιλογή κλίσης ομοιόμορφο βάθος, συνήθως αρχίζω από την κατάληξη της τριτεύουσας στη δευτερεύουσα, (θέμα, λύση με νομογραφήματα)
- Δευτερεύουσες, τραπεζοειδείς διατομές, τριτεύουσες, τυποποιημένα καναλέτα

ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

# Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής, τριτεύουσα

**Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής:**

Ο έλεγχος της αρδευτικής κεφαλής γίνεται με την παρακάτω εξίσωση:

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

όπου Q είναι η παροχή της τριτεύουσας διώρυγας,  $K_T$  είναι ο συντελεστής τριτεύουσας διώρυγας (λαμβάνεται ίσος με 1,30),  $E_d$  ο συντελεστής απόδοσης (λαμβάνεται ίσος με 0,90), q η ειδική παροχή άρδευσης και A είναι η αρδευόμενη έκταση από την τριτεύουσα διώρυγα. Με αντικατάσταση έχουμε:

$$Q = \frac{1,30}{0,90} \cdot 0,11 \cdot 212 = 33,68 \text{ lt / sec}$$

συνεπώς η αρδευτική κεφαλή των 60lt/sec επαρκεί για την άρδευση της περιοχής.



# Παροχή σχεδιασμού δευτερευουσών διωρύγων

## Παροχή σχεδιασμού δευτερεύουσας διώρυγας

Ο υπολογισμός της παροχής στα τμήματα της δευτερεύουσας διώρυγας γίνεται από τον παρακάτω τύπο:

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

όπου  $Q_i$  είναι η παροχή στο αντίστοιχο τμήμα της δευτερεύουσας διώρυγας,  $K_s$  ο συντελεστής της δευτερεύουσας διώρυγας (λαμβάνεται ίσος με 1,20),  $E_x$  ο συντελεστής απόδοσης του δικτύου δευτερεύουσας-τριτεύουσας (λαμβάνεται ίσος με 0,855) και  $q$  η ειδική παροχή

Δημιουργία πίνακα και έλεγχος από κατάντη στα ανάντη, απλοποίηση όπου χρειαστεί, η παροχή πρέπει να είναι ανάλογη της αρδευτικής κεφαλής

$$Q = \frac{k}{E_x} \cdot \bar{q}_c \cdot A \quad (8.3)$$

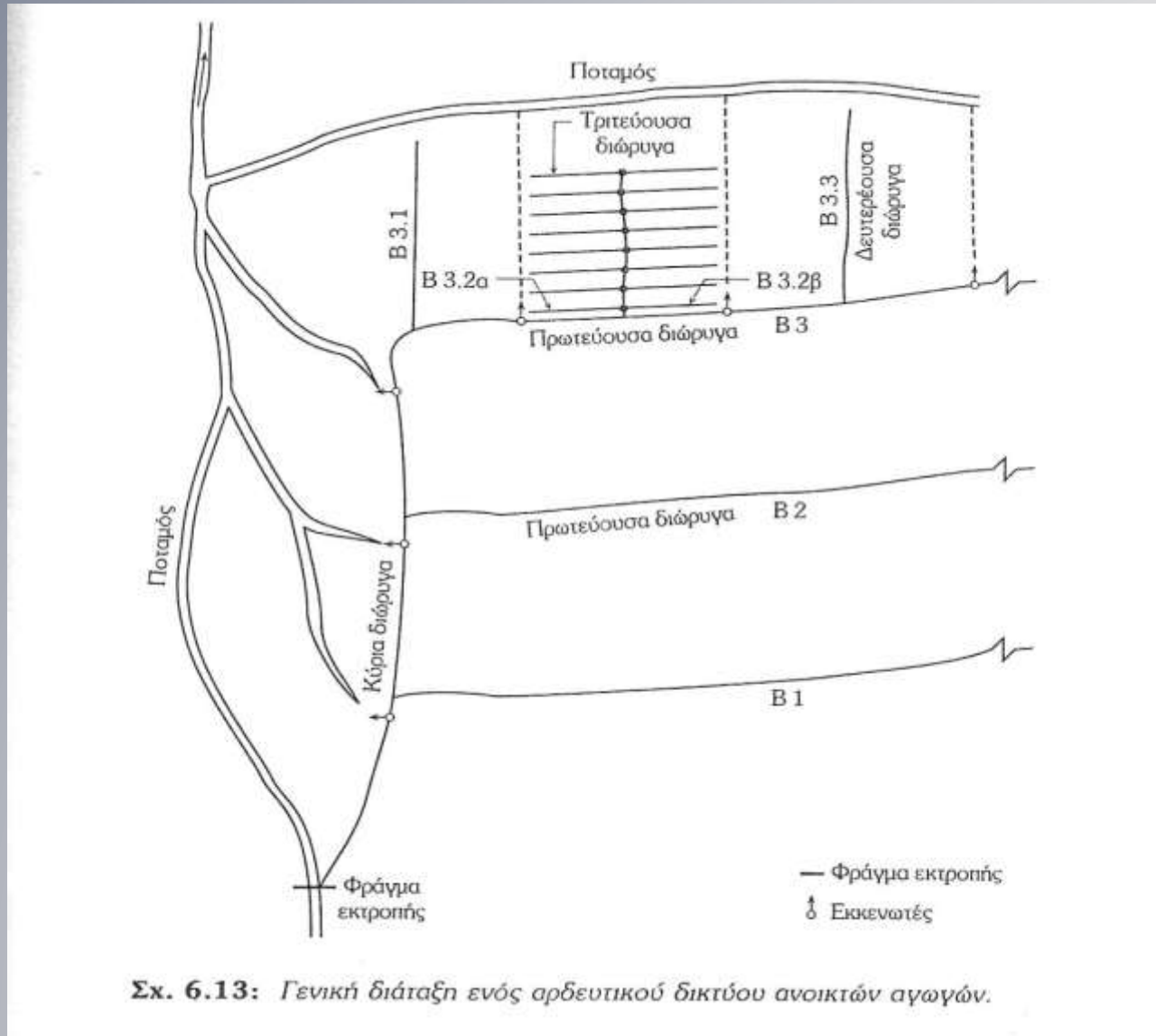
όπου  $\bar{q}_c$  είναι η μέση ειδική συνεχής παροχή στο αγροτεμάχιο και  $k$  είναι ένας συντελεστής που παίρνει τις ακόλουθες τιμές ανάλογα με το τμήμα του αρδευτικού δικτύου που αναφέρεται η παροχή:

Τριτερεύουσες  $k_T = 1.20 - 1.40$   
 Δευτερεύουσες  $k_S = 1.10 - 1.20$   
 Πρωτεύουσες  $k_M = 1.05 - 1.10$

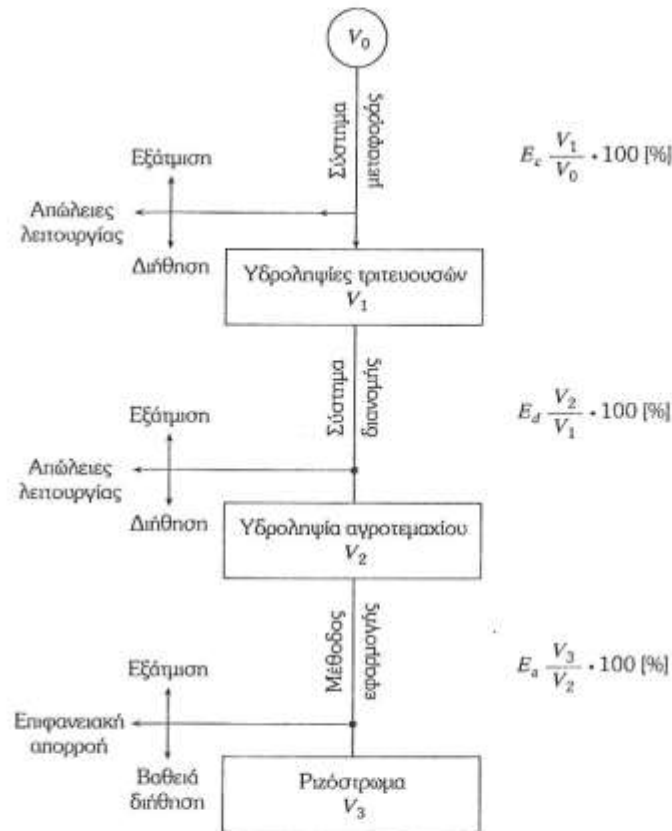
Οι τιμές αναφέρονται σε κενυδεδωμένες διώρυγες για Μεσογειακό κλίμα.\*

Είναι προφανές ότι ο συντελεστής  $k$  εξαρτάται από το βαθμό ελευθερίας που επιδιώκεται, όπως επίσης και από το βαθμό επικινδυνότητας που επιλέγεται στο σχεδιασμό του τμήματος αυτού του δικτύου. Συνεπώς με κατάλληλη επιλογή του συντελεστή  $k$  η μέθοδος συνεχούς ροής ισοδυναμεί με αντίστοιχη εκ περιτροπής.

# Γενική διάταξη συλλογικού δικτύου



Οι απώλειες του αρδευτικού νερού κατά την εφαρμογή του μπορούν να καταταγούν: σ' αυτές που οφείλονται στην εξάτμιση, την επιφανειακή απορροή και τη βαθιά διήθηση (Σχήμα 6.14). Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται κυρίως από τη μέθοδο εφαρμογής, τις συνθήκες εδάφους και ατμόσφαιρας καθώς και από την εμπειρία και την παιδεία των γεωργών στη χρησιμοποίηση του νερού. Γενικά οι μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης σε αντίθεση με τον καταιονισμό συντελούν σε μεγάλο ύψος απωλειών λόγω βαθιάς διήθησης, γεγονός που οφείλεται στην ανομοιομορφία της κατανομής του νερού κατά την εφαρμογή.



**Σχ. 6.14:** Σχηματική παράσταση της διανομής του νερού μέσα στο δίκτυο για τον υπολογισμό των βαθμών απόδοσης.

Οι απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή οφείλονται κυρίως στη διήθηση και κατά δεύτερο λόγο στην εξάτμιση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις

$$E_p = \frac{V_3}{V_0} \cdot 100 \quad (6.135)$$

Για τον καλύτερο έλεγχο του νερού και των απωλειών ο βαθμός απόδοσης του έργου χωρίζεται συνήθως σε δύο επί μέρους όρους το *βαθμό απόδοσης κατά τη μεταφορά*,  $E_c$  (Conveyance Efficiency) που αναφέρεται στην κίνηση του νερού δια μέσου των αγωγών και το *βαθμό απόδοσης κατά την εφαρμογή*,  $E_a$  (Application Efficiency) που αναφέρεται στην κίνηση του νερού από την υδροληψία του αγρού έως την αποθήκευσή του στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών.

Σύμφωνα με τις προτάσεις της Διεθνούς Επιτροπής Αρδεύσεων και Αποστραγγίσεων (Bos και Nugteren, 1974) άρχισε να υιοθετείται η χρησιμοποίηση δύο βαθμών απόδοσης που αντικαθιστούν το γενικό βαθμό απόδοσης κατά τη μεταφορά. Δηλαδή το σύστημα των αγωγών μεταφοράς, όπως χρησιμοποιήθηκε προηγουμένα, διακρίνεται:

α) στο *σύστημα μεταφοράς* (conveyance network) που περιλαμβάνει το κύριο, πρωτεύον και δευτερεύον δίκτυο και

β) στο *σύστημα διανομής* (distribution network) που περιλαμβάνει το τριτεύον δίκτυο. Έτσι αν για παράδειγμα από τον αρχικό όγκο  $V_0$  στην αρχή του δικτύου, στις υδροληψίες των τριτευουσών φτάνει όγκος νερού  $V_1$  και στην υδροληψία του αγροτεμαχίου όγκος  $V_2$ , τότε οι βαθμοί απόδοσης κατά τη μεταφορά και διανομή εκφρασμένοι σε ποσοστό γράφονται αντίστοιχα:

$$E_c = \frac{V_1}{V_0} \cdot 100 (\%) \quad (6.136)$$

και

$$E_d = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100 (\%) \quad (6.137)$$

Ο βαθμός απόδοσης κατά την εφαρμογή (Ορισμός Israelsen, 1932)\* εκφράζεται:

$$E_a = \frac{V_3}{V_2} \cdot 100 (\%) \quad (6.138)$$

όπου  $V_3$  και  $V_2$  παραμένουν όπως προηγουμένα.

# Απώλειες δικτύων...

πιο ακραίες περιπτώσεις οι απώλειες εξάτμισης δεν υπερβαίνουν το 10% των απωλειών διήθησης. Οι απώλειες διήθησης για δίκτυα ανοικτών αγωγών και έργα μέσης έκτασης κυμαίνονται από 7% έως 35% της παροχής ανάλογα με το υλικό επένδυσης, την κατάσταση της βρεχόμενης επιφάνειας και το σχήμα της διατομής. Μια τρίτη κατηγορία απωλειών της τάξεως των 4% της παροχής (κατά το USBR) αποτελούν οι *απώλειες λειτουργίας του δικτύου* (Operational Losses). Συνήθως στα πρώτα χρόνια λειτουργίας ενός αρδευτικού δικτύου οι απώλειες λειτουργίας είναι πολύ μεγαλύτερες (φτάνουν μέχρι ~~20%~~ της παροχής). Γενικά οι απώλειες του αρδευτικού νερού κατά τη μεταφορά και τη διανομή μειώνονται κατά ένα μεγάλο βαθμό αν το δίκτυο αποτελείται από κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

### 8.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΩΡΥΓΩΝ

Δεδομένα:

1. Οριζοντιογραφία του δικτύου των Τριτευσουσών διωρύγων E5.1α, E5.1β, E5.1γ, E5.1δ και E5.1ε που τροφοδοτούνται από την Δευτερεύουσα διώρυγα E5.1. (Σχ.8.12).
2. Η αρδευόμενη έκταση που αντιστοιχεί σε κάθε διώρυγα δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί

ΤΡΙΤΕΥΟΥΣΑ ΔΙΩΡΥΓΑ	ΠΛΑΤΟΣ m	ΜΗΚΟΣ m	ΕΜΒΑΔΟΝ στρ.
E5.1α	200	860	172
E5.1β	250	860	215
E5.1γ	250	860	215
E5.1δ	250	860	215
E5.1ε	250	860	215

3. Αρδευτική κεφαλή  $Q = 60 \text{ lt/sec}$ . Ειδική παροχή στο αγροτεμάχιο  $q_0 = 0.087 \text{ lt/sec}$  στρ. Συντελεστής προσαξήσεως των αναγκών σε νερό αρδύσεως  $c = 1.20$  (για την κάλυψη των αναγκών στις περιόδους μεγίστης θερμοκρασίας).
4. Στάθμη νερού στις Τριτεύουσες διώρυγες  $\sim 15-20 \text{ cm}$  πάνω από την επιφάνεια του αρδευόμενου εδάφους. Φορτίο παροχетеύσεως από Δευτερεύουσα προς Τριτεύουσα  $\sim 10 \text{ cm}$ .
5. Οι τριτεύουσες είναι ορθογωνική διατομής (Συντελεστής Manning  $n = 0.016$ ) ενώ οι δευτερεύουσες είναι τραπεζοειδούς διατομής με εκδυμητό πλάτος πυθμένα  $b = 0.50 \text{ m}$  και κλίση πρανών  $z = 1.5$ .
6. Ο συντελεστής αποδόσεως για τις τριτεύουσες είναι  $0.90$  και για τις δευτερεύουσες  $0.95$ .

Ζητούνται:

- α) Υπολογισμός παροχών στα τμήματα της δευτερεύουσας σύμφωνα με το συνεχές σύστημα διανομής ( $k_S = 1.20$ ,  $k_T = 1.30$ )
- β) Ο υδραυλικός υπολογισμός των Τριτευσουσών Διωρύγων και της Δευτερεύουσας Διώρυγας με σύγχρονο καθορισμό της θέσεως των ρυθμιστών της ροής.

ΛΥΣΗ

α. Έλεγχος της αρδευτικής κεφαλής

Ειδική παροχή:  $q = c q_0 = 1.20 \cdot 0.087 = 0.104 \text{ lt/sec} \cdot \text{στρ}$

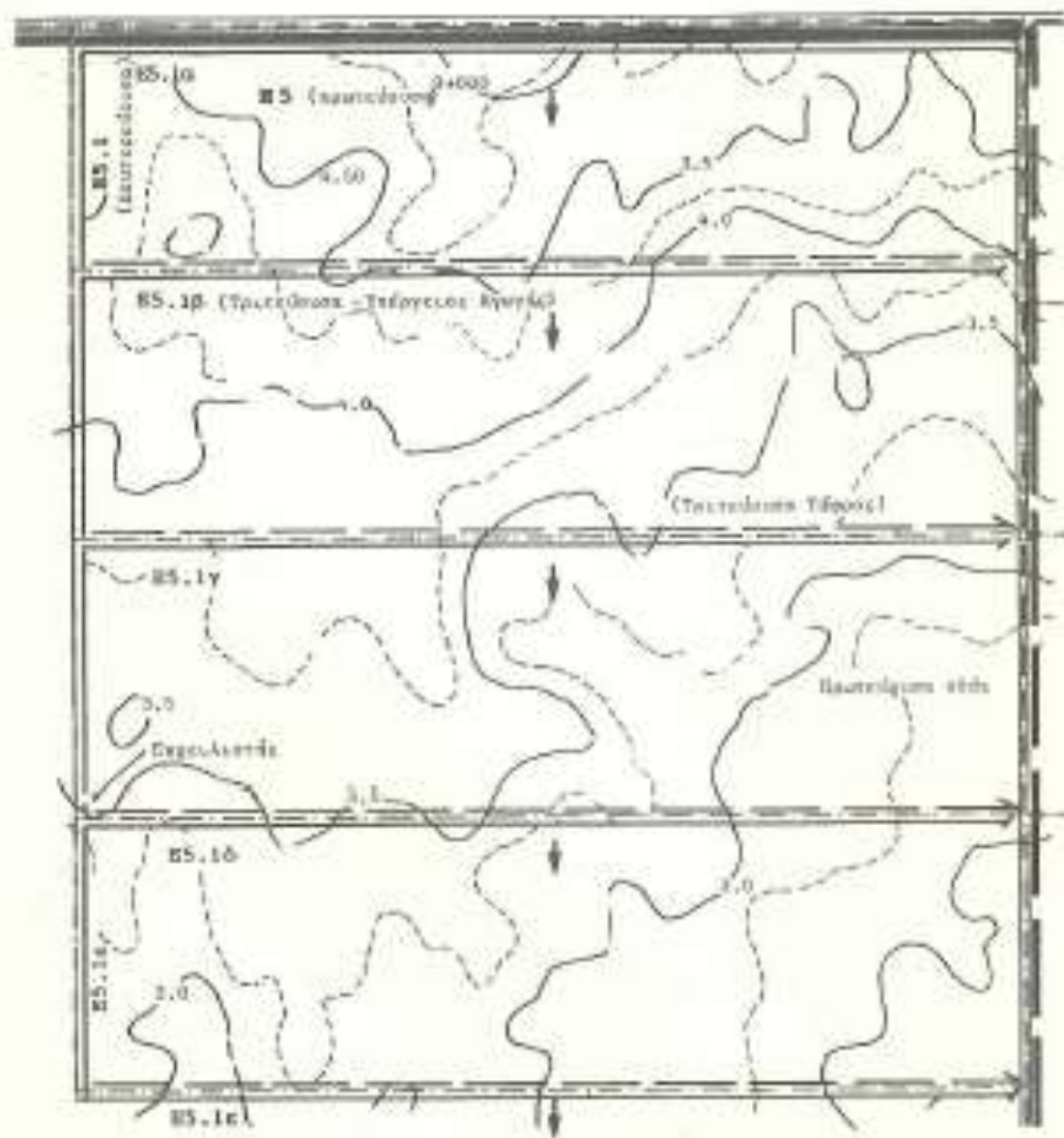
Η απαιτούμενη παροχή της τριτεύουσας που αποτελεί τη δυσμενέστερη περίπτωση

-8.36-

$$Q = \frac{K_T}{E_T} q A_{\max} = \frac{1.30}{0.90} 0.104 \cdot 215 = 32.30 \text{ lt/sec} < 60 \text{ lt/sec}$$

Επομένως η αρδευτική κεφαλή επαρκεί.





Σχ. 8.12 Οριζοντιογραφία του βόρειου των Βιερύγων.

β. Υπολογισμός παροχής των τμημάτων της δευτερεύουσας

Ο υπολογισμός της παροχής στο σύστημα ροής γίνεται με την ακόλουθη εξίσωση

$$Q = \frac{K_s}{E_x} q \frac{i}{\sum A_p} = \frac{1.20}{0.855} \cdot 0.104 \frac{i}{\sum A_p}$$

Πολλαπλάσια της αρδευτικής κεφαλής

όπου  $E_x = E_T \cdot E_S = 0.90 \cdot 0.95 = 0.855$ .

Εντον παρακάτω πύνακα φαίνονται οι υπολογισθείσες τιμές με την προηγούμενη εξίσωση (στήλη 4) καθώς η αρχικά απαιτούμενη παροχή (ακέραιος αριθμός αρδευτικών κεφαλών, στήλη 5) και η τελικά επιλεγείσα παροχή σχεδιασμού.

Πίν. 8.5 Υπολογισμός παροχής σχεδιασμού των τμημάτων της δευτερεύουσας Ε 5.1

Τριτεύουσα	Έκταση $A_p$	$\sum A_p$ (στρ.)	Q (lt/sec) (απαιτούμενη)	Q (lt/sec) (αρχικά επιλεγείσα)	Q (lt/sec) (σχεδιασμού)
1	2	3	4	5	6
α	172	860	125,52	240	180
β	215	645	94,15	180	120
γ	215	430	62,76	120	120
δ	215	215	31,38 *	60	60
ε	215				

Κατάντη προς ανάντη

\* Ουσιαστικά στο τμήμα μεταξύ Ε5.1 και Ε5.1ε απαιτείται παροχή τριτεύουσας 32,30 lt/sec. Το τμήμα αυτό της δευτερεύουσας ανήκει στην τριτεύουσα Ε5.1ε και έχει ορθογωνική διατομή όπως οι άλλες τριτεύουσες.

Δεν ακολουθείτε η αρχή της συνέχειας?

# Σχόλια

- Η παροχή της τριτεύουσας δεν είναι ταυτόσημη με τη παροχή της δευτερεύουσας που την υδροδοτεί αποκλειστικά (άλλοι συντελεστές)
- «Δεν ισχύει η αρχή της συνέχειας στους κόμβους» κατά το σχεδιασμό, λόγω της στοχαστικής φύσης της ζήτησης νερού
- Στην πραγματικότητα έχουμε μη μόνιμη ροή, και μία αβεβαιότητα στη συμπεριφορά των καλλιεργητών. Η θεώρηση των παροχών ενσωματώνει την αβεβαιότητα στην προσέγγιση των παροχών

Υδραυλικός υπολογισμός  
διωρύγων  
β. χάραξη και υδραυλικοί  
υπολογισμοί

# Διατομές

- Δευτερεύουσες-πρωτεύουσες: Συνήθως τραπεζοειδής.
- Τριτεύουσες: ορθογωνικές (συνιστώμενο) ή καναλέτα προκατασκευασμένα.
- Επίλυση με διαγράμματα, πίνακες:
  - Εύρεση βάθους ομοιόμορφης ροής (εξ. Manning)
  - Έλεγχος για υποκρίσιμη ροή (με βάση τον αριθμό Froude)

# Αρχές της Υδραυλικής των ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

# Υδραυλικοί υπολογισμοί

# Διώρυγες

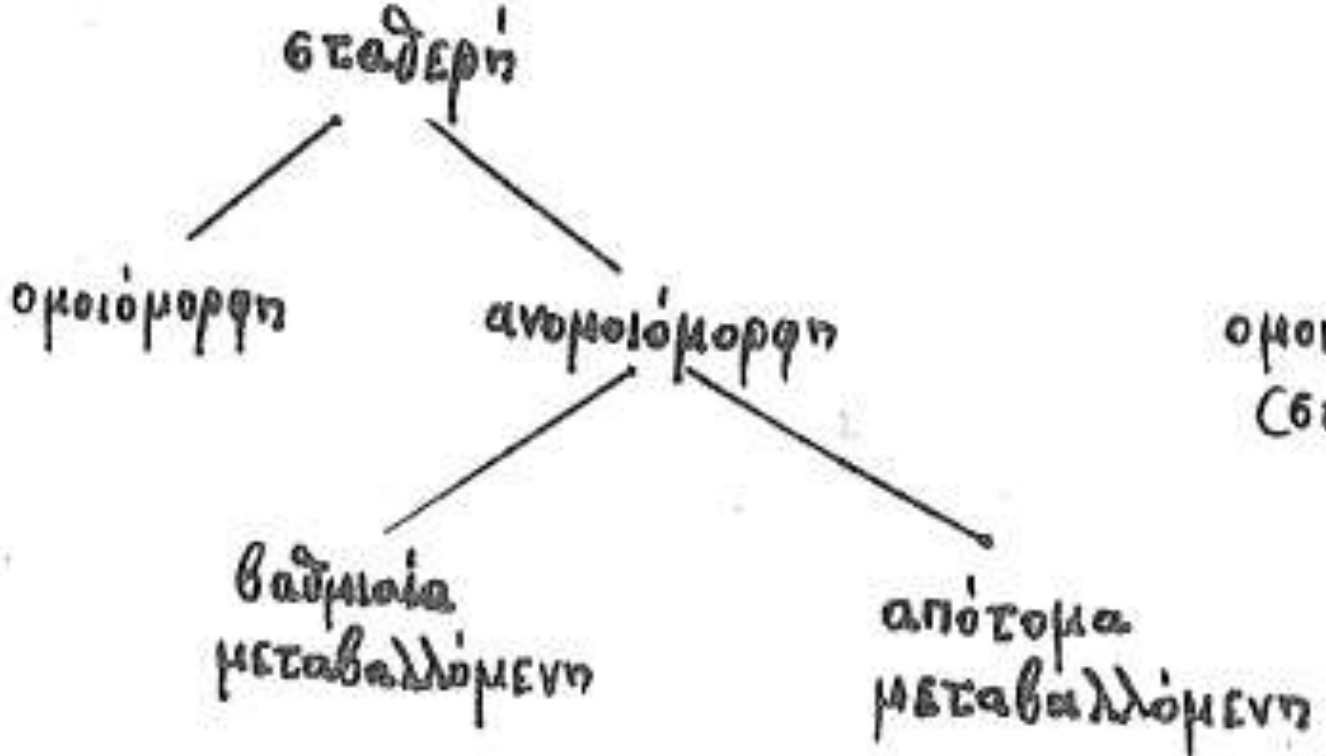
- Ανοικτοί αγωγοί, μία ποικιλία διατομών
  - Αποχετεύσεις, κυκλικοί αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια
  - **Συνήθως τραπεζοειδείς διατομές (πρωτεύουσα διώρυγα, δευτερεύουσα διώρυγα σε εγγειοβελτιωτικά) και υδρεύσεις** (πλέον συνήθης)
  - **Τριτεύουσες διώρυγες: καναλέτα**, ορθογωνική διατομή
  - Ορθογωνικές διατομές σε δύσκολες περιπτώσεις



# Υδραυλικοί υπολογισμοί

- Για τις ανάγκες του μαθήματος (μικρή αρδευτική μονάδα) θα απασχοληθούμε με δύο μόνο προβλήματα:
  - Επίλυση **ομοιόμορφη ροής** (βάθος ροής σταθερό, Εξίσωση Manning)
  - Υπολογισμός **κρίσιμου βάθους** και έλεγχος για υποκρίσιμη ροή για τα τεχνικό κανάλι
- Στη γενική περίπτωση, κατά τους υδραυλικούς υπολογισμούς σε ανοικτούς αγωγούς δεν θεωρώ πάντα ομοιόμορφη ροή σε αντίθεση με τους κλειστούς αγωγούς

Είδη ροής



# Ομοιόμορφη ροή

Η εξίσωση που συνήθως χρησιμοποιείται στην ομοιόμορφη ροή σε αγωγούς με ελεύθερη επιφάνεια είναι η εξίσωση του Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (8.37)$$

όπου  $V$  = μέση ταχύτητα του νερού στη δεδομένη διατομή, m/s.

$R = A/\Pi$  = υδραυλική ακτίνα (m). ( $A$  = εμβαδόν της υγρής διατομής που είναι κάθετη στη ροή,  $m^2$ ,  $\Pi$  = βρεχόμενη περίμετρος, m)

$S_f$  = κατά μήκος κλίση της γραμμής ενέργειας, m/m.

Στην ομοιόμορφη ροή οι κλίσεις, της γραμμής ενέργειας  $S_f$ , της ελεύθερης επιφάνειας  $S_w$  και του πυθμένα  $S_0$  είναι ίσες ( $S_f = S_w = S_0$ )

και  $n$  = συντελεστής τραχύτητας του Manning. (Για επενδεδυμένες διώρυγες από σκυρόδεμα  $n = 0.015$  ή  $0.016$ ).

Η εξίσωση του Manning μαζί με την εξίσωση της συνέχειας  $Q = A \cdot V$  χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του βάθους ομοιόμορφης ροής:

$$Q = A \cdot V = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (8.38)$$

# Συντελεστής Manning, n

- Διαστάσεις:  $s/m^{1/3}$
- Εξαρτάται από το υλικό και την συντήρηση του
- Πιο σωστά (εξαρτάται και από την πλήρωση του αγωγού):  $f=(8gn^2)/R^{1/3}$
- Προσαυξημένο n για τοπικές απώλειες
- Τυπική τιμή σε θέμα,  $n =0.015$ , για επενδυμένες διώρυγες με σκυρόδεμα

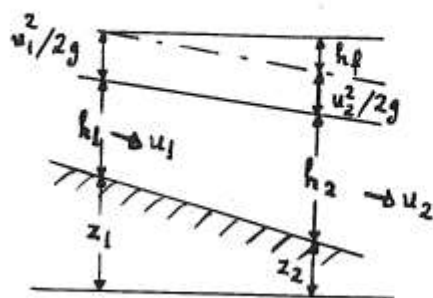
**Πίν. 3.2:** Συντελεστές Manning  $n$  για διάφορα υλικά

Μέταλλο λείο	0.011 - 0.015
Μέταλλο, αυλακωτό	0.023 - 0.025
Ξύλο, κατεργασμένο	0.010 - 0.015
Ξύλο, ακατέργαστο	0.011 - 0.015
Τσιμέντο λείο	0.010 - 0.013
Σκυρόδεμα	0.014 - 0.016
Τσιμεντοχάλικο	0.017 - 0.030
Γρασίδι	$0 > 0.020$

# Κρίσιμη ροή

23

## 9. ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Ολικό φορτίο ή ύψος ενέργειας :  $H = \frac{p}{\rho g} + z + \frac{u^2}{2g}$

Για ανοικτούς αγωγούς :  $H = h + z + \frac{u^2}{2g}$

- μικρή κλίση

- ροϊκές γραμμές ευθείες και παράλληλες

$$E = h + \frac{u^2}{2g}$$

$E$  : ειδική ενέργεια

$$u = \frac{Q}{A} \Rightarrow E = h + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Ύψος ενέργειας (σε μονάδες μήκους)

$$H = z + y + \frac{V^2}{2g}$$

Ειδική ενέργεια (βοηθητικό μέγεθος)

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

Σχέση ενέργειας και ειδικής ενέργειας

$$H = z + E$$

# Κρίσιμες συνθήκες , ελάχιστη ειδική ενέργεια

$$\frac{dE}{dy} = \frac{d\left(\frac{V^2}{2g} + y\right)}{dy} = \left(1 + \frac{d\left(\frac{Q^2}{2gA^2}\right)}{dy}\right) = \left(1 + \frac{Q^2}{g} \frac{d\left(\frac{A^{-2}}{2}\right)}{dy}\right) = 0$$

$$\frac{d(A^{-2})}{dy} = \frac{d(A^{-2})}{dA} \frac{dA}{dy} = -2A^{-3} \frac{dA}{dy}$$

$$\frac{dA}{dy} = B$$

$$\Leftrightarrow \left(1 - \frac{Q^2 B}{A^3 g}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow Fr = 1$$

$$Fr_{\text{ΟΡΙΣΜΟΣ}} = \frac{Q}{\sqrt{\frac{A^3 g}{B}}} = \frac{V}{\sqrt{g \frac{A}{B}}}$$

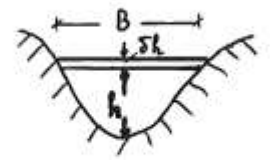
$$Fr_{\text{οδ}} = \frac{Q}{\sqrt{\frac{A^3 g}{B}}} = \frac{V}{\sqrt{g \frac{By}{B}}} = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$



# Κρίσιμη ροή: ελάχιστη ειδική ενέργεια, αντιστοιχεί σε μία κλίση για δεδομένη παροχή

(26)

Ανοικτοί αγωγοί μη ορθογωνικής διατομής



B : πλάτος της διατομής στην επιφάνεια του νερού

$$E = h + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$\frac{dE}{dh} = 1 + \frac{Q^2}{2g} \left( -\frac{2}{A^3} \frac{dA}{dh} \right)$$

$$dA = B dh \Rightarrow \frac{dA}{dh} = B$$

$$\frac{dE}{dh} = 1 + \frac{Q^2}{2g} \left( -\frac{2B}{A^3} \right) \Rightarrow 0 = 1 + \frac{Q^2}{g} \left( -\frac{B}{A^3} \right) \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{Q^2}{g} = \left( \frac{A^3}{B} \right) \quad h = h_c}$$

$$Q = A_c u_c$$

$$\frac{A_c^2 u_c^2}{g} = \frac{A_c^3}{B_c}$$

$$\boxed{u_c = \sqrt{\frac{A_c g}{B_c}}}$$

Επίλυση τραπεζοειδής διατομής

# Αριθμός Froude: Εξαρτάται από την παροχή και το είδος της διατομής

κλίση  $S_c$  όπως έχει ήδη αναφερθεί. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται συγκρίνοντας το κρίσιμο βάθος  $y_c$  με το βάθος ομοιόμορφης ροής  $y_n'$  που προκύπτει με συντελεστή τραχύτητας  $n' = n - 0.003$  για ασφάλεια. Προφανώς πρέπει  $y_n' > y_c$ .

Για συνθήκες κρίσιμης ροής ο αριθμός του Froude είναι ίσος με 1

$$F^2 = \left( \frac{V}{\sqrt{gt_m}} \right)^2 = 1$$

ή

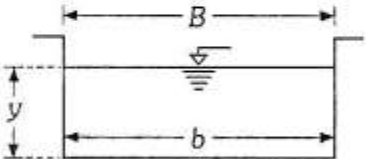
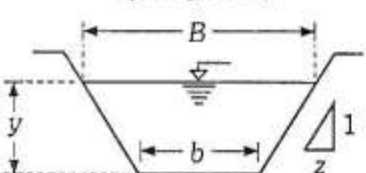
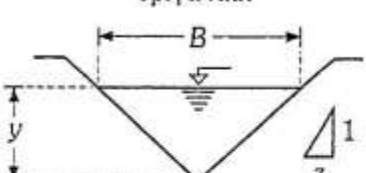
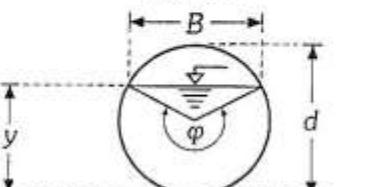
$$\frac{Q^2 B_c}{g A_c^3} = 1 \quad (8.46)$$

Για τις τραπεζοειδείς διώρυγες:

$$\frac{Q^2(b + 2zy_c)}{g(b + zy_c)^3 y_c^3} = 1 \quad (8.47)$$

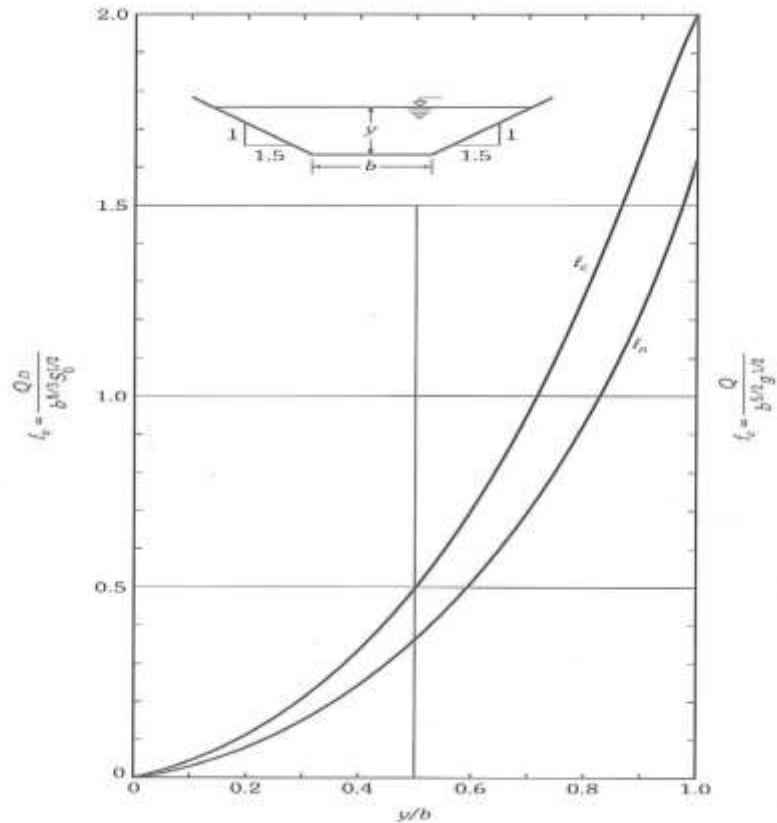
όπου  $t_m$  = μέσο βάθος κρίσιμης ροής  $t_m = A_c/B_c$  και ο δείκτης  $c$  υποδηλώνει μεγέθη κρίσιμης ροής.

Πίν. 3.1: Γεωμετρικά στοιχεία αγωγών

Διατομή	Επιφάνεια $A$	Βρεχ. περίμετρος $P$	Υδραυλική ακτίνα $R = A/P$	Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας $B$	Υδραυλικό βάθος $y_p = A/B$	Αριθμός Froude $F$
<p>Ορθογωνική</p> 	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$	$y$	$\sqrt{\frac{Q^2}{b^2y^3g}}$
<p>Τραπεζοειδής</p> 	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$	$\sqrt{\frac{(b+2zy)Q^2}{(b+zy)^3y^3g}}$
<p>Τριγωνική</p> 	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$	$\sqrt{\frac{2Q^2}{z^2y^5g}}$
<p>Κυκλική</p> 	$\frac{d^2}{8}(\varphi - \sin\varphi)$	$d\frac{\varphi}{2}$	$\frac{d}{4}\left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)$	$d\left(\sin\frac{\varphi}{2}\right)$ $\acute{n}$ $2\sqrt{y(d-y)}$	$\frac{d}{8}\left\{\frac{\varphi - \sin\varphi}{\sin\frac{\varphi}{2}}\right\}$	$\sqrt{\frac{512Q^2\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{gd^5(\varphi - \sin\varphi)^3}}$

Επίλυση τραπεζοειδής διατομής με  
νομογραφήματα

# Βήμα 3.1: Κλίση και παροχή γνωστή υδραυλική επίλυση από πίνακες

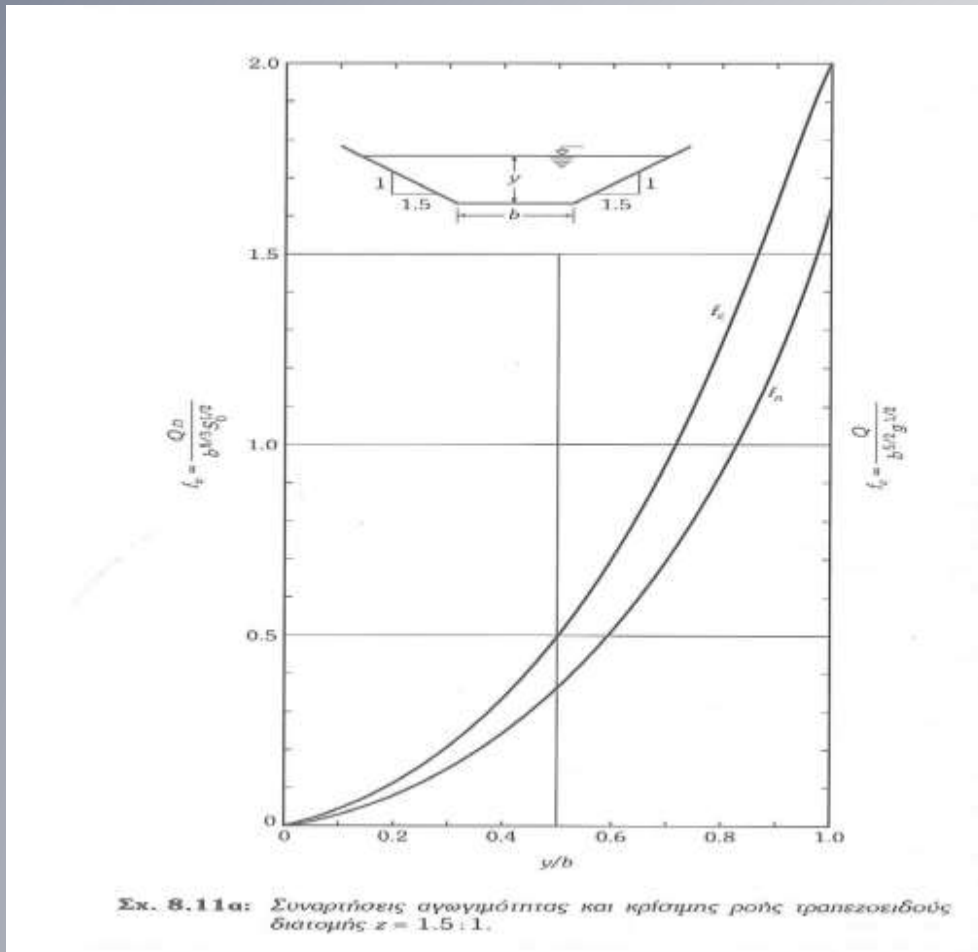


Σχ. 8.11α: Συναρτήσεις αγωγιμότητας και κριτικής ροής τραπεζοειδούς διατομής  $z = 1.5:1$ .

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_0^{1/2} b_0^{8/3}}$$

$$\bar{f}_c = \frac{Q}{\sqrt{g} \cdot b_0^{5/2}}$$

# Βήμα 3.2 : Έλεγχος ροή υποκρίσιμη



$$\rightarrow \bar{f}_c = \frac{Q}{\sqrt{g} \cdot b_0^{5/2}}$$

# Ξανά («εικονικός» έλεγχος κρίσιμης ροής υπέρ της ασφάλειας)

- U.S. Bureau of Reclamation: Πρέπει  $y_c < y'_n$ , όπου  $y'_n$  το βάθος ομοιόμορφης ροής που προκύπτει για συντελεστή Μαννίng  $n' = n - 0.003$  (για μεγαλύτερη ασφάλεια)

$$n' = 0.014 - 0.003 = 0.011$$

$$f_n(\bar{y}'_n) = \frac{n' Q}{b^{8/3} S_0^{1/2}} = 0.1345$$

Από τον Πίνακα Π3.1  $\Rightarrow \bar{y}'_n = 0.279$

$$y'_n = \bar{y}'_n \times b = 0.279 \times 5.5 = 1.535 \text{ m}$$

$$y_c < y'_n \Rightarrow \text{υποκρίσιμη ροή}$$

Υπόθεση  
υπερ της  
ασφάλειας  
(εικονικό)



# Περιθώριο

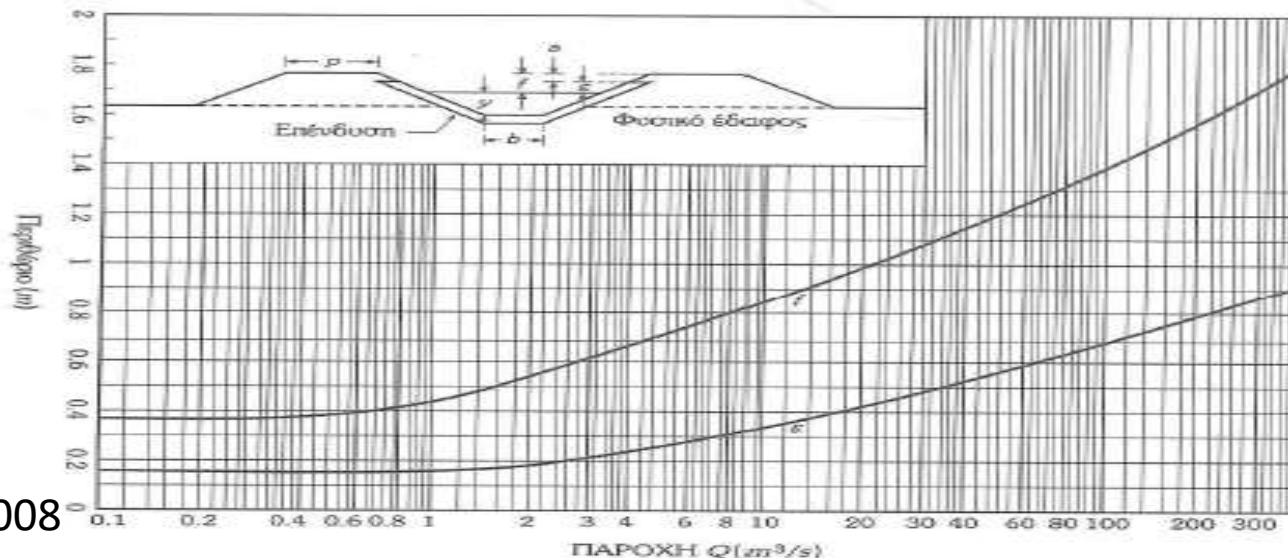
που εξυπηρετεί η διώρυγα. Η ταχύτητα ροής στις διώρυγες μεταφοράς πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0.30 m/s για την αποφυγή αποθέσεων.

Το περιθώριο ή ελεύθερο ύψος είναι η απόσταση μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και της στέψης των αναχωμάτων. Το περιθώριο  $f$  υπολογίζεται πρόχειρα με την ακόλουθη εμπειρική εξίσωση που προτείνει το USBR:

$$f = C \cdot y \quad (8.39)$$

όπου  $y$  = βάθος ροής (m)

$C$  = συντελεστής που κυμαίνεται από 0.46 ως 0.76 για παροχές 0.56 m<sup>3</sup>/s ως 85 m<sup>3</sup>/s.



# Δευτερεύουσες: Τραπεζοειδής αγωγοί

Στα προβλήματα σχεδιασμού των διωρύγων συνήθως εκτός από το βάθος ομοιόμορφης ροής το πλάτος πυθμένα είναι επίσης άγνωστο. Στις περιπτώσεις αυτές το USBR προτείνει τις ακόλουθες σχέσεις που πρέπει να ισχύουν:

Για διώρυγες μικρού βάθους  $y/b \approx 1$

Για διώρυγες μεγάλου βάθους  $y/b = 0.5 \div 1$

Για διώρυγες πολύ μεγάλου βάθους  $y/b < 0.5$

Στο θέμα, μικρές παροχές  $b = 0.5 \text{ m}$

Άλλα νομογραφήματα

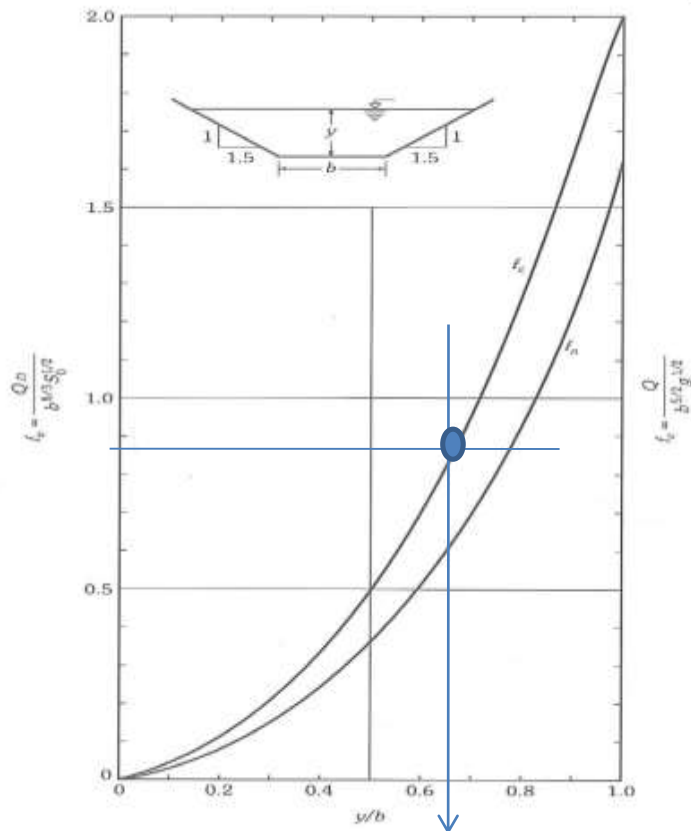
# Δευτερεύουσες: Τραπεζοειδής Διατομές

**Πίν. 8.5:** Τυποποίηση διαστάσεων επενδεδυμένων με μαζικό σκυρόδεμα αρδευτικών διωρύγων\*

Βάθος διώρυγας (m)	Πλάτος πυθμένα (m)	Κλίση πρανών (z : 1)
0 - 0.5	0.4, 0.6, 0.8	1.0
0.5 - 1.5	0.6, 0.8, 1.0, 1.5	1.5
1.5 - 3.0	0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0	1.5
3.0 - 5.0	3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0	1.5 ή 2.0
5.0 - 7.0	5.0, 6.0, 8.0, 10.0 ως 20.0	1.5 ή 2.0

\* Για διώρυγες μικρού βάθους στην Ελλάδα συνήθως το πλάτος πυθμένα παίρνεται 0.5 m.

# Κλίση πρανών 1:1.5



Σκ. 8.11α: Συνάρτησεις αγωγιμότητας και κρίσιμης ροής τραπεζοειδούς διατομής  $z = 1.5:1$ .

## Εφαρμογή

Επενδυμένη διώρυγα τραπεζοειδούς διατομής έχει:

$$Q = 2.6 \text{ m}^3/\text{s}, \quad b = 1 \text{ m}, \quad z = 1.5, \quad S_0 = 0.0009 \quad \text{και} \quad n = 0.015$$

Ζητείται ο υπολογισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής  $y_n$ .

Η συνάρτηση αγωγιμότητας είναι

$$f_n = \frac{Q \cdot n}{b^{5/3} S_0^{1/2}} = 1.3$$

Από το Σχήμα 8.11α προκύπτει

$$y_n/b = 0.89 \quad \text{άρα} \quad y_n = 0.89 \text{ m.}$$

Η συνάρτηση αγωγιμότητας για  $n' = n - 0.003 = 0.012$  είναι

$$f'_N = \frac{Q \cdot n'}{b^{5/3} S_0^{1/2}} = 1.04$$

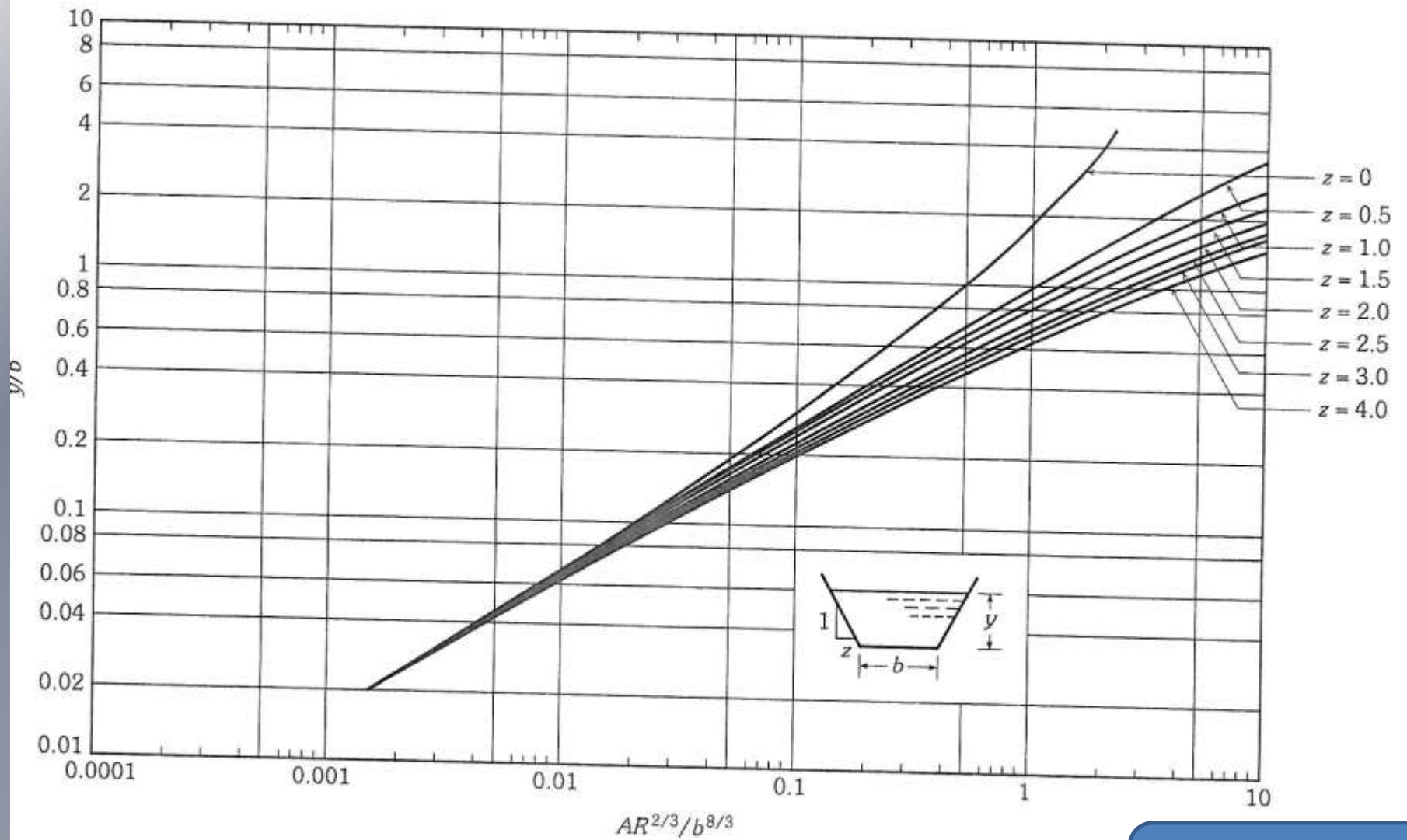
και από το Σχήμα 8.11α  $y'_c = 0.8 \text{ m}$ .

Τέλος η συνάρτηση κρίσιμης ροής είναι:

$$f_c = \frac{Q}{g^{1/2} b_0^{5/2}} = 0.83$$

και από το Σχήμα 8.11α  $y_c = 0.64$ .

Οι συνθήκες σχεδιασμού είναι δεκτές επειδή  $y'_n > y_c$ .

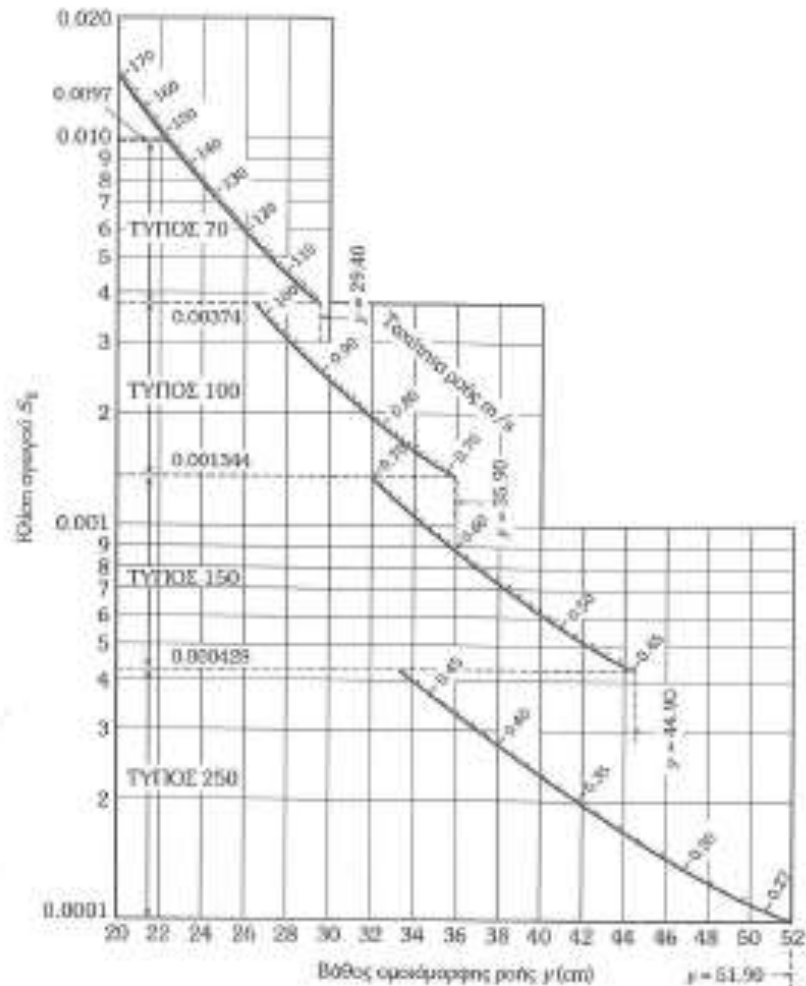


**Σχ. 8.10:** Νομογραφικός προσδιορισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής.

Για διάφορες κλίσεις πρανών

- Κατά την χάραξη χρησιμοποιώ το πραγματικό βάθος ροής
- Το μειωμένο βάθος ροής με μικρότερο συντελεστή Manning  $n$ , το χρησιμοποιώ μόνο για έλεγχο κρίσιμης ροής
- Θέλω ροή υπόκριση άρα  $y > y_c$

# Καναλιέτα



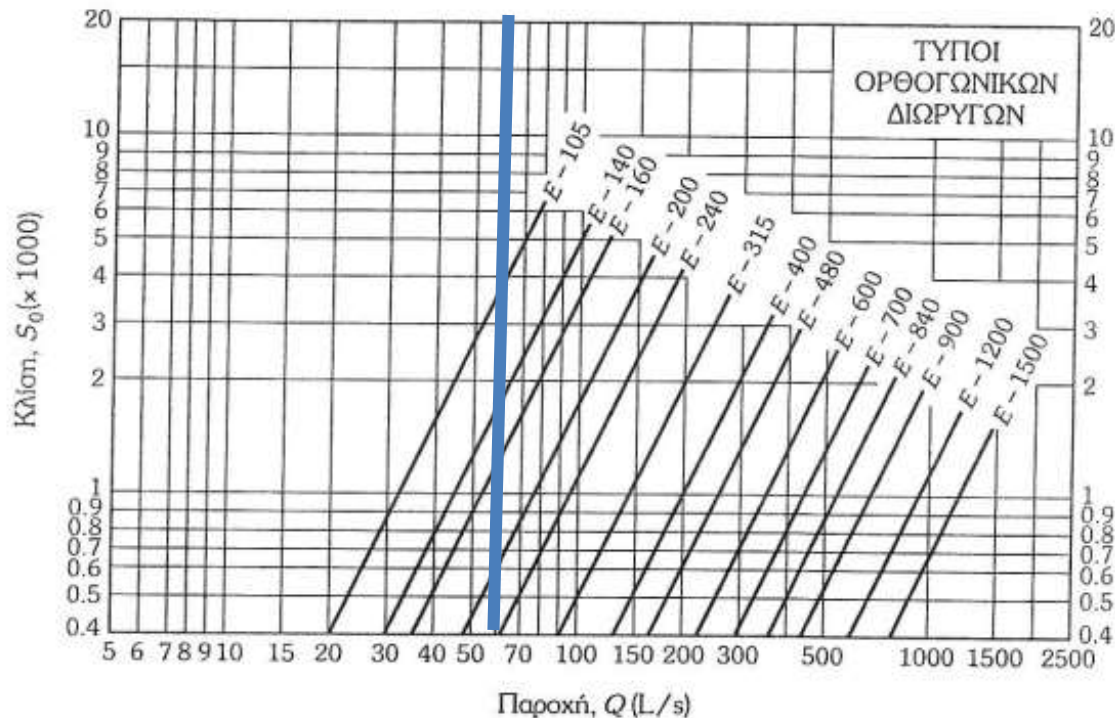
Σκ. 8.13: Νομογράφημα υπολογισμού του βάθους ομοιόμορφης ροής σε προκατασκευασμένους αγωγούς ελλειψοειδούς διατομής (κονοδέττα) για παροχή 60 L/s.

Για παροχή  
60 L/s



# Ορθογωνικές διατομές για τριτεύουσες

Η επιλογή της κλίσης του διαγράμματος του Σχ. 12 με δεδομένα την κλίση της διώρυγας και την παροχή. Η διώρυγα επιλέγεται με βάση το σημείο που προκύπτει στο διάγραμμα (από την κλίση και την παροχή). Επιλέγεται πάντα η διώρυγα που βρίσκεται δεξιά του σημείου. Αφού επιλεγεί η διατομή τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά είναι γνωστά και το βάθος ομοιόμορφης ροής προκύπτει με χρησιμοποίηση του τύπου του Manning.

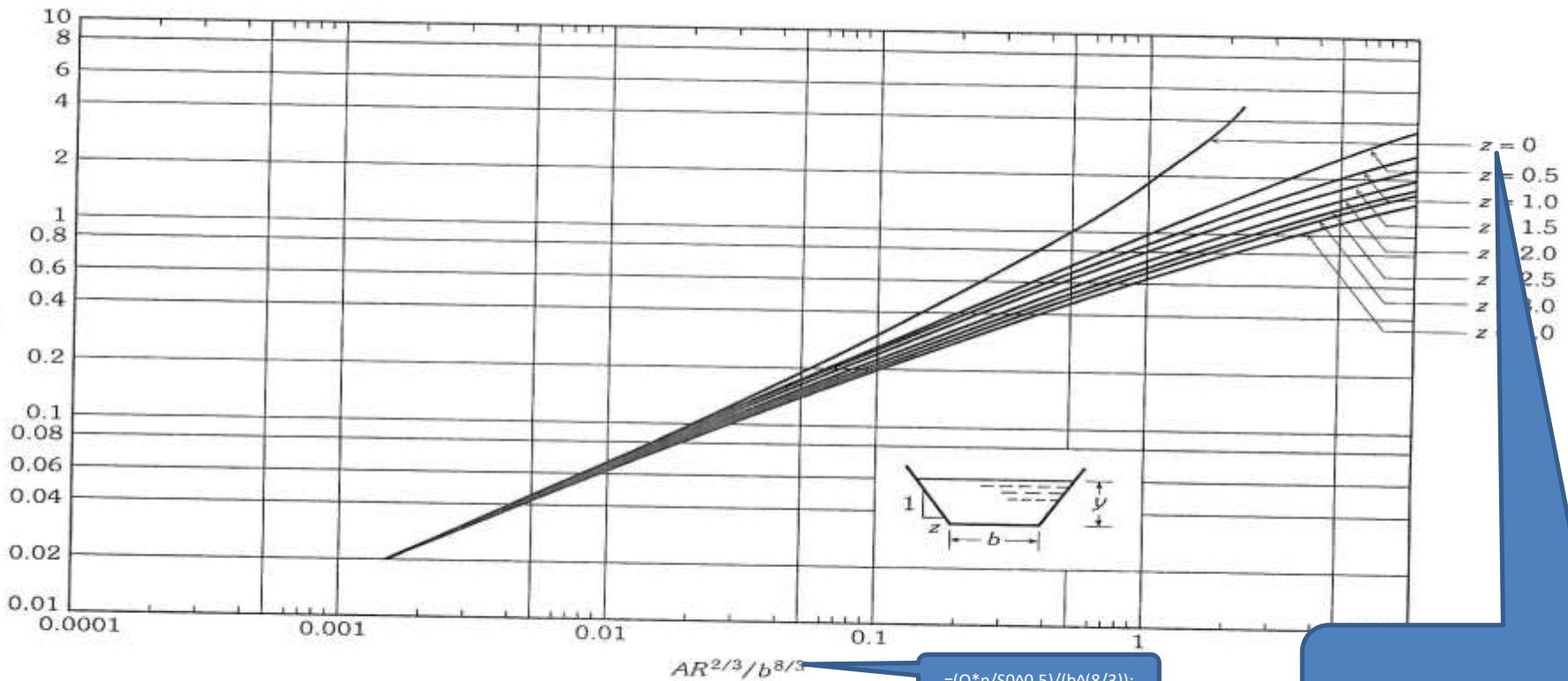


Σχ. 8.12: Διάγραμμα επιλογής της κατάλληλης ορθογωνικής διατομής.

**Πίν. 8.6:** Γεωμετρικά στοιχεία διαρύγων ορθογωνικής διατομής

Διατομή	Πλάτος πυθμένα (m)	Ύψος τοιχωμάτων (m)
E - 105	0.30	0.35
E - 140	0.40	0.35
E - 160	0.40	0.40
E - 200	0.50	0.40
E - 240	0.60	0.40
E - 315	0.70	0.45
E - 400	0.80	0.50
E - 480	0.80	0.60
E - 600	1.00	0.60
E - 700	1.00	0.70
E - 840	1.20	0.70
E - 960	1.20	0.80
E - 1200	1.20	1.00
E - 1500	1.50	1.00

# Ορθογωνική διατομή: Επίλυση: $z=0$



Σχ. 8.10: Νομογραφικός προσδιορισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής.

$Z=0$ . ορθογωνική

Επιστροφή στην άσκηση

# Χάραξη και υδραυλικοί υπολογισμοί

- Ομοιόμορφο βάθος τριτεύουσας ροή υποκρίσιμη
- Τριτεύουσα, 15 cm υπεράνω του φυσικού εδάφους η στάθμη επιφανείας του νερού
- Δευτερεύουσες ανάντη, 10 cm φορτίο παροχέτευσης της τριτεύουσας
- Πολλοί τρόποι χάραξης, προτείνεται δοκιμή από το σημείο της τριτεύουσας αμέσως κατάντη της δευτερεύουσας εκτός αν υπάρχει κάποιο καταφανώς δυσμενώς σημείο, έλεγχος φυσικό έδαφος (πριν) και στάθμη νερού (μετά)
- Τριτεύουσα: ήπιες κλίσης κατά το δυνατόν του εδάφους

# Χάραξη και υδραυλικοί υπολογισμοί (2)

- Θεώρηση ομοιόμορφης ροής και επιδίωξη υποκρίσιμης ροής κατά την υδραυλική επίλυση
- Κατά το δυνατόν ακολουθώ την κλίση του εδάφους
- Η επίλυση αρχίζει από κατάντη και από την κατάντη τριτεύουσα
- Θεωρώ ομοιόμορφη ροή, επομένως το προφίλ της στάθμης του νερού είναι παντού πτωτικό
- Ρυθμιστές όπου δεν «κουμπώνουν» τα υψόμετρα επιφανείας νερού κατάντη της δευτερεύουσας.

# Τριτεύουσες- Δευτερεύουσες

- Στην αρχή της κατάντη τριτεύουσας θα πρέπει να προσδιοριστεί το υψόμετρο στάθμης νερού από διαγραμματική επίλυση (ομοιόμορφη ροή).
- **+0.1 m στην υδροληψία. Αυτό θα είναι το υψόμετρο στάθμης του νερού στο κατάντη τμήμα της δευτερεύουσας.**
- **Για το αμέσως ανάντη τμήμα της δευτερεύουσας διακρίνω περιπτώσεις (υπόθεση για την κλίση):**
  1. Θα καθοριστεί από την κλίση εδάφους και υδραυλική επίλυση.
  2. Ίσο με το ύψος νερού της αντίστοιχης τριτεύουσας, επομένως ακριβώς ανάντη. Σε αυτή την περίπτωση για να ισχύει η υδραυλική επίλυση η κλίση (τεχνητού) πυθμένα θα είναι ίση με την κλίση της στάθμης του νερού (ίση με και με την κλίση της γραμμής ενέργειας)
  3. Άλλη κλίση ελάχιστη π.χ. ίδια με κατάντη δευτερεύουσα

# Έλεγχος στο ανάντη σημείο δευτερεύουσας

- Η κλίση του αγωγού είναι τέτοια ώστε η στάθμη του ύδατος στο ανάντη άκρο του τμήματος της δευτερεύουσας να είναι μικρότερη ή ίση από τη στάθμη που απαιτείται στην αρχή της ανάντη τριτεύουσας. Αν οι στάθμες αυτές είναι ίσες, δεν απαιτείται η κατασκευή του αναβαθμού.

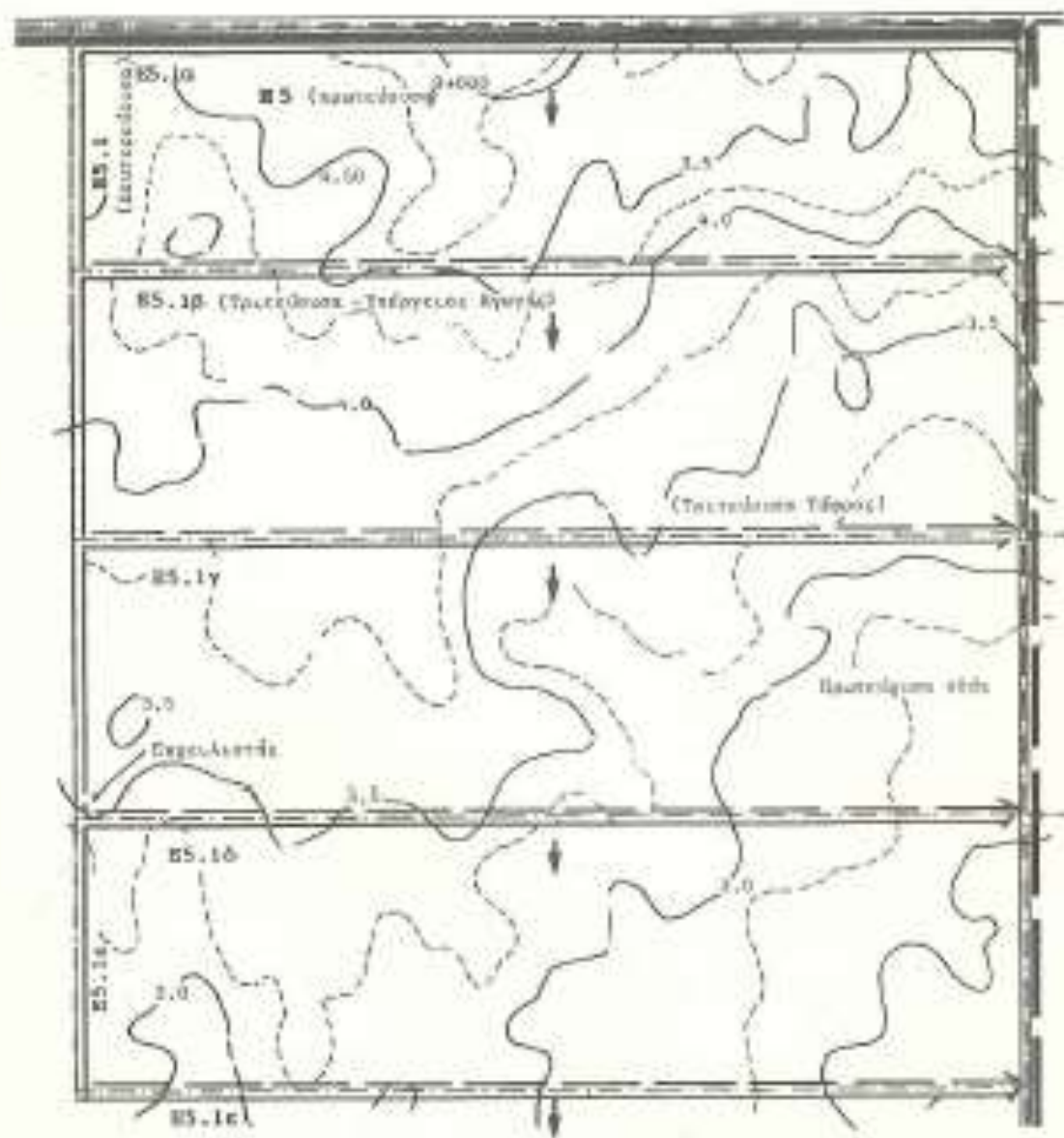


# Στάθμες νερού → υδραυλική επίλυση

- 2. Σε αυτή την περίπτωση για να ισχύει η υδραυλική επίλυση η κλίση (τεχνητού) πυθμένα θα είναι ίση με την κλίση της στάθμης του νερού (ίση με και με την κλίση της γραμμής ενέργειας)
- Ομοιόμορφη ροή:

$$S_0 = \frac{\Sigma.\text{ΝΕΡΟΥ}_1 - \Sigma.\text{ΝΕΡΟΥ}_2}{\Delta L} \rightarrow$$

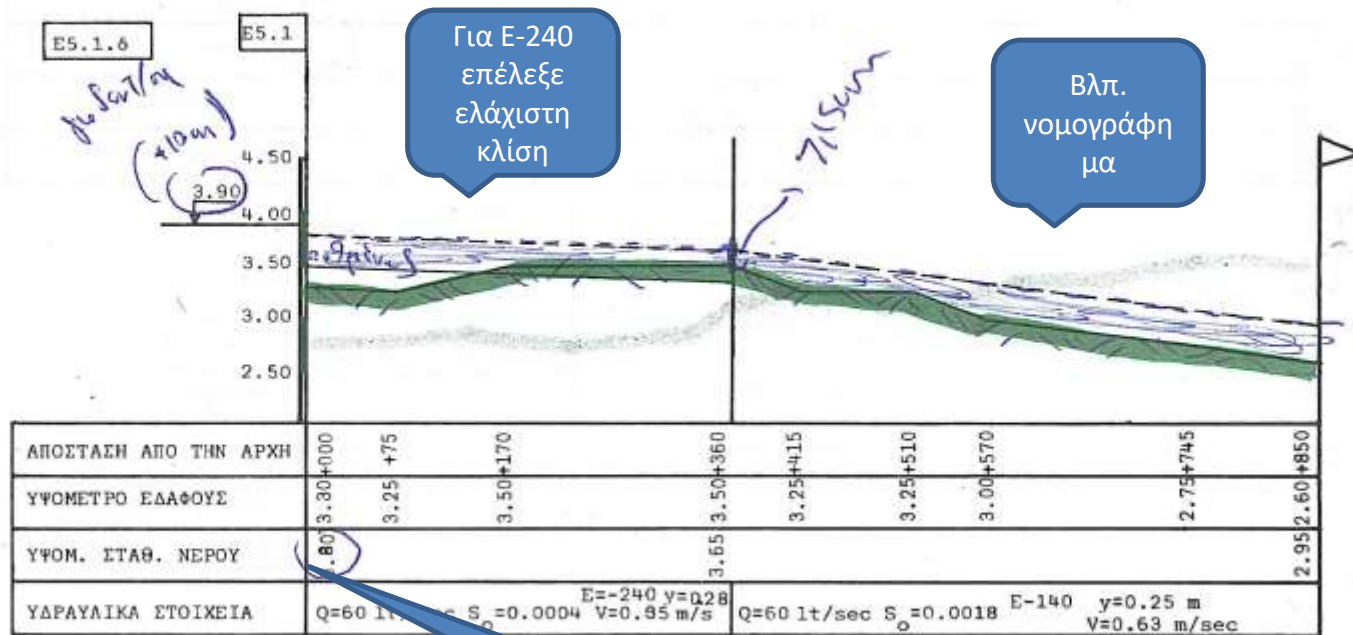
(πίνακες – διαγρ) → βάθος ροής γν (= σταθ, ομοιόμορφη ροή)



Σχ. 8.12 Οριζοντιογραφία του δεξιόσυ των διαβόγων.

# Ξεκινώ από την κατάντη τριτεύουσα

Σχ.8.17 Μηκτομή της τριτεύουσας διώρυγας E5.16



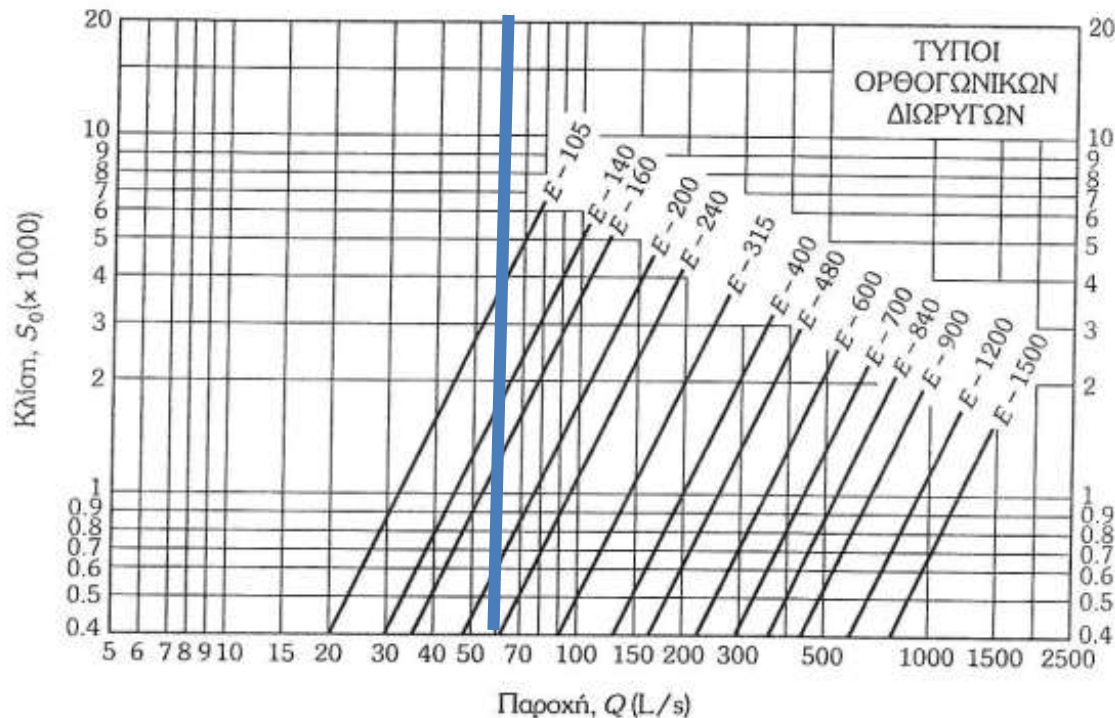
=3,65+360\*0,0004

# Ορθογωνική διατομή-τριτεύουσα- ανάστροφη κλίση

- Λύση Τσακίρη
- Κατάντη σημείο= σταθμη φυσικού εδάφους  
 $+0,15 \text{ m}$
- Επιλέγω μεγάλο αγωγό π.χ. 60 l/s, E240 (δεξιά  
ή οριακά επί της μπλε γραμμής), ελάχιστη  
κλίση  $S_0=0,0004$
- Ανάντη σημείο  $\epsilon\epsilon$ = κατάντη σημείο  
 $\epsilon\epsilon+S_0=0,0004^* \Delta x$

# Ορθγωνικές διατομές για τριτεύουσες

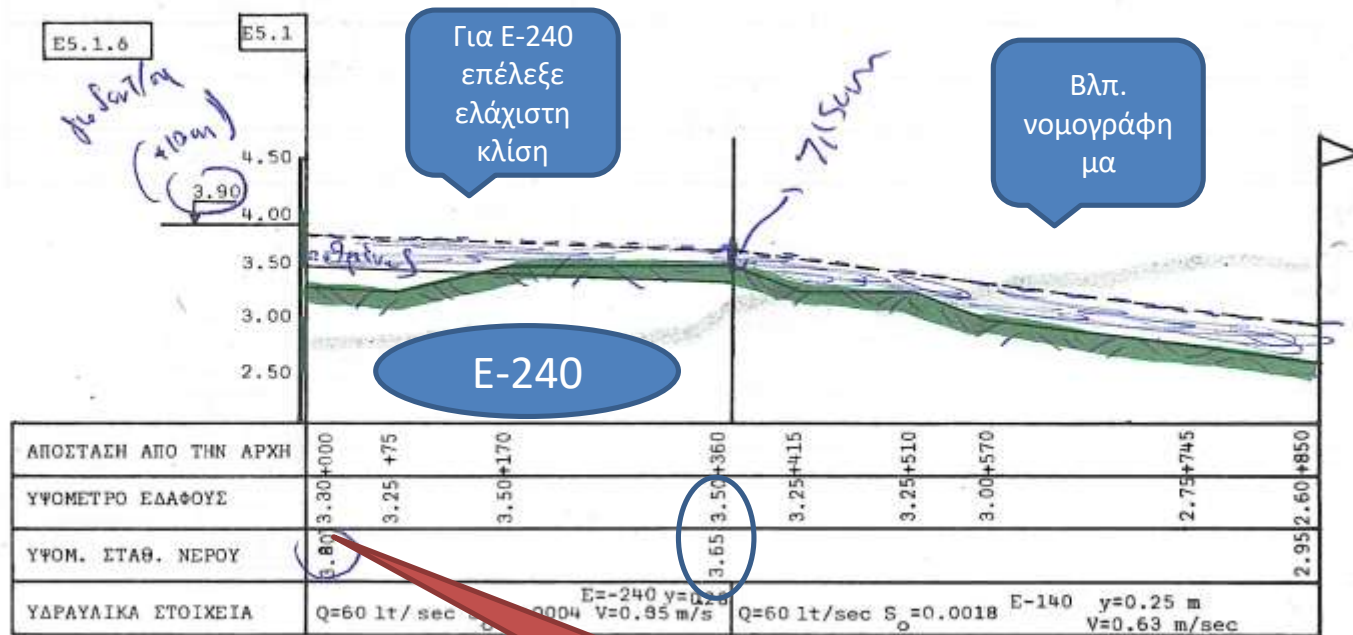
Η επιλογή της κλίσης του διαγράμματος του Σχ.12 με δεδομένα την κλίση της διώρυγας και την παροχή. Η διώρυγα επιλέγεται με βάση το σημείο που προκύπτει στο διάγραμμα (από την κλίση και την παροχή). Επιλέγεται πάντα η διώρυγα που βρίσκεται δεξιά του σημείου. Αφού επιλεγεί η διατομή τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά είναι γνωστά και το βάθος ομοιόμορφης ροής προκύπτει με χρησιμοποίηση του τύπου του Manning.



Σχ. 8.12: Διάγραμμα επιλογής της κατάλληλης ορθγωνικής διατομής.

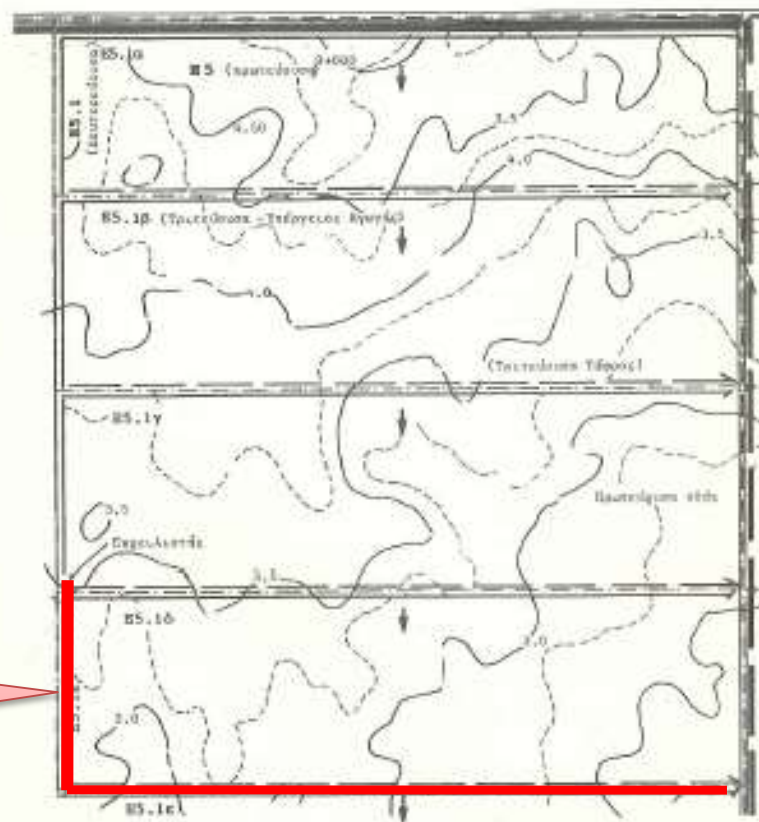
# Ξεκινώ από την κατάντη τριτεύουσα

Σχ.8.17 Μηκτομή της τριτεύουσας διώρυγας E5.16



=3,65+360\*0,0004

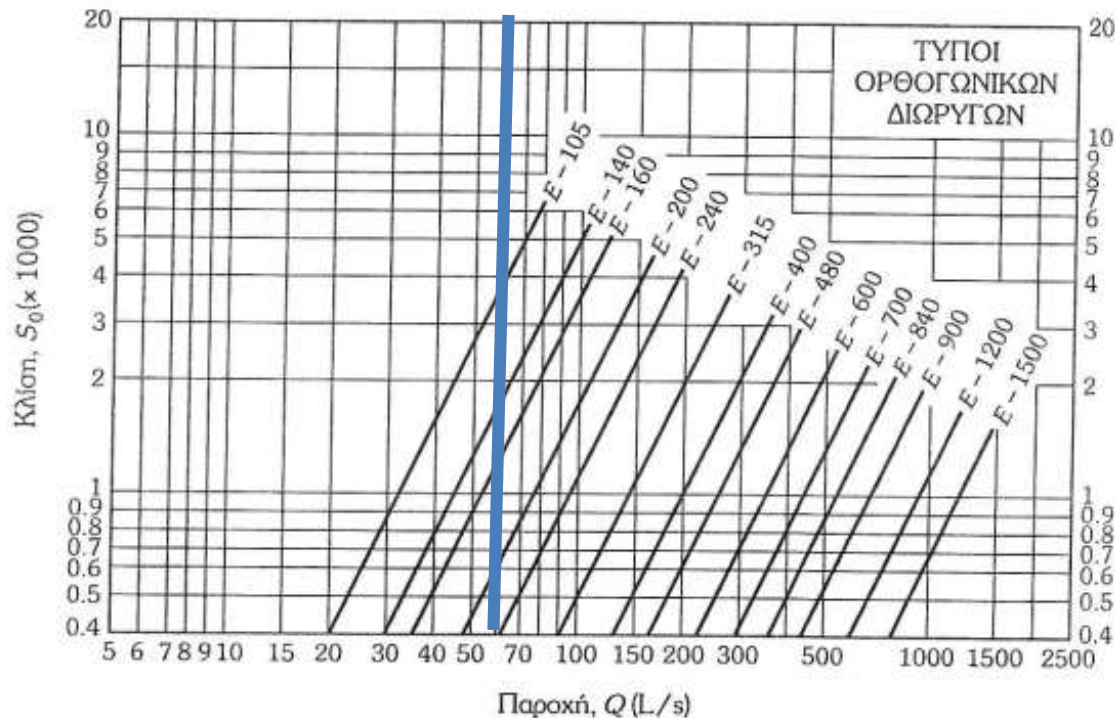
Ακριανή  
 δευτερεύουσα  
 τελικά τριτεύουσα



Σχ. 8.12 Οριζογεγραφή του δικτύου των διαρρίγων.

# Ορθγωνικές διατομές για τριτεύουσες

Η επιλογή της κλίσης του διαγράμματος του Σχημάτος 8.12 με δεδομένα την κλίση της διώρυγας και την παροχή. Η διώρυγα επιλέγεται με βάση το σημείο που προκύπτει στο διάγραμμα (από την κλίση και την παροχή). Επιλέγεται πάντα η διώρυγα που βρίσκεται δεξιά του σημείου. Αφού επιλεγεί η διατομή τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά είναι γνωστά και το βάθος ομοιόμορφης ροής προκύπτει με χρησιμοποίηση του τύπου του Manning.



Σχ. 8.12: Διάγραμμα επιλογής της κατάλληλης ορθγωνικής διατομής.



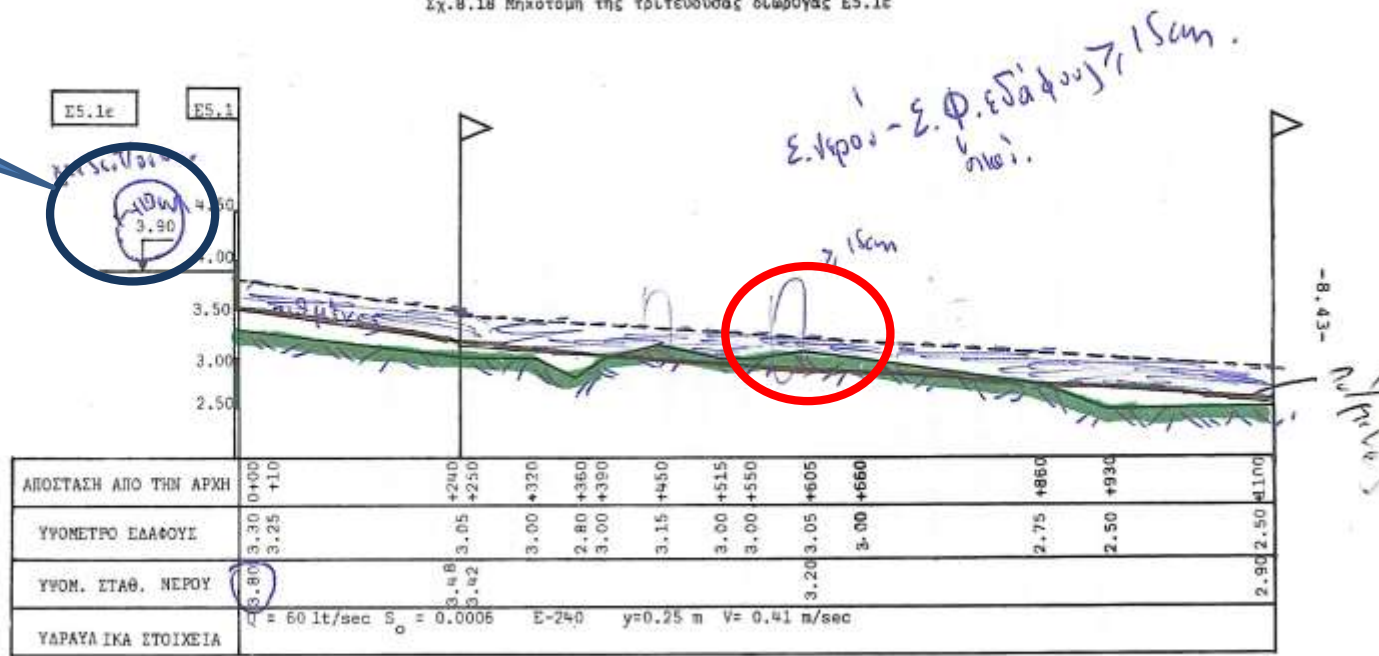
**Πίν. 8.6:** Γεωμετρικά στοιχεία διαρύγων ορθογωνικής διατομής

Διατομή	Πλάτος πυθμένα (m)	Ύψος τοιχωμάτων (m)
E - 105	0.30	0.35
E - 140	0.40	0.35
E - 160	0.40	0.40
E - 200	0.50	0.40
E - 240	0.60	0.40
E - 315	0.70	0.45
E - 400	0.80	0.50
E - 480	0.80	0.60
E - 600	1.00	0.60
E - 700	1.00	0.70
E - 840	1.20	0.70
E - 960	1.20	0.80
E - 1200	1.20	1.00
E - 1500	1.50	1.00

# Τριτεύουσα: Έλεγχος στάθμη νερού- φυσικό έδαφος $\geq 15$ cm παντού

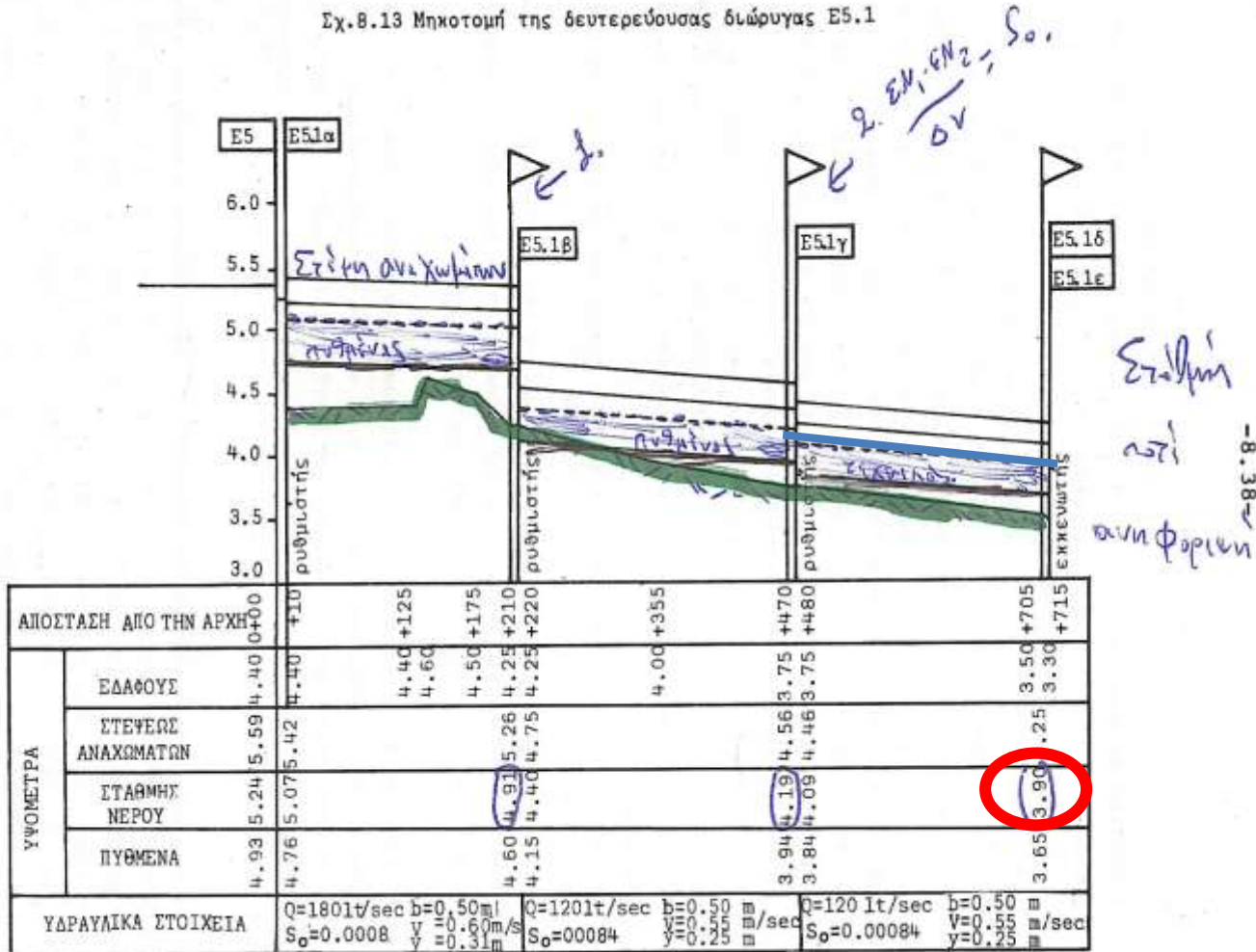
δευτερεύουσα

Σχ.8.18 Μηκτομή της τριτεύουσας διάβρυγας Ε5.1ε



# Δευτερεύουσα

Σχ.8.13 Μηκοτομή της δευτερεύουσας διώρυγας Ε5.1



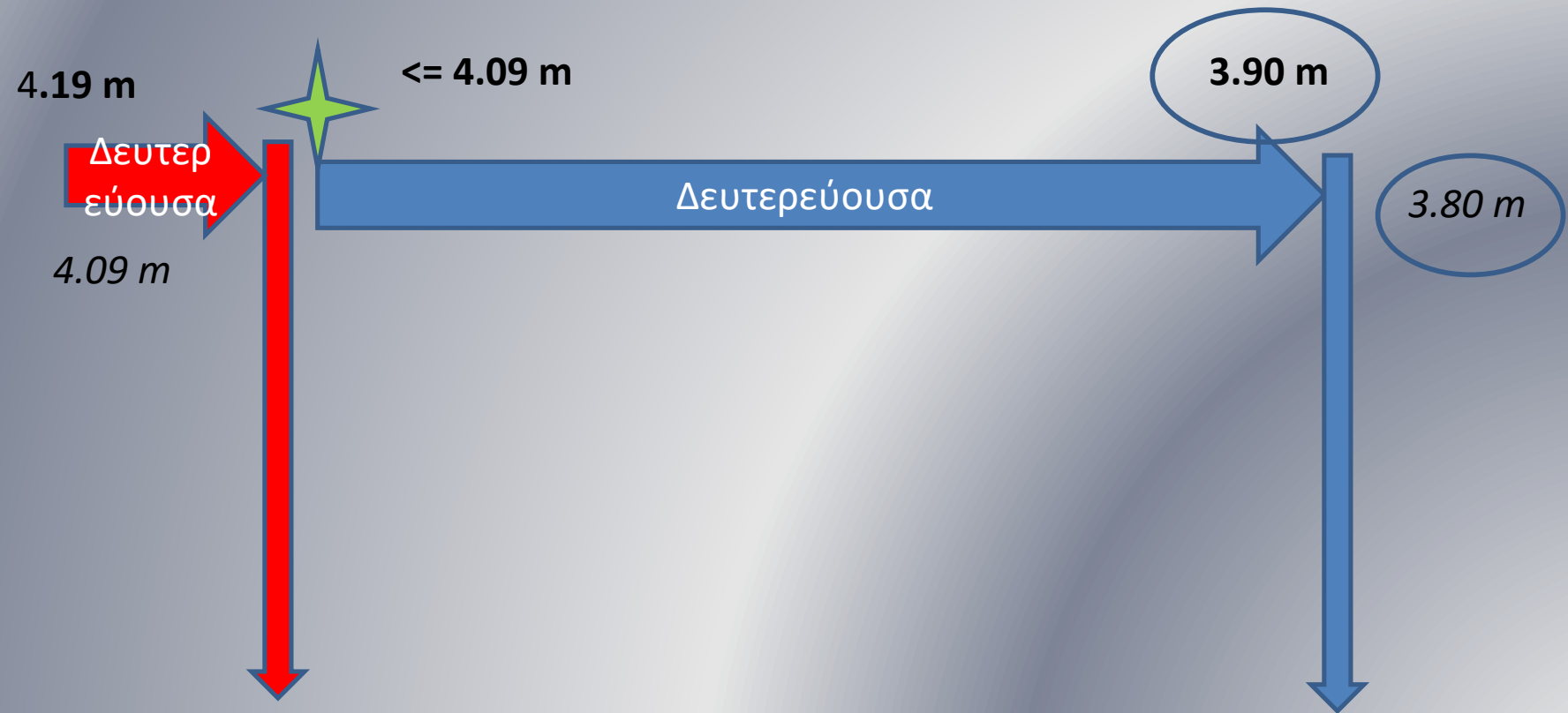
-8.38-

# Ανάντη τριτεύουσα



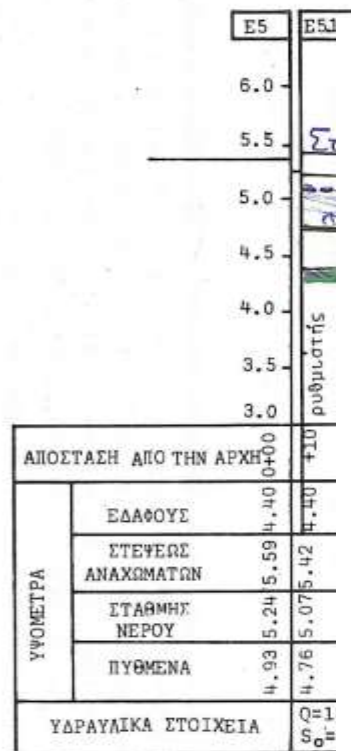
Καθορίζει τη στάθμη, της ανάντη δευτερεύουσας στο κατάντη σημείο της. Εδώ (στην εξεταζόμενη δευτερεύουσα) θα πρέπει η στάθμη νερού στο ανάντη σημείο της εξεταζόμενης δευτερεύουσας να είναι μικρότερο (ή ίσο) από τη στάθμη νερού στην τριτεύουσα.

# Δευτερεύουσα κατάντη

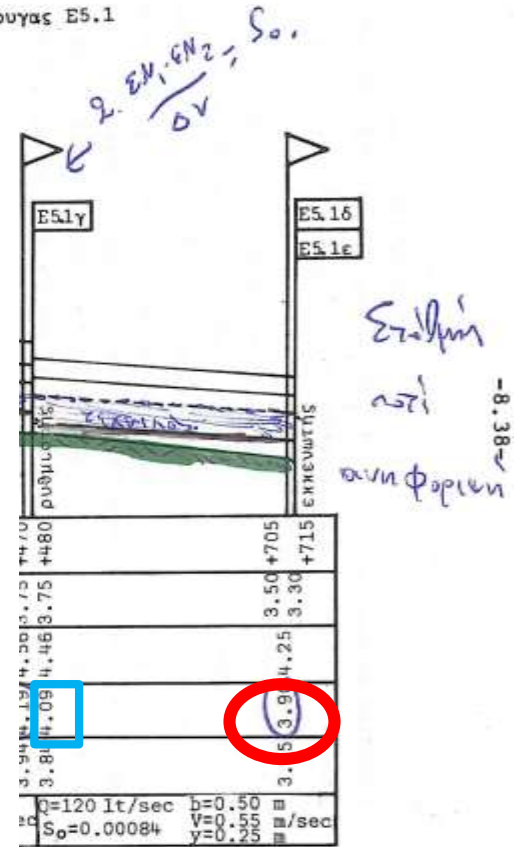


# Επίλυση κατάντη δευτερεύουσας

Σχ.8.13 Μηκοτομή της δευτερεύουσας διώρυγας Ε5.1



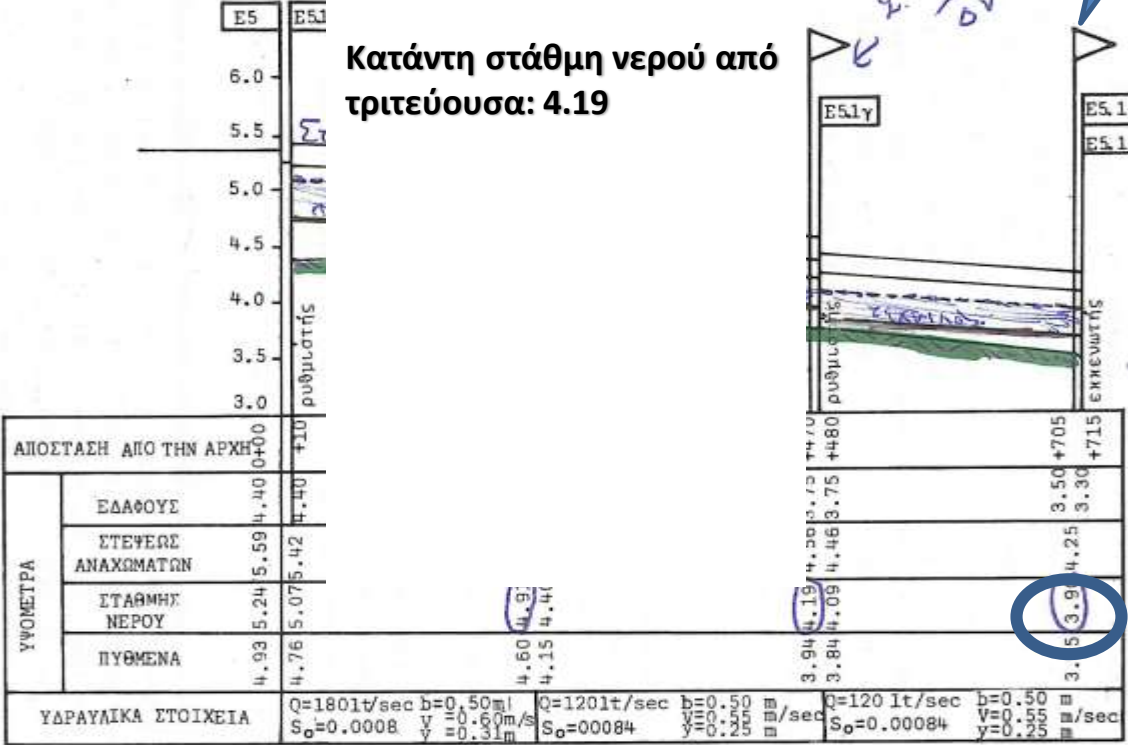
- Κατάντη στάθμη νερού από τριτεύουσα: 3.90
- θεωρώ στάθμη δευτερεύουσας ανάντη χωρίς + 0.10 = 4.09 m
- Ανάτη στάθμη:
- Από υδραυλική επίλυση θεωρώντας κλίση πυθμένα=
- Κλίση νερού=  $(4,09-3,90)/(705-480)= 0.00084$
- Βάθος ομοιόμορφης ροής πίνακες
- Πυθμένας: στάθμη νερού-βάθος ομοιόμορφης ροής



# Βήμα 1: Κατάντη στάθμη νερού: Από τριτεύουσα +10 cm

Υδροληψία τριτεύουσας

Σχ.8.13 Μηκοτομή της δευτερεύουσας διώρυγας Ε5.1



# Βήμα 2: Επιλογή κλίσης

- Για το αμέσως ανάντη τμήμα της δευτερεύουσας διακρίνω περιπτώσεις:
  1. Θα καθοριστεί από την κλίση εδάφους και υδραυλική επίλυση.
  2. Ίσο με το ύψος νερού της αντίστοιχης τριτεύουσας. Σε αυτή την περίπτωση για να ισχύει η υδραυλική επίλυση η κλίση (τεχνητού) πυθμένα θα είναι ίση με την κλίση της στάθμης του νερού (ίση με και με την κλίση της γραμμής ενέργειας)
  3. Άλλη κλίση ελάχιστη π.χ. ίδια με κατάντη δευτερεύουσα



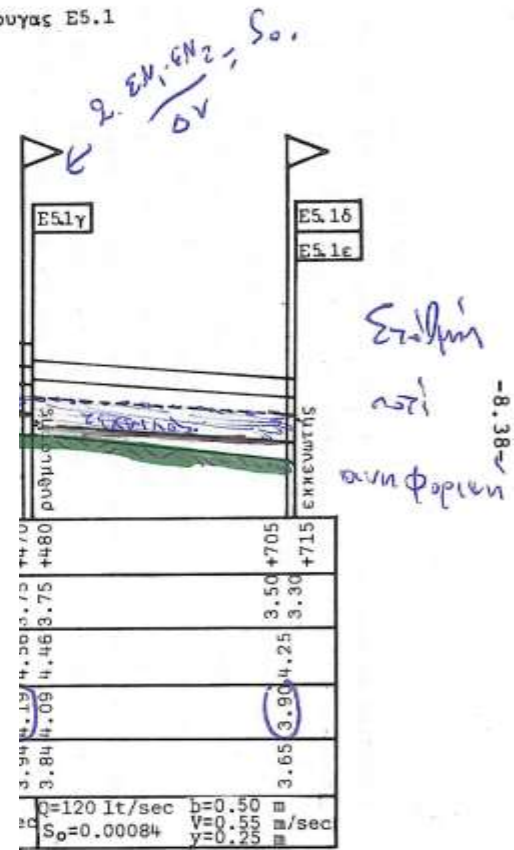
# Βήμα 2

Σχ.8.13 Μηκοτομή της δευτερεύουσας διώρυγας Ε5.1



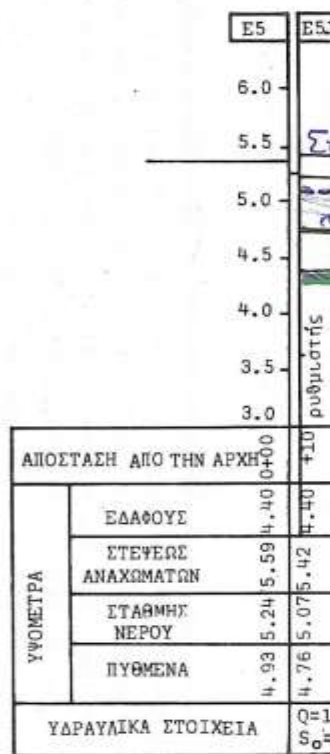
Κατάλληλη στάθμη νερού από τριτεύουσα: 4.19  
 -θεωρώ στάθμη δευτερεύουσας ανάντη χωρίς + 0.10 = 4.09 m  
 -Ανάλλη στάθμη:  
 -Από υδραυλική επίλυση θεωρώντας κλίση πυθμένα =  
 -Κλίση νερού =

$$(4,09 - 3,90) / (705 - 480) = 0.00084$$

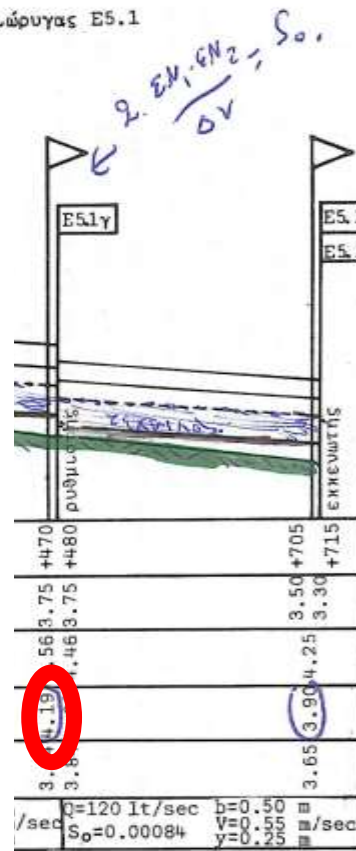


# Έλεγχος

Εχ.8.13 Μηκομή της δευτερεύουσας διώρυγας Ε5.1



Η κλίση του αγωγού είναι τέτοια ώστε η στάθμη του ύδατος στο ανάντη άκρο του τμήματος της δευτερεύουσας να είναι μικρότερη ή ίση από τη στάθμη που απαιτείται στην αρχή της ανάντη τριτεύουσας. Αν οι στάθμες αυτές είναι ίσες, δεν απαιτείται η κατασκευή του αναβαθμού.



Σταθμή  
από  
αναφοράς

-8.38

Σ,  
ύ.

# Βήμα 4: υψόμετρο ανάντη, έλεγχος, βάθος πυθμένα

- Γνωστή κλίση και υψόμετρο στάθμης νερού κατάντη: **στάθμη νερού ανάντη = στάθμη νερού κατάντη +  $\Delta L * S_0$**
- **Στάθμη νερού- βάθος ομοιόμορφης ροής (προφανώς σταθερό)= στάθμη πυθμένα**
- **Ύψος ελεύθερου περιθωρίου (από πίνακες συναρτήσεως της παροχής) + στάθμη νερού**

# Περιθώριο

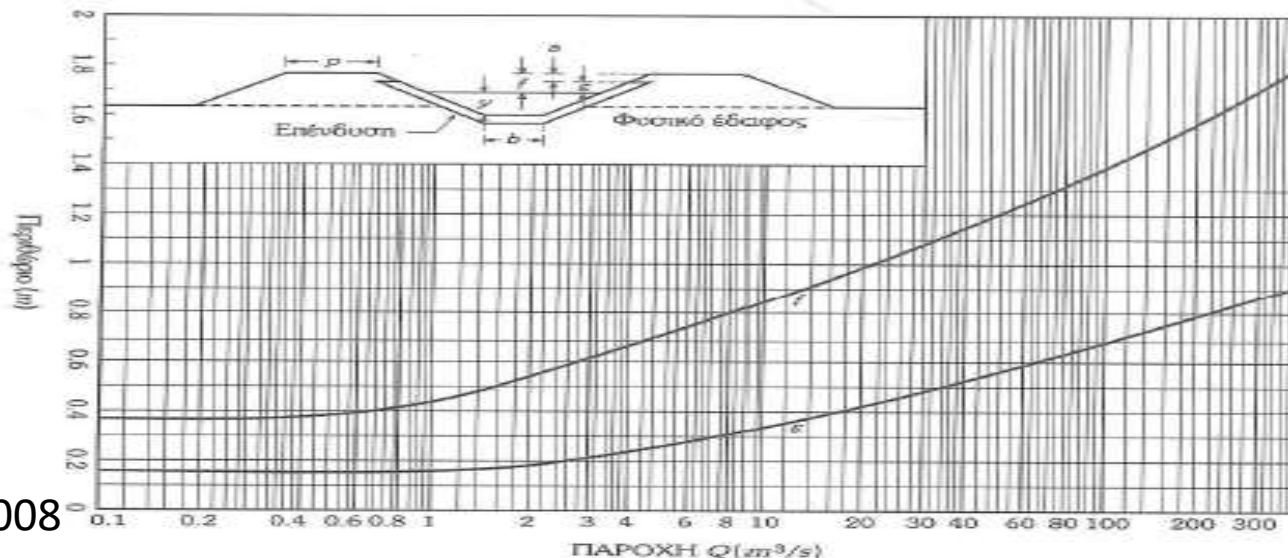
που εξυπηρετεί η διώρυγα. Η ταχύτητα ροής στις διώρυγες μεταφοράς πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0.30 m/s για την αποφυγή αποθέσεων.

Το περιθώριο ή ελεύθερο ύψος είναι η απόσταση μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και της στέψης των αναχωμάτων. Το περιθώριο  $f$  υπολογίζεται πρόχειρα με την ακόλουθη εμπειρική εξίσωση που προτείνει το USBR:

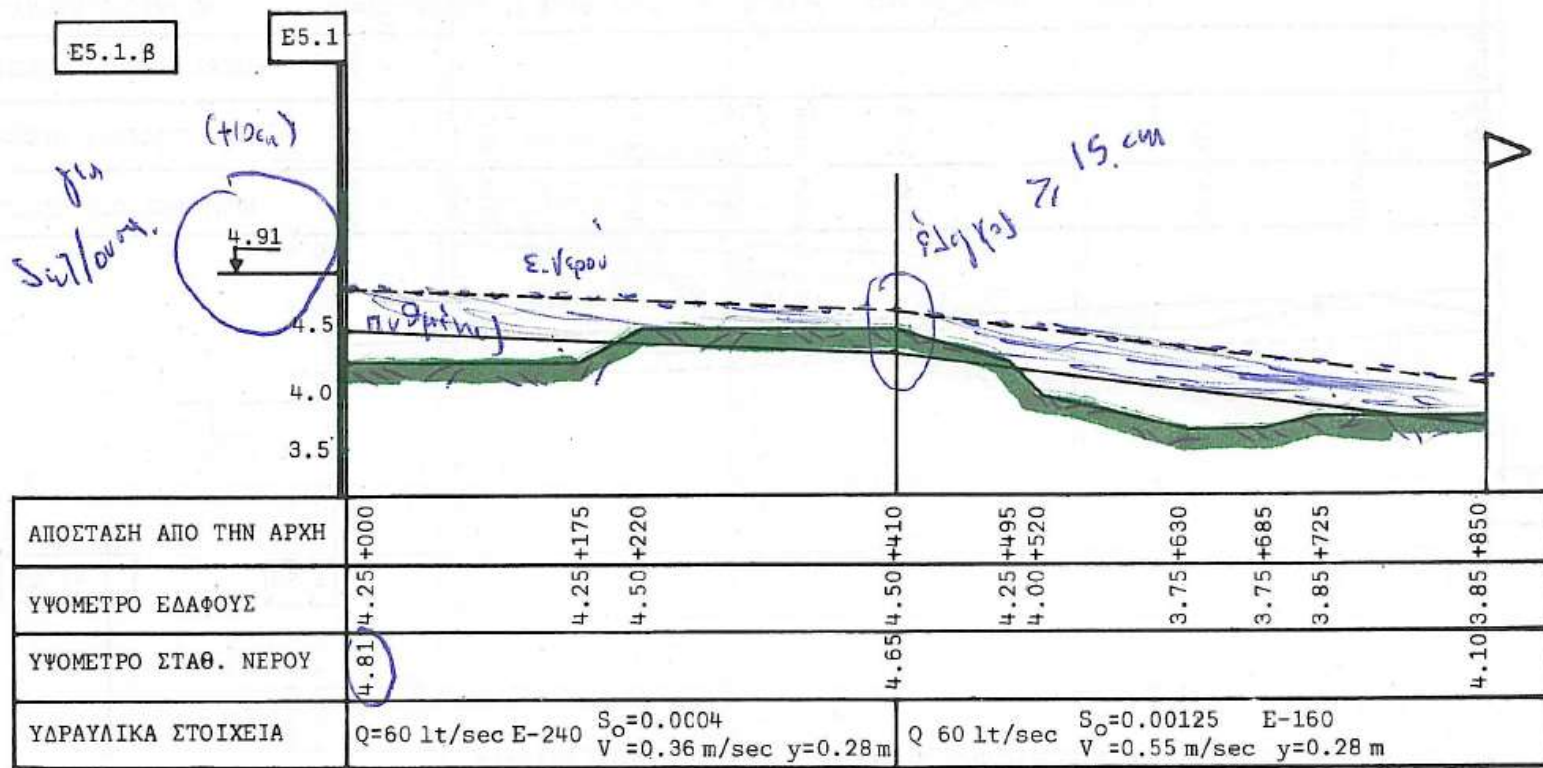
$$f = C \cdot y \quad (8.39)$$

όπου  $y$  = βάθος ροής (m)

$C$  = συντελεστής που κυμαίνεται από 0.46 ως 0.76 για παροχές 0.56 m<sup>3</sup>/s ως 85 m<sup>3</sup>/s.

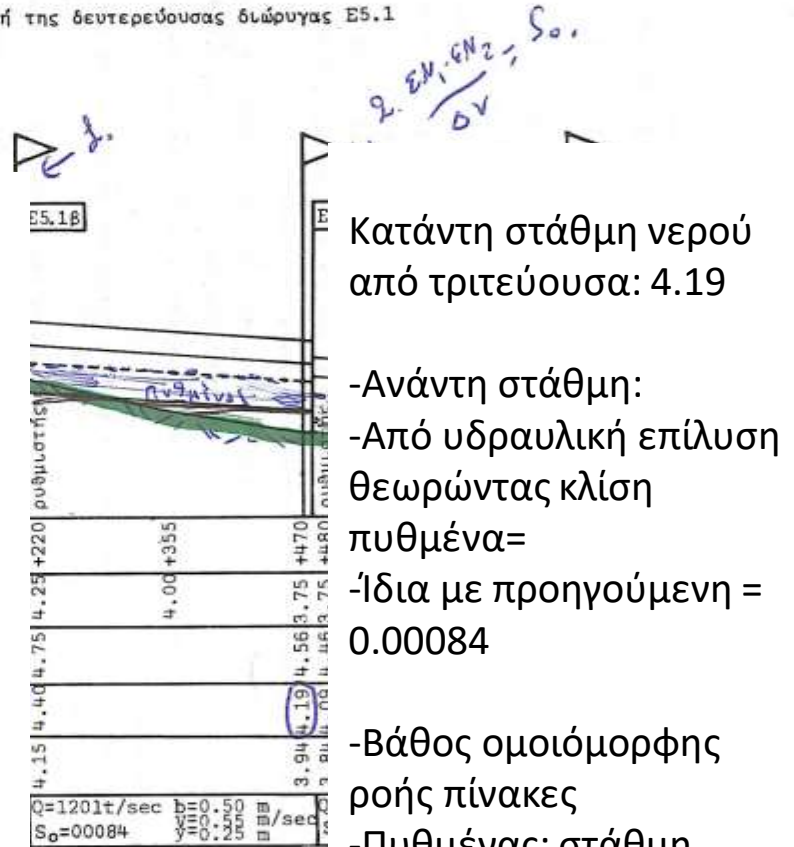
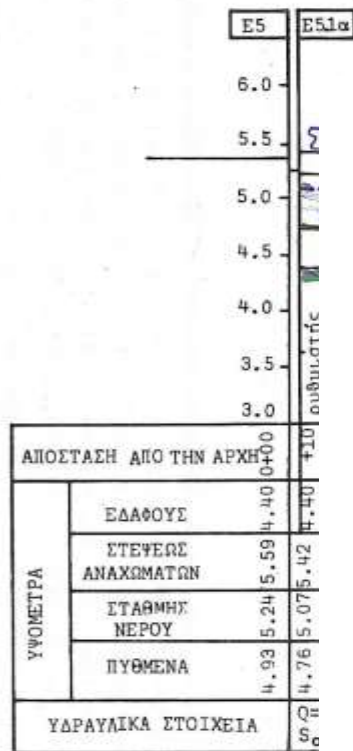


Σχ.8.15 Μηκομή της τριτεύουσας διώρυγας Ε5.1Β



# Επίλυση κατάντη δευτερεύουσας

Σχ.8.13 Μηκοτομή της δευτερεύουσας διώρυγας E5.1



Κατάντη στάθμη νερού από τριτεύουσα: 4.19

-Ανάτη στάθμη:  
-Από υδραυλική επίλυση θεωρώντας κλίση πυθμένα=

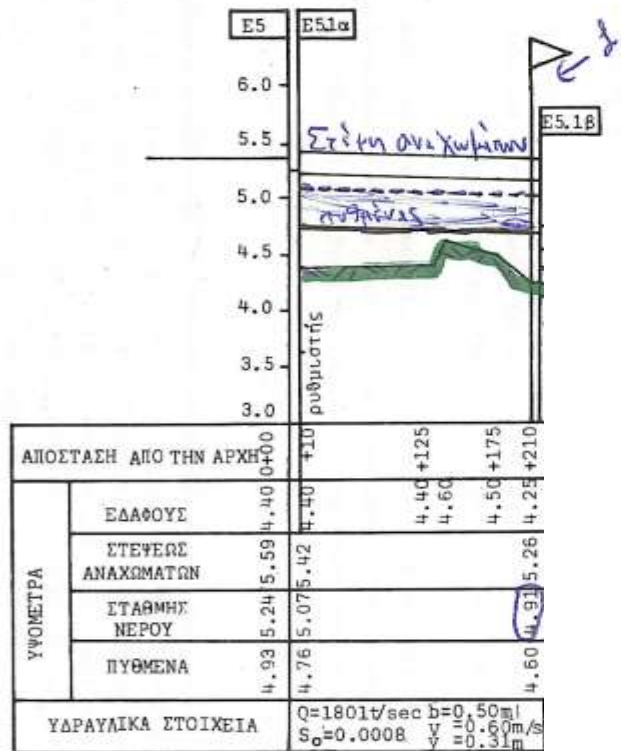
-Ίδια με προηγούμενη = 0.00084

-Βάθος ομοιόμορφης ροής πίνακες

-Πυθμένας: στάθμη νερού-βάθος ομοιόμορφης ροής

# Επίλυση κατάντη δευτερεύουσας

Εχ.8.13 Μηκτομή της δευτερεύουσας διώρυγας E5.1



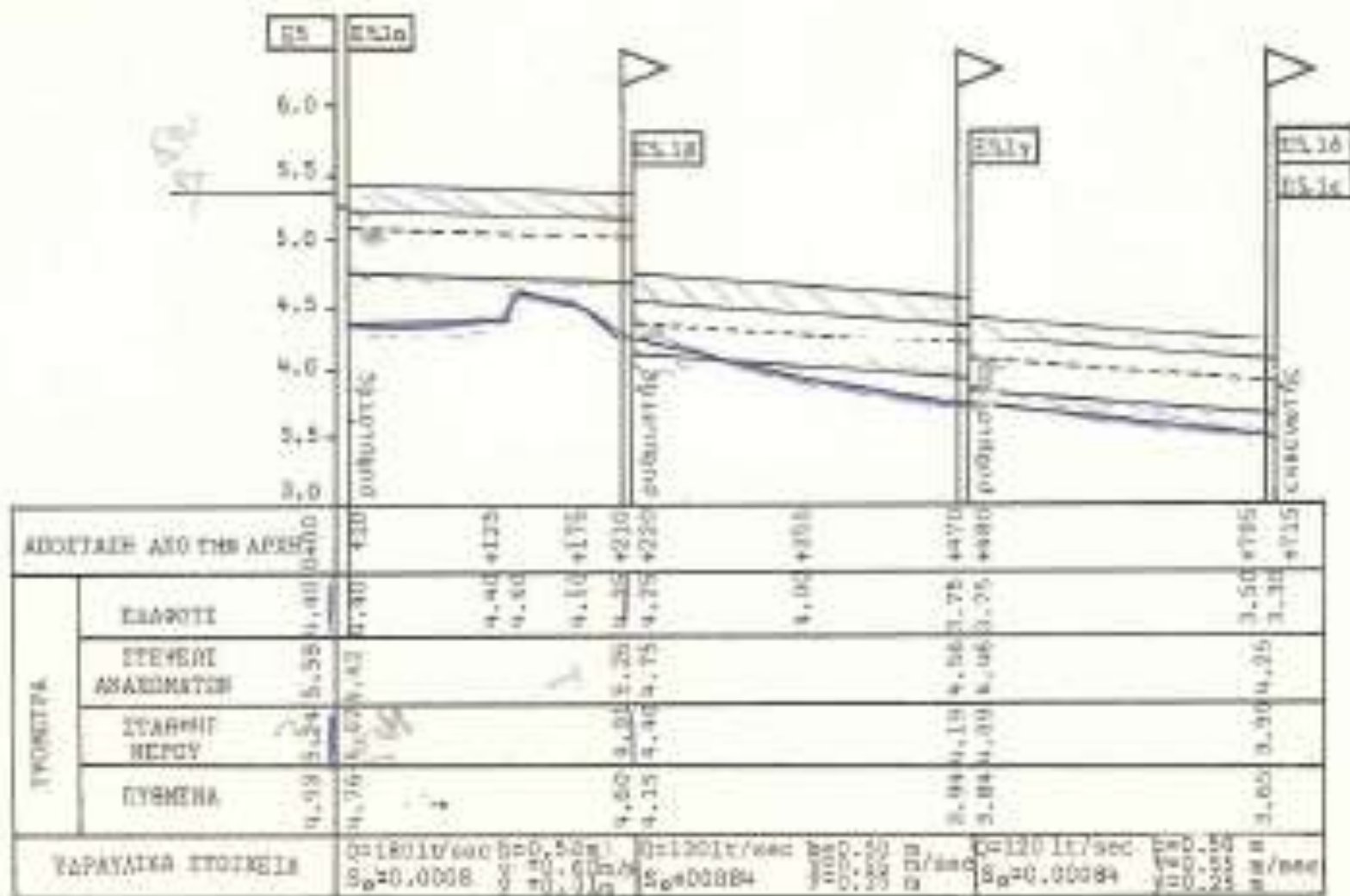
$$2 \cdot \frac{S_{M1} \cdot S_{M2}}{S_o} = S_o$$

Κατάντη στάθμη νερού από τριτεύουσα: 4.91

- Ανάτη στάθμη:
- Από υδραυλική επίλυση θεωρώντας κλίση πυθμένα=
- ελάχιστη= 0.0008

- Βάθος ομοιόμορφης ροής πίνακες
- Πυθμένας: στάθμη νερού-βάθος ομοιόμορφης ροής

Εξ.8.13 Ηλεκτρονική της Δορυφορικής Σταθμής 83-1



ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

$Q=180 \text{ lit/sec}$   
 $S_p=0.0008$   
 $S=0.50 \text{ m}$   
 $S=0.60 \text{ m}$   
 $Q=120 \text{ lit/sec}$   
 $S_p=0.00084$   
 $S=0.50 \text{ m}$   
 $S=0.60 \text{ m}$   
 $Q=120 \text{ lit/sec}$   
 $S_p=0.00084$   
 $S=0.50 \text{ m}$   
 $S=0.60 \text{ m}$