

## 7. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

### 7.1. Προστασία ανάντη πρηνούς φράγματος

Η προστασία του ανάντη πρηνούς του σώματος του φράγματος αφορά κυρίως στα κύματα τα οποία δημιουργούνται στον ταμιευτήρα. Για το μελετώμενο φράγμα η διαστασιολόγηση της προστασίας γίνεται με τη χρήση της κάτωθι εμπειρικής σχέσης:

$$W_{50} = \frac{\gamma H_D^a}{K_D (G_s - 1)^3 (\sigma \phi \theta)^b} \quad (7-1)$$

όπου

$W_{50}$ : μεσοσταθμικό βάρος λίθων, το οποίο υπερβαίνουν λίθοι το συνολικό βάρος των οποίων είναι το 50% του συνολικού βάρους της λιθορριπής προστασίας(lb).

$\gamma$ : βάρος λίθων (lb/ft<sup>3</sup>).

$H_D$ : ύψος κύματος σχεδιασμού (ft).

$K_D$ : εμπειρικός συντελεστής «ζημιάς».

$G_s$ : ειδικό βάρος λίθων.

$\theta$ : η γωνία του πρηνούς.

a, b: εμπειρικοί συντελεστές.

Η σχέση (7-1) βασίζεται σε μελέτες επί υδραυλικών προτύπων του Σώματος Μηχανικών του Αμερικανικού Στρατού (U.S. Army corps of Engineers) τα αποτελέσματα των οποίων περιλαμβάνονται σε σχετική δημοσίευση της Διεθνούς Επιτροπής Μεγάλων Φραγμάτων[17].

Για την συντηρητική παραδοχή «μηδενικής ζημιάς», το U.S. Army corps of Engineers προτείνει τις τιμές  $K_D=3,62$ ,  $a=3$ ,  $b=0,6667$ .

Το βάρος λίθων λαμβάνεται  $\gamma=2100\text{kg/m}^3=131,1\text{lb/ft}^3$  ( $1\text{kg}=2,2046\text{ lb}$  και  $1\text{m}=3,2808\text{ft}$ ). Αντίστοιχα ισχύει  $G_s=2,8$ .

Το ύψος κύματος σχεδιασμού λαμβάνεται  $H_D = 0,857\text{m}$

Για την γωνία ανάντη πρανούς ισχύει  $\sigma\theta=3$ .

Για τις παραπάνω τιμές από την σχέση (7-1) υπολογίζεται  $W_{50}=30,10\text{ kg}$ . Λαμβάνεται  $W_{50}=35\text{ kg}$

Λαμβάνεται επίσης

$W_{\max}=4,0 \cdot W_{50}=140\text{ kg}$  (μέγιστο βάρος λίθου).

$W_{\min}=0,125 \cdot W_{50}=5\text{ kg}$  (ελάχιστο βάρος λίθου).

Η ονομαστική διάσταση λίθου υπολογίζεται κατά προσέγγιση από το βάρος σύμφωνα με την σχέση

$$D_x = \left( \frac{7W_x}{5\gamma} \right)^{1/3}$$

$W_{50}=35\text{kg}$  υπολογίζεται  $D_{50}\approx 280\text{mm}$ .

$W_{\max}=140\text{kg}$  υπολογίζεται  $D_{\max}\approx 450\text{mm}$ .

$W_{\min}=5\text{kg}$  υπολογίζεται  $D_{\min}\approx 150\text{ mm}$ .

## 7.2. Προστασία φράγματος με την κατασκευή στραγγιστηριών

Για τον υπολογισμό της γραμμής διήθησης και του στραγγιστηρίου βλ. «Συμπληρωματικό Τεύχος Γεωτεχνικών Στοιχείων» που υποβάλλεται στα πλαίσια της Οριστικής Μελέτης.

7.3. Προστασία φράγματος από τα όμβρια νερά (κατασκευή αποστραγγιστικών τάφρων)

Για την επιλογή των κατάλληλων διαστάσεων των αποστραγγιστικών τάφρων θα πρέπει να γίνει ο υπολογισμός της παροχής των ομβρίων υδάτων της λεκάνης απορροής που υπάρχει κατάντη του δεξιού αντερείσματος.

Η παροχή των ομβρίων υδάτων υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο:

$$Q_{ομβρ} = C * i_{κρ} * F$$

Όπου

$Q_{ομβρ}$ : παροχή ομβρίων

C: συντελεστής παροχής αιχμής πλημμύρας υδάτων ο οποίος λαμβάνεται 0,5 για λοφώδη εκτάσεις

F:εμβαδό λεκάνης απορροής (63.454 m<sup>2</sup>)

$i_{κρ}$ : κρίσιμη ένταση βροχόπτωσης

Η κρίσιμη ένταση της βροχόπτωσης δίνεται από το ν τύπο

$$i_{κρ} = \frac{8,974 + T^{0,336}}{(t + 0,1)^{0,732}}$$

Όπου

t: η διάρκεια της βροχής σε ώρες η οποία λαμβάνεται ίση με το χρόνο συρροής των υδάτων της λεκάνης απορροής. Ο χρόνος συρροής είναι ο χρόνος μέχρι την είσοδο των υδάτων στα στόμια υδροσυλλογής και λαμβάνεται ίσος με 10 λεπτά.

T: περίοδος επαναφοράς της βροχόπτωσης (50 έτη)

Άρα

$$i_{\kappa\rho\nu} = \frac{8,974 + 50^{0,336}}{((10/60) + 0,1)^{0,732}} = 0,000009282 \frac{m^3}{sec}$$

Και

$$Q_{ομβρ} = 0,5 * 0,000009282 * 63454 = 0,2945 \frac{m^3}{sec} = 295 lt / sec$$

Για την απαγωγή των ομβρίων υδάτων της οδού προς τη στέψη του φράγματος και της οδού περιμετρικά της λεκάνης κατάκλισης σχεδιάστηκε τάφρος, σύμφωνα με την παραπάνω παροχή, παράλληλα με τον άξονα της οδού στα δεξιά των οδών. Προβλέπεται και κατασκευή φρεατίων συλλογής ομβρίων στα οποία θα καταλήγουν τα νερά από τις τάφρους των δρόμων, με την βοήθεια των μικρών ρεμάτων της περιοχής. Τάφρος που κατασκευάζεται για την αποστράγγιση των ομβρίων της πλαγιάς στα δεξιά του φράγματος θα καταλήγουν στο Κακλιτζόρεμα.

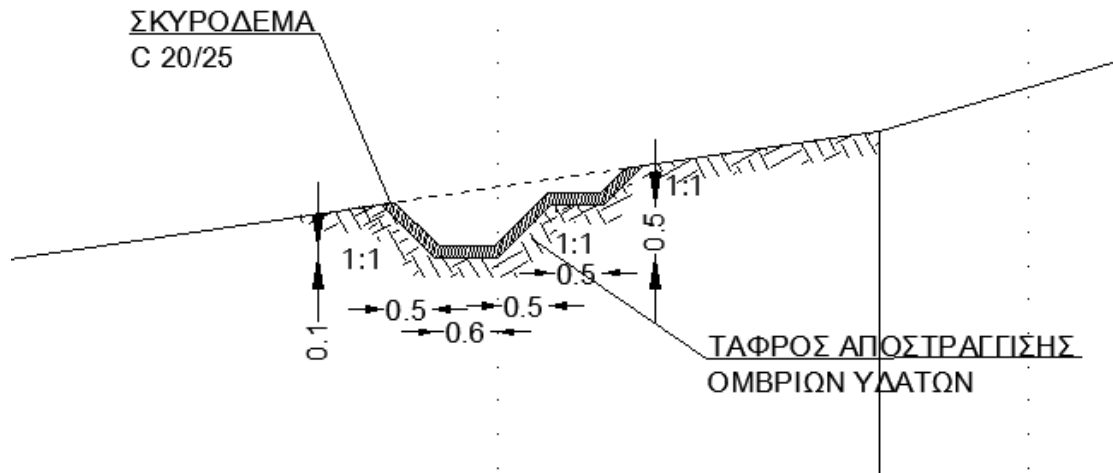
Στη συνέχεια υπολογίζονται τα υδραυλικά στοιχεία της επιλεγόμενης διατομής για τη μέγιστη παροχή:

#### Στοιχεία Τραπεζοειδούς διατομής

- Κατά μήκος κλίση:  
Για την κατα μήκος κλίση, διερευνήθηκαν τρεις περιπτώσεις  
Α) S=0,003 (3‰) και  
Β) S=0,01 (1%)  
Γ) S=0,53 (53%)
- Πλάτος πυθμένα                      b=0,6 m
- Υλικό επένδυσης                      Σκυρόδεμα

Για τον υπολογισμό των υδραυλικών χαρακτηριστικών της Τραπεζοειδούς διατομής εφαρμόστηκαν:

- Ο τύπος του Manning  $V=KR^{2/3}S^{1/2}$ , με V την ταχύτητα ροής, K τον συντελεστή τραχύτητας, R την υδραυλική ακτίνα του αγωγού και S την κλίση αυτού.
- Η εξίσωση συνεχείας  $Q=VE$ , με Q την παροχή, V την ταχύτητα ροής και E το εμβαδό



Σχήμα 7.1. Τυπική διατομή αγωγού ομβρίων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ:

ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

$$Q = 295 \text{ lt/sec} = 0,295 \text{ m}^3/\text{sec}$$

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ:

Για επένδυση από σκυρόδεμα

$$V_{\max} = 18 \text{ m/sec}$$

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ:

$$K = 60$$

$$n = 0,0166667$$

ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ:

$$m = 1$$

ΚΛΙΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ:

$$\text{Σενάριο A: } i = 0,003$$

$$\text{Σενάριο B: } i = 0,01$$

$$\text{Σενάριο Γ: } i = 0,53$$

ΠΛΑΤΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑ:

$$b = 0,6 \text{ m}$$

ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ:

$$H_{\max} = 0,5 \text{ m}$$

	h	$E = hb + h^2$	$\Pi = b + 2 \cdot (h^2) \cdot (\sqrt{2})$	$R = E/\Pi$	$C = (1/n) \cdot R^{(1/6)}$	$Q = EC \cdot \sqrt{(Ri)}$	V
	m	m <sup>2</sup>	m	m		m <sup>3</sup> /sec	m/sec
Σενάριο A	0,25	0,213	0,777	0,274	48,348	0,295	1,39
Σενάριο B	0,18	0,142	0,693	0,205	46,055	0,295	2,08
Σενάριο Γ	0,062	0,041	0,611	0,067	38,234	0,295	7,20

Με δοκιμές, προκύπτει ότι το ύψος ροής με κλίση πυθμένα 3‰ είναι 0,25m ενώ αντίστοιχα με κλίση 1‰ είναι 0,18m.

Διαπιστώνεται ότι η διατομή σε κάθε περίπτωση επαρκεί.

Έλεγχος καθεστώτος ροής:

Αριθμός Froude:

$$Fr = V / (g \cdot (E/b))^{(1/2)} =$$

$$0,742936 < 1$$

ροή υποκρίσιμος

$$1,368123 > 1$$

ροή υπερκρίσιμη

$$8,808102 > 1$$

ροή υπερκρίσιμη

## 7.4. Προστασία φράγματος έναντι πιέσεων

Για την περιγραφή και τον υπολογισμό των προτεινόμενων τσιμεντενέσεων βλ. «Συμπληρωματικό Τεύχος Γεωτεχνικών Στοιχείων» που υποβάλλεται στα πλαίσια της Οριστικής Μελέτης.

## 7.5. Προστασία προφράγματος με την κατασκευή στραγγιστηριών

Ο συντελεστής διήθησης του υλικού του αναχώματος του προφράγματος προσδιορίζεται σύμφωνα με την γεωτεχνική έκθεση (Έκθεση κοινής γεωλογικής & γεωτεχνικής αξιολόγησης σελ.15 Πιν. 4.3) ίσος με

$$k = 0.003093 \text{ m/ημέρα} = \frac{0,003093 * 100 \text{ cm}}{86400 \text{ sec}} = 3.58 * 10^{-6} \text{ cm/sec}$$

Προσδιορίζουμε τον άξονα  $y$  των τεταγμένων της γραμμής διήθησης υπολογίζοντας την απόσταση από τον τύπο:

$$\varepsilon * m * H = 0.3 * 3 * 12.64 = 11.38$$

Κατόπιν υπολογίζεται η απόσταση

$$L_2 = \varepsilon * m * H + \alpha * m$$

Όπου

$m$ : κλίση ανάντη πρανών προφράγματος

$H$ : βάθος νερού (360,29-347,65=12,64)

$\alpha$ : υψομετρική διαφορά στέψης προφράγματος και στάθμης υδάτων (366,0-360,29=5,71)

$\varepsilon$ : εμπειρικός συντελεστής ίσος με 0,3

$$\text{Άρα } L_2 = 0.3 * 3 * 12.64 + 5.71 * 3 = 28.51$$

Υπολογίζεται το μήκος από την αρχή των αξόνων έως το τέλος του πόδα του προφράγματος από τον τύπο

$$L = L_2 + \beta + H_1 * m_1$$

Όπου

$\beta$ : το μήκος στέψης προφράγματος

$H_1$ : υψομετρική διαφορά στέψης προφράγματος και εδάφους στο πέρας του πόδα του προφράγματος ( $366,0-349,50=16,50$ )

$m_1$ : κλίση κατάντη πρανούς προφράγματος

$$\text{Άρα } L = 28.51 + 8 + 16.50 * 2 = 69.51$$

Το βάθος ροής στην έξοδο υπολογίζεται από τον τύπο

$$h_1 = \frac{L}{m_1} - \sqrt{\left(\frac{L}{m_1}\right)^2 - H^2} = 2.38m$$

Κατόπιν υπολογίζεται η απόσταση από την αρχή των αξόνων έως το πέρας της γραμμής διήθησης από τον παρακάτω τύπο

$$L_1 = L - m_1 * h_1 = 69.51 - 2 * 2.38 = 64.75m$$

Υπολογίζεται το ύψος  $h_2$

$$h_2^2 = H^2 - \frac{H^2 - h_1^2}{L_1} * L_2$$

$$\text{Άρα } h_2 = 9,59m$$

Για την παροχή ανά μονάδα μήκους ισχύει η σχέση μεταξύ παροχής

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - h_1^2}{2\Delta L_1} \Rightarrow$$

$$\frac{q}{k} = \frac{12.64^2 - 2,38^2}{2 * 64.75} \Rightarrow$$

$$\frac{q}{k} = 1,19$$

Όπου  $k$  συντελεστής διαπερατότητας

Άρα

$$q = k * 1.19 \Rightarrow$$

$$q = 0.003686m^2 / ημ$$

Η ημερήσια παροχή δίνεται από τον τύπο

$$Q = q * L \Rightarrow$$

$$Q = 0.003681 * 167 \Rightarrow$$

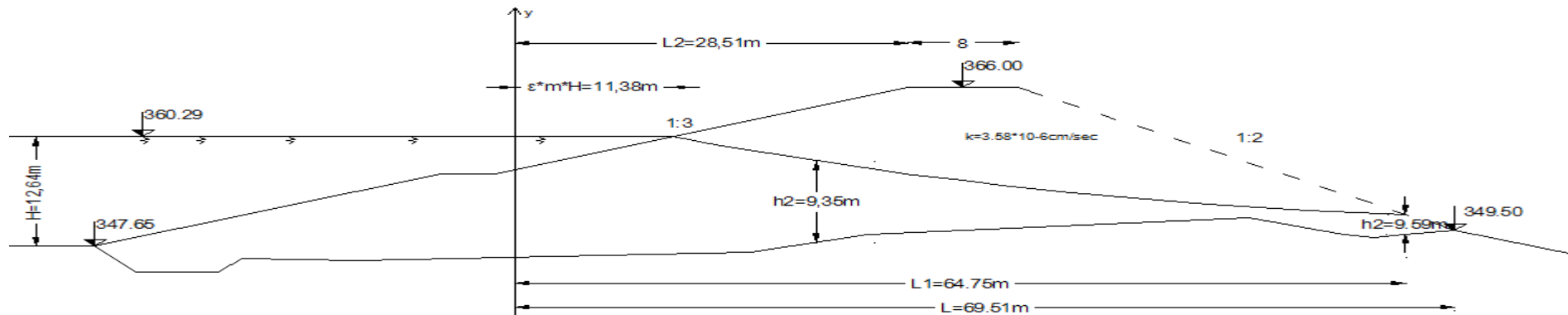
$$Q = 0.615 m^3 / \eta\mu$$

Όπου L μήκος στέψης προφράγματος

Παρατηρούμε ότι η ημερήσια παροχή είναι αρκετά μικρή και δεδομένου ότι η στάθμη υδάτων που λήφθηκε στους υπολογισμούς είναι η μέγιστη στάθμη κατά την εμφάνιση επεισοδίου βροχής με περίοδο επαναφοράς  $T_a = 50$  έτη και η συγκεκριμένη στάθμη θα μειώνεται συνεχώς μετά το τέλος του επεισοδίου λόγω του αγωγού εκκένωσης, δεν κρίνεται αναγκαία η κατασκευή στραγγιστηριών στο πρόφραγμα κατά την περίοδο κατασκευής.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η γραμμή διήθησης (κορεσμού) στο πρόφραγμα.





**Σχήμα 7.2:** Σχεδιασμός της γραμμής διήθησης στο πρόφραγμα.