



Παράκτια Τεχνικά Έργα

ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΓΡΩΝ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ
ΥΠΟΒΡΥΧΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ

Ενότητα 4^η: Υπολογισμοί διαχυτήρα & Υποβρυχίων
αγωγών

Γιάννης Ν. Κρεστενίτης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΓΡΩΝ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ

Ενότητα 4^η: Υπολογισμοί διαχυτήρα & Υποβρυχίων αγωγών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



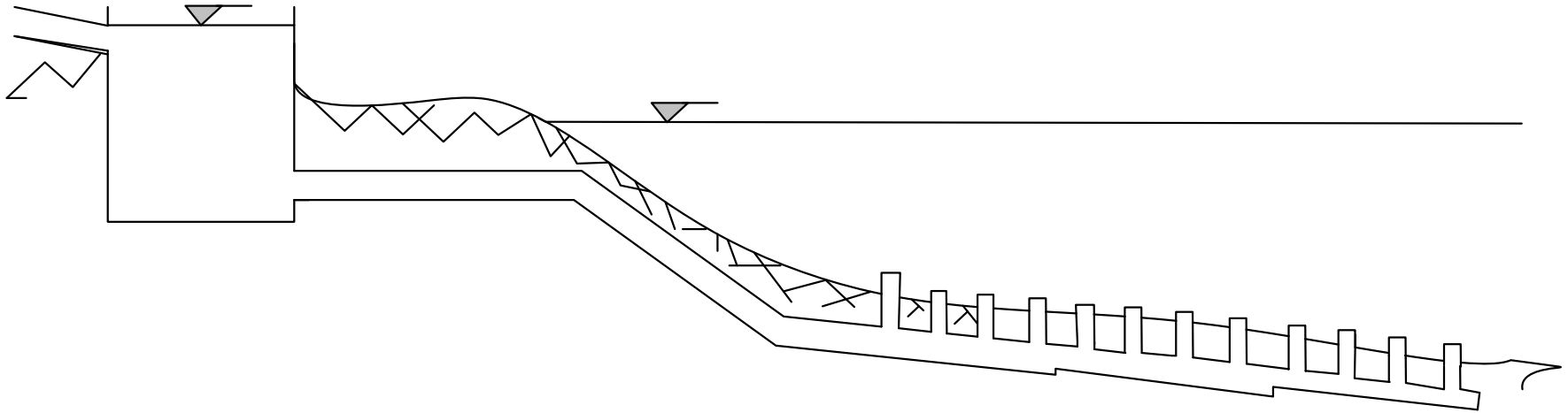
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Σύστημα διάθεσης λυμάτων στην θάλασσα



Σχηματική απεικόνιση συστήματος διάθεσης λυμάτων.
Από τα ανάντη προς τα κατόντη, φρεάτιο φόρτισης-αγωγός
μεταφοράς-διαχυτήρας.

Βασικές αρχές σχεδιασμού υποβρύχιων αγωγών διάθεσης λυμάτων

- **Απλότητα** λειτουργίας.
- **Συνεχής κλίση** του αγωγού προς τη θάλασσα.
- Αγωγός σε όλο το μήκος του **κάτω από την ελάχιστη στάθμη της θάλασσας**.
- Εξασφάλιση **ελάχιστης ταχύτητας ροής** στον αγωγό, για την αποφυγή επικαθήσεων.
- **Αποτροπή της εισαγωγής θαλάσσιου νερού** στον αγωγό.
- *Η είσοδος θαλάσσιου νερού στον αγωγό αποφεύγεται όταν ο πυκνομετρικός αριθμός Froude κάθε ανυψωτήρα (riser) του διαχυτήρα είναι μεγαλύτερος του 1.*
- **Συνεχής λειτουργία** του αγωγού.
- **Η διάμετρος των ανυψωτήρων να είναι τουλάχιστον 100mm για την αποφυγή εμφράξεων και τη δυνατότητα καθαρισμού.**
- **Η συνολική διατομή των ανυψωτήρων κατάντη τυχαίας διατομής του διαχυτήρα πρέπει να είναι μεταξύ 0.5-0.7 της διατομής αυτής. Οι παροχές των διαχυτήρων να είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφες.**
- Προσεκτικός σχεδιασμός του **φρεατίου φόρτισης** στην κεφαλή του αγωγού.



Διαστασιολόγηση αγωγού, διαχυτήρα και θυρίδων εκροής

- Α) η ταχύτητα στον αγωγό και το διαχυτήρα να είναι $0.75-1\text{m/s}$ με αρκετή συχνότητα για να εμποδίζεται η εναπόθεση των αιωρούμενων φερτών που περιέχουν τα υγρά απόβλητα.
- Β) η μέγιστη ταχύτητα στον αγωγό και το διαχυτήρα να είναι μικρότερη από 2m/s , ώστε οι απώλειες φορτίου να μη γίνονται απαγορευτικές για την προτεινόμενη λύση.
- Γ) η διάμετρος της θυρίδας πρέπει να είναι $0.15-0.20\text{m}$, ενώ η συνολική επιφάνεια των θυρίδων πρέπει να είναι μικρότερη από την επιφάνεια της διατομής του διαχυτήρα (προτείνεται συνήθως ο λόγος $0.5-0.7$)

$$0.5 < \sum d_i^2 / D^2 < 0.7$$



Διαστασιολόγηση αγωγού, διαχυτήρα και θυρίδων εκροής (συνέχεια)

- δ) η θάλασσα δεν πρέπει να εισέρχεται μέσα στον διαχυτήρα ώστε να μη δημιουργείται μέσα στο διαχυτήρα μια ακίνητη στρώση. Η ακίνητη αυτή στρώση που είναι το βαρύτερο θαλασσινό νερό διευκολύνει την εναπόθεση των φερτών υλών στην περιοχή της.
- Ο αριθμός του Froude πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 0.50. Συνήθως ως ελάχιστη τιμή λαμβάνεται $F=1$.
- ε) οι θυρίδες εκροής σχεδιάζονται ώστε να εξασφαλίζουν τη συνεχή εκροή των λυμάτων στη θάλασσα. Έτσι ανάλογα του πως έχει ο διαχυτήρας τοποθετηθεί (πάνω στο θαλάσσιο πυθμένα ή σε εκσκαφή) οι θυρίδες βρίσκονται σε σωλήνες που ξεκινούν από το διαχυτήρα και έχουν ύψος περίπου 1m (ανυψωτήρες).



Φρεάτιο φόρτισης

Το φρεάτιο φόρτισης πρέπει να εξασφαλίζει:

(α) την καταστροφή της ενέργειας του αγωγού προσαγωγής και την ομαλή καθοδήγηση της ροής προς τον υποθαλάσσιο αγωγό.

(β) την αποτροπή εισαγωγής αέρα στον αγωγό κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες και

(γ) ικανό φορτίο αυτοκαθαρισμού.



Υδραυλικός υπολογισμός του διαχυτήρα (1)

- Ο υδραυλικός υπολογισμός του υποβρυχίου αγωγού, του διαχυτήρα και των θυρίδων εκροής ξεκινά από την πιο απομακρυσμένη θυρίδα (στο κατάντη άκρο του διαχυτήρα) και προχωρά προς τα ανάντη.
 - Υπόθεση: η ροή μιας θυρίδας δεν επηρεάζει τη ροή στις γειτονικές θυρίδες και αντίστροφα
- Η ικανοποίηση της προηγούμενης παραδοχής γίνεται εφόσον η απόσταση μεταξύ των θυρίδων είναι μεγαλύτερη από $10D$, όπου D η διάμετρος της θυρίδας.
- Συνήθως η απόσταση μεταξύ των θυρίδων εκροής ισούται με το $\frac{1}{4}$ του βάρους στο οποίο βρίσκεται η στάθμη των θυρίδων εκροής.



Υδραυλικός υπολογισμός του διαχυτήρα (2)

Η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας μεταξύ δύο διαδοχικών ανυψωτήρων του διαχυτήρα (μετρώντας από το τέλος), γράφεται ως εξής:

$$E_{n+1} = E_n + \Delta H_{f12} + \Delta\rho/\rho_o \Delta z_n \text{ και } \Delta H_{f12} = f s V_n^2 / (2gD_n)$$

E_n : το ολικό ύψος ενέργειας στη θέση n

ΔH_{f12} : οι απώλειες ενέργειας στο διαχυτήρα μεταξύ των δύο διαδοχικών σημείων

$\Delta\rho$: η διαφορά πυκνότητας θαλάσσιου νερού και λυμάτων

ρ_o : η πυκνότητα των λυμάτων

Δz : η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο διαδοχικών σημείων του διαχυτήρα

Δl : η μεταξύ τους απόσταση

f : ο συντελεστής τριβών

V_n : η ταχύτητα ροής στο τμήμα του διαχυτήρα



Υδραυλικός υπολογισμός στο διαχυτήρα (3)

Η παροχή q_n του ανυψωτήρα στη θέση n υπολογίζεται από τη σχέση

$$q_n = C_D (\pi D^2/4) [2gE_n]^{1/2}$$

Ο συντελεστής παροχής, C_D , υπολογίζεται για την περίπτωση ομαλά προσαρμοσμένου ανυψωτήρα (bell-mouthed port)

$$C_D = 0.975(1 - V_n^2/2gE_n)^{3/8}$$

ενώ για την περίπτωση του απότομα προσαρμοσμένου ανυψωτήρα (sharp-edged port).

$$C_D = 0.63 - 0.58(V_n^2/2gE_n)$$



Υδραυλικός υπολογισμός στο διαχυτήρα (4)

Επιδίωξη της διαστασιολόγησης είναι το **απαιτούμενο πιεζομετρικό ύψος στο φρεάτιο φόρτισης** για την παροχή σχεδιασμού, με μέση στάθμη θάλασσας, **να μην υπερβαίνει το υψόμετρο του εδάφους πριν την ακτή** (για την αποφυγή αντλιοστασίου).

Ταυτόχρονα πρέπει:

- α) ο πυκνομετρικός αριθμός Froude, $F = V_a / (Dg\Delta\rho/\rho)^{1/2}$ κάθε στομίου ανυψωτήρα να είναι **μεγαλύτερος του 1**.
- β) Η ταχύτητα στο διαχυτήρα να είναι **μεγαλύτερη από την ταχύτητα αυτοκαθαρισμού**.



Φρεάτιο φόρτισης (1)

- Το αναγκαίο φορτίο για τη λειτουργία του διαχυτήρα για την παροχή σχεδιασμού

$$H_{\Phi} = E_T + \Delta\rho/\rho_w z_T + \Delta H$$

- E_T η ενέργεια στη θέση του τελευταίου (ανάντη) ανυψωτήρα.
- Z_T το βάθος στην έξοδο του τελευταίου ανυψωτήρα (από τη στάθμη της μέγιστης πλήμμης).
- ΔH οι απώλειες στον αγωγό από τον τελευταίο ανυψωτήρα μέχρι το φρεάτιο φόρτισης.



Φρεάτιο φόρτισης (2)

- Απώλειες στον υποθαλάσσιο αγωγό:

$$\Delta H = 1.1 \cdot (f \cdot L/D \cdot V^2/2g) = 1.1 \cdot (n^2 \cdot V^2 \cdot L/R^{4/3})$$

προσαύξηση 10% των γραμμικών απωλειών για την κάλυψη και των τοπικών απωλειών.

- Η είσοδος αέρα στον αγωγό αποκλείεται με τον καθορισμό ελάχιστης στάθμης λειτουργίας του φρεατίου φόρτισης που βρίσκεται αρκετά πάνω από την άντυγα του αγωγού.
- ***Η άντυγα του αγωγού στο φρεάτιο φόρτισης πρέπει να είναι τοποθετημένη κάτω από τη στάθμη της κατώτατης ρηχίας.***

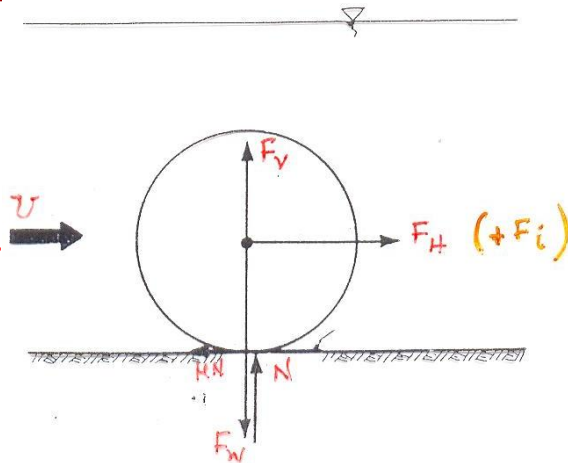


Υδροδυναμικές φορτίσεις υποβρύχιων αγωγών

F_w : βυθισμένο βάρος (βάρος αγωγού λυμάτων- άνωση)

F_v : $0.5C_v\rho_\alpha DU^2$: υδροδυναμική άνωση $C_v \approx 3$

* F_H : $0.5C_H\rho_\alpha DU^2$: οριζόντια υδροδυναμική φόρτιση $C_H \approx 2$



N: αντίδραση στήριξης

N: τριβή

μ : συντελεστής τριβής 0.5-0.7

Ευστάθεια

$$F_w - F_v \geq N = F_H / \mu \quad (\mu \approx 0.7)$$

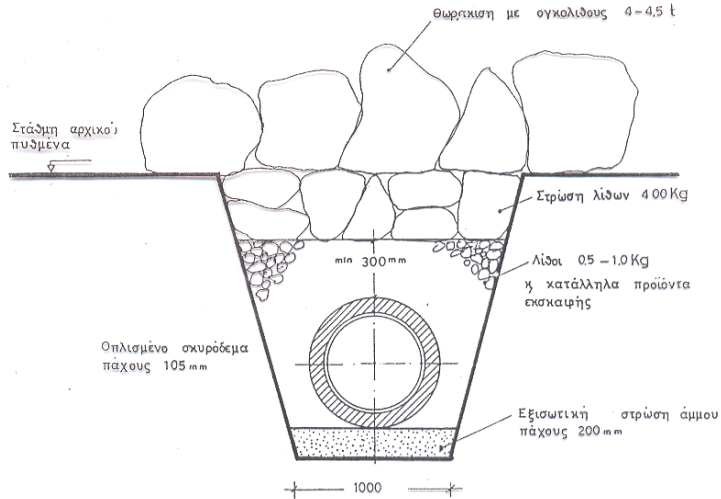
Βάρος ογκολίθων : $F_H / \mu - (F_w - F_v)$

$F_i = C_M \pi D^2 / 4 * \rho_\alpha * \theta u / \theta t$: αδρανειακή συνιστώσα λόγω επιτάχυνσης του ρευστού (κύματα)

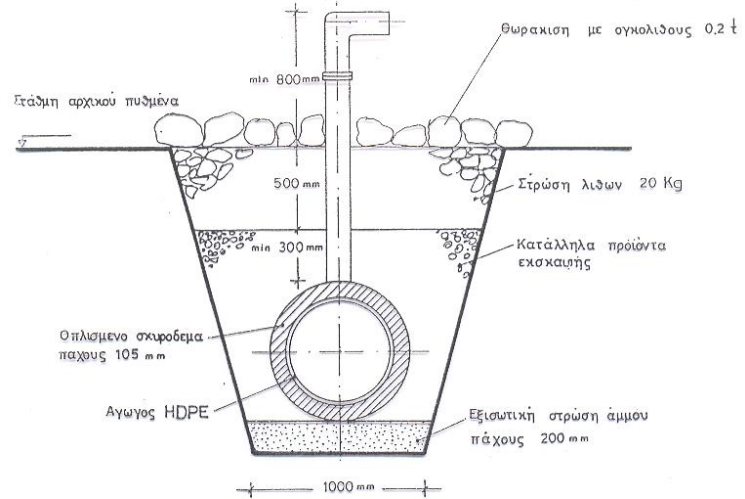
$C_M \approx 2.5$



Διατομή αγωγού στην παράκτια ζώνη και στη θέση του διαχυτήρα



ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ



ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΥΤΗΡΑ



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Γιάννης Ν. Κρεστενίτης, «Παράκτια Τεχνικά Έργα», Θεσσαλονίκη 2009, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις
- Φωτογραφικό αρχείο John Πανάγου



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Κρεστενίτης Ιωάννης.
«Παράκτια τεχνικά έργα. Διάθεση υγρών στη θάλασσα. Υποβρύχιοι αγωγοί.
Υπολογισμοί διαχυτήρα & Υποβρυχίων αγωγών». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS391/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. 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».



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

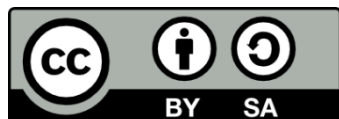
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Μαυρίδου Σοφία
Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

