

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ.

ΤΜΗΜΑ: ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ.

ΣΧΟΛΗ: ΣΤΕΓ.

ΘΕΜΑ:

**ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟΙ ΣΤΟ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΦΑΡΜΑΣ ΨΑΡΙΩΝ.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΑΝΔΡΕΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ.

ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΓΙΑΝΑΚΗΣ.

ΤΣΟΛΑΚΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ.

ΒΛΑΧΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ.

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1996.

Εμπρίνετα
Α. Γαλακ



Υδραυλικοί τύποι χρησιμοποιούμενοι
στο σχεδιασμό φάρμας ψαριών.

J.ΚΟΥΑΡΙ.

Οργανισμός Τροφής και Γεωργίας των
Ηνωμένων Εθνών.

Ρώμη, Ιταλία.

- 1.-Κατάλογος συμβόλων, διαστάσεων και μονάδων.
- 2.- Σχεδιαστικοί τύποι για ροή καναλιού.
- 3.- Σχεδιαστικοί τύποι για υδραυλικές κατασκευές.
 - 3.1 Σχεδιαστικοί τύποι για εισόδους υδάτων.
 - 3.1.1 Ανοιχτή είσοδος (υδρογράκτης).
 - 3.1.2 Είσοδος σωλήνα.
 - 3.2 Σχεδιαστικοί τύποι για εισόδους.
 - 3.2.1 Είσοδος σωλήνα ελεύθερης πτώσης.
 - 3.2.2 Είσοδος υποθαλάσσιου σωλήνα.
 - 3.2.3 Είσοδος ανοιχτού οχετού.
 - 3.3 Σχεδιαστικοί τύποι για εξόδους.
 - 3.3.1 Είδη εξόδων.
 - 3.4 Σχεδιαστικοί τύποι για υδραγωγεία.
 - 3.4.1 Τύποι εκροής.
 - 3.5 Σχεδιαστικοί τύποι για κάθετους καταρράκτες.
 - 3.5.1 Τύποι εκροής.
 - 3.6 Σχεδιαστικοί τύποι για υπερχειλιστήρες.



3.6.1 Προτεινόμενο σχέδιο χειμάρων για τους υπερχειλιστήρες.

3.6.2 Είδη υπερχειλιστήρων.

3.6.3 Τύποι εκροής.

3.7 Σχεδιαστικοί τύποι για σιφώνια.

3.7.1 Είδη σιφωνίων.

3.7.2 Εκροή σιφωνίου.

4.- Εκροή φρεατίων

4.1 Είδη φρεατίων.

4.2 Εκροή φρεατίων σε περιορισμένο AQUIFER.

4.3 Εκροή φρεατίου σε απεριόριστο AQUIFER.

4.4 Ακτίνα επίδρασης.

4.5 Ταχύτητα εισόδου οθόνης - παραπετάσματος.

4.6 Προτεινόμενη διάμετρος φρεατίου.

5.- Σχεδιαστικός τύπος οθόνης.

6.- Σχεδιαστικός τύπος φίλτρου.

7.- Σχεδιαστικοί τύποι ροής σε σωλήνες.

7.1 Μέθοδος μεταφοράς.

7.2 Δευτερεύουσες απώλειες.

7.3 Τοπικές απώλειες.

8.- Σχεδιαστικοί τύποι για άντληση.

8.1 Είδη αντλιών που χρησιμοποιούνται στην Ιχθυοκαλλιέργεια.

8.2 Ολικά δυναμικές κεφαλές.

8.3 Ειδική ταχύτητα.

8.4 Καθαρά θετική κεφαλή αναρρόφησης.

8.5 Προϋπόθεση ενέργειας.

8.6 Προσδιορισμός της πιο οικονομικής διαμέτρου σωλήνα.

Κατάλογος συμβόλων, διαστάσεων και μονάδων.

Ένας κατάλογος από σύμβολα με τις διαστάσεις και τις μονάδες τους που χρησιμοποιούνται στους τύπους, δίνεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1

Σύμβολα, διαστάσεις και μονάδες που χρησιμοποιούνται.

μβολο	Περιγραφή	Διαστάσεις	Μονάδες
A	Περιοχή	L2	M2
B	Πλάτος επιφάνειας καναλιού.	L	M
C	Πλάτος βυθού καναλιού.	L	M
D	Διάμετρος	L	M
δ	Βάθος.	L	M
G	Επιτάχυνση χάρη στη δύναμη της βαρύτητας.	L/T2	M/SeC2
H	Ολική κεφαλή, πάνω σε κορυφή.	L	M
η	Βάθος κεφαλής ή νερού.	L	M
η ε	Απώλεια κεφαλής.	L	M
K	Συντελεστής διαπερατότητας.	L/T	M/SeC2
L	Μήκος, διάρκεια.	L	M
λ	Μήκος.	L	M
η	Συντελεστής σκληρότητας MANNING.	T/L1/3	SeC 1/3
P W		L	M
P	Επιτρεπτή πίεση κεφαλής για σιφώνι.	L	M
P	Πίεση.	L	M
Q	Εκροή.	L3/T	M3/SeC
	Μονάδα εκροής.	L3/T	M3/SeC
R	Υδραυλική ακτίνα.	L	M
ν	Ακτίνα.	L	M
V	Όγκος.	L3	M3
W	Μονάδα βάρους νερού πλοιος κατασκευής.	F/L3;L	KG/M3;M
Υ	Πυκνότητα νερού.	F/L3	KG/M3

Σύμβολα για ποσότητες χωρίς διαστάσεις.

Σύμβολο	Ποσότητα
C	Συντελεστής εκροής.
K.	Συντελεστής απώλειας οθόνης.
S	Κλίση πυθμένα.
Z	Αναλογία πλάγιας κλίσης για τομή καναλιού οριζόντια προς κάθετη.
η	Αποδοτικότητα.
λ	Συντελεστής τριβής.
Π	3.1416
Φ	Συντελεστής ταχύτητας.
Ψ	Συντελεστής συστολής.

2.- Σχεδιαστικοί τύποι για ροή καναλιού.

Φόρμουλα MANNING.

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \quad \text{m/sec} \quad (2.1)$$

όπου $v =$ μέση ταχύτητα, M/SEC

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{υδραυλική ακτίνα, M.}$$

A= Τομή περιοχής καναλιού, M²

P= Περίμετρος καναλιού, M.

S= Κλίση καναλιού.

η= Συντελεστής σκληρότητας

Οι τιμές του η για διάφορες συνθήκες καναλιού φαίνονται στον πίνακα 2.

Τύποι εκροής.

$$Q = v \times A = \frac{A}{n} R^{2/3} \times S^{1/2}, \quad \text{m}^3/\text{sec} \quad (2.2)$$

Τύπος φυσιολογικού βάθους νερού.

$$h = \sqrt{\left(\frac{b}{2z}\right)^2 + \frac{A}{z}} - \frac{b}{2z}, \quad \text{m} \quad (2.3)$$

Τύπος κλίσης

$$S = \left(\frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2$$

όπου D= πλάτος πυθμένα καναλιού.

Z= αναλογία πλάγιας κλίσης.

Πίνακας 2

Τιμές συντελεστή σκληρότητας.

Κατάσταση καναλιού.

Εξαιρετικά λείες, ευθείες επιφάνειες: σματωμένο η βερνικωμένο στρώμα, γυαλί, LUCITE, μπρούτζος.

Πολύ καλά σχεδιασμένες και προσαρμοσμένες σανίδες, λείο μέταλλο, καθαρός σοβάς τσιμέντου, λεία πίσσα η στρώμα μπογιάς.

Σχεδιασμένη ξυλεία, λειασμένο ασβεστοκονίαμα (1/3 άμμου) χωρίς σχεδιάσματα, σε ευθεία παράταξη.

Προσεκτικά προσαρμοσμένες αλλά ασχεδιάστες σανίδες, μπετόν με ατσάλινο μυστρί σε ευθεία παράταξη.

Λογικά ευθείες, καθαρές, λείες επιφάνειες χωρίς σχεδιάσματα, καλές σανίδες, προσεκτικά χτισμένες τοίχος με τούβλα, μπετόν με ξύλινο μυστρί, λείο ντυμένο ASNLAR.

Καλές ξύλινες, μεταλλικές ή τσιμεντένιες επιφάνειες με μερική καμπυλότητα, πολύ μικρά σχεδιάσματα, λεπτά βρούα ή ανάπτυξη άλγεων ή στρώμα χαλικιού. Μπάλα μπετόν στρωμένο με μυστριασμένο ασβεστοκονίαμα.

Ακατέργαστο τούβλο, μέσης ποιότητας κομμένη πέτρινη επιφάνεια, ξύλο με ανάπτυξη αλγέων ή βρύων, ακατέργαστο μπετόν, καρφωμένο ατσάλι.

Πολύ λεία και ίσια χωμάτινα κανάλια, χωρίς καλλιέργειες, χαλίκια τοποθετημένα στο τσιμέντο, πεταμένο ακατέργαστο μπετόν χειροτέρεψε τον τούβλινο τοίχο, εξαιρετικά καλά ανεσκαμμένο και στρωμένο κανάλι χαραγμένο σε φυσικό βράχο.

Καλοφτιαγμένα χωμάτινα κανάλια καλυμμένα με παχιά, ομοιόμορφα βουρκώδη στρώματα, μεταλλικοί αγωγοί με υπερβολική καμπυλότητα, μεγάλα σχεδιάσματα, συσσωρευμένα μπάζα.

Λείο καλοστοιβαγμένο χώμα, ακατέργαστοι πέτρινοι τοίχοι, κανάλια ανεσκαμμένα σε στερεό, μαλακό βράχο, λίγα καμπυλωτά κανάλια σε στερεό LOESS, χαλίκι ή πηλός, με βουρκώδη στρώματα, χωρίς ανάπτυξη, σε μέση κατάσταση, χειροτερεύων ανώμαλος μεταλλικός αγωγός με καμπυλότητες και συντρίμια, πολύ μεγάλα κανάλια σε καλή κατάσταση.

Μικρά τεχνητά χωμάτινα κανάλια σε καλά διατηρώμενη κατάσταση, ευθείς φυσικοί χείμαρροι με κάπως καθαρό ομοιόμορφο πυθμένα χωρίς λιμνούλες και φράγματα CAVIHGS AHD SCOURS των όχθων.

Χαντάκια, κάτω από το μέσο όρο τεχνητά κανάλια με διασκορπισμένα βόσταλα στην κοίτη.

Καλοδιατηρημένος μεγάλος χειμαροδιάδρομος' ατημέλητα τεχνητά κανάλια με SCOURS, τσουλήθρες, σημαντικά υδρόβια ανάπτυξη' φυσικός χείμαρρος με καλή ευθυγράμμιση κ' αρκετά σταθερή τομή.

Μόνιμα αμμόδης ποταμοί με μέτριες αλλαγές στην τομή, μέσο στάδιο' ελαφρώς καμπυλωτά διακοπτόμενοι χείμαρροι σε πολύ καλή κατάσταση.

Μικρά, χειροτερεύοντα τεχνητά κανάλια, μισοφραγμένα με υδρόβια ανάπτυξη, ελικοειδής ποταμός με καθαρή κοίτη αλλά με λιμνούλες κ' ρηχά.

Ανώμαλος καμπυλώδης μόνιμα αμμόδης χείμαρρος με λεία κοίτη ευθή φυσικά κανάλια με ανώμαλα πυθμένα, φραγμοί άμμου, αμμόλοφοι, ελάχιστοι βράχοι κ' υποβρύχια χαντάκια χαμηλότερος τομέας χειμάρων σα βουνά με καλοαναπτυγμένο κανάλι με ιζηματογενή στρώματα' διακοπτόμενοι χείμαρροι σε καλή κατάσταση' κάπως χειρότερα τεχνητά κανάλια με βρύα κ' καλάμια, βράχους, SCOURS κ' τσουλήθρες.

Τεχνητά χωμάτινα κανάλια εν' μέρει φραγμένα από συντρίμια, ρίζες και αγριόχορτα' ακανόνιστα ελικοειδής ποταμοί με μερικώς GROWH-ΙΗ ή βραχώδη κοίτη' ανεπτυγμένες πεδιάδες με πλούσιο χορτάρι και θάμνους.

Ορεινά λαγκάδια, πλήρως κατάφυτα μικρά τεχνητά κανάλια, επίπεδες πεδιάδες διασταυρωμένες με βαθιά χαντάκια (αργή ροή).

Βουνίσια ποταμάκια με καταράκτες και απότομα φαράγγια, πολύ ανώμαλες πεδιάδες, χορταριασμένα και αργοκίνητα φυσικά κανάλια φραγμένα από δέντρα.

Πολύ απότομα βουνίσια ποταμάκια, βαρεία βλάστητα ποτάμια με κούτσουρα και ξύλα στο πυθμένα, πεδινό δάσος με λιμνούλες.

Λασποροή, πολύ πυκνά πεδινά δάση, πλαγιές με γραμμές διαχωρισμού ύδατος.

Πίνακας 3

Επιτρεπτές Μέσες Ταχύτητες κατά της διάβρωσης ή SCOUR σε κανάλια ποικίλων εδαφών και υλικών.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Μαλακός πηλός ή πολύ εκλεκτός πηλός.

Πολύ εκλεκτή ή πολύ ψιλή καθαρή άμμος.

Πολύ ψιλή, ελεύθερη άμμος ή βούρκος.

Χοντρή άμμος η ψιλό αμμώδες έδαφος.

Μέσο αμμώδες έδαφος και καλή κοπρογή.

Αμμώδης κοπρογή.

Μέση κοπρογή ή αμμώδες έδαφος.

Στερεή κοπρογή, αργιλώδης κοπρογή.

Στερεό χαλίκι η πηλός.

Σκληρό αργιλώδες έδαφος, συνηθισμένο χαλικώδες έδαφος, ή πηλός και χαλίκι.

Σπασμένη πέτρα και πηλός.

Χορτάρι.

Χοντρό χαλίκι, βότσαλα, σχιστόλιθος, σκληρό στρώμα εδάφους.

Μάζες, τσιμεντένιο χαλίκι, μαλακός σχιστόλιθος, μαλακό ιζηματογενές πέτρωμα.

Μαλακό πέτρωμα.

Σκληρό πέτρωμα.

Πολύ σκληρό πέτρωμα ή μπετόν.

Πίνακας 4

Επιτρεπτές πλάγιες κλίσεις για τραπεζοειδή κανάλια σε ποικίλα εδάφη

Τύπος εδάφους.

Ψιλή άμμος, υγρός πηλός.

υγρή άμμος.

Ελεύθερη γή, ελεύθερη αμμώδης κοπρογή.

Συνηθισμένο χώμα, μαλακός πηλός, αμμώδης κοπρογή, χαλικώδης κοπρογή ή κοπρογή.

Συνηθισμένο χαλίκι.

Σκληρό χώμα ή πηλός, μαλακός χερσότοπος.

Σκληρό στρώμα εδάφους, αμμώδες έδαφος, σταθερό χαλίκι, σκληρό συμπαγές χώμα, σκληρός χερσότοπος.

Μαλακό πέτρωμα.

Πίνακας 5

Χαρακτηριστικές διαστάσεις των καλύτερων τραπεζοειδών καναλιών για δοθείσα τομημένη περιοχή και πλάγια κλίση.

Πλάγια κλίση:	$\frac{h}{\sqrt{A}}$	$\frac{b}{\sqrt{A}}$	$\frac{B}{\sqrt{A}}$	$\frac{P_w}{\sqrt{A}}$	$\frac{R}{\sqrt{A}}$
0.5:1	0.759	0.938	1.698	2.640	0.379
1:1	0.739	0.612	2.092	2.705	0.370
1.5:1	0.689	0.417	2.483	2.905	0.344
2:1	0.636	0.300	2.844	3.145	0.318
2.5:1	0.589	0.227	3.169	3.395	0.295
3:1	0.549	0.174	3.502	3.645	0.275

Όπου h = βάθος νερού. b = πλάτος πυθμένα. R = υδραυλική ακτίνα B = πλάτος επιφάνειας. A = περιοχής τομής.

Παραδειγμά 1

Ένα τραπεδοειδές χωμάτινο κανάλι πλάγιας κλίσεως 1.5:1 πρόκειται να κατασκευαστεί σε πλαγιά του $S=0.001$ για να μεταφέρει $Q=10 \text{ M}^3/\text{SeC}$. Σχεδιάστε την τομή του καναλιού έτσι ώστε η υδραυλική ακτίνα να είναι η καλύτερη.

Λύση:

Χρησιμοποιώντας το σχήμα 1, πρώτα καθορίζουμε το μήκος της εκροής $1.0 \text{ M}^3/\text{SeC}$ στην άκρη ενός φύλλου χαρτιού. Μετά κρατώντας τη γραμμή οριζόντια, τοποθετούμε την άκρη του χαρτιού στο ανώτερο διάγραμμα, μετακινώντας το ανοδικά κατά μήκος της αντίστοιχης πλαγιάς $S=0.001$ και τις γραμμές του σχήματος (1.5:1). Όπου η απόσταση των γραμμών ισούται το μήκος εκροής, σημειώνουμε το μέγεθος της υδραυλικής ακτίνας R .

$$R=0.40\text{M}$$

Η αντίστοιχη ταχύτητα στο κανάλι είναι $V=0.70\text{M}/\text{SeC}$ παρμένη από το διάγραμμα της πλαγιάς. Η περιοχή της τομής είναι $A=1.43 \text{ M}^2$ από το σχηματικό διάγραμμα.

Τοποθετώντας το κάτω αριστερό διάγραμμα κατά μήκος της $R=0.40$ καμπύλης, βρίσκουμε την παρεμπόδιση με την ακτινωτή γραμμή που υποδεικνύει καλύτερες συνθήκες. Σ' αυτή την περίπτωση, για $R=R_{opt}=0.40\text{M}$, παίρνουμε $B=0.50\text{M}$ και $H=0.82\text{M}$.

Παράδειγμα 2.

Σχεδιάστε κανάλι σε σταθερό στρώμα, για εκροή 1.500 L/SEC, σε μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα.

Λύση:

Από το πίνακα 3, η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα σε σταθερό στρώμα κοπρογής είναι $V=1,0$ M/SEC. Από το πίνακα 4 υποθέστε πλάγιες κλίσεις 1,5:1. Από το πίνακα 2, ο συντελεστής σκληρότητας ορίζεται ως $N=0.025$

Ιδιότητες καναλιού:

Από τον πίνακα 5:

$$h=0.689 \quad \sqrt{A}=0.689 \quad \sqrt{1.5}=0.84 \text{ m.}$$

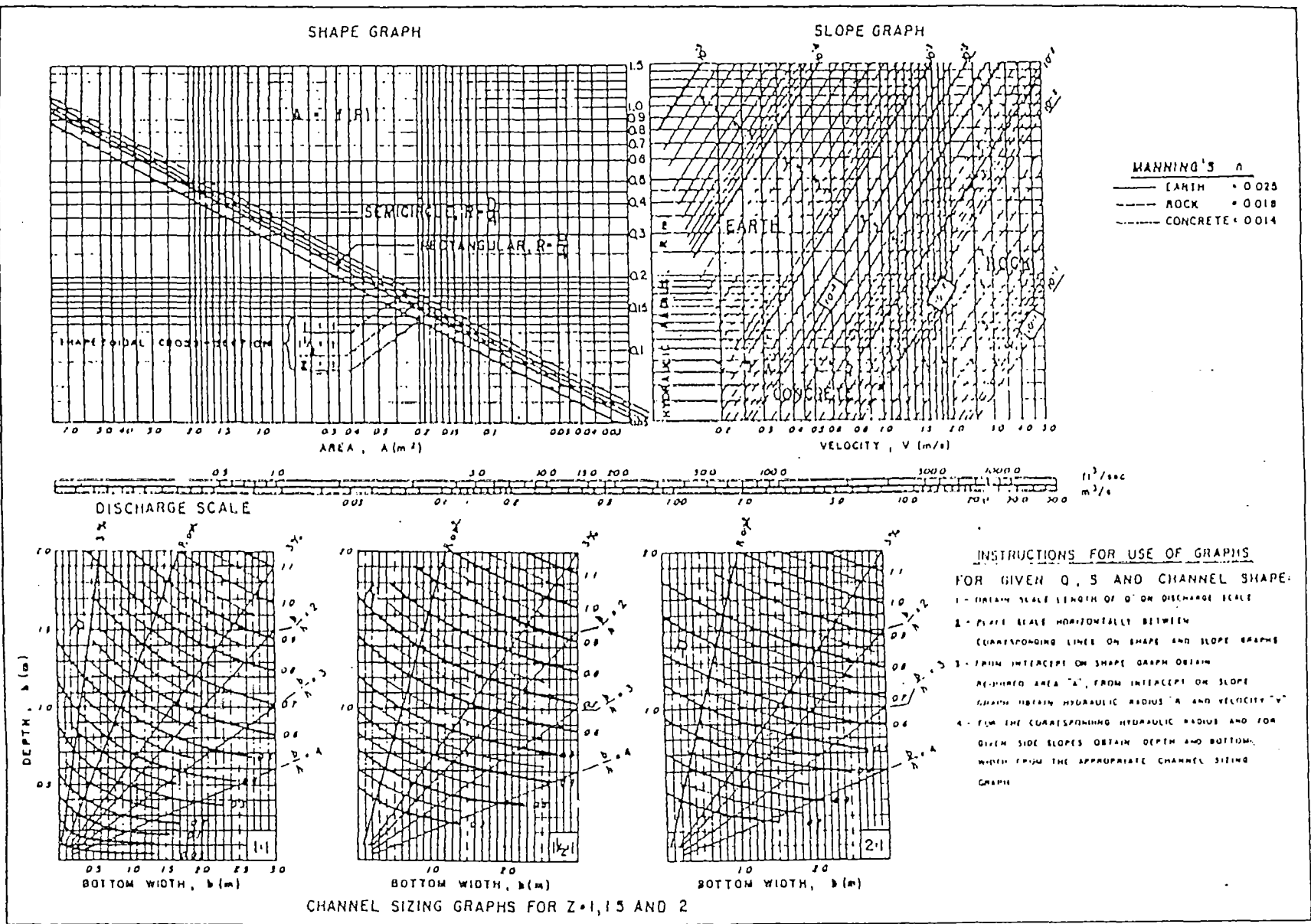
$$b=0.417 \quad \sqrt{A}=0.417 \quad \sqrt{1.5}=0.51 \text{ m}$$

$$R=0.344 \quad \sqrt{A}=0.344 \quad \sqrt{1.5}=0.421 \text{ m}$$

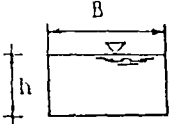
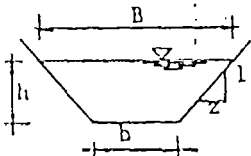
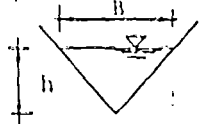
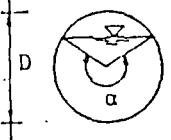
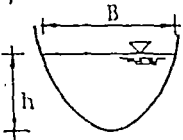
Η κλίση του καναλιού παίρνεται από την εξίσωση 2.4 ως:

$$S = \left(\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{0.025 \times 1.0}{0.421^{2/3}} \right)^2 = 0.002$$

Figure 1. Lankai's channel design graphs



10

Section	Area A	Wetted perimeter P_w	Hydraulic radius $R = \frac{A}{P_w}$	Top width B	Depth $h = \frac{A}{B}$
	$b \cdot h$	$b + 2h$	$\frac{bh}{b + 2h}$	b	h
	$(b + zh)h$	$b + 2h \sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b + zh)h}{b + 2h \sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zh$	$\frac{(b + zh)h}{b + 2zh}$
	zh^2	$2h \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zh}{2 \sqrt{1 + z^2}}$	$2zh$	$0.5h$
	$0,125 (\alpha - \sin \alpha) D^2$	$0,5\alpha D$	$0,25 \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\alpha} \right) D$	$2 \sqrt{h(D - h)}$	$0,125 \left(\frac{\alpha - \sin \alpha}{\sin \frac{1}{2} \alpha} \right) D$
 Parabola	$\frac{2}{3} Bh$	$B + \frac{8h^2}{3B} \frac{1/}{}$	$\frac{2B^2h}{3B^2 + 8h^2} \frac{1/}{}$	$\frac{3A}{2h}$	$\frac{2}{3}h$

- 14 -

- 215 -

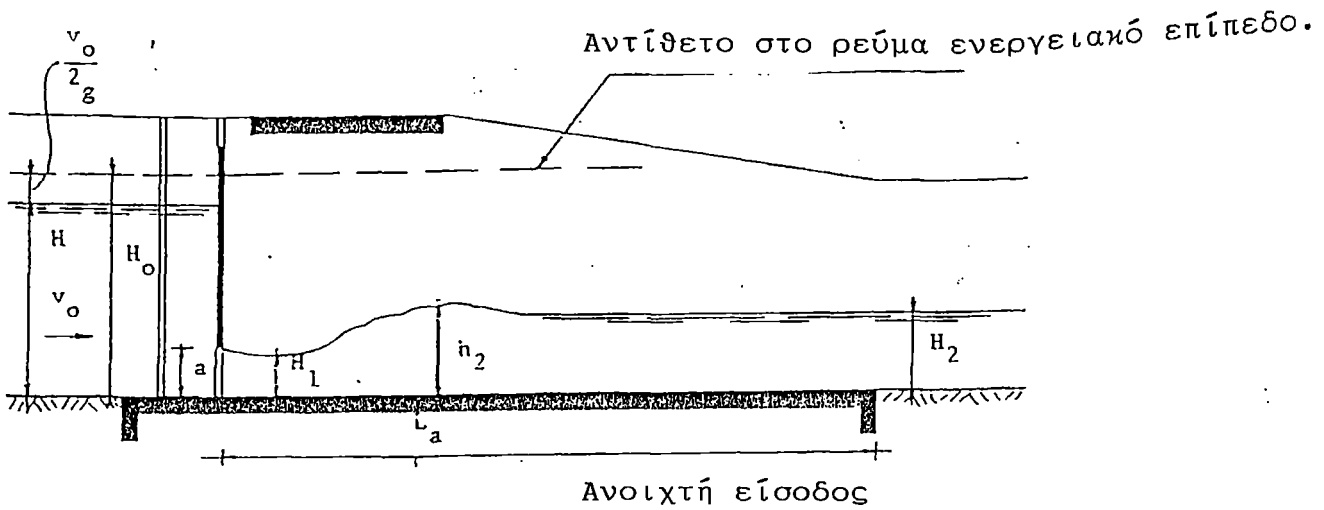


1/ For $h < B/4$

Σχεδιαστικοί τύποι για υδραυλικές κατασκευές.

Σχεδιαστικοί τύποι για εισόδους υδάτων.

Ανοιχτή είσοδος (υδροφράχτης)



Ελεύθερης εκροής τύπος.

$$Q = \phi \times b \times H_1 \cdot \sqrt{2g \times (H_o - H_1)} \quad , \quad m^3/sec$$

όπου:

ϕ =Συντελεστής ταχύτητας.

H =Συστολή βάθους νερού.

B =Πλάτος πύλης.

H_o =Αντίθετο στο ρεύμα ενεργειακό επίπεδο.

H_1 =Αντίθετο βάθος νερού.

V =Προσεγγίσιμη ταχύτητα.

G =Επιτάχυνση χάρη στη βαρύτητα.

Πίνακας 7

Τιμές συντελεστή ταχύτητας.

Είδη εισόδου.

Ευρεία είσοδος κορυφής 0.85-0.95

Είσοδος χωρίς κορυφή 0.95-1.00

Συστολή βάθους νερού: $H_1 = \psi \cdot a$

όπου ψ = συντελεστής κορυφής.

Πίνακας 8

Τιμές συντελεστή κορυφής.

$\frac{a}{H}$	ψ	$\frac{a}{H}$	ψ	$\frac{a}{H}$	ψ	$\frac{a}{H}$	ψ
0.00	0.611	0.30	0.625	0.55	0.650	0.80	0.720
0.10	0.615	0.35	0.628	0.60	0.660	0.85	0.745
0.15	0.618	0.40	0.630	0.65	0.675	0.90	0.780
0.20	0.620	0.45	0.638	0.70	0.690	0.95	0.835
0.25	0.622	0.50	0.645	0.75	0.705	1.00	1.000

Τύπος υπόγειας εκροής.

Όπου G = Συντελεστής εκροής.

a = Ύψος ανοίγματος εισόδου.

B = Πλάτος εισόδου.

C = Κεφαλή.

H = Αντίθετο ενεργειακό επίπεδο.

H_2 = Ανάποδο βάθος νερού.

$G = 9.81$, M/SEC Βάθος κλίσης.

$$h_2 = \frac{H_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_c}{H_1} \right)^3} - 1 \right], \quad m \quad (3.4)$$

όπου H_1 = συστολή βάθους νερού.

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad \text{κρίσιμο βάθος.}$$

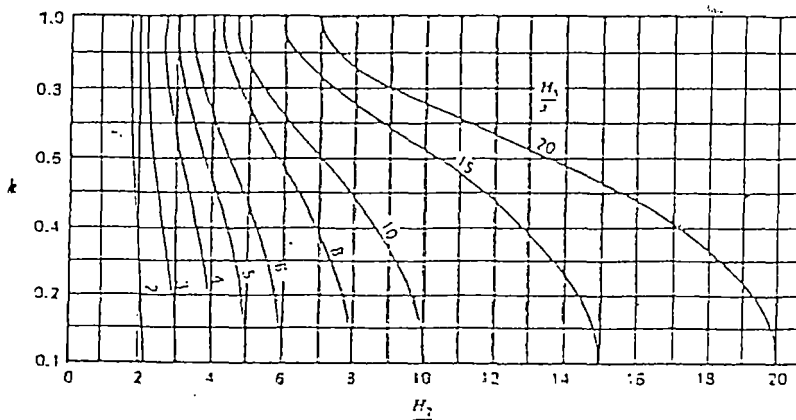
$$q = \frac{Q}{b} = \text{εκροή ανά μονάδα πλάτους.}$$

Τύπος εκροής επηρεασμένο από ανάποδο ρεύμα

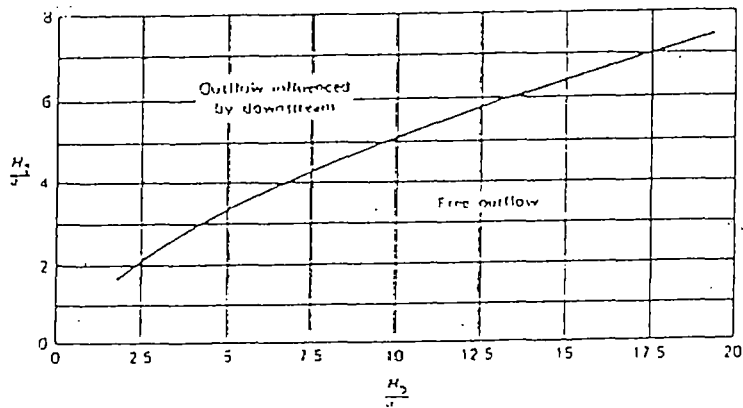
Όπου Q =επιβράδυνση

K =συντελεστής (σχήμα 3)

Q =βλέπε εξίσωση (3.1) ελεύθερη εκροή.



Σχήμα 3 τιμές συντελεστή K



Σχήμα 4 Η κλίμακα επίδρασης ανάποδων ρευμάτων στη ροή κάτω από εισόδους.

Τύποι μήκους ποδιάς και δαπέδου, συνολικό μήκος ποδιάς.

$$\text{Όπου } L = 1.25 \sqrt{H_o \cdot (d_s + 0.45 H_o)} + 4 h_2 \quad (3.8)$$

$$H = H + \frac{v_o^2}{2g}, \quad m$$

D=βάθος του περβαζιού από το δάπεδο

$4h_2$ =μήκος της υδραυλικής ανύψωσης.

h_2 =κλίση βάθους.

Μέθοδος BLIGH

Συνολικό μήκος δαπέδου.

Όπου G=συντελεστής BLIGH.

H_{FS-B} = διαφορά μεταξύ του πλήρους ανάποδου προμηθευμένου επιπέδου, και του ανάποδου επιπέδου της κοίτης του καναλιού.

Πίνακας 9

Τιμές συντελεστή BLIGH

Είδη εδάφους.

Μαλακός πηλός και βούρκος.

Μεσαίος πηλός.

Κοπρογή.

Ψιλή άμμος και λάσπη.

Τύρφη.

Χοντροί κόκκοι άμμου.

Εκλεκτή άμμος.

Παράδειγμα 3 : Μιά 3.0 M πλάτους ακόρυφη είσοδος εκρέει μέσα σε ένα παραποτάμιο κανάλι στο οποίο είναι 12M το αντίθετο επίπεδο νερού είναι 2.0M και το άνοιγμα εισόδου είναι 0.70M. Η προσεγγίσιμη ταχύτητα είναι 0.75 M/SEC. Προσδιορίστε την εκροή μέσα από την κατασκευή και το μήκος της απαιτούμενης ποδιάς. Από το σχήμα 4 βρίσκουμε το τύπο της κατάστασης νερού να είναι: $H_o = 2.0 + \frac{0.75^2}{19.62} = 2.03 \text{ m}$

$$\frac{H_2}{a} = \frac{1.20}{0.70} = 1.71$$

$$\frac{H_0}{a} = \frac{2.03}{0.70} = 2.90$$

Παρατηρώντας την τοποθεσία του σημείου που περιγράφεται, σημειώνουμε ότι η εκροή είναι ελεύθερη. Γι' αυτό η ελεύθερη εκροή παίρνεται από την εξίσωση:

$$Q = \phi \times b \times H_1 \sqrt{2g \times (H_0 - H_1)}$$

όπου από τον πίνακα 7

$$\text{και } \phi = 0.97$$

$$\frac{a}{H} = \frac{0.70}{2.0} = 0.35$$

Από τον πίνακα 8

$$\text{Τότε. } \psi = 0.628$$

$$H_1 = \psi \times a = 0.628 \times 0.70 = 0.44 \text{ m}$$

$$\text{Γι' αυτό. } Q = 0.97 \times 3.0 \times 0.44 \sqrt{2 \times 9.81 \times (2.03 - 0.44)} = 7.15 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Το συνολικό μήκος της ποδιάς ορίζεται από την εξίσωση.

όπου.

$$L_a = 1.25 \sqrt{H_0 \times (d_s + 0.45 H_0) + 4 h_2}$$

$$H_0 = 2.03 \text{ m}$$

$$d_s = 0$$

$$h_2 = \frac{H_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_c}{H_1} \right)^3} - 1 \right]$$

$$H_1 = 0.44 \text{ m}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{7.15}{3.0} = 2.38 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$h_c = \sqrt{\frac{q^2}{g}} = \sqrt{\frac{2.38^2}{9.81}} = 0.84 \text{ m}$$

Τότε.

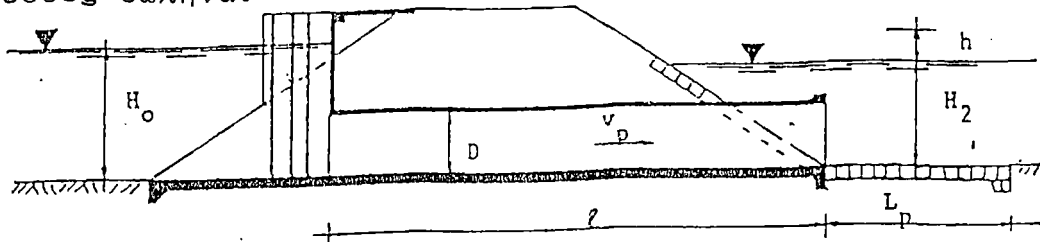
$$h_2 = \frac{0.44}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{0.84}{0.44} \right)^3} - 1 \right] = 1.44 \text{ m}$$

Γι' αυτό.

$$L = 1.25 \sqrt{2.03 (0 + 0.45 \times 2.03) + 4 \times 1.44} = 9.78 \text{ m}$$

say 10 m

Είσοδος σωλήνα.



σχήμα 5. Είσοδος σωλήνα.

Τύποι υπολογισμού.

$$Q = C \times A \sqrt{2g h} \quad , \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

όπου: C =συντελεστής εκροής.

A =περιοχή τομής σωλήνας.

h =κεφαλή, διαφορά στα αντίθετα και ανάποδα επίπεδα επιφάνειας νερού.

Τιμή του συντελεστή εκροής (παίρνεται από τον τύπο).

$$C = \frac{1}{\sqrt{k_e + \lambda \frac{l}{D} + 1}}$$

όπου: $K=0.5$ =συντελεστής εισόδου τριβής.

$\lambda=0.03$ =παράγοντας τριβής για τσιμεντένιο σωλήνα.

l =μήκος σωλήνα.

D =διάμετρος σωλήνα.

Μήκος προστασίας της ανάποδης πλευράς προσδιορίζεται από

τον ακόλουθο τύπο: $L_p = 2.2 \frac{v_p}{v_s}$,

Όπου: V =ταχύτητα στο σωλήνα.

V =SCOURING ταχύτητα.

Παράδειγμα 1.

Προσδιορίστε την εκροή της εισόδου και το απαιτούμενο προστατευτικό μήκος στην ανάποδη πλευρά της με τις παρακάτω πληροφορίες.

$$D = 0.45 \text{ m}$$

$$L = 12.5 \text{ m}$$

$$H_0 = 2.0 \text{ m}$$

$$H_2 = 1.6 \text{ m}$$

κοίτη εδάφους=αμμώδης κοπρογή.

Λύση. Προσδιορίζουμε την εκροή από τον τύπο.

$$Q = C \times A \sqrt{2g h}$$

Όπου: $C = \frac{1}{\sqrt{k_e + \lambda \frac{L}{D} + 1}} = \frac{1}{\sqrt{0.5 + 0.03 \frac{12.5}{0.45} + 1}}$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.45^2}{4} = 0.159 \text{ m}^2$$

$$h = H_0 - H_2 = 2.0 - 1.6 = 0.4 \text{ m}$$

$$Q = 0.65 \times 0.159 \cdot \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.4} = 0.29 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Από το πίνακα 3 η επιτρεπτή ταχύτητα ορίζεται της $V_S=0.8$ για αμμώδη κοπρογή.

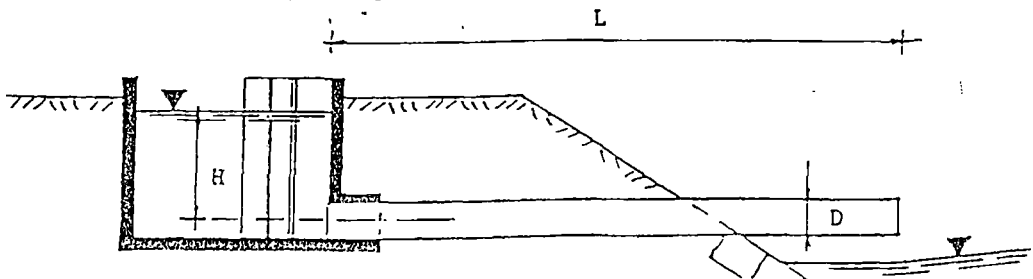
Τότε.

$$v_p = \frac{Q}{A} = \frac{0.29}{0.159} = 1.82 \text{ m/sec}$$

Γι' αυτό. $L_p = 2.2 \frac{v_p}{v_s} = 2.2 \frac{1.82}{0.8} = 5.0 \text{ m}$

Σχεδιαστικοί τύποι για εισόδους.

είσοδος σωλήνα ελεύθερης πτώσης.



σχήμα 6.Είσοδος σωλήνα ελεύθερης πτώσης.

$$Q = \mu \times A \sqrt{2gH}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

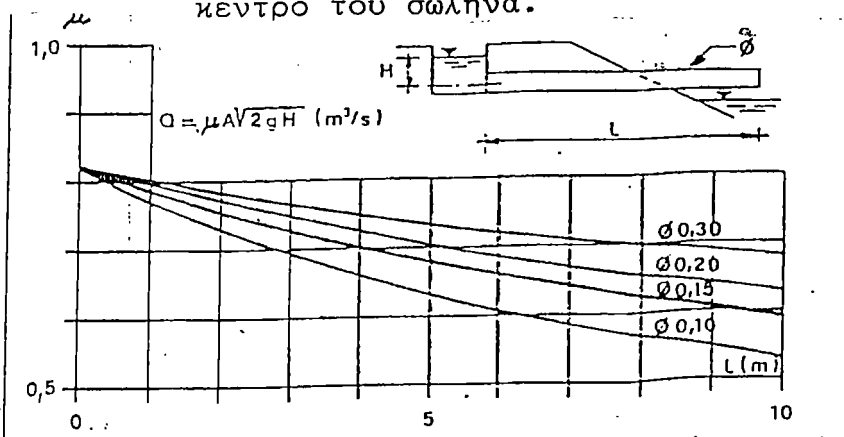
Όπου Q =εκροή εισόδου.

μ =συντελεστής εκροής.

A =περιοχή εσωτερικής τομής του σωλήνα.

G =επιτάχυνση χάρη στη βαρύτητα.

H =κεφαλή επιφάνειας αντίθετου νερού πάνω από το κέντρο του σωλήνα.



σχήμα 7. Συντελεστής εκροής για ροή μέσα από την είσοδο σωλήνα ελεύθερης πτώσης.

Παράδειγμα 2. Προσδιορίστε την εκροή της εισόδου ελεύθερης πτώσης με διάμετρο 15CM αν το μήκος της είναι 4.0M και το βάθος νερού στο παραποτάμιο κανάλι 50CM.

Λύση: Προσδιορίστε την εκροή από την εξίσωση.

$$Q = \mu \times A \sqrt{2gH}$$

Ο συντελεστής εκροής ορίζεται ως $\mu=0.7$ από το σχήμα 7.

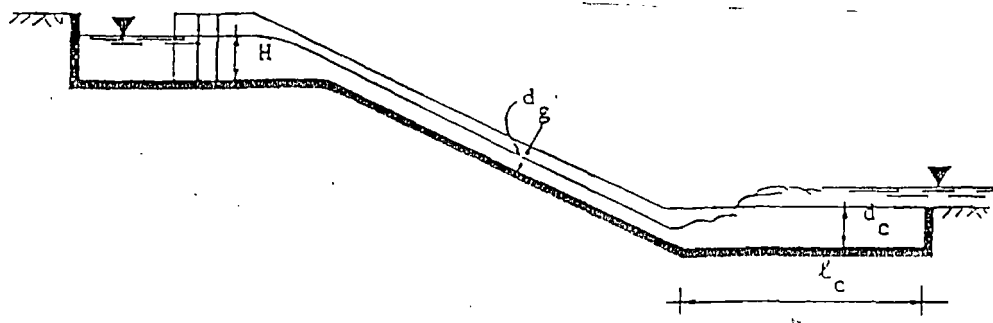
$$A = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{0.15^2 \pi}{4} = 0.0177$$

$$H = 0.50 - \frac{0.15}{2} = 0.425 \text{ m}$$

Τότε $Q = 0.70 \times 0.0177 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.425} = 0.036 \text{ m}^3/\text{sec}$

3.2.2 Είσοδος υποθαλάσσιου σωλήνα. Ίσως να χρησιμοποιηθούν υπολογιστικοί τύποι που δόθηκαν για την είσοδο σωλήνα.

3.2.3 Είσοδος ανοιχτού οχετού.



σχήμα 8. Είσοδος ανοιχτού οχετού.

Όπου

$$Q = C \times B \times H^{3/2}, \quad 1/\text{sec} \quad (\text{Kraatz, 1975})$$

Q =σχέδιο εκροής της εισόδου.

B =πλάτος λαιμού.

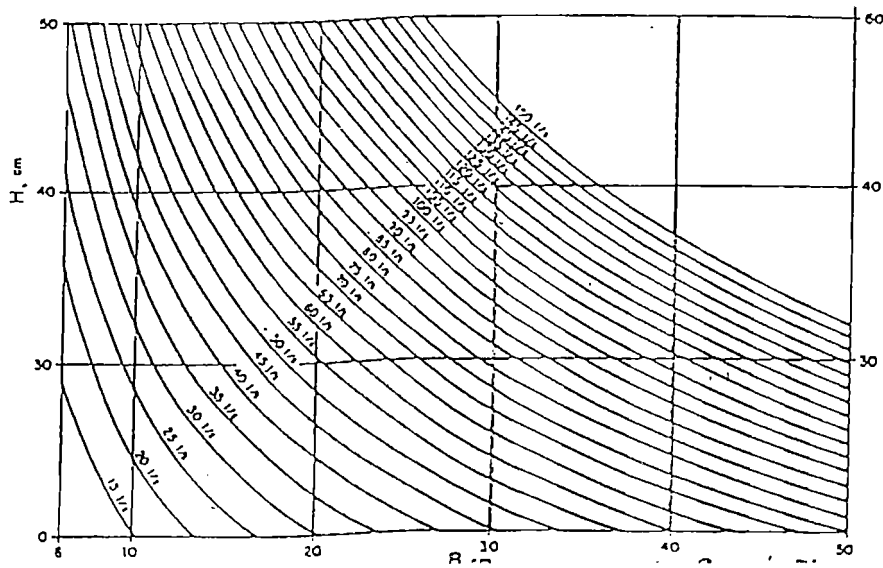
H =ύψος του σχεδιασμένου πλήρης προμήθειας επιπέδου στο παραποτάμιο κανάλι πάνω από το επίπεδο περβαζιού της εισόδου.

C =συντελεστής εκροής.

Πίνακας 10.

τιμές συντελεστή εκροής (για είσοδο ανοιχτού οχετού)

B in cm	C
6 to 10	0.0160
10 to 15	0.0164
over 15	0.0166



σχήμα 9. Σχέσεις εκροής από Β και Η.

μήκος της δεξαμενής.

$$l_c = 0.8 H_2, \text{ m}$$

βάθος της δεξαμενής.

$$d_c = 0.1 H_2, \text{ m}$$

όπου H_2 = βάθος νερού στο λάκκο.

βάθος πάγου $G = 0,5 H, M$

H = μέγιστο βάθος νερού πάνω από το επίπεδο του περβαζιού της εισόδου.

Παράδειγμα 3. Σχεδιάστε μιά είσοδο ανοιχτού οχετού για εκροή 150L/Sec αν το βάθος του νερού στο παραποτάμιο κανάλι είναι 45CM και 1.50M στο λάκκο.

Λύση: Το αντίστοιχο πλάτος του λαιμού προς το βάθος νερού 1.50L/Sec ορίζεται από το σχήμα 9.

$$\begin{aligned}
 B &= 30 \text{ cm} \\
 d_g &= 0.5 \times H = 0.5 \times 0.45 = 0.23 \text{ m} \\
 \text{τότε} \quad l_c &= 0.8 \times H_2 = 0.8 \times 1.50 = 1.20 \text{ m} \\
 d_c &= 0.1 \times H_2 = 0.1 \times 1.50 = 0.15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3.3 Σχεδιαστικοί τύποι για εξόδους.

3.3.1 Είδη εξόδων

1) Ανοιχτή έξοδος. 2) Έξοδος σωλήνα.

Τύποι που δόθηκαν για εισόδους μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Η εισαγωγή των αναχαιτιστικών κούτσουρων στην έξοδο δημιουργεί υπαιρβαινουσες συνθήκες ροής.

Ο τύπος εκροής (παραμελώντας την προσεγγίσιμη ταχύτητα) για την υπερβαίνουσα μορφή είναι:

$$Q = 1.84 B \times H^{3/2}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

όπου B =εσωτερικό πλάτος της εξόδου.

H =κεφαλή, η διαφορά επίπεδου νερού λάκκου και της κορυφής του αναχαιτιστικού κούτσουρου.

Χρόνος αδειάσματος λακκών η δεξαμενών.

$$T = 0.75 \frac{A_1}{A_2} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right), \quad \text{sec} \quad (3.13)$$

όπου

T = χρόνος αδειάσματος σε δευτερόλεπτα.

A_1 =μέση περιοχή τομής του λάκκου η της δεξαμενής.

H_1 =βάθος νερού λάκκου στην αρχή.

H_2 =βάθος νερού λάκκου στο τέλος

Αν ο λάκκος είναι εντελώς άδειος το H_2 θα είναι =0.

Παράδειγμα 4: Προσδιορίστε το χρόνο αδειάσματος τών 2 ωρών έχοντας βάθος νερού 1.5M αν η διάμετρος της εξόδου είναι 4 ΣεC.

Λύση: Για να πάρουμε τον απαιτούμενο χρόνο αδειάσματος χρησιμοποιούμε την εξίσωση (3.13).

$$T = 0.75 \frac{A_1}{A_2} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right)$$

$$A_1 = 2 \text{ ha} = 20 \ 000 \text{ m}^2$$

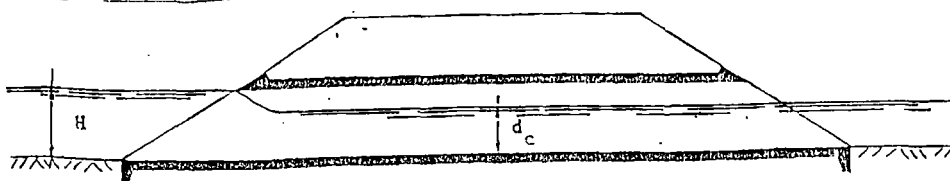
$$A_2 = \frac{D^2 \times \pi}{4} = \frac{0.45^2 \times 3.14}{4} = 0.159 \text{ m}^2$$

$$H_1 = 1.5 \text{ m}$$

$$H_2 = 0$$

$$T = 0.75 \frac{20 \ 000}{0.159} \left(\sqrt{1.5} - \sqrt{0} \right) = 115 \ 542 \text{ sec} = 32 \text{ hours}$$

σχεδιαστικοί τύποι για υδραγωγείο.



σχήμα 10 υδραγωγείο.

3.4.1 Τύποι εκροής

Α) τύποι υποθαλάσσιας εκροής.

Οι τύποι που δόθηκαν για είσοδο σωλήνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά οι παρακάτω συντελεστές εισόδου τριβής πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί ο συντελεστής εκροής.

Πίνακας 2

Τιμές συντελεστών εισόδου τριβής για υδραγωγεία πλήρους ροής. **Κατάσταση εισόδου.**

Αιχμηρή προεξέχουσα είσοδος.

Επίπεδη είσοδος τετράγωνη άκρη.

Καλοστρογγυλεμένη είσοδος.

Β) Τύπος μη υποθαλάσσιας εκροής.

$$Q = v \times A_c, \quad \text{m}^3/\text{sec} \quad (3.14)$$

όπου Q =σχέδιο εκροής υδραγωγείου.

v =μέση ταχύτητα.

A =πραγματική περιοχή ροής υδραγωγείου.

η =συντελεστής σκληρότητας για τσιμεντένιο σωλήνα, για κυματοειδή μεταλλικό σωλήνα.

R =υδραυλική ακτίνα.

P W =περίμετρος υδραγωγείου.

S =κλίση υδραγωγείου.

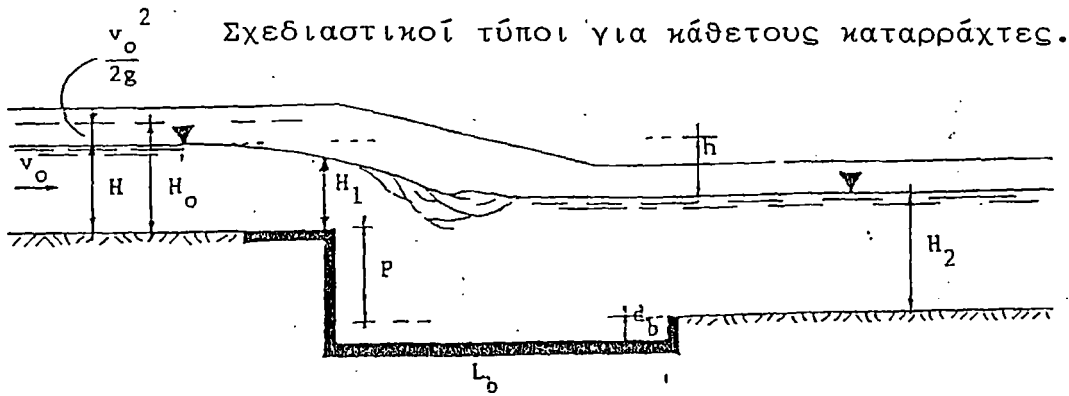
Κεφαλή εισόδου.

$$H = (1 + k_e) \frac{1}{2} \times S \times R^{4/3} + d_c, \quad \text{m} \quad (3.15)$$

όπου H =κεφαλή στην είσοδο πάνω από το πυθμένα του

B =βάθος νερού στο υδραγωγείο.

Για να λύσουμε την εξίσωση 3.15, είναι απαραίτητο να δοκιμάσουμε διαφορετικές τιμές του B C και αντίστοιχες τιμές του R μέχρι μια τιμή που θα βρεθεί να ικανοποιήσει την εξίσωση. Αν η κορυφή σε ένα υδραγωγείο είναι ψηλά μια τιμή του B C μικρότερη από τη διάμετρο του υδραγωγείου δεν θα ικανοποιήσει την εξίσωση. (3.15) Αυτό σημαίνει ότι η ροή είναι υπό πίεση και η εκροή μπορεί να υπολογιστεί με τύπο υποθαλάσσιας εκροής.



σχήμα 11 κάθετοι καταράχτες.

3.5.1 Τύποι εκροής

A) Ελεύθερη εκροή για κάθετο καταράχτη με τραπεζοειδή τομημένη περιοχή.

$$Q1 = 1.60 \times A \sqrt{H_0 - h_1}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

Q1 = σχέδιο εκροής του κάθετου καταράχτη.

A1 = συστολή περιοχής τομής και ροής

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} = \text{αντίθετο ενεργειακό επίπεδο.}$$

H = αντίθετο βάρος νερού στο κανάλι.

v₀ = προσεγγίσιμη ταχύτητα.

h₁ = βάθος συστολής.

η = κρίσιμο βάθος.

Το κρίσιμο βάθος μπορεί να παρθεί από τους τύπους (3.5 και 3.6).

B) υποθαλάσσια εκροή.

$$Q2 = 1.60 \times A \sqrt{H_0 - h_s}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

A = τομημένη περιοχή ροής.

όπου

$$h_s = H_2 - \rho, \quad M$$

H₂ = ανάποδο βάθος νερού.

η₂ = κλίση επιπέδου.

C) μήκος και βάθος της λεκάνης.

Το μήκος της λεκάνης δίνεται από εμπειρικό τύπο.

$$L_b = 5 (H \times h)^{1/2}, \quad m$$

όπου: H=αντίθετο βάθος νερού.

η =κεφαλή, διαφορά σε επίπεδα επιφάνειας νερού
αντίθετων και ανάποδων ρευμάτων.

Το βάθος της λεκάνης είναι: $d_b = 0.17 (H \times h)^{1/2}$, m

3.6 Σχεδιαστικοί τύποι για υπερχειλιστήρες.

Προτεινόμενα σχέδια πλημμύρων για τους υπερχειλιστήρες.

δεξαμενή

Σχέδιο πλημμύρας.

όγκος		ύψος φράγματος.
10^5	λ στ	max. 2.5 $Q_{2\%}$
$10^5_6 - 10^6$		2.5 - 6.0 $Q_{1\%}$
$10 - 3 \cdot 10^6$		6.0 - 10.0 $Q_{0.5\%} - Q_{0.1\%} \frac{1}{}$

3.6.2 Είδη υπερχειλιστήρων.

1=πλάγια κανάλια υπερχειλιστήρων.

1.1 Πλάγιο χωμάτινο κανάλι υπερχειλιστήρα.

1.2 πλάγιο πλαισιωμένο κανάλι υπερχειλιστήρα

3=αιχμηροί υπερχειλιστήρες.

3.1 κυκλική κορυφή.

3.2 κανονική κορυφή.

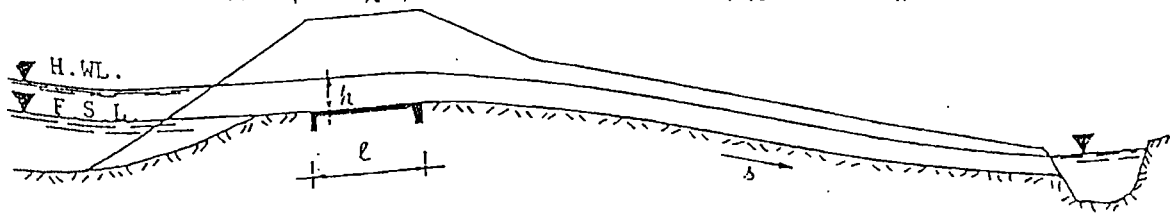
3.3 επίπεδη κορυφή.

4=σιφώνι υπερχειλιστήρα

Σε περίπτωση που η αποτυχία του φράγματος θα προκαλούσε κίνδυνο στην ανθρώπινη ζωή ή θα προκαλούσε μεγάλη περιουσιακή ζημιά ο $Q_{0.1\%}$ πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να σχεδιαστεί ο υπερχειλιστήρας.

3.6.3 Τύποι εκροής.

3.6.3.1 Πλάγιο χωμάτινο κανάλι υπερχειλιστήρα.



Σχήμα 12. Πλάγιο χωμάτινο κανάλι υπερχειλιστήρα.

A) Εκροή πάνω από την κορυφή.

$$Q = 1.55 \times L \times h^{3/2}, \text{ m}^3/\text{sec}$$

Όπου: L=υπερχειλίζων μήκος κορυφής.

η=βάθος νερού πάνω από την κορυφή.

Q=σχεδιασμένη εκροή.

B) Ταχύτητα στο χωμάτινο κανάλι.

Χρησιμοποιώντας τον τύπο MANNING: $v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}, \text{ m/sec}$

Για να εμποδιστεί η διάβρωση στο χωμάτινο κανάλι η υπολογισμένη ταχύτητα πρέπει να είναι μικρότερη από την SCOURING ταχύτητα του υλικού που αφορά όπως φαίνεται στο πίνακα 3.

C) Μήκος της προστασίας κορυφής.

$$l = 2.4 \frac{v}{v_s} h$$

V=ταχύτητα της σχεδιασμένης εκροής.

όπου

v_s = SCOURING ταχύτητα.

η h =βάθος νερού πάνω από την κορυφή.

3.6.3.2 Πλάγιο πλαισιωμένο κανάλι υπερχειλιστήρα.

Το πλάγιο κανάλι πρέπει να πλαισιωθεί όταν η πλευρά της κοιλάδας έχει τόσο μεγάλη κλίση ώστε η υπολογισμένη ταχύτητα στο πλάγιο κανάλι να είναι μεγαλύτερη από την αφορούμενη SCOURING ταχύτητα.

Παράδειγμα 5.

Σχεδιάστε ένα πλάγιο χωμάτινο κανάλι υπερχειλιστήρα για εκροή 12M³/SEC σε σκληρό αργιλλώδες έδαφος αν η κλίση της πλευράς της κοιλάδας κατά μήκος του άξονα του καναλιού είναι 4%.

Λύση:

Η SCOURING ταχύτητα του σκληρού αργιλλώδους εδάφους ορίζεται ως $V_s = 1.4 \text{ M/SEC}$ από τον πίνακα 3. Θεωρώντας το κανάλι ως ένα ατημέλητο τεχνητό κανάλι με σημαντική υδρόβια ανάπτυξη, η τιμή του n ισούται με το 0.030 από το πίνακα 2. Το επόμενο βήμα είναι να προσδιοριστούν οι διαστάσεις του υπερχειλιστήρα. Υποθέτουμε ότι το βάθος του νερού πάνω από την κορυφή είναι $h = 0.30 \text{ M}$, το μήκος της κορυφής προσδιορίζεται από τη χρήση της εξίσωσης

$$L = \frac{(3.20) Q}{1.55 \times h^{3/2}} = \frac{12}{1.55 \times 0.3^{3/2}} = 40.5 \text{ m} \text{ ας πούμε } 41 \text{ m}$$

Για το μήκος της προστασίας της κορυφής χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3.21).

$$L = 2.4 \frac{V}{V_s} h \text{ όπου } V = \frac{Q}{A_s} = \frac{12}{41 \times 0.3} = 0.98 \text{ m/sec} \quad V_s = 1.4 \text{ m/sec}$$

$$h = 0.30 \text{ m}$$

Εισάγοντας αυτές τις τιμές στην εξίσωση (3.21).

$$l = 2.4 \times \frac{0.98}{1.40} \times 0.30 = 0.50 \text{ m}$$

για να τσεκάρουμε την ταχύτητα στο κανάλι πρώτα, οι διαστάσεις του καναλιού ορίζονται ως εξής: Η τομημένη περιοχή του καναλιού είναι:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{12}{1.4} = 8.6 \text{ m}^2$$

Υποθέτουμε ότι το κανάλι έχει πλάτος πυθμένα 30M και η πλάγια κλίση του 1.1, τότε το κανονικό βάθος νερού μπορεί να υπολογιστεί από τον ακόλουθο τύπο:

$$h = \sqrt{\left(\frac{b}{2z}\right)^2 + \frac{A}{z}} - \frac{b}{2z} \quad (3.22)$$

όπου z=αναλογία της πλάγιας κλίσης (οριζόντια προς κάθετη.)

με $b = 30 \text{ m}$, $z = 1$, $A = 8.6 \text{ m}^2$, τότε

$$h = \sqrt{\left(\frac{30}{2 \times 1}\right)^2 + \frac{8.6}{1}} - \frac{30}{2} = 0.28 \text{ m} \text{ ας πούμε } 0.30 \text{ m}$$

Η υγρή περίμετρος είναι:

$$P_w = b + 2h \sqrt{1+z^2} = 30 + 2 \times 0.30 \sqrt{1+1^2} = 30.85 \text{ m}$$

Η υδραυλική ακτίνα είναι:

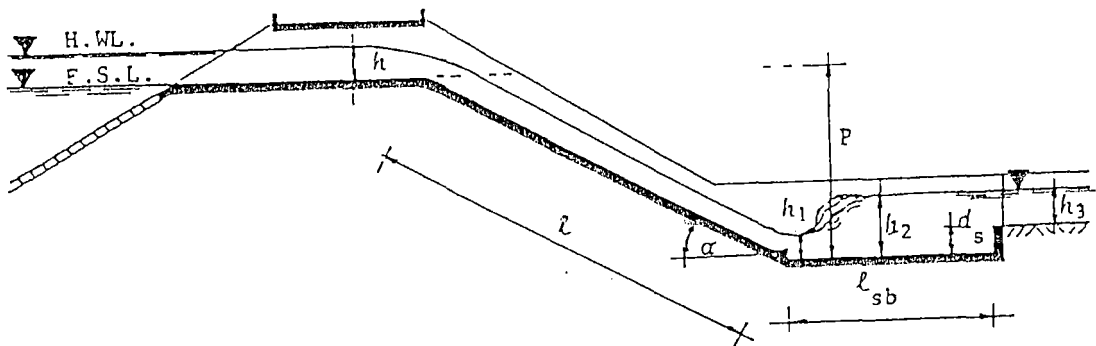
$$R = \frac{A}{P_w} = \frac{8.6}{30.85} = 0.28 \text{ m}$$

Η ταχύτητα στο κανάλι τότε είναι ίση με $v = \frac{1}{0.03} \times 0.28^{2/3}$

$$0.04^{1/2} = 2.85 \text{ m/sec}$$

Αφού αυτή η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από την SCOURING ταχύτητα γι' αυτό το κανάλι πρέπει να πλαισιωθεί ή η κλίση του μπορεί να μειωθεί από κάποιους καταράκτες. Η κλίση στο πυθμένα του καναλιού παίρνεται από την εξίσωση:

$$S = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{1.4 \times 0.03}{0.28^{2/3}}\right)^2 = 0.0095 \text{ ας πούμε } 1\%$$



Α) Εκροή πάνω από την κορυφή.

$$Q = 1.7 \times L \times h^{3/2} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

Όπου: L = υπερχειλίζων μήκος κορυφής.

η = βάθος νερού πάνω από την κορυφή.

Q = σχεδιασμένη εκροή.

Β) Τύποι σχεδίου για το πάγο και τη λεκάνη.

κρίσιμο βάθος είναι από την εξίσωση (3.5).

$$\text{όπου: } \frac{h_c}{q} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad \text{εκροή ανά μονάδα πλάτους, m}^3/\text{sec}.$$

Η ταχύτητα της ροής στην άκρη του υπερχειλιστήρα μπορεί να υπολογιστεί από

$$v_1 = 2 \sqrt{p} \cos (60 - \phi)$$

$$p = \frac{2g (P + h_c - h_o) + v_c^2}{3}$$

όπου

$$\cos 3 \phi = \frac{e}{\sqrt{p^3}}$$

$$e = g \times q$$

p = το κορυφαίο ύψος πάνω από τη λεκάνη.

$$\text{και } h_1 = \frac{q}{v_1}$$

Η απώλεια της κεφαλής κατά μήκος του πάγου μπορεί να προσδιοριστεί από τον τύπο.

$$h_o = \frac{Q^2}{A^2 \times R^{4/3}} \eta \times l, \text{ m}$$

όπου: η = συντελεστής σκληρότητας.

l = μήκος πάγου.

Η κλίση βάθους ορίζεται από το τύπο.

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_c}{h_1} \right)^3} - 1 \right], \text{ m (3.26)}$$

Το βάθος της λεκάνης είναι:

$$d_s = h_2 - h_3, \text{ m}$$

Το μήκος της λεκάνης μπορεί να υπολογιστεί από το τύπο.

$$l_{sb} = 0.45 v_1 \cos \alpha \sqrt{d_s + 0.5 h_1 + 3 h_2}, \text{ m (3.27)}$$

Παράδειγμα 3.6. Σχεδιάστε ένα υπερχειλιστήρα με τις παρακάτω πληροφορίες.

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$h = 1.0 \text{ m}$$

$$P = 5.0 \text{ m}$$

κλίση πάγου.

$$n = 0.012$$

$$h_3 = 1.20 \text{ m}$$

Λύση: από την εξίσωση (3.23) το μήκος της κορυφής

$$\text{είναι: } L = \frac{Q}{1.7 \times h^{3/2}} = \frac{30}{1.7 \times 1.0^{3/2}} = 17.65 \text{ m say } 18.0 \text{ m}$$

Εκροή ανά μονάδα πλάτους είναι.

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{30}{18} = 1.67 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Το κρίσιμο βάθος είναι τότε.

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1.67^2}{9.81}} = 0.66 \text{ m}$$

το μήκος του πάγου ορίζεται ως.

$$l = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11.18 \text{ m}$$

η απώλεια κεφαλής κατά μήκος του πάγου παίρνεται από την εξίσωση (3.25)

$$h_o = \frac{Q^2}{A^2 \times R^{4/3}} \times n \times l$$

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$n = 0.012$$

$$l = 11.18 \text{ m}$$

όπου

$$A = h_c \times L = 0.66 \times 18.0 = 11.88 \text{ m}^2$$

$$P_w = L + 2 h_c = 18.0 + 2 \times 0.66 = 19.32 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P_w} = \frac{11.88}{19.32} = 0.615 \text{ m}$$

$$h_o = \frac{30^2}{11.88^2 \times 0.615^{4/3}} \times 0.012 \times 11.18 = 1.63 \text{ m}$$

Η ταχύτητα της ροής στην άκρη του υπερχειλιστήρα ορίζεται από την εξίσωση (3.24)

$$v_1 = 2 \sqrt{p} \cos(60^\circ \phi)$$

$$p = \frac{2g(P + h_c - h_o) + v_c^2}{3}$$

$$P = 5.0 \text{ m}$$

$$h_c = 0.66 \text{ m}$$

$$h_o = 1.63 \text{ m}$$

$$v_c = \frac{Q}{A} = \frac{30}{11.38} = 2.58 \text{ m/sec}$$

Τότε.
$$p = \frac{2 \times 9.81 (5.0 + 0.66 - 1.63) + 2.58^2}{3} = 28.58$$

$$\cos 3\phi = \frac{e}{\sqrt{p^3}}$$

$$e = g \times q = 9.81 \times 1.67 = 16.38$$

Τώρα.

$$\cos 3\phi = \frac{16.38}{\sqrt{28.58^3}} = 0.1073$$

$$3\phi = 83^{\circ}52'$$

$$\phi = 27^{\circ}37'$$

Τότε

$$\cos (60^{\circ} - \phi) = \cos (60^{\circ} - 27^{\circ}37') = \cos 32^{\circ}23'$$

$$v_1 = 2 \sqrt{24.41} \cos 32^{\circ}23' = 9.02 \text{ m/sec}$$

Το βάθος του νερού στην άκρη του υπερχειλιστήρα είναι.

$$h_1 = \frac{q}{v_1} = \frac{1.67}{9.02} = 0.19 \text{ m}$$

Η κλίση βάθους στη λεκάνη ορίζεται από την εξίσωση

$$(3.26) \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_c}{h_1} \right)^3} - 1 \right] = \frac{0.19}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{0.66}{0.19} \right)^3} - 1 \right] = 1.65 \text{ m}$$

Το βάθος της λεκάνης είναι

$$d_s = h_2 - h_3 = 1.65 - 1.20 = 0.45 \text{ m}$$

το μήκος της λεκάνης ορίζεται από την εξίσωση (3.27)

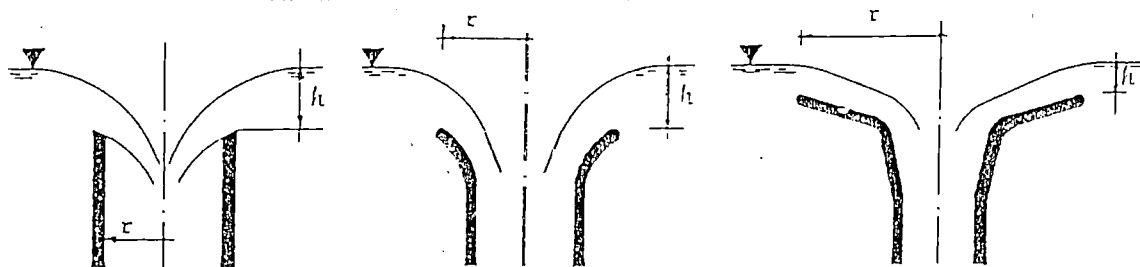
όπου
$$l_{sb} = 0.45 \times v_1 \times \cos \alpha \cdot \sqrt{d_s + 0.5 h_1 + 3 h_2}$$

$$\cos \alpha = \frac{10}{11.18} = 0.8945$$

τότε
$$l_{sb} = 0.45 \times 9.02 \times 0.8945 \sqrt{0.45 + 0.5 \times 0.19 + 3 \times 1.60} = 7.34 \text{ m}$$

7.40 m

3.6.3.4 αιχμηροί υπερχειλιστήρες.



Σχήμα 14 Είδη αιχμηρών υπερχειλιστήρων.

Α) Εκροή πάνω από την κορυφή.

1) κυκλική κορυφή.

$$Q = 2 \times C_1 \times r \times \pi \times h^{3/2}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

όπου

C_1 = συντελεστής εκροής.

R = ακτίνα κύκλου.

h = βάθος νερού πάνω από την κορυφή.

Πίνακας 12.

Τιμές Συντελεστή εκροής C_1

h/r	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
C_1	1.82	1.78	1.63	1.33	1.12	0.93	0.80	0.70	0.62	0.57

2) Κανονική κορυφή.

$$Q = 2 \times C_2 \times r \times \pi \times h^{3/2}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

Πίνακας 13

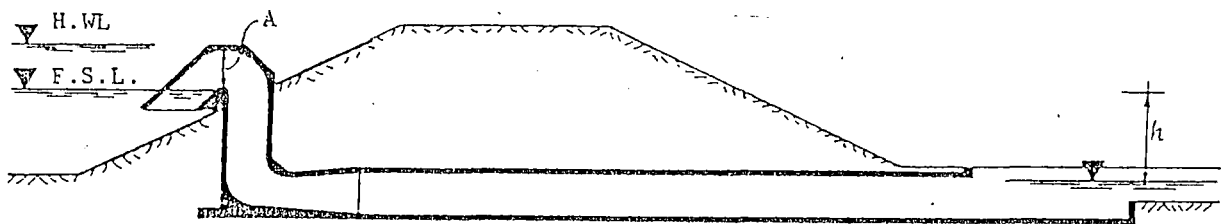
Τιμές συντελεστή εκροής C₂.

h/r	0.1	0.2	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
C ₂	1.83	1.825	1.815	1.80	1.785	1.76	1.74	1.72

Επίπεδη κορυφή.

$$Q = 3.2 \times r \times r \times h^{3/2}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

Σιφώνι υπερχειλιστήρα



Σχήμα 25. σιφώνι υπερχειλιστήρα.

όπου $Q = C \times A \sqrt{2g \cdot h}, \quad \text{m}^3/\text{sec} \quad (3.31)$

C=συντελεστής εκροής.

A=τομημένη περιοχή λαιμού.

η= κεφαλή.

Τιμή του συντελεστή εκροής ορίζεται από το τύπο.

$$C = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma k}}$$

όπου λ =παράγοντας τριβής,τσιμεντένιος σωλήνας.

L =μήκος σιφωνιού.

B = διάμετρος σιφωνιού.

Σk =(πίνακας 19)όλοι τοπικοί συντελεστές απώλειας.

Για να προσδιοριστεί το ακριβές μέγεθος του σιφωνιού,η αξία του C μπορεί να θεωρηθεί ως εξής:

Είδη σιφωνιών	Διάμετρος.	
μεσαίο	120 - 200	0.4 - 0.6
μεγάλο	200 - 1 200	0.6 - 0.8

3.7 Τύποι σχεδίου για σιφόνια

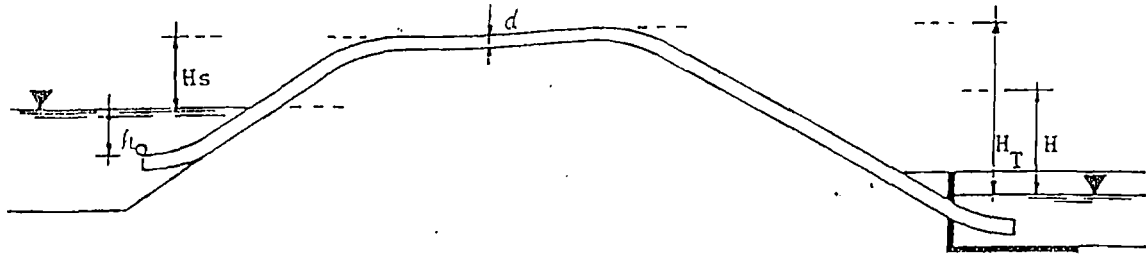
3.7.1 Είδη σιφωνιών	Διάμετρος	Μήκος	Εκροή
α)Μικρό κινητό	25 - 120	< 5	0.00025 - 0.015
β)Μεσαίο κινητό	120 - 200	< 10	0.015 - 0.050
γ) Μεγάλο σταθερό	200 - 1 200	< 100	0.050 - 3.10

Πίνακας 14.

Προτεινόμενες ελάχιστες ταχύτητες σε σωλήνες για σιφόνια.

Διάμετρος σωλήνα (mm)	Ταχύτητα. (m/sec)
120	1.0
200	1.5
250	1.55
300	1.6
400	1.7
450	1.8
500	1.9
600	2.2
800	2.4
1 000	2.6
1 200	2.6

3.7.2 Εκροή σιφονιού.



Σχήμα 16. Λεπτομέρειες σιφονιού.

Υπολογιστικοί τύποι.

$$Q = C A \sqrt{2gH} \quad \text{,} \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

όπου C =συντελεστής εκροής
 A =τομημένη περιοχή σωλήνα.
 H =κεφαλή.

Ο συντελεστής εκροής C μπορεί να υπολογιστεί από το τύπο.

$$C = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{L}{d} + \Sigma k}}$$

λ =παράγοντας τριβής ατσαλίνος σωλήνας.

όπου L =μήκος σιφονιού.
 B =διάμετρος σιφονιού.

Σk =όλοι τοπικοί συντελεστές απώλειες κατά μήκος σιφονιού.

Ο πίνακας 19 ταξινομεί τοπικούς συντελεστές απώλειες για μιά ποικιλία προσαρτημάτων.

Η επιτρεπτή πίεση κεφαλής για σιφόνι.

$$\frac{P}{\gamma} = 0.9 \frac{P_o}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - 1.0, \quad \text{m}$$

κεφαλή ατμοσφαιρικής πίεσης στη

$$\frac{P_o}{\gamma} = \text{τοποθεσία.}$$

Altitude in m	Υψόμετρο σε .					
	0	500	1 000	1 500	2 000	3 000
$\frac{p_o}{\gamma}$ in m	10.3	9.8	9.2	8.6	8.1	7.2

$$\frac{p_v}{\gamma} = \text{πίεση υδρατμών νερού.}$$

Θερμοκρασία νερού. °C	10	20	30
$\frac{p_v}{\gamma}$ in m	0.123	0.24	0.43

Η επιτρεπτή αναρρόφηση κεφαλής του σιφονίου είναι:

$$H_s \leq \frac{p}{\gamma} - \frac{v^2}{2g} \approx h_{z_1}$$

όπου V = ταχύτητα στο σωλήνα.

Ση L_1 = όλες οι αντίθετες απώλειες κεφαλής κατά
κατά μήκος του σωλήνα.

Η μέγιστη επιτρεπτή ανάποδη κεφαλή του σιφονίου είναι.

$$H_T \leq \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \approx h_{1_2}$$

όπου $\Sigma h_{1/2}$ = βάθος νερού πάνω απο την είσοδο του
σιφονίου

Είσοδος με κάθετο άξονα.

v (m/sec)	D (m)	h_o (m)
1.5	0.1 - 0.3	2 D, but min. 0.3
1.5 - 2.5	0.3 - 0.9	1 D 0.7
> 2.5	> 1.0	1.7 D 2.0

Είσοδος με οριζόντιο άξονα.

$$\text{όπου } h_o = 1.3 \left[\frac{v^2}{2g} + \frac{v (1 + \sqrt{k_e})^2}{2g} \right]$$

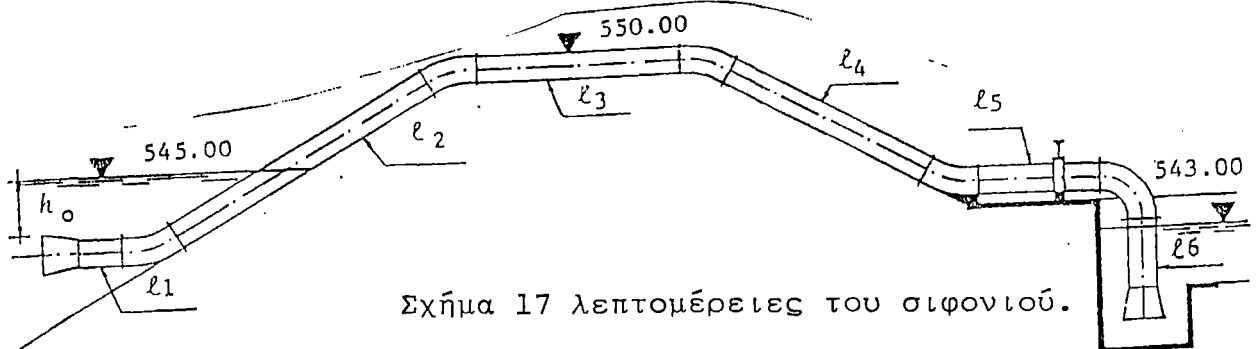
k_e = είσοδος συντελεστή απώλειας.

Είσοδος με επικλινή άξονα.

$$\text{όπου } h_o = 1.3 \left[\frac{v^2}{2g} + \frac{v (1 + \sqrt{k_e})^2}{2} \right] + 2 d \sin \alpha$$

α = γωνία της κλίσης σε μοίρες.

Παράδειγμα 7: Σχεδιάστε το σιφόνι που φαίνεται στο σχήμα 17 για εκροή 350L/Sec αν η θερμοκρασία του νερού 30C.



Σχήμα 17 λεπτομέρειες του σιφονιού.

Λύση: Θεωρώντας την σχεδιασμένη εκροή $Q=0.35\text{M}^3/\text{Sec}$, το σιφόνι είναι μεγάλο. Η ταχύτητα υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο υποθέτοντας ότι η διάμετρος είναι

$$v = \frac{4Q}{d^2 \pi} = \frac{4 \times 0.35}{0.40^2 \times 3.14} = 2.79 \text{ m/sec}$$

Καθώς αυτή η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από την προτεινόμενη ελάχιστη στο πίνακα 14 από τώρα, η επιλεγμένη διάμετρος είναι ικανοποιητική.

Το επόμενο βήμα είναι να προσδιοριστεί το βάθος νερού πάνω από την είσοδο του σιφονιού χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3.38).

$$h_o = 1.3 \left[\frac{v^2}{2g} + \frac{v (1 + \sqrt{k_e})^2}{2g} \right]$$

$$v = 2.79 \text{ m}$$

$$k_e = 0.1$$

Τότε

$$h_o = 1.3 \left[\frac{2.79^2}{19.62} + \frac{2.79 \times (1 + \sqrt{0.1})^2}{19.62} \right] = 1.08 \text{ m say } 1.10 \text{ m}$$

Ο συντελεστής εκροής του σιφονιού ορίζεται από την εξίσωση (3.34).

$$C = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{L}{d} + \Sigma K}}$$
$$\lambda = 0.02$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 = 1.80 + 14.0 + 8.70 + 13.0 + 5.0 + 1.50 = 44 \text{ m}$$

$$d = 0.40 \text{ m}$$

Υπολογισμός του τοπικού συντελεστή απώλειας

χρησιμοποιώντας το πίνακα 19:

είσοδος διάχυσης.

καμπές τριβής.

βαλβίδα.

έξοδος διάχυσης.

Η αντικατάσταση των παραπάνω τιμών στην εξίσωση δίνει:

$$C = \frac{1}{\sqrt{1 + 0.02 \frac{44}{0.40} + 1.37}} = 0.47$$

Η επιτρεπτή κεφαλή αναρρόφησης του σιφονιού παίρνεται αν χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση (3.35).

$$\frac{p}{\gamma} = 0.9 \frac{p_o}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - 1.0$$

όπου $\frac{p_o}{\gamma} = 9.75 \text{ m}$

$$\frac{p_v}{\gamma} = 0.43 \text{ m}$$

τότε $\frac{p}{\gamma} = 0.9 \times 9.75 - 0.43 - 1.0 = 7.35 \text{ m}$

Η κεφαλή αναρρόφησης του σιφονιού ορίζεται από την εξίσωση (3.36). $H_s = \frac{p}{\gamma} - \frac{v^2}{2g} + \Sigma h_{l1}$

$$\frac{p}{\gamma} = 7.35 \text{ m}$$

$$\Sigma h_{I_1} = \frac{v^2}{2g} \left(1 + k_e + 3 k_{fb} + \lambda \frac{l_1 + l_2 + l_3}{d} \right) =$$

$$= \frac{2.79^2}{19.62} \left(1 + 0.1 + 3 \times 0.09 + 0.02 \frac{1.8 + 14 + 8.70}{0.40} \right) = 1.03 \text{ m}$$

τότε $H_s = 7.35 - 1.03 = 6.32 \text{ m}$

$$H_{effs} = 550 - 545 = 5.0 \text{ m}$$

Η επιτρεπτή ανάποδη κεφαλή του σιφονιού προσδιορίζεται από την εξίσωση (3.37)

$$H_T = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \Sigma h_{1_2}$$

όπου $\frac{P}{\gamma} = 7.35 \text{ m}$

$$\Sigma h_{1_2} = \frac{v^2}{2g} \left(k_{fb} + k_v + k_b + k_o + \lambda \frac{l_4 + l_5 + l_6}{d} \right) =$$

$$= \frac{2.79^2}{19.62} \left(0.09 + 0.07 + 0.34 + 0.5 + 0.02 \frac{13 + 10 + 1.5}{0.40} \right) =$$

τότε $= 0.88 \text{ m}$

$$H_T = 7.35 + 0.88 = 8.23 \text{ m}$$

$$H_{effT} = 550 - 543 = 7.00 \text{ m}$$

Το σχέδιο του σιφονιού είναι ικανοποιητικό επειδή και το HEFFS και το HEFFT είναι κάτω από τις επιτρεπτές τιμές τους.

Η εκροή του σιφονιού ορίζεται από το τύπο (3.33).

$$Q = C A \sqrt{2 g H}$$

όπου

$$C = 0.47$$

$$A = 0.126 \text{ m}^2$$

$$H = 545 - 543 = 2.0 \text{ m}$$

τότε $Q = 0.47 \times 0.126 \sqrt{19.62 \times 2.0} = 0.37 \text{ m}^3/\text{sec}$

Αυτό είναι αποδεκτό, αφού το σχεδιασμένο $Q=0.35 \text{ M}^3/\text{SEC}$.

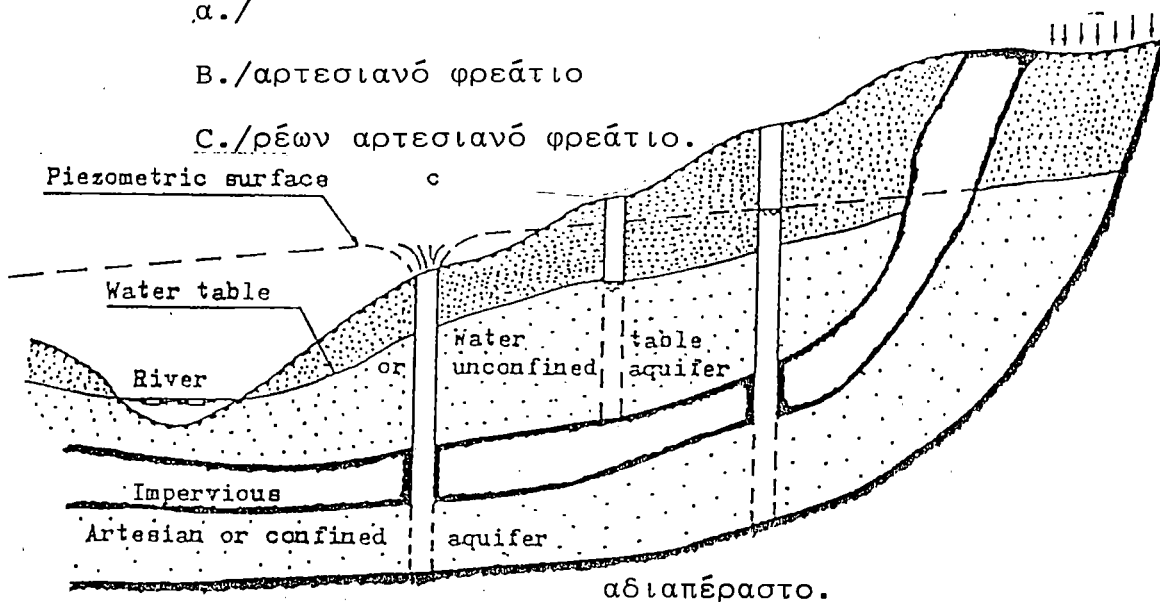
4. Εκροή φρεατίων.

4.1 Είδη φρεατίων.

α./

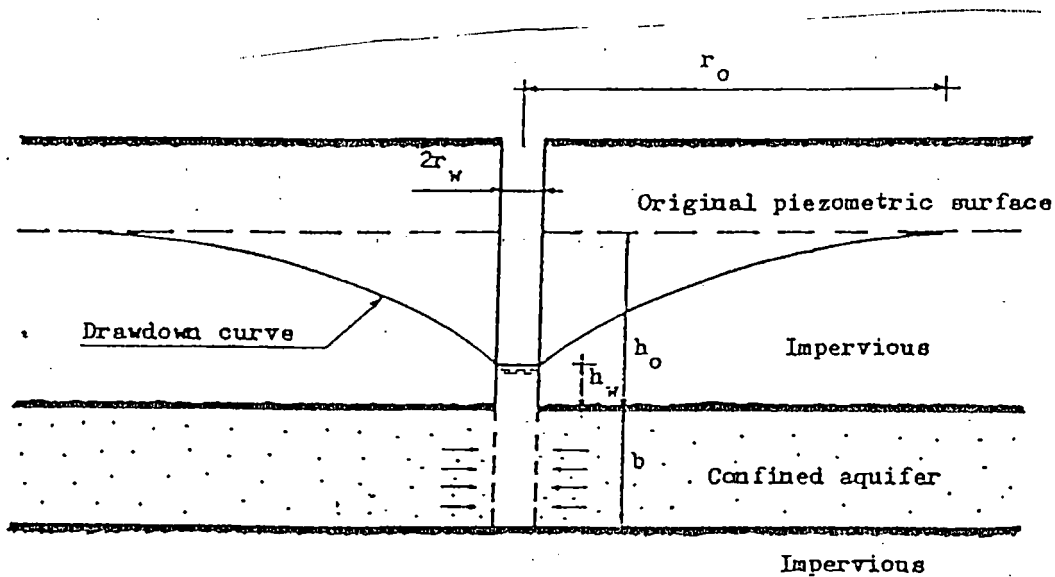
β./αρτεσιανό φρεάτιο

γ./ρέων αρτεσιανό φρεάτιο.



Γενικευμένη τομή που ορίζει είδη φρεατίων.

Εκροή φρεατίου σε περιορισμένο AQUIFER.



Ακτινωτή ροή σε περιορισμένο AQUIFER.

Μέθοδος THIEM

$$Q = \frac{2 \times \pi \times k \times b \times (h_o - h_w)}{2.30 \times \log \frac{r_o}{r_w}}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

όπου K =συντελεστής διαπερατότητας.

B =πυκνότητα AQUIFER.

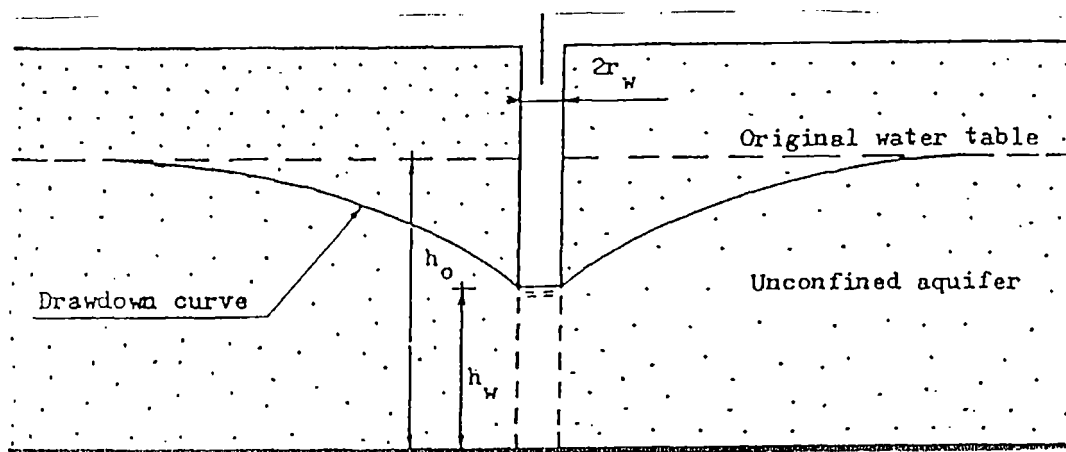
η =αρχική πιεσομετρική κεφαλή στο φρεάτιο.

η_w = πιεσομετρική κεφαλή στο φρεάτιο.

R_o =ακτίνα επίδρασης.

R_w =ακτίνα φρεατίου.

Εκροή φρεατίου σε απεριόριστο AQUIFER.



Ακτινωτή ροή σε απεριόριστο AQUIFER.

Μέθοδοι DUPUIT

$$Q = \frac{0.434 \times \pi \times k \times (h_o^2 - h_w^2)}{\log \frac{r_o}{r_w}}, \quad \text{m}^3/\text{sec}$$

Ακτίνα επιροής

$$r_o = 3000 \times s \times \sqrt{k}$$

$$s = \text{drawdown} = h_o - h_w, \quad \text{m}$$

Ταχύτητα εισόδου οθόνης.

Για να εξασφαλιστεί μακροχρόνια υπηρεσία του φρεατίου, η κίνηση των λεπτότερων μερών του υλικού του AQUIFER, που είχε ως αποτέλεσμα το επακόλουθο φράξιμο των ανοιγμάτων της οθόνης, πρέπει να περιοριστεί στο ελάχιστο. Για αυτό, οι ταχύτητες της εισόδου οθόνης πρέπει να κρατηθούν κάτω από τις τιμές που συνιστώνται στον πίνακα 15.

Πίνακας 15

Επιτρεπόμενες ταχύτητες εισόδου οθόνης.

Συντελεστής διαπαιρατότητας.

Ταχύτητα οθόνης

(m/day)	(cm/sec)
> 250	6.1
250	5.6
200	5.1
150	4.3
100	3.5
50	2.0
20	1.5
< 20	1.0

Προτεινόμενη διάμετρος φρεατίου. Για να τοποθετηθεί ο απαιτούμενος εξοπλισμός άντλησης στο φρεάτιο η διάμετρος του φρεατίου πρέπει να καθορισθεί στη βάση της εκροής του φρεατίου όπως προτείνεται στο πίνακα 16.

Πίνακας 16

Προτεινόμενη διάμετρος φρεατίου.

Αναλογία άντλησης

Διάμετρος φρεατίου.

(m ³ /hour)	(m)
30	0.15
60	0.20
120	0.25
300	0.30
450	0.35
600	0.40

Παράδειγμα 1. Προσδιορίστε την εκροή του φρεατίου με τη διάμετρο των 20CM και το μήκος της οθόνης 30M αν το Κ ισούται 10M/μέρα, η πυκνότητα του απεριόριστου AQUIFER είναι 40M και το τραπέζιο νερού είναι σε βάθος 6M κάτω από το επίπεδο της γης.

Για να προσδιοριστεί η εκροή του φρεατίου, η ακριβής τιμή του σχεδίου επιλέγεται ως 40M

Απο την εξίσωση (4.3) παίρνουμε

$$r_o = 3000 \times s \times \sqrt{k}$$

όπου

$$s = 4.0 \text{ m}$$

$$k = 10 \text{ m/day} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$$

τότε $r_o = 3000 \times 4.0 \times \sqrt{1.2 \times 10^{-4}} = 133 \text{ m}$

Απο την εξίσωση (4.2) παίρνουμε

$$Q = \frac{0.434 \times \pi \times k \times (h_o^2 - h_w^2)}{\log \frac{r_o}{r_w}} \text{ m}^3/\text{sec}$$

όπου $h_o = 34 \text{ m}$ $\log \frac{r_o}{r_w}$

$$h_w = 30 \text{ m}$$

$$r_w = 0.10 \text{ m}$$

Η αντικατάσταση αυτών των τιμών στην εξίσωση δίνει.

$$Q = \frac{0.434 \times 3.14 \times 1.2 \times 10^{-4} \times (34^2 - 30^2)}{\log \frac{133}{0.10}} = 0.014 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Προσδιορισμός της ταχύτητας εισόδου στην οθόνη.

Η ανοιχτή περιοχή της οθόνης υποτείνεται ως 15% της ολικής επιφανειακής περιοχής της οθόνης.

τότε η περιοχή εισόδου της οθόνης παίρνεται από

όπου $A_s = 0.15 \times 2r_w \times \pi \times L_s$
 $L_s = 30 \text{ m}$

τόρα $A_s = 0.15 \times 2 \times 0.10 \times 3.14 \times 30 = 2.82 \text{ m}^2$

Η ενεργή ανοιχτή περιοχή που θεωρείται απόφραξη απο κόκκους υπολογίζεται να είναι 50% της πραγματικά

ανοιχτής περιοχής. Γι' αυτό η ταχύτητα εισόδου για εκροή

$$0.015 \text{ M}^3/\text{SeC} \text{ ορίζεται ως } v_e = \frac{Q}{A_{\text{sef}}} = \frac{0.014}{1.41} = 0.01 \text{ m/sec} = 1.0 \text{ cm/sec}$$

Αφού νε ισούται με την καλύτερη ταχύτητα οθόνης η επιλεγμένη οθόνη είναι επαρκής.

Διάμετρος φρεατίου. Ελέγχοντας την εκροή του φρεατίου

$$\text{ανά ώρα } q = 3600 \times Q = 3600 \times 0.014 = 51 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Καθώς αυτή η τιμή είναι σχεδόν ίση με την αναλογία άντλησης των 60M³/SeC, τότε, η επιλεγμένη διάμετρος των 20CM είναι επαρκής.

Παράδειγμα 2.

Σχεδιάστε ένα φρεάτιο για εσωτερικό ιχθυοτροφείο με κορυφαία εκροή 700L/MIN σε απεριόριστο AQUIFER των 20M. Η διακύμανση του επιπέδου της πιεζομετρικής επιφάνειας ύδατος είναι 4.0M με μέγιστο επίπεδο 3.0M κάτω από το επίπεδο του εδάφους. Υποθέτουμε την τιμή του K ως 100M/μέρα

I). Επιλογή διαμέτρου φρεατίου.

$$Q = 700 \text{ l/min} = 42 \text{ m}^3/\text{ώρα} = 0.0012 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Για αυτή την εκροή η προτεινόμενη διάμετρος φρεατίου είναι $2r_w = 0.15 \text{ m}$ από το πίνακα 16.

II). Μήκος οθόνης.

Για $k = 100 \text{ m/day} = 1.16 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$ επιτρεπτή ταχύτητα οθόνης εισόδου παίρνεται από το πίνακα 15 ως:

$$v_e = 3.5 \text{ cm/sec} = 0.035 \text{ m/sec}$$

Το μήκος οθόνης υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο $Q = v_e \times A_{\text{σεfόπου}}$

$A_{\text{σεfόπου}}$ = ενεργή ανοιχτή περιοχή της οθόνης

Υποθέτοντας ότι η ανοιχτή περιοχή της οθόνης του 15% εμποδίζεται από 50% χάρη σε εμπόδια από κόκκους AQUIFER τότε

$$L = \frac{Q}{v_e \times 0.5 \times 0.15 \times 2 \times r_w \times \pi} \text{ m}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές στο τύπο δίνει:

$$L = \frac{0.012}{0.035 \times 0.5 \times 0.15 \times 2 \times 0.075 \times 3.14} = 10 \text{ m}$$

III). Ακτίνα επιρροής.

Από την εξίσωση (4.3) παίρνουμε $r_e = 3.000 \times s \times \sqrt{k}$

Υποθέτοντας $s = 1.5 \text{ M}$ τότε $r_e = 3.000 \times 1.5 \times \sqrt{1.16 \times 10^{-3}} = 153 \text{ m}$

IV). Εκροή φρεατίου.

Από την εξίσωση (4.2) παίρνουμε

$$Q = \frac{0.34 \times \pi \times k \times (h_0^2 - h_w^2)}{\log \frac{r_0}{r_w}}$$

όπου $k \dots$

Αντικατάσταση αυτών των τιμών στην εξίσωση (4.2) δίνει

$$Q = \frac{0.34 \times 3.14 \times 1.16 \times 10^{-3} \times (13^2 - 11.5^2)}{\log \frac{153}{0.075}} = 0.017 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Αφού η υπολογισμένη εκροή είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, οι παραπάνω υπολογισμοί πρέπει να επαναληφθούν με μειωμένη τιμή.

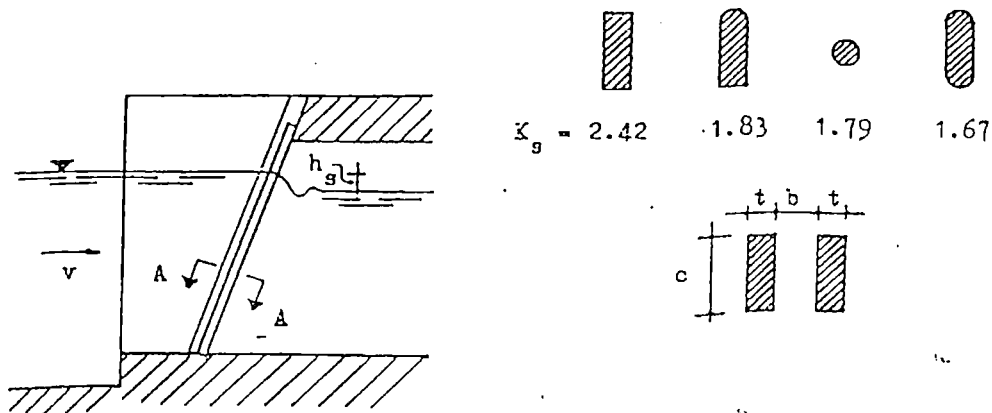
Υποθέτουμε

$$s = 1.0 \text{ m} \text{ τότε } r_0 = 3000 \times 1.0 \times \sqrt{1.6 \times 10^{-3}} = 102 \text{ m}$$

$$Q = \frac{0.34 \times 3.14 \times 1.16 \times 10^{-3} \times (13^2 - 12^2)}{\log \frac{102}{0.075}} = 0.013 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Αυτό ισούται με την κορυφαία ζήτηση νερού στο ιχθυοτροφείο, τότε ο σωλήνας του φρεατίου με διάμετρο 15CM και μήκος οθόνης 10M όπως επίσης ο DRAWDOWN 1.0M αποφέρει το απαιτούμενο 700L/MIN για το ιχθυοτροφείο.

Σχεδιαστικός τύπος οθόνης.



σχήμα 21. Απώλεια κεφαλής στις οθόνες, τιμές συντελεστή K_g για απώλεια οθόνης για διάφορα σχήματα ράβδου.

Τύπος KIRSCMNER

$$h_s = K_s \left(\frac{c}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \alpha$$

όπου h_s = απώλεια κεφαλής.

K_s = συντελεστής απώλειας οθόνης.

T = πάχος ράβδων

b = καθαρό διάστημα μεταξύ ράβδων.

V = ταχύτητα προσέγγισης.

α = γωνία κλίσης ράβδου, μοίρα.

Παράδειγμα 1. Σχεδιάστε μια αίθουσα οθόνης για σταθμό άντλησης με τα παρακάτω στοιχεία.

$$Q = 0.50 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \alpha = 70^\circ$$

$$h = 0.80 \text{ m}$$

$$v = 0.70 \text{ m/sec}$$

$$c = \varnothing 10 \text{ cm}$$

$$b = 2 \text{ cm}$$

Διαδικασία. Απώλεια κεφαλής οθόνης.

Απώλεια κεφαλής οθονών παίρνεται από την εξίσωση (5.1)

με

$$K_s = 1.79$$

$$c = 0.01 \text{ m}$$

$$b = 0.02 \text{ m}$$

$$v = 0.70 \text{ m/sec}$$

$$\sin \alpha = \sin 70^\circ = 0.9397$$

Αντικαθιστώντας αυτές τις τιμές στην εξίσωση (5.1)

δίνει

$$h_s = 1.79 \left(\frac{0.01}{0.02}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{0.7^2}{2 \times 9.81} \times 0.9397 = 0.058 \text{ m; say } 6 \text{ cm}$$

Πλάτος της αίθουσας άντλησης.

Το πλάτος της αίθουσας άντλησης υπολογίζεται πρώτα χωρίς οθόνες ως εξής:

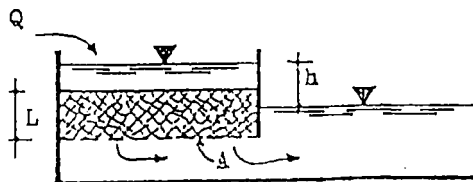
$$w = \frac{Q}{v \times h} = \frac{0.50}{0.7 \times 0.8} = 0.89 \text{ m}$$

Ο αριθμός του διαστήματος. $n_s = \frac{w}{b} = \frac{0.89}{0.02} = 45$

$$c + b = 0.01 + 0.02 = 0.03 \text{ m}$$

Έτσι το συνολικό πλάτος της αίθουσας οθόνης παίρνεται από $w_{eff} = n_s \times (c + b) = 45 \times 0.03 = 1.35 \text{ m}$

Σχεδιαστικός τύπος φίλτρου.



σχήμα 22. Ροή μέσω φίλτρου

Τύπος DARCY

$$Q = k \frac{h}{L} A \quad , \quad \text{m}^3/\text{sec} \quad (6.1)$$

όπου

Q =εκροή φίλτρου.

K =συντελεστής διαπερατότητας.

h =κεφαλή.

L =πάχος των μέσων φίλτρων.

A =επιφάνεια φίλτρου.

Πίνακας 17

Συντελεστής διαπερατότητας.

<u>Είδος εδάφους</u>	<u>Μέσο μέγεθος κόκκου</u>	<u>Αναλογία K</u>
Μέσο χαλίκι	4 - 7	$(2.5 - 4.0) \times 10^{-2}$
Λεπτό χαλίκι	2 - 4	$(1.0 - 2.5) \times 10^{-2}$
Χοντρή άμμος	0.5 - 2	$10^{-4} - 10^{-2}$
Μέση άμμος	0.3 - 0.5	$5.0 \times 10^{-5} - 10^{-4}$
Λεπτή άμμος	0.1 - 0.3	$(1.0 - 5.0) \times 10^{-5}$

Παράδειγμα 1. Σχεδιάστε κουτί φίλτρου παραποτάμιου καναλιού εναντίον υπολλειμάτων ψαριών για εκροή 200L/Sec. Το πάχος του φιλτραρισμένου χαλικιού με μέσο μέγεθος κόκκου 7MM είναι 35CM και η κεφαλή είναι 30CM.

Λύση: Υποθέτοντας ότι το μήκος του κουτιού φίλτρου είναι

$$L=3.0\text{M. Από την εξίσωση (6.1) } Q = k \frac{h}{L} A$$

$$A = \frac{L \times Q}{k \times h} \text{ m}^2$$

όπου

$$A = l \times w = 3.0 \text{ m}$$

$$L = 0.35 \text{ m}$$

$$Q = 0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Από το πίνακα 17 για μέσο μέγεθος κόκκου 7MM παίρνουμε

$$h = 0.30 \text{ m}$$

τότε

$$A = 3.0 \times w = \frac{0.35 \times 0.2}{4.0 \times 10^{-2} \times 0.30} = 5.83 \text{ m}$$

έτσι

$$w = \frac{5.83}{3.0} = 1.94 \text{ m} \quad \begin{array}{l} \text{ας πούμε} \\ \text{say } w = 2.0 \text{ m} \end{array}$$

Γι' αυτό το απαιτούμενο πλάτος του κουτιού φίλτρου με το επιλεγμένο μήκος των 3.0M θα είναι 2.0M

Σχεδιαστικοί τύποι για ροή σε σωλήνες.

Μέθοδος μεταφοράς.

Υπολογιστικοί τύποι.

$$Q = K \sqrt{S}, \quad \text{L/sec} \quad (7.1)$$

$$H = Q^2 \frac{L}{K^2}, \quad \text{m} \quad (7.2)$$

$$V = M \sqrt{S}, \quad \text{m/sec} \quad (7.3)$$

όπου

Q=σχέδιο εκροής σωλήνα.

S=κλίση της ενεργειακής γραμμής.

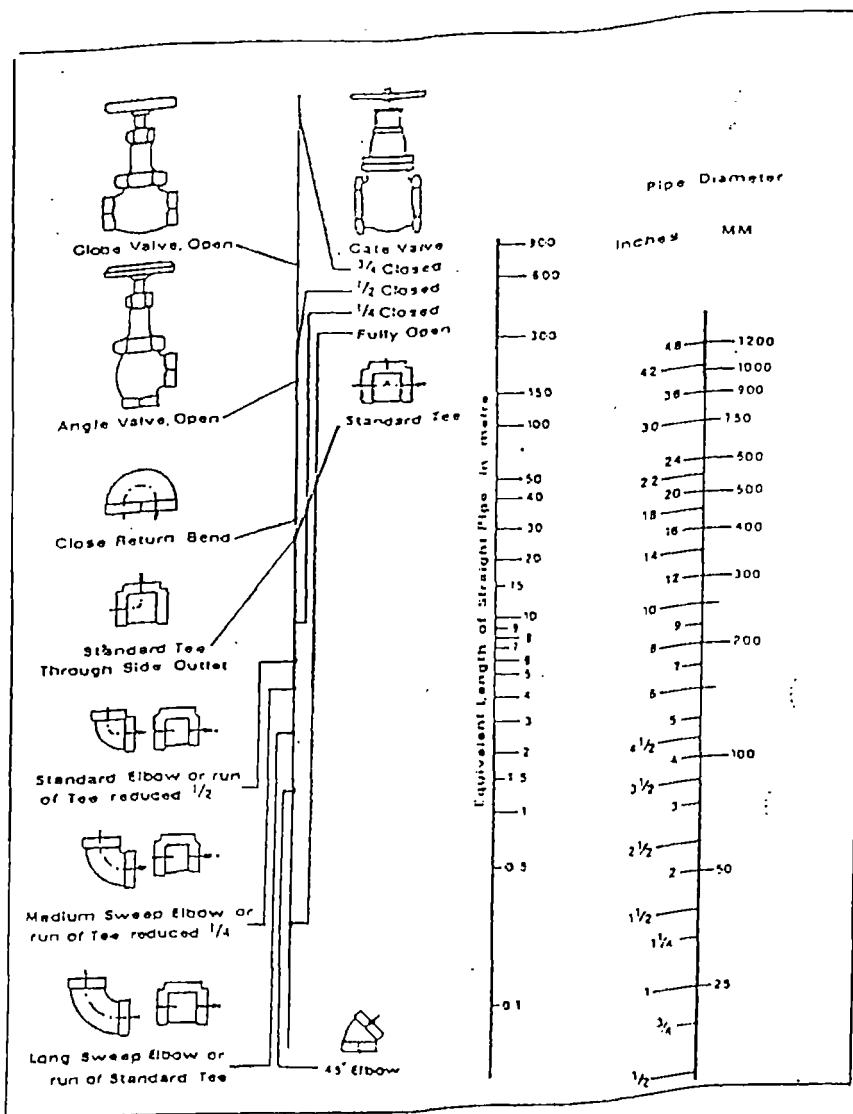
H=κεφαλή.

L=μήκος σωλήνα.

V=ταχύτητα στο σωλήνα.

M= διαμορφωτής ταχύτητας.

K=παράγοντας μεταφοράς του σωλήνα.



Σχήμα 23. Δευτερεύοντες απώλειες βαλβίδων και εξαρτημάτων στη ροή του νερού.

Από την εξίσωση (7.1)

$$Q = K \sqrt{S}$$

απο την οποία $\sqrt{S} = \sqrt{\frac{H}{L}} = \sqrt{\frac{5.0}{1000}} = 0.0707$

Απο το πίνακα 18 για γαλβανισμένο σωλήνα των 200MM σε διάμετρο είναι 4769 L/SEC

τότε $Q = K \sqrt{S} = 476.9 \times 0.0707 = 33.72 \text{ l/sec}$

Παράδειγμα 2. Προσδιορίστε την απαιτούμενη απώλεια κεφαλής για εκροή των 50 L/SEC στο σωλήνα που περιγράφεται στο παράδειγμα 1.

Λύση: Χρησιμοποιώντας την παρακάτω τροποποιημένη εξίσωση

(7.2)

όπου

$$H = Q^2 L \frac{1\ 000}{K^2}$$
$$L = 1.0\ \text{km}$$

Απο το πίνακα 18 $\frac{1\ 000}{K^2}$ παίρνουμε 0.0044

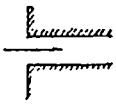
τότε $H = 50^2 \times 1.0 \times 0.0044 = 11.0\ \text{m}$

Τοπικές απώλειες: $h_z = k \frac{v^2}{2g}$

Στο υδραυλικό σχέδιο των αγωγών η ενεργειακή απώλεια μέσω τριβής κατά μήκος του σωλήνα είναι επικρατέστερη για σωλήνες 50M οι μακρύτερες. Για μικρότερα μήκη σωλήνα το άθροισμα των τοπικών ενεργειακών απωλειών στις γωνίες, βαλβίδες, μηχανισμούς εισόδου κ.α., μπορεί να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από τις απώλειες τριβής κατά μήκος του σωλήνα τοπικές απώλειες σε εξαρτήματα σωλήνωσης βρέθηκαν να είναι αναλογικές προς το ποσό της κινητικής ενέργειας που εισέρχεται στο εξάρτημα. Η διαμόρφωση του εξαρτήματος προσδιορίζει το σταθερό της αναλογικότητας. Αναλόγως τοπική απώλεια σε εξάρτημα σωλήνα υπολογίζεται από $h_z = K \frac{v^2}{2g}$ στο οποίο το K είναι ο αποκαλούμενος συντελεστής τοπικής απώλειας και V είναι η ταχύτητα στο σωλήνα πριν το εξάρτημα, εκτός αν προσδιορίζεται αλλιώς. Ο πίνακας 19 ταξινομεί τους συντελεστές τοπικής απώλειας για μια ποικιλία εξαρτημάτων.

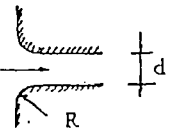
Πίνακας 19.

Συντελεστές τοπικής απώλειας.



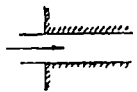
Κάθετη τετράγωνη είσοδος.

$k = 0,50$



Κάθετη στρογγυλεμένη είσοδος.

R/d	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
k	0,25	0,17	0,08	0,05	0,04



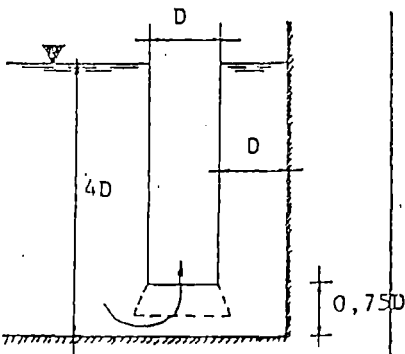
Κάθετη επανεισερχομένη είσοδος.

$k = 0,8$



Λοξή είσοδος.

$k = 0,5 + 0,3 \sin \alpha + 0,2 \sin^2 \alpha$



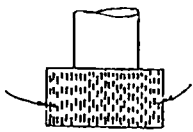
Σωλήνας αναρρόφησης με κωνικό επιστόμιο.

$h_2 = 0,60 D + 1,20 \frac{Q}{\sqrt{D^3}} - \frac{v^2}{2g}$

χωρίς επιστόμιο

$h_2 = 0,53 D + 1,30 \frac{Q}{\sqrt{D^3}} - \frac{v^2}{2g}$

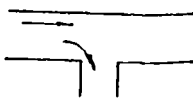
3,5 D πλάτος λεκάνης αποστράγγισης.



Κουβάς στραγγιστήρι.

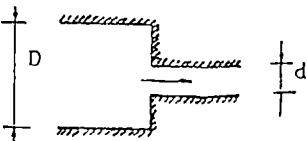
K=με βαλβίδα ποδιού.

K=χωρίς βαλβίδα ποδιού.



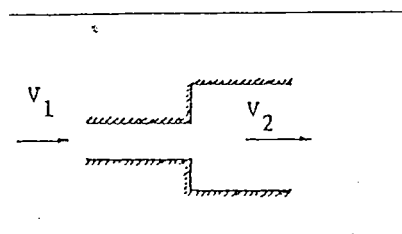
Κανονικό ανάχωμα, K=1,8

είσοδος σε δευτερεύουσα σειρά.



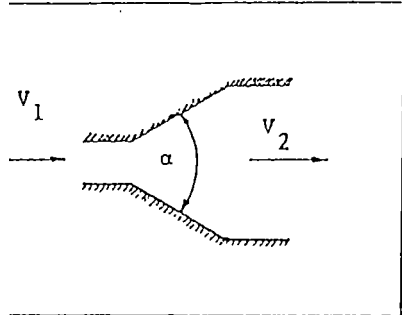
Απότομη συστολή.

$(d/D)^2$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
k	0,5	0,5	0,42	0,33	0,25	0,15



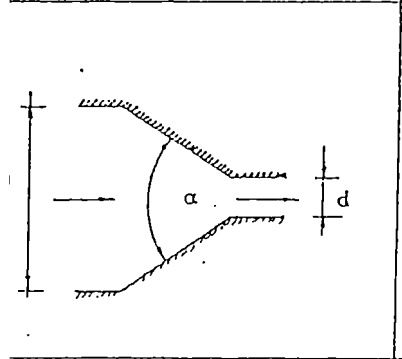
Απότομη διαστολή.

$$h_z = \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$



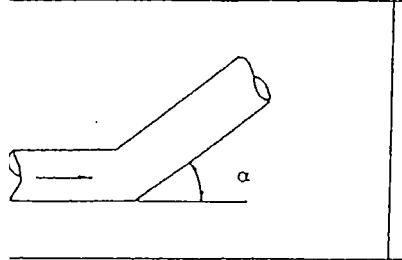
$$h_z = k (v_1^2 - v_2^2) / 2g$$

α°	20	40	60	80
k	0,20	0,28	0,32	0,35



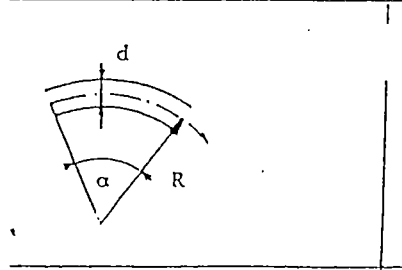
$$h_z = k (v_1^2 - v_2^2) / 2g$$

α°	8	15	30	45
k	D = 3d 0,05	0,15	0,49	0,60
εστ	D = 2d 0,11	0,21	0,51	0,60



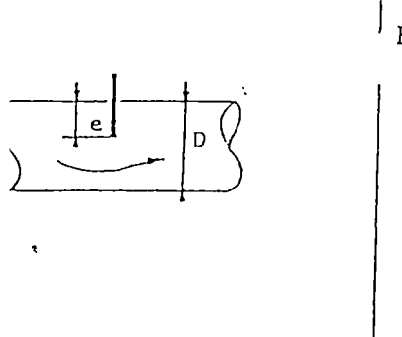
Αίχμηρη γωνία.

α°	15	30	45	60	90
k	0,024	0,108	0,26	0,49	1,17



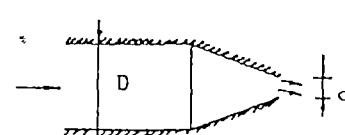
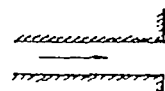
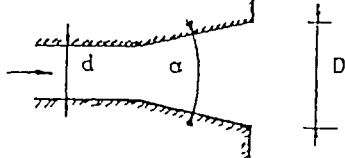
Καμπές.

α°	15	30	45	60	90
k εστ $R/d = 1$	0,01	0,09	0,17	0,27	0,53
$R/d > 3$	0,01	0,03	0,12	0,20	0,24



Βαλβίδα πύλης.

e/D	0	1/3	1/4	1/2	3/4
k	0	0,07	0,26	2,06	17,0

	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>d/D</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>5,5</td> <td>4</td> <td>2,55</td> <td>1,1</td> </tr> </tbody> </table>	d/D	0,5	0,6	0,8	0,9	k	5,5	4	2,55	1,1
d/D	0,5	0,6	0,8	0,9							
k	5,5	4	2,55	1,1							
	<p>Έξοδος απο σωλήνα σε λιμνάζοντα νερά. $k = 1,0$</p>										
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>α°</td> <td>8</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>0,05</td> <td>0,18</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> </tr> </tbody> </table>	α°	8	15	30	45	k	0,05	0,18	0,5	0,6
α°	8	15	30	45							
k	0,05	0,18	0,5	0,6							

Πίνακας 20.

Διάμετρος σωλήνα. Ταχύτητα. Διάμετρος σωλήνα. Ταχύτητα.

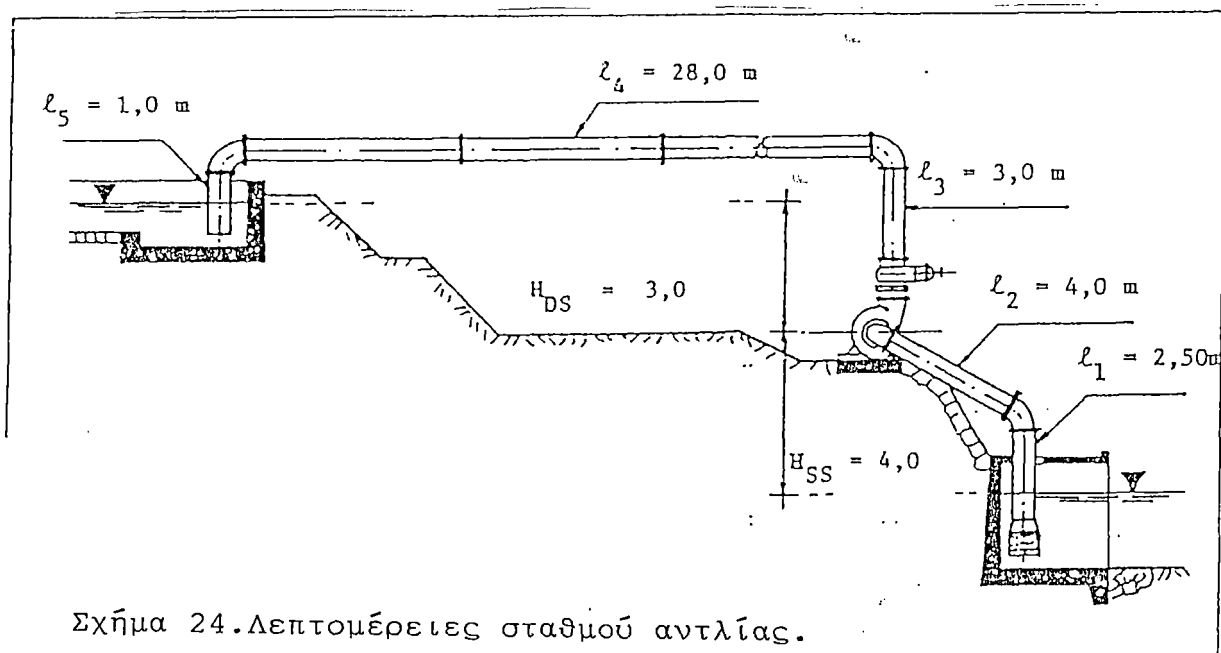
(mm)	(m/sec)	(mm)	(m/sec)
25-50	0.60	400	1.25
60	0.70	500	1.40
100	0.75	600	1.60
150	0.80	800	1.90
200	0.90	900	1.95
250	1.00	1 000	2.00
300	1.10	1 200	2.20

Σχεδιαστικοί τύποι για άντληση.

Είδη αντλιών που χρησιμοποιούνται στην ιχθυοκαλλιέργεια.

1. Αντλίες έλικα.
2. Φυγόκεντρες αντλίες.
3. Αντλίες στρόβιλου.

Ολικά δυναμικές κεφαλές.



Σχήμα 24. Λεπτομέρειες σταθμού αντλίας.

Υπολογιστικοί τύποι.

$$H_T = H_{ST} + H_{DT} = \text{Ολική δυναμική κεφαλή.}$$

$$H_{ST} = H_e + H_{SS} + H_{SV} + H_{SE} = \text{Ολική κεφαλή αναρρόφησης.}$$

$$H_{DT} = H_{DS} + H_{DV} + H_{DE} = \text{Ολική κεφαλή εκροής.}$$

$$H_e = k_e \frac{v_s^2}{2g} = \text{Κεφαλή εισόδου αναρρόφησης.}$$

k_e =συντελεστής τοπικής απώλειας του επιστομίου.

v_s =ταχύτητα αναρρόφησης στο σωλήνα αναρρόφησης.

H_{SE} =Στατική κεφαλή αναρρόφησης είναι η κάθετη απόσταση σε μέτρα μεταξύ της επιφάνειας του νερού και της κεντρικής γραμμής της αντλίας. Ίσως να είναι θετικό ή αρνητικό να εξαρτάται από την τοποθεσία της κεντρικής γραμμής της αντλίας σε σχέση με την επιφάνεια νερού.

$$H_{SV} = \frac{v_s^2}{2g} \quad \text{κεφαλή ταχύτητας αναρρόφησης}$$

είναι η ισοδύναμη κεφαλή μέσω

της οποίας το νερό θα έπρεπε να αποτύχει να αποκτήσει την ταχύτητα που έχει στην αναρρόφηση.

$$H_{SE} = \frac{v_s^2}{2g} \left(\lambda \frac{L_s}{D_s} + \sum k_s \right) = \text{κεφαλή αναρρόφησης τριβής.}$$

λ =παράγοντας τριβής τσιμεντένιος σωλήνας.

L_s = μήκος του ευθύ σωλήνα αναρρόφησης.

D_s =εσωτερική διάμετρος του σωλήνα αναρρόφησης.

$$v_s = \frac{Q}{A} = \text{ταχύτητα ροής στο σωλήνα αναρρόφησης.}$$

$\sum k_s$ =τοπικές απώλειες στο σωλήνα αναρρόφησης.

Q =εκροή της αντλίας.

A =περιοχή τομής σωλήνα.

H_{DS} =εκροή στατική κεφαλής είναι η κάθετη απόσταση σε μέτρα μεταξύ κεντρικής γραμμής της αντλίας και του σημείου εκροής.

$$H_{DV} = \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} = \text{Κεφαλή ταχύτητας εκροής.}$$

VB= ταχύτητα ροής στην εκροή.

Vs=ταχύτητα ροής στην αναρρόφηση.

Αν τα ανοίγματα αναρρόφησης και εκροής είναι ίσης διαμέτρου η κεφαλή ταχύτητας εκροής θα είναι μηδέν.

$$H_{DE} = \frac{v_d^2}{2g} \left(\lambda \frac{L}{D_d} + \Sigma k \right) = \text{Κεφαλή τριβής εκροής.}$$

L= μήκος του ευθύ σωλήνα εκροής.

D=εσωτερική διάμετρος του σωλήνα εκροής.

ΣK=τοπικές απώλειες του σωλήνα εκροής.

Ειδική ταχύτητα.

$$n_s = \frac{n \sqrt{Q}}{H}$$

n=ταχύτητα ώθησης.

Q=εκροή.

H=κεφαλή.

Η ειδική ταχύτητα n_s είναι ένα ευρύ χρησιμοποιημένο κριτήριο για επιλογή αντλίας. Είναι η ταχύτητα προώθησης αντίστοιχη σε εκροή 1.0M³/sec σε 1.0M της κεφαλής για το πιο επαρκές σχέδιο. Η προτεινόμενη αναλογία σχεδίου n_s φαίνεται στο πίνακα 24.

Πίνακας 24.

Προτεινόμενη αναλογία σχεδίου του n_s.

Είδη αντλίας.

Φυγόκεντρες αντλίες ακτινωτής ροής.

στενός προωθητής. 10 - 30

μεσαίος προωθητής. 30 - 45

πλατύς προωθητής. 45 - 80

φυγόκεντρες αντλίες με μεικτή ροή. 80 -150

αντλίες έλικα. 135 -320

Καθαρό θετική κεφαλή αναρρόφησης.

$$NPSH = \frac{p_0}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} - H_{ST} \quad \text{m} \quad (8.3)$$

$\frac{p_0}{\gamma}$ = τοπική ατμοσφαιρική πίεση.

$\frac{p_v}{\gamma}$ = πίεση υδρατμών νερού.

Για να εμποδιστεί καμπυλότητα η αντλία πρέπει να τοποθετηθεί έτσι ώστε η ολική κεφαλή αναρρόφησης H_{ST} είναι μικρότερη από την διαθέσιμη κεφαλή, που βασίζεται στην τοπική ατμοσφαιρική πίεση πλὴν τη πίεση υδρατμών του νερού.

Προϋπόθεση ενέργειας.

Η ενέργεια που απαιτείται από μηχανή αντλίας εκφράζεται κοινώς από την άποψη υποδύναμης και μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\text{Φρένο HP} = \frac{\gamma \times Q \times H_T}{75 \times \eta_p \times \eta_m}$$

$\gamma = 1000 \text{ kg}$ μονάδα βάρους νερού.

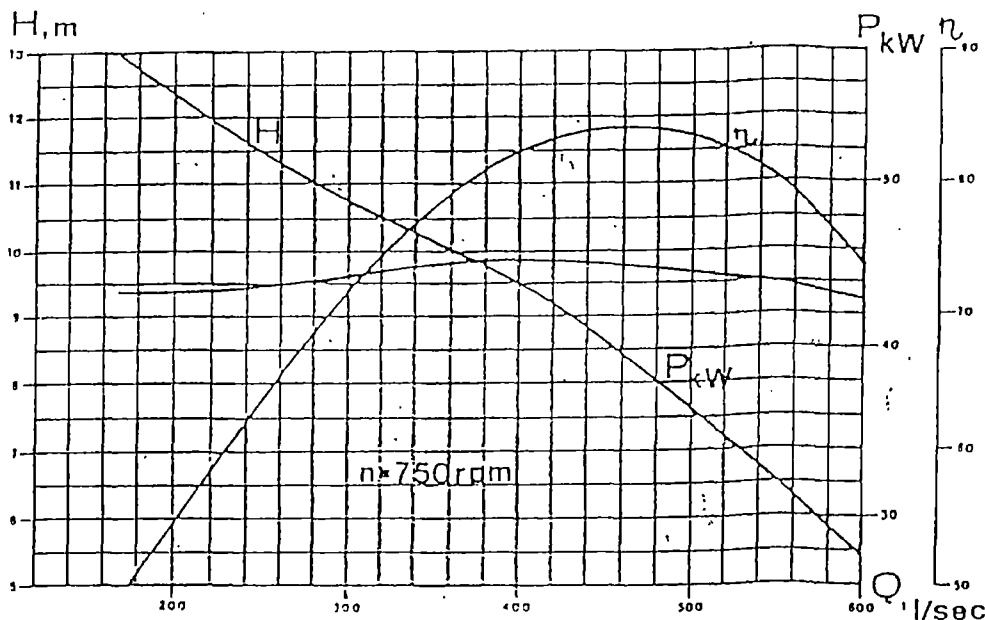
$Q = \text{M}^3/\text{SEC}$ εκροή αντλίας.

$H_T =$ ολική δυναμική κεφαλή.

$\eta_p =$ επάρκεια αντλίας.

$\eta =$ επάρκεια μηχανής.

Η επάρκεια της αντλίας ποικίλει ανάλογα με το Q και το H . Η τιμή περιλαμβάνεται στις χαρακτηριστικές τιμές των αντλιών από τον κατασκευαστή διαθέσιμη στις λίστες αντλίας, παράδειγμα των οποίων φαίνεται στο σχήμα 25.



Σχήμα 25. Χαρακτηριστικές καμπές για αντλία AGROFIL.

Η ζήτηση της ενέργειας της ηλεκτρικής μηχανής πρέπει να εκφραστεί σε KILOWATTS.

$$1 \text{ υποδύναμη} = 0.7457 \text{ kW}$$

Γι' αυτό αν η εξίσωση (8.4) εκφράζεται σε KILOWATT παίρνουμε.

$$P_{kW} = \frac{\gamma \times Q \times H}{102 \times \eta_p \times \eta_m}, \text{ kW}$$

Επάρκεια της μηχανής βασίζεται στο τύπο των μηχανών ως εξής.

Είδη των κινούμενων μηχανών.

$$\begin{array}{l} \eta_m \\ \text{κινητήρας.} \end{array} \begin{array}{l} 0.90 - 0.95 \\ 0.65 - 0.80 \end{array}$$

Προσδιορισμός του πιο οικονομικού σωλήνα διαμέτρου.
Για να επιβεβαιωθεί το ελάχιστο κόστος λειτουργίας και η AMORTIZATION σταθμού άντλησης έχοντας μακρύτερη γραμμή σωλήνα, ο πιο οικονομικός σωλήνας διαμέτρου μπορεί να οριστεί από την ακόλουθη λειτουργία όπως προτείνει ο AGROSZKIN (1952).

$$F_D = \frac{\gamma \times Q^3 \times T \times RC}{75 \times \eta \times \rho a \times C_p}$$

γ =μονάδα βάρους νερού.

Q =εκροή αντλίας.

T =ώρες άντλησης ετησίως.

RC =μονάδα κόστους ιπποδύναμης ώρας.

η = ολική επάρκεια.

Πίνακας 22.

2	50	0.000002	0.000001
	75	0.00002	0.000013
	100	0.00012	0.000082
	125	0.00049	0.00033
	150	0.0015	0.00105
	175	0.0040	0.0028
	200	0.009	0.013
9	225	0.019	0.01364
10	250	0.036	0.026
12	300	0.114	0.081
14	350	0.296	0.213
16	400	0.679	0.490
18	450	1.409	1.022
20	500	2.71	1.97
24	600	8.4	6.2
28	700	21.9	16.1
	750	33.5	24.8
	800	50.0	37.0
	900	103.6	76.9
	1 000	199.1	148.3