



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

Φυσικές διεργασίες στην επεξεργασία νερού και υγρών αποβλήτων

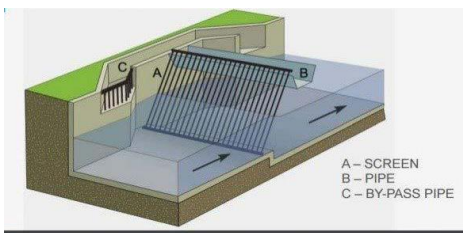
Επικ. Καθηγητής Αλέξανδρος Στεφανάκης

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης
Κτήριο Κ3, Γραφείο Α23,

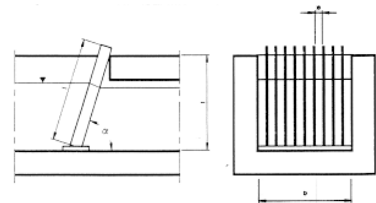
Τηλ: 28210 06121, email: astefanakis@enveng.tuc.gr

Μάρτιος 2021





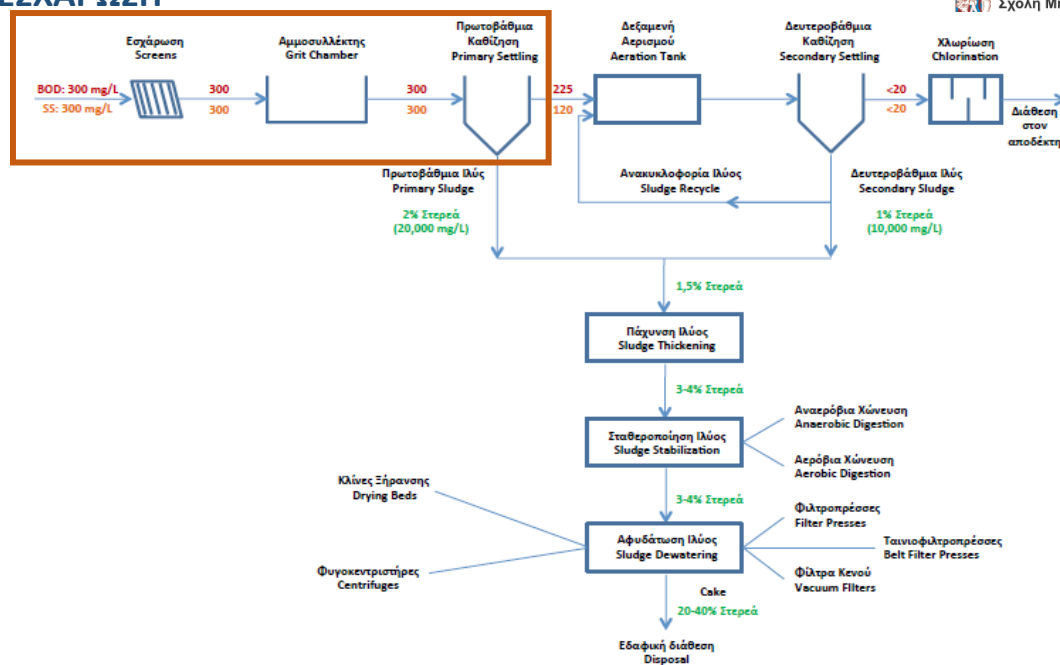
ΕΣΧΑΡΩΣΗ



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

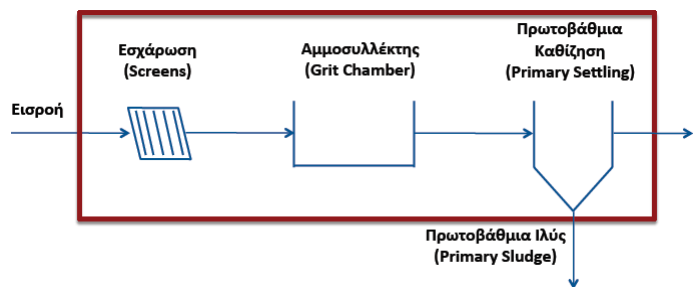


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Εσχάρωση
 - Αμμοσυλλογή
 - Λιποσυλλογή
 - Πρωτοβάθμια καθίζηση
 - Κροκίδωση
 - Επίπλευση
 - Διήθηση
- } Προεπεξεργασία



ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Στην πρωτοβάθμια (μηχανική) επεξεργασία έχουμε δύο βασικά στάδια

1) Προκαταρκτική επεξεργασία: προστασία των επόμενων σταδίων και διεργασιών από σχετικά μεγάλα σε μέγεθος στερεά απόβλητα και εξισορρόπηση της παροχής

- εσχарισμός
- αμμοσυλλογή
- λιποσυλλογή
- εξισορρόπηση παροχής

2) Απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (TSS) [οργανικών και ανόργανων]

- καθίζηση - επίπλευση
- χημική επεξεργασία - καθίζηση

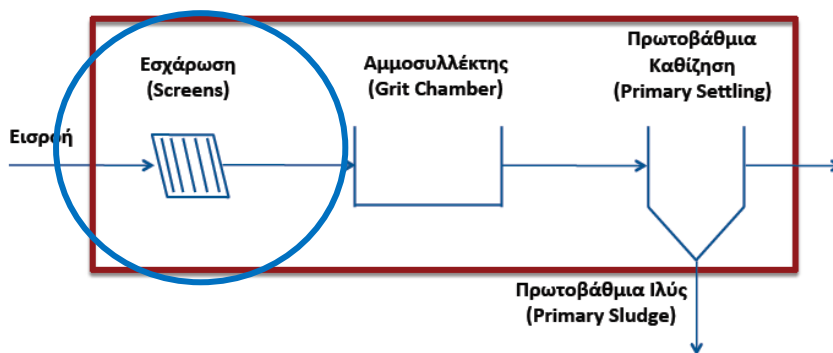
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Φυσικές διεργασίες μηχανικού χαρακτήρα για το διαχωρισμό στερεών συστατικών από την υγρή φάση (solid liquid separation)

	Βιομηχανική εφαρμογή	«Αστική» εφαρμογή	Διαχωρισμός βάσει
Συμβατικές διεργασίες	- Εσχάρες - Κόσκινα - Δεξαμενές - Καθίζησης - Επίπλευση - Φυγόκεντροι - Φίλτρα κενού - Διαυγαστές παράλληλων πλακών	- Εσχάρες - Κόσκινα - Δεξαμενές καθίζησης	Μεγέθους σωματιδίων Μεγέθους σωματιδίων Βαρύτητας / διαφοράς πυκνότητας Διαφοράς πυκνότητας Φυγόκεντρου δύναμης Μεγέθους σωματιδίων Βαρύτητας / Μεγέθυνσης διαχωριστικής επιφάνειας
Προχωρημένες μέθοδοι	- Φίλτρα με βαθύ στρώμα - Υδροκυκλώνες - Μεμβράνες	- Κόσκινα/μικροκόσκινα - Διαυγαστές παράλληλων πλακών - Επίπλευση - Φίλτρα με βαθύ στρώμα	Μεγέθους σωματιδίων Βαρύτητας / Μεγέθυνσης διαχωριστικής επιφάνειας Διαφοράς πυκνότητας Μεγέθους σωματιδίων Φυγόκεντρου δύναμης Διαφορά πίεσης

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

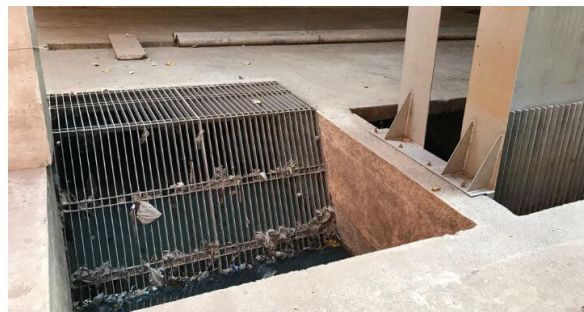


ΕΣΧΑΡΩΣΗ



- Η πρώτη φυσική διεργασία που συναντάται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ).
- **Σκοπός:** η απομάκρυνση των ογκωδών αντικειμένων που μπορεί να φράξουν και να καταστρέψουν τις αντλίες και τον υπόλοιπο μηχανολογικό εξοπλισμό → συγκράτηση ογκωδών αντικειμένων σε σχάρες κατά τη διέλευση των υγρών αποβλήτων μέσα από αυτές

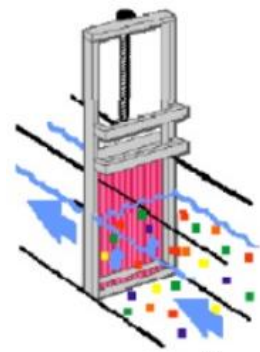
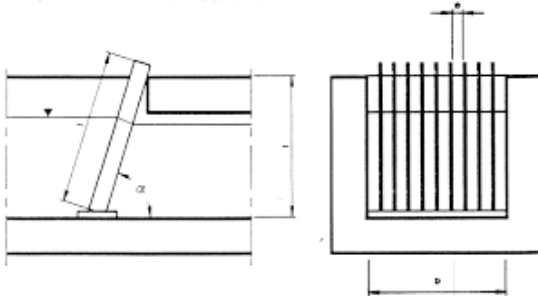
→ Προστασία αντλιών, βαλβίδων και σωληνώσεων από ζημιά ή έμφραξη μέσω μεγάλων/ογκωδών σωματιδίων



ΕΣΧΑΡΩΣΗ



- Εσχάρα: συσκευή με διάκενα που στοχεύει στην απομάκρυνση στερεών μεγάλου μεγέθους και όγκου π.χ. αδρομερή υλικά όπως κλαδιά, κουρέλια, πλαστικά κλπ.
- Δε γίνεται διαχωρισμός οργανικών και ανόργανων στο στάδιο αυτό
- Τοποθετούνται συνήθως σε στεγασμένους χώρους (πρόβλημα έντονων οσμών), αν και υπάρχουν πολλές τέτοιες διατάξεις σε ανοιχτούς χώρους
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα συνήθως δεν χρειάζονται εσχάρωση



ΕΣΧΑΡΩΣΗ



Το μεγαλύτερο μέρος των αδρομερών εμφανίζεται μετά από βροχοπτώσεις



ΕΣΧΑΡΩΣΗ



- Διαχωρισμός σωματιδίων μεγέθους 1-10 cm → συστήματα εσχάρωσης με διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ των ευθύγραμμων ή κεκλιμένων βεργών.
- Οι προβλεπόμενες αποστάσεις συνήθως είναι 10-100 mm
- Η ποσότητα του εσχарωμένου υλικού (εσχαρίσματα) εξαρτάται από το μέγεθος των διάκενων.
- Οι συνηθισμένες εσχάρες κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα
- Καθαρίζονται χειρωνακτικά ή με μηχανικά μέσα

Χοντρές εσχάρες με διάκενα 50-150 mm

Μέσες εσχάρες με διάκενα 20-40 mm

Λεπτές εσχάρες με διάκενα 5-20 mm

Μικροσχάρες < 50 μ m



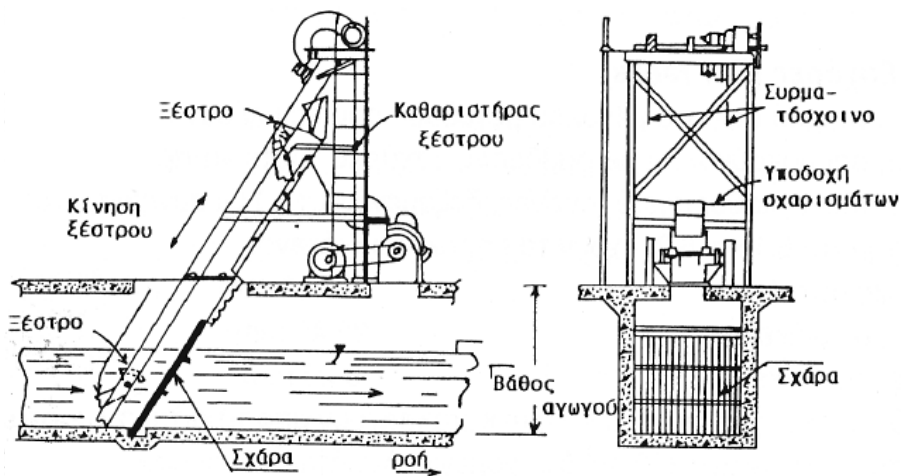
ΕΣΧΑΡΩΣΗ: Κατηγορίες



- Με βάση το **σχήμα**:
 - σχάρες από ράβδους
 - δικτυωτές (πλέγματα)
- Με βάση τη **μέθοδο** που χρησιμοποιείται για τον **καθαρισμό** της επιφάνειάς του:
 - χειρός
 - αυτοκαθαριζόμενες - μηχανικού καθαρισμού
 - καθαριζόμενες με καταιονισμό νερού
 αλλά απαιτούμενος συχνός καθαρισμός / φράζουν σε περιόδους υψηλής παροχής
- Με βάση την **επιφάνεια** της εσχάρας (σταθερή ή κινητή):
 - κινούμενες εσχάρες περιστρεφόμενου τυμπάνου
 - εσχάρες περιστρεφόμενου δίσκου
- Ως προς το **σχήμα** των ράβδων:
 - ευθύγραμμες (ευθύγραμμες ράβδοι): σε βαθιά κανάλια
 - τοξωτές (καμπύλες ράβδοι): μεγάλη ωφέλιμη επιφάνεια, για ρηχά κανάλια

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Οι εσχάρες τοποθετούνται είτε με **κλίση 45°** οπότε και καθαρίζονται **χειρωνακτικά**, είτε τοποθετούνται **κατακόρυφα** οπότε και καθαρίζονται **αυτόματα** (μηχανικά)

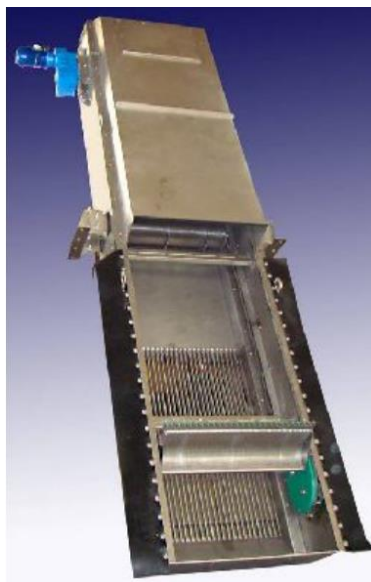


ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Χειρωνακτικός καθαρισμός

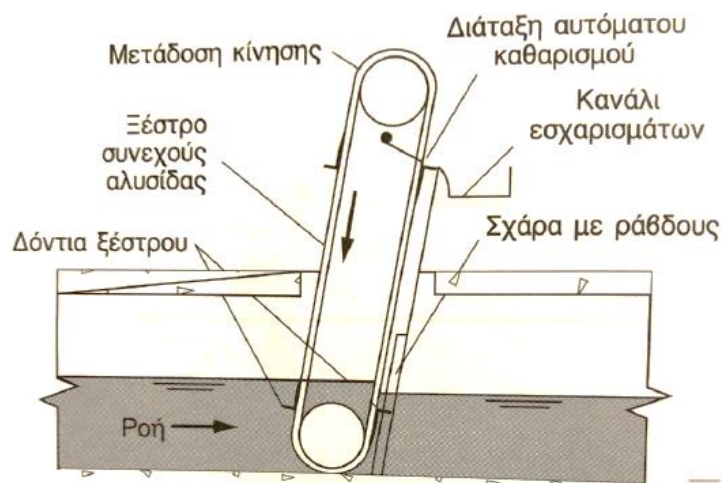


Μηχανικός καθαρισμός



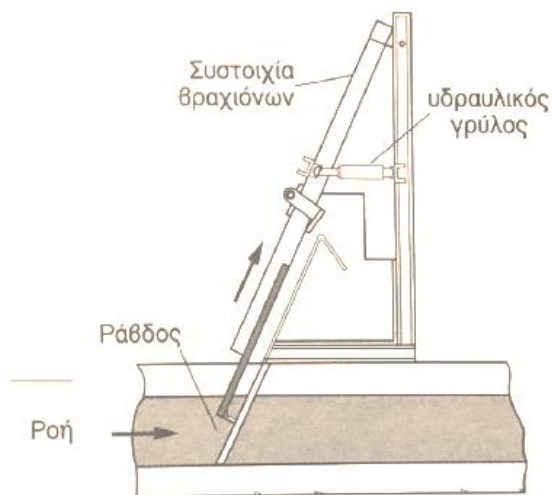
ΧΟΝΔΡΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

1) Αλυσοκίνητες



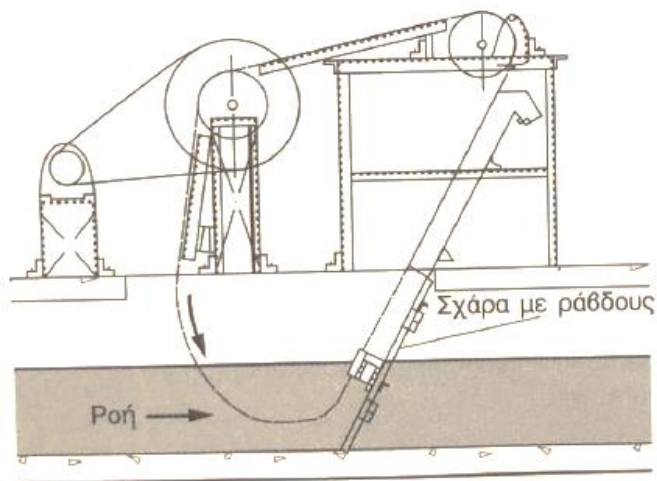
ΧΟΝΔΡΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

2) Παλινδρομικού ξέστρου



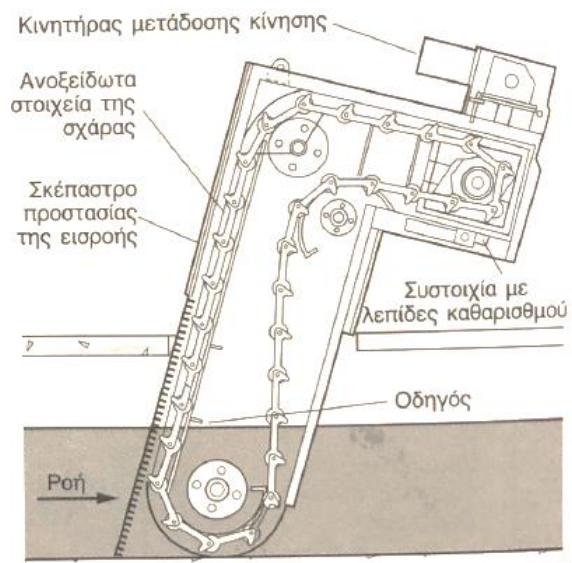
ΧΟΝΔΡΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

3) Αλυσοειδείς



ΧΟΝΔΡΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

4) Ατέρμονα ιμάντα



ΛΕΠΤΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ



- Ως προκαταρκτική επεξεργασία μετά από χονδρές σχάρες
- Σε μεγάλες ΕΕΛ τοποθετούνται στη σειρά διαδοχικά χονδρή σχάρα και μετά λεπτή σχάρα (για καλύτερη απομάκρυνση των στερεών)
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία (σε αντικατάσταση της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας)
- Επεξεργασία των υπερχειλίσεων από παντορροϊκό αποχετευτικό δίκτυο
- Μετά από πρωτοβάθμια εκροή για απομάκρυνση στερεών τα οποία μπορούν να προκαλέσουν έμφραξη σε βιολογικά φίλτρα

ΛΕΠΤΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

Σταθερές



ΛΕΠΤΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

Τυμπάνου



ΛΕΠΤΕΣ ΕΣΧΑΡΕΣ

Σταθερές σχάρες



Σχάρες τυμπάνου



Σχάρες τύπου κλίμακας



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Υποδοχή λυμάτων και προώθησή τους προς τις σχάρες (Ε.Ε.Λ. Θεσσαλονίκης)



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Εσχάρες (Ε.Ε.Λ. Λάρισας)



Τοποθετημένες σε κλειστό (στεγασμένο) χώρο, καθώς οι οσμές είναι έντονες και υπάρχει ανάγκη απόσμησης του χώρου.

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Εσχάρες (Ε.Ε.Λ. Καβάλας)



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Εσχάρες (Ε.Ε.Λ. Καβάλας)



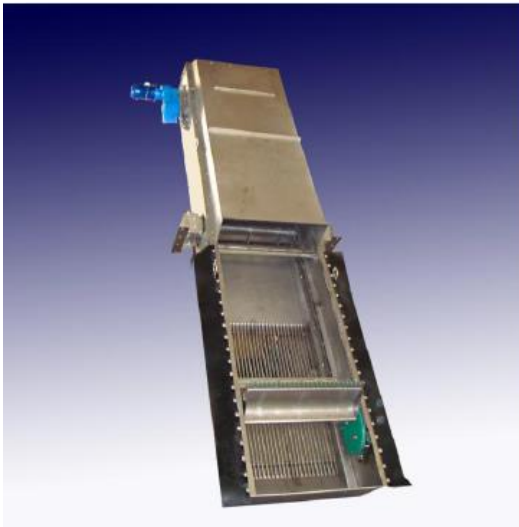
ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Διάφοροι τύποι σχαρών (κεκλιμένες – κατακόρυφες) με μηχανικό ξέστρο
Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεγάλες υδραυλικές ποσότητες αποβλήτων (έως 10.000 m³/hr)



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Διάφοροι τύποι σχαρών (κεκλιμένες – κατακόρυφες) με μηχανικό ξέστρο



ΕΣΧΑΡΩΣΗ



Σχάρα με κοχλία μεταφοράς των εσχαρισμάτων

Περιστρεφόμενη (αυτοκαθαριζόμενη) σχάρα

Χρησιμοποιούνται για μικρότερες υδραυλικές ποσότητες αποβλήτων ($\leq 5.000 \text{ m}^3/\text{hr}$)



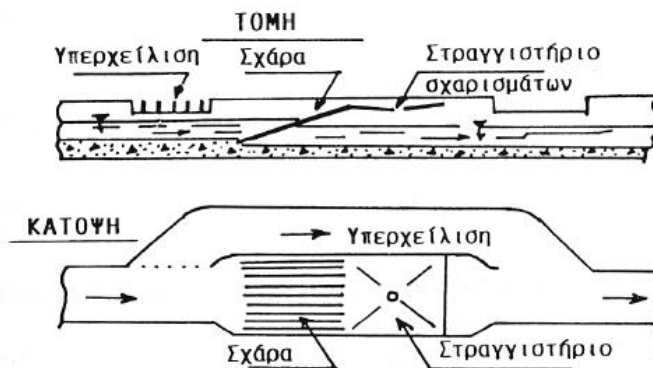
ΕΣΧΑΡΕΣ



- Συνήθως, όταν χρησιμοποιούνται μηχανικά καθαριζόμενες χονδρές εσχάρες τοποθετούνται **δύο ή και περισσότερες μονάδες** έτσι έστω η μία να μπορεί να τίθεται εκτός λειτουργίας για συντήρηση, χωρίς να επηρεάζεται η όλη λειτουργία και απόδοση της εγκατάστασης.
- Με 2+ μονάδες, μπορεί να γίνεται και εναλλασσόμενη λειτουργία, ώστε τα μηχανικά κινούμενα τμήματα να μην λειτουργούν συνεχώς (σε 24ωρη βάση → υπόκεινται σε φθορές)
- Γι' αυτό και απαιτείται επαναλαμβανόμενος αυτόματος καθαρισμός, δηλ. ο καθαριστήρας τίθεται σε λειτουργία όταν η εσχάρα φθάσει έναν ορισμένο βαθμό εναποθέσεων, ο οποίος προσδιορίζεται έμμεσα από την ποσότητα των αδρομερών

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

- Εσχάρες με διάκενα **40 mm** κατακρατούν **0,3-3 L** αδρομερών / 100 m^3 διερχομένων ΥΑ
- Εσχάρες με διάκενα **20 mm** κατακρατούν **3-30 L** αδρομερών / 100 m^3 διερχομένων ΥΑ
- Ανά ισοδύναμο κάτοικο λαμβάνεται μια ποσότητα **5-15 L/yr**



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

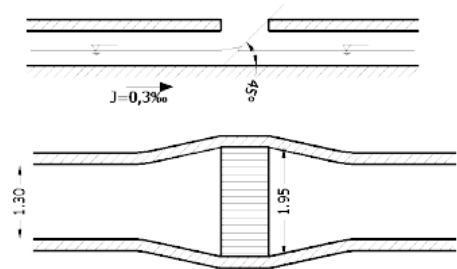
- Ταχύτητα προσέγγισης των ΥΑ στις εσχάρες:

0,6 - 0,9 m/sec (χωριστικό δίκτυο) 0,5 - 2 m/sec (παντοροϊκό δίκτυο)

- ελάχιστη τιμή (για να αποφευχθεί η εναπόθεση άμμου και άλλων υλικών στον πυθμένα της αύλακας πριν τη σχάρα)

- μέγιστη τιμή (να αποφευχθεί η αποκόλληση φερτών υλών και η διέλευσή τους μέσα από τη σχάρα)

- Η ταχύτητα διέλευσης από τις εσχάρες και το ήδη εναποτιθέμενο υλικό δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 m/sec ($> 0,4$ και $< 1,5$ m/sec), υποθέτοντας ένα βαθμό εναπόθεσης 30-60%.



ΕΣΧΑΡΩΣΗ



- Ταχύτητα ροής υγρών αποβλήτων

$$U = Q / F$$

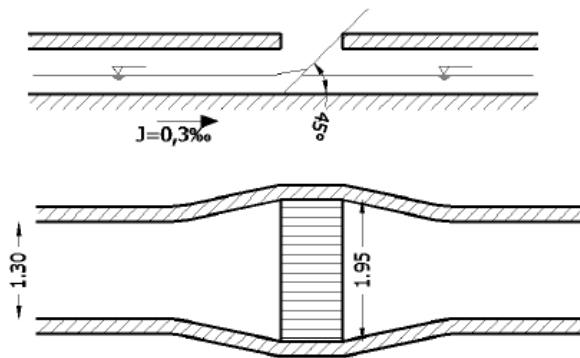
U = ταχύτητα ροής λυμάτων

Q = παροχή (μέση ωριαία, m^3/h)

F = ελεύθερη διατομή σχάρας λίγο πριν την ενεργοποίηση του μηχανικού καθαρισμού (m^2)

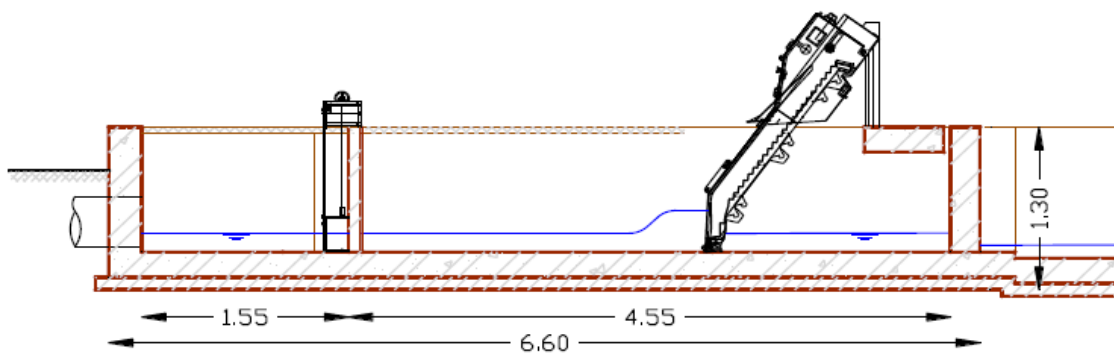
ΕΣΧΑΡΩΣΗ: Διάταξη αύλακας και σχάρας

- Για τον έλεγχο της ταχύτητας μπορεί να γίνει αλλαγή του καναλιού στο σημείο της σχάρας (διαπλάτυνση εάν θέλουμε να μειωθεί η ταχύτητα).
- Για μείωση της ταχύτητας μπορούμε να τοποθετήσουμε τη σχάρα σε πιο οριζόντια θέση έτσι ώστε να αυξηθεί η βυθισμένη επιφάνεια.



ΕΣΧΑΡΩΣΗ

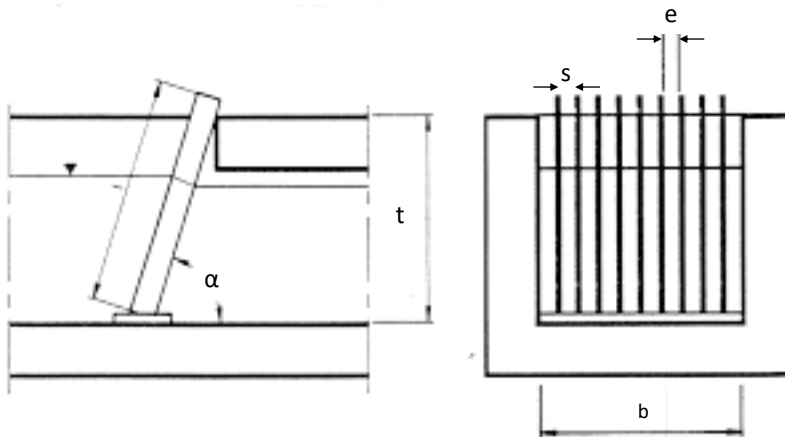
Τομή μονάδας εσχάρωσης



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης

ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Σχηματική διάταξη σχάρας

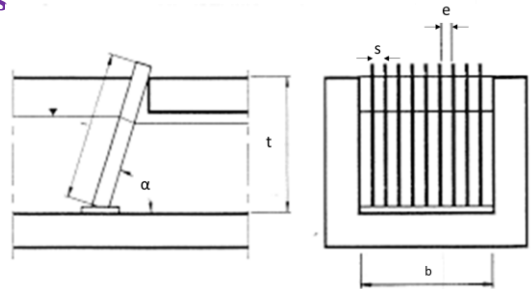


Στις μεσαίες και μικρές ΕΕΛ τοποθετείται συνήθως μια λεπτή σχάρα με μέγεθος διακένων 16-25 mm. Σε μεγάλες ΕΕΛ συνιστάται η χρήση μιας σχάρας μεγάλων (>20 mm) και μιας μικρών (<25 mm) διακένων.

ΕΣΧΑΡΩΣΗ: Σχεδιασμός

$$A = h \cdot b = \frac{Q}{v_h \left(1 - \frac{\Phi_m}{100}\right) s}$$

- A = επιφάνεια εσχάρας (m^2)
- b = φάρδος εσχάρας (m)
- Q = παροχή υγρών αποβλήτων (m^3/sec)
- v_h = ταχύτητα διέλευσης (m/sec)
- Φ = πραγματικός βαθμός επικάλυψης
- Φ_m = μέσος βαθμός επικάλυψης της εσχάρας (0-60%)
- $s = \text{ελεύθερη διατομή μεταξύ ράβδων} = e / (e+s)$ [ελεύθερη επιφάνεια/συνολική επιφάνεια]
- h = επίπεδο στάθμης νερού πριν την εσχάρα

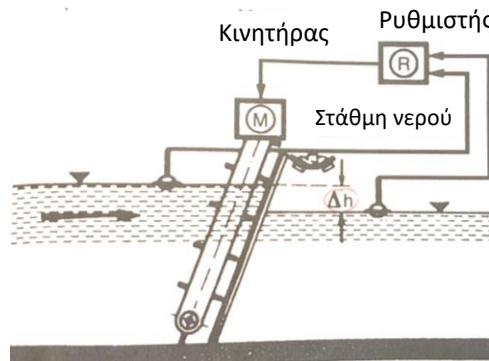


ΕΣΧΑΡΩΣΗ: Σχεδιασμός



Επειδή η στάθμη του νερού πριν την εσχάρα δεν εξαρτάται μόνο από τις εναποθέσεις, αλλά και από την παροχή του υγρού αποβλήτου, προσφέρεται για αυτόματο έλεγχο ο συνεχής προσδιορισμός της μέτρησης της διαφοράς της στάθμης του νερού πριν και μετά από την εσχάρα ως και η ενεργοποίηση του μηχανισμού καθαρισμού, όταν το Δh υπερβεί ένα κρίσιμο μέγεθος

*παράδειγμα αυτόματου
ελέγχου για καθαρισμό
εναποθέσεων της εσχάρωσης*



ΕΣΧΑΡΩΣΗ: υδραυλικές απώλειες - πτώση πίεσης



Όταν η εσχάρα είναι καθαρή οι υδραυλικές απώλειες δίνονται από τη σχέση:

$$h_L = \Delta P = \frac{1}{C} \left(\frac{V^2 - v_h^2}{2g} \right)$$

- h_L = απώλειες ενέργειας - υδραυλικές απώλειες (m)
- ΔP = πτώση πίεσης
- C = εμπειρικός συντελεστής για τον υπολογισμό των απωλειών λόγω στροβιλισμού, τυπική τιμή για καθαρή εσχάρα 0,7 και 0,6 για φραγμένη εσχάρα
- V = ταχύτητα προσέγγισης στην εσχάρα (m/sec)
- v_h = ταχύτητα διέλευσης από τα διάκενα της εσχάρας (m/sec)
- g = επιτάχυνση της βαρύτητας = 9,81 m/sec²

ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΣΧΑΡΩΝ



- Οι αποδόσεις των διατάξεων εσχάρωσης εξαρτώνται από διάκενα (απόσταση ράβδων) και την κατά μέγεθος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων των αποβλήτων
- Με χονδρές σχάρες γίνεται απομάκρυνση:

Αιωρούμενων στερεών (TSS): 5 –10%

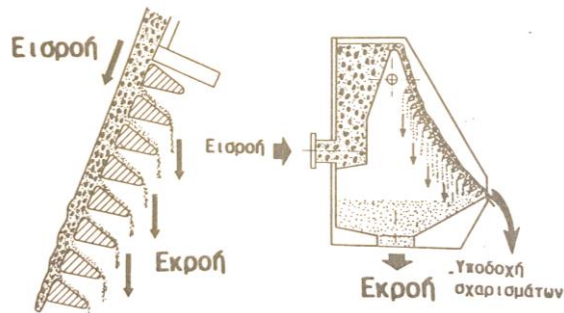
Οργανικού φορτίου ως BOD5: 0 – 10%

- Μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται με πιο λεπτές σχάρες

ΚΟΣΚΙΝΑ



- **Κόσκινα** μπορεί να τοποθετηθούν μετά την εσχάρωση (ή και αντί αυτής) για την απομάκρυνση ινών και πλαστικών υλικών (τα βρίσκουμε ολοένα και πιο συχνά στα απόβλητα)
- Τα κόσκινα διαφέρουν από τις εσχάρες: συρμάτινα πλέγματα ή κόσκινα κεκλιμένου δίσκου ή τύμπανα από ορειχάλκινα φύλλα με σχισμές.



Κόσκινο κεκλιμένων δίσκων

ΚΟΣΚΙΝΑ



- + Αποφυγή αφρώδων καλυμμάτων γύρω από τους επιφανειακούς αεριστήρες και επιπλέοντων υλικών σε δεξαμενές καθίζησης, παχυντές και χωνευτές ιλύος
- + Δεξαμενές αμμοσυλλογής και πρωτοβάθμιας καθίζησης γίνονται συχνά περιττές
- + Βελτίωση επεξεργασίας ιλύος
- Αυξημένη ποσότητα στερεών που φτάνει σε 35 L/IK/yr
- Υψηλότερη περιεκτικότητα οργανικών (αφαίρεση BOD5 $\approx$ 20%) αλλά $\rightarrow$ μείωση άμμου και πρωτοβάθμιας ιλύος / και ζύμωση - δυσοσμία
- Πρόβλημα με την τελική εναπόθεση του μίγματος

Μικροκόσκινα: στις ΗΠΑ χρησιμοποιούνται και μετά από trickling filters αντί δευτεροβάθμιας καθίζησης

ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ



Εσχαρίσματα από χονδρές σχάρες

- Πέτρες κλαδιά, φύλλα, χαρτιά, ρίζες, πλαστικά κλπ
- Μπορεί να συσσωρεύουν λίπη και έλαια
- Ειδικό βάρος 600-1100 kg/m³
- Υγρασία 50-90%

Εσχαρίσματα από λεπτές σχάρες

- Χαρτί, πλαστικά, άμμος, μη αποσυντιθέμενα υπολείμματα τροφών, περιττώματα κλπ
- Ειδικό βάρος 900-1100 kg/m³
- Υγρασία 80-90%

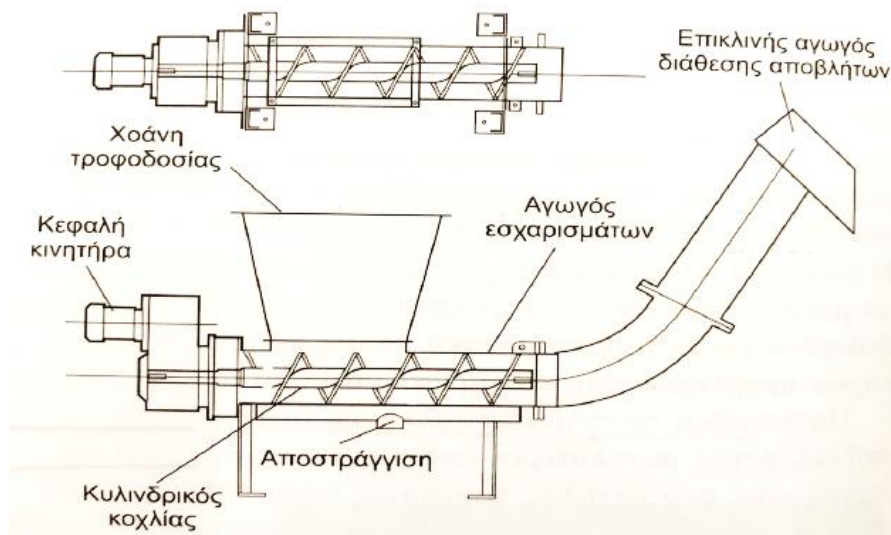
ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ



- Συνήθως λαμβάνει χώρα αυτόματα η **αφυδάτωση** του περισυλλεγμένου υλικού με φιλτρόπρεσσες και η μεταφορά/αποθήκευση σε containers.
- Τα υπολείμματα της εσχάρωσης έχουν υψηλή υγρασία (70-90%) και πυκνότητα (700-900 kg/m³), καθώς και υψηλό οργανικό φορτίο (85%) και συνήθως διατίθενται για:
 - διάθεση σε ΧΥΤΑ  η πιο συνηθισμένη μέθοδος
 - ενταφιασμό στο χώρο της μονάδας
 - χώνευση
 - καύση με λάσπη και άμμο
 - διάθεση με άλλα στερεά απορρίμματα
 - άλεση σε μύλους ή θραυστήρες

ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ

Πρέσσα εσχαρισμάτων για αφυδάτωση και μείωση όγκου



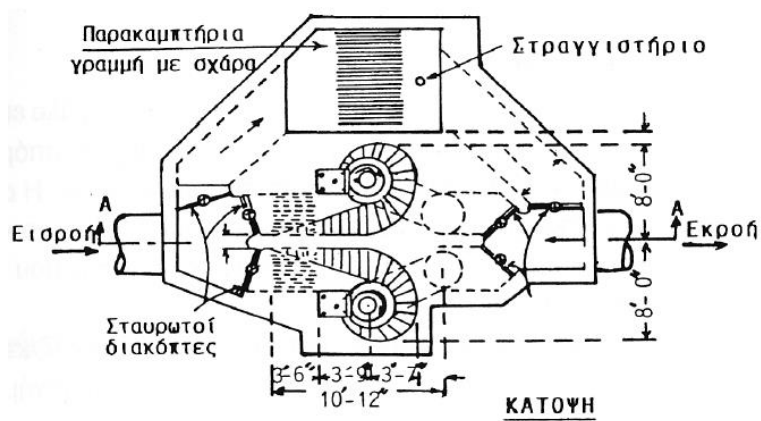
ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ

Πρέσσα εσχαρισμάτων για αφυδάτωση και μείωση όγκου



ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ

- Άλεση: προκύπτουν τεμαχίδια που ακολουθούν τα λύματα στην περαιτέρω πορεία επεξεργασίας



ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΑ ΧΟΝΔΡΩΝ ΣΧΑΡΩΝ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ)

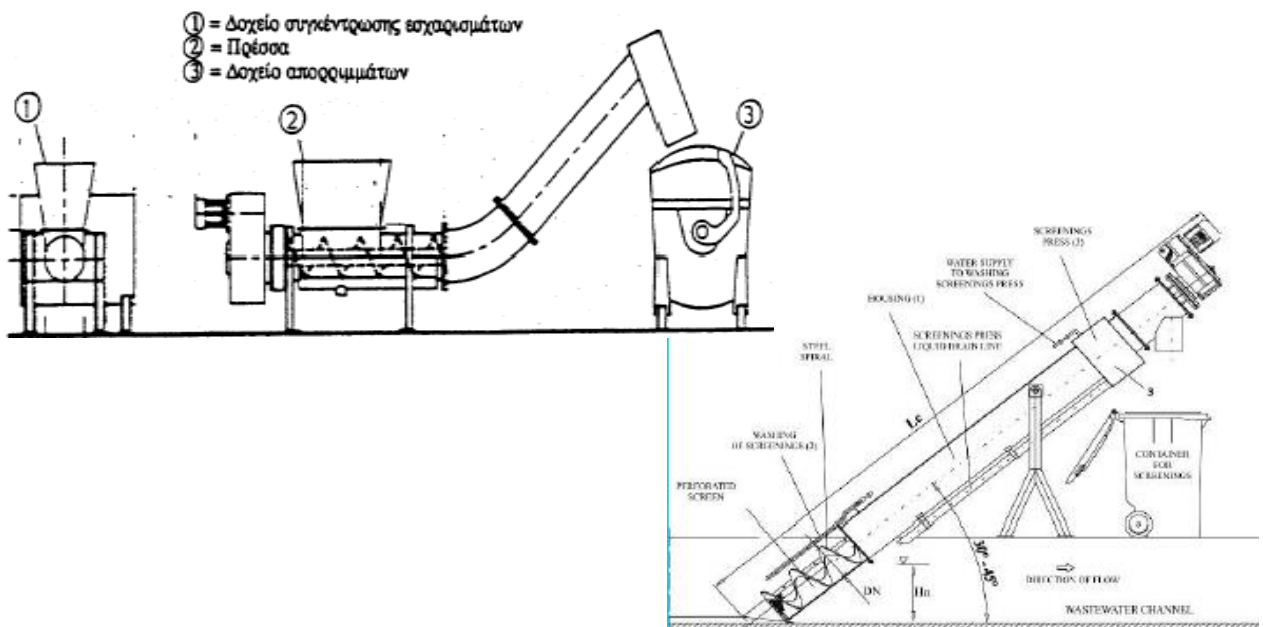


Απόσταση μεταξύ των ράβδων (mm)	L/IK/yr	
	Απλές εσχάρες	Μηχανικές εσχάρες
16	5,0	6,0
20	4,0	5,0
25	3,0	3,5
30	2,5	3,0
40	2,0	2,5
50	1,5	2,0

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ

Απομάκρυνση εσχαρισμάτων
(Ε.Ε.Λ. Θεσσαλονίκης)



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ

Εσχάρωση
(Ε.Ε.Λ. στη Μέση Ανατολή)



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ



Εσχάρωση
(Ε.Ε.Λ. στη Μέση Ανατολή)



ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΣΧΑΡΑ

Sao Paulo, Βραζιλία



ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΣΧΑΡΑ

Sao Paulo, Βραζιλία



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΕΣΧΑΡΙΣΜΑΤΩΝ

Απομάκρυνση εσχαρισμάτων
(Sao Paulo, Βραζιλία)



ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΣΧΑΡΑ



ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΣΧΑΡΑ



Ρυθμός παροχής κοντά στα $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$.
Λήψη πρωινή ώρα ($\rightarrow$ λίγα εσχαρίσματα)

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΣΧΑΡΑ



ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΡΓΩΝ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ



- Ταχύτητα ροής:
 $\min 0,3 - 0,5 \text{ m/s}$ ανάντη της εσχάρας
 πρέπει - για μέση Q $\min v > 0,3 \text{ m/s}$ στο κανάλι
 - για μέγιστη Q $v = 0,4$ ή $v = 0,6 - 0,9 \text{ m/s}$
- Απαιτούμενο πλάτος (m)
- Απώλειες ενέργειας (διαφορά στάθμης ανάντη - κατόντη)

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ & ΒΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΡΓΩΝ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

- Προσδιορισμός υδραυλικού φορτίου σχεδιασμού
- Επιλογή είδους και τρόπου λειτουργίας εσχάρας
- Επιλογή χαρακτηριστικών εσχάρας
- Υπολογισμός διαστάσεων καναλιού
- Με βάση την $Q_{\max}$ → υπολογισμός της ταχύτητας στο κανάλι και τα διάκενα της εσχάρας ($0,4 < v < 1,2 \text{ m/s}$)
- Με βάση την $Q_{\min}$ → υπολογισμός της ταχύτητας προσέγγισης στο κανάλι ($> 0,6 \text{ m/s}$)
- Προσδιορισμός υδραυλικών απωλειών (+ 0,05 m)
- Εξέταση επαλήθευσης ως προς την min ταχύτητα ροής πριν την εσχάρα
 - επαληθεύεται → τέλος
 - δεν επαληθεύεται → μεταβολή εσχάρας και επανάληψη
- Προσδιορισμός ποσοστού εσχαρισμάτων και τρόπου απομάκρυνσης & διάθεσης

```

graph TD
    A[ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, QF] --> B[ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ: Εσχάρα με περιστρεφόμενο τύμπανο - εσχάρα με ανυψούμενο ξέστρο]
    B --> C[ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΡΟΗ]
    B --> D[ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΡΟΗ (ΝΥΧΤΑ)]
    C --> E[ΣΤΟ ΔΙΑΚΕΝΟ  
1,5 m/s]
    E --> F[ΨΕΡΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ  
ΜΑΤΩΝ 30-60%]
    F --> G[ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ  
ΠΟΛΥΟΡΙΖΟΝΤΑΣ  
ΚΛΙΣΗ]
    G --> H(( ))
    H -- "ΔΕΝ ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΙ" --> I[ΕΠΑΛΛΗΛΩΣΗ]
    I --> C
    I --> D
    D --> J[ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ  
V > 0,6 m/s]
    J --> K[ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ  
ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΡΙΒΗΣ ΔΡ + 0,05 m/s]
    K --> L[ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΣΗΣ ΩΣ  
ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ  
ΡΟΗΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΣΧΑΡΑ]
    L --> M(( ))
    M -- "ΔΕΝ ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΙ" --> N[ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ  
ΡΟΗΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΣΧΑΡΑ]
    M -- "ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΙ, ΤΕΛΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ" --> O[ΕΠΑΛΛΗΘΕΥΕΙ, ΤΕΛΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ]
    N --> H
    N --> I
  
```

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ



$$V_{h,real} = V_{h,r} = V_h \left(\frac{1 - \Phi_m/100}{1 - \Phi/100} \right) \quad (\text{ταχύτητα ροής στο διάκενο})$$

$$\Delta P = \frac{C_w \cdot V_{h,r}}{2h} \quad \begin{array}{l} (\text{πτώση πίεσης πριν/μετά}) \\ C_w = \text{Συντελεστής αντίστασης} \end{array}$$

$$C_w = \beta \left(\frac{\frac{s}{e} + \Phi_m/100}{1 - \Phi_m/100} \right)^{4/3} \cdot \frac{1}{\left(\frac{s}{e} + 1 \right)^2} \cdot \eta \mu \delta$$

β: χαρακτηριστικός συντελεστής μορφής ράβδων

■ -2,42

● -1,79

■ -0,76

δ: κλίση της εσχάρας ως προς την οριζόντια διεύθυνση

s: διάμετρος ράβδων

e: πάχος ράβδων

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ



Η διατομή του καναλιού της εσχάρας προσδιορίζεται από την

$$Q_d = A_c V_a \Rightarrow A_c = \frac{Q_d}{V_a} \quad \& \quad A_c = W \times d$$

Q_d = παροχή σχεδιασμού - design (m^3/s)

A_c = επιφάνεια διατομής καναλιού (m^2)

V_a = ταχύτητα προσέγγισης στο κανάλι (m/s)

W = πλάτος καναλιού (m)

d = βάθος νερού στο κανάλι (m)

Συνήθως χρησιμοποιούνται κανάλια τετραγωνικής διατομής, και ο λόγος μεταξύ βάθους και πλάτους λαμβάνεται ως 1,5 για να έχουμε πιο αποτελεσματική διατομή:

$$\frac{d}{W} = 0,5$$

$$H_L = \frac{(V_b^2 - V_a^2)}{2g} \cdot \frac{1}{0,7}$$

H_L = απώλειες πίεσης (υδραυλικές απώλειες)

V_b = ταχύτητα διαμέσου των διάκενων εσχάρας (m/s)

g = επιτάχυνση βαρύτητας (m/s^2)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΕΣΧΑΡΩΣΗΣ



$$A_s = \frac{A_c}{\eta_{\mu\delta}}$$

A_s = επιφάνεια διατομής εσχάρας (m^2)
 A_c = επιφάνεια διατομής καναλιού (m^2)

Η καθαρή επιφάνεια της εσχάρας διαθέσιμη για την παροχή δίνεται από την:

$$A_{net} = A_s \frac{S}{S + e}$$

S = διάστημα μεταξύ των ράβδων (m)
 e = πάχος των ράβδων (m)

Ο αριθμός των ράβδων στην εσχάρα δίνεται από την:

$$n e + (n - 1)S = W$$