



Περιορισμοί και Υδραυλική Επίλυση Αγωγών Λυμάτων Ι

Π. Σιδηρόπουλος

Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Π.Θ.

E-mail: psidirop@uth.gr



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

1. Βάθος Τοποθέτησης

- ❖ Το βάθος τοποθέτησης των αγωγών ακαθάρτων εξαρτάται αφενός από το βάθος των υπογείων χώρων των οικοδομών, οι οποίοι ενδεχομένως θα πρέπει να αποχετευτούν και αφετέρου από την ελάχιστη απαιτούμενη υπερκάλυψη του αγωγού για την προστασία του έναντι παγετού.
- ❖ Το μήκος των ιδιωτικών συνδέσεων είναι δυνατόν να επιδράσει στον καθορισμό του απαιτούμενου βάθους των αγωγών.
- ❖ Συνήθως οι αγωγοί τοποθετούνται σε βάθος 2,0-2,5 μέτρων.
- ❖ Η αποχέτευση υπογείων χώρων πολλές φορές απαιτεί βάθη 2,5-3,0 μέτρων.
- ❖ Εάν αυτό κριθεί αντιοικονομικό είναι δυνατόν οι αγωγοί να τοποθετηθούν σε μικρότερο βάθος και να χρησιμοποιηθούν για την αποχέτευση των υπογείων ειδικές ανυψωτικές εγκαταστάσεις λυμάτων.
- ❖ Η ελάχιστη υπερκάλυψη των αγωγών πρέπει να είναι 1-1,3 μέτρα.



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

1. Βάθος Τοποθέτησης

- ❖ Για διαμέτρους αγωγών Φ20 και Φ25 εκατοστά συνιστάται η ελάχιστη υπερκάλυψη να είναι 1,5 μέτρα.
- ❖ Αγωγοί που τοποθετούνται στα ελάχιστα επιτρεπόμενα βάθη πρέπει να προστατεύονται από φορτία που προέρχονται από την οδική κυκλοφορία.



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

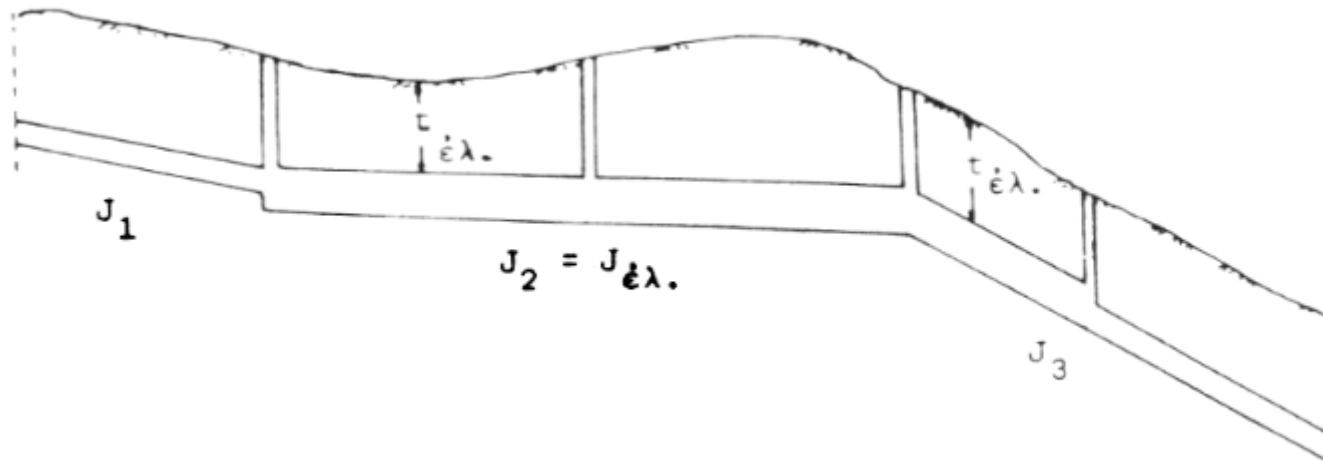
2. Κλίση αγωγών

- ❖ Για την εκλογή της κατάλληλης κλίσης των αγωγών δύο είναι τα βασικά κριτήρια:

α) η τοπογραφική διαμόρφωση και

β) η συντήρηση των αγωγών.

- ❖ Στο σχήμα έχουμε τοποθέτηση αγωγού με την ελάχιστη επιτρεπόμενη κλίση ώστε να πετύχουμε τις μικρότερες δυνατές εκσκαφές



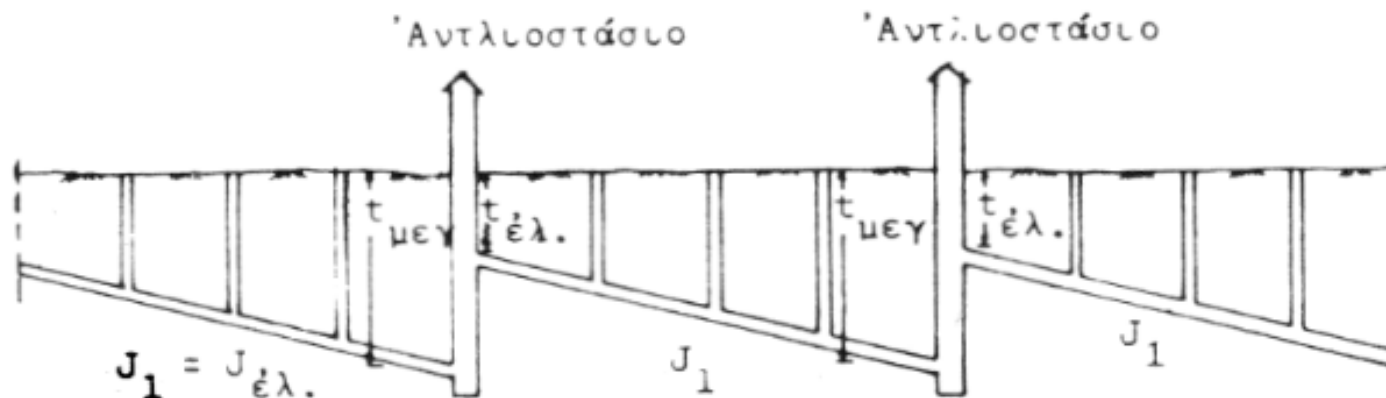


Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Στο σχήμα δίνεται η διέλευση αγωγού από οριζόντιο έδαφος.
- ❖ Στην περίπτωση αυτή οι ελάχιστες επιτρεπόμενες κλίσεις των αγωγών δεν επαρκούν για την αποφυγή μεγάλων βαθών εκσκαφής.
- ❖ Η χρησιμοποίηση ενδιάμεσων αντλιοστασίων είναι απαραίτητη.



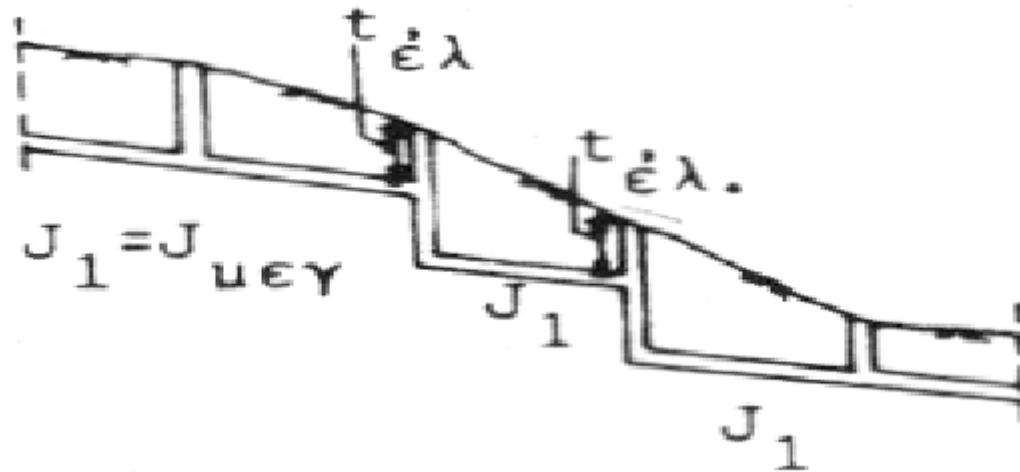


Αποχέτευση Οικισμού

- Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Στο σχήμα δίνεται ακριβώς η αντίθετη περίπτωση κατά την οποία λόγω της μεγάλης κλίσης του εδάφους οι μέγιστες επιτρεπόμενες κλίσεις των αγωγών δεν επαρκούν και απαιτείται η κατασκευή φρεατίων πτώσης.



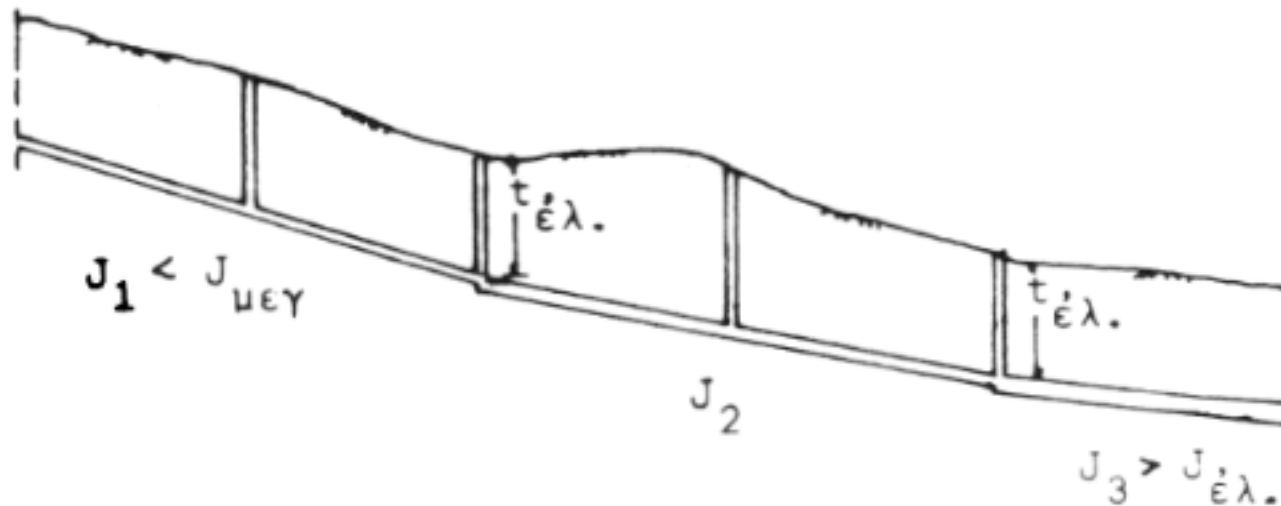


Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

❖ Τέλος στο σχήμα δίνεται η μηκοτομή ενός αγωγού για ομαλές συνθήκες τοπογραφικής διαμόρφωσης της περιοχής.





Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Οι ελάχιστες επιτρεπόμενες κλίσεις είναι δυνατόν να καθορισθούν βάσει του παρακάτω τύπου:

$$S = 1000 * H * J$$

όπου:

S = η συρτική δύναμη του νερού (Kg/m^2)

H = το βάθος ροής (cm)

J = η κλίση του αγωγού

- ❖ Στην πράξη η χρησιμοποίηση της εξίσωσης δεν έχει καθιερωθεί επειδή δεν υπάρχουν επαρκή πειραματικά στοιχεία για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την απαιτούμενη ελάχιστη συρτική δύναμη στα δίκτυα υπονόμων.
- ❖ Πολλές φορές το βάθος ροής στους αγωγούς οδών των δικτύων είναι τόσο μικρό ώστε η απόθεση φερτών υλών στον πυθμένα τους να είναι αναπόφευκτη.



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Για τον λόγο αυτό οι σύγχρονες προδιαγραφές προσπαθούν να εξασφαλίσουν, για μία συγκεκριμένη πλήρωση των αγωγών, ταχύτητες ροής οι οποίες να παρεμποδίζουν την απόθεση φερτών υλών στον πυθμένα των αγωγών.
- ❖ Κατά την λειτουργία ενός δικτύου, όταν η πραγματική πλήρωση των αγωγών είναι μικρότερη από την κατά τα προηγούμενα οριζόμενη, γίνεται απόθεση φερτών υλών στον πυθμένα των αγωγών ενώ όταν είναι μεγαλύτερη γίνεται ανάδευση αυτών των υλών που έχουν κατακαθίσει στον πυθμένα των αγωγών σε προηγούμενες ώρες (π.χ. κατά την διάρκεια της νύκτας).
- ❖ Κατ' αυτόν τον τρόπο οι αγωγοί αυτοκαθαρίζονται.
- ❖ **Οι ελληνικοί κανονισμοί (και πολλοί ξένοι) προβλέπουν οι αγωγοί να υπολογίζονται κατά τρόπο ώστε για το 1/10 της παροχής ολικής πλήρωσης των αγωγών η ταχύτητα ροής να είναι τουλάχιστον 0,3m/sec.**



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Οι **μέγιστες επιτρεπόμενες** κλίσεις καθορίζονται κατά τρόπο ώστε οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς να μην υπερβαίνουν, ανάλογα με το υλικό των σωλήνων, μία ορισμένη τιμή.
- ❖ Έτσι αποφεύγεται η μηχανική φθορά των σωλήνων η οποία προκαλείται από την πρόσκρουση των φερτών υλικών, ιδίως της άμμου, επί των τοιχωμάτων των σωλήνων.
- ❖ Για τα διάφορα υλικά έχουν καθορισθεί οι παρακάτω ανώτατες επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής:
 1. Σωλήνες από σκυρόδεμα 3,5 m/sec.
 2. Αργιλοπυριτικοί σωλήνες 5,0 m/sec.
 3. Φυγοκεντρικοί σωλήνες από οπλισμένο σκυρόδεμα 6,0 m/sec.
 4. Σωλήνες αμιαντοτσιμέντου 4,0 m/sec.

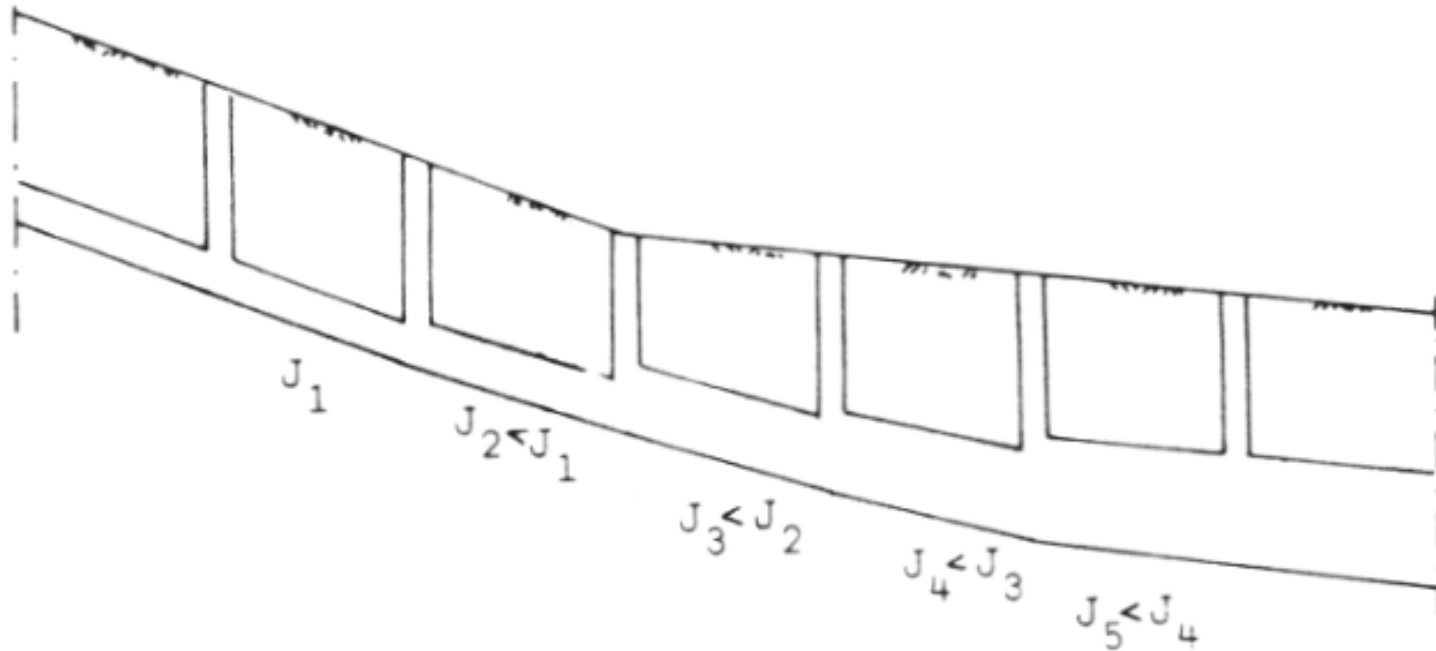


Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

❖ Στις περιπτώσεις απότομης ελάττωσης της κλίσης των αγωγών είναι σκόπιμο αυτή να γίνεται σταδιακά όπως φαίνεται στο σχήμα.



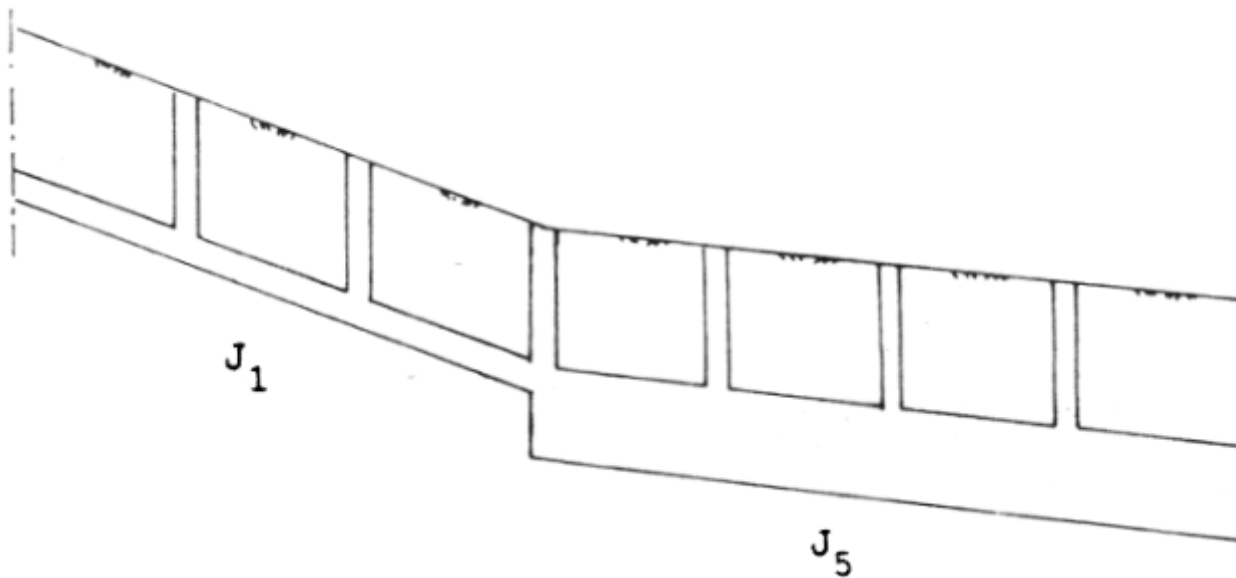


Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

❖ Στις πρακτικές εφαρμογές ως επί το πλείστον η τοποθέτηση των αγωγών γίνεται όπως στο σχήμα.



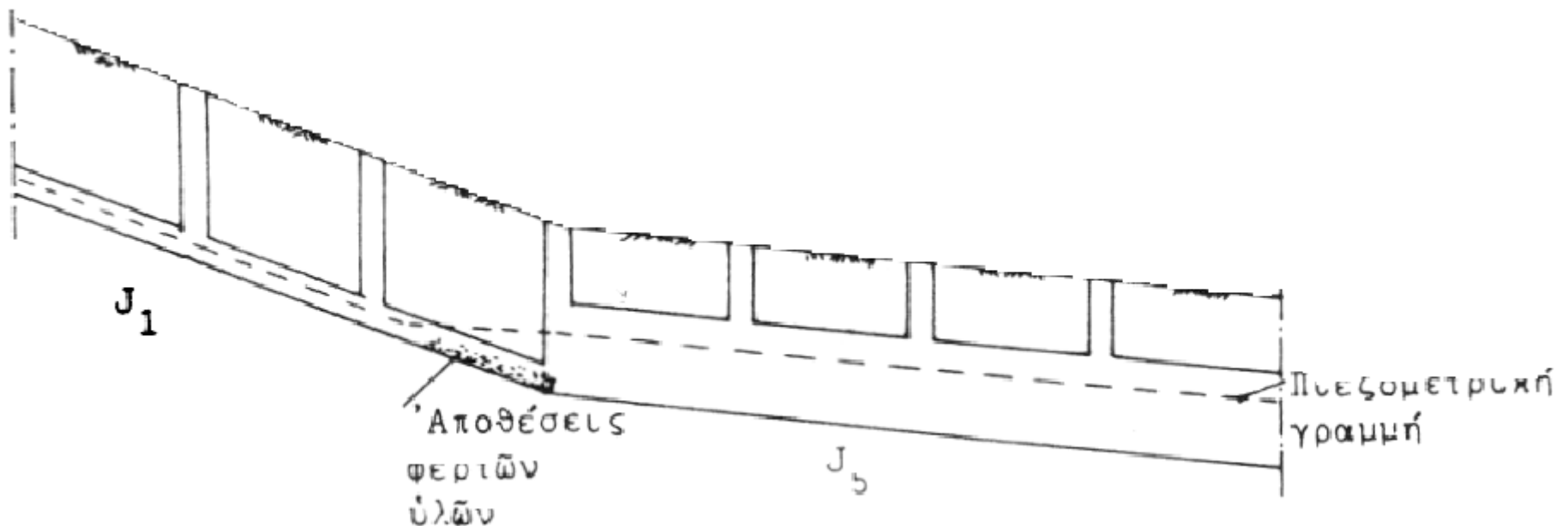


Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Στην περίπτωση της λύσης του σχεδίου επέρχεται υπερύψωση της στάθμης προς τα ανάντη του σημείου αλλαγής της κλίσης με αποτέλεσμα η απόθεση φερτών υλών να μην αποκλείεται λόγω ελάττωσης της ταχύτητας ροής.
- ❖ Η λύση αυτή δεν επιτρέπεται.



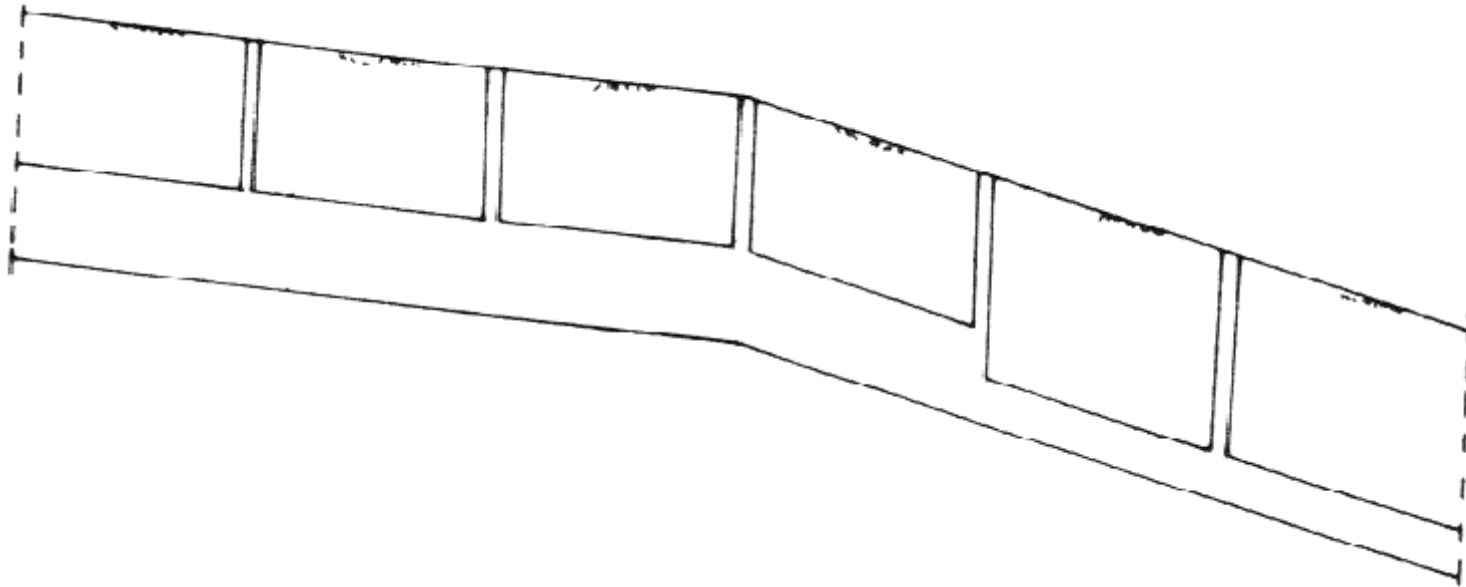


Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

❖ Στην περίπτωση απότομης αύξησης της κλίσης του αγωγού, η σμίκρυνση της διατομής του είναι σκόπιμο να γίνει όπως στο σχήμα.



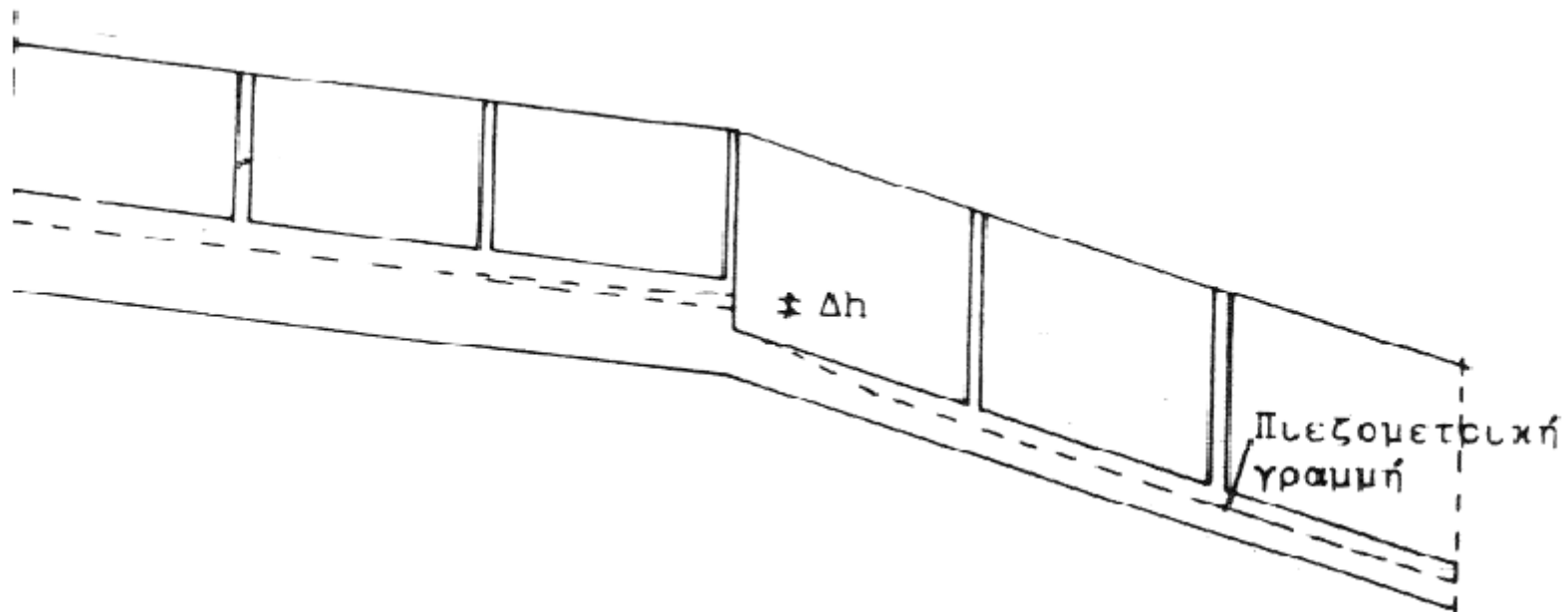


Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η υπερύψωση της στάθμης στο φρεάτιο αλλαγής της κλίσης, η οποία συμβαίνει προκειμένου να δημιουργηθεί το απαραίτητο υδραυλικό φορτίο για την απότομη αύξηση της ταχύτητας ροής στο στόμιο του μικρότερου σωλήνα.



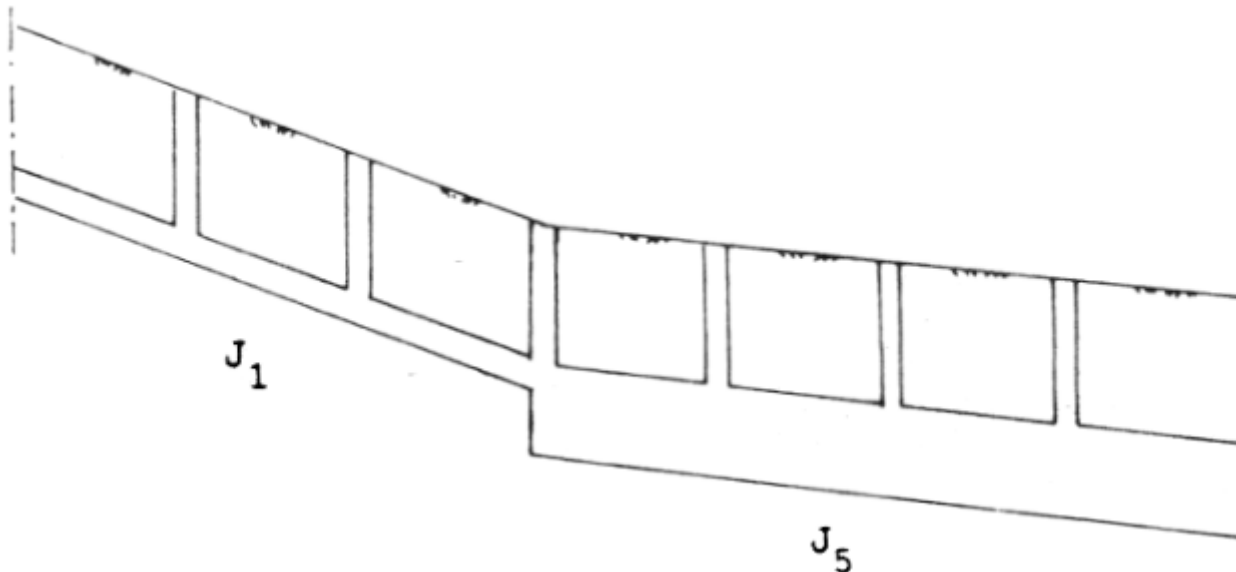


Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Η αλλαγή διατομής ενός αγωγού πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ώστε να αποφεύγεται η υπερύψωση της στάθμης στο ανάντη τμήμα της θέσης αλλαγής της διατομής.
- ❖ Αυτό επιτυγχάνεται όταν διατηρήσουμε την κορυφή των σωλήνων στο ίδιο ύψος.
- ❖ Η λύση όμως αυτή ορισμένες φορές είναι αντιοικονομική επειδή συνεπάγεται απώλειες υψομέτρου.



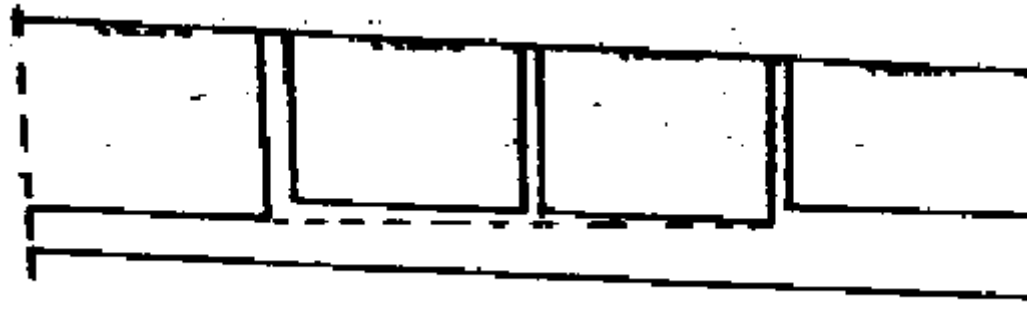


Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

2. Κλίση αγωγών

- ❖ Γι' αυτό όταν στο φρεάτιο αλλαγής της διατομής των σωλήνων δεν προβλέπεται η εκκένωση συμβάλλοντος αγωγού σημαντικής παροχής, είναι σκόπιμο να μελετηθεί η δυνατότητα διατήρησης του πυθμένα στο ίδιο ύψος.
- ❖ Στην περίπτωση αυτή οι υδραυλικοί υπολογισμοί γίνονται με την κλίση της ελεύθερης επιφάνειας.
- ❖ Για την απλούστευση του υπολογισμού είναι δυνατόν να δεχθούμε ότι η κλίση της ελεύθερης επιφάνειας είναι παράλληλη προς την διακεκομμένη γραμμή του σχήματος και να εκτελέσουμε τον υπολογισμό με αυτήν την κλίση.





Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

3. Συμβολή αγωγών

- ❖ Αυτή γίνεται κατά τρόπο ώστε να μη δημιουργείται στον συμβάλλοντα αγωγό υπερύψωση της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας των λυμάτων.
- ❖ Αυτό επιτυγχάνεται εάν η ανώτατη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας των λυμάτων στους δύο αγωγούς βρίσκεται στο σημείο συμβολής στο ίδιο υψόμετρο.

4. Βαθμό πλήρωσης αγωγών

- ❖ Για τους παντοροϊκούς αγωγούς και τους αγωγούς ομβρίων είναι δυνατόν να επιτραπεί 100% πλήρωση των αγωγών.
- ❖ Αντίθετα για τους αγωγούς ακαθάρτων πρέπει ένα τμήμα του αγωγού να είναι ελεύθερο ώστε να διασφαλίζεται ο αερισμός των λυμάτων.



Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

4. Βαθμό πλήρωσης αγωγών

❖ Αυτός γίνεται

α) με την συνεχή μεταβολή της στάθμης των λυμάτων μέσα στους αγωγούς,

β) με την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ λυμάτων και ατμοσφαιρικού αέρα και

γ) με την επικοινωνία με τον εξωτερικό αέρα μέσω των εσωτερικών δικτύων αποχέτευσης των οικοδομών, οι κατακόρυφοι σωλήνες των οποίων εκτείνονται μέχρι τις στέγες, τις ταράτσες κ.τ.λ.

❖ Εάν οι αγωγοί ακαθάρτων υπολογισθούν βάσει της μέγιστης παροχής λυμάτων συνιστάται η πλήρωση αυτών να μην υπερβαίνει το 50%.

❖ Εάν ληφθεί υπόψη και η παροχή ξένων υδάτων είναι σκόπιμο οι αγωγοί να υπολογίζονται για πλήρωση 65-70%, καθώς η πλήρωση αυτή θα συμβαίνει μόνο κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων.



Αποχέτευση Οικισμού

ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

4. Βαθμό πλήρωσης αγωγών

❖ Στους ελληνικούς κανονισμούς προβλέπονται τα κάτωθι ποσοστά πλήρωσης των αγωγών.

❖ Αγωγοί ακαθάρτων

$$\Phi \leq 40 \text{ cm} \rightarrow 50\%$$

$$40 < \Phi \leq 60 \text{ cm} \rightarrow 60\%$$

$$\Phi > 60 \text{ cm και λοιπές διατομές} \rightarrow 70\%$$

❖ Αγωγοί ομβρίων και αγωγοί παντοροϊκοί $\rightarrow 70\%$



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

5. Ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές

- ❖ Μαζί με τα λύματα συμπαρασύρονται διάφορα ευμεγέθη υλικά, τα οποία είναι δυνατόν να φράξουν τους σωλήνες αν η διατομή τους είναι πολύ μικρή.
- ❖ Κατά συνέπεια οι διατομές των σωλήνων είναι απαραίτητο να μην είναι μικρότερες των παρακάτω αναγραφόμενων:

Ιδιωτικές συνδέσεις → Φ15 cm

Συνδέσεις φρεατίων υδροσυλλογής → Φ15 cm

Αγωγοί λυμάτων → Φ20 cm

Αγωγοί ομβρίων → Φ25 cm

Αγωγοί παντοροϊκοί → Φ25 cm



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Οι περιορισμοί των αγωγών λυμάτων έχουν να κάνουν με:

5. Ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές

- ❖ Στις ελληνικές προδιαγραφές καθορίζονται οι παρακάτω ελάχιστες επιτρεπόμενες διάμετροι αγωγών:

Δίκτυα ακαθάρτων → $\Phi 20$ cm

Δίκτυα ομβρίων → $\Phi 40$ cm

- ❖ Οι μικρότερες διατομές εντός των οποίων είναι δυνατόν να συρθούν εργάτες είναι η κυκλική $\Phi 80$ εκατοστών και η ωοειδής $\Omega 60 \times 90$ cm.
- ❖ Οι κυκλικοί αγωγοί θεωρούνται βατοί για διαμέτρους $\geq \Phi 100$ cm, οι δε ωοειδείς όταν η διατομή τους είναι μεγαλύτερη της $\Omega 70 \times 105$ cm.
- ❖ Οι ελληνικές προδιαγραφές δεν επιτρέπουν την χρησιμοποίηση ωοειδών αγωγών μικρότερων διαστάσεων της διατομής $\Omega 60 \times 90$ cm.



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Συγκεντρωτικά οι Περιορισμοί:

Έλεγχος 1: Ελάχιστες διαμέτροι (ΠΔ 696/74)

Ελάχιστη διάμετρος 200mm (αγωγοί ακαθάρτων)

Ελάχιστη διάμετρος 400mm (αγωγοί ομβρίων)

Έλεγχος 2: Μέγιστα ποσοστά πλήρωσης

D = 200 - 400 mm $y/D = 0,5$ (αγωγοί ακαθάρτων)

D = 500 - 600 mm $y/D = 0,6$ (αγωγοί ακαθάρτων)

D > 600 mm $y/D = 0,7$ (αγωγοί ακαθάρτων)

Αγωγοί ομβρίων $y/D = 0,7$

Παλιοί αγωγοί $y/D = 0,8$

Έλεγχος 3: Μέγιστες ταχύτητες ροής

$V_{\max} = 3\text{m/s} \geq V$ (αγωγοί ακαθάρτων)

$V_{\max} = 6\text{m/s} > v$ (αγωγοί ομβρίων)



Αποχέτευση Οικισμού

- ο Συγκεντρωτικά οι Περιορισμοί:

Έλεγχος 4: Ελάχιστες ταχύτητες ροής

$V > 0,6 \text{ m/s}$ (για αγωγούς ομβρίων και ακαθάρτων)

Έλεγχος 5: Ελάχιστες κλίσεις

- Για μεταβλητό συντελεστή τραχύτητας με το βάθος ροής, προκύπτει ελάχιστη ταχύτητα πλήρους πλήρωσης $V_0 = 0,56 \text{ m/s}$ (αγωγοί ακαθάρτων)
- Για μεταβλητό συντελεστή τραχύτητας με το βάθος ροής, προκύπτει ελάχιστη ταχύτητα πλήρους πλήρωσης $V_0 = 1,11 \text{ m/s}$ (αγωγοί ομβρίων)
- Εναλλακτικά: οι Αμερικανικοί κανονισμοί προτείνουν $V_0 = 0,6 \text{ m/s}$ για τον υπολογισμό της ελάχιστης κλίσης
- Σε κάθε περίπτωση η ελάχιστη κλίση δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1 m/km



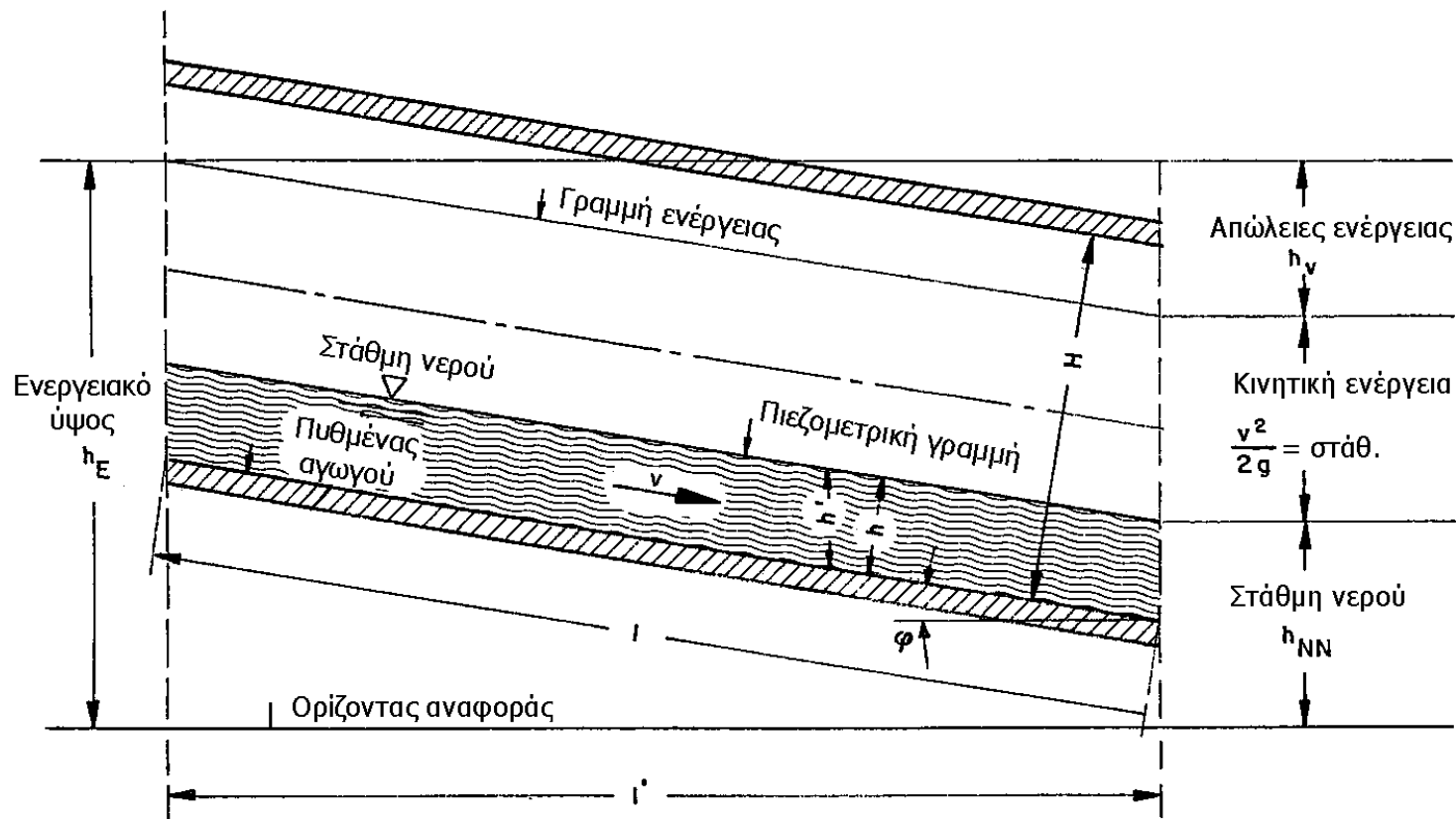
Αποχέτευση Οικισμού

- Υδραυλική επίλυση:
 - ❖ Στη διαδικασία διαστασιολόγησης νέων αγωγών αποχέτευσης επιδιώκεται η ροή στους αγωγούς να έχει **ελεύθερη επιφάνεια** και να μη γίνεται υπό πίεση.
 - ❖ Οι αγωγοί ενός αποχετευτικού δικτύου, δηλαδή, λειτουργούν με **μερική πλήρωση**, έτσι ώστε τα λύματα να αερίζονται επαρκώς.
 - ❖ Μόνο σε ακραίες περιπτώσεις οι αγωγοί μπορούν να θεωρηθούν πλήρεις (χωρίς ελεύθερη επιφάνεια), αλλά το απαγορεύουν οι ελληνικοί κανονισμοί.
 - ❖ Ο σχεδιασμός εξαρτάται από το ανάγλυφο της περιοχής → Ελάχιστες και Μέγιστες κλίσεις.
 - ❖ Στην πραγματικότητα η ροή στο δίκτυο αποχέτευσης είναι μη μόνιμη με τις παροχές να μεταβάλλονται συνεχώς και ανομοιόμορφη λόγω της αλλαγής των χαρακτηριστικών των αγωγών.
 - ❖ Γίνεται, όμως η παραδοχή της μόνιμης ομοιόμορφης ροής.
 - ❖ Οι υδραυλικοί υπολογισμοί στα δίκτυα αποχέτευσης αναφέρονται σε προκατασκευασμένους αγωγούς κυκλικής διατομής και κατάλληλο υλικό (π.χ. PVC, σκυρόδεμα)



Αποχέτευση Οικισμού

- Υδραυλική επίλυση:
 - ❖ Κανονική ροή σε αγωγό αποχέτευσης με **ελεύθερη επιφάνεια**
 - ❖ Για τη μόνιμη ομοιόμορφη ροή η Γραμμή Ενέργειας και η Πιεζομετρική Γραμμή είναι **παράλληλες** με τον πυθμένα του αγωγού κι έτσι για τη ροή με ελεύθερη επιφάνεια χρησιμοποιούνται καμπύλες μερικής πλήρωσης





Αποχέτευση Οικισμού

ο Υδραυλική επίλυση:

- ❖ Στο σχήμα παρουσιάζεται μια τυπική διατομή ενός κυκλικού αποχετευτικού αγωγού.
- ❖ Οι βασικές σχέσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της διατομής για μερική πλήρωση προκύπτουν με βάση το λόγο πλήρωσης ή **βαθμό πλήρωσης**.
- ❖ Βαθμός πλήρωσης ενός αγωγού ορίζεται ως ο λόγος του βάθους νερού προς την εσωτερική διάμετρο του αγωγού.

$$\frac{y}{D} = \frac{h}{H} = \frac{H}{H^*} < 1$$

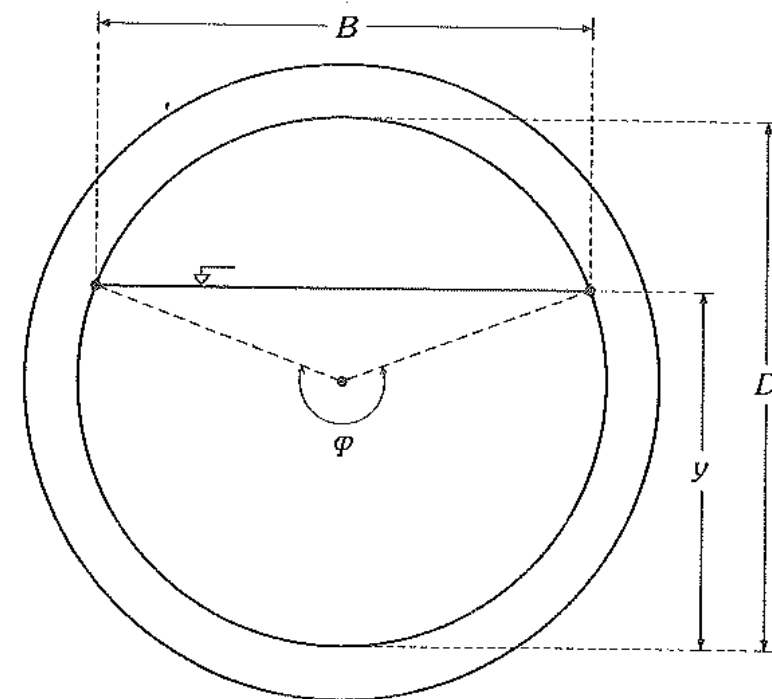
- ❖ Σημειώνεται πως για ολική πλήρωση ($y/D=1$)

$$\text{Υγρή διατομή } A_0 = \frac{\pi D^4}{4}$$

$$\text{Βρεχόμενη Περίμετρος } P_0 = \pi D$$

$$\text{Υδραυλική ακτίνα } R_0 = \frac{D}{4}$$

$$\text{Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας } B_0 = 0$$





Αποχέτευση Οικισμού

ο Υδραυλική επίλυση:

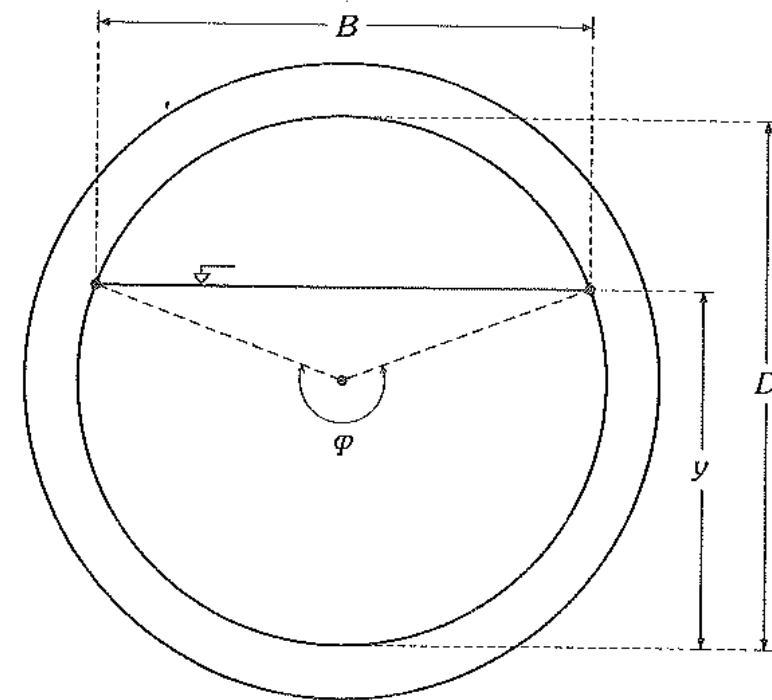
- ❖ Όλα τα παραπάνω μεγέθη A , P , R μπορούν να εκφραστούν ως συνάρτηση των μεγεθών για ολική πλήρωση A_0 , P_0 , R_0 , και της γωνίας πλήρωσης φ σε rad

$$\frac{A}{A_0} = \frac{\varphi - n\mu\varphi}{2\pi}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\varphi}{2\pi}$$

$$\frac{R}{R_0} = 1 - \frac{n\mu\varphi}{\varphi}$$

$$B = 2\sqrt{y(D-y)}$$



- ❖ Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της κυκλικής διατομής δίνονται πινακοποιημένα σε Πίνακα



Αποχέτευση Οικισμού

ο Υδραυλική επίλυση:

- ❖ Με την εφαρμογή της εξίσωσης Manning για ολική πλήρωση του αγωγού προκύπτουν οι εξισώσεις:

$$V_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} S^{1/2} \quad \text{και}$$

$$Q_0 = \left(\pi \frac{D^2}{4} \right) \cdot \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} S^{1/2} \quad \text{ή} \quad Q_0 = \frac{\pi \cdot D^{8/3} \cdot S^{1/2}}{4^{5/3} \cdot n_0}$$

όπου n_0 , είναι ο συντελεστής τραχύτητας Manning για ολική πλήρωση.

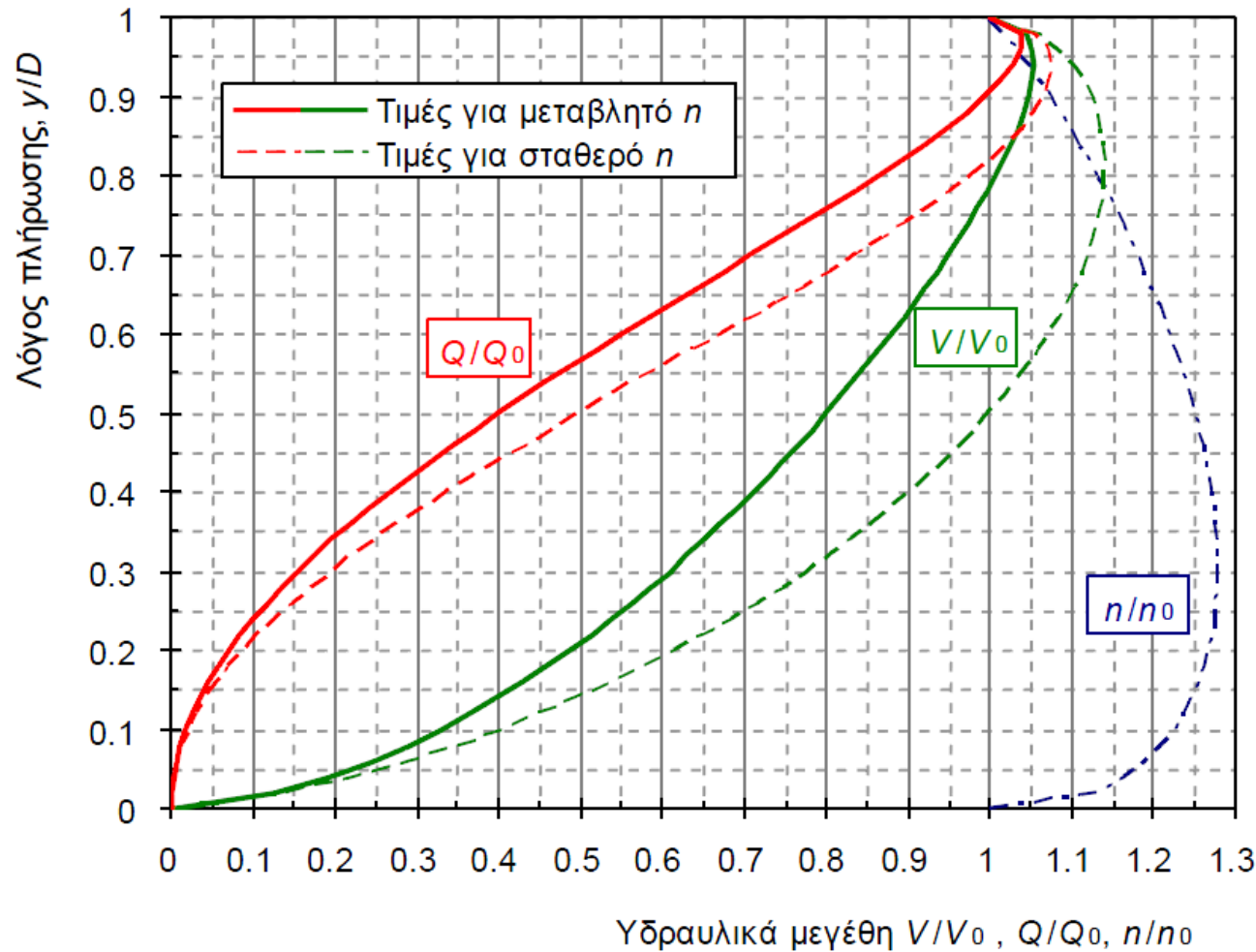
- ❖ Πολύ κουβέντα είχε γίνει για το αν ο συντελεστής τραχύτητας Manning μεταβάλλεται σε σχέση με την πλήρωση του αγωγού.
- ❖ Προτάθηκε από τον Κουτσογιάννη (1993) μια προσεγγιστική εξίσωση για τον υπολογισμό του μεταβλητού συντελεστή τραχύτητας Manning

$$\frac{n}{n_0} = 1 + 0.62 \left(\frac{y}{D} \right)^{0.4} \left(1 - \frac{y}{D} \right)^{0.9}$$



Αποχέτευση Οικισμού

- Υδραυλική επίλυση: → **Σχεδιάζουμε για μεταβλητό n (συνεχής γραμμή) → Manning**
Σχεδιάζουμε για σταθερό n (συνεχής γραμμή) → Colebrook



Μεταβολή των υδραυλικών μεγεθών καθώς με ελεύθερη επιφάνεια σε κυκλικούς αγωγούς συναρτήσει του λόγου



Αποχέτευση Οικισμού

- Υδραυλική επίλυση:

Σχέσεις γεωμετρικών χαρακτηριστικών ροής σε αγωγό κυκλικής διατομής με μερική πλήρωση

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Μερική πλήρωση ($y < D$)	Ολική πλήρωση ($y = y_0 = D$)
Λόγος πλήρωσης, y/D	$\frac{y}{D} = \frac{1 - \cos(\vartheta/2)}{2}$	$\frac{y_0}{D} = 1$
Γωνία, ϑ	$\vartheta = 2 \arccos(1 - 2y/D)$	$\vartheta_0 = 2\pi$
Εμβαδό υγρής διατομής, A	$A = (\vartheta - \sin\vartheta)D^2/8$	$A_0 = \pi D^2/4$
Βρεχόμενη περίμετρος, P	$P = \vartheta D/2$	$P_0 = \pi D$
Υδραυλική ακτίνα, R	$R = (1 - \sin\vartheta/\vartheta)D/4$	$R_0 = D/4$
Πλάτος στην ελεύθερη επιφάνεια, B	$B = D \sin(\vartheta/2) = 2\sqrt{y(D-y)}$	0
Λόγος A/A_0	$A/A_0 = (\vartheta - \sin\vartheta) / 2\pi$	1
Λόγος R/R_0	$R/R_0 = 1 - \sin\vartheta/\vartheta$	1