

# **Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα**

## **5<sup>ο</sup> εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών**

---

### **Γενικές αρχές σχεδιασμού δικτύων διανομής**

---

**Χρήστος Μακρόπουλος, Ανδρέας Ευστρατιάδης &  
Παναγιώτης Κοτσιέρης**

**Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Αθήνα, 2019**

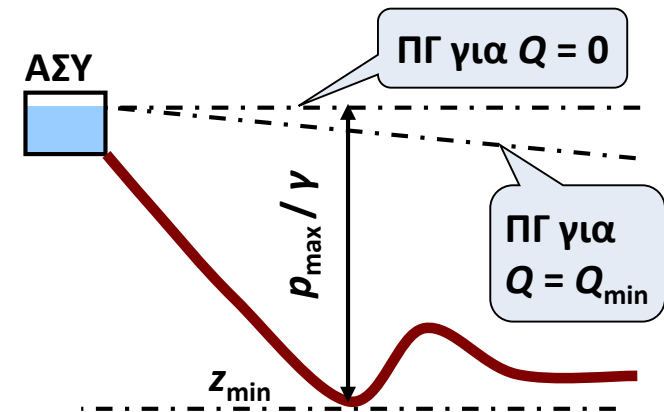
# Γενικές αρχές σχεδιασμού δικτύων διανομής

---

- Έλεγχος πιέσεων
  - Μέγιστες πιέσεις
  - Ελάχιστες πιέσεις
  - Χωροθέτηση δεξαμενής και κύριου τροφοδοτικού αγωγού
  - Πιεζομετρικές ζώνες
- Έλεγχος ποιότητας νερού
- Έλεγχος αντιπληγματικής προστασίας
- Γενικές αρχές χάραξης δικτύου διανομής
- Προδιαγραφές αγωγών δικτύου διανομής
- Ειδικές διατάξεις και συσκευές δικτύων

# Προδιαγραφές δικτύων: μέγιστες πιέσεις

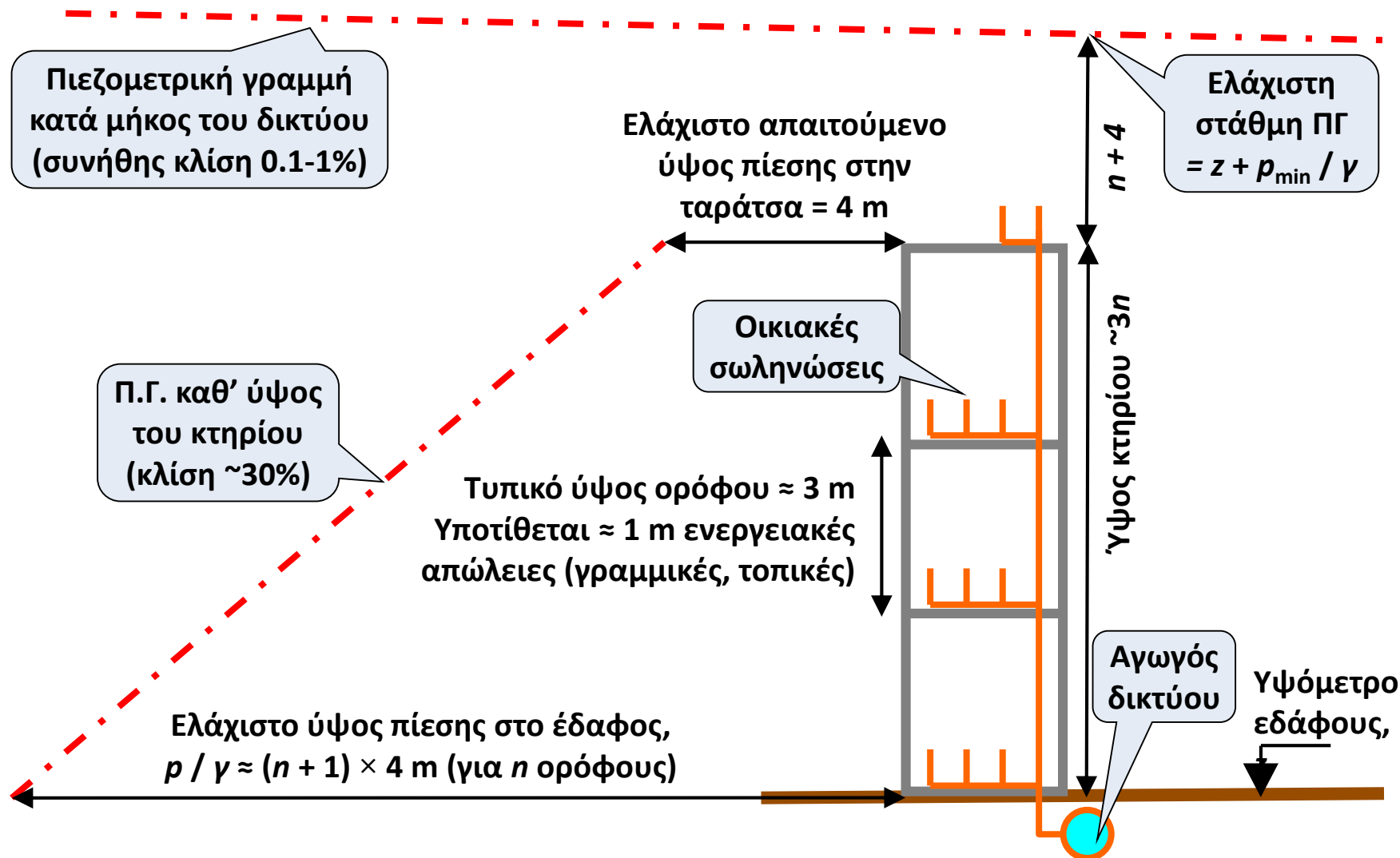
- Για την προστασία των ευάλωτων σημείων του δικτύου (π.χ. συνδέσεις αγωγών), των εσωτερικών υδραυλικών εγκαταστάσεων και των οικιακών συσκευών, **η πίεση σε όλο το μήκος του δικτύου δεν πρέπει να ξεπερνά ένα μέγιστο όριο.**
- Γενικά, το ανώτερο επιθυμητό όριο είναι 6-7 atm (60-70 m ισοδύναμου ύψους νερού).
- Ο έλεγχος μέγιστων πιέσεων αναφέρεται στην υψομετρικά δυσμενέστερη θέση του δικτύου, δηλαδή στο **χαμηλότερο σημείο,  $z_{\min}$ , θεωρώντας τη δεξαμενή στην ανώτερη στάθμη ύδατος (ΑΣΥ).** Τυπικά, λαμβάνεται οριζόντια πιεζομετρική γραμμή, που υποδηλώνει συνθήκες μηδενικής κατανάλωσης νερού στο δίκτυο, οπότε ο σχετικός έλεγχος γίνεται για στατικό ύψος πίεσης ίσο με  $p_{\max} / \gamma = \text{ΑΣΥ} - z_{\min}$ .
- Στην πράξη, γίνονται δεκτά αρκετά μεγαλύτερα όρια σε σχέση με το επιθυμητό (π.χ. **12 atm στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ**), δεδομένου ότι, κυρίως στα αστικά κέντρα, οι νυκτερινές παροχές (και συνακόλουθα οι υδραυλικές απώλειες) είναι σημαντικές, οπότε κρίνεται υπερβολικά συντηρητική η υπόθεση οριζόντιας πιεζομετρικής γραμμής.
- Ο έλεγχος γίνεται πριν τη διαστασιολόγηση του δικτύου διανομής, και αφορά στην υψομετρική τοποθέτηση της δεξαμενής και τον καθορισμό των απαιτούμενων πιεζομετρικών ζωνών.
- Εφόσον δεν τηρείται το όριο των 6-7 atm, απαιτείται η εφαρμογή αγωγών κατάλληλης αντοχής και η χρήση μειωτών πίεσης στην είσοδο της υδραυλικής εγκατάστασης κάθε κτηρίου.



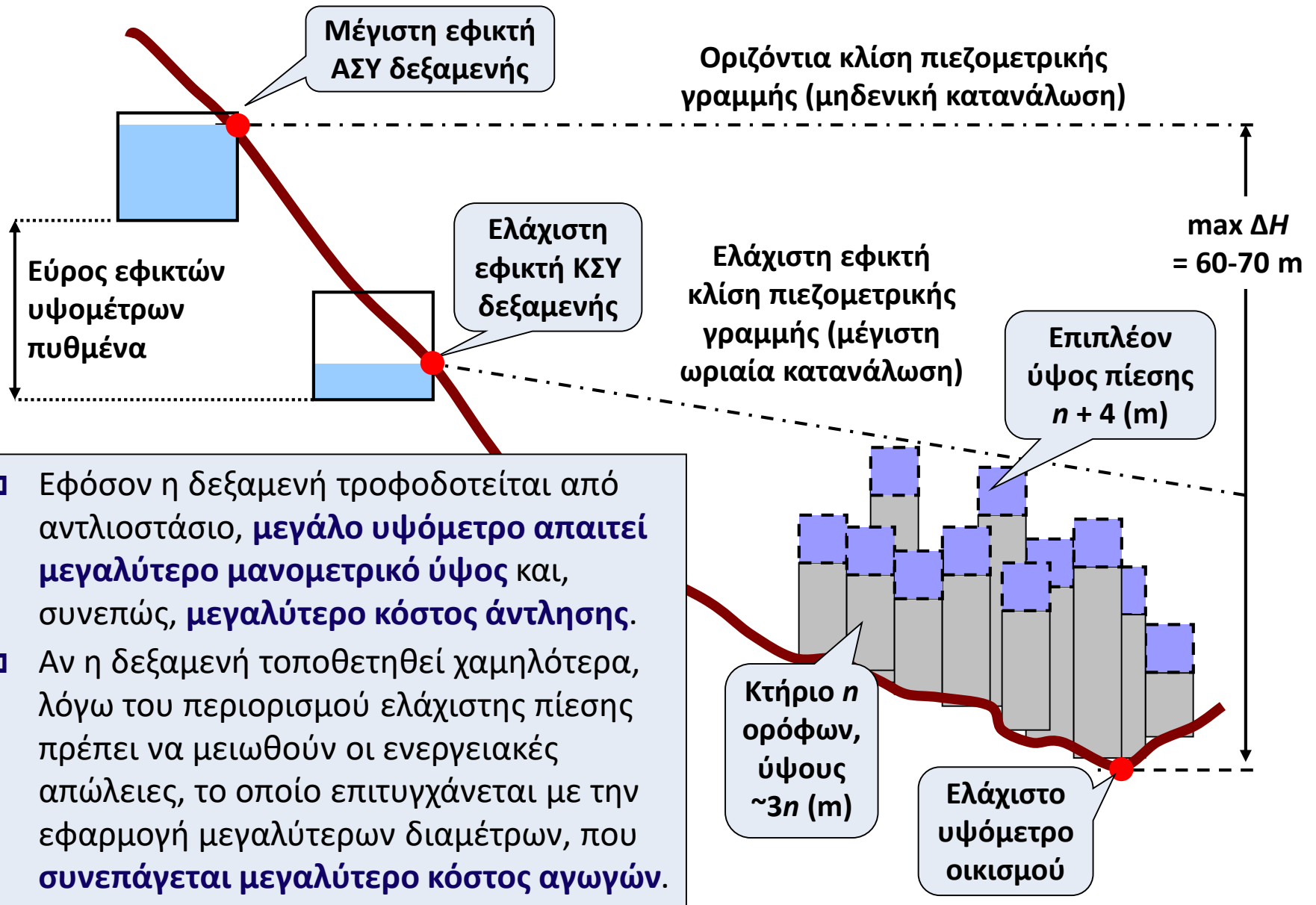
# Προδιαγραφές δικτύων: ελάχιστες πιέσεις

- Σύμφωνα με τους κανονισμούς, στις εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις, **η ελάχιστη πίεση εκροής των λήψεων κυμαίνεται από 0.4 έως 1.2 atm** (ΤΟΤΕΕ-2411/86, “Εγκαταστάσεις σε κτίρια και οικόπεδα – Διανομή κρύου ζεστού νερού”). Συνεπώς, **στο υψηλότερο σημείο των κτηρίων** (υφιστάμενων ή προβλεπόμενων, με βάση τον πολεοδομικό σχεδιασμό) **πρέπει να εξασφαλίζεται ύψος πίεσης τουλάχιστον 4 m**.
- Αν  $n$  είναι ο αριθμός των ορόφων ενός κτηρίου (προσμετρώντας και την ταράτσα), και θεωρώντας τυπικό ύψος ορόφου 3 m και υδραυλικές απώλειες 1 m ανά όροφο, προκύπτει ότι το **ελάχιστο ύψος πίεσης στο έδαφος πρέπει να είναι ίσο με  $4(n + 1)$** .
- Συχνά, αντί της παραπάνω εμπειρικής σχέσης, το ελάχιστο όριο πίεσης ορίζεται από τον κανονισμό λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης (π.χ. 2 atm στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ).
- **Ο έλεγχος ελάχιστων πιέσεων αναφέρεται σε συνθήκες κατώτατης στάθμης δεξαμενής (ΚΣΥ) και μέγιστης κατανάλωσης, και προϋποθέτει μαθηματική προσομοίωση του δικτύου**. Ο έλεγχος πραγματοποιείται σε όλο το μήκος του δικτύου, και αφορά τόσο στη γενική διάταξη των έργων όσο και στη διαστασιολόγηση των αγωγών διανομής
- Η ανεπαρκής πίεση σε μια περιοχή του δικτύου **αντιμετωπίζεται με:**
  - **αύξηση του υψομέτρου τοποθέτησης της δεξαμενής** (όχι πάντα εφικτό)·
  - **αντικατάσταση κρίσιμων κλάδων από αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου**·
  - **τοποθέτηση αντλιών (αν έχουν εξαντληθεί άλλες εναλλακτικές λύσεις)**.
- Στην πράξη, ζητούμενο του σχεδιασμού είναι η λειτουργία του δικτύου **σε ένα μικρό, εύρος πιέσεων, της τάξης των 30 ως 40 m**.

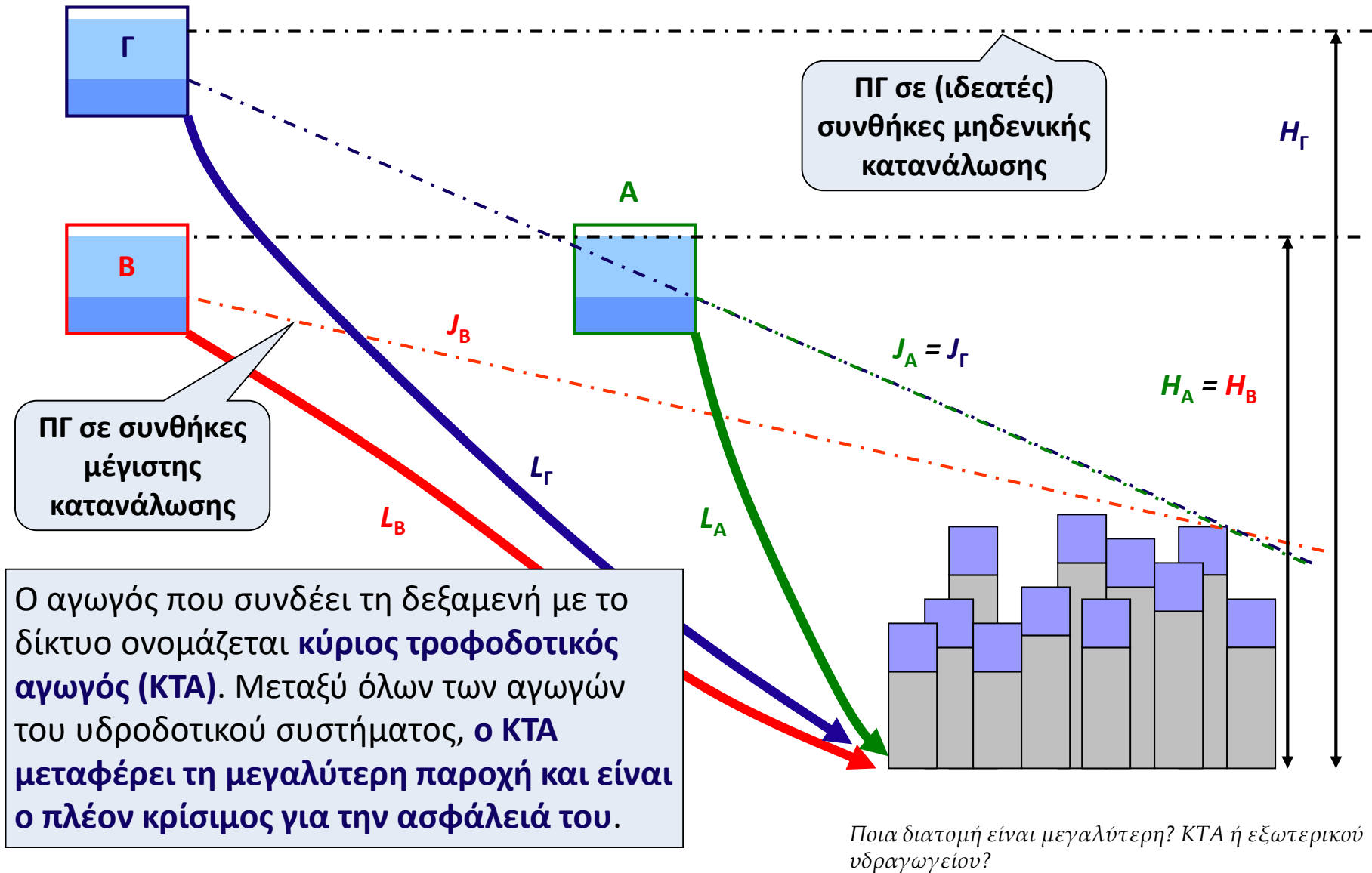
# Ερμηνεία του περιορισμού ελάχιστης πίεσης, με βάση το εμπειρικό κριτήριο ελέγχου



# Υψομετρική τοποθέτηση δεξαμενής



# Οριζοντιογραφική τοποθέτηση δεξαμενής ως προς την απόστασή της από τον οικισμό



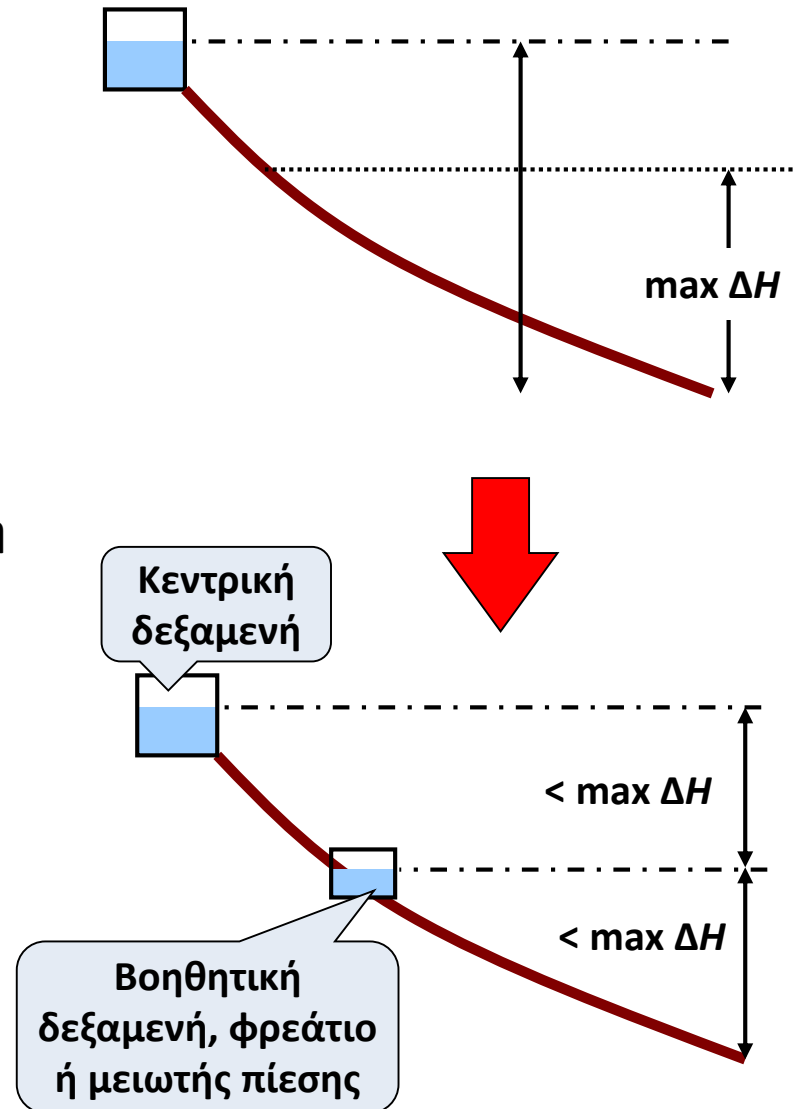
# Κριτήρια χωροθέτησης δεξαμενής

- Σε σχέση με την **απόσταση** συστήνεται η **τοποθέτηση της δεξαμενής** όσο το δυνατόν **πιο κοντά στο κέντρο βάρους του οικισμού**, το οποίο παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:
  - **μειώνεται το μήκος του κύριου τροφοδοτικού αγωγού σε σχέση με το μήκος του αγωγού μεταφοράς (εξωτερικό υδραγωγείο)**, που ωστόσο σχεδιάζεται με πολύ μικρότερη παροχή (εξ ορισμού  $Q_H \ll Q_\Omega + Q_\Pi$ ).
  - για δεδομένο υψόμετρο δεξαμενής, **μεγιστοποιείται η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής** (αφού  $J = h_f / L$ ), που συνεπάγεται οικονομικότερες διαμέτρους αγωγών.
  - για δεδομένη κλίση της Π.Γ., **ελαχιστοποιείται το υδροστατικό φορτίο στην κατάσταση μηδενικής φόρτισης** (= έλεγχος μέγιστων πιέσεων), αλλά και μειώνεται το μανομετρικό ύψος, εφόσον η μεταφορά νερού γίνεται μέσω άντλησης.
- **Κατ' ελάχιστον, η δεξαμενή τοποθετείται 15 ως 25 m πάνω από το μέγιστο υψόμετρο ανάπτυξης του οικισμού**, ανάλογα και με τα ύψη των κτηρίων που αναπτύσσονται στην περιοχή των μεγάλων υψομέτρων (ο ακριβής προσδιορισμός απαιτεί υδραυλική προσομοίωση του δικτύου, για τον έλεγχο των ελάχιστων πιέσεων).
- Σε σχέση με το **υψόμετρο**:
  - αν η τροφοδοσία γίνεται από **αγωγό βαρύτητας** εξαντλείται το μέγιστο επιτρεπόμενο υψόμετρο τοποθέτησης της δεξαμενής (εντός μέγιστων πιέσεων).
  - Αν η τροφοδοσία της δεξαμενής γίνεται από **καταθλιπτικό αγωγό**, η τελική επιλογή της θέσης (υψόμετρο και απόσταση) της δεξαμενής προκύπτει με **βελτιστοποίηση του συνολικού κόστους του εξωτερικού και του εσωτερικού υδραγωγείου** (κόστος αγωγών, αντλιών, συντήρησης Η/Μ εξοπλισμού, κόστη λειτουργίας κτλ.).

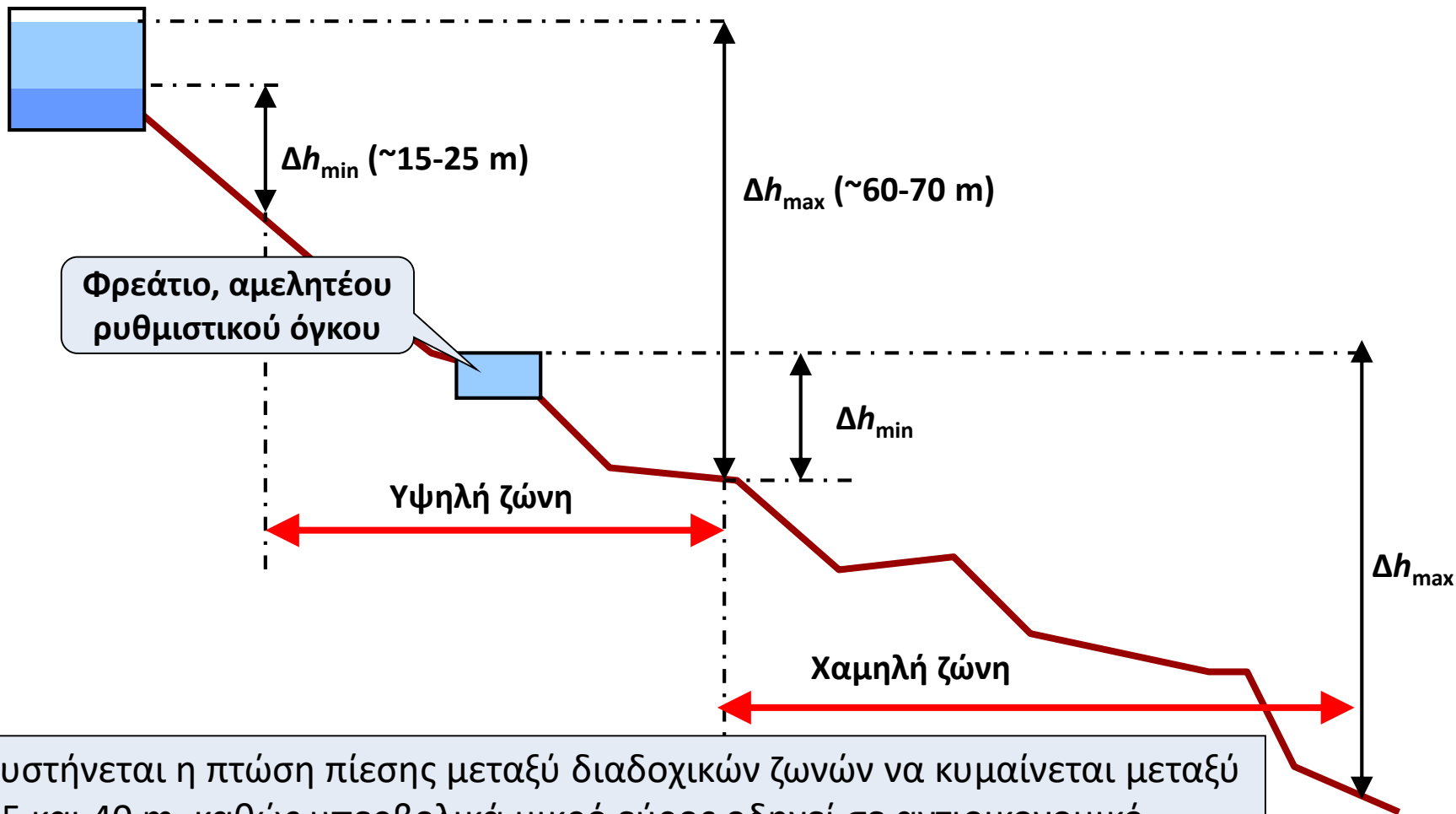


# Πιεζομετρικές ζώνες δικτύων

- ❑ Σε περιοχές με σημαντικές υψομετρικές διαφορές, μια μεμονωμένη κεντρική δεξαμενή ενδέχεται να μην επαρκεί για την εξυπηρέτηση όλου του οικισμού χωρίς να προκαλεί προβλήματα ανεπίτρεπτα χαμηλών πιέσεων στα μεγάλα υψόμετρα και ανεπίτρεπτα υψηλών πιέσεων στα μικρά.
- ❑ Στην περίπτωση αυτή, ο οικισμός χωρίζεται σε υδραυλικά ανεξάρτητες πιεζομετρικές ζώνες καθ' ύψος της επιτρεπόμενης πίεσης, με χρήση διατάξεων ελέγχου της πίεσης (βοηθητικές δεξαμενές, φρεάτια ή μειωτές πίεσης).
- ❑ Γενικά, προτιμάται η διαμόρφωση των πιεζομετρικών ζωνών με απλές υδραυλικές διατάξεις, όπως πιεζοθραυστικά φρεάτια, τα οποία έχουν αμελητέο κόστος κατασκευής και δεν απαιτούν συντήρηση.
- ❑ Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μειωτές πίεσης, που τοποθετούνται σε επιλεγμένα σημεία του δικτύου.



# Παράδειγμα χωρισμού σε πιεζομετρικές ζώνες με σύστημα δεξαμενής-φρεατίου



Συστήνεται η πτώση πίεσης μεταξύ διαδοχικών ζωνών να κυμαίνεται μεταξύ 25 και 40 m, καθώς υπερβολικά μικρό εύρος οδηγεί σε αντιοικονομικό σχεδιασμό (πολλές δεξαμενές, μεγάλες διάμετροι), ενώ πολύ μεγάλο εύρος οδηγεί σε έντονες διακυμάνσεις της διατιθέμενης πίεσης στο δίκτυο.

# Λοιπές προδιαγραφές και σχετικοί έλεγχοι

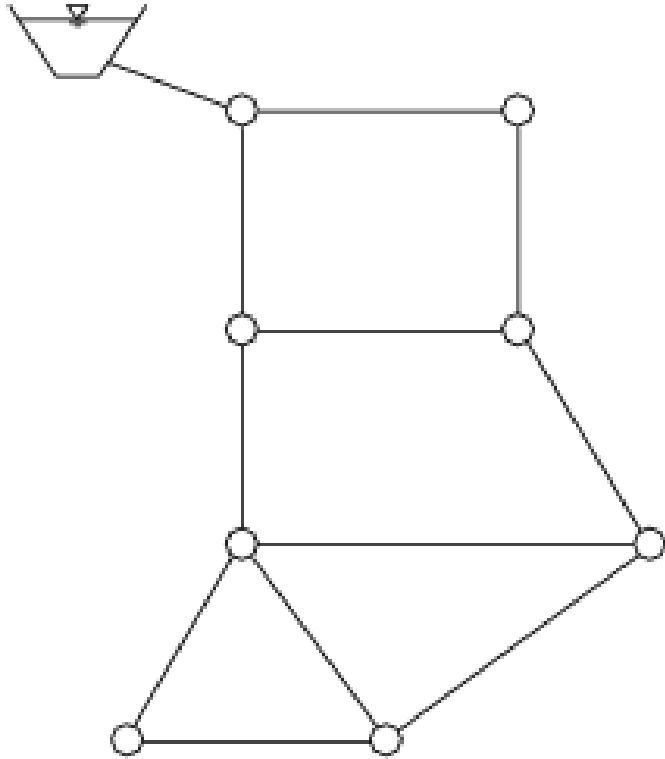
## □ Έλεγχος ποιότητας νερού:

- Κατά τη λειτουργία του δικτύου, παρακολουθείται συστηματικά η δίαιτα κρίσιμων **ποιοτικών παραμέτρων του νερού** (κυρίως το **υπολειμματικό χλώριο**), κατά τη διαδρομή του από τη μονάδα επεξεργασίας (όπου πραγματοποιείται η χλωρίωση) έως την κατανάλωση. Οι σχετικοί έλεγχοι γίνονται μέσω τακτικών δειγματοληψιών, καθώς και με την υποστήριξη εξειδικευμένων μοντέλων υδραυλικής και ποιοτικής προσομοίωσης.
- Στο επίπεδο του σχεδιασμού, πρέπει να **αποφεύγεται η εφαρμογή πολύ μεγάλων διαμέτρων σε περιοχές με χαμηλές καταναλώσεις**, που έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη υπερβολικά μικρών ταχυτήτων ροής για μακρά χρονικά διαστήματα.

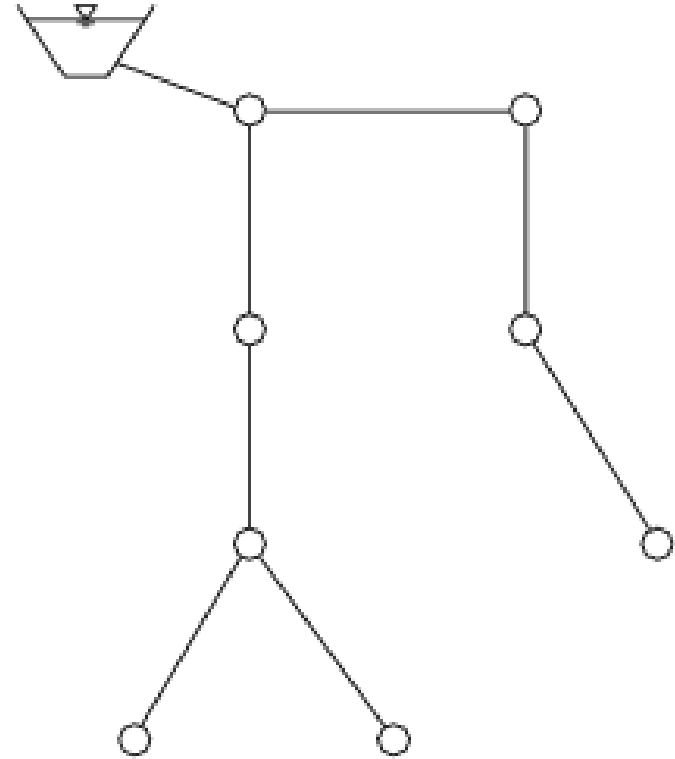
## □ Έλεγχος αντιπληγματικής προστασίας:

- Το δίκτυο πρέπει να ελέγχεται (και να εξοπλίζεται κατάλληλες υδραυλικές διατάξεις) έναντι της **εμφάνισης μεγάλων υποπιέσεων και υπερπιέσεων, λόγω υδραυλικού πλήγματος**, το οποίο οφείλεται σε απότομες αυξομειώσεις της παροχής (π.χ. λόγω βλάβης). Ο έλεγχος αυτός αναφέρεται σε συνθήκες μη μόνιμης ροής, και απαιτεί εξειδικευμένα μοντέλα.
- Στην πράξη, κίνδυνο πλήγματος αντιμετωπίζουν μόνο τα **ακτινωτά τμήματα** ενός δικτύου και οι καταθλιπτικοί αγωγοί. Η διαμόρφωση **βροχωτών δικτύων** (κλειστές διαδρομές αγωγών), παρόλο που αυξάνει το ολικό μήκος των σωληνώσεων, εξασφαλίζει στην πράξη πλήρη αντιπληγματική προστασία.

# Βροχωτά Δίκτυα και Ακτινωτά Δίκτυα



Βροχωτά Δίκτυα



Ακτινωτά Δίκτυα

Επιδιώκεται η τροφοδοσία κάθε καταναλωτή από εναλλακτικές διαδρομές (**βροχωτή διάταξη αγωγών**), ώστε να εξασφαλίζεται απρόσκοπτη λειτουργία του δικτύου σε περιπτώσεις **βλάβης** και να εκμηδενίζεται ο κίνδυνος **υδραυλικού πλήγματος**.

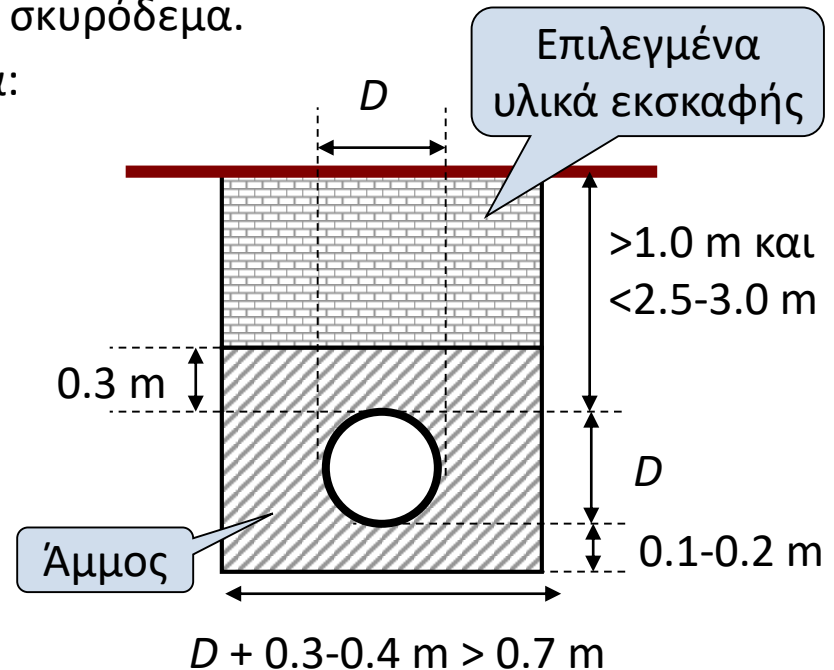
# Γενικές αρχές χάραξης αγωγών δικτύου

---

- ❑ Στη χάραξη του δικτύου χρησιμοποιούνται τοπογραφικοί χάρτες, καθώς και χάρτες γενικής πολεοδομικής διάταξης (συνήθεις κλίμακες 1:2000 ή 1:1000).
- ❑ Από τη δεξαμενή ξεκινά ο κύριος τροφοδοτικός αγωγός που φτάνει στην περίμετρο της πόλης, απ' όπου διακλαδίζεται προς όλους τους πρωτεύοντες αγωγούς διανομής.
- ❑ Το δίκτυο διανομής ακολουθεί το **οδικό δίκτυο**. Στις μεγάλες οδικές αρτηρίες τοποθετούνται δίδυμοι αγωγοί, εκατέρωθεν των πεζοδρομίων.
- ❑ Οι **κύριοι και δευτερεύοντες αγωγοί** που τίθενται κατά μήκος διαδρομών που εξυπηρετούν στόμια πυρκαγιάς έχουν διαμέτρους **125-150 mm** και άνω, ενώ στις **εμπορικές και πυκνοκατοικημένες περιοχές**, οι διάμετροι ξεπερνούν τα **200 mm**.
- ❑ Οι **ελάχιστες διάμετροι** που εφαρμόζονται είναι **90 mm**, και αφορούν μόνο στους τριτεύοντες αγωγούς που δεν εξυπηρετούν κρουνοί.
- ❑ Οι **πυροσβεστικοί κρουνοί τοποθετούνται σε αποστάσεις έως 200 m**, ενώ σε μεγάλες πόλεις η τοποθέτηση των κρουνοί είναι πιο πυκνή (ανά 75-100 m).
- ❑ Το δίκτυο διανομής συμπληρώνεται από **ειδικές συσκευές**, για τη ρύθμιση της παροχής (δικλείδες, εκκενωτές) και της πίεσης (μειωτές, φρεάτια, αερεξαγωγοί).

# Αγωγοί δικτύων ύδρευσης

- ❑ Οι αγωγοί ύδρευσης τοποθετούνται σε σκάμμα, κάτω από το ρείθρο του πεζοδρομίου, και διαγώνια σε σχέση με τις υποδομές αποχέτευσης ακαθάρτων και ομβρίων (στο μικρότερο βάθος και την πιο ακραία οριζοντιογραφική θέση).
- ❑ Οι αγωγοί φέρουν επικάλυψη τουλάχιστον 1.0 m, ώστε να προστατεύονται από τον παγετό, την ηλιακή ακτινοβολία και την καταπόνηση από την διέλευση τροχοφόρων.
- ❑ Ως προς την κατά μήκος κλίση, γενικά ακολουθούν την τοπογραφία, ώστε να ελαχιστοποιείται ο όγκος των εκσκαφών. Οι ελάχιστες κλίσεις που εφαρμόζονται είναι 0.2% (ανερχόμενοι αγωγοί) και 0.4% (κατερχόμενοι αγωγοί).
- ❑ Σε αλλαγές διεύθυνσεως, συμβολές τύπου «T», και πολύ μεγάλες κλίσεις (>20%), οι αγωγοί αγκυρώνονται με σώματα από άοπλο σκυρόδεμα.
- ❑ Γενικά, επιλέγονται αγωγοί από τα εξής υλικά:
  - **PVC:** Οικονομική επιλογή για αγωγούς μικρής διαμέτρου (<400 mm).
  - **HDPE:** Εξαιρετικά ελαφρύ και εύκαμπτο υλικό, τυλίγονται σε ρολά και δεν απαιτούν ειδικά τεμάχια στις στροφές.
  - **Χαλυβδοσωλήνες:** Οικονομική επιλογή για διαμέτρους >400 mm.
  - **Αμιαντοσιμεντοσωλήνες:** Είχαν εκτεταμένη εφαρμογή, πλέον αποφεύγονται.



# Ειδικές συσκευές δικτύων (τοποθέτηση σε φρεάτιο)

- ❑ **Δικλείδες ή βάννες:** Συσκευές ρύθμισης της παροχής, τοποθετούνται σε όλες τις διακλαδώσεις, ώστε σε περίπτωση βλάβης/συντήρησης να εξασφαλίζουν απομόνωση του υπόλοιπου δικτύου. Συνηθέστεροι τύποι είναι η συρταρωτή και η «πεταλούδα».
- ❑ **Βαλβίδες αντεπιστροφής:** Εγκαθίστανται κυρίως σε καταθλιπτικούς αγωγούς, ώστε να εξασφαλίσουν ότι η ροή γίνεται μόνο προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.
- ❑ **Εκκενωτές:** Διακλαδώσεις τύπου «Τ», τοποθετούνται σε χαμηλά σημεία του δικτύου, και επιτρέπουν την ελεύθερη εκροή προς ένα φυσικό αποδέκτη, για έκπλυση του δικτύου και απομάκρυνση των φερτών.
- ❑ **Αερεξαγωγοί:** Συνήθως διπλού στομίου, τοποθετούνται σε υψηλά σημεία, ώστε σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας να απομακρύνουν τον αέρα, ενώ σε συνθήκες υποπίεσης (υδραυλικό πλήγμα) να εισάγουν αέρα, για την αποσυμπίεση του δικτύου.
- ❑ **Μειωτές πίεσης:** Ειδικές αυτόματες βαλβίδες που εξασφαλίζουν σταθερή πίεση εξόδου  $P_0$ , αν η ανάντη πίεση  $P_\alpha$  είναι μεγαλύτερη από την  $P_0$ , ενώ σε περίπτωση αντιστροφής της ροής λειτουργούν ως βαλβίδες αντεπιστροφής.

