

Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα
5^ο εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών

Αστικά δίκτυα αποχέτευσης ομβρίων

Ανδρέας Ευστρατιάδης & Δημήτρης Κουτσογιάννης
Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα, 2018

Γενικές αρχές σχεδιασμού δικτύων ομβρίων

- ❑ Η **αστική υδρολογική λεκάνη**, στο σύνολό της, και το **ανάντη μη αστικοποιημένο** τμήμα της μελετώνται ως ενιαίο σύστημα.
- ❑ Σε αντίθεση με το δίκτυο ακαθάρτων, που είναι συγκεντρωτικό (όλα τα ακάθαρτα καταλήγουν στη μονάδα επεξεργασίας), η γενική διάταξη του δικτύου ομβρίων είναι **αποκεντρωτική**, καθώς γενικά διαμορφώνονται **μικρά ανεξάρτητα δίκτυα**, καθένα από τα οποία εκβάλλει σε κοντινό φυσικό αποδέκτη (π.χ., υδατόρευμα) ή τη θάλασσα.
- ❑ Το συνολικό δίκτυο ομβρίων καλύπτει **τμήμα του οδικού δικτύου** (30 ως 40%).
- ❑ Οι εισροές των ομβρίων γίνονται μέσω **φρεατίων υδροσυλλογής** καθώς και **ιδιωτικών συνδέσεων**, που υλοποιούνται (υποχρεωτικά) κατά μήκος των αγωγών.
- ❑ Αποφεύγεται η χρήση **αντλιοστασιών** σε αστικές περιοχές.
- ❑ Αποφεύγεται η κατασκευή αγωγών αποχέτευσης ομβρίων σε δρόμους **μεγάλης κλίσης**, ώστε να μην επιταχύνεται περαιτέρω η ροή.
- ❑ Όταν το δίκτυο κατασκευάζεται σταδιακά, η κατασκευή του δικτύου ξεκινά από τα **κατάντη**, ώστε να προστατεύονται κατά προτεραιότητα οι χαμηλές περιοχές, λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη την απορροή που παράγεται στο σύνολο της λεκάνης.
- ❑ Οι παροχές σχεδιασμού των συνήθων αγωγών ομβρίων εκτιμώνται με την **ορθολογική μέθοδο**. Ο βαθμός προστασίας που παρέχει κάθε αγωγός περιγράφεται από την **περίοδο επαναφοράς του επεισοδίου βροχής** που μπορεί να παροχετεύσει.

Υδραυλικοί υπολογισμοί κυκλικών αγωγών ομβρίων

- **Θεμελιώδεις υποθέσεις:**
 - Θεωρούνται συνθήκες μόνιμης ομοιόμορφης ροής
 - Εφαρμόζεται η σχέση του Manning για μεταβλητή τραχύτητα, με $n_0 = 0.015$
- **Περιορισμοί διαμέτρου:**
 - Ελάχιστη διάμετρος: $D \geq 400$ mm (έναντι 200 mm για αγωγούς ακαθάρτων)
 - $D \geq D_{\text{ανάπτυξη}}$
- **Μέγιστο ποσοστό πλήρωσης:**
 - Νέοι αγωγοί ομβρίων: $y/D \leq 0.70$
 - Παλαιοί αγωγοί, των οποίων ελέγχεται η παροχетеυτικότητα: $y/D \leq 0.80$
- **Μέγιστη ταχύτητα:**
 - $V \leq 6.0$ m/s (έναντι 3.0 m/s για αγωγούς ακαθάρτων)
- **«Ελάχιστη» ταχύτητα** (αναφέρεται στο 10% της παροχетеυτικότητας του αγωγού):
 - $V_{\min} \geq 0.6$ m/s (έναντι 0.3 m/s για αγωγούς ακαθάρτων)
 - $V_0 \geq 1.11$ m/s (ισοδύναμη έκφραση, που αναφέρεται στην ταχύτητα πλήρωσης)
- **Ελάχιστη κλίση** (προκύπτει με εφαρμογή του περιορισμού ελάχιστης ταχύτητας):
 - $J_{\min} = 1.0$ έως 6.0 m/km (το κάτω όριο αναφέρεται σε αγωγούς $D \geq 1500$ mm και το άνω όριο σε αγωγούς $D = 400$ mm)

Διαστασιολόγηση δικτύου ομβρίων

□ Κριτήρια σχεδιασμού:

- Κόστος (διάμετροι αγωγών, εκσκαφές)
- Περιορισμοί (υδραυλικοί, υδρολογικοί – κατάντη συνθήκη, κατασκευαστικοί)

□ Δεδομένα προβλήματος:

- Παροχή σχεδιασμού
- Κλίση εδάφους
- Ανάντη διάμετρος
- Ελάχιστο/μέγιστο βάθος τοποθέτησης ανάντη/κατάντη

□ Γενικές αρχές σχεδιασμού:

- Εφόσον είναι εφικτό, επιλέγεται κοινή διάμετρος με τον ανάντη αγωγό και κλίση αγωγού ίση με την κλίση του εδάφους J_ε (ή την ελάχιστη, αν $J_\varepsilon < J_{\min}$).
- Οι άντυγες των αγωγών ανάντη και κατάντη τοποθετούνται σε περασιά.
- Όταν πρέπει να μειωθεί η κλίση του αγωγού προκειμένου να ικανοποιηθεί ο περιορισμός μέγιστης ταχύτητας, αυτό απαιτεί αύξηση της διαμέτρου και, κατά περίπτωση, βαθμιδωτή χάραξη του αγωγού (κατασκευή φρεατίων πτώσης).
- Για τη βελτιστοποίηση όλων των κριτηρίων απαιτείται συνδυαστικός σχεδιασμός του συνολικού δικτύου ομβρίων ή ευρύτερων τμημάτων του.

Σύνοψη μελέτης δικτύου ομβρίων

- Χάραξη λεκάνης και εκτίμηση χαρακτηριστικών μεγεθών
 - Γεωμετρικά χαρακτηριστικά (π.χ., έκταση)
 - Υδρολογικά χαρακτηριστικά (π.χ., χρόνος συγκέντρωσης)
- Υδρολογικός σχεδιασμός αγωγών
 - Επιλογή περιόδου επαναφοράς
 - Εκτίμηση χρόνου συγκέντρωσης (ο χρόνος ροής μέσω υδραυλικών υπολογισμών)
 - Εκτίμηση κρίσιμης έντασης βροχόπτωσης σχεδιασμού (όμβριες καμπύλες)
 - Εκτίμηση συντελεστή απορροής (σταθμισμένος, για ανομοιογενείς λεκάνες)
 - Εκτίμηση παροχής αιχμής (ορθολογική μέθοδος)
- Υδραυλικός σχεδιασμός αγωγών
 - Επιλογή διαμέτρων
 - Επιλογή βάθους τοποθέτησης ανάντη και κατάντη (λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς ταχυτήτων/κλίσεων καθώς και κατασκευαστικά κριτήρια)
- Υδραυλικοί έλεγχοι
 - Ποσοστό πλήρωσης
 - Έλεγχος ταχυτήτων
- Τελική χάραξη αγωγών σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή

Τελικές παρατηρήσεις

- ❑ Το πεδίο εφαρμογής της ορθολογικής μεθόδου περιορίζεται στα μικρής κλίμακας έργα, όπως είναι οι αγωγοί ομβρίων, που σχεδιάζονται με βάση την **παροχή αιχμής**.
- ❑ Για τον σχεδιασμό των μεγάλων αντιπλημμυρικών έργων σε αστικές λεκάνες εφαρμόζονται πιο εξειδικευμένες μέθοδοι (υδρολογικά μοντέλα), που εκτιμούν το συνολικό **πλημμυρογράφημα** που παράγεται από την καταιγίδα σχεδιασμού.
- ❑ Οι **παρασιτικές εισροές** στα δίκτυα ομβρίων δεν λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό, καθώς η επίδρασή τους στην παροχή αιχμής είναι αμελητέα.
- ❑ Αντίθετα, η ύπαρξη τυχόν παράνομων συνδέσεων είναι εξαιρετικά επιβαρυντική για την **ποιότητα των όμβριων υδάτων** και δημιουργούν έντονη περιβαλλοντική όχληση.
- ❑ Οι σύγχρονες προσεγγίσεις δίνουν έμφαση στις πρακτικές **ελέγχου της απορροής στην πηγή**, που περιλαμβάνουν:
 - την κατασκευή **ήπιων έργων ορεινής υδρονομίας** για την ανάσχεση των πλημμυρών στο ανάντη, μη αστικοποιημένο, τμήμα της λεκάνης
 - την κατασκευή μόνιμων ή περιστασιακών **λεκανών ανάσχεσης** και την **ενίσχυση της κατείσδυσης** (π.χ. με κατασκευή ημιπερατών πεζοδρομίων) στον αστικό ιστό
 - την εφαρμογή μεθόδων τοπικής αποθήκευσης και ανάσχεσης των ομβρίων σε **επίπεδο οικοδομής** (με επιπρόσθετο πλεονέκτημα την **αξιοποίηση των ομβρίων υδάτων** για οικιακή χρήση, πότισμα κήπων, κτλ.)