

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

Μάθημα: Τυπικά Υδραυλικά Έργα

Επίδραση της επέκτασης της αστικοποίησης σε υφιστάμενο δίκτυο ομβρίων (επαναληπτική εξέταση Νοεμβρίου 2007)

Σύνταξη και επίλυση άσκησης: Δ. Κουτσογιάννης

Λοφώδης περιοχή έκτασης 5 ha που βρίσκεται σε φυσική κατάσταση πρόκειται να ενταχθεί στο σχέδιο πόλης και να οικοδομηθεί. Ως τώρα τα όμβρια της υπόψη περιοχής, μαζί με άλλα της κατάντη αστικής ήδη περιοχής, έκτασης 10 ha, αποχετεύονται μέσω υφιστάμενου αγωγού ομβρίων, που στο τελευταίο τμήμα του, πριν εκβάλει σε αστικό υδατόρευμα, έχει διάμετρο 1.0 m και κλίση 1.0%. Ζητείται να ελεγχθεί η επάρκεια του τελικού τμήματος του αγωγού ομβρίων πριν και μετά την ένταξη της νέας περιοχής στο σχέδιο πόλης, και σε περίπτωση ανεπάρκειας, να προταθούν μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος (χωρίς υπολογισμούς). Η όμβρια καμπύλη της περιοχής για την περίοδο επαναφοράς σχεδιασμού (10 ετών) είναι $i = 35 / (t + 0.1)^{0.70}$ [t σε h, i σε mm/h]. Εκτιμάται ότι με την αστικοποίηση, αν δεν ληφθεί καμιά ειδική μέριμνα, ο συντελεστής απορροής της περιοχής αυτής θα αυξηθεί από 0.40 σε 0.65 (όσο και στην ήδη αστική περιοχή) και ο συνολικός χρόνος ροής μέχρι το τέλος του αγωγού θα μειωθεί από 19 σε 15 min.

Λύση

Η υπό ένταξη περιοχή των 5 ha αποχετεύεται, και πριν την ένταξή της στο σχέδιο πόλης, μέσα από τους υφιστάμενους αγωγούς ομβρίων της αστικής περιοχής. Κατά συνέπεια πριν την ένταξη, η αποχετευόμενη επιφάνεια είναι $5 + 10 = 15$ ha, με μέσο συντελεστή απορροής $0.40 \times 5 + 0.65 \times 10 = 0.567$. Μετά την ένταξη, η έκταση δεν αλλάζει, αλλά ο συντελεστής απορροής (αν δε ληφθεί καμιά μέριμνα, όπως αναφέρεται στην εκπόνηση) θα γίνει καθολικά 0.65.

Άλλη συνέπεια της αστικοποίησης είναι η μείωση του συνολικού χρόνου της ροής (συγκέντρωσης) των ομβρίων. Μπορεί εύλογα να υποτεθεί ότι στην περιοχή που βρισκόταν σε φυσική κατάσταση δεν θα υπήρχε δίκτυο ομβρίων εκεί και τα όμβρια θα έρρεαν επιφανειακά. Μετά την οικοδόμηση της περιοχής μπορεί να υποτεθεί ότι η φυσική διαδρομή του νερού θα αντικατασταθεί από αγωγούς ομβρίων ή ρείθρα του αστικού οδικού δικτύου. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε επιτάχυνση της ροής, η οποία αναφέρεται πρωτίστως στο τμήμα της διαδρομής της νέας εντασσόμενης έκτασης και όχι στη ήδη αστικοποιημένη, όπου η μεταβολή των συνθηκών ροής και των ταχυτήτων δεν αναμένεται να είναι σημαντική. Με τις παρατηρήσεις αυτές, η διάρκεια της βροχής σχεδιασμού θα πρέπει να υποτεθεί ότι πριν την ένταξη είναι 15 min και μετά την ένταξη 19 min, οπότε η αντίστοιχη ένταση βροχής είναι πριν την ένταξη $i = 35 / (19/60 + 0.1)^{0.70} = 64.6$ mm/h και μετά την ένταξη $i = 35 / (15/60 + 0.1)^{0.70} = 73.0$ mm/h.

Κατά συνέπεια η παροχή σχεδιασμού, με βάση την ορθολογική μέθοδο, είναι πριν την ένταξη $Q = c i F = 0.567 \times (64.6 \times 10^{-3} / 3600) \times (15 \times 10^4) = 1.53$ m³/s και μετά την ένταξη $Q = 0.65 \times (73.0 \times 10^{-3} / 3600) \times (15 \times 10^4) = 1.98$ m³/s.

Η ταχύτητα πλήρωσης του τελευταίου τμήματος του υπό έλεγχο αγωγού ομβρίων, για $n_0 = 0.015$, είναι $V_0 = (1/0.015) (1.0/4)^{2/3} (0.01)^{1/2} = 2.65$ m/s και η παροχή πλήρωσης $Q_0 = (\pi \times 0.1^2/4) \times 2.65 = 2.08$ m³/s, οπότε προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη.

Πριν την ένταξη: $Q/Q_0 = 0.734$, $y/D = 0.726 < 0.8$ (εφόσον πρόκειται για υφιστάμενο αγωγό το όριο ελέγχου είναι 0.80), $V/V_0 = 0.958$ και $V = 2.54 \text{ m/s} < 6 \text{ m/s}$, $V_{10\%} = 0.54 \times 2.65 = 1.63 > 0.6 \text{ m/s}$ – δηλαδή ο αγωγός είναι επαρκής.

Μετά την ένταξη: $Q/Q_0 = 0.951$, $y/D = 0.864 > 0.8$, $V/V_0 = 1.036$ και $V = 2.74 \text{ m/s} < 6 \text{ m/s}$ (το $V_{10\%}$ παραμένει ίδιο). Κατά συνέπεια υπάρχει πρόβλημα στο ποσοστό πλήρωσης.

Λόγω του μεγάλου μεγέθους του υφιστάμενου αγωγού (διάμετρος 1.0 m) και της σχετικά μικρής υπέρβασης του ορίου πλήρωσης (χωρίς υπερπλήρωση ή υπερχειλίση του αγωγού) δεν είναι ενδεδειγμένη η λύση της αποξήλωσης και αντικατάστασης του αγωγού με άλλον λίγο μεγαλύτερο σε διάμετρο. Πρόσφορη κατασκευαστική λύση θα είναι η ανακούφιση του αγωγού με την κατασκευή ενός σχετικά μικρού παράλληλου αγωγού, ενδεχομένως σε μια διαφορετική διαδρομή που θα εξυπηρετήσει άλλους δρόμους, μεταφέροντας την πλεονάζουσα ποσότητα ομβρίων. Δόκιμη μη κατασκευαστική λύση μπορεί να είναι η επιβολή περιορισμών δόμησης στη έκταση που εντάσσεται στο σχέδιο, όπως: μικρότερος συντελεστής κάλυψης, αποθάρρυνση των πλακοστρώσεων των ελεύθερων οικοπεδικών χώρων και ενθάρρυνση των δεξαμενών ανάσχεσης ομβρίων στις οικοδομές (ή, απαγόρευση και υποχρέωση, αντίστοιχα, εφόσον υπάρχει κατάλληλο νομικό πλαίσιο). Ακόμη, μπορεί να βοηθήσει η δημιουργία δημόσιων ελεύθερων χώρων πρασίνου. Όλα αυτά τα μέτρα θα έχουν συνέπεια τη μικρότερη αύξηση του συντελεστή απορροής ώστε να παραμείνει κάτω από την τιμή 0.65 που ισχύει στην ήδη αστικοποιημένη περιοχή.

Σημείωση (σχετικά με τη βαθμολόγηση της λύσης της άσκησης): Στη διόρθωση της άσκησης παρατηρήθηκε ότι ένα ποσοστό φοιτητών πρόσθεσαν στον συνολικό χρόνο ροής και ένα επιπλέον χρόνο εισόδου – με δική τους παραδοχή. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί εύλογο, αφού δεν διευκρινιζόταν στην εκφώνηση. Έτσι και η λύση αυτή βαθμολογείται ως ορθή. Επισημαίνεται ότι σε αυτή την περίπτωση, η συνέπεια επιβάλλει ότι ο χρόνος εισόδου μετά την αστικοποίηση να ληφθεί μικρότερος από τον αρχικό, με τη λογική που αναπτύχθηκε πιο πάνω (πριν την ένταξη τα όμβρια διήνυαν μεγαλύτερη απόσταση εκτός δικτύου και με μικρότερη ταχύτητα, ρέοντας επιφανειακά). Σε αυτή τη λύση της άσκησης, ο κατά παραδοχήν αυξημένος χρόνος δίνει μικρότερη παροχή και ενδέχεται να οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο αγωγός επαρκεί και μετά την αστικοποίηση – οπότε δεν πρέπει να προταθούν μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος. Μια λύση αυτού του τύπου, χωρίς μέτρα αντιμετώπισης, εφόσον δεν έχει σφάλματα στην πορεία της, βαθμολογείται με άριστα (3 μονάδες). Για λόγους δικαιότερης αντιμετώπισης όσων μελέτησαν τέτοια μέτρα, ακολουθώντας την πορεία επίλυσης που δόθηκε παραπάνω, το σχετικό τμήμα της επίλυσής τους βαθμολογείται ως bonus άνω του βαθμού 3 (μέχρι 3.5 για το σύνολο της άσκησης – ανάλογα με την ορθότητα της επίλυσης).