



Στο σκαρίφημα απεικονίζεται η γενική διάταξη του υδρευτικού συστήματος ενός οικισμού, που τροφοδοτείται από σύστημα καταθλιπτικού αγωγού και δεξαμενής (Δ), και εξυπηρετεί ποικίλες χρήσεις νερού. Ο οικισμός χωρίζεται σε δύο συνοικίες, Σ_1 και Σ_2 , που αναπτύσσονται εκατέρωθεν του ποταμού και υδρεύονται μέσω του κύριου αγωγού ΔΓ, των διακλαδώσεων ΓΑ και ΓΒ, και του συνδετήριου αγωγού ΕΖ. Την τρέχουσα χειμερινή περίοδο έχει προβλεφθεί η αντικατάσταση, αρχικά, του αγωγού ΓΒ, και στη συνέχεια του ΕΖ. Επειδή κατά την διάρκεια των εργασιών η συνοικία Σ_2 θα έχει μία μόνο διαδρομή τροφοδοσίας, μελετάται η λειτουργία του δικτύου, με δεδομένο ότι:

- Ο καταθλιπτικός αγωγός που τροφοδοτεί την δεξαμενή έχει παροχευτικότητα 40.0 L/s, η οποία καλύπτει τη μέγιστη ημερήσια θερινή ζήτηση.
- Το αντλιοστάσιο λειτουργεί όλο το έτος επί 18 ώρες, από τις 6:00 έως τις 24:00.
- Η τυπική κατανομή της εκροής νερού από την δεξαμενή έχει ως εξής:

Ωρες	0:00-6:00	6:00-12:00	12:00-18:00	18:00-24:00
Ποσοστό (%)	10	40	30	20

- Η εποχιακή κατανομή της κατανάλωσης νερού των τελευταίων ετών έχει ως εξής:

Μήνες	Σεπ.-Νοέ.	Δεκ.-Φεβ.	Μάρ.-Μάι.	Ιούν.-Αύγ.
Ποσοστό (%)	26	18	21	35

- Το μήκος δικτύου των συνοικιών Σ_1 και Σ_2 είναι 15000 m και 25000 m, αντίστοιχα.
- Τα χαρακτηριστικά δόμησης των δύο συνοικιών είναι παρόμοια.
- Κάθε συνοικία εξυπηρετείται από έναν πυροσβεστικό κρουνό, παροχής 5 L/s.
- Κατά μήκος των κλάδων ΔΓ, ΓΑ, ΓΒ και ΕΖ δεν πραγματοποιείται κατανάλωση νερού.
- Η κατώτατη στάθμη στη δεξαμενή είναι +70 m, και η ολική χωρητικότητά της 750 m³.
- Τα υψόμετρα των κόμβων Γ, Α και Β είναι $z_\Gamma = +50$ m, $z_A = +34$ m, και $z_B = +30$ m.
- Οι υφιστάμενοι αγωγοί είναι από PVC 10 atm, και έχουν κατασκευαστεί πριν 30 έτη.

Ζητούνται:

- Η εκτίμηση των συντελεστών λ_H και λ_Ω , με βάση τα πραγματικά στοιχεία καταναλώσεων.
- Η παροχή αιχμής του κύριου τροφοδοτικού κλάδου ΔΓ, κατά την θερινή και την χειμερινή περίοδο, σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας.
- Ο μέγιστος αριθμός ορόφων που μπορεί να εξυπηρετηθεί στις παρυφές των δύο συνοικιών (κόμβοι Α και Β) κατά την διάρκεια των εργασιών αντικατάστασης των αγωγών ΕΖ και ΓΒ, σε συνθήκες έκτακτης λειτουργίας (πυρκαγιά, με ενεργοποίηση των δύο κρουνών).

(δ) Ο χρόνος που μπορεί να καλύψει το απόθεμα ασφαλείας της δεξαμενής την περίοδο των εργασιών, σε περίπτωση βλάβης του καταθλιπτικού αγωγού (θεωρήστε λειτουργία του αγωγού με την χειμερινή παροχή).

Ερώτημα (α)

Η εκτίμηση των λ_H και λ_Ω βασίζεται στον ορισμό των συντελεστών, δηλαδή $\lambda_H =$ μέγιστη ημερήσια παροχή / μέση ημερήσια παροχή, και $\lambda_\Omega =$ μέγιστη ωριαία παροχή / μέγιστη ημερήσια παροχή. Ισχύει ότι κατά τους θερινούς μήνες, δηλαδή στο 25% των ημερών του έτους, καταναλώνεται το 35% του συνολικού ετήσιου όγκου, συνεπώς $\lambda_H = 35 / 25 = 1.40$. Ομοίως, στο διάστημα από τις 6:00 έως τις 12:00, δηλαδή στο 25% της ημέρας, εκρέει από τη δεξαμενή το 40% του συνολικού ημερήσιου όγκου, συνεπώς $\lambda_\Omega = 40 / 25 = 1.60^1$.

Ερώτημα (β)

Η μέση ωριαία παροχή για τις θερινές συνθήκες υπολογίζεται με βάση την παροχή σχεδιασμού του καταθλιπτικού αγωγού, που λειτουργεί 18 ώρες το 24ωρο. Ισχύει:

$$Q_H = Q_K \times 18 / 24 = 40.0 \times 0.75 = 30.0 \text{ L/s}$$

Συνεπώς, η μέγιστη ωριαία παροχή για την θερινή περίοδο είναι:

$$Q_\Omega = \lambda_\Omega \times Q_H = 1.60 \times 30.0 = 48.0 \text{ L/s}$$

Η αντίστοιχη μέγιστη ωριαία παροχή για την χειμερινή περίοδο, που ο λόγος της κατανάλωσης σε σχέση με το καλοκαίρι είναι 18:35, προκύπτει ίση με:

$$Q_{\Omega,X} = 48.0 \times 18 / 35 = 24.7 \text{ L/s}$$

Ερώτημα (γ)

Την περίοδο που διακόπτεται η λειτουργία του κλάδου ΓΒ, όλη η παροχή του οικισμού μεταφέρεται μέσω του κλάδου ΓΑ. Σε κατάσταση έκτακτης λειτουργίας (ταυτόχρονη ενεργοποίηση δύο κρουστών), η παροχή αυτή είναι:

$$Q_{GA} = Q_{\Delta\Gamma} = 24.70 + 2 \times 5 = 34.7 \text{ L/s}$$

Από την επίλυση του υδραυλικού προβλήματος, με θεώρηση τυπικού συντελεστή τραχύτητας $\varepsilon = 1.0$ mm, προκύπτουν οι τιμές των ενεργειακών απωλειών κατά μήκος των κλάδων ΔΓ και ΓΑ, ήτοι $h_{f,\Delta\Gamma} = 5.3$ m και $h_{f,\Gamma-A} = 6.3$ m. Συνεπώς, το ενεργειακό υψόμετρο του κόμβου Α είναι ίσο με:

$$h_A = h_\Delta - h_{f,\Delta\Gamma} - h_{f,\Gamma-A} = 70.0 - 5.3 - 6.3 = 58.4 \text{ m}$$

Το ύψος πίεσης που αναπτύσσεται στο σημείο Α είναι:

$$p_A = h_A - z_A = 58.4 - 34.0 = 24.4 \text{ m}$$

Συνεπώς, γύρω από τον κόμβο Α μπορούν να εξυπηρετηθούν κτήρια μέχρι 5 ορόφων.

Την περίοδο που διακόπτεται η λειτουργία του κλάδου ΕΖ, όλη η παροχή της συνοικίας Σ_2 μεταφέρεται μέσω του νέου κλάδου ΓΒ. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα χαρακτηριστικά δόμησης των δύο συνοικιών είναι παρόμοια, μπορούμε να κατανείμουμε τη συνολική παροχή με βάση το μήκος ανάπτυξης του δικτύου. Με την παραπάνω παραδοχή, η κατανάλωση της συνοικίας Σ_2 είναι ίση με το

¹ Για πιο ακριβείς εκτιμήσεις, θα έπρεπε τα στοιχεία των καταναλώσεων να αναφέρονται στη χρονική κλίμακα των δύο συντελεστών, ήτοι ημερήσια (αντί εποχιακής) και ωριαία (αντί εξάωρης). Στην περίπτωση αυτή, οι τιμές των συντελεστών θα ήταν αυξημένες, σε σχέση με αυτές που υπολογίστηκαν.

$25 / (15 + 25) = 62.5\%$ της συνολικής, οπότε η παροχή του κλάδου ΓΒ σε συνθήκες πυρκαγιάς (1 κρουνός) είναι:

$$Q_{\Gamma B} = 24.70 \times 0.625 + 1 \times 5 = 20.4 \text{ L/s}$$

Θεωρώντας ισοδύναμη τραχύτητα $\varepsilon = 0.1 \text{ mm}$ (νέος αγωγός), προκύπτει $h_{f, \Gamma-B} = 8.3 \text{ m}$. Συνεπώς, το ενεργειακό υψόμετρο του κόμβου Β είναι ίσο με:

$$h_B = h_{\Delta} - h_{f, \Delta-\Gamma} - h_{f, \Gamma-B} = 70.0 - 5.3 - 8.3 = 56.4 \text{ m}$$

Το ύψος πίεσης που αναπτύσσεται στο σημείο Β είναι:

$$p_B = h_B - z_B = 56.4 - 30.0 = 26.4 \text{ m}$$

Συνεπώς, γύρω από τον κόμβο Β μπορούν να εξυπηρετηθούν επίσης κτήρια μέχρι 5 ορόφων.

Ερώτημα (δ)

Υπολογίζουμε τον απαιτούμενο όγκο ρύθμισης της δεξαμενής τη χειμερινή περίοδο. Το διάγραμμα εισροών-εκροών έχει ως εξής:

Ωρες	%ς εισροής	% αθρ. εισροής	% εκροής	% αθρ. εκροής	% διαφορά
0:00-6:00	0.0	0.0	10.0	10.0	-10.0
6:00-12:00	33.3	33.3	40.0	50.0	-16.7
12:00-18:00	33.3	66.7	30.0	80.0	-13.3
18:00-24:00	33.3	100.0	20.0	100.0	0.0

Από τον πίνακα προκύπτει ότι το μέγιστο έλλειμμα, και συνεπώς ο όγκος ρύθμισης της δεξαμενής, ισούται με 16.7% της ημερήσιας κατανάλωσης.

Η ημερήσια παροχή της χειμερινής περιόδου ισούται με:

$$Q_{H,X} = Q_{\Omega,X} / \lambda_{\Omega} = 24.7 / 1.6 = 15.4 \text{ L/s}$$

Ο όγκος που καταναλώνεται τη χειμερινή περίοδο, σε ημερήσια βάση, είναι:

$$V_{H,X} = 15.4 \text{ (L/s)} \times 86\,400 \text{ (s)} / 1000 \text{ (L/m}^3\text{)} = 1333 \text{ m}^3$$

Ο αντίστοιχος όγκος ρύθμισης είναι:

$$V_{P,X} = 0.167 \times 1333 = 222 \text{ m}^3$$

Συνεπώς, απομένουν από την δεξαμενή $750 - 222 = 528 \text{ m}^3$ για την αντιμετώπιση βλαβών.

Τη χειμερινή περίοδο, η παροχή λειτουργίας του καταθλιπτικού αγωγού (για 18ωρη λειτουργία του αντλιοστασίου) είναι:

$$Q_{K,X} = Q_{H,X} \times 24 / 18 = 15.4 \times 24 / 18 = 20.6 \text{ L/s}$$

Αν διακοπεί η λειτουργία του αγωγού, τα 528 m^3 αποθέματος επαρκούν για χρόνο:

$$t_B = 528 \text{ (m}^3\text{)} / 20.6 \text{ (L/s)} / 3600 \text{ (h)} \times 1000 \text{ (L/m}^3\text{)} = 7.1 \text{ h}$$