## Ασκηση 1. Σχεδιασμός ακτινωτού δικτύου

**Ζητείται ο σχεδιασμός του δικτύου του Σχήματος 9.1 το οποίο τροφοδοτεί οικισμό 2140 κατοίκων. Η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο είναι 300 L / κάτοικο. Ο λόγος μέγιστης ωριαίας προς μέση ημερήσια κατανάλωση να ληφθεί ίσος με 3. Στο δίκτυο δεν προβλέπονται στόμια πυρκαγιάς. Ο οικισμός αποτελείται από μονόροφες και διόροφες κατοικίες. Δίνονται τα μήκη των αγωγών του Σχήματος 1 και ο αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων από κάθε αγωγό.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Αγωγοί | **Μήκος**  **(m)** | **Αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων** |
| **Δ – 1** | **500** | **0** |
| **1 – 2** | **520** | **600** |
| **2 – 3** | **200** | **200** |
| **3 – 4** | **300** | **900** |
| **3 – 5** | **100** | **440** |

**Δίνονται επίσης τα υψόμετρα εδάφους σε όλους τους κόμβους του δικτύου ενώ γίνεται η παραδοχή της γραμμικής μετάβασης του υψομέτρου από κόμβο σε κόμβο:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Κόμβος | **Υψόμετρο**  **(m)** | |
| **4** | **12** |
| **5** | **15** |
| **3** | **16** |
| **2** | **17** |
| **1** | **20** |
| **Δ** | **50** |

**1**

**2**

**3**

**5**

**4**

**1**

**2**

**1**

**2**

**1**

**2**

# Σχήμα 9.1: Κάτοψη ακτινωτού δικτύου

**Σημείωση 1: Για την διαστασιολόγηση θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί PE τρίτης γενιάς, αντοχής 10 atm. Υποθέστε τραχύτητα *ks = 0.1 mm*.**

Σημείωση 2: Για την απλοποίηση των υπολογισμών η διαστασιολόγηση να γίνει με ταχύτητα στους αγωγούς περί το 1m/s.

**ΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ**

Η μέση ημερήσια κατανάλωση για το σύνολο του πληθυσμού στον οικισμό είναι:

Q = 300 L/κατ·ημ × 2000 κατ = 600000 L/ημ = 600 m3/ημ = 6.94 L/s.

Η μέση ημερήσια κατανάλωση που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο είναι:

300 L/κατ·ημ / (24 × 3600 s/ημ) = 0.0035 L/s.

Από τα δεδομένα της άσκησης ισχύει:



(*Στην γενική περίπτωση ισχύει:*

* Συνεπώς για την εφαρμογή έχει γίνει η υπόθεση ότι: )*

Θεωρούμε ότι οι κάτοικοι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι και υπολογίζουμε την παροχή κατανάλωσης σε κάθε κλάδο σύμφωνα με τον Πίνακα 1 που ακολουθεί:

##### Πίνακας 1: Παροχή σε κάθε κλάδο

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Αγωγοί** | **Αριθμός εξυπηρετούμενων κατοίκων** | **Παροχή** | |
| **Μέση ημερήσια**  **(L/s)** | **Μέγιστη ωριαία**  **(L/s)** |
| Δ – 1 | 0 | - | - |
| 1 – 2 | 600 | 0.0035 × 600 = 2.10 | 6.3 |
| 2 – 3 | 200 | 0.0035 × 200 = 0.70 | 2.10 |
| 3 – 4 | 900 | 0.0035 × 900 = 3.15 | 9.45 |
| 3 – 5 | 440 | 0.0035 × 440 = 1.54 | 4.62 |

Αρχικά προσδιορίζονται οι παροχές κατανάλωσης κάθε αγωγού ή ακριβέστερα οι παροχές που αντιστοιχούν στην περιοχή κατά την οποία κείται ο κάθε αγωγός. Οι παροχές αυτές δεν είναι οι παροχές σχεδιασμού για τους αγωγούς. Οι υπολογισμοί των παροχών στους κλάδους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

##### Πίνακας 2: Υπολογισμός παροχών

|  |  |
| --- | --- |
| **Αγωγοί** | **Παροχή κατανάλωσης αντιστοίχων περιοχών**  **αγωγών** |
| 3 – 4 | 9.45 |
| 3 – 5 | 4.62 |
| 2 – 3 | 2.1 |
| 1 – 2 | 6.3 |
| 1 – R | 0 |
| Σύνολο | 22.47 |

Ακολούθως προσδιορίζεται η παροχή των κόμβων κατανάλωσης με βάση το δεδομένο ότι η παροχή κατανάλωσης των αγωγών μοιράζεται κατά το μισό στην αρχή και στο τέλος του κάθε αγωγού (παραδοχή\*). Οι υπολογισμοί των παροχών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

##### Πίνακας 3: Υπολογισμός παροχών κόμβων

|  |  |
| --- | --- |
| **Kόμβος** | **παροχή κόμβων (L/s)** |
| 1 | 3.15 |
| 2 | 4.2 |
| 3 | 8.085 |
| 5 | 2,31 |
| 4 | 4.725 |
| Σύνολο | 22.47 |

8.085

(=1.05+4.725+2.31)

Δ

4.725

Δ

**1**

**2**

**3**

**5**

**4**

Q = 22.47 L/s

4.725

*Σχήμα 9.2: Σκαρίφημα του δικτύου με σημειωμένες τις παροχές κόμβων.*

Στο τελευταίο στάδιο υπολογίζονται οι παροχές διαστασιολόγησης των αγωγών. Ο υπολογισμός αρχίζει από τους κατάντη αγωγούς προς τους ανάντη.

Προφανώς ο αγωγός 3 – 5 θα φέρει παροχή ίση με 4.725 L/s όσο η κατανάλωση του κόμβου 5. Ομοίως ο αγωγός 3 – 4 θα φέρει παροχή ίση με 2.31 L/s όσο η κατανάλωση του κόμβου 4.

Από τον αγωγό 2 – 3 θα διέρχεται η παροχή των αγωγών 3 – 4, 3 – 5 καθώς και η κατανάλωση του κατώτερου του κόμβου 3.

Από τον αγωγό 1 – 2 θα διέρχεται η παροχή του αγωγού 2 – 3, καθώς και η κατανάλωση του κατώτερου του κόμβου 2.

Από τον αγωγό Δ – 1 θα διέρχεται η παροχή του αγωγού 1 – 2, καθώς και η κατανάλωση του κατώτερου του κόμβου 1.

###### Πίνακας 4: Υπολογισμός παροχών σχεδιασμού αγωγών

|  |  |
| --- | --- |
| **Αγωγοί** | **Ολική παροχή σχεδιασμού αγωγού (L/s)** |
| 3 – 5 | 2,31 |
| 3 – 4 | 4.725 |
| 2 – 3 | 15.12 |
| 1 – 2 | 19.32 |
| 1 – R | 22.47 |
| Σύνολο | 22.47 |

Δ

**1**

**2**

**3**

**5**

**4**

2.31

19.32

15.12

Q = 22.47 L/s

4.725

*Σχήμα 9.3: Σκαρίφημα του δικτύου με σημειωμένες τις ολικές παροχές σχεδιασμού κάθε κλάδου.*

Με βάση τις παροχές των κλάδων προσδιορίζεται η ελάχιστη διάμετρος με κριτήριο την ικανοποίηση των περιορισμών για την ταχύτητα: 0,5 – 1,5 m/s. Η διάμετρος που επιλέγεται από τον περιορισμό της ταχύτητα προκύπτει από τις εσωτερικές διαμέτρους του εμπορίου αντοχής 10 atm:



Για την συγκεκριμένη εφαρμογή έχει γίνει η παραδοχή η ταχύτητα είναι περί το

1m/s. Οπότε:

v =1m/s



Η διάμετρος που προκύπτει συγκρίνεται με τις εσωτερικές διαμέτρους του εμπορίου και επιλέγεται διάμετρος ίση ή μεγαλύτερη (ποτέ μικρότερη) του εμπορίου.

Για δεδομένη παροχή και διάμετρο προσδιορίζεται η πραγματική ταχύτητα που πρέπει να κινείται στα όρια:

.

Για τον κλάδο 3 – 4 κατ΄εξαίρεση επιλέγεται εσωτερική διάμετρος 79.2 mm.

H επιλογή των κατάλληλων διαμέτρων εμπορίου γίνεται στον Πίνακα 5.

***Πίνακας 5: Διαστασιολόγηση των αγωγών***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Αγωγός** | **Παροχή σχεδιασμού αγωγού (L/s)** | **Διάμετρος Υδραυλικών Υπολογισμών** | **Διάμετρος Εμπορίου (διαστασιολόγησης**  **-εσωτερική)**  **(m)** |
| 3 – 5 | 2.31 | 0.07758 | 0.0792 |
| 3 – 4 | 4.725 | 0.00521 | 0.0792 |
| 2 – 3 | 15.12 | 0.13878 | 0.1410 |
| 1 – 2 | 19.32 | 0.15688 | 0.1586 |
| Δ – 1 | 22.47 | 0.16919 | 0.1762 |

Για τους περαιτέρω υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι εσωτερικές διάμετροι του εμπορίου και ως παροχή η παροχή κατανάλωσης (σχεδιασμού).

Για το δίκτυο όπου διαμορφώθηκε ελέγχεται αν οι πιέσεις που αναπτύσσονται ικανοποιούν τους περιορισμούς της πίεσης. Έτσι ξεκινώντας από το ανάντη σημείο με γνωστό το ενεργειακό υψόμετρο (δεξαμενή), υπολογίζονται οι πιέσεις των κόμβων αφαιρώντας από το αρχικό υψομετρή τις ενεργειακές απώλειες των κλάδων και την υψομετρικά διαφορά. Οι υπολογισμοί σε αυτό το βήμα γίνονται από ανάντη προς κατάντη. Τα υψόμετρα κινητικής ενέργειας θεωρούνται αμελητέα.

Για το σκοπό αυτό ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Υπολογίζουμε τις απώλειες ενέργειας χρησιμοποιώντας μια από τις εξισώσεις απωλειών φορτίου (Οι τοπικές απώλειες προστίθενται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις). Προτιμάται ο προσδιορισμός του συντελεστή τριβής f με την εξίσωση των Swamee και Jain και του ύψους γραμμικών απωλειών από την εξίσωση των Darcy-Weisbach:





Η τραχύτητα για αγωγούς PE τρίτης γενιάς, δίνεται *ks = 0.1 mm*. Ο υπολογισμός των διαμέτρων και των απωλειών γίνεται στον Πίνακα 6.

##### Πίνακας 6: Υπολογισμός των γραμμικών απωλειών των αγωγών

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Αγωγός** | **Διάμετρος** | **Παροχή** | **V** | **L(m)** | **Re** | **K/D** | **f** | **hf (m)** |
| **(m)** | **(m^3/sec)** | **(m/sec)** |
| 3 – 4 | 0.0792 | 0,00473 | 0.96 | 300 | 75246.38 | 0,001 | 0.024 | 4.23 |
| 3 – 5 | 0.0792 | 0,00231 | 0.68 | 100 | 36787.12 | 0,002 | 0.026 | 0.37 |
| 2 – 3 | 0.1410 | 0,01512 | 0.97 | 200 | 135251.36 | 7E-04 | 0.021 | 1.4 |
| 1 – 2 | 0.1586 | 0,01932 | 0.98 | 520 | 153643.05 | 6E-04 | 0.02 | 3.2 |
| Δ – 1 | 0.1762 | **0,02247** | 0.92 | 500 | 160844.47 | 6E-04 | 0.02 | 2.41 |

2. Ο ενεργειακός υπολογισμός αρχίζει από τη δεξαμενή, ενώ για λόγους ασφαλείας συνιστάται να λαμβάνεται ως υψόμετρο της γραμμής ενέργειας για τη δεξαμενή η στάθμη του πυθμένα της, ώστε να εξασφαλίζεται η δυσμενέστερη κατάσταση (η προσέγγιση αυτή αφορά το εσωτερικό υδραγωγείο όπου και επιλύουμε).

ΗΔ = zΔ

Αφαιρείται από το υψόμετρο της δεξαμενής (που είναι και τ αρχικό ύψος της γραμμής ενέργειας) το ύψος απωλειών στον αγωγό μεταξύ της δεξαμενής και του αμέσως κατάντη κόμβου 1 (hf ,Δ→1 ) και προκύπτει έτσι το ύψος πιέσεως και υψομετρικής θέσης που είναι το υψόμετρο ενεργείας (Η1) στον κόμβο 1.

Η1 = ΗΔ – hf ,Δ→1

3. Αφαιρείται από το υψόμετρο της γραμμής ενέργειας στον κόμβο 1 (Η1) το υψόμετρο του εδάφους (z1) στον κόμβο 1, οπότε προκύπτει το πιεζομετρικό φορτίο στο κόμβο1. (Τα υψόμετρα κινητικής ενέργειας αμελούνται)

p1= ΗΔ – z1

4. Σε περίπτωση που η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την επιτρεπτή, εκλέγεται νέα διάμετρος και επαναλαμβάνονται οι υπολογισμοί. Αν όχι η διαδικασία αυτή συνεχίζεται για τον κόμβο 2 (βήμα 2 - 3 - 4) και τελειώνει όταν ελεγχθούν όλοι οι κόμβοι. Ο υπολογισμός των υψομέτρων ενέργειας και των υψομέτρων πίεσης πραγματοποιείτε στον Πίνακα 7.

##### Πίνακας 7: Υπολογισμός των υψών ενέργειας και των υψών πίεσης

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **hf (m)** | **Γραμμή ενεργείας**  **(m)** | **Υψόμετρο εδάφους**  **(m)** | **Ύψος πίεσης**  **(m)** |
| Η4 | 4.23 | 38.75 | 12 | 26.75 |
| Η5 | 0.37 | 42.62 | 15 | 27.62 |
| Η3 | 1.4 | 42.98 | 16 | 26.98 |
| Η2 | 3.2 | 44.38 | 17 | 27.38 |
| Η1 | 2.41 | 47.59 | 20 | 27.59 |
| ΗΔ |  | **50** | 50 |

Εφόσον ο οικισμός αποτελείται από μονόροφες και διόροφες κατοικίες η ελάχιστη πίεση του δικτύου θα πρέπει να είναι 16-17m, απαίτηση που καλύπτεται για όλους τους κόμβους.

Επίσης οι πιέσεις όλων των κόμβων είναι παντού μικρότερες από 60 m.

Ακόμη το ύψος στατικής πίεσης (ακίνητο νερό) είναι στο χαμηλότερο σημείο που αντιστοιχεί στον κόμβο 4 μικρότερο των 60 m:

50-12= 38 m.

Ωστόσο για την στατική πίεση θα ήταν πιο πλήρης ο έλεγχος αν προσθέταμε και την ανώτατη στάθμη λειτουργίας στο υψόμετρο της δεξαμενής. Ο έλεγχος στατικής πίεσης και πάλι ικανοποιείται για την στατική πίεση για μία τυπική ανώτατη στάθμη λειτουργίας π.χ. α.σ.λ= +2.5

50+2.5 -12

Συνεπώς η αρχική διαστασιολόγηση των αγωγών γίνεται δεκτή.