

Prędkość przepływu na odcinku o długości  $l_2$  jest równa

$$v_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,008}{3,14 \cdot 0,05^2} = 4,08 \text{ m/s}.$$

3. Określamy napór  $H_1$  zbiornika A

$$H_1 = H_C + h_{AC}.$$

Prędkość przepływu na odcinku AC wynosi

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,59 \text{ m/s}.$$

Strata naporu

$$h_{AC} = \left( \frac{Q_1}{K_1} \right)^2 l_1 = \left( \frac{20}{158,4} \right)^2 \cdot 500 = 1,55 \text{ m},$$

gdzie:  $K_1 = 158,4 \text{ l/s}$ ,

$$H_1 = 13,85 + 1,55 = 15,4 \text{ m}.$$

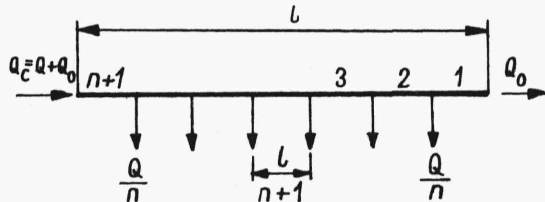
#### 8.2.4. PRZEWÓD O RÓWNOMIERNYM WYDATKU

Zakładamy, że przewód wydatkuje pewną ilość wody na całej swej długości równomiernie, tzn. że w punktach jednakowo oddalonych od siebie wydatkuje jednakowe ilości wody (rys.8.12)

$$q = \frac{Q}{n},$$

gdzie  $Q$  - wydatek wody równomiernie odbieranej na całej

długości  $L$  w  $n$  punktach jednakowo oddalonych od siebie.



Rys.8.12

Oznaczmy przez  $Q_0$  - wydatek wody wypływającej przez przekrój wylotowy i założmy, że  $K = \text{const}$ .

Obliczmy opory liniowe na poszczególnych odcinkach (między punktami odbioru) o długości  $a = \frac{L}{n+1}$ .

Odcinek 1

$$h_1 = \frac{1}{K^2} \frac{L}{n+1} Q_0^2.$$

Odcinek 2

$$h_2 = \frac{1}{K^2} \frac{L}{n+1} \left( Q_0 + \frac{Q}{n} \right)^2.$$

Odcinek 3

$$h_3 = \frac{1}{K^2} \frac{L}{n+1} \left( Q_0 + \frac{2Q}{n} \right)^2.$$

.....

Odcinek  $n + 1$

$$h_{n+1} = \frac{1}{K^2} \frac{L}{n+1} \left( Q_0 + \frac{nQ}{n} \right)^2.$$

Całkowita strata ciśnienia na długości  $L$  jest równa

$$h_{s1} = \sum_{k=1}^{n+1} h_k = \frac{1}{K^2} \frac{L}{n+1} \left[ Q_0^2 + \left( Q_0 + \frac{Q}{n} \right)^2 + \left( Q_0 + \frac{2Q}{n} \right)^2 + \dots + \left( Q_0 + \frac{nQ}{n} \right)^2 \right].$$

Skąd po uproszczeniu otrzymamy

$$h_{s1} = \frac{L}{K^2} \left( Q_0^2 + Q_0 Q + Q^2 \frac{2n+1}{6n} \right). \quad (8.26)$$

W granicznym przypadku ciągłego i równomiernego wydatku, tj. gdy  $n \rightarrow \infty$ , otrzymamy

$$h_{s1} = \frac{L}{K^2} \left( Q_0^2 + Q_0 Q + \frac{1}{3} Q^2 \right). \quad (8.27)$$

Dobierzemy teraz wydatek zastępczy  $Q_z$ , przy którym strata ciśnienia równałaby się rzeczywistej.

Przyjmujemy, że wydatek  $Q_z = Q_o + \alpha Q$  przy czym

$$0 < \alpha < 1.$$

Porównując stratę ciśnienia ze wzoru (8.26) ze stratą odpowiadającą wydatkowi  $Q_z$  otrzymamy

$$h_{sl} = \frac{L}{K^2} Q_z^2 = \frac{L}{K^2} (Q_o + \alpha Q)^2 = \frac{L}{K^2} \left( Q_o^2 + Q_o Q + Q^2 \frac{2n+1}{6n} \right),$$

skąd

$$Q_o + Q \frac{2n+1}{6n} = 2\alpha Q_o + \alpha^2 Q. \quad (8.28)$$

Z tego równania wyznaczmy współczynnik wydatku zastępczego. Całkowity wydatek w przekroju początkowym wodociągu

$$Q_C = Q_o + Q$$

lub

$$Q_o = Q_C - Q.$$

Oznaczmy stosunek wydatku  $Q$  do całkowitego  $Q_C$  symbolem  $\beta$ , a więc

$$\beta = \frac{Q}{Q_C} = \frac{Q}{Q_o + Q}.$$

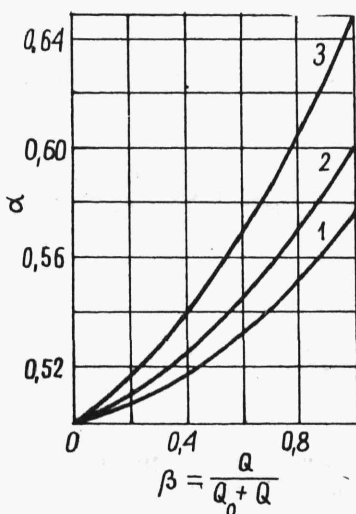
Równanie (8.28) po uwzględnieniu podanych zależności przedstawimy w postaci

$$\alpha^2 Q + 2\alpha(Q_C - Q) - (Q_C - Q) - Q \frac{2n+1}{6n} = 0.$$

Dzieląc wyrazy przez  $Q_C$  otrzymamy

$$\alpha^2 \beta + 2\alpha(1 - \beta) - (1 - \beta) - \beta \frac{2n+1}{6n} = 0. \quad (8.29)$$

W równaniu tym wyrażona jest zależność współczynnika  $\alpha$  od współczynnika  $\beta = \frac{Q}{Q_0 + Q}$  przy zadanej wartości  $n$ .



Rys.8.13

Wykres zależności  $\alpha = f(\beta)$  według równania (8.29) dla trzech szczególnych przypadków równomiernego wydatku przedstawionego na rys.8.13, w postaci trzech krzywych:

- 1 - ciągły i równomierny wydatek na całej długości wodociągu,
- 2 - równomierny wydatek w sześciu punktach jednakowo od siebie oddalonych,
- 3 - wodociąg z równomiernym wydatkiem w dwu punktach.

Z podanych na rys.8.13 wykresów zależności  $\alpha = f(\beta)$  wynika, że współczynnik wydatku zastępczego zawarty jest w granicach

$$0,5 < \alpha < 0,65.$$

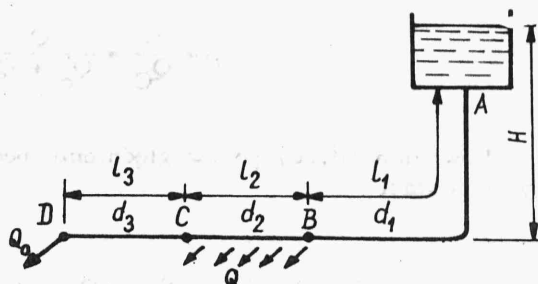
Do obliczeń przewodów wodociągowych przyjmuje się wartość współczynnika  $\alpha = 0,55$ , a więc wydatek zastępczy

$$Q_z = Q_0 + 0,55 Q. \quad (8.30)$$

**Przykład 8.7.** Na odcinku BC przewodu zasilanego ze zbiornika występuje ciągły i równomierny odbiór wody o wydatku  $q = 0,10 \text{ l/s}$  na 1 m długości (rys.8.14). Wydatek w przekroju wylotowym wodociągu wynosi  $Q_0 = 10 \text{ l/s}$ .

Współczynnik chropowatości  $n = 0,011$ . Obliczyć napór zbiornika  $H$ , jeżeli zadane są wymiary: średnice -  $d_1 = 200 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 150 \text{ mm}$ ,  $d_3 = 100 \text{ mm}$  oraz długości -  $l_1 = 300 \text{ m}$ ,  $l_2 = 200 \text{ m}$ ,  $l_3 = 100 \text{ m}$ .

**Rozwiązanie.** Napór równy jest sumie strat na odcinkach AB, BC i CD



Rys.8.14

$$H = h_{AB} + h_{BC} + h_{CD}.$$

Strata ciśnienia na odcinku CD

$$h_{CD} = \frac{Q_o^2 l_3}{K_3^2}.$$

Dla  $d_3 = 100$  mm i  $n = 0,011$  określamy z tablicy 7.12a  
 $K_3 = 61,4$  l/s

$$h_{CD} = \frac{10^2 \cdot 100}{61,4^2} = 2,65 \text{ m}.$$

Stratę ciśnienia na odcinku BC obliczamy ze wzoru (8.27)

$$h_{BC} = \left( Q_o^2 + Q_o q l_2 + \frac{q^2 l_2^2}{3} \right) \frac{l_2}{K_2^2},$$

gdzie  $K_2 = 180$  l/s dla  $d_2 = 150$  mm.

Po podstawieniu zadanych wartości liczbowych otrzymamy

$$h_{BC} = \left( 10^2 + 10 \cdot 0,1 \cdot 200 + \frac{0,1^2 \cdot 200^2}{3} \right) \frac{200}{180^2} = 2,6 \text{ m}.$$

Strata ciśnienia na odcinku AB

$$h_{AB} = \frac{(Q_o + q l_2)^2}{K_1^2} l_1 = \frac{(10 + 0,1 \cdot 200)^2}{388^2} \cdot 300 = 1,78 \text{ m},$$

gdzie  $K_1 = 388$  l/s dla  $d_1 = 200$  mm.

Wartość naporu wynosi  $H = 1,78 + 2,6 + 2,68 = 7,03$  m.

#### 8.2.5. SIEĆ ROZGAŁĘZIENIOWA I PIERŚCIENIOWA

Sieć rozgałęzieniowa stanowi układ otwarty, składający się z ciągu głównego przewodów magistralnych (od punktu zasilania do najdalszego