

stąd

$$Q_2 = \frac{Q}{3} = 5 \text{ l/s}, \quad Q_1 = 10 \text{ l/s}, \quad Q_a = 7,5 \text{ l/s}, \quad Q_b = 2,5 \text{ l/s}.$$

Wartości przepustowości wyznaczamy z tablicy 7.12a dla  $n = 0,0125$

$$K_1 = K_2 = 238,9 \text{ l/s}, \quad \text{dla} \quad d_1 = d_2 = 175 \text{ mm}.$$

Podstawiając otrzymane wartości do równania (a) obliczymy  $K_3^2$

$$\frac{7,5^2 \cdot 1000}{57\,080} = \frac{(5 + 2,5)^2 \cdot 700}{57\,080} + \frac{2,5^2 \cdot 300}{K_3^2}$$

lub

$$\frac{7,5^2}{57\,080} = \frac{2,5^2}{K_3^2},$$

stąd

$$K_3^2 = 6342 \text{ l}^2/\text{s}^2.$$

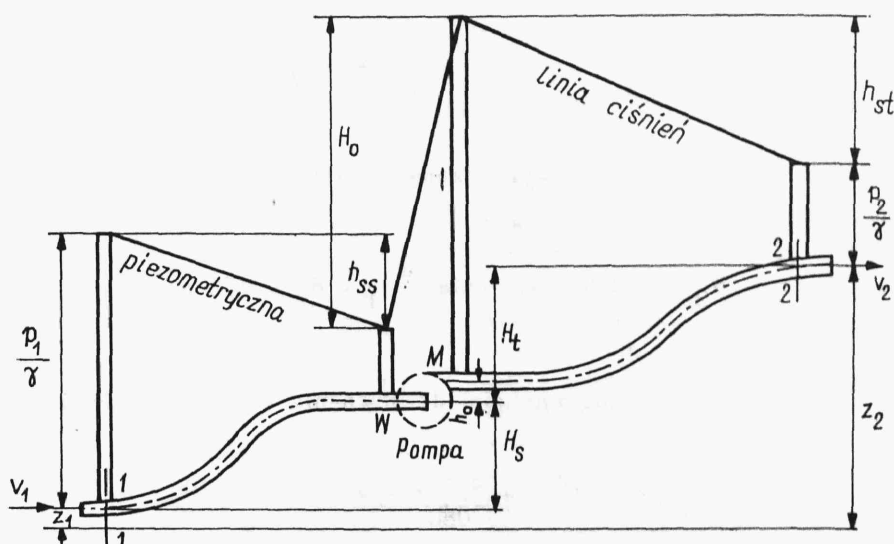
Znając wartość  $K_3^2$  określamy z tablicy 7.12a średnicę  $d_3 = 125 \text{ mm}$ .

### 8.3. POMPA W UKŁADZIE PRZEWODÓW

Dla dostarczenia lub przetłaczania określonej ilości cieczy z miejsca zasilania do miejsca odbioru stosowane są pompy w układzie przewodów. Pompa w układzie przewodów, zwana również instalacją pompową, składa się z przewodu ssawnego, zespołu pompowego i przewodu tłocznego (rys.8.21).

Praca pompy polega na zasysaniu cieczy w przewodzie ssawnym a następnie na przetłoczeniu w przewodzie tłocznym.

Energię dostarczaną przez pompę przepływającej cieczy nazywamy całkowitą wysokością pompowania.



Rys.8.21

### 8.3.1. CAŁKOWITA WYSOKOŚĆ POMPOWANIA

Całkowitą wysokość pompowania  $H_0$  można określić z równania Bernoulliego dla dwu dowolnych przekrojów przewodu po obu stronach pompy

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 + H_0 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \sum_{1-2} h_s. \quad (8.35)$$

Dla przekrojów podanych na rys.8.21 równanie (8.35) przyjmie postać

$$H_0 = H + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \sum_{1-2} h_s, \quad (8.36)$$

gdzie:  $H = z_2 - z_1$  - różnica poziomów o jaką trzeba podnieść ciecz, lub

$H = H_s - H_t$  - całkowita wysokość podnoszenia cieczy  $H$  równa sumie wysokości ssania  $H_s$  i wysokości tłoczenia  $H_t$ .

Z zależności (8.36) wynika, że całkowita wysokość pompowania składa się z wysokości podnoszenia cieczy, wysokości różnicy ciśnień, energii kinetycznej wypływającej cieczy oraz z sumy wysokości strat liniowych i miejscowych na całym ciągu od przekroju 1-1 do 2-2.

Całkowitą wysokość pompowania można również obliczyć jako różnicę energii w króćcu tłocznym M, gdzie ustawia się manometr tuż za pompą i ssawnym W, gdzie znajduje się wakumetr tuż przed pompą:

$$\begin{aligned}E_M &= H_s + h_o + \frac{p_M}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}, \\E_W &= H_s + \frac{p_W}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}, \\H_o &= E_M - E_W = \frac{p_M - p_W}{\gamma} + h_o + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g},\end{aligned}\quad (8.37)$$

gdzie:  $p_M$  i  $p_W$  - bezwzględne ciśnienia, mierzone manometrem i wakumetrem,

$v_2$  i  $v_1$  - prędkości wody za i przed pompą,

$h_o$  - różnica wysokości wlotów manometrycznych.

Ponieważ manometr wskazuje nadciśnienie a wakumetr podciśnienie, możemy napisać:

$$\begin{aligned}\frac{p_M}{\gamma} &= h_M + \frac{p_a}{\gamma}, \\ \frac{p_W}{\gamma} &= \frac{p_a}{\gamma} - h_W.\end{aligned}$$

Wobec tego

$$H_o = h_M + h_W + h_o + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}.\quad (8.38)$$

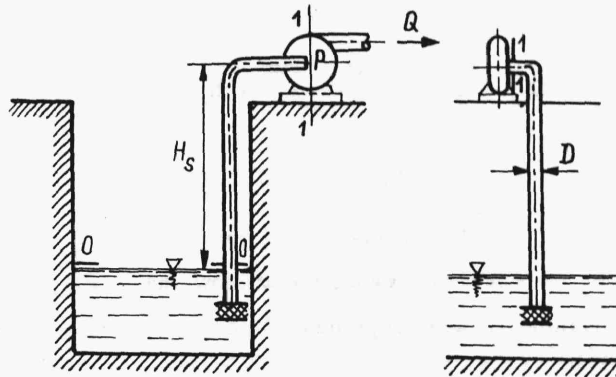
Można więc na podstawie zależności (8.38) zinterpretować całkowitą wysokość pompowania jako sumę wskazań manometru, wakumetru, pionowej odległości miejsc, w których mierzone są ciśnienia oraz różnicy wysokości prędkości w przewodzie tłocznym i ssawnym. Jeżeli średnice przewodów są jednakowe, to prędkości te są równe  $v_2 = v_1$  i możemy napisać

$$H_o = h_M + h_W + h_o. \quad (8.39)$$

Na rys.8.21 przedstawiono wykres linii ciśnień wzdłuż przewodów w układzie pompowym. Minimum linii ciśnień na tym wykresie znajduje się na wlocie do pompy, zaś maksimum na wylocie tuż za pompą.

### 8.3.2. WYSOKOŚĆ SSANIA POMPY

Wysokością ssania nazywamy wysokość, na którą zostaje podniesiona ciecz ze zbiornika na skutek wytworzonego przez pompę podciśnienia w przewodzie ssącym.



Rys.8.22

Wysokość ssania  $H_s$  równa jest odległości osi pompy od zwierciadła cieczy w zbiorniku dolnym (rys.8.22). Do obliczenia wysokości ssania  $H_s$  stosujemy równanie Bernoulliego dla przekrojów 0-0 i 1-1

$$H_s = \frac{p_a - p_w}{\gamma} - \frac{v_1^2}{2g} - \sum h_s, \quad (8.40)$$

gdzie:  $p_w$  - ciśnienie bezwzględne panujące w przekroju 1-1,

$\sum_{0-1} h_s$  - suma strat hydraulicznych w przewodzie ssawnym.

Analizując wykres ciśnienia wzdłuż przewodów instalacji pompowej stwierdziliśmy, że najniższe ciśnienie panuje w przekroju 1-1 wlotowym do pompy. W tym właśnie przekroju może występować zjawisko kawitacji, gdy ciśnienie  $p_w$  bliskie jest ciśnieniu wrzenia  $p_t$ . Skut-