



# Politechnika Wroclawska

Wydział Inżynierii Środowiska

## INSTALACJE WOD.-KAN. 3

„Dobór zestawu pompowego”

Ćwiczenie projektowe

Wrocław 30.03.2020



# Wprowadzenie

**Zestaw pompowy** – układ urządzeń zapewniający utrzymywanie stałego ciśnienia wody w instalacji wodociągowej. Na ogół zbudowany z jednej lub większej liczby pomp, presostatu, elementów sterujących, urządzeń kontrolno-pomiarowych, rurociągów ssawnych i tłocznych. Całość uzupełniają zawory odcinające, zwrotne oraz zawór bezpieczeństwa.





# Wprowadzenie

**Zestaw hydroforowy** – układ urządzeń zapewniający utrzymywanie stałego ciśnienia wody w instalacji wodociągowej. Na ogół zbudowany podobnie do zestawu pompowego, lecz wyposażony w zbiornik ciśnieniowy o dużej pojemności zapewniający utrzymywanie ciśnienia wody w instalacji.





# Przepisy, normy i rozporządzenia

- **PN-82/M-74101**  
*Armatura przemysłowa. Zawory bezpieczeństwa. Wymagania i badania*
- **PN-B-01706:1992/Az1:1999**  
*Instalacje wodociągowe w budynkach. Wymagania w projektowaniu*
- *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie **wraz ze zmianami***  
*(Dz. U. nr 75 poz. 690 z 2002) – tekst jednolity*
- *Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*  
*(Dz. U. 2019 poz. 1065) – tekst jednolity*



# Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

Wyznaczenie obliczeniowego punktu pracy urządzenia:

1. **Wydajności** / strumienia przepływu wody  $Q_o$

$$\Sigma q_{nog} = (0,07 \div 20,00) \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$Q_{obl} = q = 0,682 \left( \Sigma q_{nog} \right)^{0,45} - 0,14; \text{ dm}^3/\text{s}, \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Sigma q_{nog} > 20,00 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$Q_{obl} = q = 1,700 \left( \Sigma q_{nog} \right)^{0,21} - 0,70; \text{ dm}^3/\text{s}, \text{ m}^3/\text{h}$$

2. **Wymaganego ciśnienia pracy** / wysokości podnoszenia zestawu  $p_p$

$$p_p = p_{wym} + p_{ss}^{min}; \text{ kPa}$$



# Dobór zestawu pompowego

**PN-92/B-01706**

$$\Delta p_{str\ tl} = \Sigma (\Delta p_l + \Delta p_m)_{ZH-n.u.p.cz.} + \Delta p_{wod\ m}; \text{ kPa}$$

- $\Delta p_l$  – liniowe straty ciśnienia w przewodach od zestawu pompowego do najniekorzystniej usytuowanego punktu czerpalnego, kPa
- $\Delta p_m$  – miejscowe straty ciśnienia w przewodach i urządzeniach od zestawu pompowego do najniekorzystniej usytuowanego punktu czerpalnego, kPa
- $\Delta p_{wod\ m}$  – strata ciśnienia na wodomierzu mieszkaniowym, kPa

**Wymagane ciśnienie zasilania zestawu pompowego:**

$$p_{wym} = h_{g\ tl} \cdot g + \Delta p_{str\ tl} + p_{wyp}; \text{ kPa}$$

- $h_{g\ tl}$  – różnica wysokości między osią kolektora tłoczego zestawu pompowego a najniekorzystniej usytuowanym punktem czerpalnym w instalacji, m
- $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $g=9,81 \text{ m/s}^2$
- $\Delta p_{str\ tl}$  – suma strat ciśnienia liniowych i miejscowych po stronie tłocznej zestawu pompowego, kPa
- $\Delta p_{wyp}$  – ciśnienie wypływu przed punktem czerpalnym (50 lub 100 kPa)



# Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

$$\Delta p_{str\ ss} = \Sigma (\Delta p_l + \Delta p_m)_{W-ZH} + \Delta p_{wod} + \Delta p_F + \Delta p_{ZA}; \text{ kPa}$$

- $\Delta p_l$  – liniowe straty ciśnienia w przewodach od wodociągu do zestawu pompowego, kPa
- $\Delta p_m$  – miejscowe straty ciśnienia w przewodach od wodociągu do zestawu pompowego, kPa
- $\Delta p_{wod}$  – strata ciśnienia na wodomierzu głównym, kPa
- $\Delta p_F$  – strata ciśnienia na filtrze, kPa
- $\Delta p_{ZA}$  – strata ciśnienia na zaworze antyskażeniowym, kPa

**Minimalne ciśnienie zasilania zestawu pompowego:**

$$p_{ss}^{min} = h_{g\ ss} \cdot g + \Delta p_{str\ ss} - H_{w gw} \cdot g; \text{ kPa}$$

- $h_{g\ ss}$  – różnica wysokości między osią wodociągu a osią kolektora ssawnego zestawu pompowego, m
- $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $g=9,81 \text{ m/s}^2$
- $\Delta p_{str\ ss}$  – suma strat ciśnienia liniowych i miejscowych po stronie ssawnej zestawu pompowego, kPa
- $H_{w gw}$  – ciśnienie gwarantowane w wodociągu zewnętrznym,  $\text{mH}_2\text{O}$



# Dobór zestawu pompowego

PN-92/B-01706

## Maksymalne ciśnienie zasilania zestawu pompowego

$$p_{max} \leq p_{dop}$$

$p_{dop}$  – ciśnienie dopuszczalne w instalacji,  $p_{dop}=600$  kPa

## Parametry doboru zestawu pompowego

$$Q_o \geq Q_{obl}; \text{ dm}^3/\text{s}, \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_p \geq \frac{p_p}{g}; \text{ mH}_2\text{O}$$

$Q_o$  – wydajność dobranego zestawu pompowego,  $\text{dm}^3/\text{s}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$

$H_p$  – wysokość podnoszenia dobranego zestawu pompowego,  $\text{mH}_2\text{O}$





# Wykres pracy zestawu pompowego

**Uwaga!** Podczas doboru zestawu pompowego należy uwzględnić zastosowanie przetwornicy częstotliwości. W takim przypadku zestaw pompowy będzie dostosowywał prędkość silnika, aby rzeczywisty punkt pracy zestawu równy był punktowi obliczeniowemu.

**Poszczególne pompy zestawu będą uruchamiane bez opóźnienia.**

**Wartości potencjalnych wysokości podnoszenia pomp (przy zerowej wydajności) zestawu pompowego będą jednakowe (np. dla dwóch pomp):**

- w momencie włączenia pompy/pomp, czyli:

$$H_p = H_{p\ wl(1)} = H_{p\ wl(2)} = h_{g\ ss} + p_{wym} - H_{w\ gw}$$

- w momencie wyłączenia pompy/pomp, czyli:

$$H_p = H_{p\ wyl(1)} = H_{p\ wyl(2)} = h_{g\ ss} + h + p_{max} - H_{w\ gw}$$

$h$  – różnica wysokości między kolektorami ssawnym i tłocznym dobranego zestawu pompowego, m



# Wykres pracy zestawu pompowego

Punkty charakterystyki pracy pomp należy wyznaczyć za pomocą zamieszczonej zależności:

$$\Delta h = \frac{\Delta p_{str\ ss}}{9,81} \cdot \left( \frac{Q}{Q_o} \right)^2 + H_p; \text{ m}$$

- $\Delta p_{str\ ss}$  – suma strat ciśnienia liniowych i miejscowych po stronie ssawnej zestawu pompowego, kPa
- $Q$  – dowolna wartość natężenia przepływu (np. 0–20), m<sup>3</sup>/h
- $Q_o$  – natężenie przepływu wody dla punktu pracy zestawu, m<sup>3</sup>/h
- $H_p$  – wartość potencjalnej wysokości w momencie włączenia lub wyłączenia pomp (adekwatnie do tworzonej charakterystyki), mH<sub>2</sub>O



# Wykres pracy zestawu pompowego



**$H$ , m**

70

60

50

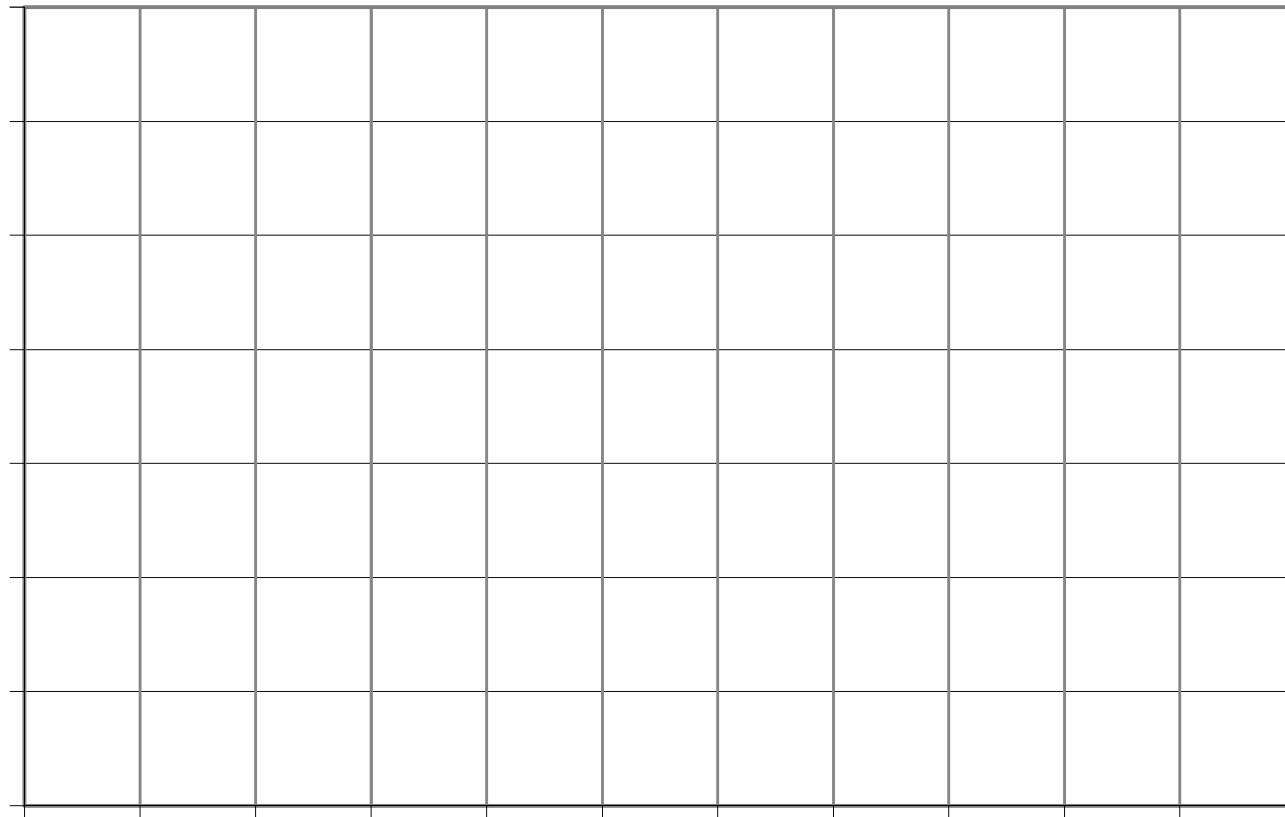
40

30

20

10

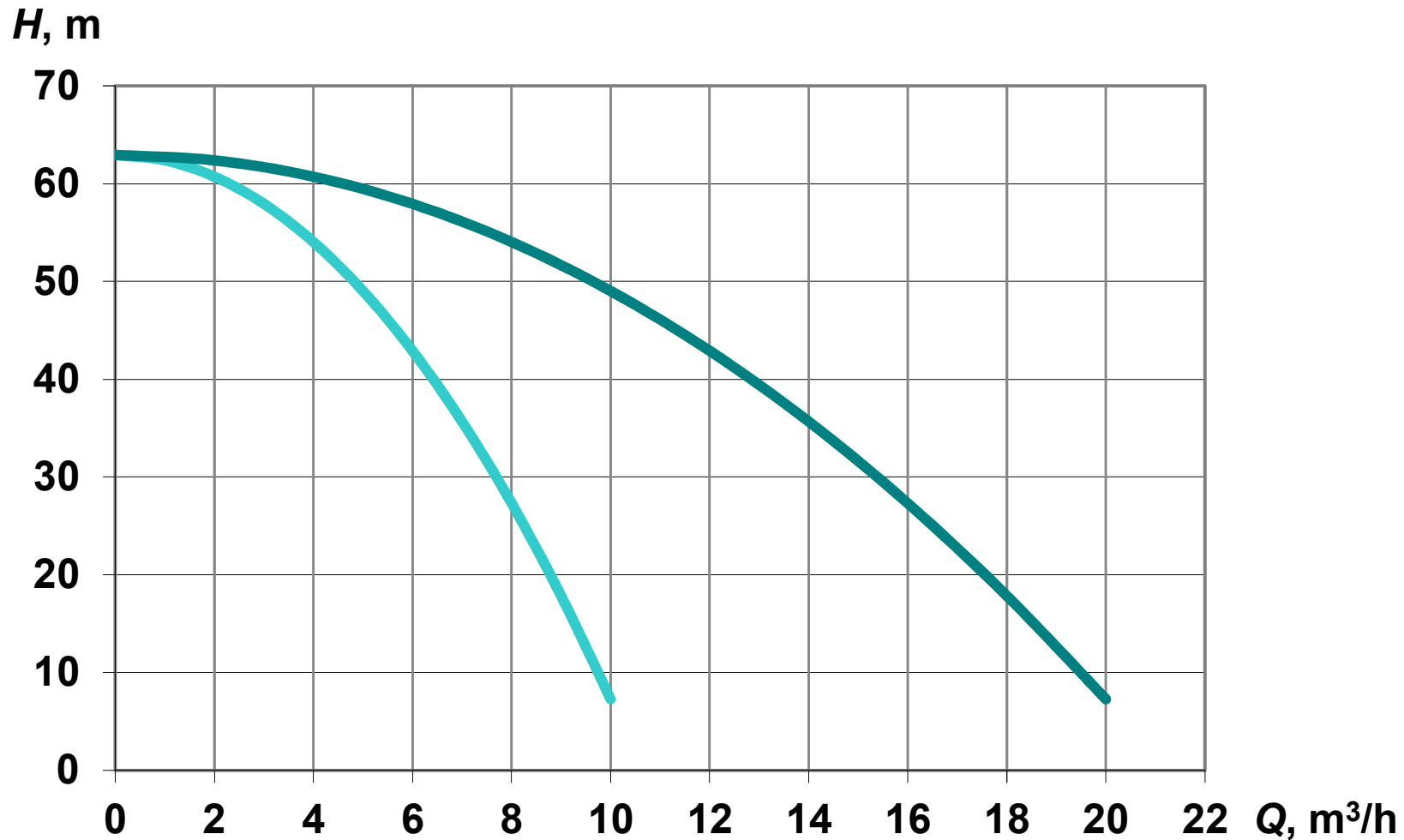
0



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22  **$Q$ , m<sup>3</sup>/h**

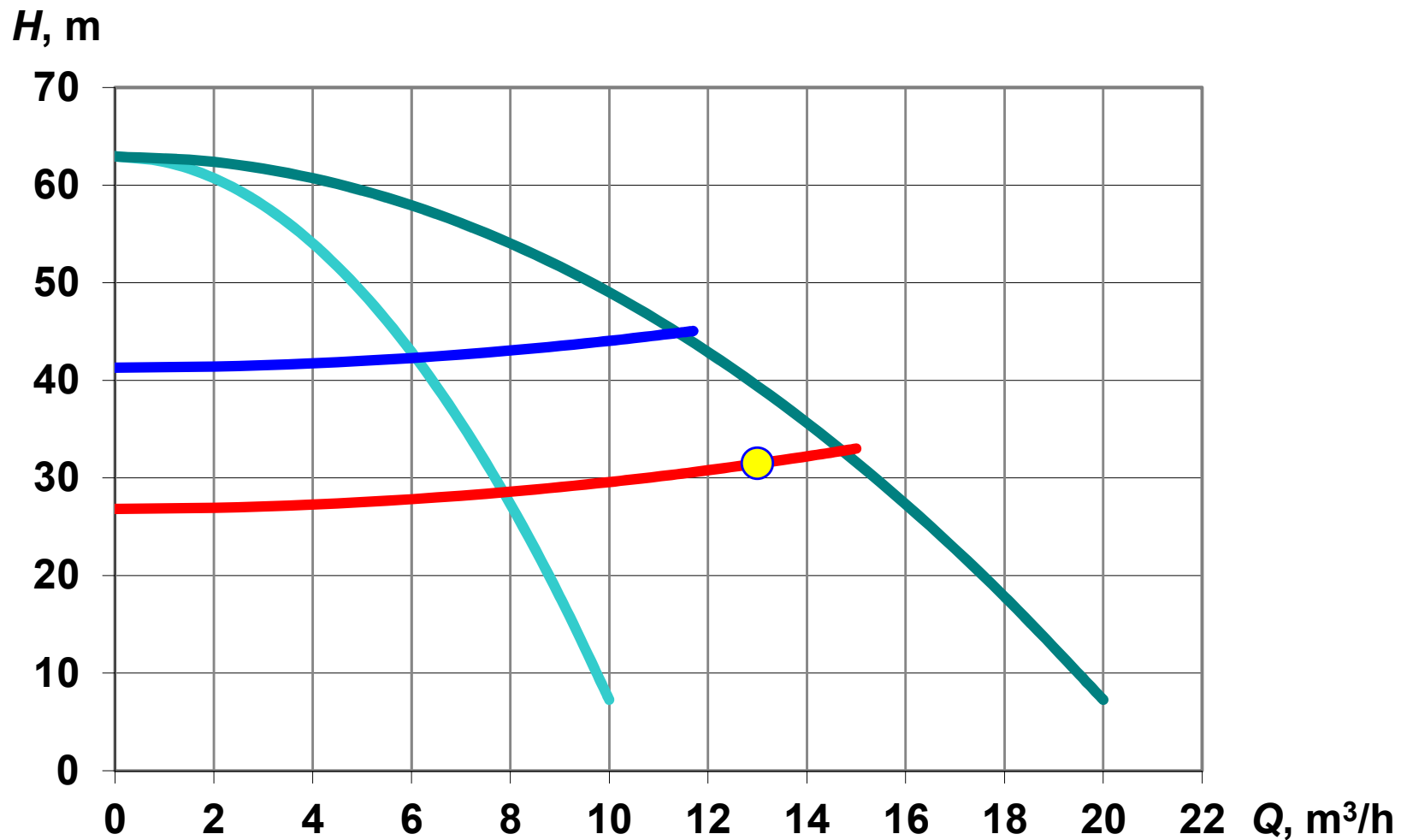


# Wykres pracy zestawu pompowego



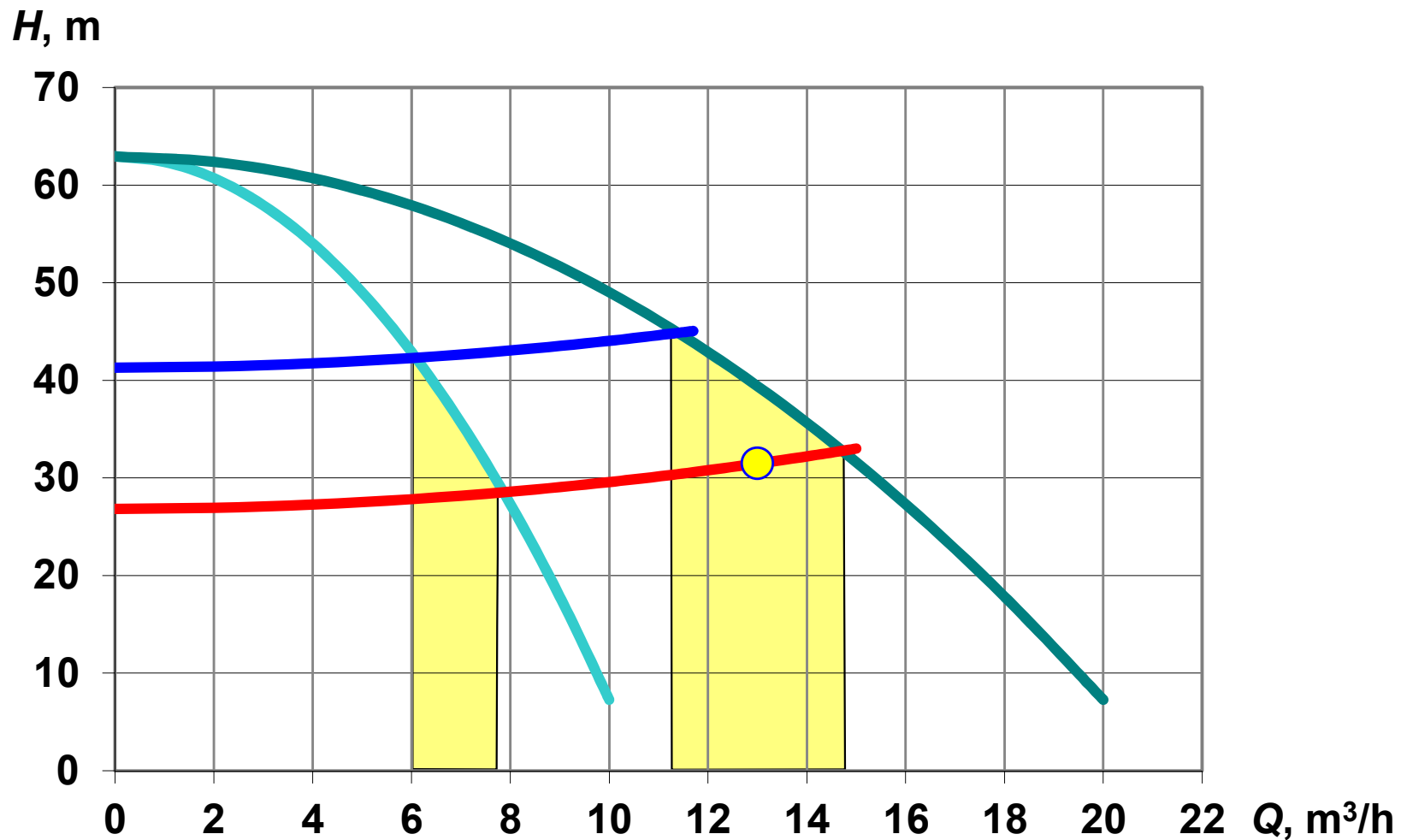


# Wykres pracy zestawu pompowego





# Wykres pracy zestawu pompowego





# Wykres pracy zestawu pompowego



$H, m$

70

60

50

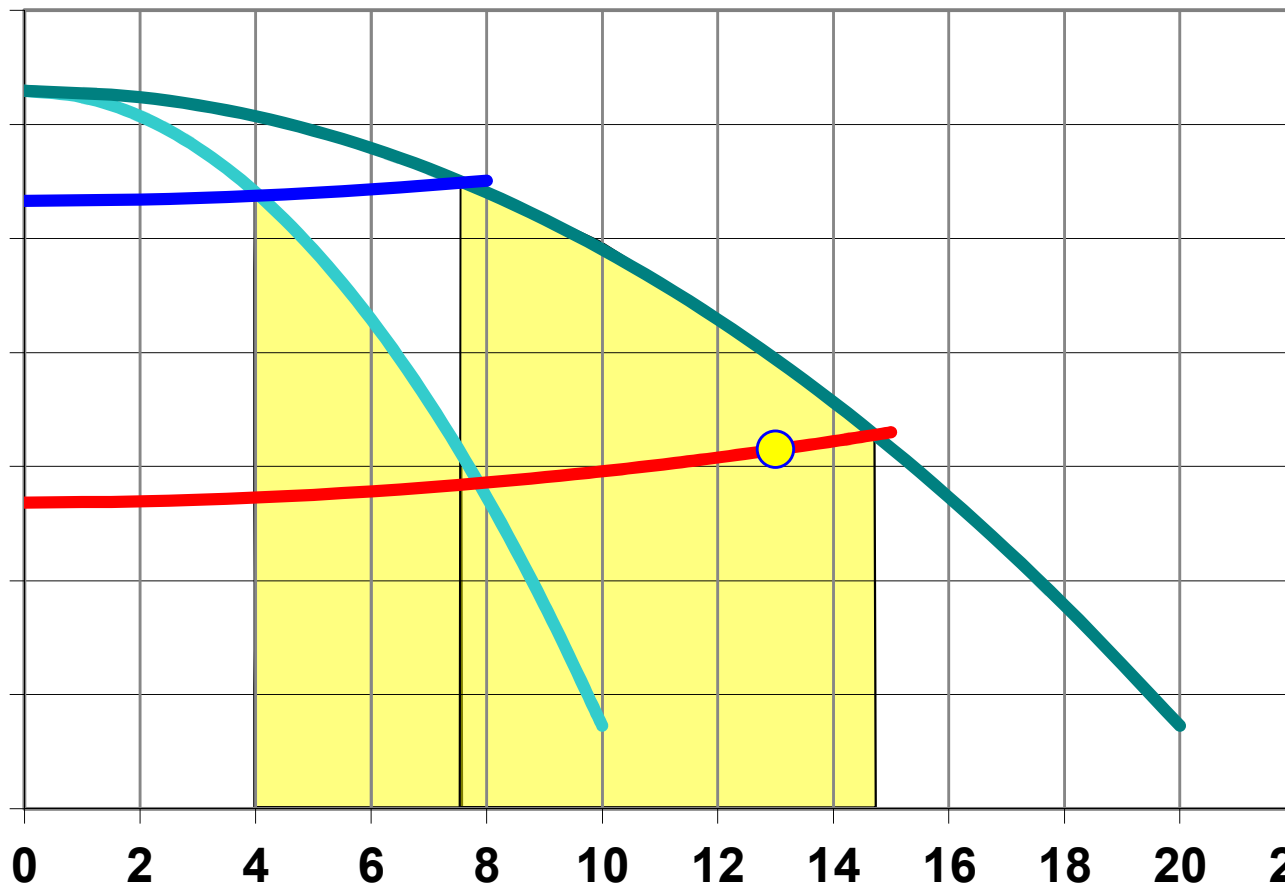
40

30

20

10

0



Hp (1 - 100%)

Hp (1+2 - 100%)

Hp (wł N=2)

Hp (wył N=2)

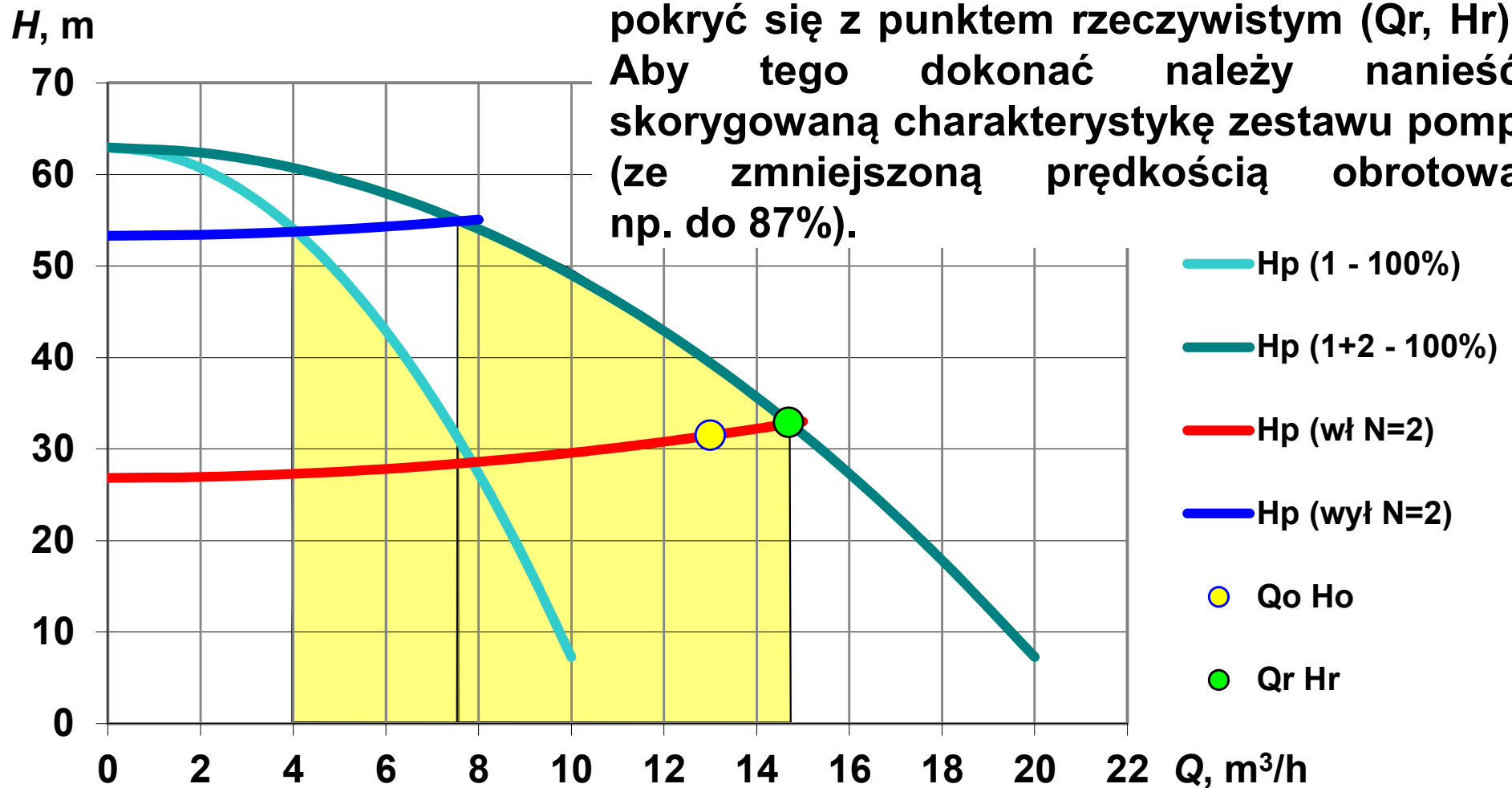
Qo Ho

Q, m<sup>3</sup>/h



# Wykres pracy zestawu pompowego

Obliczeniowy punkt pracy ( $Q_o, H_o$ ) powinien pokryć się z punktem rzeczywistym ( $Q_r, H_r$ ). Aby tego dokonać należy nanieść skorygowaną charakterystykę zestawu pomp (ze zmniejszoną prędkością obrotową np. do 87%).

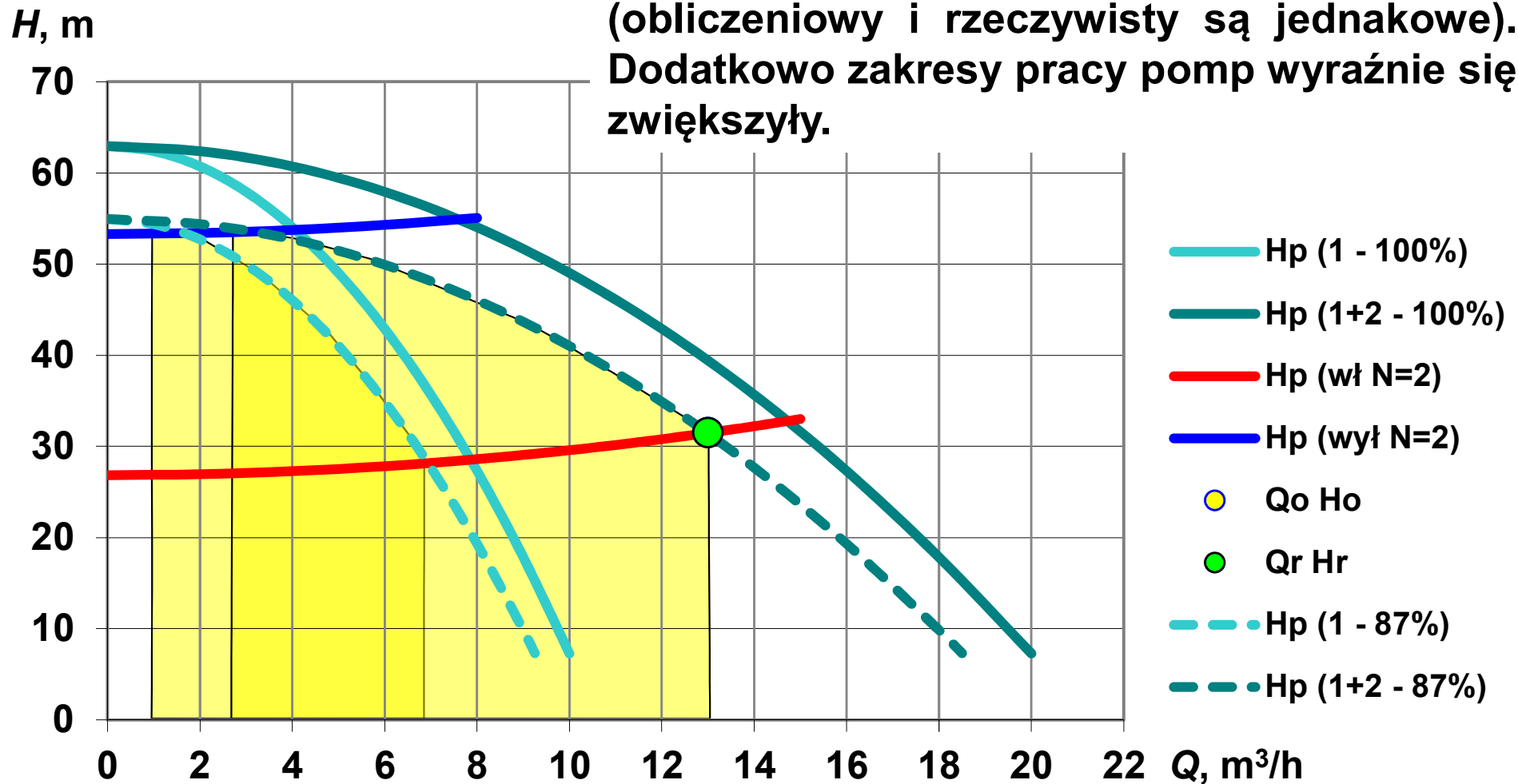






# Wykres pracy zestawu pompowego

Po takiej korekcie punkty pracy (obliczeniowy i rzeczywisty są jednakowe). Dodatkowo zakresy pracy pomp wyraźnie się zwiększyły.





# Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

Średnice zaworu bezpieczeństwa określa się według wzorów uwzględniających parametry przetłaczanego czynnika, układ ciśnień pomiędzy stroną pierwotną i wtórną oraz typ stosowanego zaworu:

## 1. Przepustowość zaworu bezpieczeństwa

- ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa należy określić z poniższej zależności:

$$p_{ZB} = 1,1 \cdot p_{dop}; \text{ kPa}$$

$p_{dop}$  – ciśnienie dopuszczalne w instalacji, kPa,

- wartość  $G_{ZB}$  odczytywana z wykresu pracy zestawu pompowego **w miejscu przecięcia charakterystyki 100% pracy pompy 1** z charakterystyką rurociągu współpracującego z pompą 1 w momencie otwarcia zaworu bezpieczeństwa,
- potencjalna wysokość podnoszenia pompy (przy zerowej wydajności): w momencie otwarcia zaworu bezpieczeństwa,

$$H_{pZB} = h_{gss} + h + p_{ZB} - H_{wgv}; \text{ m}$$



# Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

$$H_{pZB} = h_{gss} + h + p_{ZB} - H_{wggw}; \text{ m}$$

$h_{g,ss}$  – różnica wysokości między osią wodociągu a osią kolektora ssawnego zestawu pompowego, m,

$h$  – różnica wysokości między osią kolektora ssawnego i tłocznego zestawu pompowego, m,

$p_{ZB}$  – ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa, m,

$H_{wggw}$  – ciśnienie gwarantowane w wodociągu, m,

$$\Delta h = \frac{\Delta p_{str ss}}{9,81} \cdot \left( \frac{Q}{Q_o} \right)^2 + H_{pZB}; \text{ m}$$

$\Delta p_{str ss}$  – suma liniowych i miejscowych strat ciśnienia w przewodach i urządzeniach na drodze od wodociągu do zestawu pompowego, kPa

$Q$  – dowolna wartość wydajności z zakresu od 0 do  $Q_o$ , m<sup>3</sup>/h,

$Q_o$  – obliczeniowa wartość wydajności, m<sup>3</sup>/h,



# Zawór bezpieczeństwa

## PN-82/M-74101

**Uwaga!** W przypadku gdy charakterystyki zaworu oraz rurociągu współpracującego z pompą nie będą się przecinały, wówczas zgodnie z wymaganiami Urzędu Dozoru Technicznego, należy dobrać zawór bezpieczeństwa o najmniejszej wymaganej średnicy!

## 2. Pole wypływu zaworu bezpieczeństwa

$$F_{ZB} = \frac{G_{ZB}}{1414,5 \cdot \alpha \cdot \sqrt{p_{ZB} \cdot \rho}}; \text{ m}^2$$

- $G_{ZB}$  – przepustowość zaworu bezpieczeństwa, kg/s,
- $p_{ZB}$  – ciśnienie otwarcia zaworu bezpieczeństwa, MPa,
- $\alpha$  – współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa,  $\alpha=0,9 \cdot \alpha_{rz}$ ,
- $\alpha_{rz}$  – współczynnik odczytywany z karty katalogowej danego typu zaworu bezpieczeństwa,
- $\rho$  – gęstość wody w temperaturze 10°C,  $\rho=998 \text{ kg/m}^3$



# Zawór bezpieczeństwa

PN-82/M-74101

## 3. Określenie średnicy gniazda zaworu bezpieczeństwa

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ZB}}{\pi}}; \text{ m}$$

$F_{ZB}$  – pole wypływu zaworu bezpieczeństwa, m<sup>2</sup>

Dla obliczonej wartości  $d_0$  należy dobrać zawór bezpieczeństwa, a następnie zamontować go po stronie tłocznej zestawu pompowego



# Wykres pracy zestawu pompowego

Gotowy wykres zestawu pompowego z przetwornicą częstotliwości

$H, m$

