CHLADICÍ VÝKON

LIS WFL 6 : $M = 28\ l/s$ (beran + stůl)

BERAN: $M_1 = 13{,}9\ l/s$

vstup $t_1 = 7{,}4\,°C$

výstup $t_2 = 8{,}8\,°C$

$Q_1 = M_1 \cdot c \cdot \Delta t = 13{,}9 \cdot 4186 \cdot (8{,}8 - 7{,}4) = 81460\ W \rightarrow \underline{81{,}5\ kW}$

STŮL : $M_2 = 13{,}9\ l/s$

vstup $t_1 = 7{,}6\,°C$

výstup $t_2 = 12\,°C$

$Q_2 = M_2 \cdot c \cdot \Delta t = 13{,}9 \cdot 4186 \cdot (12 - 7{,}6) = 256\,016\ W \rightarrow \underline{256\ kW}$

$Q_6 = Q_1 + Q_2 = 81{,}5 + 256 = \underline{337{,}5\ kW}$ ✓

LIS WFL 7: BERAN: $M_1 = 7{,}2\ l/s$

vstup $t_1 = 7{,}0\,°C$

výstup $t_2 = 9{,}6\,°C$

$Q_1 = 7{,}2 \cdot 4186 \cdot (9{,}6 - 7{,}0) = 78\,362\ W \rightarrow \underline{78{,}4\ kW}$

STŮL : $M_2 = 7{,}7\ l/s$

vstup $t_1 = 7{,}0\,°C$

výstup $t_2 = 8{,}7\,°C$

$Q_2 = 7{,}7 \cdot 4186 \cdot (8{,}7 - 7{,}0) = 51\,948\ W \rightarrow \underline{51{,}9\ kW}$

$Q_7 = Q_1 + Q_2 = 78{,}4 + 51{,}9 = \underline{130{,}3\ kW}$

TURBOKOMPRESOR:

DANFOSS TURBOCOR CW-M2-TT300ST

$V = 96{,}5\ m^3/h$

$\Delta t = +9/+5\,°C$

$Q_T = 450\ kW$

$\boxed{Q_T = 550\ kW > Q_6 = 337{,}5\ kW}$ VYHOVUJE

TLAKOVÉ ZTRÁTY

1) CALAZENÍ LISÚ

$Q = 450$ kW ; $V = 96{,}5\ m^3/h \rightarrow 26{,}8$ kg/s

a) OKRUH TURBOCOR CW-MZ-TT300ST — AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

ZTRÁTY TŘENÍM:

$$\Delta p_{ZT} = l \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \quad [Pa]$$

$$\rho = 1000 - (t-4) \cdot [0{,}097 + 0{,}0036 \cdot (t-4)]$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{1{,}79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0{,}0337 \cdot t + 0{,}000221 \cdot t^2}$$

l... délka potrubí [m]
λ... součinitel tření [-]
d... vnitřní průměr potrubí [m]
v... rychlost proudění kapaliny [m/s]
ρ... hustota vody [kg/m³]
t... teplota vody [°C]
γ... kinematická viskozita [m²/s]

$Re \leq 2320 \rightarrow$ laminární proudění:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$2320 < Re < 4000 \rightarrow$ přechodová oblast:

$$\lambda = \lambda_{2320} + \frac{\lambda_{4000} - \lambda_{2320}}{4000 - 2320} \cdot (Re - 2320)$$

$Re > 4000 \rightarrow$ turbulentní proudění:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2{,}51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3{,}71 \cdot d}\right)$$

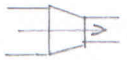
DN 150: $l = 37{,}03$ m ; $\Delta p_{ZT} = \underline{5{,}735\ kPa}$

ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY:

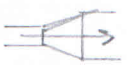
$$\Delta p_\xi = \xi \cdot \frac{v^2}{2000} \cdot \rho \quad [kPa]$$

ξ... součinitel místního odporu [-]

oblouk DN150: $\Delta p_{\xi 1} = 17.0{,}15 \cdot \frac{1{,}52^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{9{,}519\ kPa}$



: $\Delta p_{\xi 2} = 0{,}1 \cdot \frac{1{,}52^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{0{,}116\ kPa}$



: $\Delta p_{\xi 3} = 0{,}2 \cdot \frac{7{,}05^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}2 \cdot \frac{7{,}41^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{6{,}133\ kPa}$

: $\Delta p_{\xi 4} = 4{,}1 \cdot \frac{1{,}71^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{6{,}287\ kPa}$

: $\Delta p_{\xi 5} = 5 \cdot \frac{1{,}71^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{7{,}311\ kPa}$ ...

filtr KIB 1204-S DN150: $\Delta p_{\xi 6} = \frac{Q^2}{k_v^2} \cdot \frac{\rho}{10} = \frac{96{,}5^2}{380^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{6{,}449\ kPa}$

výparník chladiče CW-MZ-TT300ST: $\Delta p_{\xi 7} = \underline{55\ kPa}$

regulační ventil BRA.EKOFLUX 4 DN150: $\Delta p_{\xi 8} = \frac{96{,}5^2}{456^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{3{,}943\ kPa}$

pryžový kompenzátor BRA.FS.500 DN100: $\Delta p_{\xi 9} = \frac{96{,}5^2}{150^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}409\ kPa}$

DN125: $\Delta p_{\xi 10} = \frac{96{,}5^2}{2633^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}134\ kPa}$

ZTRÁTY CELKEM:

$\Delta p = \Delta p_{ZT} + \sum_{i=1}^{m=1} \Delta p_{\xi i} + 100\ kPa = 5{,}735 + 9{,}819 + 0{,}116 + 6{,}133 + 6{,}287 + 7{,}31 + 3{,}943$

$= 6{,}449 + 55 + 100 \doteq \underline{191{,}62\ kPa}$

$\Delta p + 10\% = 191{,}62 + 19{,}361 = \underline{\underline{212{,}98\ kPa}}$

ČERPADLO WILO BL 100/270-15/4

b) OKRUH AKUMULAČNÍ NÁDRŽE — LIS

LIS WFL 6: $Q = 337{,}5\ kW$

$\Delta t = +9/+5\ °C$

$V = 72{,}6\ m^3/h$

Beran a stůl mají každý své čerpadlo $\rightarrow V_1 = V_2 = 36{,}3\ m^3/h$

ZTRÁTY TŘENÍM:

DN200: $l = 88{,}9\ m$; $\Delta p_{ZT1} = 1{,}616\ kPa \rightarrow$ pro 1 čerpadlo $\Delta p_{ZT1} = \underline{0{,}808\ kPa}$

DN150: $l = 37{,}5\ m$; $\Delta p_{ZT2} = \underline{0{,}92\ kPa}$

PP-A 160×14,6: $l = 63{,}74\ m$; $\Delta p_{ZT3} = \underline{1{,}816\ kPa}$

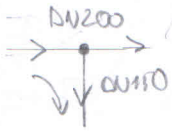
DN 2": $l = 0{,}5$; $\Delta p_{ZT4} = \underline{0{,}054\ kPa}$

ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY:

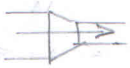
DN200: $\Delta p_{\xi 1} = \xi \cdot \frac{v^2}{2000} \cdot \rho = \frac{1}{2} \cdot (20 \cdot 0{,}5) \cdot \frac{0{,}6^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{0{,}9\ kPa}$

DN150: $\Delta p_{\xi 2} = (15 \cdot 0{,}5) \frac{0{,}57^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{1{,}218\ kPa}$

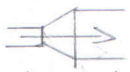
DN 160×14,6: $\Delta p_{\xi 3} = (8 \cdot 0{,}5) \cdot \frac{0{,}75^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{1{,}125\ kPa}$



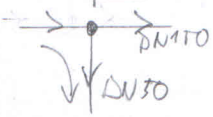
$\Delta p_{\xi 4} = 4{,}9 \cdot \frac{0{,}3^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{0{,}22\ kPa}$



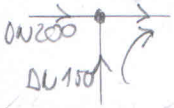
$\Delta p_{\xi 5} = 0{,}1 \cdot \frac{0{,}3^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}1 \cdot \frac{0{,}57^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}1 \cdot \frac{1{,}28^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{0{,}103\ kPa}$



$\Delta p_{\xi 6} = 0{,}2 \cdot \frac{4{,}9^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}3 \cdot \frac{1{,}92^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{2{,}954\ kPa}$



$\Delta p_{\xi 7} = 2{,}3 \cdot \frac{0{,}61^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{0{,}428\ kPa}$



$\Delta p_{\xi 8} = 1{,}2 \cdot \frac{0{,}57^2}{2000} \cdot 1000 = \underline{0{,}195\ kPa}$

filtr KBS BOA-S DN150: $\Delta p_{\xi 9} = \frac{36{,}3^2}{380^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}913\ kPa}$

zpětná klapka BRA. D6.031 DN150: $\Delta p_{\xi 10} = \frac{36{,}3^2}{467^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}604\ kPa}$

regulační ventil BRA. EKOFLUX L DN150: $\Delta p_{\xi 11} = \frac{36{,}3^2}{486^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}558\ kPa}$

nejmenší forma do lisu: $\Delta p_{\xi 12} = \underline{400\ kPa}$

pryžový kompenzátor BRA. FS. 500 DN 50: $\Delta p_{\xi 13} = \frac{36{,}3^2}{435^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}696\ kPa}$

DN 65: $\Delta p_{\xi 14} = \frac{36{,}3^2}{672^2} \cdot \frac{1000}{10} = \underline{0{,}292\ kPa}$

TRATY CELKEM:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^{m=1} \Delta p_{zti} + \sum_{i=1}^{m=1} \Delta p_{\xi i} + 100\ \text{kPa} = 0{,}808 + 0{,}92 + 1{,}816 + 0{,}054 + 0{,}9 + 1{,}218 + 1{,}125 +$$

$$0{,}22 + 0{,}103 + 2{,}954 + 0{,}582 + 0{,}195 + 0{,}917 + 0{,}604 + 0{,}55 + 400 + 0{,}696 + 0{,}292 + 100 =$$

$$= 513{,}85\ \text{kPa}$$

$$\Delta p + 10\% = 513{,}85 + 51{,}39 = 565{,}24\ \text{kPa}$$

ČERPADLO WILO BL 50/220-18,5/2

LASERŮ

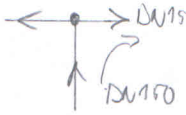
a) OKRUH TURBOCOR CW-M2-TT300ST — AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

ZTRÁTY TŘENÍM: $Q = 450\ kW$; $V = 96,5\ m^3/h$

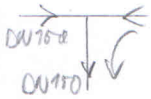
DN150 : $l = 16\ m$; $\Delta p_{ZT,1} = 2,451\ kPa$

ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY:

DN150 : $\Delta p_{\xi 1} = (11 \cdot 0,5) \cdot \frac{1,52^2}{2000} \cdot 1000 + (4 \cdot 0,5) \cdot \frac{0,76^2}{2000} \cdot 1000 = 6,931\ kPa$



$\Delta p_{\xi 2} = 4,3 \cdot \frac{0,76^2}{2000} \cdot 1000 = 1,242\ kPa$



$\Delta p_{\xi 3} = 5 \cdot \frac{0,76^2}{2000} \cdot 1000 = 1,444\ kPa$

filtr KSB BOA-J DN150 : $\Delta p_4 = \frac{96,5^2}{180^2} \cdot \frac{1000}{10} = 6,449\ kPa$

pružný kompenzátor BRA.FP.600 DN80+100: $\Delta p_{\xi 5} = \frac{96,5^2}{94,7^2} \cdot \frac{1000}{10} + \frac{96,5^2}{150^2} \cdot \frac{1000}{10} = 1,448\ kPa$

výparník chladiče CW-M2-TT300ST : $\Delta p_{\xi 6} = 55\ kPa$

$\Delta p_{\xi 7} = 0,1 \cdot \frac{1,52^2}{2000} \cdot 1000 = 0,116\ kPa$

$\Delta p_{\xi 8} = 0,3 \cdot \frac{5,1^2}{2000} \cdot 1000 = 3,902\ kPa$

regulační ventil BRA. EKOFLUX L DN150 : $\Delta p_{\xi 9} = \frac{96,5^2}{486^2} \cdot \frac{1000}{10} = 3,944\ kPa$

ZTRÁTY CELKEM:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^{n=1} \Delta p_{\xi i} + \Delta p_{ZT,1} + 100\ kPa = 6,931 + 1,242 + 1,444 + 6,449 + 1,448 + 55 + 0,116 + 3,902 + 3,943 + 2,451 + 100 = 176,74\ kPa$$

$\Delta p + 10\% = 176,74 + 17,67 = 194,41\ kPa$

ČERPADLO WILO BL 80/270-11/4

c) OKRUH AKUMULAČNÍ NÁDRŽE — LASERY

$Q = 400\ kW$; $V = 68{,}8\ m^3/h$

ZTRÁTY TŘENÍM:

DN 150: $l = 140{,}78\ m$; $\Delta p_{ZT1} = 26{,}424\ kPa$ ($Q = 400\ kW$, $V = 68{,}8\ m^3/h$)

$l = 1{,}62\ m$; $\Delta p_{ZT2} = 0{,}095\ kPa$ ($Q = 342{,}8\ kW$, $V = 58{,}96\ m^3/h$)

$l = 57{,}22\ m$; $\Delta p_{ZT3} = 2{,}332\ kPa$ ($Q = 285{,}6\ kW$, $V = 49{,}12\ m^3/h$)

$l = 1{,}62\ m$; $\Delta p_{ZT4} = 0{,}044\ kPa$ ($Q = 228{,}4\ kW$, $V = 39{,}28\ m^3/h$)

$l = 57{,}22\ m$; $\Delta p_{ZT5} = 0{,}887\ kPa$ ($Q = 171{,}2\ kW$, $V = 29{,}44\ m^3/h$)

$l = 1{,}62\ m$; $\Delta p_{ZT6} = 0{,}012\ kPa$ ($Q = 114\ kW$, $V = 19{,}6\ m^3/h$)

$l = 57{,}22\ m$; $\Delta p_{ZT7} = 0{,}114\ kPa$ ($Q = 56{,}8\ kW$, $V = 9{,}76\ m^3/h$)

DN 100: $l = 37{,}14\ m$; $\Delta p_{ZT8} = 0{,}576\ kPa$ ($Q = 56{,}8\ kW$, $V = 9{,}76\ m^3/h$)

$l = 14{,}5\ m$; $\Delta p_{ZT9} = 0{,}177\ kPa$ ($Q = 42{,}5\ kW$, $V = 7{,}3\ m^3/h$)

$l = 18{,}8\ m$; $\Delta p_{ZT10} = 0{,}078\ kPa$ ($Q = 28{,}2\ kW$, $V = 4{,}84\ m^3/h$)

$l = 32{,}4\ m$; $\Delta p_{ZT11} = 0{,}015\ kPa$ ($Q = 17{,}9\ kW$, $V = 2{,}78\ m^3/h$)

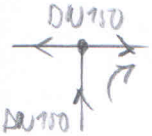
DN 50: $l = 4\ m$; $\Delta p_{ZT12} = 0{,}127\ kPa$ ($Q = 17{,}9\ kW$, $V = 2{,}78\ m^3/h$)

ZTRÁTY MÍSTNÍMI ODPORY:

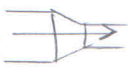
DN 150: $\Delta p_{\xi 1} = (12 \cdot 0{,}5) \cdot \frac{1{,}08^2}{2000} \cdot 1000 + 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{0{,}15^2}{2000} \cdot 1000 = 5{,}26\ kPa$

DN 100: $\Delta p_{\xi 2} = 2 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{0{,}08^2}{2000} \cdot 1000 = 0{,}003\ kPa$

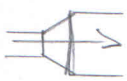
DN 50: $\Delta p_{\xi 3} = 4 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{0{,}32^2}{2000} \cdot 1000 = 0{,}102\ kPa$



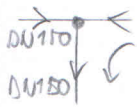
$\Delta p_{\xi 4} = 1{,}3 \cdot \frac{1{,}08^2}{2000} \cdot 1000 = 0{,}758\ kPa$



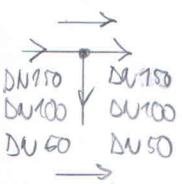
$\Delta p_{\xi 5} = \frac{0{,}1 \cdot 1000}{2000} \cdot (1{,}08^2 + 0{,}08^2 + 0{,}32^2) = 0{,}064\ kPa$



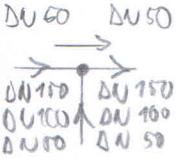
$\Delta p_{\xi 6} = (0{,}3 + 0{,}1) \cdot \frac{1{,}08^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}2 \cdot \frac{1000}{2000} \cdot (0{,}75^2 + 0{,}32^2) = 0{,}256\ kPa$



$\Delta p_{\xi 7} = 2 \cdot \frac{1{,}08^2}{2000} \cdot 1000 = 1{,}166\ kPa$



$\Delta p_{\xi 8} = 0{,}6 \cdot \frac{0{,}93^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}6 \cdot \frac{0{,}77^2}{2000} \cdot 1000 + 0{,}6 \cdot \frac{0{,}62^2}{2000} \cdot 1000 + 1 \cdot \frac{0{,}46^2}{2000} \cdot 1000 + 1{,}8 \cdot \frac{0{,}31^2}{2000} \cdot 1000 +$
$+ 3 \cdot \frac{0{,}15^2}{2000} \cdot 1000 + 1 \cdot \frac{0{,}26^2}{2000} \cdot 1000 + 1{,}8 \cdot \frac{0{,}17^2}{2000} \cdot 1000 + 3 \cdot \frac{0{,}08^2}{2000} \cdot 1000 = 0{,}844\ kPa$



$\Delta p_{\xi 9} = \Delta p_{\xi 8} = 0{,}844\ kPa$

bilá KTS BOA-S DN 150: $\Delta p_{\xi 10} = \frac{68{,}8^2}{150^2} \cdot \frac{1000}{1} = 3{,}274\ kPa$

pryžový kompenzátor BRA. FL. 500 DN 65: DN 50: $\Delta p_{\xi 11} = \frac{68{,}8^2}{67^2} \cdot \frac{1000}{10} + \frac{68{,}8^2}{49^2} \cdot \frac{1000}{10} = 3{,}549\ kPa$

zpětná klapka BRA.DG.021 DN150 : $\Delta p_{\xi 12} = \frac{68,8^2}{467^2} \cdot \frac{1000}{10} = 2,17$ kPa

regulační ventil BRA.EXOFLUX L DN150: $\Delta p_{\xi 11} = \frac{64,8^2}{486^2} \cdot \frac{1000}{10} = 2,004$ kPa

lasery : $\Delta p_{\xi 16} = 400$ kPa

ZTRÁTY CELKEM:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^{m=1} \Delta p_{ZTi} + \sum_{i=1}^{m=1} \Delta p_{\xi i} + 100 \text{ kPa} = 26,425 + 0,095 + 2,732 + 0,044 + 0,887 + 0,012 +$$

$$+ 0,114 + 0,576 + 0,131 + 0,078 + 0,035 + 0,127 + 5,26 + 0,007 + 0,102 + 0,758 + 0,064 +$$

$$+ 0,256 + 1,166 + 0,848 + 0,818 + 1,278 + 3,549 + 2,17 + 2,004 + 400 + 50 = 548,28 \text{ kPa}$$

$\Delta p + 10\% = 548,28 + 54,83 = 603,11$ kPa

ČERPADLO WILO BL 50/220-22/2

TLOUŠŤKA IZOLACE POTRUBÍ

1) LIST

DN 200:

Součinitel prostupu tepla stěnou potrubí:

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot (d - 2 \cdot \delta_t)} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln\left(\frac{d}{d - 2 \cdot \delta_t}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

při zanedbání přestupu tepla mezi médiem a stěnou,

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln\left(\frac{d}{d - 2 \cdot \delta_t}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_e \cdot D}} \quad [W/mK]$$

Ztráta potrubí:

$$Q_{ztr} = U_0 \cdot l \cdot (t_{in} - t_{out}) \quad [W]$$

l ... délka potrubí [m]
t_{in} ... teplota média [°C]
t_{out} ... teplota okolí [°C]
d ... vnější průměr trubky [m]
δ_t ... tloušťka stěny [m]
δ_{iz} ... tloušťka izolace [m]
D ... průměr potrubí s izolací [m]
λ_t .. souč. tepelné vodivosti trubky [W/mK]
λ_i .. souč. tepelné vodivosti izolace [W/mK]
α_i ... souč. přestupu tepla mezi médiem a trubkou [W/m²K]
α_e ... souč. přestupu tepla mezi izolací a okolím [W/m²K]

- Vnější souč. prostupu tepla podle vyhlášky č. 193/2007: $U_0 \leq 0{,}4$ W/mK
- $\lambda_{iz} = 0{,}037$ W/mK
- TL. izolace = 100 mm

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 50} \cdot \ln\left(\frac{0{,}219}{0{,}219 - 2 \cdot 0{,}0006}\right) + \frac{1}{2 \cdot 0{,}037} \cdot \ln\left(\frac{0{,}419}{0{,}219}\right) + \frac{1}{10 \cdot 0{,}419}} = 0{,}358 \text{ W/mK} \leq 0{,}4 \text{ W/mK VYHOVUJE}$$

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ $t = 5$°C
- Tepelná ztráta bez izolace:
  $Q_{ztr1} = U_t \cdot l \cdot \pi \cdot (t_{in} - t_{out}) = 9{,}99 \cdot 16{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}219 \cdot (5 - 20) = -1701$ W
- Tepelná ztráta s izolací tl. 100 m:
  $Q_{ztr2} = U_0 \cdot l \cdot (t_{in} - t_{out}) = 0{,}358 \cdot 16{,}5 \cdot (5 - 20) = -88{,}6$ W (úspora 95%)
- Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:
  $Q_{ztr3} = 1{,}211 \cdot 16{,}5 \cdot (5 - 20) = -299{,}7$ W (úspora 82%)

ZPĚTNÉ POTRUBÍ $t = 9$°C
- Tepelná ztráta bez izolace:
  $Q_{ztr1} = 9{,}99 \cdot 16{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}219 \cdot (9 - 20) = -1247$ W
- Tepelná ztráta s izolací tl. 100 mm:
  $Q_{ztr2} = 0{,}358 \cdot 16{,}5 \cdot (9 - 20) = -65$ W (úspora 95%)
- Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:
  $Q_{ztr3} = 1{,}211 \cdot 16{,}5 \cdot (9 - 20) = -219{,}8$ W (úspora 82%)

) 150 :

Určující souč. prostupu tepla podle vyhlášky č. 193/2007 : $U_o \leq 0{,}45$ W/m²K

$-\lambda_{12} = 0{,}038$ W/mK

- TL. izolace = 80 mm

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2.50} \cdot \ln\left(\frac{0{,}159}{0{,}159 - 2.0{,}0045}\right) + \frac{1}{2.0{,}038} \cdot \ln\left(\frac{0{,}319}{0{,}159}\right) + \frac{1}{10.0{,}319}} = 0{,}372 \text{ W/m²K} < 0{,}45 \text{ W/m²K VYHOVUJE}$$

(tl. izolace 60 mm → $U_o = 0{,}505$ W/m²K)

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
t = 5°C

$Q_{ZTR1} = 9{,}99 . 75 . \pi . 0{,}159 . (5-20) = -5614$ W

– Tepelná ztráta s izolací tl. 80 mm:

$Q_{ZTR2} = 0{,}372 . 75 . (5-20) = -373$ W (úspora 93 %)

– Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:

$Q_{ZTR3} = 0{,}909 . 75 . (5-20) = -1023$ W (úspora 82 %)

ZPĚTNÉ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
t = 9°C

$Q_{ZTR1} = 9{,}99 . 75 . \pi . 0{,}159 . (9-20) = -4117$ W

– Tepelná ztráta s izolací tl. 80 mm:

$Q_{ZTR2} = 0{,}372 . 75 . (9-20) = -274$ W (úspora 93 %)

– Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:

$Q_{ZTR3} = 0{,}909 . 75 . (9-20) = -750$ W (úspora 82 %)

PP-A 160x14,6:

- TL. izolace = 60 mm

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2.50} \cdot \ln\left(\frac{0{,}16}{0{,}16 - 2.0{,}0146}\right) + \frac{1}{2.0{,}038} \cdot \ln\left(\frac{0{,}28}{0{,}16}\right) + \frac{1}{10.0{,}28}} = 0{,}384 \text{ W/m²K} < 0{,}45 \text{ W/m²K VYHOVUJE}$$

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
t = 5°C

$Q_{ZTR1} = 6{,}01 . 127{,}5 . \pi . 0{,}16 . (5-20) = -5548$ W

– Tepelná ztráta s izolací tl. 60 mm:

$Q_{ZTR2} = 0{,}384 . 127{,}5 . (5-20) = -735$ W (úspora 87 %)

– Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:

$Q_{ZTR3} = 0{,}707 . 127{,}5 . (5-20) = -1543$ W (úspora 72 %)

ZPĚTNÉ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
t = 9°C

$Q_{ZTR1} = 6{,}01 . 127{,}5 . \pi . 0{,}16 . (9-20) = -4069$ W

– Tepelná ztráta s izolací tl. 60 mm:

$Q_{ZTR2} = 0{,}384 . 127{,}5 . (9-20) = -539$ W (úspora 87 %)

– Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:

$Q_{ZTR3} = 0{,}707 . 127{,}5 . (9-20) = -1132$ W (úspora 72 %)

LASERY

$\lambda_{iz} = 0{,}038$ W/mK

DN150:

- TL. izolace = 80 mm

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2.50}\cdot \ln\left(\frac{0{,}159}{0{,}159-2.0{,}0045}\right) + \frac{1}{2.0{,}038}\cdot \ln\left(\frac{0{,}219}{0{,}159}\right) + \frac{1}{10.0{,}219}} = 0{,}332 \text{ W/mK} < 0{,}4 \text{ W/mK} \quad \text{VYHOVUJE}$$

(tl. izolace 60 mm → $U_o = 0{,}405$ W/mK)

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
$t = 15°C$
$Q_{ZTR1} = 9{,}99 \cdot 299{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}159 \cdot (15-20) = -7477$ W

- Tepelná ztráta s izolací tl. 80 mm:
$Q_{ZTR2} = 0{,}332 \cdot 299{,}5 \cdot (15-20) = -497$ W (úspora 93 %)
- Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:
$Q_{ZTR3} = 0{,}909 \cdot 299{,}5 \cdot (15-20) = -1361$ W (úspora 82 %)

ZPĚTNÉ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
$t = 20°C$
$Q_{ZTR1} = 9{,}99 \cdot 299{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}159 \cdot (20-20) = 0$ W

Teoreticky není potřeba žádná izolace. To bude platit jenom v případě, že byly podmínky přesně takové, jaké uvažuji ve výpočtu. Proto i na zpětné potrubí navrhnu izolaci stejnou jako na přívodní.

DN100:

- TL. izolace = 60 mm

- Uvažuji součinitel prostupu tepla podle vyhlášky č. 193/2007: $U_o \leq 0{,}74$ W/mK

$$U_o = \frac{\pi}{\frac{1}{2.50}\cdot \ln\left(\frac{0{,}108}{0{,}088-2.0{,}004}\right) + \frac{1}{2.0{,}038}\cdot \ln\left(\frac{0{,}122}{0{,}108}\right) + \frac{1}{10.0{,}122}} = 0{,}706 \text{ W/mK} < 0{,}74 \text{ W/mK} \quad \text{VYHOVUJE}$$

(tl. izolace 50 mm → $U_o = 0{,}745$ W/mK)

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
$t = 15°C$
$Q_{ZTR1} = 9{,}99 \cdot 277{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}108 \cdot (15-20) = -4026$ W

- Tepelná ztráta s izolací 60 mm:
$Q_{ZTR2} = 0{,}706 \cdot 277{,}5 \cdot (15-20) = -367$ W (úspora 91 %)
- Tepelná ztráta s izolací 20 mm:
$Q_{ZTR3} = 0{,}651 \cdot 277{,}5 \cdot (15-20) = -774$ W (úspora 81 %)

ZPĚTNÉ POTRUBÍ – Tepelná ztráta bez izolace:
$t = 20°C$
$Q_{ZTR1} = 9{,}99 \cdot 277{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}108 \cdot (20-20) = 0$ W

DN 50:

Mezní součinitel prostupu tepla podle vyhlášky č. 193/2007: $U_0 \leq 0{,}27$ W/m²K

- TL. izolace = 40 mm

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2.50} \cdot \ln\left(\frac{0{,}057}{0{,}057 - 2.0{,}0029}\right) + \frac{1}{2.0{,}038} \cdot \ln\left(\frac{0{,}137}{0{,}057}\right) + \frac{1}{10.0{,}137}} = 0{,}256 \text{ W/m²K} < 0{,}27 \text{ W/m²K} \quad \text{VYHOVUJE}$$

PŘÍVODNÍ POTRUBÍ – $t = 15°C$

- Tepelná ztráta bez izolace:
  $Q_{ztr1} = 9{,}99 \cdot 174{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}057 \cdot (15-20) = -1561$ W
- Tepelná ztráta 1 izolace tl. 40 mm:
  $Q_{ztr2} = 0{,}256 \cdot 174{,}5 \cdot (15-20) = -223$ W (úspora 86 %)
- Tepelná ztráta s izolací tl. 20 mm:
  $Q_{ztr3} = 0{,}791 \cdot 174{,}5 \cdot (15-20) = -742$ W (úspora 74 %)

ZPĚTNÉ POTRUBÍ – $t = 20°C$

- Tepelná ztráta bez izolace:
  $Q_{ztr1} = 9{,}99 \cdot 174{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}057 \cdot (20-20) = 0$ W

3) BYPASS VZDUCHU

PP-H 200 x 12,2:

- Mezní souč. prostupu tepla podle vyhlášky č. 193/2007: $U_0 \leq 0{,}4$ W/m²K

- TL. izolace = 80 mm

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0{,}22} \cdot \ln\left(\frac{0{,}2}{0{,}2 - 2.0{,}0182}\right) + \frac{1}{2.0{,}038} \cdot \ln\left(\frac{0{,}36}{0{,}2}\right) + \frac{1}{10.0{,}36}} = 0{,}271 \text{ W/m²K} < 0{,}4 \text{ W/m²K} \quad \text{VYHOVUJE}$$

NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY

1) LIŠŮ

OBJEM VODY V SOUSTAVĚ:

DN 150 : $V_1 = l \cdot \pi \cdot \frac{d_i^2}{4} = 150 \cdot \pi \cdot \frac{0,15^2}{4} = 2,65\ m^3 \rightarrow \underline{2650\ l}$

DN 200 : $V_2 = 157 \cdot \pi \cdot \frac{0,2064^2}{4} = 5,25\ m^3 \Rightarrow \underline{5250\ l}$

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot \frac{1}{\eta}\ [l] \qquad n = \frac{1000}{\rho_{t,max}} - \frac{1000}{\rho_{t,min}}$$

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}}$$

$$p_{d,A} = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B$$

l ... délka potrubí [m]
d_i ... vnitřní průměr potrubí [m]
V_{et} ... objem expanzní nádoby [l]
V_0 ... objem vody v soustavě [l]
n ... součinitel zvětšení objemu [-]
η ... stupeň využití expanzní nádoby [-]
$p_{h,dov,A}$ ... otevírací absolutní tlak pojistného ventilu [kPa]
$p_{d,A}$ ... hydrostatický absolutní tlak [kPa]
ρ ... hustota vody [kg/m³]
g ... tíhové zrychlení [m/s²]
h ... výška vodního sloupce nad exp. nádobou [m]
p_B ... barometrický tlak 100 kPa

2x AKU nádrž: $V_3 = 10\,000\ l$

PP-H 160 x 14,6 : $V_4 = 255 \cdot \pi \cdot \frac{0,1292^2}{4} = 3,37\ m^3 \rightarrow \underline{3370\ l}$

Objem forem lisů: roční spotřeba vody 2 lisů 480 m³/rok

$$V_5 = \frac{\frac{480}{365}}{4} = 0,33 \doteq 0,4\ m^3 \Rightarrow \underline{400\ l}$$

Objem šroubokompresorů: $V_6 = 150 + 150 = \underline{300\ l}$

$V_0 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 = 2650 + 5250 + 10\,000 + 3370 + 400 + 300 = \underline{22\,070\ l}$

$V_0 + 10\% = 22\,070 + 2207 = \underline{24\,277\ l}$

$$\eta = \frac{600 - (1000 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 100)}{600} = \underline{0,7}$$

$$n = \frac{1000}{\rho_{40°C}} - \frac{1000}{\rho_{10°C}} = \frac{1000}{992,1} - \frac{1000}{999,7} = \underline{0,0076}$$

$$V_{et} = 1,3 \cdot 24277 \cdot 0,0076 \cdot \frac{1}{0,7} = \underline{342\ l}$$

EXPANZNÍ NÁDOBA REFLEX N 400/6

) LASERŮ

DN 100: $V_1 = 523 \cdot \pi \cdot \frac{0,10^2}{4} = 4,116\ m^3 \rightarrow \underline{4110\ l}$

DN 150: $V_2 = 659 \cdot \pi \cdot \frac{0,15^2}{4} = 11,65\ m^3 \rightarrow \underline{11650\ l}$

DN 200: $V_3 = 51 \cdot \pi \cdot \frac{0,2064^2}{4} = 1,71\ m^3 \rightarrow \underline{1710\ l}$

2x AKU nádrž: $V_4 = 2500 + 2500 = \underline{5000\ l}$

Objem laserů: $V_5 = 28 \cdot 50 = \underline{1400\ l}$

Objem kompresoru: $\underline{V_6 = 150\ l}$

$$V_0 = \sum_{i=1}^{n=1} V_i = 4110 + 11650 + 1710 + 5000 + 1400 + 150 = \underline{24020\ l}$$

$V_0 + 10\% = 24020 + 2402 = \underline{26422\ l}$

$$\eta = \frac{600 - (1000 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10^{-3} + 100)}{600} = \underline{0,7}$$

$$n = \frac{1000}{\rho_{40°C}} - \frac{1000}{\rho_{10°C}} = \frac{1000}{991,8} - \frac{1000}{999,7} = \underline{0,0076}$$

$$V_{ex} = 1,3 \cdot 26422 \cdot 0,0076 \cdot \frac{1}{0,7} = \underline{373\ l}$$

EXPANZNÍ NÁDOBA REFLEX G 400/6

NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDRŽE 1) LISŮ:

CHLADIČ VODY: 2x šroubový kompresor DANFOS TURBOCOR CW-T2-TT300ST
min. výkon Q = 225 kW; 9/15 °C

$$Q = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t}{t} \rightarrow V = \frac{Q \cdot t}{\rho \cdot c \cdot \Delta t}$$

Q... výkon chladiče [W]
V... objem akumulační nádrže [m³]
ρ... hustota media [kg/m³]
t... čas [s]
c... měrná tepelná kapacita media $\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$
Δt... rozdíl teplot [K]

$V = 900 \cdot 11 = 9900\ l \rightarrow \underline{10000\ l}$

$t = \frac{10 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot 4}{225000} = 744{,}2\ s \rightarrow 12{,}4\ min$

2x AKUMULAČNÍ NÁDRŽ 5000 l

Doba nakumulování nádrže při max. výkonu 900 kW:

$t = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t}{Q} = \frac{10 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot 4}{900000} = 186\ s \rightarrow \underline{3{,}1\ min}$

2) LASERŮ:

CHLADIČ VODY: šroubový kompresor DANFOS TURBOCOR CW-T2-TT300ST
min. výkon Q = 225 kW; 20/15 °C

$V = 450 \cdot 11 = 4950\ l \rightarrow \underline{5000\ l}$

$t = \frac{5 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot 4}{225000} = 372{,}1\ s \rightarrow \underline{6{,}2\ min}$

2x AKUMULAČNÍ NÁDRŽ 2500 l

Doba nakumulování nádrže při max. výkonu 450 kW:

$t = \frac{5 \cdot 1000 \cdot 4186 \cdot 5}{450000} = 233\ s \rightarrow \underline{3{,}9\ min}$