

STATICKÝ VÝPOČET

Pro: Výstavba sídla obce s rozšířenou působností Šlapanice, objekt Opuštěná 2, Brno
Stavba: SKANSKA CZ region Brno spol. s r.o., Bohunická čp. 133/50, 619 00 Brno
Zakázka číslo: 69/03

Počet listů: 15

Výpočet dle ČSN EN 81-2/99 a ČSN 27 4030 hlavních částí výtahu,
Projektovaného dle výkresu 1 SLA S/

1. HLAVNÍ ÚDAJE VÝTAHU

Typ výtahu:	OHV 1000/0,4
Jmenovité zatížení výtahu:	$m_Q=1000$ kg
Hmotnost prázdné klece a rámu:	$m_K=850$ kg
Jmenovitá rychlost:	$v=0,4$ m.s ⁻¹
Zdvih výtahu:	H=16,6 m
Uspořádání pohonu:	nepřímý, vedle klece
Lanový převod:	$c_m=2$
Rám klece:	Wittur AHT 13/C-1400
Hmotnost kladky:	$m_k=78$ kg
Rezervní zdvih:	$h_1=500$ mm
Vzdálenost kladky od čela pístu:	$h_2=368$ mm
Počet pístu:	$n=1$
Parametry lana:	ČSN 02 4340.41 SEAL 6x(1+9+9)+vložka
Průměr lana:	$d_r=12,5$ mm
Hmotnost 1 m lana:	$q_r=0,58$ kg.m ⁻¹
Počet nosných lan:	$n_r=4$
Hmotnost lan při délce H: $m_r=n_r \cdot q_r \cdot h$	$m_r=58,0$ kg
Vnější rozměr klece v ose x:	$D_x=1350$ mm
Vnější rozměr klece v ose y:	$D_y=1850$ mm
Světlá šířka klece:	$b=1300$ mm
Světlá hloubka klece:	$c=1800$ mm

2. UŽITNÁ PLOCHA KLECE

Užitná plocha klece

$$P_{uz}=b \cdot c \qquad P_{uz}=2,34 \text{ m}^2$$

Největší užitná plocha klece dle ČSN EN 81-2 tab. 1.1.

$$P_{uzmax}=2,40 \text{ m}^2$$

$$P_{uz}=2,34 \text{ m}^2 < P_{uzmax}=2,40 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Užitná plocha klece odpovídá nosnosti výtahu dle ČSN EN 81-2 tab. 1.1.

Tíhové zrychlení:	$g_n=9,81$ ms ⁻²
Hmotnost 1 m závěsného kabelu:	$q_{Trav}=0,45$ kg.m ⁻¹

Počet závěsných kabelů: $n_{Trav}=4$

Hmotnost závěsných kabelů:

$$m_{Trav} = n_{Trav} \cdot q_{Trav} \cdot ((H/2)+2) \quad m_{Trav}=18,54 \text{ kg}$$

Hmotnost prázdné klece a závěsných kabelů:

$$m_p = m_K + m_{Trav} \quad m_p=868,54 \text{ kg}$$

3. VODÍTKA KLECE

Výpočet dle ČSN EN 81-2/99 (příl. G)

Svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi:

$$h=2782 \text{ mm}$$

Max. vzdálenost mezi kotvami vodiček:

$$l_K=1220 \text{ mm}$$

Vzdálenost mezi vodítky:

$$MV=1400 \text{ mm}$$

Vzdálenost bodu závěsu klece k vodítku:

$$TF=700 \text{ mm}$$

Vzdálenost boční stěny klece od osy vodítka:

$$l_{vk}=170 \text{ mm}$$

Vzdálenost středu klece k vodítku v ose x:

$$x_c = l_{vk} + (D_x/2) \quad x_c=845 \text{ mm}$$

Vzdálenost středu klece k vodítku v ose y:

$$y_c=0 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště hmotnosti klece m_p k vodítku v ose x:

$$x_p=550 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště hmotnosti klece m_p k vodítku v ose y:

$$y_p=100 \text{ mm}$$

Vzdálenost bodu závěsu klece k vodítku v ose x:

$$x_s=0 \text{ mm}$$

Vzdálenost bodu závěsu klece k vodítku v ose y:

$$y_s = TF - (MV/2) \quad y_s=0 \text{ mm}$$

Použity postavená vodítka T90/A-tažené za studena, profil 90x70x10 z oceli I1 375

Počet vodiček:

$$n_v=2$$

Mez pevnosti vodítka:

$$R_m=370 \text{ Mpa}$$

Modul pružnosti v tahu:

$$E=2,1 \cdot 10^5 \text{ MPA}$$

Plocha průřezu:

$$A_v=1,605 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Modul průřezu v ohybu kolem osy x:

$$W_x=1,973 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Modul průřezu v ohybu kolem osy y:

$$W_y=1,021 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Kvadratický moment průřezu k ose x:

$$J_x=8,841 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

Kvadratický moment průřezu k ose y:

$$J_y=4,594 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

Poloměr setrvačnosti k ose x:

$$i_x=2,35 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Poloměr setrvačnosti k ose y:

$$i_y=1,69 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hmotnost vodítka na 1 m délky:

$$q_v=12,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Tloušťka spojky mezi přírubou a stojinou:

$$c_v=10 \text{ mm}$$

3.1 PŮSOBENÍ ZACHYCOVAČŮ, VŠEOBECNÉ USPOŘÁDÁNÍ

Součinitel rázu při působení zachycovačů dle ČSN EN 81-2 (tab. G.2): $k_1=3$

Součinitel rázu pomocných částí dle ČSN EN 81-2 (tab. G.2): $k_3=1,3$

Součinitel bezpečnosti vodítka dle ČSN EN 81-2 (tab. 4) pro poměrné prodložení $A_5=12\%$: $St=1,8$

Dovolené napětí vodítka dle ČSN EN 81-2 (čl. 10.1.2.1)

$$\sigma_{DOV} = R_m / St$$

$$\sigma_{DOV} = 205,5 \text{ Mpa}$$

3.1.1 VZPĚR

Vzpěrná síla způsobená klecí na vodítko

$$F_k = k_1 \cdot g_n \cdot (m_p + m_Q) / n_v \quad F_k = 27495,6 \text{ N}$$

Součinitel štíhlosti k ose x:

$$\lambda_x = l_k / i_x \quad \lambda_x = 51,91$$

Součinitel štíhlosti k ose y:

$$\lambda_y = l_k / i_y \quad \lambda_y = 72,19$$

Součinitel štíhlosti větší z vypočítaných:

$$\lambda = 72,19$$

Součinitel vzpěrnosti pro ocel s pevností v tahu $R_m = 370 \text{ Mpa}$:

$$\Omega = 1,44$$

Napětí od namáhání vzpěrem:

$$\sigma_k = (F_k + k_3 \cdot M) \cdot \Omega / A_v \quad \sigma_k = 24,7 \text{ Mpa}$$

V zatěžovacím případě „normální provoz“ a „působení bezpečnostních zařízení“ je jmenovité zatížení Q rozloženo rovnoměrně na $3/4$ užité plochy klece, které leží ve vztahu k vodítkům nejneprůzračněji dle ČSN EN 81-2 (příl. G.2.2).

3.1.2 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE X

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose x:

$$x_Q = x_c + (D_x / 8) \quad x_Q = 1014 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose y:

$$y_Q = y_c \quad y_Q = 0 \text{ mm}$$

3.1.2.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot x_Q + m_p \cdot x_p) / (n_v \cdot h) \quad F_x = 7890 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot y_Q + m_p \cdot y_p) / (n_v \cdot h) \quad F_y = 918,8 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x = 3 \cdot F_y \cdot l_k / (16 \cdot W_x) \quad \sigma_x = 10,7 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\text{Sigma}_y = 3 \cdot F_x \cdot l_K / (16 \cdot W_y) \quad \text{Sigma}_y = 176,8 \text{ MPa}$$

3.1.2.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\text{Sigma}_m = \text{Sigma}_x + \text{Sigma}_y \quad \text{Sigma}_m = 187,5 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{v \text{ DOV}} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\text{Sigma} = \text{Sigma}_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \text{Sigma} = 204,6 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{v \text{ DOV}} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\text{Sigma}_C = \text{Sigma}_K + 0,9 \cdot \text{Sigma}_m \quad \text{Sigma}_C = 193,5 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{v \text{ DOV}} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.2.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\text{Sigma}_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \text{Sigma}_F = 146,0 \text{ Mpa} < \text{Sigma}_{v \text{ DOV}} = 205,5 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.2.4 PRŮHYBY

Max. dovolené průhyby pro vodítka T-profilu (čl. 10.1.2.2) $\Delta_{v \text{ DOV}} = 5 \text{ mm}$

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 2,166 \text{ mm} < \Delta_{v \text{ DOV}} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,131 \text{ mm} < \Delta_{v \text{ DOV}} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.3 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE Y

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose x:

$$x_Q = x_c \quad x_Q = 845 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose y:

$$y_Q = y_c + (D_y / 8) \quad y_Q = 231 \text{ mm}$$

3.1.3.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot x_Q + m_p \cdot x_p) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_x = 6996,2 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot y_Q + m_p \cdot y_p) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_y = 3362,5 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x = 3 \cdot F_y \cdot l_K / (16 \cdot W_x) \quad \sigma_x = 39,0 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\sigma_y = 3 \cdot F_x \cdot l_K / (16 \cdot W_y) \quad \sigma_x = 156,7 \text{ MPa}$$

3.1.3.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \quad \sigma_m = 190,5 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\sigma = \sigma_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \sigma = 204,5 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \quad \sigma_c = 200,8 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.3.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\sigma_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \sigma_F = 129,4 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.1.3.4 PRŮHYBY

Max. dovolené průhyby pro vodítka T-profilu (čl. 10.1.2.2) $\Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm}$

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 1,920 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,480 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2 PŮSOBENÍ ZACHYCOVAČŮ, VŠEOBECNÉ USPOŘÁDÁNÍ

Součinitel rázu při normálním provozu-jíždě dle ČSN EN 81-2 (tab. G.2): $k_2 = 1,2$

Součinitel bezpečnosti vodítka dle ČSN EN 81-2 (tab. 4) pro poměrné prodložení $A_5 = 12\%$: $St = 2,25$

Dovolené napětí vodítka dle ČSN EN 81-2 (čl. 10.1.2.1)

3.2.1 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE X

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose x:

$$x_Q = x_c + (D_x / 8) \quad x_Q = 1014 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose y:

$$y_Q = y_c \quad y_Q = 0 \text{ mm}$$

3.2.1.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = k_2 \cdot g_n \cdot ((m_Q \cdot (x_Q - x_S) + m_p \cdot (x_p - x_S)) / (n \cdot v \cdot h)) \quad F_x = 3156,0 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_2 \cdot g_n \cdot ((m_Q \cdot (y_Q - y_S) + m_p \cdot (y_p - y_S)) / (n \cdot v \cdot h)) \quad F_y = 367,5 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x = 3 \cdot F_y \cdot l_K / (16 \cdot W_x) \quad \sigma_x = 4,3 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\sigma_y = 3 \cdot F_x \cdot l_K / (16 \cdot W_y) \quad \sigma_y = 70,7 \text{ MPa}$$

3.2.1.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \quad \sigma_m = 75,0 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\sigma = \sigma_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \sigma = 92,1 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \quad \sigma_c = 92,2 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2.1.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\sigma_f = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \sigma_f = 58,4 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2.1.4 PRŮHYBY

$$\text{Max. dovolené průhyby pro vodítka T-profilu (čl. 10.1.2.2)} \quad \Delta_{\text{DOV}} = 5 \text{ mm}$$

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta x = 0,866 \text{ mm} < \Delta v_{DOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta y = 0,052 \text{ mm} < \Delta v_{DOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2.2 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE Y

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose x:

$$x_Q = x_C \quad x_Q = 845 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení m_Q k vodítku v ose y:

$$y_Q = y_C + (D_y/8) \quad y_Q = 231 \text{ mm}$$

3.2.2.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = k_2 \cdot g_n \cdot ((m_Q \cdot (x_Q - x_S) + m_p \cdot (x_p - x_S)) / (n \cdot v \cdot h)) \quad F_x = 2798,5 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_2 \cdot g_n \cdot ((m_Q \cdot (y_Q - y_S) + m_p \cdot (y_p - y_S)) / (n \cdot v \cdot h)) \quad F_y = 1345 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x = 3 \cdot F_y \cdot l_K / (16 \cdot W_x) \quad \sigma_x = 15,6 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\sigma_y = 3 \cdot F_x \cdot l_K / (16 \cdot W_y) \quad \sigma_y = 62,7 \text{ MPa}$$

3.2.2.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \quad \sigma_m = 78,3 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\sigma = \sigma_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \sigma = 95,4 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\sigma_C = \sigma_K + 0,9 \cdot \sigma_m \quad \sigma_C = 95,2 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2.2.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\sigma_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \sigma_F = 51,8 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.2.2.4 PRŮHYBY

Max. dovolené průhyby pro vodítka T-profilu při normálním provozu-jízdě $\Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm}$

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 0,768 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,192 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.3 NORMÁLNÍ PROVOZ-NAKLÁDÁNÍ, VŠEOBECNÉ USPOŘÁDÁNÍ

Součinitel bezpečnosti vodítka dle ČSN EN 81-2 (tab. 4) pro poměrné prodložení $A_5 = 12\%$: $St = 2,25$
Dovolené napětí vodítka dle ČSN EN 81-2 (čl. 10.1.2.1)

$$\sigma_{vDOV} = R_m / St \quad \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ Mpa}$$

Zatížení středu prahu vstupu do klece pro výtahy s menší nosností než 2500 kg v obytných domech, správních budovách, hotelích a nemocnicích

$$F_s = 0,4 \cdot g_n \cdot m_Q \quad F_s = 3924 \text{ N}$$

Při uplatnění této síly na práh se uvažuje prázdná klec výtahu. U klecí s více než jedním vstupem se bere v úvahu jen zatížení na nejpříznivější straně.

Klecové dveře č. 1 :

Vzdálenost středu klec. dveří od osy vodítka v ose x: $x_1 = 0 \text{ mm}$

Vzdálenost středu klec. dveří od osy vodítka v ose y: $y_1 = 0 \text{ mm}$

Klecové dveře č. 2 :

Vzdálenost středu klec. dveří od osy vodítka v ose x: $x_2 = 995 \text{ mm}$

Vzdálenost středu klec. dveří od osy vodítka v ose y: $y_2 = 930 \text{ mm}$

3.3.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = g_n \cdot m_p \cdot (x_p - x_s) + F_s \cdot (x_1 + x_2 + x_s) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_x = 1544,0 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_2 \cdot g_n \cdot m_p \cdot (y_p - y_s) + F_s \cdot (y_1 + y_2 + y_s) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_y = 840,0 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\text{Sigma}_x = 3 \cdot F_y \cdot l_K / (16 \cdot W_x) \quad \text{Sigma}_x = 17,4 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\text{Sigma}_y = 3 \cdot F_x \cdot l_K / (16 \cdot W_y) \quad \text{Sigma}_y = 34,6 \text{ MPa}$$

3.3.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\text{Sigma}_m = \text{Sigma}_x + \text{Sigma}_y \quad \text{Sigma}_m = 52,0 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{\text{vDOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\text{Sigma} = \text{Sigma}_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \text{Sigma} = 69,1 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{\text{vDOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\text{Sigma}_C = \text{Sigma}_K + 0,9 \cdot \text{Sigma}_m \quad \text{Sigma}_C = 71,5 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{\text{vDOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.3.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\text{Sigma}_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \text{Sigma}_F = 28,6 \text{ Mpa} < \text{Sigma}_{\text{vDOV}} = 164,44 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

3.3.4 PRŮHYBY

Max. dovolené průhyby pro vodítka T-profilu při normálním provozu-jízdě $\Delta_{\text{vDOV}} = 3 \text{ mm}$

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 0,424 \text{ mm} < \Delta_{\text{vDOV}} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,120 \text{ mm} < \Delta_{\text{vDOV}} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4. NÁSTUPNÍ NOSNÍK PEVNÉ PODLAHY

Nástupní nosník je proveden z tenkostěnného profilu U 100x40x4 ČSN 42 6963, materiálu 11 373

Dovolené napětí (tab. 3 ČSN 27 4030): $\text{Sigma}_D = 96 \text{ Mpa}$

Kvadratický moment průřezu $J_x = 750000 \text{ mm}^4$

Ohybový modul průřezu $W_x = 18000 \text{ mm}^3$

Délka nástupního nosníku $l_6 = 1350 \text{ mm}$

Zatížení středu prahu během nakládání $F_s = 3924 \text{ N}$

Ohybové napětí:

$$\text{Sigma}_O = F_s \cdot l_6 / (4 \cdot W_x) \quad \text{Sigma}_O = 73,6 \text{ Mpa} < \text{Sigma}_D = 96 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Největší dovolená hodnota průhybu nosníku klece:

$$y_D=16 \cdot 10^{-3}$$

$$y_D=1,35 \text{ mm}$$

Průhyb nosníku:

$$y=Fs \cdot l^3 / (48 \cdot E \cdot J_x)$$

$$y=1,27 \text{ mm} < y_D=1,35 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5. HYDROMOTOR, HYDROGENERÁTOR A TLAKOVÉ VEDENÍ

5.1 Parametry hydromotoru

Typ hydromotoru: jednoduchý přímočarý hydromotor

5.1.1 Píst

Pevnost v tahu materiálu (Fe 52):

$$R_m=510 \text{ Mpa}$$

Mez kluzu:

$$R_{p02}=355 \text{ Mpa}$$

Modul pružnosti v tahu pístu:

$$E=206010 \text{ Mpa}$$

Rychlost zdvihu pístu:

$$v_p=v/\text{cm}$$

$$v_p=0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Celkové zatížení pístu:

$$m_{cp}=(c_m/n) \cdot (m_Q+m_P)+m_r+m_k$$

$$m_{cp}=3873,1 \text{ kg}$$

Zdvih pístu:

$$l_{zp}=(1/c_m) \cdot (H+h_1)$$

$$l_{zp}=8550 \text{ mm}$$

Vzpěrná délka pístu:

$$l_{pvz}=l_{zp}+h_2$$

$$l_{pvz}=8918 \text{ mm}$$

Vnější průměr pístu:

$$D=120 \text{ mm}$$

Tloušťka stěny pístu:

$$e_{kol}=10 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr pístu:

$$d=100 \text{ mm}$$

Navržený píst OMAR LIFT D=120 x 10-8550

Statický tlak:

$$p_{st}=3,8 \text{ Mpa}$$

Pracovní plocha pístu:

$$A_k=\pi \cdot D^2/4$$

$$A_k=11309 \text{ mm}^2$$

Průřez materiálu pístu:

$$A_n=\pi \cdot (D^2-d^2)/4$$

$$A_n=3456 \text{ mm}^2$$

Moment setrvačnosti průřezu pístu:

$$J_n=\pi \cdot (D^4-d^4)/64$$

$$J_n=5270000 \text{ mm}^4$$

Poloměr setrvačnosti pístu:

$$i_n = (J_n / A_n)^{1/2} \quad i_n = 39 \text{ mm}$$

$$\text{Hmotnost pístu:} \quad m_p = 241 \text{ kg}$$

5.1.2 Válec

$$\begin{aligned} \text{Pevnost v tahu materiálu (Fe 52):} & \quad R_m = 510 \text{ Mpa} \\ \text{Mez kluzu:} & \quad R_{p02} = 355 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vnější průměr válce:} & \quad D_1 = 159 \text{ mm} \\ \text{Tloušťka stěny válce:} & \quad e_{cyl} = 5 \text{ mm} \\ \text{Vnitřní průměr válce:} & \quad d_1 = 149 \text{ mm} \\ \text{Délka hlavy válce:} & \quad l_{FIXED} = 215 \text{ mm} \end{aligned}$$

Délka vysunutého pístu s válcem

$$l_p = 2 \cdot l_{zp} + l_{FIXED} \quad l_p = 17315 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Hmotnost pístu s válcem na 1 m zdvihu:} & \quad m_{pvl} = 46 \text{ kg} \\ \text{Hmotnost hlavy pístu:} & \quad m_{pvFIXED} = 47 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hmotnost pístu s válcem:

$$m_{pv} = m_{pvl} \cdot l_{zp} + m_{pvFIXED} \quad m_{pv} = 440,0 \text{ kg}$$

Hydraulický olej OH AM 68.

$$\begin{aligned} \text{Hustota oleje:} & \quad \rho_o = 880 \text{ kg.m}^3 \\ \text{Množství oleje na 1 m délky pístu:} & \quad V_{consumpt} = 11,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-1} \end{aligned}$$

Množství oleje ve válci při vysunutém pístu:

$$V_o = V_{consumpt} \cdot l_{zp} \quad V_o = 96,6 \text{ dm}^3$$

Hmotnost oleje ve válci při vysunutém pístu:

$$m_o = V_o \cdot \rho_o \quad m_o = 85,0 \text{ kg}$$

5.2 Parametry pohonné jednotky

$$\begin{aligned} \text{Výkon čerpadla:} & \quad P_c = 150 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \\ \text{Výkon motoru:} & \quad P = 14,7 \text{ kW} \\ \text{Max. statický tlak čerpadla:} & \quad p_{as} = 4,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Pro průtok čerpadla $P_c = 150 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ je použit bezpečnostní ventil VP 114 jmenovité světlosti 1 1/2“.

$$\begin{aligned} \text{Vnější průměr přívodní trubky do bezp. ventilu:} & \quad D_L = 35 \text{ mm} \\ \text{Tloušťka stěny trubky:} & \quad e_l = 2,5 \text{ mm} \\ \text{Množství oleje v nádrži max.:} & \quad V_{oilmax} = 210 \text{ dm}^3 \\ \text{Množství oleje v nádrži min.:} & \quad V_{oilmin} = 80 \text{ dm}^3 \\ \text{Jmenovitý proud pro napětí 400 V, 50 Hz:} & \quad I_n = 38 \text{ A} \end{aligned}$$

Záběrový proud:

$$I_z=1,4 \cdot I_n \qquad I_z=53,2 \text{ A}$$

$$\text{Hydraulická účinnost soustavy:} \qquad \eta_{\text{tah}}=0,95$$

Vypočtená rychlost klece:

$$v_v=\eta_{\text{tah}} \cdot (H+h_1) \cdot P_c/V_o \qquad v_v=0,42 \text{ m.s}^{-1}$$

5.3 Výpočet tlaku

Statický tlak při plném zatížení:

$$p=gn \cdot ((m_Q+m_P) \cdot (cm/n) + m_p + m_r + m_k) / A_k \qquad p=3,6 \text{ MPa}$$

Minimální statický tlak s prázdnou klecí:

$$p_{\text{min}}=gn \cdot (m_p \cdot (cm/n) + m_p + m_k) / A_k \qquad p_{\text{min}}=1,8 \text{ MPa}$$

Pro zajištění spolehlivé funkce při jízdě dolů nesmí min. hodnota statického tlaku klesnout pod hodnotu $p_{\text{smind}}=1,2 \text{ MPa}$ při předpokládané ztrátě tlaku $p_{\text{ztr}}=0,5 \text{ MPa}$.

$$p_{\text{min}}=1,8 \text{ MPa} > p_{\text{smind}}=1,2 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Dynamický tlak při plném zatížení a max. rychlosti:

$$p_d=p+p_{\text{ztr}} \qquad p_d=4,5 \text{ MPa}$$

Bezpečnostní tlakový ventil musí být umístěn mezi čerpadlem a zpětným ventilem. Hydraulická kapalina se musí vracet do nádrže. Bezpečnostní tlakový ventil musí být nastaven tak, aby omezil tlak na 140% tlaku při plném zatížení dle ČSN EN 81-2 (čl. 12.5.3).

Max. tlak omezovacího ventilu:

$$p_{\text{psi}}=1,4 \cdot p \qquad p_{\text{psi}}=5,04 \text{ MPa}$$

5.4 Výpočet na vzpěr

Výpočet na vzpěr musí být proveden na část s nejmenší vzpěrnou pevností.

Štíhlostní poměr pístu:

$$\lambda_{\text{pvdan}}=l_{\text{pvz}}/i_n \qquad \lambda_{\text{pvdan}}=228,6$$

Skutečná vzpěrná síla:

$$F_5=1,4 \cdot gn \cdot ((cm/n) \cdot (m_Q+m_P) + 0,64 \cdot m_p + m_k) \qquad F_5=54515 \text{ N}$$

Kritická vzpěrná síla (pro $\lambda > 100$):

$$F_{\text{kr}52}=(\pi^2 \cdot E \cdot J_n) / (2 \cdot l_{\text{pvz}}^2) \qquad F_{\text{kr}52}=67365 \text{ N}$$

$$F_5=54515 \text{ N} < F_{\text{kr}52}=67365 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5 Výpočet na přetlak

Přídavek na tloušťku stěny pístu a potrubí dle ČSN EN 81-2 (čl.12.2.1.1.3 a čl. 12.3.2.1): $e_{op}=0,5$ mm
Přídavek na tloušťku stěny válce dle ČSN EN 81-2 (čl.12.2.1.1.3): $e_{ov}=1$ mm

5.5.1 Tloušťka stěny pístu

Minimální dovolená tloušťka stěny pístu:

$$e_{koID} = ((2,3,1,7 \cdot p \cdot D) / (2 \cdot R_{p02})) + e_{op} \quad e_{koID} = 2,88 \text{ mm}$$

$$e_{kol} = 10 \text{ mm} \geq e_{koID} = 2,88 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.2 Tloušťka stěny válce

Minimální dovolená tloušťka stěny válce:

$$e_{cyID} = ((2,3,1,7 \cdot p \cdot D1) / (2 \cdot R_{p02})) + e_{ov} \quad e_{cyID} = 3,65 \text{ mm}$$

$$e_{cyl} = 5 \text{ mm} \geq e_{cyID} = 3,65 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.3 Tloušťka stěny trubky vedení před bezpečnostním ventilem

Mez kluzu: $R_{p02} = 235$ Mpa
Vnější průměr trubky: $DL = 35$ mm
Tloušťka stěny trubky: $e_i = 2,5$ mm

Minimální dovolená tloušťka stěny trubky:

$$e_{iD} = ((2,3,1,7 \cdot p \cdot DL) / (2 \cdot R_{p02})) + e_{op} \quad e_{iD} = 1,43 \text{ mm}$$

$$e_i = 2,5 \text{ mm} \geq e_{iD} = 1,43 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.4 Výpočet tloušťky základny válce

Mez kluzu: $R_{p02} = 355$ Mpa

Rovinná základna dna s odlehčovací drážkou.

Rozměry základny válce: $s1 = 5$ mm $e1 = 20$
 $Di = 142,4$ mm
 $h1 = 14$ mm
 $r1 = 6,5$ mm
 $u1 = 7,5$ mm

Podmínky odlehčení svarového švu:

$$r1 \geq 0,2 \cdot s1$$
$$6,5 \text{ mm} \geq 1 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$r1 \geq 5 \text{ mm}$$

$$6,5 \text{ mm} \geq 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$u1 \geq 1,5.s1$$

$$7,5 \text{ mm} \geq 7,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$h1 \geq u1 + r1$$

$$14 \text{ mm} \geq 14 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$e1 \geq ((0,4.Di.(2,3.1,7.p/ R_{p02})^{1/2}) + e_{ov})$$

$$20 \text{ mm} \geq 13,25 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$u1 \geq ((1,3.(Di/2-r1).(2,3.1,7.p/ R_{p02})) + e_{ov})$$

$$7,5 \text{ mm} \geq 4,89 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6. NOSNÉ PROSTŘEDKY

Použitá lana ČSN 02 4340.41 SEAL 6x(1+9+9)

Počet lan:	$n_r=4$
Průměr lana:	$d_r=12,5 \text{ mm}$
Jmenovitá únosnost lana:	$N_{jm}=99020 \text{ N}$
Zaručená únosnost lana:	$N_r=N_{jm}.0,75=74265 \text{ N}$
Hmotnost lan při délce H:	$m_r=58 \text{ kg}$
Průměr kladky:	$D_k=500 \text{ mm}$

$$\text{Součinitel bezpečnosti nosných lan: } k_{rdov}=12$$

6.1 Vypočtená bezpečnost nosných lan

Součinitel bezpečnosti je poměr mezi zaručenou únosností lana a největší silou v tomto lanu, stojí-li klec se jmenovitým zatížením v nejnižší stanici.

$$k_r=(n_r.N_r)/((m_Q+m_K+m_r).gn) \quad k_r=15,87 > k_{rdov}=12 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.2 Kontrola průměrů kladky a nosného lana

Poměr průměru kladky a nosného lana

$$D_k/d_r=40 \geq 40 \quad \text{dle ČSN EN 81-2 (čl. 9.2.1)} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

7. SÍLY PŮSOBÍCÍ NA PODLAHU PROHLUBNĚ

7.1 Svislé síly pod každým vodítkem při působení zachycovačů

Délka vodítka:	$l_v=22,0 \text{ m}$
Tíha vodítek: $B_{vs}=q_v.gn.l_v$	$B_{vs}=2719,3 \text{ N}$

Svislá síla pod každým vodítkem při působení zachycovačů:

$$B_v=B_{vs}+F_k \quad B_v=30215 \text{ N}$$

7.2 Svislé síly pod nárazníky klece

$$F_1 = 4 \cdot g_n \cdot (m_p + m_Q) \quad F_1 = 73322 \text{ N}$$

7.3 Síla působící pod hydromotorem (pístem)

$$F_{5p} = ((c_m/n) \cdot (m_p + m_Q) + m_r + m_{pv} + m_k + m_o) \cdot g_n \quad F_{5p} = 43145 \text{ N}$$

8. NÁRAZNÍKY AKUMULUJÍCÍ ENERGII

8. NÁRAZNÍKY AKUMULUJÍCÍ ENERGII

Jsou použity 2 pružinové nárazníky M3 (s lineární charakteristikou).

Maximální stlačení pružiny:	$h_{fpmax} = 132,73 \text{ mm}$
Síla jedné pružiny při max. stlačení:	$F_{p1max} = 26000 \text{ N}$
Počet pružin:	$i_p = 2$

Celkový možný zdvih nárazníků musí být minimálně dvojnásobkem dráhy zastavení s tíhovým zrychlením z rychlosti odpovídající 15% jmenovité rychlosti dle ČSN EN 81-2 (čl. 10.4.1.1.1).

$$h_{f1} = (1,15 \cdot v)^2 / g_n \quad h_{f1} = 53,5 \text{ mm} < h_{fpmax} = 132,73 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\text{Zdvih nesmí být v žádném případě menší než: } h_{f2} = 65 \text{ mm} < h_{fpmax} = 132,73 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Nárazníky se musí dimenzovat tak, aby tento zdvih dosáhly se statickým zatížením, které odpovídá 2,5 až 4 násobku hmotnosti klece zatížené jmenovitým zatížením (nebo hmotností vyrovnávacího závaží) dle ČSN EN 81-2 (čl. 10.4.1.1.2).

Statické zatížení 2,5 násobkem hm. Klece zatížené jmenovitým zatížením:

$$F_{KQ} = 2,5 \cdot g_n \cdot (m_Q + m_p) \quad F_{KQ} = 45826 \text{ N}$$

Síla od všech pružin při maximálním stlačení:

$$F_{pmax} = i_p \cdot F_{p1max} \quad F_{pmax} = 52000 \text{ N} > F_{KQ} = 45826 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vypracoval: Ing. Weiter Miroslav
Dne: 29.11.2003

