

## 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: 67/03

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 630/0,63
Jmenovité zatížení výtahu:	$m_Q=630$ kg
Hmotnost prázdné klece a rámu:	$m_K=750$ kg
Jmenovitá rychlost:	$v=0,63$ m.s <sup>-1</sup>
Zdvih výtahu:	H=16,6 m
Uspořádání pohonu:	nepřímý, vedle klece
Lanový převod:	$c_m=2$
Rám klece:	Wittur AHT8/C
Hmotnost kladky:	$m_K=44$ kg
Rezervní zdvih:	$h_1=500$ mm
Vzdálenost kladky od čela pístu:	$h_2=320$ mm
Počet pístu:	$n=1$
Parametry lana:	ČSN 02 4340.41 SEAL 6x(1+9+9)+vložka
Průměr lana:	$d_r=10$ mm
Hmotnost 1 m lana:	$q_r=0,37$ kg.m <sup>-1</sup>
Počet nosných lan:	$n_r=4$
Hmotnost la při délce H: $m_r=n_r \cdot q_r \cdot h$	$m_r=24,6$ kg
Vnější rozměr klece v ose x:	$D_x=1150$ mm
Vnější rozměr klece v ose y:	$D_y=1460$ mm
Světlá šířka klece:	$b=1100$ mm
Světlá hloubka klece:	$c=1400$ mm

### 2. UŽITNÁ PLOCHA KLECE

Užitná plocha klece

$$P_{uz}=b \cdot c$$

$$P_{uz}=1,54 \text{ m}^2$$

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

$$P_{uzmax}=1,66 \text{ m}^2$$

$$P_{uz}=1,54 \text{ m}^2 < P_{uzmax}=1,66 \text{ m}^2 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

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

Tíhové zrychlení:	$g_n=9,81$ ms <sup>-2</sup>
Hmotnost 1 m závěsného kabelu:	$q_{Trav}=0,45$ kg.m <sup>-1</sup>
Počet závěsných kabelů:	$n_{Trav}=4$

Hmotnost závěsných kabelů:

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

Hmotnost prázdné klece a závěsných kabelů:

$$m_p = m_K + m_{\text{Trav}} \quad m_p=768,54 \text{ kg}$$

### 3. VODÍTKA KLECE

Výpočet dle ČSN EN 81-2/99 (příl. G)

Svislá vzdálenost mezi vodičnými čelistmi:	$h=2678 \text{ mm}$
Max. vzdálenost mezi kotvami vodiček:	$l_K=1020 \text{ mm}$
Vzdálenost mezi vodičky:	$MV=1050 \text{ mm}$
Vzdálenost bodu závěsu klece k vodičku:	$TF=550 \text{ mm}$
Vzdálenost boční stěny klece od osy vodička:	$l_{vK}=140 \text{ mm}$

Vzdálenost středu klece k vodičku v ose x:

$$x_c = l_{vK} + (D_x/2) \quad x_c=715 \text{ mm}$$

Vzdálenost středu klece k vodičku v ose y:	$y_c=0 \text{ mm}$
Vzdálenost těžiště hmotnosti klece $m_p$ k vodičku v ose x:	$x_p=560 \text{ mm}$
Vzdálenost těžiště hmotnosti klece $m_p$ k vodičku v ose y:	$y_p=100 \text{ mm}$
Vzdálenost bodu závěsu klece k vodičku v ose x:	$x_s=0 \text{ mm}$

Vzdálenost bodu závěsu klece k vodičku v ose y:

$$y_s = TF - (MV/2) \quad y_s=25 \text{ mm}$$

Použity postavená vodička T 82/A-tažené za studena, profil 82x68x9 z oceli 11 375

Počet vodiček:	$n_v=2$
Mez pevnosti vodička:	$R_m=370 \text{ MPa}$
Modul pružnosti v tahu:	$E=2,1 \cdot 10^5 \text{ MPA}$
Plocha průřezu:	$A_v=1090 \text{ mm}^2$
Modul průřezu v ohybu kolem osy x:	$W_x=10200 \text{ mm}^3$
Modul průřezu v ohybu kolem osy y:	$W_y=7400 \text{ mm}^3$
Kvadratický moment průřezu k ose x:	$J_x=494000 \text{ mm}^4$
Kvadratický moment průřezu k ose y:	$J_y=305000 \text{ mm}^4$
Poloměr setrvačnosti k ose x:	$i_x=21,3 \text{ mm}$
Poloměr setrvačnosti k ose y:	$i_y=16,7 \text{ mm}$
Hmotnost vodička na 1 m délky:	$q_v=8,55 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
Tloušťka spojky mezi přírubou a stojinou:	$c_v=8 \text{ mm}$

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

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

$$\text{Sigma}_{v \text{ DOV}} = R_m / S_t$$

$$\text{Sigma}_{v \text{ DOV}} = 205,5 \text{ MPa}$$

### 3.1.1 VZPĚR

Vzpěrná síla způsobená klecí na vodičko

$$F_k = k_1 \cdot g_n \cdot (m_p + m_Q) / n_v$$

$$F_k = 20579,5 \text{ N}$$

Součinitel štíhlosti k ose x:

$$\text{Lambda}_x = l_k / i_x$$

$$\text{Lambda}_x = 47,9$$

Součinitel štíhlosti k ose y:

$$\text{Lambda}_y = l_k / i_y$$

$$\text{Lambda}_y = 61,1$$

Součinitel štíhlosti větší z vypočítaných:

$$\text{Lambda} = 61,1$$

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

$$\text{Omega} = 1,783$$

Napětí od namáhání vzpěrem:

$$\text{Sigma}_k = (F_k + k_3 \cdot M) \cdot \text{Omega} / A_v$$

$$\text{Sigma}_k = 33,66 \text{ MPa}$$

V zatěžovacím případě „normální provoz“ a „působení bezpečnostních zařízení“ je jmenovité zatížení  $Q$  rozloženo rovnoměrně na  $\frac{3}{4}$  užité plochy klece, které leží ve vztahu k vodičkům 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 vodičku v ose x:

$$x_Q = x_c + (D_x / 8)$$

$$x_Q = 858,75 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodičku v ose y:

$$y_Q = y_c$$

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

#### 3.1.2.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodičí čelisti v ose x:

$$F_x = k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot x_Q + m_p \cdot x_p) / (n_v \cdot h)$$

$$F_x = 5337,6 \text{ N}$$

Síla ve vodičí čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot y_Q + m_p \cdot y_p) / (n_v \cdot h)$$

$$F_y = 844,6 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\text{Sigma}_x = 3 \cdot F_y \cdot l_K / (16 \cdot W_x) \quad \text{Sigma}_x = 15,8 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\text{Sigma}_y = 3 \cdot F_x \cdot l_K / (16 \cdot W_y) \quad \text{Sigma}_y = 138,0 \text{ MPa}$$

### 3.1.2.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\text{Sigma}_m = \text{Sigma}_x + \text{Sigma}_y \quad \text{Sigma}_m = 153,8 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\text{Sigma} = \text{Sigma}_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \text{Sigma} = 172,7 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\text{Sigma}_c = \text{Sigma}_k + 0,9 \cdot \text{Sigma}_m \quad \text{Sigma}_c = 172,1 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.1.2.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\text{Sigma}_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \text{Sigma}_F = 154,3 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.1.2.4 PRŮHYBY

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

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 1,290 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_K^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,126 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.1.3 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE Y

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodítku v ose x:

$$x_Q = x_c \quad x_Q = 715 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodítku v ose y:

$$y_Q = y_c + (D_y / 8) \quad y_Q = 180 \text{ mm}$$

#### 3.1.3.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot x_Q + m_p \cdot x_p) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_x = 4840 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_1 \cdot g_n \cdot (m_Q \cdot y_Q + m_p \cdot y_p) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_y = 2090,8 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x = 3 \cdot F_y \cdot l_k / (16 \cdot W_x) \quad \sigma_x = 39,2 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\sigma_y = 3 \cdot F_x \cdot l_k / (16 \cdot W_y) \quad \sigma_y = 125,1 \text{ MPa}$$

### 3.1.3.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \quad \sigma_m = 164,3 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\sigma = \sigma_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \sigma = 183,2 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \quad \sigma_c = 181,5 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.1.3.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\sigma_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \sigma_F = 139,9 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 205,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 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:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_k^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 1,169 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_k^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,312 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 3.2 PŮSOBENÍ ZACHYCOVAČŮ, VŠEOBECNÉ USPOŘÁDÁNÍ

Součinitel rázu při normálním provozu-jízdě 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 vodička dle ČSN EN 81-2 (čl. 10.1.2.1)

$$\sigma_{\text{DOV}} = R_m / S_t$$

$$\sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa}$$

### 3.2.1 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE X

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodičku v ose x:

$$x_Q = x_c + (D_x / 8)$$

$$x_Q = 858,75 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodičku v ose y:

$$y_Q = y_c$$

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

#### 3.2.1.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodičí čelisti v ose x:

$$F_x = k_2 \cdot g_n \cdot ((m_Q \cdot (x_Q - x_s) + m_p \cdot (x_p - x_s)) / (n \cdot v \cdot h)) \quad F_x = 2135,0 \text{ N}$$

Síla ve vodičí čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_2 \cdot g_n \cdot ((m_Q \cdot (y_Q - y_s) + m_p \cdot (y_p - y_s)) / (n \cdot v \cdot h)) \quad F_y = 1807,4 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x = 3 \cdot F_y \cdot l_k / (16 \cdot W_x)$$

$$\sigma_x = 33,9 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\sigma_y = 3 \cdot F_x \cdot l_k / (16 \cdot W_y)$$

$$\sigma_y = 55,2 \text{ MPa}$$

#### 3.2.1.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y$$

$$\sigma_m = 89,1 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\sigma = \sigma_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v)$$

$$\sigma = 108,0 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m$$

vyhovuje

$$\sigma_c = 113,9 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow$$

#### 3.2.1.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodička:

$$\sigma_f = 1,85 \cdot F_x / c_v^2$$

$$\sigma_f = 61,7 \text{ MPa} < \sigma_{\text{DOV}} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.2.1.4 PRŮHYBY

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

Průhyb vodička v ose x:

$$\Delta_x=0,7.Fx.l_k^3/(48.E.J_y) \quad \Delta_x=0,516 \text{ mm} < \Delta_{vDOV}=5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodička v ose y:

$$\Delta_y=0,7.Fy.l_k^3/(48.E.J_x) \quad \Delta_y=0,270 \text{ mm} < \Delta_{vDOV}=5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.2.2 ZATÍŽENÍ VYCHÝLENO V OSE Y

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodičku v ose x:

$$x_Q=x_C \quad x_Q=715 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště jmenovitého zatížení  $m_Q$  k vodičku v ose y:

$$y_Q=y_C+(D_y/8) \quad y_Q=182,5 \text{ mm}$$

#### 3.2.2.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x=k_2.g_n.((m_Q.(x_Q-x_S)+m_p.(x_p-x_S))/(n_v.h)) \quad F_x=1936,0 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y=2.k_2.g_n.((m_Q.(y_Q-y_S)+m_p.(y_p-y_S))/(n_v.h)) \quad F_y=689,6 \text{ N}$$

Ohybové napětí k ose x:

$$\sigma_x=3.F_y.l_k/(16.W_x) \quad \sigma_x=13,0 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\sigma_y=3.F_x.l_k/(16.W_y) \quad \sigma_y=50,0 \text{ MPa}$$

#### 3.2.2.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\sigma_m=\sigma_x+\sigma_y \quad \sigma_m=63,0 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV}=164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\sigma=\sigma_m+((F_k+k_3.M)/A_v) \quad \sigma=81,9 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV}=164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \quad \sigma_c = 90,4 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.2.2.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\sigma_f = 1,85 \cdot F_x / c v^2 \quad \sigma_f = 55,96 \text{ MPa} < \sigma_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 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:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_k^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 0,468 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_k^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,103 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 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

$$F_s = 0,4 \cdot g_n \cdot m_Q \quad F_s = 2472,1 \text{ N}$$

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:  $x_2 = 865 \text{ mm}$

Vzdálenost středu klec. dveří od osy vodítka v ose y:  $y_2 = 775 \text{ mm}$

### 3.3.1 NAMÁHÁNÍ NA OHYB

Síla ve vodící čelisti v ose x:

$$F_x = g_n \cdot m_p \cdot (x_p - x_s) + F_s \cdot (x_1 + x_2 + x_s) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_x = 1187,5 \text{ N}$$

Síla ve vodící čelisti v ose y:

$$F_y = 2 \cdot k_2 \cdot g_n \cdot m_p \cdot (y_p - y_s) + F_s \cdot (y_1 + y_2 + y_s) / (n \cdot v \cdot h) \quad F_y = 622,6 \text{ N}$$



Ohybové napětí k ose x:

$$\text{Sigma}_x = 3 \cdot F_y \cdot l_k / (16 \cdot W_x) \quad \text{Sigma}_x = 11,7 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí k ose y:

$$\text{Sigma}_y = 3 \cdot F_x \cdot l_k / (16 \cdot W_y) \quad \text{Sigma}_y = 30,7 \text{ MPa}$$

### 3.3.2 KOMBINOVANÉ NAMÁHÁNÍ

Namáhání na ohyb:

$$\text{Sigma}_m = \text{Sigma}_x + \text{Sigma}_y \quad \text{Sigma}_m = 42,4 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Namáhání na ohyb a tlak:

$$\text{Sigma} = \text{Sigma}_m + ((F_k + k_3 \cdot M) / A_v) \quad \text{Sigma} = 61,3 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa}$$

Namáhání na ohyb a vzpěr:

$$\text{Sigma}_c = \text{Sigma}_k + 0,9 \cdot \text{Sigma}_m \quad \text{Sigma}_c = 71,8 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.3.3 NAMÁHÁNÍ PŘÍRUBY VODÍTKA NA OHYB

Místní namáhání v ohybu příruby vodítka:

$$\text{Sigma}_F = 1,85 \cdot F_x / c_v^2 \quad \text{Sigma}_F = 34,3 \text{ MPa} < \text{Sigma}_{vDOV} = 164,44 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 3.3.4 PRŮHYBY

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

Průhyb vodítka v ose x:

$$\Delta_x = 0,7 \cdot F_x \cdot l_k^3 / (48 \cdot E \cdot J_y) \quad \Delta_x = 0,287 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průhyb vodítka v ose y:

$$\Delta_y = 0,7 \cdot F_y \cdot l_k^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \quad \Delta_y = 0,093 \text{ mm} < \Delta_{vDOV} = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 4. NÁSTUPNÍ NOSNÍK PEVNÉ PODLAHY

Nástupní nosník je proveden z tenkostěnného profilu U 80x40x4 ČSN 42 6963, materiálu 11 373

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

Kvadratický moment průřezu  $J_x = 586922 \text{ mm}^4$

Ohybový modul průřezu  $W_x = 14673 \text{ mm}^3$

Délka nástupního nosníku  $l_6 = 1150 \text{ mm}$

Zatížení středu prahu během nakládání  $F_s = 2472,1 \text{ N}$

Ohybové napětí:

$$\text{Sigma}_O = F_s \cdot l_6 / (4 \cdot W_x) \quad \text{Sigma}_O = 48,4 \text{ MPa} < \text{Sigma}_D = 96 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Největší dovolená hodnota průhybu nosníku klece:

$$y_D = 16 \cdot 10^{-3} \qquad y_D = 1,15 \text{ mm}$$

Průhyb nosníku:

$$y = F_s \cdot l^3 / (48 \cdot E \cdot J_x) \qquad y = 0,636 \text{ mm} < y_D = 1,15 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## 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:  $R_{p0.2} = 355 \text{ Mpa}$   
Modul pružnosti v tahu pístu:  $E = 206010 \text{ Mpa}$

Rychlost zdvihu pístu:

$$v_p = v / \text{cm} \qquad v_p = 0,315 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Celkové zatížení pístu:

$$m_{cp} = (c_m / n) \cdot (m_Q + m_p) + m_r + m_k \qquad m_{cp} = 2865,7 \text{ kg}$$

Zdvih pístu:

$$l_{zp} = (1 / \text{cm}) \cdot (H + h_1) \qquad l_{zp} = 8550 \text{ mm}$$

Vzpěrná délka pístu:

$$l_{pvz} = l_{zp} + h_2 \qquad l_{pvz} = 8870 \text{ mm}$$

Vnější průměr pístu:  $D = 110 \text{ mm}$   
Tloušťka stěny pístu:  $e_{koj} = 10 \text{ mm}$   
Vnitřní průměr pístu:  $d = 90 \text{ mm}$

Navržený píst OMAR LIFT D=110 x 7,5-8550

Statický tlak:  $p_{st} = 3,8 \text{ Mpa}$   
Hmotnost pístu na 1 m zdvihu:  $m_{pl} = 24,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$   
Hmotnost hlavy pístu:  $m_f = 39 \text{ kg}$

Hmotnost pístu:

$$m_p = l_{zp} \cdot m_{pl} + m_f \qquad m_p = 250,2 \text{ kg}$$

Pracovní plocha pístu:

$$A_k = \pi \cdot D^2 / 4 \quad A_k = 9503,3 \text{ mm}^2$$

Průřez materiálu pístu:

$$A_n = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 \quad A_n = 3141,6 \text{ mm}^2$$

Moment setrvačnosti průřezu pístu:

$$J_n = \pi \cdot (D^4 - d^4) / 64 \quad J_n = 3966260,7 \text{ mm}^4$$

Poloměr setrvačnosti pístu:

$$i_n = (J_n / A_n)^{1/2} \quad i_n = 35,5 \text{ mm}$$

### 5.1.2 Válec

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

Vnější průměr válce:  $D_1 = 152,4 \text{ mm}$   
Tloušťka stěny válce:  $e_{\text{cyl}} = 5 \text{ mm}$   
Vnitřní průměr válce:  $d_1 = 142,4 \text{ mm}$   
Délka hlavy válce:  $l_{\text{FIXED}} = 215 \text{ mm}$

Délka vysunutého pístu s válcem

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

Hmotnost pístu s válcem na 1 m zdvihu:  $m_{\text{pvl}} = 43,0 \text{ kg}$   
Hmotnost hlavy pístu s válcem:  $m_{\text{pvlFIXED}} = 39,0 \text{ kg}$

Hmotnost pístu s válcem:

$$m_{\text{pv}} = m_{\text{pvl}} \cdot l_{\text{zp}} + m_{\text{pvlFIXED}} \quad m_{\text{pv}} = 407 \text{ kg}$$

Hydraulický olej OH AM 68.

Hustota oleje:  $\rho_o = 880 \text{ kg.m}^{-3}$   
Množství oleje na 1 m délky pístu:  $V_{\text{consumpt}} = 9,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-1}$

Množství oleje ve válci při vysunutém pístu:

$$V_o = V_{\text{consumpt}} \cdot l_{\text{zp}} \quad V_o = 81,2 \text{ dm}^3$$

Hmotnost oleje ve válci při vysunutém pístu:

$$m_o = V_o \cdot \rho_o \quad m_o = 71,5 \text{ kg}$$

### 5.2 Parametry pohonné jednotky

Výkon čerpadla:  $P_c = 180 \text{ l.min}^{-1}$   
Výkon motoru:  $P = 14,7 \text{ kW}$   
Max. statický tlak čerpadla:  $p_{\text{as}} = 4,5 \text{ MPa}$

Pro průtok čerpadla  $P_c=180 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  je použit bezpečnostní ventil VP 112 jmenovité světlosti 1 1/2“.

Vnější průměr přívodní trubky do bezp. ventilu:  $DL=42 \text{ mm}$

Tloušťka stěny trubky:  $e_l=3 \text{ mm}$   
Množství oleje v nádrži max.:  $V_{oilmax}=450 \text{ dm}^3$   
Množství oleje v nádrži min.:  $V_{oilmin}=130 \text{ dm}^3$   
Jmenovitý proud pro napětí 400 V, 50 Hz:  $I_n=38 \text{ A}$

Záběrový proud:

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

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

Vypočtená rychlost klece:

$v_v=\eta_{tah}\cdot(H+h_1)\cdot P_c/V_o$   $v_v=0,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

### 5.3 Výpočet tlaku

Statický tlak při plném zatížení:

$p=gn\cdot((m_Q+m_p)\cdot(cm/n)+m_p+m_r+m_k)/A_k$   $p=3,13 \text{ MPa}$

Minimální statický tlak s prázdnou klecí:

$p_{smin}=gn\cdot(m_p\cdot(cm/n)+m_p+m_k)/A_k$   $p_{smin}=1,81 \text{ MPa}$

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

$p_{smin}=1,81 \text{ MPa} > p_{smind}=1,2 \text{ MPa} \Rightarrow$  vyhovuje

Dynamický tlak při plném zatížení a max. rychlosti:

$p_d=p+p_{ztr}$   $p_d=3,63 \text{ MPa}$

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:

$p_{si}=1,4\cdot p$   $p_{si}=4,38 \text{ MPa}$

### 5.4 Výpočet na vzpěr

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

Štíhlostní poměr pístu:

$$\lambda_{n} = l_{pvz} / i_n \qquad \lambda_{n} = 240,8$$

Skutečná vzpěrná síla:

$$F_5 = 1,4 \cdot g_n \cdot ((cm/n) \cdot (m_Q + m_p) + 0,64 \cdot m_p + m_k) \qquad F_5 = 40553 \text{ N}$$

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

$$F_{kr52} = (\pi^2 \cdot E \cdot J_n) / (2 \cdot l_{pvz}^2) \qquad F_{kr52} = 51250 \text{ N}$$

$$F_5 = 40553 \text{ N} < F_{kr52} = 51250 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

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

#### 5.5.1 Tloušťka stěny pístu

Minimální dovolená tloušťka stěny pístu:

$$e_{koID} = ((2,3,1,7 \cdot p \cdot D) / (2 \cdot R_{p02})) + e_{op} \qquad e_{koID} = 2,396 \text{ mm}$$

$$e_{kol} = 7,5 \text{ mm} \geq e_{koID} = 2,396 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### 5.5.2 Tloušťka stěny válce

Minimální dovolená tloušťka stěny válce:

$$e_{cyID} = ((2,3,1,7 \cdot p \cdot D1) / (2 \cdot R_{p02})) + e_{ov} \qquad e_{cyID} = 3,627 \text{ mm}$$

$$e_{cyl} = 5 \text{ mm} \geq e_{cyID} = 3,627 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### 5.5.3 Tloušťka stěny trubky vedení před bezpečnostním ventilem

Mez kluzu:  $R_{p02} = 235 \text{ Mpa}$   
Vnější průměr trubky:  $DL = 42 \text{ mm}$   
Tloušťka stěny trubky:  $e_i = 3 \text{ mm}$

Minimální dovolená tloušťka stěny trubky:

$$e_{iD} = ((2,3,1,7 \cdot p \cdot DL) / (2 \cdot R_{p02})) + e_{op} \qquad e_{iD} = 1,593 \text{ mm}$$

$$e_i = 3 \text{ mm} \geq e_{iD} = 1,593 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### 5.5.4 Výpočet tloušťky základny válce

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

Rovinná základna dna s odlehčovací drážkou.

Rozměry základny válce:  $s1 = 5 \text{ mm}$   $e1 = 20$

$$\begin{array}{ll} D_i=142,4 \text{ mm} & r_1=6,5 \text{ mm} \\ u_1=7,5 \text{ mm} & h_1=14 \text{ mm} \end{array}$$

Podmínky odlehčení svarového švu:

$$\begin{array}{l} r_1 \geq 0,2 \cdot s_1 \\ 6,5 \text{ mm} \geq 1 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} r_1 \geq 5 \text{ mm} \\ 6,5 \text{ mm} \geq 5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} u_1 \geq 1,5 \cdot s_1 \\ 7,5 \text{ mm} \geq 7,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} h_1 \geq u_1 + r_1 \\ 14 \text{ mm} \geq 14 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} e_1 \geq ((0,4 \cdot D_i \cdot (2,3 \cdot 1,7 \cdot p / R_{p02})^{1/2}) + e_{ov}) \\ 20 \text{ mm} \geq 11,58 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} u_1 \geq ((1,3 \cdot (D_i/2 - r_1) \cdot (2,3 \cdot 1,7 \cdot p / R_{p02})) + e_{ov}) \\ 7,5 \text{ mm} \geq 3,9 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

## 6. NOSNÉ PROSTŘEDKY

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

Počet lan:	$n_r=4$
Průměr lana:	$d_r=10 \text{ mm}$
Jmenovitá únosnost lana:	$N_{jm}=63490 \text{ N}$
Zaručená únosnost lana:	$N_r=N_{jm} \cdot 0,75=47617,5 \text{ N}$
Hmotnost lan při délce H:	$m_r=24,6 \text{ kg}$
Průměr kladky:	$D_k=400 \text{ mm}$
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.

$$k_r=(n_r \cdot N_r)/((m_Q+m_K+m_r) \cdot g_n) \quad k_r=13,823 > k_{rdov}=12 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

### 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 vodičkem při působení zachycovačů

Délka vodička:	$l_v=22,0 \text{ m}$
Tíha vodiček: $B_{vs}=q_v \cdot g_n \cdot l_v$	$B_{vs}=1845 \text{ N}$

Svislá síla pod každým vodítkem při působení zachycovačů:

$$B_v = B_{vs} + F_k \quad B_v = 22425 \text{ N}$$

7.2 Svislé síly pod nárazníky klece

$$F_1 = 4 \cdot g_n \cdot (m_p + m_Q) \quad F_1 = 54878,7 \text{ N}$$

7.3 Síla působící pod hydromotorem (pístem)

$$F_{5p} = ((c_m/n) \cdot (m_p + m_Q) + m_r + m_{pv} + m_k + m_o) \cdot g_n \quad F_{5p} = 32373,8 \text{ N}$$

## 8. NÁRAZNÍKY AKUMULUJÍCÍ ENERGII

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

Maximální stlačení pružiny:	$h_{fp_{max}} = 132,73 \text{ mm}$
Síla jedné pružiny při max. stlačení:	$F_{p1_{max}} = 26000 \text{ N}$
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).

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

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

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).

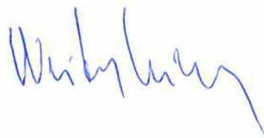
Statické zatížení 2,5 násobkem hm. Klece zatížené jmenovitým zatížením:

$$F_{KQ} = 2,5 \cdot g_n \cdot (m_Q + m_p) \quad F_{KQ} = 34300 \text{ N}$$

Síla od všech pružin při maximálním stlačení:

$$F_{p_{max}} = i_p \cdot F_{p1_{max}} \quad F_{p_{max}} = 52000 \text{ N} > F_{KQ} = 34300 \text{ N} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vypracoval: Ing. Weiter Miroslav



Dne: 29.11.2003