

Statični izračun

## **Drsna Zapornica A<sub>5</sub>**

Konstrukcija

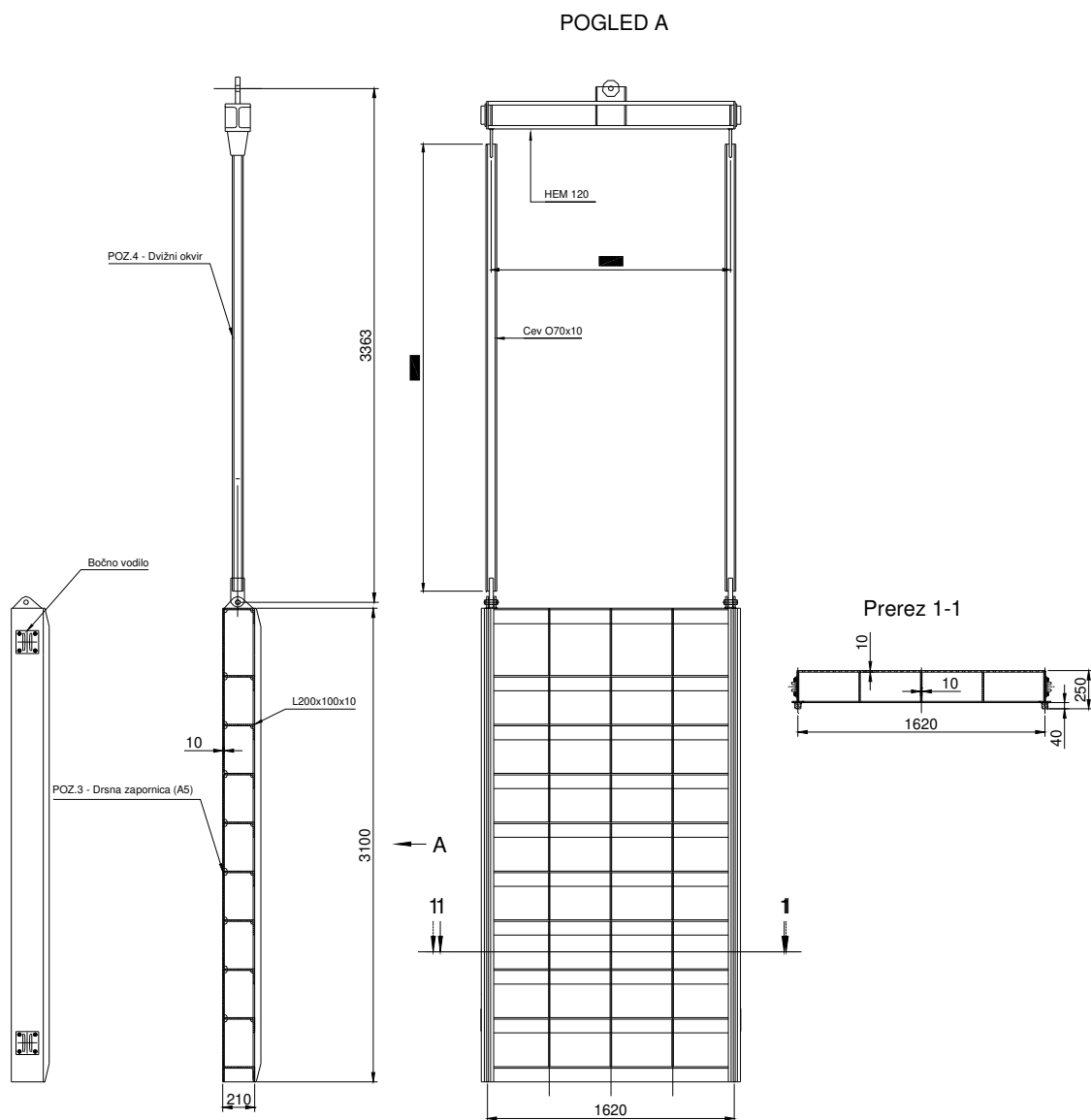
## KAZALO

<b>1.0</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2.0</b>	<b>DOPUSTNE NAPETOSTI .....</b>	<b>4</b>
<b>3.0</b>	<b>OBREMENITEV .....</b>	<b>4</b>
<b>4.0</b>	<b>STATIČNE VREDNOSTI GLAVNEGA NOSILCA.....</b>	<b>5</b>
<b>5.0</b>	<b>NAPETOSTI .....</b>	<b>6</b>
<b>6.0</b>	<b>ZAJEZNA PLOČEVINA .....</b>	<b>7</b>
6.1	LOKALNE NAPETOSTI .....	7
6.2	PRIMERJALNE NAPETOSTI .....	7
<b>7.0</b>	<b>POVES.....</b>	<b>8</b>
<b>8.0</b>	<b>SILE DVIGANJA IN SPUŠČANJA ZAPORNICE .....</b>	<b>9</b>
8.1	DVIGOVANJE.....	9
8.2	SPUŠČANJE .....	9
<b>9.0</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>10</b>

## 1.0 UVOD

Zapornica A<sub>5</sub> je drsnega tipa in je namenjena za usmerjanje dotoka vode v odvzemni objekt. Zapira odprtino svetlih dimenzij B x H= 1,5 m x 3,0 m. Zapornica je tesnjena gorvodno. Zaježna stena je izdelana iz nerjavne pločevine X5CrNi1810 debeline t = 12 mm, obdelane na 10 mm. Odpira se navzdol tako, da se voda preliva s prosto gladino preko zgornjega roba zapornice v odvzemni objekt. Opremljena je z lastnim elektromotornim vrvnim pogonom. Glavne dimenzije zapornice so prikazane na sl. 1.

### DRSNA ZAPORNICA A5



Slika 1

## 2.0 DOPUSTNE NAPETOSTI

$$\sigma_{dop} = \frac{f_y}{\gamma_F \cdot \gamma_M}$$

$$\tau_{dop} = \frac{\sigma_{dop}}{\sqrt{3}}$$

$f_y$  ..... meja plastičnosti

$\lambda_F = 1,35$  ..... faktor obremenitve

$\gamma_M = 1,1$  ..... faktor materiala

Za jeklo X5CrNi 18 10,  $f_y = 195 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{dop} = \frac{195}{1,35 \cdot 1,1} = 130 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{130}{\sqrt{3}} = 75 \text{ N/mm}^2$$

Za jeklo S235 J2,  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{dop} = \frac{235}{1,35 \cdot 1,1} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{dop} = \frac{158}{\sqrt{3}} = 91 \text{ N/mm}^2$$

## 3.0 OBREMENITEV

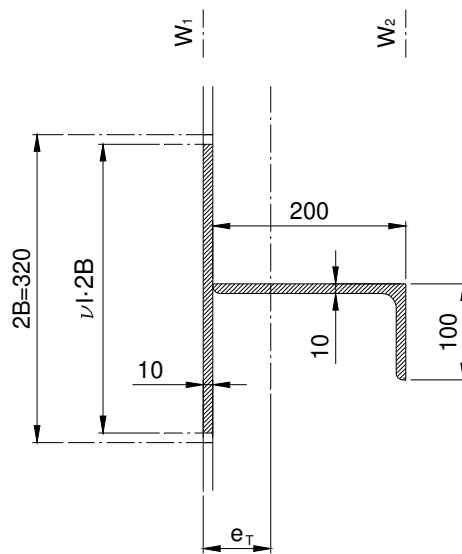
Maksimalni vodni pritisk  $p_{\max}$ , ki deluje na zapornico  $A_5$  je:

$$p_{\max} = K_V - K_P = 100,5 - 80,0 = 20,5 \text{ m v.s.}$$

$K_V = 100,5 \text{ m}$  ..... kota vode

$K_P = 80,0 \text{ m}$  ..... kota praga zapornice  $A_5$

#### 4.0 STATIČNE VREDNOSTI GLAVNEGA NOSILCA



Slika 2

$$\frac{L}{B} = \frac{1620 \cdot 2}{320} = 10,1 \rightarrow \nu_l = 0,94$$

$$\nu_l \cdot 2B = 0,94 \cdot 320 = 300 \text{ mm}$$

$$A = 320 \cdot 10 + 2920 = 6120 \text{ mm}^2$$

$$e_T = \frac{320 \cdot 10 \cdot 5 + 2920 \cdot 140,7}{6120} = 70 \text{ mm}$$

$$I = 320 \cdot 10 \cdot 65^2 + 2920 \cdot 70,7^2 + 1220 \cdot 10^4 = 4,032 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_1 = \frac{4,032 \cdot 10^7}{70} = 5,760 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = \frac{4,032 \cdot 10^7}{140} = 2,880 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$A_{str} = (200 + 30) \cdot 10 = 1700 \text{ mm}^2$$

## 5.0 NAPETOSTI

$$\sigma_1 = -\frac{M}{W_1} = -\frac{2,152 \cdot 10^7}{5,760 \cdot 10^5} = -37,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M}{W_2} = \frac{2,152 \cdot 10^7}{2,880 \cdot 10^5} = 74,7 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{Q}{A_{str}} = \frac{5,314 \cdot 10^4}{1700} = 31,3 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} = 91 \text{ N/mm}^2$$

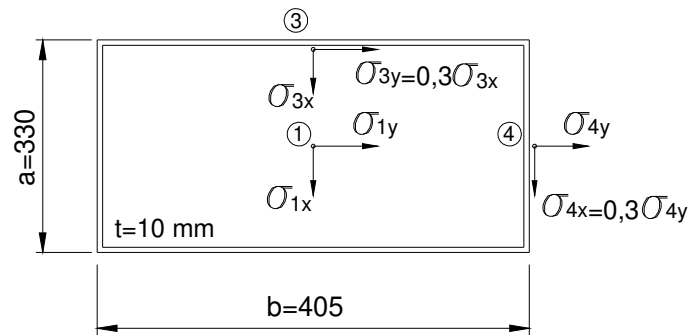
$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{65,6 \cdot 1620^2}{8} = 2,152 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$q = p \cdot 2B = 0,205 \cdot 320 = 65,6 \text{ N/mm}^2$$

$$Q = \frac{q \cdot L}{2} = \frac{65,6 \cdot 1620}{2} = 5,314 \cdot 10^4 \text{ N}$$

## 6.0 ZAJEZNA PLOČEVINA

### 6.1 Lokalne napetosti



Slika 3

$$\frac{b}{a} = \frac{405}{330} = 1,23$$

$$p = 20,5 \text{ m v.s}$$

$$\sigma_{1x} = \frac{18,8 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \pm 42,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{1y} = \frac{13,5 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \pm 30,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3x} = \frac{40,3 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \mu 90 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3y} = 0,3 \cdot \sigma_{3x} = \mu 0,3 \cdot 90 = \mu 27,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{4x} = 0,3 \cdot \sigma_{4y} = \mu 0,3 \cdot 75,7 = \mu 22,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{4y} = \frac{33,9 \cdot 0,205 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \mu 75,7 \text{ N/mm}^2$$

### 6.2 Primerjalne napetosti

$$\sigma_{pr} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y}$$

v točki 1:

$$\sigma_{pr} = \sqrt{42,0^2 + 67,5^2 - 42,0 \cdot 67,5} = 59,0 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x = \sigma_{1x} = \pm 42,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \sigma_1 + \sigma_y = \pm 30,1 - 37,4 = -7,3 (-67,5) \text{ N/mm}^2$$

v točki 3:

$$\sigma_{pr} = \sqrt{90,0^2 + 10,4^2 + 90,0 \cdot 10,4} = 95,6 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x = \sigma_{3x} = \mu 90,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \sigma_{3y} + \sigma_1 = \mu 27,0 - 37,4 = -64,4(-10,4) \text{ N/mm}^2$$

v točki 4:

$$\sigma_{pr} = \sqrt{22,7^2 + 113,1^2 - 22,7 \cdot 113,1} = 104 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x = \sigma_{4x} = \mu 22,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \sigma_{4y} + \sigma_1 = \mu 75,7 - 37,4 = -113,1(38,3) \text{ N/mm}^2$$

## 7.0 Poves

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 E \cdot I} = \frac{5 \cdot 65,6 \cdot 1620^4}{386 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 4,032 \cdot 10^7} = 0,7 \text{ mm}$$



## 8.0 SILE DVIGANJA IN SPUŠČANJA ZAPORNICE

### 8.1 Dvigovanje

$$F_{dv} = f \cdot (G_z + G_o + \Sigma F_{tr}) = 1,25 \cdot (12,0 + 3,0 + 10,93) = 32,4 \text{ kN}$$

$$f = 1,25 \text{ .....varnostni faktor}$$

$$G_z = 12,0 \text{ kN .....teža zapornice}$$

$$G_o = 3,0 \text{ kN .....teža okvirja}$$

Trenje v tesnilih zaradi prednapetja gume ( $F_{tr,t}$ ):

$$F_{tr,t} = \mu_t \cdot 2 \cdot (h_t + b_t) \cdot f_{pr} = 0,23 \cdot 2 \cdot (305 + 160) \cdot 2 = 428 \text{ daN} = 4,28 \text{ kN}$$

$$\mu_t = 0,23 \text{ .....koeficient trenja v TCT tesnilih}$$

$$f_{pr} = 2 \text{ daN / cm .....sila prednapetja tesnil}$$

Trenje v drsnih letvah zaradi prednapetja gume ( $F_{tr,l}$ ):

$$F_{tr,l} = \mu_l \cdot 2 \cdot (h_t + b_t) \cdot f_{pr} = 0,20 \cdot 2 \cdot (305 + 160) \cdot 2 = 372 \text{ daN} = 3,72 \text{ kN}$$

$$\mu_l = 0,20 \text{ .....koeficient trenja v drsnih letvah}$$

Trenje zaradi difference vodnih gladin  $\Delta h = 30 \text{ cm}$

$$F_{tr,\Delta h} = \mu_l \cdot R = 0,20 \cdot 1464 = 293 \text{ daN} = 2,93 \text{ kN}$$

$$R = \Delta p \cdot h_t \cdot b_t = 0,03 \cdot 305 \cdot 160 = 1464 \text{ daN}$$

$$\Sigma F_{tr} = F_{tr,t} + F_{tr,l} + F_{tr,\Delta p} = 4,28 + 3,72 + 2,93 = 10,93 \text{ kN}$$

### 8.2 Spuščanje

Za varno spuščanje zapornice mora biti izpolnjen pogoj:

$$G_z + G_o - 1,25 \cdot \Sigma F_{tr} > 0$$

$$12,0 + 3,0 - 1,25 \cdot 10,93 = 1,3 > 0$$

Kljub temu, da je pogoj izpolnjen se priporoča, da se regulacija zapornic prilagodi na maksimalno difference vodnih gladin  $\Delta h_{\max} = 10 \text{ cm}$

## 9.0 LITERATURA

- (1) Strojniški priročnik, B. Kraut, Ljubljana 1987
- (2) DIN 19704, 19705, September 1976  
DIN 19704-1, DIN 19704-2, DIN 19704-3, Avgust 1996
- (3) SIST EN 10025, SIST EN 10088, SIST EN 10083

Izdelal: Satler Borut, univ.dipl.inž.grad.

Čistopis: Martin Cmrekar univ.dipl.inž.str.

Ljubljana, Februar 2018