

Statični izračun

Drsne Zapornice A_1 , A_2 , A_3 in A_4

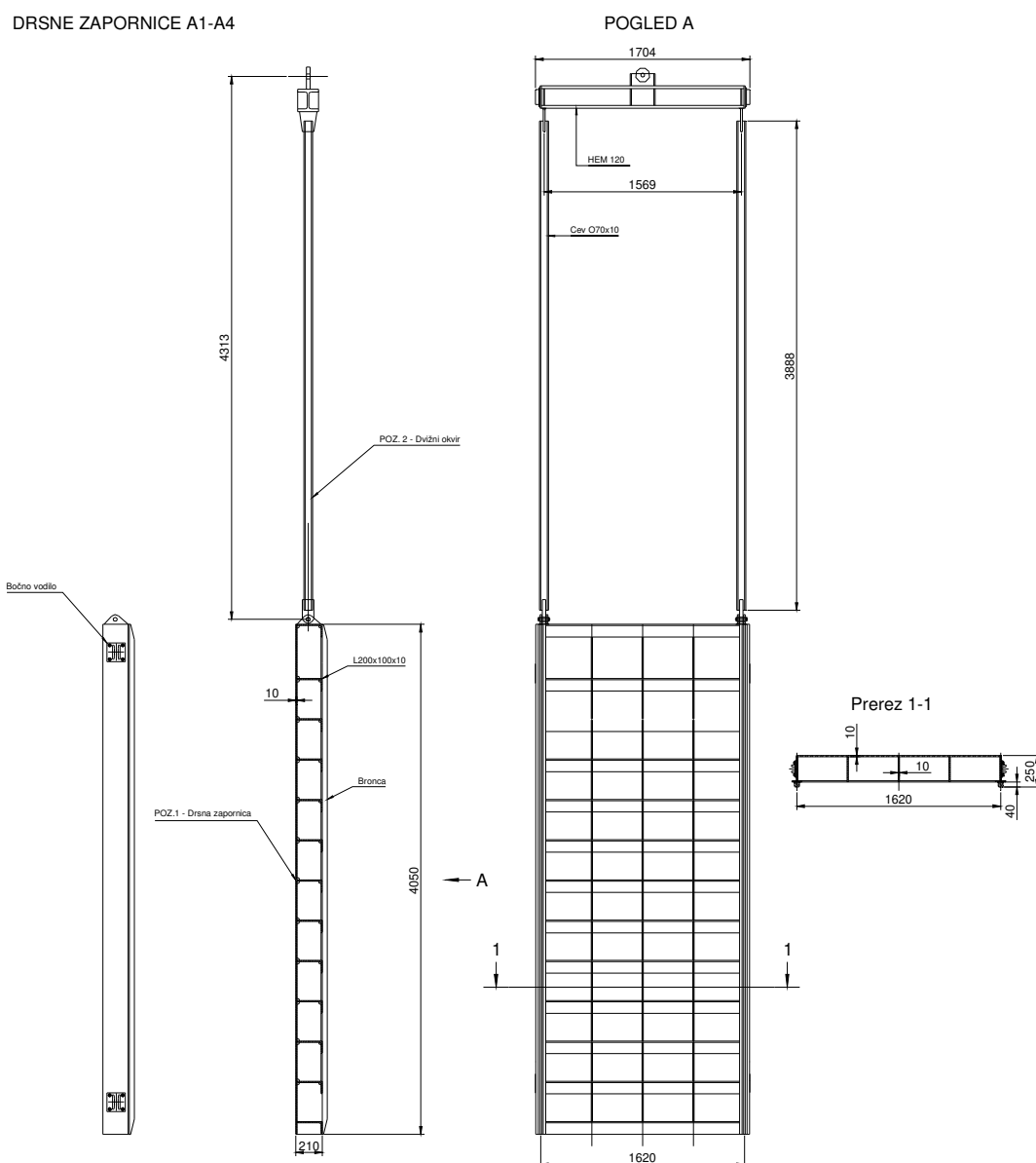
Konstrukcija

KAZALO

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

1.0 UVOD

Zapornice A₁, A₂, A₃ in A₄ so drsnega tipa in so namenjene za usmerjanje dotoka vode v odzemni objekt. Vse zapornice so enake in zapirajo odprtine svetlih dimenzij B x H= 1,5 m x 3,95 m. Nameščene so po višini vtočnega objekta. Zapornice so tesnjene gorvodno. Zajezna stena je izdelana iz nerjavne pločevine X5CrNi1810 debeline t = 12 mm, obdelane na 10 mm. Odpirajo se navzdol tako, da se voda preliva s prosto gladino preko zgornjega roba zapornice v odzemni objekt. Vsaka zapornica je opremljena z lastnim elektromotornim vrvnim pogonom. Glavne dimenzije zapornice so prikazane na sl. 1.



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

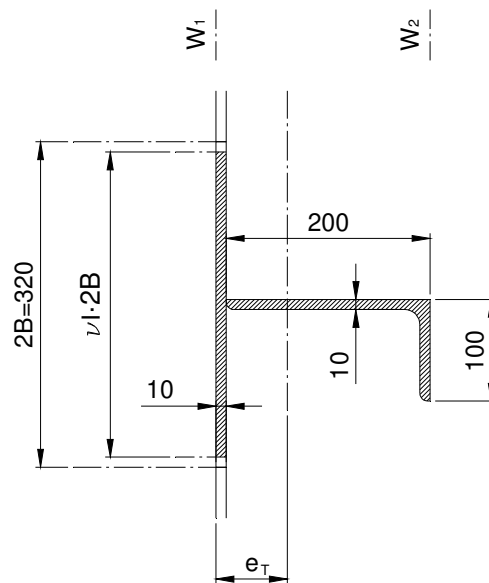
Maksimalni vodni pritisk p_{\max} , ki deluje na spodnjo, najbolj obremenjeno zapornico A4 je:

$$p_{\max} = K_V - K_P = 100,5 - 83,0 = 17,5 \text{ m v.s.}$$

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

$K_P = 83,0 \text{ m}$ kota praga zapornice A4

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

$$\sigma_1 = -\frac{M}{W_1} = -\frac{1,837 \cdot 10^7}{5,760 \cdot 10^5} = -31,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M}{W_2} = \frac{1,837 \cdot 10^7}{2,880 \cdot 10^5} = 63,8 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{Q}{A_{str}} = \frac{4,526 \cdot 10^4}{1700} = 26,7 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop} = 91 \text{ N/mm}^2$$

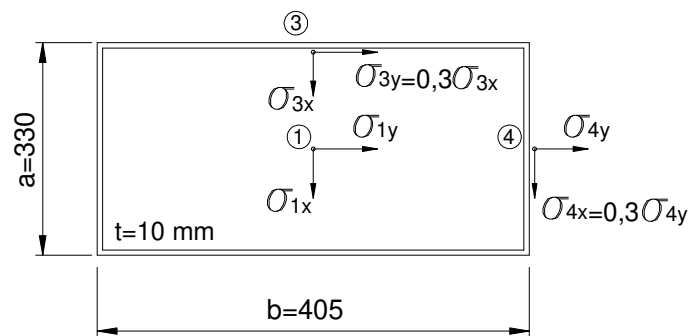
$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{56 \cdot 1620^2}{8} = 1,837 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$q = p \cdot 2B = 0,178 \cdot 320 = 56 \text{ N/mm}^2$$

$$Q = \frac{q \cdot L}{2} = \frac{56 \cdot 1620}{2} = 4,536 \cdot 10^4 \text{ N}$$

6.0 ZAJEZNA PLOČEVINA

6.1 Lokalne napetosti



Slika 3

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

$$p = 17,5 \text{ m v.s}$$

$$\sigma_{1x} = \frac{18,8 \cdot 0,175 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \pm 35,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{1y} = \frac{13,5 \cdot 0,175 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \pm 25,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3x} = \frac{40,3 \cdot 0,175 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \mu 76,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{3y} = 0,3 \cdot \sigma_{3x} = \mu 23,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{4x} = 0,3 \cdot \sigma_{4y} = \mu 19,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{4y} = \frac{33,9 \cdot 0,175 \cdot 330^2}{100 \cdot 10^2} = \mu 64,6 \text{ N/mm}^2$$

6.2 Primerjalne napetosti

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

v točki 1:

$$\sigma_{pr} = \sqrt{35,8^2 + 57,6^2 - 35,8 \cdot 57,6} = 50,4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x = \sigma_{1x} = \pm 35,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \sigma_1 \pm \sigma_{1y} = -31,9 \pm 25,7 = -6,2 (-57,6) \text{ N/mm}^2$$

v točki 3:

$$\sigma_{pr} = \sqrt{76,8^2 + 8,9^2 + 76,8 \cdot 8,9} = 81,6 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x = \sigma_{3x} = \mu 76,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \sigma_1 \pm \sigma_{3y} = -31,9 \mu 23,0 = -54,9 (-8,9) \text{ N/mm}^2$$

v točki 4:

$$\sigma_{pr} = \sqrt{19,4^2 + 96,5^2 - 19,4 \cdot 96,5} = 88,4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pr,dop} = 158 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x = \sigma_{4x} = \mu 19,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = \sigma_1 \pm \sigma_{4y} = -31,9 \mu 64,6 = -96,5 (32,7) \text{ N/mm}^2$$

7.0 POTES

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 E \cdot I} = \frac{5 \cdot 56 \cdot 1620^4}{386 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 4,032 \cdot 10^7} = 0,6 \text{ mm}$$

8.0 SILE DVIGANJA IN SPUŠČANJA ZAPORNIC

8.1 Dvigovanje

$$F_{dv} = f \cdot (G_z + G_o + \Sigma F_{tr}) = 1,25 \cdot (16,5 + 3,2 + 13,61) = 41,6 \text{ kN}$$

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

$$G_z = 16,50 \text{ kNteža zapornice}$$

$$G_o = 3,20 \text{ kNteža okvirja}$$

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

$$F_{tr,t} = \mu_t \cdot 2 \cdot (h_t + b_t) \cdot f_{pr} = 0,23 \cdot 2 \cdot (405 + 160) \cdot 2 = 520 \text{ daN} = 5,2 \text{ kN}$$

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

$$f_{pr} = 2 \text{ daN / cmsila prednapetja tesnil}$$

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

$$F_{tr,l} = \mu_l \cdot 2 \cdot (h_l + b_l) \cdot f_{pr} = 0,20 \cdot 2 \cdot (405 + 160) \cdot 2 = 452 \text{ daN} = 4,52 \text{ kN}$$

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

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

$$F_{tr,\Delta h} = \mu_l \cdot R = 0,20 \cdot 1944 = 389 \text{ daN} = 3,89 \text{ kN}$$

$$R = \Delta p \cdot h_t \cdot b_t = 0,03 \cdot 405 \cdot 160 = 1944 \text{ daN}$$

$$\Sigma F_{tr} = F_{tr,t} + F_{tr,l} + F_{tr,\Delta p} = 5,2 + 4,52 + 3,89 = 13,61 \text{ kN}$$

8.2 Spuščanje

Za varno spuščanje zapornice mora biti izpolnjen pogoj:

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

$$16,5 + 3,2 - 1,25 \cdot 13,61 = 2,7 > 0$$

Kljub temu, da je pogoj izpolnjen se priporoča, da se regulacija zapornic prilagodi na maksimalno diferenco 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.grad.

Ljubljana, Februar 2018