

POROČILO PROJEKTA:
DOLOČANJE VALOV IN
DIMENZIONIRANJE BETONSKEGA
VERTIKALNEGA VALOBRANA

Morje in obalni pas 2014/2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Izbira točke

Izbral sem si točko v bližini Belvedera s koordinatama v projekciji D48:

x=5044172.853 lat: 45° 31'32"

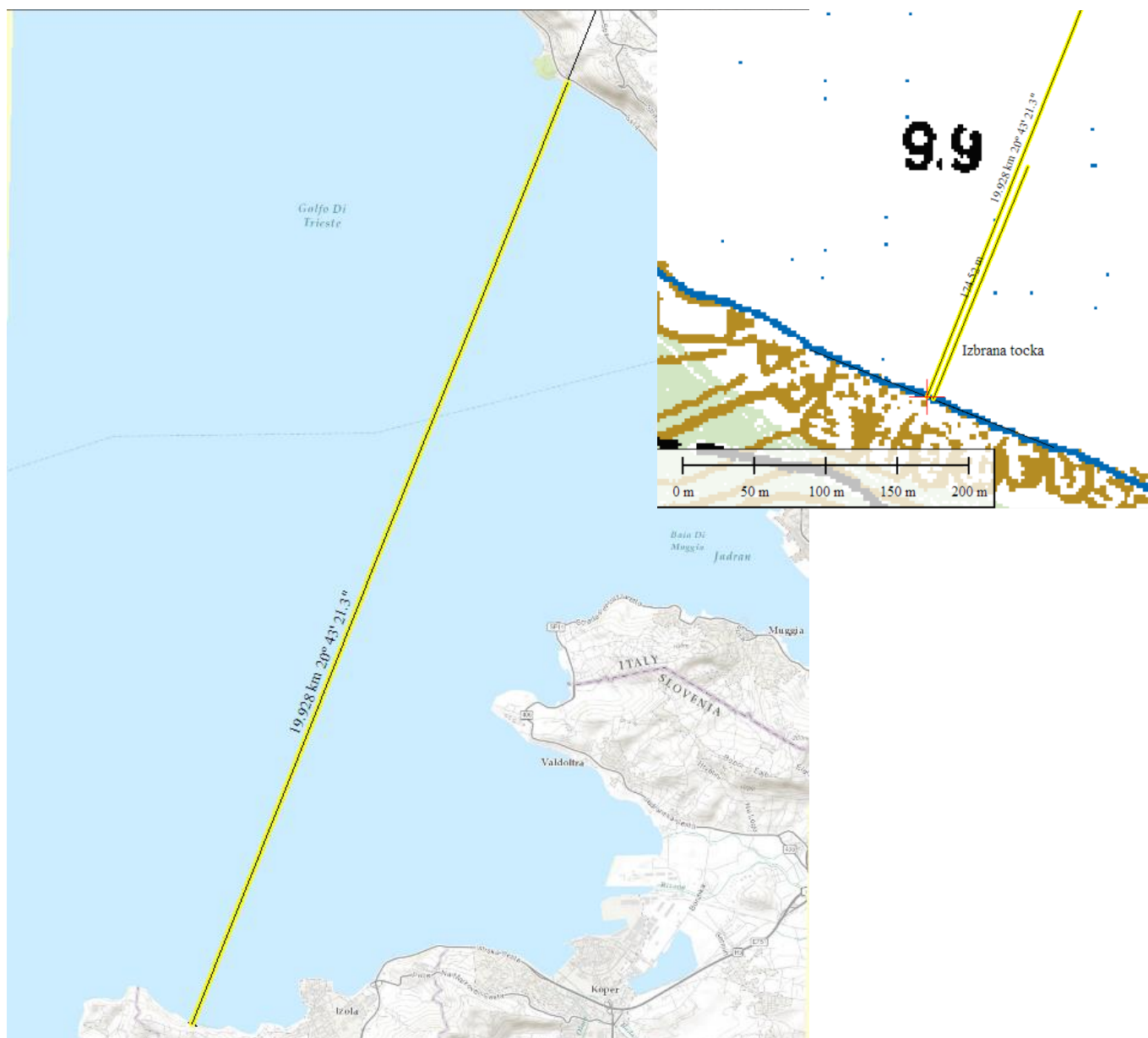
y=5393322.544 lon: 13°37'46"

Normala na linijo obale v tej točki kaže grobo v smeri Devina, azimut 20,75°. Iz te smeri piha Tramontana, kar določimo iz spodnje tabele.

Smer vetra [°]	Ime vetra	Jakost vetra [m/s]	Trajanje vetra [h]
330--- 30	Tramontana	18	3
30 - 95	Burja	15	36
95 - 170	Jugo	8	120
170 - 230	Lebič	10	6
230 - 280	Garbin	6	48
280 - 330	Maestral	6	8

Dolžina privetrišča znaša 19.928 km oziroma 10.76 navtičnih milj.

Globina 0.5 navtične milje od obale je 17 m.



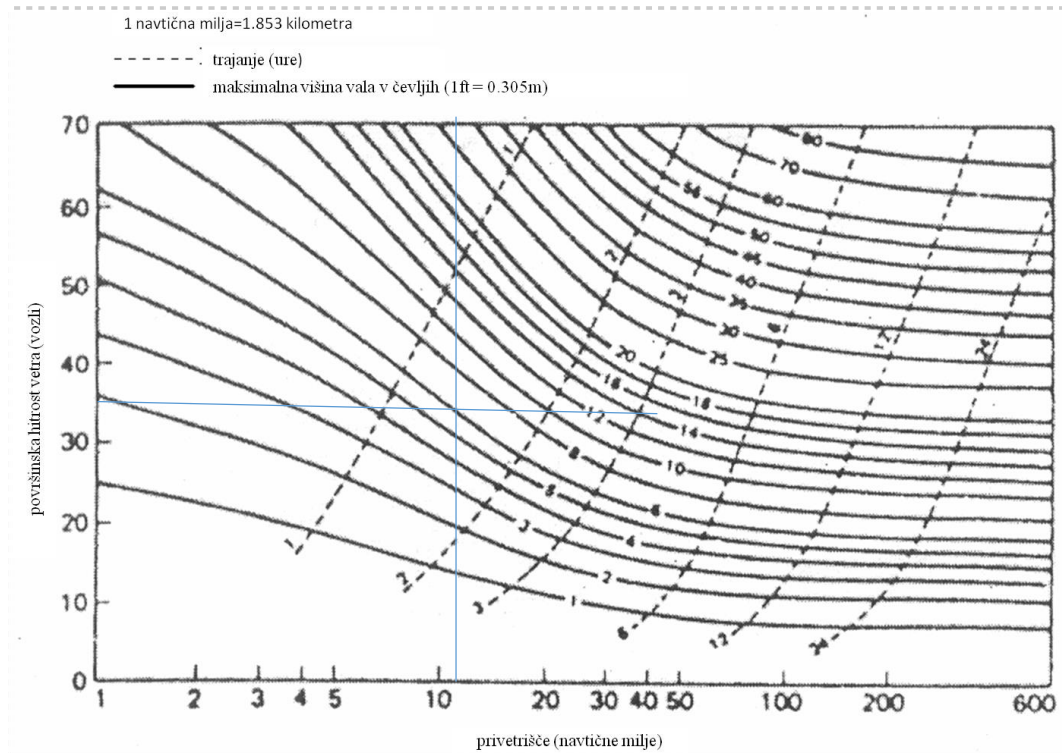
Parametri valovanja

Parametri za globoko vodo:

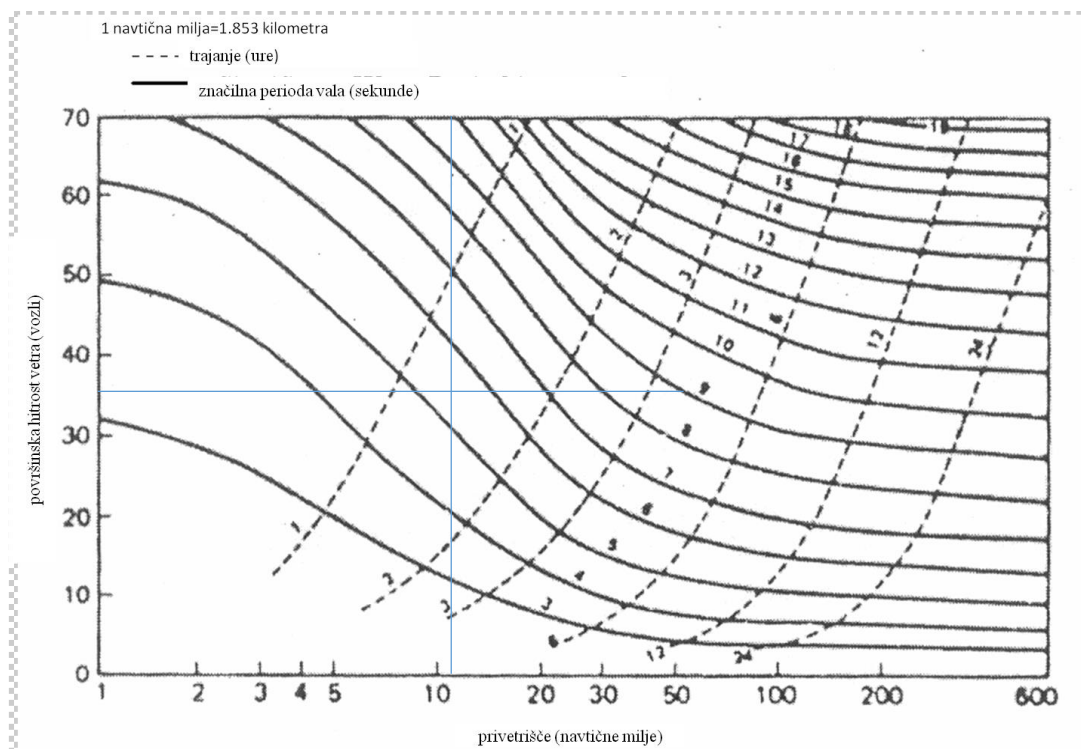
$$H_{max10} = 6 ft = 2.44 m \quad - \text{ največja višina 10-minutnega vala}$$

$$T_{gl} = 5.5 s \quad - \text{ perioda 10-minutnih valov}$$

Slika 1 Darbyshire & Draper nomogram za določevanje maksimalne višine 10-minutnega vala v globoki vodi



Slika 2 Darbyshire & Draper nomogram za določevanje periode 10-minutnih valov v globoki vodi

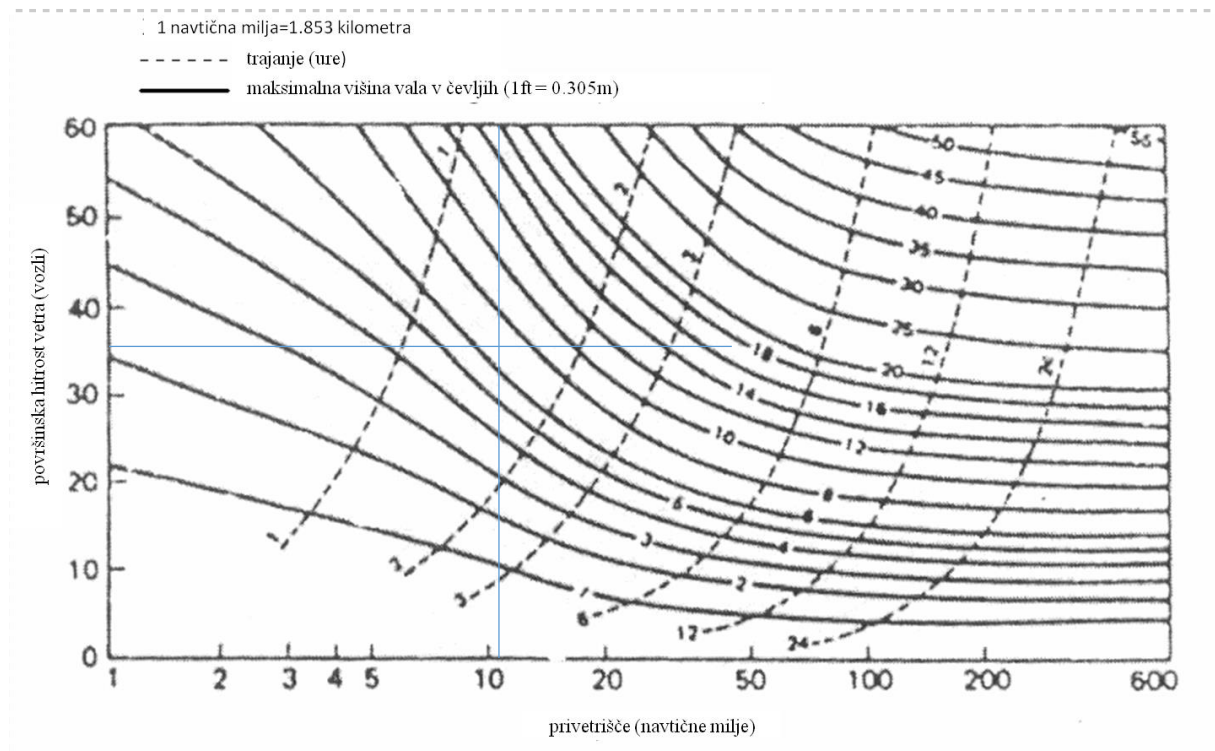


Parametri za plitvo vodo:

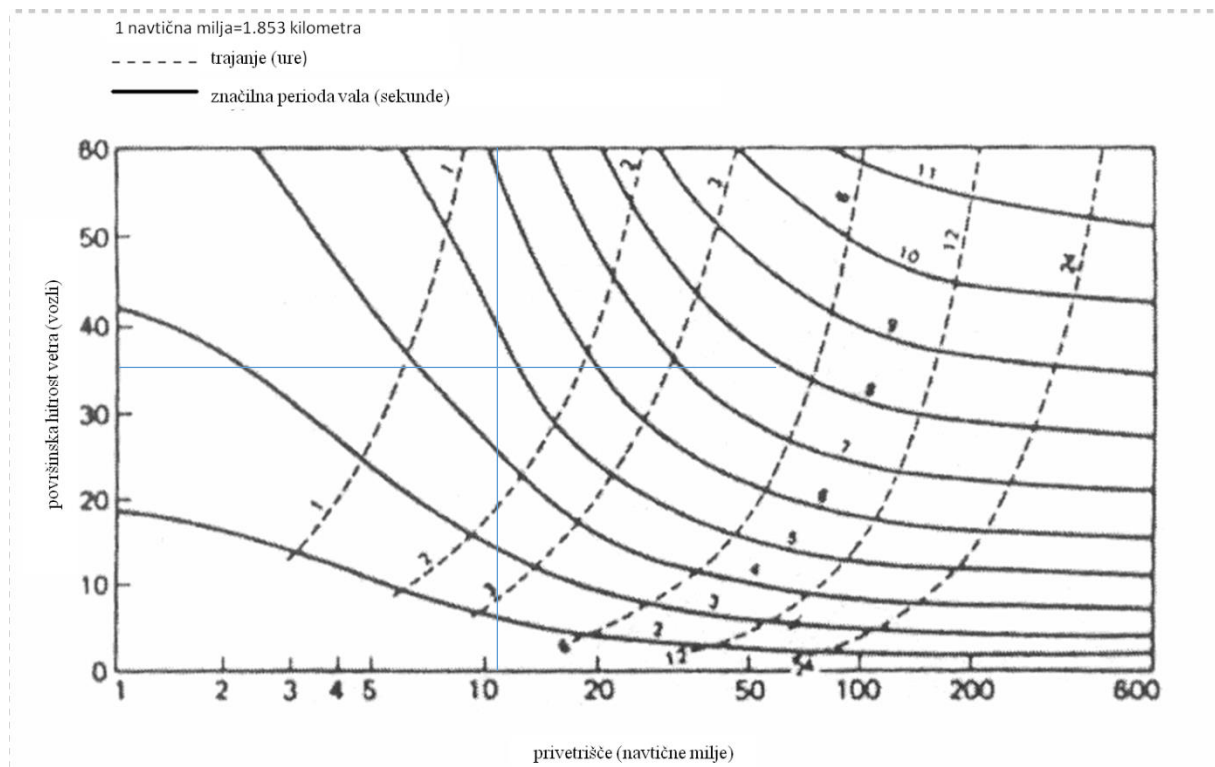
$H_{max10} = 7 \text{ ft} = 2.13 \text{ m}$ - največja višina 10-minutnega vala

$T_{pl} = 4.7 \text{ s}$ - perioda 10-minutnih valov

Slika 3 Darbyshire & Draper nomogram za določevanje maksimalne višine 10-minutnega vala v plitvi vodi



Slika 4 Darbyshire & Draper nomogram za določevanje periode 10-minutnih valov v plitvi vodi



Dolžina vala

$$\text{Globoka voda: } L = \frac{gT^2}{2\pi} = 9.81 * \frac{(5.5)^2}{2\pi} = 47.25 \text{ m}, \frac{d}{L} = \frac{17}{47.25} = 0.36 < 0.5$$

$$\text{Plitva voda: } L = T\sqrt{dg} = 4.7 * \sqrt{17 * 9.81} = 60.7 \text{ m}, \frac{d}{L} = \frac{17}{60.7} = 0.28 > 0.04$$

Prehodno območje: rešujemo iterativno po enačbi $L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$, kjer v enačbo ustavimo $L = 60.7 \text{ m}$ in $T = 4.7 \text{ s}$ (torej vrednosti za plitvo vodo). Rezultat iterativnega reševanja je $L = 34.35 \text{ m}$.

Pri nadaljnjem računu sem torej uporabljal:

$$H_{max10} = 2.13 \text{ m},$$

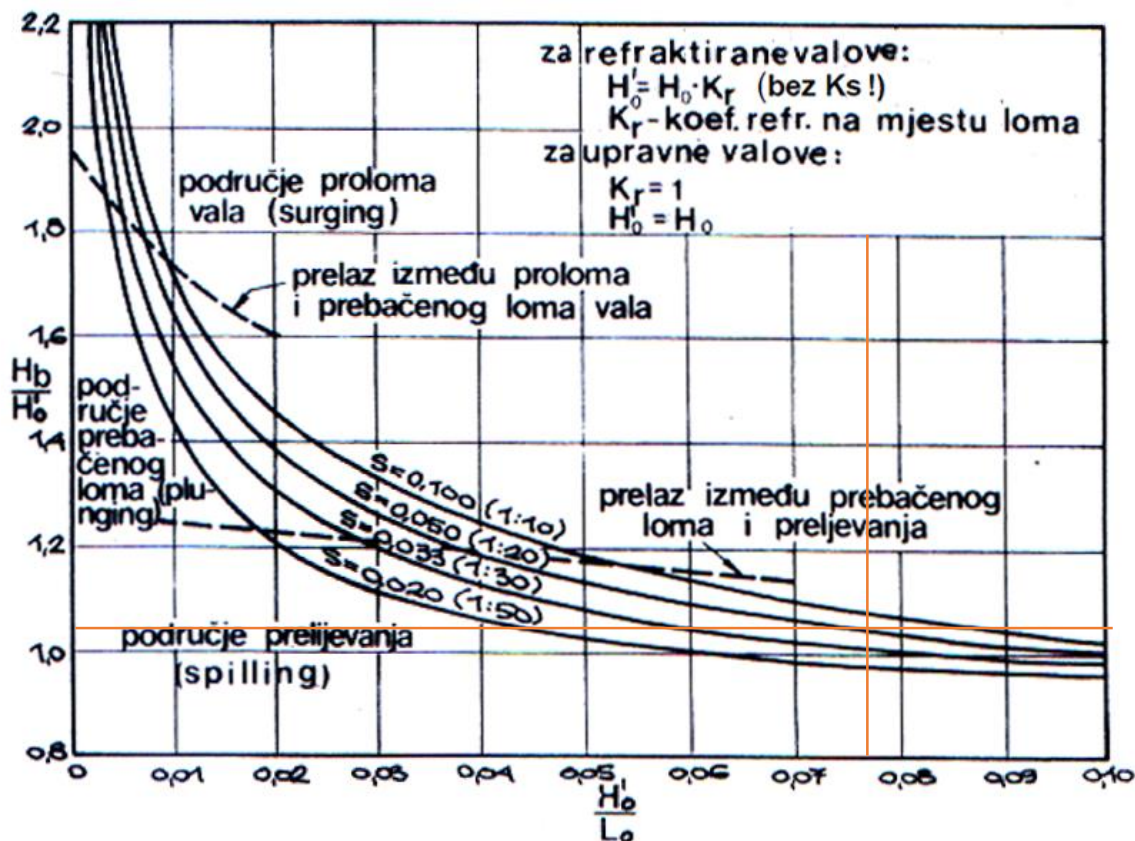
$$T = 4.7 \text{ s},$$

$$L = 34.35 \text{ m}.$$

Lokacija valobrana

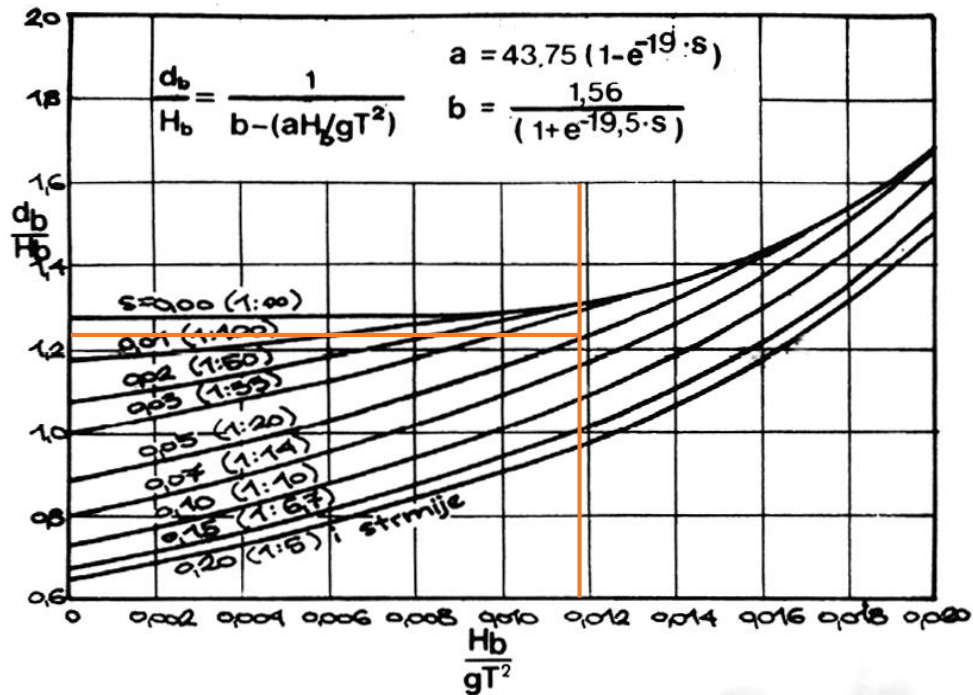
Navpični betonski valobran želimo postaviti na taki razdalji od obale, da se na njem valovi ne bodo rušili. Zunanjo steno valobrana želimo postaviti na globini vode $d > 2.5 H_{max}$, kjer je H_{max} največja višina valov in jo izračunamo kot $H_{max} = 2 H_s = 2 * \left(\frac{H_{max10}}{1.6}\right) = 2.67 \text{ m}$. Da bi določil oddaljenost valobrana od obale, sem prej izračunal še naklon dna kot $s = d/L_{10}$, kjer je $d = 10 \text{ m}$ globina in $L_{10} = 175 \text{ m}$ oddaljenost izobate 10 m od obale. Oddaljenost zunanje stene valobrana od obale je torej $l_v = \frac{d}{s} = \frac{2.5 H_{max}}{s} = 103 \text{ m}$. Želimo se prepričati, da se bodo valovi rušili na globini manjši od $d = 2.5 H_{max}$, pri tem pa si bomo zopet pomagali z diagrami. Za odčitavanje sem uporabil naslednje podatke: $H_0/L_0 = H_{max}/L = 0.077 \text{ m}$ in $s = 0.057$. Iz prvega diagrama sem odčital $\frac{H_b}{H_0} = 1.05$ česar sledi $H_b = 2.8 \text{ m}$.

Slika 5 Diagram za določevanje višine vala ob rušenju (Pršič, 2011)



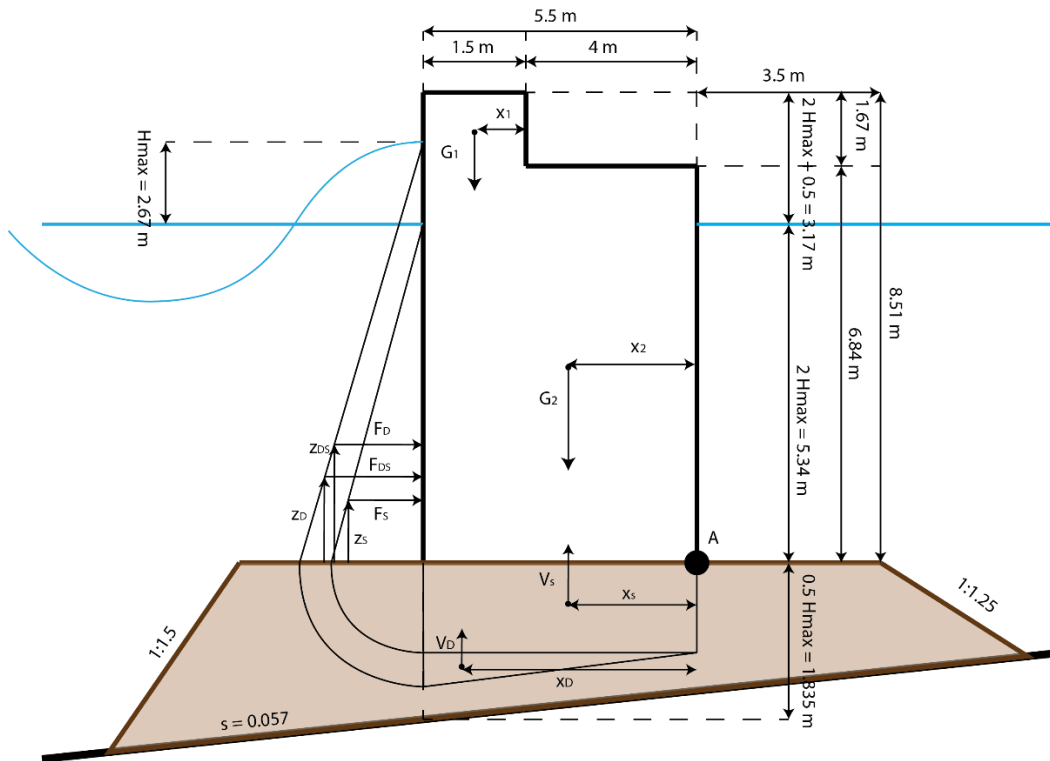
Za odčitavanje s spodnjega diagrama sem uporabil $\frac{H_b}{gT^2} = 0.0129$. Odčital sem $\frac{d_b}{H_b} = 1.25$, iz česar sledi, da je globina, kjer se valovi rušijo, $d_b = 3.5$ m. Preko naklona obale s izračunamo še oddaljenost od obale, kjer se valovi rušijo, in dobimo $l_b = 61.25$ m. Ta dolžina je krajša od oddaljenosti, kjer stoji zunanja stena valobrana l_v , torej je valobran varen pred rušenjem valov.

Slika 6 Diagram za določanje globine vode na mestu rušenja (Pršič, 2011)



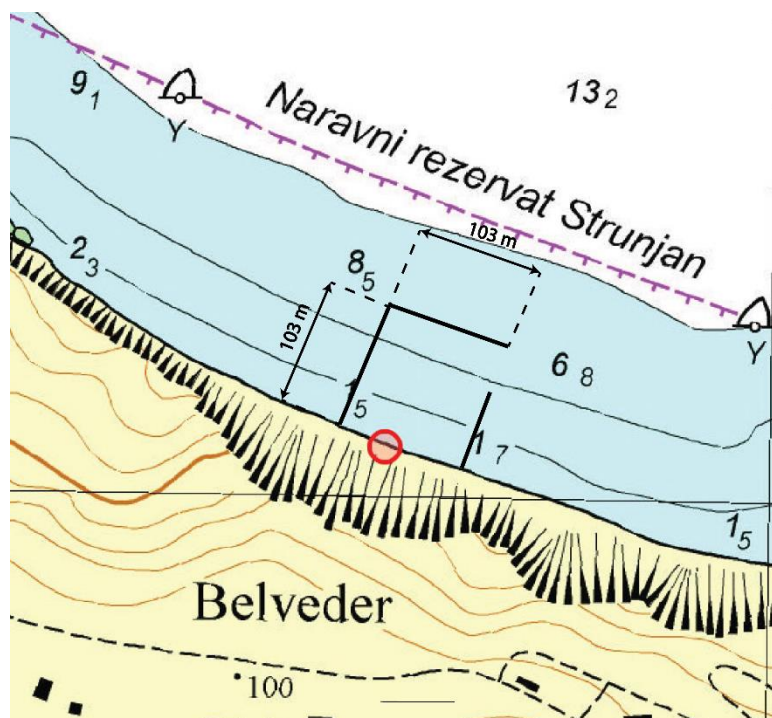
Dimenzioniranje valobrana

Dimenzije valobrana so razvidne iz spodnje skice. Širina valobrana je nekoliko večja od $2 H_{max}$. Temeljni kameni nasip je nasut do globine $2 H_{max}$. Krona valobrana je na koti $H_{max} + 0.5 \text{ m} = 3.17 \text{ m}$. Višina parapeta znaša 1.67 m in nadvišanje na priobalni strani 1.5 m .



Slika 7 Skica prečnega prereza valobrana

Tlorisno je valobran prikazan na spodnji skici. Valobran je dolžine enake oddaljenosti od obale, torej $l_v = 103 \text{ m}$. Znotraj valobrana bi hipotetično bilo možno urediti manjšo marino.



Slika 8 Tlorisna shema valobrana. V notranjem območju bi bilo možno postaviti marino.

Preverjanje izbranih dimenzij valobrana

Za izgradnjo valobrana uporabimo beton z gostoto 2400 kg/m^3 , kontrole konstrukcije pa sem izvedel z varnostnim faktorjem za stalno obtežbo $\gamma_G = 1.35$ in za spremenljivo obtežbo $\gamma_Q = 1.5$.

- a) Kontrola za zdrs na temeljni ploskvi valobrana

Uporabil sem koeficient lepenja $k_L = 0.5$.

$$N = 599.01 \text{ kN/m} \quad \text{normalna sila na temeljno ploskev}$$

$$F_L = N * k_L = 299.05 \quad \text{sila lepenja,}$$

$$F_D = 143.3 \text{ kN/m} \quad \text{sila dinamičnega tlaka, ki povzroča zdrs,}$$

$$K_Z = \frac{F_L}{\gamma_Q * F_D} = 1.39 \quad \text{koeficient varnosti}$$

Valobran je varen pred zdrsom.

- b) Kontrola za prevrnitev valobrana okrog kritične točke

Testiral sem prevrnitev okrog točke A (glej skico prečnega prereza).

$$M_{\text{ugodni}} = G_1 x_1 + G_2 x_2 = 58.98 * 4.75 + 885.73 * 2.75 = 2715.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{m} \quad \text{navori, ki}$$

preprečujejo prevrnitev

$$\Sigma(M_{\text{neugodni}} * \gamma) = F_D * z_D * \gamma_Q + V_s x_s * \gamma_G + V_D x_D * \gamma_Q = 143.3 * 3.56 * 1.5 + 296.76 * 2.75 * 1.35 + 48.93 * 3.67 * 1.5 = 2137.085 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{m}$$

navori, ki povzročajo

prevrnitev

$$K_P = \frac{M_{\text{ugodni}}}{\Sigma M_{\text{neugodni}} * \gamma} = 1.27 \quad \text{koeficient varnosti}$$

Valobran je varen pred prevrnitvijo.

- c) Kontrola ekscentričnosti

$$l_{\text{max}} = \frac{B}{6} = \frac{5.5}{6} = 0.917 \text{ m} \quad \text{širina jedra}$$

$$R_v = G_1 + G_2 - V_s - V_D = 58.98 + 885.73 - 296.76 - 48.93 = 599.01 \text{ kN}$$

$$l_{\text{dej}} = \frac{B}{2} - \frac{M_{\text{ugodni}} - M_{\text{neugodni}}}{R_v} = \frac{B}{2} - \frac{(G_1 * x_{G1} + G_2 * x_{G2}) - (V_s * x_s + V_D * x_D + F_D * z_D)}{(G_1 + G_2 - V_s - V_D)} = 0.73 \text{ m} < 0.917 \text{ m}$$

Pogoj je izpolnjen.

$$\sigma_{1,2} = \frac{R_v}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$A = B * 1 \text{ m} = 5.5 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{B^2 * s}{6} = \frac{5.5^2 * 1}{6} = 5.04 \text{ m}^3$$

$$M = R_v * l_{\text{dej}} = 599.01 * 0.73 = 437.7 \text{ kN}$$

$$\sigma_1 = \frac{R_v}{A} + \frac{M}{W} = \frac{599.01}{5.5} + \frac{437.7}{5.04} = 195.73 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{R_v}{A} - \frac{M}{W} = \frac{599.01}{5.5} - \frac{437.7}{5.04} = 22.09 \text{ kPa}$$

Dimenzioniramo na večjo napetost. V našem primeru σ_1 .

Izberemo si $\sigma_{\text{dopustni}} = 400 \text{ kPa}$

$$\sigma_{n,\gamma} = \frac{400 \text{ kPa}}{1.5} = 300 \text{ kPa}$$

Pogoj je izpolnjen, ker velja $\sigma_1 < \sigma_{n,\gamma}$.