

1. OBLICZENIA HYDRAULICZNE KORYTA RZeki

Do wymiarowania mostu, jako przyjęto przepływ o prawdop. wystąpienia $p=0,5\%$:

$$Q_m := 11.95 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Uśredniony spadek hydrauliczny ciek w obrębie obiektu w górę jego biegu:

$$i := 0.25\%$$

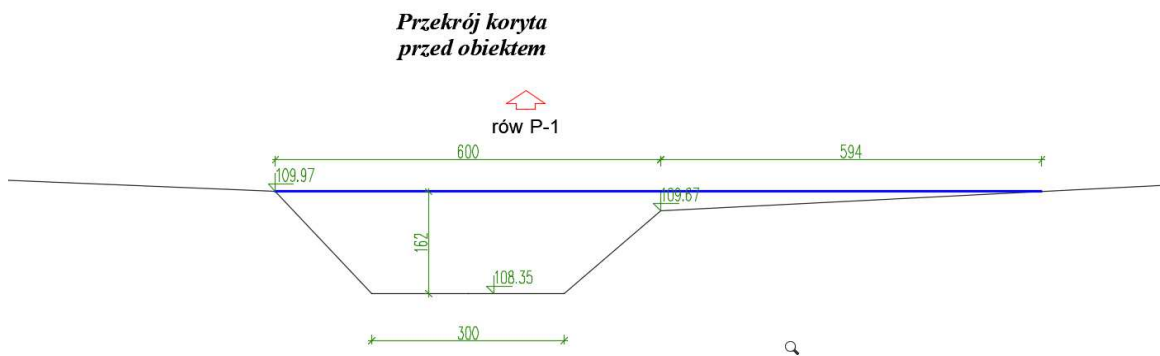
Założono umocnienie koryta - żelbetowa płyta dena gr. 30cm.

Obliczenia światła obiektu przeprowadzono zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra i Transportu Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63, poz. 735) [1].

Ze względu na umocnienie całego koryta pod mostem, do obliczeń przyjęto schemat z dnem nierozmywalnym zgodnie z rozporządzeniem [1].

1.1. Obliczenie głębokości napełnienia koryta rzeki przy przepływie miarodajnym

Poniżej przedstawiono istniejący kształt koryta ciek przed wlotem do obiektu z poziomem zwierciadła miarodajnego hm:



Założona głębokość wody miarodajnej:

$$h_m := 1.62\text{m}$$

Szerokość zwierciadła wody dla głębokości miarodajnej:

$$B_0 := 11.94\text{m}$$

1.1.1. Przepływ przy założonej głębokości hm dla środkowej, głównej części koryta

Powierzchnia przekroju niezabudowanego:

$$F_g := 7.52\text{m}^2$$

Obwód zwilżony przy napełnieniu hm:

$$O_g := 7.20\text{m}$$

Promień hydrauliczny:

$$R_{h_g} := \frac{F_g}{O_g} = 1.04\text{m}$$

Wartość współczynnika n wg Manninga:

$$n := 0.033$$

Średnia prędkość przepływu dla części głównej koryta:

$$v_g := \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{R_{h_g}}{m} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} = 1.56 \frac{m}{s}$$

Natężenie przepływu dla głębokości hm:

$$Q_g := F_g \cdot v_g \cdot \frac{m}{s} = 11.73 \cdot \frac{m^3}{s}$$

1.1.2. Przepływ przy założonej głębokości hm dla lewobrzeżnego tarasu zalewowego

Powierzchnia przekroju niezabudowanego:

$$F_l := 0.0m^2$$

Obwód zwilżony przy napełnieniu hm:

$$O_l := 0.00m$$

Promień hydrauliczny:

$$R_{h_l} := \frac{F_l}{O_l} = 0.00 \cdot m$$

Średnia prędkość przepływu dla lewobrzeżnego tarasu zalewowego

$$v_l := \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{R_{h_l}}{m} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} = 0.00 \frac{m}{s}$$

Natężenie przepływu dla głębokości hm:

$$Q_l := F_l \cdot v_l \cdot \frac{m}{s} = 0.00 \cdot \frac{m^3}{s}$$

1.1.3. Przepływ przy założonej głębokości hm dla prawobrzeżnego tarasu zalewowego

Powierzchnia przekroju niezabudowanego:

$$F_p := 0.92m^2$$

Obwód zwilżony przy napełnieniu hm:

$$O_p := 5.94m$$

Promień hydrauliczny:

$$R_{h_p} := \frac{F_p}{O_p} = 0.15 \cdot m$$

Średnia prędkość przepływu dla lewobrzeżnego tarasu zalewowego

$$v_p := \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{R_{h_p}}{m} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} = 0.44 \frac{m}{s}$$

Natężenie przepływu dla głębokości hm:

$$Q_p := F_p \cdot v_p \cdot \frac{m}{s} = 0.40 \cdot \frac{m^3}{s}$$

1.1.4. Przepływ dla całego przekroju przed mostem

Przepływ dla całego rozpatrywanego przekroju:

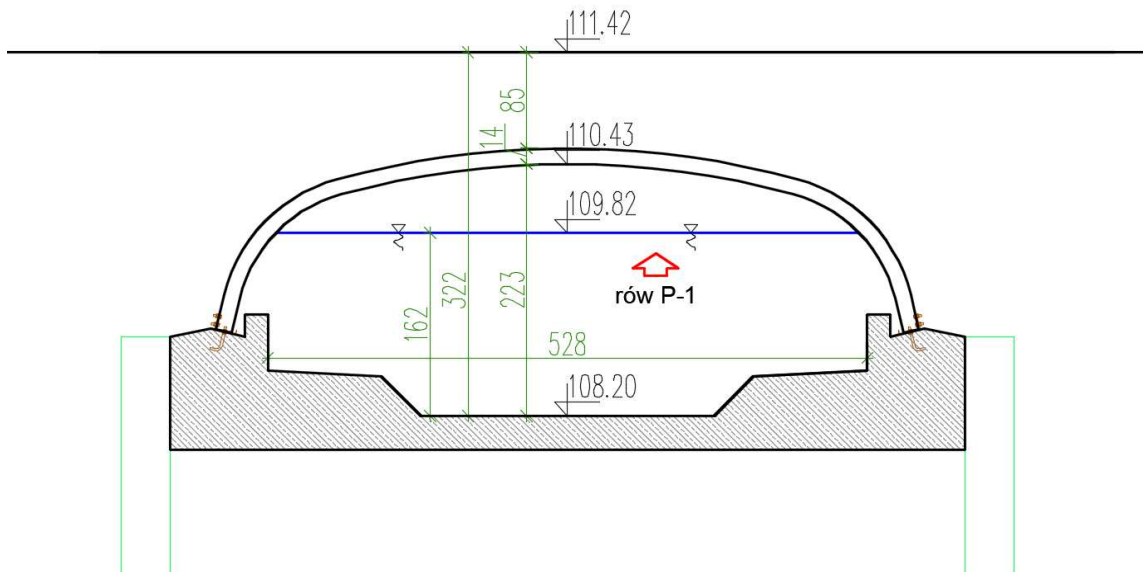
$$Q_c := Q_g + Q_l + Q_p = 12.13 \frac{m^3}{s} > Q_m = 11.95 \frac{m^3}{s} \text{ O.K.}$$

Błąd obliczeniowy:

$$\frac{|Q_m - Q_c|}{Q_m} = 1.52\% < \text{dop} := 5\%$$

1.2. Sprawdzenie założonego światła mostu

Poniżej projektowany przekrój zabudowany o świetle: $L_m := 5.28\text{m}$



Pole przekroju poprzecznego koryta przy wysokości wody miarodajnej, hm: $F_m := 7.87\text{m}^2$

Średnia głębokość w przekroju obiektu:

$$h := \frac{F_m}{L_m} = 1.49\text{ m}$$

Współczynnik dla małych mostów przyjmowany z tablicy 3.5 rozporządzenia [1] (skrzydła równoległe do osi drogi):

$$\mu := 0.86$$

Prędkość dopuszczalna w korycie umocnionym, zgodnie z tabelą 2.4. rozporządzenia [1] (żelbetowa płyta denną, prędkość przyjęto jak dla narzutu kamiennego) :

$$v_d := 2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Minimalne światło obiektu (zwiększone o 5% ponieważ nie uwzględniano strat):

$$B_m := 1.05 \left(\frac{Q_m}{\mu \cdot h \cdot v_d} \right) = 4.08\text{ m} < L_m = 5.28\text{ m}$$

1.3. Obliczenie wysokości spiętrzenia przed mostem

1.3.1. Obliczenie współczynnika strat

Obliczenie przepływu w części koryta niezabudowanego odpowiadającej powierzchni przekroju obiektu:

Przepływ korytem głównym w przekroju niezabudowanym:

$$Q_g = 11.73 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Powierzchnia przekroju koryta głównego:

$$F_g = 7.52 \text{ m}^2$$

Powierzchnia pozostała na tarasy zalewowe:

$$F_s := F_m - F_g = 0.35 \text{ m}^2$$

Uśredniona prędkość dla tarasów zalewowych:

$$v_s := 0.5(v_1 + v_p) = 0.22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Przepływ tarasami zalewowymi ograniczonymi przekrojem obiektu:

$$Q_s := F_s \cdot v_s \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.08 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Przepływ w części koryta niezabudowanego dla przekroju obiektu:

$$Q_S := Q_g + Q_s = 11.81 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Podstawowy współczynnik strat (krzywa 1): $M := \frac{Q_S}{Q_m} = 0.99 \Rightarrow K_0 := 0.0$

Poprawka na kształt filarów: $\Delta K_f := 0$

Poprawka uwzględniająca wpływ niesymetryczności zwężenia cieku:

$$e := \begin{cases} 1 - \frac{Q_p}{Q_l} & \text{if } Q_l > Q_p \\ 1 - \frac{Q_l}{Q_p} & \text{if } Q_p > Q_l \end{cases} = 1.00 \Rightarrow \Delta K_e := 0.0$$

Poprawka uwzględniająca wpływ ukośnego usytuowania mostu w stosunku do osi cieku:

Kąt skosu: $\phi := 80\text{deg} \Rightarrow \Delta K_\phi := -0.03$

Całkowity współczynnik strat: $K := K_0 + \Delta K_f + \Delta K_e + \Delta K_\phi = -0.03$

1.3.2. Obliczenie spiętrzenia przed obiektem

Spiętrzenie Δz przy nierozmytym przekroju obiektu obliczono wzorem:

$$\Delta z = K \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} + \frac{\alpha_0 \cdot (v_0^2 - v_z^2)}{2 \cdot g}$$

w którym:

- v - średnia prędkość pod mostem w przekroju nierozmytym ograniczonym miarodajną rzędną zwierciadła wody
- v_0 - średnia prędkość w przekroju niezabudowanym
- v_z - średnia prędkość powyżej mostu, po spiętrzeniu
- α_0 α - współczynniki Saint-Venanta odpowiednio w przekroju przed i pod mostem obliczone wg punktu 2.4.1.3. rozporządzenia [3]
- K - całkowity współczynnik strat

Średnia prędkość w przekroju niezabudowanym:

$$v_0 := \frac{Q_m}{F_g + F_l} = 1.59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Współczynnik Saint-Venanta dla przekroju przed mostem:

$$\alpha_0 := 1.1 \cdot \frac{\left(v_g \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot Q_g + \left(v_s \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot Q_s}{(v_0)^2 \cdot Q_m} = 1.04$$

Współczynnik Saint-Venanta dla przekroju pod mostem:

$$\alpha := 1 + M \cdot (\alpha_0 - 1) = 1.04$$

Średnia prędkość pod mostem:

$$v := \frac{Q_m}{F_m} = 1.52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Spiętrzenie przed mostem przy pierwszym przybliżeniu:

$$\Delta z_I := K \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} = -0.37 \cdot \text{cm}$$

Średnia prędkość po spiętrzeniu powyżej mostu przy pierwszym przybliżeniu:

$$v_{z_I} := \frac{Q_m}{F_g + F_l + \Delta z_I \cdot B_0} = 1.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Całkowite spiętrzenie przed mostem przy pierwszym przybliżeniu:

$$\Delta z' := K \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} + \frac{\alpha_0 \cdot (v_0^2 - v_{z_I}^2)}{2 \cdot g} = -0.52 \cdot \text{cm}$$

Średnia prędkość po spiętrzeniu powyżej mostu przy drugim przybliżeniu:

$$v_{z_II} := \frac{Q_m}{F_g + F_l + \Delta z' \cdot B_0} = 1.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Całkowite spiętrzenie przed mostem przy drugim przybliżeniu:

$$\Delta z'' := K \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} + \frac{\alpha_0 \cdot (v_0^2 - v_{z_II}^2)}{2 \cdot g} = -0.59 \cdot \text{cm}$$

Średnia prędkość po spiętrzeniu powyżej mostu przy trzecim przybliżeniu:

$$v_{z_III} := \frac{Q_m}{F_g + F_l + \Delta z'' \cdot B_0} = 1.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Całkowite spiętrzenie przed mostem przy drugim przybliżeniu:

$$\Delta z''' := K \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} + \frac{\alpha_0 \cdot (v_0^2 - v_{z_III}^2)}{2 \cdot g} = -0.62 \cdot \text{cm}$$

Sprawdzenie obliczonego spiętrzenia:

$$\frac{\Delta z''' - \Delta z''}{\Delta z''} = 4.799\% \quad \text{nie trzeba obliczać korekty}$$

1.4. Obliczenie minimalnej rzędnej spodu konstrukcji projektowanego obiektu:

Założono, że spód konstrukcji musi być powyżej wody spiętrzonej o wysokość wolnej przestrzeni określonej zgodnie odnośnymi przepisami. Przyjęto wolną przestrzeń $\Delta h = 0.5 \text{ m}$ kierując się § 58 ust. 1 punkt 2) rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. (Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 i Nr 170, poz. 1217).

Projektowana rzędna umocnionego dna przed wlotem :

$$z_{wl} := 108.20 \text{ m}$$

Założona głębokość zwierciadła miarodajnego:

$$h_m = 1.62 \text{ m}$$

Rzędna zwierciadła wody miarodajnej:

$$z_m := z_{wl} + h_m = 109.82 \text{ m}$$

Wysokość fali i spiętrzenia wiatrowego:

$$h_{wt} := 0$$

Wolna przestrzeń określona zgodnie z odnośnymi przepisami:

$$\Delta h := 0.5 \text{ m}$$

Poziom zwierciadła wody spiętrzonej w przekroju mostowym:

$$z_p := z_m + \Delta z''' = 109.81 \cdot \text{m}$$

Minimalna rzędna spodu konstrukcji:

$$z_k := z_{wl} + h_m + \Delta z'' + h_{wt} + \Delta h = 110.31 \text{ m}$$

1.5. Zestawienie wyników obliczeń

Powierzchnia zlewni:

$$A := 22.0 \text{ km}^2$$

Prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu miarodajnego:

$$p := 0.5\%$$

Przepływ miarodajny dla prawdopodobieństwa $p=0,5\%$:

$$Q_m = 11.95 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Rzędna miarodajna wielkiej wody:

$$z_m = 109.82 \text{ m}$$

Poziom zwierciadła wody spiętorznej w przekroju mostowym:

$$z_p = 109.81 \text{ m}$$

Projektowana rzędna dna pod obiektem:

$$z_w := 108.20 \text{ m}$$

Minimalna rzędna spodu konstrukcji:

$$z_k = 110.31 \text{ m}$$

Założona rzędna spodu konstrukcji projektowanego przepustu w
środku

$$z := 110.43 \text{ m}$$

jego rozpiętości:

Rzędna niwelety na obiekcie w środku jego rozpiętości:

$$z_n := 111.42 \text{ m}$$

Prędkość przepływu w korycie głównym rzeki w przekroju
niezabudowanym dla przepływu miarodajnego:

$$v_g = 1.56 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Prędkość przepływu w korycie głównym w przekroju mostowym
dla przepływu miarodajnego:

$$v = 1.52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Całkowite światło poziome obiektu:

$$L_m = 5.28 \text{ m}$$