



**FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## Ověření prototypu uzávěru sportovní propusti



Objednatel:

**Povodí Vltavy, státní podnik**  
Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5



Zhotovitel:

**ČVUT v Praze, Fakulta stavební**

Vypracoval:

doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur  
Ing. Tomáš Dally, Ph.D.

---

**Praha, říjen 2023**



## Obsah

<b>TITULNÍ LIST .....</b>	<b>3</b>
<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2. MÍSTNÍ ŠETŘENÍ V LOKALITĚ KACEŘOVSKÝ MLÝN .....</b>	<b>5</b>
<b>3. NÁVRH UZÁVĚRU SPORTOVNÍ PROPUSTI DO LOKALITY ZADNÍ TŘEBÁŇ .....</b>	<b>7</b>
<b>4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH A PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET FUNKCE UZÁVĚRU .....</b>	<b>8</b>
4.1 LOKALITA ČERNOŠICE .....	8
4.2 NÁVRH KONSTRUKCE UZÁVĚRU .....	10
4.3 NÁVRH NOSNÉ ČÁSTI UZÁVĚRU .....	17
4.4 PRŮTOK PŘES UZÁVĚR .....	20
<b>5. VÝROBA UZÁVĚRU .....</b>	<b>21</b>
<b>6. OVĚŘENÍ FUNKCE UZÁVĚRU .....</b>	<b>25</b>
6.1 OVĚŘENÍ UZÁVĚRU 17. 9. 2023 .....	26
6.2 OVĚŘENÍ UZÁVĚRU 22. 9. 2023 .....	28
6.3 OVĚŘENÍ UZÁVĚRU 5. 10. 2023 .....	31
<b>7. VYHODNOCENÍ FUNKCE UZÁVĚRU A ZÁVĚRY .....</b>	<b>32</b>
<b>SEZNAM PODKLADŮ .....</b>	<b>35</b>



## Titulní list

Výzkumný úkol: **Ověření prototypu uzávěru sportovní propusti**

Objednatel: **Povodí Vltavy, státní podnik**  
Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5

Zástupce objednatele: Ing. Šimon Držala

Zhotovitel: **České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební**  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Zodpovědný řešitel: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Spoluřešitel: Ing. Tomáš Dally, Ph.D.

Konzultace: Ing. David Bůžek  
ENVISYSTEM, s. r. o.

Č. smlouvy objednatele: 1548/2023

Č. smlouvy zhotovitele: 8302304A117

## 1. Úvod

Modelový výzkum uzávěru sportovní propusti byl realizován na základě smlouvy o dílo uzavřené mezi objednatelem (Povodí Vltavy, státní podnik) a zhotovitelem (ČVUT v Praze, Fakulta stavební) pod číslem smlouvy objednatele: 1548/2023 a číslem smlouvy zhotovitele: 8302304A117.

Dle zadání je výzkum zaměřen na vytvoření modelu vodácké propusti a jejího uzávěru v měřítku 1:1. Výzkum ověřil a optimalizoval uzávěr sportovní propusti tak, aby uzávěr byl samovolně spustitelný a uzavíratelný pro lodě a čluny. Požadovaným výstupem z modelového výzkumu je závěrečná zpráva s vyhodnocením dosažených výsledků.

V souladu s popisem předmětu plnění ve smlouvě o dílo zhotovitel provedl:

- Konstrukční návrh a předběžný výpočet funkce uzávěru
- Výrobu uzávěru
- Materiál na výrobu uzávěru
- Ověření funkce uzávěru
- Vyhodnocení a závěrečná zpráva.

Cílem fyzikálního modelu je dosažení co možná nejefektivnějšího návrhu sportovní propusti pro všechny typy lodí, které se na toku Berounka mohou vyskytnout pro rekreační účely.

Práce probíhaly od července 2023 do října 2023 a v rámci řešení byl postup prací průběžně konzultován se zástupci objednatele (Povodí Vltavy, státní podnik). V rámci řešení byly uspořádány čtyři výrobní výbory:

### 1. Výrobní výbor (29. 8. 2023)

Na jednání byla představena základní koncepce výzkumu a poznatky získané z místního šetření „Štikova automatického uzávěru“ v lokalitě Kaceřovský mlýn na řece Berounce.

### 2. Výrobní výbor (12. 9. 2023)

Jednání se uskutečnilo na Fakultě stavební u příležitosti diskuze hypotetického propojení objektu sportovní propusti a rybího přechodu. Na jednání bylo představeno zadání výzkumu uzávěru sportovní propusti a účastníci byli pozváni na jeho představení v lokalitě jezu Černošice.

### 3. Výrobní výbor (22. 9. 2023)

V rámci výrobního výboru byl představen prototyp uzávěru sportovní propusti v lokalitě jezu Černošice. Přítomni byli zástupci zhotovitele, objednatele a projektanta sportovní propusti v Zadní Třebáni (Envisystem, s.r.o.). Navržený uzávěr sportovní propusti byl testován s využitím laminátové kanoe, nafukovací kanoe Orinoko a raftu šířky 1,76 m.

### 4. Výrobní výbor (5. 10. 2023)

Výrobní výbor byl zaměřen na představení uzávěru sportovní propusti zástupcům Asociace vodní turistiky a sportu z.s. V rámci testování uzávěru in situ byla formulována doporučení pro využití uzávěru v případových lokalitách.

## 2. Místní šetření v lokalitě Kaceřovský mlýn

Zadání výzkumu vychází z námětu „Štikův automatický uzávěr sportovní propusti“, jehož autorem je pan Ludvík Štika (MVE - Kaceřovský mlýn s.r.o.). Tento uzávěr je instalován v lokalitě jezu Kaceřov na vodním toku Berounka v KM 111,4 při levém břehu. V lokalitě je umístěna malá vodní elektrárna při pravém břehu Berounky.

Místní šetření uzávěru bylo realizováno dne 10. 7. 2023. Uzávěr má pevnou stěnu zhotovenou z dřevěné desky tl. 50 mm z lamel. Lamely jsou spojené svisle závitovou tyčí. Na povodní straně je dřevěná stěna zpevněna konstrukcí z ocelových jeleků (cca 30x30 mm). Pohyblivá stěna je tvořena krabicovým plovákem sestaveným z PVC desek tl. 10 mm. Vnější rozměr plováku je 2500 x 100 x 250 mm. PVC desky plováku jsou svařené. Prostor uvnitř plováku je vyplněn PUR pěnou, která byla dovnitř nastříkána pomocí čtyř otvorů DN20 ve spodní stěně plováku. Kontakt mezi pevnou a pohyblivou stěnou je opatřen pruhy krycí kabelové desky z PVC. Toto opatření snižuje tření na kontaktu pevné desky a plováku.

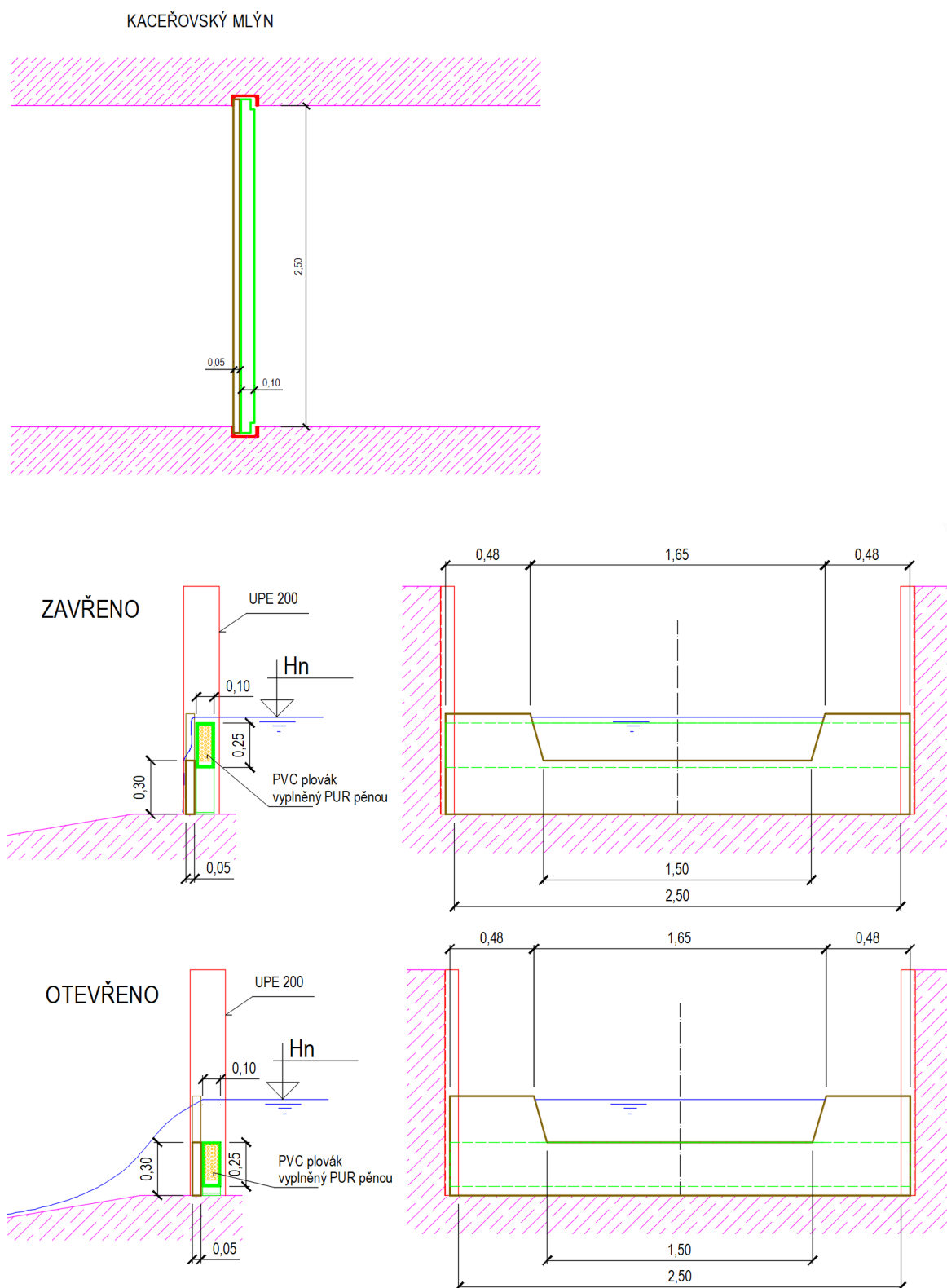


**Obr. 2.1** Pohled na uzávěr (Kaceřovský mlýn).



**Obr. 2.2** Detail kontaktu pevné a pohyblivé části uzávěru.

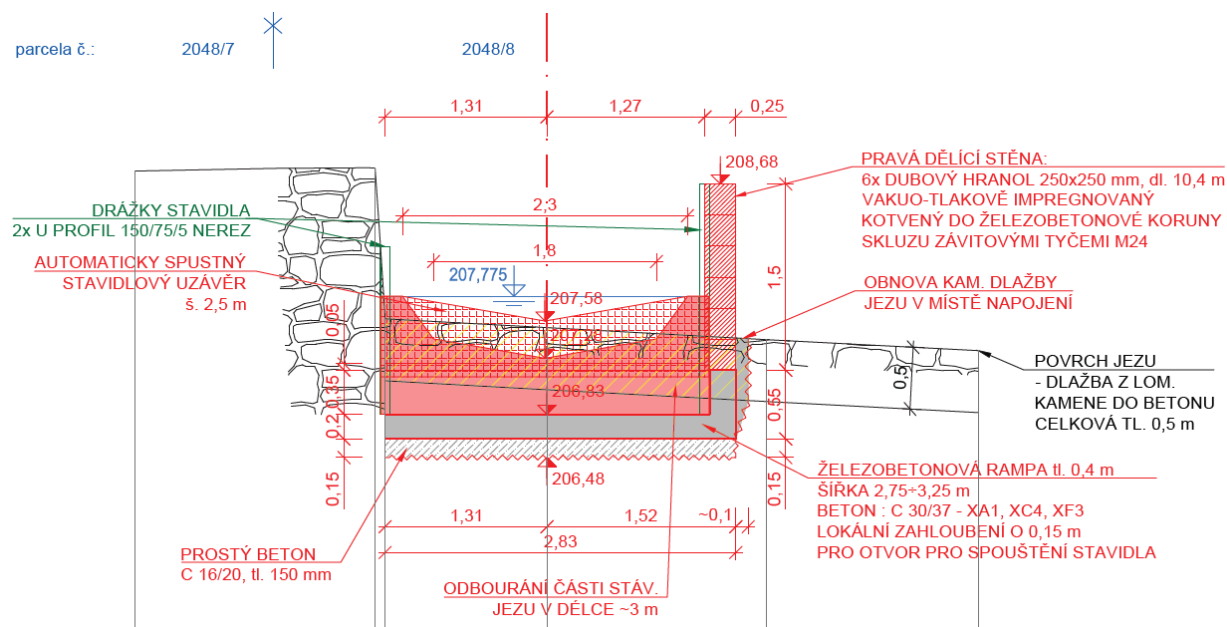
Funkce uzávěru v lokalitě Kaceřovský mlýn byla prokázána. Uzávěr umožňuje proplouvání kánoí a gumových člunů.



**Obr. 2.3** Schéma uzávěru sportovní propusti v lokalitě Kaceřovský mlýn.

### 3. Návrh uzávěru sportovní propusti do lokality Zadní Třebáň

V lokalitě jezu Zadní Třebáň je v rámci projektu migračního zprůchodnění navržen také objekt sportovní propusti při levém břehu Berounky. Projektovou dokumentaci připravuje společnost Envisystem, s.r.o. V rámci rozpracovaného návrhu se v současnosti uvažuje s uzávěrem sportovní propusti ve stávajícím pevném jezu dle obr. 3.1. Světlá šířka uzávěru je navržena 2,3 m v koruně a 1,8 m v patě. Tento návrh je podřízen požadavku umožnit proplouvání také raftů. Pohyblivý uzávěr je navržen podobně jako v lokalitě Kaceřov jako plovák s tvarováním horní přelivné hrany do střelky. Trojúhelníková střelka má výšku 0,2 m a umožňuje tedy převádění určitého průtoku taky v zavřené poloze sportovního uzávěru. Tento koncept tvaru plováku byl na základě diskuze s objednatelem a projektantem převzat také pro návrh prototypu pro následné ověření na modelu v lokalitě Černošice.

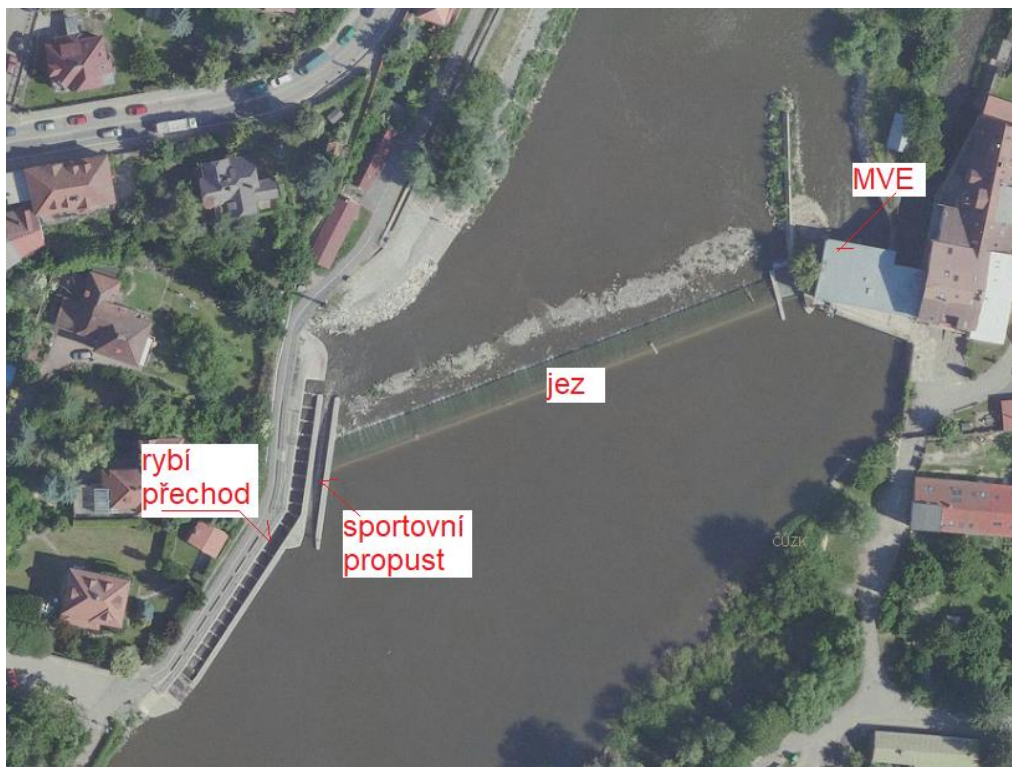


**Obr. 3.1** Koncept návrhu uzávěru sportovní propusti do lokality Zadní Třebáň (Envisystem, s.r.o., 2023).

## 4. Konstrukční návrh a předběžný výpočet funkce uzávěru

### 4.1 Lokalita Černošice

Pro ověření prototypu sportovního uzávěru byla objednatelem vybrána lokalita jezu Černošice na vodním toku Berounka v KM 8,200. V lokalitě se nachází pevný jez, při pravém břehu se nachází v budově bývalého mlýna malá vodní elektrárna a při levém břehu je umístěn technický rybí přechod. Stávající sportovní propust se nachází mezi rybím přechodem a pevným jezem, viz obr. 4.1 a obr. 4.2.



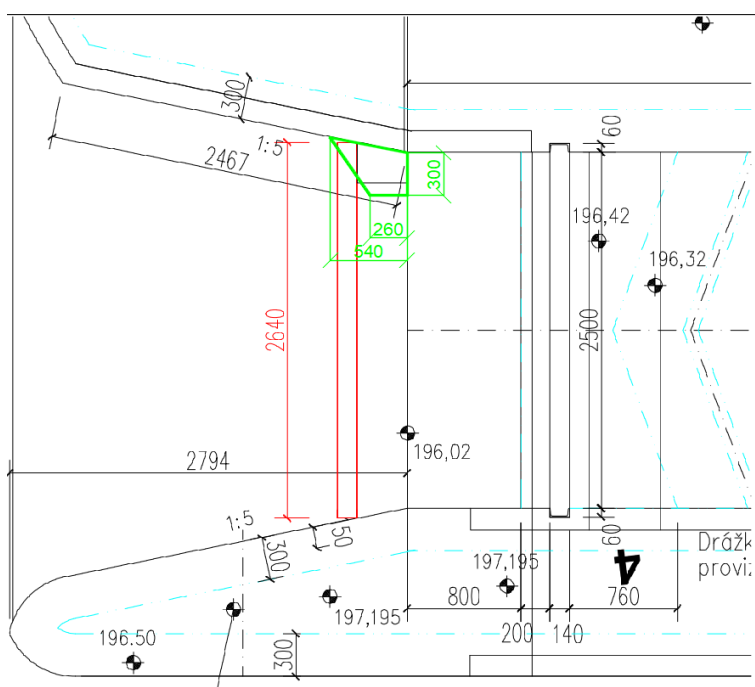
**Obr. 4.1** Situace lokality jezu Černošice s vyznačením objektů včetně sportovní propusti.

Umístění prototypu uzávěru bylo navrženo do profilu na vtoku do sportovní propusti, kde se obě stěny nálevkovitě sbíhají a ve dně je lokalizován nízký práh výšky 5 až 10 cm. Toto umístění má výhodu pro nosnou konstrukci uzávěru, protože ji lze ve dně opřít o práh a v bocích bude opřena o obě sbíhající se stěny vtokového objektu. Podrobněji je poloha profilu pro osazení uzávěru vyznačena na obr. 4. 3.

Světlá šířka sportovní propusti je 2,5 m a na vtoku je opatřena drážkami provizorního hrazení, které jsou v současnosti opatřeny dvěma dřevěnými hradidly.



**Obr. 4.2** Pohled na stávající sportovní propust s osazeným hrazením v drážkách provizorního hrazení.



**Obr. 4.3** Poloha pro osazení prototypu uzávěru je vyznačena červeně.

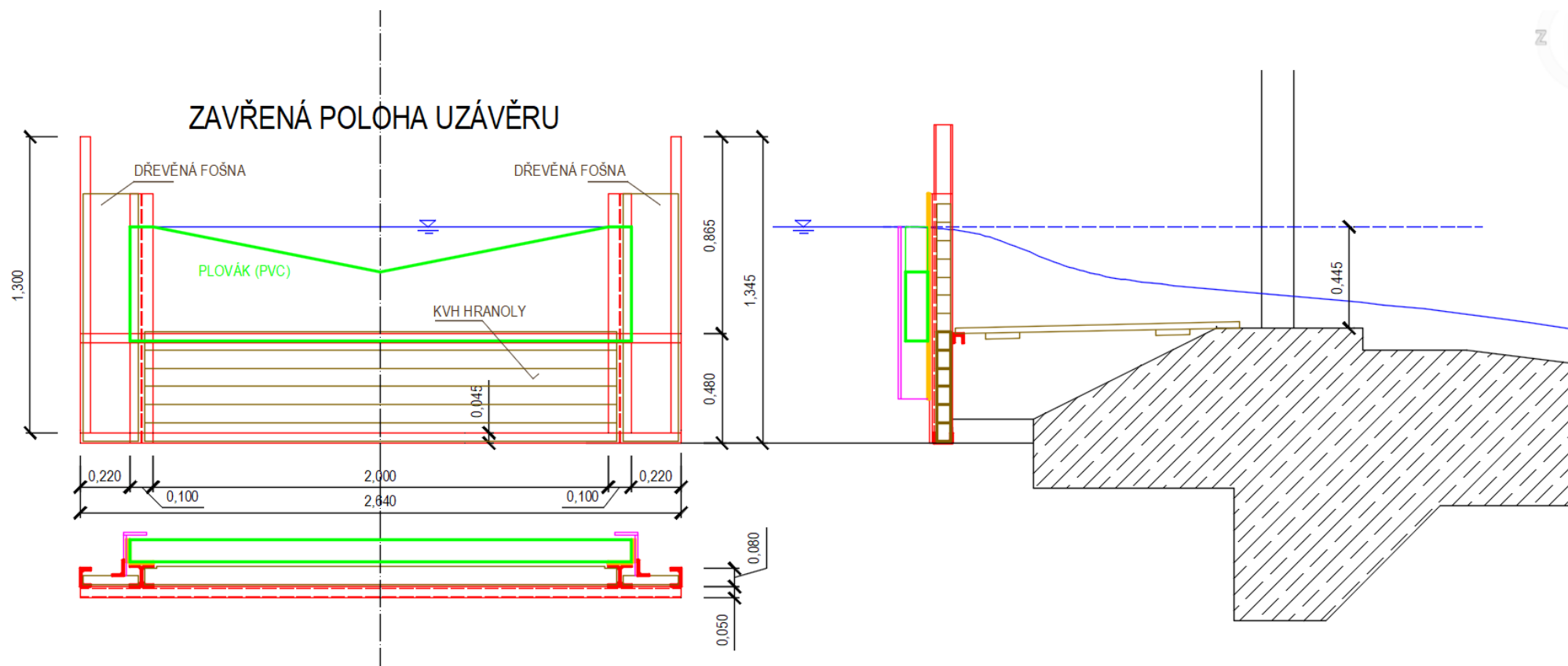
## 4.2 Návrh konstrukce uzávěru

Prototyp uzávěru je navržen ve vtoku sportovní propusti při jezu Černošice. Hlavním nosným prvkem je ocelový svařovaný rám, jehož dimenze je předmětem samostatného statického výpočtu dle kapitoly č. 4.3. Návrh nosného rámu je podřízen potřebě umístění do kónického vtokového objektu sportovní propusti a vytvoření prostoru pro pohyb pohyblivého uzávěru, který funguje na principu vznášeného plováku dotlačovaného na vodící kluzné ložisko rámu. Hradící část pevné části uzávěru je tedy tvořena ocelovým rámem a dřevěnými hradícími prvky dle výkresu na obr. 4.4 (zavřená poloha uzávěru) a obr. 4.5 (otevřená poloha uzávěru). Dřevěné hradící prvky tvoří: fošna tl. 45 mm v levé a pravé části rámu a KVH hranoly 60 x 80 mm ve spodní části rámu. Dřevěné hradící prvky jsou osazeny do drážek tvořenými ocelovými válcovanými profily nosného rámu.

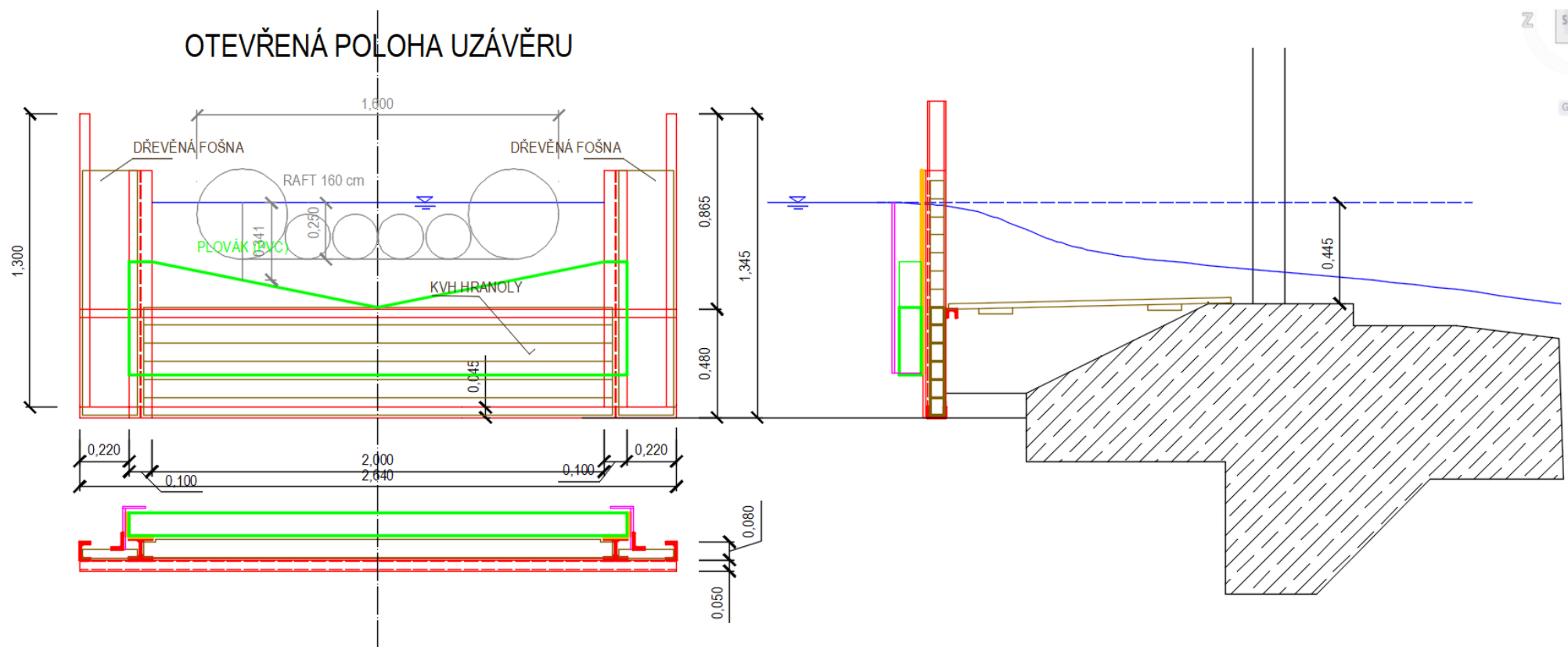
Dřevěná hradidla z KVH hranolů jsou orientována s rozměrem 60 mm proti vodě a 80 mm na výšku. Výpočet únosnosti a deformace spodního hranolu je uveden v tab. 4.1 a vyplývá z něho max. deformace spodního hradidla 4,6 mm s velkou rezervou únosnosti.

**Tab. 4.1** Napětí a deformace ve spodním hradidle KVH hranolu pevné části uzávěru.

Pevné stavidlo		
šířka stavidla (rozpětí)	$l$	2,00 m
hloubka pod hladinou	$H$	0,45 m
gravitační zrychlení	$g$	9,81 $\text{m.s}^{-2}$
hustota vody	$\rho$	1000 $\text{kg.m}^{-3}$
<b>KVH hranol 60 x 80</b>	$h$	0,06 m
	$b$	0,08 m
dřevo smrkové		
modul pružnosti	$E$	11 000 MPa
spojité zatížení	$f$	0,35316 $\text{kN.m}^{-1}$
max. ohybový moment	$M_{\max}$	0,177 $\text{kN.m}$
moment setrvačnosti	$I_y$	1,440E-06 $\text{m}^4$
modul průřezu	$W$	4,800E-05 $\text{m}^3$
max. napětí v kraj.vl.	$\sigma_{\max}$	3,679 MPa
pevnost v ohybu		24,000 MPa
průhyb nosníku	$w$	4,6 mm
mezní průhyb	$l/300$	6,7 mm



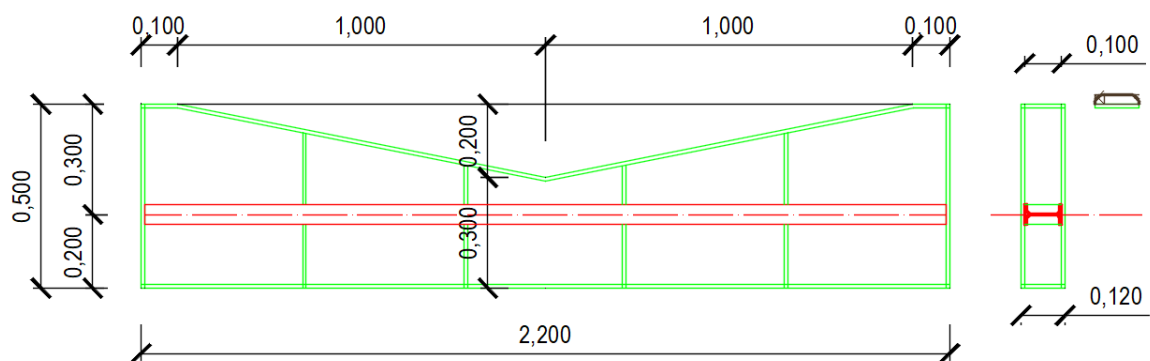
**Obr. 4.4** Zavřená poloha uzávěru.



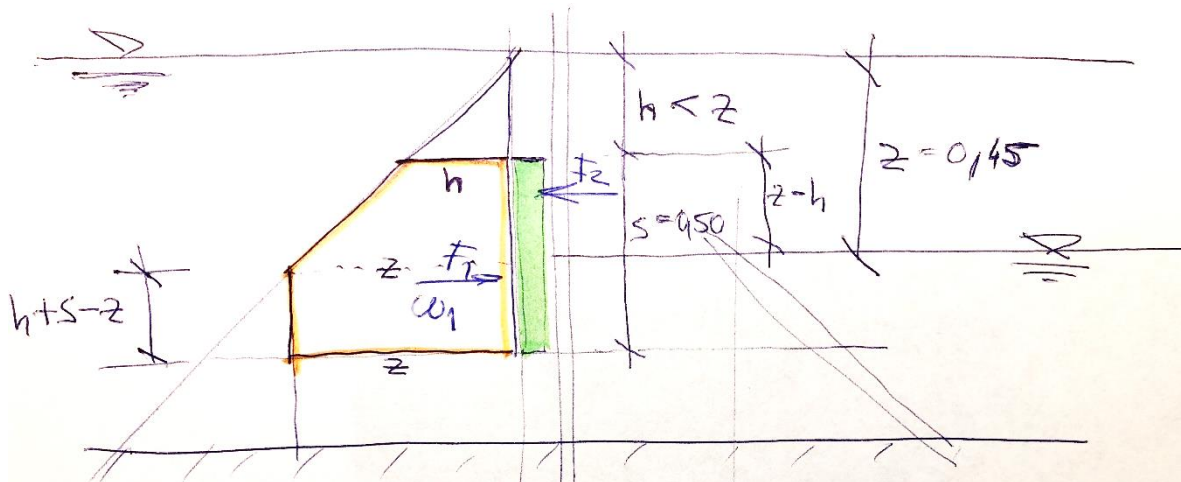
**Obr. 4.5** Otevřená poloha uzávěru.

Pohyblivý uzávěr je koncipovaný jako vznášený plovák tvořený krabicovým nosníkem z PVC celkových rozměrů 2,20 x 0,50 x 0,12 m se střelkou v horní přelivné hraně. Na uzávěr působí tyto síly:

- hydrostatická síla vodorovná,
- hydrodynamická síla,
- vztlačková síla svislá (Archimédův zákon),
- vlastní tíha,
- tření v kluzných ložiscích.



**Obr. 4.6** Návrh pohyblivého plováku z PVC s jedním nosníkem IPE 100.



**Obr. 4.7** Hydrostatické zatížení uzávěru.

Hydrostatická síla je tvořena dvěma složkami,  $F = F_1 - F_2$ :

- $F_1$  ... síla z návodní strany za předpokladu vodorovné přelivné hrany,
- $F_2$  ... síla pro odečet vlivem trojúhelníkové střelky v přelivné hraně. Střelka má výšku 0,20 m na světlou šířku plováku 2,00 m.

Pro výpočet sil  $F_1$  a  $F_2$  lze odvodit tyto vztahy:

$$\omega_1 = z(h + s - z) + \frac{z + h}{2}(z - h)$$

$$F_1 = \omega_1 \cdot 2,2 \cdot \rho_w$$

$$z_T = h + \frac{0,2}{3}$$

$$F_2 = \rho \cdot \frac{2,0 \cdot 0,2}{2} \cdot z_T$$

Třecí síla je dána třením na kontaktu pohyblivého plováku a pevné části uzávěru. Plovák se dotýká pevné části v oblasti příruby svislého ocelového nosníku rámu, který je zkonstruován ze dvou HEB 100 nosníků. Pro zajištění minimálního tření na kontaktu byl ocelový nosník HEB a pohyblivý plovák opatřen kluznou vrstvou z Teflonu tloušťky 4 mm. Kluzné ložisko je tedy tvořeno kontaktem teflon/teflon se součinitelem tření 0,04. Takto vytvořený kontakt představuje cca 10x menší tření než např. u kontaktu dřevo/dřevo nebo PVC/PVC.

Výsledné zatížení pohyblivého plováku je pro různé polohy pod hladinou horní vody uvedeno v tab. 4.2. V tab. 4.2 byla zanedbána hydrodynamická síla. Lze usuzovat, že při otevření plováku (je ve spodní poloze) je tento předpoklad blízký skutečnosti. V uzavřené poloze však může hydrodynamická síla hrát již určitou roli a přitěžuje plovák směrem dolů. Pro kvantifikaci této síly však není dostatek podkladů a plovák byl proto navržen s vysokým stupněm bezpečnosti, tedy s převahou vztlakové síly. Jemné vyvážení plováku pak bylo provedeno během experimentů in situ.

Ve výpočtu zatížení plováku byly uvažovány tyto návrhové veličiny:

hloubka pod hladinou	$h$	m
plocha plováku z pohledu	0.90	m <sup>2</sup>
hloubka plováku	0.12	m
tloušťka PVC	0.01	m
objem celkem	0.108	m <sup>3</sup>
obvod plováku	5.44	m
objem obalu	0.023	m <sup>3</sup>
objem vnitřku	0.085	m <sup>3</sup>
součinitel tření teflon x teflon	0.040	
hustota vody	1000	kg.m <sup>-3</sup>
hustota PVC	1440	kg.m <sup>-3</sup>

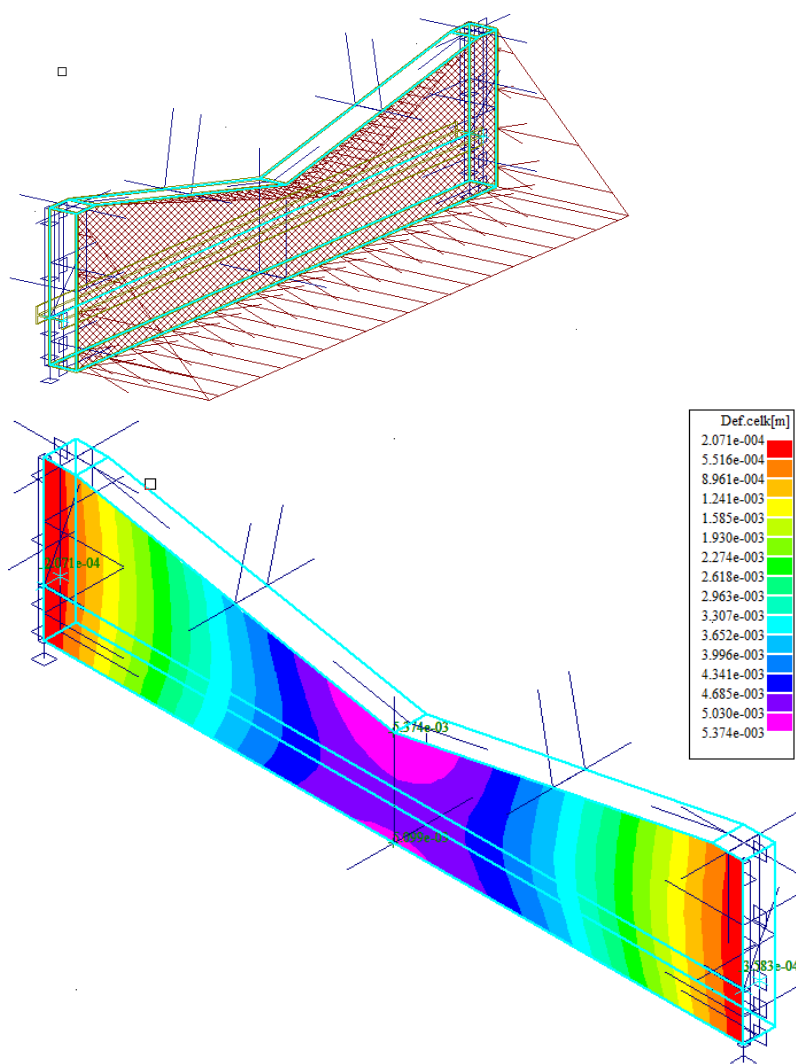
Zatížení plováku v tab. 4.2 je vyčísleno pro přehlednost v hmotnosti v [kg]. Kladné hodnoty výslednice znamenají, že síla je směrem vzhůru a odpovídá tíze dané hmotnosti. Záporné hodnoty by naopak svědčily o převaze sil směrem dolů a plovák by se nemohl uzavřít po vychýlení do příslušné polohy.

Obal plováku je navržen z neměkčeného PVC-CAW (Simona) tloušťky 10 mm. Spoje obalu jsou připraveny pomocí šroubových spojů. Pro finální využití lze doporučit svařovaný spoj. Uvnitř plováku je umístěn jeden ocelový nosník IPE 100. V další fázi bylo připraveno statické posouzení plováku s cílem ověření celkového průhybu – viz obr. 4.8. Max. deformace

plováku je 5,3 mm, což je přijatelná hodnota, která nemá vliv na funkci obou bočních kluzných ložisek (asymetrické namáhání).

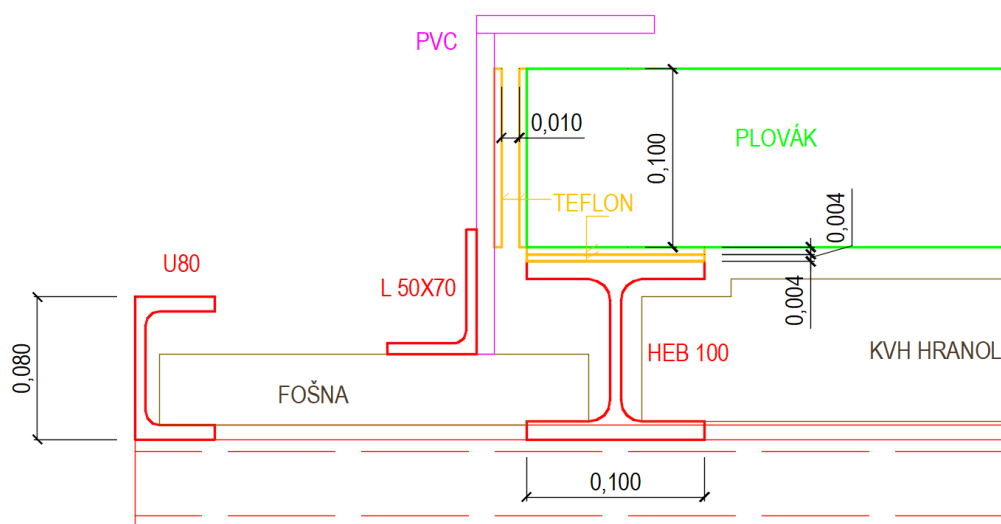
**Tab. 4.2** Zatížení pohyblivého plováku v různých polohách pod hladinou.

Silové namáhání plováku										
h	Hydrostatická síla				vztlak		tíha		tření	VÝSLEDNICE
[m]	[m2]	[kg]	[kg]	[kg]	[m3]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
	omega1	F1	F2	F	objem	W	obal	výztuhy		
0.00	0.124	272.3	13.3	258.9	0.108	108.0	33.8	20	10.4	43.9
0.05	0.145	319.0	23.3	295.7	0.108	108.0	33.8	20	11.8	42.4
0.10	0.164	360.3	33.3	326.9	0.108	108.0	33.8	20	13.1	41.2
0.15	0.180	396.0	43.3	352.7	0.108	108.0	33.8	20	14.1	40.1
0.20	0.194	426.3	53.3	372.9	0.108	108.0	33.8	20	14.9	39.3
0.25	0.205	451.0	63.3	387.7	0.108	108.0	33.8	20	15.5	38.7
0.30	0.214	470.3	73.3	396.9	0.108	108.0	33.8	20	15.9	38.4



**Obr. 4.8** a) Zatížení plováku, b) Celkové deformace pohyblivého plováku.

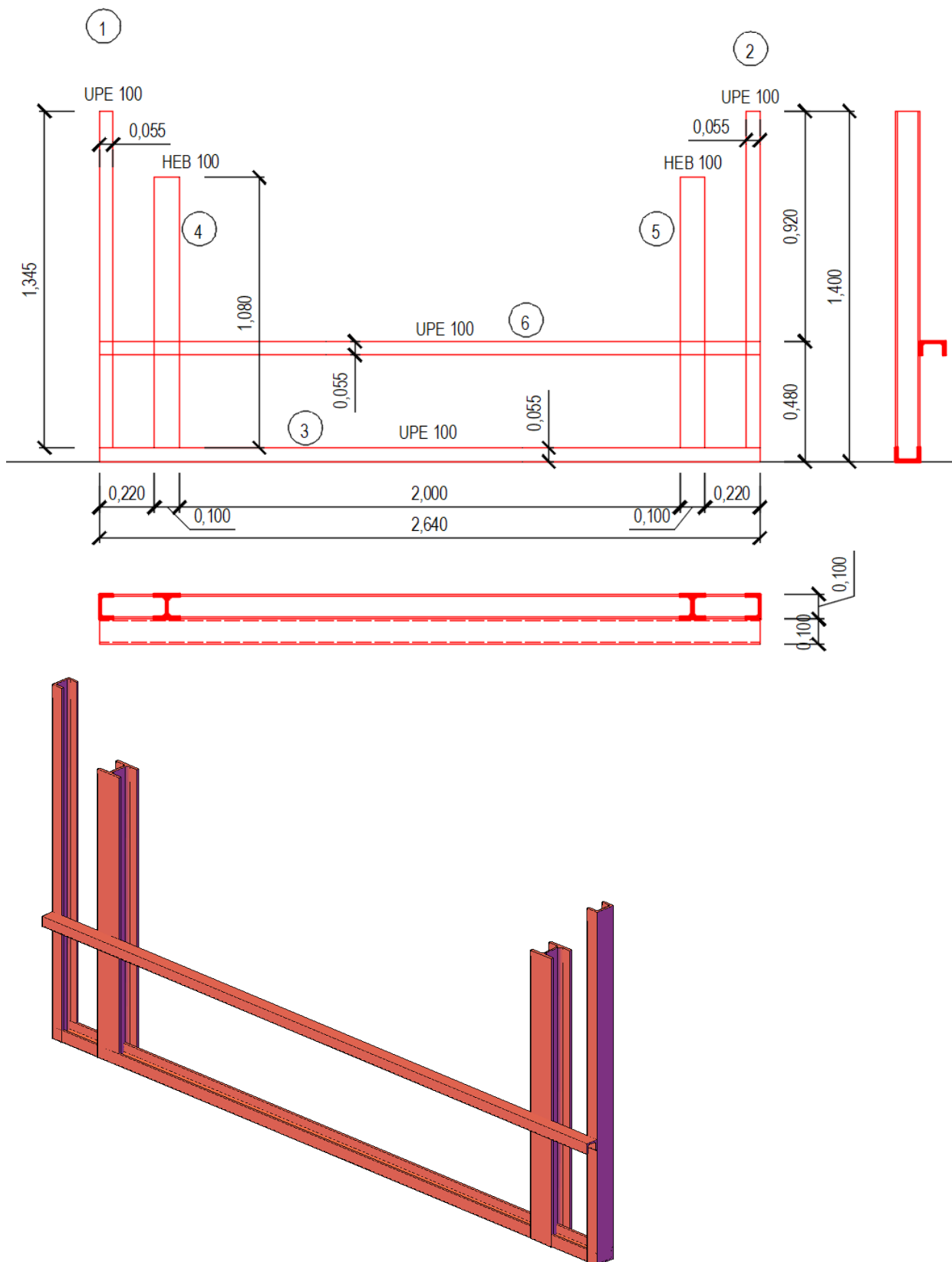
Pohyblivý plovák se pohybuje zcela volně v drážkách vytvořených za oběma vodícími ložisky připevněných k dřevěným hradícím fošnám. Drážky jsou připraveny z PVC, které je připevněno k dřevěným fošnám pomocí ocelového profilu L 50x70. Drážky jsou opět jak ze strany plováku, tak ze strany drážky opatřeny teflonem pro minimalizaci tření a zamezení zasekávání uzávěru v mezipolohách. Teflonové ložisko je tvořeno dvojicí desek z teflonu tloušťky 4 mm připevněného k HEB nosníku, plováku a PVC drážce pomocí zapuštěných šroubů.



**Obr. 4.9** Detail drážky plováku.

### 4.3 Návrh nosné části uzávěru

Nosná část uzávěru je navržena z ocelových válcovaných profilů svařených do konstrukce na obr. 4.10.



**Obr. 4.10** Ocelová nosná konstrukce uzávěru.

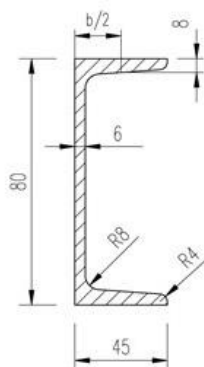
Boční části a spodní nosník ocelového rámu jsou sestaveny z profilu U 80. Hlavní dva svislé nosníky jsou z HEB 100. tyto nosníky slouží jako opora pohyblivého stavidla – plováku z PVC. Vodorovný nosník pro vynesení obou konzol HEB 100 je navržen z profilu U 50. Konstrukce byla navržena s ohledem na dva základní požadavky:

- potřeba zajistit celkovou hmotnost cca 100 kg pro manipulovatelnost dvěma osobami při montáži prototypu,
- přenést spolehlivě zatížení vyvolané hydrostatickým zatížením,
- zajistit minimální průhyby konstrukce pro zajištění bezproblémového pohybu plovoucího uzávěru (plováku).

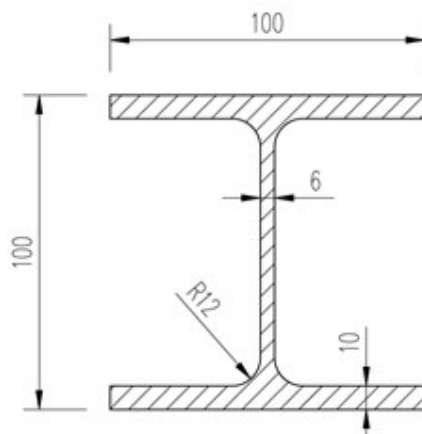
Následující tab. 4.3 uvádí díly a hmotnost nosného rámu prototypu.

**Tab. 4.3** Díly nosného rámu a jejich hmotnost.

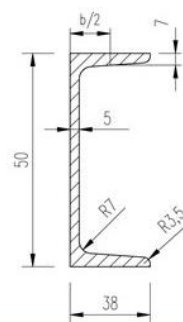
**U 80**



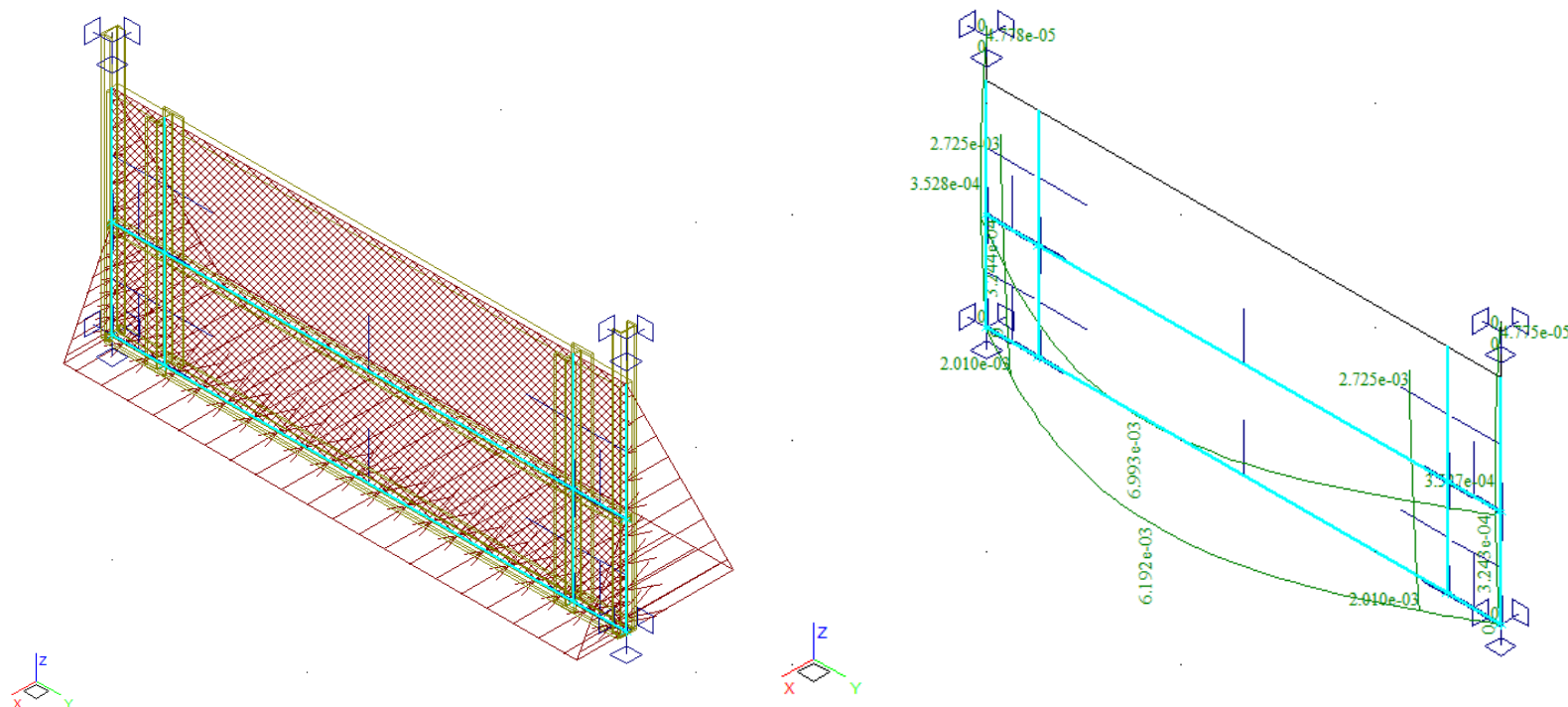
**HEB 100**



**U 50**



č	profil	délka [m]	jedn. hmotnost [kg/m]	Hmotnost [kg]
1	U 80	1.3	8.64	11.2
2	U 80	1.3	8.64	11.2
3	U 80	2.64	8.64	22.8
4	HEB 100	1.05	20.4	21.4
5	HEB 100	1.05	20.4	21.4
6	U 50	2.64	5.59	14.8
<b>celkem</b>				<b>102.9</b>

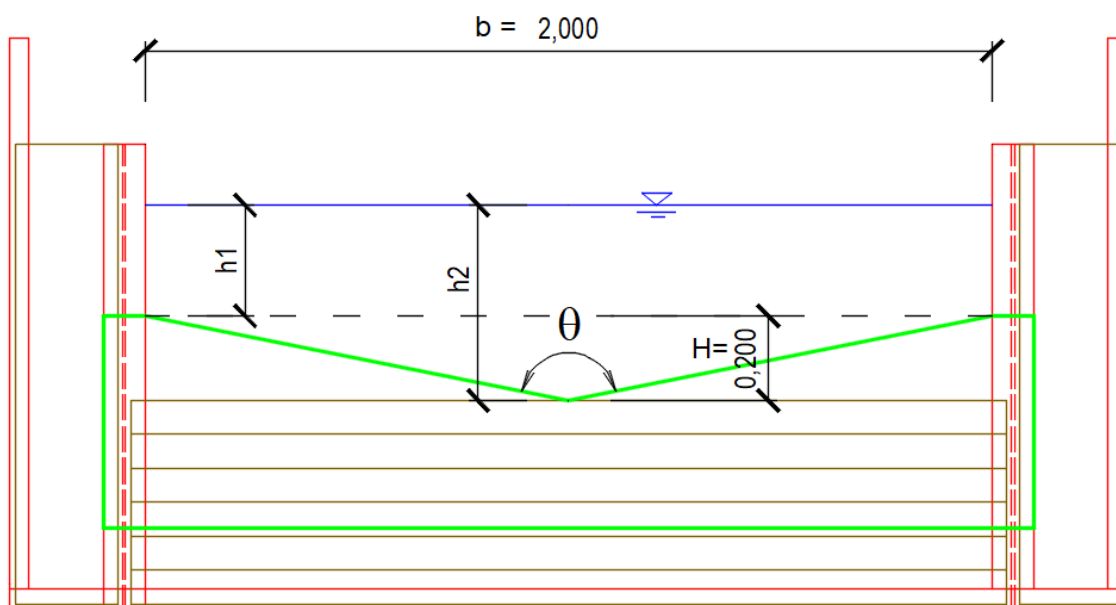


**Obr. 4.11** Výpočet deformací nosného rámu: a) hydrostatické zatížení, b) celkové deformace jednotlivých prutů.

Poznámka: spodní prut rámu je uvažován na straně bezpečnosti s oporami pouze u stěn. Dnový práh není místy souvislý.

#### 4.4 Průtok přes uzávěr

Parametry přepadu přes pohyblivý uzávěr jsou vyznačeny na obr. 4.12.



**Obr. 4.12** Přepad přes plovák s trojúhelníkovou střelkou na přelivné hraně.

Pro výpočet přepadu přes trojúhelníkový přeliv platí rovnice ověřená modelovým výzkumem dle (Deng, Chang, Lee, 2006):

$$Q = \frac{8}{15} C_{td} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) (h_2^{5/2} - h_1^{5/2})$$

Součinitel přepadu je dle uvedeného zdroje  $C_{td} = 0,59$  a pro středový úhel platí:  $\tan(\theta/2) = 0,5b/H$  a tedy  $\theta = 157,38^\circ$ . Měrná křivka přepadu přes plovák je tedy v závislosti na ponoření horní hrany  $h_1$  dána pomocí tab. 4.4.

**Tab. 4.4** Měrná křivka přepadu přes plovák.

poloha	$h_1$ [m]	$h_2$ [m]	$Q$ [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
zavřeno	0	0.20	0.125
	0.05	0.25	0.214
	0.10	0.30	0.321
	0.15	0.35	0.444
	0.20	0.40	0.581
plné otevření	0.26	0.46	0.760

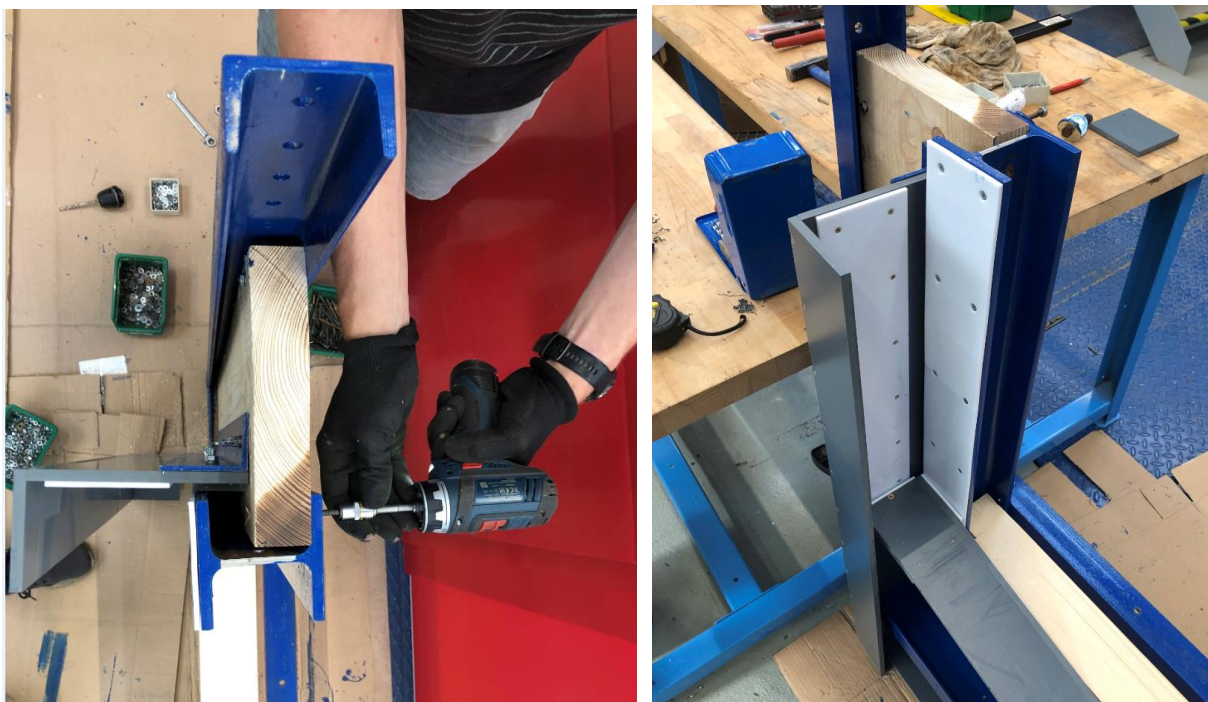
## 5. Výroba uzávěru



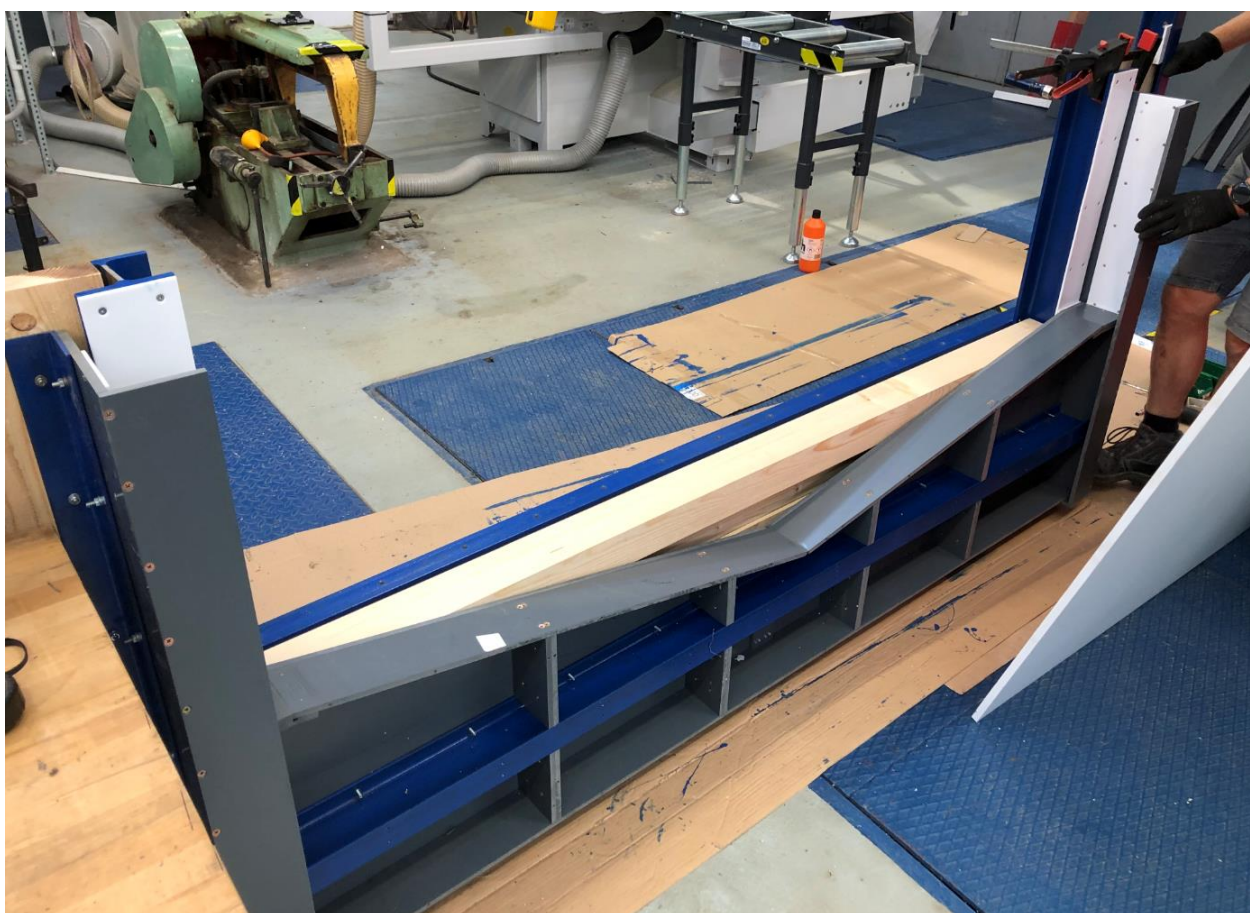
**Obr. 5.1** Uzávěr z povodní strany (zcela zahrazený KVH hranoly).



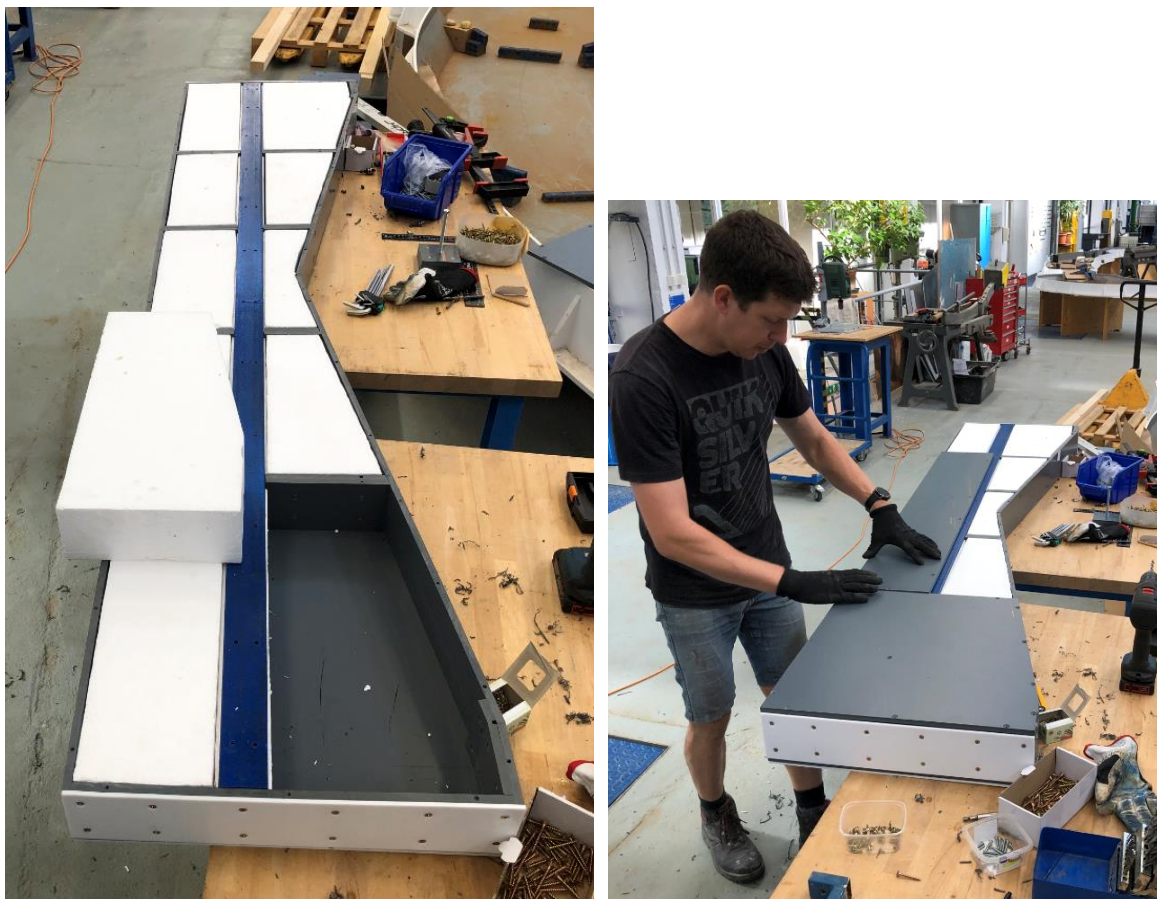
**Obr. 5.2** Uzávěr z návodní strany s instalovanými drážkami pro plovák.



**Obr. 5.3** a) Instalace boční dřevěné hradící fošny, b) instalace vodících drážek pro plovák.



**Obr. 5.4** Instalace plováku (pohyblivý uzávěr). Uvnitř je IPE 100 a PVC výztuhy.



**Obr. 5.5** Osazení polystyrenu do vnitřku plováku a zakrytí plováku.



**Obr. 5.6** Transport uzávěru k jezu Černošice, 16. 9. 2023.



Obr. 5.7 Instalace rámu do sportovní propusti (16. 9. 2023).



Obr. 5.8 Instalace plováku (16. 9. 2023).

## 6. Ověření funkce uzávěru

Funkce uzávěru sportovní propusti byla ověřena během tří zkušebních dnů:

1. dne 17. 9. 2023:
  - ověřena byla funkce laminátové a nafukovací kánoe,
  - testování provedl tým zhotovitele,
  - test dopadl pro všechna plavidla úspěšně.
2. dne 22. 9. 2023:
  - ověřena byla funkce laminátové a nafukovací kánoe a raft,
  - testování provedl tým zhotovitele, objednatele a ENVISYSTEM, s.r.o.
  - test dopadl pro všechna plavidla úspěšně.
3. dne 5. 10. 2023:
  - ověřena byla funkce laminátové a nafukovací kánoe,
  - testování provedl tým zhotovitele, objednatele, Asociace vodní turistiky a sportu, z.s. a ENVISYSTEM, s.r.o.
  - test dopadl pro všechna plavidla úspěšně.

Před testováním dne 5. 10. 2023 byla horní plocha plováku zaoblena připevněním zakulacené dřevěné fošny dle obr. 6.1. Cílem tohoto opatření je zlepšit přejíždění zejména nafukovacími plavidly a zajistit bezpečnější podmínky pro osoby.



**Obr. 6.1** Zaoblený dřevěný díl na horní plochu plováku.

## 6.1 Ověření uzávěru 17. 9. 2023

### Kánoe laminátová

#### 1 osoba



#### 2 osoby



## Kánoe nafukovací

### 1 osoba



### 2 osoby



## 6.2 Ověření uzávěru 22. 9. 2023

### Raft

2 osoby



4 osoby



## 6 osob



## Kánoe

### 1 osoba



### 2 osoby



### 6.3 Ověření uzávěru 5. 10. 2023

Za účasti zástupců Asociace vodní turistiky a sportu z.s.



## 7. Vyhodnocení funkce uzávěru a závěry

Cílem fyzikálního modelu bylo dosažení co možná nejefektivnějšího návrhu sportovní propusti pro všechny typy lodí, jež se na toku Berounka mohou vyskytnout pro rekreační účely. Výzkum ověřil a optimalizoval uzávěr sportovní propusti tak, aby uzávěr byl samovolně spustitelný a uzavíratelný pro lodě a čluny. Průběh výzkumu lze shrnout do následujících bodů:

1. Námět uzávěru pro sportovní propusti vychází z myšlenky pana Ludvíka Štíky, který podobný uzávěr provozuje v lokalitě Kaceřovský mlýn na Berounce v KM 111,4. Ověření prototypu je dále spojeno se záměrem implementace uzávěru na podobném principu do lokality Zadní Třebáň, popř. do dalších lokalit. Výchozí návrh uzávěru do lokality Zadní Třebáň připravila společnost Envisystem, s.r.o.
2. Bylo shledáno, že návrh prototypu nelze dostatečně spolehlivě ověřit ve zmenšeném měřítku ve vodohospodářské laboratoři a proto byla pro ověření vybrána testovací lokalita sportovní propusti při jezu v Černošicích v KM 8,200 světlé šířky 2,50 m. Důvodem je zejména potřeba ověřit prototyp pomocí skutečných plavidel v měřítku 1:1 a dále potřeba zahrnout skutečné materiálové a deformační vlastnosti uzávěru při interakci proudění a silového namáhání uzávěru hydrostatickým a hydrodynamickým zatížením a plavidly.
3. Návrh prototypu byl ovlivněn skutečností, že nebylo možné využít stávající drážky provizorního hrazení osazené stavebně do obou zdí propusti z důvodu jejich malé šířky pro instalaci plováku a nemožnosti jejich vybavení kluzným teflonovým ložiskem. Z uvedeného důvodu byla navržena vlastní nosná konstrukce z ocelového svařeného rámu, která umožnila realizovat propust se světlou šířkou 2,00 m. Tato šířka přesto umožnila realizovat ověření uzávěru pro celé spektrum sportovních plavidel včetně raftu.
4. Zpracovaný experimentální výzkum s prototypem uzávěru umožnil navrhnout metodiku dimenzování uzávěru včetně silového namáhání, deformací jednotlivých dílů a především získat zkušenosti z ověřovacích proplavení typovými plavidly. Tyto zkušenosti lze využít pro návrh uzávěrů do budoucích cílových lokalit.

Z provedeného ověření funkce uzávěru vyplynuly tyto závěry:

1. Doporučujeme navrhovat pohyblivý plovák osazený do stavebně připravených drážek tak, aby šířka plováku byla pokud možno na celou světlou šířku sportovní propusti, tedy nejčastěji 2,50 m. Toto opatření je výhodné ze dvou hlavních důvodů:
  - a. umožňuje proplutí i nejširších sportovních plavidel (raftů),
  - b. při sklopení uzávěru nemůže široké plavidlo zablokovat celý profil a bránit tak vytvoření dostatečně silné průtokové vlny. Průtoková vlna se generuje ve volné části profilu mimo plavidlo, které proplouvá propustí a po opuštění plavidla propusti během jeho zavírání. Zavírání uzávěru ve však z podstaty funkce poměrně rychlé.
2. S ohledem na dílčí nejistoty při kvantifikaci některých typů zatížení plováku (třecí síla, hydrodynamické zatížení) se osvědčilo spíše mírně předimenzovat vztlak plováku, který je zajišťován polystyrenovými deskami uvnitř plováku. Následně je velmi důležitý



- ověřovací provoz, během kterého je třeba funkci plováku vyladit jeho vyvážením (odebíráním nebo přidáváním polystyrenu). Z uvedeného důvodu je návodní krycí deska připravena jako odnímatelná.
3. Pro kontakt plováku a pevné části uzávěru doporučujeme teflonové desky vytvořením třecího kontaktu teflon/teflon s minimálním součinitelem tření (0,04). Teflonem doporučujeme opatřit také vnější stěny drážek a plováku s ponecháním úzké mezery (do 1 cm), aby se zamezilo vzpříčení plováku v drážce v mezipoloze např. vlivem asymetrického zatížení plavidlem.
  4. V horní hraně plováku doporučujeme dle návrhu ENVISYSTEM, s.r.o. realizovat mírnou střelku do „V“. Toto opatření se osvědčilo z následujících důvodů:
    - a. udržuje stálý malý průtok přes uzávěr dle potřeby. To je výhodné pro trvalé smáčení dna navazující propusti a může působit příznivě jako vábící proud pro rybí přechod (je-li umístěn v blízkosti sportovní propusti).
    - b. střelka v koruně uzávěru navádí plavidla na osu propusti a při asymetrickém njetí na plovák plavidlo zpravidla sklouzne do osy.
  5. Horní polohu plováku je vhodné zajistit mechanickými dorazy v obou drážkách pro fixaci horní polohy (poloha zavřeno).
  6. Horní hrana plováku by měla být zaoblena (na prototypu  $r=2,5$  cm) z důvodu lepšího proplouvání nafukovacích plavidel a bezpečnosti osob.
  7. S ohledem na krátkou dobu ověřovacího provozu prototypu lze provozní režim v delším časovém horizontu hodnotit jen obtížně. Lze ale učinit tato doporučení:
    - a. plovák doporučujeme mimo plavební sezónu vyjmout a uskladnit. Alternativou může být jeho sklopení např. 20 až 30 cm pod hladinu pomocí delších dorazů.
    - b. je třeba počítat s možností zachytávání pláví na uzávěr, což by mohlo v určitých případech vést k vyřazení funkce a potřebě vyčištění.
    - c. ve skutečné instalaci bude vhodné zajistit určitou ochranu drážek ve stěnách propusti před plávím.
    - d. základní princip uzávěru je však díky maximální jednoduchosti a absenci elektroniky nebo mechanických součástek velmi robustní.
  8. Během všech provedených experimentů bylo možné projet všemi testovanými plavidly sportovní propustí. Uzávěr tedy téměř vždy, až na jeden případ (viz další bod), umožnil proplavení plavidel. Testována byla tato plavidla:
    - a. laminátová kánoe – 1 a 2 osoby,
    - b. plastová kánoe – 1 a 2 osoby,
    - c. nafukovací kánoe – 1 a 2 osoby,
    - d. nafukovací raft – 2, 4 a 6 osob.
  9. Při plavbě plně obsazeným raftem došlo v jednom případě k situaci, kdy se uzávěr sice naplno otevřel, ale plavidlo vyplnilo téměř jeho celou světlou šířku. Protože se uzávěr krátce po proplutí plavidla uzavřel, nevytvořila se dostatečně velká průtoková vlna. Proto jednoznačně doporučujeme realizovat šířku plováku pokud možno na celou světlou šířku propusti, aby i při proplouvání raftu bylo po stranách dostatek volného prostoru pro proudění.
  10. Při proplavování plavidel (zejména plastová kánoe) byla rychlost plavidla v následné trati propusti větší než rychlost vzniklé průtokové vlny. Plavidla v tomto případě proplula pouze na vodě, která přepadá permanentně přes horní hranu uzávěru střelkou do „V“. Je zřejmé, že pokud by plavidlo v níže ležící trati propusti uvízlo z důvodu malé



hloubky, bylo by po dosížení průtokovou vlnou bezpečně proplaveno. K takovému uvíznutí v trati propusti však nikdy nedošlo. Přesto lze pro zvýšení rychlosti průtokové vlny v trati propusti pod uzávěrem doporučit:

- a. nerealizovat v trati retardéry, které zpomalují rychlost.
- b. dno realizovat ve větším sklonu (kratší) a hladké s obložením dřevěnými fošnami.

11. Plastová a laminátová plavidla s obsazeností pouze jednou osobou a s větší rychlostí najetí na uzávěr někdy proplula bez jakéhokoliv poklopení uzávěru. Plavidla tak proplula pouze horní střílkou výšky 0,2 m v ose. V případě větší obsazenosti těchto plavidel (= většího ponoru) se uzávěr vždy sklopil dle potřeby, takže proplutí bylo úspěšné a navíc vznikla dodatečná průtoková vlna.

V Praze, dne 13. 10. 2023

doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur



## Seznam podkladů

- [1] Deng, Chang, Lee: Discussion of “Design and Calibration of a Compound Sharp-Crested Weir” by J. Martínez, J. Reca, M. T. Morillas, and J. G. López. JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING © ASCE / AUGUST 2006.
- [2] ENVISYSTEM, s.r.o.: Berounka, ř. km 21,638 – jez Zadní Třebáň – výstavba rybího přechodu a vodácké propusti. Projektová dokumentace – DUR. Praha, 06/2022.

## Přílohy

- 1. Fotodokumentace
- 2. Videodokumentace z ověřovacího provozu