



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY**

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**REVITALIZACE RYBNÍKA V KATASTRÁLNÍM ÚZEMÍ  
SKALIČKA U HRANIC**

REVITALIZATION OF THE SMALL WATER RESERVOIR IN THE SKALIČKA U HRANIC  
CADASTRAL AREA

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Martin Majkus

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV PASEKA, Ph.D.

BRNO 2022



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	NPC-SIV Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Specializace</b>	bez specializace
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Martin Majkus
<b>Název</b>	Revitalizace rybníka v katastrálním území Skalička u Hranic
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2021
<b>Datum odevzdání</b>	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

---

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

- ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- Doležal, P. Projekt vodního hospodářství krajiny – studijní opora. Brno: VUT v Brně, 2006.
- Šálek, J., Mika, Z., Tresová, A. Rybníky a účelové nádrže, SNTL Praha, 1989.
- Vrána, K. Rybníky a účelové nádrže, ČVUT Praha, 2002.
- AQUAPLAN – Ing. Petr Kuda, VIII/2013 – pasport nádrže.
- Geodetické zaměření lokality, Geoprojekta, 2020.
- Základní hydrologické údaje, ČHMÚ, 2020.
- Inženýrsko-geologický průzkum, ATELIER FONTES, 2020.
- A další.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Cílem diplomové práce je revitalizace bočního rybníka v obci Skalička u Hranic. Práce se bude skládat z několika dílčích částí řešení, které budou komplexně tvořit revitalizaci rybníka. Zpracovaná revitalizace bude odpovídat stupni dokumentace stavebního povolení. Konkrétně se student bude v diplomové práci zabývat návrhem funkčních objektů nádrže, úpravou přírodního koryta a odběrného objektu. Součástí řešení bude výstavba objektu skluzu na Hlubockém potoce, který nahradí stávající nevyhovujícího betonový spádový stupeň. V rámci diplomové práce bude pro navržený objekt provedeno modelování průtokových stavů v programu HEC-RAS.

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je návrh komplexní revitalizace bočního rybníka v katastrálním území Skalička. V rámci revitalizačních opatření je navrženo odbahnění nádrže, opevnění břehů a další úpravy v návaznosti na funkční objekty. Za účelem odběru vody do rybníka je v korytě Hlubockého potoka navržen pevný odběrný objekt a navazující otevřený kanál s mokřady, který nahradí stávající přívodní potrubí. V rámci stabilizace koryta a překonání výškového rozdílu je v korytě potoka navržen balvanitý skluz s vývarem a souvisejícími úpravami. Úvodní část práce je souhrnem poznatků z dané problematiky a jsou zde vysvětleny důležité termíny, historický kontext a popis základních principů. V další části je popsán stávající stav a poměry v zájmovém území. Následuje popis metod a programů, které byly pro tuto práci použity. V návrhové části jsou prezentována vlastní navrhovaná revitalizační opatření. Podstatnou částí práce je také ověření navrhované úpravy v korytě potoka, a to 3D digitálním modelem terénu v Atlas DMT a následnou simulací 1D proudění v HEC-RAS.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Revitalizace, rybník, malý vodní tok, balvanitý skluz, spodní výpust, odběrný objekt, digitální model terénu.

## **ABSTRACT**

The aim of this paper is to propose a comprehensive revitalization of the side pond in the cadastral area of Skalička. As part of revitalization measures, the removal of mud from the pond, fortification of the banks and other modifications in connection with functional structures are proposed. In order to take water into the pond, a concrete diversion structure in the Hlubocky stream bed is designed, connected with pond via open canal with 2 pools, which will substitute the existing supply pipeline. As part of stabilization of the streambed and to overcome height difference, a boulder chute with stilling basin and related modifications are designed. The introductory part is a summary of knowledge from the issue, and it explains important terms, historical context and description of basic principles. The next part describes the current situation and conditions in the surveyed locality. The following is a description of the methods and programs that were used for this work. The design part presents the proposed revitalization measures. An essential part of the work is also the verification of the proposed modification in the streambed, using 3D digital terrain model in Atlas DMT and subsequent 1D flow simulation in HEC-RAS.

## **KEYWORDS**

Revitalization, pond, small stream, boulder chute, conduit, diversion structure, digital terrain model.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Martin Majkus. *Revitalizace rybníka v katastrálním území Skalička u Hranic*. Brno, 2022. 108 s., 32 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Revitalizace rybníka v katastrálním území Skalička u Hranic* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

---

Bc. Martin Majkus  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Revitalizace rybníka v katastrálním území Skalička u Hranic* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

---

Bc. Martin Majkus  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto chci poděkovat panu Ing. Stanislavu Pasekovi, Ph.D. za cenné připomínky a vstřícný přístup při zpracování této diplomové práce. Dále děkuji Ing. Hance Trtílkové, Ing. Tomáši Havlíčkovi a kolektivu Atelier Fontes za získané zkušenosti, konzultace a cenné připomínky z praxe. Díky patří také Ing. Miroslavu Šoulovi za skvělou zpětnou vazbu v souvislosti s programem Atlas DMT. V neposlední řadě děkuji své rodině a nejbližším, kteří mě ve studiu podporovali.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD A CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ROZBOR PROBLEMATIKY.....</b>	<b>2</b>
2.1	RYBNÍKY .....	2
2.1.1	<i>Vymezení pojmů .....</i>	<i>2</i>
2.1.2	<i>Historie rybníků .....</i>	<i>3</i>
2.1.3	<i>Současný stav rybníků .....</i>	<i>3</i>
2.1.4	<i>Revitalizace rybníků .....</i>	<i>4</i>
2.1.5	<i>Odbahnění rybníků.....</i>	<i>4</i>
2.1.6	<i>Opevnění hráze a břehů rybníka .....</i>	<i>5</i>
2.1.7	<i>Výpustné zařízení.....</i>	<i>5</i>
2.2	MALÉ VODNÍ TOKY.....	6
2.2.1	<i>Vymezení pojmů .....</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Znaky a vlastnosti malých toků .....</i>	<i>7</i>
2.2.3	<i>Problémy a úpravy malých toků.....</i>	<i>10</i>
2.2.4	<i>Revitalizace malých toků.....</i>	<i>11</i>
2.2.5	<i>Opevňování koryta .....</i>	<i>11</i>
2.2.6	<i>Příčné objekty na tocích .....</i>	<i>14</i>
2.2.7	<i>Objekty pro využívání vody malých toků.....</i>	<i>16</i>
<b>3</b>	<b>SOUČASNÝ STAV.....</b>	<b>18</b>
3.1	POPIS ÚZEMÍ .....	18
3.1.1	<i>Obec Skalička.....</i>	<i>19</i>
3.1.2	<i>VD Skalička.....</i>	<i>19</i>
3.1.3	<i>Územní plán (ÚP).....</i>	<i>19</i>
3.1.4	<i>Hydrologické poměry .....</i>	<i>20</i>
3.1.5	<i>Geologické a pedologické poměry.....</i>	<i>23</i>
3.1.6	<i>Klimatické poměry.....</i>	<i>24</i>
3.2	POPIS STÁVAJÍCÍCH OBJEKTŮ .....	25
3.2.1	<i>Spádový stupeň na Hlubockém potoce.....</i>	<i>25</i>
3.2.2	<i>Koryto Hlubockého potoka a pravostranného přítoku.....</i>	<i>27</i>
3.2.3	<i>Přívodní potrubí.....</i>	<i>31</i>
3.2.4	<i>Studna.....</i>	<i>32</i>
3.2.5	<i>MVN.....</i>	<i>33</i>
3.2.6	<i>Výpustný objekt .....</i>	<i>35</i>
<b>4</b>	<b>POUŽITÉ METODY A PROGRAMY .....</b>	<b>37</b>
4.1	GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ LOKALITY .....	37
4.1.1	<i>Globální družicový polohový systém (GNSS).....</i>	<i>37</i>
4.1.2	<i>Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) .....</i>	<i>38</i>
4.2	PEDOLOGICKÝ PRŮZKUM A VYHODNOCENÍ .....	38
4.2.1	<i>Teoretický základ – zrnitostní rozbor .....</i>	<i>38</i>
4.2.2	<i>Zatřídění dle akreditované laboratoře .....</i>	<i>40</i>
4.2.3	<i>Vlastní pedologický průzkum s vyhodnocením v laboratoři.....</i>	<i>40</i>
4.3	DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU (DMT) – ATLAS DMT.....	45
4.3.1	<i>DMT stávajícího stavu.....</i>	<i>46</i>
4.3.2	<i>DMT navrhovaného stavu.....</i>	<i>48</i>
4.4	HEC-RAS .....	49
4.4.1	<i>Simulace proudění ve stávajícím korytě.....</i>	<i>49</i>
4.4.2	<i>Simulace proudění v navrhovaném korytě .....</i>	<i>51</i>
4.5	AUTOCAD .....	52
4.6	QGIS.....	52
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY PRÁCE .....</b>	<b>53</b>
5.1	NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ .....	53
5.1.1	<i>SO 01 Hlubocký potok – balvanitý skluz.....</i>	<i>54</i>

5.1.2	SO 02 Odběrný objekt.....	56
5.1.3	SO 03 Přívod vody z odběrného objektu.....	57
5.1.4	SO 04 Přívod vody ze studny.....	58
5.1.5	SO 05 Zátopa – odbahnění.....	58
5.1.6	SO 06 Stabilizace břehů nádrže .....	59
5.1.7	SO 07 Výpustné zařízení .....	59
5.1.8	SO 08 Mobilář.....	62
5.1.9	SO 09 Vegetační úpravy .....	63
5.1.10	SO 10 Příjezd na staveniště .....	63
5.2	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY .....	64
5.2.1	Stavovení průtoků.....	64
5.2.2	Stávající kapacita .....	65
5.2.3	Kapacita navrhovaných konstrukcí SO 01 .....	66
5.2.4	Odběrný objekt.....	69
5.2.5	Přívodní potrubí.....	70
5.2.6	Plnění nádrže .....	71
5.2.7	Výpust.....	73
5.3	MODELOVÁNÍ V HEC-RAS.....	74
5.3.1	Data pro výpočet .....	74
5.3.2	Simulace proudění ve stávajícím korytě.....	78
5.3.3	Simulace proudění v upraveném korytě.....	81
<b>6</b>	<b>ZHODNOCENÍ NÁVRHU.....</b>	<b>85</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....</b>	<b>87</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>90</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>91</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM SYMBOLŮ, ZKRATEK A ROVNIC .....</b>	<b>95</b>
11.1	SYMBOLY.....	95
11.2	ZKRATKY .....	96
11.3	ROVNICE .....	98
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>99</b>

# 1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Rybníky a další vodní nádrže plní spolu s vodními toky, mokřady a lesními porosty v naší krajině velmi důležitou úlohu, přičemž nejvýznamnější je jejich retenční funkce. Význam zadržování vody v krajině je v dnešní době již stabilně ukotven v povědomí většiny obyvatel, a především v národních a mezinárodních plánech a dotačních programech.

Velká část rybníků, mokřadů a přirozených meandrujících toků musela v minulém století ustoupit požadavkům rozvíjející se společnosti, která přetvářela krajinu hlavně zemědělsky. Probíhající regulace toků, odvodňování zamokřených ploch a rušení rybníků za účelem zisku orné půdy přispěly spolu s technickým rozvojem a chemizací zemědělství k „vysušení“ krajiny. Tyto „násilné“ zásahy si po několika desítkách let spolu s probíhající klimatickou změnou vybírají svoji daň a nutí nás zamyslet se nad budoucí podobou krajiny.

Voda, jakožto jedna ze základních podmínek života, si zasluhuje své hojné zastoupení a ochranu v současné i budoucí moderní krajině. Do budoucích let můžeme očekávat vyšší požadavky na ochranu vodních zdrojů, které se nejspíš stanou vzácnými. Současná tendence je tedy podpořit zásobu podzemní vody a navrátit krajině alespoň z části původní rozmanitost, která přináší užitek a radost všem.

V dnešní době je většina stávajících starších rybníků v neuspokojivém stavu. Vedle degradace funkčních objektů, málo kapacitních bezpečnostních přelivů a zanedbané údržby je velká část malých vodních nádrží také zanesena sedimenty (rybničním bahnem) a vyžaduje odbahnění. Také vlivem chemických přípravků používaných při zemědělství v povodí obsahuje rybniční sediment nežádoucí látky. Jeho účelná likvidace je proto mnohdy velkým problémem a úrodná půda v podobě bahna musí končit na skládce. K významnému odnosu materiálu nedochází pouze v povodí, ale také přímo v korytech vodních toků. V porovnání s původními klidnými meandrujícími koryty je dnešní zrychlený odtok v narovnaných (regulovaných) korytech spolu s častějšími povodněmi příčinou extrémních erozních procesů a negativních změn koryta. Umělé zkrácení a napřímení toků proto vyvolává nové potřeby opevňování postižených úseků a stabilizaci výškového profilu spádovými stupni. Všechny tyto lidské zásahy do toku podléhají přirozenému opotřebení a v řádu jednotek a desítek let je nutná jejich obnova. Často se tedy nabízí otázka, zda není výhodnější ponechat toky jejich přirozenému vývoji (renaturaci) a např. v rámci komplexní pozemkové úpravy provést v krajině vhodná opatření, která budou sloužit dlouhodobě.

Cílem této práce je návrh komplexní revitalizace bočního rybníka v parku bývalého zámeckého areálu ve Skaličce. Součástí revitalizace jsou vedle odbahnění rybníka také související návrhy opatření v okolí. Významná část práce se zabývá návrhem úprav v korytě Hlubockého potoka, ze kterého je odebírána voda pro účely rybníka. Za tímto účelem byl v minulosti v korytě vybudován betonový spádový stupeň s odběrem, které dnes dostatečně neplní funkci. V korytě toku je navržen nový objekt balvanitého skluzu, který pomůže zabránit extrémním erozním procesům v korytech Hlubockého potoka a pravostranného přítoku. Součástí návrhu je detailní popis navrhovaných objektů, výkresy, hydrotechnické výpočty a výstupy z modelování proudění při stávajícím stavu a při stavu navrhovaném.

## 2 ROZBOR PROBLEMATIKY

V úvodní části je nastíněna daná problematika.

### 2.1 RYBNÍKY

V této podkapitole jsou shrnuty vybrané důležité poznatky z problematiky rybníků a malých vodních nádrží (MVN).

#### 2.1.1 Vymezení pojmů

Na úvod jsou definovány důležité pojmy používané v dané problematice rybníků.

#### *MVN*

MVN je taková vodní nádrž, která podle normy ČSN 75 2410 splňuje obě z následujících podmínek: [1]

- objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) nepřesahuje 2 mil. m<sup>3</sup>;
- největší hloubka nádrže (svislá vzdálenost nejnižší položeného místa dna nádrže, mimo původní koryto nebo stoku, od maximální hladiny) nepřesahuje 9 m.

**MVN se dělí dle účelu na:** [1]

- zásobní nádrže;
- ochranné (retenční) nádrže;
- rybochovné nádrže (speciální rybníky);
- čistící nádrže (upravující vlastnosti vody);
- rekreační nádrže;
- hospodářské nádrže;
- speciální účelové nádrže;
- asanační nádrže;
- krajinnotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě.

**Podle polohy dále dělíme MVN:** [1]

- *z hlediska polohy nádrže vzhledem ke zdroji vody na:*
  - průtočné;
  - neprůtočné.
- *z hlediska polohy hráze vzhledem k hlavnímu toku na:*
  - údolní;
  - břehové;
  - boční.
- *z pohledu zařízení, které slouží k zadržení vody na:*
  - hrázové; kopané.

#### **Vodní dílo (VD)**

VD je stavba, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod a k jiným účelům dle Vodního zákona (VZ) [2]. Dle účelu se VD dále dělí na hydrotechnická, zdravotně inženýrská a hydromeliorační. [2]

## **Rybník**

Rybník je dle zákona č. 99/2004 Sb. (o rybářství) [3] VD, které je vodní nádrž určenou především k chovu ryb a lze na něm regulovat vodní hladinu. Konstrukce rybníka musí dále umožňovat vypouštění a slovení. Rybník je tvořen hrází, nádrží a dalšími technickými zařízeními. [3]

## **Rekonstrukce a revitalizace MVN**

Rekonstrukce zahrnuje úpravu, přestavbu a budování nových zařízení a částí MVN (hráze, objekty, prostor nádrže a okolí) provozovaných, zrušených nebo havarovaných, které nevyhovují požadavkům na jejich funkci a bezpečnost. [1]

Revitalizační činností se obnovují narušené, popřípadě změněné základní ekologické funkce MVN. [1]

### **2.1.2 Historie rybníků**

Historie prvních rybníčních nádrží na našem území sahá pravděpodobně až ke konci prvního tisíciletí n.l. Ve větší míře u nás byly rybníky budovány později ve 14. století za vlády Karla IV. Zlatá éra rybníkářství v Českých zemích však nastala až v 16. století, kdy byly především zásluhou rodu Rožmberků a Pernštejnů zbudovány velké rybníční soustavy v jižních Čechách a Polabí. Celková vodní plocha rybníků tehdy mohla činit až 180 tis. ha, přičemž retenční kapacita by odpovídala asi 2,4 mld. m<sup>3</sup>. [4]

Nejvýznamnější osobností té doby byl tehdejší „fišmistr“ Josef Štěpánek Netolický (1460–1539), který zbudoval mimo jiné 45 km dlouhou Zlatou stoku na Třeboňsku. Dalším významným jménem je Jakub Krčín (1535–1604), který zbudoval rybník Rožmberk s plochou 489 ha a 2,4 km dlouhou hrází. Za zakladatele moderního rybníkářství na našem území je považován Josef Šusta (1835–1914), který zavedl nové přístupy v chovu ryb a tím ve výsledku výrazně zvýšil jejich produkci. [5]

### **2.1.3 Současný stav rybníků**

V dnešní době zaujímají vodní plochy v Česku celkem asi 81 tis. ha, z toho 51 tis. ha patří cca 24 tis. rybníkům. Zbýlých 30 tis. ha připadá velkým údolním nádržím, kterých je u nás více než 100. [4]

Vedle rybochovné funkce jsou rybníky neméně důležité také z hlediska zpomalení odtoku vody při povodních a celkově zvýšením retenční schopnosti krajiny. Jejich velkým přínosem je také posílení estetické stránky krajiny, zvýšení biodiverzity, samočistící schopnosti krajiny a zlepšení mikroklimatu. [4]

Dle zákona o ochraně přírody a krajiny řadíme rybníky mezi významné krajinné prvky. Do této kategorie dále patří také vodní toky, jezera, lesy, rašeliniště, údolní nivy, mokřady a další. [6]

MVN průběhem času přirozeně stárnou a jejich technický stav se postupně zhoršuje. Pro dlouhodobé zachování všech funkcí nádrže je důležitá jejich správná údržba a provoz. Velký význam má také správné hospodaření v ploše povodí, které se odvíjí mimo jiné od krajinného pokryvu a pedologických poměrů.



Na našem území je v současnosti odhadováno množství cca 200 mil. m<sup>3</sup> sedimentů usazených v rybnících. Ke snížení míry zanášení je vhodné použití protierozních opatření (PEO) v povodí nádrže. Dále je možné u vtoku do nádrže zbudovat přeronový pás, záchytný příkop nebo sedimentační nádrž, lze také doplnit a obnovit břehové porosty, případně snížit abrazi břehů. Vhodné je také ponechat přírodní koryto meandrující, schopné částečného samočištění. [1], [7]

Kromě odbahnování se u starších rybníků nejčastěji v rámci rekonstrukčních prací provádí výměna původního vypustného zařízení, rekonstrukce nevyhovujícího bezpečnostního přelivu, dodatečná instalace odběrného zařízení a další. [1]

#### 2.1.4 Revitalizace rybníků

Revitalizačními opatřeními dochází k obnovení, doslova až „znovuoživení“ rybníků a jejich okolí. Opatření musí být v souladu s vytvářením přírodně hodnotných ekosystémů a svým charakterem se mají přibližovat přirozeným biotopům. [1]

K základním revitalizačním opatřením patří: [1]

- odstranění nežádoucích sedimentů;
- úprava dna nádrže;
- úprava nebo vytvoření litorální zóny, vč. obnovy břehových porostů;
- úprava břehů nádrže;
- vytvoření infiltračních pásů, mokřadních ploch a tůní kolem nádrže, včetně ozelenění;
- zapojení MVN do ekosystému ve vazbě na územní systémy ekologické stability (ÚSES);
- vhodná hospodářská opatření v povodí (např. PEO);
- vytvoření podmínek pro možnost migrace a pro přežití organismů při vypouštění nebo rozvoji nádrže.

#### 2.1.5 Odbahnění rybníků

Zanášení nádrží rybničního typu je dlouhodobý proces, který postupně omezuje vodohospodářské, estetické i ekologické funkce nádrže. Velký podíl na celkovém zanesení má přirozený i zrychlený proces vodní eroze v přispívajícím povodí nádrže a v korytě vodního toku nad nádrží. K zanášení přispívá také abraze vlastních břehů nádrže a organický odpad z vodních organismů a z břehové vegetace. Nejníže položená místa jsou zanášena rozpuštěnými látkami (živinami) z povodí, čímž dochází k rozvoji biomasy. U průtočných nádrží vzniká v místě vtoku sedimentační kužel tvořený pískem a hrubšími částicemi. Dále se podle doby zdržení usazují jemnější částice, a nakonec bývá usazen i nejjemnější organominerální kal. K pozvolnému zanášení nádrže a zmenšování retenčního prostoru takto dochází v řádu desítek let. [1]

Rybníky lze odbahnovat suchou nebo mokrou cestou, případně kombinací obou. Při suché variantě je rybník úplně vypuštěn a ponechán k částečnému vyschnutí bahna, které je následně těženo a vyhrnováno stroji pro zemní práce, nejčastěji dozery a rypadly. Při mokřem způsobu je rybniční bahno těženo ze dna pomocí sacího bagru. V minulosti býval sedimentovaný materiál pracovními mechanismy vyhrnován (rozstříkovan) a ponecháván po obvodu rybníka, toto je však současnou legislativou zakázáno. [7]

Upravené dno rybníka po odbahnění nesmí být hlouběji než dno původní. Doporučuje se ponechat vrstvu 10–15 cm sedimentu, která po novém napuštění nádrže

napomáhá k přirozenému biologickému oživení a napomáhá udržet stálou jakost vody. Sklon nivelety dna v příčném i podélném směru musí zajišťovat stažení rybí obsádky do nejhlubšího místa, tj. loviště. Podélný sklon odvodňovací stoky je minimálně 1 ‰. V rámci odbahnění je doporučeno zachovat cca 15 % vodní plochy nádrže jako litorální zónu, tj. pobřežní pásmo s hloubkou vody do 0,8 m. [1], [8]

Odtěžený sediment je vedle uložení na skládku možné rozhrnout na zemědělské půdě a po zaorání materiál zhodnotit jako hnojivo. Podmínkou uložení je dobrý výsledek chemického rozboru, který provádí akreditovaná laboratoř, vše podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. [1]

### 2.1.6 Opevnění hráze a břehů rybníka

Opevnění hráze a břehů se provádí za účelem ochrany před nepříznivými účinky vln, vodní erozí a povětrnostními vlivy. Druh opevnění je závislý také na sklonu svahu a materiálu hráze. Používá se vegetační pokryv (travní porost), kamenný pohoz, rovnanina, dlažba a beton. [1]

Návodní svah se opevňuje od koruny hráze alespoň 0,8 m pod hladinu stálého nadržení. Opevnění je zavázáno do svahů údolí a musí odolávat náhlým poklesům hladiny, usmýknutí po svahu, tlaku ledu a dalším jevům. Pokud je použita dlažba, musí být uložena na betonový nebo kamenný práh. [1]

U vzdušního svahu postačí většinou opevnění travním porostem, který je nutné pravidelně udržovat sečením. Možná je také výsadba dřevin, avšak je nutné dodržovat metodický pokyn Ministerstva zemědělství (MZe) (čj. 720/2003-6000). [1]

### 2.1.7 Výpustné zařízení

Každá MVN musí být vybavena výpustným zařízením, které umožňuje vypouštění vody do toku v množství dle požadované funkce nádrže. Výpust musí umožnit vyprázdnění nádrže nebo snížení hladiny na stanovenou úroveň v požadovaném čase. Nejmenší průměr výpusti je 300 mm. [1]

Na nádržích rybníčního typu jsou obvykle navrhovány výpusti spodní. Spodní výpust sestává z uzávěru a odpadu. Uzávěr výpusti slouží k regulaci odtoku z nádrže, nebo k jejímu úplnému zavření. Uzávěry spodních výpustí jsou typu: [9], [10], [11]

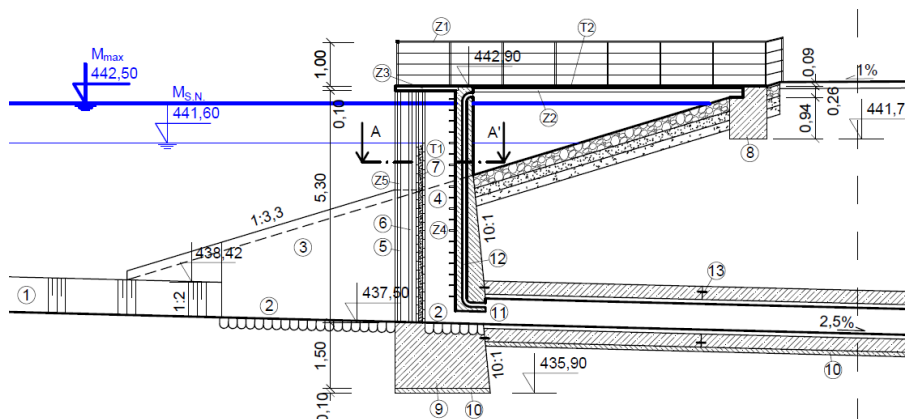
- požerák;
- šoupátko;
- stavidlo;
- čep;
- lopatka.

Výpustné zařízení může být také součástí sdruženého objektu, který navíc plní funkci bezpečnostního objektu.

#### **Požerák**

Na rybnících jsou nejčastěji použity spodní výpusti s požerákovým uzávěrem, který je umístěn na návodním líci hráze. Konstrukce požeráku se provádí z betonu (železobetonu) monoliticky nebo z prefabrikátů, méně často pak ze dřeva nebo oceli. [9]

Podle konstrukce požeráky dělíme na otevřené nebo uzavřené. Nátok vody je horní nebo spodní, vždy opatřen česlemi. Výhodou spodního nátoku je lepší cirkulace vody v nádrži a odběr vody bez nečistot plovoucích na hladině. Hrazení uzávěru se obvykle provádí dlužovými stěnami, nejčastěji dvojitou stěnou s jílovým těsněním mezi dlužemi. [9]



Obr. 1 Spodní výpust s otevřeným požerákem (zdroj: vlastní)

**Legenda:**

1 – odvodňovací stoka rybníka; 2 – zpevněné dno; 3 – zavazovací křídlo (opevnění nátoku); 4 – požerák otevřené konstrukce; 5 – drážky česlí; 6 – drážky provizorního hrazení; 7 – jílové těsnění; 8 – opěrný blok lávky; 9 – základ požeráku; 10 – podkladový beton; 11 – diafragma; 12 – zavzdušnění diafragmy; 13 – pásové těsnění

**Odpad spodní výpusti**

Odpad spodní výpusti je buďto otevřený nebo uzavřený. Výhodou otevřeného odpadu je velká kapacita odpadního koryta, je však nutné jej překlenout lávkou nebo mostem. Nevýhodou je provádění přes celou výšku hráze, čímž vznikají velké styčné plochy, kde může dojít k průsakům. [9]

Uzavřený odpad je tvořen odpadním potrubím nebo štolou, na které je nasypána zemina v rámci tělesa hráze nebo břehu. Nevýhodou uzavřeného odpadu je nutnost zajištění stability před účinky sedání tělesa hráze. Do potrubí je špatný přístup v případě poruchy nebo údržby, z toho důvodu je doporučený minimální průměr 600 mm. [9], [10]

**2.2 MALÉ VODNÍ TOKY**

V této podkapitole jsou shrnuty významné poznatky z problematiky malých vodních toků.

**2.2.1 Vymezení pojmů**

Pro lepší nastínění problematiky malých vodních toků jsou v následující části definovány základní pojmy.

**Vodní tok (VT)**

VT jsou definovány jako povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po většinu trvání roku. Jejich součástí jsou také vody uměle vzduté, vody ve slepých

ramenech a v úsecích přechodně tekoucích přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo zakrytými úseky. [2]

Koryto VT je pozemek evidovaný v katastru jako vodní plocha, přes který teče vodní tok. Dále je to část pozemku zahrnující dno a břehy koryta až po břehovou čáru určenou hladinou vody, která se nevytlívá do přilehlého území. [2]

### ***Správa VT***

VT jsou předmětem správy dle VZ a členíme je na významné a drobné. Seznam významných toků byl stanoven MZe ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí (MŽP), a to vyhláškou č. 178/2012 Sb. [2]

**Významné VT** jsou ve správě státních podniků Povodí, spadajících pod MZe. [2]

**Drobné VT** mohou vedle státních podniků Povodí a Lesů spravovat také příslušné obce, fyzické osoby, právnické osoby a Ministerstvo obrany (na území vojenských újezdů). [2]

### ***Povodeň***

*„Pod pojmem povodeň rozumíme jev, při kterém dochází k dočasnému zvýšení hladiny ve VT a rozliti vody mimo koryto. Podle původu rozlišujeme povodně přirozené, které vznikly přírodními jevy (např. vlivem vydatných srážek), nebo povodně zvláštní (při porušení hráze vodní nádrže). Povodně jsou nejčastěji vyvolány nadměrným srážkovým úhrnem. Dopadající srážky jsou nejprve vsakovány, avšak pokud je infiltrační schopnost půdy překonána, nastává povrchový odtok. Z malých povodí se odtékající voda akumuluje v menších VT, které se dále vlévají do významnějších toků. Pokud není kapacita koryta takového toku dostatečná, dochází k jeho tzv. vyběření a tím pádem k rozlivu vody do okolí. Voda s sebou odnáší vše, co není dostatečně těžké nebo stabilní a působí obrovské škody v intravilánech i mimo zastavěná území obcí.“ [12]*

#### **2.2.2 Znaky a vlastnosti malých toků**

Malé VT zahrnují bystřiny, potoky a říčky, přičemž potoky můžeme dále členit dle území na horské, podhorské, pahorkatinné a nížinné. Každý VT má své charakteristické povodí, tj. území, ze kterého srážková voda odtéká do koryta toku. Hranice povodí se nazývá rozvodnice a probíhá přes relativně nejvyšší body povodí o protisměrném sklonu. [13], [14]

Charakteristické znaky malých VT jsou: [13]

- charakter povodí;
- délka toku;
- podélný sklon dna;
- průtokový režim;
- splaveninový režim.

### ***Charakter povodí***

U malých VT je povodí vždy menší velikosti, tvarově zaokrouhlené, protáhlé nebo prutovité. U bystřin a horských toků je reliéf povodí pahorkatý až horský. Povodí potoků a říček je méně sklonité až rovinné. Plocha povodí je hospodářsky obdělávaná nebo zalesněná. [13]

**Tab. 1 Klasifikace malých toků podle povodí [13]**

klas. skupina	typ povodí	velikost povodí [km <sup>2</sup> ]	tok
I.	extrémně malé	< 1	výzkumné plochy
II.	velmi malé	1–10	bystřiny, nevyvinuté potoky
III.	malé	10–100	vyvinuté potoky
IV.	středně velké	100–2 000	větší potoky, říčky

I v malých povodích mohou vznikat velké specifické odtoky, zvláště v případě přívalové srážky, která zasáhne celou plochu povodí. Povrchový odtok a výsledná povodeň závisí na tvaru povodí, sklonitosti, půdních vlastnostech a vegetačním pokryvu. [13]

### ***Délka toku***

Délka VT udává délku střednice koryta toku od pramene k zaústění do toku vyššího řádu. Poměr délky toku mezi 2 profily ku přímé vzdálenosti udává tzv. vývoj toku. [13]

### ***Průtokový režim***

Průtokový režim malých VT je rozkolísaný. V letních měsících se v korytech toků vyskytují malé průtoky, které v suchých obdobích mohou klesnout až na tzv. absolutně nejmenší vodu. Normální (střední, setrvalé) průtoky protékají po většinu roku. Velké průtoky vznikají na tocích při jarním tání sněhu, zvláště pokud je doprovázeno deštěm. V letních měsících dochází k intenzivnějším srážkovým úhrnům, které rovněž vyvolávají vysoké průtoky. [13]

Znalost průtokových poměrů je důležitá k navrhování úprav malých VT. Data k požadovaným profilům je možné získat od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), nebo v případě studií a analýz průtoky stanovit výpočtem. Potřebnými hydrologickými daty jsou zpravidla  $N$ -leté a  $m$ -denní průtokové řady. [13]

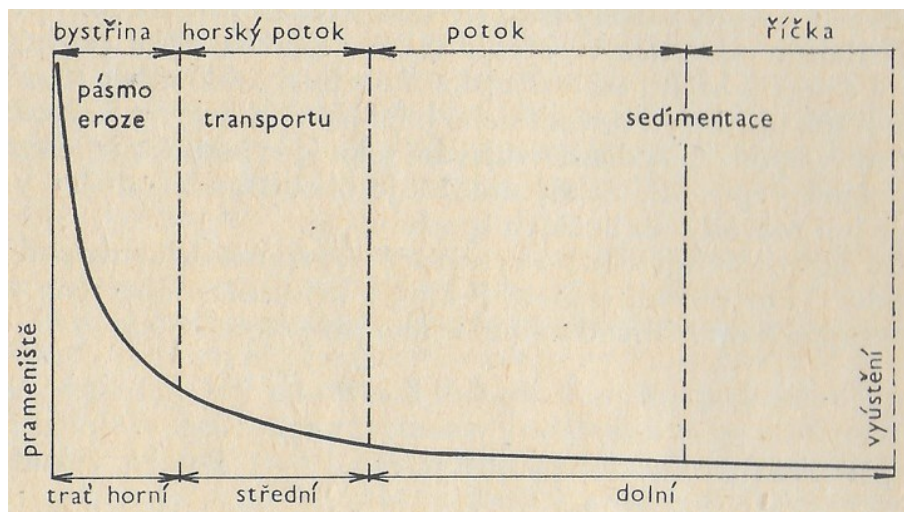
Pro zachování základních vodohospodářských a ekologických funkcí toku je nezbytné v úsecích pod vodohospodářskými objekty a VD zachovat minimální zůstatkový průtok (MZP). Tato směrná hodnota se stanovuje dle metodického pokynu MŽP, a to na základě průtoků  $Q_{364d}$ ,  $Q_{355d}$  a  $Q_{330d}$ . [2]

### ***Splaveninový režim a podélný sklon dna***

*„Jako splaveniny označujeme tuhé částice, které s sebou unáší voda. Jedná se o organické i anorganické látky, produkty vodní eroze, ať už z povodí, nebo přímo z VT. Mezi splaveniny neřadíme částice, které jsou unášeny na vodní hladině (např. listy, větve, ...), označujeme je jako splávi. Celkově splaveniny rozdělujeme na dnové a suspendované (plaveniny).“ [12]*

Splaveninový režim VT je závislý na jeho sklonových poměrech. K největšímu odnosu splavenin dochází na malých tocích bystřinného rázu. Splaveniny zde vznikají vymíláním koryta a strháváním břehů – působením vodního proudu. Odnášené částice mohou mít i velké rozměry. Dále po toku (v nižších úsecích horských potoků a bystřin) se splaveniny pouze pohybují a velikostně třídí. Na nížinných potocích, říčkách a řekách se splaveniny usazují – tvoří sedimenty. [13]

Splaveniny jsou v každém úseku toku vždy směsí různých frakcí. Charakteristiku této směsi vyjadřuje zrnitostní křivka. Další charakteristika je vyjádřena tzv. specifickým průtokem splavenin. Rovněž tyto znalosti jsou důležité pro návrh úprav VT. [13]



Obr. 2 Závislost splaveninového režimu na podélném profilu toku [13]

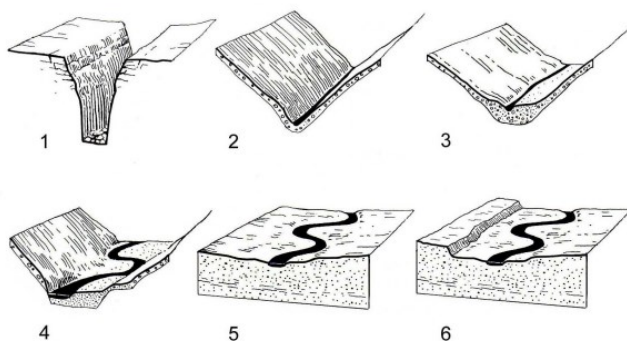
### Morfologie malých toků

Koryto VT je v průběhu svého dlouhodobého vývoje formováno v rámci trasy a spádových poměrů procesy, které se nazývají korytotvorné. Základním a rozhodujícím faktorem vývoje koryta je poměr energie proudící vody ku odolnosti materiálu. Po letech vývoje a působení korytotvorných procesů může tok dosáhnout rovnovážného stavu, tj. stav, kdy je spád jeho koryta ustálený tak, že rychlost proudění odnáší splaveniny (koryto se nezanáší), a zároveň koryto nezařezává (nevymílá). Průtok (resp. rozsah průtoků), který ovlivňuje vývoj koryta největší měrou, se nazývá jako korytotvorný průtok. V praxi je pro přírodní úseky toků často korytotvorný průtok přirovnáván průtoku kapacitnímu (korytovému). Pro nížinné potoky je korytotvorný průtok uvažován v rozmezí  $Q_{30d}-Q_1$ , pro tratě podhorských a horských potoků na úrovni  $Q_1$ . [14]

Současné VT protékají několika různými typy údolí, které se postupně vyvíjejí v kvartéru (čtvrtohorách) vlivem přírodních činitelů – zejména vodní eroze. Typ údolí se odvíjí především od geologických, sklonových a průtokových poměrů území. Plochá část údolí, kterou formují a ovlivňují povodně, se nazývá niva. Říční, geologicky mladé usazeniny, se nazývají aluvia. [14]

Obecně rozeznáváme tyto typy údolí: [14]

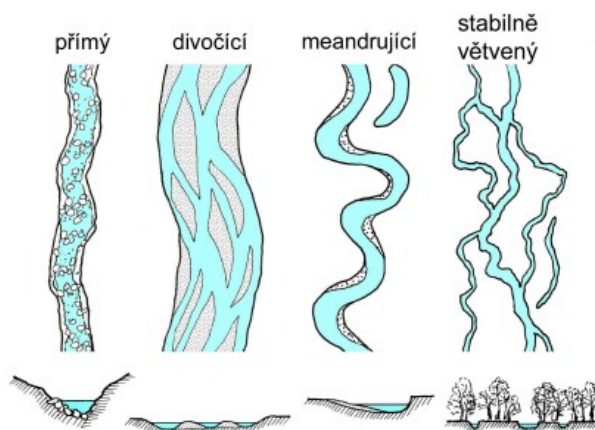
- soutěska tvaru hlubokého U;
- zaříznuté údolí tvaru V;
- kotlina s přímým nebo divočicím korytem;
- údolí s meandry;
- plochá niva;
- plochá niva se starší terasou.



Obr. 3 Typy údolí [14]

Pro každý spád koryta a průtokový režim se vyskytnou různé dominující korytotvorné procesy: [14]

- hloubková eroze – zařezávání;
- vlnění koryta a divočení;
- volné meandrování;
- větvení koryta do ramen v široké nivě.



Obr. 4 Geomorfologické typy toků [14]

### 2.2.3 Problémy a úpravy malých toků

S postupným rozvojem lidské společnosti a kulturní krajiny se dostavily také zvýšené požadavky na VT. Původně přirozená koryta, která se dlouhodobě vyvíjela a docházela stavu rovnováhy, byly v minulosti upravovány technickými, ne vždy vhodnými prostředky. Původní široké říční nivy, jsou dnes často obhospodařovány zemědělsky, a proto není přípustné jejich občasné zatopení, jako tomu původně přirozeně nastávalo. Tendencí vodohospodářských (VH) úprav minulého století bylo udržet vodu v korytě za jakéhokoli stavu a zkrátit původně rozmanité a meandrující koryta toků, a to především za účelem protipovodňové ochrany. Ne vždy byly tyto technické regulace nutné a v dnešní době dochází k jejich nápravám zejména díky revitalizacím (viz kap. 2.2.4). [14]

## ***Historie VH úprav***

První zaznamenané lidské zásahy do koryt pochází na našem území ze středověku, kdy byly budovány např. mlýnské, hamernické a pilařské náhony, objekty k plavení dřeva a pro plavbu. [14]

Další úpravy byly vyvolány zejména potřebou protipovodňové ochrany, využíváním vody z toků a přibližováním zemědělských ploch blíže k říční nivě. Koncem 19. století přispěly velké povodně (např. „zemská“ povodeň v r. 1890) k rozsáhlým VH úpravám po celém našem území, které trvaly prakticky do 90. let 20. století, tj. celé století. Vedle regulací a napřimování velkých toků byly také na malých tocích prováděny zejména zemědělsky motivované vodohospodářské úpravy. [14]

## ***Problémy na malých tocích***

VH úpravy malých VT byly v minulosti prováděny zejména kvůli: [13]

- nebezpečným povodním (v neupravených korytech);
- polohovým změnám koryta;
- tvorbě a pohybu splavenin;
- znečištění vody.

Provedené napřimování koryt, zrychlení odtoků (povodňových i běžných), odvodňování zemědělských ploch a mokřadů však vyvolalo problémy další, a to zejména ztrátu zásob mělké podzemní vody, zesílení vyplavování živin z půd, zhoršení samočisticího efektu krajiny, snížení biodiverzity a paradoxně zhoršení průběhů povodňových epizod. [14]

V dnešní době převládá tendence navrátit VT do přírodě blízkého stavu a pomoci tak krajině v boji se stále aktuálnější hrozbou sucha. Za tímto účelem probíhají revitalizace a renaturace VT. Úkolem projektantů VH úprav je nyní jednotlivé VT dobře posoudit a vyhodnotit poměr společenských a zemědělských požadavků ku základnímu požadavku zachování co nejpřírozenějšího stavu toku. Úpravy si vyžadují různé přístupy v různých úsecích toku (široká niva s lužními lesy x kulturní krajina x intravilán).

### **2.2.4 Revitalizace malých toků**

Cílem revitalizace VT je především náprava dřívějších nevhodných (a zbytečných) technických zásahů do trasy a sklonových poměrů vodního toku. Snahou revitalizačních opatření je tedy navrácení toku do přírodního, přírodě blízkého stavu a dynamické rovnováhy. Hlavními předlohami pro návrh revitalizací jsou přírodní potoky, řeky a mokřady v původní krajině. V současné kulturní krajině není většinou možné navrátit tok do zcela přírodního stavu, avšak existuje mnoho způsobů a návrhů, jak se takovému stavu přiblížit a vyhovět všem požadavkům. [14]

### **2.2.5 Opevňování koryta**

V úsecích toku, kde dochází k nežádoucím změnám koryta VT je vhodné navrhnout jeho opevnění. Podle míry potřebné stabilizace navrhuje opevnění vegetační, nevegetační nebo jejich kombinaci. Z důvodů biologických, technickoekonomických a krajinytvorných je lépe přednostně navrhnout opevnění vegetační. [15]



## ***Vegetační opevnění***

Vegetační opevnění se dobře uplatňuje v místech, kde jsou vhodné klimatické, půdní, hydrobiologické, hydraulické a ekonomické podmínky. Výchozí surovinou bývá často místní materiál (např. dřeviny odstraňované v rámci přípravy staveniště). Hlavní výhodou vegetačního opevnění je jeho přirozené, estetické zapojení do okolní krajiny a do značné míry i regenerační schopnost. Nevýhodou je jeho menší odolnost (obrus při ledochodu a toku splavenin) a nutnost údržby (vyžínání). [15]

**Zatravnňování** je nejčastějším druhem vegetačního opevnění a provádí se osetím, drnováním, nástřikem (hydroosevem) nebo s použitím travních koberců. Správně provedený travní porost vytváří pružný a odolný obklad zemního svahu, který může odolat krátkodobě i rychlosti proudící vody 4,0 m/s a tangenciálnímu napětí až 100 Pa. Nevymílací rychlost je doporučena  $v_v = 2,0$  m/s a kritické tečné napětí  $\tau_v = 80$  Pa, přičemž této odolnosti dosáhne dostatečně vzrostlý a zapojený drn, tj. po 12–18 měsících od založení, a to od hladiny  $Q_{180d} - Q_{90d}$  výše. Tloušťka vrstvy zatravnění je min. 10 cm. [15]

**Vrbové porosty** představují téměř 2x odolnější opevnění v porovnání se zatravněním. Bohatý kořenový systém vrb tvoří pletivo, které dobře váže povrch půdy. Nadzemní část je ohebná a chrání povrch břehů před vodní abrazí. Vrbové porosty se provádí samostatně nebo v kombinaci s dalšími druhy opevnění (osázení vrbovými řízků, vrbová krytina, zápleťové plůtky, haťové a haťošterkové válce, ...). [15]

## ***Nevegetační opevnění***

V případech, kdy nelze použít vegetačního opevnění (vyšší tečné napětí a rychlost vody, obrus splaveninami, požadavky na hladký povrch) navrhuje se opevnění nevegetační. [15]

**Pohoz** je poddajný druh opevnění z kameniva určité frakce a provádí se jako prostý nebo stabilizovaný. Prostý pohoz je rozhrnut a urovnán do předepsaného profilu a tloušťky, případně je zhutněn válcováním (šterkový koberec). Stabilizované pohozy mají povrch i část tloušťky stabilizovaný uměle a podle velikosti zrn se dělí na lehké a těžké. Lehké pohozy se provádí z přirozeného materiálu říční nivy (těžené šterky) nebo z hrubého drceného kameniva (makadam). Těžké pohozy jsou provedeny z neupraveného lomového kamene (LK) a to do hmotnosti 200 kg nebo více. Celková tloušťka pohozu musí být min. 15 cm (alespoň 3x větší než efektivní zrno  $d_e$ ). Svahy se provádí do maximálního sklonu 1:2,5. Pokud je podloží tvořeno jemnozrnným materiálem, musí být provedena filtrační vrstva nebo použita geotextilie. [15]

**Zához** je jeden z nejodolnějších druhů opevnění a používá se zejména k ochraně paty svahu. Provádí se z LK nebo betonových prefabrikátů nasucho nebo za mokra a často tvoří mezičlánek mezi tvrdým opevněním (dlažba, práh, vývar, mostní pilíř) a přirozeným korytem. [15]

**Rovnanina** se provádí z neopracovaných kamenů nebo betonových prvků nasucho s podélnými i příčnými vazbami (běhouny a vazáky). Lícni plochy se dlažbovitě urovnávají a dutiny se vyklínují menšími kameny. Používají se kameny velikosti min. 20 cm a sklony svahů jsou maximálně 1:1. Nevymílací rychlost pro rovnaninu je stanovena v rozmezí 3,5–8,0 m/s dle minimální pevnosti v tlaku. [15]

**Kamenná dlažba** je jeden z nejbezpečnějších a nejtrvanlivějších druhů opevnění. Nevýhodou jsou vysoké nároky na cenu a kvalifikaci pracovníků. Používají se dlažební

kameny min. rozměru 20 cm, vytvořené spáry mají mít šířku cca 2 cm. Provádí se jako dlažba nasucho, se zalitím spár cementovou maltou, na cementovou maltu s vyspárováním a do betonového lože. [15]

**Betonové dlažby** se navrhují v případě, kdy není dostatek LK a provádí se z betonových tvárnic nebo se betonují přímo na svah. Další variantou používanou hlavně v minulosti jsou dlažby z trávobetonových tvárnic a v extrémních případech (energetické, průmyslové kanály) i velkoplošné betonové desky. [15]

**Drátokamenné matrace** se používají při ochraně objektů (např. patky břehových opevnění) a dále jako stavební prvky některých konstrukcí. Jedná se o drátěné spletané nebo svařované konstrukce s šířkou 1–2 m, výškou 0,3–1 m a délkou 1–5 m, do kterých se vyrovná výplň z říčních valounů, LK nebo betonových úlomků. [15]

**Ochranné sítě** se provádí z drátů nebo umělých hmot a většinou se kombinují s travním porostem nebo kamenivem. Používají se jako oddělovací prvek mezi dvěma materiály (např. kamenný pohoz na hlinitém podloží). [15]

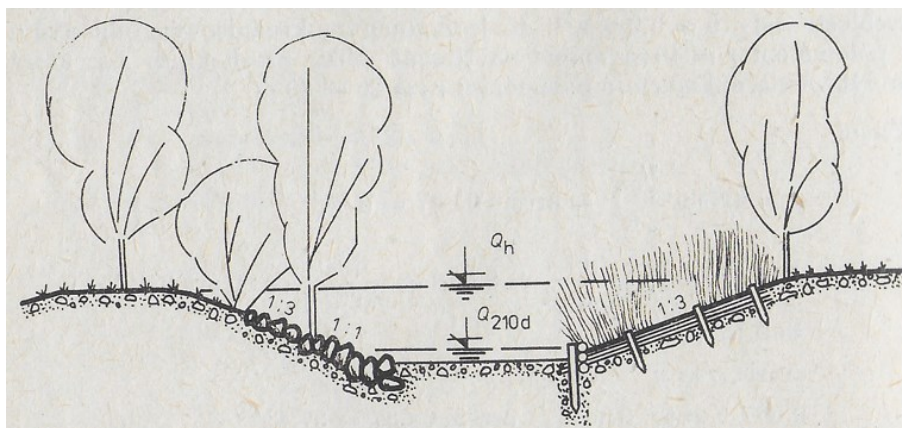
**Nábřežní zdi** se používají v intravilánech, ve stísněných poměrech, u objektů a při mimořádném zatížení břehů. Zdi jsou v příčném profilu lichoběžníkového tvaru se šikmou návodní stranou nebo oběma. Sklon líce zdi se provádí v rozmezí 5:1–12:1. Zdi se zakládají pod úroveň očekávaného prohloubení dna a do nezámrzné hloubky. Možné je nábřežní zdi obložit kamenem (žulou), který odolá zvýšenému zatížení (průmyslové a agresivní vody ve městech, splaveniny, ...). [15]

**Lat'ové plůtky** se používají k zabezpečení pat svahů, které jsou zpevněny vegetačním způsobem. Považují se za dočasný zpevňující prvek. Maximální výška plůtky nade dnem je 30 cm a max. hloubka založení pod úroveň dna je 30 cm. Konstrukce je podobná jako u zápletkových plůtků, avšak místo vrbového opletu se používají tyče o průměru 10 cm půlené, nebo odkory. [15]

**Srubby** se zhotovují ze dřeva nebo železobetonových (ŽB) prefabrikátů a jsou vyplněny materiálem (LK, lomovým odpadem nebo sutí). Dřevěné srubby a stěny jsou považovány za konstrukce dočasné s životností cca 10 let. [15]

### ***Kombinované opevnění***

Kombinované opevnění vzniká oživením nevegetačních druhů opevnění (těžké a lehké pohozy, záhozy, rovnaniny, dlažby, srubby). Oživení se provádí zatravněním, nebo vrbovými porosty, vždy dle možností jednotlivých typů opevnění. [15]



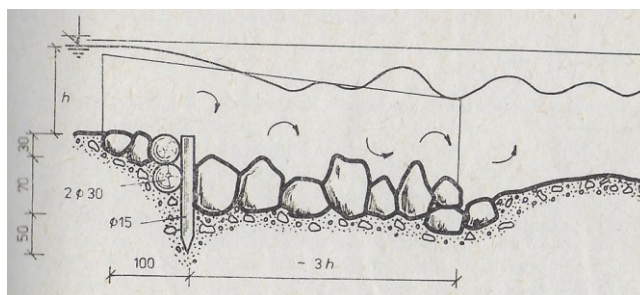
Obr. 5 Profil VT s opevněním vrbovou krytinou (vpravo) a kamennou rovnáninou (vlevo) [15]

## 2.2.6 Příčné objekty na tocích

Příčné objekty na VT slouží ke stabilizaci koryta a k úpravě výškových poměrů, mj. i za účelem odběru vody. Na malých tocích se navrhují především prahy, stupně a skluzy. [15]

### *Prahy*

Prahy jsou stabilizační žebra zapuštěná pod úroveň nivelety dna a jsou prodloužena (zavázána) do svahu nebo až za břehovou hranu. Materiálem prahů je kámen, dřevo nebo beton. Kamenné prahy jsou budovány z rovnániny nebo záhozu, ideálně s proštěrkováním. Dřevěné prahy se budují z kulatiny, povalů, fošen nebo prefabrikátů opřených o dřevěné piloty. Betonové prahy se obvykle doplňují o kamenný zához na dně povodňové strany. Také stupně, kterými se překonává rozdíl výšky v niveletě dna do 30 cm se nazývá jako práh. [15]

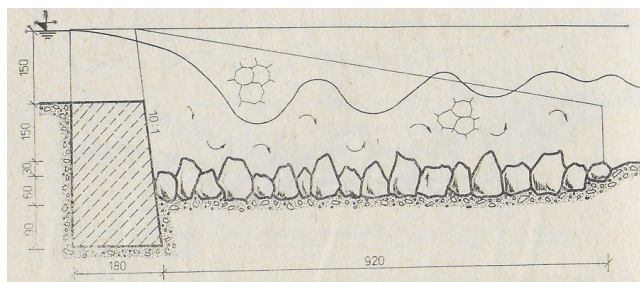


Obr. 6 Dřevěný práh s kamennou rovnáninou v dopadišti [15]

### *Stupně ve dně toku*

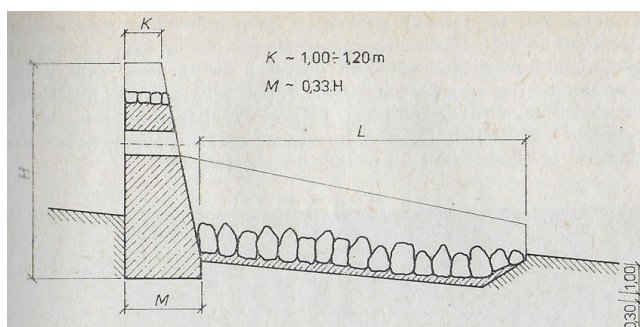
Je-li podélný sklon dna VT větší než si vyžaduje stabilní koryto, zmenšuje se tento sklon návrhem stupňů ve dně. Stupně se navrhují jako přelivy nebo skluzy.

**Přelivy** pomáhají převádět zvýšenou kinetickou energii přepadající vody do říčního proudění za vzniku vodního skoku. Pro návrh přelivu je významný návrhový průtok daného profilu, který zahrnuje koryto s bermami nebo předhrázím. Návrhový průtok objektu odpovídá  $Q_{20}$  (zemědělská nebo lesní oblast) nebo  $Q_{100}$  (průmyslová oblast, sídliště). Cílem správného návrhu je hydraulicky účinný přeliv, tj. takový, pod nímž za jakéhokoli průtoku nastane prostý vodní skok s dnovým režimem. [15]



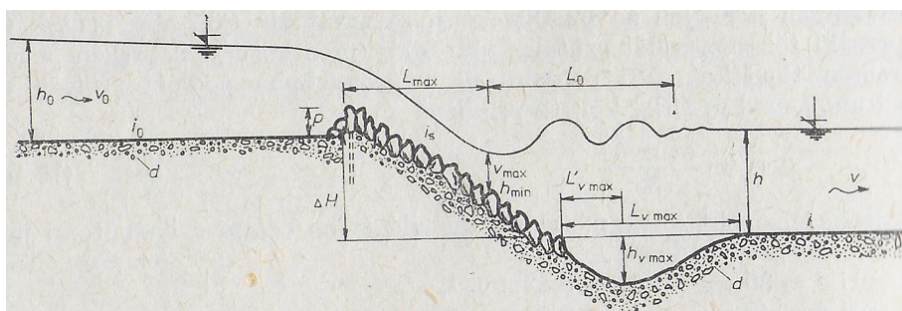
Obr. 7 Stupeň s kamennou rovnalinou v dopadišti [15]

**Přehrážky** jsou vysoké stupně, pomocí kterých se vytváří nové dno zejména u bystřin o velmi velkém a proměnném sklonu dna. Výška přehrážek je 2–5 m (u záchytných přehrážek až 10 m). Nejčastěji jsou přehrážky provedeny z kamene, gabionů (drátokamenné konstrukce), betonu nebo dřeva. [15]



Obr. 8 Přehrážka na bystřině [15]

**Skluzy** jsou objekty, které v niveletě dna tvoří rovinnou (nebo zakřivenou) skluzovou plochu a plynule překlenují výškový rozdíl. Proudění vody se zde tlumí zvětšenou drsností skluzové plochy. Skluzy se navrhují při nadkritickém sklonu dna a pokud nelze proud vody účinně tlumit přelivem. [15]



Obr. 9 Schéma balvanitého skluzu [15]

## Balvanité skluzy

Balvanitý skluz je typ spádového stupně, který nevyžaduje konstrukci vývaru. Většina kinetické energie vody je prouděním přes drsnou plochu skluzu transformována na energii polohovou. Skluzy se doporučují budovat na přirozených tocích s hrubšími splaveninami a vyrovnanějším průtokovým režimem, kdy většina skluzu je trvale smáčena. Skluz představuje v porovnání se stupněm menší zásah do přírodního prostředí. Konstrukce skluzu je tvořena z velkých balvanů uložených na štět, optimálně na filtrech o více frakcích, s celkovým sklonem skluzové plochy v rozmezí 1:6–1:15. V horní části konstrukce skluzu je přelivná hrana (koruna), dole se nachází patka. Výhodou skluzů je migrační prostupnost



pro vodní živočichy, přičemž platí úměra čím mírnější sklon, tím jednodušší protiproudá migrace. [15]

Půdorysně se navrhuje skluzová plocha přímá, nebo zakřivená, tak, že zakřivení (vzepětí oblouku) nepřesahuje více než  $1/20$  šířky dna v koruně skluzu. Průtočný profil skluzové plochy by měl mít miskovitý tvar, aby byly i nízké průtoky koncentrovány do osy koryta toku (lepší migrace). Musí být zamezeno případnému podtékání skluzu za nízkých průtoků. Skluzová plocha se navrhuje z balvanů orientačně o max. rozměru  $d = 0,8-1,2$  m (LK 500–1500 kg). Ukládání balvanů se provádí od paty skluzu směrem proti vodě. [13], [14], [15]



Obr. 10 Balvanitý skluz na řece Bečvě (Majkus, IV/2020)

### 2.2.7 Objekty pro využívání vody malých toků

Na malých VT se budují převážně účelové objekty s funkcí odběru vody nebo naopak za účelem vypouštění vody do toku. Dalšími objekty k užívání vody malých toků jsou například brody (hospodářské přejezdy), shybky, rybí útulky, přístupy k vodě (schodiště), lávky a přívozy. [15]

#### *Odběrné objekty*

Odběry se zřizují pro místní účely zavlažování, průmyslové nebo zásobní. Odběrný objekt by měl být situován v místech, kde se koryto nezanáší. Při odběru vody z volné hladiny je vhodné umístění objektu v konkávním (nárazovém) břehu. Při odběru z uměle vzduté hladiny se objekt umísťuje přímo nad vzdouvací objekt, tj. například stavidlo nebo jez. Konstrukce odběrného objektu musí trvale zajišťovat: [13]

- potřebný odběr vody z toku;
- zadržení splavenin z toku před vtokem do odběrného potrubí;
- možnost regulace na vtoku do potrubí nebo kanálu.

Při gravitačním odběru vody má vtok objektu podobu prahu s česlemi a nornou clonou, přičemž práh je zvýšen nad dno toku min. o 0,2 m (zachycení splavenin z toku) a je opatřen nápuštěným stavidlem nebo alespoň drážkami pro hrazení. Při odběru vody čerpáním se sací potrubí čerpadla ukládá buďto přímo do vodního toku (za použití sacího koše), nebo bezpečněji do čerpací jímky, která je s tokem propojena krytým nebo otevřeným kanálem. Vtok do odběru je rovněž opatřen zvýšeným prahem a česlemi. [13]

## ***Výpustné objekty***

Výpustné objekty se umísťují v místech vypouštění vod z jiných zařízení do toku. Objekty mají být výškově umístěny tak, aby hladina vytékající vody byla nad úrovní největšího průtoku v toku a výpusť tak nebyla ovlivněna zpětným vzduťím vody při povodni. Pokud to není možné, umísťují se výpusťi pod stupně a jezy, anebo jsou proti zpětnému vzduťi chráněny uzávěrem. U zahrázovaných toků se používají tzv. hrázové výpusťi. [13]



### 3.1.1 Obec Skalička

V obci Skalička žije v současnosti 654 obyvatel (údaj k 1. 1. 2021). Území obce je tvořeno k.ú. Skalička u Hranic s celkovou plochou 4,14 km<sup>2</sup>. Obec je složena ze 2 základních sídelních jednotek: Skalička a osada Kamenec, která leží ve vedlejším k.ú. Zámrsky. [18], [19]

První písemná zmínka o obci pochází ze 14. století, kdy byla Skalička manským statkem olomouckých biskupů. V 16. století byla postavena původní budova dřevěného zámku, jehož majitelé se v průběhu dějin často střídali. Počátkem 18. století došlo k přestavbě zámku na cihlový. Nová budova zámku byla cca 60 let využívána arcibiskupstvím olomouckým jako letní sídlo. Od 30. let 20. století byl areál využíván různými organizacemi jako ústav pro zdravotně postižené děti nebo ženy. Dnešní podobu sociálního zařízení „Domov Větrný mlýn“ má zámek od roku 2007. [19]

V 70. letech byl v obci zbudován vodovod a kanalizace s čistírnou odpadních vod. Dále je v obci zřízena pošta, mateřská a základní škola. Významným objektem je také dřevěný větrný mlýn holandského typu. [19]

Okolí řeky Bečvy u Skaličky je z ekologického i přírodovědeckého hlediska velmi významné. Významný VT zde přirozeně meandruje a tvoří rozsáhlé šterkové lavice. Oblast disponuje velkou biodiverzitou. [20]

### 3.1.2 VD Skalička

V dnešních dnech je název obce spojován především s plánovaným VD Skalička, které má být umístěno severovýchodně od obce, kde protéká řeka Bečva. Příprava díla je nyní ve fázi studií, kdy je navrženo 5 variant: boční poldr; boční poldr s manipulovatelným objektem; boční víceúčelová nádrž; průtočný poldr; průtočná víceúčelová nádrž. Na doporučení předních akademiků je k říjnu 2021 preferována varianta boční víceúčelové nádrže. [21]

### 3.1.3 Územní plán (ÚP)

Obec Skalička má platný ÚP z roku 2017, zpracovatelem plánu je Ing.arch. Stanislav Vrabel. V rámci ÚP se řešená lokalita nachází v zastavěném území. Plocha zámeckého parku je zde vymezena jako *veřejná zeleň – ZV* a zároveň plní roli *lokálního biocentra – LC2*. [22]

#### ***ZV – veřejné prostranství – veřejná zeleň***

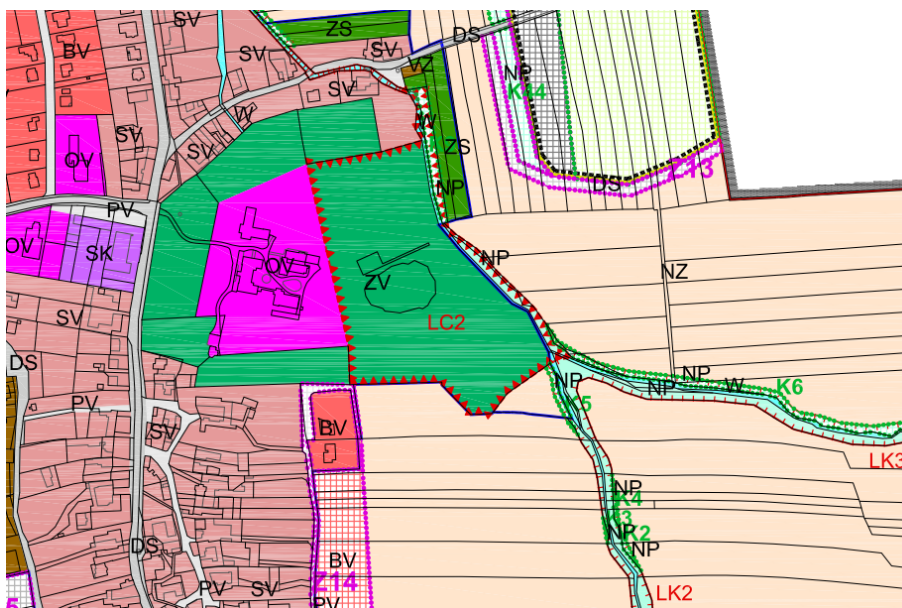
Z hlediska základního členění území se jedná o plochu zastavěnou a zastavitelnou. Lokalita slouží jako plocha veřejného prostranství.

Hlavní využití územní je: Významné plochy zeleně v sídlech, parkově upravené a veřejně přístupné, součástí těchto ploch mohou být i drobné vodní plochy a toky.

**V ploše LC2 je přípustné:** Využití území a pozemků veřejné zeleně; údržba a obnova zeleně; parkové komunikace pěší, plnící funkci obsluhy a rekreačního využití parku, výjimečně pojízdné těž pro údržbu; drobná architektura plnící funkci vybavenosti a rekreačního využití zámeckého parku; zřizování trvalého oplocení, prostupného pro drobné živočichy.



**V rámci LC2 není přípustné:** Veškeré stavby a činnost nesouvisející s hlavním přípustným využitím a dále změna kultur pozemků na ornou půdu a zahrady. [22]



Obr. 13 Výřez z hlavního výkresu ÚP [22]

### **Lokální biocentrum LC2**

Lokální biocentrum LC2 bylo převzato z plánu ÚSES pro obec s rozšířenou působností (ORP) Hranice – označení SK03.

**Charakteristika LC2:** Funkční, reprezentativní, smíšené, STG 3B3, výměra 53 009 m<sup>2</sup>, vodní nádrž s vyvinutým břehovým porostem, drobný vodní tok, smíšený lesní porost. Podpora přirozené druhové skladby (buk, dub, lípa, javor). [22]

#### **3.1.4 Hydrologické poměry**

Lokalita se nachází na levém břehu řeky Bečvy, která je v oblasti nejvýznamnějším VT. Z levého břehu do Bečvy v ř.km 45,4 přitéká Hlubocký potok. [16]

### **Bečva**

„Řeka Bečva má svá prameniště na východním a severním úbočí vrcholu Vysoká (1024 m n. m.) ve Vsetínských vrších ve výšce okolo 920 m n. m. Odtud řeka pokračuje ve 2 ramenech. Jižněji situovaná Vsetínská Bečva dlouhá 59 km (s plochou povodí 734,1 km<sup>2</sup>) a severněji situovaná Rožnovská Bečva dlouhá 38 km (s plochou povodí 254,4 km<sup>2</sup>) se stékají ve Valašském Meziříčí.“ [12]

Řeka pokračuje v délce 61,5 km západním směrem přes Hustopeče nad Bečvou, až k řešenému území obce Skalička (ř.km 45).

„Tok dále protéká městy Hranice, Lipník nad Bečvou, Přerov. Mezi městy Troubky a Tovačov se Bečva z levé strany vlévá do řeky Moravy. V této oblasti soutoku byly v roce 1997 při téměř tisícileté povodni způsobeny největší škody.“ [12]

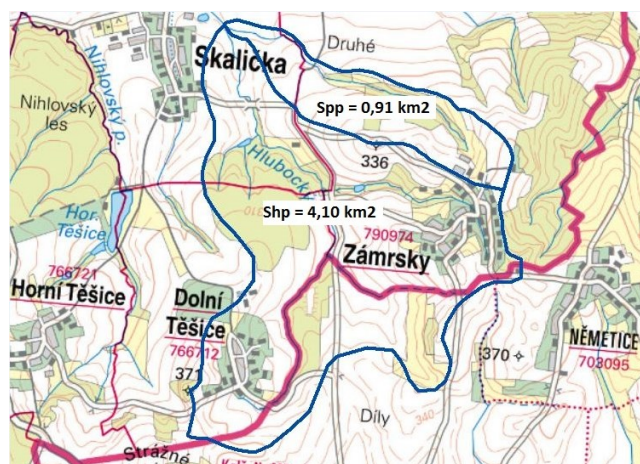
## Hlubocký potok

Hlubocký potok je levým přítokem Bečvy. Potok má počátek ve výšce cca 335 m n.m. na území obce Dolní Těšice. Tok prochází propustkem pod obecní silnicí a teče severním až severovýchodním směrem částečně zalesněným územím. Dále tok kopíruje trasu silnice vedoucí z Kelče do Skaličky. V blízkosti toku a na jeho drobných přítocích se nachází několik menších vodních a zamokřených ploch. V ř.km 1,835 byl na Hlubockém potoce zbudován spádový stupeň (viz kap. 3.2.1 Spádový stupeň).

Celková plocha povodí Hlubockého potoka k soutoku s Bečvou je 8,02 km<sup>2</sup>. Plocha povodí k soutoku s pravostranným přítokem je 4,10 km<sup>2</sup>. K tomuto profilu byly obstarány následující hydrologické podklady poskytnuté ČHMÚ.

Tab. 2 Hydrologické údaje ČHMÚ [22]

Vodní tok	Hlubocký potok (IDVT 10194806)												
Číslo hydrologického pořadí	4-11-02-0280-0-00												
Profil	pod pravostranným přítokem												
Plocha povodí	5,06 km <sup>2</sup>												
Souřadnice S-JTSK: X, Y (východ/sever)	X= -508315 m, Y= -1133726												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí	690						mm						
Dlouhodobý průměrný průtok $Q_a$	26						l/s						Třída: IV
<b><i>m</i>-denní průtoky <math>Q_m</math> [l/s]</b>													
<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>355</b>	<b>364</b>	<b>tř.</b>
64	48	38	31	25	21	16	13	11	7,6	4,2	2,7	1,5	IV
<b><i>N</i>-leté průtoky <math>Q_N</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>													
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>tř.</b>						
1,79	3,63	6,18	8,18	10,2	13,0	15,2	IV						



Obr. 14 Povodí Hlubockého potoka (zdroj: ČÚZK, QGIS)



Obr. 15 Hlubocký potok nad spádovým stupněm (Majkus, IX/2021)

### ***Pravostranný bezejmenný přítok***

Bezejmenný pravostranný přítok má počátek ve výšce cca 236 m n.m. v blízkosti bývalého JZD v obci Zámrský. Tento drobný tok protéká severozápadním směrem až na řešenou lokalitu, kde se pod spádovým stupněm vlévá do Hlubockého potoka v jeho ř.km 1,815. Plocha povodí přítoku je cca 0,91 km<sup>2</sup>. Povodí je podlouhlé s převahou levého břehu, který je z velké části využíván jako orná půda.



Obr. 16 Pravostranný přítok cca 30 m nad soutokem (Majkus, VI/2021)

### ***Levostranný bezejmenný přítok***

Obcí Skalička protéká z jižní strany také bezejmenný levostranný přítok Hlubockého potoka. Tok je v ploše intravilánu zcela zatrubněn.



## VD

Řešená MVN v zámeckém parku je VD. Území obce je dále částečně dotčeno v rámci plánovaného VD Skalička. V současné době je předními odborníky doporučena varianta boční víceúčelové nádrže a probíhá fáze studií a vykupování pozemků.

V povodí Hlubockého potoka je několik malých vodních ploch, která mohou plnit retenční a krajnotvornou funkci.

### 3.1.5 Geologické a pedologické poměry

Geomorfologické, geologické a pedologické poměry zájmové lokality jsou shrnuty v této podkapitole. Doplnění pedologických poměrů je v rámci vlastního pedologického průzkumu na lokalitě v kapitole 4.2.3.

#### *Geomorfologie*

Geomorfologické parametry zájmové lokality jsou následující: [23]

- systém: Alpsko-himalájský (alpinské vrásnění);
- subsystém: Karpaty;
- provincie: Západní Karpaty;
- subprovincie (soustava): Vnější Západní Karpaty;
- oblast (podsoustava): Západobeskydské podhůří;
- celek: Podbeskydská pahorkatina;
- podcelek (okrsek): Příborská pahorkatina.

#### *Geologie*

Geologické podloží inundace řeky Bečvy je tvořeno kvartérními aluvii (šterky, písky). Ve vyšších polohách je podloží tvořeno kamenito-písčito-jílovitými eluvii. [23]



Obr. 17 Geologická mapa zájmové lokality [23]

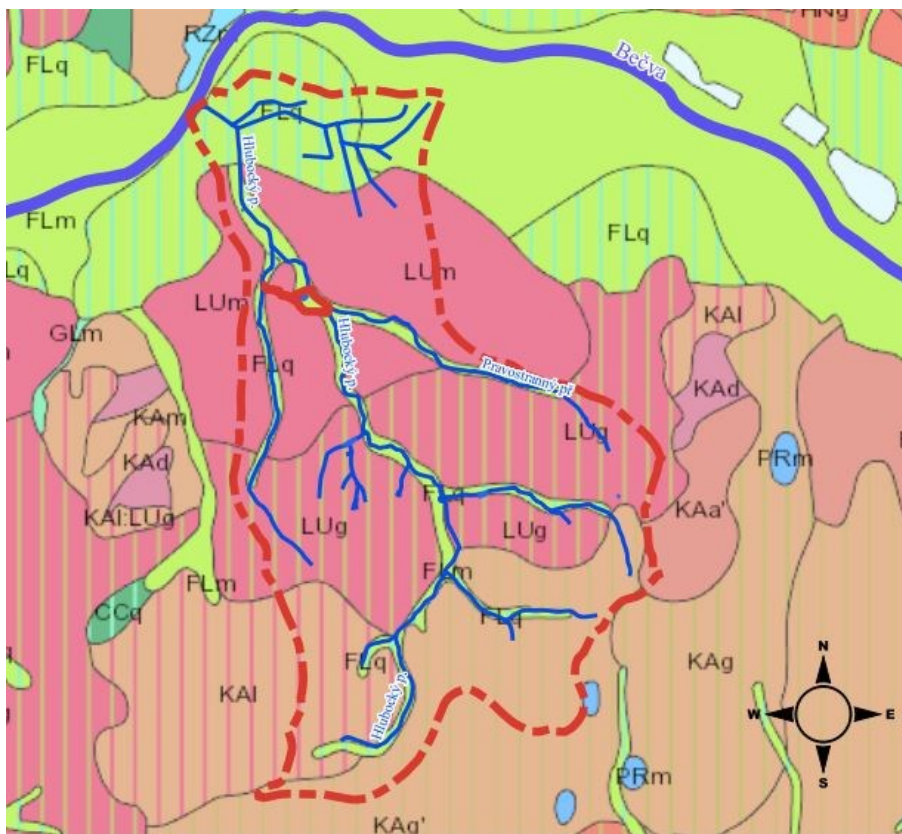
**Legenda hornin:** 5, 6 – nivní sediment; 7 – smíšený sediment; 12 – písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment; 13 – kamenitý až hlinito-kamenitý sediment; 16 – spraš a sprašová hlína; 24 – písek a šterk; 1959 – pískovec a slepenec; 1978 – jílovec, pískovec, silicit; 1981 – brekcie; 2243 – kamenito-písčito-jílovitá eluvia.

## Pedologie

V zájmové lokalitě jsou z půdního hlediska nejvíce zastoupeny fluvizemě modální a glejové, dále pak luvizemě modální a oglejené.

**Luvizemě** jsou půdy s návazností na černozemě. Vznikají v rovinatém nebo mírně zvlněném terénu pahorkatin z prachovic, polygenetických hlín i lehčích substrátů. Zrnitostně jde o středně těžké a těžší půdy. Obsah humusu je střední s nižší kvalitou. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace, tj. posun koloidního jílu a sloučenin železa do hlubších poloh s následným usazováním v puklinách a pórech vlivem srážkové vody. Původní vegetací jsou kyselé doubravy a lučiny. [24]

**Fluvizemě** se vyskytují v říčních nivách, které byly pravidelně zaplavovány povodňovými rozlivy, jsou tedy tvořeny povodňovými sedimenty. Charakteristické pro fluvizemě jsou fluvické znaky, tj. vrstevnatost a nepravidelné rozložení organických látek. Hlavní půdotvorný proces je zde glejový, tj. snížení intenzity oxidačních procesů vlivem trvalého nadbytku vody. Glejový proces je patrný i ve spodních vrstvách profilu (zbarvení do zelených, modrých nebo šedo-zelených odstínů). Obsah humusu je střední, původní vegetací jsou lužní lesy a porosty. [24]



Obr. 18 Pedologická mapa zájmové lokality (zdroj: vlastní)

**Legenda půd:** LUg – luvizem oglejená; LUm – luvizem modální; FLg – fluvizem glejová; FLm – fluvizem modální

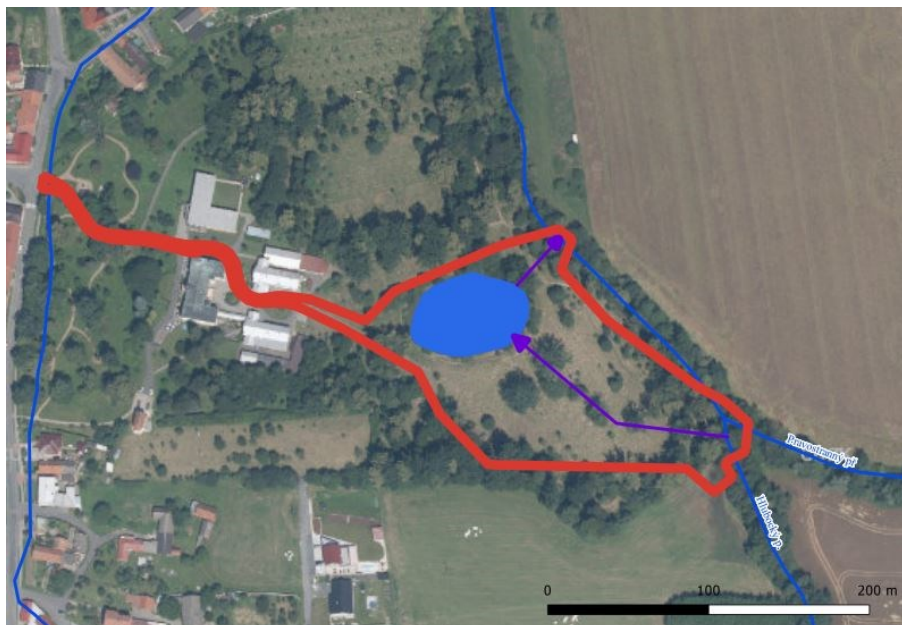
### 3.1.6 Klimatické poměry

Lokalita z klimatického hlediska (podle E. Quitta, 1971) náleží do mírně teplé oblasti MT 10. Tato oblast je charakteristická tím, že v ní prší zhruba ve třetině dní (32 %) roku,

přičemž na vegetační období připadají maximálně dvě třetiny (64 %) ročního úhrnu srážek, na zimu zbylá třetina. V této oblasti se může vytvořit sněhová pokrývka až v pětině (22 %) dní roku. Zamračená obloha se vyskytuje nejvýše v 41 % dní roku, jasná obloha max. ve 14 % dní. [12]

### 3.2 POPIS STÁVAJÍCÍCH OBJEKTŮ

V lokalitě v současnosti existuje stávající MVN. Nádrž je boční, kopaná, napájená z Hlubockého potoka. Za tímto účelem byl v korytě toku v minulosti zbudován spádový stupeň. Voda je vedena přírodním potrubím do rybníka. Zpět do potoka je voda přivedena přes výpustné zařízení.



Obr. 19 Schéma bočního rybníka (zdroj: vlastní)

#### 3.2.1 Spádový stupeň na Hlubockém potoce

Spádový stupeň byl na Hlubockém potoce zbudován jako vzdouvací objekt za účelem odběru vody pro rybník. Stupeň se nachází ve vzdálenosti 20 m nad soutokem s bezejmenným pravostranným přítokem. Konstrukce pochází nejspíš ze 2. poloviny 20. století a je provedena z betonu. Přelivná hrana délky 3,00 m je na kótě 263,50 m n.m. Výška bočních betonových stěn je 0,50 m nad přelivnou hranou. Dno prahu je rovněž provedeno z betonu. Tloušťka betonových prvků je 0,40 m.

Stupeň je nyní v dezolátním stavu. Betonové konstrukce jsou vlivem času a vyšších průtoků silně poškozeny. Původní kamenné opevnění pod stupněm je rovněž poškozeno, odneseno dále po toku. Práh plní svoji funkci jen částečně, voda se ztrácí v podloží a protéká prasklinami. Při nižších průtocích nepřitéká do rybníka dostatek vody.

Stávající odběrný objekt je situován na levém břehu těsně nad přelivnou hranou. Odběr vody zajišťuje plastové potrubí DN 150, opatřené na konci kolenem, které je ohnuté směrem dolů za účelem eliminace zanášení. Na nátoku do potrubí jsou osazeny provizorní česle.





**Obr. 20 Stávající spádový stupeň (Majkus, IX/2021)**



**Obr. 21 Přelivná hrana z levého břehu (Majkus, IX/2021)**



**Obr. 22 Poškozené kamenné opevnění (Majkus, VI/2021)**



**Obr. 23 Poškozený beton stupně (Trtílková, IV/2020) [22]**



**Obr. 24 Stávající odběr (Majkus, III/2021)**

### **3.2.2 Koryto Hlubockého potoka a pravostranného přítoku**

Koryto Hlubockého potoka je pod spádovým stupněm značně zařezané. V místě soutoku s pravostranným přítokem je patrná výmolová eroze proudová se zastoupením hloubkové i boční složky.





**Obr. 25 Koryto Hlubockého potoka pod spádovým stupněm (Majkus, III/2021)**

Pravostranný přítok je extrémně zařezaný. Na levém břehu jsou místy vlivem abraze obnaženy kořeny stromů, některé mají takto poškozenou stabilitu. Břehy jsou v úrovni cca 2,5 m nad dnem koryta přítoku. Vedle současného zařezaného koryta je na levém břehu patrné koryto původní. Nová trasa koryta vznikla nejspíš nevhodnými zásahy předchozího hospodáře.



**Obr. 26 Soutok zachycený z koryta Hlubockého potoka (Majkus, III/2021)**



**Obr. 27 Soutok zachycený z pravého břehu (Majkus, III/2021)**



**Obr. 28 Pravostranný přítok v místě soutoku (Majkus, III/2021)**





**Obr. 29 Ukázka zařezání koryta pravého přítoku (Majkus, Paseka, VI/2021)**



**Obr. 30 Obnažený kořenový systém na levém břehu přítoku (Majkus, VI/2021)**

Také dále po toku je koryto Hlubockého potoka poznamenáno proudovou erozí. Svahy jsou značně narušeny, koryto nemá pravidelný tvar.



Obr. 31 Koryto Hlubockého potoka v úrovni MVN (Majkus, III/2021)

### 3.2.3 Přívodní potrubí

Stávající trubní přivaděč vede od spádového stupně v Hlubockém potoce severozápadním směrem přes zámecký park do MVN. Trasa vedení potrubí je dlouhá 156,30 m a je nepravidelného tvaru. Přivaděč je proveden z betonového potrubí DN 150 a v lomových bodech je opatřen 6 kontrolními šachtami ve vzájemných vzdálenostech 7,20–56,50 m. V těsné blízkosti trasy se nachází 2 vzrostlé stromy (dub a habr). Potrubí je částečně zarostlé kořeny stromů a místy pravděpodobně došlo k proboření. Z odebíraného množství vody dotéká do nádrže jen část. Voda přitéká do betonového vtokového objektu na jihovýchodní straně MVN.



Obr. 32 Betonové šachty stávajícího trubního přivaděče (Trtílková, IV/2020) [22]

#### ***Kontrolní šachty***

Šachty mají půdorysný tvar čtverce o straně cca 1,00 m. Hloubka kontrolních šachet je 0,80–1,30 m. Dna šachet jsou betonová, komíny jsou vyžděny z pálených cihel. Krytí je provedeno z betonových prefabrikátů nebo z ocelového plechu.

Šachty jsou ve velmi špatném stavu. Dna i potrubí jsou zanesena místy až na celý profil, často tedy dochází k zastavení přítoku vody z potoka a je nutné čištění přivaděče.





Obr. 33 Odkrytá kontrolní šachta (Majkus, VII/2020)

### ***Vtokový objekt***

Objekt plní funkci usazovacího prostoru a je obdélníkového půdorysu s vnějšími rozměry 2,00 x 1,40 m, krytý betonovými prefabrikáty. Šířka svislých stěn je na delší straně 0,30 m, na kratší 0,25 m. Horní hrana objektu je na kótě 262,80 m n.m., čili 0,30 m pod stálou hladinou vody. Dno objektu je na kótě 262,00 m n.m., tj. 0,50 m pod hladinou. Vtok do nádrže je kruhovým otvorem DN 100 přes čelní stěnu objektu na kótě hladiny 262,50 m n.m. Usazovací objem je v objektu cca 0,75 m<sup>3</sup>. V období mezi návštěvami lokality došlo na objektu k rozšíření otvoru v čelní stěně objektu.



Obr. 34 Stávající betonový vtokový objekt (Majkus, IX/2021)

### **3.2.4 Studna**

V jižní části zámeckého parku se nachází další zdroj vody – kamenná studna se stálým přítokem. Voda ze studny se do MVN dostává prostřednictvím jímek a čerpací stanice (ČS). V současnosti není ČS provozována, voda ze studny je tedy odváděna potrubím do Hlubockého potoka bez dalšího využití.

Prímým měřením byl stanoven průměrný průtok vody  $Q_{studna} = 0,092$  l/s, tj. 8 m<sup>3</sup>/den.



**Obr. 35 Zámecká studna (Majkus, VII/2020)**



**Obr. 36 Výpust přítoku ze studny (Trtílková, IV/2020) [22]**

### **3.2.5 MVN**

MVN je situována v severozápadní části parku a byla vybudována pravděpodobně po roce 1900. Půdorysně je nádrž oválného tvaru, po obvodu roste 20 vzrostlých stromů. V severní části nádrže se nachází malý ostrůvek se 4 vzrostlými stromy. Přístup na ostrůvek je po ocelové lávce délky 8,50 m. Lávka byla v důsledku ustupujících břehů prodloužena. V jihozápadní části nádrže je zbudován altánek a úvaziště lodiček s betonovými schody. Z bezpečnostních důvodů je po celém obvodu nádrže umístěn kovový plot. Hladina stálého nadržení je na kótě 262,50 m n.m., přičemž její plocha činí 2 810 m<sup>2</sup>. Objem nádrže je odhadován na 3 100 m<sup>3</sup>. Tato boční kopaná MVN není v rámci technickobezpečnostního dohledu zatříděna do žádné kategorie.





**Obr. 37 Nádrž ze západního břehu (Majkus, VII/2020)**



**Obr. 38 Ostrůvek přístupný po ocelové lávce (Majkus, VII/2020)**



**Obr. 39 Nádrž z jižního břehu (Majkus, VII/2020)**

## ***Prostor nádrže***

Kvalita vody v nádrži je špatná, voda je zakalená a místy se nachází vodní řasa. Nádrž je cca z poloviny hloubky zanesena bahnem. Mocnost nánosů je v rozmezí 0,40–0,80 m. Rybníční sediment sestává z organického odpadu stromů, z rybí obsádky, z materiálu erodovaných břehů a také ze splavenin připlavených z Hlubockého potoka. V rybníku se v současnosti nachází hojná rybí obsádka s majoritním zastoupením kaprů.



**Obr. 40** Pohled do rybníka z východního břehu (Majkus, VII/2021)

## ***Břehy***

Břehy nádrže včetně ostrůvku jsou ze všech stran narušeny vodní erozí. Svahy jsou nestabilní, místy až kolmé. Kořenový systém některých stromů je vlivem abraze obnažen, stabilita stromů je tímto narušena a místy dochází k vývrátům směrem do rybníka. K břehové erozi pravděpodobně přispívá také rybí obsádka.



**Obr. 41** Narušené břehy (Trtílková, IV/2020) [22]

### **3.2.6 Výpustný objekt**

Odtok vody z nádrže a manipulaci s hladinou zajišťuje spodní výpust s požerákovým uzávěrem. Jedná se o požerák otevřené konstrukce, provedený z betonu.



Půdorysně má požerák tvar obdélníku s rozměry 1,60 x 1,25 m, tloušťka stěn je 0,20 m. Horní hrana konstrukce je na kótě 262,70 m n.m., tj. 0,20 m nad hladinou stálého nadržení. Dno objektu je na kótě 261,20 m n.m., čili 1,30 m pod hladinou. K manipulaci s hladinou vody v nádrži slouží jednoduchá dlužová stěna.



**Obr. 42 Betonový otevřený požerák (Majkus, VII/2020)**

Odpad spodní výpusti je řešen betonovým potrubím DN 150. Odpadní potrubí délky 35,70 m není vybaveno kontrolní šachtou. Potrubí je v místě vyústění v levém břehu Hlubockého potoka opatřeno kamenným čelem. Vyústění je v úrovni cca 0,15 m nad dnem potoka, bez dalšího opevnění.



**Obr. 43 Čelo výusti odpadu (Majkus, III/2021)**

## 4 POUŽITÉ METODY A PROGRAMY

V rámci metodiky jsou popsány základní úlohy, principy a programy s jejichž využitím byl tento projekt vypracován.

Návrh revitalizace rybníka byl částečně zpracován v projekčním prostředí kanceláře ATELIER FONTES, s.r.o. Výchozím podkladem je koncept projektové dokumentace (PD) na úrovni dokumentace ke společnému řízení (DSR) [22].

### 4.1 GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ LOKALITY

Podkladem návrhu revitalizace je kvalitní a důkladné geodetické zaměření. Zaměření bylo provedeno Ing. Petrem Živnou v květnu 2020 a to polohově a výškově metodou GNSS. Použitým měřicím přístrojem je dvoufrekvenční GPS přijímač Trimble R6, kontroler Trimble SW 12.46 a totální stanice Trimble S6 Series. Zaměřené body byly zpracovány v digitální podobě do účelové mapy a následně do modelu terénu a výstupních souborů (\*.a4d, \*.dgn, \*.dxf, \*.txt). Měření a zpracování bylo provedeno ve 3. třídě přesnosti, tj. se směrodatnou souřadnicovou odchylkou  $\sigma_{x,y} < 0,06$  m. [22]

#### 4.1.1 Globální družicový polohový systém (GNSS)

Satelitní navigace GNSS (Global Navigation Satellite System) je služba umožňující autonomní prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím. Jako globální systém funguje nejznámější americký GPS (Global Positioning System), který je dnes běžnou součástí mobilních telefonů. Další používané systémy jsou ruský GLONASS, evropský Galileo a čínský Bei Dou (Compass). První GNSS (GPS NAVSTAR) byl vyvinut v 70. letech v USA k vojenským účelům. [25]

Systém GNSS funguje na základním principu dálkoměru a od 70. let se pouze technicky zdokonaluje. Družice, které obíhají naši planetu, vysílají navigační zprávu, ve které uvádějí své označení, polohu a čas vysílání. Přijímač, jehož poloha je určována, musí přijmout tyto zprávy alespoň od 4 různých družic (ze 4 různých směrů). Díky znalosti času vyslání zprávy družicí, času přijetí přijímačem a polohy družice je možné vypočítat kulovou plochu. Přijímač se nachází v průsečíku kulových ploch a je takto možné stanovit jeho souřadnice X, Y, Z. Čím více signálů (družic) přijímač zachytí, tím je výsledek přesnější. Strukturu GNSS lze rozdělit do 3 segmentů: kosmický, řídicí, uživatelský. [25]

#### *Kosmický segment:*

Planetu Zemi obíhá ve výšce 20 200 km, tj. na střední oběžné dráze, původně 24 (nyní 32) družic, jejichž dráhy jsou vzájemně posunuty o 60°. Každá družice váží cca 1,8 t a pohybuje se rychlostí 3,8 km/s, při níž oběhnou planetu za necelých 12 hodin. Družice jsou vybaveny 3–4 velmi přesnými atomovými hodinami, anténami, detektory, senzory, solárními panely a bateriemi. Družice mají životnost cca 10 let a jsou pravidelně udržovány. [25]

#### *Řídicí a kontrolní segment:*

Tento segment má na starost monitoring kosmického segmentu a sestává z velitelství (Los Angeles, USA), řídicího střediska (Colorado Springs, USA), 3 povelových stanic a 18 monitorovacích stanic. V případě zničení pozemních základů mohou teoreticky družice dále samy fungovat po dobu 6 měsíců. [25]

### ***Uživatelský segment:***

Uživatelé pomocí GPS přijímačů zachycují signály z jednotlivých družic, které jsou právě k dispozici, tj. nad obzorem. Na našem území se obvykle využívají signály ze systému GPS a GLONASS. Geodetický GNSS přijímač sestává z antény, přijímače, kontroleru (polního počítače) a je většinou připnut na vytyčku o nastavitelné délce. Kompletní příslušenství je dobře manipulovatelné a nazývá se rover (angl. „poutník“). [25]



Obr. 44 GNSS rover typu Trimble R12 (Majkus, VIII/2021)

#### **4.1.2 Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK)**

S-JTSK je pravoúhlá souřadnicová síť, která je používána na území ČR a Slovenska. Systém je definován Besselovým elipsoidem s referenčním bodem Hermannskogel (vrch ve Vídeňském lese v Rakousku), Křovákovým zobrazením, převzatými prvky sítě vojenské triangulace a jednotnou trigonometrickou sítí katastrální. Křovákovo zobrazení je dvojitě konformní kuželové zobrazení v obecné poloze, které navrhl a zpracoval Ing. Josef Křovák v roce 1922. Zobrazení je jednotné pro celý stát a jeho kód EPSG je 5514. [26]

### **4.2 PEDOLOGICKÝ PRŮZKUM A VYHODNOCENÍ**

V zájmové lokalitě byly provedeny 2 geotechnické a pedologické průzkumy. První průzkum proběhl v květnu 2020 v rámci projekční činnosti, druhý byl proveden v červnu 2021. Veškeré vrty byly provedeny ručně Edelmannovým vrtákem.

#### **4.2.1 Teoretický základ – zrnitostní rozbor**

V této části jsou uvedeny důležité normy a vysvětleny teoretické základy pro správné zatřídění zemin používaných ke stavbě MVN.

## Normy pro zatřídění zemin v rámci MVN

- ČSN 75 2410 MVN; ČSN 75 2310 Sypané hráze; TNV 75 2415 Suché nádrže;
- ČSN ISO 14688 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin [25];
- ČSN EN ISO 17892 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin
- ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací;
- ČSN EN 13286-2 – Proctorova zkouška.

## Zrnitost

Zrnitost je základním parametrem k pojmenování minerálních zemin a pro popis jejich mechanických vlastností. Tuto charakteristiku nejlépe vystihuje zrnitostní křivka, tj. součtová křivka, která vyjadřuje kumulativní relativní četnost jednotlivých zrnitostních frakcí, daných jejich hmotnostním podílem ku celkovému vzorku. Křivku je možno získat z výsledků 2 zkoušek – prosévací (hrubozrná zemina) a hustoměrné (jemnozrná zemina). [27]

Tab. 3 Rozdělení zemin podle příslušných frakcí dle ČSN EN ISO 14688 [28]

Kategorie zeminy	Frakce	Značka	Velikost [mm]	Typ zkoušky
Velmi hrubozrná	Balvany (boulders)	LBo, Bo	> 200	prosévací
	Kameny, valouny (cobbles)	Co	63–200	
Hrubozrná	Štěrk (gravel)	CGr, MGr, FGr	2–63	↑
	Písek (sand)	CSa, MSa, FSa	0,063–2	
Jemnozrná	Prach (silt) a hlína (mould)	CSi, MSi, FSi	0,002–0,063	↓ pipetovací/ hustoměrná
	Jíl (clay)	Cl	< 0,002	

**Prosévací zkouška** (sítový rozbor) spočívá v prosévání vzorku sadou kontrolních sít, následném zvážení zbytků na sítěch a určení jejich hmotnostních podílů. Základní normová sada sít je seřazena sestupně [mm]: 125; 63; 31,5; 16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 a nepropustné dno. Sada je upnuta do vibračního stroje.

**Pro jemnozrnou zeminu lze používané metody rozdělit na:**

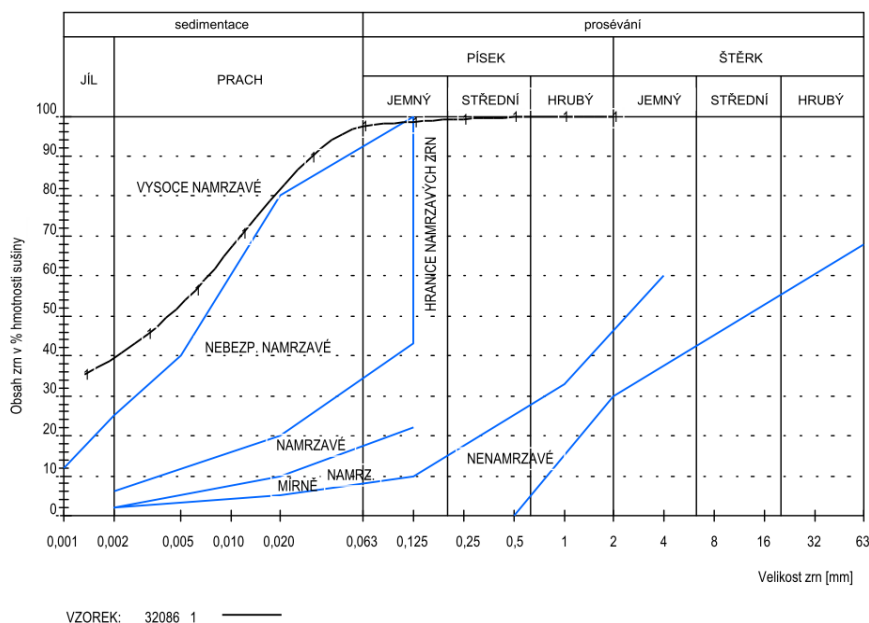
- Kopeckého vyplavovací (elutriační) m.;
- Usazovací (sedimentační) m.:
  - s přerušovanou sedimentací (dekantační metoda);
  - s nepřerušovanou sedimentací (pipetovací m; hustoměrná m.).

V dnešní době je nejčastějším a nejužnavanějším typem zkoušky pro jemnozrnou zeminu metoda pipetovací. Hustoměrná zkouška (podle A. Casagrande) je zastaralá a v současnosti se používá zřídka.

K určení přesné velikosti drobných částic a následnému vyhodnocení zrnitostní křivky lze v současné době použít také metodu laserové difrakce. Tato metoda není dosud zařazena v příslušných normách pro půdoznalectví. Pro účely práce byla použita právě tato nová metoda.

#### 4.2.2 Zatřídění dle akreditované laboratoře

V rámci prvního průzkumu provedeného projektantem z ATELIER FONTES, s.r.o. byly vyšetřeny 2 vrty s označením V1 a V2. Vrtly byly provedeny ve vzdálenosti několika metrů od břehu rybníka do hloubky max. 3,00 m. Hladina podzemní vody (H.P.V.) byla u V1 naražena v hloubce 1,20 m, u V2 v hloubce 2,10 m. Vzorek zeminy z vrtu V2 byl předán k rozboru do akreditované laboratoře, která zeminu zatřídila jako F8 – jíl s vysokou plasticitou. [22]



Obr. 45 Zatřídění dle akreditované laboratoře [22]

#### 4.2.3 Vlastní pedologický průzkum s vyhodnocením v laboratoři

Podrobný pedologický průzkum proběhl ve středu 23. června cca v 11 hod v rámci návštěvy lokality. Teplota byla 24 °C, obloha zatažená.

##### *Pedologický průzkum*

Celkem byly provedeny 3 vrty, přičemž V1 a V2 byly orientačně v místech dříve provedeného průzkumu. Vrt V3 byl proveden na pravém břehu Hlubockého potoka v místě budoucího zavázání středního betonového prahu v rámci SO 01.

##### *V1:*

- 0–10 cm orniční vrstva
- 10–60 cm jíl hlinitý (tmavě hnědý)
- 60–135 cm jíl
- 120 cm naražena H.P.V.





Obr. 46 Vrt V1 s výkopkem (Majkus, VI/2021)

**V2:**

0–10 cm	orniční vrstva
10–60 cm	jíl hlinitý (tmavě hnědý)
...	hlouběji nevtáno (3x naražena překážka)

**V3:**

0–50 cm	lesní prachovito-písčítá hlína
50–120 cm	hlína jílovitá (světle hnědá)
...	hlouběji nevtáno (2x naražena překážka)



Obr. 47 Výkopek vrtu V3 (Majkus, VI/2021)

## ***Laboratorní vyhodnocení s využitím laserové difrakce***

Z každého vrtu byly odebrány 2 vzorky zeminy, tj. celkem 6 vzorků označených dle horizontu odběru A – horní, B – spodní. Tyto vzorky jemnozrnné zeminy byly následně preparovány k vyšetření metodou laserové difrakce, která je nově dostupná v pedologické laboratoři Fakulty stavební VUT v Brně.



**Obr. 48** Zrekonstruovaná pedologická laboratoř na FAST, VUT (Majkus, IX/2021)

### **Postup preparace byl následující:**

- 1) Vzorky byly ponechány po dobu cca 3 měsíců k přirozenému vysušení.
- 2) Zemina byla rozrušena hmoždírem a poté přeseta přes síto (2 mm) umístěné ve vibračním stroji po dobu 5 minut. Takto byl vzorek zbaven případných zbytků z frakce štěrku.



**Obr. 49** Vzorek na sítu (2 mm) na vibračním přístroji (Majkus, IX/2021)



**Obr. 50 Přeseté vzorky zeminy (Majkus, IX/2021)**

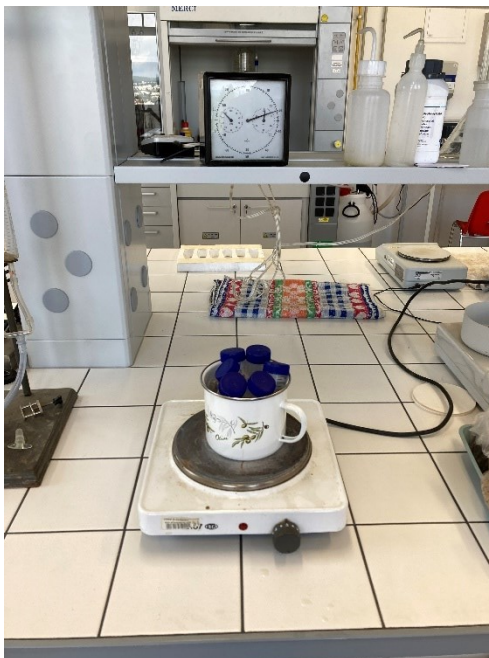
- 3) Za účelem odstranění vlivu organických zbytků v půdě byl použit 10% roztok Hydroxidu draselného (KOH). Vzorky byly vpraveny do zkumavek a následně zality roztokem KOH na úroveň 20 ml.



**Obr. 51 Suspenze vzorku s KOH (Majkus, IX/2021)**

- 4) Připravené vzorky suspenze (zemina + roztok KOH) byly po dobu 10 min povařeny ve vodě.





Obr. 52 Vaření vzorků (Majkus, IX/2021)

- 5) Považené vzorky suspenze byly následně umístěny do třepačky a po dobu několika minut třepány.



Obr. 53 Vzorky umístěné ve třepačce (Majkus, IX/2021)

- 6) Z preparátu byl odlit roztok KOH a tento objem doplněn destilovanou vodou.  
7) Takto připravené vzorky byly jednotlivě odebírány a měřeny v laserovém granulometru.

#### Měření laserovou difrakcí:

Použitým přístrojem je laserový granulometr (měřič částic) typu Analysette 22 NeXT Nano od německého výrobce Fritsch, který dokáže přesně změřit částičky v rozsahu velikostí 0,1–3 800  $\mu\text{m}$ , tj. kompletní rozsah frakcí jíl–písek. Měření v přístroji probíhá za mokra ve vodě na principu statického rozptylu světla, tj. ohybu laserového paprsku na částicích. Samotné měření probíhá v tzv. cele (střední část přístroje) a dále je přístroj vybaven ultrazvukem, který byl při měření rovněž aktivován. [29]

Z jednotlivých preparátů byly odpipetovány 3 charakteristické vzorky suspenze. Tyto byly postupně vpraveny do měřicího přístroje, který provedl analýzu, a nakonec byly vygenerovány výsledky ve formě 18 výstupních tabulek (\*.xls).



Obr. 54 Laserový granulometr (Majkus, IX/2021)

#### Vyhodnocení:

Výsledky byly zpracovány v tabulkovém editoru MS Excel a vzorky zeminy zatříděny podle diagramů z norem ČSN 73 1001, ČSN ISO 14688 a dle trojúhelníkového diagramu amerického ministerstva zemědělství (NRCS – USDA). Dle první zmíněné normy se výsledky sondy 2B = F8 shoduje s výsledkem akreditované laboratoře.

sonda	zastoupení složek [%]			ČSN 73 1001	ČSN ISO 14688-2	USDA - NRCS
	Cl	Si	Sa	zatřídění	zatřídění	zatřídění
1a	14,3	78,6	7,1	F7 - hlina	clSi - Prach jílovitý	Hlina prachovitá
1b	26,6	73,3	0,1	F8 - jíl	clSi (cl) - Prach jílovitý s vyšším zastoupením jílu	Hlina prachovitá
2a	27,6	72,3	0,1	F8 - jíl	clSi (cl) - Prach jílovitý s vyšším zastoupením jílu	Hlina prachovito-jílovitá
2b	25,8	74	0,2	F8 - jíl	clSi (cl) - Prach jílovitý s vyšším zastoupením jílu	Hlina prachovitá
3a	16,2	80	3,8	F8 - jíl	clSi - Prach jílovitý	Hlina prachovitá
3b	13,6	77	9,4	F7 - hlina	clSi - Prach jílovitý	Hlina prachovitá

Obr. 55 Souhrnná tabulka zatřídění zemin (zdroj: vlastní)

### 4.3 DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU (DMT) – ATLAS DMT

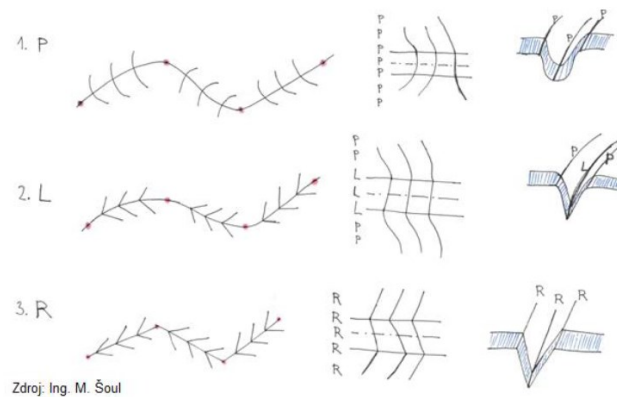
Grafický systém Atlas DMT slouží k modelování a zobrazování prostorových trojrozměrných (3D) ploch – modelů terénu. Software (SW) disponuje vlastním grafickým prostředím, které obsahuje širokou škálu funkcí a nástrojů podobně jako v programech AutoCAD nebo MicroStation. [30]

Pro účely této práce byla poskytnuta studentská verze SW Atlas DMT 20.02.2 včetně modulů ŘEZY, DESIGN, 3D VIZUALIZACE a nadstavby TOKY. Velkou výhodou těchto rozšíření je propojenost jednotlivých listů dokumentu a tím pádem provádění změn současně

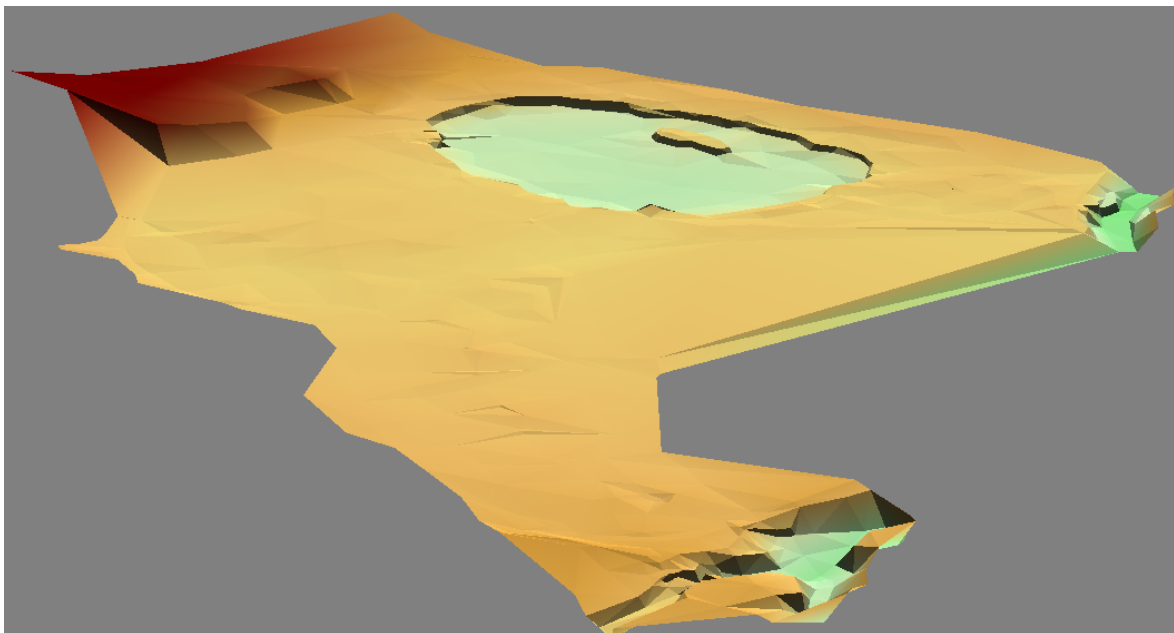
v situaci (půdorysu) a řezech podélných (PO) a příčných (PF). Veškeré listy projektu lze exportovat ve formátu \*.dxf pro další úpravy v CAD. Soustavy PF lze také exportovat jako základní geometrická data pro výpočtový SW HEC-RAS (viz kapitola 4.4). Další výhodou je možnost aktuálního pohledu ve 3D – kontrola právě provedených změn a jednoduchá vizualizace. Částečným omezením SW je skutečnost, že Atlas nemodeluje svislé povrchy (tj. 2 hrany v 1 rovině nad sebou) a je tedy nutné konstrukce navrhnout mírně šikmé.

### 4.3.1 DMT stávajícího stavu

Základními daty k vytvoření DMT stávajícího (neupraveného) stavu byly údaje bodového pole (souřadnice X,Y,Z + popis) z geodetického zaměření, a to ve formátu \*.pbd a dále údaje spojnic (hran) mezi těmito body ve formátu \*.psp. Z těchto souborů byl vygenerován DMT jako nepravidelná trojúhelníková síť (TIN) s pracovním názvem SKA\_DMT\_SS.trj. V SW byly dále editovány jednotlivé hrany modelu tak, aby co nejvíce odpovídal skutečnému stavu. Atlas rozeznává hrany povinné (P), lomové (L) a přímé (R). [30]



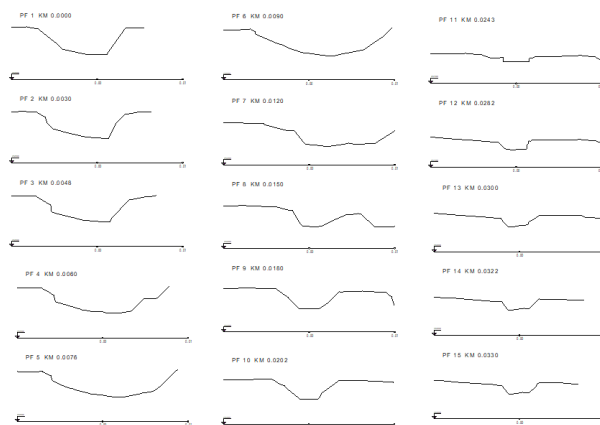
Obr. 56 Hrany používané v Atlas DMT [30]



Obr. 57 Celkový 3D pohled na DMT stávajícího stavu (zdroj: vlastní)





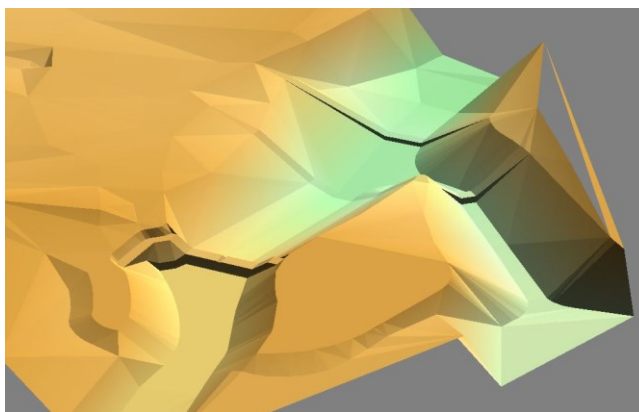


Obr. 60 PF koryta Hlubockého potoka (zdroj: vlastní)

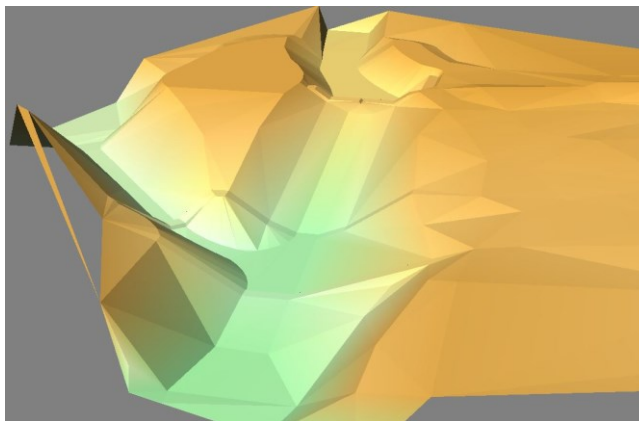
### 4.3.2 DMT navrhovaného stavu

Do DMT stávajícího stavu byly přidány nové body vycházející z navrhovaných tvarů konstrukcí stavebních objektů (SO), viz kapitola 5.1. Editace digitálního povrchu byla provedena přidáváním nových bodů s definovanými výškovými hodnotami, odebíráním bodů starého terénu a s využitím stálé kontroly celkového vzhledu ve 3D pohledu. DMT navrhovaného stavu byl v rámci této práce zpracován pouze pro úpravy v korytě Hlubockého potoka, návrh zbylých úprav je proveden pouze ve 2D.

V horní části potoka bylo vymodelováno upravené koryto, přelivný stupeň s odběrným objektem a balvanitý skluz (rampa). Dále bylo vymodelováno upravené koryto pravostranného přítoku, vývar, stabilizační prahy a související úpravy břehů. Takto byl vytvořen nový DMT s pracovním názvem *SKA\_DMT\_NS.trj*.



Obr. 61 Horní 3D pohled na DMT navrhovaného stavu (zdroj: vlastní)



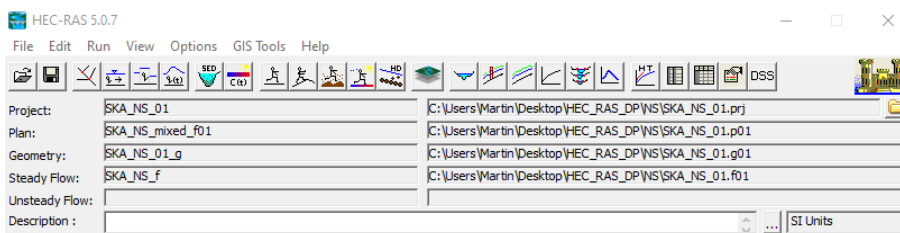
**Obr. 62 Spodní 3D pohled na DMT navrhovaného stavu (zdroj: vlastní)**

Do půdorysu byly ze stávajícího stavu vloženy hlavní osy toků s příčnými polygony. V místech náhlých změn terénu (vrch skluzu, odběrný objekt, vývar) byly doplněny nové příčné polygony a poté vygenerovány nové soustavy PO a PF. Tyto byly rovněž vyexportovány jako geometrická data pro HEC-RAS.

## 4.4 HEC-RAS

HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) je volně dostupný SW pro výpočet proudění ve vodních tocích a okolí, původně vyvinutý americkou armádou. Program dokáže simulovat ustálené proudění (1D), neustálené proudění (1D, 2D), transport splavenin, jakost a teplotu vody. [31]

V jednoduchém prostředí programu je možné editovat geometrická data, charakteristiky a data proudění (ustálené, kvazi ustálené a neustálené), splaveninová data a jakostní data. Součástí prostředí je také rozšíření RAS Mapper, které umožňuje propojení simulací s většími povrchy území z geografických informačních systémů (GIS). Po nastavení a výpočtu požadované simulace slouží jako výstupní data tabulky, grafy, profily a schémata. Jednotlivé simulace se mohou samostatně ukládat a poté rychleji vygenerovat.



**Obr. 63 Dialogové okno programu HEC-RAS (zdroj: vlastní)**

Pro účely této práce byly provedeny simulace proudění v korytě Hlubockého potoka a pravostranného přítoku. Simulace byly provedeny pro stávající i navrhovaný stav, a to jako 1D ustálené proudění s kombinací říčního a bystřinného režimu.

### 4.4.1 Simulace proudění ve stávajícím korytě

Geometrická data vznikla importem a následnou úpravou výstupních souborů (\*.g01) z Atlas DMT. Importované osy toků (*Rivers*) *Hlubocky* a *Přítok* byly v půdorysu nově spojeny v bodě *Soutok* a tím došlo k potvrzení soutok (*Junction*) pro HEC-RAS.

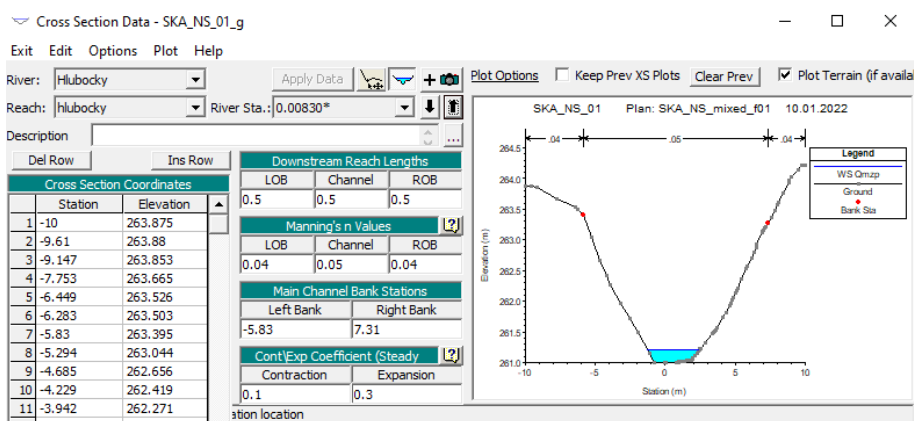


Pravostranný přítok sestává z jednoho úseku *prítok*, Hlubocký potok je pro výpočet v místě soutoku rozdělen na 2 úseky (*Reaches*) *soutok* a *hlubocky*.

Geometrická data dále byla editována v rámci PF (*Cross Section*), kde se pro jednotlivé profily definují:

- staničení v rámci toku (*River sta.*);
- staničení v rámci PF (*Station*);
- zdvih (*Elevation*);
- délky k následujícím poproudým profilům (*Downstream Reach Lengths*);
- konstanty Manningova drsnostního součinitele *n* (*Manning's n Values*);
- staničení hlavního kanálu, tj. rozhraní kynety a berem (*Main Channel Bank Stations*);
- koeficienty kontrakce a expanze (*Contraction, Expansion*).

Dále byl v určitých profilech použit nástroj neefektivní průtočné plochy (*Ineffective Area*) a poté v návrhovém stavu také nástroj hrázky (*Leaves*). Hodnoty dat PF je možno zadávat pro každý zvlášť, nebo souhrnně v tabulce. Pro celkové zpřesnění simulace bylo použito nástroje lineární interpolace, a tak vzniklo celkové zahuštění PF s max. vzdáleností 3 m mezi jednotlivými profily.



Obr. 64 Editace vybraného PF (zdroj: vlastní)

Data ustáleného proudění byla vytvořena pro průtoky (*Profiles*) v rozmezí  $Q_{MZP}-Q_{100}$  konkrétně pro 3 úseky. Dále byly zvoleny horní a dolní okrajové podmínky (*Boundary Conditions*) pro jednotlivé úseky.

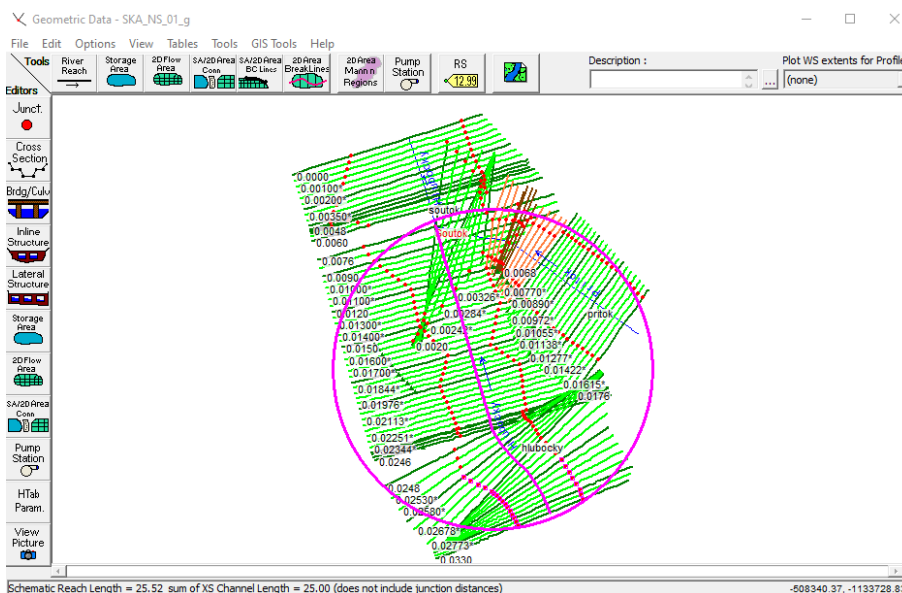
Flow Change Location		Profile Names and Flow Rates										
River	Reach	RS	Qmzp	Qa	Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	
1	Hlubocky	Hlubocky	0.0330	0.0034	0.0213	1.4637	2.9683	5.0535	6.6889	8.3407	10.6303	12.4293
2	Hlubocky	soutok	0.0060	0.0042	0.026	1.79	3.63	6.18	8.18	10.2	13	15.2
3	Prítok	prítok	0.0176	0.0008	0.0047	0.3263	0.6617	1.1265	1.4911	1.8593	2.3697	2.7707

Obr. 65 Data ustáleného proudění pro jednotlivé úseky (zdroj: vlastní)

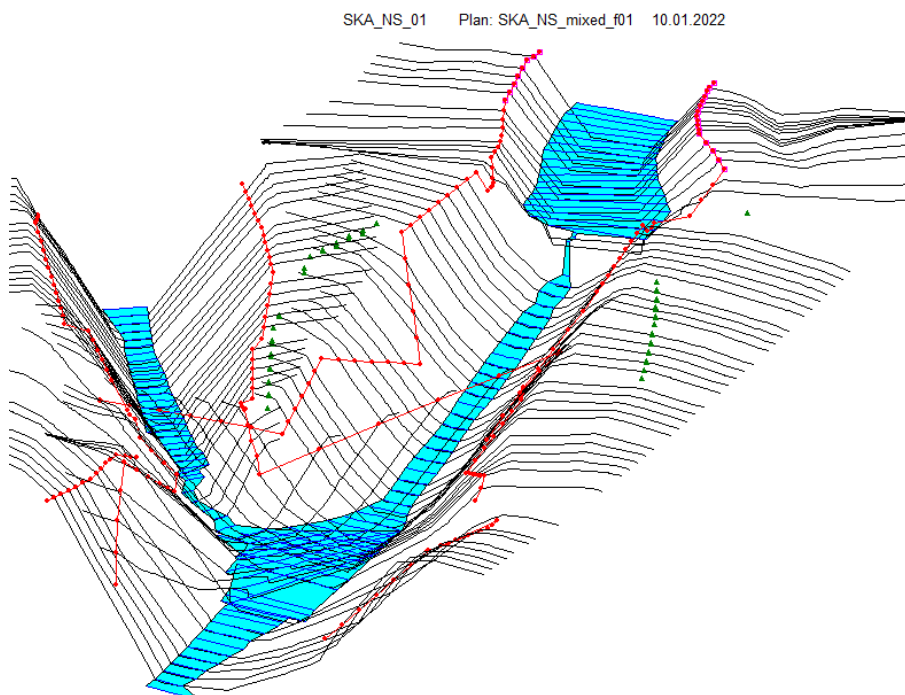
Po definování vstupních dat proběhla samotná simulace, jejíž výstupy jsou dále zpracovány v rámci kapitoly 5.3.

#### 4.4.2 Simulace proudění v navrhovaném korytě

Postup přípravy vstupních dat pro simulaci proudění v navrhovaném stavu je obdobný jako pro stávající stav. Data ustáleného proudění zůstávají totožná, mění se data geometrická. Vlivem nově navržených objektů a hran bylo provedeno zahuštění PF, a to již ve fázi DMT. Výstupy jsou rovněž dále porovnány v kapitole 5.3.



Obr. 66 Půdorys geometrie navrhovaného stavu (zdroj: vlastní)



Obr. 67 Perspektivní pohled na simulaci MZP v navrhovaném korytě (zdroj: vlastní)

## 4.5 AUTOCAD

Autodesk AutoCAD je v dnešní době jedním ze základních programů pro návrh, a to nejen v oboru stavebního inženýrství. Jak již název programu napovídá, AutoCAD spadá do kategorie *Computer Aided Design/Drafting* (CAD), neboli počítačem podporované navrhování/kreslení. Zjednodušeně lze říct, že všechny CAD systémy nahrazují projektantům kreslicí prkna a doplňují je o celou řadu pokročilých funkcí a nástrojů. V základní verzi AutoCAD lze navrhovat objekty ve 2D a ve 3D. [32]

Pro účely projektu bylo navrhováno ve verzi AutoCAD 2019, a to pouze ve 2D. V úvodní fázi byly importovány řezy (PO a PF) a půdorys z geodetického zaměření, a to ve formátu \*.dxf. Kresba situace byla dále podložena potřebnými podkladními vrstvami (např. ortofoto, digitální katastrální mapa) a spolu s řezy upravována. Při návrhu byla využita široká škála nástrojů a funkcí. Kresba byla provedena v několika desítkách hladin. V průběhu návrhu několikrát proběhl přenos dat z AutoCAD do Atlas DMT a naopak. Výsledné výkresy s návrhy byly vytvořeny v jednotlivých rozvrženích a byly vykresleny do \*.pdf ve formátech papíru A3, A2 a A1 (viz přílohy práce).

## 4.6 QGIS

QGIS (dříve Quantum GIS) je svobodný a multiplatformní geografický informační systém (GIS), jehož vývoj byl zahájen v roce 2002 a od roku 2008 pokračuje v rámci neziskové nadace Open Source Geospatial. Tento volně dostupný SW je jistou alternativou komerčního produktu ArcGIS společnosti ESRI, který ve sféře GIS platí v současnosti za standard. SW QGIS nabízí širokou paletu nástrojů a obdobných funkcí jako je tomu u ArcGIS. [33]

Pro tuto práci byl použit desktopový program QGIS ve verzi 3.20.3 (Odense), a to pouze v úvodní fázi k zajištění některých podkladových map a drobných analýz (např. pedologické poměry, stanovení velikosti dílčích povodí, ...).

## 5 VÝSLEDKY PRÁCE

Navrhovaný projekt revitalizace rybníka v k.ú. Skalička byl vypracován v rámci projekční činnosti v ATELIER FONTES, s.r.o. Koncept projektové dokumentace [22] je jedním z podkladů práce.

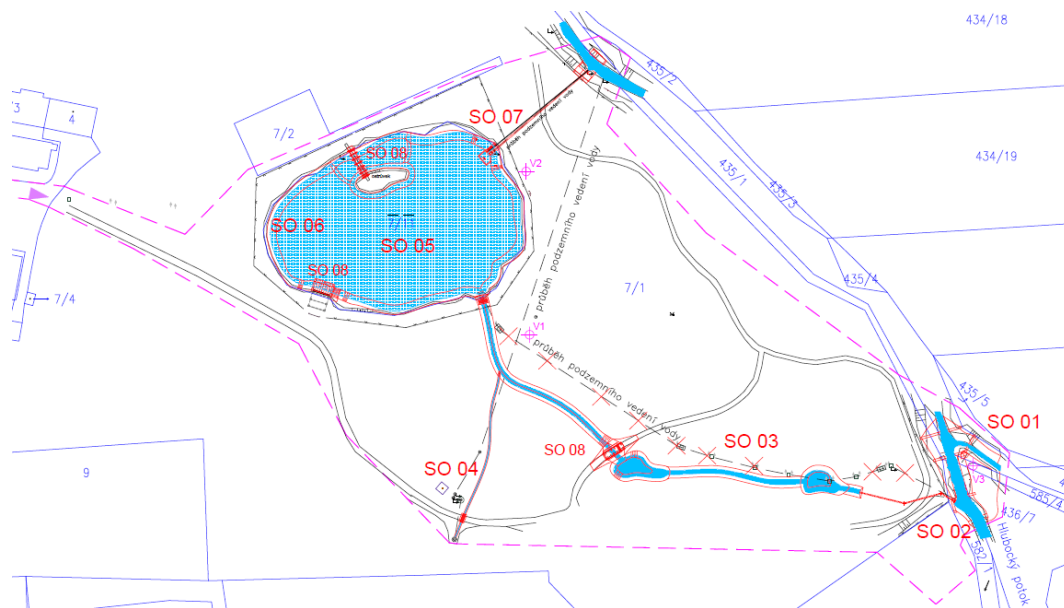
Cíle projektu revitalizace jsou následující:

- obnova MVN odstraněním sedimentů ze zátopy;
- sanování břehové abraze a opevnění břehů nádrže;
- efektivnější řešení vedení vody z Hlubockého potoka do nádrže;
- výstavba nových funkčních objektů na Hlubockém potoce a v nádrži;
- využití přepadu ze studny k dotování přítoku do nádrže.

### 5.1 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ

Stávající MVN a její funkční objekty jsou v nevyhovujícím až ve velmi špatném technickém stavu (viz kap. 3.2). Za účelem obnovy její ekologické funkce a celkové zlepšení poměrů v okolí je navržena kompletní revitalizace MVN. Navrhovaný projekt je pro zpřehlednění rozdělen na 10 dílčích SO, přičemž tato diplomová práce je zaměřena primárně na SO č. 1, 2 a 7. Jednotlivé SO jsou:

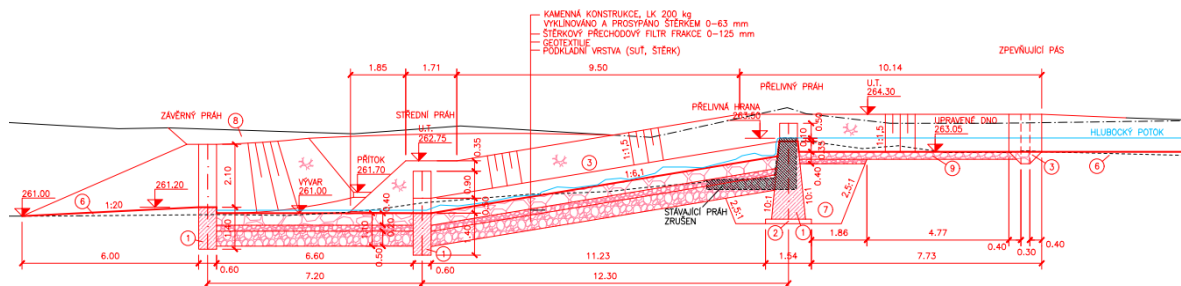
- **SO 01 Hlubocký potok – balvanitý skluz;**
- **SO 02 Odběrný objekt;**
- SO 03 Přívod vody z odběrného objektu;
- SO 04 Přívod vody ze studny;
- SO 05 Zátopa – odbahnění;
- SO 06 Stabilizace břehů nádrže;
- **SO 07 Výpustné zařízení;**
- SO 08 Mobiliář;
- SO 09 Vegetační úpravy;
- SO 10 Příjezd na stavenišť.





## 5.1.1 SO 01 Hlubocký potok – balvanitý skluz

Stavba balvanitého skluzu nahradí stávající konstrukci spádového stupně a vyrovná tak výškový rozdíl v niveletě toku. Objekt bude sestávat z přelivného prahu, tělesa balvanitého skluzu, středního prahu, vývaru a závěrného prahu. Součástí objektu je opevnění nadjezí v korytě Hlubockého potoka a stabilizace pravostranného přítoku. Osa toku nebude výrazným způsobem ovlivněna, dojde pouze k narovnání v daném úseku. Objekt bude plnit zejména funkci stabilizační a vzdouvací.

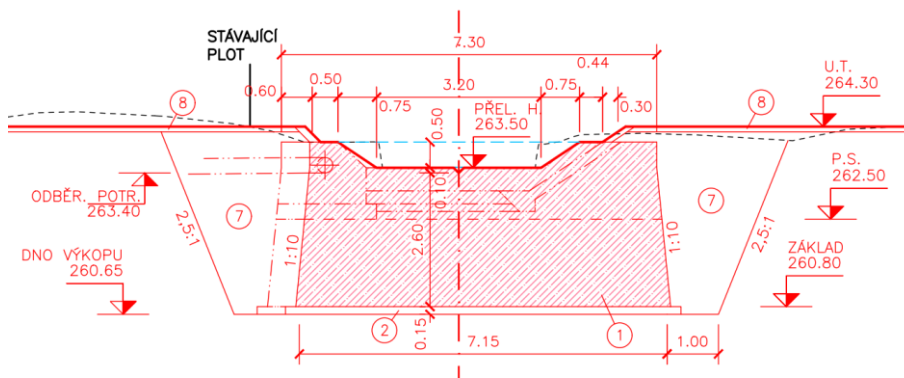


Obr. 69 Podélný řez skluzem (Majkus) [22]

### Přelivný práh

Stávající betonový spádový stupeň bude kompletně odstraněn a nahradí jej nová konstrukce z ŽB třídy C 30/37, XC4, XF3 s vyrovnáním dna stavební jámy podkladovým betonem třídy C 12/15. Práh bude atypického tvaru, v půdorysu bude připomínat písmeno L, delší stranou napříč koryta Hlubockého potoka a kratší stranou na levém břehu. Podélná osa prahu bude 2x zalomena s úhly 45°. Tento tvar je vyžádán místními podmínkami a výsledným nejvhodnějším umístěním odběrného objektu.

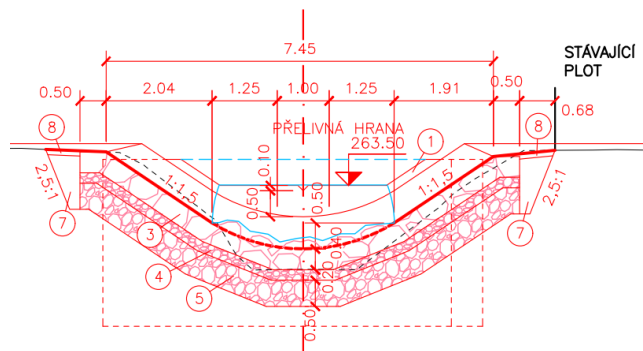
Přelivná hrana nového prahu bude na původní kótě 263,50 m n.m. Práh je navrhován na současný kapacitní průtok, tj.  $Q_N = 2,42 \text{ m}^3/\text{s}$ . Uprostřed přelivné hrany bude vyfrézován profil pro převedení průtoku  $Q_{MZP} = 3,4 \text{ l/s}$ . Tento profil má tvar rovnostranného trojúhelníku s hloubkou 10 cm. Celková délka přelivné hrany je 3,20 m, přičemž šířka je 0,60 m. Průtočný profil má tvar lichoběžníku o výšce 0,50 m a sklonech stran 1:1,5. Celková výška prahu bude 2,70 m. Stěny prahu budou provedeny ve sklonu 10:1 tak, aby došlo k dokonalému přilnutí a zhutnění dosypávané zeminy. Na konstrukci prahu bude v úrovni 0,60 m pod přelivnou hranou ve směru toku navazovat niveleta skluzu.



Obr. 70 Příčný řez přelivným prahem (Majkus) [22]

## Skluz

Těleso balvanitého skluzu bude provedeno v podélném sklonu 1:6,1. Celková délka tělesa je 11,65 m, horní kóta je 262,90 m n.m., dolní kóta je 261,00 m n.m. Průčný profil bude mít ve spodní části miskovitý tvar s hloubkou 0,50 m a celkovou šířkou 3,50 m. Výše pak budou strany ve sklonu 1:1,5. Dno a svahy skluzu budou zhotoveny z kamenné rovnaniny hmotnostní třídy minimálně LK 200 kg v mocnosti 0,40 m, vyklínované a prosypané štěrskem frakce 0–63 mm. Střední přechodový filtr bude tvořen štěrskem frakce 0–125 mm o tloušťce 0,20 m, uložen na geotextilii. Podkladní vrstva mocnosti 0,50 m bude tvořena zhutněným štěrskem a stavební sutí.

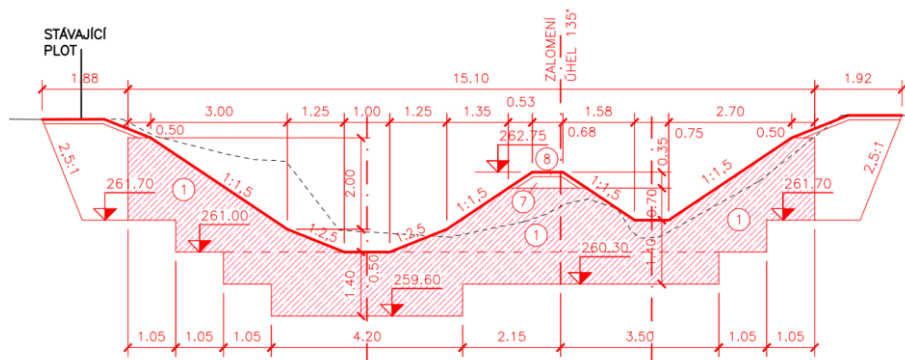


Obr. 71 Příčný řez skluzem (Majkus) [22]

## Střední práh

Střední práh bude sloužit primárně k stabilizaci tělesa skluzu a zároveň k vytvoření přehrážky v korytě pravostranného přítoku. Práh bude proveden z ŽB třídy C 30/37, XC4, XF3. Podélná osa prahu bude v pravém břehu Hlubockého potoka zalomena pod úhlem 135°. Délka prahu napříč korytem Hlubockého potoka je 9,50 m, dále pak od zalomení v pravém břehu je v korytě pravého přítoku délka 5,58 m.

Celková délka prahu v podélné ose je tedy 15,10 m, šířka konstrukce je 0,60 m. Výškový rozdíl mezi středním a přelivným prahem v ose toku je 2,50 m (263,50 – 261,00 m n.m.). Výška v ose skluzu je 1,40 m, průčný profil odpovídá profilu skluzu, avšak miska ve spodní části je nahrazena lichoběžníkem se spodní šířkou 1,00 m a sklony svahů 1:2,5. V korytě pravého přítoku je průčný profil lichoběžníkový s šířkou dna 0,75 m a sklony svahů 1:1,5.

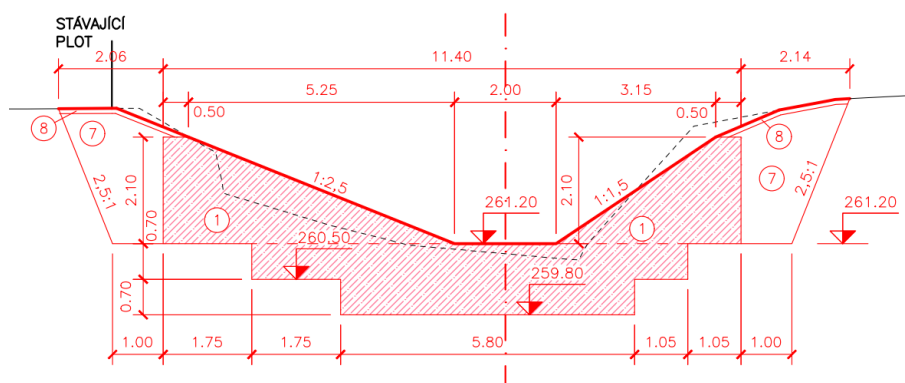


Obr. 72 Příčný řez středním prahem (Majkus) [22]

## Vývar a závěrný práh

Pod středním prahem bude v místě vyústění pravého přítoku situován vývar se zahloubením 0,20 m. Konstrukce bude vyhotovena obdobně jako skluz, rovněž tak opevnění přítoku a břehů bude z kamenné rovnaniny třídy minimálně LK 200 kg ve sklonech v rozmezí 1:1,5–1:1. Vývar bude zakončen závěrným prahem z ŽB C 30/37, XC4, XF3. Kóta závěrného prahu bude v ose toku 261,20 m n.m.

Umístěním vývaru dojde při povodňových průtocích k útlumu energie vody přitékající z pravostranného přítoku a z balvanitého skluzu. Za normálního průtoku vznikne v místě soutoku jistá hladina stálého nadržení (hloubka vody 0,2 m), která přispěje k posílení biodiverzity Hlubockého potoka. Za závěrným prahem bude dno pohozeno substrátem z toku a plynule naváže na stávající koryto.



Obr. 73 Příčný řez závěrným prahem (Majkus) [22]

## Provádění ŽB prahů

Všechny 3 ŽB konstrukce prahů budou prováděny jako monolitické s využitím bednění.

Přelivný práh bude proveden do stavební jámy, jejíž dno bude vyrovnáno podkladním betonem. Po rozmístění výztuže bude celá konstrukce bedněná. Pracovní spára (P.S.) vznikne na kótě 262,50. V místě zalomení prahu bude na samostatný základ osazen odběrný objekt (viz kap. 5.1.2).

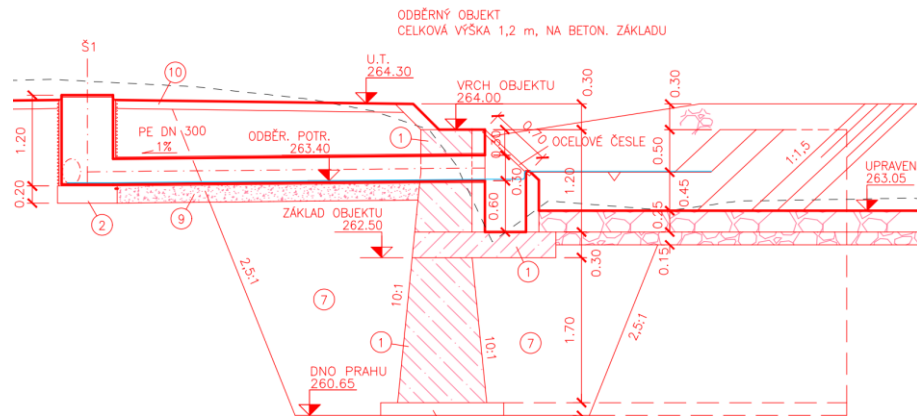
Střední a závěrný práh budou vyztuženy a do výšky 1,40 m provedeny bez bednění, přímo do stavebních rýh. Na těchto úrovních vzniknou rovněž P.S. Dále budou prahy bedněny a vylévány betonem.

### 5.1.2 SO 02 Odběrný objekt

Stávající plastové potrubí s kolenem bude nahrazeno pevným odběrným objektem s česlemi a sedimentačním prostorem. Objekt bude osazen v rámci přelivného prahu (SO 01) na samostatný betonový základ tloušťky 0,30 m na levém břehu Hlubockého potoka. Za účelem přímého napojení přívodního potrubí bude objekt pootočen o 45° ve směru osy balvanitého skluzu.

Konstrukce objektu bude z betonu, prefabrikovaná nebo monolitická. Půdorysné rozměry jsou 0,75 x 0,70 m, tloušťka stěny objektu je 15 cm. Celková výška objektu je

1,20 m, hloubka sedimentačního prostoru je 0,55 m, tudíž sedimentační objem je 0,18 m<sup>3</sup>. Na nátoku do objektu budou osazeny ocelové česle s průlinami 3 cm. Česle budou odnímatelné tak, aby bylo umožněno vyčištění sedimentačního prostoru. V zadní stěně objektu bude osazeno v chrániče přívodní plastové potrubí DN 300. Kóta dna potrubí na nátoku je 263,35 m n.m. Ve vzdálenosti 4,50 m od zadní stěny objektu bude potrubí opatřeno první kontrolní šachtou.



Obr. 74 Podélný řez odběrným objektem (Majkus) [22]

### 5.1.3 SO 03 Přívod vody z odběrného objektu

Stávající trubní přivaděč z různých materiálů bude zrušen, vykopán a prostor bude zasypán. Nová trasa přivaděče bude vedena tak, aby se co nejvíce vyhnula stávajícím vzrostlým stromům v areálu parku. Vedení bude sestávat z uzavřené části, tj. přívodního potrubí a z části otevřené, tj. přívodního kanálu. [22]

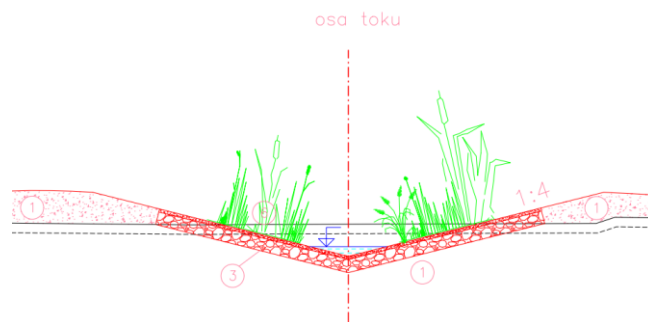
#### *Vedení potrubím*

Z odběrného objektu (SO 02) bude voda v délce 29 m vedena plastovým potrubím DN 300. Podélný sklon potrubí je  $i = 7 ‰$ . Na úseku budou v lomových bodech situovány 2 kontrolní šachty o průměru DN 600. První šachta Š1 bude vzdálena od odběrného objektu 4,50 m. Trasa se zde bude lámat pod úhlem 45° jižním směrem. Šachta Š2 bude vzdálena 12,00 m a trasa se v ní bude lámat severním směrem pod úhlem 29°. Poslední úsek potrubí bude dlouhý 12,50 m. Potrubí bude po vyvedení mimo dřevinnou vegetaci vyústěno do podoby mělkého otevřeného koryta. [22]

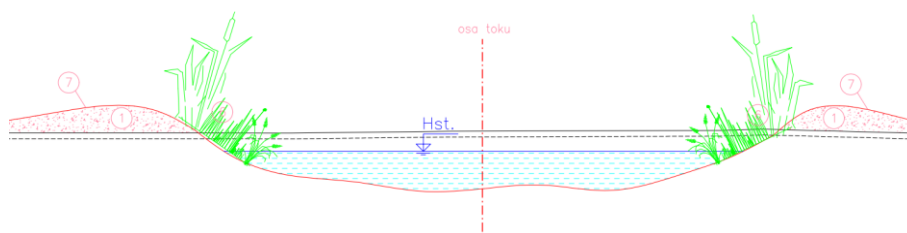
#### *Vedení korytem*

Koryto bude vedeno západním až severozápadním směrem v celkové délce 137,50 m. Podélný sklon koryta bude vlivem rovinnosti území poměrně malý, tj. v rozsahu 4–6 ‰. V trase vedení budou situovány také 2 průtočné mokřady, přičemž jejich funkce bude sedimentační a krajnotvorná, estetická. Za účelem přemostění nově zbudovaného kanálu bude v místě stávající parkové cesty vybudován dřevěný mostek (viz kap 5.1.8). [22]





Obr. 75 Vzorový příčný řez otevřeným korytem (Trtílková) [22]



Obr. 76 Vzorový příčný řez mokřadem (Trtílková) [22]

**Legenda obr. 75 a 76:** 1 – hutněná zemina; 3 – kamenný zához, hutněný, fr. 64–128 mm, tl.30 cm; 6 – vegetační rohože s makrofyty; 7 - zatravnění

#### 5.1.4 SO 04 Přívod vody ze studny

Stávající kamenná studna jímá svahové prameny v jižní části parku. Tuto kvalitní vodu je možno gravitačně přivést do MVN. Do kamenného zhlaví studny bude vyvrtán otvor, kterým bude voda vytékat do povrchového žlabu a bude gravitačně vedena do otevřeného kanálu (SO 03). Délka navrhovaného žlabu je 52 m. V místě, kde kříží žlab parková cesta, bude žlab osazen pojízdnou mříží. [22]

#### 5.1.5 SO 05 Zátopa – odbahnění

I přes špatný technický stav stávajícího výpustného objektu se předpokládá téměř úplné gravitační vypuštění. Současné dno je v úrovni cca 0,40 m pod úrovní výpustného zařízení. Voda, kterou nebude možno vypustit gravitačně, bude vyčerpána pomocí kalových čerpadel. Odbahnění zátopy bude provedeno na úroveň stávajícího dna tak, aby nové dno mělo podélný i příčný sklon 1 %. Objem sedimentu v nádrži byl stanoven na základě zaměření ploch z pracovních příčných řezů MVN, a to 890 m<sup>3</sup>. [22]

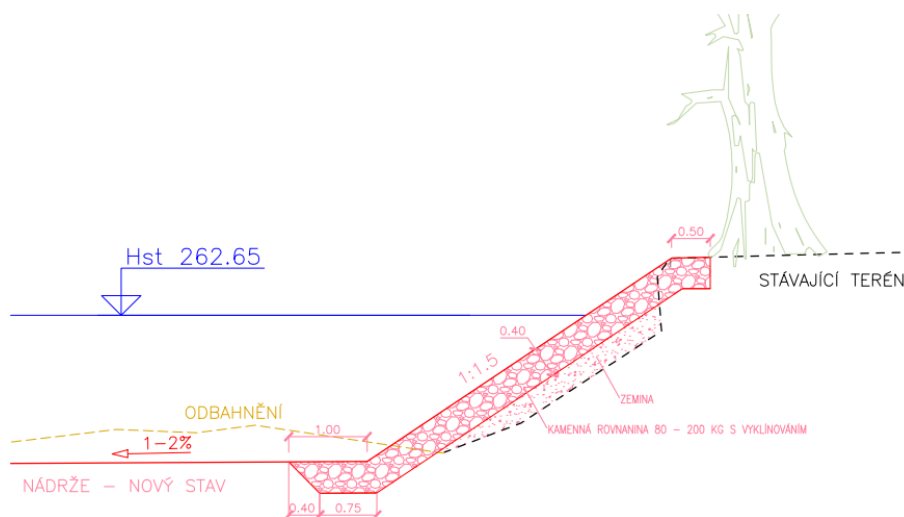
Před zahájením vypouštění nádrže je nutný kompletní odlov rybí obsádky. Následně bude rybníční dno ponecháno k odvodnění a vyschnutí. Těžba sedimentu proběhne suchým způsobem, tj. za použití stavebních mechanismů (buldozer, rypadlo, třístranný sklápěč). Dle výsledků akreditovaného rozboru je možno rybníční sediment uložit na zemědělskou půdu. [22]



Obr. 77 Odebraný vzorek rybníčního sedimentu (Majkus, VII/2021)

### 5.1.6 SO 06 Stabilizace břehů nádrže

Stav břehů rybníka je špatný – dochází k abrazi, ustupování břehů, postupnému vyvracení stromů do vody. Návrh opevnění v celé břehové linii respektuje charakter hloubené nádrže, zachovává původní tvar, funkci a zároveň poskytne potřebnou stabilizaci. Délka břehové linie je 205,00 m, obvod ostrůvku 37,00 m. Opevnění je navrženo z kamenné rovnaniny třídy LK 80–200 kg o sklonu 1:1,5 a mocnosti 0,40 m, vyklínované menšími kameny s urovnaným lícem. [22]



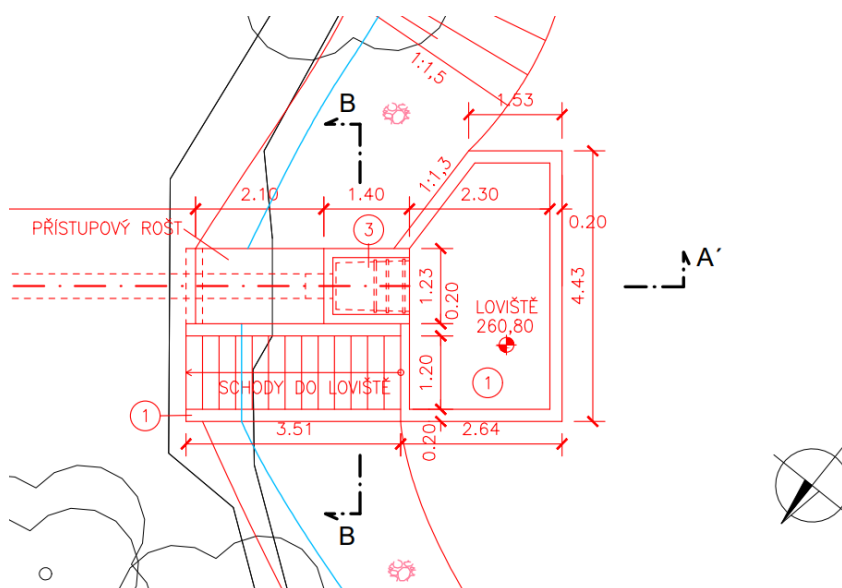
Obr. 78 Vzorový řez navrhovaným opevněním (Trtílková) [22]

### 5.1.7 SO 07 Výpustné zařízení

Stávající výpustné zařízení bude nahrazeno novou konstrukcí, která sestává z loviště, požerákového uzávěru, odpadního potrubí a vyústění do Hlubockého potoka.

## Loviště

Podélný sklon upraveného dna nádrže je 1 ‰. V nejnižším místě zátopy bude těsně před výpustným zařízením v šířce 2,50 m zbudováno loviště. Dno loviště bude na kótě 260,80 m n.m., tj. 0,35 m pod úrovní dna požeráku. Vznikne tak určitý mrtvý prostor, který bude nutno při výloveh odčerpávat kalovými čerpadly. Dno loviště bude zhotoveno z ŽB C 30/37 XC4, XF3 v tloušťce 0,25 m. Přístup do prostoru loviště bude po kamenném schodišti v břehu vedle požeráku. Schodiště bude sklonem 1:1,5 kopírovat upravený břeh rybníka. Celkový výškový rozdíl schodiště je 2,25 m, délka je 3,51 m. Stupně budou vyzděny z upraveného LK na cementovou maltu (MC), spárované mezi ŽB schodnice. Pravá schodnice bude v horní části přecházet do základového pásu, který ponese jednu ze stran pororoštu – přístup ze břehu k požeráku.



Obr. 79 Půdorys loviště a požeráku (Majkus) [22]

## Požerák

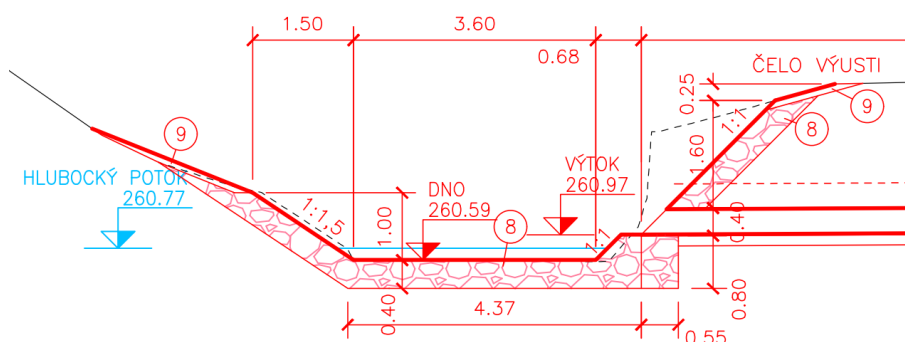
K manipulaci s vodou v nádrži bude sloužit prefabrikovaný betonový požerákový uzávěr otevřené konstrukce. Požerák bude v nádrži zajišťovat stálou hladinu na kótě 262,65 m n.m. Hradicí konstrukcí bude dvojitá dlužová stěna s jílovým těsněním mezi dlužemi. V případě této boční MVN bude dlužová stěna plnit také funkci nouzového bezpečnostního přelivu.

Výška požerákové šachty bude 2,00 m, přičemž celková výška výrobku včetně části uložené v základu je 2,60 m. Nátok vody do šachty požeráku bude spodní přes tabuli česlí s průlinami max. 3 cm. Vrch požeráku bude doplněn uzamykatelným poklopem. Součástí dodávky požeráku bude poklop, česle, žebřík, dubové dluže (0,85 x 0,20 x 0,04 m) a krátké potrubí DN 400 k napojení na odpad. Ocelové prvky požeráku budou chráněny žárovým pozinkováním o tloušťce min. 50 mikronů.

Předpokládaná hmotnost požerákové šachty je 6 t. Objekt bude uložen na ŽB základ C 30/37, XC4, XF3 o výšce 0,60 m na podkladní beton C 12/15 tloušťky 0,15 m. Dno šachty požeráku bude na kótě 261,15 m n.m. vyhotoveno z betonu C 30/37 XC4, XF3 s výztuží při horním lici z kari sítě KH30. Vrch požeráku na kótě 263,15 m n.m. bude přístupný ze břehu díky pororoštu (2,10 x 1,20 x 0,10 m).







Obr. 82 Vyústění odpadu do Hlubockého potoka (Majkus) [22]

### 5.1.8 SO 08 Mobiliář

V rámci revitalizace VD bude doplněn a obnoven také stávající mobiliář, konkrétně bude nově zbudováno molo, mostek a bude obnovena lávka na ostrůvek.

#### *Molo*

Molo bude nově navazovat na stávající altánek v jižní části nádrže. Konstrukce mola bude dřevěná, stojící na pilotách zapuštěných do dna rybníka. Pochozí část (paluba) bude mít rozměry 6,00 x 3,50 m. Krajiní přesahující piloty budou opracovány tak, aby umožnily uvázání loďky. Horní líc paluby bude navazovat na stávající břeh, a to v úrovni 0,60 m nad hladinou stálého nadržení. [22]

#### *Lávka na ostrov*

Stávající kovová lávka na ostrůvek bude nahrazena novou konstrukcí kombinující nosné ocelové profily s dřevěnými pochozími prvky. Nosná konstrukce (mostovka) bude uložena na ŽB podpěry. Lávka bude opatřena 1,10 m vysokým zábradlím. Celková délka nové lávky i se základy bude 10,00 m. [22]

Pochozí prvky (mostiny) budou provedeny z modřínového dřeva, zábradlí ze smrkového dřeva s hoblovaným madlem. Nosný rošt lávky bude svařen z ocelových nosníků HEB 240 a I 120. Spojovací materiál bude z nerezové oceli. [22]

#### *Mostek*

Konstrukce mostku s rozpětím 6,00 m překlene nově zbudovaný otevřený kanál za 2. sedimentačním mokřadem (SO 03). Mostovka bude tvořena z kovového roštu svařeného z nosníků HEB 240 a I 120, na něž budou uloženy dřevěné pojízdné prvky. Mostovka bude uložena na ŽB podpěry. Okraj mostku bude opatřen krajnicí z dřevěného hranolu. Mostek je dimenzován na občasný pojezd zahradní technikou v hmotnostní kategorii do 3 t. [22]

### 5.1.9 SO 09 Vegetační úpravy

MVN je součástí zámeckého parku, ve kterém probíhá pravidelný management a údržba všech ploch a dřevin. V rámci výstavby bude nutné vykácení několika dřevin, a to pouze v nejnútnejších případech, kdy dojde ke kolizi s terénními úpravami nebo stavebními konstrukcemi. V zájmovém území byla provedena inventarizace všech dřevin a při výstavbě budou použita opatření k jejich ochraně. V rámci nově budovaného otevřeného koryta pro přívod vody budou břehy opevněny zapěstovanými vegetačními rohožemi (kokosové rohože s rozměry 1,00 x 5,00 m). Plochy dotčené zemními pracemi, u nichž bude narušena stávající plocha trávníků, budou uvedeny do původního stavu a zatravněny vhodnou travobylinnou směsí. [22]



Obr. 83 Budoucí trasa otevřeného koryta (Majkus, VIII/2020)



Obr. 84 Vegetace na březích a ostrůvku (Trtílková, VIII/2020) [22]

### 5.1.10 SO 10 Příjezd na staveniště

Příjezdová trasa vede z veřejné komunikace v obci Skalička přes vstupní část parku (parcela č. 7/7) a dále přes areál Domova. Příjezd je dále veden po dočasné vozovce s využitím silničních betonových panelů s vyrovnávacím podsypem, a to v celé délce mimo zpevněné komunikace v areálu. Celková délka dočasných komunikací je 380 m. Zpevněny budou také plochy pro parkování techniky (2 x 60 m<sup>2</sup>) na plochách zařízení staveniště.

Dočasná skládka materiálů (kameny, zemina) budou uloženy na geotextilii. Po dokončení stavby budou dočasné komunikace i zařízení staveniště odstraněny a uvedeny do původního stavu. V případě výstavby skluzu (SO 01) bude zřízen dočasný sjezd do koryta Hlubockého potoka. [22]



Obr. 85 Budoucí příjezd ke korytu (Majkus, VIII/2020)

## 5.2 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

### 5.2.1 Stavovení průtoků

Podkladová data ČHMÚ byla získána pro profil v místě soutoku Hlubockého potoka a pravostranného přítoku ve 4. třídě přesnosti (viz kap. 3.1.6). Pro jednotlivé toky byly průtoky stanoveny váhově dle velikostí ploch dílčích povodí.

- plocha povodí celkem: 5,01 km<sup>2</sup>
- plocha povodí Hlubockého potoka: 4,10 km<sup>2</sup>
- plocha povodí pravostranného přítoku: 0,91 km<sup>2</sup>
- poměr Hlubocký p. x Přítok: 0,82 x 0,18 [-]

Tab. 4 Stanovené  $N$ -leté průtoky

$N$	$Q_N$ [m <sup>3</sup> /s] ČHMÚ	$Q_N$ [m <sup>3</sup> /s] Hlubocký potok	$Q_N$ [m <sup>3</sup> /s] Přítok
1	1,79	1,46	0,33
2	3,63	2,97	0,66
5	6,18	5,05	1,13
10	8,18	6,69	1,49
20	10,20	8,34	1,86
50	13,00	10,63	2,37
100	15,20	12,43	2,77

**Tab. 5 Stanovené  $m$ -denní průtoky**

$m$	$Q_m$ [l/s] ČHMÚ	$Q_m$ [l/s] Hlubocký potok	$Q_m$ [l/s] Přítok
<i>a</i>	26	21,26	4,74
30	64	52,33	11,67
60	48	39,25	8,75
90	38	31,07	6,93
120	31	25,35	5,65
150	25	20,44	4,56
180	21	17,17	3,83
210	16	13,08	2,92
240	13	10,63	2,37
270	11	8,99	2,01
300	7,6	6,21	1,39
330	4,2	3,43	0,77
355	2,7	2,21	0,49
364	1,5	1,23	0,27

### **Stanovení MZP**

Hodnota *MZP* pro Hlubocký potok pod navrhovaným objektem (SO 01) byla stanovena dle metodického pokynu MŽP v návaznosti na  $Q_{355d}$ , který je v tomto případě nižší než směrná hodnota 0,05 m<sup>3</sup>/s. *MZP* byl tedy stanoven na hodnotu  $Q_{MZP, Hlubocky} = Q_{330d} = 3,43$  l/s.

K zajištění *MZP* je v ose přelivné hrany navržen žlábek jako obdoba Thomsonova přelivu (trojúhelníkový přeliv s vrcholovým úhlem 90°). Rozměry žlábků byly stanoveny dle rov. 1 a byla uvažována rezerva v rámci tření při přepadu přes betonový práh šířky 0,6 m. Přeliv má tedy rozměry **0,10 x 0,20 m** (h x b). Vyšší průtoky budou přepadat přes přelivnou hranu šířky 3,20 m.

rov. 1 Přepad přes Thomsonův přeliv [34]

$$Q = 1,4 \cdot h^{5/2}$$

### **Stanovení přítoku ze studny**

Průměrný přítok ze studny byl stanoven přímým měřením dne 15. 9. 2021 za použití láhve o objemu 1,0 l a digitálních hodinek.  $Q_{studna} = 0,092$  l/s, což odpovídá hodnotě 7,95 m<sup>3</sup>/den.

### **5.2.2 Stávající kapacita**

#### **Kapacita koryta Hlubockého potoka nad stupněm**

V následujících výpočtech byla použita rovnice Chézyho a další vztahy (rov. 2). Sklon hladiny byl pro potřeby výpočtu uvažován jako totožný se sklonem dna. Kapacitní průtok stávajícího koryta nad stupněm byl vypočítán  $Q_{kap, koryto, SS} = 3,64$  m<sup>3</sup>/s.



**Tab. 6 Kapacita stávajícího koryta nad stupněm**

<i>A</i>	3,03	m <sup>2</sup>	<i>průtočná plocha koryta (průměr z PF nad stupněm)</i>
<i>O</i>	4,81	m	<i>omočený obvod koryta (průměr z PF nad stupněm)</i>
<i>R</i>	0,63	m	<i>hydraulický poloměr</i>
<i>i</i>	0,0024	[-]	<i>= 2,4 ‰, tj. průměrný sklon dna Hlubockého potoka</i>
<i>n</i>	0,030	[-]	<i>drsnost koryta</i>
<i>C</i>	30,862	m <sup>0,5</sup> /s	<i>Chézyho rychlostní součinitel</i>
<i>v</i>	1,200	m/s	<i>rychlost proudění</i>
<i>Q<sub>kap</sub></i>	<b>3,640</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b><i>kapacitní průtok</i></b>

rov. 2 Vztahy vstupující do výpočtu ustáleného proudění [34]

$$R = \frac{A}{O} \quad C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad v = C\sqrt{R \cdot i} \quad Q = v \cdot A$$

### Kapacita na přelivu

Kapacita stávajícího přelivného stupně byla vypočítána jako přepad přes Ponceletův přeliv (rov. 3). Kapacitní přepadová výška konstrukce je 0,50 m. Kapacitní průtok přelivu byl stanoven  $Q_{kap, \text{přeliv, ss}} = 2,43 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tento průtok bude brán jako **minimální návrhová hodnota** pro novou konstrukci SO 01.

**Tab. 7 Výpočet kapacity stávajícího přelivu**

<i>h</i>	<i>S</i>	<i>S<sub>0</sub></i>	<i>m</i>	<i>Q</i>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]
<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,000	0,000
<b>0,05</b>	0,15	0,18	0,584	0,087
<b>0,10</b>	0,30	0,35	0,546	0,23
<b>0,15</b>	0,45	0,53	0,534	0,412
<b>0,20</b>	0,60	0,70	0,527	0,627
<b>0,25</b>	0,75	0,88	0,524	0,87
<b>0,30</b>	0,90	1,05	0,521	1,138
<b>0,35</b>	1,05	1,23	0,519	1,429
<b>0,40</b>	1,20	1,40	0,518	1,741
<b>0,45</b>	1,35	1,58	0,517	2,073
<b>0,50</b>	<b>1,50</b>	<b>1,75</b>	<b>0,516</b>	<b>2,425</b>

rov. 3 Vztahy pro výpočet přepadu přes Ponceletův přeliv [34]

$$Q = mb\sqrt{2g} h^{3/2} \quad m = \left[ 0,405 + \frac{0,0027}{h} - 0,03 \left( 1 - \frac{b}{B} \right) \right] \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{S}{S_0} \right)^2 \right]$$

### 5.2.3 Kapacita navrhovaných konstrukcí SO 01

Návrhovým průtokem je v rámci revitalizace průtokem  $Q_N = 2,43 \text{ m}^3/\text{s}$ , což odpovídá přibližně průtoku  $Q_2$ , na který byl pravděpodobně dimenzován současný objekt.

## Kapacita přelivu

Tab. 8 Parametry navrhovaného přelivného stupně

<b>B</b>	3,50	m	šířka přívodního koryta (průměr z PF nad stupněm)
<b>b</b>	3,20	m	šířka přelivné hrany
<b>h</b>	0,50	m	přepadová výška konstrukce (kapacitní)
<b>m</b>	0,67	[-]	sklon bočních stran přelivného profilu (1:1.5)
<b>A</b>	1,77	m <sup>2</sup>	průtočná plocha
<b>t</b>	0,60	m	tloušťka přelivné konstrukce
<b>g</b>	9,81	m/s <sup>2</sup>	gravitační zrychlení
<b>σ</b>	1,00	[-]	součinitel zatopení (dokonalý přepad)
<b>Q<sub>k,A</sub></b>	3,569	m <sup>3</sup> /s	kapacitní průtok dle var. A
<b>Q<sub>k,B</sub></b>	2,715	m <sup>3</sup> /s	kapacitní průtok dle var. B

Kapacita navrhovaného přelivu byla vyšetřena 2 způsoby výpočtu, a to jako přepad přes Ponceletův přeliv (var. A) a jako přepad přes přelivnou hranu balvanitého skluzu (var. B). Výpočet varianty B byl proveden dle vztah v rov. 4. Výsledný kapacitní průtok je průměrem těchto 2 hodnot.

Kapacita navrhovaného přelivného stupně je tedy  $Q_{kap., přeliv, NS} = 3,14 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vyšší průtoky budou přetékat také po stranách. Tato kapacitní hodnota je vyšší než minimální návrhová. S ohledem na účel stavby a navazující tlumící konstrukci balvanitého skluzu je tato kapacita dostatečná, respektující stávající poměry.

rov. 4 Přepadové množství přes korunu balvanitého skluzu [35]

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot H_0^{3/2} + \sigma' \cdot \frac{4}{5} \cdot M' \cdot m' \cdot H_0^{5/2}$$

Tab. 9 Var. A

<b>h</b>	<b>S</b>	<b>S<sub>0</sub></b>	<b>m<sub>p</sub></b>	<b>Q</b>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]
<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,000	0,000
<b>0,05</b>	0,16	0,18	1,385	0,219
<b>0,10</b>	0,33	0,35	0,995	0,446
<b>0,15</b>	0,50	0,53	0,867	0,714
<b>0,20</b>	0,67	0,70	0,806	1,021
<b>0,25</b>	0,84	0,88	0,770	1,364
<b>0,30</b>	1,02	1,05	0,748	1,742
<b>0,35</b>	1,20	1,23	0,734	2,152
<b>0,40</b>	1,39	1,40	0,723	2,594
<b>0,45</b>	1,58	1,58	0,717	3,067
<b>0,50</b>	<b>1,77</b>	<b>1,75</b>	<b>0,712</b>	<b>3,569</b>

Tab. 10 Var. B

<b>σ = σ'</b>	1,00	[-]	součinitel zatopení (v tomto případě dokonalý přepad, tj. = 1)
<b>A</b>	0,90	[-]	součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu (odhad)

<b>K</b>	1,00	[-]	<i>součinitel bočního zúžení přelivného otvoru</i>
<b>M</b>	1,77	[-]	<i>součinitel přepadu (odhad)</i>
<b>b<sub>1</sub></b>	3,20	m	<i>šířka přelivné hrany</i>
<b>h</b>	0,50	m	<i>kapacitní přepadová výška</i>
<b>v<sub>0</sub></b>	1,20	m/s	<i>počáteční rychlost vody</i>
<b>h<sub>0</sub></b>	0,573	m	<i>přepadová + rychlostní výška</i>
<b>M'</b>	1,68	[-]	<i>součinitel přepadu nad skloněnými bočními plochami</i>
<b>m'</b>	1,50	[-]	<i>sklon svahu přelivné hrany (nyní svislé)</i>
<b>Q<sub>1</sub></b>	2,213	m <sup>3</sup> /s	<i>přepadové množství vody nad přelivnou hranou</i>
<b>Q<sub>2</sub></b>	0,502	m <sup>3</sup> /s	<i>přepadové množství nad skloněnými bočními plochami</i>
<b>Q</b>	<b>2,715</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b><i>celkový přepad nad přelivnou hranou skluzu</i></b>

### Balvanitý skluz

Tab. 11 Parametry navrhovaného skluzu

<b>L</b>	11,60	m	<i>délka balvanitého skluzu</i>
<b>P</b>	1,90	m	<i>výška skluzu</i>
<b>m</b>	1:6,1	[-]	<i>sklon skluzové plochy (i = 0.164)</i>
<b>b<sub>1</sub></b>	1,00	m	<i>šířka v patě spodního lichoběžníku</i>
<b>h<sub>1</sub></b>	0,50	m	<i>výška spodního lichoběžníku</i>
<b>m<sub>1</sub></b>	1:2,5	[-]	<i>sklon svahů ve spodním lichoběžníku</i>
<b>b<sub>2</sub></b>	3,50	m	<i>šířka v patě horního lichoběžníku</i>
<b>m<sub>2</sub></b>	1:1,5	[-]	<i>sklon svahů horního lichoběžníku</i>
<b>n<sub>d</sub> = n<sub>s</sub></b>	0,075	[-]	<i>drsnost dna a svahů skluzu (velké balvany)</i>
<b>D</b>	0,60	m	<i>největší předpokládaný rozměr balvanu (LK 200 kg a více)</i>

Tab. 12 Proudění na balvanitém skluzu

<b>h</b>	<b>H</b>	<b>B</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>R</b>	<b>n</b>	<b>C</b>	<b>v</b>	<b>Q</b>	<b>v<sub>vs</sub></b>	<b>vym.</b>
[m]	[m n. m.]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>0.5</sup> /s]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]	
<b>0,00</b>	263,00	1,00	0,000	1,000	0,000	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	N
<b>0,05</b>	263,05	1,25	0,056	1,269	0,044	0,075	7,932	0,676	0,038	2,948	N
<b>0,10</b>	263,10	1,50	0,125	1,539	0,081	0,075	8,775	1,013	0,127	3,309	N
<b>0,15</b>	263,15	1,75	0,206	1,808	0,114	0,075	9,286	1,270	0,262	3,540	N
<b>0,20</b>	263,20	2,00	0,300	2,077	0,144	0,075	9,658	1,486	0,446	3,714	N
<b>0,25</b>	263,25	2,25	0,406	2,346	0,173	0,075	9,954	1,677	0,681	3,855	N
<b>0,30</b>	263,30	2,50	0,525	2,616	0,201	0,075	10,202	1,851	0,972	3,974	N
<b>0,35</b>	263,35	2,75	0,656	2,885	0,227	0,075	10,418	2,012	1,320	4,077	N
<b>0,40</b>	263,40	3,00	0,800	3,154	0,254	0,075	10,608	2,163	1,731	4,169	N
<b>0,45</b>	263,45	3,25	0,956	3,423	0,279	0,075	10,780	2,307	2,206	4,251	N
<b>0,50</b>	263,50	3,50	1,125	3,693	0,305	0,075	10,937	2,444	2,750	4,327	N
<b>0,55</b>	<b>263,55</b>	<b>3,65</b>	<b>1,304</b>	<b>3,873</b>	<b>0,337</b>	<b>0,075</b>	<b>11,121</b>	<b>2,612</b>	<b>3,406</b>	<b>4,396</b>	N

$h$	$H$	$B$	$S$	$O$	$R$	$n$	$C$	$v$	$Q$	$v_{vs}$	vym.
[m]	[m n. m.]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>0.5</sup> /s]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]	
0,60	263,60	3,80	1,490	4,053	0,368	0,075	11,285	2,770	4,128	4,460	N
0,65	263,65	3,95	1,684	4,233	0,398	0,075	11,434	2,920	4,916	4,520	N
0,70	263,70	4,10	1,885	4,414	0,427	0,075	11,571	3,062	5,771	4,576	N
0,75	263,75	4,25	2,094	4,594	0,456	0,075	11,697	3,197	6,694	4,629	N
0,80	263,80	4,40	2,310	4,774	0,484	0,075	11,814	3,327	7,686	4,679	N
0,85	263,85	4,55	2,534	4,955	0,511	0,075	11,923	3,452	8,747	4,727	N
0,90	263,90	4,70	2,765	5,135	0,538	0,075	12,026	3,573	9,880	4,772	N
0,95	263,95	4,85	3,004	5,315	0,565	0,075	12,124	3,690	11,084	4,815	N
1,00	264,00	5,00	3,250	5,495	0,591	0,075	12,216	3,804	12,362	4,857	N

Průtočný profil balvanitého navrhovaného skluzu má ve spodní části (do výšky 0,50 m) miskovitý tvar a výše tvar lichoběžníku. Ve výpočtu je miskovitý tvar nahrazen odpovídajícím lichoběžníkem. Kapacitní průtok přelivné hrany  $Q_{kap.přeliv,NS} = 3,14 \text{ m}^3/\text{s}$  **bez problémů proteče balvanitým skluzem**. Pro balvany max. rozměru 0,60 m dle výpočtu nedojde k vymílání.

V místě soutoku Hlubockého potoka s pravostranným přítokem bude situován konstrukční vývar se zahloubením 0,20 m. Kapacitní proudění na skluzu a ve vývaru jsou dále ověřeny modelem v HEC-RAS (viz kap. 5.3).

## 5.2.4 Odběrný objekt

Odběrný objekt je navržen na levém břehu v návaznosti na přelivný stupeň a je výškově osazen tak, aby odebíral vodu pouze v případě, že průtok na balvanitý skluz je alespoň vyšší než  $MZP$ . Přelivná hrana balvanitého skluzu a odběru jsou na stejné úrovni, tj. 263,50 m n.m.

Tab. 13 Parametry odběru

$B_{přeliv}$	3,62	m	celková délka přelivných hran (přeliv + odběr)
$Q_{a,přeliv}$	0,018	l/s	průměrný roční dlouhodobý průtok na přelivných hranách ( $Q_a - Q_{MZP}$ )
$h$	0,02	m	přepadová výška (hledaná hodnota)
$m$	0,420	[-]	přepadový součinitel (odhad)
$g$	9,81	m/s <sup>2</sup>	gravitační zrychlení
$b$	0,42	m	délka přelivné hrany odběrného objektu
$Q_a$	2,070	l/s	průměrný dlouhodobý přítok do odběrného objektu
$b$	0,70	m	šířka objektu
$l$	0,75	m	délka objektu
$t$	0,15	m	tloušťka stěny objektu
$h_{s.p.}$	0,55	m	hloubka sedimentačního prostoru
$V_{s.p.}$	0,80	m <sup>3</sup>	objem sedimentačního prostoru
$Q_{a,odběr}$	2,071	l/s	průměrný roční průtok odebíraný pro rybník



Pro stanovení průměrného ročního průtoku do odběrného objektu ( $Q_{a,odběr}$ ) byla nejprve nalezena přepadová výška pro  $Q_{a,Hlubocky}$ , a to pro obě přelivné hrany (balvanitý skluz + odběr). Pro takto stanovenou přepadovou výšku  $h = 2$  cm odpovídá průměrný roční průtok do odběru hodnotě  $Q_{a,odběr} = 2,07$  l/s, což odpovídá hodnotám  $7,44 \text{ m}^3/\text{h} = 178,74 \text{ m}^3/\text{den} = 64\,346 \text{ m}^3/\text{rok}$ .

## 5.2.5 Přívodní potrubí

### Proudění o volné hladině

V přívodním potrubí bude při  $Q_{a,Hlubocky}$  proudit o volné hladině. Výpočty jsou pro tento režim provedeny dle vztahů uvedených na Obr. 86.

Tab. 14 Parametry přívodního potrubí

<b>DN</b>	300	mm	jmenovitý průměr
<b>r</b>	0,15	m	poloměr průřezu
<b>i</b>	0,007	[-]	podélný sklon
<b>L</b>	29,00	m	délka
<b>n</b>	0,009	[-]	drsnost potrubí (PVC korugované)

Tab. 15 Proudění o volné hladině (zdroj: vlastní)

<b>h [m]</b>	<b><math>\phi</math> [rad]</b>	<b>S [m<sup>2</sup>]</b>	<b>O [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>C [m/s<sup>0,5</sup>]</b>	<b>v [m/s]</b>	<b>Q [m<sup>3</sup>/s]</b>
<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
<b>0,05</b>	1,68	0,01	0,25	0,03	62,171	0,911	0,007
<b>0,10</b>	2,46	0,02	0,37	0,06	68,696	1,358	0,028
<b>0,15</b>	3,14	0,04	0,47	0,08	72,155	1,653	0,058
<b>0,20</b>	3,82	0,05	0,57	0,09	74,010	1,830	0,092
<b>0,22</b>	4,11	0,06	0,62	0,09	74,389	1,868	0,104
<b>0,24</b>	4,43	0,06	0,66	0,09	74,554	1,884	0,114
<b>0,26</b>	4,79	0,07	0,72	0,09	74,467	1,876	0,122
<b>0,28</b>	<b>5,24</b>	<b>0,07</b>	<b>0,79</b>	<b>0,09</b>	<b>74,016</b>	<b>1,831</b>	<b>0,126</b>
<b>0,30</b>	6,28	0,07	0,94	0,08	72,155	1,653	0,117

**Kapacita potrubí odpovídá průtoku 126 l/s, což odpovídá přepadové výšce na přelivné hraně objektu  $h = 7$  cm. Jakýkoliv vyšší vodní stav dle těchto výpočtů vyvolá proudění tlakové.**

popis	označení	výpočet	jednotka
středový úhel - pro $h < r$  - pro $h > r$	$\phi$	$\phi = 2 \arccos \frac{r-h}{r}$  $\phi = 2\pi - 2 \arccos \frac{h-r}{r}$	rad
průtočný průřez	$A$	$A = \frac{r^2}{2} (\phi - \sin \phi)$	m <sup>2</sup>
okružní obvod	$O$	$O = \phi r$	m
hydraulický poloměr	$R$	$R = \frac{A}{O}$	m

Obr. 86 Vztahy pro proudění o volné hladině v kruhovém potrubí [34]

## Tlakové proudění

Uvažuje se laminární proudění v hydraulicky dlouhém potrubí, kde převažují ztráty třením po délce. Místní ztráty na vtoku (česle, přeliv, nátok) a výtoku jsou zanedbány. Výpočtové vztahy jsou uvedeny dále v rámci rov. 5. **Celková ztráta třením v potrubí** byla stanovena na hodnotu **6 cm**.

Tab. 16 Výpočet ztráty třením

$H_{vtok}$	263,65	m n. m.	minimální hladina pro zatopený vtok
$H_{výtok}$	263,45	m n. m.	hladina vody na výtoku
$\Delta h$	0,20	m	rozdíl hladin
$v$	1,577	m/s	rychlost (z předchozího výpočtu)
$k$	40	[-]	koeficient pro potrubí s hladkým vnitřním povrchem
$D$	0,30	m	průměr potrubí
$i$	0,00021	[-]	sklon
$h_t$	<b>0,006</b>	<b>m</b>	<b>výška ztráty třením</b>

rov. 5 Vztahy pro výpočet ztráty třením po délce [22]

$$v = k \cdot D^{0,625} \cdot i^{1/2} \quad i = \left(\frac{v}{k} \cdot D^{0,625}\right)^2 \quad h_t = L \cdot i$$

### 5.2.6 Plnění nádrže

#### Ztráta výparem

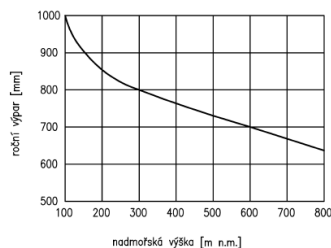
Orientační hodnota ztráty výparem z volné hladiny byla stanovena dle přílohy B ČSN 75 2410 (viz Obr. 87).

Tab. 17 Parametry rybníka pro stanovení výparu (zdroj: vlastní)

nadmožská výška nádrže	260	m n. m.
roční výpar v mm (dle grafu)	825	mm
plocha vodní hladiny	2820	m <sup>2</sup>
celkový objem ročního výparu	2326,5	m <sup>3</sup>
max. měsíční výpar - červenec (18 % ročního)	418,77	m <sup>3</sup>
min. měsíční výpar - leden (2 % ročního)	46,53	m <sup>3</sup>
<b>přítok potřebný k dotaci max. výparu (červenec)</b>	<b>0,000156</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>

Přítok potřebný k dotaci maximálního letního výparu je **0,16 l/s**. Lze očekávat, že tento odběr pro rybník nebude zajištěn po dobu 35 dní, tedy ve dnech, kdy v Hlubockém potoce nepoteče ani MZP.

Orientační hodnoty výparu z volné hladiny



Tabulka B.1 – Přibližné rozdělení výparu na jednotlivé měsíce v roce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Procento ročního výparu (%)	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3

Obr. 87 Graf pro stanovení ztráty výparem [1]

Další možné ztráty jsou pro účely této práce zjednodušeny, a to jako 5% ztráta na nátok, čili  $Q_{a,odběr}$  bude vynásoben koeficientem 0,95.

### Retenční objem nádrže

Objem nádrže byl stanoven na základě PF a jejich staničení (z DMT) a to pro stávající stav a stav navrhovaný. Odečet dílčích ploch PF byl proveden v AutoCAD.

Tab. 18 Zásobní objem nádrže (zdroj: vlastní)

$V_{SS}$	2 220	$m^3$	objem nádrže při stávajícím stavu (zabahněno, $H_{S.N.} = 262,5 m n.m.$ )
$V_{NS}$	3 450	$m^3$	objem nádrže při navrhovaném stavu ( $H_{S.N.} = 262,65 m n.m.$ )

### Objem rybničního bahna

V souvislosti se zásobním objemem nádrže byl obdobnou metodou stanoven také objem rybničního sedimentu. Celkový objem bahna byl stanoven na **890  $m^3$** , což může představovat např. objem cca 140 koreb nákladních vozidel Tatra.

Tab. 19 Stanovení objemu bahna (zdroj: vlastní)

Ozn. Profilu	St.	$L$	$V_{bahno}$	$V_{bahno,celk.}$
[-]	m	m	$m^2$	$m^3$
ZÚ	12,30	–	0,00	–
PF 1	15,00	2,70	2,16	2,9
PF 2	25,00	10,00	12,05	71,1
PF 3	35,00	10,00	14,70	133,7
PF 4	45,00	10,00	16,29	154,9
PF 5	55,00	10,00	12,50	144,0
PF 6	65,00	10,00	15,80	141,5
PF 7	75,00	10,00	17,52	166,6
PF 8	83,00	8,00	0,17	70,8
KÚ	83.65	0.65	0,00	0,1
<b>Celkem</b>				<b>886</b>

## Doba plnění nádrže

Tab. 20 Výpočet doby plnění nádrže (zdroj: vlastní)

$Q_{a,odber}$	2,071	l/s	průměrný průtok odebíraný z potoka
$Q_{a,odber}^*$	1,967	l/s	průměrný průtok snížený o 5% ztráty
$Q_{a,st}$	0,092	l/s	průměrný přítok ze studny
$Q_{a,nadrz}$	0,00206	m <sup>3</sup> /s	celkový průměrný roční přítok do rybníka
$V_{nadrz}$	3 450	m <sup>3</sup>	retenční objem rybníka (navrhovaný stav)
$t$	1 675 205	s	doba napouštění nádrže
=	465	h	

Celková doba plnění nádrže při průměrných ročních průtocích byla stanovena 465 h, což odpovídá cca **19 dnům**.

### 5.2.7 Výpust

#### Požerák

Výpustné zařízení bude hrazeno požerákovým uzávěrem, jehož hradicí konstrukce, tj. dvojitá dlužová stěna, představuje ostrohranný přeliv o šířce  $b_{dluže} = 0,80$  m a celkové výšce (nade dnem požeráku)  $s_l = 1,5$  m. Maximální kapacita přepadu přes dluže je  $Q_{kap,pož} = 453$  l/s, což s rezervou vyhovuje v porovnání s přítokem.

Tab. 21 Přepad přes dlužovou stěnu (zdroj: vlastní)

$h$ [m]	$m$ [-]	$Q$ [m <sup>3</sup> /s]
0,00	0,420	0,000
0,01	0,705	0,002
0,02	0,555	0,006
0,05	0,465	0,018
0,10	0,436	0,049
0,15	0,427	0,088
0,20	0,423	0,134
0,25	0,422	0,187
0,30	0,421	0,245
0,35	0,422	0,309
0,40	0,423	0,379
0,45	0,424	0,453

#### Odpadní potrubí

Odpadní potrubí je navrženo plastové (PVC) DN 400 o délce  $L = 36,0$  m a v podélném sklonu  $i = 0,5$  %. Kapacita odpadního potrubí je  $Q_{kap,vypust} = 229$  l/s. Výpočet byl proveden obdobně jako pro přívodní potrubí (viz kap. 5.2.5).

**Tab. 22 Proudění v odpadním potrubí (zdroj: vlastní)**

$h$ [m]	$v$ [m/s]	$Q$ [m <sup>3</sup> /s]
0,1	1,19	0,029
0,2	1,69	0,106
0,3	1,92	0,194
0,38	1,85	0,229
0,4	1,70	0,214

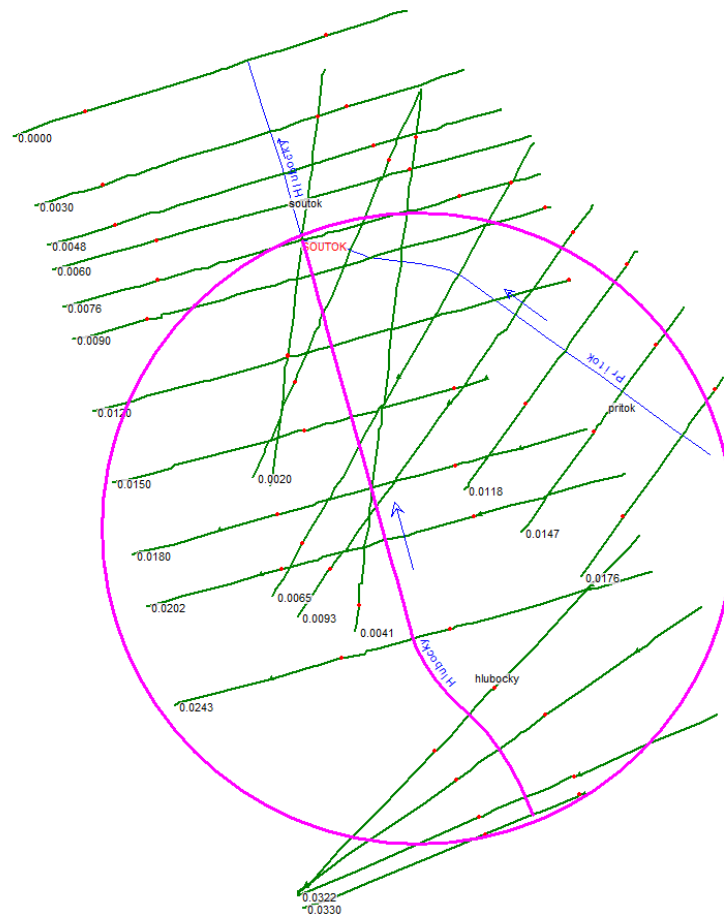
### 5.3 MODELOVÁNÍ V HEC-RAS

Část hydrotechnických výpočtů byla ověřena modelem 1D ustáleného proudění v prostředí SW HEC-RAS. Metodika je přibližena v kap. 4.4.

#### 5.3.1 Data pro výpočet

##### *Geometrická data (Geometric Data)*

Geometrická data byla definována pro Hlubocký potok, pravý přítok a soutok těchto 2 toků. Data byla pro stávající a navrhovaný stav vložena importem PF z Atlas DMT a následně upravena.



**Obr. 88 Geometrická data v půdorysu**



- **řeka 1: *Hlubocky***
  - úsek 2: *hlubocky* 9,0–33,0 m vloženo 5 PF
  - soutok: *Soutok* 7,6 m
  - úsek 1: *soutok* 0,0–7,6 m vloženo 10 PF
- **řeka 2: *Přítok***
  - soutok: *Soutok* 0,0 m
  - úsek 1: *přítok* 0,0–17,6 m vloženo 8 PF

Po importu těchto základních dat byly upraveny jednotlivé PF. Zde se jednalo především o úpravy Manningova drsnostního součinitele  $n$  a hlavních břehových linií, které určují rozhraní kynety, pravé a levé bermy. Bezrozměrný drsnostní součinitel  $n$  byl stanoven následovně:

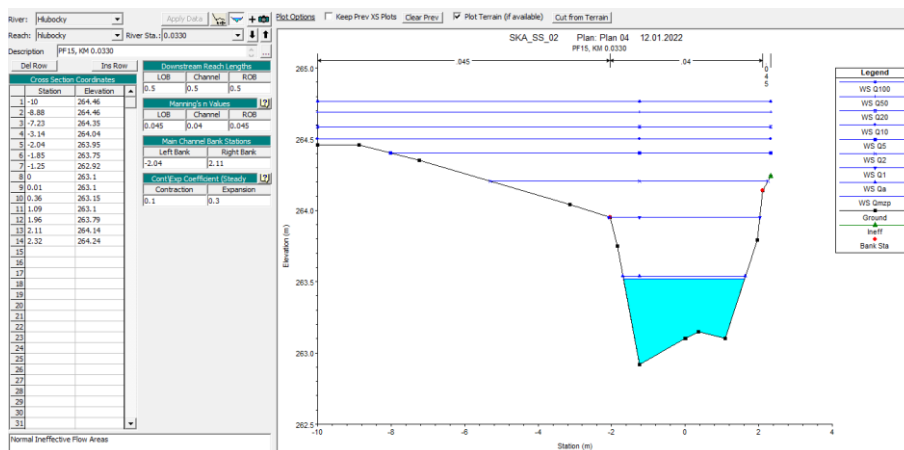
- **pro stávající stav:**

- $n = 0,060$  koryto pod stupněm;
- $n = 0,055$  břehy koryta pod stupněm;
- $n = 0,045$  břehy koryta nad stupněm a u spádového stupně;
- $n = 0,035$  koryto nad stupněm;
- $n = 0,025$  stávající betonová konstrukce.

- **Pro navrhovaný stav:**

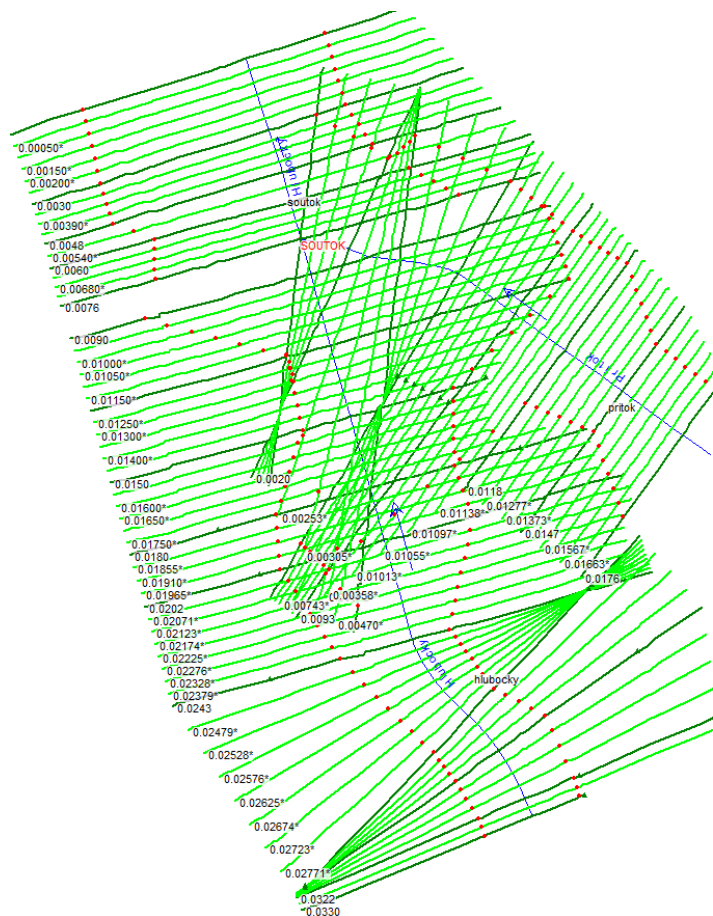
- $n = 0,075$  balvanitý skluz;
- $n = 0,060$  vyústění přítoku – skluz;
- $n = 0,050$  vývar;
- $n = 0,040$  veškeré břehy navrhovaného stavu;
- $n = 0,033$  upravené koryto nad stupněm; přítok nad středním prahem;
- $n = 0,020$  nové betonové konstrukce.

V případě navrhovaného stavu byly přidány také hrázky v místě, kde došlo ke zvýšení břehů koryta. Na pravém břehu (ostrohu mezi toky) byly použity neefektivní plochy.



Obr. 89 Stávající stav, PF č. 15 v ř.km 0,0330 na úseku *hlubocky*

Nástrojem lineární interpolace byly dále vloženy další PF za účelem zpřesnění geometrie a výpočtu, a to v maximálních vzdálenostech 0,5 m, přičemž lineárně interpolovány byly také součinitele  $n$ .

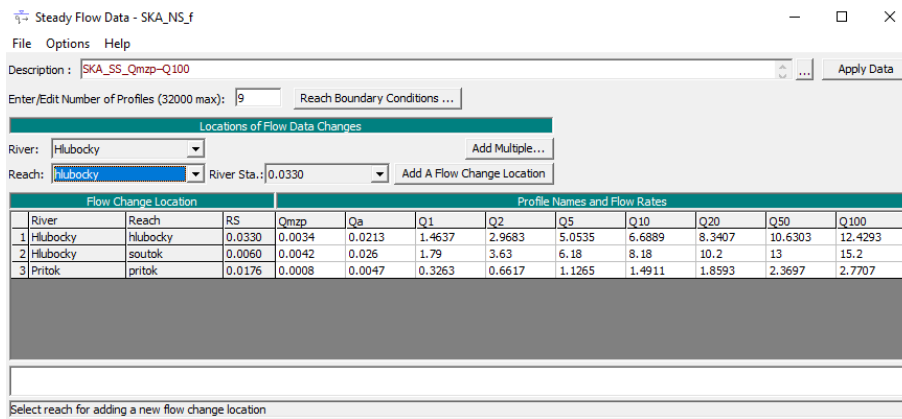


Obr. 90 Zahuštění interpolovanými PF

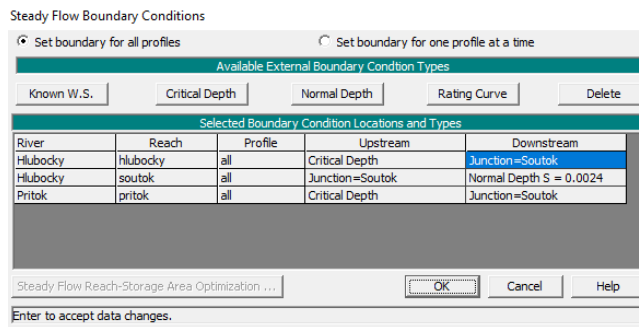
### *Data ustáleného proudění (Steady Flow Data)*

Data ustáleného proudění jsou obdobná pro navrhovaný i stávající stav a byla vytvořena pro 9 průtoků v rozmezí  $Q_{MZP}$ – $Q_{100}$ , a to konkrétně pro všechny 3 úseky v rámci hydrotechnických výpočtů (viz kap. 5.2.1). Dále byly zvoleny horní a dolní okrajové podmínky (OP), a to následovně:

- **pro úsek hlubocky:**
  - horní OP: *kritická hloubka;*
  - dolní OP: *soutok;*
- **pro úsek prtok:**
  - horní OP: *kritická hloubka;*
  - dolní OP: *soutok;*
- **pro úsek soutok:**
  - horní OP: *soutok;*
  - dolní OP: *známý sklon  $i = 0,0024$  [-].*

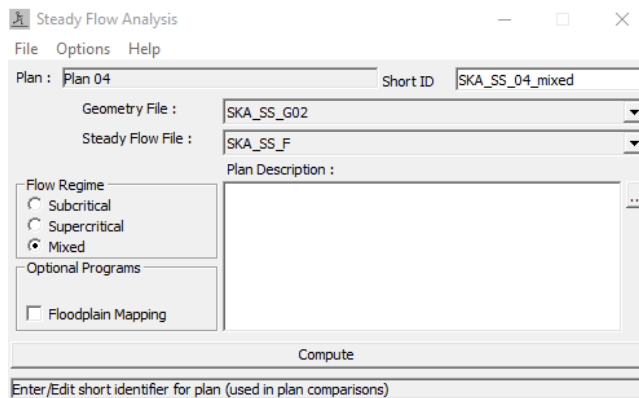


**Obr. 91** Zadávané průtoky pro jednotlivé úseky



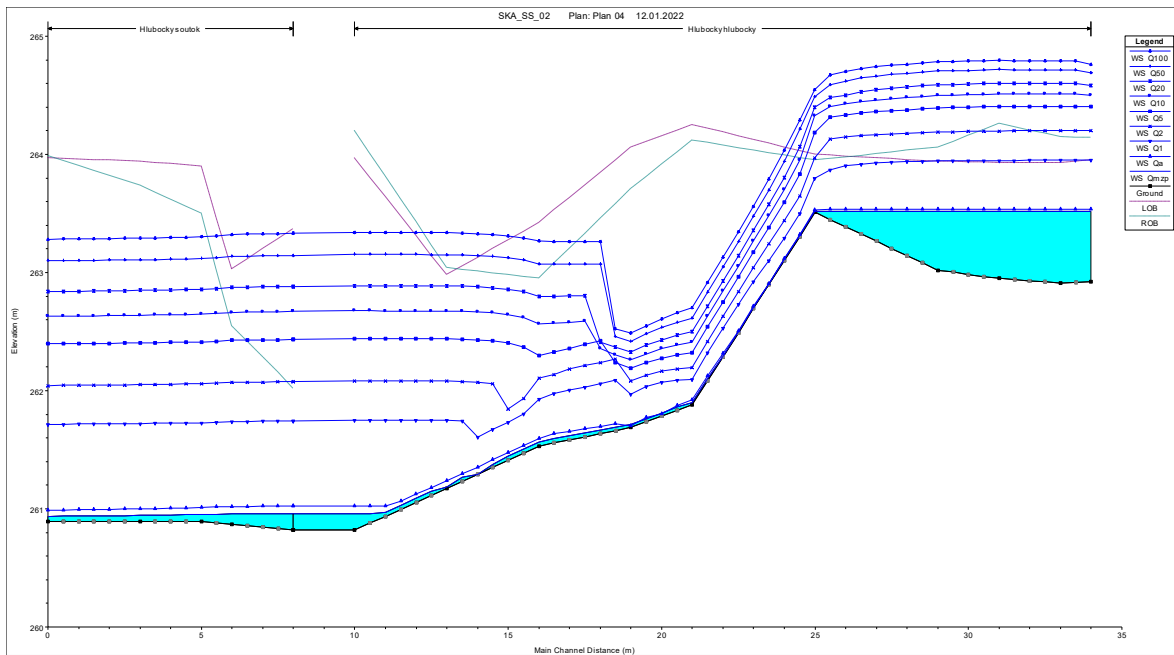
**Obr. 92** Okrajové podmínky pro jednotlivé úseky

Po definování vstupních dat proběhly samotné simulace 1D ustáleného proudění. Pro účely výpočtu byl zadán režim kombinovaný, tj. bystrinné i říční proudění.

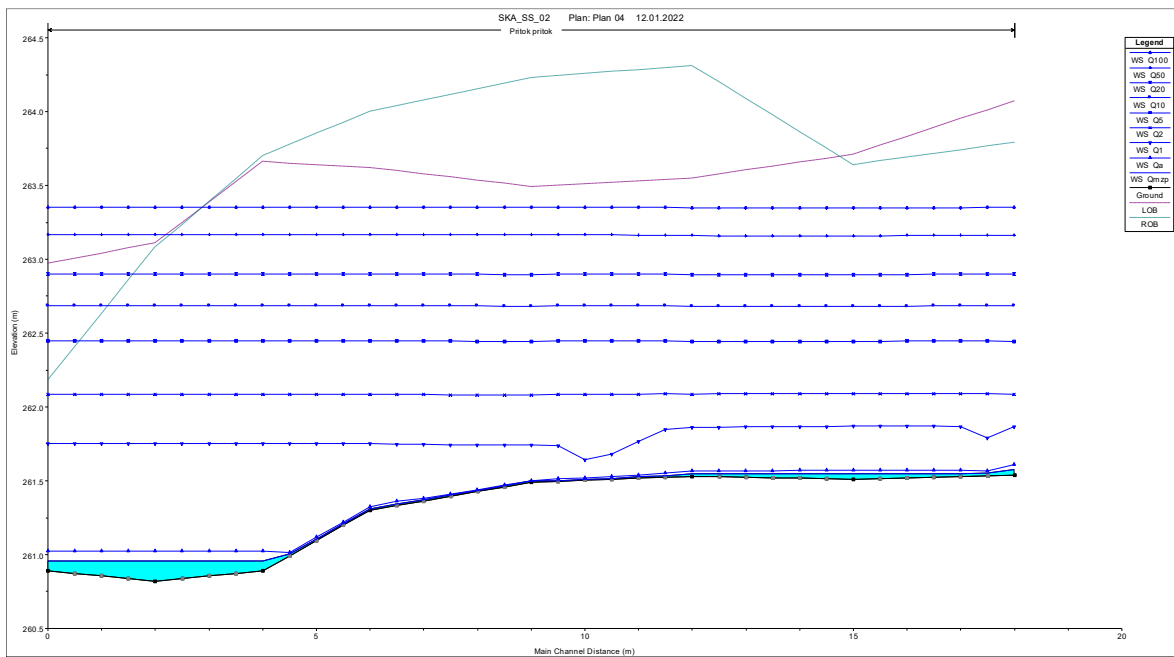


**Obr. 93** Nastavení simulace

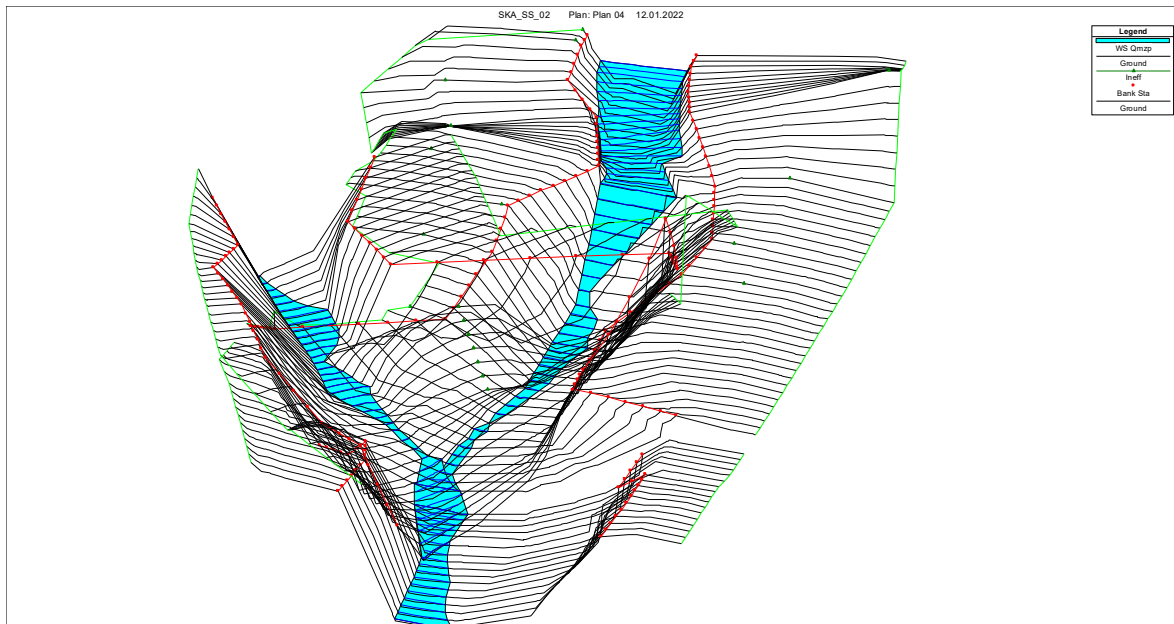
### 5.3.2 Simulace proudění ve stávajícím korytě



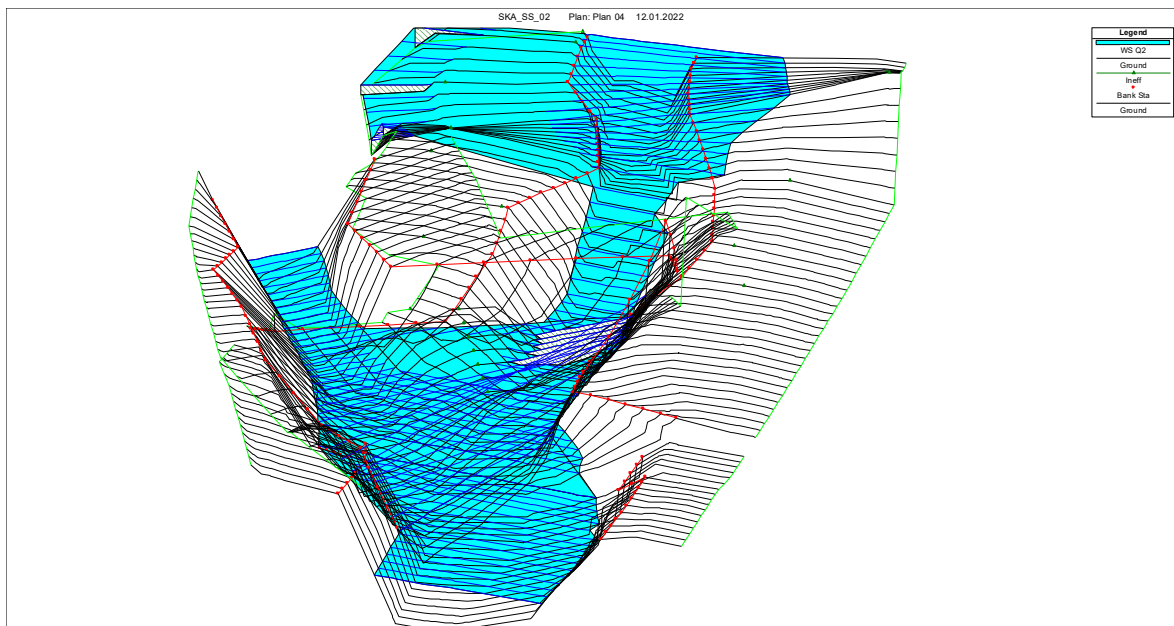
Obr. 94 PO Hlubocký potok, stávající stav



Obr. 95 PO pravého přítoku, stávající stav

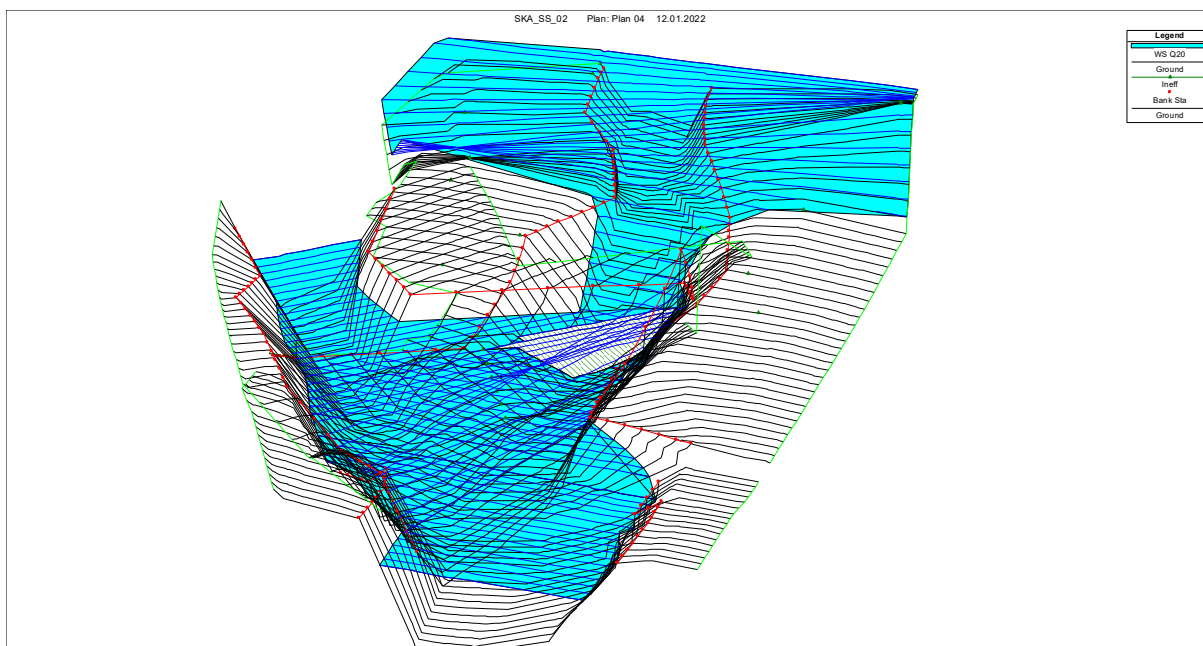


**Obr. 96  $Q_{MZP}$ , stávající stav**

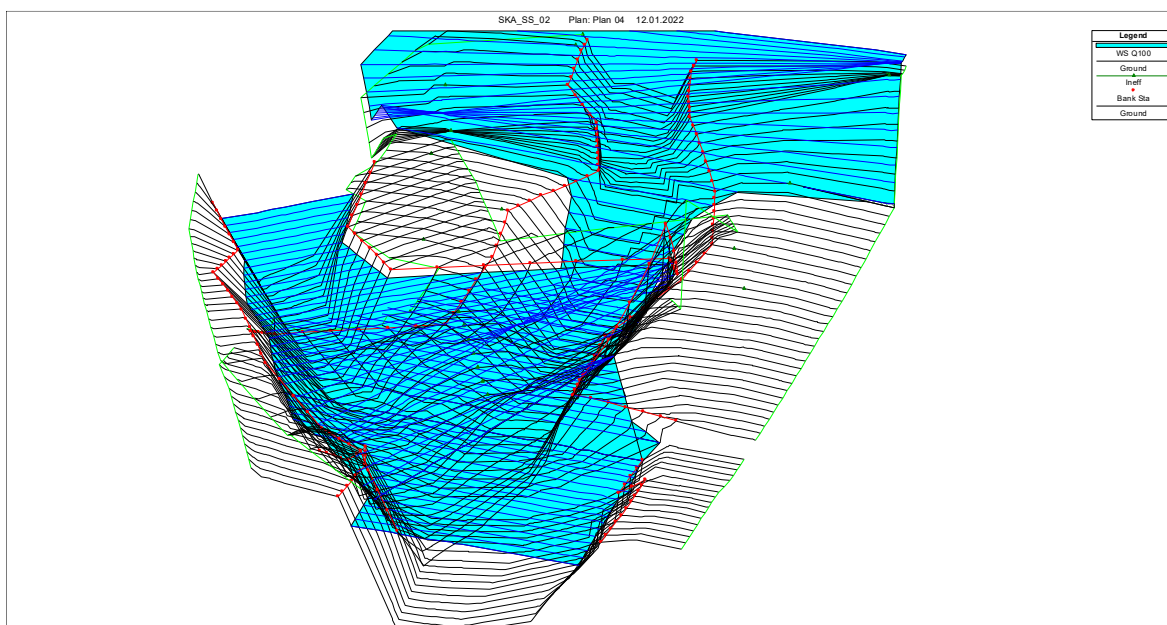


**Obr. 97  $Q_2$ , stávající stav**



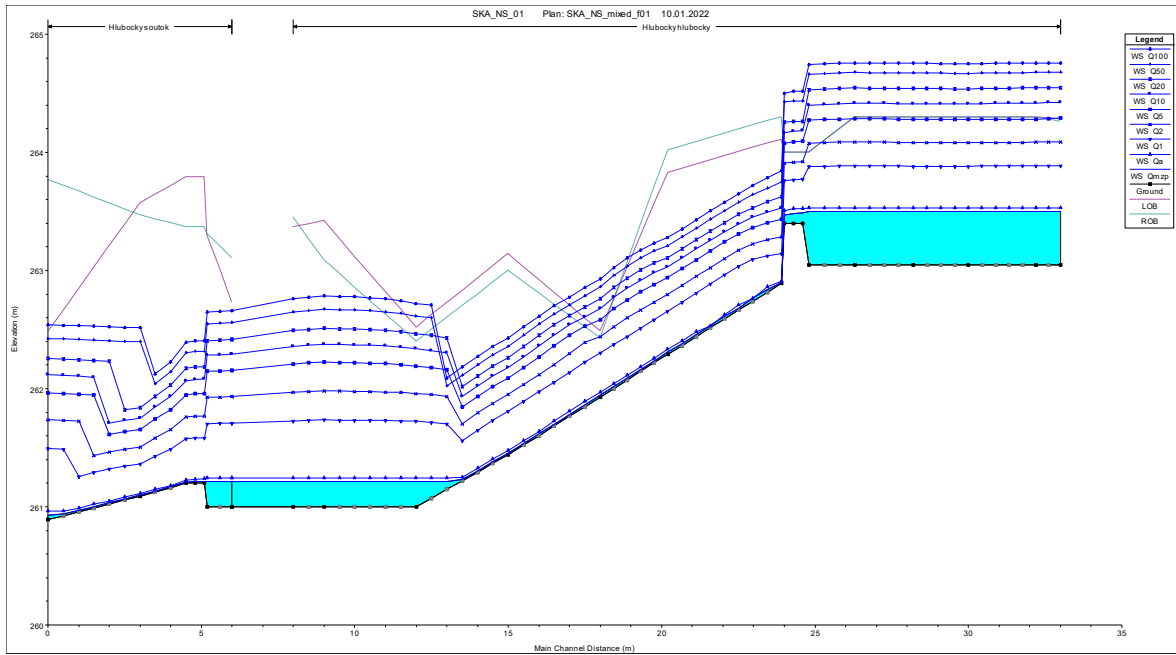


**Obr. 98  $Q_{20}$ , stávající stav**

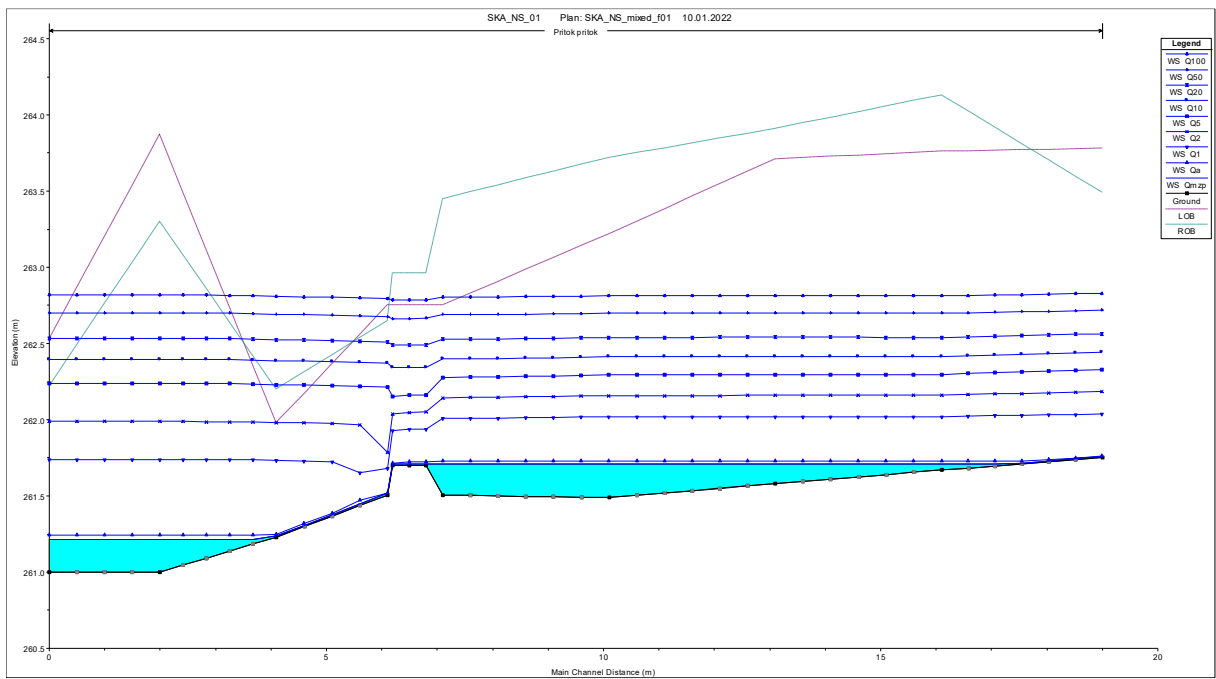


**Obr. 99  $Q_{100}$ , stávající stav**

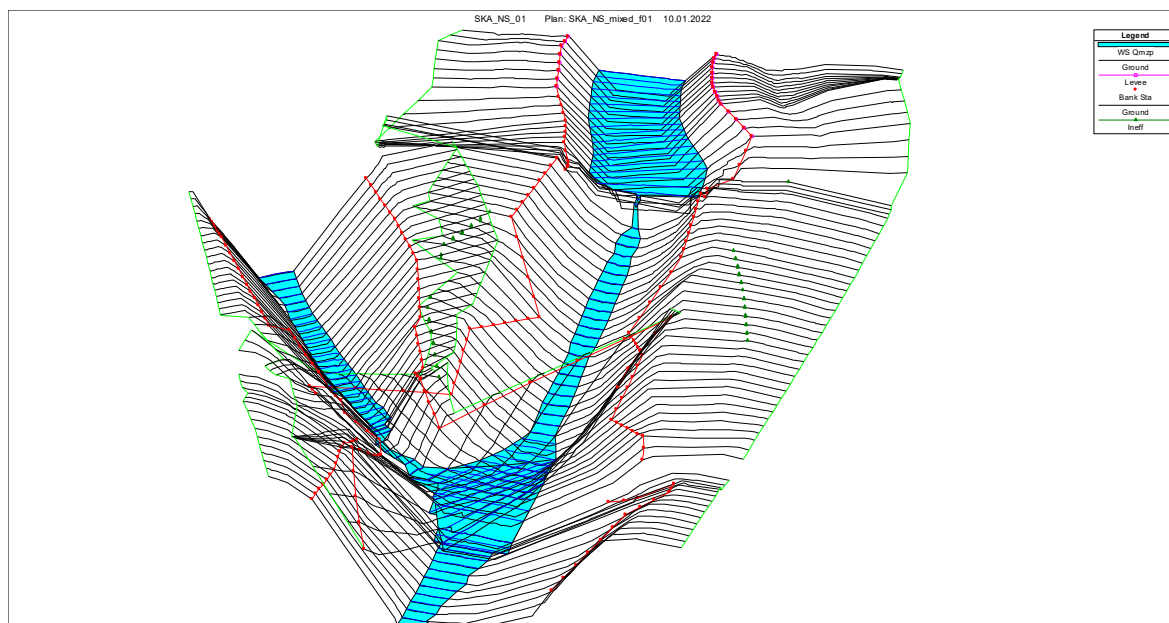
### 5.3.3 Simulace proudění v upraveném korytě



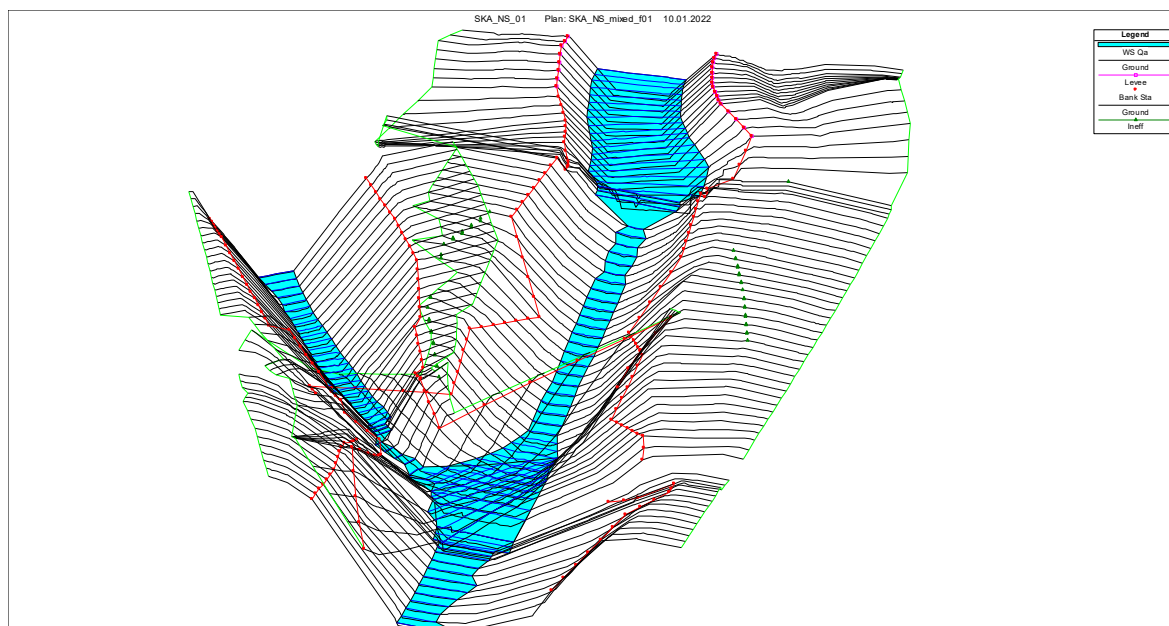
Obr. 100 PO Hlubockého potoka, navrhovaný stav



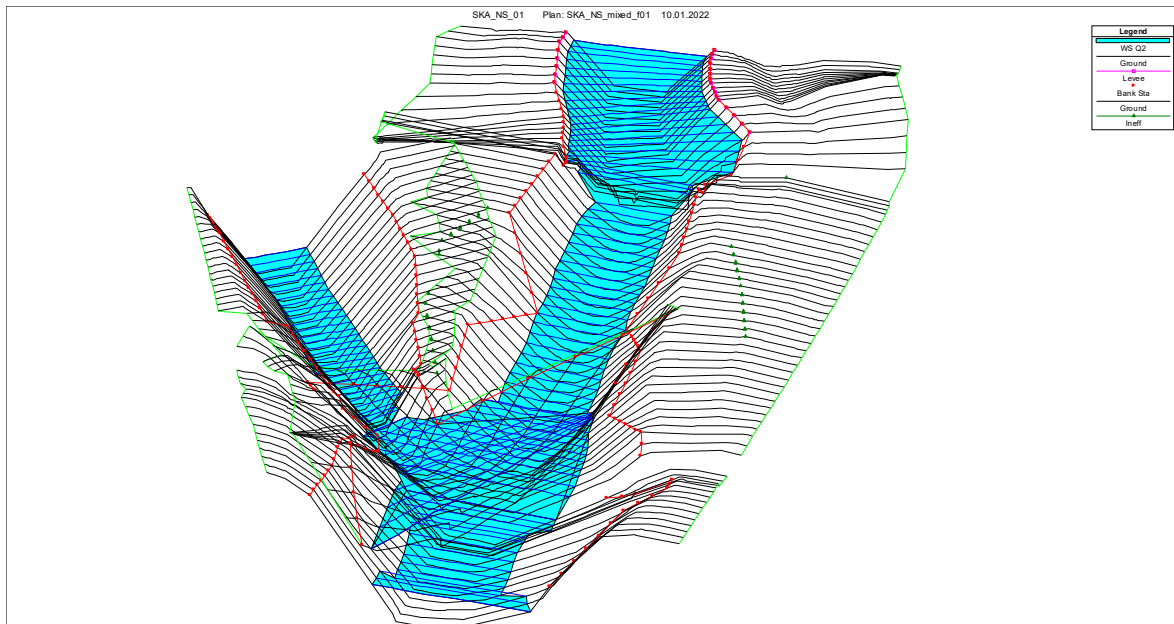
Obr. 101 PO pravého přítoku, navrhovaný stav



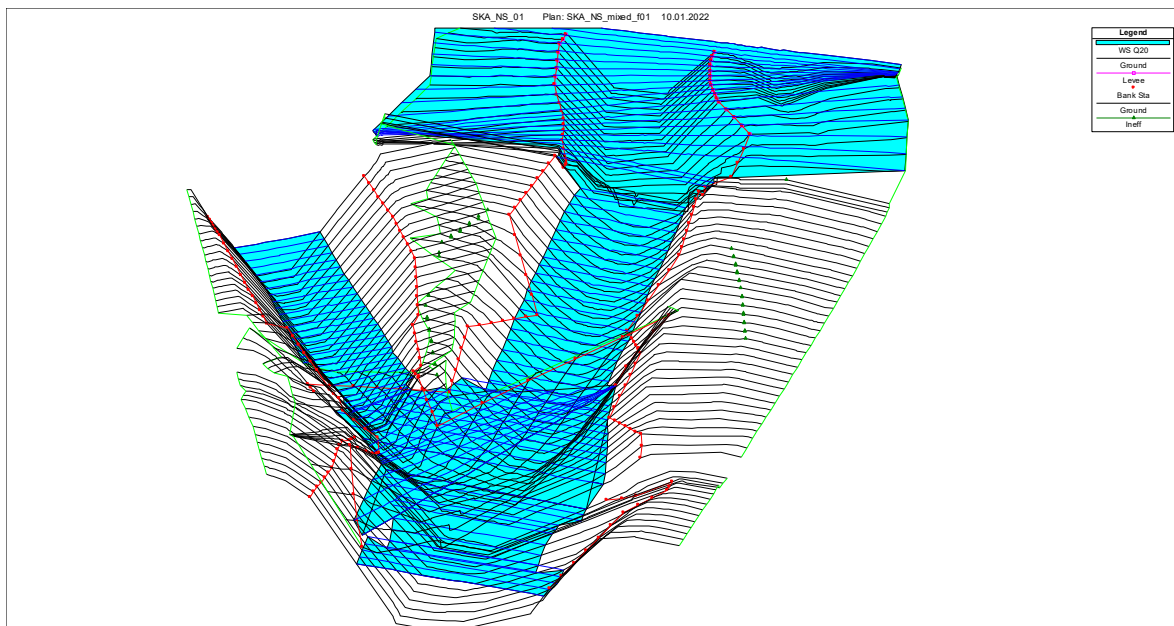
**Obr. 102  $Q_{MZP}$ , navrhovaný stav**



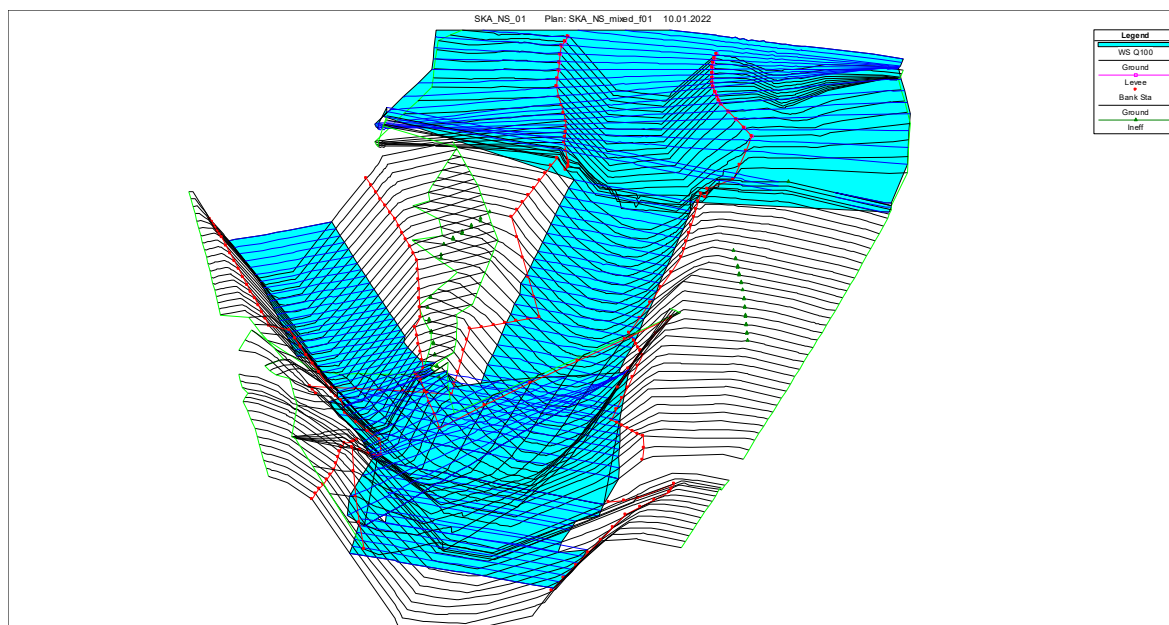
**Obr. 103  $Q_a$ , navrhovaný stav**



**Obr. 104  $Q_2$ , navrhovaný stav**



**Obr. 105  $Q_{20}$ , navrhovaný stav**



Obr. 106  $Q_{100}$ , navrhovaný stav



## 6 ZHODNOCENÍ NÁVRHU

Stávající stav koryta Hlubockého potoka a pravého přítoku je značně neuspokojivý. K vybřežení toku dochází nad stávajícím spádovým stupněm prakticky při průtoku  $Q_2$ , kdy voda z Hlubockého potoka přetéká přes pravý břeh do koryta pravého přítoku a v místě soutoku působí zpětnou erozi obou koryt (pro porovnání viz fotodokumentaci v kap. 3.2.1 a 3.2.2). Navrhovaným řešením stabilizace je částečné zkapacitnění koryta nad spádovým stupněm a nahrazení stupně konstrukcí novou, na kterou bude navazovat balvanitý skluz. V návaznosti na provedenou simulaci proudění v HEC-RAS lze návrh doplnit o další úpravu přelivné hrany v koruně balvanitého skluzu. Navrhovaná varianta je kapacitnější než stav původní, avšak průtokové stavy na úrovni  $Q_5$  a vyšší mohou způsobit poškození erozí v okolí přelivné hrany. Zabránit těmto poškozením může dostatečné opevnění kamennou konstrukcí (LK min. 80 kg, případně dlažba), nebo celkové zkapacitnění přelivu.

V rámci SO 01 jsou dále velmi podstatné úpravy níže v korytě – opevnění svahů koryt Hlubockého potoka a pravostranného přítoku, zbudování vývaru v místě soutoku a 2 stabilizační ŽB prahy (viz příloha A.2).

Voda bude z „nadjezí“ odebírána pevným odběrným objektem (SO 02, viz příloha A.3) za účelem napájení rybníka. Hladina průměrného dlouhodobého průtoku v Hlubockém potoce bude dle simulace v HEC-RAS na úrovni 263,525 m n.m., tj. 2,5 cm nad přelivnými hranami. Dle ručního výpočtu vyšla tato přepadová výška o 0,5 cm nižší. MZP bude převáděn žlábkem v přelivné hraně dále na balvanitý skluz. Odběrný objekt bude opatřen česlemi a sedimentačním prostorem. V krátkém úseku bude voda vedena potrubím, dále v otevřeném korytě se sedimentačními mokřady (SO 03). K napájení rybníka bude nově využito také gravitačního přívodu vody ze zámecké studny (SO 04).

Jedním ze základních opatření revitalizace bude kompletní odbahnění zátopy MVN (SO 05). Nové dno bude upraveno do požadovaných podélných a příčných sklonů s odtokem do nejnižšího místa zátopy. Dalším opatřením bude opevnění břehů nádrže (SO 06), kterým dojde k břehové stabilizaci a celkovému zlepšení kvality vody. Odtok z rybníka obstará nové výpustné zařízení (SO 07). Požerák otevřeného typu bude zajišťovat vypouštění nádrže a manipulaci s hladinou. Před požerákem bude zpevněno nejhlubší místo nádrže – loviště, které bude přístupné po kamenných schodech na břehu vedle požeráku. Odpadní potrubí povede přepadající vodu z rybníka zpět do Hlubockého potoka. V místě vyústění potrubí bude koryto opevněno. Otázkou diskuze je opatření výpusti uzávěrem, který by zabránil zatopení odpadního potrubí při povodňových průtocích v korytě Hlubockého potoka.

Další navrhovaná opatření (SO 08 mobiliář a SO 09 vegetační úpravy) přispějí v zájmové lokalitě hlavně po stránce estetické.

## 7 ZÁVĚR

Návrhem a následnou realizací revitalizačních opatření dojde v řešeném území k znovuoživení („znovuoživení“) základních ekologických funkcí MVN v zámeckém parku ve Skaličce. Viditelným přínosem záměru bude celkově lepší vzhled lokality, estetické zapojení do prostředí parku, zlepšení poměrů v korytě Hlubockého potoka a pravostranného přítoku, kvalitnější voda v MVN, účelné využití přítoku ze studny, lokální zvýšení retenční zásoby parku a další.

Komplexní návrh revitalizace rybníka byl vypracován v rámci projekční činnosti na úrovni DSŘ. Investorem záměru je Olomoucký kraj – majitel areálu bývalého zámku ve Skaličce (dnes Domov Větrný mlýn). Projekt bude dále dopracován na úrovni dokumentace pro provádění stavby.

Značným přínosem této diplomové práce pro budoucí podobu realizační dokumentace je vytvoření DMT s navrhovanými úpravami v korytě Hlubockého potoka. Vizualizace tohoto 3D návrhu, následné přenesení geometrie do HEC-RAS a vlastní výpočet simulací průtokových stavů ( $Q_{MZP}-Q_{100}$ ) zajistily ověření 2D návrhů a tabulkových výpočtů.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 28. 6. 2001.
- [3] Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážě, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 10. 2. 2004.
- [4] POKORNÝ, D., PEŠEK, V., MEDUNOVÁ, A. *Voda v ČR do kapsy*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2006. ISBN 80-708-4498-1.
- [5] Rybníkářství – historie, In: *Rybářství Třeboň Hld. a.s. – správa, pronájem majetku na Třeboňsku* [online]. [cit. 2021-12-06]. Dostupné z: <https://www.rybarstvi.cz/rybnikarstvi/>.
- [6] Zákon č. 114/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 19. 2. 1992.
- [7] Odbahnění rybníků, Dotační programy podporující péči o přírodu a krajinu, In: *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/odbahnovani-rybniku.html/>.
- [8] JURAČKA, David. *Vyhodnocení rekonstrukce a údržby nádrží v zemědělské krajině jako součást projektu komplexní pozemkové úpravy*. České Budějovice, 2012. 59 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra krajinného managementu. Vedoucí práce Ing. Pavel Ondr, CSc.
- [9] ŠÁLEK, J., MIKA, Z., TRESOVÁ, A. *Rybníky a účelové nádrže*, 2. přepracované vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1983.
- [10] VRÁNA, K., BERAN, J. *Rybníky a účelové nádrže*. Vydání 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 8001025705.
- [11] Prairie Resources Service. *Small Dam Design and Construction Manual*, Canada, 1992
- [12] MAJKUS, Martin. *Ochrana zastavěného území obce návrhem vodohospodářských opatření v povodí*. Brno, 2020. 77 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
- [13] JŮVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK, V. *Malé vodní toky*. Praha: SZN, 1984. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.
- [14] JUST, T., MATOUŠEK, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi* [online]. Praha: AOPK a MŽP ČR, 2005. [cit. 2021-12-30]. ISBN 80-239-635-1. Dostupné z: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/akce-publikace/publikace-ke-stazeni-vodohospodarske-revitalizace/>
- [15] PATOČKA, C., MACURA, L. *Úpravy toků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. Technický průvodce (SNTL). ISBN 8003002036.

- [16] Mapa vodního hospodářství a ochrana vod, In: *Hydroekologický informační systém (HEIS)* [online]. Praha, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV TGM), 2002–2021. [cit. 2021-12-08]. Dostupné z: [https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp\\_heis\\_voda&TMPL=HVMAP\\_MAIN&IFRAME=0&lon=17.7970348&lat=49.5187729&scale=15120/](https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=17.7970348&lat=49.5187729&scale=15120/).
- [17] Základní mapa, In: *Mapy.cz* [online]. Praha, Seznam, 1996–2021. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni/>.
- [18] Počet obyvatel v obcích – k 1. 1. 2021: Tabulková část, In: Český statistický úřad (ČSÚ) [online]. Praha, 2021. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-1-1-2021/>.
- [19] Historie, In: *Skalička: oficiální stránky obce* [online]. Chomutov, Galileo Corporation, 2021. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <https://www.obceskalicka.cz/obec/historie/>.
- [20] KONVIČKA, O., EZER, E., TRÁVNÍČEK, D., RESL, K., TRNKA, F., KAŠÁK, J., KOHOUT, V., ZEHLÍK, P., BOBOT, L., LINHART, M., VESELÝ, M. Brouci (Coleoptera) řeky Bečvy a jejího okolí v místě plánované výstavby vodního díla Skalička, I. část. *Acta Carpathica Occidentalis*. Vsetín: Muzeum regionu Valašsko. 2018, č. 9, s. 63–111. ISSN 1804-2732. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/333044964\\_Brouci\\_Coleoptera\\_reky\\_Becvy\\_a\\_jejeho\\_okoli\\_v\\_miste\\_planovane\\_vystavby\\_vodniho\\_dila\\_Skalička\\_I\\_část\\_Beetles\\_Coleoptera\\_of\\_the\\_Becva\\_river\\_and\\_its\\_surroundings\\_at\\_the\\_site\\_of\\_the\\_planned\\_construction\\_o/](https://www.researchgate.net/publication/333044964_Brouci_Coleoptera_reky_Becvy_a_jejeho_okoli_v_miste_planovane_vystavby_vodniho_dila_Skalička_I_část_Beetles_Coleoptera_of_the_Becva_river_and_its_surroundings_at_the_site_of_the_planned_construction_o/).
- [21] Aktuálně (15. 10. 2021), In: Vodní dílo Skalička [online]. Brno, Povodí Moravy, s.p. 2016–2021. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <http://skalicka.pmo.cz/>.
- [22] TRTÍLKOVÁ, H., MAJKUS, M. Koncept projektové dokumentace na úrovni DSŘ. *Domov Větrný mlýn Skalička – Revitalizace Rybníka*. ATELIER FONTES, s.r.o., 2021.
- [23] Geovědní mapy: M1:50 000, In: Česká geologická služba (ČGS) [online]. Praha [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>.
- [24] NĚMEČEK, J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M. *Pedologie a paleopedologie*. Praha: Academia, 1990. ISBN 80-200-0153-0.
- [25] ŠTRONER, M. *Globální navigační satelitní systémy (GNSS)* [online]. Praha: ČVUT, Fakulta stavební [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie\\_geoinformatika/vy1/OBS/GNSS\\_obs.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/vy1/OBS/GNSS_obs.pdf)
- [26] ČADA, V. *Přednáškové texty z geodézie* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20160929220912/http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>
- [27] LAMBOJ, L., ŠTĚPÁNEK, Z. *Mechanika zemin a zakládání staveb*. 2005. Vydání 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 8001030946.
- [28] *ČSN ISO 14688-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

- [29] Laser Particle Sizer ANALYSETTE 22, In: *FRITSCH Sample Preparation and Particle Sizing* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.fritsch-international.com/particle-sizing/static-light-scattering/details/product/laser-particle-sizer-analysette-22-next-nano/>
- [30] SOBOTKOVÁ, V., PLEVKOVÁ, M. *Výukový materiál předmětu NSA014 GIS – Atlas DMT*. Brno: Fakulta stavební, VUT, 2021.
- [31] HEC-RAS. *Hydrologic Engineering Center* [online]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- [32] AutoCAD Software. *Autodesk – 3D Design, Engineering and Construction Software* [online]. Dostupné z: <https://www.autodesk.eu/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [33] Discover QGIS. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>
- [34] JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 9788002047390
- [35] ZÁSTĚRA, Z. *Balvanité skluzy*. Brno: Hydroprojekt Brno, 1984.



## 9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Klasifikace malých toků podle povodí [13] .....	8
Tab. 2 Hydrologické údaje ČHMÚ [22] .....	21
Tab. 3 Rozdělení zemin podle příslušných frakcí dle ČSN EN ISO 14688 [28] .....	39
Tab. 4 Stanovené $N$ -leté průtoky .....	64
Tab. 5 Stanovené $m$ -denní průtoky .....	65
Tab. 6 Kapacita stávajícího koryta nad stupněm .....	66
Tab. 7 Výpočet kapacity stávajícího přelivu .....	66
Tab. 8 Parametry navrhovaného přelivného stupně .....	67
Tab. 9 Var. A .....	67
Tab. 10 Var. B .....	67
Tab. 11 Parametry navrhovaného skluzu .....	68
Tab. 12 Proudění na balvanitém skluzu .....	68
Tab. 13 Parametry odběru .....	69
Tab. 14 Parametry přívodního potrubí .....	70
Tab. 15 Proudění o volné hladině (zdroj: vlastní) .....	70
Tab. 16 Výpočet ztráty třením .....	71
Tab. 17 Parametry rybníka pro stanovení výparu (zdroj: vlastní) .....	71
Tab. 18 Zásobní objem nádrže (zdroj: vlastní) .....	72
Tab. 19 Stanovení objemu bahna (zdroj: vlastní) .....	72
Tab. 20 Výpočet doby plnění nádrže (zdroj: vlastní) .....	73
Tab. 21 Přepad přes dlužovou stěnu (zdroj: vlastní) .....	73
Tab. 22 Proudění v odpadním potrubí (zdroj: vlastní) .....	74

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Spodní výpust s otevřeným požerákem (zdroj: vlastní).....	6
Obr. 2 Závislost splaveninového režimu na podélném profilu toku [13] .....	9
Obr. 3 Typy údolí [14] .....	10
Obr. 4 Geomorfologické typy toků [14] .....	10
Obr. 5 Profil VT s opevněním vrbovou krytinou (vpravo) a kamennou rovnaninou (vlevo) [15].....	14
Obr. 6 Dřevěný práh s kamennou rovnaninou v dopadišti [15] .....	14
Obr. 7 Stupeň s kamennou rovnaninou v dopadišti [15].....	15
Obr. 8 Přehrážka na bystrině [15].....	15
Obr. 9 Schéma balvanitého skluzu [15].....	15
Obr. 10 Balvanitý skluz na řece Bečvě (Majkus, IV/2020) .....	16
Obr. 11 Vyznačení lokality v přehledné mapě [17].....	18
Obr. 12 Zájmová lokalita v přehledné situaci (zdroj: ČÚZK, QGIS).....	18
Obr. 13 Výřez z hlavního výkresu ÚP [22].....	20
Obr. 14 Povodí Hlubockého potoka (zdroj: ČÚZK, QGIS).....	21
Obr. 15 Hlubocký potok nad spádovým stupněm (Majkus, IX/2021).....	22
Obr. 16 Pravostranný přítok cca 30 m nad soutokem (Majkus, VI/2021) .....	22
Obr. 17 Geologická mapa zájmové lokality [23].....	23
Obr. 18 Pedologická mapa zájmové lokality (zdroj: vlastní).....	24
Obr. 19 Schéma bočního rybníka (zdroj: vlastní).....	25
Obr. 20 Stávající spádový stupeň (Majkus, IX/2021).....	26
Obr. 21 Přelivná hrana z levého břehu (Majkus, IX/2021) .....	26
Obr. 22 Poškozené kamenné opevnění (Majkus, VI/2021) .....	26
Obr. 23 Poškozený beton stupně (Trtílková, IV/2020) [22].....	27
Obr. 24 Stávající odběr (Majkus, III/2021).....	27
Obr. 25 Koryto Hlubockého potoka pod spádovým stupněm (Majkus, III/2021) .....	28
Obr. 26 Soutok zachycený z koryta Hlubockého potoka (Majkus, III/2021) .....	28
Obr. 27 Soutok zachycený z pravého břehu (Majkus, III/2021) .....	29
Obr. 28 Pravostranný přítok v místě soutoku (Majkus, III/2021) .....	29
Obr. 29 Ukázka zařezání koryta pravého přítoku (Majkus, Paseka, VI/2021) .....	30
Obr. 30 Obnažený kořenový systém na levém břehu přítoku (Majkus, VI/2021) .....	30
Obr. 31 Koryto Hlubockého potoka v úrovni MVN (Majkus, III/2021) .....	31
Obr. 32 Betonové šachty stávajícího trubního přivaděče (Trtílková, IV/2020) [22].....	31

Obr. 33 Odkrytá kontrolní šachta (Majkus, VII/2020) .....	32
Obr. 34 Stávající betonový vtokový objekt (Majkus, IX/2021) .....	32
Obr. 35 Zámecká studna (Majkus, VII/2020) .....	33
Obr. 36 Výpust přítoku ze studny (Trtílková, IV/2020) [22] .....	33
Obr. 37 Nádrž ze západního břehu (Majkus, VII/2020) .....	34
Obr. 38 Ostrůvek přístupný po ocelové lávce (Majkus, VII/2020) .....	34
Obr. 39 Nádrž z jižního břehu (Majkus, VII/2020) .....	34
Obr. 40 Pohled do rybníka z východního břehu (Majkus, VII/2021) .....	35
Obr. 41 Narušené břehy (Trtílková, IV/2020) [22] .....	35
Obr. 42 Betonový otevřený požerák (Majkus, VII/2020) .....	36
Obr. 43 Čelo výusti odpadu (Majkus, III/2021) .....	36
Obr. 44 GNSS rover typu Trimble R12 (Majkus, VIII/2021) .....	38
Obr. 45 Zatřízení dle akreditované laboratoře [22] .....	40
Obr. 46 Vrt V1 s výkopkem (Majkus, VI/2021) .....	41
Obr. 47 Výkopkem vrtu V3 (Majkus, VI/2021) .....	41
Obr. 48 Zrekonstruovaná pedologická laboratoř na FAST, VUT (Majkus, IX/2021) .....	42
Obr. 49 Vzorek na sítu (2 mm) na vibračním přístroji (Majkus, IX/2021) .....	42
Obr. 50 Přeseté vzorky zeminy (Majkus, IX/2021) .....	43
Obr. 51 Suspenze vzorku s KOH (Majkus, IX/2021) .....	43
Obr. 52 Vaření vzorků (Majkus, IX/2021) .....	44
Obr. 53 Vzorky umístěné ve třepačce (Majkus, IX/2021) .....	44
Obr. 54 Laserový granulometr (Majkus, IX/2021) .....	45
Obr. 55 Souhrnná tabulka zatřízení zemin (zdroj: vlastní) .....	45
Obr. 56 Hrany používané v Atlas DMT [30] .....	46
Obr. 57 Celkový 3D pohled na DMT stávajícího stavu (zdroj: vlastní) .....	46
Obr. 58 3D pohled na DMT stávajícího koryta (zdroj: vlastní) .....	47
Obr. 59 Půdorys DMT stávajícího stavu (zdroj: vlastní) .....	47
Obr. 60 PF koryta Hlubockého potoka (zdroj: vlastní) .....	48
Obr. 61 Horní 3D pohled na DMT navrhovaného stavu (zdroj: vlastní) .....	48
Obr. 62 Spodní 3D pohled na DMT navrhovaného stavu (zdroj: vlastní) .....	49
Obr. 63 Dialogové okno programu HEC-RAS (zdroj: vlastní) .....	49
Obr. 64 Editace vybraného PF (zdroj: vlastní) .....	50
Obr. 65 Data ustáleného proudění pro jednotlivé úseky (zdroj: vlastní) .....	50
Obr. 66 Půdorys geometrie navrhovaného stavu (zdroj: vlastní) .....	51
Obr. 67 Perspektivní pohled na simulaci MZP v navrhovaném korytě (zdroj: vlastní) .....	51

Obr. 68 Schéma rozmístění SO (Trtílková, Majkus) [22].....	53
Obr. 69 Podélný řez skluzem (Majkus) [22] .....	54
Obr. 70 Příčný řez přelivným prahem (Majkus) [22] .....	54
Obr. 71 Příčný řez skluzem (Majkus) [22].....	55
Obr. 72 Příčný řez středním prahem (Majkus) [22].....	55
Obr. 73 Příčný řez závěrným prahem (Majkus) [22].....	56
Obr. 74 Podélný řez odběrným objektem (Majkus) [22] .....	57
Obr. 75 Vzorový příčný řez otevřeným korytem (Trtílková) [22] .....	58
Obr. 76 Vzorový příčný řez mokřadem (Trtílková) [22] .....	58
Obr. 77 Odebraný vzorek rybničního sedimentu (Majkus, VII/2021).....	59
Obr. 78 Vzorový řez navrhovaným opevněním (Trtílková) [22] .....	59
Obr. 79 Půdorys loviště a požeráku (Majkus) [22].....	60
Obr. 80 Podélný řez požerákem (Majkus) [22] .....	61
Obr. 81 Půdorys požeráku (Majkus) [22].....	61
Obr. 82 Vyústění odpadu do Hlubockého potoka (Majkus) [22] .....	62
Obr. 83 Budoucí trasa otevřeného koryta (Majkus, VIII/2020) .....	63
Obr. 84 Vegetace na březích a ostrůvku (Trtílková, VIII/2020) [22].....	63
Obr. 85 Budoucí příjezd ke korytu (Majkus, VIII/2020) .....	64
Obr. 86 Vztahy pro proudění o volné hladině v kruhovém potrubí [34] .....	70
Obr. 87 Graf pro stanovení ztráty výparem [1] .....	72
Obr. 88 Geometrická data v půdorysu .....	74
Obr. 89 Stávající stav, PF č. 15 v ř.km 0,0330 na úseku <i>hlubocky</i> .....	75
Obr. 90 Zahuštění interpolovanými PF .....	76
Obr. 91 Zadávané průtoky pro jednotlivé úseky .....	77
Obr. 92 Okrajové podmínky pro jednotlivé úseky .....	77
Obr. 93 Nastavení simulace.....	77
Obr. 94 PO Hlubocký potok, stávající stav .....	78
Obr. 95 PO pravého přítoku, stávající stav .....	78
Obr. 96 $Q_{MZP}$ , stávající stav.....	79
Obr. 97 $Q_2$ , stávající stav.....	79
Obr. 98 $Q_{20}$ , stávající stav .....	80
Obr. 99 $Q_{100}$ , stávající stav .....	80
Obr. 100 PO Hlubockého potoka, navrhovaný stav .....	81
Obr. 101 PO pravého přítoku, navrhovaný stav .....	81
Obr. 102 $Q_{MZP}$ , navrhovaný stav.....	82

Obr. 103 $Q_a$ , navrhovaný stav .....	82
Obr. 104 $Q_2$ , navrhovaný stav .....	83
Obr. 105 $Q_{20}$ , navrhovaný stav .....	83
Obr. 106 $Q_{100}$ , navrhovaný stav .....	84



## 11 SEZNAM SYMBOLŮ, ZKRATEK A ROVNIC

Zde jsou uvedeny používané symboly, zkratky a rovnice.

### 11.1 SYMBOLY

$Q_m$	$m$ -denní průtok, tj. průměrný průtok který je dosažen nebo překročen po dobu $m$ dní v roce (např. $Q_{364d}$ , $Q_{355d}$ a $Q_{330d}$ ) [l/s], [m <sup>3</sup> /s]
$Q_N$	$N$ -letý průtok, tj. průtok s průměrnou délkou opakování $N$ let (např. $Q_{100}$ , $Q_{50}$ , $Q_{20}$ atd.) [m <sup>3</sup> /s]
$v_v$	navymílací, resp. vymílací rychlost [m/s]
$\tau_v$	kritické tečné (tangenciální) napětí [Pa]
$d_e$	efektivní zrno [mm], [m]
$d$	velikost (průměr) obecně [mm], [m]
$Q_a$	dlouhodobý průměrný roční průtok [l/s], [m <sup>3</sup> /s]
$DN$	jmenovitý průměr potrubí (např. DN 150, DN 300, atd.) [mm]
$Q$	průtok obecně [l/s], [m <sup>3</sup> /s]
$\sigma_{x,y}$	směrodatná souřadnicová odchylka [m]
$Q_{MZP}$	průtok minimální zůstatkový (MZP) [l/s], [m <sup>3</sup> /s]
$i$	sklon [-], [‰], [%]
$SN$	kruhová tuhost potrubí (např. SN 4, SN 8) [-]
$h$	přepadová výška (příp. výška/hloubka obecně) [m], [cm]
$Q_{kap}$ , $Q_k$	kapacitní průtok, tj. maximální průtok, který nevybřeží [m <sup>3</sup> /s]
$A$ , $S$	průtočná plocha (příp. plocha obecně) [m <sup>2</sup> ]
$O$	omočený obvod (příp. obvod obecně) [m]
$R$	hydraulický poloměr [m]
$n$	Manningův součinitel drsnosti [-]
$C$	Chézyho rychlostní součinitel [m <sup>0,5</sup> /s]
$v$	rychlost proudění (střední průřezová rychlost) [m/s]
$m$ , $M$	přepadový součinitel [-]
$m$	sklon svahu [-]
$b$ , $B$	šířka [m]
$t$	tloušťka [m]
$g$	gravitační zrychlení [m/s <sup>2</sup> ], (konstantní, $g = 9,81$ m/s <sup>2</sup> )
$\sigma$	součinitel zatopení [-]
$K$	součinitel bočního zúžení [-]
$v_0$	počáteční rychlost proudění [m/s]

$l, L$	délka [m]
$P$	výška (převýšení) skluzu [m]
$D$	největší předpokládaný rozměr (balvanu) [m]
$r$	poloměr (průřezu) [m], [mm]
$\phi$	středový úhel [rad]
$\Delta h$	rozdíl výšek (hladin) [m]
$k$	koeficient drsnosti povrchu potrubí [-]
$h_t$	výška ztráty třením [m]
$V$	objem [m <sup>3</sup> ]
$St$	staničení [km], [m]
$t$	čas (doba) [s], [h], [d]
$s_l$	hloubka v nadjezí při přepadu přes ostrohranný přeliv [m]

## 11.2 ZKRATKY

MVN	malá vodní nádrž
VD	vodní dílo
VZ	vodní zákon
PEO	protierozní opatření
ÚSES	územní systém ekologické stability
MZe	Ministerstvo zemědělství (České republiky)
VT	vodní tok
MŽP	Ministerstvo životního prostředí (České republiky)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
MZP	minimální zůstatkový průtok
VH	vodohospodářské
LK	lomový kámen
ŽB	železový beton (železobeton)
ČR	Česká republika
ř.km	řiční kilometr (km)
k.ú.	katastrální území
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
ÚP	územní plán
ZV	veřejná zeleň (v rámci ÚP)
LC2	lokální biocentrum (v rámci ÚP)

ORP	obec s rozšířenou působností
STG	skupina typů geobiocénů
3B3	dubovobuková – středně bohatá – normální skupina STG ( <i>Querci-fageta-typica</i> )
m n.m.	metry (m) nad mořem
IDVT	identifikátor vodního toku
JZD	jednotné zemědělské družstvo
ČS	čerpací stanice
PD	projektová dokumentace
DSŘ	dokumentace ke společnému řízení
GNSS	globální družicový polohový systém ( <i>Global Navigation Satellite System</i> )
GPS	<i>Global Positioning System</i>
USA	Spojené státy americké ( <i>United States of America</i> )
S-JTSK	systém jednotné triangulační sítě katastrální
EPGS	<i>European Petroleum Survey Group</i>
ČSN	česká technická norma
TNV	odvětvová technická norma
ČSN EN	česká verze evropské normy
ČSN ISO	česká verze mezinárodní normy
H.P.V.	hladina podzemní vody
KOH	Hydroxid draselný
NRCS – USDA	<i>United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service</i>
DMT	digitální model terénu
3D	trojrozměrný ( <i>three dimensional</i> )
SW	software
PO	podélný řez (profil)
PF	příčný řez (profil)
TIN	trojúhelníková nepravidelná síť ( <i>triangulated irregular network</i> )
HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Center's River Analysis System</i>
SO	stavební objekt
1D	jednorozměrný ( <i>one-dimensional</i> )
2D	dvojrzměrný ( <i>two-dimensional</i> )
GIS	geografický informační systém

---

CAD	počítačem podporované navrhování/ kreslení ( <i>computer aided design/ drawing</i> )
C30/37	beton ( <i>concrete</i> ) s pevností 30/37 MPa (krychle/kvádr)
XC4	střídavě mokré a suché prostředí
XF3	vysoké nasycení vodou bez rozmrazovacích prostředků
C12/15	beton s pevností 12/15 Mpa
MC	cementová malta
PVC	polyvinylchlorid

### 11.3 ROVNICE

rov. 1 Přepad přes Thomsonův přeliv [34].....	65
rov. 2 Vztahy vstupující do výpočtu ustáleného proudění [34].....	66
rov. 3 Vztahy pro výpočet přepadu přes Ponceletův přeliv [34] .....	66
rov. 4 Přepadové množství přes korunu balvanitého skluzu [35].....	67
rov. 5 Vztahy pro výpočet ztráty třením po délce [22] .....	71

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

A.1 Schéma SO	M 1:1 000	A3
A.2 SO 01 Hlubocký potok – balvanitý skluz	M 1:100	A1
A.3 SO 02 Odběrný objekt	M 1:100	A2
A.4 SO 07 Výpustné zařízení	M 1:100	A2
A.5 Hlubocký potok – výpočty v HEC-RAS	M 1:100/25, 1:50	A1
A.6 3D model koryta Hlubockého potoka	–	A3