

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA v PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

Identifikace vhodných ekologických průtoků  
pro společenstvo makrozoobentosu  
Únětického potoka  
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Diplomant: Bc. Šárka Gábová

2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Šárka Gábová

Ochrana přírody

Název práce

Identifikace vhodných ekologických průtoků pro společenstvo makrozoobentosu Unětického potoka

Název anglicky

Identification of optimal ecological flow for macrozoobenthos the Unětický creek

---

### Cíle práce

Cílem práce je na základě terénního monitoringu a s využitím simulačního programu IFIM identifikovat vhodné ekologické průtoky pro společenstvo makrozoobentosu Unětického potoka.

### Metodika

Rešerše problematiky vhodných ekologických průtoků a vlivu urbanizace na hydrologické poměry ve vodním toku

Terénní monitoring

o hydrometrování

o odběr vzorků makrozoobentosu

Laboratorní zpracování

o identifikace makrozoobentosu

Využití IFIM pro identifikaci optimálních ekologických průtoků

**Doporučený rozsah práce**

70 stran

**Klíčová slova**

Vhodný ekologický průtok, urbanizace, vodní tok, městské odvodnění, makrozoobentos

---

**Doporučené zdroje informací**

- BOVEE K. D., LAMB C. J., BARTHOLOW M., STALNAKER C. B., TAYLOR J. AND HENRIKSEN J.(1998-0004). Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Technology, U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD
- Krejčí a kol. (2002): Odvodnění urbanizovaných území koncepční přístup, NOEL 2000, Brno.
- MATTAS, D. ET AL. (1998). Přirůstková metodologie proudění v toku (IFIM). Metodický návod; VÚV T.G.M. Praha
- MILHOUS, R. T., (1999). Nose velocities in physical habitat simulation IN Hydraulic Engineering for Sustainable Water Resources Management at the Turn of the Millenium. Proceedings of the XXVIII IAHR Congress, 22-27 August 1999: Graz, Austria, Technical University Graz, Institute for Hydraulics and Hydrology, p. 6.
- RITCHIE L., (2000). A Literature Review And Data Analysis Of Benthic Macroinvertebrate Habitat Suitability For The Goquiltam River, U.S. Department of Interior
- STALNAKER C. B., LAMB L., HENRIKSEN J., BOVEE K.D., BARTHOLOW M. 1995: The Instream Flow Incremental Methodology: A Primer for IFIM, Biological report 29.U.S. Department
- Walsh, CH., J. (2000). Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. Hydrobiologia, 431, 107-114.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2014

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 17. 11. 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Identifikace vhodných ekologických průtoků pro společenstvo makrozoobentosu Únětického potoka“ vypracovala samostatně a použila pramenů řádně citovaných a uvedených v příložené bibliografii.

V Praze dne 1.12.2015

.....

Bc. Šárka Gábová



foto č. 1: Poděkování

#### Poděkování:

Ráda bych poděkovala prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za odborné vedení a Ing. Janě Caletkové, Ph.D. za pomoc s aplikací softwaru Phabsim. Dále svému manželovi za asistenci při sběru dat a následném trpělivosti při vyhodnocování těchto dat po večerech a víkendech jako důsledek mého dálkového studia.

## Abstrakt, klíčová slova

Tato diplomová práce hodnotí Únětický potok z pohledu vhodných ekologických průtoků. Pro jejich určení byla použita metoda IFIM a software PHABSIM. PHABSIM umožňuje simulace změny habitatu v závislosti na změnách průtoku pro cílové druhy a jejich životní stadia. Výsledkem simulace je pak tzv. vážená využitelná plocha (WUA – Weighted Usable Area), která vyjadřuje dostupnou plochu pro cílový druh a jeho životní stadia v závislosti na průtoku.

Podkladem byla data, sbíraná v průběhu roku 2014. Únětický potok je levým přítokem Vltavy v katastru obce Roztoky. Celková délka potoka je cca 15 km a pramení v obci Kněžves v blízkosti Letiště Václava Havla, Praha Ruzyně. V rámci sběru dat proběhly 4 měření na 9 měrných profilech, z nichž 7 vstoupilo do hodnocení. V měrných profilech byly jako nejčastější druhy identifikovány *Gammarus fossarum*, *Beatis rhodani*, *Cheumatopsyche lepida*, *Erpobdella octocollata*, které byly i využity pro určení vhodných ekologických průtoků. Biologickým vstupem do softwaru PHABSIM jsou křivky vhodnosti (Suitability Index), které hodnotí stav populace cílového druhu vůči mikrohabitatu (rychlost proudění, hloubka a podklad). Křivky vhodnosti byly zpracovány na základě cca 260 odebraných vzorků.

Vhodným ekologickým průtokem pro makrozoobentos Únětického potoka bylo stanoveno rozmezí 0,05 – 0,07 m<sup>3</sup>/s, maximální průtok pak 1,3 – 1,8 m<sup>3</sup>/s (odpovídá 20% maximální hodnoty WUA), minimální průtok bylo možné stanovit pouze pro *Beatis rhodani* a *Gammarus fossarum* a odpovídá 0,03 – 0,04 m<sup>3</sup>/s (odpovídá 50 - 70% průtoku optimálního).

**Klíčová slova:** Vhodný ekologický průtok, urbanizace, vodní tok, městské odvodnění, makrozoobentos

## Abstract, key words

This diploma thesis evaluates optimal ecological flow of Unětický creek. IFIM methodology and PHABSIM software was used for evaluation. PHABSIM simulates changes in habitat taking on account changes in discharge for evaluated species and their life stages. The result of simulation is WUA – weighted usable area which describes usable area for selected species and their lifestages depending on discharge.

Input data were collected during the year 2014. Únětický creek is left affluent of river Vltava within Roztoky city limits. Únětický creek is approx. 15 km long and its spring is close to Letiště Václava Havla airport in Kněževy village. There were 4 cycles of measuring on 9 sites during this study and 7 out of these 9 sites were used for suitable ecological discharge evaluation. There were *Gammarus fossarum*, *Beatis rhodani*, *Cheumatopsyche lepida*, *Erpobdella octocollata* identified as most frequent species in evaluated sites and were used for suitable ecological discharge evaluation. As biological input for PHABSIM, suitability index of these species, which evaluates population from microhabitat perspective (velocity, depth and channel index), were used. Suitability curves are based on approx. 260 collected samples.

Optimal ecological flow for macrozoobentos of Unětický creek is range 0,05 – 0,07 m<sup>3</sup>/s, maximal flow 1,3 – 1,8 m<sup>3</sup>/s (which correspond to 20% of WUA maximum value), minimal value is possible to set only for *Beatis rhodani* and *Gammarus fossarum* and correspond to 0,03 – 0,04 m<sup>3</sup>/s (50 - 70% optimal discharge).

**Key words:** Optimal ecological flow, urbanization, stream, urban drainage, macrozoobenthos

# Obsah

<b>1.</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>TRENDY VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ V ČR V POSLEDNÍCH 25 LETECH .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>VLIV URBANIZACE NA VODNÍ TOKY .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>MĚSTSKÉ ODVODNĚNÍ .....</b>	<b>16</b>
3.3.1.1	<i>Příčiny vzniku konceptů městského odvodnění.....</i>	<i>16</i>
3.3.1.2	<i>Optimální řešení městského odvodnění.....</i>	<i>16</i>
<b>3.4</b>	<b>SYNDROM URBANIZOVANÝCH TOKŮ .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>NÁSTROJE PRO POSUZOVÁNÍ TOKŮ.....</b>	<b>20</b>
3.5.1.1	<i>Standardní techniky.....</i>	<i>20</i>
3.5.1.2	<i>Techniky středního rozsahu .....</i>	<i>21</i>
3.5.1.3	<i>Přirůstkové (inkrementální) techniky.....</i>	<i>21</i>
<b>3.6</b>	<b>IFIM.....</b>	<b>23</b>
3.6.1	Historie.....	23
3.6.2	Vývoj IFIM .....	24
3.6.3	Ekologické opory IFIM.....	25
3.6.3.1	<i>Idea posloupnosti .....</i>	<i>25</i>
3.6.3.2	<i>Rozlišení stanovišť .....</i>	<i>25</i>
3.6.4	Další opory IFIM .....	26
3.6.4.1	<i>Vodní režim.....</i>	<i>26</i>
3.6.4.2	<i>Kvalita vody .....</i>	<i>26</i>
3.6.4.3	<i>Potravní zdroje.....</i>	<i>26</i>
3.6.4.4	<i>Biotické interakce .....</i>	<i>27</i>
3.6.5	Aplikace IFIM.....	27
3.6.5.1	<i>Identifikace problému.....</i>	<i>28</i>
3.6.5.2	<i>Plánování studie .....</i>	<i>28</i>
3.6.5.3	<i>Provedení studie .....</i>	<i>28</i>
3.6.5.4	<i>Alternativní analýza.....</i>	<i>30</i>
3.6.5.5	<i>Řešení problémů.....</i>	<i>30</i>
3.6.5.6	<i>HQI (Habitat Quality Index) .....</i>	<i>31</i>
3.6.5.7	<i>RHABSIM .....</i>	<i>31</i>
3.6.6	Základní popis programu PHABSIM .....	31
3.6.6.1	<i>Programy pro hydraulické simulace .....</i>	<i>34</i>
3.6.6.2	<i>Programy pro simulace habitatu .....</i>	<i>35</i>
3.6.7	Organismy v tocích.....	36
<b>4.</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>REKOGNOSKACE.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>SBĚR HYDRAULICKÝCH DAT .....</b>	<b>38</b>
4.2.1	Tvar příčných profilů .....	39
4.2.2	Měření průtoků.....	39
4.2.3	Popis substrátu dna .....	40
4.2.4	Sklon a nadmořská výška .....	41
<b>4.3</b>	<b>BIOLOGICKÁ DATA .....</b>	<b>41</b>
4.3.1	Sběr bentosu .....	41
4.3.2	Zpracování vzorků .....	42
4.3.3	Tvorba křivek vhodnosti.....	43



<b>4.4</b>	<b>ZADÁNÍ DAT DO PHABSIMU .....</b>	<b>43</b>
4.4.1	Cross section data (Informace o příčném profilu) .....	44
4.4.2	Suitability curves (Křivky vhodnosti) .....	46
4.4.3	Discharges (Průtoky) .....	46
4.4.4	Project description (Popis projektu) .....	47
<b>5.</b>	<b>CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>ÚNĚTICKÝ POTOK A JEHO OKOLÍ.....</b>	<b>48</b>
5.1.1	Geologie .....	49
5.1.2	Pedologie .....	49
<b>5.2</b>	<b>CHRÁNĚNÉ LOKALITY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ.....</b>	<b>49</b>
5.2.1	Roztocký háj – Tiché údolí.....	49
5.2.1.1	Geologie.....	49
5.2.1.2	Ochrana .....	49
5.2.2	Údolí Únětického potoka .....	49
5.2.2.1	Geologie.....	49
5.2.2.2	Ochrana .....	50
<b>5.3</b>	<b>VYBRANÉ CHARAKTERISTICKÉ ÚSEKY A JEJICH POPIS .....</b>	<b>50</b>
5.3.1	Přehled charakteristických úseků .....	50
5.3.2	Roztoky, Ústí potoka 1 .....	51
5.3.3	Roztoky, Ústí potoka 2 .....	53
5.3.4	Roztoky, Maxmiliánka 1 .....	54
5.3.5	Roztoky, Maxmiliánka 2 .....	55
5.3.6	Roztoky, Maxmiliánka 3 .....	56
5.3.7	Únětice 1.....	57
5.3.8	Únětice 2.....	58
5.3.9	Kněžves 1 .....	59
5.3.10	Kněžves 2 .....	60
<b>5.4</b>	<b>ZPŮSOB HODNOCENÍ ÚSEKŮ.....</b>	<b>61</b>
<b>5.5</b>	<b>PŘEHLED ANALYZOVANÝCH TAXONŮ NALEZENÝCH VE VZORCÍCH .....</b>	<b>62</b>
5.5.1	<i>Trichoptera (Chrostíci)</i> .....	62
5.5.1.1	<i>Cheumatopsyche lepida (nemá český název)</i> .....	62
5.5.2	<i>Ephemeroptera (Jepice)</i> .....	63
5.5.2.1	<i>Baetis rhodani (jepice předjarní)</i> .....	63
5.5.3	<i>Amphipoda (Různonožci)</i> .....	64
5.5.3.1	<i>Gammarus fossarum (blešivec potoční)</i> .....	64
5.5.4	<i>Arhynchobdellida</i> .....	65
5.5.4.1	<i>Erpobdella octoculata (hltanovka bahenní)</i> .....	65
<b>5.6</b>	<b>PŘEHLED OSTATNÍCH TAXONŮ NALEZENÝCH VE VZORCÍCH .....</b>	<b>66</b>
5.6.1	<i>Trichoptera (Chrostíci)</i> .....	66
5.6.1.1	<i>Crunoecia irrorata (nemá český název)</i> .....	66
5.6.2	<i>Coleoptera (Brouci)</i> .....	66
5.6.2.1	<i>Elmis maugetii (nemá český název)</i> .....	66
5.6.3	<i>Cardiida</i> .....	67
5.6.3.1	<i>Sphaerium rivicola (okružanka říční)</i> .....	67
5.6.4	<i>Tricladida (Ploštěnci)</i> .....	67
5.6.4.1	<i>Deugesia polychroa (Ploštěnka říční)</i> .....	67
<b>6.</b>	<b>SIMULACE HLADIN A RYCHLOSTÍ V CHARAKTERISTICKÝCH ÚSECÍCH ....</b>	<b>68</b>
<b>6.1</b>	<b>MĚŘENÉ PRŮTOKY.....</b>	<b>68</b>
<b>6.2</b>	<b>SIMULOVANÉ PRŮTOKY .....</b>	<b>68</b>
<b>6.3</b>	<b>SIMULACE A KALIBRACE V PROGRAMU PHABSIM .....</b>	<b>69</b>

6.4	PŘÍKLAD SIMULACE: ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1 .....	70
7.	VÝSLEDKY PRÁCE .....	71
7.1	KŘIVKY VHODNOSTI .....	71
7.1.1	Křivky vhodnosti pro <i>Cheumatopsyche lepida</i> .....	71
7.1.2	Křivky vhodnosti pro <i>Baetis rhodani</i> (jepice předjarní).....	72
7.1.3	Křivky vhodnosti pro <i>Gammarus fossarum</i> (blešivec potoční).....	73
7.1.4	Křivky vhodnosti pro <i>Erpobdella octocolata</i> (hltanovka bahenní) .....	74
7.2	VÝSLEDKY SIMULACE .....	75
7.2.1	WUA pro <i>Gammarus fossarum</i> .....	76
7.2.2	WUA pro <i>Baetis rhodani</i> .....	76
7.2.3	WUA pro <i>Cheumatopsyche lepida</i> .....	77
7.2.4	WUA pro <i>Erpobdella octocolata</i> .....	77
7.3	VHODNÉ EKOLOGICKÉ PRŮTOKY .....	78
8.	DISKUSE .....	79
9.	ZÁVĚR .....	81
10.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	83
11.	REJSTŘÍKY .....	89
11.1	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	89
11.2	SEZNAM FOTOGRAFIÍ.....	90
11.3	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	91
11.4	SEZNAM TABULEK.....	93
11.5	SEZNAM PŘÍLOH.....	94

# 1. Úvod

V posledních letech se i na území České republiky setkáváme s rychlejším tempem urbanizace krajiny. Vyrůstá tak velikost nepropustných ploch na úkor ploch propustných. Tato změna dnes již systematicky ovlivňuje vodní režim v krajině, což je často vidět i na vyšším počtu lokálních povodní. Díky těmto jevům však dochází nejen k odvodnění krajiny, ale i významnému ovlivnění životních podmínek ve vodních tocích a to většinou k horšímu. Nárazové výkyvy hladin toků vedou k splachům bentických organismů, které zajišťují i přirozenou filtraci vody. Proto se stále více setkáváme s pojmem ekologické průtoky. Tj. takový průtok, který ať již přirozený či řízený vytváří vhodné ekologické podmínky v toku. Jednou z metod jak určit vhodné ekologické průtoky je metoda IFIM<sup>1</sup>. Jejím nástrojem je při datovém zpracování softwarová aplikace PHABSIM. Metoda IFIM však zatím není v České republice příliš rozšířena. Jejího potenciálu a největšího rozšíření se jí dostalo v USA.

Tato diplomová práce v reálných podmínkách Únětického potoka ověřuje využitelnost metody IFIM a softwaru PHABSIM právě v podmínkách České republiky. Hlavním cílem je stanovit vhodné ekologické průtoky pro makrozoobentos Únětického potoka. Vedlejším cílem je posoudit využitelnost této metody v podmínkách České republiky jako takové. Diplomová práce se zaměřuje na bentické organismy, které jsou indikátorem ekologického stavu. Tato metoda spojuje znalosti hydrauliky, hydrobiologie a ekologie a to vše s využitím speciálního softwaru.

---

<sup>1</sup> IFIM = Instream Flow Incremental Methodology (Přirůstková metodologie proudění v toku)

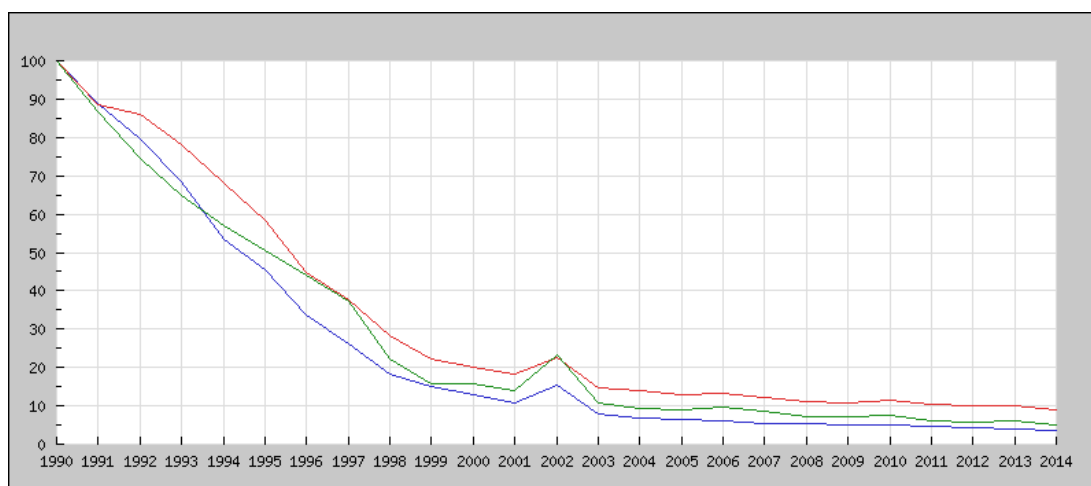
## **2. Cíle práce**

Hlavním cílem této práce je stanovit vhodné ekologické průtoky pro makrozoobentos Únětického potoka. Vedlejším cílem je posoudit využitelnost této metody v podmínkách České republiky jako takové. Diplomová práce se zaměřuje na bentické organismy, které jsou indikátorem ekologického stavu.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Trendy ve vodním hospodářství v ČR v posledních 25 letech

Po roce 1989 se většina toků na území ČR vyznačovala vysokou mírou znečištění. Proto byla pozornost primárně věnována kvalitě vody a po roce 1997 i protipovodňovým opatřením. Vývoj kvality vody na území ČR nejlépe dokládá obr. č. 1.

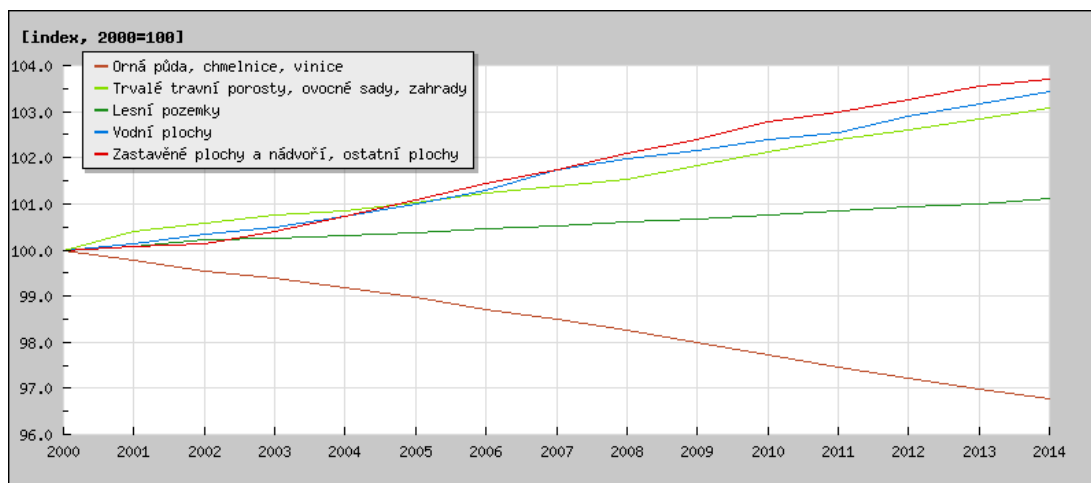


Legenda: — BSK<sub>5</sub> — CHSK<sub>Cr</sub> — Nerozpuštěné látky

obr. č. 1: Zdroj: (Informační systém statistiky a repotingu MZP, 2015), Relativní vyjádření vypouštěného znečištění z bodových zdrojů v ukazatelích BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, nerozpuštěných látek (NL), ČR [index, rok 1990=100]

Ve stejném období však dochází i ke změně životního stylu a struktury hospodářství. Lidé preferují místo života v centru měst život v příměstských oblastech. Mnoho starých podniků těžkého průmyslu se mění v nevyužívané „brownfielody“ a na dosud nezastavěném území tak místo polí a lesů vznikají nové rezidenční projekty, logistické parky, průmyslové parky a související infrastruktura viz obr. č. 2. Začínají se tak objevovat další výzvy v oblasti vodního hospodářství, které jsou důsledkem nižší schopnosti krajiny přirozeným způsobem zadržovat srážky a udržovat stabilní vodohospodářský režim povrchových a podzemních vod.

Z obrázku obr. č. 2 je zřejmé jak se zvyšuje podíl zastavěných (nepropustných) ploch. Tento trend je společný všem vyspělým ekonomikám. Ve vodohospodářství se tak setkáváme s novým pojmem Urban stream syndrom (Meyer et al.,2005), který rozvádím v kapitole 3.4.



obr. č. 2: Zdroj (Informační systém statistiky a reportingu MZP, 2015), Vývoj využití území v ČR

### 3.2 Vliv urbanizace na vodní toky

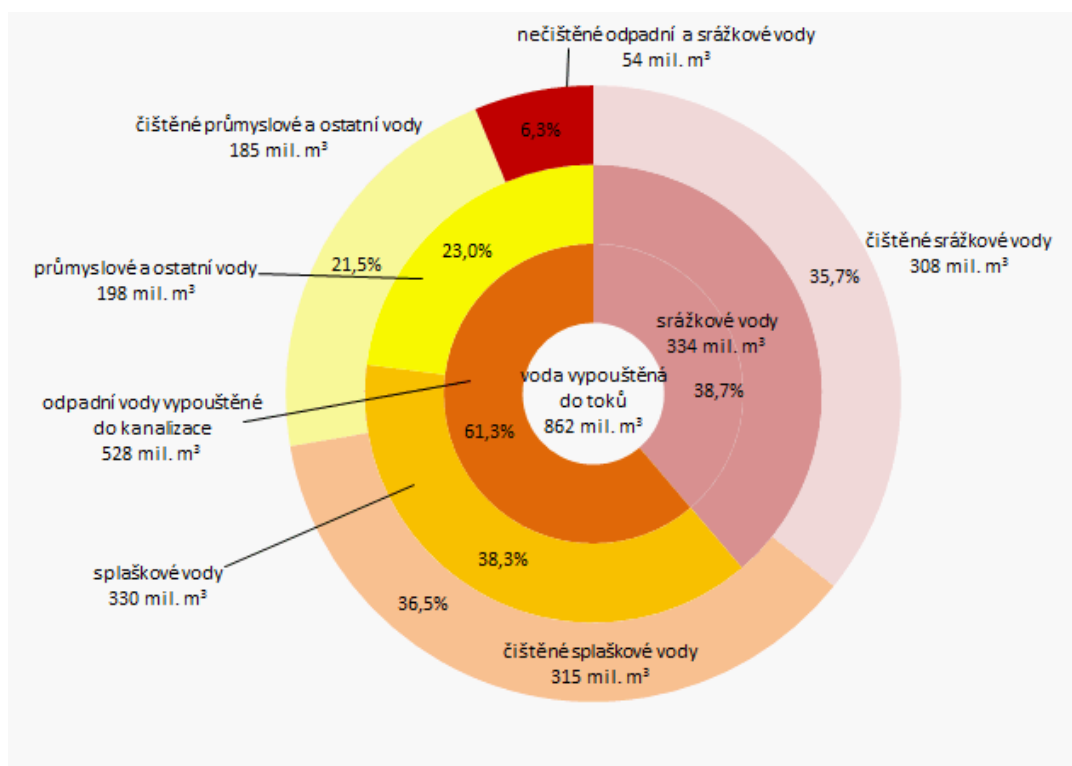
Spolu s rozvojem urbanizace je nutno zajistit i související infrastrukturu, kterou je v případě vodohospodářství míněno hlavně zajištění dostupnosti pitné vody, zvýšené nároky na zásobování pitnou vodou, tvorba kanalizace a dostatečné čištění odpadních vod (Krejčí et al., 2002).

Toky v urbanizovaném prostředí jsou negativně ovlivňovány zaústěním městského odvodnění (jednotnou kanalizací, dešťovou kanalizací popř. přepady z oddělovacích komor). Je to hlavní důvod, který přivádí do toku při přivalových či dlouhotrvajících deštích nárazové extrémní průtoky, které negativně ovlivňují tok. Následkem je odplavení vodních organismů vlivem vysokých průtoků, ale i změny v morfologii koryta, jako např. podemílání břehů vlivem erozních událostí či dochází k odnosu dnového sedimentu, který je nezbytný pro některé organismy. Mění se druhová pestrost a snižuje se ekologický stav toku (Klímová, 2013).

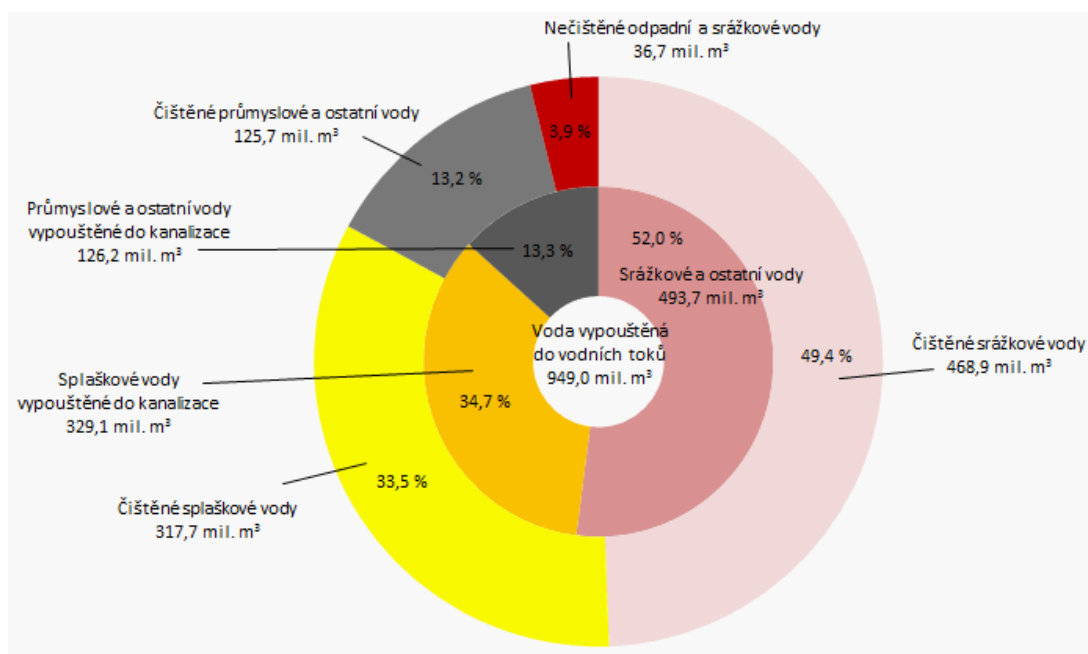
Přirozený vodní režim v krajině je narušován a mění se množství a struktura vypouštěných vod do vod povrchových (viz obr. č. 3 a obr. č. 4). Mezi hlavní důsledky urbanizace patří změna velikosti a rychlosti dešťového odtoku, díky němuž se snižuje infiltrace dešťových vod, což má za následek nízkou hladinu podzemních vod. Není neobvyklé, že jsou dešťové odtoky v urbanizovaných územích často kontaminované těžkými kovy, chemikáliemi a různými pevnými splaveninami, odtékají pomocí místních vodotečí (Krejčí et al., 2002).

Navíc „zaústěním dešťového odtoku z urbanizovaných území mohou vzniknout v malých vodních tocích efekty, způsobené mechanickými vlivy“ (Krejčí et al., 2002).

Následný nárůst průtokových rychlostí může odplavit bentos, žijících na dně a kamenech v tocích. Poklesem bentosu dochází ke snížení samočisticích procesů vodoteče (Krejčí et al.,2002).



obr. č. 3: Zdroj:(Informační systém statistiky a reportingu MZP, 2015), Množství vypouštěných vod do vod povrchových, ČR, 2000 [mil. m3]



obr. č. 4: Zdroj:(Informační systém statistiky a reportingu MZP,2015), Množství vypouštěných odpadních vod do vod povrchových, ČR, 2013 [mil. m3]

### 3.3 Městské odvodnění

#### 3.3.1.1 Příčiny vzniku konceptů městského odvodnění

Historie odvodnění je mnohem mladší nežli přívod pitné vody. Odvodnění bylo dlouhá staletí řešeno prostými kanály v uliční úrovni. Díky prvním morovým epidemiím dnes už víme, že je souvislost mezi čistotou městského prostředí (včetně vody) a výskytem těchto epidemií. Epidemie moru a cholery se v Evropě vyskytovaly v 15.-18. století. V Londýně byla navržena „První stoková síť na principu splaškové kanalizace Johnem Roem okolo roku 1840“ (Krejčí et al., 2002). Jeho návrhy se postupně začaly používat v Evropě, hlavně v Německu a odtud se inspirovaly i Čechy. Od první poloviny 19. stol. jsou epidemie na ústupu. Poslední velká epidemie moru v Evropě byla v Bukurešti v roce 1813.

V Praze v roce 1907 stoková síť měřila 90 km a došlo k otevření čistírny odpadních vod v Praze – Bubenči, (PKVT, 1994). Tehdy se kladl důraz na rychlé odvedení všech odpadních vod do čistíren a následně do vodních toků. Hlavními trasami se staly přilehlé vodoteče, které se postupně zatrubňovaly. Neužitečná voda se tak napojila na stokovou síť a vznikl prostor pro další urbanizaci. Díky tomu zmizelo mnoho malých toků (Krejčí et al., 2002).

Dnes můžeme říci, že „úlohou městského odvodnění je napojení veškerých odpadních vod a jejich rychlé odvádění z okolí bydlišť způsobem, který neobtěžuje občany, neomezuje dopravu a neohrožuje vodní toky a podzemní vodu“ (Horler, 1962). Přístup se však v posledních letech změnil, už to není jen rychlé odvedení, ale je to i ochrana vodního prostředí jak po stránce kvalitativní, tak i kvantitativní.

Nejnovější trendy se snaží o přiblížení se přirozenému způsobu odvodnění v nezastavěných povodích, což vede ke snižování negativních dopadů urbanizace a to jak na lokální hydrologický režim, tak i na vodní ekosystém (Krejčí et al, 2002).

#### 3.3.1.2 Optimální řešení městského odvodnění

Optimálním řešením by bylo, aby dešťový odtok ze střech zasakoval do půdy (lze provést pouze v případě málo znečištěných střech), odtok dešťové vody z komunikací jednoduše čistit a pomalu odvádět. Pouze silně znečištěné odpadní vody transportovat k vícestupňovým čistírnám odpadních vod viz obr. č. 5 . Důraz se tedy klade na rychlé odvedení vody z obydlených území (především z hygienických a protipovodňových důvodů) a zároveň co nejpomalejší transport k čistírně odpadních vod (Krejčí et al., 2002).



Vzhledem k faktu, že může být látkové znečištění dešťového odtoku významné, měl by být dostatečně sledován (matematické simulace látkového znečištění jsou bohužel omezené). Velkým rizikem pro vodní toky je převážně splach z polí a frekventovaných dopravních komunikací. V místech, kde se vyskytuje velké znečištění dešťového odtoku, není vhodné volit metodu infiltrace, protože se nežádoucí látky mohou akumulovat v zasakovacím horizontu (Krejčí et al., 2002).

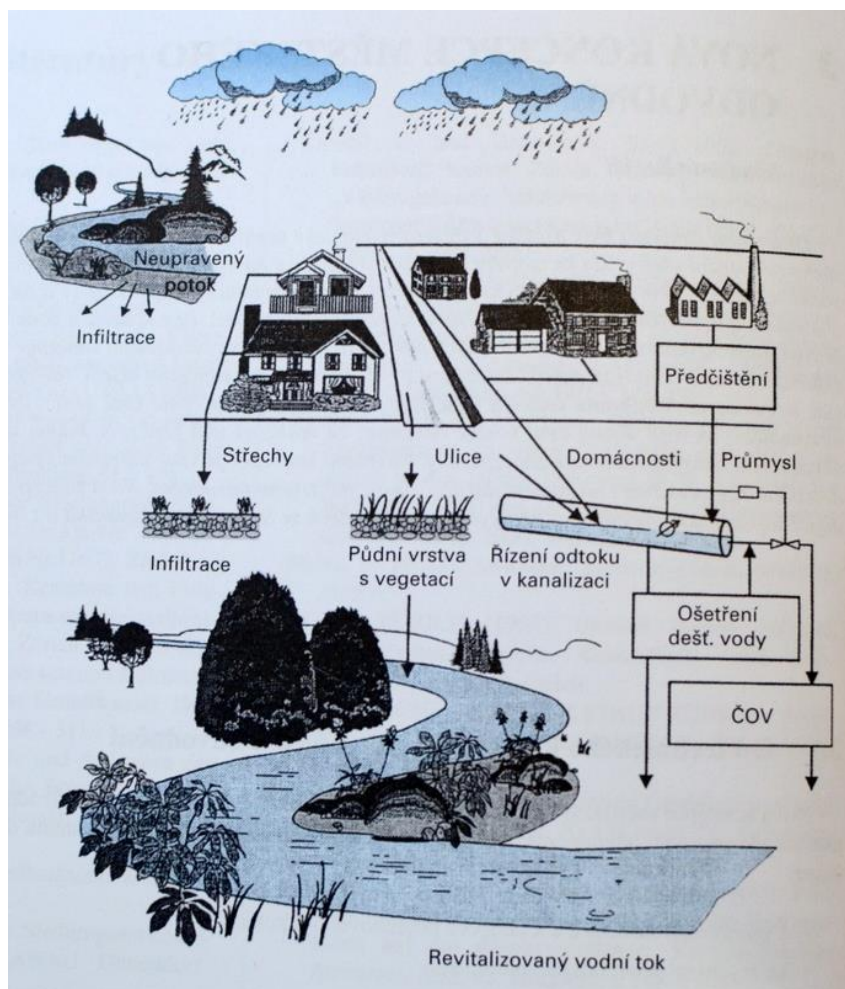
Nové koncepty zasakovacích objektů používají vrstvu s adsorpčními materiály, které jsou stále vyvíjeny. Oddílná kanalizační soustava<sup>1</sup>, kdy je dešťový odtok zaústěn přímo do recipientu, je vhodné řešení, pokud je soustava vybavena čistícími technologiemi (sedimentační nádrže či retenčními filtry). Jednotná kanalizační soustava vedoucí do čistírny odpadních vod je tak trochu „začarovaný kruh“, protože se znečišťující látky váží na čistírenský kal, který se v závislosti na jeho zpracování opět může dostat do životního prostředí (Krejčí et al., 2002).

Další problém v souvislosti s městským odvodněním a kvalitou vodních toků je skutečnost, že především v rostoucích příměstských částech nejsou všechny objekty napojeny na stokovou síť a do vodotečí se tak dostávají látky antropogenního původu.

Proto je nutné problémy související s městským odvodněním řešit komplexně s ohledem na faktory, které do analýzy řešeného území vstupují. „Hydrochemické, hydrobiologické ukazatele jakosti vody velice úzce souvisí s hydromorfologickými a morfometrickými charakteristikami koryt. Především proto se aplikují nové principy hodnocení, které jsou obvykle založeny na analýze odtokového režimu, stavu jakosti povrchové vody a hydromorfologickém stavu koryta a přístavní zóny“ (Matoušková, 2008). Identifikovat ekologický stav studované vodoteče je základem, pro vedení vodohospodářského rozhodnutí nebo pro způsob vedení udržitelného rozvoje v oblasti (Komínková et al., 2007).

---

<sup>1</sup>Oddílná kanalizační soustava: dva systémy, jedním odtéká splašková voda na čistírnu odpadních vod, druhým teče voda dešťová (z okapů a silnic), která se svádí do retenčních nádrží, tam dojde k sedimentaci nerozpuštěných látek, a voda se pak vypouští do recipientu. Stoková síť odvádějící pouze splaškové odpadní vody se označuje jako splašková kanalizace a síť odvádějící výhradně dešťové vody jako dešťová kanalizace.



obr. č. 5: Fleckseder 1994 in Krejčí 2002, Systém městského odvodnění odpovídající novým zásadám

### 3.4 Syndrom urbanizovaných toků

„Tento pojem se začal objevovat v odborné zahraniční literatuře před několika lety a popisuje degradaci vodních toků protékajících urbanizovanými oblastmi“ (Komínková et al., 2007).

Hlavními znaky syndromu městského odvodnění jsou:

- Rozkolísaný hydrogram
- Zvýšené koncentrace živin a kontaminantů
- Změny v morfologii a stabilitě koryta
- Snížená diverzita bioty
- Dominance tolerantních druhů

(Paul, Mayer, 2001).

Tyto ekologické ukazatele jsou často doprovázeny dalšími znaky, které nemusejí být pozorovány ve všech urbanizovaných oblastech např. zvýšený výskyt suspendovaných látek. Symptomy se mohou lišit v závislosti na míře urbanizace prostředí (Walsh et al, 2005).

Jedním z hlavních důvodů rozkolísaných hydrogramů je zvyšující se rozloha nepropustných ploch v kombinaci s rychlým odvodem dešťové vody z povodí pomocí kanalizace (Dune, Leopold, 1978). Indikátorem hydrologických změn je **úplná nepropustnost** (TI – total catchment imperviousness) (Booth et al, 2004).

Symptomy syndromu městského odvodnění vyskytující se napříč regiony jsou tedy řízeny převážně odtokem přívalového deště z urbanizovaných ploch, který je kvůli ochraně proti povodním, přímo odváděn dešťovou kanalizací nebo toky. Je pravděpodobné, že dopady přívalových dešťů jsou hnací silou často zmiňovaných korelací mezi podmínkami v tocích a nepropustnosti povodí (Walsh et al, 2005).

Některé urbanistické zásahy mohou mít vliv jen na vybrané atributy vodních ekosystémů. Základní odtok může kolísat a to v závislosti na velikosti sítě vodního zásobení, úniků z kanalizace, odtoku přívalového deště odvodním systémem (například dešťová kanalizace) nebo přirozeným povrchovým odtokem dešťové vody do vodoteče. Rozsah, v jakém únik z infrastruktury ovlivňuje proud, může být funkcí designu infrastruktury, jejím věkem, stejně tak ale fyzikální vlastností povodí a klimatem (Walsh, 2005).

Toky v urbanizovaných územích poskytují vzácný přírodní zdroj pro lidi, kteří žijí v jejich blízkosti (Mayer et al., 2005). Hlavním cílem vodního managementu 20. století je ochrana před povodněmi a šířením nemocí. Kromě těchto dvou cílů bychom ale neměli zapomínat na veřejné vybavení a zdraví ekosystémů. Novými přístupy, v urbanistickém plánování a ve vodním hospodářství, je dosažení všech cílů současně, ať už jde o bezpečnost, vybavení a dobrý ekologický stav (Lloyd et al., 2002).

Úspěch všech možných pokusů začlenit ekologické podmínky vodotečí do urbanizovaných ploch velmi závisí na lidských postojích a chování uvnitř daného povodí. **Nízko zásahový urbanistický design (LID<sup>1</sup>)** je přístup jak dosáhnout pozitivních změn v urbanizovaných tocích. Napravující techniky LID jsou primárně použity v celých povodích, než-li jen v jednotlivých vodotečích a ve větší míře

---

<sup>1</sup> LID: Low – impact urban design

zahrnují propojení mezi urbanizovanými nepropustnými povrchy a příjmem konkrétních toků (Walsh et al., 2005).

### 3.5 Nástroje pro posuzování toků

Každé nové vodohospodářsky správní rozhodnutí k ochraně toku je výzvou. Tyto rozhodnutí mohou mít podobu povolení nebo licencí, provozního rozvrhu pro vodní retenční projekty, správy vodním režimu a vodohospodářského plánu. Ještě před výběrem vhodné posuzující techniky, musíme znát všechny faktory ovlivňující příslušný tok. Navíc je potřeba znát stanoviska statutárních orgánů, které jsou součástí rozhodovacího procesu a spotřebu vody v toku, mít k dispozici potřebné finanční zdroje a dostatek času k dokončení studie (Stalnaker et al, 1995).

Mezi přístupy v ochraně toků patří nastavování limitů (minimálních průtoků<sup>1</sup>) nebo použití přírůstkové metody, která hodnotí více faktorů ovlivňujících vodoteč současně.

#### 3.5.1.1 Standardní techniky

Většina standardních postupů je zakotvena v legislativě. Pro standardní techniky, které se používají v souvislosti s rybolovem, je nejjednodušší technikou použití hydrologických záznamů průtoků. Použití těchto záznamů předpokládá, že měření průtoků podpoří kvalitu vodního zdroje v přijatelné míře. Tento předpoklad, lze aplikovat pouze tam, kde se průtoky prakticky nemění nebo je jejich model vývoje stabilní po dlouhá časová období. A i když máme hydrologická data, je těžké předpovědět budoucí vývoj vodních zdrojů. V každém případě výběr průtoků z historických dat je v současném vývoji limitující pro širokou škálu technik. Tento postup zpravidla vybírá průměrnou hodnotu pro nejnižší měsíční průtoky (typicky srpen, září) jež simulují celý rok (Stalnaker et al, 1995).

- Tennantova metoda: používá hydrologické záznamy, vyjadřuje úroveň průtoku pro určitou sezónu na základě procentuálního vyjádření, střední nebo průměrné hodnoty ročního průtoku. Tato metoda vznikla v Montaně a pomohla kategorizovat toky podle kvality pstruhových stanovišť. Dle Tennantova doporučení je vhodné využívat vysoké průtoky k odstranění naplavenin, sedimentů a ostatního nežádoucího materiálu. K tomuto doporučení se nakonec

---

<sup>1</sup> Minimální průtok - je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku.

nepřístupuje, jelikož jeho přístup nepočítal se změnami morfologie koryta (Stalnaker et al, 1995).

### 3.5.1.2 *Techniky středního rozsahu*

- Modifikace Tennantova přístupu: metoda je vhodná při určování problémů vázaných například k rybolovu na určitém toku. Můžeme tedy použít Tennantův přístup (hydrologické záznamy), plus pozorovat dostupné habitaty. Dále nasbírat data o šířce příčného řezu koryta, hloubce a rychlosti proudu při různých průtocích. Výsledkem je obohacení metody o vlastní pozorování. Tuto metodu si můžeme specificky přizpůsobit s ohledem na konkrétní živočišný druh či velikost průtoku (Stalnaker et al, 1995).
- Technika omočeného obvodu: tato metoda spočívá v tom, že se vybere kritická oblast vlivu průtoku na živočišné druhy. Vychází se z předpokladu, že nejnižší průtok musí uspokojovat potřebu nároků na potravu pro organismy, jejich průchodnost korytem a možnost rozmnožování. Obvykle se najde bod, ve kterém se snižuje přínos proudu (jeho pozitivní dopady) v omočeného obvodu. Tento inflexní bod reprezentuje průtok, v němž se míra zisku (potravu pro organismy, průchod korytem,...) začíná zpomalovat. Jakmile je tato úroveň průtoku odhadnuta, všechna stanoviště v toku by měla být tímto doporučením dostatečně ochráněna. Jelikož tvar koryta může ovlivnit výsledky této analýzy, je tato technika obvykle používána v tocích s širokým mělkým korytem nejlépe obdélníkového tvaru (Stalnaker et al, 1995).
- Metoda FSR (Flow stress or response): v této metodě se využívá vztahu mezi nízkým a vysokým průtokem a odpovídajícím ekologickým stresem, metoda generuje časové řady stresových indexů spojených s vodním režimem toku. Tyto stresové režimy umožňují prošetření široké škály vodních scénářů, kde každý vyjadřuje potenciální riziko změny v ekologických podmínkách vodoteče (Tharme , 2003).

### 3.5.1.3 *Přírůstkové (inkrementální) techniky*

Metody zmiňované výše pracovaly pouze s jednou hodnotou, doporučenou pro stanovenou dobu v určitém toku. Tyto metody v podstatě „vytvořily“ pojem **minimální průtok**. Velmi těžko se obhajují, protože obsahují málo informací. Často je potřeba odpovědět na složitější problémy. K tomu nestačí znát pouze minimální průtoky. Je potřeba poukázat na vztahy mezi habitatem a průtokem v korytě (Stalnaker et al, 1995).

Nástroje jakými toho můžeme dosáhnout, lze rozdělit do dvou skupin. První používá statistické analýzy, které souvisejí s environmentálními vlastnostmi toku a počtem studované populace. Příkladem takové analýzy je Habitat Quality Index (HQI). Tato metoda je specifická pro každý konkrétní tok a výsledná doporučení souvisejí s kriticky nízkými průtoky (Stalnaker et al, 1995).

Druhá skupina nástrojů souvisí s hydraulikou v otevřeném korytě a známými prvky chování vodních organismů. Jedná se například o software Physical Habitat Simulation System (PHABSIM), který byl poprvé představen Boveem and Milhousem (Bovee, Milhous, 1978). Důležitým prvkem obou zmiňovaných nástrojů (HQI, PHABSIM) je analýza vodního zásobení (Stalnaker et al, 1995).

Techniky středního rozsahu poskytují v zásadě časové snímky toku. Pokud potřebujeme dynamický obraz průtoků, musíme znát další faktory. Techniky nazýváme inkrementální čili přírůstkové, protože je nutná hluboká znalost změn vodního biotopu tak i funkce dílčích změn v průtoku (Stalnaker et al, 1995).

Přírůstková metoda (IFIM) je proces navržený tak, aby tento složitý výzkum vycházel z poznatků o potřebách živočichů ve vztahu ke konkrétním funkcím stanovišť. Data pro vhodnost stanovišť jsou dostupná ve dvou formách: makrohabitat a mikrohabitat. Makrohabitatové ukazatele hodnotí proměnné, které se mění v podélném směru proudu toku: kvalita vody, morfologie koryta, výška hladiny a teplota. Mikrohabitat je definován jako plocha, kde má tok relativně homogenní podmínky pro hloubku, rychlost, substrát a povrch dna (Bovee et al., 1998). IFIM používá počítačový software pro integraci těchto proměnných stanovišť do jednotek biotopů tak, že tyto proměnné vzájemně souvisí s průtokem v průběhu času. Čím jsou delší časové řady, tím lepší informace máme. Tyto informace umožňují analyzovat dopady změn v toku na každou životní fázi konkrétního druhu, pro které jsou designovaná data o vhodnosti stanovišť. Při použití standartních metod můžeme dojít k sezónním či ročním minimálním průtokům, pod které bychom se neměli dostat. Při použití přírůstkových metod mohou být výsledná minima v řádech měsíčních či týdenních průtoků, která se mohou lišit v závislosti na vodní zásobě (Stalnaker et al, 1995).

## 3.6 IFIM

### 3.6.1 Historie

Přírůstková metodologie proudění v toku (IFIM) byla vyvinuta odborníky v oblasti biologie a hydrologie. Zrod metody byl veden institucí U.S. Fish and Wildlife Services a vyvíjel ji mezioborový tým vědců pod hlavičkou Federal and State resource agencies and academia (Trihey, Stalnaker, 1985). Velké úsilí vědců vedlo k významnému růstu pochopení hydraulických a ekologických vztahů ve vodních tocích (Stalnaker et al, 1995). IFIM je adaptibilní systém složený z vzájemně propojených modelů, které vedou k popisu prostorových a časových vlastností habitatu studovaného toku. Tento systém byl vyvinut k potřebám hospodaření v oblasti vodních toků a pro formulaci a hodnocení alternativ vodohospodářských opatření (Mattas, 1998).

Vzniku této metody předcházely velké obavy o vodní zdroje, které vznikly v polovině dvacátého století v severní Americe, protože se významně zhoršily vodní toky v západní části USA. Na severozápadě se začaly postupně vydávat pravidla vedoucí k ochranně vodních zdrojů. Mnoho metod posuzujících vodní zdroje vzniklo během 60. a 70. let dvacátého století. Tyto techniky byly založeny na hydrologických analýzách vodního zásobování a úvahách o kritickém proudění v korytech toků, spojených s pozorováním kvality stanovišť a pochopením říční ekologie ryb. Společné snahy vedly ke vzniku technik pro posouzení průtoků napomáhajících záchraně vodního života v tocích. Aplikace těchto metod obvykle vedla k určení prahové hodnoty minimálního průtoky. Minimální průtok je takový průtok, který pokud není dosažen, dochází k degradaci vodního prostředí a k negativnímu ovlivnění podmínek stanoviště (Stalnaker et al, 1995).

Metoda IFIM byla tedy rozvíjena v kontextu minimálních standardních průtoků, analýz pro výpočet dopadů na vodní systém, vodních rozpočtů a mezioborových analýz. Impulsem pro vývoj nové metody bylo vydání zákona NEPA (National Environmental Policy Act) na začátku roku 1970 v USA. Tento zákon zvýšil odpovědnost organizací, které měly na starost rozvoj metod a doporučení směrem k ochraně přírodních zdrojů (Stalnaker et al, 1995). Bylo tedy potřeba vyvinout metodu umožňující kvantifikaci účinku přírůstkových změn v proudu toku pro vyhodnocení řady možných schémat pro alternativní rozvoj (Stalnaker, 1993). Nakonec se metoda IFIM vyvinula v uznávanou metodu, která pomáhá řešit střety

a optimalizaci využívání vodních toků, snižování ekologických důsledků při spotřebě vody a výstavby vodních děl (Mattas, 1998).

### 3.6.2 Vývoj IFIM

Podíváme-li se na průtoky v časovém horizontu (vytvořením hydrologických časových řad), umožňuje nám to:

- porovnat frekvence trvání dešťově vydatných období a suchých period
- prozkoumat rozdíl mezi zimním táním a dešťovými srážkami
- rozlišit intenzitu a trvání krátkodobých událostí jako je např. bouřka.

Pokud bychom chtěli ovlivnit rozhodování v měřítku makrohabitat<sup>1</sup> a nastavit vývoj vodního prostředí, potřebovali bychom nástroje, které ošetří všechny střety zájmů a využití vodního toku, pro posouzení a hodnocení potřeb každého dotčeného subjektu (Stalnaker et al, 1995).

Tyto úvahy vedly k závěru, že by tato metoda měla zvládnout celou řadu problémů proudění v korytě a to od jednoduchých odchylek až po složité problémy. Chceme-li kvalitně vyhodnotit získané informace z celého povodí, tak aby byly šité na míru konkrétnímu toku, je vhodné zvážit všechny dostupné hodnotící alternativy (metodiky), jež by měly napomoci identifikovat, hodnotit a porovnat potenciální řešení (Stalnaker et al, 1995).

Při hodnocení vodního toku se nedoporučuje používat jednoduché výstupy (například data typu: průtok/stanoviště nebo průtok/rekreační možnosti), získané výběrem maximální hodnoty z grafu závislosti a argumentovat minimálním výdejem či průtokem. Načasování sběru dat napříč obdobími je velmi důležité pro podchycení všech důležitých faktorů ovlivňujících konkrétní vodoteč. Užitečné je kombinovat funkci stanoviště a hydrologické časové řady. V každé populační analýze je nutno sledovat i kvalitu a množství úkrytů v průběhu času a daného prostoru. Pak metoda IFIM přináší popis disponibilních a použitelných úkrytů prezentovaných v průběhu časových period (Stalnaker et al, 1995).

IFIM byla navržena pro správu říčního systému, pro hodnocení a formulování variant managementu. Razí filozofii tvorby hydrologických analýz pro správné pochopení limitů vodního zásobení. Tyto analýzy nabízejí popis, hodnocení

---

<sup>1</sup> Makrohabitat: ukazatel hodnotící proměnné, které se mění v podélném směru proudu toku: kvalita vody, morfologie koryta, výška hladiny a teplota.



a srovnání spotřeby vody v říčním systému. Důraz je kladen především na možnost zobrazení použitelného habitatu v průběh let a zachycení proměnlivosti ve spotřebě vody. Limity v suchých obdobích a správa spotřeby vody v čase přispívá ke kompatibilitě mezi tokem, jeho nivou a spotřebiteli a dovoluje tak zotavení živočichů vázaných na vodní prostředí a vytváření příznivých podmínek pro jejich život (Stalnaker et al, 1995).

### **3.6.3 Ekologické opory IFIM**

Metoda IFIM je založena na analýzách stanovišť pro organismy žijící v proudu. Proč je hlavním faktorem v metodě IFIM stanoviště, když můžeme použít řadu jiných faktorů? Faktem je, že když potřebujeme vyčíslit dopady na životní prostředí vodních organismů, dopady na stanoviště poskytují jasné a dobře měřitelné údaje. Pokroky v ekologických studiích nám ukazují, že stanoviště je důležitým činitelem v rozložení a početnosti ryb či vodních bezobratlých v tocích (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.3.1 Idea posloupnosti*

Na začátku dvacátého století byla Forbesem (Forbes, 1907) a Shelfordem (Shelford, 1911) představena myšlenka posloupnosti, která korespondovala s moderní geologickou teorií. Je postavena na systematickém vývoji krajiny prostřednictvím erozních fází – „mladosti, dospělosti a stáří“. Pramenné toky byly považovány za „mladé“ a charakterizovala je vysoká energie a nevyzpytatelné chování. Mladý tok je charakteristicky prudký, má relativně přímé koryto, mnoho materiálu a je vystavován vysoké rozkolísanosti vodního režimu. Oproti tomu „dospělý“ tok má nižší sklon, meandrující koryto, méně materiálu a méně variabilní vodní režim. Idea posloupnosti byla založena na pozorování, že rozložení a početnost druhů se zvyšuje směrem k ústí toku. Byly snahy určit mechanismus rozdělení fauny napříč podélným profilem se specifickou charakteristikou na jednotlivých lokalitách, přičemž Burton a Odum (Burton, Odum, 1945) zdůraznili vliv teploty od pramene po ústí. Takže idea posloupnosti měla výrazně jednorozměrný charakter, protože se nepokoušela rozlišovat účinky teploty od účinků souvisejících se strukturou a složitostí stanovišť (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.3.2 Rozlišení stanovišť*

Studie vodních stanovišť ve dvojrozměrném měřítku se vyvíjela na základě pozorování druhů, které mají tendenci se dělit podle druhu stanoviště ve stejném typu podélného sklonu toku. Thompson a Hunt (Thompson, Hunt, 1930) ve svých raných výzkumech zjistili, že se rybí společenstva dělí podle typu stanoviště,

charakterizovaném rychlostí, hloubkou, substrátem a typem podkladu. Hubbs (Hubbs, 1941) tyto závěry doplnil o morfologické a behaviorální charakteristiky ryb žijících v potocích. Dále zmínil adaptaci ryb žijících v oblastech s vysokými rychlostmi průtoku, jako například tvar těla či rozšířené ploutve. Při studování této problematiky v 60. a 70. letech dvacátého století se tedy zjistilo, že distribuce ryb a bezobratlých není náhodná a začaly se více studovat faktory rozlišující výběr mikrohabitatu. Výsledkem jsou tři zásadní faktory mikrohabitatu a to jsou:

- reprodukční úspěšnost
- energetická výhodnost
- biotické interakce

(Stalnaker et al, 1995).

### **3.6.4 Další opory IFIM**

#### *3.6.4.1 Vodní režim*

V dnešní době máme dokonalé modely pro simulace proudění, které kombinují myšlenky z vodohospodářského stavitelství, protipovodňových opatření a stanovišť vhodných pro přežití živočichů s empiricky kalibrovanými průtoky. Hydraulické simulační programy umožňují přesné předpovědi zdvihů vodní hladiny, hloubky vody a rychlosti proudu v místech vodního sloupce a různých místech napříč korytem řeky. Také nám umožňují hodnotit trvání a načasování záplav v přechodové zóně. Režim proudění se rovněž považuje za rozhodující pro údržbu kanálu, a to jak z hlediska zachování struktury biotopů, tak i splachu jemného sedimentu ze štěrkových nebo dlážděných koryt (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.4.2 Kvalita vody*

Chemie vody, rozpuštění kyslík a teplota mohou být velice dobře předvídatelné napříč systémem říční sítě v závislosti na provozu vodních nádrží. Přičemž, při tvorbě modelů se klade důraz na plnění chemických kritérií a kritérií zachovávající veřejné zdraví (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.4.3 Potravní zdroje*

Modely vztahující se k hodnocení potravních zdrojů v říčním systému byly převážně omezeny výskytem makrozoobentosu v tocích, kde se vyskytují pstruzi či lososy (Stalnaker et al, 1995). Takovéto modely jsou založeny na rychlosti vztahů probíhajících v substrátu, který obývá vodního hmyz (Gore, Judy, 1981).

#### 3.6.4.4 Biotické interakce

Průzkum teplotních a průtokových vzorů pro dosažený průtok může poskytnout důkazy pro mechanismus dominance jednoho druhu nad ostatními. Nepříznivá teplota během rozmnožování a dospívání, nepříznivá rychlost růstu juvenilních jedinců nebo překrytí areálů během kritického období, může zvrátit rovnováhu ve prospěch jednoho druhu nad jiným. Proto je nutné studovat a vyvíjet modely založené na struktuře společenstva (Stalnaker et al, 1995).

Původní záměr pro použití metody IFIM bylo pochopení stanovištní dynamiky a simulace pro zachycené průtoky během prováděné studie. Postupy, které byly vyvíjeny vědci z The National Ecology Research Center k pomoci průzkumu prostorových a časových aspektů celistvosti vodních stanovišť, poskytly informace o sukcesi podél koryta, o rozdělení stanovišť a biotické odpovědi na náhodné procesy např. počasí (Stalnaker et al, 1995).

Distribuce vodních druhů může být rozdělena podle známých vodních organismů. Tyto analýzy vyžadují přiměřený odběr vzorků z vodního sloupce spolu s rozdělením mezohabitatů<sup>1</sup> v ohrožených částech toku. Uvnitř mezohabitatů je potřeba změřit distribuci podkladu, substrátu, hloubky a rychlosti proudu, které jsou spojeny v hydraulických simulacích. Počítačové programy tak dovolují integraci stanovištních a hydrologických dat napříč celým systémem toku k výrobě časových hydrologických řad, počtu použitelných stanovišť vhodných pro specifické druhy a jejich vývojové formy pro konkrétní období. Tyto prostorové analýzy jsou propojené s říční sítí nebo povodím (Stalnaker et al, 1995).

#### 3.6.5 Aplikace IFIM

Metoda IFIM se realizuje v pěti krocích:

1. identifikace problému
2. plánování studie
3. provedení studie
4. tvorba alternativ
5. řešení

---

<sup>1</sup>Mezohabitat: je udáván šířkou koryta, lokálním sklonem, tvarem koryta a jeho strukturou. Příkladem mezohabitatu je např. peřej, skluz, tůň, předěl atd.

Je důležité dodržovat posloupnost s narůstající komplexností projektu. Přeskočení nebo minimalizace jednotlivých kroků má za následek nevyhovující zhodnocení problémů. Také plná a otevřená komunikace je základní složkou každého kroku. Komunikace pomůže zajistit, aby všechny dotčené strany přijaly proces IFIM a měli pozitivní obraz o tom, jaké by měly být vzájemně prospěšné výsledky (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.5.1 Identifikace problému*

Tento krok má dvě části (Bovee K. et al., 1998): právní a fyzikální analýzu. Právní analýza identifikuje všechny dotčené strany, jejich obavy, informace, které potřebují a jejich vliv při rozhodovacím procesu. Tato část tedy zajistí lepší pochopení připravovaného projektu, pravděpodobné dopady a cíle všech zainteresovaných stran (Stalnaker et al, 1995).

U fyzikální analýzy rozlišujeme: lokalitu a geografický rozsah pravděpodobných fyzikálních a chemických změn v systému, největší problémy vodního zdroje spojené s příslušnými cíli managementu (Stalnaker et al, 1995).

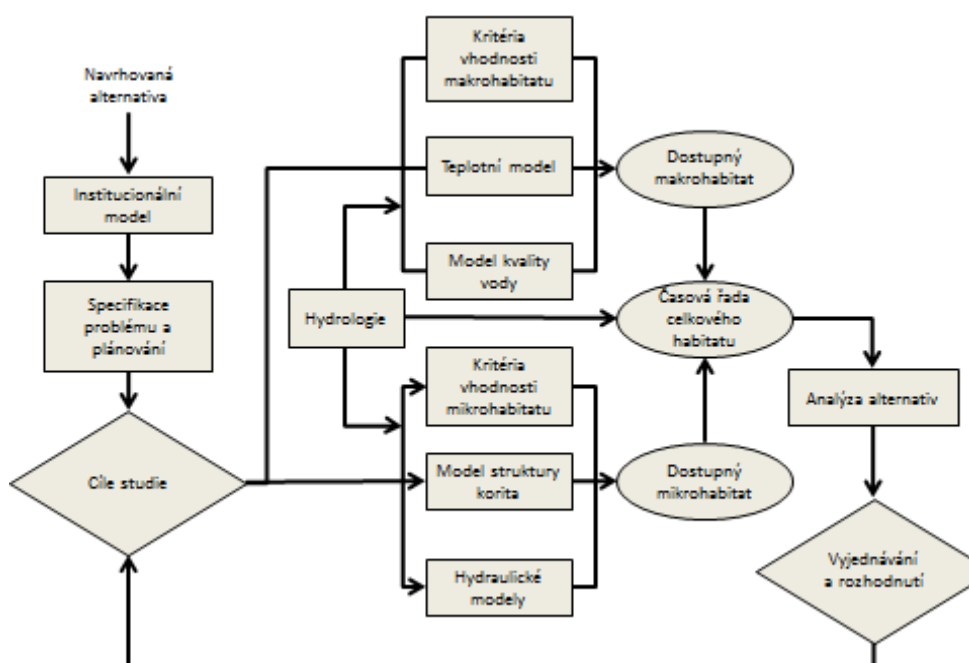
#### *3.6.5.2 Plánování studie*

Je velmi důležité pečlivě naplánovat průběh IFIM hodnocení. Tento krok je zaměřen na to, jaké informace jsou potřeba pro řešení problémů jednotlivých skupin, jaké informace již máme a jaké nové informace musíme získat. Plánování studie by měla dominovat diskuse a její výsledky by měli být stručně popsány v plánovací dokumentaci, která popíše „co, kdy, kde, jak a kolik to bude stát“. Plán studie musí být proveditelný s ohledem na rozvrh prací. Lidské a finanční vstupy musí být k dispozici. Správné plánování vede k identifikaci: časového a prostorového měřítka hodnocení, nejdůležitějších faktorů pro dosažení potřebných informací a jakou metodou budou tyto informace získány (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.5.3 Provedení studie*

Uskutečnění studie je obvykle nejzajímavější a vědecky nejnáročnější fází procesu IFIM. Tato fáze se skládá z několika po sobě jdoucích aktivit: sběr dat, kalibrace modelu, prediktivní simulace a sjednocení výsledků viz obr. č. 6. Sebraná data mohou obsahovat teplotu, pH, rozpuštění kyslík, biologické parametry, naměřený průtok, rychlost, hloubku a podklad dna. Tyto faktory se používají k vysvětlení vztahů mezi průtokem a užitečnými úkryty v toku. IFIM do značné míry spoléhá na modely, které mohou být použity pro hodnocení nových projektů nebo nových

činností v již existujících projektech. Velmi důležitá je zejména kalibrace modelu, když je pečlivě provedena, vede to ke spolehlivému odhadu vhodných stanovišť uvnitř studovaného území během simulací alternativních vodních režimů. Celkový habitat je tak spojením proměnných velkého měřítka makrohabitatů a faktorů malého měřítka mikrohabitatů. Důležitými meziprodukty této fáze studie jsou stanovištní časové řady. Tyto analýzy nám vyčlení, kolik celkového habitatu bude k dispozici, pro každé vývojové stádium každého druhu v průběhu času. Časová řada poskytuje základ, z něhož lze navrhnout alternativní managementová schémata (Stalnaker et al, 1995).



obr. č. 6: Blažková Š. et al. Hydroekologické modelování 1998

Protože jsou všechny habitatové modely založené na empirickém měření toku v korytě, vstupy jsou:

- správné pochopení pohybu sedimentu v korytě,
- dynamika koryta, která musí zahrnovat všechny analýzy časových řad.

Pokud není v korytě rovnovážná dynamika, je jí možné nahradit simulací alternativní budoucnosti, která se však musí v pravidelných intervalech upravovat. Místně specifická data pomáhají redukovat velký počet nejistot, jak biologický systém funguje a snižovat nepřesnosti malých vzorků a to tím, že používá pro prezentaci

dynamický systém proudění. Tyto data také podporují komunikaci mezi disciplínami inženýrství, zákona, ekologie a ekonomiky (Stalnaker et al, 1995).

Stejně jako měření odebraného vzorku teploty, kvality vody, hloubky a rychlosti, vzorky vodních organismů a jejich stanoviště musí být kalibrovány habitatové simulace v IFIM (Stalnaker et al, 1995).

Pokud je řádně provedena studie, výsledkem jsou spolehlivé odhady vztahů mezi průtokem a celkovým habitatem, dále dobře spočítané množství stanovišť, které jsou k dispozici (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.5.4 Alternativní analýza*

Navrhovatel vodního projektu má obvykle svoji preferovanou variantu, ostatní alternativy musí být srovnatelné. Strany rozhodovacího procesu by měli navrhnout své vlastní varianty. Fáze alternativní analýzy porovnává všechny varianty s výchozími podmínkami pro usnadnění pochopení potenciálních dopadů. Začíná se vyjednávat a vytváří se nové alternativy více kompatibilní s větším počtem cílů všech zúčastněných stran (Stalnaker et al, 1995).

#### *3.6.5.5 Řešení problémů*

Uvedením několika alternativ, které byly pečlivě zhodnoceny a nakonec vybrat tu „správnou“, to je poslední výstup této metody: řešení problému. Obvykle to není tak jednoduché, protože IFIM negarantuje jediné nejlepší řešení. Optimální řešení bývá nalezeno zřídka, protože: biologické a ekonomické hodnoty nejsou srovnatelné, data a modely nejsou nikdy dokonale perfektní, lidé mohou dojít k různým závěrům atd. IFIM pomáhá formulovat a hodnotit varianty, přičemž pořád spoléhá na profesionální úsudek mezioborového týmu odborníků. Tento tým musí spojit své znalosti, pochopení daných problémů se svými rozhodnutími o biologických zdrojích a sociálních potřebách a dohodnout řešení, což znamená najít rovnováhu mezi konflikty sociálních hodnot (Stalnaker et al, 1995).

Ačkoli IFIM zahrnuje fázi řešení problému, mnoho projektů nabízí možnost dalšího vzdělávání všech zúčastněných stran. Protože modely a výsledky jsou ze své podstaty neúplné a nedokonalé, je třeba zvážit v případě potřeby, po projektový monitoring a hodnocení se záměrem vývoje a přizpůsobení managementu. Cílem je zajistit zachování nebo posílení přírodních zdrojů (Stalnaker et al, 1995).

### 3.6.5.6 *HQI (Habitat Quality Index)*

HQI metoda byla vyvinuta jako nástroj pro hodnocení rybního habitatu, též se používá k posouzení vlivu změny habitatu na cílový druh. HQI je schopna podpořit doporučení ohledně průtoků, prostřednictvím popisu změn v populaci cílového organismu (rybního) za různě vysokých průtoků. Tento index je jednoduchou pomůckou k podpoře říčního systému z hlediska dosažení nosné kapacity populace studovaného organismu (Binne, 1982).

Studie k vytvoření indexu se provádí většinou během pozdního léta. V prostoru vodoteče vyznačíme minimálně deset rovnoměrně rozložených úseků. V zásadě se jedná o vyznačení typických úseků, které jsou popsány i v této práci. V těchto místech měříme šířku, podklad, rychlost vody a břehovou erozi. Dále jsou sbírány vzorky vody, pro pozdější rozbor dusičnanů. V některých případech se sbírá i bentos (rybní potrava), který se uchovává pro pozdější analýzy četnosti a diverzity. Před ukončením terénního sběru dat ještě zhodnotíme průtok v daném období, variace průtočnosti vody během roku a maximální dosaženou hodnotu teploty vody během letní sezóny s atributy substrátu (Binne, 1982).

Po návratu z terénu, zajistíme ostatní data např. záznamy z měrných stanic. Každý atribut HQI analýzy je dosazen do společné tabulky se standardizovanými kritérii. Tento výstup se vloží do potřebného vzorce HQI a následně je vypočteno HQI scóre. Klíčem k rychlému hodnocení toku pomocí HQI analýzy, je dobrá znalost této metody (Binne, 1982).

### 3.6.5.7 *RHABSIM*

The Riverine Habitat Simulation je v zásadě upravená verze softwaru PHABSIM, který je v této práci detailněji popsán a použit k hodnocení vhodných ekologických průtoků pro makrozoobentos Únětického potoka. Je pravdou, že program PHABSIM používá k modelování celou řadu programů, které tvoří vlastní systém. RHABSIM byl vyvinut ke snížení nenahlášených chyb v simulacích, které provádí konkurenční program PHABSIM a ke zjednodušení celého systému. Modelovací procesy by měli být logičtěji organizovány a to od zadávání vstupních dat, přes nahlašování chyb, až po hydraulické či habitatové simulace (Payne & Associates, 1994-1998).

## 3.6.6 **Základní popis programu PHABSIM**

Modely mikrohabitatové simulace se souhrnně nazývají PHABSIM (Physical Habitat Simulation System). Jedná se o simulace změny habitatu v závislosti na změnách

průtoku. PHABSIM je jedním z nástrojů metody IFIM, jak již bylo popsáno v předchozí kapitole. PHABSIM se skládá ze tří částí: struktury koryta, hydraulické simulace a dostupnost habitatu. Struktura koryta obsahuje několik charakteristik, které se nemění s průtokem (mohou se ale měnit v dlouhodobém časovém měřítku). Příkladem takové stabilní charakteristiky koryta je plocha nivy. Hydraulickými proměnnými jsou: pohyb vodní hladiny, hloubka, rychlost, omočený obvod a substrát a jeho rozložení v korytě. Kritéria dostupnosti habitatu jsou definována jako rozsah různých hloubek a rychlostí, stejně jako typ podkladu a substrátu, který je důležitý pro cílové druhy a jejich životní stadia (Bovee et al., 1998).

Data se sbírají podél celého toku. Kde budou místa odběru a v jakém detailu se se bude měřit, je obvykle stanoveno v kroku plánování studie viz obr. č. 7. Míra detailu posuzování toku je charakterizována:

- makrohabitem
- mezohabitem
- mikrohabitem

Pro měření si vybereme několik „charakteristických úseků“, tak abychom ideálně postihly všechny typické aspekty studovaného toku. Tento výběr se zpravidla provádí rekognoskací. Takové „charakteristické úseky“ jsou často delší, než je šířka koryta (běžně 10-15 šířek koryta) a obsahují některé nebo všechny mezohabitátové a mikrohabitatové typy uvnitř celého toku. Mezohabitátové typy jsou udávány šířkou koryta, lokálním sklonem, tvarem koryta a jeho strukturou. Příkladem mezohabitátu je peřej, skluz, tůň, předěl atd (Bovee et al., 1998).

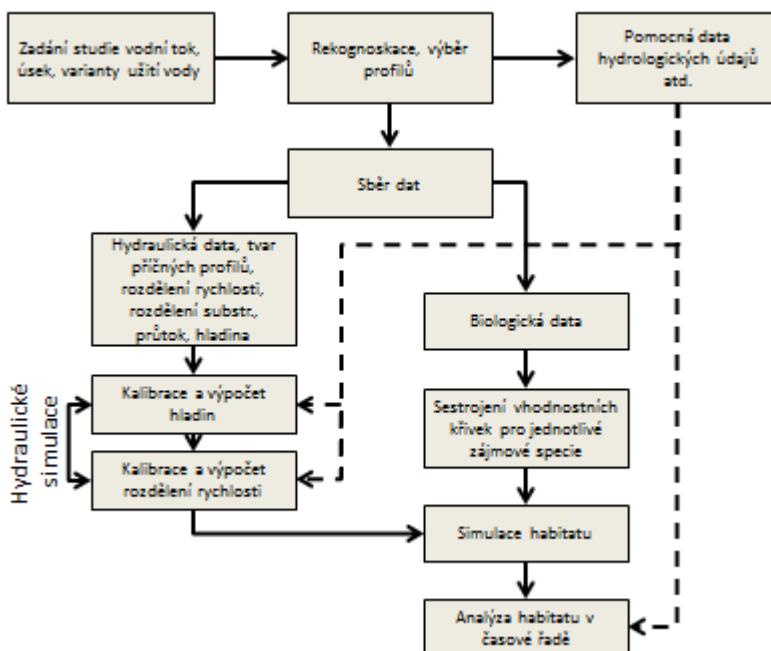
Mikrohabitaty jsou relativně homogenní místa, která jsou v měřítku konkrétních aktivit živočišných druhů, jako je například místo vhodné pro krmení či tření (u ryb).



Koncepční model PHABSIM zobrazuje úsek (který je reprezentován v rozsahu mezohabitatových typů) mozaikou buněk. Délka a šířka buněk je rozdělena na místě. Každá buňka má unikátní kombinaci:

- plochy
- hloubky
- rychlosti proudu
- substrátu
- dostupnost habitatu

(Bovee et al., 1998).



obr. č. 7: Mattas D. Přírůstková metodologie proudění v toku 1998

Tyto parametry se měří ve svislicích příčného profilu uvnitř buněk. Hodnoty tohoto měření jsou platné pro celou buňku. Mozaika buněk pak poskytuje obraz o tom, jak vypadá životní prostředí toku. Převod této mozaiky do odhadu mikrohabitatu v jednotlivých průtocích a kritéria dostupnosti habitatu použijeme pro definování **indexu vhodnosti** (křivka vhodnosti) pro hloubku, rychlost a typ substrátu v každé buňce pro jednotlivá životní stadia druhů. Index je vyjadřován v rozmezí 0 až 1. Když je index vynásoben plochou buňky, získáme váženou hodnotu jedné buňky. Součtem vážených hodnot buněk dostaneme výsledek, který se nazývá **vážená využitelná plocha (WUA)** (Caletková, 2004).

$$WUA = \int A f(v,d,c_i) dA$$

Kde:

- WUA - habitat v korytě,
- dA – přírůstková plocha,
- v - rychlost,
- d - hloubka,
- c<sub>i</sub> - index koryta (kombinace indexu substrátu a podloží),
- f- vážená funkce (pro rychlost hloubku a index koryta)

(Milhous , 2008).

Vážená využitelná plocha se počítá pro každý průtok hydraulické simulace pro každý cílový druh a jeho životní stadium. Výpočet vážené využitelné plochy je typickým výstupem PHABSIM analýzy. Umožňuje posoudit vztah mezi průtokem a mikrohabitatem pro každý cílový organismus. Jednotlivé podmínky mikrohabitu jsou charakterizovány jako křivky vhodnosti (Caletková, 2004).

#### *3.6.6.1 Programy pro hydraulické simulace*

##### **Program MANSQ**

Tento program modeluje výpočet hladiny v závislosti na průtoku. Pro výpočet hladiny používá Manningovu rovnici. Profily řeší zcela odděleně, bez závislosti na vedlejších profilech. Vzhledem ke skutečnosti, že měřené profily mezi sebou nemají žádnou vazbu, lze tento program použít pouze pro odhad konsumpční křivky (hladina x průtok) (Matas, 1998).

##### **Program WSP**

WSP počítá podélný profil hladin ve zvoleném úseku při daném průtoku (Matas, 1998). Používá se i pro rozdělení rychlostí ve svislicích v každém profilu. WSP je založen na metodě výpočtu ustáleného nerovnoměrného pohybu v úsecích toku, omezenou na výpočet proudění říčního. Lze zde použít součinitele drsnosti proměnného a to jak po délce, tak i šířce koryta. Součinitel drsnosti pak může být korigován na velikost průtoku (Matas, 1998).

Pro výpočet svislicových rychlostí je potřeba navíc optimalizovat rozdělení drsnosti v jednotlivých profilech, aby bylo dosaženo shody se zaměřeným rozdělením rychlostí (Matas, 1998).

### **Program STGQ**

V tomto programu se počítá rozdělení rychlostí v příčném profilu nebo průběh hladin. Program STGQ lze použít v případech, kde jsou profily ovlivněny vzdušným tlakem. Tato situace nastala i v případě Únětického potoka, proto byl pro simulace hladin použit tento simulační model.

Výpočet průběhu hladin je podle vztahu pro určení empirické konsumpční křivky:

$$Q = a \cdot (h - h_0)^b$$

Kde:

- $h$  - vodní stav,
- $h_0$  - vodní stav při  $Q = 0$ ,
- $a, b$  - jsou empirické konstanty

(Mattas, 1998)

### **Program VELSIM**

VELSIM simuluje rozdělení rychlostí v příčném profilu pro požadované průtoky. V každé buňce se simuluje bodová rychlost a to na základě průtoku, který je zvolen. Podle naměřených rychlostí spočítá program z Manningovi rovnice součinitel drsnosti  $n$  pro každou buňku. Součinitel je následně použit pro simulaci rychlostí ve zvolených průtocích (Caletková, 2003).

Jestli simulace proběhla úspěšně lze posoudit, podle tzv. VAF indikátoru (Velocity Adjustment Factor). VELSIM z nasimulovaných rychlostí znovu spočítá průtoky. Čím přesnější data tedy máme, tím menší je odchylka mezi simulovaným a naměřeným průtokem. VAF faktor posléze opraví nasimulované rychlosti z pohledu zákona zachování hmoty a energie (Caletková, 2003).

#### *3.6.6.2 Programy pro simulace habitatu*

Jako míru dostupného habitatu PHABSIM používá WUA (váženou využitelnou plochu viz výše).

### **Program HABTAE**

„Program simuluje plochy nebo objemy, nebo plochy dna mikrohabitatu nebo váženou využitelnou plochu nebo objem na základě kombinovaného indexu vhodnosti určeného z křivek vhodnosti pro střední svislicové rychlosti, hloubky a substrátu dna v jednotlivých buňkách“ (Mattas, 1998). Slouží pro popis neomezeně pohyblivých organismů (Mattas, 1998).

### **Program HABTAV**

Slouží k simulaci plochy mikrohabitatu nebo WUA podmínek definovaných v programu HABTAE, k tomu přilehlé rychlosti ve vedlejších buňkách. Dalším kritériem simulace je blízkost buňky k přilehlé rychlosti. Používá se k simulaci stanovišť pro přijímání driftem unášené potravy (Mattas, 1998).

### **Program HABTAM**

Simulace se provádí na základě trvání vhodných podmínek v určité vzdálenosti od každé buňky. Popisuje organismy s omezenou možností pohybu (Mattas, 1998).

#### **3.6.7 Organismy v tocích**

Sběr bentických organismů je pro posuzování toku přírůstkovou metodou klíčový. Nemusí jít nutně o bentos, metodu můžeme použít i pro jiné živočišné druhy např. ryby, pro které byla tato metodika primárně vytvořena.

Makrozoobentos má mnoho výhod pro hodnocení toku:

- organismy jsou poměrně dobře determinovatelné
- odběrové metody jsou standardizované
- vyskytují se v tekoucích vodách
- jejich ekologie je známá
- mají nízkou pohyblivost – stálí obyvatelé habitatu
- lze zachytit zástupce různých trofických úrovní
- dostatečně dlouhý životní cyklus
- dobrá reakce na stres a zhoršené podmínky
- rychlé znovuosídlení vhodných stanovišť

(Kokeš, Vojtíšková, 1999).

Mezi nevýhody patří sezónní změny výskytu a např. silná závislost na složení substrátu.

Vodní toky jsou obecně prostředím pro život mnoha organismů, které jsou s ním do různé míry svázány. Proto nepříznivé působení na jednu složku vodoteče, může mít za následek změny v jiných složkách. Tyto změny mohou ovlivnit kvalitu vody, kolísání průtoků, inženýrské úpravy, stavy organismů v toku atd.

V této souvislosti je zavedený pojem: „Minimální zůstatkový průtok: množství vody, které je nutno ponechat ve vodním toku za účelem udržení jeho základních ekologických funkcí“ (Bernardová, Mrázek, 1995).

## 4. Metodika

Metodiku této práce lze rozdělit do 4 částí:

- Rekognoskace-mapování terénu
- Sběr hydraulických dat
- Sběr biologických dat
- Úprava a vyhodnocení dat

### 4.1 Rekognoskace

Rekognoskace je průzkum terénu. V tomto případě se jedná o terénní průzkum Únětického potoka. Průzkum byl proveden obchůzkou celé trasy potoka od ústí směrem k prameni a výběrem typických úseků. Charakteristické úseky pro sběr dat byly vybrány 4. Každý charakteristický úsek by měl dosahovat délky sedminásobku šířky toku nebo 50 m (Kokeš, Vojtíšková, 1999). V každém typickém úseku jsem vybrala 2-3 měrné příčné profily tzv. odběrové úseky pro sběr dat. Tyto úseky zastupují variabilitu hlavních geomorfologických, hydraulických a ekologických rysů Únětického potoka a v těchto místech byl proveden sběr všech potřebných dat.

### 4.2 Sběr hydraulických dat

Pro tuto práci bylo naprosto klíčové měřit průtoky v korytě Únětického potoka za různých vodních stavů. Software PHABSIM může vytvořit předpovědi hloubky a rychlosti proudění v jednotlivých buňkách. Pro kalibraci těchto modelů je nutné získat data o rychlostech průtoku, substrátu, hloubce a dostupných habitatech. Tyto data získáme terénním měřením. Data musí být sesbírána opravdu precizně, v případě nekonzistentních dat nepůjde PHABSIM zkalibrovat a nebude možné v něm nadále modelovat. Program umí počítat pouze s průtoky vyššími než 0,01 m<sup>3</sup>/s. To sebou nese omezení v modelaci minimálních ekologických průtoků, zvláště pro druhy vázané na nízké průtoky.

Měření provádíme vždy ve stejných příčných profilech, které by měly být kolmé k proudnici. V jednotlivých typických úsecích jsem si stanovila 2 nebo 3 příčné profily. V každém úseku by měly být minimálně dva měrné profily. Všechny měrné profily byly dobře označeny, aby se v průběhu času měřilo stále ve stejných místech.

#### 4.2.1 Tvar příčných profilů

Tvar příčných profilů jsem stanovila pomocí nivelace. Profil koryta byl měřen ve svislicích, kterých bylo v každém měřeném úseku okolo 15. Svislice by od sebe neměly být příliš vzdáleny, tato práce se pohybovala v distancích okolo 50 cm. Je potřeba brát v úvahu výrazné nerovnosti sklonu koryta v příčném směru, ale i předměty uvnitř koryta např. spadlý kmen či velký balvan. Proto nejsou vzdálenosti svislic ve stejných číselných rozmezích. Vzdálenost svislic jsem měřila pomocí pásma.

#### 4.2.2 Měření průtoků

Veškeré průtoky byly měřeny pomocí hydrometrické vrtule. Výběr počtu bodů pro měření bodových rychlostí je určen pomocí hloubky  $h$  ( $h < 0,25$  m → jednobodová metoda,  $0,25$  m  $< h < 0,5$  m → dvoubodová metoda,  $h > 0,5$  m tří a vícebodová metoda). Počet měrných svislic je stanoven podle šířky toku  $l$  ( $l < 0,5$  m → 3 svislice,  $1 < l < 3$  m → 5-8 svislic,  $3$  m  $< l < 6$  m → 8-12 svislic,  $l > 6$  m → více jak 12 svislic). Přesný počet svislic se určuje s ohledem na tvar koryta. Měření průtoků pomocí hydrometrické vrtule spočívá v měření proudění vody a zjišťováním údajů pro výpočet plochy průtočného profilu. To znamená měření hloubek a vzdáleností mezi svislicemi po šířce toku. Měrný profil se umísťuje v úsecích s:

- volnou, přímou tratí, v rovném úseku
- pravidelným, souměrným korytem
- pravidelným prouděním v celém profilu, kde je směr proudění kolmý k měrnému profilu
- dostatečnou hloubkou pro úplné ponoření hydrometrické vrtule

(Kříž, 1988).

Pak bylo provedeno vlastní měření v režimu počet otáček/30 s. Prakticky ve všech profilech se jednalo o jednobodové měření.

Výpočet průtoky se provádí podle rovnice:

$$Q = S_i \cdot v_i$$

$Q$  = průtok v  $m^3/s$

$S_i$  = obsah jednotlivých ploch v  $m^2$

$v_i$  = rychlost proudění v jednotlivých svislicích v  $m/s$

Průtočná rychlost se vypočítá podle rovnice:

$$v = \alpha + \beta n$$

$v$  = průtočná rychlost

$\alpha, \beta$  = konstanty (uvedené v kalibračním protokolu, jenž je součástí hydrometrické vrtule)

$n$  = počet otáček za 1 sekundu

(Mattas, 2001).

#### 4.2.3 Popis substrátu dna

Popis substrátu dna je důležitý faktorem pro tvorbu Manningova součinitele drsnosti  $n$ , dále je nutný pro tvorbu křivek vhodnosti pro bentické organismy. V případě křivek vhodnosti jsem si vytvořila vlastní tabulku, kde jsem určitému typu substrátu přidělila číslo.

Označení kategorie	Popis
1	jíl jíl + jemný písek jíl + kořeny + listí
2	velmi jemný písek velmi jemný písek+ jíl velmi jemný písek + jíl + listí jemný písek
3	hrubý písek
4	hrubý písek + vlásečnice hrubý písek + kořeny
5	kamenná dlažba + jíl kamenná dlažba + jíl + písek kamenná dlažba + jíl + písek + listí
6	štěrk jemný + písek jemný štěrk střední + písek jemný štěrk střední
7	štěrk hrubý štěrk hrubý + písek jemný
8	oblázky malé balvany malé
9	balvany velké

tab. č. 1: Popis substrátu dna



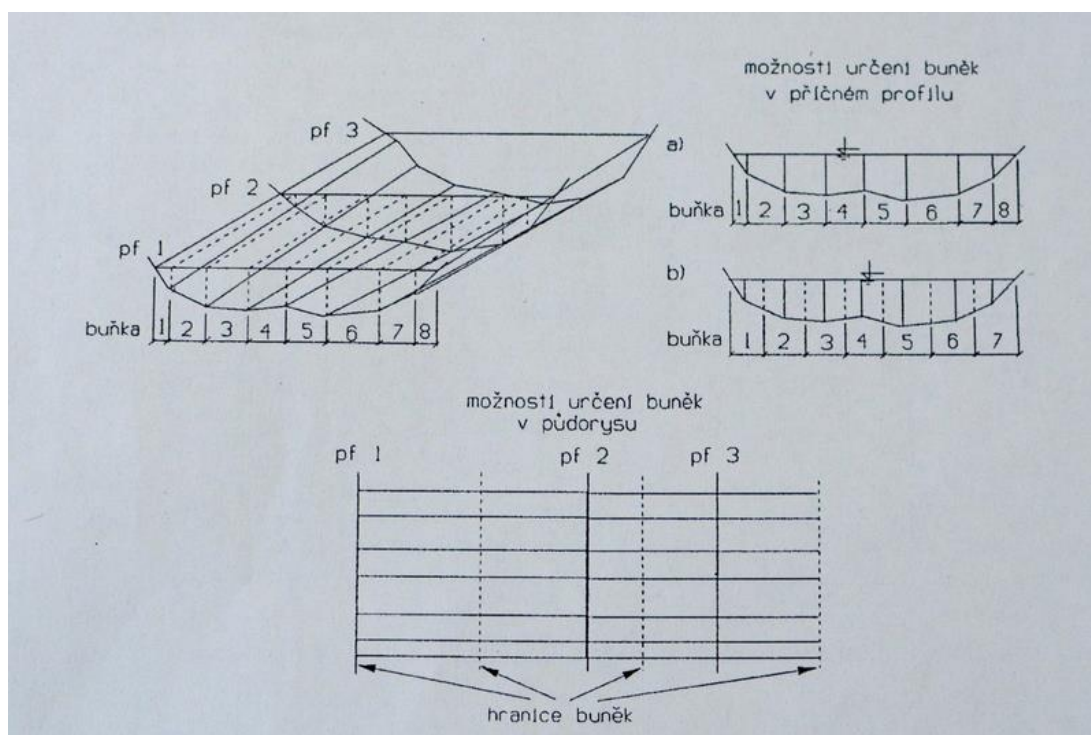
#### 4.2.4 Sklon a nadmořská výška

Pomocí nivelace jsem měřila podélný sklon koryta v měrném profilu a to pomocí svislic nad a pod příčným profilem. Je to jeden z klíčových faktorů zadávání dat do programu PHABSIM spolu s nadmořskou výškou. Nadmořská výška se určila podle přesných GPS souřadnic, stanovených v měrném profilu.

### 4.3 Biologická data

#### 4.3.1 Sběr bentosu

Pro program PHABSIM byla provedena kvantitativní analýza makrozoobentosu Únětického potoka. Analýza slouží k zjištění počtu jedinců jednotlivých taxonů na jednotku plochy v dané lokalitě. Tato metoda je časově poměrně náročná (Kokeš, Vojtíšková, 1999). Všechny vybrané příčné profily rozdělíme do buněk viz obr. č. 8. V každé buňce je měřena průtoková rychlost a hloubka, zaznamenán typ substrátu atd., jak je již popsáno v kapitole sběr hydraulických dat. Zároveň v každé buňce odebereme vzorek makrozoobentosu. Vzorky odebíráme při každém měření vodního stavu.



obr. č. 8: Mattas et al., 1998

Pro sběr vzorků se používá ruční síť (ČSN 757701), která se skládá z rukojeti a rámu. V našem případě byl použit trojúhelníkový rám. Vlastní odběr se provádí

v souladu s ČSN 757701. Ruční síť je postavena na dno a to je před ní rozrýváno nohou (kick sampling). Uvolněné organismy jsou splavovány proudem vody do sítě. Přisedlé organismy je potřeba kontrolovat prohlížením kamenů a jejich omytí rukou (Kokeš, Vojtíšková, 1999).

#### **4.3.2 Zpracování vzorků**

Vzorky se na odběrné lokalitě fixují a konzervují:

- 4% formaldehydem
- Etanolem, pokud jsou ve vzorcích organismy s vápenatými schránkami (měkkýši, koryši,...)

V našem případě byl použit etanol. Všechny vzorky se dále odvezou do laboratoře, kde se organismy třídí.

Ideální je organismy v laboratoři zpracovávat postupně po každém odběru. Toto je jedna z časově nejnáročnějších operací, ne-li úplně nejnáročnější. Každý vzorek je nutné promýt čistou vodou a odstranit z něj veškeré nečistoty (písek, větvičky, listí,...). Pro každý vzorek tak získáme nádobu plnou bentických organismů (v našem případě v řádu desítek jedinců). Ty se musí determinovat (ideálně rovnou na místě, nebo pečlivě roztřídit a determinovat později) a sečíst veškerý počet jedinců od každého taxonu a zapsat do tabulky viz příklad tab. č. 2.

Výsledkem této práce je taxonomický přehled všech organismů, které vzorky obsahují a jejich počet pro každou buňku měrného profilu, pro všechna měřená období (v našem případě červen, červenec, srpen a říjen). Tyto data + hloubka, rychlost a substrát jsou základem tvorby křivek vhodnosti viz kapitola PHABSIM. Křivky vhodnosti tvoří základní data v biologické části simulací PHABSIMU.

**Profil: Roztoky, Maxmiliánka 1**

Druh	Buňka						
	A	B	C	D	E	F	G
<i>Gammarus fossarum</i>	34	21	9	7	5	4	8
<i>Beatis rhodani</i>	21	14	3	8		1	5
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	19	21	3	5	12	8	13
<i>Erpobdella octoculata</i>	1						
<i>Dugesia polychroa</i>	3	2				3	
<i>Elmis maugetii</i>							
<i>Crunoecia irrorata</i>							
<i>Sphaerium rivicola</i>							
Proměnné pro křivky vhodnosti	Buňka						
	A	B	C	D	E	F	G
Rychlost	0,5162	0,0891	0,7722	0,8067	0,7666	0,7986	0,6007
Hloubka	125	190	195	225	240	185	135
Substrát	2	4	6	8	8	2	1

tab. č. 2: Tabulka počtu jedinců v jednotlivých buňkách pro profil Roztoky, Maxmiliánka 1 za měsíc červen

### 4.3.3 Tvorba křivek vhodnosti

Křivky vhodnosti viz obr. č. 19 jsou definovány vztahem četnost určitého druhu k mikrohabitatu (hloubka, rychlost proudění, substrát/možnost úkrytu). Jednotlivým buňkám jsou přiřazeny váhy habitatu  $n_i/n_{max}$ , které mají relativní hodnotu 0-1. Pro každý druh či životní stádium se musí určovat křivky vhodnosti zvlášť (Caletková, 2004).

Aby měly křivky vypovídající hodnotu, je nutné dodržet podmínku podle Midcontinent Ekological Sciences Centre (Caletková, 2004): musí být odebráno alespoň 100 kusů každého druhu a daného životního stadia (Ritchie, 2000).

## 4.4 Zadání dat do PHABSIMU

Zadávání sesbíraných a zpracovaných dat do PHABSIMU probíhá ve čtyřech krocích:

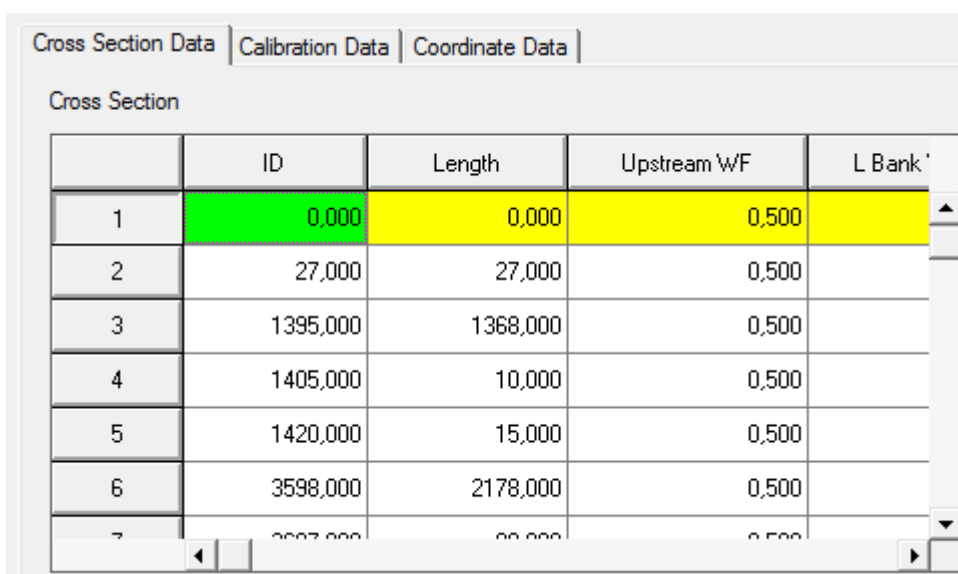
- Cross section data
- Suitability curves
- Discharges
- Project description

#### 4.4.1 Cross section data (Informace o příčném profilu)

Do této sekce se zadávají veškerá hydraulická data a to pro každý měrný profil viz obr. č. 9. Zadáme označení profilu, jeho vzdálenost od dalšího profilu, hranici nulového průtoku (Stage of zero flow – výška hladiny v korytě, při které přestává voda proudit) (USGS, 2001), Manningův drsnostní součinitel (jestliže ho známe), sklon, podélný vážený faktor (Weighting factor - hodnota, která váží povrchovou plochu nebo objem jako hodnotu habitatu) (USGS, 2001), faktor ohybu pravého a levého břehu a beta koeficient pro program MANSQ (jestli ho známe).

Dále se zadávají kalibrační data viz obr. č. 10, kde se doplní výška vodní hladiny pravého a levého břehu nebo uživatelem zvolená výška hladiny. Nezbytností je doplnit celkový průtok ve studované oblasti a dílčí průtoky v každém profilu.

Poslední sérií v této sekci jsou coordinate data viz obr. č. 11 pro každý profil, kde se stanoví tvar koryta a svislicové rychlosti v každé měřené buňce, za všechna měrná období.



	ID	Length	Upstream WF	L Bank
1	0,000	0,000	0,500	
2	27,000	27,000	0,500	
3	1395,000	1368,000	0,500	
4	1405,000	10,000	0,500	
5	1420,000	15,000	0,500	
6	3598,000	2178,000	0,500	
7	3607,000	22,000	0,500	

obr. č. 9: PHABSIM příklad Cross Section Data

Cross Section Data		Calibration Data	Coordinate Data	
Calibration Sets for Cross Section: 0.000				
	Left WSL	Right WSL	User WSL	Best Es
1	0,000	0,000	0,170	
2	0,000	0,000	0,210	
3	0,000	0,000	0,240	
4	0,000	0,000	0,250	

obr. č. 10: PHABSIM příklad Calibration Data

Cross Section Data		Calibration Data	Coordinate Data	
Cross Section	0.000	Number of coordinates: 17		
	X	Y	Z	Cl
1	0,000	0,000	1,390	
2	0,340	0,000	1,195	
3	0,740	0,000	0,870	
4	1,140	0,000	0,675	
5	1,440	0,000	0,240	
6	1,840	0,000	0,150	
7	2,340	0,000	0,120	
8	2,740	0,000	0,060	

obr. č. 11: PHABSIM Příklad Coordinate Data

#### 4.4.2 Suitability curves (Křivky vhodnosti)

Zde se doplní křivky vhodnosti pro všechny studované živočichy a jejich životní stádia. Křivky jsou vytvořeny pro rychlost, hloubku a substrát viz obr. č. 12

Curve ID:

Species:

Life Stage:

Curve Type:

- Velocity
- Depth
- Channel Index
- Temperature

Velocity Data

Number of points: 21

	Velocity	S
1	0,000	
2	0,050	
3	0,100	
4	0,150	
5	0,200	
6	0,250	

< ID >

Graph

Close

obr. č. 12: PHABSIM Příklad pro zadávání Suitability curves

#### 4.4.3 Discharges (Průtoky)

V této sekci se automaticky vyplní průtoky zadané v sekci cross section data pro celý tok v daném období a doplní se o průtoky, pro které chceme provádět simulace viz obr. č. 13.

Enter simulation discharges into the table. Calibration discharges are in gray and are added automatically when entered into the calibration data table.

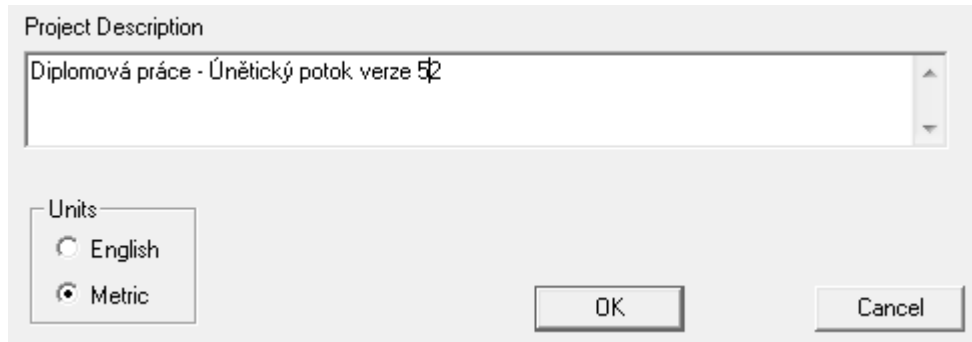
	Discharge
1	0,020
2	0,030
3	0,040
4	0,050
5	0,060
6	0,070

Close

obr. č. 13: PHABSIM Příklad pro zadávání Discharges

#### 4.4.4 Project description (Popis projektu)

V této sekci se zadává slovní popis projektu a volí se měrná soustava (metric vs. English) viz obr. č. 14.



The image shows a dialog box titled "Project Description". It contains a text input field with the text "Diplomová práce - Únětický potok verze 52". Below the text field, there is a section labeled "Units" with two radio buttons: "English" (unselected) and "Metric" (selected). At the bottom right of the dialog box, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

obr. č. 14: PHABSIM Příklad zadávání Project description

## 5. Charakteristika studijního území

### 5.1 Únětický potok a jeho okolí



obr. č. 15: mapa Únětického potoka

Únětický potok byl dříve nazýván Stativnice. Jeho délka je přibližně 15 km a jeho povodí má rozlohu skoro 45 km<sup>2</sup>. Průměrný průtok se pohybuje okolo 0,10 m<sup>3</sup>/s ( $Q_r$ ), při stoleté vodě může dosahovat i 22 m<sup>3</sup>/s ( $Q_{Md}$ ) (Město Roztoky, 2015).

Únětický potok má dvě zdrojnice:

- Kopaninský potok, který protéká Přední Kopaninou.
- Únětický potok, který pramení v Kněževsi.

Tyto vodoteče se spojují mezi Tuchoměřicemi a Statenicemi a jsou zhruba stejně velké. Další významnější přítok se nachází až u Spáleného Mlýna a jmenuje se Horoměřický potok.

Dříve byla voda v potoce velmi znečištěná, hlavními zdroji znečištění byly: letiště Václava Havla a obce Černý vůl, Kněževes a Únětice, ale také zemědělci a místní podniky. V dnešní době je situace výrazně lepší. Tuchoměřice a Přední Kopanina postavily vlastní čistírny odpadních vod. Zemědělství v okolí je šetrnější. Část odpadních vod ze Suchdola a Únětic je kanalizací svedena do čistírny v Roztokách a odkanalizováno bylo i Tiché údolí. Velký problém dle mého úsudku stále představuje především letiště, kde byl již několikrát zaznamenán únik toxických látek z rozmrazovacích směsí do potoka a nárazové vysoké průtoky dešťové vody, vzniklé velikostí nepropustné plochy letiště (Město Roztoky, 2015).



### **5.1.1 Geologie**

Geologická stavba oblasti Únětického potoka je tvořena v Roztocké části převážně břidlicemi a droby s vložkami silicitů. Mezi obcemi Černý Vůl, Statenice a Tuchoměřice se nachází terestrické sladkovodní až marinní jílovce, prachovce, pískovce, slepence dále pak vápnité jílovce, slínovce, méně jílovité vápence. V Kněževsi jsou opět břidlice a droby.

### **5.1.2 Pedologie**

V úseku Roztoky – Černý vůl se nachází nivní glejová půda na středních nekarbonátových uloženinách. Od Statenic do Kněževse je to černice na středních nekarbonátových uloženinách.

## **5.2 Chráněné lokality v zájmovém území**

### **5.2.1 Roztocký háj – Tiché údolí**

Lokalita se nachází v dolní části Únětického potoka, mezi Roztoky a Suchdolem.

#### *5.2.1.1 Geologie*

„Holý vrch spolu s Kozími hřbety je tvořen morfologicky vystupujícími proterozoickými silicity (buližníky), v Žalovské rokli jsou pleistocénní spraše. Proterozoické droby a prachovce, ovlivněné kontaktní metamorfózou skrytého povltaského plutonu, jsou odkryty spolu s paleozoickými žilnými vyvřelinami zejména ve Velkém lomu“ (Geologické lokality, 2015).

#### *5.2.1.2 Ochrana*

Přírodní rezervace vyhlášena v roce 1951. Předmět ochrany: Botanika, geomorfologie (přirozené koryto potoka, krajinářské hodnoty), geologie a petrologie proterozoika (Geologické lokality, 2015).

### **5.2.2 Údolí Únětického potoka**

Lokalita se nachází v údolí Únětického potoka severozápadně od Suchdola a mezi Kozími hřbety.

#### *5.2.2.1 Geologie*

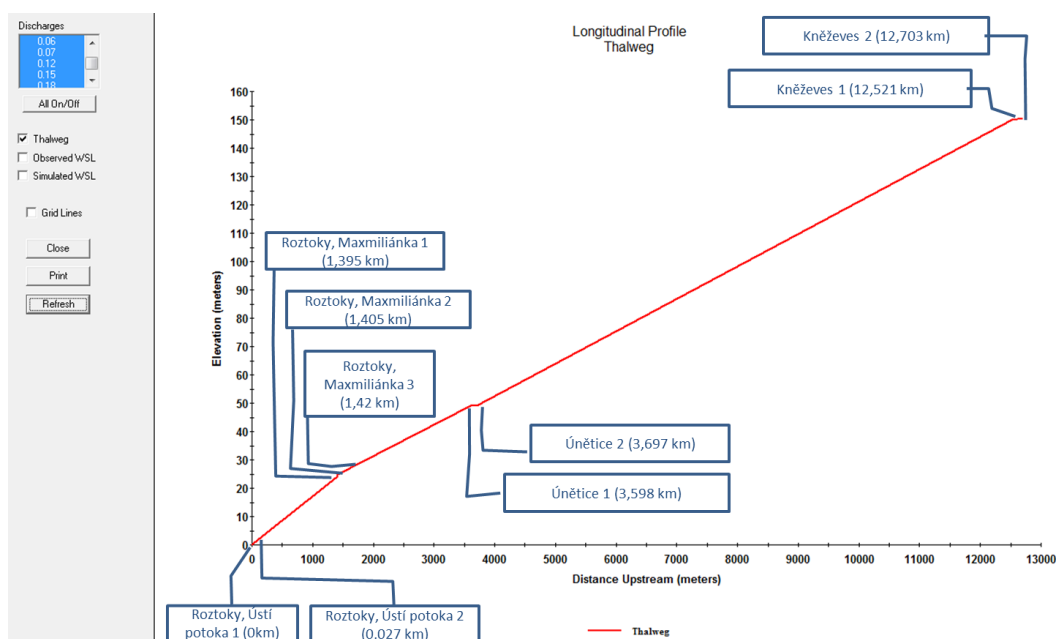
„Ve svazích údolí vystupují proterozoické břidlice a silicity (buližníky), které tvoří výrazný strukturní hřeben Kozích hřbetů a Holého vrchu s epigenetickým údolím Únětického potoka“ (Geologické lokality, 2015).

### 5.2.2.2 Ochrana

Přírodní rezervace vyhlášena v roce 1988. Předmět ochrany: Geomorfologicky cenné území (Geologické lokality, 2015).

## 5.3 Vybrané charakteristické úseky a jejich popis

### 5.3.1 Přehled charakteristických úseků



obr. č. 16: Podélný profil koryta s vyznačením jednotlivých úseků

Charakteristické úseky byly po úvodní rekognoskaci vybrány 4 viz obr. č. 16. a tab. č. 3 v každém charakteristickém úseku byly 2-3 měrné profily, ve kterých jsem prováděla měření průtoků a hloubek a také sběr vzorků. Do simulací v softwaru PHABSIM se nakonec dostaly 3 charakteristické úseky se 7 měrnými profily. Protože se při kalibraci rychlostí v programu VELSIM ukázalo, že PHABSIM neumí simulovat výrazně odlišné úseky (morfoložicky, hydraulicky a biologicky) v jednom modelu (simulaci). Bohužel je to případ charakteristického úseku 3 a 4 (Únětice a Kněževés).

Číslo charakteristického úseku	Číslo měrného profilu	Jméno měrného profilu	Zahrnuto v simulacích
1	1	Roztoky, Ústí potoka 1	Ano
	2	Roztoky, Ústí potoka 2	Ano
2	3	Roztoky, Maxmiliánka 1	Ano
	4	Roztoky, Maxmiliánka 2	Ano

Číslo charakteristického úseku	Číslo měrného profilu	Jméno měrného profilu	Zahrnuto v simulacích
	5	Roztoky, Maxmiliánka 3	Ano
3	6	Únětice 1	Ano
	7	Únětice 2	Ano
4	8	Kněževes 1	Ne
	9	Kněževes 2	Ne

tab. č. 3: Přehled charakteristických úseků a měrných profilů Únětického potoka

Zjištění, že nepůjde simulovat všechny charakteristické úseky v jednom modelu, přišlo v závěrečné fázi zpracování této diplomové práce. Nebylo tedy možné přidat další měrné profily, které by pomohly nasimulovat pramennou část toku. Dva měrné profily jsou pro simulace a následná doporučení opravdu málo, a proto tato část Únětického potoka nemohla být zahrnuta do simulací v této diplomové práci. Odnáším si z této skutečnosti ponaučení: rekognoskace terénu je naprosto klíčová pro správné zpracování metody IFIM. Je nutné velmi pečlivě vybírat charakteristické úseky a věnovat velkou pozornost morfologickým, hydraulickým a biologickým indikacím, které získáme při prvním měření. V této fázi je totiž dostatečný prostor charakteristické úseky rozšířit a přidat podle potřeby další měrné profily.

### 5.3.2 Roztoky, Ústí potoka 1

**(50°9'27.082"N, 14°24'1.201"E)**

První profil se nachází nejbližší ústí Vltavy cca 30 m od něj. Zhruba 10 m nad profilem je vodní skok. Okolí profilu je hustě zarostlé vegetací (olše, ostružiny, kopřivy). Koryto je částečně opevněné, značně erodované a vlivem vyšších průtoků poměrně zanesené. V korytě se nacházejí větší balvany (pravděpodobně uvolněné z opevnění). Dno je pokryto tlejícím listím a bahnem v místech nižšího průtoku. V místech rychlejšího proudu jsou větší kameny, hrubý štěrk smísený s jemným pískem. V této části toku je poměrně častý výskyt pevného odpadu (PET lahve, igelitové tašky apod.). V tomto úseku bylo celkem sedm odběrných míst (buněk).

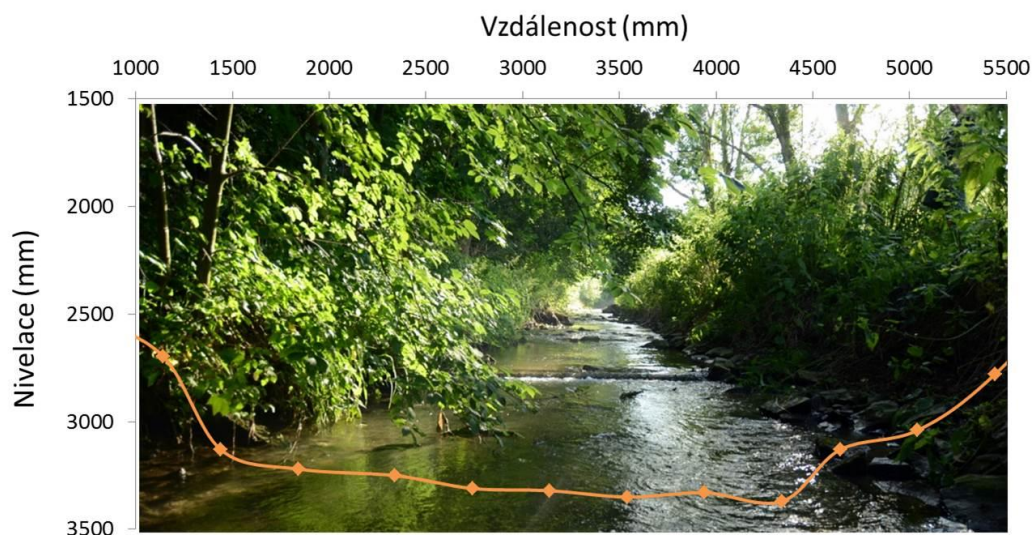


foto č. 2: Profil Roztoky, Ústí potoka 1

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	1140	2695		křoviny, náletové dřeviny
2	1440	3130	0	křoviny, náletové dřeviny
3	1840	3220	90	levý břeh, vystupující kořeny
4	2340	3250	120	kameny průměr cca 300 mm + spadané listí
5	2740	3310	180	na kamenné dlažbě nános bahna + spadané listí
6	3140	3320	190	bahno se mísí s jemným pískem
7	3540	3350	220	kamenná dlažba + řasy
8	3940	3330	200	kamenná dlažba + řasy
9	4340	3370	240	pravý břeh, kamenné opevnění + bláto
10	4640	3130	0	kopřivy
11	5040	3040		kopřivy
12	5440	2780		kopřivy

tab. č. 4: Nivalece úseku Roztoky, Ústí potoka 1

### 5.3.3 Roztoky, Ústí potoka 2

(50°9'26.946"N, 14°23'59.887"E)

Profil je totožný s profilem předchozím (Ústí potoka 1) a to co do vegetace a opevnění koryta. V korytě opět nalezneme větší kameny a pevný (nejspíš naplavený) odpad. V korytě na březích převažuje jemné bahno, uprostřed profilu převažuje jemný písek a hrubý štěrk. Tento příčný profil byl rozdělen do šesti buněk.

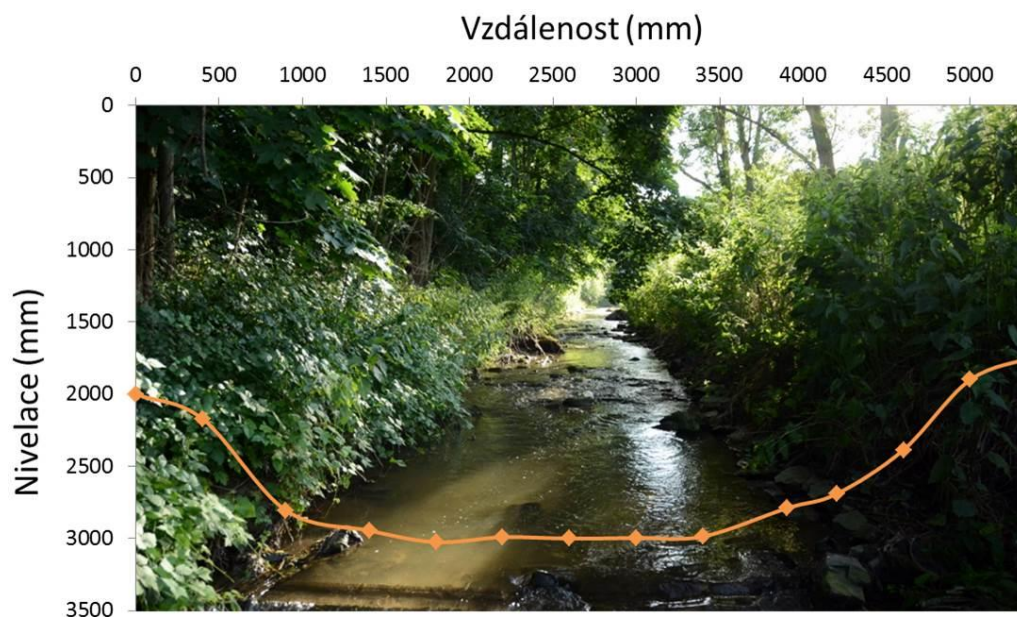


foto č. 3: Profil Roztoky, Ústí potoka 2

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	0	2000		křoviny, náletové dřeviny
2	400	2170		křoviny, náletové dřeviny
3	900	2805	0	křoviny, náletové dřeviny
4	1400	2945	140	levý břeh, kamenné opevnění + kameny
5	1800	3025	220	kameny prům. 50 mm+ kam. dlažba + písek + spadané listí
6	2200	2990	185	kameny prům. 200-300 mm + spadané listí
7	2600	3000	195	kameny + písek + řasy
8	3000	2995	190	kameny + písek + řasy
9	3400	2985	180	pravý břeh +kamenná dlažba + bahno
10	3900	2790	0	kopřivy
11	4200	2690		kopřivy
12	4600	2385		kopřivy
13	5000	1900		kopřivy

tab. č. 5: Nivelace Roztoky, Ústí potoka 2

### 5.3.4 Roztoky, Maxmiliánka 1

(50°9'7.953"N, 14°23'8.402"E)

V tomto profilu začíná přírodní rezervace, koryto je nezpevněné, erodované. Na levém břehu roste vysoká tráva + náletové dřeviny, na pravém břehu roste nižší tráva. Podél koryta vede betonová cesta, tento úsek je čistý (téměř bez pevného odpadu). V biologických odběrech je velké množství bentosu, především blešivec potoční. Koryto rozděleno do sedmi buněk.

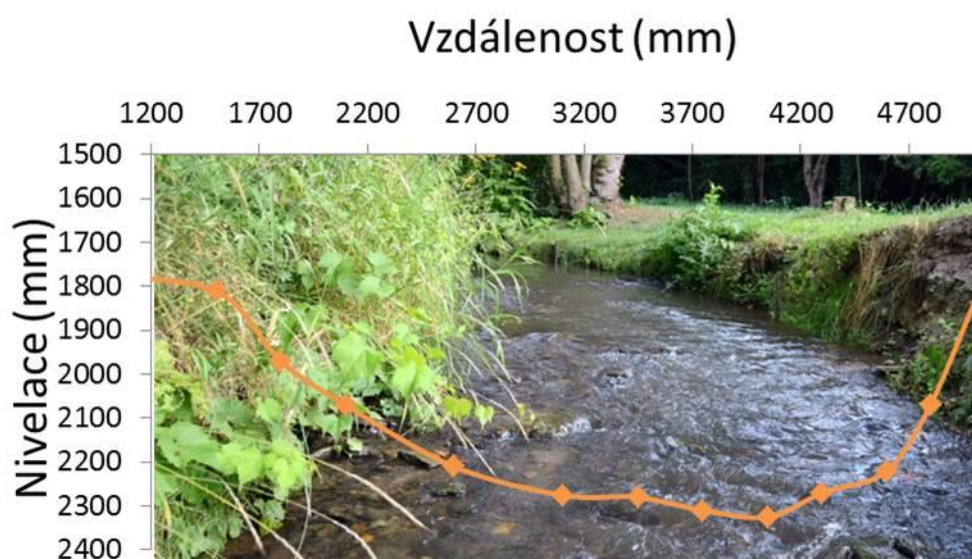


foto č. 4: Profil Roztoky, Maxmiliánka 1

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	1500	1810		vysoká tráva, náletové dřeviny
2	1800	1970		vysoká tráva, náletové dřeviny
3	2100	2070	0	vysoká tráva, náletové dřeviny
4	2600	2210	135	levý břeh + bahno + kořeny
5	3100	2275	200	písek + kameny prům. 50 mm
6	3450	2280	205	kameny prům. 300 mm + písek + řasy
7	3750	2310	235	kameny prům. 50 mm + hrubší písek
8	4050	2325	250	kameny prům. 50 mm + písek
9	4300	2270	195	Kameny + hrubý štěrk + řasy
10	4600	2220	145	pravý břeh, kameny, písek + řasy
11	4800	2070	0	nízká tráva
12	5500	1320		nízká tráva

tab. č. 6: Nivelace Roztoky, Maxmiliánka 1

### 5.3.5 Roztoky, Maxmiliánka 2

(50°9'7.557"N, 14°23'8.962"E)

Jedná se o nejhlubší profil, dno se rychle svažuje. Břehy jsou erodované, na dně se nacházejí větší kameny (pravděpodobně donesené proudem). Břehy jsou zarostlé vysokou travou a kopřivami. V kořenech se vyskytuje množství bentosu, na dně prakticky žádný. Tento profil byl rozdělen do osmi odměrných buněk.

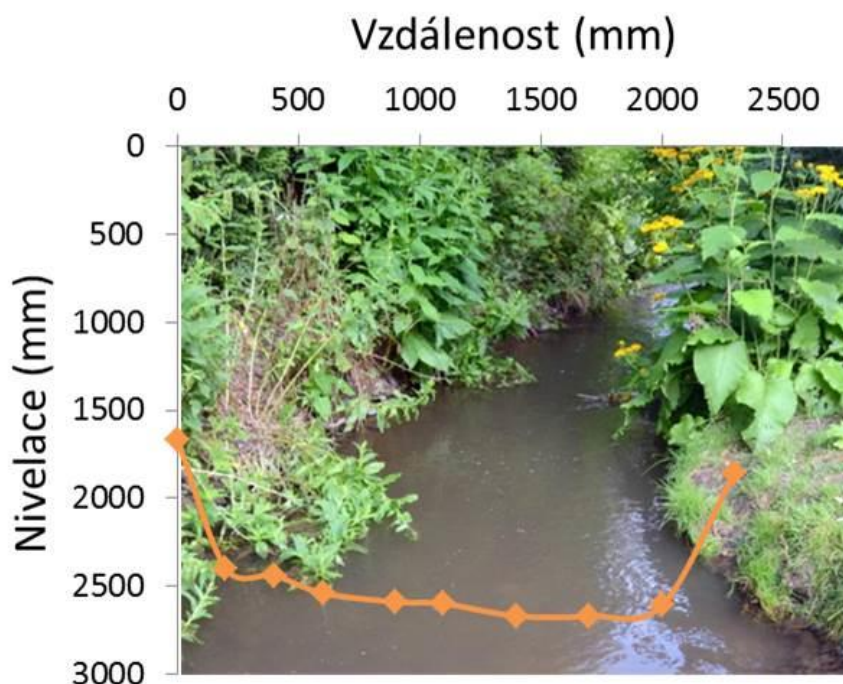


foto č. 5: Profil Roztoky, Maxmiliánka 2

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	0	1670		kopřivy
2	200	2400	110	levý břeh, rychle se svažuje, velké množství drobných kořenů + bahno
3	400	2440	150	bahno + kořeny
4	600	2540	250	kameny prům. 200-400 mm + bahno
5	900	2590	300	kameny prům. 200 mm + písek
6	1100	2600	310	kameny + bahno + písek
7	1400	2670	380	kameny + bahno + písek
8	1700	2670	380	Kameny + bahno
9	2000	2610	320	pravý břeh, kořeny + bahno
10	2300	1860		nízká tráva

tab. č. 7: Nivelace Roztoky, Maxmiliánka 2

### 5.3.6 Roztoky, Maxmiliánka 3

(50°9'7.136"N, 14°23'9.503"E)

Profil se nachází v přírodní rezervaci. Břehy jsou zarostlé vysokou travou, kopřivami, ostružinami, lopuchy apod. Koryto je zpevněné hustou vegetací, je mělké, obsahuje velké množství bentosu, převážně blešivce potočního. Tento profil je velmi čistý. Podél potoka vede betonová cesta. Sběr dat probíhal v sedmi buňkách.



foto č. 6: Profil Roztoky, Maxmiliánka 3

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	0	1730		ostružiny
2	250	2030	0	ostružiny
3	550	2110	50	levý břeh, bahno + kořeny
4	850	2115	55	oblázky malé + písek
5	1350	2155	95	oblázky malé, občas větší + písek
6	1550	2170	110	oblázky + menší kameny + písek
7	1950	2170	110	oblázky + menší kameny + písek
8	2350	2155	95	oblázky + písek
9	2550	2125	65	pravý břeh, bahno + kořeny
10	2750	2040	0	nízká tráva
11	3050	2030		nízká tráva
12	3250	1475		nízká tráva
13	3450	1455		nízká tráva

tab. č. 8: Roztoky, Maxmiliánka 3



### 5.3.7 Únětice 1

(50°8'50.963"N, 14°21'59.729"E)

Profil se nachází nedaleko přítoku Horoměřického potoka. Nedaleko vede turistická stezka, která je součástí přírodní rezervace. Břežky jsou zarostlé travou, kopřivami a náletovými dřevinami (olše + vrby). Koryto je zanesené listím a dřevem. Množství bentosu je nižší než v předchozích úsecích, přesto poměrně vysoký výskyt. Měření probíhalo v šesti buňkách.

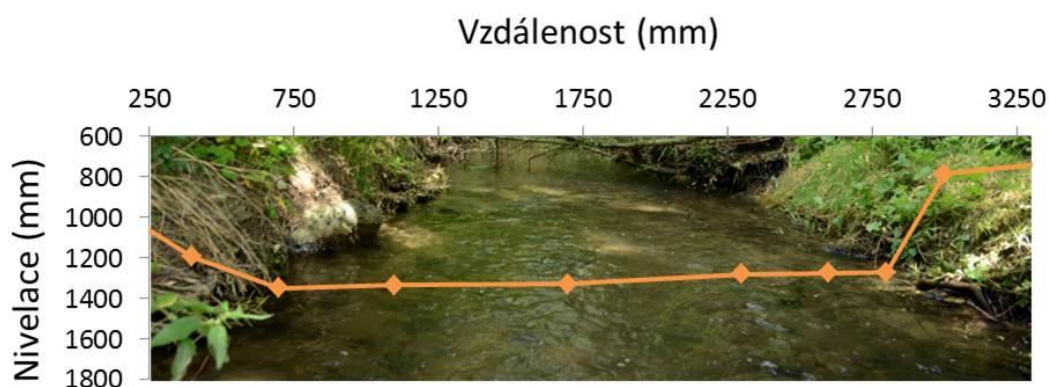


foto č. 7: Profil Únětice 1

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	400	1195		kopřivy
2	700	1350	110	levý břeh, kořeny + kameny prům. 200 mm + bahno + listí
3	1100	1335	95	kameny + bahno s pískem+ listí
4	1700	1330	90	kameny + bahno s pískem
5	2300	1280	40	kameny + písek
6	2600	1275	35	kameny + bahno s pískem+ listí
7	2800	1270	30	pravý břeh, kořeny + bahno + listí
8	3000	785		Nízká tráva, křoviny

tab. č. 9: Nivelace Únětice 1

### 5.3.8 Únětice 2

(50°8'52.101"N, 14°21'55.017"E)

V tomto profilu se nachází soutok Únětického a Horoměřického potoka. Potok zde křížuje turistická stezka a lze jej projet autem. Potok je v tomto profilu zanesený kousky cihel a listím. Na obou březích rostou vrby. Napájejí se zde koně a psi. Výskyt bentosu je nízký. Data byla sbírána v šesti buňkách.

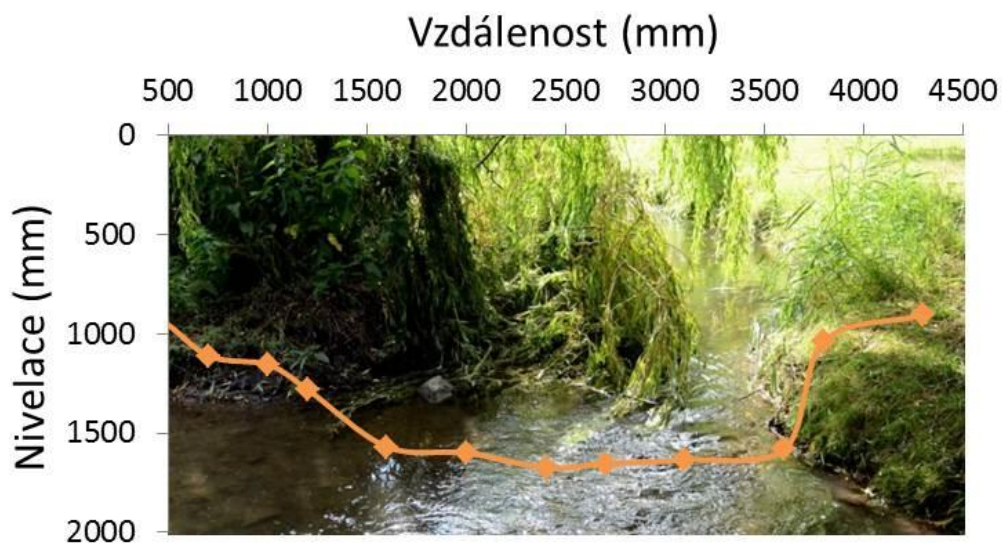


foto č. 8: Profil Únětice 2

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vpřed (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	700	1110		vrba
2	1000	1155		Vrba
3	1200	1280		vrba
4	1600	1570	45	levý břeh, kořeny + kameny prům. 200-300 mm + kousky cihel + bahno + listí
5	2000	1600	75	kameny + bahno a písek
6	2400	1675	150	kameny + písek
7	2700	1655	130	kameny + písek + kousky cihel
8	3100	1635	110	kameny + bahno a písek + listí
9	3600	1580	55	pravý břeh, kořeny + bahno
10	3800	1035		nízká tráva, vrba
11	4300	905		nízká tráva, vrba

tab. č. 10: Nivelace Únětice 2

### 5.3.9 Kněževes 1

(50°7'22.302"N, 14°16'14.548"E)

Profil se nachází nedaleko výpusti z letiště. Často se střídají výkyvy v průtocích, v suchých dnech je zde málo vody, naopak za deště je průtok vysoký, čímž zmizí ostrov uprostřed profilu. V tomto profilu se prakticky nenachází bentos. Koryto je zanesené odpadem, břehy jsou zarostlé vysokou travou a náletovými dřevinami. Zde se sbírala data v šesti buňkách.

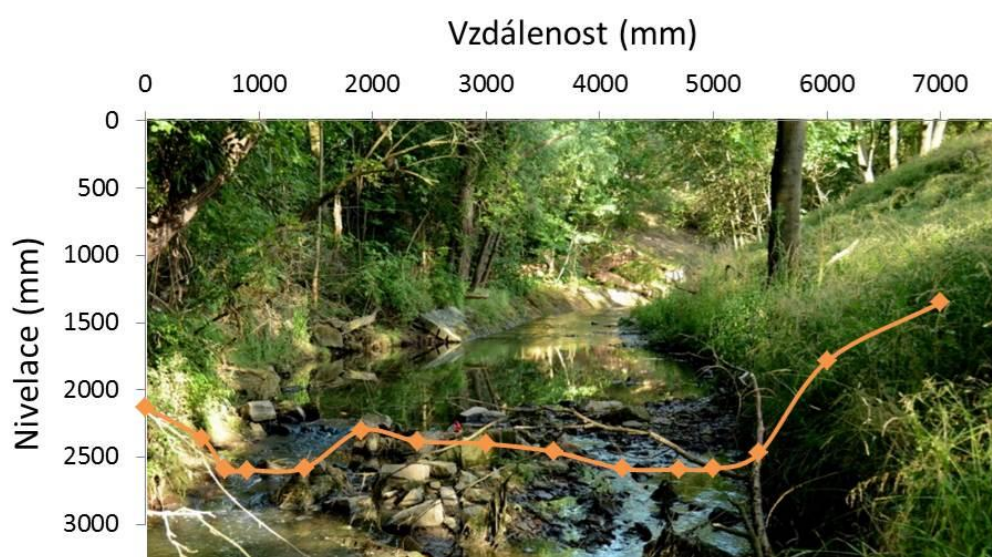


foto č. 9: Profil Kněževes 1

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vpřed (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	0	2130		křoviny
2	500	2360		křoviny
3	700	2590	105	levý břeh, kořeny + bahno
4	900	2595	110	kameny prům. 200-300 mm
5	1400	2580	95	kameny prům. 200-300 mm
6	1900	2300		kamení
7	2400	2380		kamení
8	3000	2400		kamení
9	3600	2460		kamení
10	4200	2585	100	kameny prům. 300 mm + bahno
11	4700	2590	105	kameny + bahno
12	5000	2585	100	pravý břeh, bahno + kořeny
13	5400	2470		nízká tráva
14	6000	1785		nízká tráva
15	7000	1350		nízká tráva

tab. č. 11: Nivelace Kněževes 1

### 5.3.10 Kněževes 2

(50°7'18.674"N, 14°16'12.365"E)

Poslední profil je velmi neudržovaný, plný pevného odpadu (pneumatiky, PET lahve apod.). Na pravém břehu je betonový žlab (původně měl asi odvádět vodu z navazujícího rybníka), voda je rozlita mimo vytvořený betonový svod. Břehy jsou velmi hustě zarostlé travou, náletovými dřevinami a jehličnany. V tomto profilu je významný výskyt chrostíka (*Cheumatopsyche lepida*). Data byla sbírána v šesti buňkách.



foto č. 10: Profil Kněževes 2

Bod	Vzdálenost (mm)	Čti vzad (mm)	Hloubka (mm)	Charakteristika
1	0	1080		křoviny, náletové dřeviny
2	200	1350		křoviny, náletové dřeviny
3	500	1580		křoviny, náletové dřeviny
4	800	1645	50	levý břeh, bahno + velké kameny prům. 300-400 mm + dřevo + plasty
5	1400	1640	45	kameny + bahno + plasty
6	2000	1635	40	kameny + bahno
7	2600	1635	40	kameny + bahno + jehličí
8	3100	1625	30	kameny + bahno + jehličí
9	3600	1625	30	pravý břeh, betonový žlab + jehličí
10	3900	1390		nízká tráva, náletové dřeviny
11	4600	1135		nízká tráva, náletové dřeviny

tab. č. 12: Nivelace Kněževes 2

## 5.4 Způsob hodnocení úseků

Při kalibraci rychlostí v softwaru PHABSIM jsem zjistila, že nelze modelovat všech 9 měrných profilů najednou. Po důkladném zkoumání nasbíraných dat jsem došla k závěru, že se profily 1-7 a 8-9 velmi výrazně hydraulicky, ale i biologicky liší. Mezi profilem 7 a 8 dochází k výraznému převýšení cca 100 m (viz obr. č. 16) a profil 8 je nejvíce ovlivněn odtokem z letiště. Došla jsem tedy k názoru, že by bylo vhodné modelovat tyto profily (1-7 a 8-9) zvlášť.

Bohužel pro kvalitní analýzu jsou dva měrné profily (8-9) opravdu málo. Tato skutečnost byla zjištěna v takové fázi mé diplomové práce, že již nebylo možné horní úsek rozšířit o další měrné profily.

Proto jsem se po konzultaci se svou vedoucí práce prof. RNDr. Danou Komínkovou, Ph.D. rozhodla analyzovat v softwaru PHABSIM pouze profily 1-7.

## 5.5 Přehled analyzovaných taxonů nalezených ve vzorcích

### 5.5.1 Trichoptera (Chrostíci)

#### 5.5.1.1 *Cheumatopsyche lepida* (nemá český název)

Dorůstá velikosti 18 mm, na jaře a v létě je hojný na mechu pokrývajícím kameny. Výskyt se pohybuje od nížin po horské polohy obvykle do 800 m n.v. *Cheumatopsyche* obývá vodoteče s rychlostmi proudu i nad 50 cm/s, preferuje kyselější pH. Vyhledává čistou vodu. Období letu nastává od jara do podzimu, ovšem vrchol je v létě (Běčáková, 2012).

29.11.2014 13:35



foto č. 11: *Cheumatopsyche lepida*

## 5.5.2 Ephemeroptera (Jepice)

### 5.5.2.1 *Baetis rhodani* (jepice předjarní)

Jepice předjarní žije v tekoucích vodách v úsecích s mírným proudem. Ukrývá se v trsech mechu zvaného *Fontinalis*. Živý se detritem, řasami a drobnými živočichy, které filtruje z vody (Hartman et al., 2005).



foto č. 12: *Baetis rhodani*

### 5.5.3 Amphipoda (Různonožci)

#### 5.5.3.1 *Gammarus fossarum* (blešivec potoční)

Nejhojnější zástupce v odběrech Únětického potoka. Tento druh obývá sladkovodní tekoucí a chladnější vody. Jeho potravou jsou uhynulé organismy, rostlinné zbytky, listí. Můžeme ho najít pod kameny. V zimním období se zahrabává do písku či bahna. Blešivec je citlivý na čistou vodu a náročný na obsah kyslíku ve vodě (Hartman et al., 2005).

29.11.2014 13:38



foto č. 13: *Gammarus fossarum*



#### 5.5.4 *Arhynchobdellida*

##### 5.5.4.1 *Erpobdella octoculata* (hltanovka bahenní)

Její délka je v rozmezí 40 – 60 mm, na obou koncích těla je vybavena přísavkami. V ČR je hojná nejvíce v nížinách. Najdeme ji pod kameny v dolních tocích řek, rybnících i v potocích. Živí se drobnými bezobratlými (Hartman et al., 2005).

29.11.2014 13:44



foto č. 14: *Erpobdella octoculata*

## 5.6 Přehled ostatních taxonů nalezených ve vzorcích

### 5.6.1 Trichoptera (Chrostíci)

#### 5.6.1.1 *Crunoecia irrorata* (nemá český název)

Výskyt v nižších a středních polohách do 800 m n.v. V ranné fázi vývoje si staví schránky z písku, později tvoří schránky čtyřhranné z rostlinných materiálu nebo kombinace kůry a kamínků. Žije v chladnějších tocích, je vázán na rostliny, dřevní hmotu a detrit. Patří do skupiny organismů *hygropetrica* (substráty, které jsou jen zkrápěny vodou) (Schöll, Fuksa, 2000). Je typický pro kyselější pH a snese i lechce znečištěné toky. Létají od jara až do podzimu, výjimečně i v zimě (Běčáková, 2012).



foto č. 15: *Crunoecia irrorata*

### 5.6.2 Coleoptera (Brouci)

#### 5.6.2.1 *Elmis maugetii* (nemá český název)

Brouci jsou hlavně suchozemští živočichové, tento však se přizpůsobil vodě. Má velký předohrudní štít a na středohrudí štítek. Vyvíjí se převážně třemi larválními stadii s kuklou (Hartman et al., 2005).



foto č. 16: *Elmis maugetii*

### 5.6.3 *Cardiida*

#### 5.6.3.1 *Sphaerium rivicola* (okružanka říční)

Nalezneme ji v tocích, které jsou bohatší na živiny. Její velikost se pohybuje mezi 20 až 22 mm. Její potravou je filtrování planktonu a detritu. Rozmnožování u ní probíhá kladením vajíček. Je to největší okružanka v ČR (Hartman et al., 2005).

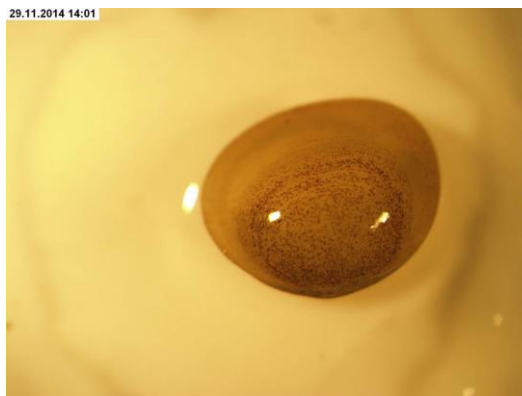


foto č. 17: *Sphaerium rivicola*

### 5.6.4 *Tricladida* (Ploštěnci)

#### 5.6.4.1 *Deugesia polychroa* (Ploštěnka říční)

Můžeme ji nalézt v pomalu tekoucích částech potoků a řek. V ČR zejména v Labi a Vltavě. Živí se převážně plži. Kokony klade v květnu a červnu, když se teplota vody v místech jejího výskytu vyšplhá okolo 12 stupňů (Reslová, 2011).



foto č. 18: *Deugesia polychroa*

## 6. Simulace hladin a rychlostí v charakteristických úsecích

### 6.1 Měřené průtoky

Během čtyř měření průtoků Únětického potoka v roce 2014 (červen, červenec, srpen a říjen) byly zachyceny různé vodní stavy a to od nižšího průtoku v srpnu 2014 až po záznam přívalového deště v červenci 2014 viz tab. č. 13. Celkově lze říci, že má měření poukazují na nadprůměrné hodnoty v roce 2014. Průměrný roční průtok  $Q_r$  Únětického potoka se pohybuje okolo  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Má měření byla ovlivněna sběrem dat po dešti a jisté nepřesnosti lze předpokládat i při samotném hydrometrování.

Měřené průtoky	Měsíc měření
0,080	Srpen 2014
0,130	Říjen 2014
0,160	Červen 2014
0,200	Červenec 2014

tab. č. 13: Tabulka měřených zprůměrovaných průtoků v  $\text{m}^3/\text{s}$

### 6.2 Simulované průtoky

Jelikož software PHABSIM neumí počítat s průtoky nižšími než  $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ , simulace jsem prováděla pro hodnoty vyšší jak  $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$  viz tab. č. 14. Průtoky byly simulovány až k hodnotě naměřeného přívalového deště, což odpovídá  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  a jedná se o vyšší hodnotu průtoku Únětického potoka. Při takto vysokém průtoku dochází k zanášení koryta a změnám morfologie koryta, převážně podemílání břehů. Jak jsem se sama přesvědčila, nárazové vysoké vodní stavy v potoce nejsou ojedinělou událostí. Koryto během roku, kdy jsem pracovala na této práci, velmi výrazně změnilo v některých úsecích svůj charakter.

0,020	0,050	0,090	0,120	0,170
0,030	0,060	0,100	0,140	0,180
0,040	0,070	0,110	0,150	0,190

tab. č. 14: Tabulka simulovaných průtoků v  $\text{m}^3/\text{s}$

### 6.3 Simulace a kalibrace v programu PHABSIM

Data potřebná pro simulace v softwaru PHABSIM, byla nasbírána během čtyř měření ve vybraných úsecích Únětického potoka. Nejprve se stanovily morfologické vlastnosti jednotlivých úseků (tvar koryta, podklad). Dále byl stanovován průtok v jednotlivých úsecích, měřena hloubka vody a sbírán makrozoobentos. Klíčové bylo zachytit různé vodní stavy.

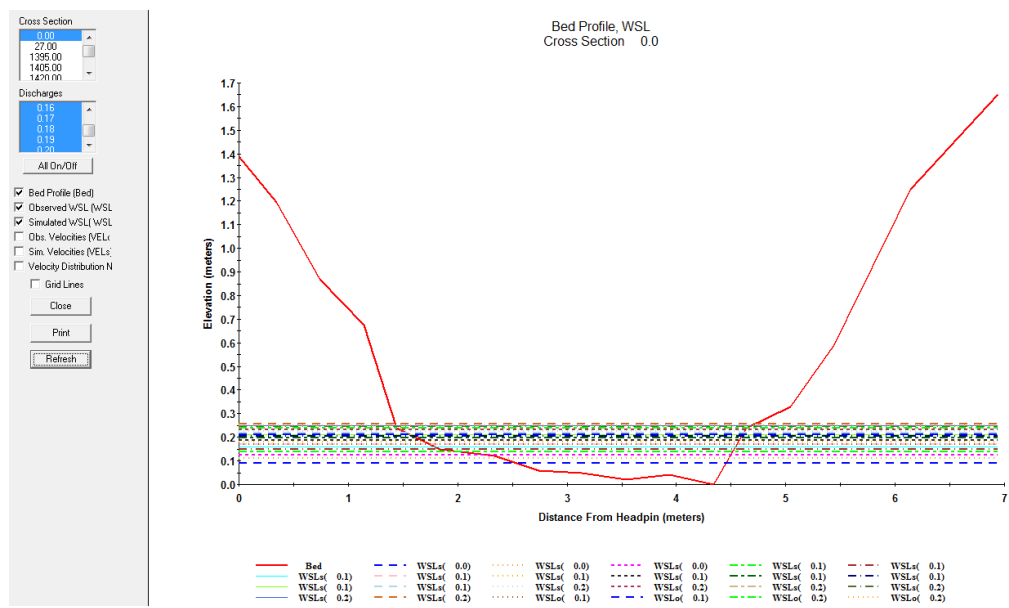
Tato data byla použita pro jednotlivé kalibrace a modelace v softwaru PHABSIM. Nejprve bylo nutné nasimulovat hladiny každého úseku v toku. Pro tyto simulace byl použit program STGQ, který je schopný určit polohu hladiny v požadovaných vodních stavech (průtocích) a je možné ho použít i v případech možného ovlivnění simulace vzdušným tlakem. Příklad simulace hladin v příčném profilu můžeme vidět na viz obr. č. 17. Další simulace jsou v Příloze 3: Hydraulické simulace PHABSIM.

Modelace rychlostí proudění byly prováděny v programu VELSIM, který simuluje svislicové rychlosti v každé buňce. Nejprve bylo potřeba program zkalibrovat. Kalibrace probíhá při simulacích rychlostí proudění. Při kalibraci v programu VELSIM bylo zjištěno, že není možné simulovat všech 9 vybraných charakteristických úseků najednou. Viz kapitola 5.4 Způsob hodnocení úseků. Příklad simulace rychlostí proudění ukazuje viz obr. č. 18.

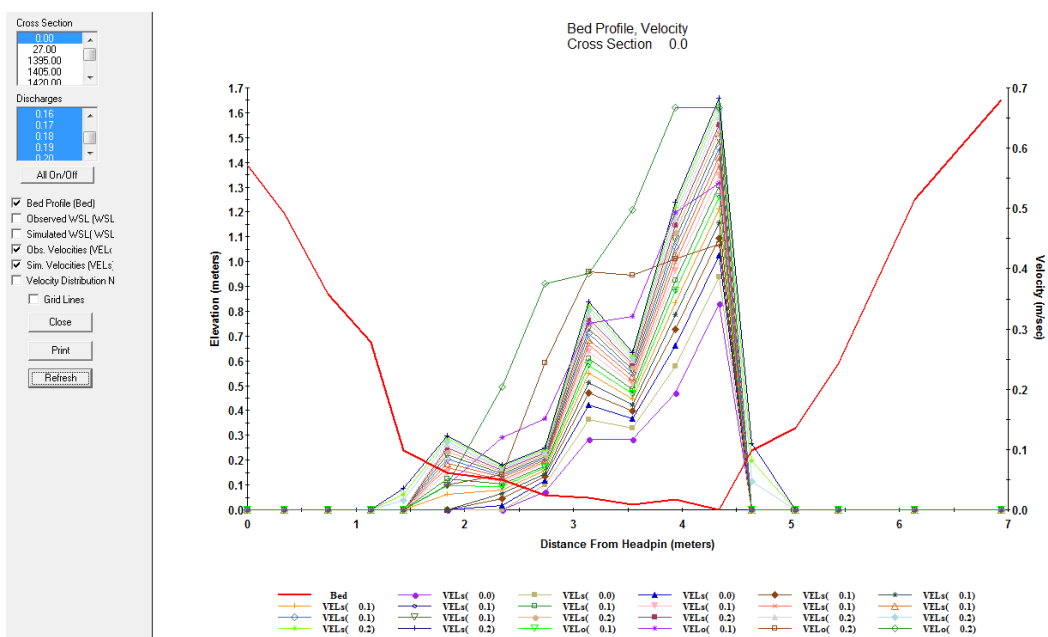
Pro biologickou část softwaru PHABSIM byly použity křivky vhodnosti, sestavené na základě nasbíraných vzorků makrozoobentosu. Křivky vhodnosti byly stanoveny pro rychlost proudění, hloubku a substrát – podklad. Křivky vhodnosti byly sestaveny pro jednotlivé druhy splňující podmínku, že každého analyzovaného druhu musíme nasbírat alespoň 100 kusů.

Konečným výstupem softwaru PHABSIM je pak vážená využitelná plocha – WUA, která vyjadřuje závislost vhodného habitatu na průtoku. WUA byly simulovány v programu HABTAE. Program HABTAE k výpočtu WUA používá zadání křivek vhodnosti a nasimulované hladiny a rychlosti proudu v jednotlivých buňkách pro zadané průtoky.

## 6.4 Příklad simulace: Roztoky, Ústí potoka 1



obr. č. 17: Výška hladin Roztoky, Ústí potoka 1



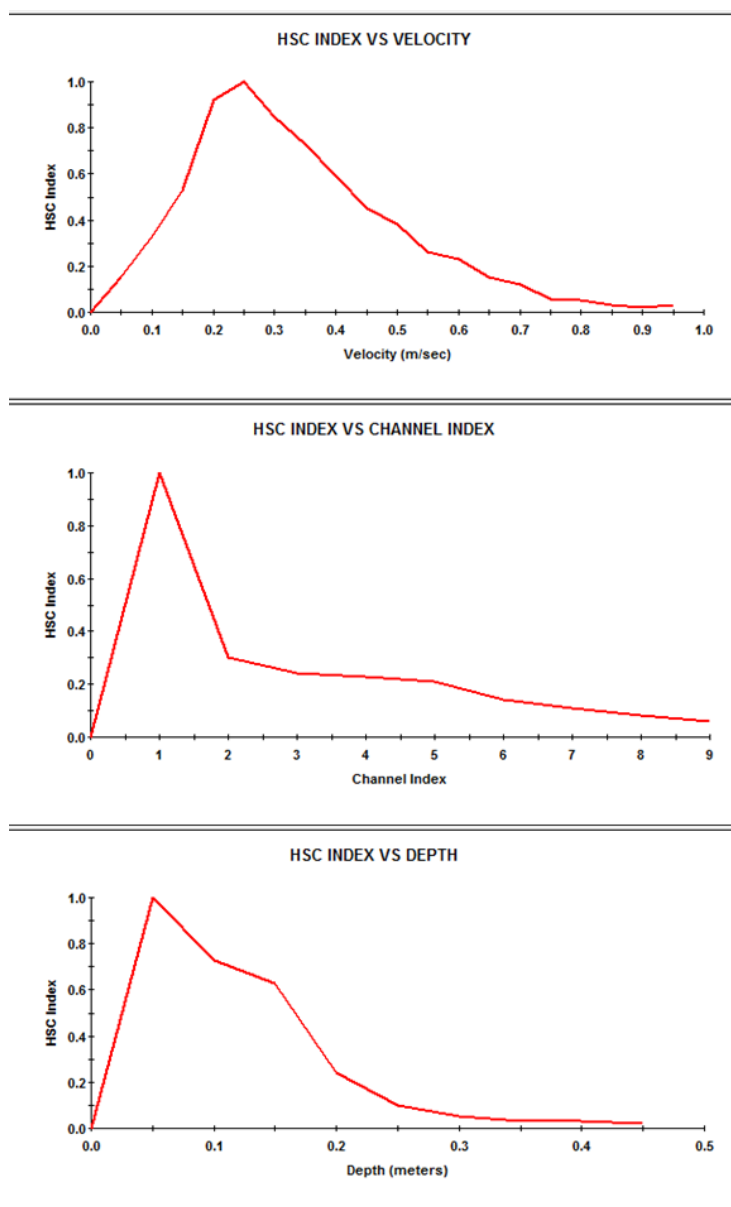
obr. č. 18: Průtoky Roztoky, Ústí potoka 1

## 7. Výsledky práce

### 7.1 Křivky vhodnosti

#### 7.1.1 Křivky vhodnosti pro *Cheumatopsyche lepida*

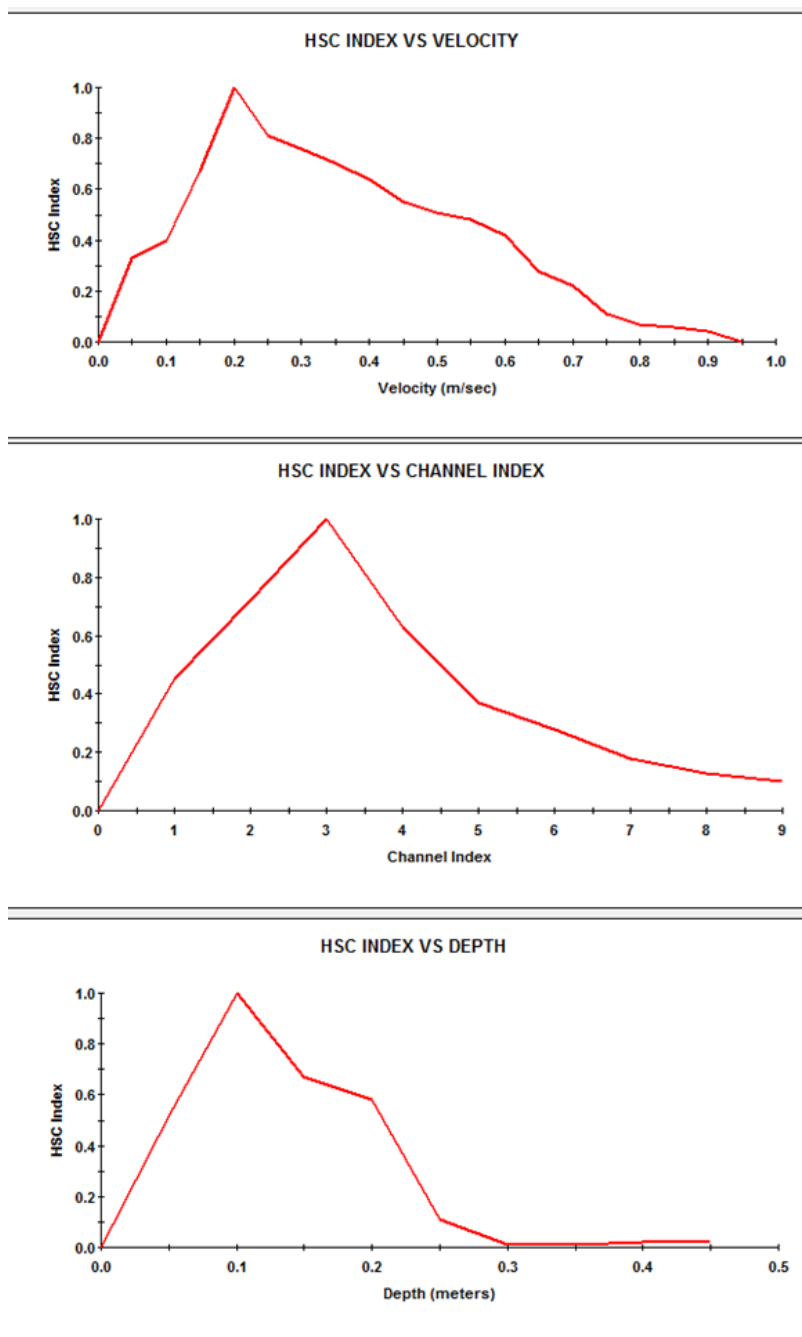
Z těchto křivek vyplývá, že tento druh preferuje rychlost proudění okolo 0,3 m/s, v oblasti Únětického potoka se nachází v jílovitém substrátu s příměsí kořenů či listů a obývá mělká místa ve vodoteči viz obr. č. 19.



obr. č. 19: Křivky vhodnosti pro *Cheumatopsyche lepida* (v pořadí: rychlost, substrát, hloubka)

### 7.1.2 Křivky vhodnosti pro *Baetis rhodani* (jepice předjarní)

Jepice předjarní je vázána na rychlost proudu 0,2 m/s, preferuje hrubší substrát (písek) a mělká místa v potoce viz obr. č. 20.

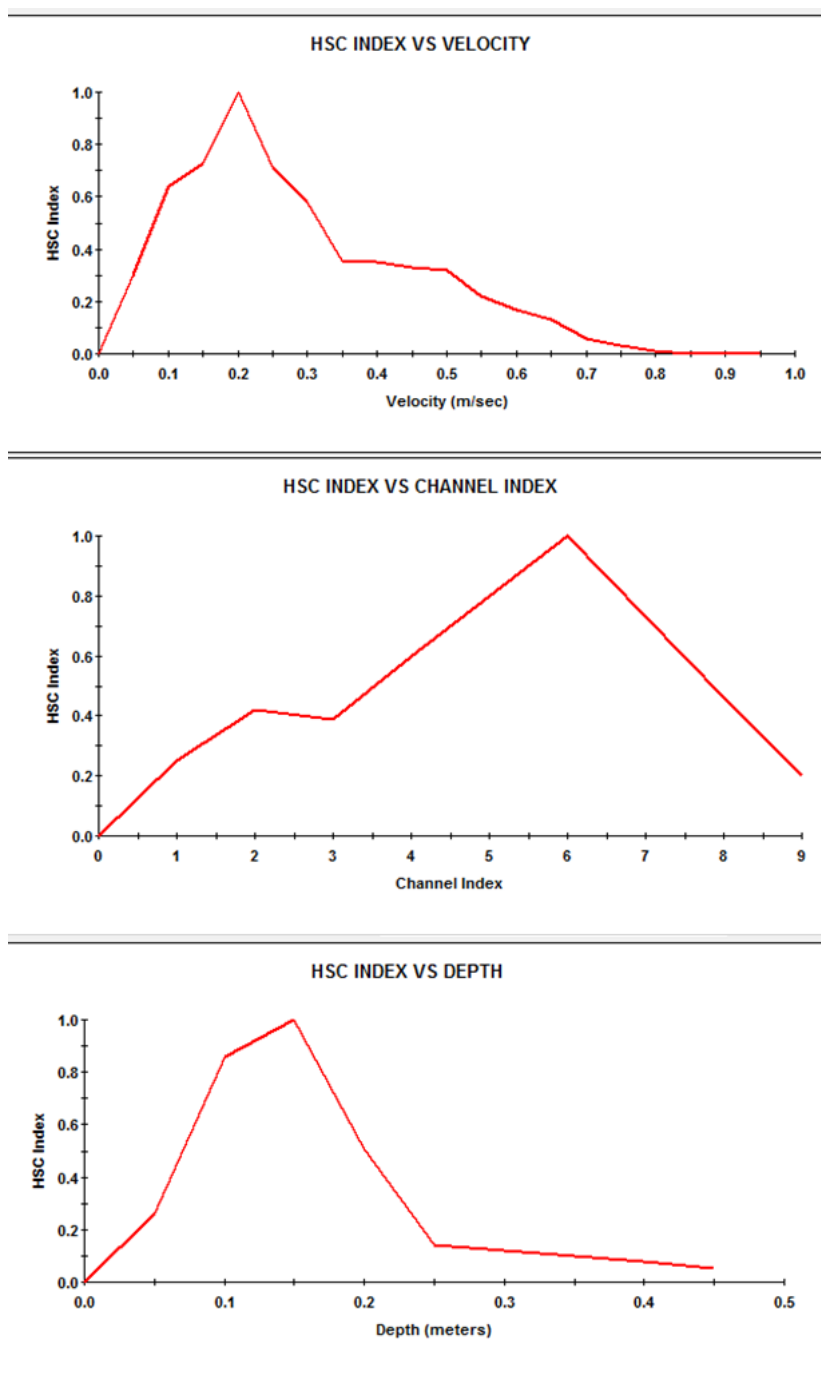


obr. č. 20: Křivky vhodnosti pro *Baetis rhodani* (v pořadí: rychlost, substrát, hloubka)



### 7.1.3 Křivky vhodnosti pro *Gammarus fossarum* (blešivec potoční)

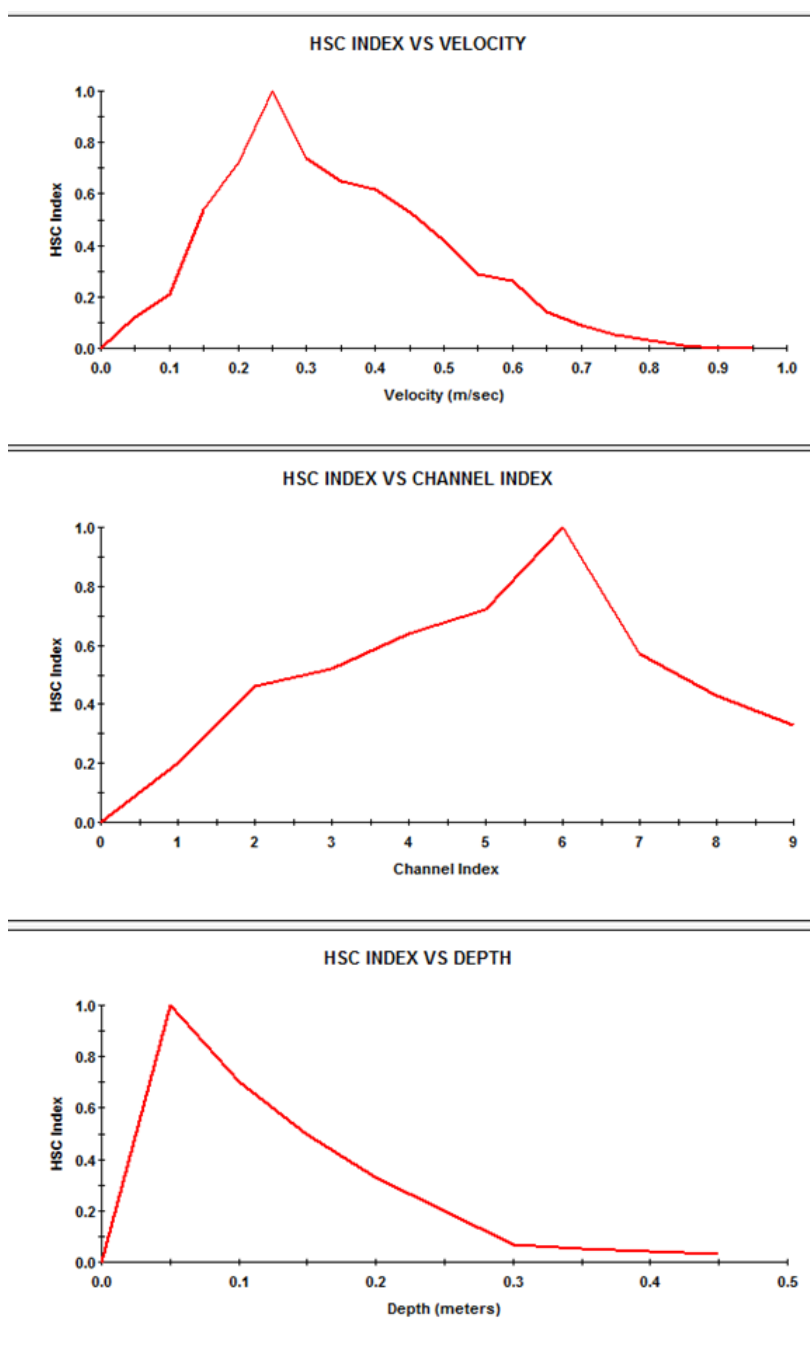
Blešivec potoční je nejhojnější při rychlosti proudu 0,2 m/s, obývá hrubý substrát převážně štěrk a oblázky, nalezneme ho v hloubkách okolo 15 cm viz obr. č. 21.



obr. č. 21: Křivky vhodnosti pro *Gammarus fossarum* (v pořadí: rychlost, substrát, hloubka)

#### 7.1.4 Křivky vhodnosti pro *Erpobdella octoculata* (hlítanovka bahenní)

Tento druh je nejhojnější v rychlostech proudu okolo 0,25 m/s, nejčastěji obývá hrubý substrát (štěrk a oblázky), najdeme ji v mělkých vodách Únětického potoka viz obr. č. 22 .



obr. č. 22: Křivky vhodnosti pro *Erpobdella octoculata* (v pořadí: rychlost, substrát, hloubka)

## 7.2 Výsledky simulace

Výsledkem simulací dostupnosti habitatu v závislosti na změnách průtoků jsou vážené využitelné plochy pro každý analyzovaný druh a jeho životní stadium. WUA jsou spočítány v měřených příčných profilech a následně přenásobeny délkou jednotlivých úseků. Součtem všech jednotlivých vážených využitelných ploch dostaneme WUA pro celý Únětický potok (Caletková, 2003).

Oblast měřených úseků prochází přírodními rezervacemi Roztocký háj - Tiché údolí a Údolím Únětického potoka v této části potoka byl zaznamenán vysoký počet vodních bezobratlých, zejména blešivce potočního (*Gammarus fossarum*), kterého lze označit za citlivý druh. Proto se domnívám, že tyto úseky Únětického potoka mají dobrý ekologický stav. Nedaleko obce Únětice je bažinatý úsek, který pravděpodobně dobře filtruje vodu tekoucí z urbanizovaných území, zejména letiště a obce Statenice, která se stále rozrůstá. Myslím si, že tento mokřad také zmírňuje následky přívalových dešťů v obou přírodních rezervacích. Tento úsek má velmi variabilní koryto hluboké tůně střídají mělké a rychle tekoucí části potoka. Podloží je převážně štěrkové až oblázkové s množstvím spadaného materiálu (převážně listím a drobnými větvičkami). Rychlost proudění je zde variabilní pohybuje se od 0,08 – 0,7 m/s.

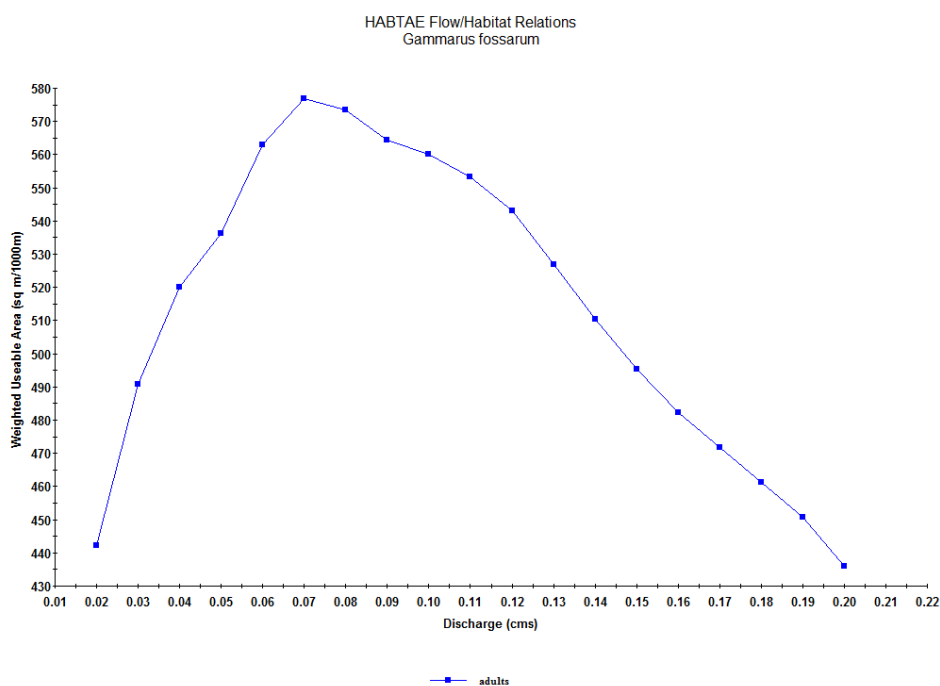
Profily u ústí potoka (profil 1 a 2) do Vltavy jsou v horším stavu. Koryto je zanesené pevným odpadem (zejména plastem), výskyt bezobratlých je zde řádově nižší. Dle mého názoru je to způsobeno zaústěním dešťového odtoku z obce Roztoky, která je v poměrně příkrém svahu a při vydatnějších deštích musí být ústí Únětického potoka ovlivněno vysokým průtokem.

Vhodný průtok je takové rozmezí, které vyhovuje největšímu počtu organismů a dojde tak k biologické rovnováze v toku (Caletková, 2003). Vhodným průtokem pro analyzované druhy v mé práci je rozpětí průtoků 0,05 – 0,07 m<sup>3</sup>/s viz kapitola 7.3. Výše maximálního průtoků je zpravidla 20% maximální hranice vážené využitelné plochy. Hranice maximálního průtoků je pro každý analyzovaný druh jiná: pro *Gammarus fossarum* je to 0,17 m<sup>3</sup>/s, pro *Baetis rhodani* je to 0,18 m<sup>3</sup>/s, pro *Erphobella octoculata*, 0,14 m<sup>3</sup>/s a pro *Cheumatopsyche lepida* je to 0,12 m<sup>3</sup>/s.

Minimální průtoky bylo možné stanovit pouze pro dva analyzované druhy, bylo to způsobeno skutečností, že software PHABSIM umí počítat pouze s průtoky vyššími jak 0,01 m<sup>3</sup>/s. Minimální průtok pro *Gammarus fossarum* je 0,03 m<sup>3</sup>/s a pro *Baetis rhodani* 0,04 m<sup>3</sup>/s.

### 7.2.1 WUA pro *Gammarus fossarum*

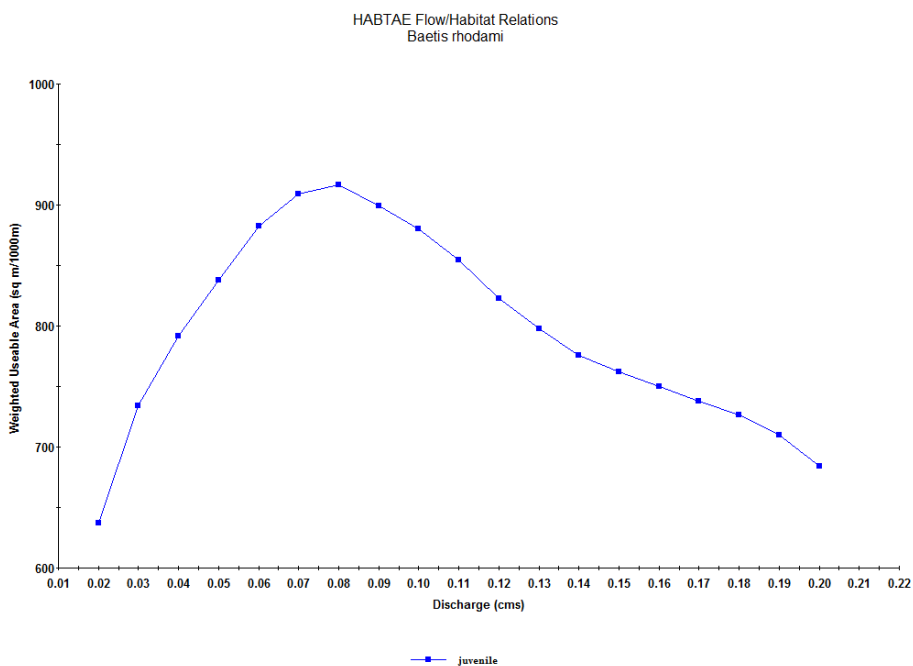
Tento graf ukazuje, že je tento druh nejhojnější při průtoku 0,065 m<sup>3</sup>/s.



obr. č. 23: HABTAE WUA vs. rychlost pro *Gammarus fossarum*

### 7.2.2 WUA pro *Baetis rhodani*

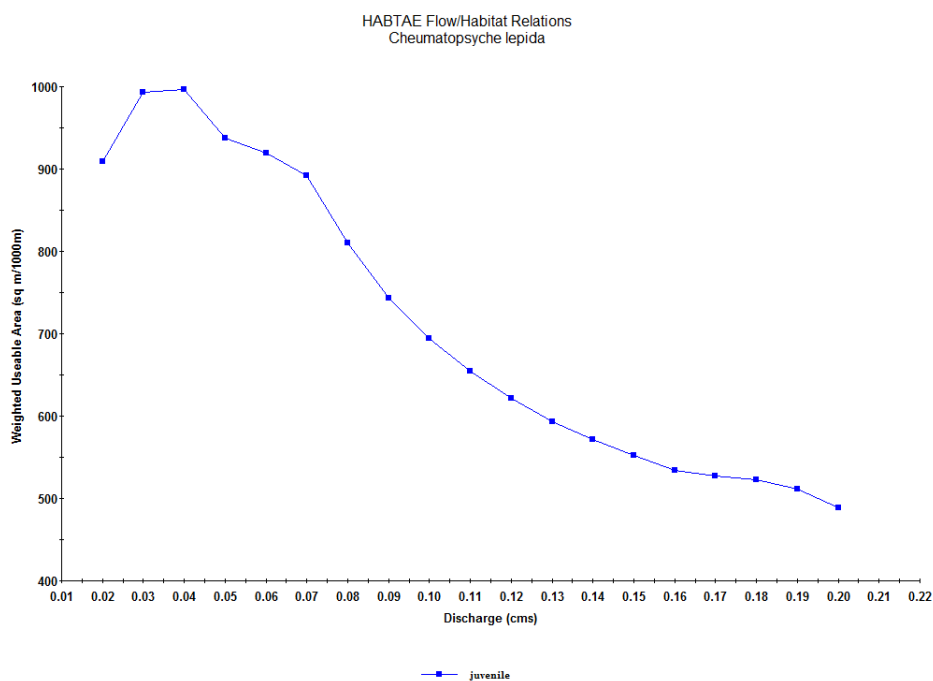
Jepici předjarní v Únětickém potoce nejvíce vyhovuje průtok 0,08 m<sup>3</sup>/s.



obr. č. 24: HABTAE WUA vs. rychlost pro *Baetis rhodani*

### 7.2.3 WUA pro *Cheumatopsyche lepida*

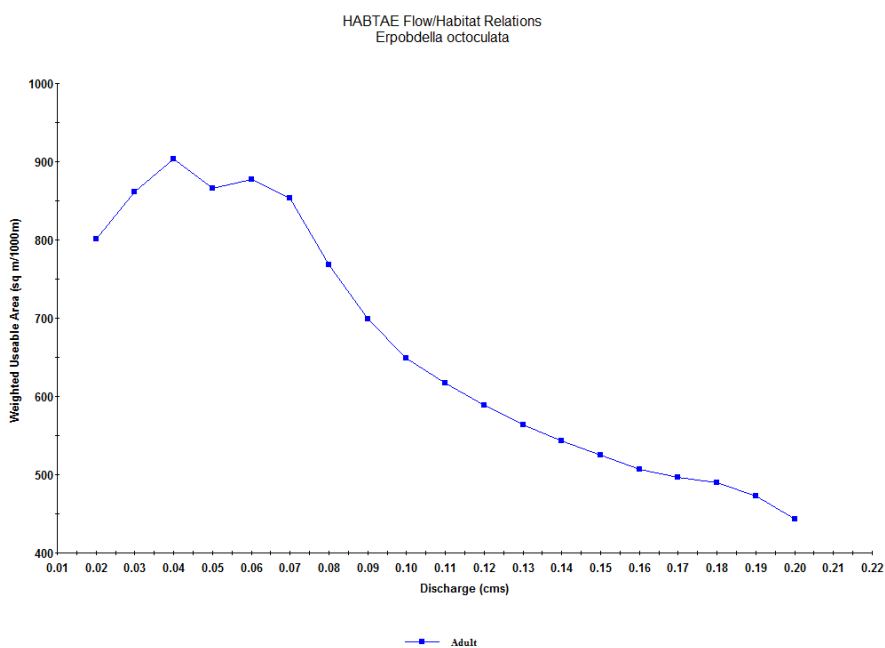
Tomuto chrostíkovi nejlépe svědčí průtok 0,04 m<sup>3</sup>/s.



obr. č. 25: HABTAE WUA vs. rychlost *Cheumatopsyche lepida*

### 7.2.4 WUA pro *Erpobdella octoculata*

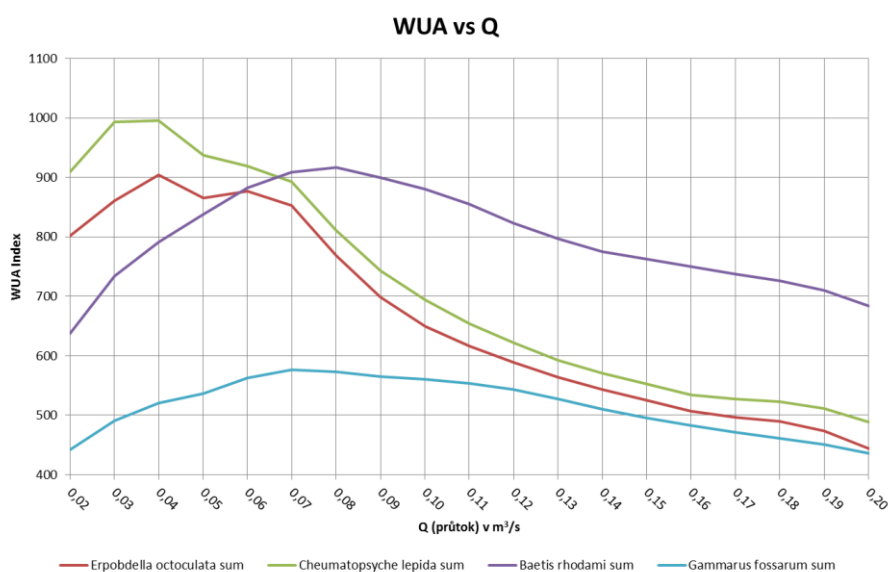
Hltanovka byla ve vzorcích nejhojněji zastoupena při průtoku 0,04 m<sup>3</sup>/s.



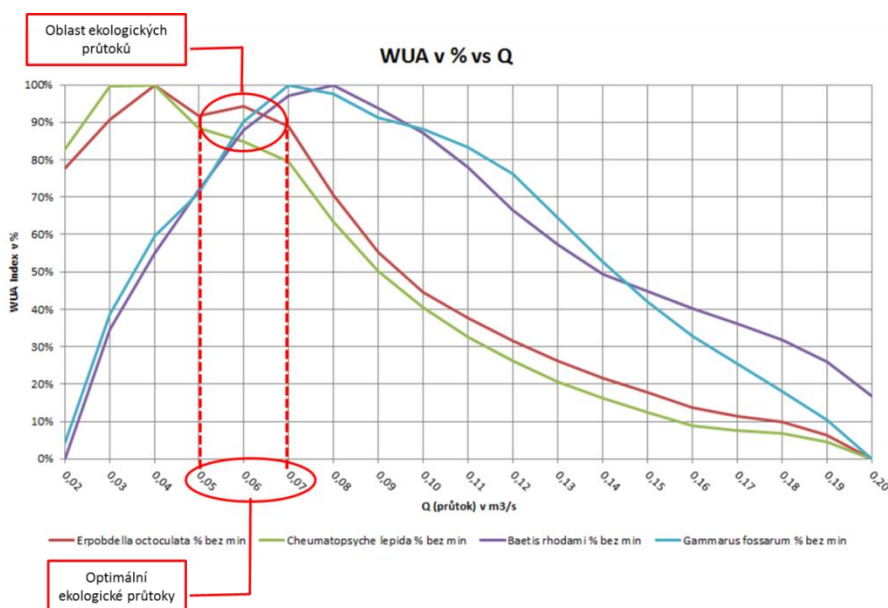
obr. č. 26: HABTAE WUA vs. rychlost *Erpobdella octoculata*

### 7.3 Vhodné ekologické průtoky

Stanovení vhodného ekologického průtoku je možné pomocí promítnutí všech výsledných křivek do jednoho grafu. Cílem je najít takové průtoky, kde je maximální výskyt všech analyzovaných živočichů viz obr. č. 27. Neboť čisté proložení křivek neumožňuje jednoduchou interpretaci, převedla jsem si WUA hodnoty na procentuální vyjádření v rozpětí minimálních a maximálních hodnot jednotlivých analyzovaných vzorků viz obr. č. 28. Na základě tohoto grafu je zřejmé, že oblast vhodných průtoků je v rozpětí 0,05 – 0,07 m<sup>3</sup>/s.



obr. č. 27 WUA vs Q – všechny hodnocené druhy



obr. č. 28 WUA v % vs Q – pro všechny hodnocené druhy

## 8. Diskuse

Metoda IFIM byla v ČR ověřena VÚV T.G.M. v současnosti ji lze rutinně používat. Tato metoda se ověřovala na řadě lokalit např. Teplá Vltava, Svratka, Malše atd. (Mattas et al., 2001). Největší problém používání této metody je její velká pracnost a časová náročnost o čemž jsem se sama přesvědčila a jako úskalí této metody to popisuje i Mattas (Mattas, 1998). Ve Spojených státech se IFIM používá především při budování staveb na vodních tocích (jedná se zejména o vodní elektrárny), ale jsem přesvědčena, že je její využití podstatně širší.

Jak už jsem popsala na začátku této práce, potýkáme se v posledních letech s nárůstem urbanizovaných ploch a tím se zvyšují negativní dopady na vodní toky v takto postižených územích. Nároky na kvalitu životního prostředí se stále zvyšují, zároveň se však zvyšují nároky na komfort obytných i průmyslových staveb. V tomto duchu souhlasím s Walshem (Walsh et al, 2005), problematiku urbanizovaných území je potřeba řešit. Vhodným nástrojem se mi zdá nízko zásahový urbanistický design (LID) viz kap. 3.4 Syndrom urbanizovaných toků

Jsem přesvědčena, že metoda IFIM by mohla být velmi nápomocna při samém počátku tvorby územních plánů a mohla by být zakomponována do procesu SEA (Strategic Environmental Assessment - Posuzování vlivů koncepcí na životní prostředí). Dále bych samozřejmě zvážila využití v procesu EIA (Environmental Impact Assessment – Vyhodnocení vlivů na životní prostředí), která se týká již konkrétních staveb.

V dnešní době máme k dispozici i několik nástrojů pro IFIM hodnocení a to index HQI, PHABSIM a RHABSIM. Bylo by jistě velmi zajímavé metody porovnat v jednom konkrétním toce. Víme, že index HQI byl vyvinut pro hodnocení rybích populací v tocích, proto je tato metoda omezující pro některé vodoteče. PHABSIM neumí počítat průtoky nižší než 0,01 m<sup>3</sup>/s, což je omezujícím faktorem pro toky, ve kterých převažují nízké průtoky. RHABSIM byl vyvinut pro nízké průtoky (Macura et al., 2009), ten se proto zdá pro malé vodoteče s nízkým průtokem vhodným řešením.

Faktem je, že metodu IFIM prozatím používá hlavně VÚV T.G.M. a některé univerzity, soukromý sektor metodu zatím nevyužívá. I v tomto ohledu vidím potenciál pro použití metody.

Další problém této metody vidím hlavně v tom, že vyžaduje spolupráci více odborníků různých specializací (hydrolog, hydrobiolog, ekolog), což není úplně praktické. Navíc se není možné vyvarovat určitých chyb (např. vhodně zvolené úseky) pokud se procesem prochází poprvé. Takže je nutné mít dostatečné praktické zkušenosti s touto metodou. Poměrně mne překvapilo, že takových zkušených odborníků v ČR příliš není. V práci Rebeky Tharme (Tharme, 2003) je za ČR zmíněn pouze Ing. Daniel Mattas CSc. Kromě něj jsem čerpala též z prací Ing. Jany Caletkové, Ph.D.

Metoda IFIM vyžaduje i kvalitní měřicí techniku, která není dostupná pro každého. Bez kvalitní techniky nelze spoléhat na přesné výsledky.

Některé země si PHABSIM přizpůsobují pro konkrétní podmínky např. Nový Zéland (RHYHABSIM), Kanada (HABIOSIM), Francie (EVHA) (Tharme, 2003), což tuto metodu potažmo software, který je v metodě využíván zpřesňuje.

IFIM je tedy dobrý nástroj pro ekologicko-hydraulické studie v tocích a právě proto se nabízí jeho přizpůsobení podmínkám v ČR, stejně jako to provedly země zmíněné výše. Potenciál této metody se zvyšuje jak s nárůstem urbanizace, tak i se změnami ve vodním režimu České republiky.

Abych to tedy shrnula: pracnost, časová náročnost, potřeba zkušeného mezioborového týmu a kvalitní technika to vše jsou problémy, s kterými se IFIM potýká. Musím ale podotknout, že tyto problémy nejsou nepřekonatelné a rutinní používání metody IFIM spolu se stabilním týmem odborníků, by některé z těchto negativ jistě v poměrně krátkém čase odstranilo.



## 9. Závěr

Únětický potok je typickým zástupcem toku v urbanizovaném území. Od jeho pramene v Kněževsi, který je velmi silně ovlivněn zaústěním dešťové kanalizace z letiště Václava Havla, protéká obcemi (Tuchoměřice, Statenice), které v současné době expandují vlivem masivní bytové výstavby. Tato část vodoteče je pod silným vlivem dešťové kanalizace na tok. V obci Únětice se nachází retenční nádrž a dále po proudu v oblasti Trojanova mlýna nalezneme mokřad. Zde začíná oblast přírodní rezervace a stav potoka je zde dobrý. Usuzuji tak z nálezů velkého množství bentosu převážně druhu *Gammarus fossarum*, který můžeme považovat za citlivý druh. Ústí potoka je opět silně ovlivněno dešťovou kanalizací z obce Roztoky, kde se nachází.

Ekologické průtoky jsem stanovovala pomocí metody IFIM a softwaru PHABSIM, který umožňuje jednotný pohled na vodní tok a to jak z hlediska hydraulického, tak i biologického (Caletková, 2003). Bohužel tento software neumí počítat s nižšími průtoky než 0,01 m<sup>3</sup>/s, což PHABSIM diskvalifikuje jako vhodný prostředek pro zjišťování minimálních průtoků drobných vodotečí. Vhodnou alternativou by mohl být software RHABSIM, který byl pro drobné vodoteče navržen.

Primárním cílem práce však bylo určit průtok ekologický, na který software PHABSIM použít lze i přesto, že se jedná o malou vodoteč. Pokud respektujeme názor, že by minimální průtok neměl klesnout pod 50-70% optimálního průtoku (vycházíme z hodnot WUA), pak narážíme na limity software PHABSIM u dvou druhů *Erpobella octocolata* a *Cheumatopsyche lepida*, u kterých nelze minimální průtok určit. U druhu *Gammarus fossarum* je minimální průtok 0,03 m<sup>3</sup>/s a u druhu *Baetis rhodani* 0,04 m<sup>3</sup>/s. Do analýzy vhodných ekologických průtoků vstoupily pouze čtyři druhy z celkových osmi (ostatní druhy jsou: *Crunoecia irrorata*, *Elmis maugetii*, *Sphaerium rivicola* a *Deugesia polychroa*) a to z důvodu splnění požadavku minimálně 100 jedinců každého druhu a životního stadia, který je důležitý pro správné zpracování křivek vhodnosti.

Pro analyzované druhy, viz výše, se jednotlivé individuální maxima WUA pohybují v rozmezí od 0,04 do 0,08 m<sup>3</sup>/s. Nicméně vhodný ekologický průtok se stanovuje pro analyzované druhy společně, což je v našem případě 0,05-0,07 m<sup>3</sup>/s. V tomto užším rozmezí nemá žádný z analyzovaných druhů své individuální maximum.

Z důvodu možnosti plné rekolonizace toku je vhodné dodržovat hodnotu maximálního průtoku. Maximální průtok by neměl klesnout pod 20% maximální hodnoty WUA. Hranice maximálního průtoku je pro každý analyzovaný druh jiná: pro *Baetis rhodani* je 0,18 m<sup>3</sup>/s, pro *Gammarus fossarum* je 0,17 m<sup>3</sup>/s, pro *Erphobella octoculata* je 0,14 m<sup>3</sup>/s a pro *Cheumatopsyche lepida* je 0,12 m<sup>3</sup>/s.

Celou práci považuji za velmi přínosnou, neboť mi umožnila projít celým procesem studie IFIM od sběru až po hodnocení dat a to včetně práce se softwarem PHABSIM. Pochopení tohoto softwaru mi rozšířilo obzory zejména v oblasti hydrauliky a vzájemných biologických souvislostí a to za cenu častých omylů, množství vydané energie, někdy až hraničící s pocity zmaru. Nyní nabyté zkušenosti však považuji za tolik komplexní, unikátní a zajímavé, že velmi zvažuji, zdali je nevyužiji i při dalším směřování mého profesního života. Práce mne totiž velmi bavila!

## 10. Seznam použité literatury

- [1] BERNARDOVÁ I., MRÁZEK K., 1995: Zásady stanovení minimálních průtoků ve vodních tocích. *Vodní Hospodářství* 6: 222-223 s.
- [2] BĚČÁKOVÁ M., 2012: Biologie a ekologie chrostíků (Trichoptera) České Republiky. Bakalářská práce, Masarykova Univerzity v Brně, Přírodovědecká fakulta
- [3] BERAN L., 1998: Vodní měkkýši. Český svaz ochránců přírody, Regionální centrum ČSOP Vlašim
- [4] BINNE A. N., 1982: Habitat Quality Index Procedures Manual. Wyoming Game and Fish Department
- [5] BOOTH D.B., KARR J. R., SCHAUMAN S., KONRAD C. P., MORLEY S. A., LARSON M.G., BURGESS S.J., 2004: Reviving urban streams: land use, hydrology, and human behavior. *Journal of the American Water Resources Association* 40: 1351-1364 s.
- [6] BOVEE K. D., MILHOUS R. T., 1978: Hydraulic simulation in stream flow studies. Theory and techniques. *Instream Flow Information Paper 5*, U.S. Fish and Wildlife Service
- [7] BOVEE K.D., LAMB C.J., BARTHOLOW M., STALNAKER C.B., TAYLOR J. AND HENRIKSEN J., 1998: Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD
- [8] BURTON G. W., ODUM E. P., 1945: The distribution of stream fish in the vicinity of Mountain Lake. Virginia, *Ecology* 26: 182-194 s.
- [9] CALETKOVÁ J., 2003: Využití simulačního programu PHABSIM ke zjištění minimálních ekologických průtoků. Diplomová práce, Fakulta stavební, ČVUT, Praha
- [10] CALETKOVÁ J., 2004: Využití simulačního prostředí PHABSIM ke zjištění minimálních ekologických průtoků nutných pro bentické společenstvo. *Vodárenská Biologie, Sborník Konference*, Praha, 105-110 s.
- [11] CALETKOVÁ J., FATKA P., 2004: Methodology of ecological discharges assesment in small streams in urban environment. *CityNet 19 EASW, Process data and Integrated urban water modelling*, Francie–Meaux–la-Montagne
- [12] CALETKOVÁ J., 2007: Ekologicky vhodné rozmezí průtoků pro makrozoobentos v tocích ovlivněných městským odvodněním. *Disertační*

práce.ČVUT v Praze, Fakulta Stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství

- [13] DUNE T., LEOPOLD L. B., 1978: Water in environmental planning. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California
- [14] FLECKSEDER H., 1994: Warum benotigen wir in Osterreich die Generelle Entwässerungsplanung? Wiener Mitteilungen, Band 121, Technische Universität Wien in KREJČÍ V. a kol., 2002: Odvodnění urbanizovaných území - konceptní přístup. NOEL 2000, Brno
- [15] FORBES S.A., 1907: On the local distribution of certain Illinois fishes: An essay in statistical ecology. Bulletin of the Illinois State Laboratory of Natural History 7: 273-303 s.
- [16] GORE J. A., JUDY R. D., 1981: Predictive models of benthic macroinvertebrate density for use in instream flow studies and regulated flow management. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38: 1363-1370 s.
- [17] HARTMAN P., PŘIKRYL I., ŠTĚDRONSKÝ E., 2005: Hydrobiologie. INFORMATORIUM spol. s.r.o., Praha
- [18] HÖRLER A., 1962: Kanalisation, Ingenieur-Handbuch. Band II, Schweizer Verlaghaus AG, Zürich
- [19] HRABĚ S. ET AL., 1954: Klíč zvířeny ČSR. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- [20] HUBBS C. L., 1941: The relation of hydrological conditions to speciation in fishes. A Symposium on Hydrobiology, University of Wisconsin, 182-195 s.
- [21] KLÍMOVÁ M., 2013: Ekologické průtoky v urbanizovaných tocích. Sborník příspěvků STOKA 2013, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT v Praze
- [22] KOKEŠ J., VOJTÍŠKOVÁ D., 1999: Nové metody hodnocení makrozoobentosu tekoucích vod. VÚV T.G.M. Praha
- [23] KOMÍNKOVÁ D., HANDOVÁ Z., NÁBĚLKOVÁ J., CALETKOVÁ J., 2007: Syndrom urbanizovaných toků a nový pohled na revitalizaci městských toků. Vodní hospodářství 57: 39-42 s.
- [24] KREJČÍ V. a kol., 2002: Odvodnění urbanizovaných území - konceptní přístup. NOEL 2000, Brno
- [25] KŘÍŽ V. ET AL., 1988: Hydrometrie. Státní pedagogické nakladatelství, n.p., Praha

- [26] LANGROVÁ I., VRABEC V., KUBÍK Š., JANKOVSKÁ I., KUFÜRST J., BARTÁK M., VADLEJCH J., 2010: Zoologie bezobratlých. Česká zemědělská univerzita v Praze, Powerprint, Praha
- [27] Lloyd S. D., WONG T. H. F., PORTER B., 2002: The planning and construction of an urban stormwater management scheme. *Water Science and Technology* 45 (7): 1-10 s.
- [28] MACURA V., ŠKRINÁR A., JALČOVÍKOVÁ M., ŠKROVINOVÁ M., 2009: Optimization of biotic parameters of some Slovak mountain streams for modeling by the IFIM method. *Sustainable Development and Bioclimate Reviewed Conference Proceedings*, Slovak Bioclimatical Society, Stará Lesná, 103-104 s.
- [29] MATTAS D., 2014: Výpočet průtoků v otevřených korytech. VÚV T.G.M., Praha
- [30] MATTAS D., 2001: Praktické cvičení z hydrometrie. Fakulta stavební, České Vysoké Učení Technické v Praze,
- [31] MATTAS D., SLAVÍK O., JIŘINEC P., 2001: Nové přístupy k navrhování ekologických průtoků. *Vodní Hospodářství* 2: 25-29 s.
- [32] MATTAS ET AL., 1998: Přírůstková metodologie proudění v toku (IFIM). Metodický návod; VÚV T.G.M. Praha
- [33] MATOUŠKOVÁ M., (2008): Ekohydrologický monitoring vodních toků: v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, 9 – 23 s.
- [34] MEYER J. L., PAUL M. J., TAULBEE W. K., 2005: Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. *Journal of the North American Benthological Society* 24: 602-612 s.
- [35] MILHOUS R. T., 2008: The simulation programs of the Instream Flow Incremental Methodology. *Hydrology Days*, Fort Collins Science Center, U.S. Geological Survey, Fort Collins, Colorado 80526 USA
- [36] PAUL M. J., MEYER J. L., 2001: Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 208-217 s.
- [37] PAYNE T. R., 2003: The Concept of Weighted Usable Area as Relative Suitability Index. IFIM User's workshop Fort Collins, CO
- [38] PAYNE T. R. & ASSOCIATES, 1994-1998: User's Manual RHABSIM 2.0 for DOS and Windows. P.O. BOX 4678, 850 G Street, Suite J Arcata, California, USA 95521 (707) 822-8478
- [39] USGS, 2001: PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises. Midcontinent Ecological Science Center, U.S. Department of the Interior,

- [40] PKVT, 1994: Skryto očím – Encyklopedie T94. Pražské kanalizace a vodní toky, Redakce T94, Praha
- [41] RAMEŠOVÁ L., MATTAS D., 2010: Česká kalibrační stanice vodoměrných vrtulí – Nežádoucí jevy v procesu kalibrace a jejich eliminace. VÚV T.G.M., Praha
- [42] RESLOVÁ M., 2011: Ploštěnky (Platyhelminthes: Tricladida) v ČR. Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie
- [43] RITCHIE L., 2000: A literature Review and Data Analysis of Benthic Macroinvertebrate Habitat Suitability for the Goquiltlam River. U.S. Department of Interior
- [44] ROZKOŠNÝ R., 1980: Klíč vodních larev hmyzu. Československá akademie věd
- [45] SCHÖLL F., FUKSA J., 2000: Makrozoobentos Labe od Krkonoš až po Cuxhaven. VÚV T.G.M. Praha
- [46] SHELFORD V. E., 1911: Ecological succession. I. Stream fishes and the method of physiographic analysis. Biological Bulletin 21: 9-34 s.
- [47] SMRŽ J., 2014: Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, Praha
- [48] STALNAKER C. B., 1993: Fish habitat models in environmental assessments 140-162 in HILDEBRAND S. G., CANNON J. B.: Environmental analysis: The NEPA-Experience, CRC Press, Boca Raton
- [49] STALNAKER C.B., LAMB L., HENRIKSEN J., BOVEE K.D., BARTHOLOW M., 1995: The Instream Flow Incremental Methodology: a Primer for IFIM. Biological report 29. U.S. Department
- [50] STRAKA M., SYCHRA J., 2007: Determinační kurz makrozoobentosu: Cleoptera. Ústav botaniky a zoologie PFMU a VÚV T.G.M., Materiál k determinačnímu kurzu, Praha
- [51] ŠŤASTNÁ G., STRÁNSKÝ D., KOMÍNKOVÁ D., 2004: Hydraulický dopad městského odvodnění na společenstvo bentických organismů. Vodárenská Biologie, Sborník Konference, Praha, 100-104 s.
- [52] THARME R. E.: 2003: a Global Perspective on Environmental Flow Assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers. Rivers Research & Applications 19: 397-441 s.
- [53] THOMPSON D. H., HUNT F. D., 1930: The fishes of Champaign County. Illinois Natural History Survey Bulletin 19: 101 s.

- [54] TRIHEY E.W., STALNAKER C.B., 1985: Evolution and Application of instream flow methodologies to small hydropower development: an overview of the issues. Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries, American Fisheries Society, Bethesda, 176-183 s.
- [55] WALSH T. J., ROY A. H., FEMINELLA J. W., COTTINGHAM P. D., GROFFMAN P. M., MORGAN R. P., 2005: The Urban Stream Syndrome: Current knowledge and the search for a cure. The North American Benthological Society

## Normy

- [1] ČSN 757701

## Mapové podklady

- [1] CHÁB J., STRÁNÍK Z., ELIÁŠ M., 2007: Geologická mapa České republiky 1:500 000, Česká geologická služba, Praha
- [2] TOMÁŠEK M., 1984: Půdní mapa ČR 1: 50 000, List 12-23 Kladno a 12-24 Praha, Ústřední ústav Geologický, Praha

## Ostatní zdroje

- [1] MACURA V., ŠKRINÁR A., ZAČKA T. :Zovšeobecnie vhodnotných kriviek rýb v simulacnom systéme PHABSIM, Stavebná fakulta Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislavě, online:  
<http://www.cbks.cz/sbornikRackova03/sections/4/Macura.pdf> , cit. 4.5.2015.
- [2] Město Roztoky, o městě, Únětický potok, online:  
<http://www.roztoky.cz/uneticky-potok> , cit.19.4.2015.
- [3] Oficiální stránky města Tuchoměřice, Volný čas, Únětický potok, online:  
<http://www.tuchomerice.eu/volny-cas/turisticke-zajimavosti/uneticky-potok/> ,cit. 15.10.2015
- [4] Geologické lokality, Vyhledávání, Roztocký Háj -Tiché údolí, online:  
<http://lokality.geology.cz/1019>, cit. 3.4.2015.
- [5] Údolí Únětického potoka, online: <http://lokality.geology.cz/206> , cit. 3.4.2015
- [6] Informační systém statistiky a reportingu, Ministerstvo Životního prostředí České Republiky, Vodní hospodářství a jakost vody, vypouštění odpadních vod, online: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1577> cit. 29.5. 2015
- [7] Informační systém statistiky a reportingu, Ministerstvo Životního prostředí České Republiky, Půda a krajina, zemědělství, Jaký je stav a jaké jsou

trendy ve využití území v ČR, online:

<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1598> cit. 29.5.2015



## 11. Rejstříky

### 11.1 Seznam použitých zkratk

Zkratka	Originální název	Český význam
LID	Low –impact urban design	Nízko zásahový urbanistický design
IFIM	Istream Flow Incremental Methodology	Přírůstková metodologie proudění v toku
NEPA	National Environmental Policy Act	
PHABSIM	Physical Habitat Simulation System	Software pro analýzu IFIM
RHABSIM	The Riverine Habitat Simulation	Software pro analýzu IFIM
HQI	Habitat Quality Index	

## 11.2 Seznam fotografií

FOTO Č. 1: PODĚKOVÁNÍ	5
FOTO Č. 2: PROFIL ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1	52
FOTO Č. 3: PROFIL ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 2	53
FOTO Č. 4: PROFIL ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 1	54
FOTO Č. 5: PROFIL ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 2	55
FOTO Č. 6: PROFIL ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 3	56
FOTO Č. 7: PROFIL ÚNĚTICE 1	57
FOTO Č. 8: PROFIL ÚNĚTICE 2	58
FOTO Č. 9: PROFIL KNĚŽEVES 1	59
FOTO Č. 10: PROFIL KNĚŽEVES 2	60
FOTO Č. 11: CHEUMATOPSYCHE LEPIDA	62
FOTO Č. 12: BAETIS RHODANI	63
FOTO Č. 13: <i>GAMMARUS FOSSARUM</i>	64
FOTO Č. 14: <i>ERPOBDELLA OCTOCULATA</i>	65
FOTO Č. 15: <i>CRUNOECIA IRRORATA</i>	66
FOTO Č. 16: <i>ELMIS MAUGETII</i>	66
FOTO Č. 17: <i>SPHAERIUM RIVICOLA</i>	67
FOTO Č. 18: <i>DEUGESIA POLYCHROA</i>	67
FOTO Č. 19: NATAHOVÁNÍ PÁSMA V MĚRNÉM ÚSEKU	110
FOTO Č. 20: ODEČÍTÁNÍ Z NIVELAČNÍ LATĚ	110
FOTO Č. 21: VÝPUSŤ Z LETIŠTĚ DO ÚNĚTICKÉHO POTOKA BĚHEM NIVELOVÁNÍ	111
FOTO Č. 22: MĚŘENÍ HYDROMETRICKOU VRTULÍ	111
FOTO Č. 23: ZÁPIS NAMĚŘENÝCH DAT	112
FOTO Č. 24: ODBĚR BENTOSU V BUŇCE	112
FOTO Č. 25: ODBĚR BENTOSU	113
FOTO Č. 26: ODBĚR BENTOSU DETAIL	113
FOTO Č. 27: ODEBRANÝ BENTOS	114

### 11.3 Seznam obrázků

OBR. Č. 1: ZDROJ: (INFORMAČNÍ SYSTÉM STATISTIKY A REPOTINGU MZP, 2015), RELATIVNÍ VYJÁDRĚNÍ VYPOUŠTĚNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ Z BODOVÝCH ZDROJŮ V UKAZATELÍCH BSK5, CHSKCR, NEROZPUŠTĚNÝCH LÁTEK (NL), ČR [INDEX, ROK 1990=100]	13
OBR. Č. 2: ZDROJ (INFORMAČNÍ SYSTÉM STATISTIKY A REPOTINGU MZP, 2015), VÝVOJ VYUŽITÍ ÚZEMÍ V ČR	14
OBR. Č. 3: ZDROJ: (INFORMAČNÍ SYSTÉM STATISTIKY A REPOTINGU MZP, 2015), MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÝCH VOD DO VOD POVRCHOVÝCH, ČR, 2000 [MIL. M3]	15
OBR. Č. 4: ZDROJ: (INFORMAČNÍ SYSTÉM STATISTIKY A REPOTINGU MZP, 2015), MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD DO VOD POVRCHOVÝCH, ČR, 2013 [MIL. M3]	15
OBR. Č. 5: FLECKSEDER 1994 IN KREJČÍ 2002, SYSTÉM MĚSTSKÉHO ODVODNĚNÍ ODPOVÍDAJÍCÍ NOVÝM ZÁSADÁM	18
OBR. Č. 6: BLAŽKOVÁ Š. ET AL. HYDROEKOLOGICKÉ MODELOVÁNÍ 1998	29
OBR. Č. 7: MATTAS D. PŘÍRŮSTKOVÁ METODOLOGIE PROUDĚNÍ V TOKU 1998	33
OBR. Č. 8: MATTAS ET AL., 1998	41
OBR. Č. 9: PHABSIM PŘÍKLAD CROSS SECTION DATA	44
OBR. Č. 10: PHABSIM PŘÍKLAD CALIBRATION DATA	45
OBR. Č. 11: PHABSIM PŘÍKLAD COORDINATE DATA	45
OBR. Č. 12: PHABSIM PŘÍKLAD PRO ZADÁVÁNÍ SUITABILITY CURVES	46
OBR. Č. 13: PHABSIM PŘÍKLAD PRO ZADÁVÁNÍ DISCHARGES	46
OBR. Č. 14: PHABSIM PŘÍKLAD ZADÁVÁNÍ PROJECT DESCRIPTION	47
OBR. Č. 15: MAPA ÚNĚTICKÉHO POTOKA	48
OBR. Č. 16: PODÉLNÝ PROFIL KORYTA S VYZNAČENÍM JEDNOTLIVÝCH ÚSEKŮ	50
OBR. Č. 17: VÝŠKA HLADIN ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1	70
OBR. Č. 18: PRŮTOKY ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1	70
OBR. Č. 19: KŘIVKY VHODNOSTI PRO <i>CHEUMATOPSYCHE LEPIDA</i> (V POŘADÍ: RYCHLOST, SUBSTRÁT, HLOUBKA)	71
OBR. Č. 20: KŘIVKY VHODNOSTI PRO <i>BAETIS RHODANI</i> (V POŘADÍ: RYCHLOST, SUBSTRÁT, HLOUBKA)	72
OBR. Č. 21: KŘIVKY VHODNOSTI PRO <i>GAMMARUS FOSSARUM</i> (V POŘADÍ: RYCHLOST, SUBSTRÁT, HLOUBKA)	73
OBR. Č. 22: KŘIVKY VHODNOSTI PRO <i>ERPOBDELLA OCTOCULATA</i> (V POŘADÍ: RYCHLOST, SUBSTRÁT, HLOUBKA)	74
OBR. Č. 23: HABTAE WUA VS. RYCHLOST PRO <i>GAMMARUS FOSSARUM</i>	76
OBR. Č. 24: HABTAE WUA VS. RYCHLOST PRO <i>BAETIS RHODANI</i>	76
OBR. Č. 25: HABTAE WUA VS. RYCHLOST <i>CHEUMATOPSYCHE LEPIDA</i>	77
OBR. Č. 26: HABTAE WUA VS. RYCHLOST <i>ERPOBDELLA OCTOCULATA</i>	77

OBR. Č. 27 WUA VS Q – VŠECHNY HODNOCENÉ DRUHY	78
OBR. Č. 28 WUA V % VS Q – PRO VŠECHNY HODNOCENÉ DRUHY	78
OBR. Č. 29: VÝŠKA HLADIN ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1	101
OBR. Č. 30: PRŮTOKY ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1	101
OBR. Č. 31: VÝŠKA HLADIN ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 2	102
OBR. Č. 32: PRŮTOKY ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 2	102
OBR. Č. 33: VÝŠKA HLADIN ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 1	103
OBR. Č. 34: PRŮTOKY ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 1	103
OBR. Č. 35: VÝŠKA HLADIN ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 2	104
OBR. Č. 36: PRŮTOKY ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 2	104
OBR. Č. 37: VÝŠKA HLADIN ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 3	105
OBR. Č. 38: PRŮTOKY ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 3	105
OBR. Č. 39: VÝŠKA HLADIN ÚNĚTICE 1	106
OBR. Č. 40: PRŮTOKY ÚNĚTICE 1	106
OBR. Č. 41: VÝŠKA HLADIN ÚNĚTICE 2	107
OBR. Č. 42: PRŮTOKY ÚNĚTICE 2	107
OBR. Č. 43: VÝŠKA HLADIN KNĚŽEVES 1	108
OBR. Č. 44: PRŮTOKY KNĚŽEVES 1	108
OBR. Č. 45: VÝŠKA HLADIN KNĚŽEVES 2	109
OBR. Č. 46: PRŮTOKY KNĚŽEVES 2	109

## 11.4 Seznam tabulek

TAB. Č. 1: POPIS SUBSTRÁTU DNA	40
TAB. Č. 2: TABULKA POČTU JEDINCŮ V JEDNOTLIVÝCH BUŇKÁCH PRO PROFIL ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 1 ZA MĚSÍC ČERVEN	43
TAB. Č. 3: PŘEHLED CHARAKTERISTICKÝCH ÚSEKŮ A MĚRNÝCH PROFILŮ ÚNĚTICKÉHO POTOKA	51
TAB. Č. 4: NIVELACE ÚSEKU ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 1	52
TAB. Č. 5: NIVELACE ROZTOKY, ÚSTÍ POTOKA 2	53
TAB. Č. 6: NIVELACE ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 1	54
TAB. Č. 7: NIVELACE ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 2	55
TAB. Č. 8: ROZTOKY, MAXMILIÁNKA 3	56
TAB. Č. 9: NIVELACE ÚNĚTICE 1	57
TAB. Č. 10: NIVELACE ÚNĚTICE 2	58
TAB. Č. 11: NIVELACE KNĚŽEVES 1	59
TAB. Č. 12: NIVELACE KNĚŽEVES 2	60
TAB. Č. 13: TABULKA MĚŘENÝCH ZPRŮMĚROVANÝCH PRŮTOKŮ V M <sup>3</sup> /S	68
TAB. Č. 14: TABULKA SIMULOVANÝCH PRŮTOKŮ V M <sup>3</sup> /S	68
TAB. Č. 15: HARMONOGRAM DIPLOMOVÉ PRÁCE	95
TAB. Č. 16: MĚŘENÍ PROFILU DNA	98
TAB. Č. 17: VODOMĚRNÉ ÚDAJE	100
TAB. Č. 18: PRŮTOKY V JEDNOTLIVÝCH PROFILECH A MĚŘÍCÍCH OBDOBÍCH	100

## **11.5 Seznam příloh**

Příloha 1: Harmonogram diplomové práce

Příloha 2: Datové podklady

Příloha 3: Hydraulické simulace

Příloha 4: Fotografická dokumentace



## Příloha 2: Datové podklady

Měření profilu dna

Profil	Bod	Čti vzad	Čti vpřed	Vzdálenost (mm)	Čistá vzdálenost (m)	šířka buňky (m)	Poznámka	Charakteristika
1	1	1980		1060	0			Od stromu
1	2	2175		1400	0,34	0,34		Od stromu
1	3	2500		1800	0,74	0,4		Od stromu
1	4	2695		2200	1,14	0,4		Od stromu
1	5	3130		2500	1,44	0,3	LB	Od stromu
1	6	3220		2900	1,84	0,4		Od stromu
1	7	3250		3400	2,34	0,5		Od stromu
1	8	3310		3800	2,74	0,4		Od stromu
1	9	3320		4200	3,14	0,4		Od stromu
1	10	3350		4600	3,54	0,4	Vracák	Od stromu
1	11	3330		5000	3,94	0,4	Vracák	Od stromu
1	12	3370		5400	4,34	0,4		Od stromu
1	13	3130		5700	4,64	0,3	PB	Od stromu
1	14	3040		6100	5,04	0,4		Od stromu
1	15	2780		6500	5,44	0,4		Od stromu
1	16	2120		7200	6,14	0,7		Kanál
1	17	1720		8000	6,94	0,8		
2	1	2000		1000	0			Od stromu
2	2	2170		1400	0,4	0,4		Od stromu
2	3	2805		1900	0,9	0,5	PB	Od stromu
2	4	2945		2400	1,4	0,5	Dno PB	Od stromu
2	5	3025		2800	1,8	0,4		Od stromu
2	6	2990		3200	2,2	0,4		Od stromu
2	7	3000		3600	2,6	0,4		Od stromu
2	8	2995		4000	3	0,4	Vracák	Od stromu
2	9	2985		4400	3,4	0,4	Vracák	Od stromu
2	10	2790		4900	3,9	0,5	Dno LB	Od stromu
2	11	2690		5200	4,2	0,3	LB	Od stromu
2	12	2385		5600	4,6	0,4		Od stromu
2	13	1900		6000	5	0,4		Od stromu
2	14	1735		6400	5,4	0,4		Kopřivy
3	1	1605		1300	0			Od stromu
3	2	1685		1800	0,5	0,5		Od stromu
3	3	1765		2200	0,9	0,4		Od stromu
3	4	1810		2800	1,5	0,6		Od stromu
3	5	1970		3100	1,8	0,3		Od stromu
3	6	2070		3400	2,1	0,3	LB	Od stromu
3	7	2210		3900	2,6	0,5		Od stromu



Profil	Bod	Čti vzad	Čti vpřed	Vzdálenost (mm)	Čistá vzdálenost (m)	šířka buňky (m)	Poznámka	Charakteristika
3	8	2275		4400	3,1	0,5	Kámen	Od stromu
3	9	2280		4750	3,45	0,35		Od stromu
3	10	2310		5050	3,75	0,3		Od stromu
3	11	2325		5350	4,05	0,3		Od stromu
3	12	2270		5600	4,3	0,25		Od stromu
3	13	2220		5900	4,6	0,3		Od stromu
3	14	2070		6100	4,8	0,2	PB	Od stromu
3	15	1320		6800	5,5	0,7		Od stromu
3	16	1265		7400	6,1	0,6		Tráva
4	1	1670		300	0		LB	Od stromu
4	2	2400		500	0,2	0,2		Od stromu
4	3	2440		700	0,4	0,2		Od stromu
4	4	2540		900	0,6	0,2		Od stromu
4	5	2590		1200	0,9	0,3		Od stromu
4	6	2600		1400	1,1	0,2		Od stromu
4	7	2670		1700	1,4	0,3		Od stromu
4	8	2670		2000	1,7	0,3		Od stromu
4	9	2610		2300	2	0,3		Od stromu
4	10	1860		2600	2,3	0,3	PB	Strom s keřem
5	1	1730		450	0			Od stromu
5	2	2030		700	0,25	0,25	LB	Od stromu
5	3	2110		1000	0,55	0,3		Od stromu
5	4	2115		1300	0,85	0,3		Od stromu
5	5	2155		1800	1,35	0,5		Od stromu
5	6	2170		2000	1,55	0,2		Od stromu
5	7	2170		2400	1,95	0,4		Od stromu
5	8	2155		2800	2,35	0,4		Od stromu
5	9	2125		3000	2,55	0,2		Od stromu
5	10	2040		3200	2,75	0,2	PB	Od stromu
5	11	2030		3500	3,05	0,3		Od stromu
5	12	1475		3700	3,25	0,2		Od stromu
5	13	1455		3900	3,45	0,2		Tráva
6	1	840		400	0			Od vrby
6	2	1195		800	0,4	0,4	LB	Od vrby
6	3	1350		1100	0,7	0,3		Od vrby
6	4	1335		1500	1,1	0,4		Od vrby
6	5	1330		2100	1,7	0,6		Od vrby
6	6	1280		2700	2,3	0,6		Od vrby
6	7	1275		3000	2,6	0,3		Od vrby
6	8	1270		3200	2,8	0,2		Od vrby
6	9	785		3400	3	0,2	PB	Od vrby
6	10	695		4000	3,6	0,6		Strom

Profil	Bod	Čti vzad	Čti vpřed	Vzdálenost (mm)	Čistá vzdálenost (m)	šířka buňky (m)	Poznámka	Charakteristika
7	1		915	600	0			Od vrby
7	2		900	1000	0,4	0,4		Od vrby
7	3		1110	1300	0,7	0,3		Od vrby
7	4		1155	1600	1	0,3		Od vrby
7	5		1280	1800	1,2	0,2	LB	Od vrby
7	6		1570	2200	1,6	0,4		Od vrby
7	7		1600	2600	2	0,4		Od vrby
7	8		1675	3000	2,4	0,4		Od vrby
7	9		1655	3300	2,7	0,3		Od vrby
7	10		1635	3700	3,1	0,4		Od vrby
7	11		1580	4200	3,6	0,5		Od vrby
7	12		1035	4400	3,8	0,2	PB	Od vrby
7	13		905	4900	4,3	0,5		Travnatý břeh
8	1		2130	3000	0			Větve na zemi
8	2		2360	3500	0,5	0,5	LB	Od stromu
8	3		2590	3700	0,7	0,2		Od stromu
8	4		2595	3900	0,9	0,2		Od stromu
8	5		2580	4400	1,4	0,5		Od stromu
8	6		2300	4900	1,9	0,5		Od stromu
8	7		2380	5400	2,4	0,5		Od stromu
8	8		2400	6000	3	0,6		Od stromu
8	9		2460	6600	3,6	0,6		Od stromu
8	10		2585	7200	4,2	0,6		Od stromu
8	11		2590	7700	4,7	0,5		Od stromu
8	12		2585	8000	5	0,3		Od stromu
8	13		2470	8400	5,4	0,4	PB	Od stromu
8	14		1785	9000	6	0,6		Od stromu
8	15		1350	10000	7	1		Od stromu
8	16		830	12000	9	2		Od stromu
9	1	1080		400	0			Od stromu
9	2	1350		600	0,2	0,2		Od stromu
9	3	1580		900	0,5	0,3	LB	Od stromu
9	4	1645		1200	0,8	0,3		Od stromu
9	5	1640		1800	1,4	0,6		Od stromu
9	6	1635		2400	2	0,6		Od stromu
9	7	1635		3000	2,6	0,6		Od stromu
9	8	1625		3500	3,1	0,5		Od stromu
9	9	1625		4000	3,6	0,5		Od stromu
9	10	1390		4300	3,9	0,3	PB	Od stromu
9	11	1135		5000	4,6	0,7		Travnatý břeh

tab. č. 16: Měření profilu dna

Vodoměrné údaje

Profil	Bod	Hloubka vody (mm)				Rychlost vody (m/s)			
		červen	červenec	srpen	říjen	červen	červenec	srpen	říjen
1	6	90	100	20	60	0,0407	0,0416	0,0399	0,0416
1	7	120	130	50	90	0,0582	0,2036	0,0381	0,1200
1	8	180	190	110	150	0,2445	0,3751	0,0695	0,1505
1	9	190	200	120	160	0,3947	0,3925	0,2393	0,3089
1	10	220	230	150	190	0,3891	0,4971	0,1923	0,3211
1	11	200	210	130	170	0,4169	0,6679	0,3629	0,4927
1	12	240	250	170	210	0,4405	0,6970	0,5188	0,5423
2	4	140	150	120	130	0,0869	0,2280	0,1026	0,1078
2	5	220	230	200	210	0,3505	0,4735	0,3743	0,3716
2	6	185	195	165	175	0,3069	0,3447	0,2428	0,2637
2	7	195	205	175	185	0,1891	0,3046	0,1524	0,1644
2	8	190	200	170	180	0,0846	0,2332	0,0782	0,1069
2	9	180	190	160	170	0,0921	0,0790	0,1000	0,0660
3	7	125	135	35	85	0,5162	0,4910	0,4962	0,4927
3	8	190	200	100	150	0,0891	0,0845	0,1117	0,0991
3	9	195	205	105	155	0,7722	0,8764	0,7329	0,7944
3	10	225	235	135	185	0,8067	0,9157	0,7593	0,9250
3	11	240	250	150	200	0,7666	0,7679	0,7286	0,9063
3	12	185	195	95	145	0,7986	0,7704	0,6884	0,8721
3	13	135	145	45	95	0,6007	0,6100	0,4840	0,6320
4	2	170	180	110	150	0,1784	0,1809	0,1026	0,1496
4	3	210	220	150	190	0,2838	0,2933	0,2698	0,2184
4	4	310	320	250	290	0,3540	0,3586	0,4875	0,3447
4	5	360	370	300	340	0,3111	0,3238	0,3856	0,3307
4	6	370	380	310	350	0,2910	0,3151	0,2898	0,3203
4	7	440	450	380	420	0,2607	0,2750	0,2680	0,2733
4	8	440	450	380	420	0,2420	0,2628	0,2907	0,2036
4	9	380	390	320	360	0,2364	0,2454	0,1897	0,2010
5	3	70	80	50	60	0,4117	0,5258	0,2715	0,3952
5	4	75	85	55	65	0,5023	0,6042	0,4474	0,5989
5	5	115	125	95	105	0,6164	0,7371	0,4840	0,6537
5	6	130	140	110	120	0,5371	0,6560	0,4370	0,5092
5	7	130	140	110	120	0,6077	0,6654	0,5014	0,6312
5	8	115	125	95	105	0,3055	0,3708	0,2959	0,2854
5	9	85	95	65	75	0,2367	0,3577	0,2628	0,2576
6	3	150	160	110	120	0,2454	0,3717	0,3934	0,3656
6	4	135	145	95	105	0,4344	0,4779	0,5014	0,4509
6	5	130	140	90	100	0,6483	0,5998	0,5937	0,5920
6	6	80	90	40	50	0,7004	0,6050	0,6603	0,6688
6	7	75	85	35	45	0,5981	0,5902	0,6645	0,5718

Profil	Bod	Hloubka vody (mm)				Rychlost vody (m/s)			
		červen	červenec	srpen	říjen	červen	červenec	srpen	říjen
6	8	70	80	30	40	0,5885	0,5267	0,5928	0,5563
7	6	145	160	45	95	0,2297	0,2828	0,2907	0,2158
7	7	175	190	75	125	0,3029	0,3281	0,2846	0,3211
7	8	250	265	150	200	0,4187	0,4378	0,3734	0,3473
7	9	230	245	130	180	0,3851	0,4047	0,3821	0,3621
7	10	210	225	110	160	0,3394	0,3717	0,3769	0,3481
7	11	155	170	55	105	0,3185	0,3638	0,3360	0,3133
8	3	113	115	95	105	0,6198	0,6603	0,5267	0,5676
8	4	118	120	100	110	0,5450	0,6526	0,4370	0,5101
8	5	103	105	85	95	0,4666	0,5728	0,3891	0,3725
8	6	0	0	0	0				
8	7	0	0	0	0				
8	8	0	0	0	0				
8	9	0	0	0	0				
8	10	108	110	90	100	0,2780	0,3812	0,2419	0,2645
8	11	113	115	95	105	0,2820	0,3377	0,1583	0,2489
8	12	108	110	90	100	0,1374	0,2384	0,1165	0,1270
9	4	70	80	50	60	0,1496	0,2872	0,1844	0,2036
9	5	65	75	45	55	0,2384	0,3290	0,3115	0,2872
9	6	60	70	40	50	0,1897	0,2767	0,2106	0,2088
9	7	60	70	40	50	0,3098	0,3189	0,2645	0,2541
9	8	50	60	30	40	0,1461	0,3081	0,1775	0,2262
9	9	50	60	30	40	0,4178	0,2976	0,4021	0,4648

tab. č. 17: Vodoměrné údaje

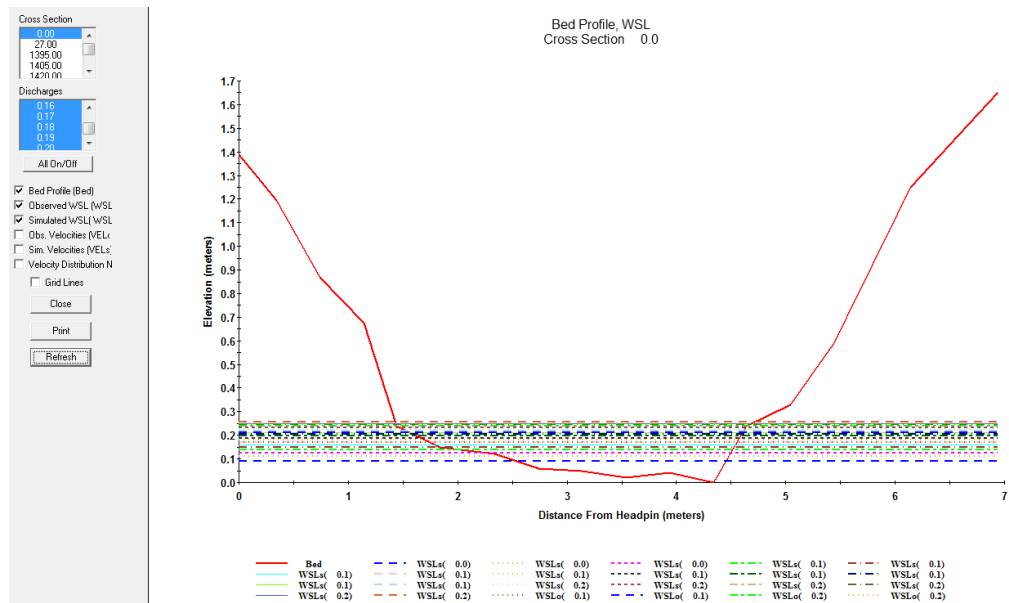
Průtoky v jednotlivých profilech a měřicích obdobích

Profil	Průtoky (m <sup>3</sup> /s)			
	červen	červenec	srpen	říjen
<b>Průměr:</b>	<b>0,1414</b>	<b>0,1742</b>	<b>0,0882</b>	<b>0,1182</b>
1	0,1754	0,2658	0,0937	0,1527
2	0,0774	0,1206	0,0644	0,0694
3	0,2932	0,3227	0,1397	0,2505
4	0,1847	0,1999	0,1606	0,1660
5	0,1095	0,1458	0,0755	0,1008
6	0,1456	0,1546	0,0937	0,1036
7	0,1561	0,1844	0,0775	0,1101
8	0,0843	0,1096	0,0575	0,0689
9	0,0462	0,0642	0,0312	0,0422

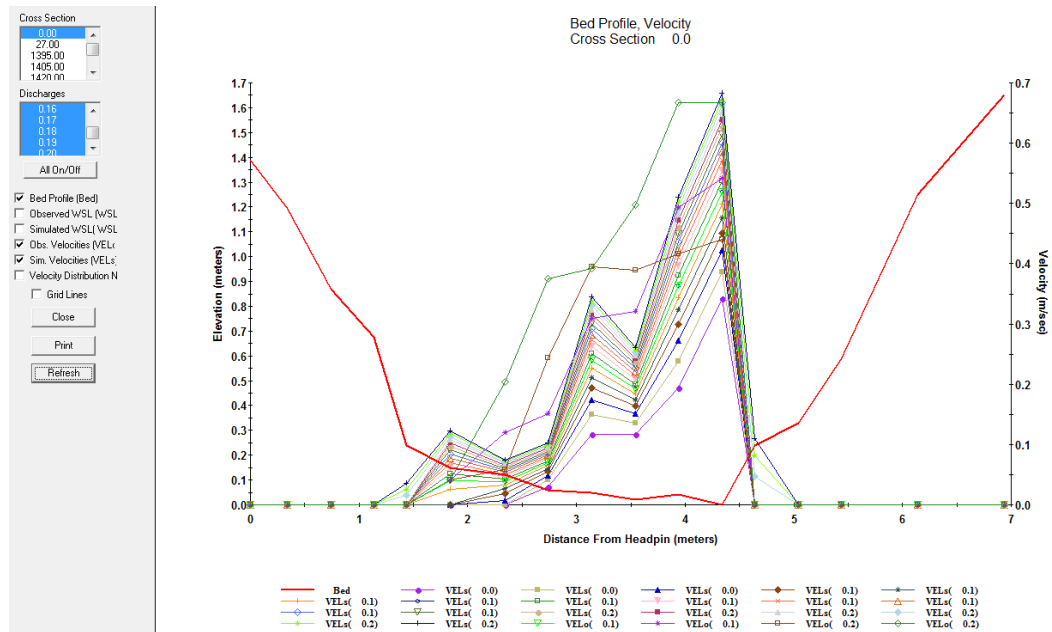
tab. č. 18: Průtoky v jednotlivých profilech a měřicích obdobích

# Příloha 3: Hydraulické simulace PHABSIM

## Roztoky, Ústí potoka 1

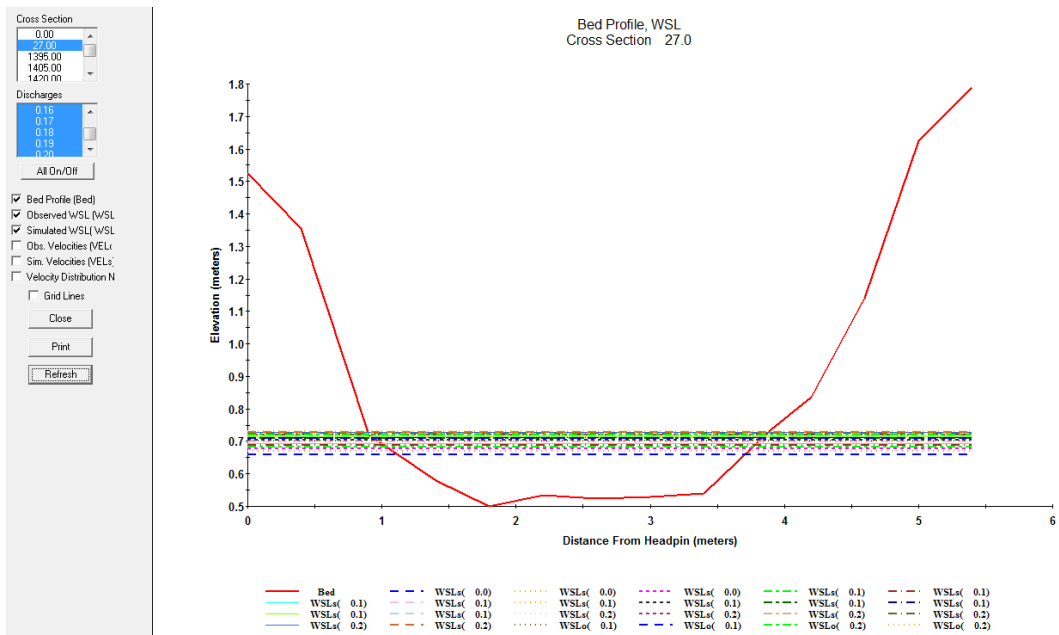


obr. č. 29: Výška hladin Roztoky, Ústí potoka 1

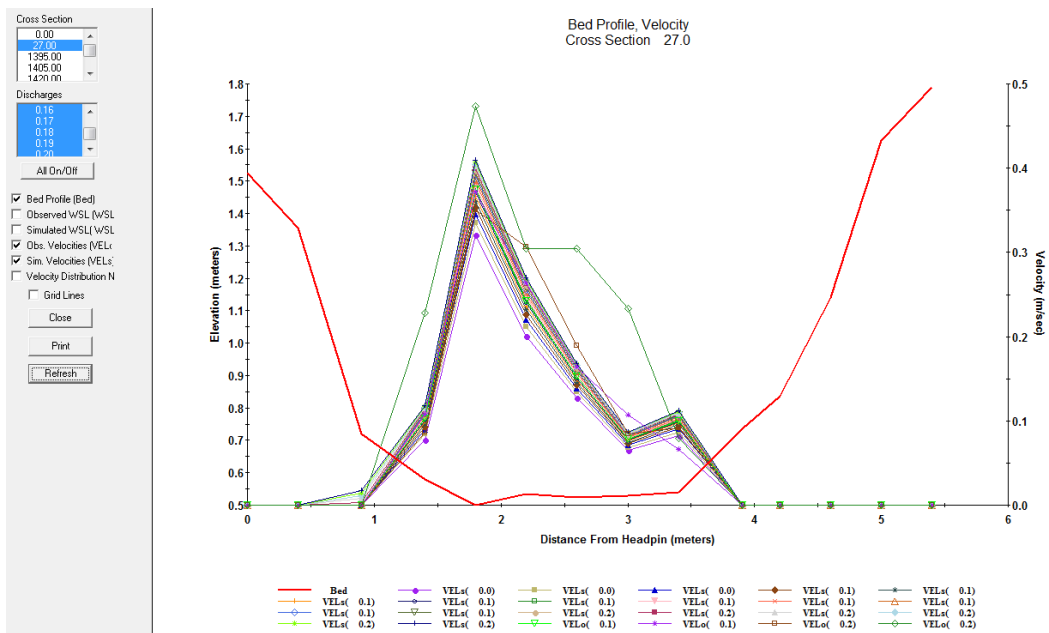


obr. č. 30: Průtoky Roztoky, Ústí potoka 1

## Roztoky, Ústí potoka 2

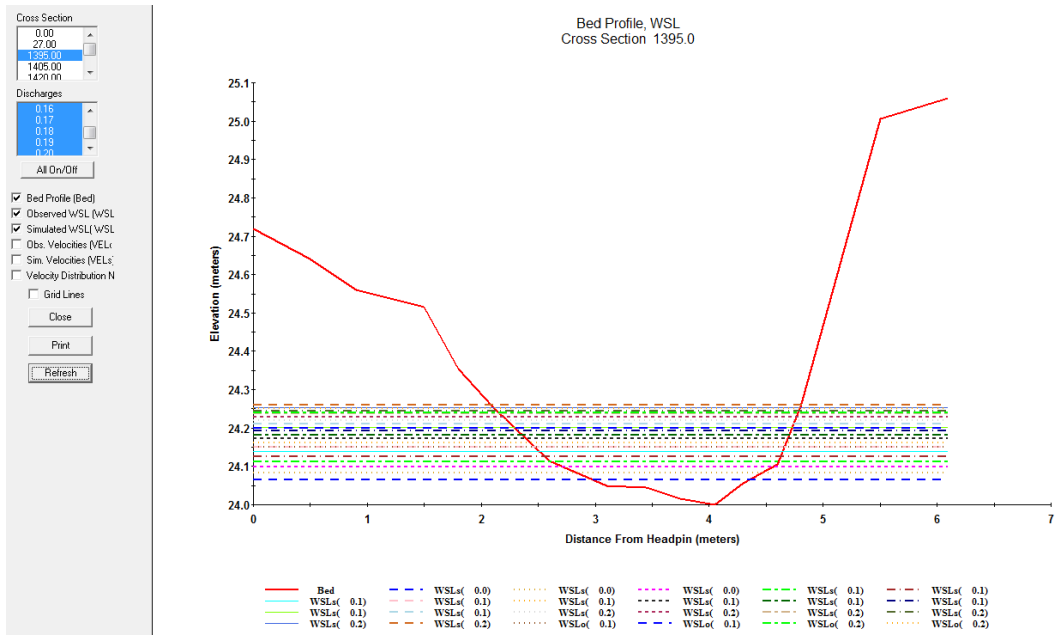


obr. č. 31: Výška hladin Roztoky, Ústí potoka 2

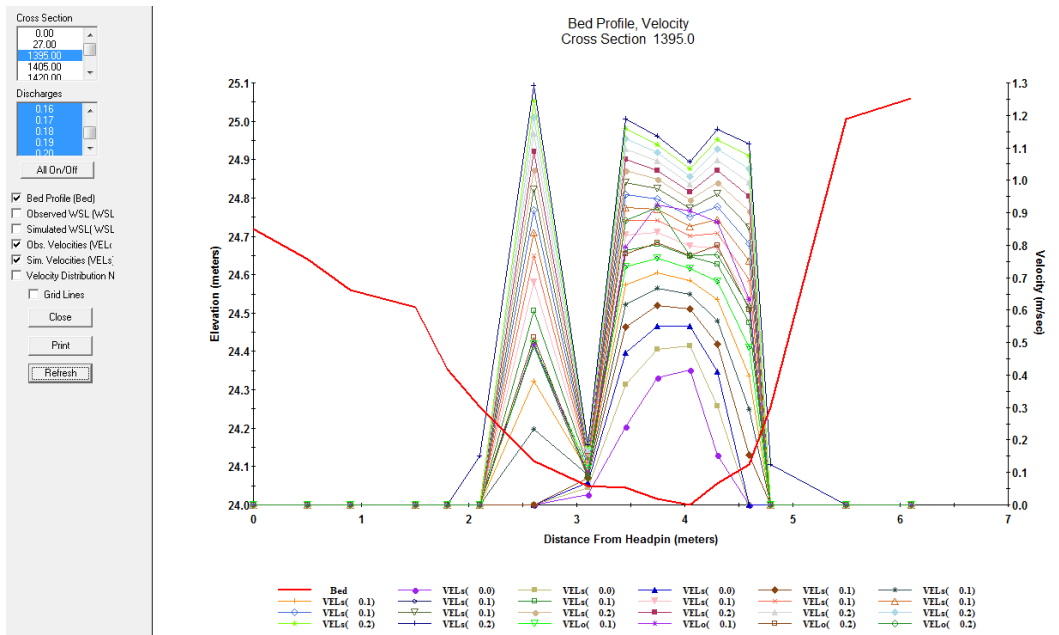


obr. č. 32: Průtoky Roztoky, Ústí potoka 2

# Roztoky, Maxmiliánka 1

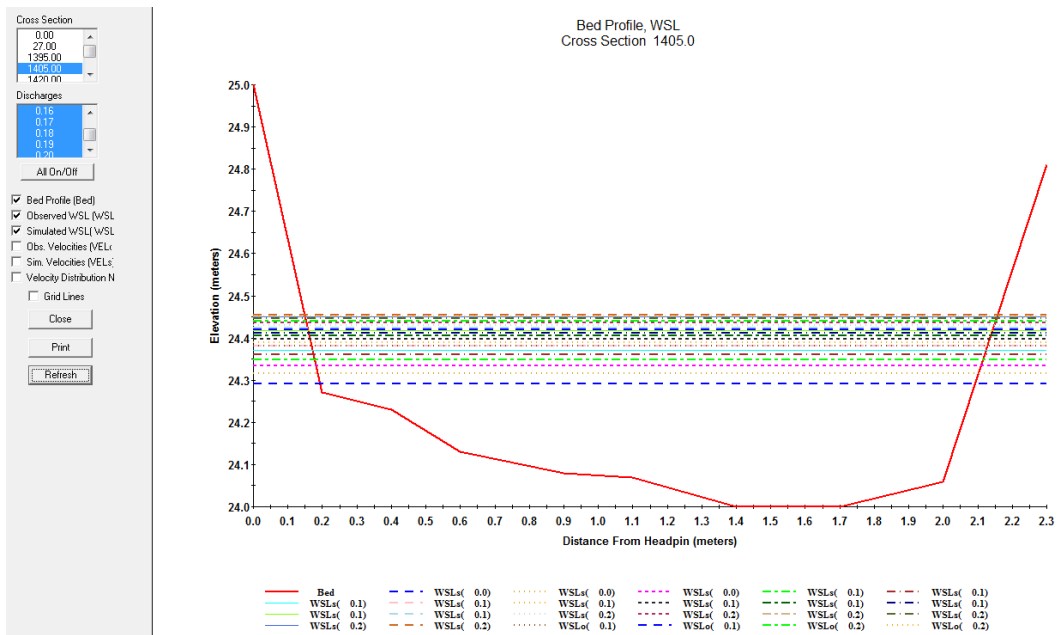


obr. č. 33: Výška hladin Roztoky, Maxmiliánka 1

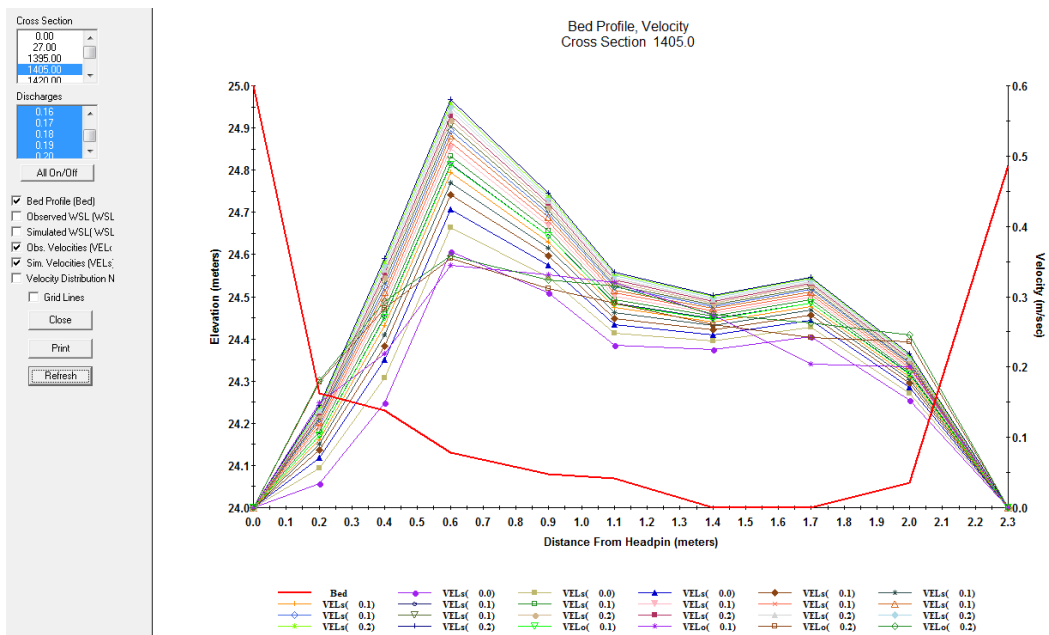


obr. č. 34: Průtoky Roztoky, Maxmiliánka 1

## Roztoky, Maxmiliánka 2



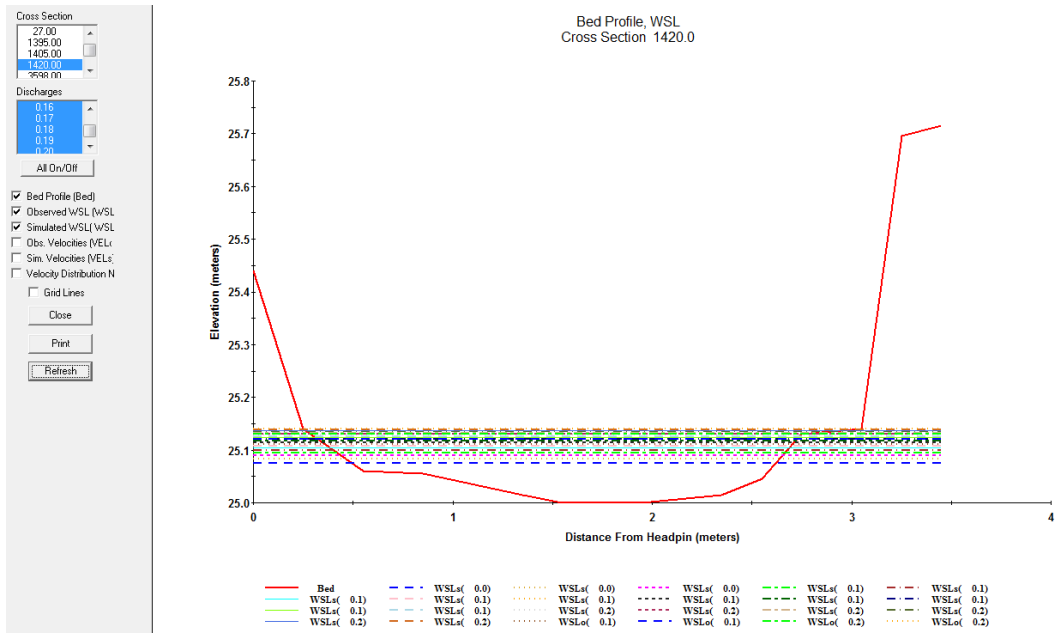
obr. č. 35: Výška hladin Roztoky, Maxmiliánka 2



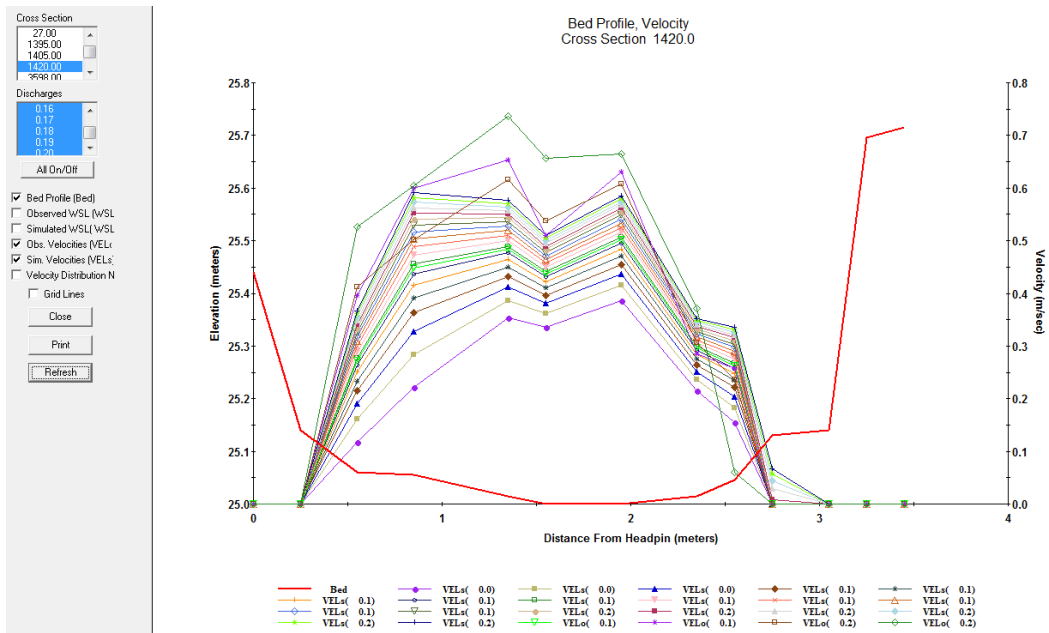
obr. č. 36: Průtoky Roztoky, Maxmiliánka 2



### Roztoky, Maxmiliánka 3

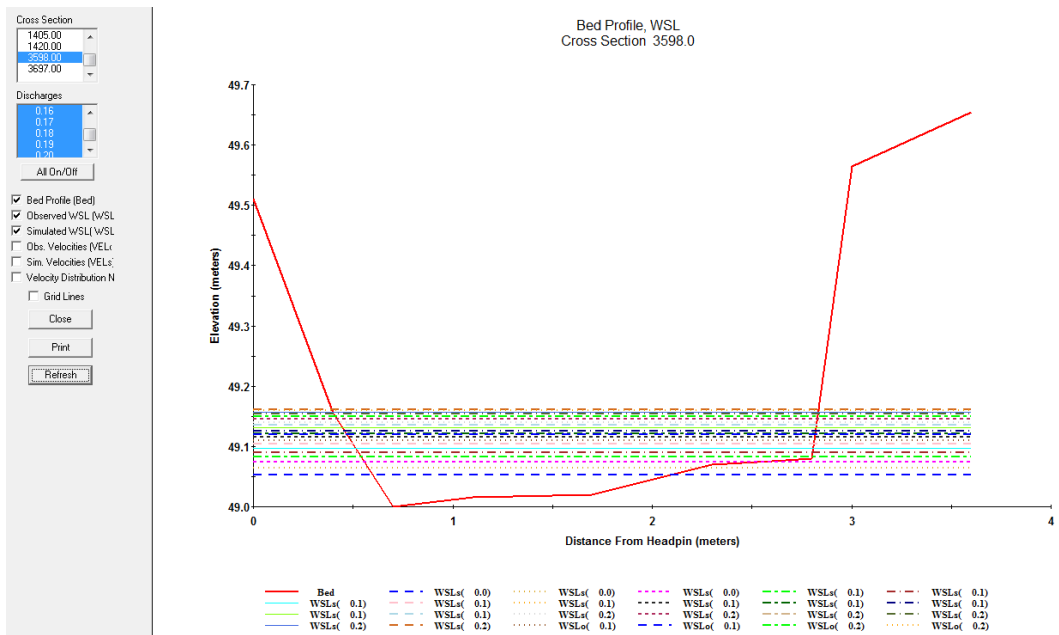


obr. č. 37: Výška hladin Roztoky, Maxmiliánka 3

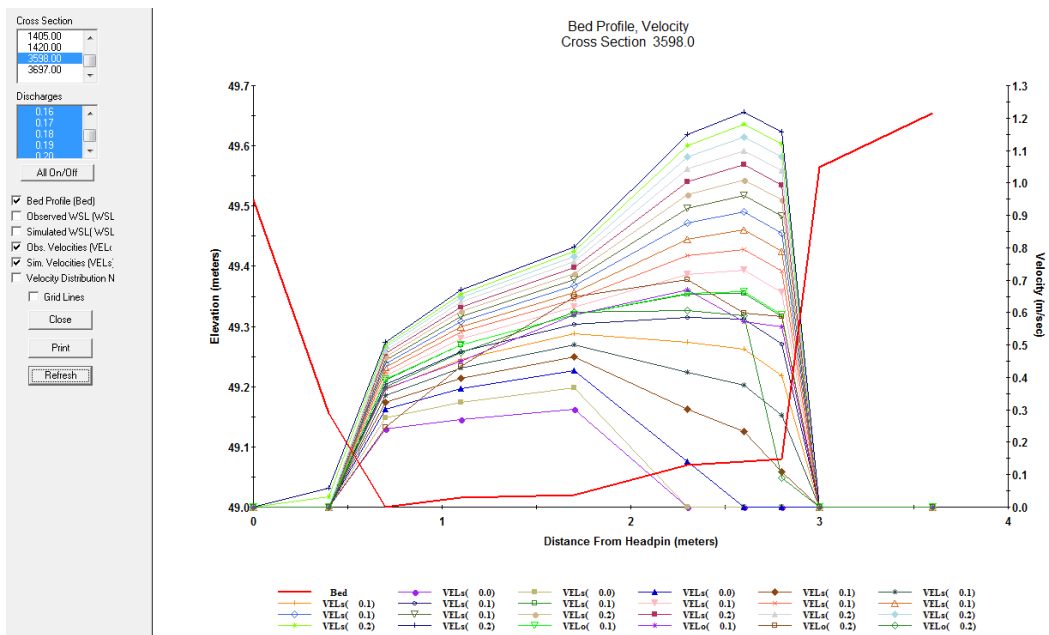


obr. č. 38: Průtoky Roztoky, Maxmiliánka 3

# Únětice 1

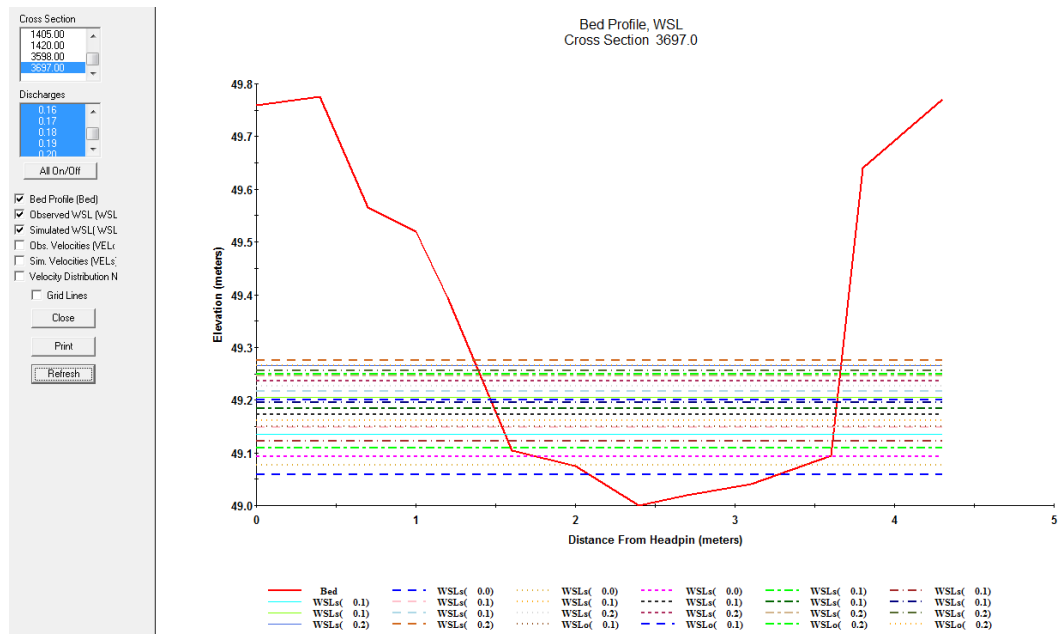


obr. č. 39: Výška hladin Únětice 1

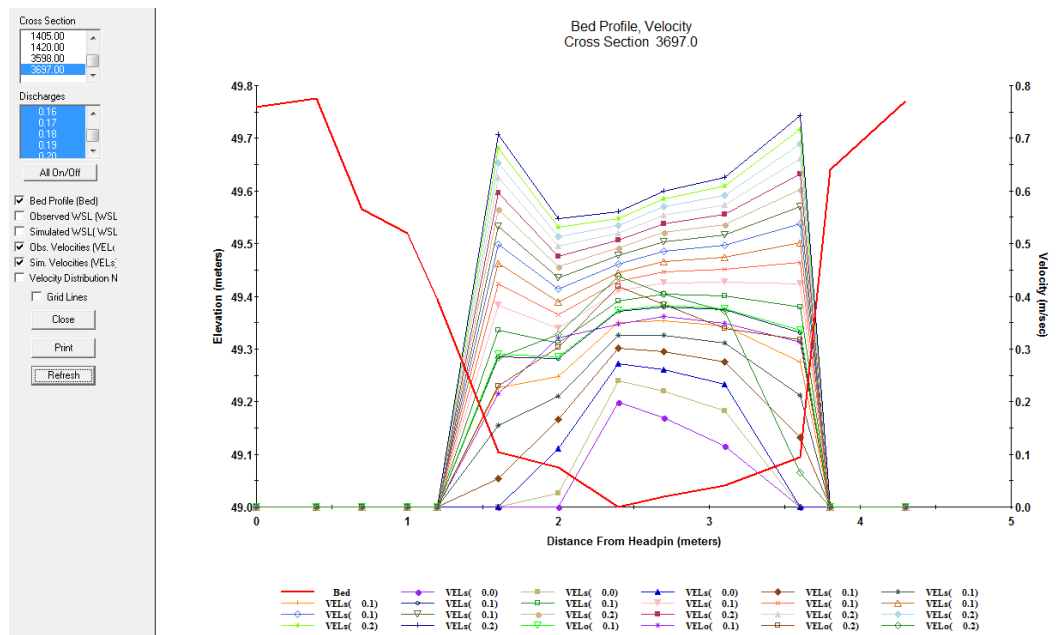


obr. č. 40: Průtoky Únětice 1

## Únětice 2



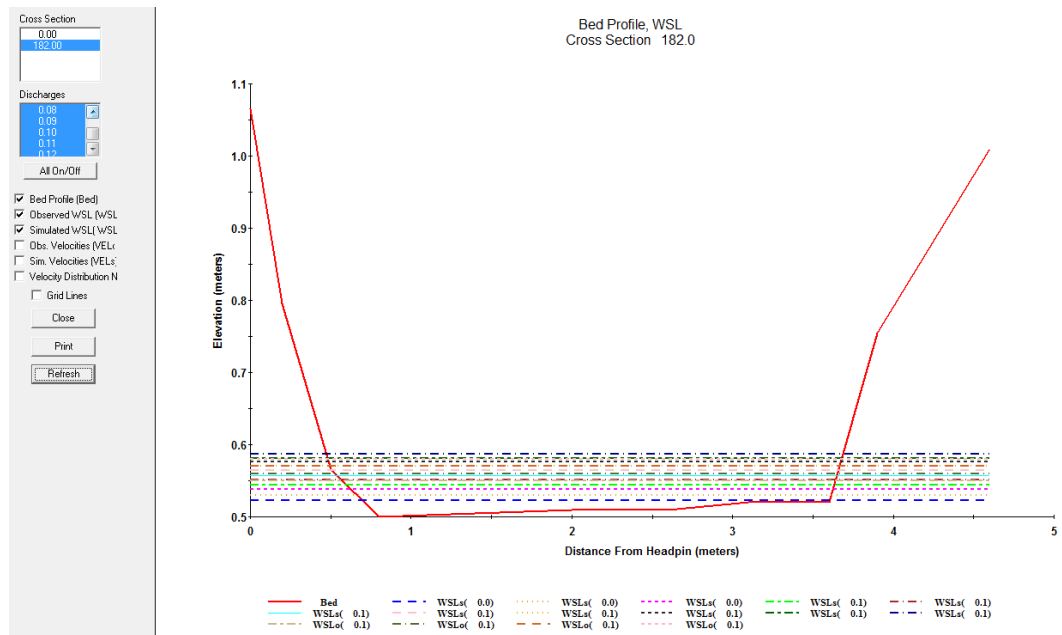
obr. č. 41: Výška hladin Únětice 2



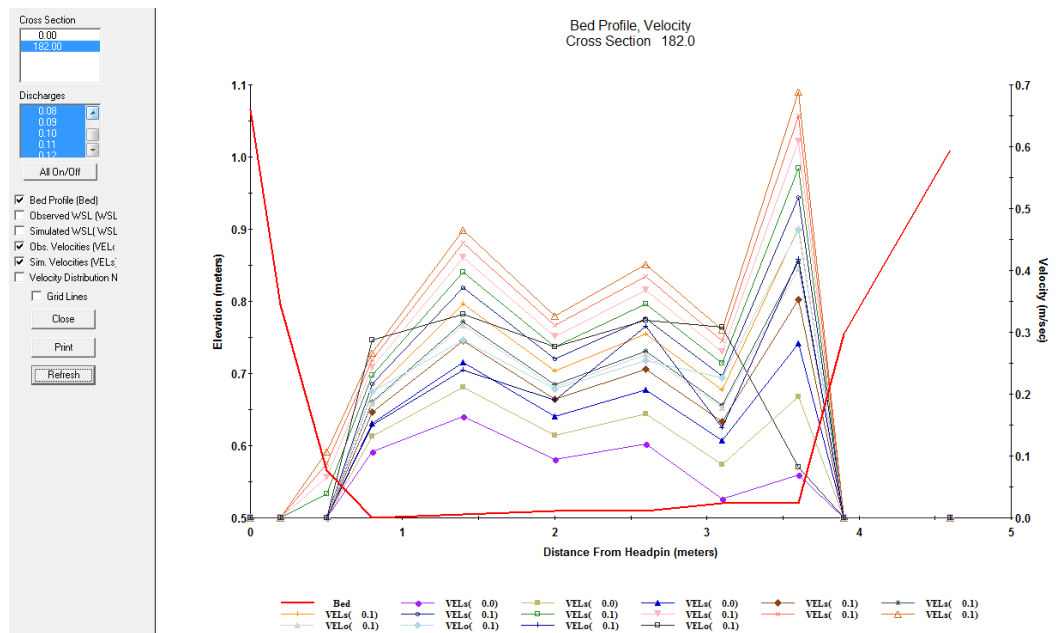
obr. č. 42: Průtoky Únětice 2



## Kněževes 2



obr. č. 45: Výška hladin Kněževes 2



obr. č. 46: Průtoky Kněževes 2

## Příloha 4: Fotografická dokumentace



foto č. 19: Natahování pásma v měrném úseku



foto č. 20: Odečítání z nivelační latě



foto č. 21: Výpust' z letiště do Únětického potoka během nivelování



foto č. 22: Měření hydrometrickou vrtulí



foto č. 23: Zápís naměřených dat



foto č. 24: Odběr bentosu v buňce





foto č. 25: Odběr bentosu



foto č. 26: Odběr bentosu detail



foto č. 27: Odebraný bentos