

**Jihočeská universita v Českých Budějovicích**

**Fakulta rybářství a ochrany vod**

**Ústav akvakultury**

## **Bakalářská práce**

**Složení přirozené potravy ryb v přítocích VN Lipno I**

**Autor:** Petr Svačina

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Petr Dvořák, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:** Ing. Jan Potužák, Ph.D.

**Studijní program a obor:** Zootechnika, Rybářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** III

České Budějovice, 2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr SVACINA**  
Osobní číslo: **V09B018P**  
Studijní program: **B4103 Zootecnika**  
Studijní obor: **Rybářství**  
Název tématu: **Složení přirozené potravy ryb v přítocích VN Lipno I**  
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Zoobentos, zvláště jeho druhová a velikostní struktura, je důležitým faktorem, který umožňuje komplexní posouzení stavu biocenózy ve volných tocích. Struktura zoobentosu je určována na základě fyzikálně-chemických vlastností vody, trofických poměrů a velikostního a druhového složení rybí obsádky.

Výskyt některých druhů zoobentosu a celá jeho druhová struktura může sloužit jako indikátor stavu říčního ekosystému. Druhovou pestrost a přítomnost některých druhů lze považovat za projev příznivé ekologické situace. Naopak přítomnost některých druhů lze považovat jako indikátor zhoršených ekologických podmínek nebo vysoký stupeň predace. Zoobentos představuje významnou potravní složku pro ryby. Jako přirozená složka potravy ovlivňuje růstové schopnosti ryb a výslednou kvalitu rybního masa.

Hlavním cílem práce je získat informace o aktuálním stavu zoobentosu v přítocích nádrže Lipna. Získaná data poskytují informace o zastoupení dominantních druhů a jejich postavení v potravním řetězci zájmového biotopu.

Odběr a zpracování vzorku proběhne podle standardní metody PERLA, která byla vytvořena pro hodnocení ekologického stavu toků a je v souladu s požadavky Rámcové Směrnice (WFD) (2000).

Metoda je založena na multihabitatovém odběru (dle ČSN 757703), při kterém jsou habitáty v toku vzorkovány proporcionálně podle jejich výskytu v odběrovém úseku toku.

Vlastní odběr vzorků je prováděn na odběrovém úseku, který reprezentuje charakteristický úsek toku. Pro odběr se používá standardní metoda 3-minutového semikvantitativního multihabitatového vzorkování s použitím ruční bentosové sítě. V terénu je vzorek zbaven anorganických sedimentů. Výsledný materiál je protříděn na bílých fotomiskách a roztržěn dle taxonomických skupin. V terénu vybereme zejména křehké larvy hmyzu (Ephemeroptera, Plecoptera, Zygoptera apd.) a také zástupce měkkýšů, které odděleně konzervujeme ethanolem pro další determinaci v laboratoři.

Základní vybavení pro determinaci je preparační mikroskop (10-100x) a světelný mikroskop (400-1000x). Determinace vzorku se provádí na základě morfologických znaků do co nejnižší úrovně. Výsledky jsou zaznamenány do determinačního protokolu.

---

Rozsah grafických prací: 10 - 15 stran  
Rozsah pracovní zprávy: 15 - 20 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B. & Rulík, M. (2008) Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický.  
Lellák J., Kubíček F. (1991) Hydrobiologie. Uk Praha, 257 s.  
Moss B., 1988: Ecology of Fresh Waters. Man and Medium. Blackwell Sci.Publ., Oxford, 417 pp.  
Kalf J., 2002: Limnology. Inland Water Ecosystems. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 592 pp.  
Miller, P. S. & Malsqvist, B. (2006) Biology of habitats - The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press.  
Brönmark, Ch. & Hansson, L.-A. (1998) Biology of habitats - The Biology of Lakes and Ponds. Oxford University Press

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Dvořák, Ph.D.  
Ústav akvakultury

Datum zadání bakalářské práce: 30. listopadu 2009  
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2011

prof. Ing. Otomar Liška, DrSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD  
ZÁHRADSKÝ  
350 25 Vodňany 10

  
Ing. Petr Dvořák, Ph.D.  
ředitel

Ve Vodňanech dne 14. ledna 2010

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování:**

Děkuji svému vedoucímu Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D a konzultantovi Ing. Janu Potužákovi, Ph.D., za metodické vedení, odbornou pomoc, poskytnuté rady a cenné připomínky při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Janu Ruckému za odbornou pomoc při determinaci vzorků.

# Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>2 LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Tekoucí vody</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Biologické charakteristiky tekoucích vod.....	6
2.1.2 Fyzické podmínky v toku a jejich vliv na oživení .....	6
2.1.2.1 Průtok .....	7
2.1.2.2 Proud .....	7
2.1.2.3 Hloubka toku .....	8
2.1.2.4 Substrát.....	9
2.1.2.5 Teplotní režim .....	9
2.1.2.6 Kyslíkový režim .....	9
<b>2.2 Chemismus vody</b> .....	<b>10</b>
2.2.1 pH .....	10
2.2.2 Alkalita .....	11
2.2.3 Kyslík.....	11
2.2.4 Oxid uhličitý .....	12
<b>2.3 Acidifikace</b> .....	<b>12</b>
2.3.1 Vysvětlení pojmu acidifikace.....	12
2.3.2 Vliv acidifikace na biotu .....	13
2.3.3 Vliv acidifikace na makrozoobentos .....	14
2.3.4 Neutralizační a pufrací procesy v povodí.....	14
<b>2.4 Bioindikace</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 Tradiční metody hodnocení společenstva makrozoobentosu</b> .....	<b>15</b>
2.5.1 Indexy diversity .....	15
2.5.2 Biotické indexy a skóre .....	16
2.5.2.1 Průměrové biotické indexy .....	17
2.5.2.2 Tabulkové indexy.....	18
2.5.3 Indexy podobnosti.....	18
2.5.4 Predikční systémy.....	19
<b>2.6 Dominantní druhy ryb</b> .....	<b>20</b>

2.6.1 Pstruh obecný forma potoční ( <i>Salmo trutta morpha fario</i> ) .....	20
2.6.1.1 Potrava pstruha obecného.....	20
2.6.2 Vranka obecná ( <i>Cottus gobio</i> ).....	21
2.6.2.1 Potrava vranky obecné .....	21
<b>2.7. Bentos .....</b>	<b>21</b>
2.7.1 Jepice (Ephemeroptera) .....	22
2.7.2 Pošvatky (Plecoptera).....	23
2.7.3 Chrostíci (Trichoptera).....	23
2.7.4 Korýši (Crustaceae).....	23
2.7.5 Brouci (Coleoptera) .....	24
<b>3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ A POTOKŮ .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Šumava .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Charakteristika zájmových území (Horský potok, Mlýnský potok, Bukový potok) .....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Horský potok .....	26
3.2.2 Mlýnský potok.....	26
3.2.3 Bukový potok .....	26
<b>3.3 Charakteristika zájmových území a potoků (Hamerský potok, Pestřice).....</b>	<b>27</b>
3.3.1 Hamerský potok .....	27
3.3.2 Pestřice .....	27
<b>4. METODIKA .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Odběry vzorků makrozoobentosu.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Zpracování vzorků makrozoobentosu v laboratoři .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3 Použité výpočetní znaky populací a společenstev.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4. Chemické poměry v zájmových tocích (Bukový, Horský, Mlýnský) .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5. Průměrné průtoky za hydrologické roky 2000-2004 v l.s<sup>-1</sup>(Bukový, Horský, Mlýnský) 31</b>	<b>31</b>
<b>5. VÝSLEDKY .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Mlýnský potok .....</b>	<b>32</b>
5.1.1 Ichtyofauna .....	32
5.1.2 Složení přirozené potravy ryb .....	33
<b>5.2 Horský potok .....</b>	<b>34</b>
5.2.1 Ichtyofauna .....	34
5.2.2 Složení přirozené potravy .....	35

<b>5.3 Bukový potok</b> .....	36
5.3.1 Ichtyofauna .....	36
5.3.2 Složení přirozené potravy .....	36
<b>5.4 Hamerský potok</b> .....	37
5.4.1 Ichtyofauna .....	37
5.4.2 Složení přirozené potravy .....	37
<b>5.5 Pestřice</b> .....	38
5.5.1 Ichtyofauna .....	38
5.5.2 Složení přirozené potravy .....	38
<b>5.6 Porovnání výsledků</b> .....	39
<b>6. DISKUSE</b> .....	42
<b>7. ZÁVĚR</b> .....	45
<b>8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	46
<b>9. PŘÍLOHY</b> .....	52



# 1. ÚVOD

Drobné vodní toky lze chápat jako obrovskou zásobárnu života, který tvoří buďto organismy přímo v toku, nebo v jeho blízkosti, kde se díky nim utváří charakteristické biotopy. Tvoří tedy ekologické systémy, v kterých žije mnoho organismů, které jsou mezi sebou úzce spjaty a v dobře fungujícím (přirozeném) toku tvoří rovnováhu. Jakékoliv narušení této rovnováhy se odráží na kvalitě vody a na složení biocenóz v daném toku. Takové narušení lze dobře posoudit bioindikačními metodami. Jedna z nejspolehlivějších metod je posouzení, při kterém nám jako bioindikátor nejlépe poslouží široká skupina živočichů obývajících dno - makrozoobentos.

Makrozoobentos není pouze indikátor, ale i významná přirozená potrava ryb, která ovlivňuje jejich růstové schopnosti a výslednou kvalitu rybího masa. Ryby svým predaním tlakem dokážou změnit společenstvo makrozoobentosu a tak při sledování jeho složení v daném toku je dobré znát i druhovou skladbu ryb a hustotu obsádky. Většina druhů ryby je uzpůsobená k příjmu potravy odlišným způsobem než ostatní a to přímo určuje predaním tlak na určité skupiny vodních bezobratlých. Druhová skladba ryb a velikost rybí obsádky má tedy vliv na složení makrozoobentosu.

Při komplexním posouzení stavu makrozoobentosu v toku je nutné znát, že druhovou pestrost a přítomnost některých druhů lze považovat za projev příznivé ekologické situace. Naopak přítomnost některých druhů lze považovat jako indikátor zhoršených ekologických podmínek, nebo vysoký stupeň predace.

V této práci je sledováno pět potoků ze stejného území-Šumava. Dva potoky jsou přítoky lipenské přehradní nádrže (Hamerský, Pestřice) a tři potoky (Mlýnský, Bukový, Horský) patří k povodí Dunaje. Tyto tři potoky mají velmi podobné průtoky a charakter, ovšem zásadně se liší ve způsobu hospodaření. U všech potoků je známa rybí obsádka, charakter povodí, chemismus vody a proto by data z odběru makrozoobentosu mohla poskytnout komplexnější informaci o aktuálním ekologickém stavu a pomoci určit do jaké míry je složení makrozoobentosu ovlivňováno predací ze strany rybích společenstev.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Tekoucí vody

Tekoucí vody jsou v přírodě ohraničeny přirozeně utvářeným korytem různého příčného a podélného profilu. Podle velikosti a charakteru povodí, délky skoku a podle hydrologických poměrů se rozlišují pramenné stružky, bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky a veletoky (Ambrožová, 2001).

Hydrologický cyklus na zemi udržuje v pohybu nejpohyblivější část limnického cyklu – tekoucí vody. Srážková voda, která se dostane do podzemí, až po nepropustné podloží se pohybuje po spádnicí a objeví se na povrchu jako pramen. Pramen se na povrchu může projevit třemi způsoby.

Prvním případem pramenu je limnokrén, kdy voda vyvěrající ze spodu vytvoří malou nádrž (studánka s klidnou vodou). Dno této nádrže je obvykle jemnozrné či bahnitě postupně s ukládajícími se rostlinnými zbytky, které podléhají rozkladu. Pokud je pramen na světle, vyskytují se v něm krom organismů podzemních vod i fotosyntetizující řasy, larvy a imága dospělého hmyzu. Z živočišné říše je možné zde nalézt druhy bezobratlých jako *Niphargus* (korýš), *Bythinella* (plž), *Pisidium* (mlž). Druhým případem pramenu je reokrén. Vzniká na svahu a často na skále, kdy voda vyvěrá přímo v potůček a nevzniká žádná nádržka jako u případu limnokrén. Dno je skalnaté či kamenité. Pramen je obvykle osidlován bentickými řasami, sinicemi a drobnými konzumenty. Mokřadní typ pramene, tzv. helokrén, vzniká průsakem vody na povrch půdy ve větší ploše a mění se v bažinu či mokřad. Voda pak odtéká z mokřiny společnou pramennou stružkou (Ambrožová, 2001).

Šumava je oblastí s význačným podílem prostředí, které jsou ovlivňovány vodou. Tato prostředí jsou samozřejmě velmi bohatě osidlovaná organismy. Rozmanitost vod šumavských hor je podmíněna především množstvím atmosférických srážek, jejich geologickým podkladem a reliéfem krajiny.

### 2.1.1 Biologické charakteristiky tekoucích vod

Životní prostředí tekoucích vod se podle fyziografické struktury toku rozlišuje na tři spolu související, ale ve faktorech prostředí odlišné subsystémy:

- 1) **Reopelagiál** (volně tekoucí voda), která může mít různě velkou hloubku, průtok. Charakteristické turbulentní proudění a světelné podmínky ovlivňují výměnu plynů. Kromě reoplanktonu (plankton tekoucích vod) a ryb, jsou přítomné i bentické druhy organismů, vyskytující se jako tzv. drift
- 2) **Bentál** (povrchová vrstva dna) sahající do hloubky jen několik centimetrů. Na rozdíl volně tekoucí vody je zde mnohem nižší proudění, a pokud je hloubka vody větší, je zde i menší podíl dopadajícího světla. Z biologického a ekologického hlediska je zde hraniční vrstva, v které dochází k důležitým látkovým přeměnám. Menší částičky, jako písek, štěrk a drobné kamínky jsou neustále v pohybu a proto jsou méně osidlovány různými populacemi organismů. Pokud jde o biomasu, bahnitě usazeniny mají často velkou biomasu vodních organismů, avšak druhová rozmanitost je zde výrazně menší než na kamenech. Nárůst biomasy různých druhů dna koryta se dá vyjádřit vztahem: písek < štěrk < balvany < kameny < bahno
- 3) **Hyporeál** je podříční dno s infiltrovanou říční vodou pod vodním tokem. Voda protéká tímto systémem podle zákonů platných pro vody povrchové a směrem do hloubky se uplatňují více gravitační a kapilární síly (Štěrba, 1986).

### 2.1.2 Fyzické podmínky v toku a jejich vliv na oživení

Fyzické podmínky přímo ovlivňují druhovou skladbu a oživení v daném toku. Spolu s chemickými vlastnostmi vody jsou nejdůležitějším aspektem určující celkový charakter toku. Tyto podmínky mají zásadní vliv na samočištění toku.

### **2.1.2.1 Průtok**

Variabilita a absolutní velikost průtoku je základním morfologickým faktorem. Rozdíly mezi minimálními a maximálními průtoky mají zásadní vliv na oživení a druhovou skladbu. Při maximálním průtoku dochází k přenosu živin mezi tokem a nivou, reorganizuje se substrát a vznikají nově kolonizované úseky. Minimální průtoky způsobí zvýšené teploty, zarůstání a pro mnohé druhy působí jako stresový faktor.

### **2.1.2.2 Proud**

Základní charakteristikou pohybu vody v povrchových vodních útvarech je rychlost a směr proudění.

#### **Směr proudění:**

Pohyb vody může být buď přímočarý - laminární, charakterizovaný proudnicí, fyzikálně vyjádřený vektorem. Nebo turbulentní - všesměrné proudění, charakterizované jako vířivý pohyb, který nelze vyjádřit vektorem. Nejčastěji se v tocích vyskytuje turbulentní pohyb vody.

#### **Rychlost proudění:**

Je fyzikální veličinou, označujeme ji jako průtočnou rychlost =  $v_{pr}$  [ $m \cdot s^{-1}$ ], resp.  $v$ . Maximální rychlost  $v$  v toku se naměří ve střednici toku, v poslední třetině výšky vodního stavu  $H$  [m], měřené ode dna vodního toku. Směrem k břehům rychlost proudění klesá. Povrchová rychlost  $v_p$  je nižší než rychlost průtočná.  $v_{pr} > v_p$ . Z hlediska proudění drobných vodních toků, se minima rychlostí naměří v hloubce (měřeno ode dna)  $0,2 H$  a maxima rychlostí  $v$   $0,8H$  (Kříž, 1988).

Střídání míst s různě silným proudem je důležitým předpokladem pro bohaté oživení koryta, neboť umožňuje život širšímu spektru živočichů. Je známo, že mnoho druhů živočichů je vázáno na proudné úseky toku (larvy některých druhů jepic, některé druhy ryb atd.). Mnoho druhů naopak přednostně vyhledává klidnější úseky. Dle Hynese (1970), který se jako první zabýval adaptací bentických organismů v tekoucích vodách lze jmenovat základní morfologické adaptace umožňující živočichům obývat proudné úseky řek:

## **Zploštění těla**

Dovoluje bentickým živočichům žít na kamenech relativně stálé hraniční vrstvy dna a tekoucí vody. Nejnápadnější zástupci patří mezi jepice (např. *Epeorus* a *Rhithrogena*), vážky (např. *Ictinus* a *Zygonyx*), chrostíky (*Tremma*).

## **Hydrodynamický tvar**

Tento pojem znamená, že šířka těla dosahuje kolem 36 % délky a tělo má od přední k zadní části kuželovitý tvar. Tento tvar těla je u bezobratlých tekoucích vod poněkud vzácnější, nicméně vyskytuje se například u jepice *Baetis* a *Centroptilum*.

## **Redukce vyčnívajících struktur**

Tato adaptace se vyskytuje zejména u živočichů v tekoucích vodách, ve stojatých vodách se téměř nevyskytuje. Příkladem mohou být žábry jepice *Baetis*, které jsou redukovány na jednoduché malé plátky. Dalším příkladem může být redukce paštěku některých druhů jepic.

Mezi další významné adaptace dále patří hydraulické přísavky, adhezivní plochy a struktury, háčky a drápky, malá velikost a lepkavý sekret.

V rychleji proudících a kamenitých úsecích toků dochází k lepšímu prokysličování vody, což má vliv na chemismus toku a jeho ekologické vlastnosti. V klidnějších úsecích dochází k usazování sedimentů, na které je vázáno značné množství druhů živočichů (Just, 2006). Pro život a rozmnožování ryb je žádoucí střídají-li se v toku úseky s proudící vodou s úseky klidovými, kdy vznikají tzv. proudové stíny mající pro ryby mimořádný význam (Šlezinger, 2005).

### **2.1.2.3 Hloubka toku**

Hloubka toku má přímý vliv na teplotní režim daného úseku a v různých hloubkách jsou rozdílné důležité biologické a chemické procesy. V toku jsou žádoucí úseky, v kterých jsou hluboké úseky střídány mělkými úseky. To umožňuje jak přežití, tak i rozmnožování ryb a celkově to přispívá k vyšší diverzitě morfologie toku umožňující život více taxonů a budování složitějších mezidruhových vztahů (Just, 2003).

#### **2.1.2.4 Substrát**

Substrát dna je tvořen anorganickým i organickým materiálem, jeho podíly jsou podmíněny především velikostí proudění. Velikost částic tvořící dno se zmenšuje spolu s rychlostí proudu. V horních tocích, kde převažuje eroze je silný proud, který odnese většinu menších částic do dolních partií řek, kde klesá proudění, nebo se drobné částečky usazují v hlubších částech toku. Ideální je směsný substrát tvořen různě velkými prvky, neboť zde je největší druhové oživení bentických organismů. Substrát je i důležitý pro ryby, kdy jim slouží jako třecí podložka, nebo umožňuje vytváření úkrytů. Jako úkryty pro vodní živočichy mohou sloužit například kameny, kořenové systémy stromů, břehové kapsy, napadané větve a kmeny (Just, 2005). Zásadní vliv na složení substrátu mají erozní změny v povodí a antropogenní zásahy, které často (hlavně v minulosti) dokážou zcela změnit celý ekosystém potoka.

#### **2.1.2.5 Teplotní režim**

Směrem po proudu teplota v tocích vzrůstá v souladu s klesající nadmořskou výškou. Od pramene se otepluje o 0,7 °C na každých 100 m poklesu nadmořské výšky. Teplotní změny v toku mohou být sezonní i denní. Na teplotní změny má zásadní vliv lokální podmínky (zastínění, hloubka, vzduší, ...). Důležitý je i charakter povodí a vegetace, kterou tok protéká např. les má teplotní režim vyrovnanější než holina, nebo mrtvý les jak ve svém výzkumu dokazuje (Tesař, 2004).

Teplotní režim má důležitý význam pro oživení daného toku, neboť ovlivňuje rychlost metabolických procesů, udává se, že vzrůst teploty o +1 °C zrychlí metabolické reakce o 10%. Minimální a maximální teplota v toku jsou důležité hodnoty, které mohou vylučovat výskyt některých organismů. Pro každého živočicha mohou být letální různé teploty.

#### **2.1.2.6 Kyslíkový režim**

Rozpuštěný kyslík ve vodě je nutný k přežití aerobních organismů. Organismy využívají kyslík k respiraci a opět zde platí pravidlo, že každý organismus má jiné nároky na množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. Množství rozpuštěného kyslíku ve

vodě závisí na teplotě vody, velikosti turbolentního proudění a na přítomnosti fotosyntetizujících vodních rostlin, které vykazují denní cyklus mezi spotřebou a výrobou kyslíku. Kyslík je ve vodě nejvíce spotřebováván respirací, rozkladem organických látek a nitrifikací. U řady toků na našem území dochází k tzv. kyslíkovým deficitům, kdy množství rozpuštěného kyslíku klesne pod koncentraci, která znemožňuje život aerobním organismům (Hartman, 1998).

Přirozený vodní tok má kyslíkový režim vyvážený střídáním peřejnatých úseků a tišín. V peřejnatých úsecích dochází díky velké členitosti koryta k významnému prostupu kyslíku hladinou a k provzdušňování vodního proudu. Na kyslík nejbohatší je zpravidla voda chladných bystřinných toků nebo vrstvy epilimnia stojatých lokalit osídlených vegetací. S rostoucí hloubkou a snižujícím se osídlením organismy ubývá rozpuštěného kyslíku (Hartman, 1998). Kyslík se spotřebovává při biologických procesech na eliminaci organického znečištění. Zbylé znečištění se shlukuje do kalových vloček, které pak sedimentují v klidných úsecích. V sedimentu na dně koryta pak mohou vzniknout anoxické podmínky, při kterých dochází k odstraňování sloučenin dusíku (denitrifikaci).

## **2.2 Chemismus vody**

Za chemicky čistou se pokládá pouze voda destilovaná. Látky rozpuštěné lze rozdělit podle původu a podstaty na anorganické a organické. Při tom se mohou vyskytovat jako ionty nebo elektricky neutrální částice. Také však jako látky nerozpuštěné.

Nejdůležitějšími parametry jsou pH vody, alkalita, obsah rozpuštěných plynů, salinita, obsah organických látek, obsah minerálních živin a znečištění cizorodými látkami (Dubský, 2003).

### **2.2.1 pH**

Reakce vody může ovlivňovat život vodních organismů buď přímo, nebo nepřímo. Přímé působení lze popsat jako překročení letální hodnoty pH na kyselou, nebo zásaditou stranu. Pokles hodnoty pH pod 4,5, nebo vzestup nad 10,5 způsobuje

podráždění epitelů, nebo jejich poleptání (hlavně žaber), případně může dojít k druhotným infekcím. Naše ryby snášejí pH v rozpětí pH (4,8 -10,5), optimum je však podstatně nižší (7,5 – 8,0). Nepřímé působení může například způsobit přeměny jinak netoxických forem některých látek na toxické formy např. ( $\text{NH}_3, \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}$ ), nebo poškodit potravní základnu organismů. Ke snížení pH může dojít vlivem acidifikace, nebo výluhem z rašelinných půd.

### **2.2.2 Alkalita**

Alkalita neboli kyselinová neutralizační kapacita (KNK) je vlastně mírou stability pH. Hovoří se o ní také jako o pufrací kapacitě. Jak název „kyselinová neutralizační kapacita“ napovídá, čím větší je tento parametr, tím větší má voda (a látky v ní rozpuštěné) schopnost neutralizovat kyselinu, kterou do vody případně přidáme. Ve vodě bez této neutralizační schopnosti by každý uvolněný kationt  $\text{H}^+$  způsobil patřičný pokles pH; ve vodě s dostatečnou alkalitou je pak nárůst  $\text{H}^+$  kompenzován neutralizačními reakcemi a pH zůstává neměnné. Až tehdy, když je KNK vyčerpána, může přidání kyseliny způsobit pokles pH. Většinu alkality v přirozených vodách způsobují hydrogenuhličitany. Stanovení alkality je tedy prakticky stanovení obsahu hydrogenuhličitanů ve vodě.

Z produkčního hlediska mají kyselé vody nízkou biologickou produktivitu, protože acidita brzdí jak fixaci dusíku, tak recirkulaci živin a snižuje se i rychlost rozkladných procesů. Alkalické vody s vyšším pH vykazují vyšší biologickou produktivitu (Sukop, 2006).

### **2.2.3 Kyslík**

Kyslík je jednou z nejdůležitějších látek ve vodě. Kyslík se do vody v největší míře dostává difúzí ze vzduchu, a nebo se uvolňuje během fotosyntetických procesů. Na obsahu kyslíku rozpuštěném ve vodě závisí oživení vody. Obsah kyslíku ve vodě závisí na řadě faktorů:

- Teplota vody, čím je nižší, tím více kyslíku se v ní rozpouští.



- Atmosferický tlak, čím je je atmosferický tlak větší, tím více kyslíku se ve vodě rozpouští. Salinita, čím je větší, tím méně O<sub>2</sub> se ve vodě rozpouští.
- Dalšími faktory mohou být rozkladné pochody při organickém znečišťování vod, biologická aktivita (poměr asimilace a disimilace).

Různě druhy organismů mají i různé nároky na množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. K nejnáročnějším druhům patří takové, které žijí v horských oblastech, kde je voda obvykle nejvíce prokysličená a má nízkou teplotu např. lososovité ryby. Optimální kyslíkové poměry pro lososovité ryby jsou hodnoty 10 – 12 mg.l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>, kritická hodnota O<sub>2</sub> pro lososovité ryby je 5,0-5,5 mg.l<sup>-1</sup> (Sukop, 2006).

#### **2.2.4 Oxid uhličitý**

Oxid uhličitý se vyskytuje v atmosféře ve velmi nízké koncentraci (0,036 %) a ze vzduchu se dostává do vody. Je poměrně dobře rozpustný a ve vodě tvoří část jeho molekul kyselinu uhličitou (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), což má za následek např. nízké pH dešťové vody – kapky vody se při průchodu atmosférou obohatí o CO<sub>2</sub> (a o další látky). Skutečné množství rozpuštěného CO<sub>2</sub> ovlivňuje zejména teplota, pohyb hladiny, nadmořská výška (resp. atmosférický tlak) a také celková mineralizace. Oxid uhličitý je jediným zdrojem uhlíku, který tvoří základní stavební kámen všech organických látek.

### **2.3 Acidifikace**

#### **2.3.1 Vysvětlení pojmu acidifikace**

V rozmezí let 1950 až 1980 došlo v České republice, ale i jinde ve světě k prudkému zvýšení emisí SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a NH<sub>3</sub> v důsledku antropogenní činnosti (Kopáček a Veselý, 2005). Zvýšení těchto emisí se projevilo zejména v oblastech ležících na vyvěřelém horninovém podkladu. V rámci České republiky se jedná především o horské pohraniční oblasti (Jizerské hory, Jeseníky, Krušné hory, Šumava. V horách se devastující vliv kyselých dešťů projevuje nejdříve, protože jsou v nich vysoké srážky, časté mlhy, vysoká rychlost větru a převaha smrkových monokultur. To celkovou depozici síry výrazně zvyšuje. V těchto oblastech je acidifikace půd a vod nejvyšší,

neboť zdejší půdy obsahují méně bazických kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), jejichž zdrojem je zvětrávání podložních hornin. Tyto oblasti mají tedy z důvodu malého množství pufrčních látek nízkou pufrční kapacitu, která by redukovala množství vodíkových iontů a dochází tak k snižování pH.

Acidifikací byla postižená i oblast Šumavy. Od roku 1979 nebyl nalezen žádný planktonní korýš v Čertově a Černém jezeru na Šumavě. Hodnota pH klesla z hodnot 5,7-6,9, resp. 6,9-7,0 v roce 1936 na 4,3-4,8 v obou jezerech. Koncentrace labilního monomerního hliníku byly 0,83 a 0,68 a tyto vysoké hladiny toxického hliníku mohly být zodpovědné za vymizení planktonních korýšů z obou jezer. Nelabilní monomerní Al tvořil zhruba 1 % celkového reaktivního Al v jezerech Černé a Čertovo. Jezera jsou rovněž bez ryb (Fott, 1994). Úbytek zoobentosu v šumavských odtocích z jezer potvrdila Svobodová (2009). Ta zjistila vymizení acidosenzitivních druhů a sníženou druhovou bohatost.

### **2.3.2 Vliv acidifikace na biotu**

Ačkoliv existuje relativně rozsáhlá literatura zabývající se vlivy acidifikací vodních ekosystémů na biotu, většina z nich byla získána pozorováním, která neumožňují jednoznačně definovat příčiny a mechanismy působení. To platí zejména v případě ryb, kde byla provedena celá řada laboratorních pokusů zaměřených na studium fyziologické odezvy ryb na vyvolané okyselování prostředí. Ačkoliv laboratorní výsledky jsou obvykle jednoznačné a umožňují identifikaci klíčových odpovědných mechanismů, je doposud nemožné pomocí těchto mechanismů vysvětlit změny pozorované ve složení společenstev v přírodních podmínkách.

Přítomnost nebo absence konkrétního druhu v přírodě může být totiž ovlivněna nejen samotnou aciditou, ale i dalšími stresory, jako např. reaktivním hliníkem a jinými stopovými kovy, sezónními změnami v rozpuštěném organickém uhlíku (DOC), přísunem potravy, predací, kompeticí o zdroje a jinými interakcemi mezi druhy. Biologická odezva na acidifikaci se může vyskytovat v širokém rozpětí "stupně organizace", od subbuněčných až po globální. Ekologické důsledky acidifikace na potoky a řeky zahrnují vlivy na populace (velikost, denzita) společenstva (druhová

bohatost, relativní abundance, trofická struktura), ekosystémové procesy (produkce, transformace nutrientů) a stejně tak velké krajinné a globální procesy (Hildrew a Ormerod, 1995).

### 2.3.3 Vliv acidifikace na makrozoobentos

Tato skupina bezobratlých má mnoho druhů, které jsou citlivé ke snížení pH. Mezi korýši je např. blešivec *Gammarus lacustris* v norských jezerech vzácný při  $\text{pH} < 6,6$  a chybí při  $\text{pH} < 6,0$ . Blešivci, raci a další bezobratlí mají při nízkém pH problém s udržení pevnosti svého vnějšího krunýře. Plži z vod vymizí, když pH klesne pod 5,2-5,0 a téměř žádný  $\text{CaCO}_3$  není k dispozici tvorbu ulity. Naopak beruška vodní (*Asellus aquaticus*), která je v norských vodách hojná při  $\text{pH} 4,4-4,6$ , vymizí až při pH nižším než 4,2. Měkkýši jsou obecně nejcitlivější skupinou vzhledem k acidifikaci a některé druhy z vody vymizí již při  $\text{pH} > 6$ . Z hmyzu jsou k okyselení odolné např. larvy muchniček (Simuliidae), vírníci (Gyrinidae), klešťanky (Corixidae) a vážky (Zygoptera), pravděpodobně v důsledku absence rybích predátorů. Naopak některé druhy jepic, pošvatek a chrostíků jsou náchylné k acidifikaci a rychle z vod postižených okyselením vymizí (Kalf, 2002).

### 2.3.4 Neutralizační a pufrační procesy v povodí

Retenci přicházejících kyselých  $\text{H}^+$  iontů dominují v půdách i vodách při různém pH odlišné procesy. V povodí na bazických horninách je přicházející  $\text{H}^+$  nebo  $\text{H}^+$  produkované během půdní respirace neutralizováno rozpouštěním uhličitanu vápenatého nebo hořečnatého. Uvolněné  $\text{HCO}_3^-$  ionty odtékají s půdní vodou do vodních recipientů, zatímco vzniklé  $\text{CO}_2$  se ztrácí do atmosféry. Vysoký obsah  $\text{HCO}_3^-$  ve vodě na bazickém podloží, resp. obsahujícím materiál bohatý na  $\text{CaCO}_3$  tak neutralizuje přímé vstupy srážek o nízkém pH na vodní hladinu a nedochází k nápadnému snížení pH. V takových povodí je kyselinová neutralizační kapacita téměř výlučně řízena  $\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$  systémem. Jestliže je však přísun  $\text{H}^+$  stále větší a dostupný  $\text{CaCO}_3$  v povodí omezen, progresivně zvyšující se frakce  $\text{HCO}_3^-$  je v podobě  $\text{CO}_2$

ztracena do atmosféry a  $\text{HCO}_3$  v odtocích a pH v jezerech v průběhu času začnou klesat (Pitter, 2009).

## **2.4. Bioindikace**

Jako bioindikátor je označován organismus nebo společenstvo, jehož životní funkce jsou korelovány s faktory prostředí tak těsně, že mohou sloužit jako jejich ukazatele. Biologická indikace vychází z principu ekologické valence, přičemž druhy stenovalentní jsou lepšími indikátory než druhy euryvalentní - tj. mají vyšší indikační hodnotu (váhu). Vlastnosti ideálního bioindikátoru jsou, taxonomická spolehlivost a snadná determinace, kosmopolitní rozšíření, vysoká početnost, nízká genetická a ekologická variabilita, dostatečná velikost, omezená pohyblivost a dlouhověkost, dostatek autekologických informací, vhodnost pro laboratorní studie. Bioindikátorů se běžně využívá pro potřeby monitoringu kvality vodního prostředí.

## **2.5. Tradiční metody hodnocení společenstva makrozoobentosu**

### **2.5.1 Indexy diversity**

Hodnocení kvality vod pomocí indexů druhové rozmanitosti (diverzity) je rozšířeno zejména v USA. Princip použití těchto metod vychází z předpokladu, že ideální společenstvo (nestresované) by mělo obsahovat jeden nebo několik málo velmi početných druhů (dominantních) druhů, několik druhů středně početných (doprovodných) a více vzácných druhů. Tuto skutečnost se snaží postihnout a vyjádřit jedním číslem nejružnější indexy diverzity (rozmanitosti). Předpokladem použití těchto indexů je, že nenarušená společenstva mají diverzitu (bohatost) vyšší než společenstva narušená, stejné rozložení jedinců mezi druhy a střední až vysoké počty jedinců. Organické znečištění způsobuje pokles diverzity, protože senzitivní druhy zmizí, poklesne vyrovnanost a naopak v důsledku obohacení živinami vzroste abundance druhů tolerantních. Naopak toxické nebo kyselé znečištěné může způsobit pokles jak diverzity, tak abundance a dále vzrůst vyrovnanosti protože senzitivní druhy jsou

eliminovány a není zde žádný přídatný zdroj potravy pro zbylé tolerantní formy (Metcalf-Smith, 1994).

Indexy diverzity jsou velmi užitečným kritériem, nelze je však doporučit jako jediné kritérium pro rutinní monitoring. Indexy diverzity je nejlépe aplikovat na toxické a fyzikální znečištění. Jsou vhodné pro posouzení změn na jedné lokalitě, např. před a po nějakém zásahu. Rozdíly v rozmanitosti na jedné lokalitě v čase mají velkou vypovídací schopnost, naopak rozdíly v rozmanitosti na různých lokalitách ve stejném čase lze interpretovat různě (Metcalf-Smith, 1994).

### **2.5.2 Biotické indexy a skóre**

V anglické literatuře se pod tímto termínem rozumí ty indexy, které využívají jakýkoliv typ indikátorového druhu (indicator species). Biotické indexy hodnotí lokalitu na základě kombinace indikační hodnoty druhů nebo skupin druhů a rozmanitosti společenstva. Koncepce biotických indexů vychází ze dvou principů:

- a) skupiny bezobratlých jsou různě citlivé na znečištění a s jeho zvyšováním postupně ubývá méně tolerantních skupin
- b) se vzrůstajícím stupněm znečištění klesá bohatost (počet systematických skupin) společenstva. Biotické indexy jsou používány pro hodnocení znečištění (především organického) i pro hodnocení ekologické kvality toku.

Biotické indexy dávají výsledky poněkud jiného charakteru než indexy diverzity. Nabízí se proto možnost používat při hodnocení obojí indexy. Zda používat biotické indexy nebo saprobní index, to už tak jednoduché není, obojí poskytují výsledky stejného charakteru. Pro biotické indexy hovoří jejich jednodušší metodický postup, protože není potřeba určovat do druhů, pro saprobní index hovoří jeho tradice a možnost srovnání současné situace s minulou. V každém případě vzorky odebrané do co nejnižší úrovně poskytují úplnější přehled o společenstvu na dané lokalitě. Pokud jsou k dispozici seznamy zjištěných druhů, lze potom v zásadě použít kteréhokoliv přístupu (Kokeš a Vojtíšková, 1999).

Výchozím podkladem pro biotické indexy je saprobní systém. Další „biotické indexy“, které byly vyvinuty, jsou více méně založeny na principu saprobity.

### **2.5.2.1 Průměrové biotické indexy**

Počítají se jako průměr indikačních hodnot jednotlivých druhů nebo jejich skupin. Ve výsledné hodnotě se jednak ztrácí individualita jednotlivých taxonů, jednak není postižena rozmanitost společenstva. Kromě saprobního indexu sem patří tzv. skóre systémy.

#### **a) saprobní index**

U nás dosud nejrozšířenější metoda hodnocení kvality vody s důrazem na organické znečištění.

Systém hodnocení je založen na toleranci jednotlivých indikačních druhů (saprobiontů) ke stupni znečištění vody lehce odbouratelnými organickými látkami (vyjádřené např. jako BSK<sub>5</sub>). Vlastním výsledkem měření je tzv. saprobní index společenstva, číslo, vyjadřující na stupnici saprobity, kde je znázorněn stupeň znečištění biochemicky odbouratelnými organickými látkami (Hartman et al., 2009).

#### **b) BMWP Score (Biological Monitoring Working Party Score) a ASPT index**

Skóre systémy jsou jednoduché metody hodnocení kvality vod a zahrnujeme mezi ně ty indexy, které přiřazují skóre určitým čeledím bezobratlých a po sečtení dávají celkové skóre. Při vývoji těchto score systémů se počítalo s následujícími fakty:

- a) čeledi bezobratlých jsou až na několik výjimek dobře determinovatelné
- b) každý druh určité čeledi (nebo řádu či třídy) má identické nebo minimálně podobné ekologické nároky a může proto sloužit jako indikátor s jedním skóre pro čeleď
- c) počet individuí čeledi není počítán, tzn. jednotlivé organismy mají tutéž ekologickou váhu jako masy organismů.

### **2.5.2.2 Tabulkové indexy**

Jsou odečítány z tabulek. Individualita některých skupin může do značné míry určit jejich hodnotu. Postihují lépe rozmanitost společenstva než indexy průměrové; z tohoto důvodu lze z jejich hodnot usuzovat lépe i na celkové narušení společenstva.

#### **a) Belgian Biotic Index (BBI)**

Hodnota BBI se odečítá z tabulek. Při odečtu je nutné stanovit:

- 1) přítomnost indikační skupiny
- 2) počet "systematických jednotek" (SU)

BBI postihuje jak individualitu taxonů (většinou zjednodušeně, zpravidla na úrovni čeledí či rodů), tak rozmanitost společenstva. Hodnota indexu je určena především těmi systematickými jednotkami, které jsou nejméně tolerantní ke znečištění.

#### **b) IBGN (Index Biologique Global Normalisé)**

Byl vyvinut ve Francii. Pracuje opět na podobném principu jako předcházející index. Originální seznam SU obsahuje 130 systematických jednotek (až na výjimky to jsou čeledi).

### **2.5.3 Indexy podobnosti**

Indexy podobnosti rovněž postihují strukturu společenstva, avšak na rozdíl od indexů diverzity nebo biotických indexů si všímají rozdílů mezi dvěma společenstvy. Zatímco indexem diverzity nebo biotickým indexem lze postihnout stav jedné lokality, pro výpočet indexů podobnosti je nutné mít další, srovnávací lokality. Indexy podobnosti charakterizují obecně změny ve složení společenstva, nedetekují původce těchto změn. Podobně jako indexy diverzity jsou striktně kvantitativní a neposkytují

proto informaci o aktuálním složení společenstva. Na rozdíl od biotických indexů reagují indexy podobnosti na jakýkoliv zásah, který ovlivňuje bentické společenstvo, nejen organické znečištění. Ve srovnání s indexy diverzity jsou indexy podobnosti více citlivé na nepatrné změny ve struktuře společenstva (Kokeš a Vojtíšková, 1999).

#### 2.5.4 Predikční systémy

Predikční systémy jsou využívány ke zjištění očekávaného společenstva makrozoobentosu konkrétní hodnocené lokality na základě údajů z referenčních lokalit uložených v podkladové databázi. Podkladové údaje se týkají složení bentických společenstev a hodnot abiotických proměnných vodního prostředí (průtok, hloubka, substrát atd.). S tímto očekávaným společenstvem je pak srovnána hodnocená lokalita. Srovnání se provádí pomocí výše uvedených metod, např. indexy podobnosti.

Základem predikčních systémů je systém RIVPACS. Jde o software produkt používaný k predikci fauny na stanovišti pomocí environmentálních proměnných. Důležitým rysem tohoto přístupu je, že každá předpověď je specifická pro environmentální informace, které definují stanoviště. Model predikuje typ společenstva bezobratlých, které by se mělo v závislosti na daných environmentálních proměnných vyskytovat na nezasažených místech. Srovnání pozorovaných hodnot s predikovanými poskytuje tzv. EQI (**E**nvironmental **Q**uality **I**ndex) .

V současné době je vyvíjena a testována metodika hodnocení tekoucích vod podle makrozoobentosu, která vychází z požadavků Rámcové směrnice EU o vodách. Tato směrnice sice definuje systém pro hodnocení vodních těles, ale jednotná metodika na určení ekologického stavu stále čeká na své zpracování. Projekt byl zahájen v březnu 2000 a účastní se jej 8 evropských zemí (Wright et al., 1993).

V České republice byl vytvořen obdobný predikční systém PERLA, jehož základem je program HOBENT (z **H**ODnocení podle **B**ENThosu). V současné době se vytváří podkladová databáze lokalit a vzorků a probíhají první testování. Bližší podrobnosti viz (Kokeš a Vojtíšková, 1999).



## 2.6 Dominantní druhy ryb

### 2.6.1 Pstruh obecný forma potoční (*Salmo trutta morpha fario*)

Je to nejvýznamnější ryba horských a podhorských potoků a řek. Na našem území je původní druh (Pokorný, 1998). Původním a charakteristickým prostředím pstruha obecného forma potoční jsou vodní toky – potoky, říčky a řeky, které podle klasifikace zavedené Fričem souhrnně označujeme jako tzv. pstruhové pásma.

Výskyt pstruha obecného je limitován především kvalitou vody, teplotními maximy a dostatečným obsahem kyslíku. Za optimální rozmezí teplot vody v případě pstruha obecného lze považovat 8 - 16 °C. Za letální je možno považovat teploty vody dlouhodobě překračující 22 °C. Za optimální pH vody pro pstruha obecného lze považovat hodnoty nacházející se v rozmezí 6 - 8. Za letální lze považovat pH nižší než 4,8 a vyšší než 9,2. Za optimální koncentrace kyslíku ve vodě lze považovat rozmezí 8 - 10 mg.l<sup>-1</sup>. Při poklesu koncentrace pod 3 mg.l<sup>-1</sup> lze u ryb pozorovat příznaky dušení. Organické znečištění bývá často příčinou snižování koncentrací kyslíku ve vodě. Koncentrace organických látek spotřebovávajících kyslík ve vodě se hodnotí pomocí parametrů CHSK a BSK5. V chovech lososovitých ryb má být CHSK do 10 mg.l<sup>-1</sup>, BSK5 do 5 mg.l<sup>-1</sup> (Svobodová et al., 1987).

#### 2.6.1.1 Potrava pstruha obecného

Potravu pstruha obecného tvoří živočišné organismy, především vodní a suchozemští bezobratlí, v menší míře pak i obratlovci, především menší ryby (Baruš a Oliva, 1995).

Základní část potravy pstruha obecného tvoří tedy vodní bezobratlí, a to především larvy vodního hmyzu – chrostíci, jepice, pošvatky, korýši, měkkýši a červi. Nejmenší jedinci vyhledávají drobné potravní organismy, s rostoucí velikostí pstruha narůstá i velikost potravní kořisti. Ve velké míře je významnou složkou potravy i suchozemský hmyz (imága vodního hmyzu, brouci, motýli, mravenci, dvoukřídly). Podle Bláháka (1978), který studoval potravu pstruha obecného v řece Svatce v průběhu roku, připadalo na vodní

organismy 84,38% a na suchozemský organismy 16,62%. Výběrovost a podíl jednotlivých složek v potravě pstruha je dán především dostupností.

(Kara, 2005) zkoumal složení přirozené potravy pstruha obecného během jednoho roku. V trávicím traktu celkem našel 611 vzorků, které představovalo 42 taxonů. Nejpočetněji zastoupen složkou v potravě byl *Gammarus sp.* 49,72%, Hydropsychidae 14,61%, Diptera 9,21%, *Nemoura sp.* 8,98%, *Isoperla sp.* 6,9.

## **2.6.2 Vranka obecná (*Cottus gobio*)**

Vyžaduje chladné proudivé vody s dostatkem kyslíku a tvrdým dnem. Žije v horských a podhorských potocích a také horských jezerech. Je citlivá na znečištění vody. Ve dne se zdržuje pod kameny. Večer a v noci opouští úkryt a vyhledává potravu. Protože nemá plynový měchýř, pohybuje se špatně zpravidla krátkými poskoky. Roste pomalu. Je krátkověká. Dožívá se zpravidla 8 let (Dubský, 2003).

### **2.6.2.1 Potrava vranky obecné**

Potrava vranky obecné je převážně živočišného a bentického původu. Nejhojnějšími složkami potravy jsou podle (Orság, 1974) jepice (Ephemeroptera), pakomárovití (Chiromidae), pošvatky (Plecoptera), chrostíci (Trichoptera) a blešivcovití (Gamaridae). Byly zaznamenány i případy kanibalismu, nikoliv však požívání jiker lososovitých ryb.

## **2.7. Bentos**

Bentos je vodní společenstvo, které svými životními nároky vázané na substrát dna. Podle velikosti jej lze třídit na:

1. mikrobentos (do velikosti 0,1 mm)
2. mesobentos (0,1 – 2 mm)

### 3. makrobentos (nad 2 mm)

Podle příslušnost k říši rostlinné či živočišné jej dělíme na fytobentos a zoobentos. Druhové zastoupení zoobentosu tekoucích vod je mnohem pestřejší než druhové zastoupení zoobentosu stojatých vod. Druhové složení bentických společenstev v tekoucích vodách je určeno především rychlostí proudu, množstvím rozpuštěného kyslíku a organickým znečištěním. Proudové části toky jsou osidlovány charakteristickými skupinami živočichů, jako larvy chrostíků, jepic či pošvatek. Mnohé druhy aktivně driftují, zejména při nepříznivých životních podmínkách. Driftující organismy jsou významnou součástí potravy ryb, neboť tato potrava je nejnáze získatelná. Zoobentos tekoucích vod osídluje dno do značné hloubky, což těmto organismům umožňuje přestát zvýšené průtoky vody, vymrznutí nebo vyschnutí toku, tyto vrstvy dna nazýváme hyporeál.

#### 2.7.1 Jepice (Ephemeroptera)

Počet druhů na světě (v ČR): 2500 (109). Taxonomie řádu čítá 23 čeledí. 38 druhů je v červeném seznamu ohrožených druhů hmyzu v ČR. Všechny druhy jepic jsou si velice podobné. Typickým znakem jsou dva nebo tři dlouhé tenké štěty na konci zadečku. Také křídla jsou velice typická se složitou žilnatinou. Křídla jsou někdy čirá, jindy mohou být zakouřená nebo nahnědlá. U většiny druhů jsou vyvinuty dva páry křídel (zadní pár je výrazně menší), u některých jen jeden. Sedící jepice má křída přiložena k sobě lící stranou a staví je kolmo na tělo, nikoli střechovitě nebo ploše nad tělem jako ostatní vodní hmyz.

Nejhornější úsek tekoucích vod je osídlen jepicí horskou (*Ameletus inopinatus*). V pstruhovém pásmu je typickou jepicí jepice bystřinná (*Rhitrogena semicolorata*), dále pak jepice peřejová (*Epoerus assimilis*), *Baetis alpinus* aj. (Adámek, 1989).

### 2.7.2 Pošvatky (Plecoptera)

Počet druhů na světě (v ČR): 2000 (115). Taxonomie řádu čítá 15 čeledí. 58 druhů je v červeném seznamu ohrožených druhů hmyzu v ČR. Tvarem těla se larvy pošvatek nápadně podobají larvám jepic, charakteristickým rozlišovacím znakem je však přítomnost pouze dvou štětů na konci zadečku. S pošvatkami se setkáváme nejčastěji v neznečištěných tocích pstruhového a lipanového pásma. Pošvatky svým výskytem obecně indikují dobrou kvalitu vody. Larvy pošvatek jsou cennou a vyhledávanou potravou ryb, hlavně lososovitých. V horských nevelkých tocích žijí drobnější larvy rodů jako např.: *Protonemura*, *Amphinemura*, *Nemoura*, *Brachyptera*, *Leuctra* (Adámek, 1989).

### 2.7.3 Chrostíci (Trichoptera)

Počet druhů na světě (v ČR): 8000 (250). Taxonomie řádu čítá 43 čeledí. Larvy chrostíků žijí v nejrůznějších typech vod. Řada druhů si staví přenosná pouzdra, ta jsou často druhově specifická zhotovená z rozmanitého materiálu. Jiné druhy si schránku nestavějí a žijí volně buď v sítích zhotovených ze sekretu slinných žláz, nebo v chodbičkách na povrchu předmětů. Druhy stavějící si schránky označujeme jako erucyformní druhy bezschránkaté jako kampoideoidní. Larvy chrostíků tvoří významnou součást potravy ryb (Sukop, 2006).

### 2.7.4 Korýši (Crustaceae)

Nejběžnějším zástupcem vodních korýšů žijících ve studených, čistých vodách je blešivec potoční (*Gammarus fossarum*), živící se převážně býložravě. Blešivci, kteří dle zoologické systematiky patří do podkmenu žabernatí (Branchiata), třídy korýši, řádu různonožci (Amphipoda) a podřádu blešivci (Gammaridae) jsou vhodné pro svou náročnost na kvalitu vody jako bioindikátory. Tito šedožlutavě zbarvení živočichové z obloukovitě zahnutým tělem, tak jako ostatní žabernatí dýchají vždy žábrami. Tvoří významnou potravu pstruhů. Poněvadž žijí v lotickém prostředí (tekoucí vody), obývají

většinou spodní strany kamenů či prostor mezi vodními rostlinami, a proto mají tvar těla přizpůsoben pohybu vody. Jsou schopni aktivního pohybu - poskoky po boku. Život pod kameny a mezi rostlinami jim mimo jiné také zabezpečuje alespoň částečnou ochranu od jejich hlavních predátorů ryb, především pstruhů. Jak už bylo řečeno, blešivec je indikátorem čisté vody, tedy přesněji řečeno oligosaprobity. Oligosaprobity (o) je I.a stupeň čistoty vody, je charakterizována nepatrným organickým zatížením. Průměrné množství kyslíku činí  $9.5 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### 2.7.5 Brouci (Coleoptera)

V horských a podhorských potocích jsou nejběžnější zástupci čeledi *Elmidae*. Jedná se většinou o rody *Elmis*, *Limnius* a *Oreodites*. Žijí v bystře tekoucích vodách, často pod kameny nebo na vodní vegetaci. Některé druhy jsou vázané na krasové vody. Larvy žijí na stejných místech jako dospělí jedinci (imága), kyslík dýchají tracheálními žábry. Vyjmenované rody jsou indikátorem čisté vody. K nejběžnějším druhům čistých vod patří např. *Elmis aenea* (Sukop, 1998).

## 3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ A POTOKŮ

### 3.1 Šumava

Šumava je pohoří ukloněné k severovýchodu, rozkládající se na rozmezí státní hranice Německa, Rakouska a České republiky. Patří do chráněné krajinné oblasti, která byla zřízena k zabezpečení všestranné ochrany vymezeného území, zachování, zvelebování a obnovování přírody, zejména jejího bohatství a krajinných krás pro jejich kulturně vědecký, ekonomický, vodohospodářský, klimatický, zdravotní a rekreační ráz (Hoštička et al., 1971).

Krajina Šumavy byla formována činností člověka zhruba od konce 12. století. Přibližně do poloviny 18. století celé toto území pokrývaly neporušené pralesy.

Zásadním významem pro utváření dnešních lesních a nelesních ekosystémů Šumavy byla až novější kolonizace na přelomu 17. a 18. století, která byla spojena se vznikem nových osad a pastvou dobytka na rozsáhlých pasekách (Strnadová, 1996).

Území je charakteristické výraznou výškovou stupňovitostí a náleží do regionu horských podzolů. Podnebí má přechodný charakter mezi klimatem oceánským a kontinentálním s poměrně malými ročními teplotními výkyvy a s poměrně vysokými a během roku stejnoměrně rozloženými srážkami (Albrecht et al., 2003).

Šumavské podhůří a nižší části Šumavy náleží do fytogeografické oblasti mezofytikum, která je v šumavských poměrech charakterizována květnatými bučinami, jedlinami a kyselými podhorskými bučinami. Vedle rašelinných a podmáčených smrčín se na horkých vrchovištích setkáváme také s menšími plochami mokřadního a mrazového bezlesí, včetně subalpínských typů pramenišť. Mnohé porosty v centrální části Šumavy nesou dodnes známky lesní pastvy dobytka v minulosti. Pozdější umělé zalesňování zde nebylo příliš úspěšné a rovněž přirozená sukcese zde v důsledku drsných klimatických podmínek probíhá velmi pomalu (Albrecht et al., 2003).

Společenstva historicky podmíněných bezlesí dnes zahrnují mnoho významných cenóz, včetně antropogenně podmíněných společenstev lučního bezlesí (podmáčené rašelinné louky, vodou neovlivněné květnaté louky a pastviny, vysychavá travinná společenstva, vrchovištní a kamenitá lada aj.) Tato luční pastvinná společenstva zůstala do současnosti zachována jen na části své původní plochy (Albrecht et al., 2003).

### **3.2 Charakteristika zájmových území (Horský potok, Mlýnský potok, Bukový potok)**

Všechna tři povodí Horského, Mlýnského a Bukového potoka se nachází v CHKO Šumava na pravobřeží Lipenské přehrady v oblasti Svatotomašovské hornatiny a náleží k povodí řeky Dunaje. Mají srovnatelnou plochu, nadmořskou výšku a prostorovou orientaci. Významným způsobem se však liší v současném způsobu hospodaření (Procházka et al., 2001).

### **3.2.1 Horský potok**

Povodí Horského potoka má rozlohu 201,7 ha a nachází se v nadmořské výšce 826 – 1029 m.n.m. Horský potok vzniká na jižním svahu Vítkova kamene a protéká naším územím jihovýchodním směrem v délce 8,6 km. Zleva přibírá Bukový potok. Plochy v povodí Horského potoka jsou pokryty převážně lesem (71%), neobhospodařovanými plochami bezlesí (16,2%) a z části kosenými loukami (9,6%). (Procházka a kol., 2001). Na většině dříve zemědělsky obhospodařovaných ploch povodí Horského potoka došlo k postupnému zalesnění převážně smrkem. V povodí Horského potoka byla navíc podstatná část území ponechána přirozené sukcesi mokřadů a mezofilní lody (Procházka et al., 2006)

### **3.2.2 Mlýnský potok**

Revitalizovaný potok se nachází na pravém břehu Lipna u obce Pasečná, je součástí povodí Dunaje. Částečná revitalizace, tj. úprava toku, proběhla v období od 1. srpna do 17. listopadu 1988. Cílem revitalizace bylo obnovit základní parametry potočního biotopu, zpomalit odtok vody z krajiny, zvýšit samočisticí schopnost vody a obnovit život v korytě potoka.

Sledovaná část povodí Mlýnského potoka o rozloze 214,1 ha se rozprostírá v nadmořské výšce 784-884 m, převažující svahová orientace povodí je JZ a SV. Pouze 18,5 ha (9%) plochy povodí je porostlé lesem (jedná se převážně o smrkové monokultury), 195,6 ha zaujímá bezlesí (91%). Bezlesí je 78 % zemědělsky využíváno jako jednosečné louky a polointenzivní pastviny (131,8 ha), 15 % bezlesí tvoří nevyužívané zemědělské plochy. Zbývající část povodí pokrývá zástavba, zahrádky, zemědělské objekty a silnice (Procházka et al., 1999).

### **3.2.3 Bukový potok**

Sledované území povodí Bukového potoka o rozloze 264,4 ha se nachází v nadmořské výšce 809-1026 m n. m. Na povodí Bukového potoka se dříve zemědělsky hospodařilo, dnes 95% plochy povodí pokrývá sekundární les s převahou smrku (Procházka et al., 2001). Trasa toku je zvlněná, šířka se pohybuje do 1 m, hloubka toku do 0,5 m.

Substrát dna je štěrkovitý. Morfologická členitost toku je pestřejší než je tomu v případě Horského potoka. Najdeme zde úseky proudivé i tišinné.

### **3.3 charakteristika zájmových území a potoků (Hamerský potok, Pestřice)**

#### **3.3.1 Hamerský potok**

Hamerský potok náleží do povodí Vltavy. Jeho pramennou oblastí je přírodní památka Prameniště Hamerského potoka s pramennými rašeliništi a ojedinělými lučnými rašeliništi. Potok se vlévá do lipenské přehrady do Hamerské zátoky. Nachází se mezi obcemi Přední Zvonková a Bližší Lhota.

#### **3.3.2 Pestřice**

Potok Petřice náleží do povodí Vltavy. Odvodňuje komplex vlhkých luk přírodní památky Pestřice. Potok místy tvoří hranice s Rakouskem. Ústí do nádrže Lipno do Kyselovské zátoky.

## **4. METODIKA**

### **4.1 Odběry vzorků makrozoobentosu**

V rámci této práce byly odebírány vzorky makrozoobentosu v pěti sledovaných tocích (Mlýnský potok, Horský potok, Bukový potok, Pestřice, Hamerský potok). Vzorky byly převážně odebírány dvakrát ročně a to koncem jara a podzimu z důvodu sezónních změn společenstev makrozoobentosu v tocích.

Všechny odběry byly prováděny dle metody PERLA (ČSN 75 7703), při kterém jsou habitaty v toku vzorkovány proporcionálně podle jejich výskytu v odběrovém úseku.



Metoda je vytvořena pro odběr vzorků makrozoobentosu z broditelných tekoucích vod tzn. s hloubkou do jednoho metru.

Poté, co byl vybrán odběrový profil toku, který reprezentoval tok, mohlo se začít s vlastním odběrem. Odběr byl prováděn metodou kicksampling (rozrývání nohou). Základní pomůcka při této metodě byla ruční bentosová síť obdélníkového tvaru s oky 500 mikrometrů. Lovící byl postaven zády proti proudu a postavil síť spodní stranou rámu na dno. Při pohybu vzad bylo rozrušováno dno a uvolněné organismy byly splavovány do sítě. Při tomto lovu by měla být v síťce propraná i vegetace vyskytující se ve vodě, z důvodu výskytu dalších taxonů. Během odlovu byl nahromaděný materiál v síťce několikrát vysypán na nerezové síto (50x50cm). Z tohoto síta byly vybráni největší zástupci jednotlivých taxonů a byli vloženi do zkumavek. V těchto zkumavkách se zároveň fixovali 40% roztokem formaldehydu do výsledné koncentrace 4% (ČSN EN ISO 5667-3). V sítu obvykle zůstávalo velké množství materiálu a organismů, proto bylo nutné vzorek v sítu propírat a zbavovat velkých nánosů. Částečně vytríděný vzorek byl zbaven přebytečné vody, vložen do PVC vzorkovnice o objemu 1 – 2 litry a fixován.

## **4.2 zpracování vzorků makrozoobentosu v laboratoři**

V laboratoři je nutné oddělit naplavený materiál od organismů, vytrídít a determinovat.

Nejprve byl celý objem vzorku z PVC vzorkovnice vysypán do síta a důkladně propláchnut. Pokud byl vzorek bohatý na organismy, byl celý vzorek homogenizován (jemně promíchán) a poté umístěn na dělicí zařízení, kde byla odebrána přesně ¼, se kterou jsme dále pracovali.

Oddělenou čtvrtinu bylo nutné zbavit veškerých nánosů. Po důkladném přebrání organismu od nánosů byly všechny vzorky makrozoobentosu vloženy do zkumavek s roztokem 70% alkoholu. Zkumavku bylo vždy nutné čitelně označit údaji, jako název potoka, datum odběru a podílem zpracovaného vzorku.

Před vlastní determinací jsem si makrozoobentos rozdělil do hlavních taxonomických skupin. Obvykle byly vzorky rozdělovány do 4 – 5 epruvet obsahujících chrostíky (Trichoptera), jepice (Ephemeroptera), pošvatky (Plecoptera), blešivce (*Gammarus*) a ostatní. Toto rozdělení mi usnadnilo následnou determinaci.

Pro vlastní determinaci makrozoobentosu byla nezbytná mikroskopická technika a to preparační stereomikroskop (zvětšení v rozsahu cca 10 – 100x) a světelný mikroskop (zvětšení v rozsahu cca 400 – 1 000x). Vlastní determinace makrozoobentosu byla prováděna na základě základních morfologických znaků do co nejnižší, obvykle druhové úrovně. Výsledky jsem zaznamenával do determinačních protokolů, které obsahovaly tyto informace:

- kódové označení vzorku
- název toku
- název profilu
- datum odběru
- datum determinace
- údaj o zpracovaném podílu vzorku
- seznam zjištěných taxonů s vyznačením vývojových stadií a s jejich abundancemi

### **4.3 Použité výpočetní znaky populací a společenstev**

#### **Sörensenův index podobnosti bentických společenstev**

Slouží k zachycení rozdílů mezi společenstvy.

Výpočet dle:

$$S = \frac{2C \times 100}{A + B} (\%)$$

*A= počet nalezených druhů na lokalitě A, B= počet nalezených druhů na lokalitě B*

*C= počet druhů stejných pro lokalitu A a B*

### **Dominance druhu ve společnosti**

Vyjadřuje zastoupení jednotlivých populací, či druhů, v celkovém počtu jedinců zoocenózy.

Výpočet dle:

$$D_i = \frac{n_i \times 100}{N} (\%)$$

*N=celkový počet kusů, n<sub>i</sub>= počet kusů i-tého druhu*

### **LcpEPTAbu (EPT Abu)**

Metoda udává procentuální zastoupení jedinců skupin Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (jepice, pošvatky, chrostíci), s ohledem k celkové abundanci organismů.

$$LepEPTAbu = \frac{n_{jep} + n_{poš} + n_{chros}}{n} \times 100$$

*n<sub>jep</sub> = počet jedinců skupiny jepice ve vzorku, n<sub>poš</sub> = počet jedinců skupiny pošvatky ve vzorku, n<sub>chros</sub> = počet jedinců skupiny chrostíci ve vzorku, n = celkový počet jedinců ve vzorku*

#### 4.4. Chemické poměry v zájmových tocích (Bukový, Horský, Mlýnský)

Tabulka 1. Chemické údaje zájmových potoků z let 1998-2004

(mg.l<sup>-1</sup>, vodivost μS.cm<sup>-1</sup>, n – počet měření, x – vážený průměr), (Procházka et al. 2006)

	Mlýnský potok		Horský potok		Bukový potok	
	n	x	n	x	n	x
Vodivost	55	93,07	58	45,22	58	36,07
pH	62	6,37	62	6,07	62	5,97
NO <sup>3-</sup>	63	8,15	63	2,12	63	2,41
NO <sup>2-</sup>	63	0,02	63	0,11	63	0,01
NH <sup>4+</sup>	63	0,05	63	0,07	64	0,06
Cl <sup>-</sup>	63	1,77	63	1,07	63	1,08
SO <sup>42-</sup>	62	12,73	61	11,56	61	11,52
Ca <sup>2+</sup>	55	7,65	55	3,10	56	2,83
Mg <sup>2+</sup>	55	1,62	55	0,80	56	0,63
Na <sup>+</sup>	55	3,66	55	2,5	56	2,63
K <sup>+</sup>	55	1,58	55	1,12	56	0,53
Fe	55	0,27	55	0,25	56	0,18
Mn	53	0,02	54	0,01	54	0,01

#### 4.5. Průměrné průtoky za hydrologické roky 2000-2004 v l.s<sup>-1</sup>

Tabulka 2. Průtoky za hydrologické roky 2000-2004 v l.s<sup>-1</sup> (Procházka et. al 2006)

2000-2004	Mlýnský	Horský	Bukový
Průměr	69	43	41
Minimum	7,5	6,6	7,8
Maximum	935	359	281
Směrodatná odchylka	114	48	41

Největší průměrný průtok je v Mlýnském potoce  $69 \text{ l.s}^{-1}$ . Naopak nejnižší průtok je v Bukovém potoce  $41 \text{ l.s}^{-1}$ . Největší maximální průtok byl v Mlýnském potoce  $935 \text{ l.s}^{-1}$  a největší rozkolísanost také v Mlýnském potoce, kde je vyjádřena jako směrodatná odchylka. Největšího minima bylo dosaženo v Horském potoce  $6,6 \text{ l.s}^{-1}$ .

## 5. VÝSLEDKY

### 5.1 Mlýnský potok

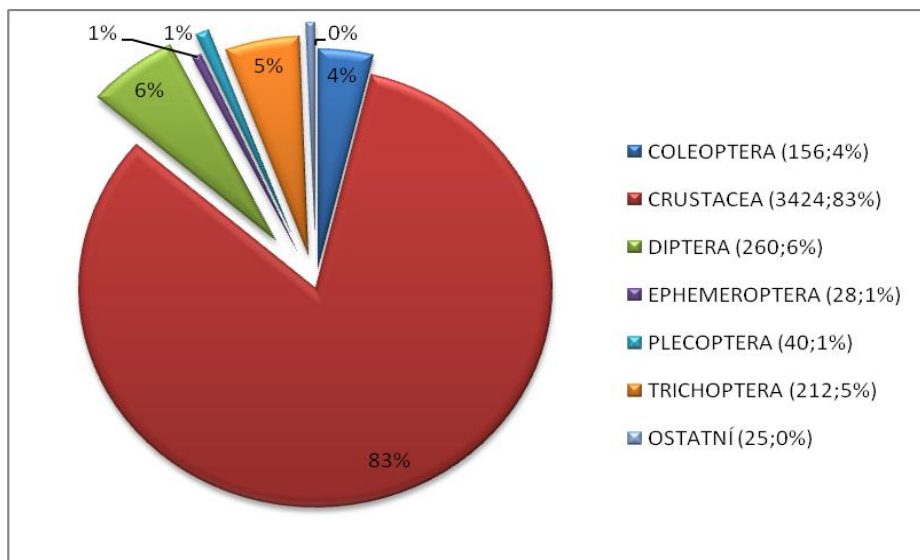
#### 5.1.1 Ichtyofauna

V Mlýnském potoce žijí dva druhy ryb a to pstruh obecný forma potoční (*Salmo trutta morpha fario*) a vranka obecná (*Cottus gobio*). V porovnání s Horským a Bukovým potokem je zde rybí obsádka početnější (Příloha č.1). Pstruh obecný se v potoce před revitalizací vyskytoval jen ojediněle (v roce 1997 byla početnost  $45 \text{ ks.km}^{-1}$  toku a biomasa  $0,22 \text{ kg.km}^{-1}$  toku, v roce 1998 byla početnost  $0 \text{ ks/km}$  a biomasa  $0 \text{ kg.km}^{-1}$ ), (Hartvich, a kol., 2003). Stav upraveného toku rybám zřejmě nevyhovoval, jelikož betonové opevnění dna a břehů rybám neposkytovaly vhodné životní podmínky. Zlomovým bodem se stal podzim roku 1998, kdy byly na Mlýnském potoce provedeny revitalizační úpravy. První odlov po dokončení revitalizačních prací byl proveden 13.11 1998. Podařilo se ulovit 12 ks pstruha o celkové hmotnosti 353 g. Od tohoto roku až do roku 2002 počet jedinců a jejich biomasa vzrůstala, poté nastal pokles v početnosti. Velikost odlovených jedinců pstruha obecného se pohybuje od 10 – 230 mm. V posledních letech se zvýšil počet větších jedinců i početnost jedinců pstruha obecného (Antonín, 2010).

## 5.1.2 Složení přirozené potravy ryb

### Mlýnský potok, 10.09.2009

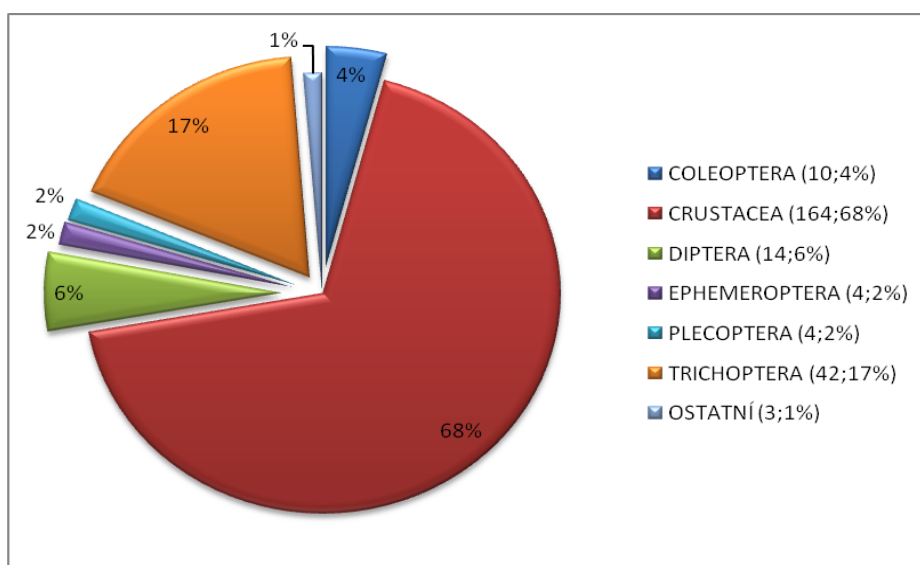
Mlýnský potok je z hlediska množství potravních organismů nejbohatší ze všech sledovaných potoků. Nejpočetněji je zde zastoupen druh *Gammarus fossarum* z podkmenu Crustacea, který zde reprezentuje dominantní složky potravy z 83%. Jeho abundance mnohonásobně převyšuje ostatní představitele potravní složky Mlýnského potoka. Na druhé straně nejméně početnou skupinou organismů byly skupiny Ephemeroptera a Plecoptera (obr. 1). Početnost ostatních skupin jako Coleoptera, Trichoptera, Diptera se pohybovala kolem 5%. Celkový počet organismů v tomto potoce činil 4145 Ks a celkový počet taxonů 30. Metrika (EPT Abu) v tomto odběru představovala 6,75% (Tab. 4).



Obrázek 1. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Mlýnský potok, 10.9.09)

## Mlýnský potok, 9.06.2010

V procentuálním zastoupení jednotlivých skupin je tento odběr velice podobný předchozímu odběru (obr. 2). Výjimku tvoří skupina Trichoptera, která je tvoří 17% z celkové abundance. Množství odebraných vzorků *G. fossarum* reprezentující skupinu Crustacea bylo mnohonásobně nižší než v předchozím odběru, avšak stále tato skupina představuje dominantní složku z odebraných organismů a to z 68%. Počet všech odebraných organismů byl 241 Ks a počet nalezených taxonů 22. Metrika (EPT Abu) představovala 20,7% (Tab. 4).



Obrázek 2. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Mlýnský potok, 9.6.10)

## 5.2 Horský potok

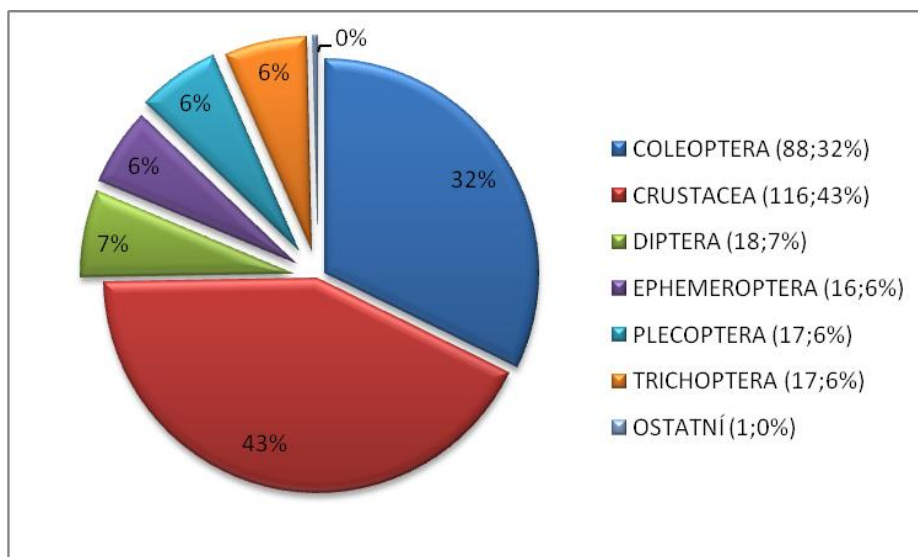
### 5.2.1 Ichtyofauna

V úlovcích z Horského potoka se vyskytuje pouze pstruh obecný (Příloha č.3). Jeho početnost a ichtyomasa je nízká a při každém odlovu je různá. V posledních odlovech se početnost pstruha ustálila a vyrovnala. Velikost odlovených jedinců se pohybuje od 50 do 200 mm (Antonín. 2010).

## 5.2.2 Složení přirozené potravy

### Horský potok, 10.9.2009

Množství potravy v Horském potoce je ve srovnání s Mlýnským potokem početně nižší. Opět hlavní a dominantní potravní složku zastupuje druh *Gammarus fossarum* (63%). U odlovu v tomto termínu byla zaznamenána další, velmi početná složka, která byla reprezentována larválním stadiem organismu z řádu Coleoptera a to především druhem *Limnius perrisi*. Jednotlivě Skupiny Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera tvoří Od 5 do 7% z celkové abundance. Počet všech vzorku činil 273Ks, které zahrnovaly 22 různých taxonů. Metrika (EPT Abu) zahrnovala 18,3% (Tab. 4).



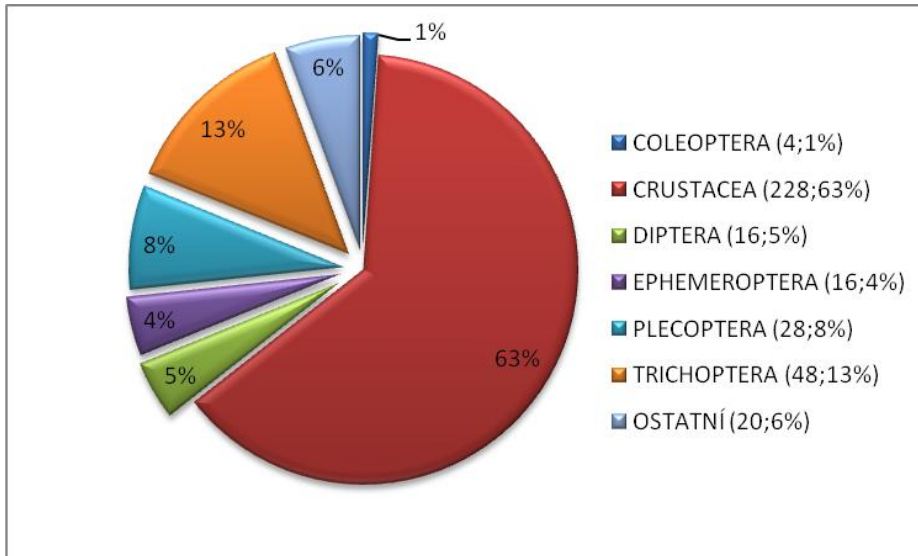
Obrázek 3. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Horský potok, 10.9.2009)

### Horský potok, 9.6.2010

V tomto odběru lze za nejpočetnější skupinu označit skupinu Crustacea, jež tvoří 63% z celkové abundance (obr. 4). Druhou nejpočetnější skupinou jsou druhy zastupující řád Trichoptera. Nejméně početná skupina je skupina *Coleoptera*, která tvoří 1% z celkové abundance, na rozdíl od předchozího odběru, kde Coleoptera tvoří 32% z celkové abundance. Celkový počet nalezených organismů byl 360Ks a počet



jednotlivých taxonů činil 19. Metrika udávající (EPT Abu), v tomto vzorku představovala 25,5% (Tab.4).



Obrázek 4. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Horský potok, 9.6.2010)

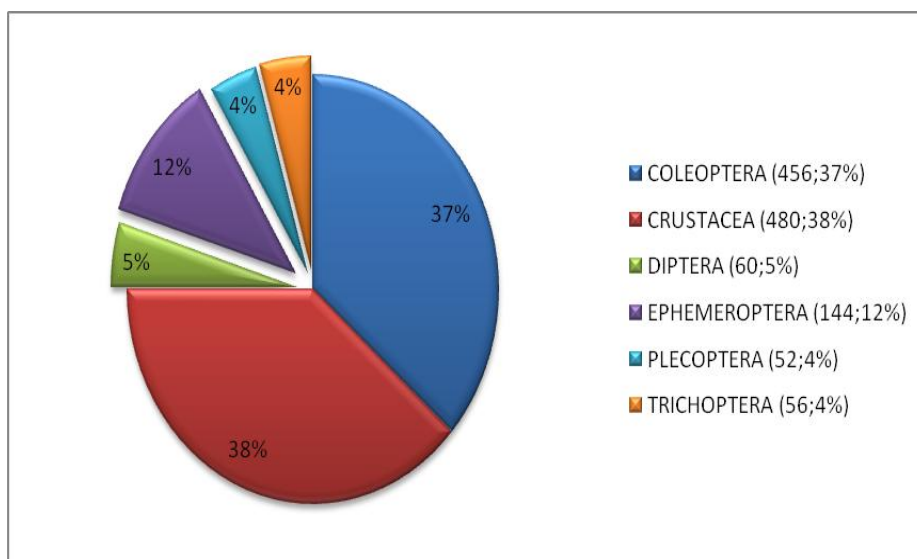
## 5.3 Bukový potok

### 5.3.1 ichtyofauna

V Bukovém potoce jsou zaznamenávány pouze úlovky pstruha, počty ulovených jedinců a zejména ichtyomasa kolísá. Větší počet odlovených jedinců se vyskytuje v podzimních odlovech (Příloha č.5). Délky těl ulovených pstruhů se pohybují od 30 do 198 mm (Antonín, 2010).

### 5.3.2 Složení přirozené potravy

Suma organismů v bukovém potoce je vyšší než v Horském potoce a nižší než v Mlýnském. Počet nalezených druhů je nejnižší ze všech sledovaných potoků. Nejpočetnější druhy zde zastupují opět *Gammarus fossarum*, larvální stadium brouka *Limnius perrisi* a nejznámější z řádu Ephemeroptera rod *Baetis*. Skupiny Diptera, Plecoptera, Trichoptera jsou ve vzorku zastoupeny hodnotami kolem 5%. Dominantním druhem je zde druh *G. Fossarum* (38%) (obr. 5). Počet organismů v tomto potoce činí 1248Ks, které představují 15 taxonů. Metrika (EPT Abu) zde tvoří 20,2% (Tab.4).



Obrázek 5. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Bukový potok, 10.9.2009)

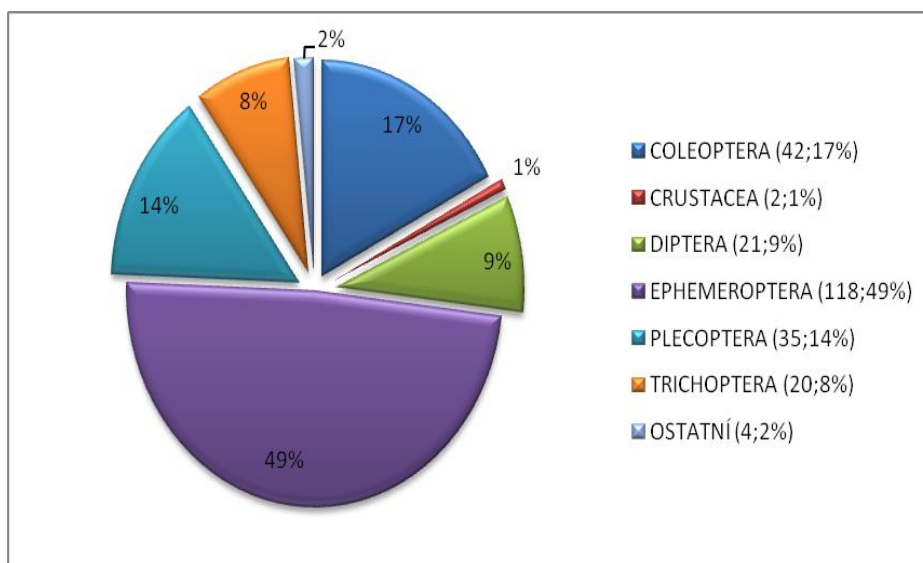
## 5.4 Hamerský potok

### 5.4.1 Ichtyofauna

V tomto potoce se vyskytuje Pstruh obecný (*Salmo trutta m. fario*), Vranka obecná (*Cottus gobio*), Mník jednovousý (*Lota lota*), Štika obecná (*Esox lucius*). Tyto odběry reprezentují pouze jeden odběr (Příloha č.7). Složení ichtyofauny se zde může v průběhu roku výrazně měnit, z důvodu migrace ryb z přehradní nádrže Lipno.

### 5.4.2 Složení přirozené potravy

Nejpočetnější skupinu organismů v tomto potoce zastupuje řád Ephemeroptera a nejpočetnějším druhem v tomto řádu je rod *Baetis* a druh *Emhemerella mucronata* (Příloha č.8). Další početné skupiny jsou Plecoptera a Coleoptera. Naopak nejméně početnou složkou byl v tomto odběrovém profilu *Gammarus Fossarum* ze skupiny Crustacea (obr. 6). Množství všech odebraných organismů bylo 242Ks a počet taxonů 27. Početně nejbohatší skupina zde byla skupina Ephemeroptera (49%) v které převládal rod *Baetis* (35%). Metrika (EPT Abu) činila 71,5% (Tab.4).



Obrázek 6. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Hamerský p., 24.5. 2010)

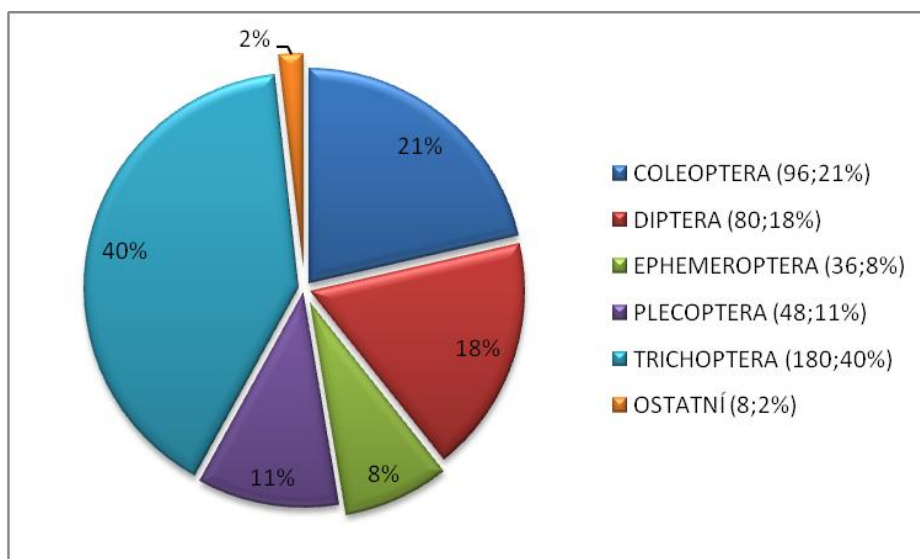
## 5.5 Pestřice

### 5.5.1 Ichtyofauna

V tomto potoce se vyskytuje Pstruh obecný (*Salmo trutta m. fario*), Vranka obecná (*Cottus gobio*), Okoun říční (*Perca fluviatilis*), Hrouzek obecný (*Gobio gobio*), Mník jednovousý (*Lota lota*), Mihule potoční (*Lampetra planeri*). Tyto odběry reprezentují pouze jeden odběr (Příloha č.9). Složení ichtyofauny se zde může v průběhu roku výrazně měnit, z důvodu migrace ryb z přehradní nádrže Lipno.

### 5.5.2 Složení přirozené potravy

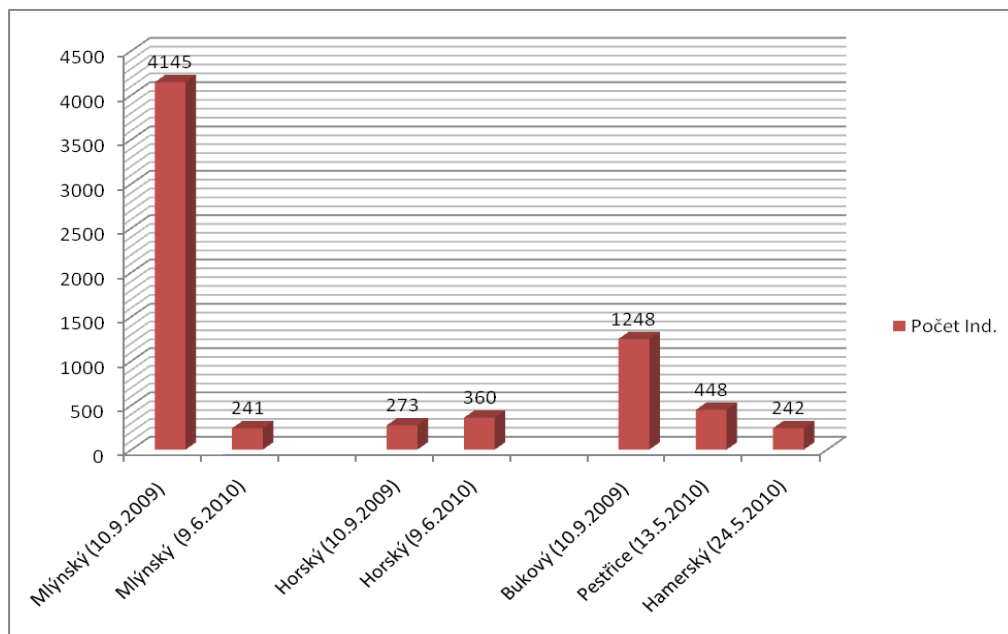
Nejpočetnější skupinou v tomto potoce byla skupina Trichoptera (40%), ve které je nejpočetněji zastoupen druh *Anomallopterygella chauviniana* (18%) (Příloha č.10). Druhou nejpočetnější skupinu tvoří skupina Coleoptera a nejméně zástupců je v tomto vzorku ze skupiny Ephemeroptera (obr. 7). Celková suma odebraných organismů byla 448Ks a suma nalezených taxonů 19. Metrika (EPT Abu) v tomto vzorku činila 59% (Tab.4).



**Obrázek 7. Složení přirozené potravy podle taxonomických skupin (Pestrice, 13.5.2010)**

## 5.6 Porovnání výsledků

Z obrázku 8 jasně vyplývá, že nejvíce organismů bylo odebráno v Mlýnském potoce (10.9.2009) a Bukovém potoce (10.9.2009). Naopak nejméně organismů bylo odebráno v Mlýnském potoce (9.6.2010) a v Hamerském potoce (24.5.2010)



**Obrázek 8. Počet odebraných organismů v jednotlivých tocích za jednotku času (3min.)**

**Tabulka 3. Porovnání druhové podobnosti potoků vtékajících do Lipna s potoky náležící k řece Dunaj**

	Mlýnský potok		Horský potok		Bukový p.	Pestřice
	10.9.2009	9.6.2010	10.9.2009	9.6.2010	10.9.2009	13.5.2010
Hamerský p. 24.5.2010	53%	45%	45%	40%	43%	52%
Pestřice 13.5.2010	25%	30%	20%	16%	24%	

V tabulce je vidět větší podobnost potoku Hamerského potoku, vůči potokům (Mlýnský, Horský, Bukový), která se pohybuje od 40 do 53%. Na rozdíl od potoku Pestřice, kde je podobnost od 16 do 30%.

**Tabulka 4. Počet nalezených organismů a taxonů, dominance druhu a EPT index na jednotlivých odběrových profilech v sezóně 2009 – 2010.**

<b>Mlýnský potok</b>	<b>Počet nalezených organismů</b>	<b>Počet taxonů</b>	<b>Dominance druhu</b>	<b>EPT Abu</b>
10.9.2009	4145	30	83% <i>G. fossarum</i>	6,75%
9.6.2010	241	22	68% <i>G. fossarum</i>	20,70%
<b>Horský potok</b>				
10.9.2009	273	22	43% <i>G. fossarum</i>	18,30%
9.6.2010	360	19	68% <i>G. fossarum</i>	25,50%
<b>Bukový potok</b>				
10.9.2009	1248	15	38% <i>G. fossarum</i>	20,20%
<b>Pestřice</b>				
13.5.2010	448	19	18% <i>A. chauviniana</i>	59,00%
<b>Hamerský potok</b>				
24.5.2010	242	27	35% <i>Baetis sp.</i>	71,50%

Tabulka znázorňuje souhrn hodnot, které byly v průběhu této práce zjišťovány. Největší suma nalezených organismů byla v Mlýnském potoce v odběru z 10.9.2009 (4145Ks). Naopak nejmenší suma byla v Mlýnském potoce 9.6.2010 (241Ks) a v Hamerském potoce 24.5.2010 (242Ks). Z hlediska početnosti jednotlivých taxonů byl největší počet nalezených taxonů v Mlýnském potoce 10.9.2009 (30 taxonů) a v Hamerském potoce (27 taxonů). Dominance druhu, která reprezentovala nejpočetnější druh v jednotlivých vzorcích, ukazovala na jednoznačnou dominanci druhu *G. fossarum* v potocích Mlýnský, Bukový a Horský, kde se pohybovala od 38 do 83%. V potoku Hamerský byl dominantním rodem rod *Baetis*. Ve vzorku z potoku Pestřice nejpočetnější složku reprezentoval chrostík (Trichoptera) *Anomalopterygella chauviniana* (18%). Dle EPT metriky lze usoudit, že největší počet skupin (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), vůči sumě všech odebraných organismů je v potocích Hamerský (71,5%) a Pestřice (59%). Na druhou stranu velice nízké byly hodnoty v potocích Bukový, Mlýnský a Horský, kde se metrika pohybovala od 6 do 25%.

## 6. DISKUSE

Zoobentos v tekoucích vodách tvoří hlavní potravní základnu ryb. Abundance bentických organismů a jejich druhová diversita je určována mnohými faktory, které zároveň určují celkový charakter toku.

Při odběrech vzorků byl brán zřetel na vrcholy abundance bentických organismů, především temporální složky. Frekvence počtu hlavních zastupitelů temporální složky (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera) je nejvyšší v období počátku léta a období zimy. Tato vlastnost výskytu souvisí s životními cykly jmenovaných druhů, kdy se vodní larvy mění na imága a opouštějí vodní prostředí. Proto během letních měsíců, lze ve vzorcích pozorovat značný pokles těchto druhů a naopak zvýšenou frekvenci počtu jejich snůšek (Sukop, 1984). Naopak hlavní zástupce permanentní fauny, druh *Gammarus fossarum* má vyrovnanější abundance v různých obdobích.

Tři potoky (Bukový, Mlýnský, Horský), které náležejí do povodí řeky Dunaj, mají velice podobný charakter a vyskytují se na stejném území, avšak jsou mezi nimi pozorovatelné změny ve složení bentických společenstev. Zjistil jsem, že abundance bentických organismů je mnohonásobně vyšší v Mlýnském potoce, než v potocích Bukový a Horský. Takto vysoká abundance u Mlýnského potoka je dána především druhem *G. fossarum*, který v potoce ve všech odběrech představuje jednoznačně dominantní druh. Mé výsledky korespondují i se závěry Černého (2007), který ve své bakalářské práci sledoval bentická společenstva obdobných toků. Vysoká frekvence druhu *G. fossarum* by mohla ukazovat ideální podmínky pro život tohoto druhu. Ideální podmínky nastaly po revitalizaci tohoto potoka (Projekt Revitalizace toku 030 Pasečná – Mlýnský potok, září-říjen 1996). Substrát potoka je tvořen především kameny a tak zde tento druh má dostatek vhodných habitatů pro svou existenci. Nynější profil toku, množství přirozených úkrytů, meander a střídání hlubokých a mělkých míst zaručuje vhodné životní podmínky po celý rok. Podle Sukopa (1984), který uvádí, že *G. fossarum* je významnou potravou ryb tekoucích vod, lze usuzovat, že *G. fossarum* tvoří nejdůležitější část potravy ichtyofauny (pstruh, vranka) v Mlýnském potoce. Na druhou stranu Podle Lelláka a Kubíčka (1991) obývá *G. fossarum* spodní části kamenů. Pokud tedy není součástí driftu, je pro pstruha obtížně přístupným potravním zdrojem. Dle Sukopa (1984) pstruh začíná aktivně hledat bentos až při značném nedostatku driftu.

Avšak podle studie, kdy Kara (2005) zkoumal obsahy trávicích traktů pstruhů u podobných potoků zjistil, že *G. fossarum* zde tvořil 50% pstruží přirozené potravy. Lze s jistotou tvrdit, že *G. fossarum* tvoří jednu z nejdůležitějších složek přirozené potravy. V Mlýnském potoce je rovněž nejvyšší biomasa ryb ze sledovaných potoků. Lze tedy konstatovat, že frekvence výskytu bentických organismů má vliv na hojnost výskytu ryb.

U potoků Horský a Bukový je dominantním druhem rovněž druh *G. fossarum*, který se ovšem nevyskytuje v takové míře jako u potoku Mlýnský. Druhý nejpočetnější druh, který tvoří významné procento z celku u odběrů 10.9 je zde z řadů Coleoptera a to druh *Limnius perrisi*. Tento druh se ve vzorcích nejčastěji vyskytoval jako larvální stadium, ale i jako dospělý jedinec. Bukový potok má vyšší frekvenci výskytu, než Horský potok, avšak nižší než potok Mlýnský. Z hlediska vodních průtoků je průměrný vodní průtok nejnižší u potoku Bukový. Sledovaný úsek Bukového potoka protéká lesním porostem, koryto je meandrující, mělké, členité s přirozenými břehy a kameny v toku, které vytváří rybám přirozené úkryty. Naopak koryto Horského potoka, které prochází loukou je mělké meandrující, bez dostatečného množství přirozených úkrytů. I když má Horský potok větší průtok, než Bukový je zde patrný rozdíl v abundanci ryb a bentických organismů, kdy Bukový potok je bohatší jak z hlediska ichtyofauny, tak i s hlediska bentických společenstev. Na základě výsledků jsem u těchto třech potoků zjistil, že frekvence výskytu bentických organismů má vliv na hojnost výskytu ryb. Toto tvrzení může být samozřejmě nepřesné, avšak spolu s údaji o charakteru toku, lze nalézt souvislosti a důvody tak rozdílného oživení.

Metrika EPT index udávající zastoupení řádů (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) v celkovém množství organismů odebraných v jednotlivých vzorcích se pohybuje od 6 do 25%. I když ve všech odběrech byly tyto řády zastoupeny, v žádném z těchto potoků nebyl jejich počet tak výrazný, jako např. druh *G. fossarum*, nebo *L. perrisi*. Avšak z hlediska dostupnosti potravy jsou např. jepice (Ephemeroptera) dobře dostupné, neboť jsou často součástí driftu, jak uvádí Elliott (1968). Proto, i když se ve vzorcích jepice nevyskytují v takové míře, tak jako potravní organismus by se mohli uplatňovat častěji. Abundance těchto významných zástupců společenstev makrozoobentosu jsou obvykle významně redukovány vlivem stresorových faktorů



jako ztráta vhodných habitatů, nízká diverzita substrátu dna či absence stabilních substrátů (např. dřevní hmota v korytě, kameny pokryté mechem).

Dva potoky (Hamerský, Pestřice) jsou přítoky Lipenské nádrže. Složení bentických společenstev se velice liší od předchozích potoků náležící k povodí Dunaje. V Hamerském potoce je nejpočetnější skupinu organismů řád Ephemeroptera a nejpočetnějším druhem v tomto řádu je rod *Baetis* a druh *Ephemera mucronata*. Další početné skupiny jsou Plecoptera a Coleoptera. Naopak nejméně početnou složkou byl v tomto odběrovém profilu *G. fossaru*. ze skupiny Crustacea. Dle těchto výsledků lze předpokládat, že hlavním potravním organismem zde bude skupina Ephemeroptera. Jednak z důvodu velkého počtu, ale i z důvodu snadné dostupnosti pro ryby, které vždy upřednostňují snadno získatelnou potravu. Výsledky jsou pouze z jednoho odběru a představují přehled organismů v tomto období. Pro lepší přehled a znalost zdejších bentických společenstev by bylo nutné provést více odběrů v různých obdobích a sledovat více profilů.

V potoku Pestřice je nejpočetnější skupinou Trichoptera, ve které je nejpočetněji zastoupen druh *Anomalopterygella chauviniana*. Druhou nejpočetnější skupinu tvoří Coleoptera a nejméně zástupců je v tomto vzorku ze skupiny Ephemeroptera. Tento vzorek je odlišný od vzorku z Hamerského potoku. Z hlediska potravy jsou pro pstruha vhodnější larvy bez schránek např. *Hydropsyche*, nebo *Rhyacophila*. Druh *Gammarus fossarum*., představující hlavní potravní organismus u potoku náležící k povodí Dunaj v tomto vzorku nebyl vůbec nalezen. Nepřítomnost tohoto druhu lze vysvětlit absencí kamenů v odběrovém profilu, které by tvořily jeho přirozený habitat. Další možnost vysvětlující absenci tohoto druhu je výskyt ryb, které by mohly znamenat vysoký predanční tlak na tuto skupinu organismů. Potok Pestřice, se svým druhým složením podobá potokům Mlýnský, Bukový, Horský maximálně z 30% podle Sørensova podobnostního indexu. To představuje relativně malou podobnost bentických společenstev. U potoku Hamerský činí podobnost 52%.

U potoku Hamerský a Pestřice se buďto vůbec nevyskytuje nebo pouze velice omezeně důležitý potravní druh *G. fossarum* jako u potoku Mlýnský, Bukový a Horský. Tento jev by mohl být zapříčiněn absencí kamenů, které by tvořily vhodné habitaty pro tento druh. Odběrový profil potoků vtékajících do Lipenské nádrže byl vybrán nedaleko

ústí. Potok zde měnil charakter a podmínky byly značně odlišné než na předchozích potocích. Zároveň do potoků vytahují ryby z přehradní nádrže a může docházet k vyšším predačním tlakům na určité skupiny organismů. Pokud by vzorky u Lipenských potoků byly odebírány výš proti proudu, byly by dle mého názoru vzorky více podobné.

Ve všech potocích je hodnota pH, která by mohlo klasifikovat potoky jako slabě acidifikované. Acidifikace dokáže měnit celá společenstva bentických organismů. Vymizení acidosenzitivních druhů a změna společenstev po snížení pH a zvýšení koncentrace toxických forem hliníku a železa je rozsáhlé téma, které reprezentuje spousta vědeckých prací (Lampert a Sommer, 1997; Vrba et al., 2003; Keller et al., 2007).

Při určování hlavních potravních organismů je nutné brát v potaz fakt, že rybám jsou některé skupiny dostupné jenom omezeně, protože se dovedou ukrývat a ryby je využívají málo, i když jejich nutriční hodnota je vysoká. Pouhá přítomnost potravních organismů ve vodním ekosystému tak není zárukou, že jsou rybami využívány v obsahu, který odpovídá jejich významu (Adámek et al., 2010).

## 7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjištění potravní základny ryb ve vybraných potocích. Během této práce byly zjištěny a vyvozeny tyto závěry.

1. Největší počet odebraných organismů za jednotku času byl v Mlýnském potoce. Naopak nejmenší počet byl v Hamerském a Horském potoce.
2. Dominantním druhem u potoků náležící do povodí Dunaje byl *Gammarus fossarum*, který často tvořil více jak 50% podíl všech zjištěných organismů. Druhým nejpočetnějším druhem byl *Limnius perrisi* z řádu *Coleoptera*, který se ve vzorcích vyskytoval převážně jako larvální stadium.

3. Dominantními druhy u přítoků Lipenské nádrže byl rod *Baetis* z řádu Ephemeroptera (Hamerský) a druh *Anomallopterygella chauviniana* z řádu Trichoptera (Pestřice).
4. Z hlediska porovnání potoků metrikou udávající poměr skupin Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera (EPT index) v celkovém množství organismů odebraných v jednotlivých vzorcích, je tento poměr jednoznačně vyšší u potoků vlévajících se do přehradní nádrže, než u potoků vtékajících do Dunaje.
5. Podle indexu podobnosti dle Sørense, byla porovnána podobnost lipenských potoků a potoků náležící k Dunaji. Druhovým složením byl méně podobný potok Pestřice (průměr 23%) na rozdíl od potoku Hamerský (průměr 45%).

Pro přesný obraz bentických společenstev by bylo nutné provést více odběrů v různých obdobích a určit všechny organismy, nejlépe do druhové úrovně. Avšak pro základní přehled bentických společenstev, by výsledky této práce měli být dostačující.

## 8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ADÁMEK, Z., JIRÁSEK, J., KRUPAUER, V. Rybářství a ochrana vod: návody do cvičení. Brno: VŠZ (Brno), 1989. 122 s.
- ADÁMEK, Z., HALEŠIČ, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M.. Aplikovaná hydrobiologie, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany 2010, 325s.
- ALBRECHT, J et al., 2003: Českobudějovicko. In: Mackovčín P. a Sedláček M.(eds.):Chráněná území ČR,svazek VIII, 577-733 pp.
- AMBROŽOVÁ, J., 2001: Aplikovaná a technická hydrobiologie. VŠCHT Praha
- ANTONÍN, P. Dynamika ichtyofauny vybraných toků v oblasti CHKO Šumava. České Budějovice, 2010. 50s. Diplomová práce. Jihočeská universita v Českých Budějovicích fakulta rybářství a ochrany vod.
- BARUŠ, V., OLIVA, O.; et al. Mihulovci - Petromyzontes a Ryby - Osteichthyes: 2, 1. vydání. Praha: Akademie věd ČR, 1995. 698 s. ISBN 80-200-0218-9.

- BLÁHÁK P., 1978: Příspěvek k poznání vztahu zoobentosu k potravě pstruha obecného, *Ac. Rer. Natur. Mus. Nat. Slov.*, Bratislava, 24:41-83.
- ČERNÝ, V. Hodnocení vlivu na životní prostředí – případová studie. Vliv revitalizace potoka na vývoj rybí sukcese. České Budějovice, 2007. 70 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta Katedra agroekologie
- DUBSKÝ, K., KOUŘIL, J., ŠRÁMEK, V., (2003): *Obecné rybářství*, Informatorium Praha
- ELLIOT, J.M., MINSHALL, G.W, 1968: The invertebrate drift in the river Fuddon, English Lake District, *Freshwater biological association, Oikos* 19: 39-52
- FOTT, J.(ed.) (1994): *Limnology of Mountain Lakes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht - *Hydrobiologia* 274 (1994)
- HARTMAN P. et al. 2009: *Hydrobiologie*. Informatorium, Praha, 364s.
- HARTVICH, P., DVOŘÁK, P., PROCHÁZKA, J. Formování ichtyofauny Mlýnského potoka po provedené revitalizaci a po povodni v srpnu 2002. Collection of scientific paper, Faculty of Agriculture in České Budějovice: series for animal sciences. 2003, Vol. 20, s. 169-174. ISSN 1212-558X
- HILDREW, A.G.,ORMEROD, S.J. (1995): Acidification: Causes, consequences and solutions. pp. 147 - 160. In: Harper, D.M., Ferguson,A.J.D.(eds.): *The ecological basis for river management*. John Wiley & Sons Ltd
- HOŠTÍČKA, et al., 1971: *Chráněná území v západočeském kraji. Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody v Plzni*. 191 pp.
- HYNES, H. B. N., 1970: *The ecology of running waters*. Liverpool Univ. Press, Liverpool
- JUST, T. et al., (2003): *Revitalizace vodního prostředí, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky*, Praha
- JUST, T. et al., (2005): *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*, 3. ZO ČSOP Hořovicko
- KALF, J., 2002. *Limnology: Inland Water Ecosystems*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, N.J.
- KARA, C. and A. Alp: Feeding habits and diet composition of brown trout (*Salmo trutta*) in the upper streams of River Ceyhan and river Euphrates in Turkey. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29, 417-428 (2005).

- KELLER W., YAN N. D., GUNN J. M. a HENEBERRY J. (2007): Recovery of Acidified Lakes: Lessons From Sudbury, Ontario, Canada. *Water, Air and Soil Pollution: Focus* 7: 317 –322.
- KOKEŠ, J., VOJTÍŠKOVÁ, D. (1999): Nové metody hodnocení marozobentosu tekoucích vod. *Výzkum pro praxi, VÚV T.G.M. Praha.*
- KOPÁČEK J. a VESELÍ J. (2005): Sulfur and nitrogen emissions in the Czech Republic and Slovakia from 1850 till 2000. *Atmospheric Environment* 39: 2179 – 2188.
- KŘÍŽ, V., et al.: *Hydrometrie*. SPN Praha. 1988, 176 s.
- LAMPERT W. a SOMMER U. (1997): *Limnology: the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press, New York. 382 s, 321 – 324
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F., (1992): *Hydrobiologie*, Univerzita Karlova, vydavatelství
- METCALFE-SMITH, J.L. 1994. Biological water-quality assessment of rivers: use of macroinvertebrate communities. In: *The Rivers Handbook (Vol. 2)*. P. Calow and G.E. Petts (eds.). Blackwell Scientific Publications, London, pp. 144-170.
- ORSÁG L. et ZELINKA M., 1974: Zur Nahrung der Arten *Cottus poecilops* Heck. Und *Cottus Gobi* L. *Zool. Listy*, 23(3): 15-196.
- PITTER, P. *Hydrochemie*, VŠCHT Praha, 568s.
- POKORNÝ, J., DVOŘÁK, J., ŠRÁMEK, V. *Pstruhařství*. 2. vydání. Praha: Informatorium, 1998. 242 s. ISBN 80-86073-24-6.
- POKORNÝ, J. (1999): Hodnocení revitalizace Mlýnského potoka I. – úvodní studie. Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- PROCHÁZKA, J., HAKROVÁ, P., POKORNÝ, J., (2001): Vliv různého způsobu hospodaření na vývoj vegetace, toky energie, vody a látek v krajině na příkladu malých povodí, Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- PROCHÁZKA, J., MIKA, K. 2006: Sledování změn reliéfu v závislosti na hospodaření člověka v krajině metodou přesného zaměření příčných profilů povodími - I. úvodní studie. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- TESAŘ, M., ŠTÍR MIROSLAV., (2004): Influence of vegetation cover on water and thermal regime of three watersheds in the Bohemian Forest, Ústav pro hydrodynamiku AVČR

- SUKOP, I., HETEŠA, J., (1984): Aplikovaná hydrobiologie I, Vysoká škola zemědělská, Brno
- SUKOP, I. (1998): Aplikovaná hydrobiologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
- SUKOP, I. (2006): Ekologie vodního prostředí, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
- STRNADOVÁ, I. 1996: Vliv kosení na obnovu degradované louky. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. 13 pp.
- SVOBODOVÁ, Z. et al. Toxikologie vodních živočichů. SZN, Praha, 1987. 231 p.
- SVOBODOVÁ, J. Změny struktury společenstev makrozoobentosu v podélném profilu acidifikovaných potoků na Šumavě. České Budějovice 2009. 81 s. Diplomová práce
- ŠLEZINGR, M., (2005): Stabilizace říčních ekosystémů, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno
- ŠTĚRBA, O., 1986: Teorie říčního dna. Sborník ze semináře 1. a 2. října: Říční dno, jeho funkce, oživení a ochrana se zvláštním zřetelem na podpovrchovou část dna. Olomouc
- VRBA J., KOPÁČEK J., Fott J., Kohout L., Nedbalová L., Pražáková M., Soldán T., Schaumburg J.(2003): Long-term studies (1871–2000) on acidification and recovery of lakes in the Bohemian Forest (central Europe), The Science of the Total Environment 310: 73–85.
- WRIGHT, J. F., Furse, M. T., Armitage, P. D.: RIVPACS - a technique for evaluating the biological quality of rivers in the U. K. European Water Pollution Control, 1993, 4(3): 15–25.

## Abstrakt

### Složení přirozené potravy ryb v přítocích VN Lipno 1

Práce se zabývá složením přirozené potravy ryb ve vybraných potocích. Vzoriky makrozoobentosu byly odebírány z pěti potoků ze stejného území na Šumavě v jarních a podzimních obdobích dle metodiky PERLA. Dva potoky (Hamerský, Pestřice) jsou přítoky Lipenské nádrže a tři potoky (Horský, Mlýnský, Bukový) patří k povodí Dunaje. I když jsou potoky ze stejného území a mají velice podobné průtoky, liší se způsob hospodaření v jejich povodí a rybí obsádce. Tyto aspekty mají vliv na složení zoobentosu v jednotlivých potocích a proto by tato práce měla poskytnout přehled o složení a množství makrozoobentosu v jednotlivých vodotečích.

Z hlediska početnosti bentických organismů je nejbohatší Mlýnský potok. U potoků náležících k povodí Dunaje byl nejdominantnějším druhem *Gammarus Fossarum* a *Limnius perrisi*. U přítoků Lipna byly nejpočetnější skupiny jepice (*Ephemeroptera*), reprezentovány především rodem *Baetis* (Hamerský) a skupina *Trichoptera* s dominantním druhem *Anomallopterygella chauviniana* z řádu *Trichoptera* (Pestřice). Ve složení a početnosti bentických společenstev mezi potoky náležícími k povodí Dunaje a potoky vtékajícími do Lipna jsou patrné rozdíly. Dle podobnostního indexu jsou lipenské potoky s potoky vtékajícími do Dunaje podobné z 23% (Pestřice) a z 45% (Hamerský).

Klíčová slova: bentos, přirozená potrava, podobnost, ichtyocenóza, Lipno, potok

## Summary

### The Composition of Natural Diet of fish in the Lipno Reservoir inlets

This bachelor work is dealing with the composition of natural food of fish in the chosen streams. Many samples were taken from five streams during the spring and autumn seasons at the same area called the Šumava Mountains according to PERLA method. The first two streams are called Hamerský and Pestřice. They are the inlets of Lipno reservoir. The next three - Horský, Mlýnský and Bukový belong to the River Danube. Despite of the fact that these streams are situated at the same area and have very similar flows, fish abundance and the way of farming in their basins differ. These aspects influenced the benthos composition in every single stream and that is why this work should provide survey about the composition and biomass of benthos in particular watercourse.

The richest is Mlýnský stream in term of the abundance of benthic organism. By the streams which are parts of basins of Danube river, was the most dominant kind *Gammarus Fossarum* and *Limnius perrisi*. By the Lipno reservoir inflows, there were the most numerous may flies (Ephemeroptera), represented mostly by the tribe Baetis (Hamerský stream) and the Trichoptera kind with the dominant *Anomallopterygella chauviniana* from the Trichoptera group (Pestřice stream). There are some differences of the composition and abundance of benthic groups between streams belonging to basins of Danube river and the streams influent to Lipno reservoir. According to the particularity of index number, Lipno's streams are similar with the streams influent to Danube river from 23% (Pestřice stream) and from 45% (Hamerský stream).

Key words: benthos, nature diet, similarity, ichtyocenosis, Lipno, stream



## 9. PŘÍLOHY

### Seznam příloh

Příloha č.1: Početnost ryb a ichtyomasa - Mlýnský potok

Příloha č.2: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Mlýnský potok

Příloha č.3: Početnost ryb a ichtyomasa – Horský potok

Příloha č.4: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Horský potok

Příloha č.5: Početnost ryb a ichtyomasa – Bukový potok

Příloha č.6: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Bukový potok

Příloha č.7: Počet jednotlivých druhů ryb – Hamerský potok (23.11.2010)

Příloha č.8: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Hamerský potok 24.5. 2010

Příloha č.9: Počet jednotlivých druhů ryb – Pestřice (23.11.2010)

Příloha č.10: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Pestřice (13.5. 2010)

Příloha č.11: Druh *Gammarus fossarum* (foto)

Příloha č.12: Bukový potok (foto)

Příloha č.13: Horský potok (foto)

Příloha č.14: Mlýnský potok (foto)

Příloha č.15: Pestřice (foto)

Příloha č.16: Hamerský potok (foto)

**Příloha č.1:** Početnost ryb a ichtyomasa - Mlýnský potok

Datum	Ks/100m	g/100m	Ks/1 km	Kg/1 km
24.10.1997	4,5	23,3	45	0,233
5.8.1998	0	0	0	0
13.11.1998	12	353	120	3,53
22.10.1999	38,3	1203,3	383	12,033
28.11.2000	34	1445	340	14,45
19.11.2001	136	2745	1360	27,45
1.11.2002	168	3030	1680	30,30
3.11.2003	56	1271	560	12,71
10.5.2004	56	752	560	7,52
11.11.2004	111	2203	1110	22,03
26.10.2005	56	1258	560	12,58
2.11.2006	51	803,8	510	8,038
13.4.2007	98	2214	980	22,14
12.11.2007	95	2477	950	24,77
15.4.2008	83	1226,83	830	12,268
8.10.2008	97	1497,7	970	14,97
27.4.2009	69	824,79	690	8,24
29.10.2009	94	1338,81	940	13,88

**Příloha č.2:** Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Mlýnský potok

Skupina	Taxon	Ind.	Ind.
		10.9.2009	9.6.2010
COLEOPTERA	<i>Elmis</i> sp. (Latreille, 1798)	8	3
	<i>Hydraena</i> sp. (Kugelann, 1794)	32	1
	<i>Limnius perrisi</i> (Dufour, 1843)	112	5
	<i>Oreodytes</i> sp (Seidlitz, 1887)	4	1
CRUSTACEA	<i>Gammarus fossarum</i> (Koch, 1835)	3424	164
DIPTERA	<i>Ceratopogonidae</i> g.sp.(Grassi 1900)	20	1
	<i>Dicranota</i> sp.(Zetterstedt, 1838)	8	---
	<i>Elophila</i> sp (Hubner, 1822)	8	---
	<i>Chironomidae</i> g. sp. (Erichson, 1841)	164	10

	<i>Simulium sp.</i> (Latreille, 1802)	60	3
EPHEMEROPTERA	<i>Baetis sp.</i> (Leach, 1815)	16	4
	<i>Centroptilum luteolum</i> (Eaton, 1869)	4	---
	<i>Habrophlebia sp.</i> (Eaton, 1881)	4	---
	<i>Leptophlebia.</i> (Westwood, 1840)	4	---
MOLLUSCA	<i>Radix peregra</i> (O, F, Muler, 1774)	12	2
	<i>Pisidium sp.</i> (Pfeiffer, 1821)	1	---
OLIGOCHAETA		12	3
PLECOPTERA	<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	4	---
	<i>Isoperla sp.</i> (Banks, 1906)	8	---
	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	8	3
	<i>Leuctra sp.</i> (Stephens, 1836)	12	1
	<i>Protonemura sp</i> (Kempny, 1898)	8	---
TRICHOPTERA	<i>Anitella obscurata</i>	---	1
	<i>Apatania sp.</i> (Kolenati, 1848)	4	---
	<i>Drusus annulatus</i> (Stephens, 1837)	16	7
	<i>Halesus sp.</i> (Stephens, 1836)	---	1
	<i>Limnephilidae sp. (juv)</i> (Kolenati, 1848)	72	21
	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	8	---
	<i>Potamophylax nigricornis</i> (Pictet, 1834)	64	---
	<i>Potamophylax. Sp</i> (Wallengren, 1891)	12	---
	<i>Rhyacophyla sp.</i> (Pictet, 1834)	4	1
	<i>Rhyacophyla tristis</i> (Pictet, 1834)	4	3
	<i>Sericostoma personatum</i> (Spence, 1826)	28	2
	<i>Silo pallipes</i>	---	1
	<i>Chaetopteryx villosa</i> (Stephens, 1834)	---	3
<b>Suma organismů</b>		<b>4145</b>	<b>241</b>
<b>Suma taxonů</b>		<b>30</b>	<b>22</b>

### Příloha č.3: Početnost ryb a ichtyomasa – Horský potok

Datum	Ks/100m	g/100m	Ks/1 km	Kg/ 1 km
24.10.1997	10	120	100	1,2
5.8.1998	6	90	60	0,9
13.11.1998	0	0	0	0
22.10.1999	6,3	85	63	0,85
28.11.2000	1	10	10	0,1

19.11.2001	0	0	0	0
1.11.2002	7,7	343	77	3,43
10.5.2004	3	36	30	0,36
11.11.2004	3	35	30	0,35
26.10.2005	3	41	30	0,41
13.4.2007	5	73	50	0,73
12.11.2007	2	29	20	0,29
15.4.2008	5	55,6	50	0,556
8.10.2008	3	25,5	30	0,255
27.4.2009	3	29,1	30	0,291
29.10.2009	3	21,3	30	0,213

**Příloha č 4: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – horský potok**

Skupina	Taxon	Ind.	Ind.
		10.9.2009	9.6.2010
COLEOPTERA	<i>Limnius perrisi</i> (Dufour, 1843)	88	4
CUSTACEA	<i>Gammarus fossarum</i> (Koch, 1835)	116	228
DIPTERA	<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	5	---
	<i>Dixa</i> sp. (Meigen, 1818)	1	4
	<i>Elophila</i> sp. (Hubner, 1822)	1	---
	<i>Chronomidae</i> g. sp. (Erichson, 1841)	5	8
	<i>Molophilus</i> sp. (Curtis, 1883)	1	---
	<i>Simulium</i> sp. (Latreille, 1802)	4	4
	<i>Tipulidae</i> g. sp. (Latreille, 1882)	1	---
EPHEMEROPTERA	<i>Baetis</i> sp. (Leach, 1815)	15	8
	<i>Habrophlebia</i> sp. (Eaton, 1881)	---	4
	<i>Leptohlebia</i> sp. (Westwood, 1840).	1	---
	<i>Siphonurus lacustris</i> (Eaton, 1868)	---	4
HEMIPTERA	<i>Velia Caprai</i> (Tamanini, 1947)	---	4
MOLLUSCA	<i>Pisidium</i> sp. (Pfeiffer, 1821)	---	8
OLIGOCHAETA		1	8
PLECOPTERA	<i>Isoperla</i> sp. (Banks, 1906)	---	4
	<i>Amphinemura</i> sp. (Ris, 1902)	---	4
	<i>Diura</i> sp. (Billberg, 1820)	10	---

	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	4	---
	<i>Leuctra sp.</i> (Stephens, 1836)	1	---
	<i>Nemurella picteti</i> (Klepálek, 1900)	---	8
	<i>protonemura sp.</i> (Kempny, 1898)	1	12
	<i>Siphonoperla sp.</i> (Zwick, 1967)	1	---
TRICHOPTERA	<i>cf. Allogamus uncatu</i> s (Brauer, 1857)	---	4
	<i>Drusus annulatus</i> (Stephens, 1837)	1	---
	<i>Limnephilidae g.sp.</i> (Kolenati, 1848)	8	32
	<i>Philopotamus sp.</i> (Stephens, 1829)	1	---
	<i>pseudopsilopteryx zimmeri</i> (McLachla, 1876)	---	8
	<i>Rhyacophila sp.</i> (Pictet, 1834)	3	---
	<i>Sericostoma personatum</i> (Spence, 1826)	4	4
<b>Suma organismů</b>		<b>273</b>	<b>360</b>
<b>Suma taxonů</b>		<b>22</b>	<b>19</b>

#### Příloha č.5: Početnost ryb a ichtyomasa – Bukový potok

Datum	Ks/100m	g/100m	Ks/1 km	Kg/ 1 km
24.10.1997	41,2	1111,2	412	11,112
5.8.1998	41,2	540	412	5,40
13.11.1998	20	253	200	2,53
22.10.1999	23	542	230	5,42
28.11.2000	13	307	130	3,07
19.11.2001	22	364	220	3,64
1.11.2002	24,2	458,6	242	4,586
10.5.2004	11	124	110	1,24
11.11.2004	13	241	130	2,41
26.10.2005	37	1293	370	12,93
2.11.2006	7	167,9	70	1,67
12.11.2007	4	78,3	40	0,78
15.4. 2008	12	241,1	120	2,41
8.10.2008	35	217,1	350	2,17
27.4.2009	9	43,7	90	0,43
29.10.2009	13	183,5	130	1,83

**Příloha č.6:** Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Bukový potok (10.9.2009)

Skupina	Taxon	Ind.
COLEOPTERA	<i>Elodes</i> sp. (Latreille, 1796)	12
	<i>Limnius perrisi</i> (Dufour, 1843)	444
CRUSTACEA	<i>Gammarus fossarum</i> (Koch, 1835)	480
DIPTERA	<i>Chironomidae</i> g.sp. (Erichson, 1841)	36
	<i>Dicranota</i> sp. (Zetterstedt, 1838)	24
EPHEMEROPTERA	<i>Baetis</i> sp. (Leach, 1815)	144
PLECOPTERA	<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	4
	<i>Leuctra</i> sp. (Stephens, 1836)	8
	<i>Protonemura</i> sp. (Kempny, 1898)	24
	<i>Taeniopteryx</i> sp. (Pictet, 1841)	4
	<i>Diura</i> sp. (Billberg, 1820)	12
TRICHOPTERA	<i>Sericostoma personatum</i> (Spence, 1826)	24
	<i>Limnephilidae</i> g.sp. (Kolenati, 1848)	24
	<i>Ryacophila</i> sp. (Pictet, 1834)	4
	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	4
<b>Suma organismů</b>		<b>1248</b>
<b>Suma taxonů</b>		<b>15</b>

**Příloha č.7:** Počet jednotlivých druhů ryb – Hamerský potok (23.11.2010)

Druh	Počet Ks / 100 m toku
Pstruh obecný ( <i>Salmo trutta</i> m. fario)	18
Vranka obecná ( <i>Cottus gobio</i> )	16
Mník jednovousý ( <i>Lota lota</i> )	6
Štika obecná ( <i>Esox lucius</i> )	3

**Příloha č.8:** Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Hamerský potok (24.5. 2010)

Skupina	Taxon	Ind.
COLEOPTERA	<i>Elmis sp.</i> (Latreille, 1798)	3
	<i>Limnius perrisi</i> (Dufour, 1843)	36
	<i>Hydraena sp.</i> (Kugelann, 1794)	3
CRUSTACEA	<i>Gammarus fossarum</i> (Koch, 1835)	2
DIPTERA	<i>Atherix ibis</i> (Fabricius, 1798)	2
	<i>Elophila sp.</i> (Hubner, 1822)	7
	<i>Hexatoma sp.</i> (Latreille, 1809)	4
	<i>Simulium sp.</i> (Latreille, 1802)	8
EPHEMEROPTERA	<i>Baetis sp.</i> (Leach, 1815)	84
	<i>Ecdyonurus sp.</i> (Eaton, 1863)	2
	<i>Epeorus assimilis</i> (Eaton, 1885)	5
	<i>Ephemerella mucronata</i> (Bengtsson, 1909)	18
	<i>Rhithrogena sp.</i> (Eaton, 1881)	7
	<i>Torleya major</i> (Klapálek, 1905)	2
HEMIPTERA	<i>Aquarius sp.</i> (Schellenberg, 1800)	1
MOLLUSCA	<i>Ancylus fluviatilis</i> (O. F. Muler, 1774)	2
	<i>Pisidium sp.</i> (Pfeiffer, 1821)	1
PLECOPTERA	<i>Isoperla sp.</i> (Banks, 1906)	6
	<i>Leuctra sp.</i> (Stephens, 1836)	12
	<i>Protonemoura sp.</i> (Kempny, 1898)	12
TRICHOPTERA	<i>Anomalopterygella chauviniana</i> (Fischer, 1966)	8
	<i>Lasiocephalus basalís</i>	1
	<i>Limnephilidae g. sp.</i> (Kolenati, 1848)	2
	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	4
	<i>Rhyacophila sp.</i> (Pictet, 1834)	1
	<i>Rhyacophila tristis</i> (Pictet, 1834)	1
	<i>Sericostoma personatum</i> (Spence, 1826)	3
<b>Suma organismů</b>		<b>242</b>
<b>Suma taxonů</b>		<b>27</b>

**Příloha č.9: Počet jednotlivých druhů ryb – Pestřice (23.11.2010)**

Druh	Počet Ks / 100 m toku
Pstruh obecný ( <i>Salmo trutta m. fario</i> )	26
Vranka obecná ( <i>Cottus gobio</i> )	7
Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	6
Hrouzek obecný ( <i>Gobio gobio</i> )	2
Mník jednovousý ( <i>Lota lota</i> )	1
Mihule potočná ( <i>Lampetra planeri</i> )	44
Střevle potoční ( <i>Phoxinus phoxinus</i> )	5

**Příloha č.10: Přehled zjištěných druhů a jejich početnost – Pestřice (13.5. 2010)**

Skupina	Taxon	Ind.
COLEOPTERA	<i>Elmis sp.</i> (Latreille, 1798)	20
	<i>Esolus sp.</i> (Rey, 1872)	4
	<i>Helophorus sp.</i> (Fabricius, 1775)	4
	<i>Limnius perrisi</i> (Dufour, 1843)	68
DIPTERA	<i>Atherix ibis</i> (Meigen, 1803)	68
	<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Hexatoma sp.</i> (Latreille, 1809)	8
EPHEMEROPTERA	<i>Baetis sp.</i> (Leach, 1815)	12
	<i>Epeorus sp.</i> (Eaton, 1881)	4
	<i>Rhihtrogena sp.</i> (Eaton, 1881)	20
MOLLUSCA	<i>Ancylus fluviatilis</i> (O. F. Muller, 1774)	4
	<i>Radix peregra</i> (O, F, Muler, 1774)	4
PLECOPTERA	<i>Dinocras cephalotes</i> (Klapálek, 1907)	4
	<i>Isoperla sp.</i> (Banks, 1906)	40
	<i>Leuctra sp.</i> (Stephens, 1836)	4
TRICHOPTERA	<i>Anomalopterygella chauviniana</i> (Fischer, 1966)	80



	<i>Chaetopteryx</i> sp. (Stephens, 1837)	20
	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	28
	<i>Brachycentrus montanus</i> (Klapálek, 1881)	52
<b>Suma organismů</b>		<b>448</b>
<b>Suma taxonů</b>		<b>19</b>

**Příloha č.11:** Druh *Gammarus fossarum* (autor Petr Balej)



**Příloha č.12:** Bukový potok (autor Jan pocházka)



**Příloha č.13:** Horský potok (autor Jan Procházka)





**Příloha č.14:** Mlýnský potok (autor Jan procházka)



**Příloha č.15:** Pestřice (autor František Salon)



**Příloha č.16:** Hamerský potok (autor František Salou)



